

Camera
dei
Deputati

Roma, 03.07.2014



Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e
del Mare - Direzione Generale Valutazioni Ambientali

E.prot DVA - 2014 - 0023200 del 14/07/2014

c.a.

Dott. Mariano Grillo,
MATTM/VA, Direttore Generale

Gian Luca Galletti
Ministro dell'Ambiente e della Tutela
del Territorio e del Mare

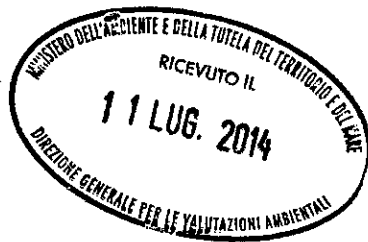
Beatrice Lorenzin,
Ministro della Salute

e, p.c. a:

Matteo Renzi
Presidente del Consiglio dei Ministri

Federica Guidi
Ministro dello Sviluppo Economico

Ing. Franco Terlizzone
MISE/DGRME, Direttore Generale.



Oggetto: Trasmissione di informazioni relative alle ripercussioni sull'ambiente e sulla salute delle popolazioni residenti nei comuni del Monte Amiata (Toscana) dovute alla già esistente produzione geotermoelettrica della società ENEL Green Power ai fini delle istruttorie in corso relative alle istanze delle società GESTO per l'impianto pilota geotermico denominato "Montenero" nei comuni di Castel del Piano, Arcidosso e Cinigiano (Grosseto) e SVOLTA per l'impianto pilota "Casa del Corto" nei comuni di Piancastagnaio e San Casciano dei Bagni (Siena).

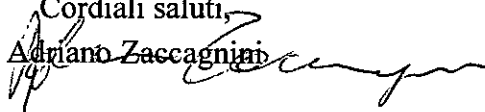
Si fa seguito all'incontro avvenuto in data 4 giugno 2014 in sede Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con il dott. Mariano Grillo, Direttore Generale per le valutazioni ambientali. per trasmettere- come convenuto in riunione- ai Ministri interessati documenti sullo stato delle ripercussioni sull'ambiente e sulla salute delle popolazioni residenti a seguito della produzione geotermoelettrica realizzata da anni in Toscana dalla società ENEL Green Power

nell'area del Monte Amiata.

Si chiede, inoltre, espressamente che tali informazioni vengano portate alla conoscenza dei livelli adeguati della Commissione Valutazione Impatto Ambientale - VIA e VAS ai fini delle istruttorie in corso di cui all'oggetto.

La trasmissione dei documenti, tra i quali accludo anche la mia relazione all'incontro sulla geotermia a Montecitorio dello scorso 5 marzo, citati al dr. Mariano Grillo, è per il seguito di competenza.

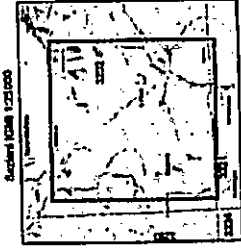
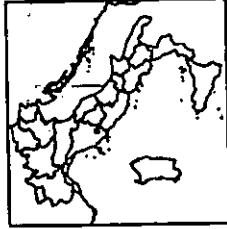
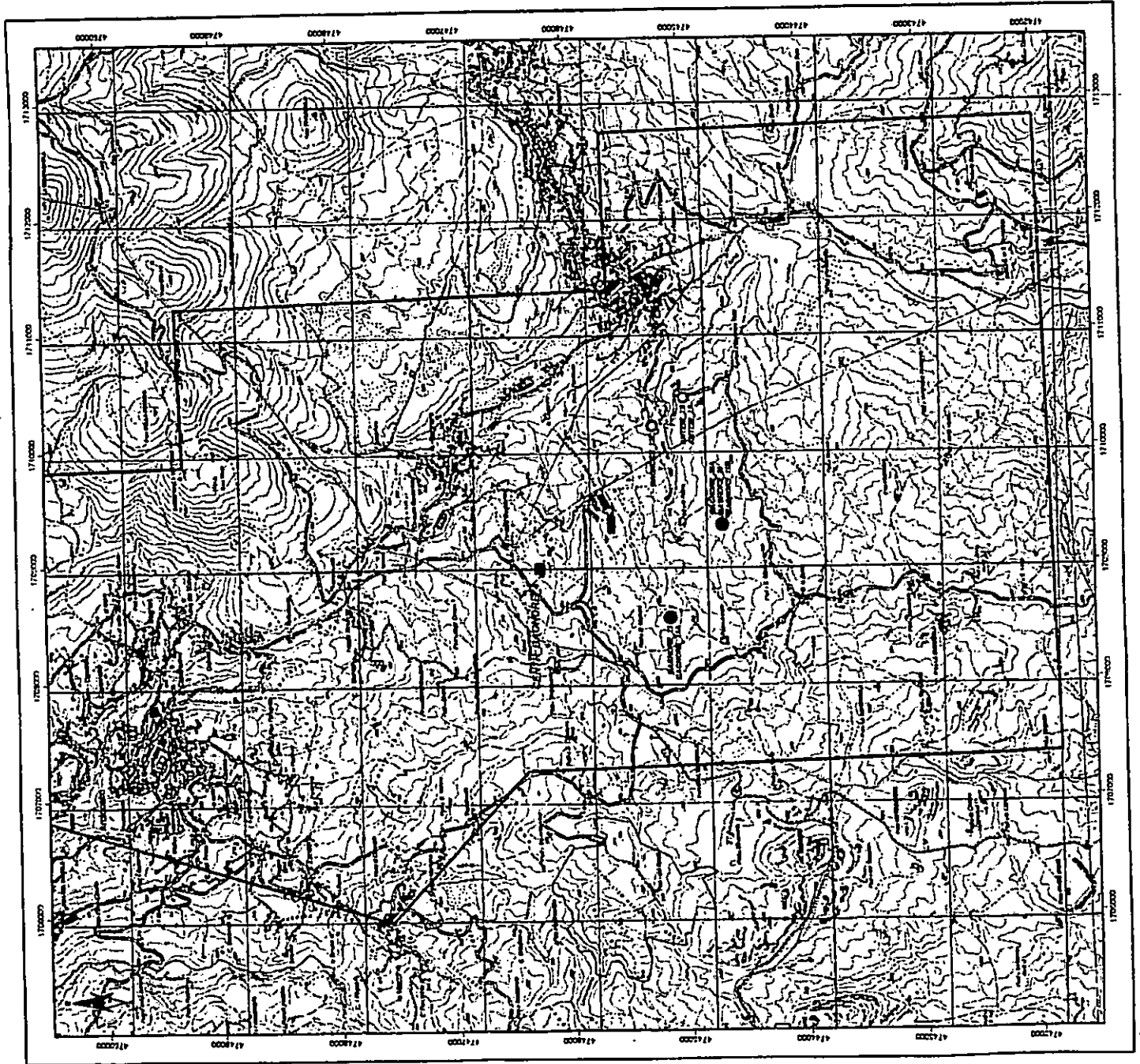
Cordiali saluti,
Adriano Zaccagnini



On. A. Zaccagnini
Uff. Camera dei Deputati
Palazzo Marini - Via del Pozzetto 105
zaccagnini_a@camera.it
tel uff. 06.67608289/90



S.I.A. CENTRALE GEOTERMoeLETRICA DI BAGNORE 4 Siti di Importanza Regionale (SIR) Loggo Regionale 56/2000



SCALA 1:25000

Enel							
TAV 3 (2,4,5 C - SIA)							
6	3	6	6	1	6	2	6
SITI							

Segni convenzionali

- Centri geotermoelettriche in programma
 - Picchi in programma da perforazione esistente
 - Picchi in programma da nuova perforazione
 - Limiti Sini minerali vigenti
 - Limiti comunali
 - Limiti provinciali
- SITI DI IMPORTANZA REGIONALE**
- SIR - p18C Cere viciniane del Monte Ardito
 - SIR - p18C - ZPS Alla cortea del Suceo Plans
 - SIR - p18C - ZPS Monte Labaro e alta valle dell'Adige
- Legenda:**
- SIR - SIR di Importanza Regionale
 - p18C - SIR classificate di Importanza Comunitaria
 - ZPS - Zone di Protezione Speciale

Geology, Geophysics and Hydrogeology of the Monte Amiata Geothermal Fields

I - MAPS AND COMMENTS

by

A. CALAMAI - R. CATALDI - P. SQUARCI AND L. TAFFI

Da: Calamai A., Cataldi R., Squarci P., Taffi L. : Geology, Geophysics and Hydrogeology of the Monte Amiata Geothermal Fields. I – Maps and Comments. Geothermics, 1970, Special Issue 1, pagg. 5-8.

Tav. 6 – Mappa idrogeologica della regione del Monte Amiata

La mappa idrogeologica è stata preparata con lo scopo principale di ricostruire il quadro della circolazione profonda e il posizionamento della superficie piezometrica relativa all'acquifero confinato che coincide con la principale riserva delle aree geotermiche del M. Amiata. A tal fine, i terreni affioranti, in base alle loro caratteristiche litologiche e le loro mutue relazioni geometriche, sono stati raggruppati in 11 sezioni e quindi classificati in relazione al tipo di permeabilità e alla possibilità o meno di alimentare l'acquifero confinato.

Le formazioni permeabili per fissurazione occupano un 51% dell'area e comprendono le Formazioni Toscane, parte dei terreni di posizione stratigrafica incerta, quasi tutto del Gruppo "Alberese-Pietraforte", e gli olistostromi calcarei inclusi nelle formazioni Neogeniche. La fissurazione varia ampiamente da formazione a formazione e, spesso, anche da luogo a luogo nella stessa formazione.

Le formazioni fissurate sono state suddivise in 3 classi di permeabilità: frequentemente alta, frequentemente bassa, da bassa a molto bassa.

L'ultima classe include i terreni largamente scistosi del Gruppo "Alberese-Pietraforte" e quelli della parte superiore delle Formazioni Toscane. Tali terreni permettono una circolazione locale solo lungo piani di faglia e il loro contributo nell'alimentare l'acquifero confinato è da considerarsi praticamente nullo.

La 2° classe (permeabilità frequentemente bassa) è composta di terreni scisto-calcarei che si trovano nella parte superiore del Gruppo delle Formazioni Toscane, nelle formazioni di "posizione stratigrafica incerta" e nel Gruppo "Alberese-Pietraforte". Di regola questi terreni hanno una bassa permeabilità e si comportano come una barriera idrologica tra le formazioni sovrastanti e la sottostante sequenza carbonatica Mesozoica. Nelle aree in cui la frazione calcarea è dominante localmente ed è in contatto con l'acquifero confinato, invece, questi terreni possono dare qualche contributo di acqua in profondità.

La classe ^{caratterizzata da} ~~indicata con~~ permeabilità frequentemente alta comprende la sequenza carbonatica Mesozoica delle Formazioni Toscane, i terreni prevalentemente calcarei del Gruppo "Alberese - Pietraforte" e gli olistostromi calcarei inclusi nei depositi Neogenici.

Gli olistostromi, i terreni calcarei del Gruppo "Alberese-Pietraforte" insieme con le calcareniti e le calciruditi Eoceniche che terminano il Gruppo delle Formazioni Toscane accolgono una circolazione attiva. Questa, tuttavia, defluisce (lungo la linea verticale) a contatto con le formazioni argillose o scistose sottostanti. Solo in alcuni casi le calcareniti e le calciruditi Eoceniche contribuiscono ad alimentare l'acquifero confinato quando, per motivi tettonici, sono direttamente in contatto con la sequenza carbonatica Mesozoica.

Gli affioramenti dell'ultima classe (M. Cetona, M. Rotondo, Poggio il Sasso, Poggio le Volturaie, Poggio Zoccolino) costituiscono importanti aree di ricarica per l'acquifero confinato e occupano, nel complesso, un 3% della regione dell'Amiata.

Le formazioni permeabili per porosità occupano un 35% dell'area studiata e consistono in sedimenti Neogenici, un piccolo deposito Quaternario di argilla lacustre e piccoli depositi di tufi e tufti correlati al vulcanismo dei Monti Volsini.

La maggior parte di questi terreni (composti largamente da argilla, con sporadici strati di sabbie e ghiaie) sono praticamente impermeabili o a permeabilità molto bassa.

Le parti sabbiose Plioceniche sono caratterizzate da mediocre permeabilità e possono quindi mantenere una certa circolazione locale. Questa, tuttavia, scorre solo entro i depositi Neogenici senza nemmeno raggiungere l'acquifero confinato.

Le ghiaie, i conglomerati e i calcari organogeni, Miocenici e Pliocenici, sono frequentemente terreni ad alta permeabilità, che giacciono generalmente sopra sedimenti argillosi e possono pertanto ospitare solo una circolazione superficiale. Verso la punta orientale del bacino Neogenico di Radicofani, sulle pendici del M. Cetona, i conglomerati e i calcari organogenici raggiungono direttamente la sequenza carbonatica Mesozoica e pertanto contribuiscono all'alimentazione dell'acquifero confinato.

I terreni permeabili per porosità che alimentano l'acquifero sotterraneo raggiungono solo lo 0,7% dell'area totale.

Le formazioni a permeabilità mista (fissurazione e porosità) occupano un 14% dell'area totale e sono costituite da terreni di arenarie dei Gruppi "Alberese-Pietraforte" e "di posizione stratigrafica incerta", dalle vulcaniti del M. Amiata, Radicofani e dei Monti Volsini, e dai depositi di travertino. Le formazioni di arenarie e le vulcaniti dei Monti Volsini mostrano gradi di permeabilità diversi da luogo a luogo; ciò è dovuto soprattutto alla fissurazione variabile nel primo caso, e al grado in cui le lave prevalgono sui tufi nel secondo caso. In generale, tuttavia, le arenarie e le vulcaniti dei Monti Volsini sono terreni abbastanza permeabili che mantengono una circolazione superficiale e frequentemente abbondante ma non alimentano l'acquifero confinato.

I travertini, di estensione limitata ma di alta permeabilità, in genere non contribuiscono alla circolazione profonda. Solo vicino a S. Casciano dei Bagni giacciono direttamente sulle Formazioni Toscane carbonatiche e possono perciò alimentare localmente l'acquifero confinato. Le vulcaniti del M. Amiata, così come quelle di Radicofani, hanno un grado di permeabilità molto alto, per quanto variabile da posto a posto. Il corpo vulcanico di Radicofani, per la sua limitata estensione, gioca un ruolo trascurabile nel quadro idrogeologico della regione. La struttura vulcanica del M. Amiata, al contrario, costituisce un'ampia area di assorbimento che, oltre a mantenere delle circolazioni abbondanti ma relativamente superficiali, rappresenta un'area importante di alimentazione dell'acquifero confinato. In effetti, questo ultimo e la struttura del M. Amiata sono collegati idrogeologicamente attraverso camini vulcanici, fratture e faglie vulcano-tettoniche. La Tav. 7 mostra in maggior dettaglio la situazione idrogeologica e il ruolo giocato dall'affioramento vulcanico del M. Amiata.

Includendo anche il limitato contributo delle vulcaniti di Radicofani, i terreni a circolazione mista che alimentano l'acquifero confinato assommano al 4,8% dell'area totale.

In conclusione, i terreni affioranti che nella regione del M. Amiata alimentano l'acquifero confinato coprono un totale di poco più di 100 Km quadrati (8,7% dell'area totale).

In aggiunta allo studio delle caratteristiche litologiche delle varie formazioni, sono stati raccolti dati riguardanti andamenti di flusso, misurazioni di temperatura e analisi chimiche e isotopiche delle sorgenti di tutti i tipi esistenti nella regione. La Tav. 6 mostra solo le sorgenti che hanno origine dal serbatoio principale.

Dati diretti sui livelli sono stati ottenuti da sistematiche misurazioni effettuate in pozzi profondi di esplorazione e sfruttamento. Questi dati, combinati con informazioni idrogeologiche di superficie, hanno reso possibile mappare con buona approssimazione la superficie piezometrica dell'acqua contenuta nell'acquifero confinato.

Questa superficie appare abbastanza uniforme, ad altitudini intorno ai 200 m s.l.m. nelle aree lontane dagli affioramenti carbonatici Mesozoici e dal massiccio vulcanico del M. Amiata; aumenta ad elevazioni crescenti, tuttavia, quando si avvicina a tali affioramenti e allo stesso massiccio vulcanico. Ciò conferma che l'acquifero confinato è collegato idrologicamente non solo con gli affioramenti carbonatici Mesozoici ma anche con il corpo vulcanico del Monte Amiata. L'acquifero confinato, tuttavia, diventa del tipo non confinato in corrispondenza con gli affioramenti Mesozoici. Il gradiente idraulico è grossolanamente lo stesso in corrispondenza e intorno agli affioramenti Mesozoici del M. Cetona, M. Rotondo, Poggio il Sasso, Poggio le Volturaie ed è in media circa 60

m/Km. Questo gradiente aumenta in modo marcato nell'area che corrisponde al massiccio vulcanico e al contiguo piccolo affioramento Mesozoico di Poggio Zoccolino.

La mappatura delle linee isopiestiche intorno al versante meridionale del massiccio del M. Amiata è stata fatta quasi esclusivamente sulla base dei dati raccolti da trivellazioni profonde, dopo perdita di circolazione nel deposito principale. Alcune di queste trivellazioni, localizzate in genere ai limiti dei campi geotermici o lontano da questi, sono risultate improduttive e non influenzate dagli effetti collegati con lo sfruttamento di fluidi endogeni: in questi casi il livello nel buco di perforazione era sempre stabile. All'interno dei campi, al contrario, i cambiamenti considerevoli nel livello piezometrico causati dallo sfruttamento di fluido caldo, hanno richiesto una correzione per ridurre i livelli misurati quando i vari pozzi vennero scavati ai valori esistenti all'inizio dell'esplorazione. Pertanto la superficie piezometrica contornata nella Tav. 6 riflette la situazione idrogeologica nel serbatoio prima del verificarsi dei cambiamenti collegati con la produzione di fluidi endogeni nei campi di Bagnore, Piancastagnaio e Poggio Nibbio.

Il trend di crescita della superficie piezometrica verso il massiccio vulcanico indica, come abbiamo detto, che quest'ultimo costituisce un'importante area di assorbimento e ricarica per il serbatoio principale.

Il passaggio dell'acqua dall'acquifero non confinato inglobato nelle vulcaniti (v. Tav. 7) all'acquifero confinato, tuttavia, ha luogo con sostanziali perdite lungo le vie di comunicazione (cfr. Tavv. 6-7).

La disposizione delle linee isopiestiche correlate al serbatoio indica aree di minimo gradiente idraulico (minima energia libera) corrispondenti alle configurazioni rialzate di Bagnore, Piancastagnaio e Poggio Nibbio. Per questi campi, le differenze in altezza tra la superficie piezometrica e gli strati produttivi del serbatoio, trasferite in valori di pressione (10 m di acqua = circa 1 Kg/cm²) riflettono con buona approssimazione le pressioni alla testa del pozzo registrate all'inizio dell'esplorazione geotermica.

Tav. 7 – Mappa idrogeologica del vulcano Monte Amiata

L'aspetto del substrato sedimentario dell'affioramento vulcanico del M. Amiata è stato delineato usando i dati di oltre un centinaio di sondaggi geoelettrici e di numerose perforazioni localizzate entro lo stesso affioramento.

Le vulcaniti sono basate su un complesso sedimentario costituito ampiamente dalle formazioni flysch-facies del Gruppo "Alberese-Pietraforte" (scisti, marne, ecc.). Nell'area Ovest di Abbadia S.S. le vulcaniti sono disposte sui termini superiori (Cretaceo superiore – scisti policromi Eocenici, marne, pietre marniche, calcareniti, ecc.) delle Formazioni Toscane.

La situazione attuale del substrato delle vulcaniti è caratterizzata da due rilievi morfologici principali che divergono verso Sud e Sud-Ovest da una zona localizzata tra Poggio Seragio e Poggio Ermicciolo. Qui, il fondo delle vulcaniti raggiunge le maggiori altitudini, da 1000 a 1100 m. Verso i limiti Sud-Ovest e Sud dell'affioramento vulcanico (aree di Bagnore e di Bagnolo, rispettivamente) due altri piccoli rilievi, grossolanamente trasversali ai primi rilievi citati, sostengono il fondo vulcanico ad altitudini tra 700 e 900 m.

Questi quadri morfologici del substrato sedimentario, nonostante le loro attuali altitudini, ^{erano} ~~furono~~ quasi certamente già delineati (come risultato di erosione e di movimenti tettonici pre-vulcanici) quando le ignimbriti cominciarono a straripare. In quel momento la situazione morfologica era molto probabilmente rappresentata da un ampio sistema di valli degradante verso NNO (nell'area tra Arcidosso e Castel del Piano) e limitato da uno spartiacque fluente grossolanamente lungo l'arco M. Aquilana, M. Labbro, M. Calvo, Poggio Perazzete, Quaranta, Poggio Zoccolino.

L'eruzione vulcanica, che ebbe luogo principalmente lungo fratture approssimativamente in direzione SO-NE verso la testa della vecchia valle, riempì in parte le depressioni esistenti e permise col tempo l'inversione morfologica del paesaggio su un'area di molte decine di Km². Evidenza di

5.4 CARTA DEL MURO DELLE VULCANITI RESISTENTI (TAVOLA 3)

La determinazione dello spessore delle vulcaniti resistenti e della quota s. l. m. del loro muro conduttore (dato dai terreni flyscioidi) sono riportati nella posizione dei vari punti di S. E. sulla Tavola 3 che illustra anche l'andamento a curva di livello di detto muro e la posizione dei probabili accidenti che lo interressano. Per il numero relativamente ridotto di S. E. a disposizione la carta presentata è evidentemente schematica.

Si osserva:

- un affondamento generale del muro delle vulcaniti dall'esterno verso l'interno del massiccio vulcanico da quote superiori a 700 a Sud ed a 1.000 a Nord fino a quote inferiori a 500 m;
- la presenza di 2 maggiori depressioni, strette ed allungate secondo la direzione NE - SO che tagliano trasversalmente il massiccio vulcanico. Altre 2 depressioni secondarie, la prima diretta a NO - SE, la seconda diretta a Sud, compaiono altresì nella parte Sud occidentale delle vulcaniti. Lungo le due depressioni principali il substrato flyscioidale pende da NE verso SO fino alla loro estremità meridionale dove si ha un brusco rilievo di detto substrato. Analogamente, la prima depressione secondaria, con pendenza Sud Est viene interrotta egualmente a Sud-Est e la seconda depressione secondaria, con pendenza verso Nord è essa pure interrotta a Nord.

Per quanto sopra detto appare probabile che le depressioni individuate non corrispondano a vallate sepolte, come a prima vista il loro disegno indurrebbe a pensare, bensì a delle linee di dislocazioni di minore resistenza dove il maggiore accumulo di lave avrebbe provocato una inflessione del substrato argilloso. Va rilevato a questo punto la corrispondenza delle due depressioni principali con le faglie nel substrato resistente, F0 e F1 e la corrispondenza tra la depressione secondaria NO - SE con la faglia T14. Va anche osservata la disposizione alternata dei coni vulcanici lungo i presunti accidenti F0 e T14.

La presenza di queste depressioni e più particolarmente della grande depressione F0 ha attualmente un effetto marcato sull'idrogeologia sotterranea. Infatti queste zone fanno da drenaggio per le acque sotterranee che vengono portate verso la sorgente Ermicciolo a Nord e soprattutto verso l'importante sorgente del Po-schiera di S. Fiora a Sud. Il drenaggio verso quest'ultima sor-

gente è chiaramente messo in evidenza dalla carte della Tavola 4 che riporta le curve di livello del muro dello strato superiore, ad elevatissima resistività, delle vulcaniti corrispondente probabilmente (in via molto approssimativa) al tetto delle vulcaniti imbevute.

Si potranno notare comunque alcune divergenze tra le quote del muro dello strato ad elevata resistività ed alcune quote della falda idrica nelle perforazioni. Si tratta in questo caso molto probabilmente di piccole falde sospese che non influenzano la resistività delle vulcaniti la cui variazione è funzione della sola falda di fondo.

Sulla carta della Tavola 4, oltre al drenaggio sopra indicato, si osserva anche una zona bassa e chiusa (meno di 600 m s. l. m.) delle vulcaniti imbevute. Trattasi di un drenaggio in profondità o questo fenomeno riflette soltanto un'anomalia elettrica? Non siamo in grado allo stato attuale delle nostre conoscenze sulla zona di dare una risposta a tale quesito.

5.5 CARTA DI SINTESI DEI DATI GEOFISICI, GEOLOGICI E GEOTERMICI

La carta riassuntiva della Tavola 6 riporta:

- il quadro geologico della regione studiata;
- la posizione ed il risultato termico delle perforazioni eseguite;
- le principali faglie individuate dalla prospezione elettrica, nonché le curve di livello del substrato resistente;
- l'estensione delle anomalie del gradiente di T° superiori a 1,5 e 2,5 gradi per 10 m;
- i minimi gravimetrici secondo il rilievo dell'Istituto di Geofisica di Roma.

VE SO

Si osserva il parallelismo esistente tra l'andamento delle faglie principali dirette NO-SE, quello degli allineamenti delle anomalie calde di Elmeta - Bagnore e di Piancastagnaio, - Poggio Nibbio e quello dell'anomalia di gravità sita in corrispondenza del Monte Amiata. I due allineamenti delle anomalie calde sono ubicati in particolare da una parte e dall'altra dell'anomalia gravimetrica, che risulta anche inquadrata dalle 2 faglie F0 e F2. Queste faglie e quelle che le accompagnano segnano probabilmente un disturbo notevole e profondo e appaiono quindi come il motivo strutturale fondamentale che ha permesso la risalita prima della lava, ora del fluido caldo.

Si nota infine la presenza di una seconda anomalia negativa della gravità verso Radicofani ed il possibile proseguimento dell'anomalia termica di Piancastagnaio in direzione dello spuntone lavico di questo paese.

6. CONCLUSIONI

La prospezione geoelettrica complementare eseguita in due settori siti rispettivamente a NE di Abbazia S. Salvatore e a Sud di Campiglia d'Orcia, ha indicato che entrambi appartengono alla struttura anticlinale di Poggio Zoccolino; il primo settore è posto sul suo fianco SE, il secondo sul suo fianco Ovest. Nel primo settore, sito già in una zona bassa della struttura, il substrato resistente ha un andamento monoclinale con pendenza Sud Est ed è interessato da 3 faglie; la sua quota passa da + 200 a 250 s. l. m. Nel secondo settore, esso forma una monoclinale con pendenza Ovest - Nord Ovest, ed è diviso in 2 compartimenti da una faglia trasversa; la sua quota è compresa tra 500 e 900 m.

I S. E. di ricognizione con stendimenti molto lunghi ($AB \leq 10.000$ m) eseguiti sulle vulcaniti del Monte Amiata hanno permesso di determinare lo spessore della coltre lavica resistente e l'andamento del suo basamento sedimentario conduttore, nonché di indicare la profondità approssimativa del substrato resistente (probabile serie toscana) e le grandi linee della struttura. È stato così dimostrato che il muro delle vulcaniti si affonda verso il centro Sud del massiccio e che esistono 2 depressioni più marcate nel tetto delle formazioni sedimentarie, trasversali al Monte Amiata secondo la direzione NO - SE ed una terza depressione perpendicolare. Tali depressioni corrispondono probabilmente a discontinuità strutturali di minore resistenza meccanica che sono forse all'origine della risalita delle lave. Attualmente queste depressioni hanno un'importanza notevole nell'idrologia regionale poiché sembrano fare da dreno per le acque sotterranee, dreno di cui il principale sbocco sarebbe rappresentato dalla Sorgente Peschiera di Santa Fiora.

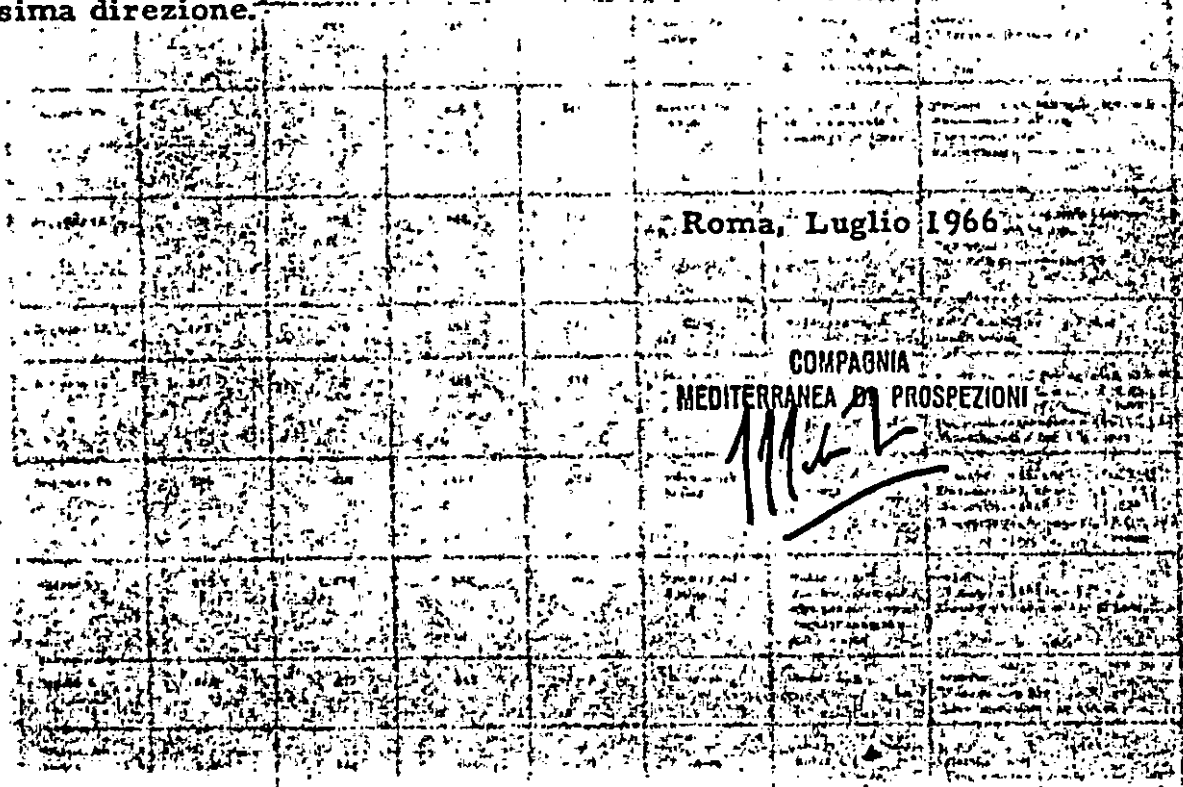
Le discontinuità di cui sopra sono state ritrovate (con un leggero spostamento) al tetto del substrato resistente assieme a 4 altre faglie di direzione perpendicolare. Questi vari accidenti delimitano una serie di compartimenti nel substrato resistente tra i quali spiccano i settori rialzati di Podere Catarcione, Fontana delle Monache e Rifugio delle Macinaie. Visto il numero ridotto di S. E. finora eseguiti, l'andamento del substrato in questo settore, se di interesse, dovrebbe essere confermato e precisato da misure complementari.



Camera dei Deputati

La rielaborazione dell'insieme dei S. E. finora eseguiti sul Monte Amiata e a disposizione dell'ENEL ha permesso di determinare l'andamento approssimativo del substrato resistente su di una superficie di circa 300 km². Tale substrato è apparso estremamente fratturato e diviso in numerosi gradini da 2 sistemi di faglie rispettivamente con direzione OSO - ENE e con direzione ONO - ESE. Queste discontinuità dividono la zona in una serie di compartimenti alternativamente rialzati ed affondati. Le principali strutture rialzate sono quelle affioranti di Poggio Zoccolino a Nord, di Poggio Mastro di Casa a Sud, Castagni Secchi ad Ovest e quelle sepolte di Piancastagnaio, Poggio Nibbio, Bagnore; Monte Labbro e Poggio della Banditella. Potrebbero ugualmente presentare un certo interesse i settori rialzati sotto le vulcaniti precedentemente indicati ed una serie di 3 probabili monoclinali siti tra S. Fiora ed Abbadia al limite delle vulcaniti. Ma anche qui prima di eventuali perforazioni converrebbe confermare e precisare i dati dei pochi S. E. esistenti con una campagna integrativa.

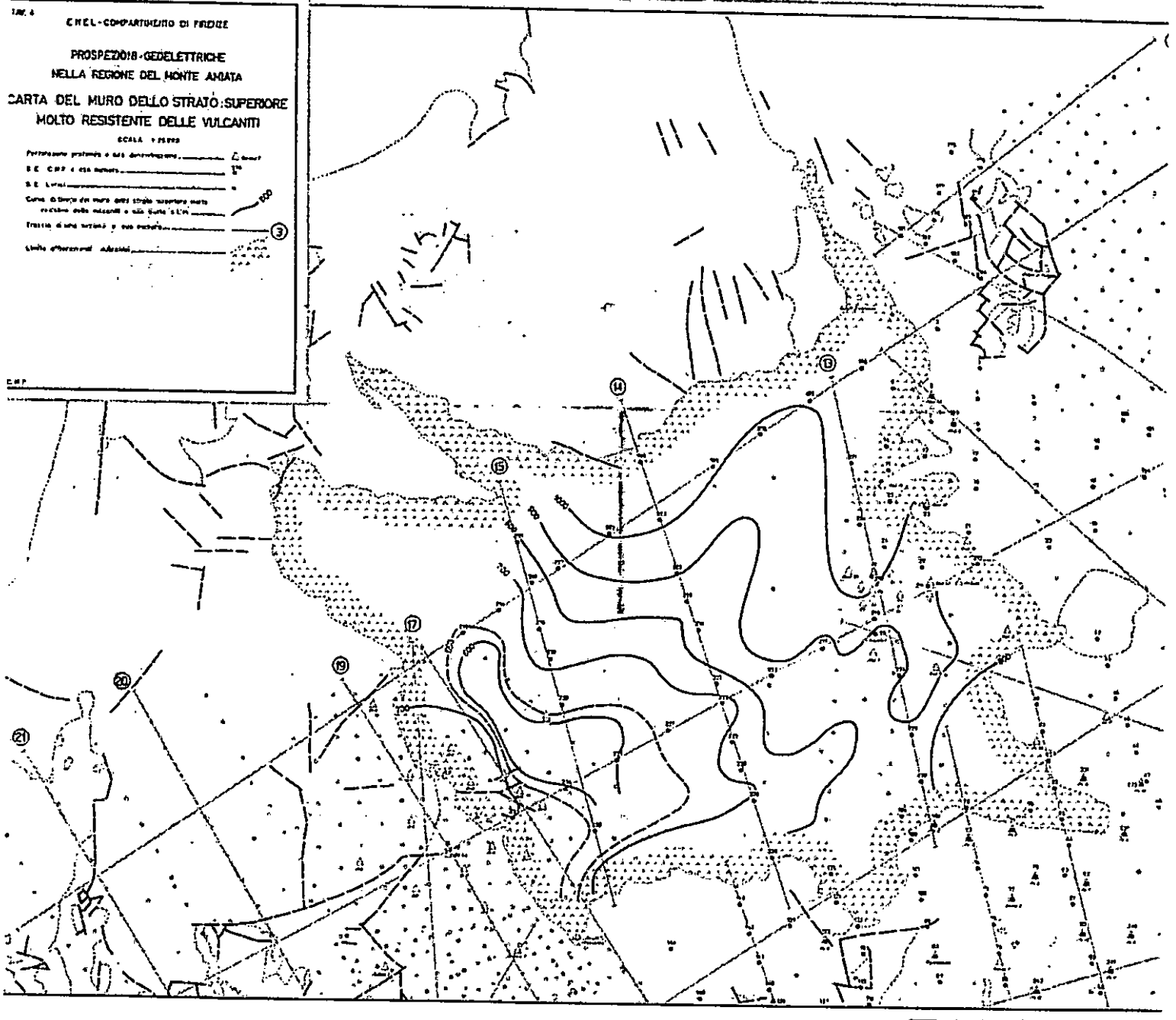
E' stato osservato un certo allineamento NO - SE delle strutture di Poggio Zoccolino, Fonte delle Monache, Rifugio delle Macinaie, Bagnore e Monte Labbro e un allineamento parallelo delle strutture di Piancastagnaio e Poggio Nibbio. Questi due allineamenti corrispondono ad anomalie geotermiche calde o mediamente calde almeno nella zona indagata al di fuori delle vulcaniti. Si osserva infine che gli stessi allineamenti inquadrano una anomalia gravimetrica negativa di medesima direzione.



Roma, Luglio 1966

COMPAGNIA
MEDITERRANEA DI PROSPEZIONI

TAV. 4
 CNEL - COMPARTIMENTO DI FRIZZE
 PROSPERZIONI GEDELETTICHE
 NELLA REGIONE DEL MONTE AMATA
 CARTA DEL MURO DELLO STRATO SUPERIORE
 MOLTO RESISTENTE DELLE VULCANITI
 SCALA 1:25000
 Partenza pratica o via dimostrazione 100m
 S.E. CPT e via normale 100m
 S.E. L'orizzonte 100m
 Contorno di base del muro dell'orizzonte nella
 regione delle macerie e alla quota 100m 100m
 Tracce di una strada o via normale ③
 Linee d'osservazione adatte ④





INDAGINE GEOFISICA MONTE AMIATA **RELAZIONE TECNICA FINALE**

In prosecuzione dei sondaggi elettrici eseguiti nel 1° e 2° stralcio (35), per completare il programma dei lavori previsto, l'indagine geofisica è consistita nell'esecuzione di ulteriori 15 SEV, acquisiti secondo il dispositivo Schlumberger, con una semidistanza elettrodica compresa tra AB/2 500 e AB/2 1000 metri (vedi tavola ubicativi allegata).

Questa tecnica consiste nell'energizzare il terreno mediante una corrente continua commutata automaticamente e nel misurare la tensione che essa vi determina; il dispositivo di campagna consiste in una linea di invio corrente (denominata AB) di lunghezza molto maggiore della linea di misura della tensione (denominata MN).

Dalla misura della corrente circolante in AB e della tensione in MN, si ricava, mediante opportuni coefficienti geometrici, la resistività apparente del terreno, secondo misurazioni aventi una cadenza programmata lungo lunghezze di linea via via crescenti.

Vista l'assenza di dati stratigrafici diretti, se si esclude la stratigrafia del Pozzo Pian dei Renai prossimo al SEV 49, l'interpretazione delle singole curve è stata fatta tenendo conto delle ipotesi aventi una bassa percentuale statistica di errore, inserendole in un contesto generale che è andato a meglio dettagliare il modello teorico ipotizzato al termine dei lavori del 1° e del 2° stralcio.

Quindi come modello generale si è cercato di ricostruire un quadro litologico schematico che stratigraficamente riconoscesse, ove possibile, 4 gruppi significativi (vulcaniti fratturate sterili - vulcaniti fratturate parzialmente sature - vulcaniti poco fratturate e/o compatte sature - substrato flyscholide).

Dall'elaborazione di tutte le 50 curve è stato possibile ipotizzare un quadro elettrostratigrafico che, in assenza di dati diretti sul terreno, è così riassumibile.

- **VULCANITI FRATTURATE STERILI** aventi uno spessore variabile tra circa 7 e 42 metri e resistività perlopiù superiore a 2.500 ohm*m
- **VULCANITI FRATTURATE CON PARZIALE SATURAZIONE** aventi uno spessore variabile tra circa 29 ed oltre 200 metri, con resistività mediamente compresa tra circa 400 e 1.750 ohm*m

- **VULCANITI SCARSAMENTE FRATTULATE SATURE** aventi uno spessore variabile tra circa 50 ed oltre 200 metri, con resistività mediamente compresa tra circa 1900 ed oltre 3.000 ohm*m
- **SUBSTRATO FLYSCHOIDE** avente una resistività media inferiore a 50 ohm*m

Nei dettagli i risultati ottenuti si possono così riassumere (vedi planimetria generale e modelli stratigrafici di cui alla specifica raccolta in allegato):

d
SEV 1 : Quota d'imposta (m. slm) 720
Quota piezometrica (==) 700-710
Quota substrato (==) 646

N
SEV 2 : Quota d'imposta (m. slm) 1180
Quota piezometrica (==) 1060-1070
Quota substrato (==) 1056

SEV 3 : Quota d'imposta (m. slm) 1080
Quota piezometrica (==) 1000-1050
Quota substrato (==) 974

man
SEV 4 : Quota d'imposta (m. slm) 850
Quota piezometrica (==) 790-830
Quota substrato (==) 772

d
SEV 5 : Quota d'imposta (m. slm) 840
Quota piezometrica (==) 790-800
Quota substrato (==) 773

SEV 6 : Quota d'imposta (m. slm) 1035
Quota piezometrica (==) 930-970
Quota substrato (==) 913

SEV 7 : Quota d'imposta (m. slm) 610
Quota piezometrica (==) 595-605
Quota substrato (==) 589



Camera dei Deputati

- N SEV 8 : Quota d'imposta (m. sim) 950
Quota piezometrica (==) 935-940
Quota substrato (==) 929

- OK SEV 9 : Quota d'imposta (m. sim) 740
Quota piezometrica (==) 670-700

- OK SEV 10 : Quota d'imposta (m. sim) 1040
Quota piezometrica (==) 950-980
Quota substrato (==) 898

- N SEV 11 : Quota d'imposta (m. sim) 1250
Quota piezometrica (==) 1070-1100
Quota substrato (==) 1049

- N SEV 12 : Quota d'imposta (m. sim) 890
Quota piezometrica (==) 860-870
Quota substrato (==) 853

- N SEV 13 : Quota d'imposta (m. sim) 1280
Quota piezometrica (==) 1150-1200

- d SEV 14 : Quota d'imposta (m. sim) 980
Quota piezometrica (==) 890-940
Quota substrato (==) 702

- d SEV 15 : Quota d'imposta (m. sim) 1275
Quota piezometrica (==) 1150-1200
Quota substrato (==) 1090

- d SEV 16 : Quota d'imposta (m. sim) 1150
Quota piezometrica (==) 950-1000
Quota substrato (==) 683

- d SEV 17 : Quota d'imposta (m. sim) 1010
Quota piezometrica (==) 950-980
Quota substrato (==) 819

SEV 18 : Quota d'imposta (m. slm) 1310
Quota piezometrica (==) 1100-1200
Quota substrato (==) 878

SEV 19 : Quota d'imposta (m. slm) 1385
Quota piezometrica (==) 1150-1250
Quota substrato (==) 886

SEV 20 : Quota d'imposta (m. slm) 1575
Quota piezometrica (==) 1300-1400
Quota substrato (==) 1113

SEV 21 : Quota d'imposta (m. slm) 930
Quota piezometrica presunta (==) 850
Quota substrato (==) 803

SEV 22 : Quota d'imposta (m. slm) 1264
Quota piezometrica presunta (==) 1150-1180
~~Quota substrato (==) 986~~

SEV 23 : Quota d'imposta (m. slm) 1275
Quota piezometrica presunta (==) 1150-1080

SEV 24 : Quota d'imposta (m. slm) 1350
Quota piezometrica presunta (==) 1230-1250

SEV 25 : Quota d'imposta (m. slm) 960
Quota piezometrica presunta (==) 920-930
Quota substrato (==) 911

SEV 26 : Quota d'imposta (m. slm) 900
Quota piezometrica presunta (==) 810-830
Quota substrato (==) 632

SEV 27 : Quota d'imposta (m. slm) 1000
Quota piezometrica presunta (==) 800-850
Quota substrato (==) 593



Camera dei Deputati

- d* SEV 28 : Quota d'imposta (m. sim) 1425
Quota piezometrica presunta (==) 1200-1250
Quota substrato (==) 971
- OK* SEV 29 : Quota d'imposta (m. sim) 750
Quota piezometrica presunta (==) 682
- OK* SEV 30 : Quota d'imposta (m. sim) 775
Quota piezometrica presunta (==) 750-760
Quota substrato (==) 737
- OK* SEV 31 : Quota d'imposta (m. sim) 890
Quota piezometrica presunta (==) 760-780
Quota substrato (==) 637
- d* SEV 32 : Quota d'imposta (m. sim) 815
Quota piezometrica presunta (==) 740-750
Quota substrato (==) 654
- d* SEV 33 : Quota d'imposta (m. sim) 1050
Quota piezometrica presunta (==) 810-840
Quota substrato (==) 470
- N* SEV 34 : Quota d'imposta (m. sim) 1060
Quota piezometrica presunta (==) 910-950
Quota substrato (==) 696
- N* SEV 35 : Quota d'imposta (m. sim) 1025
Quota piezometrica presunta (==) 1000
Quota substrato (==) 993
- N* SEV 36 : Quota d'imposta (m. sim) 1165
Quota piezometrica presunta (==) 940-980
Quota substrato (==) 876
- N* SEV 37 : Quota d'imposta (m. sim) 1070
Quota piezometrica presunta (==) 970-1010
Quota substrato (==) 919

quota normale

V SEV 38 : Quota d'imposta (m. sim) 990
Quota piezometrica presunta (==) 950
Quota substrato (==) 918

V SEV 39 : Quota d'imposta (m. sim) 1080
Quota piezometrica presunta (==) 930-960
~ Quota substrato (==) 887

elli SEV 40 : Quota d'imposta (m. sim) 1115
Quota piezometrica presunta (==) 830-860

K SEV 41 : Quota d'imposta (m. sim) 875
Quota piezometrica presunta (==) 740-780

N
belle SEV 42 : Quota d'imposta (m. sim) 825
Quota piezometrica presunta (==) 740-780
Quota substrato (==) 690

d SEV 43 : Quota d'imposta (m. sim) 730
Quota piezometrica presunta (==) 710
Quota substrato (==) 699

d SEV 44 : Quota d'imposta (m. sim) 975
Quota piezometrica presunta (==) 920-940
Quota substrato (==) 853

V SEV 45 : Quota d'imposta (m. sim) 960
Quota piezometrica presunta (==) 930
Quota substrato (==) 903

d SEV 46 : Quota d'imposta (m. sim) 1150
Quota piezometrica presunta (==) 1020-1060
Quota substrato (==) 907

d SEV 47 : Quota d'imposta (m. sim) 1200
Quota piezometrica presunta (==) 1060-1110
Quota substrato (==) 938



SEV 48 : Quota d'imposta (m. slm) 1250
Quota piezometrica presunta (==) 1020-1080

2 1000

SEV 49 : Quota d'imposta (m. slm) 1280 1180
Quota piezometrica presunta (==) 1100-1150
Quota substrato (==) 980

1010

SEV 50 : Quota d'imposta (m. slm) 880
Quota piezometrica presunta (==) 800-830
Quota substrato (==) 725

I dati sopra indicati sono quindi stati utilizzati per meglio definire il modello teorico finale già ipotizzato nei precedenti stralci ed i cui risultati definitivi, sono quelli riportati nelle allegate tavole relative agli SPESSORI VULCANITI - ISOIPSE SUBSTRATO - CARTA D'INSIEME E RELATIVE SEZIONI INTERPRETATIVE, tutte in Scala 1:50.000.

Da un'attenta lettura dei risultati e delle suddette tavole, sono quindi emerse 2 evidenti e significative anomalie:

- 1) E' stata evidenziata un'estesa area ad elevato spessore di vulcaniti (zona -), che risulta derivare dall'unione di una zona di basso strutturale ubicata ad W della vetta (Rif. SEV 18-19-48) con una posta ad Est di Arcidosso (Rif. SEV 9-29-33-40-41), che si uniscono a convergere verso Santa Fiora

Tale ipotesi strutturale che prevede l'esistenza di ingenti spessori di vulcaniti sature, darebbe una chiave di lettura alla presenza delle numerose sorgenti d'importanza strategica site nell'area di Santa Fiora

- 2) Le zone di alto strutturale (zona + con substrato meno profondo) individuate nelle zone ad Est (Rif. SEV 20-22-46) ed Ovest della Vetta (Rif. 2-11-15) evidenziano zone di risalita del substrato flyschoido impermeabile, che riduce notevolmente lo spessore delle vulcaniti sature e di conseguenza la consistenza del loro deflusso verso valle

Tale ipotesi strutturale che prevede la locale riduzione degli spessori di vulcaniti sature, sembra spiegare l'evidente minore portata, rispetto a quelle del punto 1, delle sorgenti presenti nel versante senese compreso tra Abbadia S.S. e Piancastagnaio, nonché l'assenza di importanti sorgenti immediatamente a NW della vetta

Gennaio 2003

Dr Geol. Massimo Marrocchiesi



Scala orizzontale 1:50000

Scala verticale 1:20000

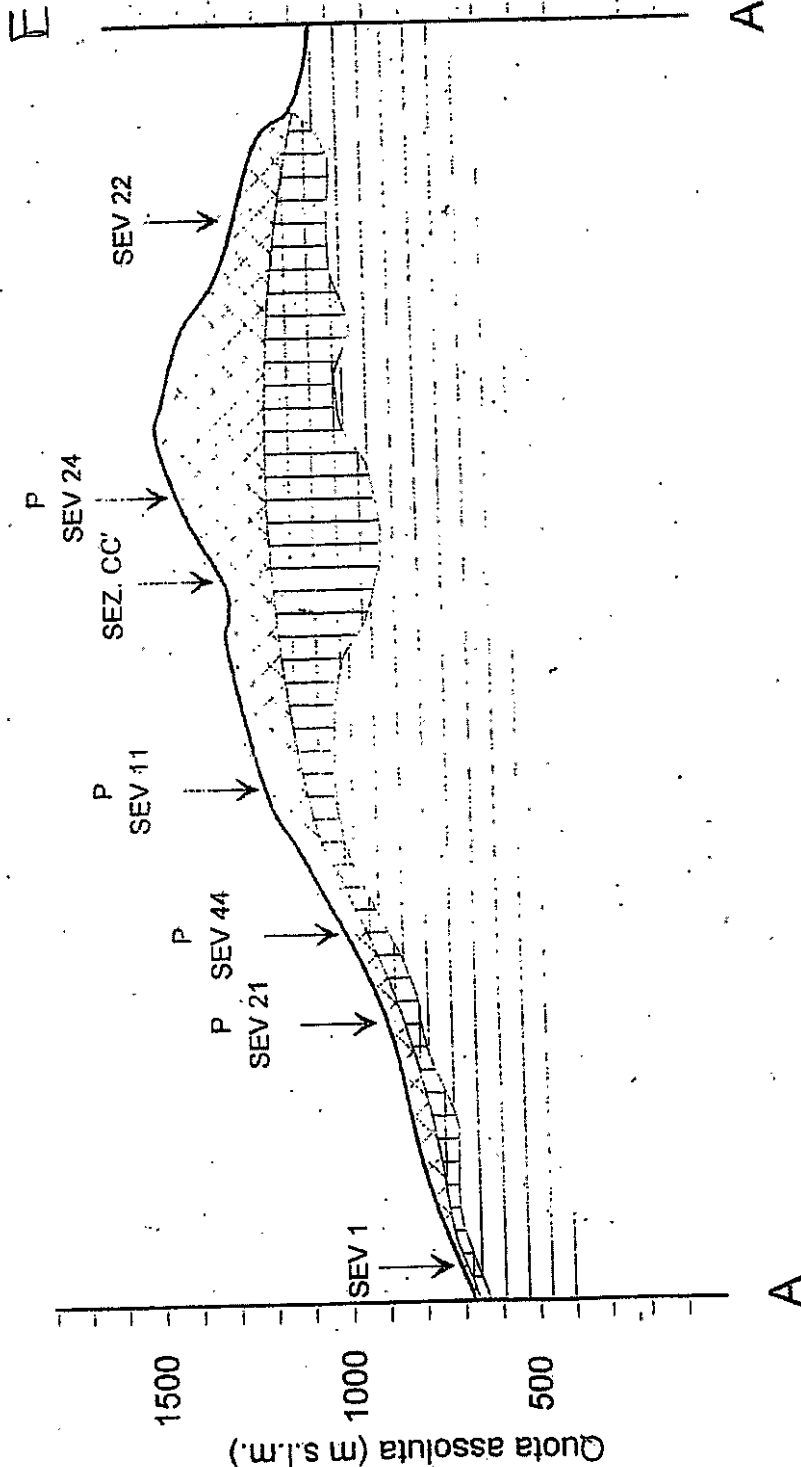
Sezione geoelettrica AA' interpretativa dei sondaggi elettrici verticali



Vulcaniti fratturate (sterili e/o parzialmente saturate)

Vulcaniti compatte (sature)

Substrato - Flysch



SEV 22

Ubicazione dei sondaggi elettrici

P

SEV 24

Proiezione dei sondaggi elettrici

SEZ. CC'

Intersezione con altre sezioni

Scala grafica orizzontale




Km

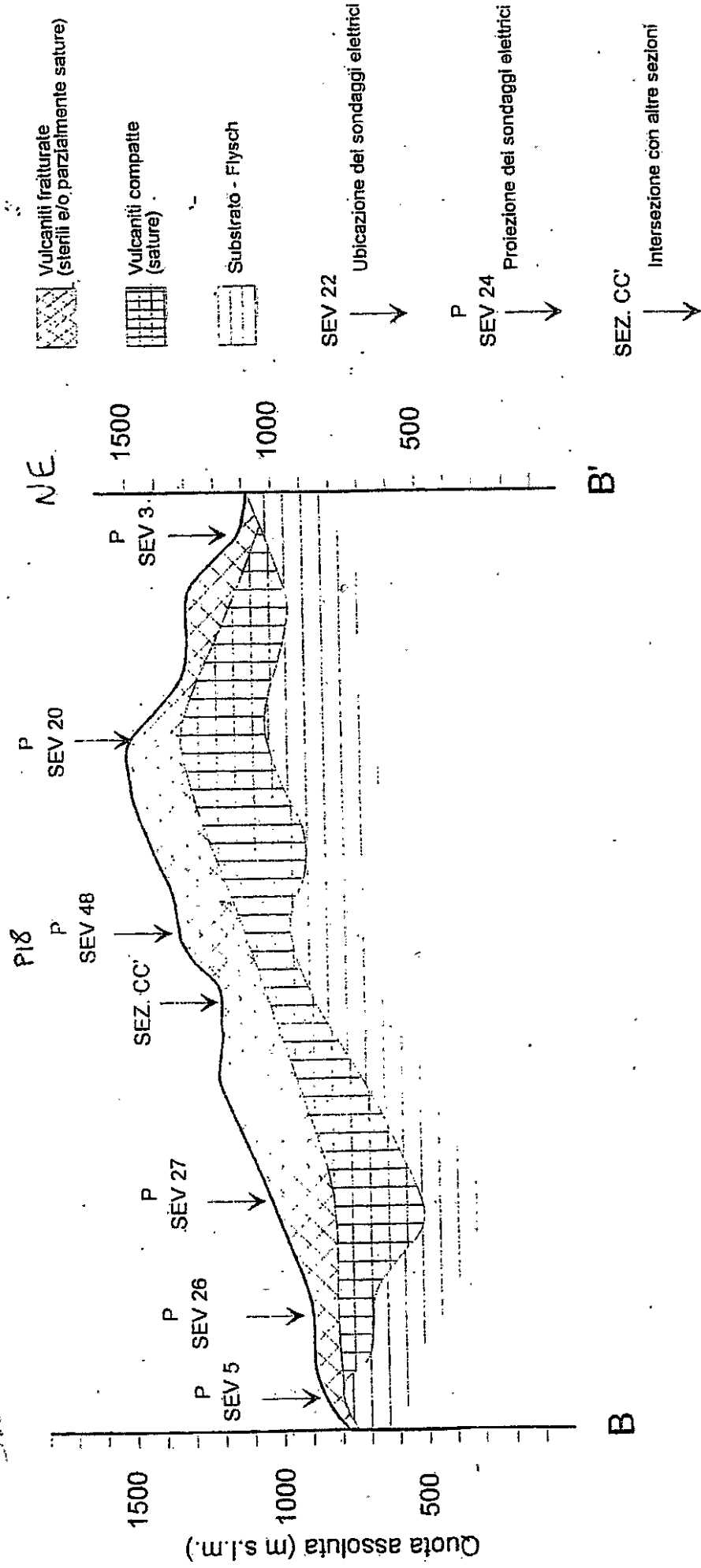


Scala orizzontale: 1:50000
 Scala verticale: 1:20000

Sezione geoelettrica BB' interpretativa dei sondaggi elettrici verticali

Legenda

-  Vulcaniti fratturate (sterili e/o parzialmente sature)
-  Vulcaniti compatte (sature)
-  Substrato - Flysch



Scala grafica orizzontale
 Km.



Sezione geoelettrica CC' Interpretativa dei sondaggi elettrici verticali

Scala orizzontale 1:50000

Scala verticale 1:20000



Legenda

Vulcaniti fratturate
(sterili e/o parzialmente saturate)

Vulcaniti compatte
(sature)

Substrato - Flysch

SEV 22

Ubicazione dei sondaggi elettrici

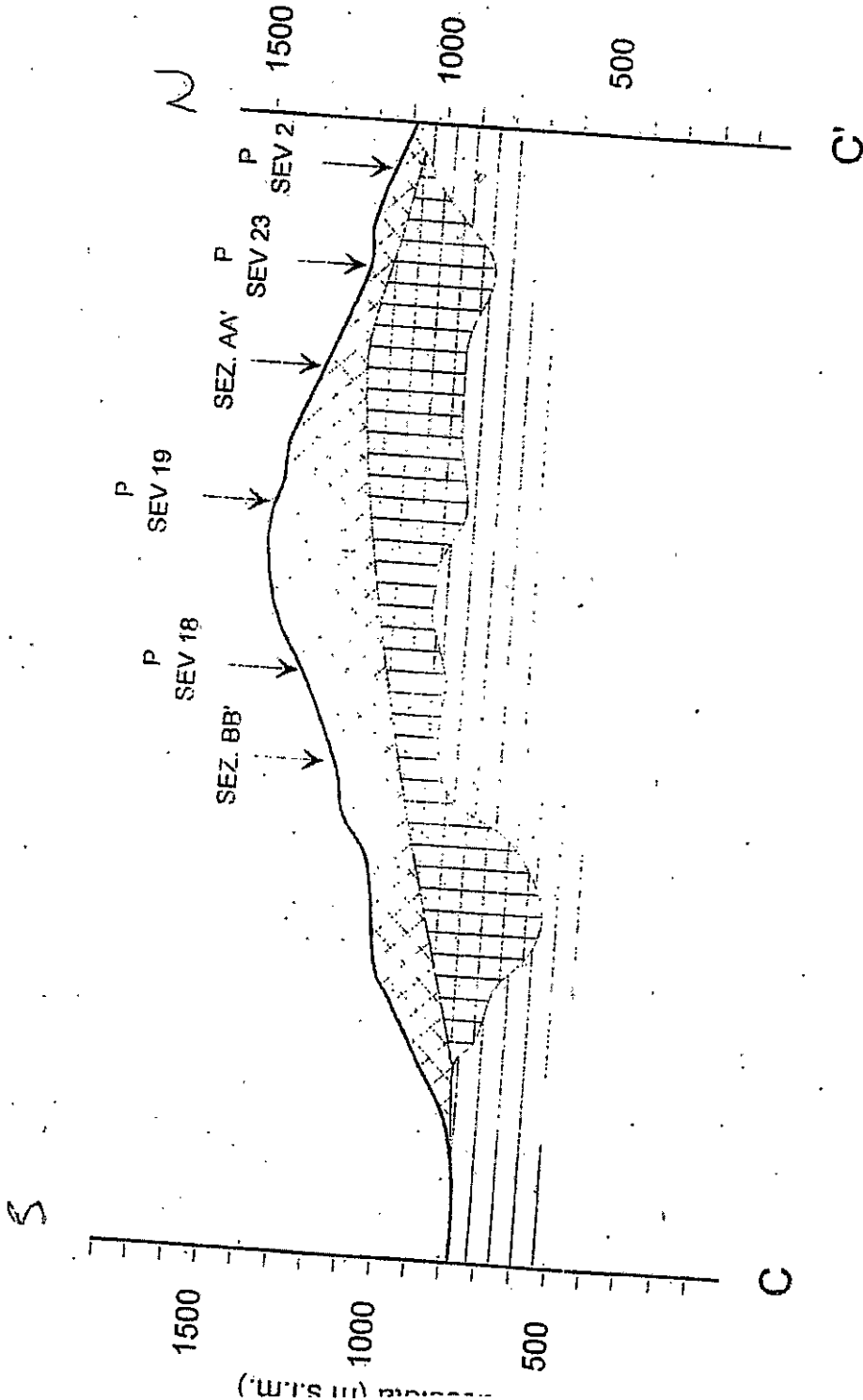
P

SEV 24

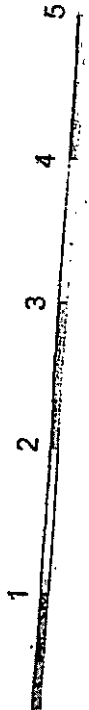
Proiezione dei sondaggi elettrici

SEZ. CC'

Intersezione con altre sezioni



Scala grafica orizzontale
Km



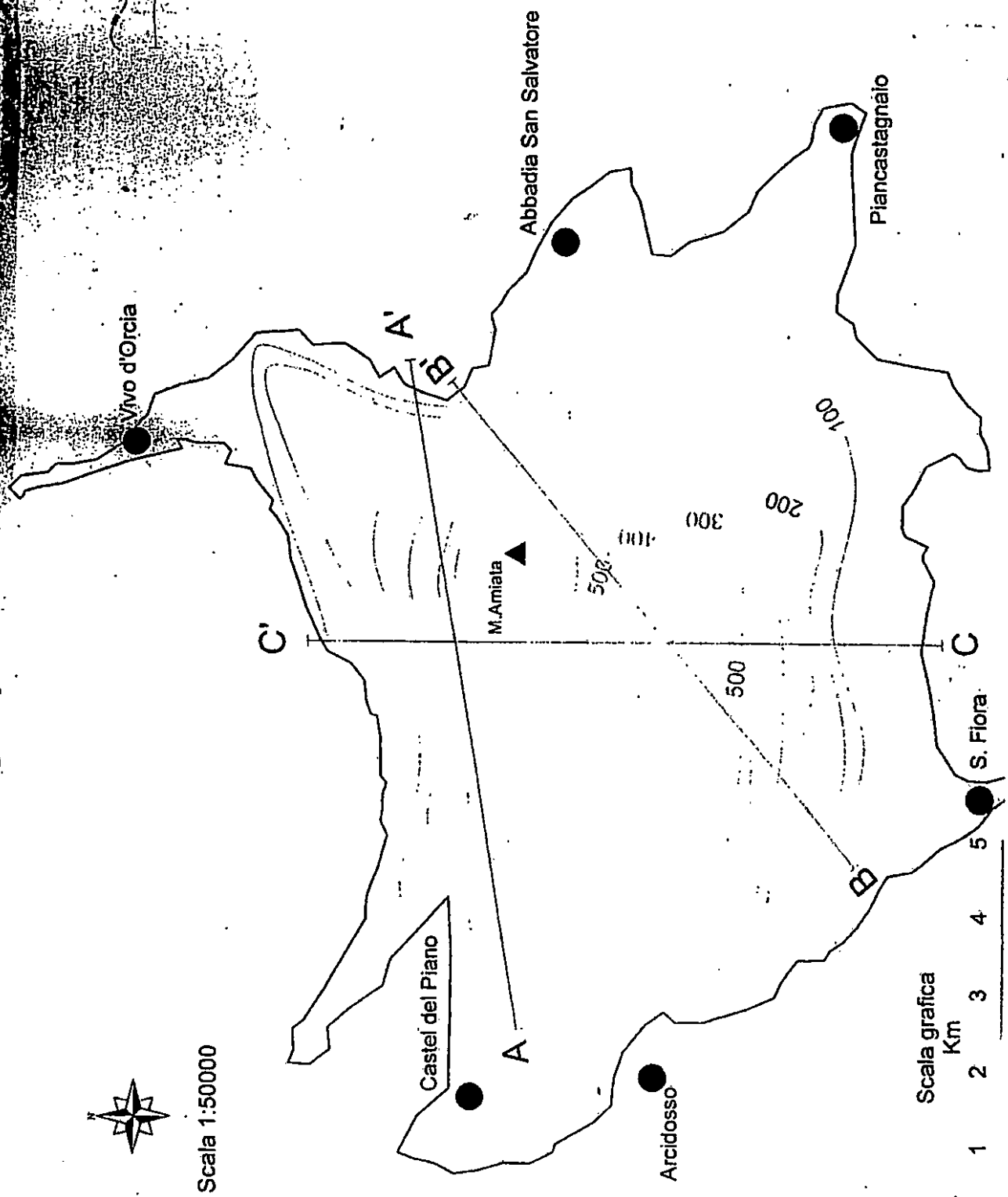
Carta degli spessori degli strati resistivi (vulcanici)

Legenda

- Isopacha della vicenti (m)
- Strati resistivi



Scala 1:50000



Scala grafica

Km

1

2

3

4

5

S. Fiora



Camera dei Deputati



CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
ISTITUTO DI GEOSCIENZE E GEORISORSE

56124 PISA (Italy) - Via G. Moruzzi, 1 web: www.igg.cnr.it e-mail: igg@igg.cnr.it

**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**

Relazione Finale

1. Premessa

Nell'ambito della Convenzione stipulata tra questo Istituto e la Regione Toscana è stato studiato l'acquifero del Monte Amiata, al fine di verificare i seguenti punti:

- l'andamento della superficie piezometrica di tutto l'acquifero e la sua variabilità nel tempo;
- il campo di moto della falda acquifera;
- l'andamento morfologico del substrato impermeabile e conseguente ricostruzione dei bacini idrogeologici;
- l'individuazione dei camini vulcanici;
- la quota di miscelamento della falda superficiale con quella profonda.

La ricerca si è svolta nell'ambito di un Protocollo di Intesa atto a definire il bilancio idrico dell'acquifero del Monte Amiata. Durante lo svolgimento dell'indagine qui descritta, comunque, non ci sono stati particolari contatti con gli altri partecipanti al Piano d'Intesa, e quindi le conclusioni che vengono tratte in questa relazione vanno intese come risultato della sola indagine geofisica, e andranno poi contestualizzate in un lavoro più completo, a cura della Regione.

2. Introduzione

In seguito ai cambiamenti climatici avvenuti negli ultimi anni, nella Toscana meridionale si è verificata una riduzione della media delle precipitazioni, con una conseguente crisi idrica che ha posto l'attenzione sulla rinnovabilità della risorsa d'acqua. L'aumento della richiesta per uso civile ed industriale ha reso necessaria una conoscenza più adeguata dei bacini idrici di questa zona, con particolare attenzione all'acquifero del Monte Amiata.

Il complesso vulcanico del Monte Amiata costituisce l'acquifero più importante della Toscana Meridionale. Il serbatoio contenuto nelle vulcaniti amiatine è un sistema che alimenta alcuni bacini idrici circostanti (Fiora, Paglia, e Orcia) e fornisce direttamente acqua alle province di

7. Conclusioni

Viene data qui di seguito una descrizione dei risultati riferiti a ciascun obiettivo individuato nella Convenzione.

- Verificare l'andamento della superficie piezometrica di tutto l'acquifero e la sua variabilità nel tempo;

L'andamento è stato verificato, seppure con una risoluzione di parecchi metri a causa della non perfetta qualità dei dati in tutti i siti e le campagne. Rimangono dubbi sull'interpretazione della quota della superficie nel settore SW del vulcano, che potrà essere effettuata solo al momento in cui si possa procedere ad un confronto con i dati di pozzo. In generale si può dire che la superficie piezometrica può essere individuata con la precisione di qualche metro. La risoluzione può essere migliorata se si utilizzasse la geofisica quale strumento di estrapolazione tra più dati puntuali, per esempio da piezometri o pozzi sparsi nella zona di interesse.

- il campo di moto della falda acquifera;

Non ci sono evidenze di anisotropie evidenti, quindi di circolazioni preferenziali. Le uniche anomalie sono state individuate vicino a zone di faglia, nel settore a Sud ed in quello a Sud-Ovest del vulcano. Tali faglie sembrano quindi giocare un ruolo importante per la circolazione di fluidi.

- l'andamento morfologico del substrato impermeabile e conseguente ricostruzione dei bacini idrogeologici;

La superficie è stata individuata piuttosto chiaramente, e permette di capire quali sono le zone di principale accumulo, in particolare la zona a Sud-Ovest che alimenta le sorgenti del Fiora.

- l'individuazione dei camini vulcanici;

Non c'è alcuna evidenza di camini vulcanici o di qualunque anomalia al trend generale idrogeologico descritto in questa relazione. L'unica zona anomala, in cui si evidenzia una successione di strati diversa dal trend generale è la zona ad Ovest di Abbadia San Salvatore, di cui si parla al punto successivo.

- la quota di miscelamento della falda superficiale con quella profonda.

Solo nella zona a E-NE, vicina ad Abbadia, ci sono evidenze di forti anomalie di resistività che farebbero pensare a circolazione di fluidi termali con mineralizzazioni. La zona risulta particolarmente conduttiva, non si evidenziano gli alti valori di resistività riscontrati nelle vulcaniti in tutto il resto del vulcano. La mancanza del Flysch in questa zona, e la successione diretta della vulcaniti sui termini carbonatici che costituiscono le rocce serbatoio dei fluidi geotermici ha portato ad una circolazione di fluidi termali, come evidenziato dalle mineralizzazioni di questa zona. Tale circolazione potrebbe però non essere attuale, in quanto gli effetti sulla resistività risultano permanenti: le argillificazioni e le mineralizzazioni metalliche abbassano la resistività in modo permanente, e risultano evidenti anche dopo la fine della circolazione. In base al solo dato di resistività, quindi, non è possibile stabilire se ci siano attualmente in atto dei collegamenti tra la falda superficiale e quella profonda.

In generale il metodo magnetotellurico si è dimostrato efficace, seppure limitato dai problemi di rumore elettromagnetico. Esso ha permesso di colmare le lacune lasciate dai dati di geoelettrica, ma certamente non può fornire da solo tutte le risposte che sarebbero utili e necessarie. La novità dell'applicazione e le difficoltà di lettura dei dati originali non ha permesso di poter utilizzare ancora il metodo con tutti i codici di calcolo che avrebbero forse permesso di migliorare la qualità dei dati. La difficoltà maggiore, comunque, è stata quella di interpretare i dati senza poter contare su riferimenti sicuri. Per poter capire come utilizzare questa metodologia al meglio sarebbe

Convenzione tra IGG e Regione Toscana: campagna di misure magnetotelluriche sul Monte Amiata

opportuno un confronto con dati di pozzo, log geofisici e almeno due o tre punti di taratura. Come tutti i metodi geofisici, quindi indiretti, la magnetotellurica fornisce i migliori risultati quando viene utilizzata come strumento di estrapolazione tra dati diretti e puntuali. Inoltre, il confronto con dati di idrogeologia avrebbero permesso una discussione più completa dei risultati della Convenzione.

Adele Manzella

Il responsabile scientifico
Dott.ssa Adele Manzella



L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

Divisione Generazione ed Energy Management
Area di Business Energie Rinnovabili

Concessione di Coltivazione BAGNORE

Studio di Impatto Ambientale Sintesi non tecnica

Centrale geotermoelettrica Bagnore 4

Documento n. R.603.06.01.025

Pisa Agosto 2005

3.1 Esplorazione di superficie e modello geotermico

Nell'area in oggetto sono state effettuate le seguenti attività:

misure microgravimetriche e topografiche di precisione;

controllo microsismico, nell'ambito del più generale controllo dei campi geotermici del Monte Amiata;

profilo sismico a riflessione profondo (quota parte di 8 km di un più lungo profilo, eseguito in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche, CNR, che ha interessato la fascia di territorio compreso tra il M. Amiata e Larderello: profilo CROP).

Sono state inoltre eseguite le attività di controllo geologico e fisico dei pozzi perforati e di controllo periodico di temperatura e pressione in vari pozzi esistenti. L'elaborazione e l'interpretazione di tutti i dati raccolti hanno consentito di definire con maggiore dettaglio il modello della risorsa geotermica ubicata nell'area della concessione e di ottimizzarne il programma di sviluppo. Il serbatoio Carbonatico, costituente il primo serbatoio (cosiddetto "superficiale"), è connesso con aree di assorbimento di acque meteoriche che corrispondono agli affioramenti di vulcaniti del M. Amiata, in comunicazione idraulica attraverso i camini vulcanici, e agli affioramenti carbonatici presenti a Sud e a Sud-Ovest di Bagnore.

L'attuale configurazione della zona produttiva deriva da una particolare evoluzione idrogeologica. La struttura positiva era inizialmente occupata da un accumulo di CO₂ alla pressione di circa 23 bar, in equilibrio con l'acquifero regionale, con livello piezometrico a 230 metri s.l.m. Con l'erogazione dei primi pozzi geotermici, che producevano fluidi con elevato rapporto gas-vapore, si è avuta una progressiva diminuzione della pressione del serbatoio per scarsa ricarica di gas, con conseguente innalzamento della tavola d'acqua. Questo fenomeno, che è andato attenuandosi nel tempo, ha avuto un duplice effetto: ha ridotto il numero dei pozzi produttivi, per l'affogamento dei pozzi Bagnore 7 e Bagnore 9, ubicati al margine della struttura, lasciando in erogazione solamente quelli ubicati sul top della stessa, e ha abbassato la percentuale di gas incondensabili del fluido prodotto. Al di sotto del serbatoio carbonatico, i terreni metamorfici del basamento si presentano pressoché completamente impermeabili per diverse centinaia di metri. Questi terreni separano il serbatoio carbonatico più superficiale da altre formazioni metamorfiche, ancora più profonde, rivelatesi abbastanza permeabili per fratturazione.

3.2 Pozzi geotermici perforati

Nell'area interessata dalla C.C. Bagnore sono stati finora perforati 34 pozzi geotermici, suddivisi secondo la destinazione d'uso come segue:

- n° 8 produttivi;
- n° 2 controllo di campo;
- n° 4 di reiniezione;
- n° 20 chiusi minerariamente;



ALLEGATO 7

Camera dei Deputati

ARPAT

Agenzia Regionale per la protezione ambientale della Toscana

**STUDIO-VALUTAZIONE PAESISTICO-TERRITORIALE DELLE AREE
INTERESSATE DALLE ESISTENTI E PREVISTE
CENTRALI GEOTERMoeLETTRICHE DELL'ENEL,
DAI RELATIVI IMPIANTI TECNOLOGICI
E DALLE INFRASTRUTTURE CONNESSE NELL'AREA AMLATINA
(Concessioni Minerarie di Coltivazione Piancastagnaio e Bagnore)**

**Decreto ARPAT n.117 del 20 marzo 1997
Contratto di Incarico Professionale del 4 aprile 1997**

FASE 1

RELAZIONE

FASE ANALITICO-VALUTATIVA

**Arch. Lorenzo Vallerini Via C. di Belgioioso, 3 50137 Firenze
Architettura del verde e del paesaggio / Pianificazione territoriale**

- dicembre 1997 -

morfologia precedente ai fenomeni vulcanici influenza ancora oggi il movimento delle acque nel sottosuolo.

In questa superficie si individua anche una vasta area collassata provocata dagli svuotamenti della camera magmatica, in seguito ad eruzioni vulcaniche; questo catino naturale è divenuto il serbatoio verso cui confluiscano le acque meteoriche che si infiltrano e le acque di falda preesistenti che rinnovano con continuità la riserva idrica immagazzinata. Questa falda superficiale, ospitata nelle vulcaniti, è collegata tramite i camini vulcanici che attraversano il substrato dell'acquifero alla falda profonda che alimenta i campi geotermici dell'Amiata.

Rimane difficile con le conoscenze che abbiamo a disposizione entrare nel merito della situazione idrogeologica specifica delle zone di concessione mineraria; dal punto di vista idrogeologico infatti non è possibile definire confini che non siano naturali. Può comunque risultare facile individuare la presenza di un serbatoio più o meno ricaricabile se si tiene conto del grado di permeabilità primaria e secondaria delle rocce affioranti.

Nell'area di Bagnore si distinguono due famiglie litologiche principali: una costituita dalle vulcaniti che hanno permeabilità elevata, l'altra costituita da formazioni arenacee-argillose a permeabilità buona. Nella zona di Piancastagnaio si hanno le stesse formazioni appartenenti alle rocce di origine vulcanica, quindi ad elevata permeabilità, le stesse formazioni a permeabilità buona rappresentate dai Calcari Palombini, ed una formazione neogenica costituita da materiali più argillosi che presentano quindi una permeabilità più bassa.

1.1.4. Caratteristiche geomorfologiche

Lo studio geomorfologico di un'area ha come fine quello di produrre una carta che fornisca una visione sistematica delle forme e delle morfostrutture del terreno, mettendo in luce le relazioni esistenti tra queste ed i processi che le hanno generate.

La carta geomorfologica viene realizzata sia tenendo conto dell'area considerata in tempi geologici sia la litologia sia la tipologia dell'attività dinamica dei processi morfogenetici recenti in atto. Nel secondo caso si considerano i fenomeni morfogenetici connessi con le condizioni climatiche attuali e le interazioni antropiche; l'attività neotettonica viene considerata solamente in riferimento alle sue manifestazioni più violente con effetti direttamente generati sul terreno (faglie attive e sismi).

Tali rappresentazioni richiedono scale di dettaglio non inferiori ad 1:25.000, così da riportare con l'accuratezza necessaria le forme ed i depositi connessi con i processi morfoevolutivi che interessano o hanno interessato versanti, fondovali, pianure.

Il metodo di valutazione geomorfologica adottato nel presente lavoro consiste nello studio delle forme come prodotto di fenomeni di erosione, evoluzione naturale e dissesto del terreno, nell'individuazione delle cause che le hanno determinate (e nella valutazione della loro successiva evoluzione).

Prot. n. A00-GRT int 11
 da citare nella risposta
 Allegati

Data 14 novembre 2007

Risposta al foglio del

numero

Oggetto: piano di lavoro finalizzato alla definizione del bilancio idrico dell'acquifero dell'Amiata (deliberazione Giunta regionale 8 aprile 2002). Risultati delle indagini eseguite.

- al Responsabile Settore Tutela del Territorio e della Costa
Dott.ssa Maria Sargentini
- al Direttore Generale della Direzione Generale delle Politiche Territoriali e Ambientali
Dott. Mauro Grassi
- al Responsabile del Settore Tutela delle Acque Interne e del Mare, Servizi idrici
Dott.ssa Gilda Ruberti
- al Responsabile del Settore Miniere ed Energia
Dott. Edo Bernini
- p.c. - all'Assessore alla Difesa del Suolo e al Servizio Idrico
Dott. Marco Betti
- p.c. - all'Assessore alla Tutela Ambientale e alla Energia
dott.ssa Anna Rita Brammerini

Premessa

La presente relazione è finalizzata a evidenziare quegli elementi scientifici emersi dalle indagini previste del piano di lavoro in oggetto che propendono per la definizione di un modello concettuale idrogeologico basato sul collegamento idraulico tra la falda freatica superficiale e quella geotermica profonda (utilizzata per la produzione di energia elettrica).

Da tali elementi emerge inoltre una situazione di criticità della falda acquifera (la fonte di approvvigionamento acquedottistico principale della Toscana meridionale) che, a parere dello scrivente, rende problematica la possibilità di "sovrasfruttamento" dell'acquifero nel periodo estivo così come attualmente previsto dal vigente Piano d'Ambito dell'AATO 6 Ombrone e rende necessario valutare qualitativamente e quantitativamente le ripercussioni sulla falda acquifera superficiale conseguenti allo sfruttamento dell'energia geotermica.

Gli elementi scientifici a supporto del modello concettuale

Gli studi presi in considerazione sono i seguenti:

- a) Campagna geofisica per la ricostruzione della superficie e del campo di moto della falda acquifera, l'andamento morfologico del substrato, l'individuazione dei camini vulcanici, l'individuazione della quota di miscelamento tra la falda superficiale e quella profonda. Convenzione con CNR di Pisa. Responsabile scientifico dott.ssa Adele Manzella.
- b) Rilievo geostrutturale dell'apparato vulcanico del Monte Amiata. Incarico a Soc. EDRA di Roma. Responsabile scientifico dott. Andrea Borgia

Prima di entrare nel dettaglio dei risultati delle indagini si mette in evidenza che nei siti internet di ENEL stessa e dei vari centri di ricerca (es. CNR di Pisa), oltre che in quelli dei vari enti internazionali preposti all'energia (es. il Dipartimento dell'Energia degli USA), sono riportati modelli concettuali schematici e di dettaglio dei sistemi geotermici che mostrano il collegamento idraulico e la conseguente ricarica delle falde acquifere profonde da parte di quelle più superficiali. (fig. 1)

Per quanto riguarda il sistema geotermico dell'Amiata, gli elementi scientifici a supporto del modello concettuale di collegamento tra acquiferi superficiali e geotermici vengono di seguito elencati:

- 1) Il rilievo geostrutturale realizzato da EDRA, come per altro già evidenziato in tutte le sezioni geologiche dell'Amiata pubblicate in passato (inclusa la carta geologica 1:5000 della Regione Toscana), indica che i camini vulcanici costituiscono una prima ed importante via di collegamento tra falde superficiale e geotermica.
- 2) Lo stesso rilievo di EDRA, come per altro già implicito nella carta geologica 1:5000 della Regione Toscana, mostra inoltre che l'Amiata è stato interessato da fenomeni di deformazione gravitativa profonda (sagging). La costruzione dell'edificio vulcanico per colate successive, caratterizzate da maggior rilievo topografico e densità, rispetto alla roccia argillitiche e anidritiche sottostanti (a comportamento plastico), è stata accompagnata dal progressivo sprofondamento dell'edificio nelle sottostanti rocce plastiche con conseguente rifluimento laterale e rigonfiamento basale delle stesse. Il fenomeno dello sprofondamento oltre che ridurre o annullare lo spessore delle rocce argillitiche sotto il vulcano, ha generato un insieme di faglie e fratture, interessanti non solo tutto lo spessore delle rocce vulcaniche ma anche quelli dei sottostanti substrati argillitici e anidritici, che favoriscono il collegamento idraulico tra la falda superficiale e quella del campo geotermico (locato appunto nelle anidriti). Nel rilievo geostrutturale si sottolinea, infine, come i dati pubblicati da ENEL e le sezioni geologiche della miniera di Abbadia San Salvatore mostrino come parte dell'edificio vulcanico appoggi direttamente sulla sequenza di rocce (Falda Toscana) che ospitano il campo geotermico.
- 3) Dai camini di areazione della dimessa miniera di Abbadia San Salvatore, dove le vulcaniti poggiano direttamente sui termini superiori della Falda Toscana, fuoriescono attualmente fluidi geotermici (per esempio acido solfidrico (H_2S) e vapore). Tale fenomeno rappresenta un ulteriore elemento a favore del collegamento diretto tra campo geotermico e acquifero superficiale. (fig. 2)
- 4) I livelli della superficie della falda acquifera individuati dal CNR di Pisa (anni 2003, 2004, 2005, 2006) mostrano un andamento sostanzialmente diverso da quello ricostruito da Calamai et alii (e pubblicato nel n. 1 della rivista Geothermics nel 1970). Infatti, nei rilievi eseguiti dal CNR la falda risulta generalmente più depressa (fig. 3) e nell'area sud ovest, tra La Montagnola il Poggio della Pescina ed il Poggio Tarazuolo, concava verso l'alto (fig. 4).

- 5) L'andamento del substrato (le rocce sotto le vulcaniti) rilevato dal CNR di Pisa mostra una depressione coincidente con quella della falda acquifera. Tale depressione risulta in prossimità di uno dei centri di emissione più recenti dell'Amiata (Poggio Trauzzuolo) come evidenziato dallo studio EDRA. La depressione del substrato e la prossimità con uno dei centri di emissione del vulcano sembrano suggerire la presenza di un camino vulcanico che potrebbe costituire uno dei collegamenti idraulici tra falde superficiale e profonda (fig. 5).
- 6) La depressione (a conca) della falda acquifera superficiale è anomala rispetto alle condizioni normali di equilibrio sia stazionario che transiente di un acquifero. In condizioni di equilibrio la superficie di falda, dove è attualmente presente il minimo, dovrebbe invece essere rilevata con un gradiente misurabile dall'area di ricarica (La Montagnola) verso le aree di sorgente (le sorgenti, appunto, al contatto tra vulcaniti e substrato argillitico nella zona del Fiora), come per altro appare nel versante nord ovest dell'Amiata lontano dai campi geotermici sfruttati. La suddetta depressione indica che il deflusso delle acque sotterranee è quindi in parte verso il minimo della depressione stessa che risulterebbe costituire un vero e proprio cono di depressione, come quello generato da un pozzo in emungimento. Dato che non vi sono pozzi in emungimento, tale situazione è indicativa di una ricarica indotta della falda superficiale a favore di quella profonda.
- 7) Alcune misure di resistività, registrate dal CNR particolarmente nella zona del minimo ed attribuite al substrato, suggeriscono la presenza di fluidi conduttivi (quindi probabilmente geotermici) nella porzione più profonda della falda acquifera freatica.

Conclusioni.

Il sottoscritto ritiene che vi siano sufficienti elementi scientifici a supporto del modello concettuale che prevede il collegamento tra le falde freatica superficiale e geotermica profonda. L'attuale anomalo andamento della superficie della falda, che è utilizzata a fini acquedottistici, suggerisce una situazione di criticità e di disequilibrio della stessa (ricarica indotta a favore del campo geotermico, con possibile risalita di gas dal campo geotermico verso l'alto). Sulla base di quanto sopra esposto si svolgono le seguenti considerazioni:

- 1) Risulta problematica l'attivazione di quanto previsto dal Piano d'Ambito dell'AATO 6 Ombrone che prevede il "sovrasfruttamento" nel periodo estivo della falda superficiale attraverso la realizzazione di un campo pozzi. Un'ulteriore decremento del livello piezometrico della falda può comportare il richiamo dei fluidi e dei vapori geotermici con conseguenti gravi problemi di inquinamento della falda stessa. Analoghe considerazioni valgono nel caso dell'attivazione delle procedure previste dalla legge regionale 21 maggio 2007 n.29 "norme per l'emergenza idrica per l'anno 2007".
- 2) E' necessario che i piani industriali di utilizzo del vapore geotermico per la produzione di energia elettrica tengano conto delle ripercussioni qualitative e quantitative sulla falda superficiale.
- 3) Nella definizione del bilancio idrico dell'acquifero dell'Amiata previsto dal piano di lavoro occorre introdurre, tra i parametri in "uscita", l'estrazione di vapore per la produzione di energia elettrica.

Il geologo Luigi Micheli

(elaborazioni tridimensionali a cura di Alessandro Tognetti)

Sito internet: www.istitutogeologico.cnr.it
Geologia e Geotermia
Mary H. Dakson e Mario Fanelli
CNR - Istituto di Geoscienze e Georisorse Pisa

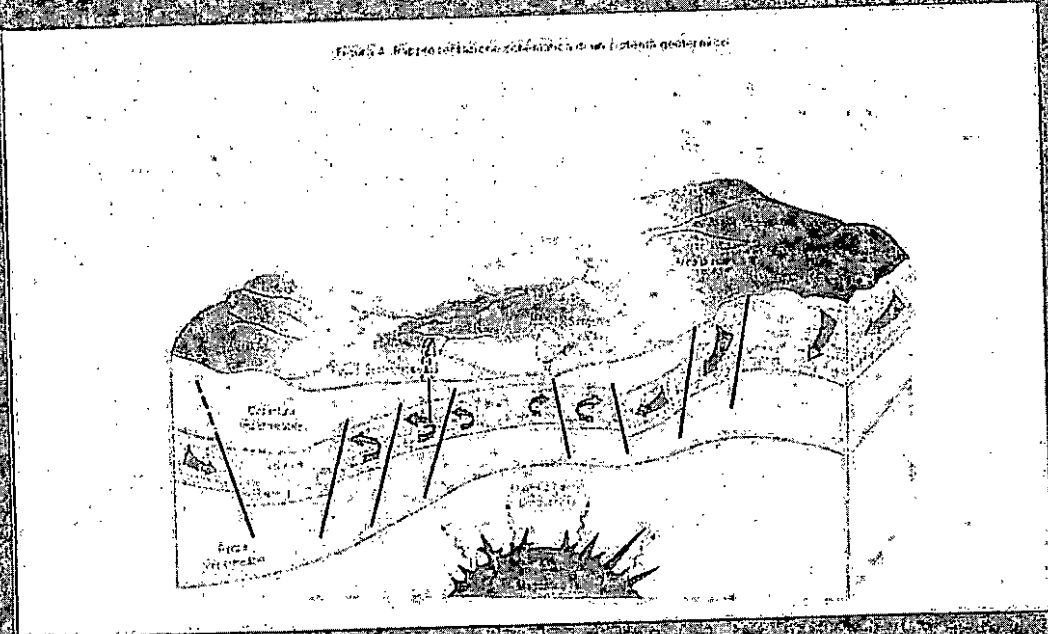


Figura 1
Modello concettuale sistema geotermico CNR Pisa



Camera dei Deputati

Camino di areazione miniera di Abbadia San Salvatore
(H₂S e vapore)

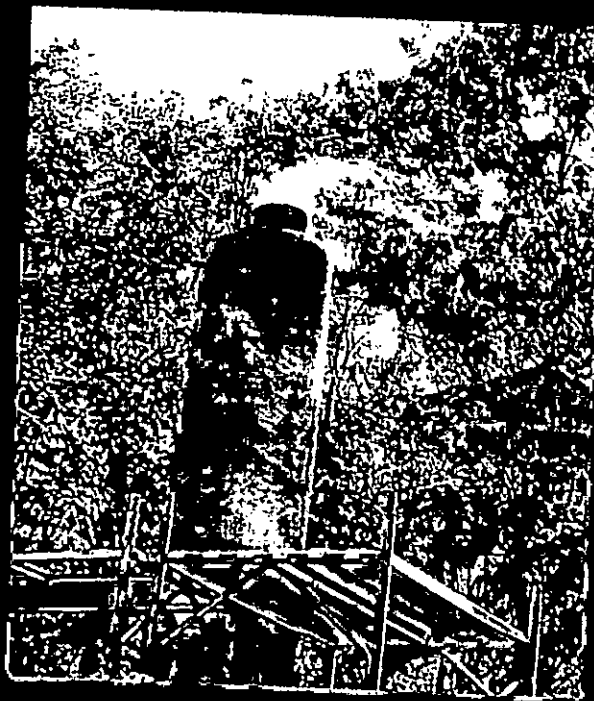


Figura 2

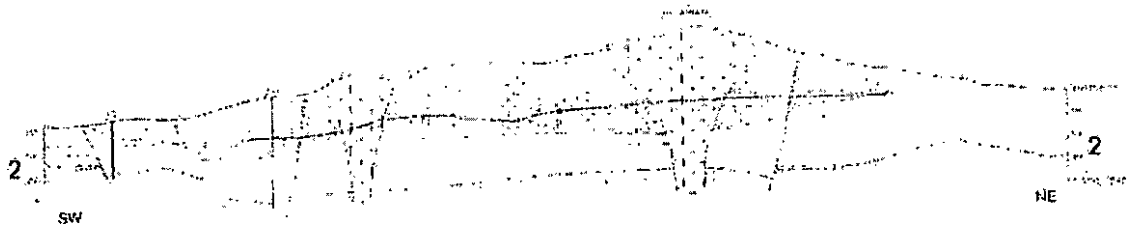


Fig. 3

In azzurro andamento della falda acquifera come riportato nella rivista Geothermics (1970)
Con la linea verde andamento della falda acquifera marzo 2006 (CNR Pisa)

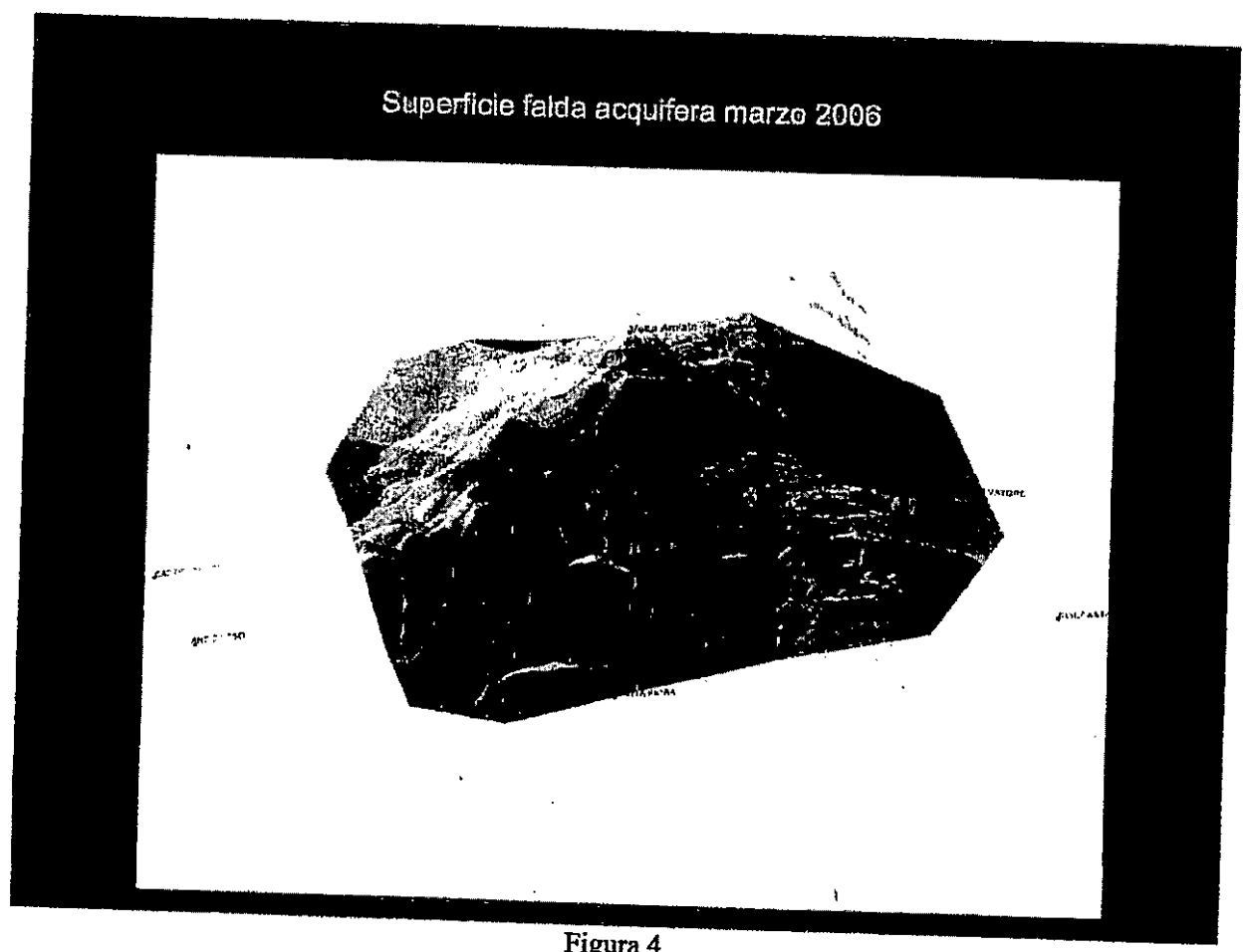
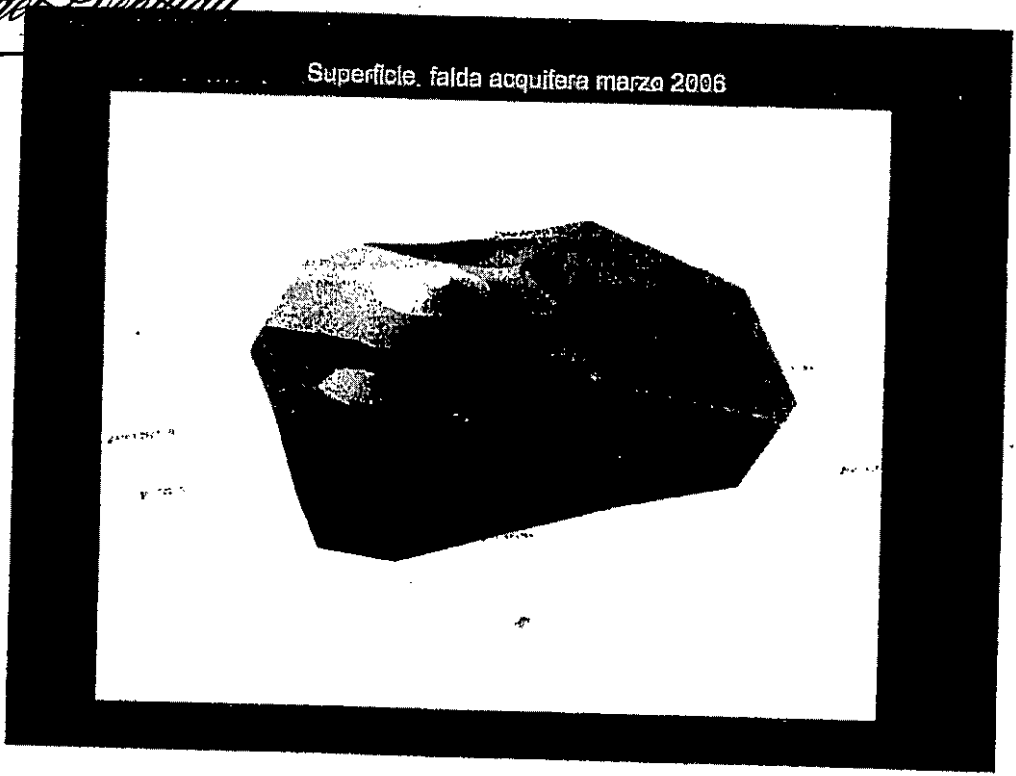


Figura 4

Superfici faldate e substrato (marzo 2006)

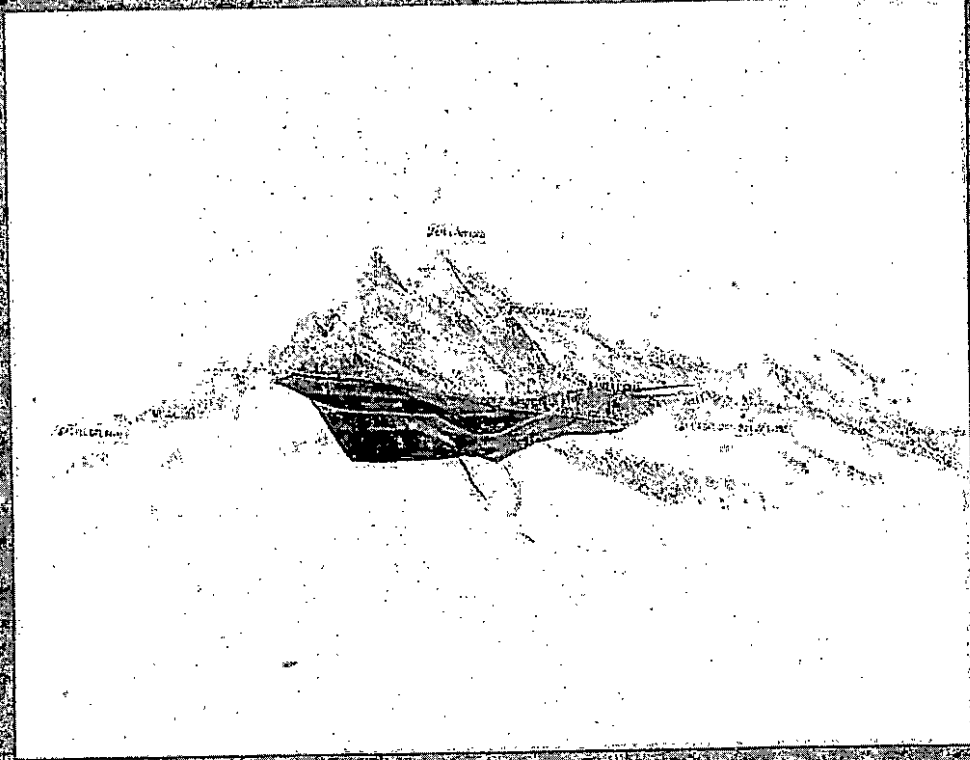


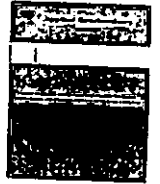
Figura 5



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Applied Geochemistry

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apgeochem

Carbon dioxide degassing and thermal energy release in the Monte Amiata volcanic-geothermal area (Italy)

Francesco Frondini^{a,*}, Stefano Caliro^b, Carlo Cardellini^a, Giovanni Chiodini^b, Nicola Morgantini^c

^a Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Perugia, Piazza dell'Università, I-06123 Perugia, Italy

^b INGV Sezione di Napoli, Osservatorio Vesuviano, Via Diocleziano 328, I-80124 Napoli, Italy

^c ARPA Umbria, Via Pievotola, San Sisto, I-06132 Perugia, Italy

ARTICLE INFO

Article history:

Received 9 July 2008

Accepted 22 January 2009

Available online 3 February 2009

Editorial handling by R. Fuge

ABSTRACT

The quaternary volcanic complex of Mount Amiata is located in southern Tuscany (Italy) and represents the most recent manifestation of the Tuscan Magmatic Province. The region is characterised by a large thermal anomaly and by the presence of numerous CO₂-rich gas emissions and geothermal features, mainly located at the periphery of the volcanic complex. Two geothermal systems are located, at increasing depths, in the carbonate and metamorphic formations beneath the volcanic complex. The shallow volcanic aquifer is separated from the deep geothermal systems by a low permeability unit (Ligurian Unit). A measured CO₂ discharge through soils of $1.8 \times 10^9 \text{ mol a}^{-1}$ shows that large amounts of CO₂ move from the deep reservoir to the surface. A large range in $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ (−21.07 to +3.65) characterises the waters circulating in the aquifers of the region and the mass and isotopic balance of TDIC allows distinguishing a discharge of $0.3 \times 10^9 \text{ mol a}^{-1}$ of deeply sourced CO₂ in spring waters. The total natural CO₂ discharge ($2.1 \times 10^9 \text{ mol a}^{-1}$) is slightly less than minimum CO₂ output estimated by an indirect method ($2.8 \times 10^9 \text{ mol a}^{-1}$), but present-day release of $5.8 \times 10^9 \text{ mol a}^{-1}$ CO₂ from deep geothermal wells may have reduced natural CO₂ discharge. The heat transported by groundwater, computed considering the increase in temperature from the infiltration area to the discharge from springs, is of the same order of magnitude, or higher, than the regional conductive heat flow ($>200 \text{ mW m}^{-2}$) and reaches extremely high values (up to 2700 mW m^{-2}) in the north-eastern part of the study area. Heat transfer occurs mainly by conductive heating in the volcanic aquifer and by uprising gas and vapor along fault zones and in those areas where low permeability cover is lacking. The comparison of CO₂ flux, heat flow and geological setting shows that near surface geology and hydrogeological setting play a central role in determining CO₂ degassing and heat transfer patterns.

© 2009 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

The Tyrrhenian side of central-southern Italy, characterised by thinned crust (20–25 km), positive magnetic anomalies (Arisi Rota and Fichera, 1985), shallow earthquakes, positive gravity anomaly and high heat flow (Della Vedova et al., 1984), is affected by a globally significant CO₂ degassing process (Chiodini et al., 1999, 2000, 2004; Chiodini and Frondini, 2001; Gambardella et al., 2004; Frondini et al., 2008). This process, probably due to migration into the upper crust of deep mantle fluids, is responsible for the transfer of large amounts of energy and matter toward the surface and produces strong CO₂ emissions at the surface and chemical modification of the shallow groundwater. Degassing occurs from two large sectors of central-southern Italy (Chiodini et al., 2004). The northern area (TRDS, Tuscan Roman degassing structure) partially overlaps Tuscany and the Roman magmatic province and releases

about $1.4 \times 10^{11} \text{ mol a}^{-1}$ of CO₂, while the southern area (CDS, Campanian degassing structure) is related to the Campanian volcanism and discharges about $0.7 \times 10^{11} \text{ mol a}^{-1}$ of CO₂ (Chiodini et al., 2004).

The Mount Amiata volcanic-geothermal area (AVGA), located in southern Tuscany (Fig. 1) within the TRDS, is characterised by the presence of numerous CO₂-rich gas emissions and geothermal features (Fig. 2) and is one of the Italian areas where the effects of the CO₂ degassing process are more evident. Some estimations of the CO₂ degassing process have been recently carried out in selected sectors of the AVGA (Rogie et al., 2000; Gambardella et al., 2004; Donnini et al., 2007), but at the present there is no estimation of the CO₂ flux from the whole AVGA and more data are needed in order to give a reasonable value (or range of values) for the total CO₂ efflux.

Another issue that is worthy of more investigation is the relationship of heat flow with the degassing process. Chiodini et al. (1988), through the enthalpy balance of the cold springs of the Mt. Amiata volcanic aquifer, showed that the effect of regional

* Corresponding author. Fax: +39 75 5852603.
E-mail address: frondini@unipg.it (F. Frondini).

($0.32 \pm 0.10 \times 10^{-8} \text{ m s}^{-1}$) are taken from Boni et al. (1986); the recharge rates of the fractured lavas ($1.90 \pm 0.45 \times 10^{-8} \text{ m s}^{-1}$) are from Barazzuoli and Solleolini (1994). The appropriate recharge rate values have been assigned to each spring on the basis of water chemistry, as discussed in Section 3.2, strictly reflects the rock type of the aquifer. The recharge area of each spring has been computed dividing the measured flow rate by the recharge rate.

The discharge temperatures have been measured during sampling and the average temperatures of the recharge areas have been calculated from the linear regression of temperature [°C] vs. altitude [m] proposed by Chiodini et al. (1988) for the AVGA:

$$T = 16.1 - 0.0066 \times Z \quad (8)$$

The resulting values of Q vary in a wide interval, from 0 to about 2700 mW m^{-2} . Starting from the Q values of each spring, the weighted mean values of Q were computed for each aquifer (weighting Q on recharge areas). The resulting values are: $240 \pm 57 \text{ mW m}^{-2}$ for the volcanic aquifer; $328 \pm 30 \text{ mW m}^{-2}$ for the sedimentary aquifers; $2686 \pm 242 \text{ mW m}^{-2}$ for the carbonate-evaporite thermal aquifer of Bagni San Filippo. It is worth pointing out that the heat flow values of the volcanic aquifer, calculated from recharge data, are in good agreement with the estimation of Chiodini et al. (1988) calculated on the basis of discharge data ($207 \pm 50 \text{ mW m}^{-2}$).

Starting from the Q values of each spring, the mapping of the heat flow has been performed using a sequential Gaussian simulation procedure (Deutsch and Journel, 1998) over a simulation grid of $840 (200 \text{ m} \times 200 \text{ m})$ cells, giving each spring a weight proportional to its recharge area.

The map of Q values (Fig. 8), obtained by linear averaging of 100 simulations, shows a relative minimum in the northern part of the volcanic structure, where the heat flow related to spring discharge

is close to the background conductive heat flow (Baldi et al., 1994), and an increase on its south-eastern borders corresponding to the location of the main geothermal systems. North East of the volcano, in the Bagni San Filippo area, Q reaches extremely high values ($>1000 \text{ mW m}^{-2}$), 4–5 times greater than the total conductive heat flow of the area (Cataldi et al., 1995; Baldi et al., 1994); these values are not consistent with a model of groundwater heating simply due to conductive heat transfer. In order to explain the values of Q computed for Bagni San Filippo it is necessary to hypothesize the input into the aquifer of a high-enthalpy fluid coming from deeper systems. The heating fluid could be a geothermal liquid or a separated gas and steam phase. In order to clarify this issue the enthalpy values, computed for each sample, have been plotted versus the Cl content (Fig. 9). The diagram shows that enthalpy values range from about 40 J g^{-1} (practically the enthalpy of infiltration water) to more than 200 J g^{-1} . Most of the waters have enthalpy values lower than 80 J g^{-1} and enthalpy/Cl ratio indicating only small amounts of mixing with geothermal liquids. The slight vertical shift of some samples could be attributed both to the input of small amounts of a gas phase warmer than groundwater and/or to the normal heating by conductive transfer from rocks. In contrast, the enthalpy/Cl ratios of Bagni San Filippo waters are definitely higher than all the other groundwater samples and far from the geothermal brines mixing line. These values can be explained only by the input into the Bagni San Filippo aquifer of a separate high enthalpy gas-steam phase.

6. Discussion and conclusions

The study area is characterised by a strong degassing process and a high geothermal gradient. A minimum estimate of the CO_2 discharge has been obtained through indirect computations and

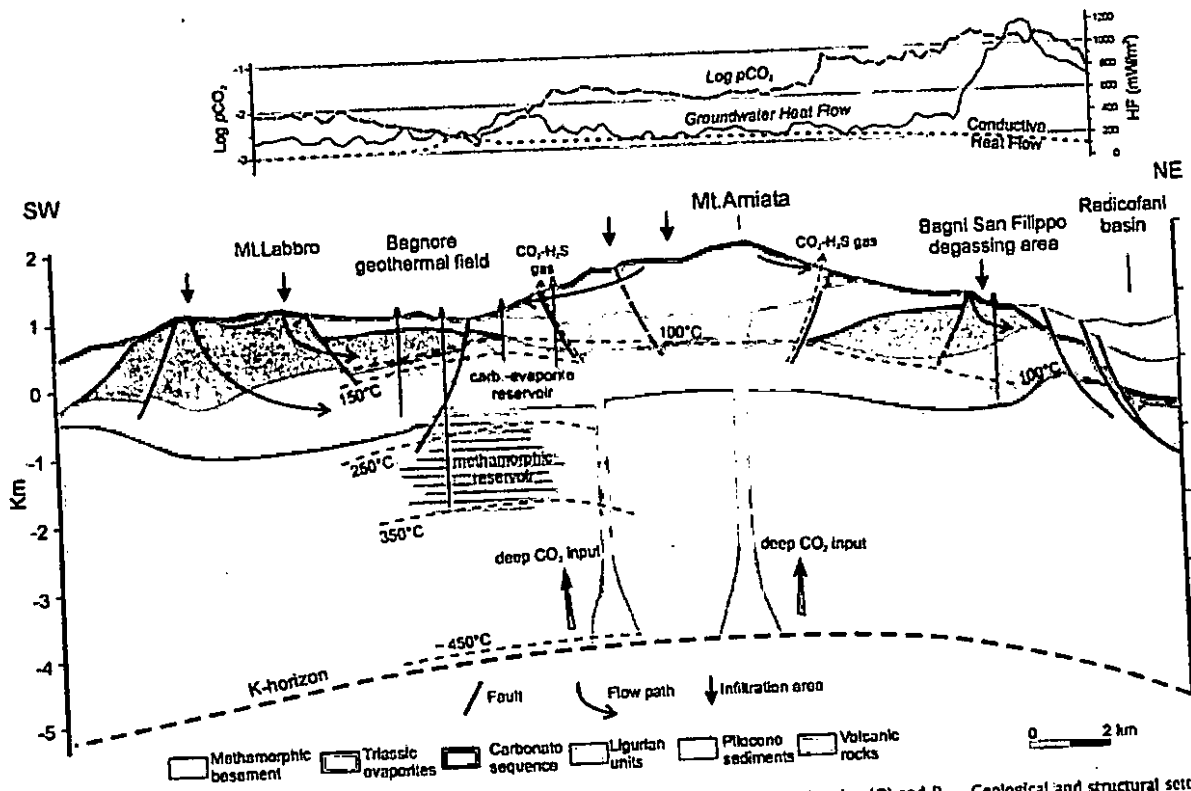


Fig. 10. Geological NE-SW section compared to conductive heat flow (HF), heat flow related to groundwater heating (Q) and P_{CO_2} . Geological and structural setting from Calamit et al. (1970), Badini et al. (2003), Brogi et al. (2005). Temperature and conductive heat flow data from Baldi et al. (1994), Ruggieri et al. (2004). K-horizon location from Gianelli et al. (1997), Cameli et al. (1998).

amounts to $2.8 \times 10^9 \text{ mol a}^{-1}$. Direct ϕCO_2 measurements indicate that natural CO_2 discharge ($2.1 \times 10^9 \text{ mol a}^{-1}$) is slightly less than minimum CO_2 output estimated by the indirect method, probably because the extraction of large amounts of CO_2 ($5.8 \times 10^9 \text{ mol a}^{-1}$) from deep geothermal wells may have reduced the natural CO_2 flux. Soil CO_2 degassing ($1.8 \times 10^9 \text{ mol a}^{-1}$) is the main component of the natural CO_2 discharge, while CO_2 transported by groundwater ($0.3 \times 10^9 \text{ mol a}^{-1}$) is one order of magnitude lower. The highest P_{CO_2} values (Fig. 7) are located in the Bagni San Filippo area and relatively high P_{CO_2} values characterise the sedimentary aquifers of the south-eastern sector of the study area and the central part of the volcanic structure, along the ENE–WSW and N–S fracture systems. Since the waters of the volcanic aquifer do not show any remarkable mixing trend with deep fluids circulating in the geothermal systems, the P_{CO_2} increase is probably due to the influx of a separate gas phase rising from depth along the main eruptive fractures.

The values of Q range from 0 to about 2700 mW m^{-2} . The map of Q values (Fig. 8) indicates that groundwater heating reaches its maximum in the north-eastern sector of the AVGA (Bagni San Filippo area). High values of also Q characterise the south-eastern borders of the volcano, while the minimum Q values are located in the NW sector of the volcanic structure.

These observations suggest that both CO_2 degassing and heat transport are strongly affected by the geological and hydrogeological settings of the region. In order to discuss a conceptual model of the energy and mass exchanges between deep and shallow systems of the AVGA, the main geological and structural features are compared with P_{CO_2} and heat flow data in the geological section of Fig. 10. The geological section shows that the confined carbonate-evaporite aquifer is a large reservoir both for geothermal fluids and deeply derived CO_2 and for the most part is hydraulically isolated from the shallow aquifers by means of the Ligurian unit formations (Fig. 10). These low-permeability formations act as cap rocks for the Bagnore and Piancastagnaio geothermal systems. Water chemistry and C isotopes of TDIC indicate that only minor mixing processes take place between the high salinity Na–Cl fluids circulating in these geothermal systems and the shallower groundwater. A peculiar situation characterises the Bagni San Filippo system: here the impervious cover is lacking and the hydrothermal system hosted by carbonate formations is directly connected to the surface.

The comparison of computed Q values with P_{CO_2} and regional conductive heat flux (HF), highlights the influence of near surface geology and hydrogeological setting on heat transfer and CO_2 degassing patterns.

In the volcanic aquifer Q is very close to HF and suggests that groundwater heating is mainly related to conductive heat transfer. In this area the shallow aquifer and the deep systems are almost completely separated and the only exchange between them occurs along ENE–WSW magmatic fissure system where the rise of a deep CO_2 – H_2S -rich gas and its dissolution by groundwater generates SO_4 -acid waters.

In contrast, in the carbonate aquifer of Bagni San Filippo the high values of Q and the relatively low enthalpy/Cl ratios indicate the input of a high enthalpy gas-steam phase into the shallow aquifer; in agreement with that possibility, this area is characterised by the highest groundwater P_{CO_2} of the region and by numerous diffuse and focussed gas emissions.

Finally, the south-western sector (near the Bagnore geothermal field) is characterised by high HF values (400 mW m^{-2}), intermediate values of Q and low values of groundwater P_{CO_2} . In this sector the low permeability Ligurian unit does not allow the transfer of a large quantity of deep fluids towards the surface and heat transfer from the geothermal reservoir to the surface occurs mainly by conduction. However, if a gas–liquid separation take place at depth

CO_2 degassing may occur along the fault zones bordering the volcanic structure or along the NNW–SSE and N–S regional extensional faults, giving rise to the dry gas emissions of this sector of AVGA (Selvena, Banditella, Anteie, Zancaona).

Acknowledgements

The author wish to thank W.C. Evans for his comments and useful suggestions that significantly improved the quality of this article. This work was financially supported by the MIUR PRIN–GEOCO2 and INGV–DPC V5 Projects.

References

- Accaino, F., Tinivella, U., Rossi, G., Nicolich, R., 2005. Geofluid evidence from analysis of deep crustal seismic data (Southern Tuscany, Italy). *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 148, 46–59.
- Arisi Rota, F., Fichera, R., 1985. Magnetic interpretation connected to Geomagnetic provinces: the Italian case history. In: 47th Meeting European Association of Exploration Geophysicists Proc.
- ARPAT – Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana, 2006. Monitoraggio delle aree geotermiche – Rapporto finale anno 2005.
- Baldi, P., Bellani, S., Ceccarelli, A., Fiordelisi, A., Squarci, P., Taffi, L., 1994. Correlazione tra le anomalie termiche ed altri elementi geofisici e strutturali della Toscana Meridionale. *Studi Geol. Camerti 1 (Special Issue)*, 139–149.
- Baldi, P., Buonasorte, G., Ceccarelli, A., Ridolfi, A., D'Offizi, S., D'Amore, F., Grassi, S., Squarci, P., Taffi, L., Boni, C., Bono, P., Di Filippo, M., Martelli, M.G., Lombardi, S., Toro, B., 1982. Contributo alla conoscenza delle potenzialità geotermiche della Toscana e del Lazio. In: Elias, G., Panichi, C., Squarci, P. (Eds.), *Progetto Finalizzato Energetica. Sottoprogetto Energia Geotermica*. CNR, Pisa, Italy.
- Barazzuoli, P., Solleolini, M., 1994. Modelli di valutazione della risorsa idrica rinnovabile del Monte Amiata (Toscana Meridionale). *Quaderni di Geologia Applicata* 2, 171–185.
- Barchi, M., Minelli, G., Piali, G., 1998. The CROP 03 profile: a synthesis of results on deep structures of the Northern Apennines. *Mem. Soc. Geol. Italy* 52, 383–400.
- Batini, F., Brogi, A., Lazzarotto, A., Liotta, D., Pandolfi, E., 2003. Geological features of Larderello-Travale and Mt. Amiata geothermal areas (southern Tuscany, Italy). *Episodes* 26, 239–244.
- Bernhard, S., 2000. Water97_v13.xla. Excel Add-In for properties of Water and Steam in SI-units. <<http://www.cheresources.com/iapws97.html>>.
- Bertini, G., Cappetti, G., Dini, I., Lovari, F., 1995. Deep drilling results and updating of geothermal knowledge of the Monte Amiata area. In: *Proc. World Geothermal Congress, Florence (Italy)*, 18–31 May 1995 – International Geothermal Association 2, pp. 1283–1286.
- Boni, C., Bono, P., Capelli, G., 1986. Schema idrogeologico dell'Italia centrale. *Mem. Soc. Geol. Italy* 35, 991–1012.
- Brogi, A., Lazzarotto, A., Liotta, D., Ranalli, G., CROP 18 Working Group, 2005. Crustal structures in the geothermal areas of southern Tuscany (Italy): Insights from CROP 18 deep seismic reflection lines. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 148, 60–80.
- Calamai, A., Cataldi, R., Squarci, P., Taffi, L., 1970. Geology, geophysics and hydrogeology of Monte Amiata geothermal fields. *Geothermics 1 (Special Issue)*.
- Cameli, G.M., Dini, I., Liotta, D., 1998. Brittle/ductile boundary from seismic reflection lines of southern Tuscany (Northern Apennines, Italy). *Mem. Soc. Geol. Italy* 52, 153–163.
- Cappetti, G., Ceppatelli, L., 2005. Geothermal power generation in Italy, 2000–2004 update report. In: *Proc. World Geothermal Congress, Antalya, Turkey*, 24–29 April 2005.
- Cardellini, C., Chiodini, G., Frondini, F., 2003. Application of Stochastic Simulation to CO_2 Flux from soil: Mapping and Quantification of Gas Release. *J. Geophys. Res.* 108, 2425. doi:10.1029/2002JB002165.
- Cataldi, R., Mongelli, F., Squarci, P., Taffi, L., Zito, G., Calore, C., 1995. Geothermal ranking of Italian territory. *Geothermics* 24, 115–129.
- Celati, R., Grassi, S., Calore, C., 1990. Overflow thermal springs of Tuscany (Italy). *J. Hydrol.* 118, 191–207.
- Chiodini, G., Frondini, F., 2001. Carbon dioxide degassing from the Albani Hills volcanic region, Central Italy. *Chem. Geol.* 177, 67–83.
- Chiodini, G., Baldini, A., Barberi, F., Carapezza, M.L., Cardellini, C., Frondini, F., Granieri, D., Ranaldi, M., 2007. Carbon dioxide degassing at Latera caldera (Italy): Evidence of geothermal reservoir and evaluation of its potential energy. *J. Geophys. Res.* 112, B12204. doi:10.1029/2006JB004896.
- Chiodini, G., Cardellini, C., Amato, A., Boschi, E., Caliro, S., Frondini, F., Ventura, G., 2004. Carbon dioxide Earth degassing and seismogenesis in central and southern Italy. *Geophys. Res. Lett.* 31, L07615. doi:10.1029/2004GL019480.
- Chiodini, G., Cioni, R., Guidi, M., Raco, B., Marini, L., 1998. Soil CO_2 flux measurements in volcanic and geothermal areas. *Appl. Geochem.* 13, 543–552.
- Chiodini, G., Comodi, P., Giacomini, S., Mantioli, B., Zanzari, A.R., 1988. Cold Groundwater temperatures and conductive heat flow in the Mt. Amiata geothermal area, Tuscany, Italy. *Geothermics* 17, 645–656.
- Chiodini, G., Frondini, F., Cardellini, C., Parello, F., Peruzzi, L., 2000. Rate of diffuse carbon dioxide earth degassing estimated from carbon balance of regional aquifers: the case of central Apennine, Italy. *J. Geophys. Res.* 105, 8423–8434.



ALLEGATO 10

Camera dei Deputati

Rimin - BibliotecaE 12
Volume <u>T-1051</u>
Rif. _____

Remarks on the Geothermal Research in the Region
of Monte Amiata
(Tuscany - Italy) *

R. CATALDI

E.N.E.L. - Direzione Studi e Ricerche

Introduction

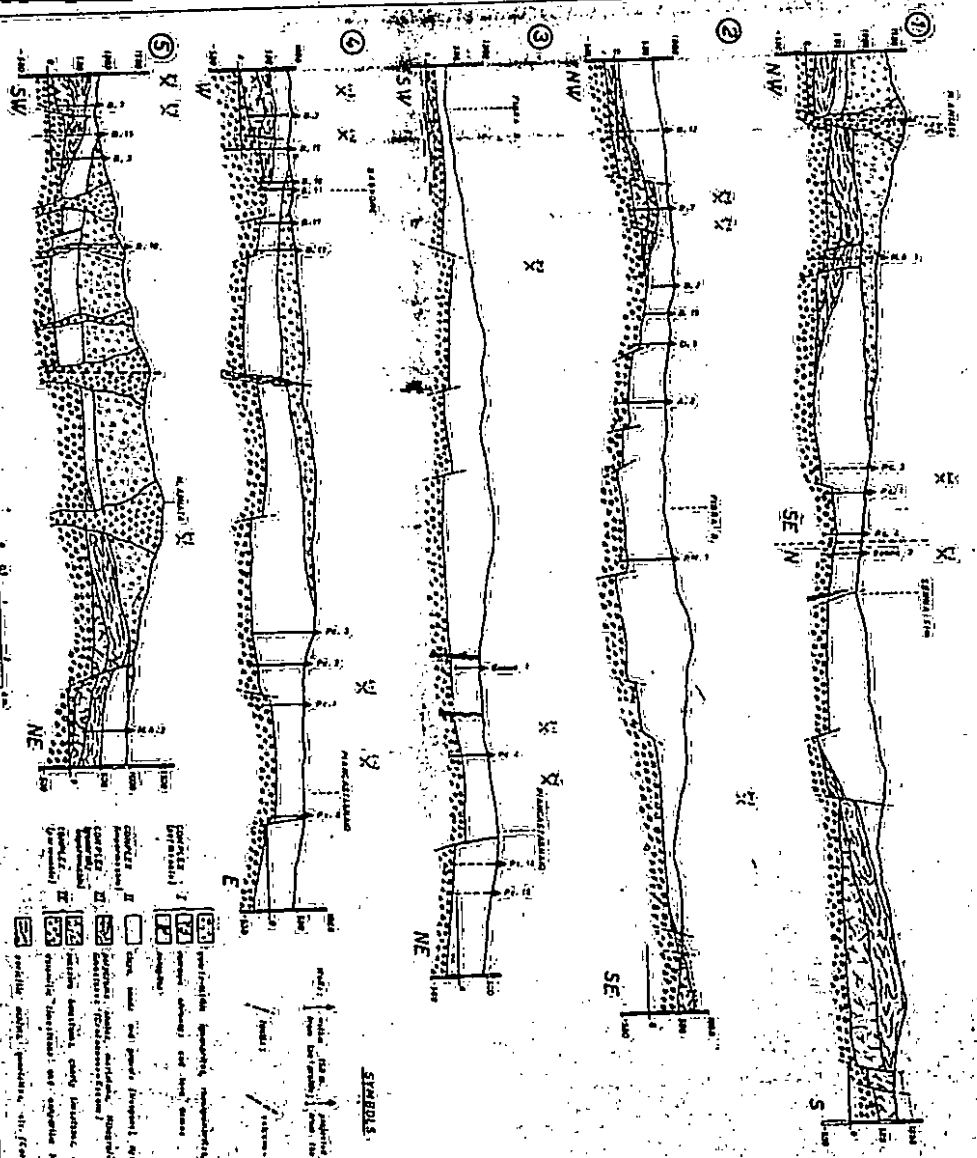
Position and limits of the region

The geothermal region which will be discussed in this paper is located in southern Tuscany, at approximately 80 km SE of Lardello and 120 km NW of Rome. It is limited by: the Orcia river to the North, the Fornone stream and the superior course of the Paglia river to the East, the alignment Montebuono-Catoggio to the South, the superior part of the Albegna river, the range Rocchette-Poggio Sasso-Poggio Volturaie-Mt. Aquilaia and the Ente stream to the West (see Fig. 1).

The volcanic massif of Mount Amiata stands isolated in approximately the center of this region. This massif, which is over 1700 meters high, dominates the whole large surrounding region, which slopes down towards the valleys of the Orcia river to the North, of the Paglia river to the East, of the Fiora and Albegna rivers to the South. Around the main central mountain, there are the reliefs of Poggio Zoccolino (1035 m) to the NE, of Mt. Civitella (1107 m) and Mt. Rotonda (951 m) to the S-SE, of Mt. Labbro (1193 m) and of the range Volturaie-Mt. Buceto-Mt. Aquilaia (1050 ÷ 1150 m) to the W and SW, and other minor hills. All together, such reliefs form the main morphologic frame of the region.

* Paper presented at the IAV International Symposium on Volcanology (New Zealand), Nov. 1965.

MOUNT AMIATA, GEOTHERMAL REGION
SCHEMATIZED GEOLOGICAL CROSS-SECTIONS



- SYMBOLS.**
- | | |
|----------|--|
| [Symbol] | water, sand and gravel, gravelly sand, sandstone, etc. |
| [Symbol] | clay, shale, siltstone, etc. |
| [Symbol] | limestone, etc. |
| [Symbol] | igneous rocks, etc. |
 - | | |
|----------|---|
| [Symbol] | geothermal area, geothermal field, etc. |
| [Symbol] | geothermal well, etc. |
| [Symbol] | geothermal reservoir, etc. |
| [Symbol] | geothermal system, etc. |
 - | | |
|----------|----------------------------|
| [Symbol] | geothermal well, etc. |
| [Symbol] | geothermal reservoir, etc. |
| [Symbol] | geothermal system, etc. |



Generazione ed Energy Management
Produzione Geotermica
Ingegneria Mineraria

IDENTIFICAZIONE

272221

FOGLIO

1 di 77

TIPO ELABORATO

Acquiferi del Monte Amiata e Coltivazione Geotermica

DISTRIBUZIONE

DESTINATARIO

NUMERO COPIE

INGEGNERIA MINERARIA

Ing. Lio Ceppatelli

Ing. Massimo Montemaggi

Ing. Roberto Parri

Ing. Fabio Sabatelli

Ing. Paolo Orsucci

REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	REDAZIONE	INCARICATO	CONTROLLO	APPROVATO
0	Prima Emissione	28/07/2006	ING MIN	R. Bertani G. Bertini A. Ceccarelli	A. Barelli A. Fiordalisi	P. Romagnoli
1	Aggiunta sezione geologica e idrogeologica C	09/10/2009	GIORGINI	DINI I.	Fiordalisi A.	Romagnoli P.

PROGETTO

AREA

MONTE AMIATA

CHIAVI RICERCA

IDENTIFICAZIONE

TIPO

ARGOMENTO

ZONA

N° PROGR. SIPAD

R

3

G

T

2

0

272221

CLASSIFICAZIONE

USO AZIENDALE

Questo documento contiene informazioni di proprietà di Enel SpA e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Enel SpA.

di pressione nell'aeriforme porterebbero a concludere che la coltivazione del serbatoio geotermico profondo non ha alcun effetto su quello superficiale.

Infatti, dal grafico di Figura 17, che rappresenta l'andamento nel tempo della pressione dell'aeriforme, risulta evidente che questa dipende esclusivamente dalle modalità di coltivazione del serbatoio superficiale.

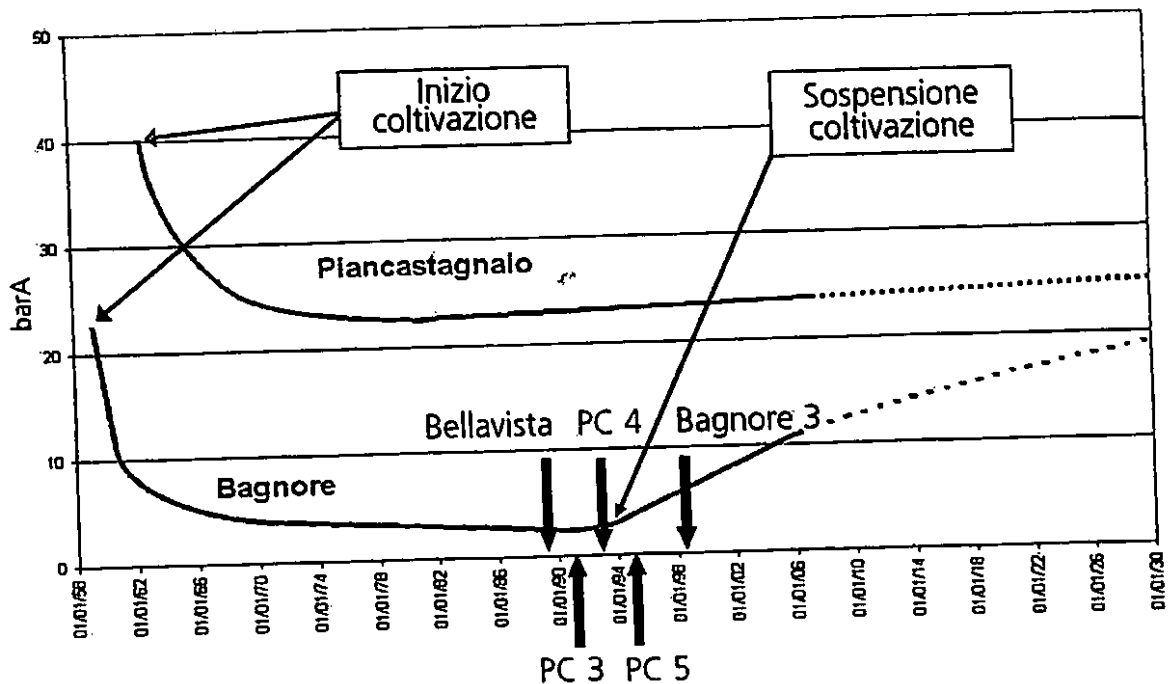


Figura 17 - Andamento temporale della pressione dei serbatoi superficiali (le frecce verticali indicano l'entrata in esercizio delle rispettive centrali)

In particolare risulta evidente che, per entrambi i campi di Bagnore e Piancastagnaio, dopo l'iniziale fase di rapida depressurizzazione conseguente all'estrazione di gas e vapore, la pressione rimane sostanzialmente costante al procedere dell'esercizio.

Per contro a Bagnore, successivamente alla sospensione delle attività di coltivazione del campo superficiale (1994), la pressione comincia a risalire, così come il contenuto in gas. Anche a Piancastagnaio, successivamente alla riduzione della portata estratta dal campo superficiale (1990), si registra un modesto, ma apprezzabile, incremento della pressione.

Tali incrementi di pressione avvengono nonostante fosse stata nel frattempo avviata e potenziata la coltivazione del serbatoio profondo. Appare quindi evidente che il sistema geotermico superficiale, l'unico in potenziale connessione con l'acquifero freatico ospitato nelle vulcaniti, non risente alcun effetto dovuto alla coltivazione del serbatoio profondo. Ciò è peraltro confermato e dimostrato dalla costanza nel tempo del livello dell'acquifero geotermico, unico parametro correttamente utilizzabile.

Camera dei Deputati

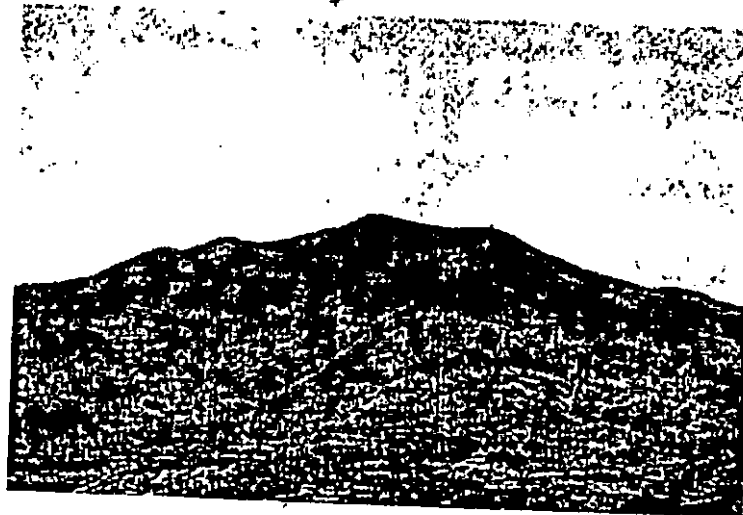


Regione Toscana

Diritti Valori Innovazione

**D.G. Politiche Territoriali, Ambientali e per la Mobilità
Settore Prevenzione del Rischio idraulico e Idrogeologico**

**Adattamento e implementazione del modello
idrologico MOBIDIC per il bilancio dei bacini
idrografici e dell'acquifero del Monte Amiata**



Relazione Finale, Dicembre 2011

Gruppo di lavoro:

Francesca Caparrini, Eumechanos

Fabio Castelli e Giulia Ercolani, Università di Firenze



eumechanos
Via La Marmora, 22
50121 Firenze
info@eumechanos.it



Conclusioni

Le simulazioni effettuate portano alle seguenti conclusioni:

1. Il modello costruito risulta essere numericamente stabile e accurato anche per un'ampia gamma di valori dei parametri relativi all'idrologia di superficie e alla dinamica dell'acquifero vulcanico.
2. I risultati delle simulazioni risultano essere verosimili e largamente coerenti con gli aspetti principali e le informazioni generali esistenti sull'andamento medio della falda e sul totale delle portate fuoriuscenti dalla sorgenti, se pur con disaccordi con aspetti di dettaglio. Tali disaccordi variano da simulazione a simulazione, e al momento nessuna delle ipotesi semplificative fin qui adottate sulla distribuzione delle permeabilità e la loro sovrapposizione su geometrie diverse sembra riprodurre in maniera soddisfacente tutti gli aspetti dinamici osservati.
3. Fra gli aspetti che invece sono confermati dalla modellistica, sia perché coerenti con le osservazioni, sia perché concordi fra le diverse simulazioni e quindi indipendenti dalle ipotesi semplificative adottate, si evidenziano:

Una notevole sensibilità dei livelli di falda e degli andamenti delle portate sorge alla fluttuazioni climatiche di scala pluriennale, largamente dipendenti anche dalla dinamica del manto nevoso, e che ha evidenziato il triennio 2008-2010 come periodo di progressivo aumento dei livelli a seguire un periodo di minore disponibilità idrica. Tale importante transitorio risulta influenzare in maniera sensibile le statistiche medie calcolate sull'intero periodo, amplificando quindi la sensibilità rispetto ai parametri, quali la conducibilità idraulica, che controllano i tempi di risposta dell'acquifero. Ciò risulta ad esempio nelle stime leggermente diverse della ricarica per gli scenari testati.

- L'andamento piezometrico generale della falda è caratterizzato da gradienti moderati (2-3%) su gran parte del dominio del bacino principale (zona centrale e sud-sud ovest) con gradienti notevolmente più alti sulle principali linee di faglia e nelle zone periferiche nord-nord est.
 - La ricarica della falda, complessivamente pari a circa il 65% delle precipitazioni, si concentra principalmente sul versante est del Monte Amiata, risentendo sia del forte gradiente delle precipitazioni in direzione nord ovest- sud est che della distribuzione dei suoli a maggiore permeabilità.
 - All'alto rapporto fra ricarica della falda e precipitazioni contribuisce in modo significativo lo scioglimento nivale nei periodi primaverili, che nelle zone più elevate raggiunge il 25% della precipitazione e supera il 10% su circa un terzo dell'areale dell'acquifero.
 - Le perdite per evapotraspirazione sono sostanzialmente dominate dal gradiente orografico, e quindi il fattore climatico dominante per tale termine di bilancio è la temperatura piuttosto che la precipitazione, a conferma di un clima di tipo sostanzialmente semi-umido.
4. Fra gli aspetti che invece risultano ancora da approfondire c'è sicuramente la difficoltà a conciliare, con le schematizzazioni fin qui testate, l'ampiezza e la bassa frequenza delle oscillazioni nelle portate misurata alla sorgenti principali, in particolare quelle di S. Fiora. Se da un lato il modello riproduce in maniera accurata, soprattutto per gli ultimi 15 anni, la sequenza temporale dei valori massimi e minimi in risposta alle fluttuazioni climatiche ritardate dai processi di ricarica su strati di

spessore consistente, l'ampiezza delle oscillazioni riprodotte risulta sottostimata. Ciò tende a suggerire che la variabilità climatica possa non essere l'unico fattore di controllo di tali oscillazioni, ma che possa potenzialmente giocare un ruolo anche una fluttuazione della pressione inferiore, attualmente non quantificabile, tenuto anche conto del particolare contesto geologico del Monte Amiata.

5. Lo stato attuale delle conoscenze generali sull'idrogeologia superficiale e profonda e delle osservazioni quantitative disponibili non consente una sufficiente calibrazione e verifica del modello tale da testare e verificare in modo discriminante diverse ipotesi sulle interazioni fra acquifero profondo e acquiferi superficiali. Comunque la modellistica è già predisposta e sufficientemente validata per quanto riguarda gli aspetti dell'idrologia superficiale. Sarà quindi possibile formulare e testare scenari di interazione fra le suddette falde, riguardanti in particolare l'estensione delle zone di maggior permeabilità (camini vulcanici e faglie profonde) negli strati di separazione e sulle pressioni effettive al di sotto di tali strati.

ALLEGATO 13



GEOTHERMAL TRAINING PROGRAMME
Orkustofnun, Grensásvegur 9,
IS-108 Reykjavík, Iceland

Reports 2000
Number 1

**FIVE LECTURES ON ENVIRONMENTAL EFFECTS
OF GEOTHERMAL UTILIZATION**

Trevor M. Hunt
Institute of Geological and Nuclear Sciences,
Taupo,
NEW ZEALAND

Lectures on environmental studies given in September 2000
United Nations University, Geothermal Training Programme
Reykjavík, Iceland
Published in June 2001

ISBN - 9979-68-070-9

- Diesel engines (to operate compressors and provide electricity) – 45-55 dBa if suitable muffling is used.

The characteristics of the site (e.g. its topography) and meteorological conditions will also have an influence. To put the above noise levels into context, 120 dBa is the pain threshold (at 2-4000 Hz), noise levels in a noisy urban environment are 80-90 dBa, in a quiet suburban residence about 50 dBa and in a wilderness area 20-30 dBa (DiPippo, 1991; Armannsson and Kristmannsdottir, 1993). Noise is attenuated by distance travelled in air; there is approximately 6 dB attenuation every time the distance is doubled, but lower frequencies are attenuated less than higher frequencies. Thus, low rumbling noises from drill rigs and silencers carry much further than high frequency steam discharge noises.

Continuous drilling involves the use of powerful lamps to light the work site at night which can disturb local residents, domestic and wild animals.

Disposal of waste drilling fluid

In the past it was common practice to discharge waste fluids into nearby waterways.

3.2 Mass withdrawal

Large-scale exploitation of liquid-dominated high-temperature geothermal systems involves the withdrawal of large volumes of geothermal fluid. For example, between 1958 and 1991 more than 1700 Mt of fluid were withdrawn from the Wairakei geothermal field (New Zealand); assuming an average temperature of 200°C this represents nearly 2 km³ of fluid (Hunt, 1995). In geothermal power schemes where the fluid withdrawn is reinjected, the reinjection wells are generally located away from the production wells to reduce the chances of the cooler reinjected water returning to the production wells and reducing the temperature of production fluids. Even if all the waste liquid is reinjected, there may be a large mass loss (up to 30% of that withdrawn) associated with discharge of water vapour into the atmosphere from the power station. A major consequence of the mass loss from parts of the field is the formation of a 2-phase (steam + water) zone in the upper part of the reservoir, and as production continues this zone increases in size and the pressures (both in and below this zone) decrease. At Wairakei, the deep (liquid phase) pressures declined by about 0.5 MPa (5 bar) during exploratory drilling, and a further 1.7 MPa (17 bar) during the first ten years of production, although subsequent pressure declines have been less than 0.5 MPa (Figure 2). Pressure declines in the reservoir, as a result of mass withdrawal and net mass loss, are an important cause of environmental changes at or near the surface.

Degradation of thermal features

In their natural, unexploited state many high-temperature geothermal systems are manifested at the surface by thermal features such as geysers, fumaroles, hot springs, hot pools, mud pools, sinter terraces and thermal ground with special plant species. Often these features are of great cultural significance, as well as being important tourist attractions. The thermal features result from the (upward) leakage of

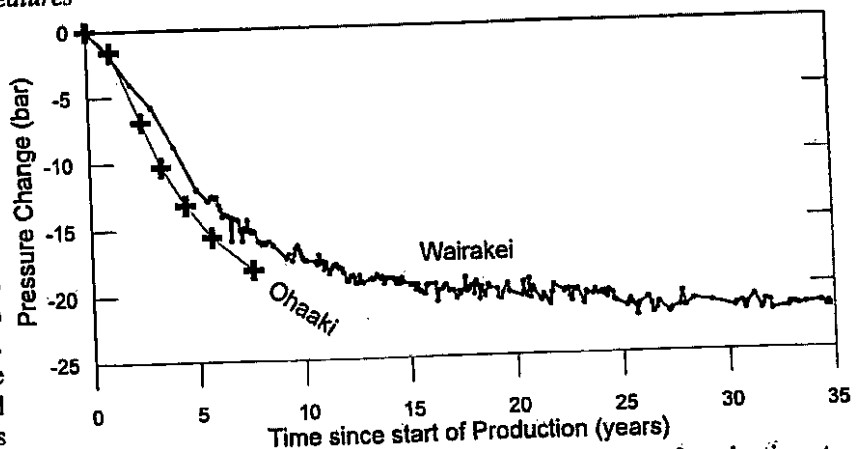


FIGURE 2: Deep reservoir pressure changes since start of production at the liquid-dominated, high-temperature geothermal fields of Wairakei (1958) and Ohaaki (1988), in New Zealand; note the rapid decline in pressure during the first 10 years of production

boiling geothermal fluid from the upper part of the reservoir, through overlying cold groundwater, to the surface.

Historical evidence shows that natural thermal features have been affected, often severely, during the development and initial production stages of most high-temperature geothermal systems. At Wairakei (New Zealand), nearly all the thermal features in the Waiora and Geyser Valleys (including more than 20 geysers) have died. At Ohaaki (New Zealand), the level and temperature of water in the Ohaaki Pool have declined since exploration drilling and reservoir testing began. Such effects are not confined to liquid-dominated systems. At Larderello (Italy) where the original natural activity consisted of numerous steam and gas jets, activity has now largely ceased, and at The Geysers (USA) there has been a decrease in the flow from hot springs since exploitation began.

Scientific evidence shows that the decline in thermal features is associated with the decline in reservoir pressure. As the pressure declines, so also does the amount of geothermal fluid reaching the surface and hence the thermal features decline in size and vigour. If pressures fall further then the features may die and the flow may reverse with cold groundwater flowing down into the reservoir; once this situation has occurred there may be little hope of resurrecting the features, at least within a human lifetime.

Depletion of groundwater

Most high-temperature geothermal systems are overlain by a cold groundwater zone. If exploitation of the system results in a large pressure drop in the reservoir, this groundwater may be drawn down into the upper part of the reservoir in places where there are suitable high-permeability paths (such as faults); such a situation is called a *cold downflow* (Bixley, 1990). If the lateral permeability of the rocks in the groundwater zone is low then a downflow may result in a drop in the groundwater level. For example, at Wairakei, a localised drop of more than 30 m in groundwater level has occurred associated with a cold downflow.

Downflows, and groundwater level changes, may also occur as a result of breaks in the casing of disused wells (Bixley & Hattersley, 1983).

Ground deformation

Withdrawal of fluid from an underground reservoir can result in a reduction of formation pore pressure which may lead to compaction in rock formations having high compressibility and result in subsidence at the surface. Subsidence has also been observed in groundwater and petroleum reservoirs. Horizontal movements also occur. Such ground movements can have serious consequences for the stability of pipelines, drains and well casings in a geothermal field. If the field is close to a populated area, then subsidence could lead to instability in dwellings and other buildings; in other areas, the local surface watershed systems may be affected.

The largest recorded subsidence in a geothermal field (15 m) is in part of the Wairakei field (New Zealand). This subsidence has caused:

- Compressional and tensional strain on pipelines and lined canals;
- Deformation of drill casing;
- Tilting of buildings and the equipment inside;
- Breaking of road surfaces;
- Alteration of the gradient of streams and rivers.

Ground movements have been recorded in other high-temperature geothermal fields in New Zealand, at Cerro Prieto (Mexico), Larderello (Italy), and The Geysers (USA). Subsidence in liquid-dominated fields has been greater than in vapour-dominated fields, because the former are often located in young, relatively-poorly compacted volcanic rocks and the latter are generally in older rocks having lower porosity.

I-00143 ROMA
Via di Vigna Murata, 605
Tel. (06) 4710001
e-mail: presidenza@ingv.it
Fax (06) 6 5041247



Istituto Nazionale
Geofisica e Vulcanologia

Il Presidente

ma evidenzia soltanto che il problema della ricarica del sistema geotermico non è stata mai affrontata compiutamente.

Punto 4 - Contaminazioni falda acquifera. Ribadiamo quanto già scritto nella precedente nota: in base ai rapporti consultati non si evidenziano contaminazioni importanti della falda acquifera superficiale, come descritto in dettaglio nel rapporto dell'Università di Siena. Tuttavia il punto conclusivo dove si afferma che non vi è traccia alcuna dell'esistenza di una interferenza di fluidi endogeni (geotermici) con le acque freatiche, potrebbe essere troppo drastico. Vogliamo semplicemente far notare che fra i vari fluidi geotermici esistono componenti altamente volatili (es. He, gas nobili ma anche CO₂, CH₄ ecc.), generalmente traccianti di circolazione profonda, che possono facilmente raggiungere l'acquifero superficiale. Va ricordato infatti che i dintorni dell'Amiata sono caratterizzati dalla presenza di numerose emissioni gassose naturali anche in zone dove affiorano rocce impermeabili.

Contatili salve

Enzo Boschi

All. n. 1

ORA RICEV. 16 LUG. 12:53

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Alla D.ssa Anna Rita Bramertini
Assessore alla tutela ambientale e all'energia
Regione Toscana
Via di Novoli, 26
50127 FIRENZE, FI

Il Presidente
Istituto Nazionale di Geofisica
e Vulcanologia
AOO Roma
Protocollo Generale - U
N. 0001335
Roma, 09/07/2009



S. Maria Br. em Bramertini

A risposta della Vs. nota Racc. AOO-GRF prot. 0107916/P. 120 del 22 aprile 2009 si intende precisare che come premessa a questa nota aggiuntiva vogliamo sottolineare che l'INGV è stato consultato per esprimere un parere sulle conclusioni tratte da studi precedenti condotti da altri enti circa possibili impatti negativi che l'attività di estrazione dei fluidi geotermici nell'area del Monte Amiata possa produrre sulla falda superficiale locale. L'INGV, pertanto, non è in possesso dei dati originali, la cui qualità può essere valutata solo dagli enti che hanno acquisito i dati stessi. Ciò premesso ribadiamo che in generale siamo in accordo con le conclusioni dello studio condotto dall'Università di Siena.

In aggiunta a quanto contenuto nella nota precedentemente inviata il 10 giugno 2009 qui allegata, si precisa quanto segue:

Punto 1 - Volcanic spreading. Non vi sono elementi aggiuntivi rispetto alle informazioni iniziali per cui si conferma il parere espresso nella precedente nota.

Punto 2 - Esplorazioni fredde. Sulla base della sentenza del tribunale di Montepulciano e della documentazione aggiuntiva inviataci risulta che si è trattato di un problema tecnico relativo ad un pozzo specifico e non di un processo di scala più ampia legato a condizioni critiche dell'acquifero superficiale indotte dallo sfruttamento della risorsa geotermica.

Punto 3 - Depauperamento della falda idrica superficiale. I risultati dello studio condotto dall'Università di Siena mostrano chiaramente come le variazioni maggiori della portata della falda idrica siano correlate a variazioni meteorologiche (diminuzione della ricarica meteorica per infiltrazione). Va ancora tuttavia sottolineata l'inconsistenza fra i dati di estrazione di vapore geotermico utilizzati da ERDA e da Università di Siena (a tale proposito sarebbe auspicabile che tale dato venga fornito alla regione Toscana direttamente da ENEL).

Nella precedente nota da noi inviata, abbiamo già evidenziato l'opportunità di uno studio isotopico da condurre sui fluidi geotermici estratti per poter investigare la ricarica del sistema geotermico. Il punto è cruciale perché nei vari rapporti non viene affrontata tale problematica. E' da sottolineare che l'INGV non si propone qui per eseguire tale studio.

1. Volcanic spreading

Il fattore importante e di interesse per la tutela del territorio o delle popolazioni residenti non è tanto il verificarsi dell'eventuale collasso gravitativo dell'apparato vulcanico ("volcanic spreading", il quale non necessariamente produce eventi catastrofici o comunque impattanti per il territorio e le sue attività), quanto il depauperamento e inquinamento della falda idrica a seguito dell'estrazione dei fluidi geotermici; questi fenomeni possono infatti realizzarsi indipendentemente dal "volcanic spreading". Tralasciamo dunque un giudizio sulle interpretazioni delle relazioni tra dinamiche vulcanico-tettoniche e idrogeologiche sottintendendo, tuttavia, che i risultati di dettagliati studi strutturali e di immagini telurizzate presenti nelle relazioni dell'Università di Siena (allegati 5 e 6) e dell'Istituto di Geoscienze e Georisorse del CNR (Allegato 7) portano ad escludere la presenza di dinamiche attive legate ad un ipotetico collasso gravitativo del Monte Amiata. Si rileva che tutta l'area del Amiata è comunque caratterizzata da fenomeni gravitativi superficiali attivi (vedi il catalogo dei fenomeni franosi IPR dell'ISRA <http://www.mais.sintet.apat.it/cariane.htm>). A nostro giudizio, non sembrano dunque esistere elementi convincenti a riguardo del "volcanic spreading". Il modello del Dr. Borga sembra avere grandi margini di incertezza e i dati in campo forniscono numerosi elementi contrari o per lo meno discutibili a tale modello.

2. Esplosioni freatiche

Il Dr. Borga fa riferimento ad almeno tre episodi occorsi a Piancastagnolo in prossimità del pozzo assimilabili a "esplosioni freatiche indotte dalla degassazione dell'acquifero idrotermale". La risposta dell'Università di Siena (Allegati 5 e 6) contesta l'utilizzo del termine esplosione freatica. Il termine esplosione freatica è utilizzato in vulcanologia per indicare fenomeni di esplosione (piccoli o grandi) che coinvolgono gas e acqua, senza magma. Dai documenti in nostro possesso non è chiaro cosa sia successo a Piancastagnolo. Esistono rapporti al riguardo? Cosa ha detto ENEL? Per valutare questo punto è necessaria una maggiore informazione sull'accaduto.

È da notare che la risposta dell'Università di Siena è ragionevole ma molto generale e di fondo non smentisce (né conferma) l'occorrenza di tali episodi. Il punto è cruciale perché, nel caso tali esplosioni fossero veramente accadute, le cause potrebbero essere diverse, e differenti le implicazioni. Per esempio potrebbero derivare da motivi tecnici relativi ad uno specifico pozzo risolto e/o risolvibile dai tecnici ENEL o, come prospettato dal Dr. Borga, da condizioni critiche dell'acquifero superficiale indotte dallo sfruttamento della risorsa geotermica con varie differenti implicazioni nei due casi.

Per quanto riguarda le valutazioni circa il rischio di esplosioni freatiche, si specifica che tale rischio deve essere comunque sempre tenuto presente sia nelle fasi di esplorazione che in quelle di sfruttamento di aree geotermiche. Il rischio di esplosioni freatiche aumenta nel caso di (a) progressiva vaporizzazione dell'acquifero dovuta al mescolamento tra acqua di falda e fluidi geotermici più profondi; (b) depauperamento della falda; (c) depressurizzazione istantanea del sistema geotermico dovuta, per esempio, ad eventi sismici; (d) elevata pressurizzazione dell'acquifero dovuta a risalite di gas dal profondo. In mancanza di dati geotermici valutabili, la presenza di zone di degassamento all'interno dei sondaggi minerali di Abbazia San Salvatore (Allegato 3) può non essere necessariamente correlata allo sfruttamento geotermico dell'area (Allegato 5). Potrebbe trattarsi di una area soggetta a degassamento passivo. Sono necessarie ulteriori indagini in proposito.

3. Depauperamento della falda idrica superficiale

In generale condividiamo quanto riportato nelle conclusioni idrogeologiche del rapporto dell'Università di

111005530550600

00149 Roma
Via di Villa Murata 606
Tel (06) 50411801
Fax (06) 50411801
URL: www.ingv.it
email: info@ingv.it



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Roma, 10 Giugno 2009

Con nota n. 0107916/P (20 del 22 aprile 2009) l'Assessore alla tutela ambientale e all'energia della Giunta della Regione Toscana richiedeva all'INGV un parere sullo stato di fatto, tratte da studi precedenti circa possibili impatti negativi, che l'attività di estrazione dei fluidi geotermici nell'area del Monte Amiata possa produrre sulla falda superficiale locale (es. abbassamento della portata delle sorgenti della falda superficiale, esplosioni freatiche e contaminazione delle acque di falda) a seguito dell'interazione con i fluidi geotermici. Alla nota erano allegati i seguenti documenti:

Allegato	Autore	titolo	Anno
1	IGG-CNR	Campagna geofisica triennale	2006
2	EDRA	Rilievo geosstrutturale preliminare dell'apparato vulcanico del M.te Amiata	Nov. 2006
3	EDRA (dott. A. Borgia)	E-Mail all'As. Bramerini	Feb 2008
4	EDRA (dott. A. Borgia)	Lettera alla direzione generale delle politiche territoriali ed ambientali	Marzo 2007
5	Un. Siena	Relazione	Marzo 2008
6	Un. Siena	Studio geotruturale, idrogeologico e geochimico ambientale dell'area amiatina (CD-ROM)	
7	IGG-CNR	Tettonica gravitativa nell'area del M.te Amiata	Marzo 2009

La tesi dell'impatto negativo dallo sfruttamento geotermico (Allegati 2, 3, 4) si basa su un presunto processo vulcano-tettonico (volcanic spreading) che determina cambiamenti idrogeologici e geochimici della falda superficiale:

1. Interpretazione vulcano-tettonica: l'edificio vulcanico del Monte Amiata sarebbe caratterizzato da strutture di collasso gravitativo ("volcanic spreading") tuttora attive, almeno nel versante meridionale.
2. Conseguenze idrogeologiche: lo "spreading" vulcanico avrebbe profondamente fratturato e fagliato l'edificio e il suo substrato mettendo in connessione l'aquifero superficiale con quello geotermico. L'estrazione dei fluidi geotermici determinerebbe quindi un depauperamento della falda superficiale.
3. Contaminazione delle acque: Lo sfruttamento geotermico determinerebbe un miscelamento dei fluidi profondi con la falda superficiale e la contaminazione di quest'ultima da parte di sostanze naturali tossiche.

Dall'esame dei documenti forniti si propongono i seguenti commenti:

0039 055 4985301111

(Allegato 2) per la modellazione idrogeologica dell'Amiata non includono la possibilità di studiare i fluidi multifase, le reazioni tra fluidi, gli scambi di calore, l'avvezione termica e l'interazione fluido-roccia. Pertanto, i risultati e le conseguenti considerazioni derivanti dall'applicazione di questi modelli di calcolo risultano poco realistici quando applicati ad aree geotermiche dove la temperatura e le reazioni tra fluidi e fluido-roccia sono invece rilevanti. Si ritiene quindi che l'utilizzo di codici numerici specificamente progettati per la modellazione di aree geotermiche (es. TOUGH2) possano dare risultati più affidabili, come del resto specificato nell'Allegato 2. Si ritiene importante un chiarimento da parte del Dr. Borgia su questo punto.

E' infine da rilevare la completa mancanza in tutti gli allegati di dati relativi alle composizioni isotopiche delle acque e del vapore (es. isotopi dell'idrogeno, dell'ossigeno e del carbonio). Tali isotopi sono infatti degli ottimi traccianti idrogeologici e geotermici in quanto consentono di valutare l'origine dei fluidi (origine meteorica, geotermica) e i processi (per esempio mescolamento tra fluidi). In particolare dati sugli isotopi stabili dell'acqua dei fluidi geotermici sarebbero importanti per indagare l'ipotesi di una ricarica diretta del sistema geotermico da parte delle acque della falda superficiale e/o da parte di sistemi idrici più profondi connessi ad una ipotetica circolazione idrica regionale. In mancanza di tali dati non si può esprimere una valutazione sull'origine dei fluidi coinvolti e sulle dinamiche dei processi idrogeologici e geotermici attualmente in corso nell'area dell'Amiata. E' comunque da prendere in considerazione la possibilità di avviare un monitoraggio geochimico nell'area dell'Amiata per una corretta valutazione delle dinamiche in corso.

4. Contaminazione dell'acquifero superficiale da parte di fluidi endogeni

Riguardo al chimismo delle acque, il Dr. Borgia pone l'accento sulla correlazione inversa, osservata nel corso degli anni fra portata delle sorgenti e il contenuto di alcuni parametri quali metalli/metalloidi (es. As). A tale proposito si evidenzia che:

- si condivide ampiamente quanto riportato dagli autori dell'allegato 6, circa l'origine naturale e non necessariamente legata ai processi di mixing con l'acquifero geotermale, di alcuni metalli/metalloidi nelle acque di falda superficiale dell'area amiatina a tradizione molitoraria.

- Le variazioni di contenuto di As pari a pochi $\mu\text{g/l}$ nelle acque di sorgente rientrano nella normale variabilità temporale. Tali variazioni sono anche comunemente legate ai cicli di ricarica e alle oscillazioni di portata: durante i periodi di ricarica più intensa (es. autunno-inverno) può evidenziarsi un effetto di diluizione (e l'abbassamento delle concentrazioni); viceversa durante le fasi di "magra" si può avere un aumento della concentrazione di As.

Andrebbe verificato se i risultati analitici delle serie temporali (es. quelle inerenti l'As) sono fra loro confrontabili, mancando un controllo di qualità dei dati stessi. Numerosi sono infatti i fattori che possono incidere sulle determinazioni analitiche: dalla preparazione e conservazione del campione (filtrato/non filtrato, acidificato/non acidificato) ai metodi di analisi impiegati.

In base ai rapporti consultati non si evidenziano dunque contaminazioni importanti della falda acquifera superficiale come descritte in dettaglio nel rapporto dell'Università di Siena. Tuttavia non siamo d'accordo con il punto conclusivo dove si afferma che non vi è traccia alcuna dell'esistenza di una interazione di fluidi endogeni (geotermici) con le acque freatiche. Contaminazioni di limitate porzioni dell'acquifero superficiale da parte di gas endogeni (essenzialmente CO_2) sono state evidenziate da un recente lavoro scientifico (Brandini et al., 2009). Esse possono avere comunque una motivazione naturale.

Considerazioni finali

I dati messi a nostra disposizione non consentono di ricostruire in maniera dettagliata le possibili interazioni tra sfruttamento geotermico e le variazioni idrogeologiche e chimiche di superficie.

Siena (Allegato G) e cioè che sono auspicabili e necessari studi più approfonditi dell'acquifero basati su misure dirette piuttosto che su indagini geofisiche indirette.

In linea di massima le considerazioni sugli aspetti idrogeologici risultano affrontate in maniera piuttosto superficiale e un po' troppo "concettualizzate", con alcuni riferimenti ai dati (ad. es. la stessa modellazione con i nodi) è stata eseguita senza avere una misura della permeabilità degli acquiferi. L'idea di fondo è che esista una connessione idraulica fra l'acquifero superficiale e il reservoir geotermico. Tale connessione sarebbe dovuta a:

- contatto diretto vulcanici-serie toscane
- presenza di condotti vulcanici
- contatti tettonici legati alle deformazioni fragili e al collasso gravitativo

L'interazione fra l'acquifero superficiale e il sistema geotermico è un fenomeno estremamente comune tenuto conto che i fluidi che costituiscono il reservoir geotermico hanno, comunque, nella maggior parte dei casi, una origine atmosferica totale o parziale. Nell'allegato G viene dipinto uno scenario estremamente allarmista che trae spunto da bibliografia internazionale, comunque non relativa all'Amiata. Fra i possibili impatti ambientali si legge tra l'altro: "l'abbassamento della falda acquifera può causare un miscelamento di fluidi fra acquiferi (superficiale e geotermico) ed un ingresso di acqua corrosiva". Nel contesto del Monte Amiata, questa frase può essere interpretata in due modi diversi e nell'interpretazione data dal dott. Borgia emergono palese contraddizioni. In un sistema idrogeologico costituito da due falde sovrapposte, caratterizzato da continuità idraulica totale o parziale (presenza di acquedotti) l'abbassamento della superficie freatica della falda superficiale può essere indotto da:

a. sfruttamento significativo dell'acquifero superficiale per usi irrigui, domestici, idropotabili che porti ad un "assottigliamento" dello spessore della falda superficiale con conseguente protrusione (e livello puntuale) o, più in generale, migrazione verso l'alto dell'interfaccia acqua dolce (superficiale)-fluidi geotermici. Questo è un fenomeno comune a molti campi geotermici in zone antropizzate;

b. lo sfruttamento geotermico porterebbe ad una depressurizzazione e quindi ad uno "sgonfiamento" del reservoir dei fluidi geotermici, loro vaporizzazione e abbassamento della falda superficiale. Conseguenza in questo caso potrebbe essere la riduzione di portata (fino alla scomparsa) di alcune sorgenti della falda superficiale.

È evidente la differenza interpretativa fra EDRA e Università di Siena sulle correlazioni fra vapore geotermico estratto e portata delle sorgenti. Per EDRA esiste una correlazione inversa ben evidenziata dalla figura 3b (rapporto del 19 Marzo 2007). Tale correlazione è utilizzata per confermare il legame diretto che esiste fra gli acquiferi geotermici profondi e l'acquifero superficiale. Al contrario tale correlazione, secondo il rapporto dell'Università di Siena, non esiste poiché i due parametri sono completamente scorrelati (fig. 4.4a e 4.4b del rapporto Università di Siena), e comunque le oscillazioni nella falda vengono considerate come andamenti ciclici naturali. L'assenza di tale correlazione significherebbe assenza di un legame diretto fra gli acquiferi. Osservando, tuttavia, che nel due documenti vengono usati dati differenti. Nel grafico di Fig. 3 (EDRA) la portata di vapore varia fra circa 250 e 120 kg/s, secondo il rapporto dell'Università di Siena (Tab. 4.1) la portata di vapore è sempre inferiore a 180 kg/s ed in particolare sono assenti i picchi evidenziati da EDRA. Quali sono i dati veri? E da sottolineare che non potendo appurare l'attendibilità dei dati non è possibile esprimere un'opinione circa la supposta correlazione fra sfruttamento della risorsa geotermica e depauperamento della falda superficiale.

Si evidenzia infine che i programmi di calcolo utilizzati (es. MODFLOW, MODBATH) dal Dr. Borgia

11

2

10

10

Si auspica comunque una replica da parte del Dr. Borgia ai commenti riportati nell'Allegato 6 redatto dall'Università di Siena (in particolare da pagina 359 a pagina 365).

10 Si raccomanda un avvio di monitoraggio multiparametrico, idrogeologico e geochimico, a lungo termine per una corretta valutazione delle possibili implicazioni di rischio da esplosioni freatiche, da deauperamento della falda superficiale e sua contaminazione da parte di sostanze nocive.

Bibliografia citata

F. Frandini, S. Gallo, C. Cardellini, G. Chiodini, N. Morgantini (2009) Carbon dioxide degassing and thermal energy release in the Monte Amiata volcanic-geothermal area (Italy). *Applied Geochemistry* 24 (2009) 860-875

0039 055 43855301111

Doc. trasm. da: 0039 055 43855301111 REGIONE TOSCANA

~~Compania de Seguros~~



AMIATA STORIA e TERRITORIO

ALLEGATO 15

ANNO XIII - NOVEMBRE 2002

41/42

RIVISTA QUADRIMESTRALE
DI STUDI E RICERCHE
SUL TERRITORIO AMIATINO

LA CASCATA D'ACQUA D'ALTO

Dallo sfruttamento al disastro ecologico

*...quei suoni dell'acqua che scroscia, che rotola,
che gorgheggia, che rimbalza,
che scorre, che lava, che salta...*

Da alcuni anni la questione "Cascata d'Acqua d'Alto" è stata oggetto di numerosi articoli apparsi sui vari quotidiani locali, periodici, ecc., dando luogo ad un acceso dibattito che ha coinvolto non solo politici, amministratori, associazioni e comitati spontanei, ma anche gente comune. Nei bar, nelle piazze, in altri ritrovi ed occasioni, tali argomenti hanno portato i cittadini a discutere, finendo troppo spesso, purtroppo, con l'individuazione di "un colpevole di turno", in un inesorabile rituale di esorcismo che finisce inevitabilmente con allontanare sempre più dal problema vero.

Visto che le notizie finora diffuse, a mio avviso, non sono state sempre puntuali o fedelmente corrispondenti ai fatti e scarsamente documentate, essendo stato Responsabile Tecnico del Servizio Idrico Integrato del Comune di Arcidosso dal 01 ottobre 1970 al 30 maggio 2000 (quando, ricordiamolo, la gestione del servizio era comunale, diretta ed autonoma) ed avendo, quindi, potuto tenere sotto costante monitoraggio le varie sorgenti, nonché facilmente consultare atti, studi e vivere direttamente e personalmente numerose vicende legate alla questione, ho considerato utile, senza alcuna pretesa e con la sola speranza di fare un po' più di chiarezza, inserirmi nel dibattito offrendo il mio modesto contributo.

Cenni idrogeologici

Tutti gli studiosi concordano nel considerare l'acqua¹ come l'elemento fondamentale che caratterizza l'Amiata e sul fatto che, forse per questo, i latini chiamarono la nostra montagna "Mons ad Mcata", vale a dire il monte dell'acqua o delle sorgenti. Una vera ricchezza naturale, un paradiso...! Numerosi sono infatti i vari torrenti, fossi, fossatelli e rigagnoli, oltre al

fiume Fiora, che hanno origine dall'Amiata. I vari paesi amiatini sorsero nelle immediate vicinanze delle suddette risorse idriche, dalle quali attingevano acqua per scopi potabili, irrigui ed anche per l'alimentazione di frantoi, di molini, ecc.

La struttura idrogeologica dell'Amiata è sicuramente la più importante della Toscana. Il substrato impermeabile è modellato in una sorta di catino che costituisce il sub-bacino principale e da più modesti bacini marginali adiacenti al principale. Sembra inoltre accertato che i camini vulcanici costituiscano una sorta di collegamento tra la falda superficiale contenuta nelle vulcaniti e la falda profonda che alimenta i campi geotermici dell'Amiata. In questa sorta di grande contenitore le acque meteoriche che si infiltrano vanno ad aggiungersi alle acque di falda preesistenti costituendo e rinnovando continuamente la riserva geologica, con tempi stimati di alcune decine di anni, per il ricambio di tutto il corpo idrico immagazzinato. Le depressioni morfologiche del substrato costituiscono le direzioni privilegiate di convogliamento delle acque, mentre le dorsali costituiscono degli spartiacque che consentono di suddividere il complesso idrogeologico in sei sub-bacini (Santa Fiora; Arcidosso-Castel del Piano; Poggio Sasso del Falco; Pian dei Renai; Abbazia S.Salvatore; Piancastagnaio; fig. 41).

L'accumulo di acqua dipende direttamente dalle precipitazioni che, infiltrate, vanno a costituire una parte mai drenata (riserva geologica), una parte che funge da compensatrice delle portate nei periodi di magra (riserva regolatrice) e da una parte che scaturisce naturalmente dalle sorgenti e che si rinnova nel tempo (risorsa). La portata delle sorgenti è ovviamente legata alle precipitazioni e verosimilmente ognuna dispone di un bacino di alimentazione singolo; ciò limita la possibilità di inter-

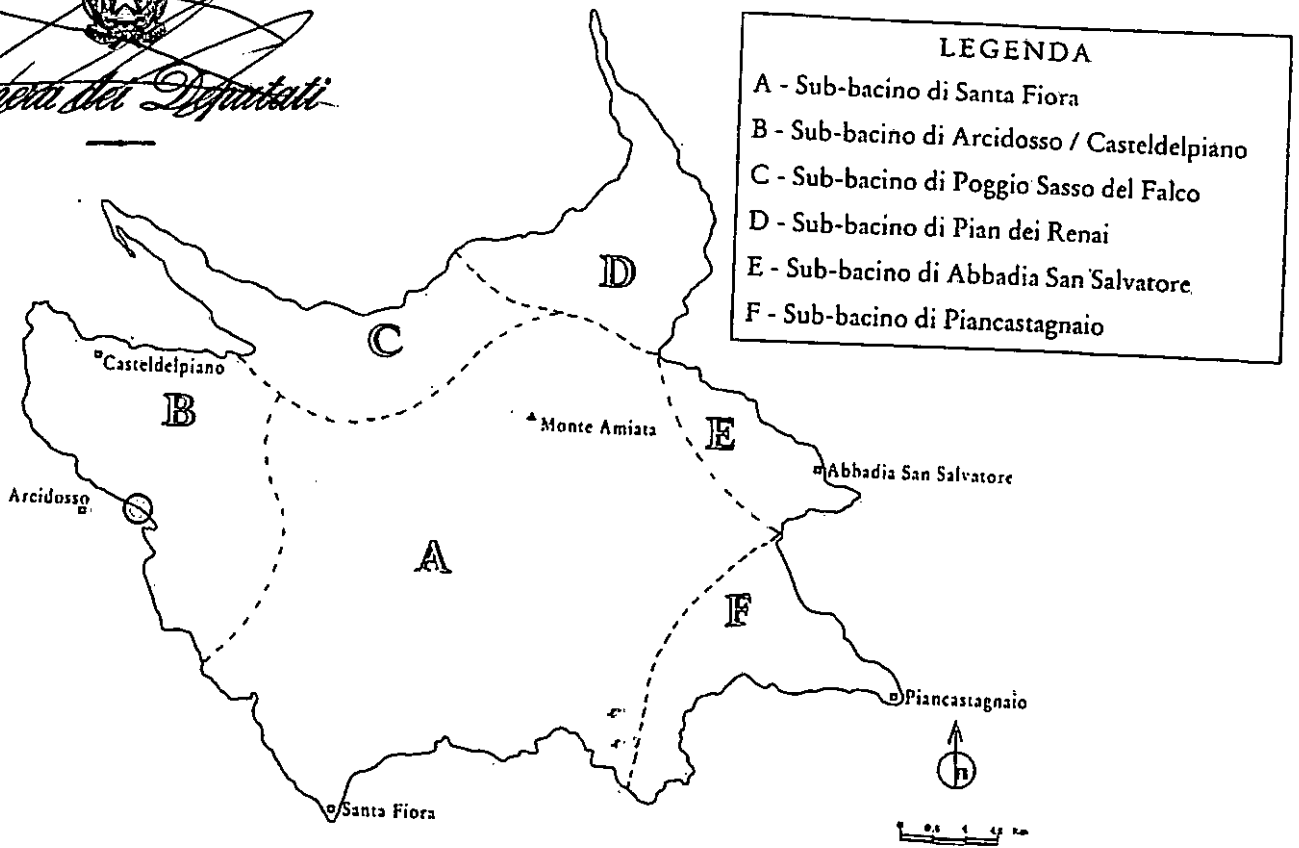


Fig. 41 Carta dei sub-bacini idrogeologici dell'acquifero del Monte Amiata. Il cerchio localizza la sorgente d'Acqua d'Alto.

venti che potrebbero provocare disturbi nell'equilibrio idrodinamico del bacino stesso².

Nel sub-bacino di Arcidosso-Castel del Piano, nella linea di flusso Arcidosso si trova la Sorgente Ente o Acqua d'Alto, quella sorgente che, in qualche modo, ha suscitato l'interesse generale di cui poc'anzi accennavo.

La sorgente Acqua d'Alto prima della captazione

Ad Est del centro abitato di Bagnoli era presente una serie di sorgenti di emergenza, in una vasta zona che va da quota 705 sino a quota 750 m s.l.m. dove le vulcaniti bagnate, in pratica sotto il livello freatico, vengono percorse nei punti più fratturati da scorrimenti idrici di varia entità in ragione del grado di fratturazione.

La maggior parte di queste scaturigini, dislocate in un raggio di circa 100 metri, alimentavano il torrente Acqua d'Alto che poco più a valle subiva un salto naturale di alcune decine di metri, dando origine alla ben nota "Cascata d'Acqua d'Alto" o semplicemente "La Cascata"; ambita meta turistica, vanto degli arcidossini, bellezza naturale e punto di notevole attrazione per la stazione climatica di Arcidosso e dei paesi vicini.

Nel passato, almeno fino agli anni '50, la portata del suddetto gruppo di sorgenti risulta essere stata, in media, di circa 110/130 litri/secondo. Portata assai rilevante se confrontata con le altre scaturigini amiatine, eccezion fatta per la sorgente di S.Fiora (nel Sub-Bacino di S.Fiora) il cui flusso ha certamente raggiunto punto notevolmente più consistenti.

È facile intuire come tale risorsa naturale fosse stata

utilizzata, nel passato remoto ed anche recente, per scopi potabili, irrigui e produttivi locali e come fosse, in qualche modo, anche tenuta d'occhio da parte di Enti estranei all'ambiente amiatino.

Lungo il corso del torrente Acqua d'Alto vennero, infatti, costruiti alcuni *mulini* già dal medioevo e con sicura presenza fino agli inizi anni '50. Nel Medioevo era inoltre attestata una ferriera. Dal '700 e fino agli inizi del '900 è poi provata l'esistenza di *Gualchiere*, anche se non può escludersi la loro presenza in epoca precedente³. Nell'ottocento e prima metà del novecento erano attivi infine i molini per la macinazione della terra bolare e un lanificio proprio nei pressi della cascata. Il flusso idrico era poi utilizzato per l'irrigazione degli orti, attività di non poco conto; basti pensare che oggi sono ancora presenti diversi orticoltori, specialmente nella zona delle Fornaci. L'acqua serviva infine per l'alimentazione di due centrali idroelettriche attive fino alla metà degli anni '50.

Il torrente d'Acqua d'Alto, con un flusso di litri/sec. 110/130 di acqua pura e limpida, oltre alla sua comprensibile bellezza naturale (torrente di montagna di notevole portata idrica), costituiva un ideale habitat per la fauna ittica, attirando pescatori e naturalisti. Le essenze arboree e floreali presenti lungo le sue ripe facevano da cornice ad un quadro naturale di rara bellezza, senza contare i profumi, i suoni armoniosi ed i gorgoglii dell'acqua che diffondevano soavità e serenità.

La Cascata, per le sue caratteristiche attrattive, fu anche sfruttata per fini ricreativi-turistici e commerciali. Nelle adiacenze della stessa venne realizzato uno *Chalèt* (tutti lo ricordano come lo *Chalèt di Ciulla*); rinomato

omonima del Comune di Arcidosso (per litri/sec. 51). La concessione venne accordata per anni 30 decòrrenti dal 25 agosto 1952 e perciò cessante in data 24 agosto 1982. Nella parte narrativa del predetto decreto è evidenziato che il Comune di Arcidosso disponeva già di una derivazione di litri/sec. 6 dalla sorgente Ente e che recentemente aveva attuato un'altra derivazione di altri litri/sec. 7 dalla medesima sorgente.

Nel citato atto concessorio⁶ si può leggere che altri Enti e precisamente:

- Il Comune di Piombino⁷ - con nota del 21.05.1949, corredata da progetto in data 16.05.1949 a firma ing. Maniscalchi;
- Il Comune di Arcidosso - con nota del 12.07.1950, corredata da progetto in data 06.07.1950;
- La Ditta Conti Rutilio e Antoni Antonio - con note del 8 e 21 marzo 1950, corredate da progetto in data 8.03.1950 (quest'ultima allo scopo di azionare un molino a 3 palmenti ed un frantoio da olive);

avevano avanzato richiesta di derivazione di acqua dalla sorgente Ente e che le stesse, con varie motivazioni venivano tutte respinte.

Con lo stesso Decreto (considerando la sola vicenda della sorgente d'acqua d'Alto) vennero anche respinte le opposizioni prodotte da: Eredi di Ugo Torracca (18.07.1953); Tonelli Angelico ed altri; Vagaggini Piero; Società Elettrica Selt-Valdarno, per la tutela di rispettive derivazioni, ad uso di produzione di forza motrice, da corsi d'acqua nei quali si riversava la sorgente in questione.

Tornando un passo indietro bisogna ricordare che il Comune di Arcidosso, con nota del 17 luglio 1953, a firma del Sindaco Isoliero Ragnini, presentò ufficialmente ricorso⁸ contro l'Ordinanza Ministeriale.⁹ Ma, nonostante le opposizioni e gli accorati appelli del Sindaco Ragnini, con atto n° 4416 del 29 luglio 1952 il Ministero autorizzò il Comune di Siena, in via provvisoria, e successivamente con atto di sottomissione repertorio n. 5312 del 25 agosto 1952, in via definitiva, ad iniziare le opere di captazione, specificando, fra l'altro al punto 4) dell'atto stesso che: *I lavori dovevano essere condotti in modo da non creare ostacoli alle concessioni al momento in atto.*

In teoria il Comune di Arcidosso si trovava ad essere sufficientemente garantito, anche e soprattutto per espressa indicazione e volontà del Ministero, che evidentemente con la suddetta prescrizione aveva voluto rimarcare l'assoluta salvaguardia delle concessioni esistenti!

Vedremo però, in seguito, che le cose non andarono esattamente così!

Le opere di captazione ebbero inizio intorno alla metà degli anni '50¹⁰, con l'apertura di una galleria nella massa trachitica. L'impiego di esplosivi per la frantumazione della roccia provocò, fra l'altro, la morte di due giovani minatori, padri di famiglia, (uno abitante nella frazione di Salaia di Arcidosso e l'altro a Bagnore di Santa Fiora)¹¹.

In considerazione che la derivazione assentita al Comune di Siena prevedeva la captazione a mezzo galleria posta a quota 703 m.s.l. ed immediatamente a valle del gruppo sorgenti Ente, già in uso legittimo al Comune di Arcidosso, quest'ultimo Ente¹² responsabil-

mente "contestò" in modo inequivocabile i lavori di captazione in atto, eseguiti dal Comune di Siena, sostenendo che gli stessi venivano condotti in palese violazione del punto 4) dell'atto di sottomissione n. 5312 del 25.08.1952 più in alto ricordato. Con le predette note di contestazione il Comune di Arcidosso denunciava che in caso di continuazione delle opere in atto si poteva provocare il prosciugamento delle sorgenti Ente o Acqua d'Alto (con riferimento alle sorgenti naturali poste a quota 750 m.s.l.m. - o gruppo delle Fontine). - È da sottolineare poi che il Comune di Arcidosso, convinto delle proprie contestazioni, invitava le Autorità competenti ad agire, riservandosi idonee ed opportune azioni legali, a difesa dei propri legittimi diritti ed interessi.

In data 3 settembre 1957 anche l'Unione Provinciale Agricoltori di Grosseto, prendendo atto delle lagnanze e delle gravi preoccupazioni che venivano manifestate dai numerosi produttori agricoli, si rivolse al Prefetto di Grosseto a sostegno delle contestazioni avanzate dal Sindaco di Arcidosso.

Gli Enti preposti al controllo respinsero le contestazioni suddette ed il Comune di Arcidosso iniziò una lunga vertenza legale, che terminerà solamente nel febbraio 1994, grazie ad un accordo bonario, sottoscritto dagli amministratori del tempo e finalmente raggiunto tra Siena ed Arcidosso; accordo che, come vedremo più avanti, verrà poi ratificato dalla Regione Toscana nell'anno 1997.

La vertenza

L'opera di captazione dell'acqua della sorgente Ente o Acqua d'Alto è strutturata in una galleria che s'insinua parallela al soprastante corso d'acqua - denominato Fosso d'Acqua d'Alto - per una lunghezza di circa 200 metri. All'altezza della "Cascata" si diparte, poi, un'altra galleria posta sotto la "Cascata" stessa. Le due gallerie sono realizzate in modo tale da raccogliere le infiltrazioni provenienti dalla massa rocciosa, che sono opportunamente convogliate in canalette poste ai lati delle gallerie stesse. Tutta l'acqua (che, ricordiamo, per decreto di concessione non dovrebbe mai superare una quantità di 51 litri/sec.) confluisce in una vasca di accumulo e di sedimentazione, dalla quale partono le tubazioni per l'approvvigionamento della città di Siena.

Ribadisco "per l'approvvigionamento della città di Siena", come indicato nel decreto concessorio e come da tutti ovviamente creduto, visto che non risultano contestazioni da parte delle competenti Autorità preposte al controllo. (Fatta eccezione per gli appunti, personali, dell'ing. Edoardo Focacci, che ovviamente non erano resi pubblici).

Solamente agli inizi degli anni '90, in seguito alle pressanti e costanti richieste di verifica avanzate dal Comune di Arcidosso, "si viene in qualche modo" a conoscenza che il Comune di Siena, in totale violazione del T.U. e delle prescrizioni contenute nell'atto di concessione, utilizzava, arbitrariamente, la predetta derivazione (l/sec.51 con aggiunta della derivazione Burlana -l/sec.32 per un totale di litri/sec. 83) anche per ulteriore sub-concessione a contratto di acqua per i seguenti Comuni: Montalcino¹³ (15,30 l/sec) -Castiglione

l/sec. con un 1 l/sec. assentiti. Una perdita di 1/sec. 2, tutto sommato insignificante.

Poiché il Comune di Siena dichiarava apertamente che l'uso aveva subito un notevole calo di portata, il Comune di Arcidosso denunciava alle autorità, per l'ennesima volta, il fatto dell'avvenuto uso illecito di una maggiore quantità di acqua; uso irrazionale che aveva provocato o aveva contribuito a provocare il collasso delle sorgenti del gruppo Fontine. Nell'occasione lo stesso Comune di Arcidosso ripeteva alle Autorità la denuncia dell'uso improprio dell'acqua da parte del Comune di Siena che, come si è prima accennato, concedeva (a contratto e dietro pagamento) l'acqua stessa ad altri Enti, violando palesemente le norme di legge in vigore. Quelle norme che per un simile comportamento prevedevano addirittura la revoca dell'atto concessorio.

Il Comune di Arcidosso pressava incessantemente le Autorità competenti per ottenere il riconoscimento dei propri diritti; diritti che riteneva violati da un comportamento illecito ed illogico della contro parte, nonché irresponsabile e tale da provocare un serio danno ambientale.

Le Autorità fissavano per le ore 10.00 del giorno 15 settembre 1992 un nuovo sopralluogo per la verifica dello stato dei luoghi. Sopralluogo che non poteva che confermare quanto già accertato in data 05/06/1990 e quanto "disperatamente e in più occasioni gridato" dal Comune di Arcidosso.

Nonostante tutto ciò, la macchina burocratica/amministrativa procedeva lentissima ed Arcidosso continuava a rimanere senz'acqua....!

La situazione si sbloccò solamente nel febbraio dell'anno 1994, grazie ad un accordo bonario diretto tra i Comuni di Siena e di Arcidosso (le cui trattative iniziarono in data 10 giugno 1991 tra il Sindaco di Arcidosso Augusto Contri e l'Assessore Bellandi del Comune di Siena) e che portò al seguente sintetico intento, approvato ad unanimità da entrambi i Consigli Comunali:

Il Comune di Siena, in qualche modo, riconoscendo, di fatto, il danno subito dal Comune di Arcidosso, concedeva in sub-concessione a quest'ultimo una quantità di acqua di totali 14 lit/sec, con derivazione dalla sorgente Ente e da distribuire:

Per litri/sec. 8 nel periodo 01 ottobre- 09 giugno;

Per litri/sec. (8 + 6) = 14 nel periodo 10 giugno - 30 settembre.

Salvo altra intesa da concordare via via in caso di eventi eccezionali o altre necessità od in presenza di notevole flusso turistico. Il Comune di Arcidosso doveva accollarsi la quota parte delle spese di gestione e man-

tenzione della sorgente, nonché doveva realizzare un serbatoio di accumulo di capacità non inferiore a 900/1.000 mc. dotato di moderne attrezzature per la misurazione, controllo e clorazione dell'acqua stessa.

La Regione Toscana, con decreto C.R.T.A. n. 3696 del 29 aprile 1997, ratificava definitivamente il suddetto accordo. L'Amministrazione comunale di Arcidosso realizzava una serie di interventi (condotte, nuovo serbatoio, derivazione dalla sorgente Ente, ecc) per usufruire della nuova concessione e possiamo dire che, finalmente, dagli anni 1994/1995 la crisi idrica è stata di fatto superata.

Furono questi, fra l'altro, i reali motivi per cui il progetto di "razionalizzazione dell'uso delle risorse idriche" finanziato dalla Regione Toscana per un importo di 2 miliardi di vecchie lire, subì un'obbligatoria variazione che non consentì di ultimare la sostituzione delle condotte idriche e fognarie fatiscenti presenti nel tessuto storico del capoluogo.

Se in qualche modo la crisi idrica era stata superata, purtroppo non possiamo dire altrettanto per la questione ambientale. Il danno provocato è, a mio avviso, irreversibile. Se è stata ottenuta la disponibilità di una discreta quantità di acqua (pur sempre inferiore a quella di nostra spettanza e di diritto) chi mai ci potrà ridare la "Cascata" ed il "Torrente" che insieme rappresentavano uno spettacolo di straordinaria e naturale bellezza e di valore inestimabile?

Il Disastro ecologico

Intorno al 1970 si registrò nell'Amiata un generalizzato calo delle sorgenti, comprese quelle del versante Monte Labbro - Aquilaia (per intenderci quelle presenti nella formazione delle argilliti). A distanza di poco tempo le sorgenti delle "argilliti" ripresero pian piano a risalire anche se (ad oggi) non hanno più raggiunto i massimi storici di portata, mentre quelle del "cono vulcanico" o "delle trachiti" non hanno più fatto registrare alcun segno di ripresa.

Riepiloghiamo quindi il comportamento delle sorgenti più importanti, con forte diminuzione di portata (portata media) o con vero e proprio "collasso", tralasciando per ragioni di spazio quelle più piccole, relativamente al territorio di Arcidosso (area delle trachiti) sub-bacino Arcidosso - Castel del Piano, flusso Arcidosso, tenendo presente che:

- Le temperature hanno avuto un'oscillazione media di + 0,37° (Con +0,50° negli ultimi 5 anni).
- Il coefficiente di deflusso dell'Amiata è di 0,50.

N	Sorgente	U.M.	1940	1950/51	1960/64	1970/72	2001/02
1	Acqua d'Alto o Ente	L/sec	118,00	89,10	97,06	68,00	49,10
2	Acqua Bona	L/sec	7,50	7,30	6,00	0,00	0,00
3	Fontine	L/sec	13,00	13,00	13,00	1,50	0,00
4	Vena	L/sec	31,80	29,30	13,50	6,00	4,00
	TOTALE	L/sec	170,30	138,70	129,56	75,50	53,10
	CALO DI PORTATA (rispetto al 1940)	%	0	31,60	40,74	94,80	117,20
	PIOVOSITÀ annua	Mm	1.039	1.039	1.072	761	728
	Variazione percentuale	%	0	0	+3,18%	-26,76%	-29,93%

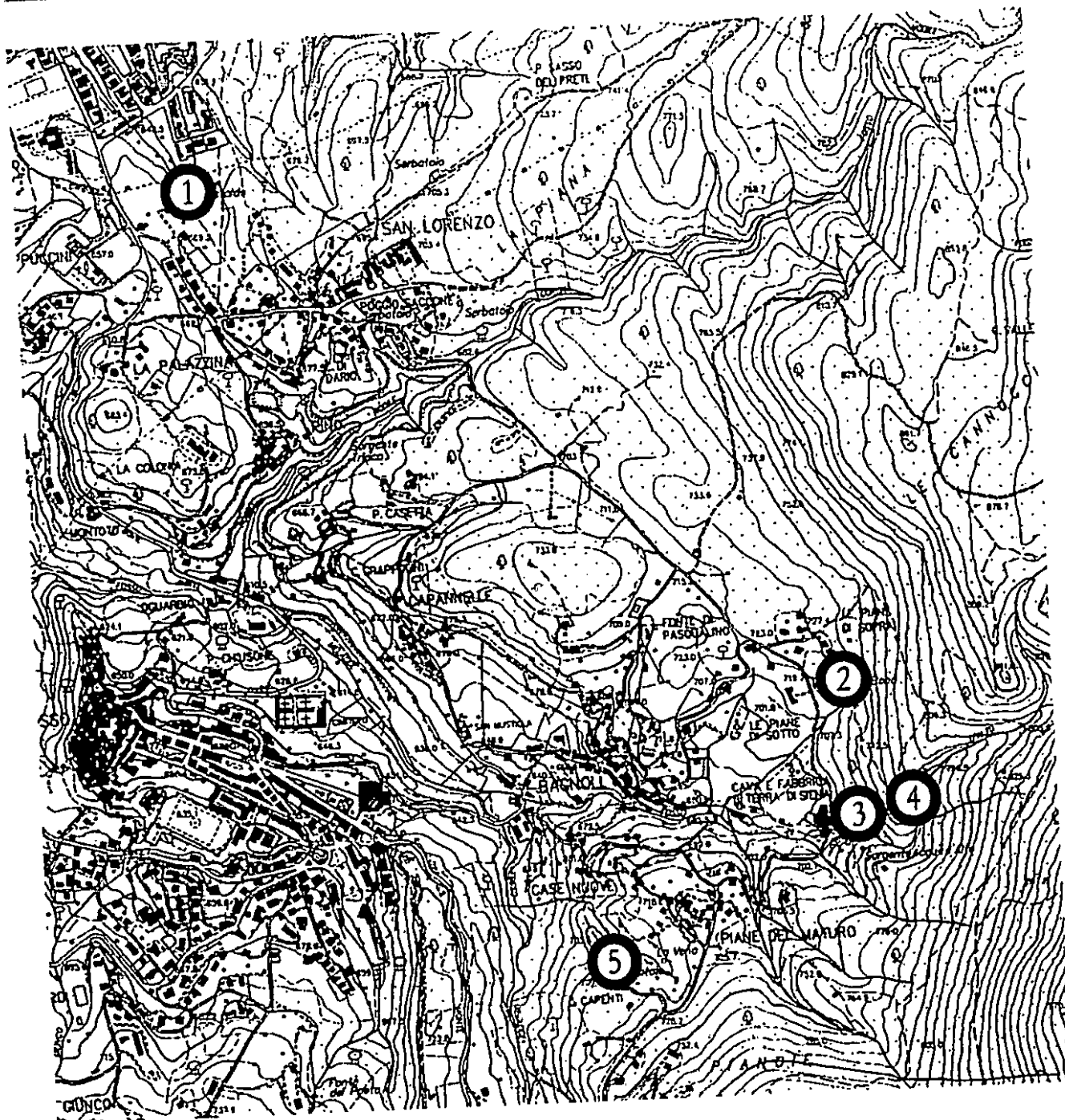


Fig. 44 (1) Sorgente del Munistaldo.
 (2) Sorgente dell'Acqua Bona.
 (3) Sorgente d'Acqua d'Alto.
 (4) Sorgenti delle Fontine.
 (5) Sorgente della Vena.

Anche le sorgenti più piccole dimostrano il medesimo comportamento.

Esaminando ora il comportamento della sorgente

Munistaldo che, ricordiamolo, appartiene al sub-bacino Arcidosso-Castel del Piano, flusso Castel del Piano 2 (e quindi, correttamente va considerata a parte), possiamo notare il seguente andamento:

N	Sorgente	U.M.	1940	1950/51	1960/64	1970/72	2001/02
1	MUNISTALDO	L/sec	36,00	32,10	36,00	32,00	2,50
	CALO DI PORTATA (rispetto al 1940)	L/sec	0	3,90	0	4,00	33,50
	PIOVOSITÀ annua	%	0	-10,83%	0	-11,11%	-68,82%
	Variazione percentuale	Mm	1.039	1.039	1.072	761	728
		%	0	0	+3,18%	-26,76%	-29,93%



Fig. 43 Cascata d'Acqua d'Alto, foto d'epoca.

d'Orcia (6,00) - FF.SS S.Giovanni d'Asso (3,12) - Castelnuovo (1,60) - Buonconvento (6,87) - Monteroni (13,00) - Murlo (5,70) - Sovicille (6,00) - Asciano (3,80) - Monteriggioni (14,00) - Castelnuovo Berardenga (6,00) - altri Enti Privati (6,00)...per un totale di litri/sec. 87,395, oltre che per l'approvvigionamento o l'integrazione della città di Siena...*(dati di quantità, quest'ultimi, mai ufficialmente reperiti poiché mai forniti...ma presumibili intorno ad almeno 40/50 litri/sec.)*. A questo punto venne spontaneo domandarsi come fosse possibile distribuire una dotazione idrica di litri/sec. 83 (*l/sec. 51 della sorgente Ente e litri/sec. 32 della sorgente Burlana*) per un totale di almeno litri/sec. 132-135 litri/sec. Evidentemente la quantità di acqua, da sempre effettivamente attinguta dal Comune di Siena nelle due sorgenti Ente e Burlana, era nettamente superiore a quella autorizzata. Eravamo di fronte ad un chiaro ipersfruttamento del flusso idrico che avrebbe potuto alterare l'equilibrio del sub-bacino, con conseguenze disastrose e con danni ambientali irreversibili. Per tali motivi, responsabilmente il Comune di Arcidosso continuò la sua incessante protesta presso le Autorità competenti, senza ottenere, nell'immediatezza, alcun risultato consistente.

La coscienza ambientale, quella "coscienza adulta" non si era ancora formata, la conferenza di Rio⁶ era ancora lontana, lo sviluppo sostenibile era una vaga definizione, di moda, ma non ancora sufficientemente compresa.

In seguito alla captazione effettuata dal Comune di Siena, come si è detto a mezzo gallerie penetranti nello strato roccioso ed interessanti il sottosuolo permeabile, addirittura corrispondente a quota meno 47 metri sulla verticale delle sorgenti Fontine (da lungo tempo in uso da parte di Arcidosso), il gruppo sorgenti Ente (parte alta-Fontine) fecero registrare (fin dagli anni '60/'70) una lenta e progressiva diminuzione di portata (da lt/sec.18 a lt/sec.11), fino a raggiungere dei drastici cali agli inizi degli anni '70 (da lt/sec.12 a lt/sec. 4), con "totale collasso e prosciugamento" intorno alla fine anni '70 (lt/sec. 0).

Arcidosso si trovò senz'acqua potabile ed il comune dovette porre in atto una serie di interventi straordinari, per far fronte all'emergenza, con notevole dispendio di risorse economiche. (Si citano in proposito le captazioni delle sorgenti Munistaldo⁷, Fogna/Pino, Triaco, il recupero di alcune scaturigini nell'area di rispetto della sorgente La Vena, nonché la realizzazione dei vari impianti di sollevamento della Vena, della Sega, del Munistaldo e del Pino, che comportarono e tutt'ora comportano una spesa, relativa al solo consumo di energia elettrica, di oltre 100 milioni annui di vecchie lire, senza tener conto degli altri costi di manutenzione ed ammortamento).

L'emergenza durò fino al 1994, anno in cui venne raggiunto l'accordo con il Comune di Siena. La carenza idrica per oltre vent'anni giocò forse un ruolo determinante e fortemente negativo nello sviluppo del nostro paese, che vide pian piano ridurre il flusso turistico, diminuire la domanda di nuovi alloggi, ecc.

Le previsioni del Sindaco Ragnini si erano avverate; il suo accurato appello era veramente sensato e lungimirante, ma nessuno "volle" ascoltarlo.

Per fronteggiare la crisi e per garantire sufficiente-

mente un servizio indispensabile quale quello dell'approvvigionamento idrico, nonostante l'acqua sia un bene naturale e nonostante che tale risorsa fosse così abbondante e ben distribuita, come abbiamo prima ricordato, si dovettero impiegare enormi risorse economiche a discapito di altri interventi altrettanto utili per la collettività.

È facilmente intuibile come la captazione della sorgente Ente, effettuata dal Comune di Siena (pur con le legittime autorizzazioni) determinò un chiaro effetto drenante dell'area circostante (la massa trachitica favorì tale effetto), così che, in poco tempo, anche il fosso d'Acqua d'Alto si prosciugò e la meravigliosa "Cascata", vanto degli arcidoscini e grande meraviglia naturale/ambientale, scomparve definitivamente. Lo chialèt di Ciulla era già scomparso al tempo dell'inizio dei lavori. La recinzione dell'area di rispetto in rete metallica e l'opera di captazione, rivestita con vistose lastre di travertino (contrastanti in modo stridente con il paesaggio trachitico e con l'ambiente naturale) si sostituirono alla meravigliosa vista della ormai scomparsa "Cascata".

Il Torrente d'Acqua d'Alto si ridusse ad un rigagnolo ed addio quindi alla fauna ittica, ai profumi, alle essenze arboree e floreali delle ripe. Addio alle visite dei pescatori ed alle gaudenti passeggiate dei naturalisti.

La mano irresponsabile dell'uomo, nel nome del progresso e del benessere, aveva ancora una volta provocato un danno naturale irreversibile, alla faccia dell'economia ambientale alla quale oggi tutti si riferiscono e di cui si sentono, anche a sproposito, sostenitori e paladini.

Con il prosciugamento del flusso idrico del torrente Acqua d'Alto anche le due centrali elettriche ed il Molino dei fratelli Tonelli dovettero, forzatamente, interrompere l'attività. La ditta Tonelli denunciò il fatto ed a seguito di lunghe e laboriose trattative, venne risarcita con... *un compenso in danaro!* "Scomparvero così anche le ultime attività ad energia pulita e rinnovabile presenti nel nostro territorio. Le nuove sirene incantatrici della modernità, dello sviluppo, della nuova tecnologia, avevano avuto il sopravvento su quel suono melodico, armonioso, naturale e dolce dello "scroscio" della "Cascata".

Con la scadenza della concessione assentita al Comune di Siena, in occasione della domanda di rinnovo, il Comune di Arcidosso, fortemente deciso ed in coerenza con il passato, si oppose con ogni forza, affidando l'atto e la propria difesa ad uno dei più validi e noti legali della provincia.

L'opposizione rimbalzò da un ufficio all'altro delle varie Autorità competenti, finché venne disposto un primo informale sopralluogo da parte dell'Ufficio del Genio Civile di Grosseto in data 05 giugno 1990. In tale data si riscontrò che le sorgenti del gruppo delle Fontine assentite al Comune di Arcidosso si erano *totalmente prosciugate*, mentre la sorgente captata dal Comune di Siena aveva *una portata* (realmente misurata al Venturimetro) di litri/sec. 49.-

La sorgente Ente o Acqua d'Alto aveva subito, effettivamente, un'impressionante calo di portata (da litri/sec. 113/130 a litri/sec. 49), ma comunque il Comune di Siena continuava a godere un prelievo di 49

In del 1908 siamo passati da una quantità annua di litri/sec. 200,50 (1940) ad una quantità annua di litri/sec. 55,60 (2001/02). *Camera del Delfino* Di calo di portata di litri/sec. 150,70 sono arrivate "al totale definitivo collasso".

Un vero e proprio "disastro ecologico", senza precedenti.

Non può consolarci il fatto che una quantità di litri/sec. 55,60 di acqua potabile potrebbe servire una comunità di circa 26.680 abitanti (considerando una dotazione media di 180 l/abitante/giorno) o di circa 16.000 abitanti (considerando una dotazione media di 300 l/abitante/giorno, che è forse più rispondente alle esigenze di oggi). Come una mera illusione, a mio parere, sarebbe la ricostruzione (artificiale) della Cascata d'Acqua d'Alto, con l'impiego di elettropompe e vasche di accumulo. Dobbiamo, correttamente, estendere l'esame al rapporto acqua/natura ed allora non potremmo che constatare il disastro. Occorre quindi studiare a fondo la questione, capire l'errore e possibilmente correggerlo, nella speranza che non sia troppo tardi.

Quali possono essere allora le cause di questo fenomeno? Questa è la domanda seria alla quale a tutti i costi dobbiamo rispondere. Trovare la giusta risposta non sarà certamente facile, ma dobbiamo pur iniziare a fare qualcosa. Proviamo, quindi, ad avanzare, sia ben inteso senza alcuna pretesa, qualche ipotesi, lasciando agli esperti, magari sollecitati anche da questa mia pro-

vocazione, il compito di analizzare i fatti e spiegare scientificamente il fenomeno.

Una prima causa potrebbe essere rappresentata dalle *mutazioni climatiche*: scarse e sporadiche nevicate, siccità, piogge torrenziali o cicloniche, ecc. È vero che la diminuzione delle precipitazioni influenza la portata delle sorgenti ed in particolare di quelle più piccole, che presentano bacini di alimentazione ridotti e quindi riserve regolatrici minori, come le precipitazioni forti ed intense più che consentire la ricarica delle falde generano alluvioni, per effetto del veloce ruscellamento che va ad ingrossare i corsi d'acqua., ma è altrettanto vero che è sicuramente troppo presto per dire che l'andamento delle precipitazioni che si sta verificando nel presente sta ad indicare un'inversione di tendenza.

Un'altra causa potrebbe essere rappresentata dall'*ipersfruttamento dell'acqua* (consumo superiore alla dotazione naturale). Il prelievo effettuato da Siena e studi recenti hanno dimostrato che un ipersfruttamento dell'acquifero è già in atto e che non sono state adottate sufficienti misure volte ad assicurare l'equilibrio del bacino idrico. Una parte del superconsumo è sicuramente da attribuire anche all'uso irrazionale dell'acqua potabile per scopi non prettamente alimentari (industrie, servizi igienici, lavaggi, innaffiamenti, ecc), quando per tali servizi era possibile utilizzare l'acqua non potabile, compresa quella derivante da processi di depurazione e riciclo.

Altra causa può essere legata alla realizzazione di

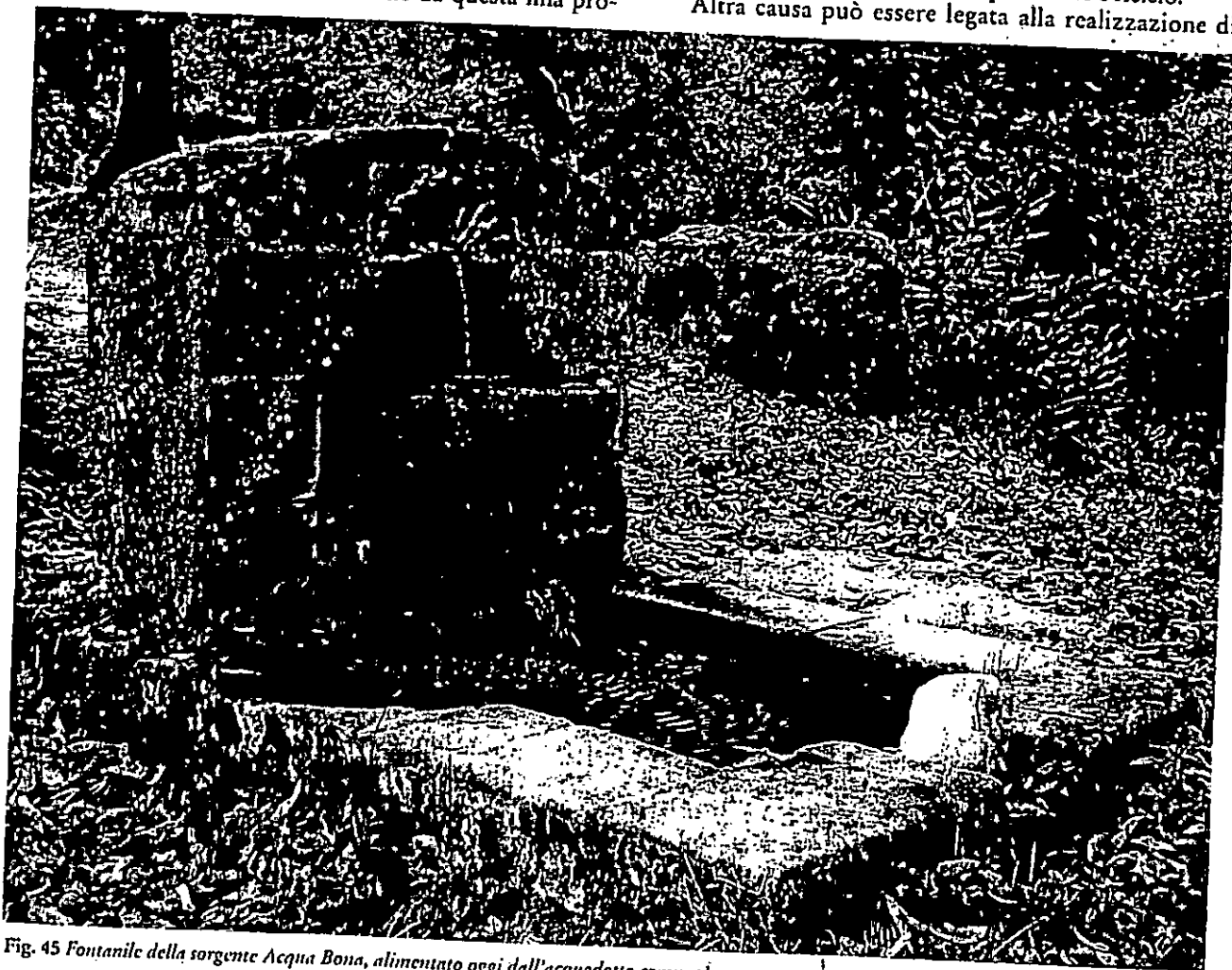


Fig. 45 Fontanile della sorgente Acqua Bona, alimentato oggi dall'acquedotto comunale.



Fig. 46 I lavori di captazione della sorgente "Acqua Bona" negli anni '30. (foto d'epoca)

captazioni ed emungimenti profondi (gallerie e pozzi che abbassando la soglia di svaso possono favorire, dopo un iniziale aumento di portata, il prolungarsi dei regimi di magra e la difficoltà di ricostruzione delle riserve, oltre al fatto che un prelievo forzato dell'acqua nella stagione estiva, per mezzo di pozzi, comporta una maggiore e più estesa depressione con ovvie ripercussioni su tutto l'ecosistema).

Altra causa ancora potrebbe essere ricercata nella tanto discussa "attività geotermica" (trivellazioni profonde, metodi di perforazione utilizzati nel periodo antecedente agli anni '70 in assenza totale di analisi e di controlli preventivi, di verifiche e monitoraggio da parte delle Autorità Locali, ecc) dato che la falda freatica e la falda profonda, sfruttata per la produzione di energia geotermica, risultano legate attraverso i camini vulcanici, e verosimilmente sono in un delicato equilibrio idrogeologico; equilibrio che potrebbe essere alterato da un ulteriore sfruttamento della falda superficiale.

E potranno esserci sicuramente anche tante altre cause. Non saprei dire, onestamente, quale di queste ipote-

tiche cause sia la più giusta o quali e quanto esse siano in stretta relazione fra loro, ma una cosa mi sento di poter affermare con sufficiente certezza: ...non può che essere l'uomo la causa di tutto questo! E proprio nel comportamento dell'uomo dobbiamo allora indagare per riconoscere l'errore e trovare la giusta correzione.

Oggi disponiamo di strumentazioni sofisticate, elettriche, elettroniche, di laboratori attrezzati, di Centri di Studio altamente qualificati, di strutture pubbliche e private all'avanguardia; le recenti innovazioni in campo legislativo offrono l'opportunità di gestire l'acquifero del Monte Amiata in modo unitario, consentendo un risanamento di tutte le anomalie; mi chiedo allora come è mai possibile che, all'inizio del terzo millennio (siamo arrivati sulla Luna da oltre trenta anni), non si possa ancora conoscere la vera causa di tutto ciò e porre rimedio agli errori commessi? Anzi, come prima risposta l'A.A.T.O. n. 6 (Ambito Territoriale Ottimale ed Autorità preposta a gestire in maniera coerente e razionale la risorsa idrica) proponeva, tempo fa (fortunatamente con il parere contrario dei Comuni Amiatini) di

ricorrere al prelievo, mediante pozzi ed in periodo di magra, di determinati quantitativi d'acqua per attuare una corretta operazione di regolarizzazione del deflusso sotterraneo dell'acquifero, per meglio rispondere alle esigenze dell'utente.

Nel frattempo l'attività geotermica va avanti tranquillamente per la propria strada, l'ipersfruttamento dell'acqua inesorabilmente continua il suo corso, le captazioni e gli emungimenti profondi offrono soddisfazioni agli occhi degli stolti, si autorizzano continue terebrazioni dei terreni...

Le risorse ambientali non sono illimitate

È ormai scientificamente dimostrato che l'economia fin qui conosciuta si è sempre basata su un "grave equivoco" secondo il quale le risorse ambientali sarebbero illimitate e gratuite. Ma oggi sappiamo che l'economia non si basa solo sul binomio capitale-lavoro, ma deve interagire con un fattore limitante di primaria importanza quale è "il capitale natura". Il mondo sta passando da un'era in cui il fattore limitante era il capitale prodotto dall'uomo, ad un'era in cui il fattore limitante è quel che rimane del capitale naturale. Oggi, scrive Herman Daly, la quantità di petrolio greggio è limitata dalla disponibilità di petrolio nei pozzi o anche dalla capacità dell'atmosfera di assorbire CO₂, non dalla capacità di estrazione. La produzione agricola è spesso limitata dalla disponibilità di acqua, non tanto dai trattori o dalle mietitrici. Siamo passati, in definitiva, da un mondo relativamente ricco di capitale naturale e privo di capitale prodotto (e di uomini), ad un mondo che è, al contrario, povero di capitale naturale e ricco di capitale prodotto. Secondo un accurato studio/simulazione, (come riferito dal Prof. Enzo Tiezzi), 20 anni fa avevamo un valore natura pari a 54 trilioni di dollari Usa con un valore mondiale di PIL (prodotto interno lordo) pari a 18 trilioni di dollari USA; oggi registriamo un valore natura di 33 trilioni di dollari USA contro un valore di PIL mondiale di 18,54 trilioni di dollari USA (In definitiva, per aumentare del 3% il PIL, abbiamo consumato, in soli 20 anni, il 39% del valore globale del bene natura). In economia pura, quando un'impresa o società, per lavorare e produrre, consuma eccessivamente il proprio capitale iniziale (senza reintroiti) va incontro inevitabilmente "al suo fallimento".

Cosa può accadere nell'ecosistema?

Secondo alcuni studiosi (cit. Prof. Gianfranco Bologna) il nostro modello di sviluppo ha comportato una crescita con superamento e collasso: "il consumo bene natura ha notevolmente superato la capacità di ricarica del bene natura stesso, al punto tale da aver oltrepassato la soglia del "No big-bang" (punto di non ritorno) e che quindi ci stiamo incamminando, inconsapevolmente, ma inevitabilmente, verso una probabile estinzione di massa". E pur volendo essere ottimisti bisogna ammettere che in effetti ci sono molti segni del collasso del nostro pianeta...

Bisogna comprendere che il punto fondamentale di novità scientifica consiste nella constatazione che il sistema in cui viviamo, il pianeta Terra per intenderci, è un sistema finito e, in quanto tale, presenta dei vincoli di

territorio, vincoli di assorbimento dei rifiuti e degli inquinanti, vincoli relativi ai grandi cicli della vita (aria, acqua, ossigeno...), vincoli che limitano l'aumento indiscriminato della popolazione e della produzione.

Scriveva l'Arcivescovo di Ferrara Mons. Carlo Caffarra:

"... l'uomo è rimasto con la convinzione di poter disporre a suo piacimento delle cose e degli animali. Come ne fosse il padrone assoluto. A ciò poi si aggiunga quella ricerca esasperata di avere e godere, più che di essere e crescere, che porta l'uomo a consumare senza misura le risorse della natura."

All'inizio del terzo millennio l'uomo deve quindi, necessariamente, decidere del proprio futuro! Il "mondo" così come lo abbiamo fin ora immaginato non è più rispondente alla realtà. L'effetto entropico prodotto dall'interferenza capitale/natura/lavoro determina un limite invalicabile, oltre il quale (usando un termine termodinamico), si ha, inevitabilmente "la morte termica".

Le nuove teorie dello sviluppo sostenibile e dell'"ecological economicis" ci pongono davanti un nuovo paradigma: non più economia basata su due parametri: il lavoro ed il capitale, ma un'economia ecologica che riconosce l'esistenza di tre parametri: il lavoro, il capitale naturale ed il capitale prodotto dall'uomo.

L'ambiente non è, quindi, solo un problema etico, di cultura e di moda, ma anche un problema economico, di utilizzo e di distribuzione delle risorse; qualcuno ha detto: "lo sviluppo sostenibile è qualcosa di tanto grande che non può essere lasciato solo agli ambientalisti" (nel senso che la questione appartiene a tutti, con tutto il rispetto per gli ambientalisti che da anni lavorano seriamente per la difesa dell'ecosistema).

Ritornando al tema specifico dell'acqua bisogna correttamente dire che in effetti, negli ultimi anni, alcuni leggeri passi avanti sono stati fatti (vedasi in proposito la legge 05.01.1994 n. 36^a; il D.M. 22.05.1998 n. 183^a il D.Leg.vo 11.05.1999 n. 152). In particolare con l'art. 22 del D.lgvo 152/1999^a sono state introdotte alcune fondamentali norme per la pianificazione del "Bilancio Idrico" fino a limitare il prelievo al solo consumo idrico sostenibile, tenendo conto dei fabbisogni, delle disponibilità, del minimo deflusso vitale, della capacità di ravvenamento della falda e delle destinazioni d'uso della risorsa compatibile con le relative caratteristiche qualitative e quantitative.

A livello locale è sicuramente da apprezzare l'impegno del "Comitato tutela risorse idriche dell'Amiata", (un comitato spontaneo di cittadini costituitosi negli ultimi anni grazie all'unione di un gruppo di 120 pescatori iscritti all'associazione "Libera Pesca" ed i responsabili di un preesistente comitato nato nel 1996), che forte del consenso popolare e con l'approvazione unanime del Consiglio Comunale di Arcidosso, si è posto come obiettivo quello di percorrere le vie istituzionali, al fine di ottenere, nel rispetto della vigente normativa, il ripristino dell'ambiente naturale della Cascata d'Acqua d'Alto.

Giorgio Fatarella



ESTRATTO DAL VERBALE DELLA SEDUTA DEL 08-04-2002 (punto N. 22)

Delibera

N. 341

del 08-04-2002

Proponente
TOMMASO FRANCI

DIPARTIMENTO DELLE POLITICHE TERRITORIALI E AMBIENTALI

Pubblicità / Pubblicazione: Atto soggetto a pubblicazione integrale

Dirigente Responsabile: Maria Sargentini

Estensore: Luigi Micheli

Oggetto:

Protocollo d'Intesa del 17 maggio 2001 tra Regione Toscana, Bacino Regionale Ombrone, Bacino Interregionale Fiora, Bacino Interregionale Tevere. Presa d'atto del Piano di Lavoro finalizzato alla redazione del bilancio idrico dell'acquifero vulcanico del Monte Amiata -

Presidente della seduta:

CLAUDIO MARTINI

Segretario della seduta:

CARLA GUIDI

Presenti:

TITO BARBINI
AMBROGIO BRENNIA
TOMMASO FRANCI
MARIA CONCETTA ZOPPI

PAOLO BENESPERI
SUSANNA CENNI
MARCO MONTEMAGNI

CHIARA BONI
RICCARDO CONTI
ANGELO PASSALEVA

Assenti:

ENRICO ROSSI

ALLEGATI n°: 1

ALLEGATI:

Denominazione	Pubblicazione	Tipo di trasmissione	Riferimento
A	No	Cartaceo+Digitale	allegato a

Note:

LA GIUNTA REGIONALE

CONSIDERATO che la lettera "h" dell'articolo 3 della legge 18 maggio 1989 n. 183 individua tra le attività di programmazione, di pianificazione e di attuazione delle autorità di bacino: "il risanamento delle acque superficiali e sotterranee allo scopo di fermarne il degrado ..assicurare la razionale utilizzazione per le esigenze dell'alimentazione, degli usi produttivi, del tempo libero, della ricreazione del turismo..";

CONSIDERATO che la lettera "i" dell'articolo 3 della legge 18 maggio 1989 n. 183 individua tra le attività di programmazione di pianificazione e di attuazione delle autorità di bacino "la razionale utilizzazione delle risorse idriche superficiali e profonde...garantendo comunque che l'insieme delle derivazioni non pregiudichi il minimo deflusso vitale negli alvei sottesi..";

CONSIDERATO che la lettera "d" dell'articolo 10 della legge 18 maggio 1989 n. 183 prevede che le regioni "provvedono alla elaborazione, adozione, approvazione dei piani dei bacini di rilievo regionale nonché all'approvazione di quelli di rilievo interregionale";

CONSIDERATO che ai sensi dell'articolo 17 della legge 18 maggio 1989 n. 183 "il piano di bacino ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato" e tra le finalità perseguite il piano, in particolare deve tra l'altro contenere, "la programmazione e l'utilizzazione delle risorse, idriche, agrarie, forestali ed estrattive" e "il rilievo conoscitivo delle derivazioni in atto con specificazione degli scopi energetici, idropotabili, irrigui od altri e delle portate";

CONSIDERATO che l'articolo 3 della legge 5 gennaio 1994 n.36 prevede che "l'autorità di bacino competente definisce ed aggiorna il bilancio idrico diretto ad assicurare l'equilibrio fra la disponibilità di risorse reperibili o attivabili nell'area di riferimento e i fabbisogni per i diversi usi.."

CONSIDERATO che l'articolo 2 della legge 5 gennaio 1994 n.36 sancisce che "l'uso dell'acqua per il consumo umano è prioritario rispetto agli altri usi del medesimo corpo idrico superficiale o sotterraneo. Gli altri usi sono ammessi quando la risorsa è sufficiente e a condizione che non ledano la qualità dell'acqua destinata al consumo umano";

CONSIDERATO che ai sensi dell'articolo 42 del decreto legislativo n.152 11 maggio 1999 "al fine di garantire l'acquisizione delle informazioni necessarie alla redazione del piano di tutela, le regioni provvedono ad elaborare programmi di rilevamento dei dati utili a descrivere le caratteristiche del bacino idrografico e a valutare l'impatto antropico esercitato sul medesimo";

CONSIDERATO che ai sensi dell'articolo 43 del decreto legislativo n.152 11 maggio 1999 "le regioni elaborano programmi per la conoscenza e la verifica dello stato qualitativo e quantitativo delle acque superficiali e sotterranee all'interno di ciascun bacino idrografico";



CONSIDERATO che l'edificio vulcanico dell'Amiata, per quantità e qualità della risorsa idrica, nonché per l'importanza delle captazioni ad uso idropotabile rappresenta il più importante acquifero della Toscana e che pertanto appare urgente, per le finalità prescritte dalle normative vigenti, la definizione del bilancio idrico dell'acquifero;

CONSIDERATO che l'edificio vulcanico dell'Amiata costituisce un'unità idrogeologica autonoma con zona di ricarica ben definita e che pertanto la definizione del bilancio idrico dell'acquifero deve essere affrontata con uno studio unitario;

CONSIDERATO che l'edificio vulcanico dell'Amiata ricade nei seguenti bacini regionali, interregionali e nazionale: Ombrone, Fiora, Tevere;

CONSIDERATO che al fine di rendere coerenti e omogenei gli studi necessari alla definizione del bilancio idrico dell'acquifero dell'Amiata è stato siglato in data 17 maggio 2001 un apposito protocollo d'intesa tra Regione Toscana, Bacino Regionale Ombrone, Bacino Interregionale Fiora, Bacino Interregionale Tevere.

CONSIDERATO che in attuazione del protocollo d'intesa di cui al punto precedente è stato redatto, da un'apposita commissione tecnico-scientifica, il piano di lavoro finalizzato alla redazione del bilancio idrico dell'acquifero vulcanico del monte Amiata allegato al presente atto (allegato 1);

CONSIDERATO che il costo totale per l'attuazione del Piano di Lavoro (allegato 1), così come indicato nel Piano stesso, ammonta a euro 320203,28;

RITENUTO pertanto di dover procedere all'attuazione del piano di lavoro di cui all'allegato 1 finalizzato alla redazione del bilancio idrico dell'acquifero dell'Amiata quale strumento indispensabile per la definizione del piano stralcio delle risorse idriche sotterranee ai sensi della legge 18 maggio 1989 n. 183.

RITENUTO di dare mandato all'Area Tutela del Territorio del Dipartimento delle Politiche Territoriali ed Ambientali, in raccordo operativo con l'Area Tutela delle Risorse Idriche Interne e Costiere, in quanto struttura competente in materia di Difesa del Suolo di cui alla legge 18 maggio 1989 n.183, dell'attivazione delle procedure relative alla attuazione del Piano di Lavoro di cui all'allegato 1;

A voti unanimi,

DELIBERA

- di prendere atto del Piano di Lavoro (allegato 1) finalizzato alla redazione del bilancio idrico dell'acquifero vulcanico del monte Amiata;

- di dare mandato all'Area Tutela del Territorio del Dipartimento delle Politiche Territoriali e Ambientali, in raccordo operativo con l'Area Tutela delle Risorse Idriche Interne e Costiere, di attivare le procedure necessarie alla attuazione del Piano di Lavoro di cui all'allegato 1;
- di dare atto che l'importo complessivo previsto per l'attuazione del Piano di Lavoro di cui all'allegato 1 sarà reperito con riferimento al bilancio relativo alla gestione ed attuazione della legge 18 maggio 1989 n. 183.

Il presente provvedimento – soggetto a pubblicità ai sensi dell'articolo 41, comma 1 lettera b) della L.R. 9/1995 – è pubblicato per intero sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana ai sensi dell'articolo 3, comma 1 della L.R. 18/1996 così come modificata dalla legge regionale 3 agosto 2000 n. 63.

SEGRETERIA DELLA GIUNTA
IL COORDINATORE
VALERIO PELINI

Il Dirigente Responsabile
MARIA SARGENTINI

Il Coordinatore
ROBERTO FORZIERI

PROTOCOLLO D'INTESA SOTTOSCRITTO IN DATA 17 MAGGIO 2001 TRA REGIONE TOSCANA, BACINO REGIONALE OMBRONE, BACINO NAZIONALE TEVERE E BACINO INTERREGIONALE FIORA FINALIZZATO ALLA DEFINIZIONE DEL BILANCIO IDRICO DELL'ACQUIFERO DELL'AMIATA

Definizione del piano di lavoro, del quadro finanziario e della tempistica necessaria alla definizione del bilancio idrico (articolo 4 del protocollo d'intesa)

Membri della Commissione:

geologo dott.ssa Elisabetta Preziosi	Bacino Nazionale Tevere
geologo dott. Alfredo Di Domenicantonio	Bacino Nazionale Tevere
geologo dott.ssa Manuela Ruisi	Bacino Nazionale Tevere
geologo dott. Ubaldo Guastini	Bacino Regionale Ombrone
geologo dott. Simone Rossi	Bacino Interregionale Fiora
geologo dott. Luigi Micheli	Regione Toscana
geologo dott. Stefano Mirri	Regione Toscana
geologo dott.ssa Elena Baldini	Regione Toscana
ingegnere dott. Franco Gallori	Regione Toscana

1) PREMESSA

Il bilancio idrico mette a confronto le risorse idriche disponibili ed i fabbisogni, attuali (bilancio consuntivo) e previsti (bilancio preventivo), in un'area di riferimento. Per la sua elaborazione è necessario quindi acquisire una serie di elementi conoscitivi, utili alla valutazione quantitativa delle risorse e delle utilizzazioni; queste ultime sono vincolate dal mantenimento del deflusso minimo vitale dei corsi d'acqua, che va quindi a sua volta quantificato e che può essere considerato come un'ulteriore utenza. La finalità dell'elaborazione del bilancio è di consentire un consumo idrico sostenibile, mantenendone l'equilibrio.

Nel caso in esame l'area di riferimento corrisponde all'acquifero dell'Amiata, pertanto il bilancio consiste sostanzialmente nel confronto fra le portate naturalmente erogate dal sistema, o le riserve immagazzinate utilizzabili, le esigenze del deflusso minimo vitale e delle utenze potabili, irrigue, industriali o altro.

A tal fine è necessario chiarire alcuni concetti di base per precisare le modalità di utilizzazione delle risorse disponibili nel sistema idrogeologico in esame.

Alcuni trattati di idrogeologia propongono una suddivisione delle risorse immagazzinate negli acquiferi in riserve regolatrici e riserve permanenti o idrogeologiche. Altri autori non si preoccupano di questa distinzione, in realtà del tutto fittizia, considerando più correttamente gli

effetti di un prelievo artificiale sull'intero acquifero. In effetti, la distinzione, se correttamente considerata, può essere utile per la quantificazione di quale parte della risorsa disponibile è rinnovabile di anno in anno. E' pertanto importante sapere che qualunque prelievo artificiale effettuato tramite pozzi o gallerie drenanti, anche inferiore al volume rinnovabile, che provochi una modificazione del campo dei potenziali idraulici, si ripercuote sulla totalità delle riserve e non solo su quelle regolatrici, modificando l'equilibrio dinamico dell'intero acquifero, e quindi le riserve permanenti. Quello che si vuole sottolineare è che l'intero acquifero è un sistema che, in condizioni naturali medie, è all'equilibrio, in altre parole esiste un equilibrio fra alimentazione, le caratteristiche fisiche della roccia serbatoio (che determinano i parametri che condizionano il flusso delle acque sotterranee, cioè la permeabilità e il coefficiente di immagazzinamento), i potenziali idraulici della falda e il deflusso delle sorgenti. Se si altera uno di questi fattori gli altri si modificano di conseguenza per raggiungere una nuova situazione di equilibrio. Ad esempio se l'afflusso diminuisce (per una variazione naturale delle precipitazioni efficaci, o altro) l'acquifero reagisce modificando il campo dei potenziali e diminuendo gradualmente le portate erogate fino a trovare un nuovo assetto idrodinamico, nel quale le portate erogate alle sorgenti bilanciano i minori afflussi. Analogamente, se si modifica artificialmente il campo dei potenziali, tramite un pozzo o una galleria drenante che penetra nell'acquifero, inizialmente si ottiene un aumento della portata erogata complessivamente dall'acquifero, poiché viene consumata una parte delle riserve totali non rinnovabili. Dopo un certo periodo, in cui la portata erogata diminuisce gradualmente, si stabilisce un nuovo equilibrio dinamico e la portata media complessivamente erogata dall'acquifero (deflussi naturali e prelievi artificiali) tornerà ad eguagliare l'alimentazione media.

Questa analisi non considera peraltro la eventuale capacità di modulazione dell'acquifero stesso, che deve essere comunque accertata ed attentamente valutata ai fini di una utilizzazione temporanea delle riserve immagazzinate, e certamente tenuta sotto controllo in fase esecutiva.

In conclusione, l'utilizzo precauzionale di un acquifero al fine di non provocarne le modificazioni sopra accennate, dovrebbe essere quello rivolto al solo utilizzo delle uscite naturali tenendo ovviamente conto del Deflusso Minimo Vitale. L'utilizzo anche temporaneo delle riserve permanenti deve essere attentamente valutato attraverso la conoscenza di grande dettaglio dei parametri idrodinamici dell'acquifero, e l'analisi dei possibili scenari evolutivi dei campi piezometrici, tenendo conto dell'attuale trend climatico che anche nella zona dell'Amiata, come nel resto della Toscana, sembra evidenziare una progressiva diminuzione delle precipitazioni efficaci e quindi minori volumi idrici destinati alla ricarica dell'acquifero (vedi tabella seguente).

PORTATE SORGENTI FIORA ($10^6 \text{ m}^3/\text{a}$)

35.6	sorgenti Fiora	1942
31,5	sorgenti Fiora	Celico 1987
21.1	sorgenti Fiora	Rizzi 1998

Ciò comporta la realizzazione di una rete di monitoraggio della falda (stazioni termopluviometriche, piezometri, misuratori di portata ecc.) di grande dettaglio e relativi investimenti finanziari. La scelta sulle modalità di utilizzo dell'acquifero (ad esempio come serbatoio di compenso o sole uscite naturali) con conseguenti relative indagini di dettaglio, rientra nel campo delle scelte di pianificazione dell'uso della risorsa a carico delle Autorità di bacino secondo le procedure previste da legge che prevedono il coinvolgimento degli enti locali (Conferenza di bacino).

2) I LAVORI DELLA COMMISSIONE

Per la definizione del piano di lavoro, del quadro finanziario e della tempistica necessari alla definizione del bilancio idrico (articolo 4 del protocollo d'intesa) la commissione ha utilizzato la seguente metodologia:

- a) esame bibliografico
- b) raccolta dati e informazioni presso A.A.T.O. 6, Amministrazione Provinciale di Grosseto, Uffici per la Tutela del Territorio (ex Genio Civile), Comunità Montane, soggetti utilizzatori acquifero dell'Amiata, Enti di ricerca
- c) sopralluoghi

2a) esame bibliografico

L'esame e la raccolta bibliografica hanno consentito di verificare l'esistenza di studi, eseguiti soprattutto negli ultimi anni e per iniziativa della Provincia di Grosseto, AATO 6, Autorità di Bacino del Fiora, Comunità Montana, finalizzati anche alla definizione del bilancio idrico dell'Amiata. Tali studi evidenziano un alto livello di dettaglio nella definizione del bilancio idrico. Nell'allegato 1 sono schematicamente sintetizzati i risultati ottenuti dagli studi principali.

2b) Raccolta dati e informazioni presso AATO 6, Amministrazione Provinciale di Grosseto, Uffici per la Tutela del Territorio (ex Genio Civile), Comunità Montane e soggetti utilizzatori acquifero dell'Amiata, Enti di ricerca

1) A.A.T.O. 6

Dall'incontro effettuato e dall'esame del Piano d'Ambito approvato dalla Regione Toscana (Deliberazione Giunta Regionale n.821 del 23.7.2001), l'A.A.T.O. 6 ha impostato una politica, anche di investimento, finalizzata ad un'ulteriore utilizzazione dell'acquifero amiatino per ulteriori 300 litri al secondo previa verifica dell'utilizzo dell'acquifero come serbatoio di compenso. A questo proposito l'Università di Siena ha predisposto un piano di lavoro il cui punto principale è dato dall'esecuzione di piezometri e pozzi profondi all'interno del monte per la ricostruzione della piezometria e per la caratterizzazione idrodinamica attraverso prove di pompaggio.

2) Amministrazione Provinciale di Grosseto

Il geologo dott. R. Cinelli ha trasmesso alla commissione gli studi sull'acquifero riassunti precedentemente. L'obbiettivo prioritario della Provincia è quello della realizzazione della carta della vulnerabilità dell'acquifero. E' previsto pertanto un ulteriore incarico al gruppo di lavoro che

ha già realizzato la prima fase dello studio. Volontà della Provincia è quello di coordinare l'incarico successivo con quanto previsto dalla presente commissione al fine di non disperdere energie e risorse.

3) Acquedotto del Fiora s.p.a.

L'Acquedotto del Fiora s.p.a. ha trasmesso una proposta di studio che si riporta in modo integrale in allegato 2. E' inoltre emerso che la società appare, tra i soggetti utilizzatori delle sorgenti dell'Amiata, quello meglio attrezzato tecnologicamente e di personale qualificato per quanto concerne la possibilità di gestione di una rete di monitoraggio.

4) C.N.R. Pisa

La commissione ha incontrato la ricercatrice dottoressa A. Manzella presso la sede del CNR di Pisa, presente anche il geologo dott. M. Bellatalla dell'Acquedotto del Fiora s.p.a.. L'incontro ha avuto lo scopo di verificare la possibilità di utilizzare l'indagine elettromagnetica al fine di ricostruire l'andamento della piezometrica di tutto l'apparato vulcanico amiatino. Secondo quanto illustrato dalla dottoressa Manzella la tecnologia dell'elettromagnetismo, molto usata a livello internazionale, garantisce ottimi risultati per la ricostruzione non solo dell'andamento della piezometrica con la precisione di 1 metro, ma anche dell'andamento della morfologia del substrato impermeabile estremamente utile per la ricostruzione dei bacini idrogeologici afferenti alle diverse sorgenti dell'Amiata. E' inoltre possibile avere indicazioni sul campo di moto della falda acquifera, sulla quota di miscelamento della falda superficiale con quella profonda e sull'individuazione dei camini vulcanici in collegamento con l'acquifero profondo. Altro vantaggio di tale metodologia, a costo relativamente basso, è la ripetibilità nel tempo che consente la ricostruzione della variabilità della piezometrica. Il CNR di Pisa si è dichiarato disponibile chiedendo la copertura finanziaria per l'acquisto di una nuova attrezzatura di indagine che consente una migliore definizione dei risultati attesi e un buon controllo delle emissioni elettromagnetiche antropiche. L'esecuzione delle indagini geofisiche e la loro elaborazione da parte del CNR viene concessa gratuitamente per il periodo ritenuto opportuno alle indagini (tre anni). Il costo dell'attrezzatura richiesta è di circa 170 milioni.

2c) sopralluoghi

Al fine di una maggiore comprensione delle diverse problematiche è stata eseguita una visita alle principali sorgenti amiatine dalla quale sono emerse le seguenti osservazioni:

- 1) emergenze da opere di captazione chiaramente condizionata dalla fratturazione. Alla sorgente Ermicciolo è visibile una fuoriuscita da vero e proprio condotto.
- 2) Ubicazione delle sorgenti correlabile non solo a fattori legati alla paleomorfologia del substrato ma anche alla fratturazione
- 3) Evidenziata, ma ancora in fase di approfondimenti, la presenza di arsenico in alcune sorgenti (11 microgrammo/litro - il C.M.A. è 10)
- 4) Delle 150 sorgenti censite solo 2 risultano attrezzate con monitoraggio in continuo

3) DEFINIZIONE PIANO DI LAVORO

Sulla base dei punti sopra esposti si può affermare che gli studi ad oggi eseguiti sono pervenuti ad un buon livello di definizione del bilancio idrico salvo ulteriori approfondimenti che gli stessi autori o soggetti gestori indicano. La tabella seguente riporta i valori relativi al bilancio idrico individuati dai diversi autori

BILANCI IDRICI COMPARAZIONE

S km ²	P10 ⁶ m ³ /a	E10 ⁶ m ³ /a	Dglob10 ⁶ m ³ /a	I 10 ⁶ m ³ /a	Qsorg.10 ⁶ m ³ /a	autore
78.8	99.5	42.7	56.8	51.1	59.1	Celico*
79.8	99.5	42.7	56.8	51.1	59.1	Celico
80	97	44		48	53	Siena
90				73	65.3	Rizzi**

* Celico ipotizza una perdita da copertura detritica di 3.210⁶ m³/a

** Rizzi ipotizza anche l'alimentazione dell'acquifero profondo per 7.910⁶ m³/a

Le problematiche principali evidenziate dagli studi e dai sopralluoghi eseguiti dalla commissione possono essere riassunti nei punti seguenti:

- 1) Le modellazioni proposte dai lavori, pur riconoscendo il ruolo della fratturazione quale fattore principale condizionante la circolazione idrica, considerano l'acquifero come un mezzo poroso in grande. Si ritiene che le caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero siano principalmente legate alla meso e macro fratturazione. Si tratta di verificare se ai fini della modellazione di dettaglio sia corretto assimilare tutto l'edificio a un mezzo poroso in grande. Le recenti esperienze, sebbene in un contesto geologico notevolmente diverso, delle gallerie in costruzione dell'alta velocità hanno messo in evidenza il fortissimo condizionamento della fratturazione sulla circolazione idrica. Le pesanti interferenze verificatesi sugli acquiferi hanno dimostrato l'inutilizzabilità della modellazione a suo tempo proposta.
- 2) Le analisi termopluviometriche e di portata delle sorgenti hanno evidenziato la presenza di un trend negativo in corso. Elaborazioni eseguite, assumendo la permanenza di tale trend, evidenziano un notevole calo delle risorse rinnovabili in corso. Valutazioni su ulteriori utilizzi dell'acquifero dovranno tenere conto anche di tale scenario
- 3) Il monte Amiata costituisce una delle aree di ricarica dell'acquifero regionale utilizzato a fini geotermici (ipotizzati 250 l/s). Non è da escludere che lo sfruttamento geotermico in atto, con relativa riduzione delle pressioni, comporti un aumento della ricarica, per altro difficilmente

quantificabile, a favore dell'acquifero regionale (la maggiore riduzione della sorgente dell'Ernicciolo il cui bacino idrogeologico comprenderebbe un camino vulcanico potrebbe essere indicativo in tal senso)

- 4) Le analisi chimiche evidenziano l'ottima qualità delle acque e la non importante miscelazione con l'acquifero regionale. Tuttavia analisi recenti mostrano in alcune sorgenti concentrazioni di arsenico anche superiori alla C.M.A..
- 5) Non sono state quantificate nel dettaglio le uscite dall'acquifero da ruscellamento superficiale e dalla copertura detritica. A livello locale, anche ai fini di un ulteriore utilizzo a fine idropotabile, le emergenze occulte da detrito possono raggiungere valori significativi (nella zona di S. Fiora viene ipotizzato un quantitativo intorno ai 100 litri al secondo)
- 6) L'acquifero non è unico ma diviso in sottobacini differenti. Tali bacini non sono stati definiti nel dettaglio. La ricostruzione della morfologia dell'impermeabile è indispensabile per ogni ipotesi di sfruttamento
- 7) Le principali opere di captazione evidenziano il ruolo della macrofratturazione, in alcuni casi addirittura condotte pseudocarsiche, che probabilmente svolgono un importante ruolo di scarico "veloce" in relazione alle precipitazioni con conseguente ripercussione sulla corretta valutazione del bilancio idrico
- 8) Manca un'adeguata rete di monitoraggio in continuo e coordinata delle entrate e delle uscite. Anche i dati utilizzati dai diversi autori per la definizione del bilancio idrico risultano spesso carenti e frammentari. Viene ritenuto opportuno il raffittimento delle stazioni termopluviometriche, il monitoraggio in continuo delle uscite e la ricostruzione della variazione nel tempo della piezometria con particolare riferimento alla parte centrale dell'edificio vulcanico
- 9) Occorre la definizione di dettaglio dei parametri idrodinamici dell'acquifero

Sulla base dei punti sopra esposti risulta che il Piano di Lavoro di seguito proposto prevede quale elemento cardine, non solo per una miglior definizione del bilancio idrico ma anche per la gestione sostenibile dell'acquifero, la realizzazione di una capillare rete di monitoraggio. L'architettura di tale sistema deve prevedere l'individuazione di un soggetto presente sul territorio per la gestione e manutenzione della rete e l'individuazione di un soggetto atto alla raccolta, gestione ed elaborazione dei dati capace di interfacciarsi in tempo reale e in modo "permeabile" con tutti gli altri soggetti competenti sull'utilizzo dell'acquifero amiatino (Autorità di bacino, A.A.T.O. 6, Province di Siena e Grosseto, ARPAT, Regione Toscana, Regione Lazio, Ufficio Idrografico, enti locali, enti di ricerca, Università ecc).

Si ritiene di individuare nell'Acquedotto del Fiora s.p.a., in quanto dotato di opportuna logistica e personale qualificato, il soggetto idoneo alla gestione della rete di monitoraggio di tutto l'edificio vulcanico.

Per la raccolta, gestione ed elaborazione dei dati si è resa disponibile l'Autorità di bacino del Tevere già dotata di personale e logistica idonea.

PIANO DI LAVORO

1) realizzazione rete di monitoraggio in continuo relativo alle entrate e alle uscite (comprese quelle da copertura detritica)

1a) integrazione rete termo-pluvio-nivometrica: installazione di 4 centraline disposte ad un'altitudine di circa 1200 metri nelle orientazioni cardinali principali; ripristino del completo funzionamento di quelle esistenti ma dismesse.

Costo (comprensivo posa in opera): lire 35.000.000 euro: 18075,99

1b) acquisizione misuratore di portata ad ultrasuoni e realizzazione di stramazzi prefabbricati ed in situ per la rilevazione delle portate delle sorgenti captate e non e dei corsi d'acqua a monte e a valle del contatto vulcaniti, detrito-substrato per definire il trabocco dell'acquifero da ruscellamento superficiale. Durata misurazione a cadenza mensile minimo 1 anno, mantenimento del monitoraggio negli anni successivi a minor frequenza

Costo (comprensivo posa in opera): lire 50.000.000 euro: 25822,85

1c) installazione misuratore di portata giornaliera e dei rilasci (quando esistenti) su ogni sorgente captata e relativa registrazione dati (a cura dei soggetti gestori)

1d) installazione di lisimetri presso le stazioni termopluviometriche per la verifica dell'evapotraspirazione

Costo (comprensivo di posa in opera): lire 10.000.000 euro: 5164,57

1e) acquisizione software ed hardware per la gestione monitoraggio
costo: lire 25.000.000 euro: 12911,42

1f) monitoraggio chimico-fisico delle sorgenti con particolare riferimento agli elementi tossici e nocivi (arsenico-mercurio) nell'ambito del Monitoraggio dei Corpi Idrici Significativi ai sensi del Decreto Legislativo 152/1999, a cura di A.R.P.A.T.

1g) campagna geofisica triennale tramite elettromagnetismo al fine di definire: superficie piezometrica di tutto l'acquifero (precisione 1 metro), andamento morfologico substrato impermeabile, individuazione camini vulcanici. Esecuzione indagini, consulenza ed elaborazione a cura della dott.ssa A. Manzella dell'Istituto di Geoscienze e Georisorse del C.N.R. Pisa.

Costo per acquisto attrezzatura: lire 170.000.000 euro: 87797,67

Totale voce 1) : lire: 290.000.000 euro: 149772,50

2) analisi di dettaglio

2a) aggiornamento elaborazioni termoluvimetriche per verifica e controllo trend negativo;

2b) rilievo geostrutturale di dettaglio alla scala 1:5000/10.000 delle fratturazioni mirato alla definizione del fractural network, ovvero dell'orientazione, spaziatura, persistenza e consistenza delle fratture presenti nelle vulcaniti.

Costo: lire 20.000.000 euro: 10329,14

2c) sondaggi a carotaggio continuo per verifica grado fratturazione, effettuazione prove di permeabilità e realizzazione piezometri nei pressi delle principali opere di captazione. Massimo 10 sondaggi per profondità di circa 50 metri.

Costo: lire 100.000.000 euro: 51645,69

2d) prove con traccianti al fine di individuare i tempi di percorrenza nel mezzo saturo. Acquisizione di centralina multi-logger per la registrazione in continuo dei parametri appositamente modificati (conducibilità, pH, opacimetri ecc.)

Costo: lire 20.000.000 euro: 10329,14

2e) analisi isotopica sulle acque dell'acquifero superficiale e quello regionale per verifica fenomeni di mixing e interconnessione (ricarica dall'acquifero superficiale). A cura dell'Istituto di Geocronologia e Geochimica isotopica C.N.R.Pisa

Costo: lire 50.000.000 euro: 25822,85

Totale voce 2) : lire 190.000.000 euro: 98126,81

3) Realizzazione Sistema Informativo Territoriale, elaborazione modello concettuale (schema idrogeologico) modellazione idrodinamica con relativi scenari di utilizzo, tenendo anche conto dell'attuale trend pluviometrico negativo

3a) Realizzazione SIT: a cura dell'Autorità di Bacino del Tevere

- acquisizione banca dati di Grosseto ed integrazione nel SIT e nella banca dati allestiti dall'A.B. Tevere
- acquisizione altri dati disponibili (Acquedotto Fiora, altri gestori,...) ed integrazione nella banca dati
- acquisizione dei dati delle nuove campagne di misura (portate misurate, pluviometria e termometria, geometria della falda da analisi elettromagnetica,...)

3b) elaborazione del modello idrogeologico: a cura Commissione Tecnica e uffici Autorità di Bacino Nazionale Tevere in collaborazione con il C.N.R. di Roma.

- rivisitazione e sintesi delle conoscenze disponibili
- analisi dei dati di nuova acquisizione ed implementazione del modello

3c) modellazione idrodinamica: CNR-IRSA di Roma

- elaborazione di un modello numerico preliminare sulla base dei dati disponibili, taratura in regime stazionario e transitorio;
- implementazione del modello sulla base dei dati di nuova acquisizione, in particolare della migliore definizione dello schema di afflussi/deflussi e loro regime, della ricostruzione di dettaglio della geometria dell'acquifero, della stima dei parametri idrodinamici, della individuazione dei rapporti con l'acquifero regionale
- elaborazione di scenari evolutivi del campo dei potenziali e del regime di portata delle sorgenti



Costo per consulenza C.N.R. IRSA di Roma: lire 140.000.000 euro 72303,97

Costo voce 3) : lire 140.000.000 euro 72303,97

Costo totale: voce 1) + voce 2) + voce 3) = lire: 620.000.000 euro: 320203,28

4) Tempistica

Verificata la disponibilità delle risorse finanziarie ed espletate le procedure burocratiche per l'acquisto delle attrezzature necessarie, incarichi di consulenza ecc. si prevede la seguente tempistica.

I anno:

realizzazione e attivazione punti 1a), 1b), 1c), 1d), 1e), 1g), 2a), 2b) 2d)
costo: lire: 330.000.000 euro: 170430,78

II anno:

realizzazione attivazione punti: 1f), 2c), 2e), 3a),3b),3c)

a regime punti: 1a), 1b), 1c), 1d), 1g)

costo: lire: 290.000.000 euro: 149772,50

III anno

A regime punti: 1a), 1b), 1c), 1d), 1f), 1g), 3a)

I membri della Commissione:

geologo dott.ssa Elisabetta Preziosi	Bacino Nazionale Tevere
geologo dott. Alfredo Di Domenicantonio	Bacino Nazionale Tevere
geologo dott.ssa Manuela Ruisi	Bacino Nazionale Tevere
geologo dott. Ubaldo Guastini	Bacino Regionale Ombrone
geologo dott. Simone Rossi	Bacino Interregionale Fiora
geologo dott. Luigi Micheli	Regione Toscana
geologo dott. Stefano Mirri	Regione Toscana
geologo dott.ssa Elena Baldini	Regione Toscana
ingegnere dott. Franco Gallori	Regione Toscana

ALLEGATO 5

PROTOCOLLO D'INTESA SOTTOSCRITTO IN DATA 17 MAGGIO 2001 TRA REGIONE TOSCANA, BACINO REGIONALE OMBRONE, BACINO NAZIONALE TEVERE E BACINO INTERREGIONALE FIORA FINALIZZATO ALLA DEFINIZIONE DEL BILANCIO IDRICO DELL'ACQUIFERO DELL'AMIATA

Verbale della riunione del giorno 19 dicembre 2007 tra Regione Toscana, Bacino Regionale Ombrone, Bacino Nazionale Tevere, Bacino Interregionale Fiora.

Ordine del giorno:

- 1) verifica dello stato di attuazione del piano di lavoro adottato con deliberazione della Giunta regionale n. 341 del 8 aprile 2002
- 2) eventuali modifiche e integrazioni da apportare al piano di lavoro

presenti:

Di Domenicantonio Alfredo
Ruisi Manuela
Rossi Simone
Sargentini Maria

Pei Alessandra

Micheli Luigi

Landi Emilio
Rossi Daniele
Conti Lorenzo
Bellatalla Massimo

Bacino Tevere
Bacino Tevere
Bacino Ombrone e Bacino Fiora
Responsabile Settore Tutela del Territorio e della
Costa Regione Toscana
Settore Tutela delle Acque Interne e Servizi Idrici
Regione Toscana
Settore Tutela del Territorio e della Costa Regione
Toscana
Sindaco Comune di Arcidosso
Sindaco Comune di Seggiano
Provincia di Siena
Acquedotto del Fiora s.p.a.

La dott.ssa Sargentini introduce la riunione ricordando che la convocazione è stata trasmessa per conoscenza anche agli enti territoriali interessati. Ciò spiega la presenza di alcuni sindaci dei Comuni dell'Amiata e della Provincia di Siena. Tutti gli enti territoriali interessati saranno comunque tenuti aggiornati sui lavori di revisione del piano di lavoro. Revisione e aggiornamento del piano ritenuta necessaria per i seguenti motivi:

- 1) trasferimento alla Regione, in data successiva all'adozione del piano, delle competenze in materia di servizio idrologico
- 2) miglior definizione del modello concettuale dell'acquifero a seguito delle indagini previste dal piano e attualmente concluse (studi EDRA e CNR di Pisa)
- 3) ritardo nella predisposizione del sistema di monitoraggio delle entrate e delle uscite dell'acquifero da parte del soggetto attuatore (Acquedotto del Fiora s.p.a.)
- 4) attivazione da parte della Regione (fuori dal piano di lavoro) di bandi pubblici finalizzati alla ripercussione qualitativa sulla falda acquifera a seguito dell'utilizzo geotermico e alla modellazione numerica del sistema geotermico dell'Amiata

Su illustrazione del dott. Micheli si provvede quindi ad analizzare i singoli punti del piano di lavoro, verificarne lo stato di attuazione e definire le eventuali modifiche ed aggiornamenti.



Comune di Acquedotto del Fiora

monitoraggio in continuo relativo alle entrate e alle uscite (comprese quelle da copertura detritica)

Testo attuale:

1a) integrazione rete termo-pluvio-nivometrica: installazione di 4 centraline disposte ad un'altitudine di circa 1200 metri nelle orientazioni cardinali principali; ripristino del completo funzionamento di quelle esistenti ma dismesse.

Costo (comprensivo posa in opera): euro: 18075,99 Ente Attuatore Acquedotto del Fiora

Stato di attuazione:

La Comunità Montana Amiata Val d'Orcia ha provveduto all'installazione di due nuove stazioni, una presso Abbadia e una presso la vetta dell'Amiata. La Regione Toscana, attraverso il Servizio Idrologico Regionale, ha nel frattempo preso in carico la rete idrologica toscana che per quanto riguarda l'Amiata comprende le stazioni di: Castel del Piano, Santa Fiora, Seggiano, Piancastagnaio. A seguito di contatti informali risulta che la Comunità Montana Val d'Orcia è disponibile a cedere la gestione delle due nuove stazioni alla Regione Toscana.

Proposta

Considerato che la Comunità Montana ha provveduto a installare una delle nuove stazioni presso la vetta dell'Amiata, particolarmente significativa per la corretta valutazione delle entrate nel bilancio dell'acquifero, si ritiene che la rete termo-pluvio-nivometrica possa considerarsi sufficiente. Il punto 1a) viene pertanto considerato attuato. Il Settore Tutela del Territorio e della Costa si attiverà nei confronti della Comunità Montana Val d'Orcia e del Servizio Idrologico Regionale per il trasferimento delle due nuove stazioni a favore del Servizio Idrologico Regionale.

Testo attuale:

1b) acquisizione misuratore di portata ad ultrasuoni e realizzazione di stramazzi prefabbricati ed in situ per la rilevazione delle portate delle sorgenti captate e non e dei corsi d'acqua a monte e a valle del contatto vulcaniti, detrito-substrato per definire il trabocco dell'acquifero da ruscellamento superficiale. Durata misurazione a cadenza mensile minimo 1 anno, mantenimento del monitoraggio negli anni successivi a minor frequenza

Costo (comprensivo posa in opera): euro: 25822,85 Ente Attuatore Acquedotto del Fiora

Stato di attuazione:

non attuato. Il dott. Conti della Provincia di Siena comunica la disponibilità, operativa e di investimento, del proprio ente per l'attuazione di alcune parti del piano di lavoro. Nello specifico si rende disponibile per l'attuazione del punto 1b).

Proposta :

viene individuato quale nuovo soggetto attuatore la Provincia di Siena. Il Settore Tutela del Territorio e della Costa si attiverà nei confronti della Provincia di Siena per la formalizzazione di quanto sopra.

Testo attuale:

1c) installazione misuratore di portata giornaliera e dei rilasci (quando esistenti) su ogni sorgente captata e relativa registrazione dati (a cura dei soggetti gestori) . Ente Attuatore: Acquedotto del Fiora

Stato di attuazione:

parzialmente attuato. Il dott. Bellatalla comunica che l'installazione dei contatori è un obbligo di legge e che è previsto il completamento dell'installazione dei contatori entro il giugno 2008. Attualmente i contatori installati riguardano le seguenti captazioni: Santa Fiora, Ermicciolo, Pozzi di Abbadia, Pozzi di Piancastagnaio, Pozzi di Pian dei Renai. Comunica inoltre la presenza di altre captazioni non in carico all'Acquedotto del Fiora quali le sorgenti del Consorzio di Bonifica del Paglia e la sorgente della Vena Vecchia (a servizio di alcuni comuni della Provincia di Viterbo). Altre emergenze quali ad esempio la galleria di drenaggio della Miniera di Abbadia risultano prive di misurazioni. Il dott. Conti si rende disponibile per l'esecuzione di misurazioni dirette delle emergenze non captate.

Proposta :

il punto 1c) viene mantenuto. Per quanto riguarda le sorgenti captate non in carico all'Acquedotto del Fiora il Settore Tutela del Territorio in accordo con la Provincia di Siena si attiveranno presso i soggetti gestori per la verifica dell'installazione dei contatori prevista per legge,

Testo attuale:

1d) installazione di lisimetri presso le stazioni termopluviometriche per la verifica dell'evapotraspirazione
Costo (comprensivo di posa in opera): euro: 5164,57 Ente Attuatore: Acquedotto del Fiora

Stato di attuazione:

non attuato

Proposta :



dei punti successivi, a seguito dei risultati delle indagini eseguite (EDRA e CNR di Pisa), emerge la necessità e l'urgenza di eseguire almeno un piezometro profondo all'interno dell'edificio vulcanico non solo per il monitoraggio qualitativo della falda ma anche quale ulteriore elemento conoscitivo di conoscenza diretta della stratigrafia della parte centrale del vulcanico. Tale elemento di conoscenza potrà contribuire alla modellazione del sistema geotermico attivato dalla Regione con un bando pubblico. Considerati la spesa necessaria per l'esecuzione di un piezometro profondo (almeno 70.000 euro), l'alto costo di realizzazione dei lisimetri (che consentono valutazioni solo parziali e troppo puntuali sull'evapotraspirazione) viene ritenuto più opportuno dirottare i finanziamenti verso questo intervento. Il punto 1d) viene pertanto soppresso

Testo attuale:

1e) acquisizione software ed hardware per la gestione monitoraggio
costo: euro: 12911,42 Ente Attuatore: Acquedotto del Fiora

Stato di attuazione:

non attuato. Il dott. Bellatalla comunica la difficoltà operativa da parte dell'Acquedotto del Fiora, in quanto divenuto nel frattempo gestore unico dell'intero AATO 6, di risultare quale soggetto attuatore dell'attuale piano di lavoro. Con deliberazione di Giunta regionale n. 336 del 6 maggio 2003 era stata assegnata a favore dell'Acquedotto del Fiora la cifra di euro 117.055 (dei quali anticipati euro 24.790) per l'attuazione dei punti suddetti. Il dott. Bellatalla propone quindi di modificare il soggetto attuatore e attivare le procedure di rientro della cifra già anticipata a favore dell'Acquedotto.

Proposta :

Il Settore Tutela del Territorio si attiverà presso il Servizio Idrologico Regionale per verificare la possibilità di appoggiare la trasmissione e raccolta dei dati di monitoraggio sulla rete del Servizio Idrologico Regionale

Testo attuale:

1f) monitoraggio chimico-fisico delle sorgenti con particolare riferimento agli elementi tossici e nocivi (arsenico-mercurio) nell'ambito del Monitoraggio dei Corpi Idrici Significativi ai sensi del Decreto Legislativo 152/1999, a cura di A.R.P.A.T. Ente Attuatore: Acquedotto del Fiora

Stato di attuazione:

in corso di esecuzione dal 2002 da ARPAT

Proposta :

viene individuato quale nuovo soggetto attuatore l'ARPAT

Testo attuale:

1g) campagna geofisica triennale tramite elettromagnetismo al fine di definire: superficie piezometrica di tutto l'acquifero (precisione 1 metro), andamento morfologico substrato impermeabile, individuazione camini vulcanici. Esecuzione indagini, consulenza ed elaborazione a cura della dott.ssa A. Manzella dell'Istituto di Geoscienze e Georisorse del C.N.R. Pisa.

Costo per acquisto attrezzatura: euro: 87797,67 Ente Attuatore: Settore Tutela del Territorio e della Costa

Stato di attuazione:

attuato

2) analisi di dettaglio

Testo attuale:

2a) aggiornamento elaborazioni termopluviometriche per verifica e controllo trend negativo;

Stato di attuazione:

non attuato per non completamento rete di monitoraggio

Proposta :

il punto 2a) viene mantenuto

Testo attuale:

2b) rilievo geostrutturale di dettaglio alla scala 1:5000/10.000 delle fratturazioni mirato alla definizione del fractural network, ovvero dell'orientazione, spaziatura, persistenza e consistenza delle fratture presenti nelle vulcaniti.

Costo: euro: 10.329,14 Ente Attuatore: Settore Tutela del Territorio e della Costa

Stato di attuazione:

attuato

2c) sondaggi a carotaggio continuo per verifica grado fratturazione, effettuazione prove di permeabilità e realizzazione piezometri nei pressi delle principali opere di captazione. Massimo 10 sondaggi per profondità di circa 50 metri.

Costo: euro: 51.645,69 Ente Attuatore: non individuato

Stato di attuazione:

non attuato. I risultati delle indagini eseguite da EDRA e CNR di Pisa evidenziano elementi scientifici (sakungen, cono di depressione della falda acquifera all'interno dell'edificio vulcanico ecc.) che propendono per la definizione di un modello concettuale idrogeologico basato sul collegamento idraulico tra la falda superficiale e quella geotermica profonda (utilizzata per la produzione di energia elettrica). Da tale modello concettuale emerge la necessità di introdurre tra i parametri in uscita nel bilancio idrico l'estrazione di vapore per la produzione di energia elettrica e di monitorare direttamente il livello della falda superficiale con la realizzazione di almeno un piezometro posizionato nella porzione centrale dell'edificio vulcanico in corrispondenza della zona di maggior criticità (cono di depressione). La realizzazione del piezometro, oltre che fornire ulteriori dati stratigrafici utilizzabili per la modellazione del sistema geotermico, consentirà di verificare lo stato qualitativo della falda. La gestione del monitoraggio del piezometro verrà garantita dal Servizio Idrologico Regionale. Il progetto preliminare per la realizzazione del piezometro verrà definito dall'URTAT di Grosseto. Le risorse finanziarie verranno reperite dai fondi a disposizione dei bacini Fiora e Ombrone.

Proposta :

2c) realizzazione nella porzione centrale dell'Amiata di piezometro profondo per il monitoraggio anche qualitativo della falda superficiale.

Costo: euro 150.000 (indicativo) Ente Attuatore URTAT di Grosseto - Settore Tutela del Territorio e della Costa. Data l'importanza ne viene proposta l'immediata realizzabilità.

Testo attuale:

2d) prove con traccianti al fine di individuare i tempi di percorrenza nel mezzo saturo. Acquisizione di centralina multi-logger per la registrazione in continuo dei parametri appositamente modificati (conducibilità, pH, opacimetri ecc.)

Costo: euro: 10329,14 Ente Attuatore: non individuato

Stato di attuazione:

parzialmente attuato dall'Acquedotto del Fiora

Proposta :

il punto 2c) non viene mantenuto ritenendo sufficienti i dati reperiti dall'Acquedotto del Fiora

Testo attuale:

2e) analisi isotopica sulle acque dell'acquifero superficiale e quello regionale per verifica fenomeni di mixing e interconnessione (ricarica dall'acquifero superficiale). A cura dell'Istituto di Geocronologia e Geochimica isotopica C.N.R.Pisa

Costo: euro: 25822,85 Ente Attuatore: non individuato

Stato di attuazione:

non attuato. Tali analisi verranno effettuati nell'ambito delle ricerche attivate dalla Regione con due bandi pubblici

Proposta :

il punto 2c) non viene mantenuto in quanto coperto nell'ambito delle altre ricerche attivate dalla Regione

- 3) Realizzazione Sistema Informativo Territoriale, elaborazione modello concettuale (schema idrogeologico) modellazione idrodinamica con relativi scenari di utilizzo, tenendo anche conto dell'attuale trend pluviometrico negativo**

Testo attuale:

3a) Realizzazione SIT: a cura dell'Autorità di Bacino del Tevere

- acquisizione banca dati di Grosseto ed integrazione nel SIT e nella banca dati allestiti dall'A.B. Tevere
- acquisizione altri dati disponibili (Acquedotto Fiora, altri gestori,...) ed integrazione nella banca dati
- acquisizione dei dati delle nuove campagne di misura (portate misurate, pluviometria e termometria, geometria della falda da analisi elettromagnetica,...)

3b) elaborazione del modello idrogeologico: a cura Commissione Tecnica e uffici Autorità di Bacino Nazionale Tevere in collaborazione con un ente da individuare.

- rivisitazione e sintesi delle conoscenze disponibili
- analisi dei dati di nuova acquisizione ed implementazione del modello

3c) modellazione idrodinamica: ente da individuare di concerto fra l'Autorità di Bacino del Tevere e la Commissione.

- elaborazione di un modello numerico preliminare sulla base dei dati disponibili, taratura in regime stazionario e transitorio;
- implementazione del modello sulla base dei dati di nuova acquisizione, in particolare della migliore definizione dello schema di afflussi/deflussi e loro regime, della ricostruzione di dettaglio della geometria dell'acquifero, della stima dei parametri idrodinamici, della individuazione dei rapporti con l'acquifero regionale
- elaborazione di scenari evolutivi del campo dei potenziali e del regime di portata delle sorgenti

Stato di attuazione:

non attuato in quanto subordinati cronologicamente ai punti precedenti

Proposta :

i punti vengono mantenuti

Ad ulteriore integrazione del sistema di monitoraggio, sulla base di quanto esposto precedentemente, viene inoltre inserito il seguente punto:

1h) acquisizione dati estrazione di vapore (di ogni singolo pozzo) per la produzione di energia elettrica. Fonte: Regione Toscana Settore Miniere ed Energia.

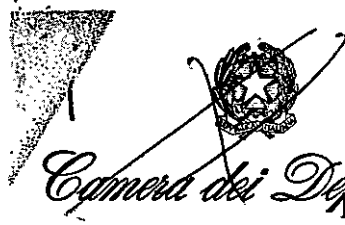
A seguito delle indagini eseguite (EDRA e CNR di Pisa) è emersa infine la necessità di acquisire dati sulla composizione delle emissioni dei due carni della Miniera di Abbadia al fine di verificare la loro provenienza dal campo geotermico. In tale zona le vulcaniti poggiano direttamente sui termini superiori della Falda Toscana (i cui termini inferiori sono sede del campo geotermico). Tale verifica rappresenterebbe un ulteriore elemento scientifico a favore del modello concettuale che prevede il collegamento idraulico tra la falda superficiale e quella del campo geotermico. Secondo informazioni trasmesse dal dott. Luigi Valli dell'ARPAT di Siena una ditta incaricata da Agip ha provveduto ad analizzare le emissioni di uno dei due condotti (Ermeta). Tali dati dovrebbero essere stati acquisiti dal Settore Miniere ed Energia della Regione. Il Settore Tutela del Territorio viene attivato per il reperimento di tali analisi e per valutare la possibilità di integrare le analisi da parte dell'ARPAT di Siena che ha trasmesso un preventivo di spesa (17.000 euro per 4 analisi anno 2008)

Di Domenicantonio Alfredo
Ruisi Manuela
Rossi Simone
Sargentini Maria

Pei Alessandra

Micheli Luigi

Bacino Tevere
Bacino Tevere
Bacino Ombrone e Bacino Fiora
Responsabile Settore Tutela del Territorio e della
Costa Regione Toscana
Settore Tutela delle Acque Interne e Servizi Idrici
Regione Toscana
Settore Tutela del Territorio e della Costa Regione
Toscana



**PROCEDURA DI VIA PROGETTO
DI RIASSETTO AREA GEOTERMICA PIANCASTAGNAIO**

**GRUPPO DI LAVORO PER IL BILANCIO IDRICO DELL'ACQUIFERO DEL M.
AMIATA (AdB Tevere, AdB FIORA, Bacino Regionale Ombrone, Settore Prevenzione del
Rischio Idraulico e Idrogeologico, Settore Tutela e Gestione delle Risorse Idriche)**

**Contributo istruttorio sulle integrazioni Enel, relativamente alla tutela della falda strategica
del M. Amiata.**

PREMESSA

A seguito delle integrazioni pervenute da parte di ENEL Green Power a dicembre 2009 e a novembre 2010 (integrazioni volontarie) il 16 dicembre 2010 si è riunito il Gruppo di lavoro sul bilancio idrico del M.te Amiata per analizzare la documentazione tecnica elaborata relativamente alla tutela della falda strategica del M.te Amiata.

Di seguito si forniscono le valutazioni circa la rispondenza della documentazione prodotta con le integrazioni richieste e trasmesse al Settore Valutazione Impatto Ambientale della Regione Toscana (Prot. n. AOO - GRT / 232604 / P.10.20 del 8 settembre 2009).

Riepilogo obiettivi del riassetto

Viene abbandonata l'estrazione di fluidi del 1° serbatoio, per passare alla sola estrazione del 2° serbatoio, prevedendo una lieve riduzione del vapore estratto complessivamente. Per i quantitativi di fluidi di reiniezione è invece previsto un lieve incremento, fino a circa il 75% dell'estratto. La reiniezione dei fluidi estratti dal 2° serbatoio geotermico sarà effettuata anche entro il 1° serbatoio geotermico, che pertanto resta parte del "sistema di coltivazione".

Documentazione integrativa richiesta

Per quanto concerne la tutela della falda vulcanica gli aspetti per i quali sono stati richiesti approfondimenti risultano i seguenti:

1. un inquadramento idrogeologico generale sull'area amiatina, corredato da una sezione idrogeologica passante per Piancastagnaio e la vetta del M. Amiata, contenente le indicazioni sui mutamenti della falda freatica e delle sue emergenze.
2. indicazioni sui tempi di ricarica del vapore (ciclo pioggia/vapore) e sulle aree di alimentazione del campo geotermico (eventualmente sostenute da prove con traccianti).
3. una sintesi delle connessioni fra i campi geotermici di Piancastagnaio e Bagnore.
4. una sintesi delle motivazioni che inducono a considerare il campo superficiale e quello profondo strettamente connessi tra loro.
5. una quantificazione indicativa dell'effetto della geotermia sulla risorsa idrica superficiale, in relazione anche alle fasi di sfruttamento ed ai quantitativi estratti nel tempo.
6. ipotesi degli effetti dell'abbandono del 1° serbatoio geotermico e del passaggio allo

sfruttamento del solo 2° serbatoio geotermico ed ipotesi sugli effetti della reiniezione nel 1° serbatoio.

7. un'analisi dei bradisismi meno sintetica di quella fornita, che sia inquadrata con i movimenti di versante e con le probabili strutture di assestamento del vulcano, in modo tale da essere significativa.
8. una proposta di rete e di un piano di monitoraggio ante e post operam per la verifica degli effetti quantitativi e qualitativi/chimici dello sfruttamento geotermico sulle risorse idriche superficiali e sotterranee del sistema amiatino.

Bibliografia essenziale:

1. Burgassi et alii 1965 "Prospezioni delle anomalie geotermiche e sua applicazione alla regione amiatina".
2. R. Cataldi 1965 "Remarks on the Geothermal Research in the Regione of Monte Amiata (Tuscany - Italy)".
3. Calamai et alii 1970 "Geology, Geophysics and of the Monte Amiata Geothermal Fieldsthermics; studio organico sulla geotermia amiatina".
4. Convenzione tra Regione Toscana e Studio Edra (2006) Rilievo geostrutturale dell'apparato vulcanico del Monte Amiata".
5. Convenzione tra Regione Toscana e Università di Siena (2008) "Studio geostrutturale, idrogeologico e geochimico ambientale dell'area amiatina".
6. Convenzione tra Regione Toscana e CNR di Pisa (2006) Campagna geofisica triennale tramite elettromagnetismo relativa all'acquifero dell'edificio vulcanico del Monte Amiata".
7. Convenzione tra Regione Toscana e Università di Firenze (2010) - Progetto Mac-Geo "Rapporto sulla ricostruzione del modello concettuale geologico ed idrogeologico dei due campi geotermici".
8. Convenzione tra Regione Toscana e Università di Firenze - Progetto Mac-Geo (2010) "Note di chiarimento su alcuni aspetti del report geochimico-isotopico del progetto MAC-GEO".
9. Marroni (Università di Pisa) (2008) "Report relativo al progetto di ricerca integrata: Characterization of the geological and structural framework of the M.te Amiata".
10. Frondini et alii (2009) "Carbon dioxide degassing and thermal energy release in the Monte Amiata volcanic -geothermal area".
11. ENEL 1965 "Prospezioni geoelettriche nella Regione del Monte Amiata".
12. Convenzione tra Provincia di Grosseto e Università di Siena (2005) "Studio idrogeologico per la valutazione della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero vulcanico del Monte Amiata".
13. Dini et alii (2010) "Geological Evaluation of the Base of the Mt. Amiata Volcanic Complex".
14. A.A.V.V. (1971) - "la Toscana meridionale" - sezione geologica miniera di Abbadia San Salvatore".
15. Piccini et Alii (2005) "Concrezionamento olocenico e aspetti geomorfologici della grotta del Vento (Alpi Apuane - Lucca): analisi paleoclimatica e implicazioni morfogeniche".
16. Convenzione tra Comunità Montana Amiata e Studio Edra (2002) "La sismicità del Monte Amiata nei Comuni di Abbadia san Salvatore e Piancastagnaio dal maggio 2000 al giugno 2001".

ANALISI DELLA DOCUMENTAZIONE PRESENTATA

Si evidenzia che il SIA contiene delle elaborazioni di dati di produzione, reiniezione, livelli piezometrici dei serbatoi geotermici, analisi isotopiche, dati microsismici e di subsidenza selezionati dal Proponente Enel in base ad un criterio di scelta fra tutti i dati disponibili non verificabile.

Nella documentazione che costituisce il SIA si afferma che il prelievo geotermico (per entrambi i serbatoi) proviene da una falda di carattere regionale (Serie Toscana sepolta) alimentata da più affioramenti distanti dall'Amiata (per altro molto al di fuori delle concessioni geotermiche ENEL) e sulla quale gli effetti del prelievo geotermico sono ritenuti non valutabili. Viene quindi escluso ogni collegamento o possibile alimentazione dal vulcano Amiata (adiacente i campi geotermici). Quanto affermato nel SIA è in netto contrasto con gli studi 1, 2 e 3 citati in bibliografia, che sulla base di un approccio multidisciplinare indicavano invece proprio nel vulcano la ricarica dei serbatoi geotermici. Il SIA nel suo complesso ritiene non più valide le conclusioni dei suddetti studi senza partire da un riesame globale dei dati, ma solo riconsiderando i seguenti aspetti:

- A) Viene proposto uno schema idrogeologico di completa separazione fra l'acquifero vulcanico e la Serie Toscana (1° serbatoio geotermico).

Osservazioni: l'assetto geologico-strutturale dell'area in esame è più compatibile con una separazione parziale ed incompleta per i seguenti motivi:

- 1°: l'orizzonte di "Liguridi" interposto non è continuo e comunque la sua permeabilità è definibile come medio-bassa, in ogni caso non è nulla;*
- 2°: nella zona mineraria di Abbadia S.S. (studio 14 in bibliografia) le rocce dell'acquifero presente nelle vulcaniti sono in diretto contatto con le rocce della Falda che ospita l'acquifero geotermico;*
- 3°: i camini vulcanici attraversano entrambi gli acquiferi e sono allineati lungo una faglia transtensiva attiva e di rilevanza crostale (Studi 9 e 13 in bibliografia);*
- 4°: il piezometro regionale ha indicato che l'ammasso vulcanico è interessato da fratturazione estensiva e da faglie. Particolarmente significativa la struttura di faglia diretta intercettata alla profondità di 400 metri con direzione circa est-ovest e immersione verso nord.*

- B) La separazione fra i due acquiferi è confermata dal fatto che il livello piezometrico del 1° serbatoio resta costante.

Osservazioni: viene fornito un grafico poco leggibile (con i dati di Bagnore e Piancastagnaio sovrapposti), nel quale i livelli piezometrici comunque mostrano oscillazioni, ma delle quali non è possibile valutare il significato dato che non vi sono correlazioni, né areali né con stratigrafie del sottosuolo. Nelle pubblicazioni 2 e 3, utilizzando tutti i dati a disposizione di Enel, viene ricostruita una situazione alquanto diversa. Il livello piezometrico dell'acquifero geotermico risale dai 230 m nella parte esterna del campo fino ai 600 m poco a monte di Piancastagnaio (pozzo Mamiata1), suggerendo che esiste un equilibrio idrodinamico tra l'acquifero geotermico e quello superficiale.

- C) I dati isotopici (tritio) indicano che il vapore estratto da entrambi i serbatoi ha un'età superiore a 50 anni.

Osservazioni: ciò indica un sistema idrogeologico "ampio" che ha lunghi tempi di risposta per altro compatibili con circuiti di tipo convettivo che ad esempio potrebbero svilupparsi avendo come riferimento un modello concettuale che prevede la ricarica dal vulcano; peraltro nel SIA si ritiene che valori di trizio registrati, che indicherebbero la presenza di acque ben più giovani, potrebbero rappresentare acque di reiniezione o residui di perforazione, mentre non viene considerato che tali valori potrebbero essere indice di circolazioni idriche più veloci lungo fratture.

D) Risultati della modellazione numerica dei sistemi geotermici.

Osservazioni: il modello è un tentativo di schematizzare una realtà molto più complessa, con limiti nel descrivere la situazione reale. I dati che costituiscono la base del modello sono sinteticamente elencati e non è specificato come siano stati scelti. Non è chiaro inoltre come sia stata schematizzata la situazione strutturale nella modellazione geologica. Si fa notare comunque che il modello non prevede la ricarica del sistema geotermico profondo dalle aree riconosciute nelle integrazioni volontarie come aree di alimentazione, inoltre considera separati il 1° ed il 2° serbatoio geotermico, che invece Enel stessa considera in equilibrio idrodinamico al fine dell'autorizzazione alle reiniezione dei fluidi estratti dal 2° serbatoio nel 1°. Si cita che vengono considerate le faglie (cui sono correlate variazioni di fratturazione e quindi di permeabilità), ma a tal proposito si ricorda la netta carenza di informazioni strutturali nelle conoscenze geologiche del SIA. Non viene considerato il Monte Cetona fra le aree di ricarica e neppure il vulcano Amiata. Le mappe di calore rappresentate si riferiscono a profondità da 0 m s.l.m. al più profondo e sembrano indicare un flusso di calore che è massimo al centro del vulcano Amiata e diminuisce radialmente verso l'esterno; la tavola 8 dello studio 3 in bibliografia (di carattere più superficiale ed in condizioni presfruttamento) indica però una situazione opposta, con la base dell'acquifero vulcanico freddo e le strutture geotermiche di Bagnore e Piancastagnaio calde. In merito al confronto fatto in alcune celle del modello, fra valori di T e P misurati e teorici, non è facile valutare le discrepanze che pure risultano. Analoga considerazione si esprime in merito al confronto fatto fra isoterme misurate e valori misurati. È stata infine fatta una simulazione (escludendo la separazione impermeabile tra le vulcaniti e il 1° serbatoio ma mantenendo la separazione tra il 1° e il 2° serbatoio) di afflusso di acqua superficiale verso il serbatoio geotermico che porta ad escludere una connessione superiore a 10 Vs, ma non è chiaro quale sia la falda freatica simulata dal modello né quale sia la ricarica e la portata delle sorgenti dell'acquifero superficiale.

Viene comunque citato uno studio che indica comunicazioni idriche fra i 2 acquiferi per circa 250 Vs, anche se non viene ritenuto realistico.

Osservazioni specifiche sulle integrazioni volontarie (novembre 2010):

Isotopi

Per quanto riguarda le valutazioni sugli isotopi vengono considerati anche gli studi 7 e 8 in bibliografia. Tali studi e le integrazioni volontarie mostrano tre interpretazioni diverse tra loro sulle quote di ricarica delle sorgenti analizzate dallo studio 7 (sorgenti acquifero vulcanico e sorgenti termali). Lo studio 7, prendendo in considerazione gli isotopi deuterio e ossigeno 18, giunge alla conclusione che la quota di ricarica è compresa tra 200 e 1200 metri e quindi "coincide con le zone in cui affiorano le formazioni carbonatiche-evaporitiche". A parte l'evidente contraddizione di tale affermazione (la stessa sorgente del Fiora non sarebbe alimentata dall'acquifero vulcanico), risulterebbe quindi che le precipitazioni sopra le quote 1200 dell'Amiata (altezza: m. 1735) non emergerebbero dalle sorgenti fredde dell'edificio vulcanico. Di conseguenza è lecito ritenere che le



Precipitazioni a quote superiori 1200 metri contribuiscono alla ricarica della falda geotermica. Nelle inferiori considerazioni contenute nello studio 8 in bibliografia, viene presa in considerazione la "retta meteorica locale" (non riportata però nel grafico relativo) e vengono "alzate" le quote di ricarica fino a 1500 metri. Le precipitazioni ricadenti tra le quote 1500 e la vetta del vulcano contribuirebbero invece al solo ruscellamento superficiale. Tale affermazione risulta in realtà in contrasto con quanto è possibile osservare sull'Amiata dove il ruscellamento superficiale, soprattutto alle quote più alte, si osserva solo in eventi rarissimi. Le integrazioni volontarie considerano invece valida, per il calcolo delle quote di infiltrazione afferenti alle sorgenti analizzate dallo studio 7, la rete meteorica delle Apuane e relativa retta altimetrica. Utilizzando tale retta e comparandola con il delta ossigeno 18 alcune delle sorgenti fredde sarebbero caratterizzate da quote di ricarica compatibili con l'altimetria del vulcano. In realtà applicando la formula della retta altimetrica apuana con i valori del delta ossigeno 18 risulta che alcune sorgenti sarebbero caratterizzate da quote di ricarica oltre i 2000 metri.

Per quanto riguarda i fluidi geotermici tutti e tre gli studi mostrano che i dati relativi all'ossigeno 18 non possono essere utilizzati in quanto "shiftati" in aumento a causa dell'interazione ad alta temperatura tra fluidi e rocce serbatoio mentre può essere fatto riferimento al deuterio. Non vengono però svolte considerazioni sul contenuto degli isotopi del deuterio nei fluidi geotermici (gli unici eventualmente utilizzabili) e le possibili aree di ricarica.

Non risulta pertanto chiaro il passaggio logico che porta ad affermare che la ricarica del serbatoio geotermico è solo di tipo regionale.

Rete microsismica

I dati ricavati dalla rete microsismica difficilmente possono individuare faglie attive in tempi di registrazione limitati, però è evidente una microsismicità coincidente con il campo geotermico di Piancastagnaio, a confermare che l'estrazione di vapore produce fenomeni di fratturazione nel sottosuolo. Mancano però indicazioni sulle profondità degli ipocentri.

Viene fornita una fotocopia di un registro di cantiere del sondaggio BG10, relativo ad un solo giorno, con la quale l'Enel afferma che la quota falda era già allora alla stessa quota del piezometro regionale (780) e che la stessa era stata indicata a quota 950 nello studio 3 in bibliografia per estrapolazioni errate (ma che comunque tale quota, ora dichiarata errata, veniva proposta in sezioni idrogeologiche in altri elaborati nel SIA); ciò per indicare che la geotermia non aveva influito sul livello della falda vulcanica. In tal caso si deve notare che perforazioni eseguite fine anni 50 - anni 60 del secolo scorso (n. 17 in bibliografia) a monte di Bagnore indicano quote della falda nelle vulcaniti a 794 e 799 superiori a quelle dichiarate nelle integrazioni volontarie (780). Considerando validi questi dati se ne deduce un'infiltrazione profonda già presente allora come ipotizzato nello studio 11 in bibliografia (tavola 4). La fotocopia del registro del cantiere relativo a Bagnore 10 suggerisce inoltre che ENEL sembra disporre di un notevole archivio di dati che può e deve essere reso consultabile.

Considerazioni sugli effetti/relazioni della geotermia sulla falda vulcanica

Secondo gli elaborati SIA e relative integrazioni il livello piezometrico dei campi geotermici profondo e superficiale si sarebbe sempre attestato, anche in situazione pre-sfruttamento, alla quota di 230 s.l.m.. Ciò dimostrerebbe la netta separazione tra la falda geotermica e quella vulcanica, posta quest'ultima a quote più elevate. Tale affermazione risulta in contrasto con quanto riportato negli studi 1, 2 e 3 in bibliografia. In particolare lo studio 2 evidenzia livelli piezometrici superiori (con quote progressivamente maggiori verso il centro del vulcano) mostrando inoltre come i sondaggi perforati all'interno dell'edificio vulcanico risultano non produttivi. Lo studio 1 classifica

le perforazioni Bagnore 10 e Monte Amiata 1 rispettivamente "calda sterile" e "fredda". Tali dati, così come attestato negli studi suddetti, risultano compatibili con una ricarica da parte dell'edificio vulcanico e conseguente circolazione convettiva, discendente fredda sotto il vulcano e ascendente calda nelle porzioni laterali con formazione dei campi geotermici. Tale modello concettuale, come precedentemente accennato, risulta inoltre compatibile con tempi di circuitazione superiori ai 50 anni.

Due diverse indagini geofisiche (studi 6 e 12 in bibliografia) hanno individuato, soprattutto a monte di S. Fiora, consistenti ed anomale depressioni nella falda vulcanica, che indicano richiami verso il basso. Anche se i quantitativi dichiarati da Enel come prelievo (circa 170 l/s) confrontati con le uscite totali dal vulcano (circa 1700 l/s) non sembrerebbero giustificare tali depressioni si deve ricordare che nei primi 2 anni di sfruttamento geotermico e di "svuotamento" dei gas incondensabili (soprattutto CO₂) in entrambi i campi sono state abbattute bruscamente di circa 20 bar le pressioni con un innalzamento (dell'interfaccia liquido/gas) dichiarato da Enel di circa 200 m. Ciò deve aver prodotto consistenti shocks negli ammassi rocciosi con incremento della fratturazione (effetti dello sgonfiamento del cuscino di vapore indicati da INGV) ed altri effetti ancora da valutare.

È noto che generalmente una consistente estrazione di fluidi dal sottosuolo produce fenomeni di subsidenza, il cui monitoraggio è infatti in atto nella zona di Piancastagnaio. La subsidenza, depurata dai movimenti di frana (ed eventualmente da altri movimenti vulcano-tettonici), deriva dalla diminuzione di pressione interstiziale nei terreni a bassa permeabilità per microfratturazione e forse anche da cedimenti nei sistemi carsificabili. A questi ultimi potrebbero essere pure correlati parte dei microterremoti.

Si segnala inoltre che il monitoraggio in corso da parte di ARPAT relativo alla presenza dell'arsenico nelle sorgenti, sembra indicare un recente incremento di questo elemento. Lo studio 7 in bibliografia riporta una concentrazione di arsenico nella principale captazione acquedottistica dell'Amiata (Santa Fiora) di 10,70 microgrammi/litro. Ciò potrebbe essere interpretato anche come una risalita di fluidi profondi nella falda superficiale.

Era stato inoltre richiesto uno studio di tipo storico-catastale, per verificare indicazioni di impoverimento o scomparsa di acque correnti superficiali e di sorgenti nel centro della montagna, nonché crisi di acquedotti locali come riportato da testimonianze locali. Tale studio non è stato presentato.

CONCLUSIONI

Nelle motivazioni preliminari del riassetto di Piancastagnaio viene genericamente indicato un "naturale declino del campo geotermico superficiale". A questo proposito, dato che il campo geotermico è caratterizzato in sostanza da temperatura e livello piezometrico, si deve osservare che il grafico presentato sui livelli piezometrici (anche se poco leggibile) indicherebbe una tendenza positiva. Il declino del campo superficiale sembrerebbe allora imputabile alla decrescita delle temperature, sulle quali però la documentazione del SIA è carente di dati. In sostanza il raffreddamento del 1° serbatoio, oltre che agli effetti dell'estrazione di vapore intorno ai pozzi, può indicare anche richiamo dalla falda termale (Serie Toscana), che a sua volta appare connessa a quella vulcanica.

Per lo sfruttamento del campo geotermico profondo deve essere generata una depressione che è di un ordine di grandezza superiore a quella generata per lo sfruttamento del campo geotermico

superficiale, questo suggerisce che anche gli effetti possano essere di un ordine di grandezza superiore. Anche considerando che in linea di principio il passaggio alla coltivazione del solo serbatoio profondo dovrebbe attenuare, rallentare e diffondere gli effetti su aree di ricarica più lontane, il quadro delle conoscenze contenute nel SIA sul sottosuolo e sulle connessioni idrogeologiche fra la falda vulcanica ed i due serbatoi geotermici, risulta non esauriente.

Non è quindi possibile escludere che le nuove estrazioni di vapore dal 2° serbatoio geotermico possano indurre casi di impatti anche consistenti sulla falda vulcanica. Inoltre non sono indicati gli effetti della reiniezione delle condense nel 1° serbatoio, né le modalità di abbandono della coltivazione del 1° serbatoio, in relazione alle nuove estrazioni più profonde e in generale agli effetti attesi sul complesso delle falde idriche presenti.

In seguito alle considerazioni sopra esposte ed alle lacune evidenziate, si ritiene necessario che l'Enel renda disponibili i dati di produzione di ogni pozzo in attività e attivi un monitoraggio preventivo finalizzato alla:

- verifica dei livelli piezometrici e delle temperature nel 1° serbatoio in abbandono;
- controllo del livello piezometrico della falda vulcanica attraverso un numero sufficiente di piezometri (almeno quattro) e in corrispondenza delle depressioni indicate negli studi 6 e 11 in bibliografia;
- verifica dei livelli piezometrici e delle temperature nel 1° serbatoio ("non produttivo") sotto l'edificio vulcanico (esempio in corrispondenza dei sondaggi Bagnore 10 e Monte Amiata 1)
- controllo del chimismo delle acque nella depressione individuata dagli studi 6 e 11 in bibliografia (controllo di eventuali risalite di fluidi termali) al fine di scongiurare rischi di inquinamento delle sorgenti amiatine e del Fiore in particolare.

Si fa presente infine che un'eventuale sospensione della produzione potrebbe consentire di verificare la scomparsa o meno della depressione evidenziata dalle indagini geofisiche nell'acquifero freatico vulcanico.

**OSSERVAZIONI SULLO STUDIO DELL'UNIVERSITÀ DI SIENA SULL'AREA DEL
MONTE AMIATA IN RAPPORTO ALLO SFRUTTAMENTO GEOTERMICO**

**« Rapporto »
Allegato**

**Nota interna redatta su richiesta degli Assessori Marco Betti e Annarita Bramerini
da
Maria Sargentini, Alessandro Marzocchi, Luigi Micheli**

6 marzo2009

PREMESSA

La presente nota costituisce un rapporto interno all'Amministrazione Regionale, che viene espresso su richiesta degli Assessori Marco Belli e Annarita Brammerini, al fine della valutazione dello "Studio geostrutturale, idrogeologico e geochimico ambientale dell'area Amiatina" (Siena 10 ottobre 2008), commissionato all'Università di Siena da parte del Settore Energia della Regione Toscana.

Tale studio si colloca nel più generale contesto di analisi delle relazioni sistema idrogeologico-sistema geotermico avviato dalla Regione Toscana e tuttora in corso ed è nello specifico motivato da esigenze di approfondimento delle conoscenze globali dell'area dell'Amiata, in relazione ai diversi fattori relativi a possibili rischi ambientali connessi alla geotermia indicati nei 2 studi di carattere preliminare dello Studio Edra, e che possono essere così sintetizzati:

1. il collasso gravitativo del vulcano Amiata (forse ancora attivo nel versante meridionale Amiata) ha profondamente fagliato il vulcano, mettendo in contatto la falda freatica con quella geotermica.
2. le strutture diapiriche correlate allo sprofondamento possono mettere in crisi (vedi esplosioni di fango presso Piancastagnaio) i pozzi geotermici vicini con possibili eventi pericolosi.
3. l'acquifero freatico del Monte Amiata per le sue caratteristiche può tendere a svuotarsi, qualora diminuisca la ricarica o nel caso sia estratta acqua dallo stesso (nel caso che la falda freatica sia richiamata verso la falda geotermica in conseguenza dello sfruttamento geotermico).
4. la superficie della falda freatica definita con la recente indagine geofisica del GNR (Dott.ssa Manzella) evidenzia notevoli depressioni rispetto allo studio ENEL (Geothermics 1970).
5. le depressioni della falda freatica di cui al punto 4 sono connesse quindi ad una correlazione fra aumento della produzione di vapore e calo nelle portate delle sorgenti del Fiora con conseguente incremento di presenza di "elementi inquinanti". Inoltre il camino di aerazione della ex miniera di Abbadia San Salvatore ha incrementato l'emissione di vapori geotermici.

La presente valutazione sullo studio dell'Università di Siena è riferita ai contenuti effettivi dello stesso indipendentemente dalla loro rispondenza o meno ai contenuti del bando, ai tempi e all'entità dell'incarico.

Gli scopi dichiarati nello studio dell'Università di Siena sono:

- valutazione delle possibili correlazioni fra i 2 acquiferi, in base al modello strutturale, per verificare l'influenza della geotermia sulla falda strategica dell'Amiata;
- valutazione dello stato di inquinamento conseguente alle emissioni geotermiche.

L'analisi delle singole sezioni dello studio ha seguito l'ordine originale. La sezione 3 (Studio geochimica ambientale) non è stata comunque oggetto di specifica valutazione in quanto non direttamente correlata agli aspetti tecnici d'interesse delle strutture scriventi e non disponendo le stesse di specifiche adeguate professionalità.

Camera dei Deputati



L'incarico all'Università di Siena ha fatto seguito allo studio CNR e allo Studio Edra, sviluppati nell'ambito delle attività finalizzate alla definizione del bilancio idrico di dettaglio dell'acquifero del Monte Amiata.

La valutazione ha quindi considerato le seguenti parti dello studio dell'Università di Siena:

- la Sez. 1 (Studio geostrutturale dell'apparato vulcanico amiatino);
- la Sez. 2 (Studio idrogeologico dell'apparato vulcanico amiatino);
- la Sez. 4 (Supporto delle tecniche di telerilevamento alle problematiche trattate in questo studio).

L'analisi è basata su una lettura critica dello studio, comparata con altri dati geologici pubblicati e valutando quanto emerso da ripetuti sopralluoghi. Si sono infine analizzate in via preliminare le foto aeree e immagini DEM tridimensionali con esagerazione delle altezze.

SEZ.1 STUDIO GEOSTRUTTURALE DELL'APPARTO VULCANICO AMIATINO

Nella parte introduttiva di questa sezione si indica che scopo dell'incarico ricevuto dalla Regione Toscana era quello di definire l'assetto strutturale dell'area amiatina e del suo sottosuolo, individuando oltre alla serie dei terreni le strutture di faglia e frattura, le pieghe e strutture cupoliformi (diapiri). Quanto sopra valutando anche i dati emersi dallo studio Edra. L'analisi strutturale contenuta in questa sezione è stata condotta alla mesoscala, tralasciando la microscaletta; la megascala sembra quella affrontata nella sezione 4.

Nel secondo paragrafo viene fatta una sintesi dell'evoluzione geologica di questa parte di territorio, definendo la serie dei terreni presenti e sommarie indicazioni sull'evoluzione del vulcano Amiata. In tale parte dello studio è riportata l'unica carta geologica prodotta: si tratta di uno schema geologico semplificato, che contiene meno informazioni geologiche di quelle contenute nella Carta Geologica Regionale in scala 1:10.000. Ci sembra evidente che tale carta riveste solo un carattere di inquadramento, non essendo sufficiente a definire l'assetto strutturale dell'area amiatina, in relazione agli aspetti idrogeologici che devono essere chiariti in merito alla geotermia.

Questo paragrafo si conclude affermando che le osservazioni di campagna sono state eseguite principalmente sulle vulcaniti e soprattutto per esaminare le strutture geologiche individuate da Edra.

Nel terzo paragrafo vengono dapprima definite le caratteristiche di faglie e fratture e quindi sono brevemente elencati i sistemi di fratturazione che sono stati individuati (si presume sulle vulcaniti), senza però indicare il numero di misure effettuate (ai fini della validità statistica), né sono allegati degli stereogrammi di distribuzione spaziale degli elementi individuati!

Il paragrafo passa quindi ad illustrare i risultati delle osservazioni di campagna sulle faglie nelle varie aree, partendo da quelle segnalate nello studio Edra:

- Zona Pian delle Mura: le osservazioni dello studio sono riferite a fratturazione presente sul "versante di faglia", che comunque concordano abbastanza con quelle dello studio Edra (che cita tale faglia come una di quelle che meglio testimoniano una fase di sprofondamento dell'edificio vulcanico). Nello studio si afferma che non è stato però possibile stabilire i caratteri del movimento della faglia (a parere degli scriventi i caratteri morto-strutturali della zona sono a sostegno della tesi Edra); inoltre nello studio mancano osservazioni sulle superfici delle colate laviche tagliate

dalla faglia delle Mura, che avrebbero potuto fornire altri elementi conoscitivi in merito.

- o Zona Poggio Falco - Poggio Pinzi: lo studio riconosce la presenza di una faglia, con un movimento trascorrente sinistro. Sulla base delle osservazioni mesostrutturali di campagna, senza altri tipi di indagine, né richiamando i risultati della Sez. 4, viene dedotto che non esiste il graben sommitale indicato negli studi preliminari di Edra.
- o Zona Poggio Trauzzolo: sono riconosciute fratture allineate con le faglie che Edra indica nella zona delle Piane.
- o Zona Le Piane: viene riconosciuto un lineamento morfologica di natura indefinita (secondo Edra e altri autori si tratta invece di una faglia che indica uno sprofondamento dell'edificio vulcanico).
- o Zona La Montagnola Poggio di Belluria: viene riconosciuta come probabile una delle taglie individuate da Edra, mentre viene negata l'esistenza di quella coniugata che per Edra costituisce il graben sommitale.
- o Zona Prato delle Macinaie: anche in questa zona sia Edra che altri autori individuano una faglia che indicherebbe lo sprofondamento della parte centrale dell'edificio vulcanico. Lo studio riconosce l'esistenza solo di un lineamento morfologico, allineato con la presunta faglia, ma di natura indefinita.

A questo punto lo studio conclude:

- Solo poche delle faglie Edra sono state riconosciute come tali.
- le altre corrispondono a contatti litologici o a lineamenti morfologici, che possono

avere carattere di fratture di cui non è stato riconosciuta né la dislocazione né la giacitura del piano.

A proposito di tali conclusioni si debbono fare le seguenti osservazioni

Gli autori usano una logica per la quale le taglie esistono solo quando confermate dai rilievi strutturali alla mesoscala: senza considerare che le litologie vulcaniche presenti non sono certo le migliori per tali osservazioni e neppure in tale fase vengono considerati i "lineamenti tettonici" individuati nella sez. 4 dello stesso studio. Si vuole qui far notare che una faglia può esistere anche se il rilievo di campagna non ne consente l'individuazione, considerando soprattutto che le emissioni vulcaniche tendono a ricoprire e "distruggere" le evidenze delle discontinuità tettoniche che ne hanno permesso la risalita.

La verifica sul campo delle faglie ipotizzate da Edra si è basata solo su un'analisi mesostrutturale (peraltro su un numero di misure non dichiarato e senza l'elaborazione di stereonet) su litologie vulcaniche non molto favorevoli a tale tipo di indagine. Si deve anche osservare che in questi casi sarebbe stato utile affiancare alle analisi mesostrutturali delle indagini fotogeologiche e geomorfologiche.

Viene detto che i lineamenti morfologici possono corrispondere a fratture. A tal proposito si deve osservare che se la demarcazione fra taglie e fratture è indice dell'esistenza di uno spostamento dei blocchi, è chiaro che la classificazione di un elemento tettonico in uno dei due tipi, dipende dalla scala di indagine. Inoltre si deve ricordare che nell'edificio vulcanico, anche se inquadrabili solo come fratture, alcune di esse hanno consentito la

fuoriuscita di emissioni laviche, indicando un collegamento profondo delle stesse, cosa poi importante ai fini generali dello studio per chiarire se esistano possibili collegamenti tra le 2 falde!

Nel quarto paragrafo viene verificata la presenza delle strutture duttili (Diapiri, anticlinali e sinclinali) indicate nello studio Edra.

Per quanto riguarda i diapiri (indicati nel numero di 7 da Edra) lo studio conclude che in base a sopralluoghi e ad analisi delle giaciture di strato riportate nelle carte geologiche esistenti, la loro effettiva presenza non è documentata. Non sono però prodotte carte di sintesi delle suddette analisi.

In relazione alle sinclinali ipotizzate da Edra intercalate fra i diapiri ed a questi correlate come genesi, è chiaro che tali ipotetici effetti secondari si sovrappongono alla giacitura a sinclinale alla base delle colate vulcaniche esterne all'edificio vulcanico, che già in origine si sono deposte su morfologie vallive, anche se oggi, per il fenomeno di inversione del rilievo (maggiore resistenza all'erosione rispetto alle rocce di base) queste colate costituiscono strutture positive.

In merito alle anticlinali disposte ad anello intorno alla base dell'edificio vulcanico (come proposto dalle ipotesi Edra) lo studio afferma che la loro esistenza non è stata confermata, né è emersa dall'analisi di varie cartografie geologiche.

In effetti anche il sopralluogo congiunto su un tratto di una delle più evidenti di queste strutture supposte ad anticlinale, ha indicato non trattarsi di tale caso.

Una nostra analisi del rilievo 3D del DEM dell'area, ha comunque evidenziato che almeno sui lati nord ed ovest dell'area amiatina esistono tratti molto evidenti di strutture (di faglia?) che coincidono abbastanza con quelle di Edra e sulla cui presenza e natura nulla dice lo studio.

Nel quinto paragrafo lo studio richiama le conclusioni delle indagini geostrutturali, che per buona parte consistono nel ricordare gli elementi che confutano le tesi Edra.

Nella seconda parte delle conclusioni vengono forniti alcune interessanti notizie che, pure se riferite all'Amiata, rivestono un carattere solo generale: si afferma infatti che il vulcano è stato interessato da una tettonica ostvulcanica deformazione fra illeistocenica superiore a cinematica trascorrente), forse ancora attiva e di carattere regionale, negando però una evoluzione gravitativi del vulcano.

Aldilà di quanto sopra espresso e di quanto alle successive conclusioni, la Sez. 1 dello studio, appare nei contenuti più orientata a sviluppare "controdeduzioni allo studio Edra con note di geologia strutturale" che non lo "studio geostrutturale dell'apparato vulcanico amiatino"!

Infatti un effettivo studio geostrutturale avrebbe dovuto basarsi sui seguenti elementi qui solo sintetizzati:

1. analisi dei dati contenuti nei vari studi geologici esistenti e approfondimento dei dati contenuti nella carta geologica al "10.000" della Regione Toscana;
2. confronto con le indicazioni dello studio fotogeologico;

3. elaborazione di un modello di evoluzione dell'area amiatina, riferito anche al vulcano, basato su carte geologiche e sezioni geologiche, nonché su schemi vulcano-tettonici.
4. applicazione del modello suddetto per una valutazione del possibile-probabile collegamento che le faglie hanno sulle 2 falde idriche in discussione.

Come è noto e riportato in diversi studi geologici (ENEL e Cataldi ecc) la base dell'edificio vulcanico è sprofondata in parte nel substrato, con genesi quindi di una fratturazione recente nelle vulcaniti e verosimilmente anche nei camini vulcanici!
Inoltre l'esistenza di una tettonica recente è forse attiva, può ancor più aver favorito detto collegamento!

Questi aspetti non sono stati affrontati in modo soddisfacente nello studio e sono invece proprio quelli che dovevano essere definiti, per poter poi essere utilizzati come base della parte idrogeologica dello studio.

SEZ. 2 STUDIO IDROGEOLOGICO DELL'APPARTO VULCANICO AMIATINO

Nella parte introduttiva di questa sezione si indica che scopo dell'incarico ricevuto dalla Regione Toscana era quello di verificare la correlazione in termini qualitativi e quantitativi tra sfruttamento geotermico e la falda superficiale ospitata nelle vulcaniti. Gli autori di questa sezione utilizzano dati derivati da studi e indagini pregressi poiché "visto il modesto budget e il brevissimo tempo a disposizione non hanno potuto avvalersi di studi ideologici ex novo". Le verifiche vengono affrontate attraverso evidenze di tipo idrologico, idrogeologico e correlazioni tra input (piogge efficaci ed infiltrazione) e output (deflusso sotterraneo). Tali verifiche si basano su uno schema teorico generale mai oggettivato rispetto al modello geologico della zona. Lo sviluppo della sezione 2 infatti non fa mai riferimento alla struttura vulcanica e agli aspetti dinamici e strutturali connessi!

1. Bilancio idrico delle vulcaniti amiatine: valutazione della ricarica dell'acquifero per infiltrazione

Il paragrafo 1 valuta la ricarica dell'acquifero superficiale per infiltrazione attraverso dati climatici e loro elaborazione (punto 1.1). Gli autori evidenziano come l'altitudine e l'azione mitigatrice del mare rappresentino gli elementi principali che determinano il clima amiatino. Per la caratterizzazione climatica i principali parametri da considerare sono le precipitazioni e le temperature ai quali si affiancano l'intensità della irradiazione solare e l'eliofania. Gli autori precisano che per questi ultimi aspetti non esistono stazioni di misura utilizzabili per il Monte Amiata.

1.1.1. Dati di base e variabili utilizzate

I dati utilizzati, relativi al periodo 1939 - 2007, si riferiscono a 6 stazioni climatiche (4 pluvio-termometriche e 2 pluviometriche). Gli autori evidenziano la presenza di diverse lacune di registrazione dei dati. I dati mancanti vengono ricostruiti con il procedimento delle medie analoghe di Hann utilizzando i dati disponibili per lo stesso periodo di tempo dalle altre stazioni. Ben 5 stazioni climatiche utilizzate sono ubicate alla base del vulcano. L'unica stazione in quota (Casello del Guardiano) presenta solo 4 anni di registrazione (1951, 1953-1955), si ricorda che gli stessi autori sottolineano come l'altitudine rappresenti uno degli elementi principali per la definizione degli input dell'acquifero

1.1.1.1 Precipitazioni.



Vengono valutati gli afflussi medi mensili e annui sulla base dei dati delle 6 stazioni utilizzate (Castel del Piano, Vivo d'Orcia, Casello del Guardiano, Abbadia San Salvatore, Piancastagnaio, Santa Flora). Come già precedentemente detto le lacune di registrazione vengono "riempite" con il procedimento delle medie analoghe di Hann. Si osserva che il numero di anni con i dati ricostruiti con tale procedimento per il periodo 1939-2007 risultano i seguenti:

Stazione Castel del Piano: nessun anno ricostruito

Stazione Vivo d'Orcia: 6 anni ricostruiti su 69

Stazione Casello del Guardiano: 65 anni ricostruiti su 69

Stazione Abbadia San Salvatore: 21 anni ricostruiti su 69

Stazione Piancastagnaio: 31 anni ricostruiti su 69

Stazione Santa Flora: 13 anni ricostruiti su 69.

Si mette in evidenza come la stazione con la quasi totalità degli anni ricostruiti e quella del Casello del Guardiano (l'unica in quota).

Per la valutazione delle precipitazioni medie sull'intero acquifero viene utilizzato il metodo dei topoi. Si osserva che i valori attribuiti al poligono comprendente la stazione del Casello del Guardiano si basano su dati ricostruiti. Il grafico relativo ai valori annuali di precipitazione sull'acquifero dell'Amiata evidenzia un trend di diminuzione delle piogge di circa 6 mm. annui.

Si osserva a questo proposito che i valori individuati nel bilancio idrologico eseguito dalla Comunità Montana Amiata nel 1990 mostra valori diversi da quelli calcolati dagli autori di questa sezione.

1.1.1.2 Temperature

Vengono utilizzate le stazioni termometriche

di: Castel del Piano

Abbadia San Salvatore

Piancastagnaio

Santa Flora

Anche in questo caso le lacune di registrazione vengono riempite con il procedimento delle medie analoghe di Hann. Si osserva che alle stazioni del Vivo d'Orcia e del Casello del Guardiano (prive di registrazioni termometriche) vengono attribuiti dati totalmente ricostruiti. Viene quindi prodotto il grafico delle temperature medie annue per il periodo di osservazione considerato (1939-2007). Il grafico evidenzia un trend di leggera diminuzione delle temperature.

1.1.2 Parametri derivati

Sulla base dei valori termici e pluviometrici ricavati secondo le metodologie sopra riportate vengono effettuate stime sull'evapotraspirazione reale annua e sulle precipitazioni efficace annue (parametri di base di input e di output per il bilancio idrologico)

1.1.2.1 Evapotraspirazione

Viene utilizzata la formula di Turc. L'elaborazione evidenzia un trend di leggera diminuzione dell'evapotraspirazione reale media annua. Si osserva che la definizione del valore dell'evapotraspirazione rappresenta uno degli aspetti più critici nel bilancio idrologico trattandosi inevitabilmente, se non a mezzo di costosi e prolungate misurazioni, di calcoli indiretti.

1.1.2.2. Piogge efficaci

Le piogge efficaci si ottengono per differenza tra le precipitazioni e l'evapotraspirazione reale e rappresentano la risorsa idrica totale. Vengono calcolate, per ogni anno, le precipitazioni efficaci per il periodo di osservazione. Anche il grafico relativo all'andamento annuale delle precipitazioni efficaci evidenzia un trend di diminuzione delle stesse. Anche la definizione dei valori di precipitazione efficace deriva da un calcolo basato su parametri in parte ricostruiti o individuati per via indiretta e quindi affetti da un margine di errore.

1.1.3 Valutazione indiretta dell'infiltrazione

L'infiltrazione rappresenta il parametro di input fondamentale (ricarica) dell'acquifero. Si mette in evidenza che tale valutazione, inevitabilmente e come evidenziato nello stesso titolo del paragrafo in questione, è di natura indiretta.

1.1.3.1. Infiltrazione in vari A.I.

Per il calcolo dell'infiltrazione viene utilizzato un coefficiente di infiltrazione potenziale elevato (0,90). Anche il grafico relativo alle piogge efficaci evidenzia un trend di diminuzione delle stesse. Il coefficiente di infiltrazione utilizzato (precauzionalmente elevato) deriva da dati di letteratura. I valori dei vari coefficienti attribuiti in letteratura ai diversi tipi litologici hanno un valore indicativo e utilizzabili per un bilancio idrologico di massima.

2. Calcolo del deflusso sotterraneo dell'acquifero amiatino

Vengono descritte le caratteristiche principali dell'acquifero dotato di elevata permeabilità per macrofratturazione con immagazzinamento prevalente a carico della microfessurazione. Viene descritta la geometria dell'acquifero caratterizzato dal cono vulcanico che sovrasta rocce a bassa permeabilità che costituiscono un substrato impermeabile.

Si osserva che il modello geologico dell'acquifero preso a riferimento dagli autori di questa sezione non tiene conto di elementi geologico-strutturali (che possono favorire il collegamento idraulico del sistema geotermico) riportati in numerosissime pubblicazioni scientifiche (comprese quelle di ENEL) ma anche citati nelle sezioni 1, 3 e 4 del lavoro dell'Università di Siena.

Gli elementi geologico-strutturali che favoriscono il collegamento idraulico sono costituiti da: faglie e fratture, camini vulcanici e contatto diretto tra le vulcaniti e i termini superiori della falda toscana (zona Abbadia San Salvatore).

Si mette in evidenza che:

la sezione 1) dello studio riconosce che l'edificio vulcanico è interessato da tettonica regionale probabilmente attiva,

nella sezione 3) paragrafo B figura 1 viene riportato lo schema stratigrafico e tettonico del Monte Amiata (da Brogi et alii 2005) con evidenziato un camino vulcanico e alle pagine 200 e 201 viene riprodotta nelle figure 14 e 15 la sezione geologica della miniera di Abbadia che evidenzia il contatto diretto tra le vulcaniti e le formazioni superiori della falda toscana dove attualmente fuoriescono fluidi geotermici da pozzi minerari.

nella sezione 4) viene confermata la presenza di faglie e fratture ad alto angolo interessanti l'edificio vulcanico.

La sezione 2 dello studio dell'Università di Siena risulta pertanto scollegata dalle altre sezioni e non svolge alcune considerazioni sugli elementi geologico-strutturali sopra elencati.

Comune dei deputati



Viene citata la principale emergenza idrica dell'acquifero (circa 700 l/sec) presente nella zona di Santa Fiora. Gli autori precisano che di tale emergenza non sono disponibili misure di portate prolungate nel tempo. L'unica emergenza dell'intero acquifero della quale sono disponibili misure di portata prolungata è quella dell'Ermicciolo (ad eccezione del periodo tra il 1998 e il 2004). Delle altre emergenze sono disponibili solo misure saltuarie.

Tutto il calcolo relativo al deflusso sotterraneo dell'acquifero amiatino si basa in buona parte su dati incompleti e ricostruiti quindi inevitabilmente affetto da un margine di errore. Tale sezione riporta nell'allegato 1 il censimento e relativa localizzazione delle sorgenti amiatine. Tale elaborato, estremamente puntuale, rappresenta un'importantissima banca dati indispensabile per la definizione di dettaglio del bilancio idrico dell'Amiata.

2.1 Dati di base

2.1.1 Portate delle sorgenti

Viene ribadito il fatto che l'unica sorgente dotata di misure continuative, ad eccezione del periodo 1998-2004, è quella dell'Ermicciolo (si coglie l'occasione per segnalare la bella mostra in corso a Siena sui lavori dell'acquedotto del Vivo: "Viva l'acqua del Vivo"). Per le sorgenti di Santa Fiora sono disponibili misure quantitative dal 1990 ad oggi. Si osserva che anche la carenza di dati relativi al deflusso sotterraneo, soprattutto nel periodo di inizio dello sfruttamento geotermico (1959), non può che determinare approssimazioni sulla definizione di questo parametro.

2.1.1.1. Le sorgenti di Santa Fiora

Viene dettagliatamente ricostruita la cronistoria relativa alla costruzione delle opere di captazione in galleria delle emergenze di Santa Fiora. Si osserva che il diagramma riportato in figura 2.3 evidenzia una portata complessiva delle emergenze del Fiora nel 1961 di circa 1000 l/sec. Stante la carenza di misurazioni delle captazioni del Fiora l'esame degli idrogrammi viene circoscritto al periodo 1990-2007 e per le sole sorgenti "Galleria Nuova" e "Galleria Bassa". L'analisi degli idrogrammi relativi alla "Galleria Nuova" evidenzia un trend di diminuzione delle portate nel periodo considerato. La portata media nell'intervallo di tempo in esame è di 552 l/sec. Si osserva che nel 1967 la portata media considerata stabilizzata dopo i lavori finali di captazione era di circa 800 l/sec.

2.1.1.2. La sorgente dell'Ermicciolo

Vengono analizzati i dati di portata a cadenza mensile dell'unica sorgente amiatina che presenta continuità di misure dal 1939 al 2007. Vengono considerate non corrette le misure relative al periodo 1990-1997 in quanto anomale (valori nettamente più bassi) rispetto all'idrogramma generale. L'andamento delle portate dal 1939 al 2007, evidenzia una trend di diminuzione passando da circa 200 l/sec nel 1939 ai 90 l/sec attuali. Nel periodo 1896-1899 venivano registrate portate dai 157 ai 274 l/sec. (fonte Mostra "Viva l'Acqua del Vivo" Siena 2009)

2.1.2 Analisi dei cicli di esaurimento delle sorgenti

Vengono definiti i cicli di esaurimento di alcune sorgenti che dispongono di misurazione di portata sufficienti utilizzando la formula di Maillet ritenuta la più idonea per l'acquifero amiatino. Vengono individuati variazioni del valore del coefficiente di esaurimento non solo tra le sorgenti esaminate ma anche di anno in anno per la stessa sorgente. Tali variazioni vengono imputate all'entità e al tipo della ricarica e secondariamente alle precipitazioni nel periodo di esaurimento. Nessuna considerazione viene svolta sull'eventuale incidenza dello sfruttamento geotermico sul coefficiente di esaurimento.

2.2 Valutazione del deflusso sotterraneo

2.2.1 Uso dei rapporti tra le portate misurate nelle sorgenti

A causa della lacune e della carenza dei dati di portata delle sorgenti amiatine viene utilizzato una metodologia finalizzata alla individuazione dei coefficienti medi di correlazione con l'unica sorgente (Emicciolo) dotata di misure di portata continue. Tali coefficienti vengono quindi utilizzati per "riempire" le lacune di portata delle sorgenti amiatine e calcolare il deflusso sotterraneo dell'acquifero. Tale metodologia di tipo "indiretto" è inevitabilmente soggetta ad approssimazione. La buona corrispondenza tra i valori di input e di output dell'acquifero, con una differenza dell'ordine del 5%, viene considerata elemento unico per validazione di tutta la metodologia utilizzata fatto questo che stride con il carattere di approssimazione dei dati utilizzati.

3 Confronti tra infiltrazione e deflusso sotterraneo

Il confronto tra i parametri di input e di output dell'acquifero viene svolto utilizzando i valori ottenuti secondo le metodologie descritte nei punti precedenti e utilizzando il modello concettuale schematico dell'acquifero che considera le vulcaniti poggianti su substrato impermeabile continuo. Si ribadiscono le osservazioni e le critiche a tale modello già riportate nel precedente punto 2. Tutte le valutazioni descritte convergono nell'attestare una correlazione caratterizzata da margini di errore ritenuti utilizzabili per validare tutta la metodologia utilizzata. I parametri di base utilizzati derivano anche in questo caso da dati ricostruiti e da metodi di calcolo di natura indiretta.

3.5 Considerazioni conclusive

Considerato "l'altissimo" grado di correlazione statistica tra infiltrazione e deflusso sotterraneo gli autori attestano che la oggettiva diminuzione delle portate delle sorgenti registrata nel corso degli anni è da attribuire unicamente alla diminuzione delle precipitazioni.

Gli autori concludono tuttavia la sezione 2 con la seguente affermazione: "altre interpretazione (con riferimento alla riduzione delle portate delle sorgenti n.d.r.), pur potendo rientrare nel campo del possibile sono, allo stato attuale delle conoscenze, da ritenersi altamente improbabili".

Si ribadisce che la validazione di tutta la metodologia utilizzata si basa unicamente sul buon livello di correlazione statistica tra i dati di input e output dell'acquifero, dati come detto, ricostruiti e con procedure di calcolo di tipo indiretto.


Si ricorda ancora che il piano di lavoro adottato dalla Giunta regionale è principalmente indirizzato all'acquisizione di dati di input e di output reali e di dettaglio.

Si concorda pertanto con la parte dell'affermazione conclusiva della sezione 2 che considera possibile una diversa interpretazione sulla riduzione dei deflussi sotterranei dell'acquifero amiatino.

4. Confronti tra vapore estratto e regime delle sorgenti del Fiora e valutazioni degli impatti ipotizzati da EDRA

Il paragrafo riguarda valutazioni sullo studio EDRA richiesto dalla Direzione Generale e non compreso nell'incarico affidato a EDRA dal Settore Tutela del Territorio e della Costa. Gli autori (Università di Siena) controdeducono, negandole, le valutazioni espresse da EDRA. Affermano tuttavia che in questa fase, in carenza di dati certi e di dettaglio,

Camera dei Deputati



risultano premature valutazioni di tipo quantitativo sull'interferenza geotermia-acquifero superficiale. Viene inoltre evidenziato il grado di incertezza (10%) delle indagini geofisiche eseguite dal CNR di Pisa finalizzate anche alla ricostruzione della superficie piezometrica. In merito a questo paragrafo vengono svolte le seguenti considerazioni.

Come noto sia la campagna geofisica eseguita per conto della Provincia di Grosseto che quella eseguita dal CNR per conto della Regione (3 anni di misure) evidenziano una superficie piezometrica della falda superficiale notevolmente diversa da quella individuata da Calamai et alii. 1970.

Si mette in evidenza che la piezometrica riportata nella pubblicazione del 1970 è stata riprodotta nel sopraccitato lavoro della Provincia e utilizzata per la modellazione della falda acquifera operata dall'ing. Pizzi per conto dell'Acquedotto del Fiora a supporto della progettazione di un campo pozzi. Le campagne geofisiche evidenziano quindi una depressione della falda spiegabile unicamente con una ricarica indotta a favore del campo geotermico.

Le principali critiche sulla ricostruzione della piezometrica del CNR riguardano

l'imprecisione delle indagini geofisiche che lo studio di Siena individua nell'ordine del 10% e il fatto che tali indagini non sono state tarate sulle stratigrafie di pozzi esistenti. Nessuna considerazione viene svolta dall'Università di Siena sulle indagini geoelettriche svolte per la Provincia di Grosseto che vedeva tra l'altro il prof. Barazzuoli tra i responsabili scientifici. Neanche nella pubblicazione conclusiva del lavoro commissionato dalla Provincia di Grosseto vengono citati e commentati i risultati delle indagini geoelettriche e non si ritrovano spiegazioni sul fatto che negli elaborati finali (sempre della Provincia) viene ancora riproposta la piezometrica ricostruita da Calamai et alii nel 1970. Recentemente sono stati reperiti gli esiti di più campagne geofisiche svolte per conto di ENEL nella prima metà degli anni 1960 e tarate sui sondaggi ENEL. Anche queste indagini evidenziano una possibile depressione della falda (a pochi anni dall'inizio dello sfruttamento geotermico) nella stesso settore dell'Amiata individuato successivamente dal lavoro commissionato dalla Provincia di Grosseto e dalla Regione Toscana (CNR).

Il fatto che tale depressione sia stata rilevata anche dalle campagne successive e con attrezzature più moderne rende indubbiamente il problema aperto. Con riferimento ai principi di fluidodinamica dei sistemi geotermici è possibile che tale depressione, a pochi anni dall'inizio dello sfruttamento geotermico (1959), non sia solo correlata alla produzione di vapore (da 102.000 t/anno nel 1959, 892.000 1960, 1.360.000 1961, 1.700.000 1962 — dati ENEL), ma anche alle prime operazioni (1956-1957?) che hanno comportato l'espulsione in atmosfera dei gas incondensabili presenti al tetto del campo geotermico superficiale (depressurizzazione e "liberazione" di volumi di roccia originariamente occupati dai gas incondensabili con richiamo indotto dell'acqua di falda):

SEZ. 4 SUPPORTO DELLE TECNICHE DI TELERILEVAMENTO ALLE PROBLEMATICHE TRATTATE IN QUESTO STUDIO

1. Studio geologico strutturale attraverso l'analisi di fotografie aeree

Nel primo paragrafo è premesso che è stato condotto uno studio fotogeologico per individuare i lineamenti tettonici allo scopo di definire la "permeabilità per fessurazione e delle possibili connessioni idrauliche fra l'acquifero superficiale ed il serbatoio geotermico". Dopo una premessa metodologica il risultato viene riportato nella fig. 1, in merito alla quale emergono le seguenti considerazioni:

l'area d'indagine è sostanzialmente limitata all'affioramento delle vulcaniti, interessando comunque un'area più ristretta di quella esaminata negli studi preliminari di Edra.

alcune taglie sembrano coincidere con il "graben sommitale" indicato da Edra ed invece dichiarato inesistente nella Sez. 1.

lo studio identifica una serie di elementi tettonici, capaci forse di far comunicare i 2 acquiferi e che quindi avrebbero dovuto essere esaminati nella Sez. 1, cosa che non è stata fatta.

a parere degli scriventi altri elementi tettonici presenti nell'immagine avrebbero meritato di essere identificati per un controllo a terra!

Nelle conclusioni del paragrafo, dopo una breve classificazione dei lineamenti tettonici, si afferma che essi possono... "condizionare in modo significativo la permeabilità per fratturazione dell'edificio vulcanico". Cosa che sarebbe stata quindi da valutare come uno degli obiettivi dello Studio di approfondimento, ma che è invece rimasta incompiuta.

2. Analisi multitemporale dell'uso del suolo attraverso l'analisi di fotografie aeree. Le conclusioni di tale analisi non sembrano molto attinenti gli obiettivi dello Studio, né ci sembrano abbiano fornito elementi utili.

3. Interferometria differenziale per lo studio di eventuali meccanismi di subsidenza. Il metodo, potendo rilevare deformazioni del suolo dell'ordine di millimetri, è stato usato con lo scopo di valutare subsidenze indotte dalla geotermia o connesse al "Volcanic Spreading", ma si deve anche ricordare che viene usato pure per la valutazione dei movimenti di frana. È invece bene far presente che il "Volcanic Spreading", rientrando in altri meccanismi, potrebbe corrispondere ad un ordine di tempi più "geologici" e quindi meno valutabili alla nostra scala, considerando che l'intervallo di tempo considerato è stato al massimo di 8 anni.

Il metodo non è però risultato molto valido per i caratteri dell'area esaminata e pertanto gli autori affermano che i risultati ottenuti, di natura più qualitativa che quantitativa, sono stati allora confrontati con i dati di livellazione altimetrica dell'ENEL.

Anche se l'illustrazione dei risultati non appare molto chiara, sembra di capire che presso Abbadia S.S. e Piancastagnaio i movimenti rilevati coincidono con i versanti interessati da fenomeni gravitativi; la zona di S: Flora — Bagnolo risulta stabile, mentre invece quella di Floramiata indica un abbassamento e quella di Arcidosso un lieve sollevamento.

L'analisi prosegue quindi riesaminando in modo non molto chiaro i dati di livellazione ENEL (1988-2006) ed arriva ad affermare che l'interferometria differenziale non è risultata molto valida per le valutazioni che si attendevano.

Vengono allora citati i risultati di un altro studio eseguito con altra tecnologia, che arriva al riconoscimento nelle aree di Abbadia S.S. e Piancastagnaio di movimenti di versante in direzione Est, per concludere che le variazioni al suolo hanno ordine di 1-2 mm anno, salvo che per le zone in frana, come nell'area di Piancastagnaio dove si raggiungono i 4-5 mm anno.

L'impressione che si ricava dalla lettura di questo paragrafo è che sono stati tentati dei metodi ancora in fase sperimentale, o che necessitano di intervalli di tempo maggiori, utili per movimenti relativamente veloci come le frane, ma che poco possono dire sui movimenti con tempi più "geologici", come il "Volcanic Spreading".



SINTESI FANALE

La sintesi delle valutazioni eseguite sullo studio dell'Università di Siena viene espressa seguendo l'ordine delle *considerazioni conclusive* contenute nello stesso, alla fine della Sez. 4 a pag. 354.

1) *Lo studio geologico strutturale.....* (sez. 1)

L'impostazione dello studio non sembra basata su una approfondita valutazione dei vari dati geologici esistenti e neppure su estesi rilevamenti di campo, che avrebbero altrimenti dovuto portare alla elaborazione di nuove carte geologiche, sezioni, schemi tettonici, stereogrammi della fratturazione, ecc. che invece risultano assenti nello studio.

L'unica carta geologica riportata è una sintesi schematica della Carta Geologica Regionale, contenente quindi meno informazioni di quelle già note!

Inoltre la fase di fotointerpretazione non sembra sufficientemente estesa né approfondita e comunque è rimasta una parte a sé stante, dato che la Sez. 1 non la prende in considerazione!

o *le faglie esistono in numero significativamente minore di quanto atteso.*

questa affermazione è riferita alla confutazione delle faglie Edra, eseguita con osservazioni di tipo strutturale alla mesoscala (in un contesto litologico e vulcanico non favorevole al metodo); mentre invece non risultano eseguite analisi di tipo morfostrutturale e di rilevamento vulcanologico. Infine, oltre alla fase di confutazione delle faglie Edra, non sono stati presentati dati che illustrassero una sintesi degli effetti dell'evoluzione tettonica regionale dell'area Amiata (riferita agli elementi faglie e fratture principali), né dell'evoluzione del vulcano Amiata (a tal proposito è bene ricordare che un vulcano non è un "oggetto statico" che nasce e tale rimane! accade invece che le fasi eruttive siano anche fasi di profondi mutamenti dell'edificio preesistente)!

o *di conseguenza si può*

relativamente alla non esistenza del graben sommitale lo studio non considera nemmeno i risultati dello studio fotogeologico (sez.4), che evidenziano alcune faglie sommitali che sembrerebbero invece compatibili con la struttura a graben di Edra! Riguardo alla dichiarata non esistenza del "volcanic spreading", si ritiene che non siano stati prodotti dati ed analisi capaci di sostenere tale dichiarazione!

o *non esistono sufficienti*

anche se è vero che la presenza di strutture diapiriche resta ipotetica è anche vero che lo studio non indica in modo approfondito con quali dati viene negata la presenza dei diapiri. Analoga considerazione vale per le strutture a fagliamento inverso alla base del vulcano.

o *quanto poi al fatto ...!*

relativamente alla evoluzione vulcano tettonica dell'Amiata si deve ribadire che lo studio contiene in proposito, solo una breve sintesi delle conoscenze accertate!

o *infatti le faglie...!*

(si veda la nota successiva)

o di conseguenza si può affermare

l'affermazione che la tettonica fragile sia in questa area solo postvulcanica e chiaramente riferita al complesso delle rocce vulcaniche e non al substrato. Non viene però in questo paragrafo considerata la probabile esistenza di movimenti dell'edificio vulcanico durante la sua evoluzione, anche connessa a tettonica regionale.

o la considerazione precedente... (si veda la nota soprastante)

o le evidenze rilevate fanno sì ribadisce qui ancora che nella zona in esame è stata individuata solo una deformazione fragile pleistocenica superiore a cinematica trascorrente. Ma di tale deformazione che può aver prodotto una fessurazione capace di collegare i 2 acquiferi non viene fornita una sintesi cartografica o di altro genere.

o quest'ultimo... (si veda la nota soprastante)

o risulta invece quasi non è stato fornito alcun elemento originale né di valida sintesi sulle conoscenze dell'evoluzione del vulcano Amiata, ma si giunge poi ad affermare che è quasi trascurabile l'azione deformativa da gravità.

Sulla base di quanto finora discusso la valutazione della sez. 1 "studio geostrutturale dell'apparato vulcanico amiatino" e della sez. 4 "supporto delle tecniche di telerilevamento alle problematiche trattate in questo studio" ha evidenziato una serie di carenze che possono essere sintetizzate come segue:

L'analisi fotogeologica (sez. 4) avrebbe dovuto essere preliminare alla parte geologico-strutturale che invece non sembra considerarne i risultati.

La sez. 1, per come risulta impostata, presenta piuttosto caratteri di controdeduzioni allo studio Edra, che non quelli di uno studio geologico strutturale dell'Amiata. Infatti non viene definito in modo compiuto un modello geologico strutturale (salvo alcune indicazioni di carattere generale), dopo aver controbattuto alle ipotesi Edra, peraltro secondo una logica per la quale "ciò che non vedo con il mio metodo non esiste" senza considerare i diversi campi di indagine che spesso sono necessari per giungere ai risultati negli studi geologici.

La sez. 1, per rispondere agli obiettivi dell'incarico regionale e quindi definire un modello geologico strutturale dell'Amiata risulta carente nei seguenti aspetti:

o manca una analisi dei dati geologici esistenti sull'Amiata che illustri una sintesi delle conoscenze.

o non viene considerato lo sprofondamento dell'edificio vulcanico nel suo substrato.

o nella presenza dei camini vulcanici (ENEL e Cataldi) e neppure la presenza della Serie Toscana sotto la miniera di Abbadia S.S., fattori questi molto importanti ai fini del collegamento idraulico fra le 2 falde.

o manca ogni riferimento all'evoluzione vulcano-tettonica del Monte Amiata ed anzi si arriva ad affermare che esso è interessato solo da movimenti postvulcanici dei quali poi non sono forniti altri elementi. In particolare non vengono citate

Camera dei Deputati



né discusse le conoscenze geologiche (oltre a Edra) che indicano faglie che ribassano verso il centro del vulcano.

- o non vengono forniti approfondimenti sulla natura della faglia sommitale da cui si sono originate buona parte delle emissioni vulcaniche e che sembrerebbe coincidere con una faglia trascorrente forse attiva e comunque profonda; quindi anche importante ai fini del collegamento idraulico fra le 2 falde, visto che coincide con l'allineamento dei camini vulcanici.
- o mancano analisi geomorfologiche per una eventuale correlazione fra attività neotettonica e le grandi ed anomale frane che interessano i versanti dell'Amiata.
- o mancano infine elaborati cartografici o di altro genere, in grado di illustrare le conclusioni dello studio, che risultano in effetti quasi del tutto mancanti.

+ IMPORTANTE

Le carenze sopra elencate fanno considerare che la mancata definizione di un modello strutturale degli elementi tettonici che possono collegare l'edificio vulcanico con i campi geotermici sottostanti (soprattutto attraverso i camini vulcanici), priva la successiva parte idrogeologica dello studio delle basi conoscitive per una valida modellazione.

2) Una approfondita analisi idrogeologica (sezione 2)

- o Gli autori di questa sezione utilizzano elementi derivati da studi e indagini pregressi e procedono a considerazioni riferite a dinamiche dell'acquifero basate su uno schema teorico generale mai oggettivato rispetto all'ambiente specifico di studio. Lo sviluppo della sezione 2 infatti non fa mai riferimento alla presenza di una struttura vulcanica e agli aspetti dinamici e strutturali connessi (per altro non definiti nella sezione 1) quali faglie, fratture, camini vulcanici, contatto diretto tra vulcaniti e termini superiori della Falda Toscana escludendo a priori qualunque relazione tra falda superficiale e sistema geotermico.
- o Rispetto agli studi pregressi la sezione in esame da un lato ripropone in continuo valutazioni fortemente critiche sull'attendibilità di indagini indirette e di dati non misurati o non rilevati con sufficiente continuità dall'altro approda, con metodi indiretti, a categoriche conclusioni circa la riduzione delle disponibilità idriche. Il bilancio idrologico proposto infatti si basa esclusivamente su dati di input e output ricostruiti e generalizzati.
- o Si riscontra una scarsa valutazione, per altro non sufficientemente motivata, delle indagini geofisiche che già a partire dal 1965 sembrano evidenziare situazioni anomale della falda acquifera superficiale e di elementi riscontrabili in varie pubblicazioni scientifiche (andamento anomalie geotermiche ecc.) che rendono ragionevole l'ipotesi del collegamento della falda acquifera con il sistema geotermico.
- o La sez. 2 non risulta correlata con il resto del documento, non si riscontrano infatti elementi di valutazione conseguenti rispetto a quanto affermato ad esempio nella sezione 1 circa la presenza di una tettonica regionale attiva. Aspetto questo di assoluta rilevanza rispetto all'obiettivo dichiarato "verificare le relazioni tra acquifero superficiale e sfruttamento geotermico" poiché, in questa ipotesi, la relazione tra acquifero superficiale e acquifero geotermico sarebbe rilevante, certamente più rilevante che non nell'ipotesi dello studio EDRA.

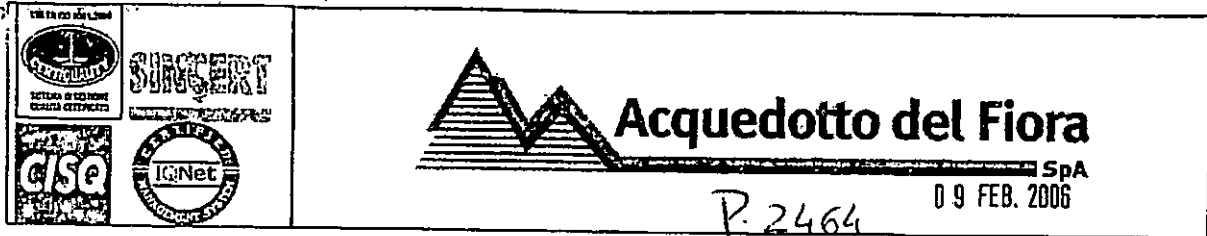
In conclusione si ritiene che lo studio dell'Università di Siena (almeno per le sezioni 1, 2 e 4 esaminate) non contenga adeguate risposte rispetto ai dichiarati obiettivi di approfondimento per una valutazione dei rischi ambientali connessi alla geotermia. In quanto, in carenza di definizione di un modello geologico della zona, le valutazioni idrogeologiche si sono basate prevalentemente su estrapolazioni di dati incompleti.

In base alle conoscenze geologiche sull'Amiata (ed in mancanza nello studio di specifiche obiezioni ad esse) si ritiene quindi che esista un collegamento idraulico tra le falde, mediante le faglie e le fratture, i camini vulcanici ed infine con il contatto diretto tra le vulcaniti e le formazioni della Falda Toscana. Resta pertanto aperta la questione relativa alla definizione dell'ordine di grandezza del collegamento idraulico.

Maria Sargentini — Settore Tutela del Territorio e della Costa

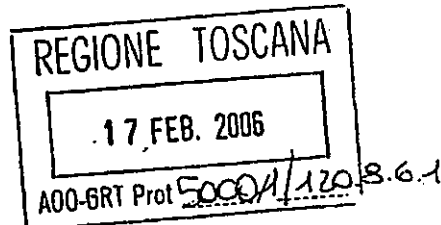
Alessandro Marzocchi - Settore Ufficio Tecnico GC di area vasta Grosseto e Siena

Luigi Micheli — Settore Tutela del Territorio e della Costa



Direzione Operazioni (Direttore Dott. Ing. O. Galli)
 Unità Esercizio (Resp. Dott. M. Vagaggini)
 Unità Reti (Resp. Dott. M. Bellatalla)

CV



Regione Toscana
 Settore V.I.A.
 Via Bardazzi 19-21
 50127 FIRENZE

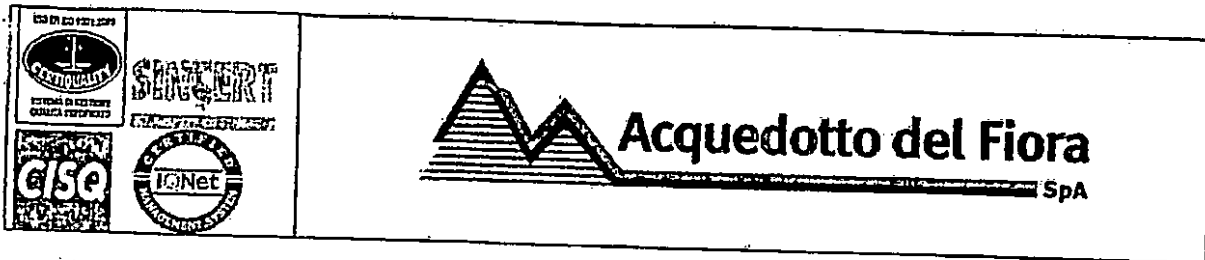
OGGETTO: OSSERVAZIONI AL PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DELLA CENTRALE GEOTERMOELETTRICA BAGNORE 4

Con la presente, ai sensi della L.R. 3 novembre 1998, n. 79, la scrivente società, individuata quale Gestore Unico del S.I.I. per l'ATO 6 "Ombrone, intende presentare l'allegata memoria scritta relativamente a quanto in oggetto.

Il progetto sottoposto a V.I.A., infatti, costituisce elemento di viva preoccupazione per le eventuali interferenze, anche nel lungo termine, con le caratteristiche qualitative della risorsa idrica effluente dalle sorgenti di Santa Fiora che permettono l'approvvigionamento idropotabile della Provincia di Grosseto; in particolare, tale preoccupazione riguarda il tenore in arsenico della risorsa che ha mostrato un sensibile aumento negli ultimi anni.

Con l'occasione, secondo quanto previsto dal comma 4 dell'art. 8 della stessa legge, la scrivente società chiede di essere coinvolta nella procedura di V.I.A. quale soggetto interessato e competente.

IL DIRETTORE OPERAZIONI
 (dott. Ing. Oscar Galli)



Direzione Operazioni (Direttore Dott. Ing. O. Galli)
Unità Esercizio (Resp. Dott. M. Vagagnini)
Unità Reti (Resp. Dott. M. Bellatalla)

ISTRUTTORIA TECNICA

OGGETTO: OSSERVAZIONI AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UNA CENTRALE GEOTERMICA NELLA ZONA DI BAGNORE

Lo scorso 28 Dicembre 2005 è stata avviata la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale per il progetto di realizzazione di una centrale geotermica nella zona di Bagnore, nel comune di Santa Fiora.

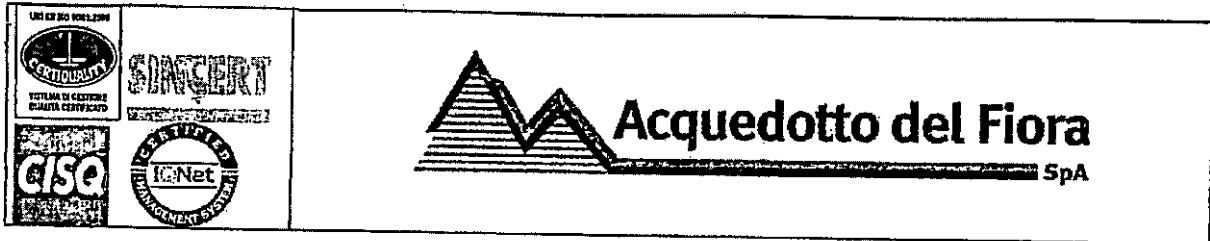
Secondo quanto previsto dalla legislazione regionale vigente, entro il termine di 45 giorni da tale data qualunque cittadino od organizzazione può presentare le proprie osservazioni in merito.

Considerato che la centrale in progetto si colloca nelle immediate vicinanze delle sorgenti di Santa Fiora, utilizzate ad uso idropotabile per l'intera maremma toscana e parte di quella laziale, e che l'intero progetto prevede la riattivazione di un pozzo geotermico attestato nelle vulcaniti, che costituiscono l'acquifero di tali sorgenti, si ritiene necessario rappresentare la viva preoccupazione per le possibili interazioni tra sfruttamento dei vapori geotermici e la risorsa idrica.

Tale preoccupazione nasce innanzitutto dall'aumento tendenziale del tenore in Arsenico nella risorsa effluente dalle sorgenti di Santa Fiora, come mostrato nel grafico allegato costruito sulla base delle analisi regolarmente eseguite da questa Azienda. Come è noto, l'Arsenico è uno degli elementi che caratterizzano i fluidi geotermici dell'intera area e di quelle limitrofe (campo geotermico di Larderello).

D'altra parte, secondo le conoscenze attualmente in nostro possesso, non ci sono elementi che indicano inequivocabilmente una derivazione dell'arsenico dalle interazioni acqua-roccia costituente l'acquifero.

Viceversa, l'analisi chimica condotta su un campione di roccia vulcanica prelevato all'interno di una galleria drenante indica un contenuto in arsenico piuttosto basso che difficilmente riesce a giustificare i contenuti rilevati nella risorsa.



Direzione Operazioni (Direttore Dott. Ing. O. Galli)
 Unità Esercizio (Resp. Dott. M. Vagagnini)
 Unità Reti (Resp. Dott. M. Bellatalla)

Inoltre, considerando che:

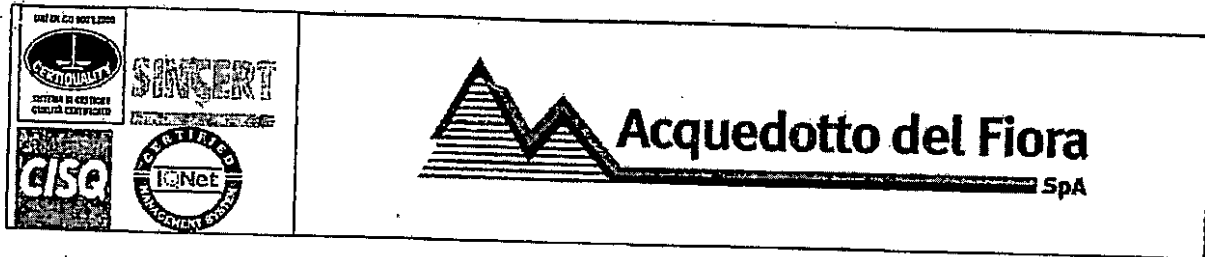
- è verificata l'assenza di una correlazione evidente tra arsenico e ferro ($R^2=0,465$) indicante che l'arsenico potrebbe derivare dalla dissoluzione di ossidi ed idrossidi di ferro con i quali sono ben accertati in letteratura fenomeni di adsorbimento;
- nei boschi del cono vulcanico è stata accertata una concentrazione di arsenico e boro nei muschi (*Hypnea cupressiforme*) maggiore della zona di Bagnore rispetto a quelle limitrofe di Santa Fiora e Bagnolo;
- analogamente nei suoli si riscontra una maggiore concentrazione nella zona tra Bagnore e Santa Fiora cui si associa un ulteriore massimo relativo nella zona di Bagnolo, entrambi apparentemente non in relazione alla distribuzione del ferro;
- sottoponendo a prove di estrazione l'arsenico contenuto di questi suoli è stata accertata un pressoché totale mobilità di questo elemento soprattutto con trattamento mediante acidi umici;
- la permeabilità dei suoli è dell'ordine di 10^{-3} cm/s;
- risultati preliminari di indagini isotopiche condotte dall'Università La Sapienza di Roma con ARPAT indicano tempi di residenza della risorsa effluente da Santa Fiora estremamente bassi;

si potrebbe ipotizzare una relazione tra vapori geotermici che dall'atmosfera ricadono sul suolo e presenza, in aumento nel tempo, di arsenico nella risorsa idrica, nella quale potrebbe essere veicolata dalla ricarica meteorica.

Naturalmente questa ipotesi, che non può che essere un modesto elemento di discussione, intende mostrare la complessità dei fenomeni presenti nella zona e la loro importanza sugli equilibri della risorsa idrica, che, si ricorda, è di fondamentale importanza per l'approvvigionamento idropotabile della Provincia di Grosseto.

Pertanto, appare assolutamente indispensabile che vengano condotte ricerche specifiche sulle possibili interferenze tra sfruttamento dell'energia geotermica e risorsa idrica.

In questo senso il progetto presentato e sottoposto a V.I.A. non affronta in modo adeguato la problematica per cui si ritiene necessaria una integrazione della documentazione.



Direzione Operazioni (Direttore Dott. Ing. O. Galli)
Unità Esercizio (Resp. Dott. M. Vagaggini)
Unità Reti (Resp. Dott. M. Bellatalla)

A questo proposito si evidenzia che, in difformità a quanto previsto dalla norma, la documentazione manca di specifico Studio di Impatto Ambientale e dello Studio per la valutazione d'incidenza del progetto.

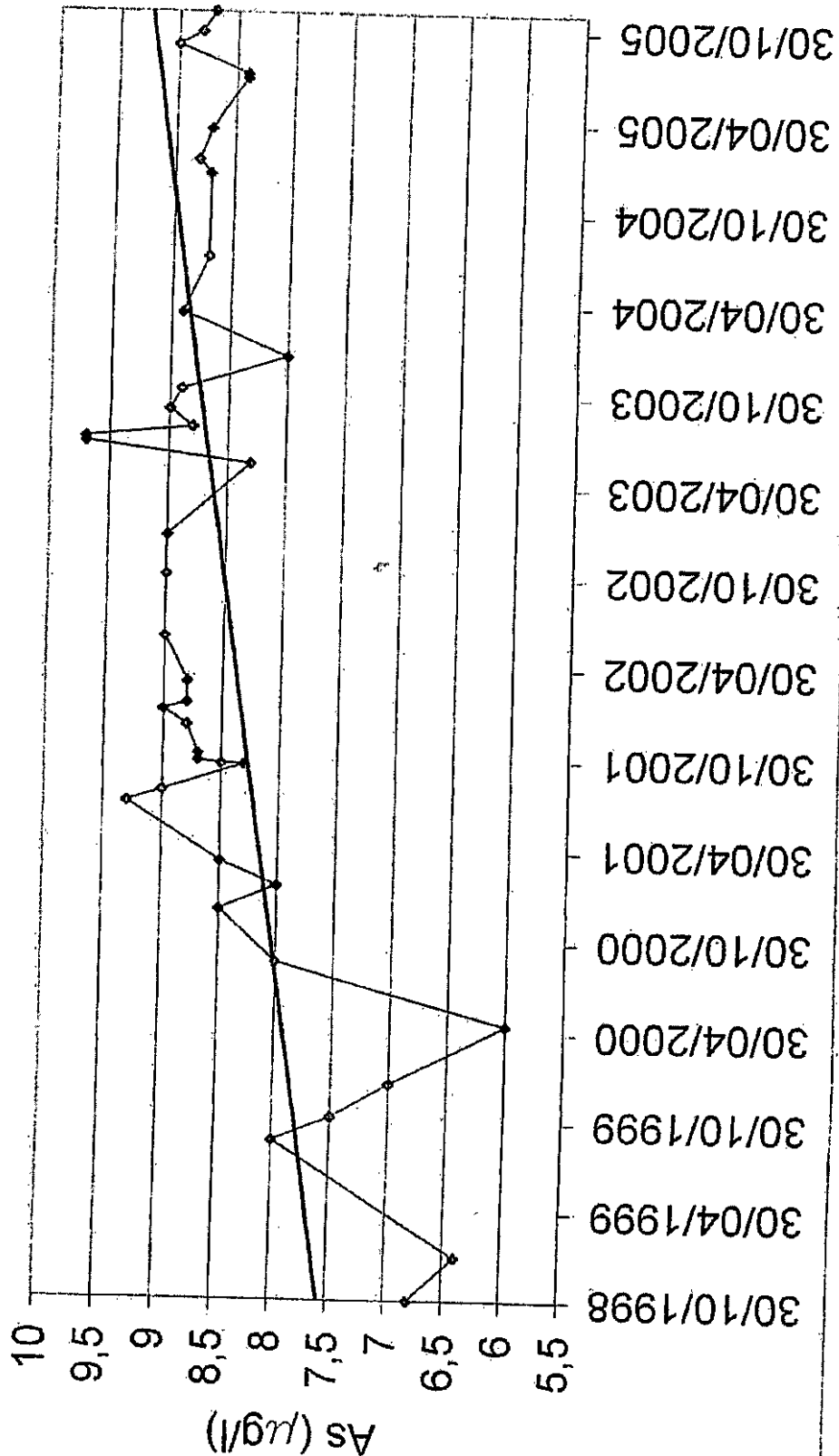
Massimo Bellatalla

Allegati:

- 1 - Grafico dell'andamento dell'Arsenico dal 1998 al 2005
- 2 - Analisi chimica della roccia vulcanica
- 3 - Carta della distribuzione dell'Arsenico nei muschi
- 4 - Carta della distribuzione del Boro nei muschi
- 5 - Carta della distribuzione dell'Arsenico nel suolo
- 6 - Carta della distribuzione del Boro nel suolo



Galleria Nuova



Vulcaniti quarzolitiche del Monte Amiata		
Al	24.350,0	mg/kg
As	7,0	mg/kg
B	41,0	mg/kg
Ba	262,0	mg/kg
Be	<0,1	mg/kg
Cd	<0,2	mg/kg
Co	7,5	mg/kg
Cr	28,0	mg/kg
Cu	8,6	mg/kg
Fe	16.350,0	mg/kg
Hg	<0,1	mg/kg
Mn	369,0	mg/kg
Ni	8,0	mg/kg
Pb	10,0	mg/kg
Sb	<1,0	mg/kg
Se	<5,0	mg/kg
Sn	<5,0	mg/kg
Sr	215,0	mg/kg
Ti	1.863,0	mg/kg
V	37,0	mg/kg
Zn	34,0	mg/kg

Camera dei Deputati



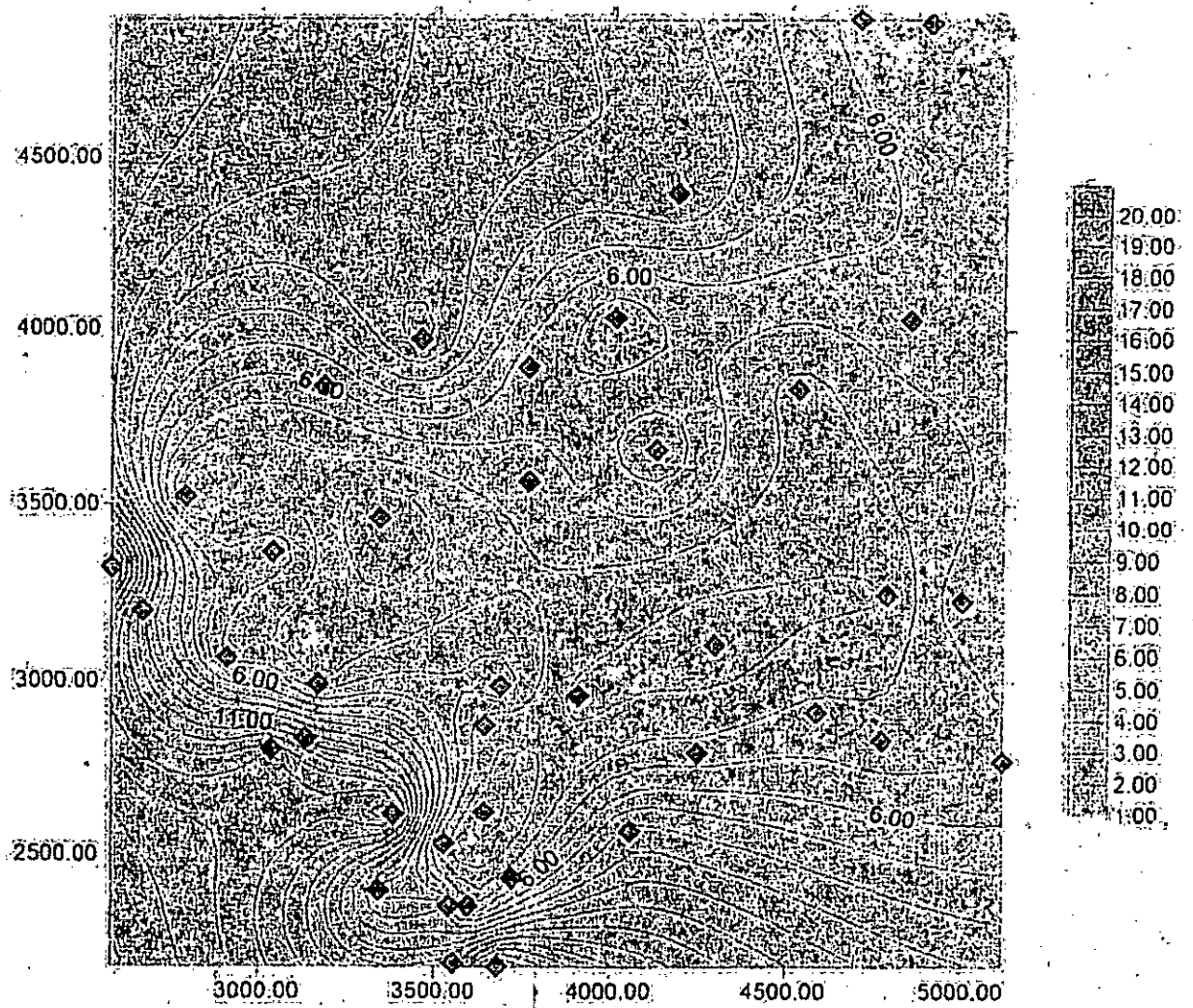


Fig. 4 Distribuzione delle concentrazioni di B nei campioni di *H. Cupressiforme*

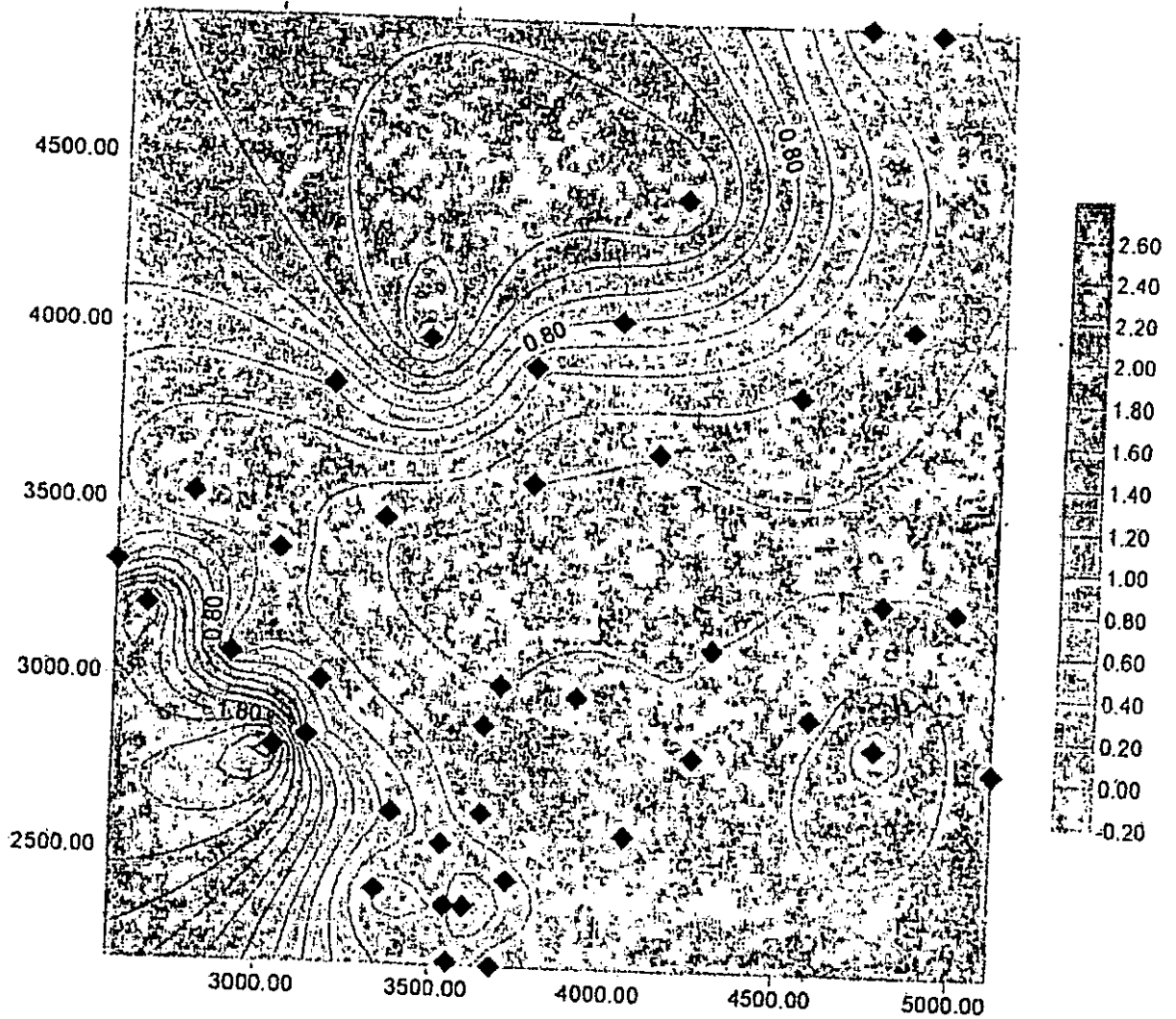


Fig. 3 Distribuzione delle concentrazioni di As nei campioni di H. Cupressiforme

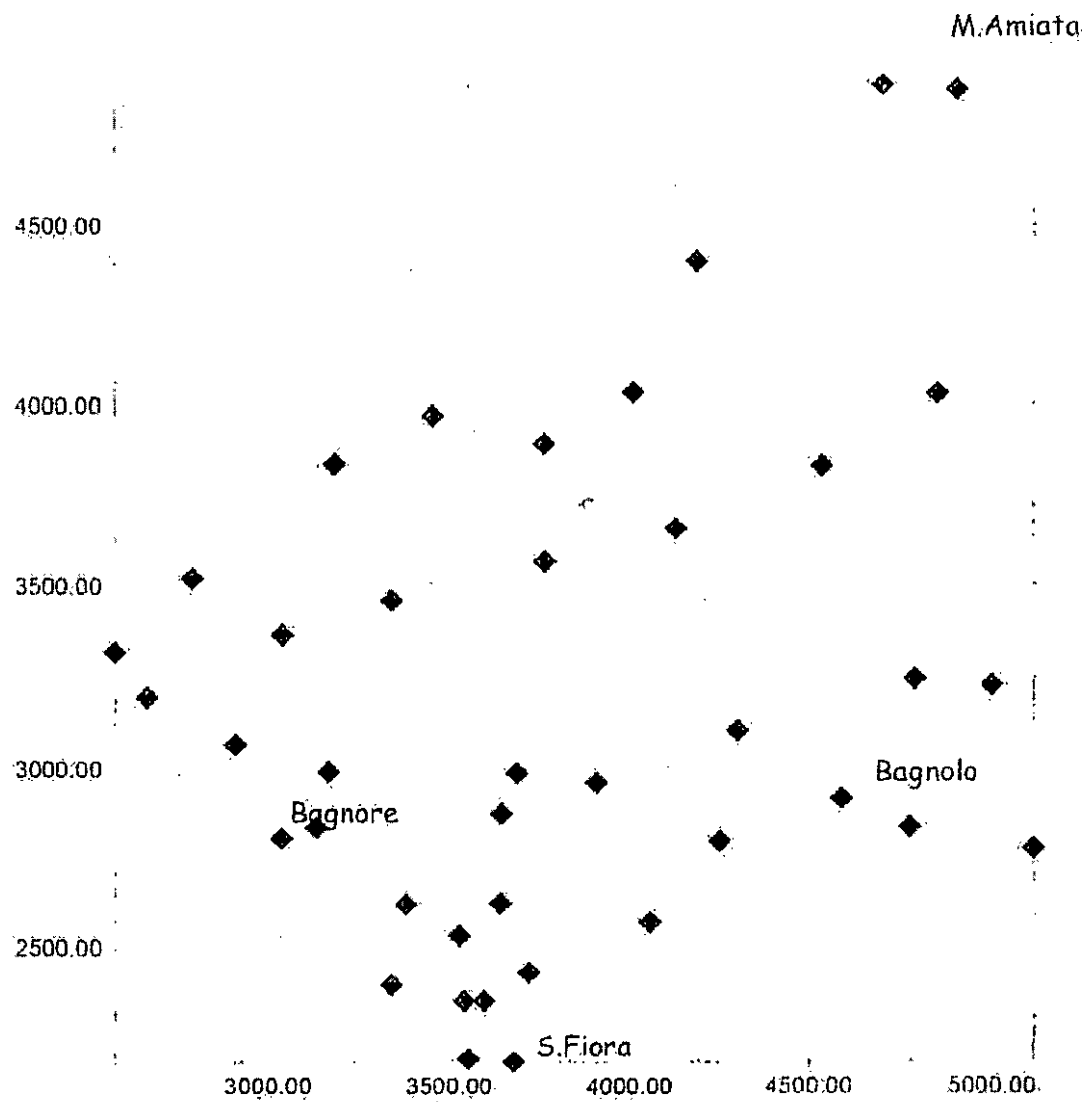


Fig.1 Ubicazione delle stazioni di campionamento di H. Cupressiforme

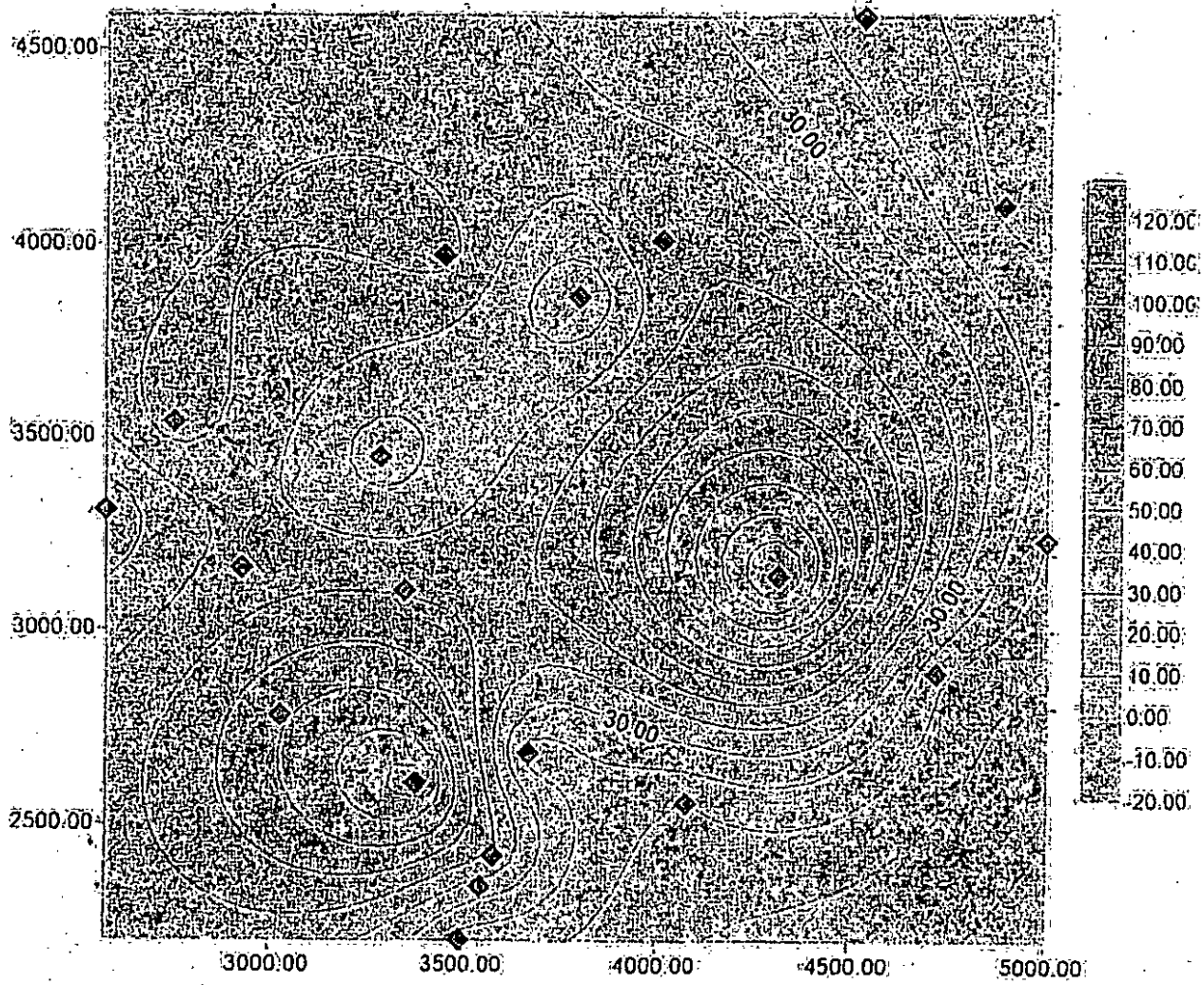


Fig.16: Distribuzione delle concentrazioni di As nei campioni di suolo



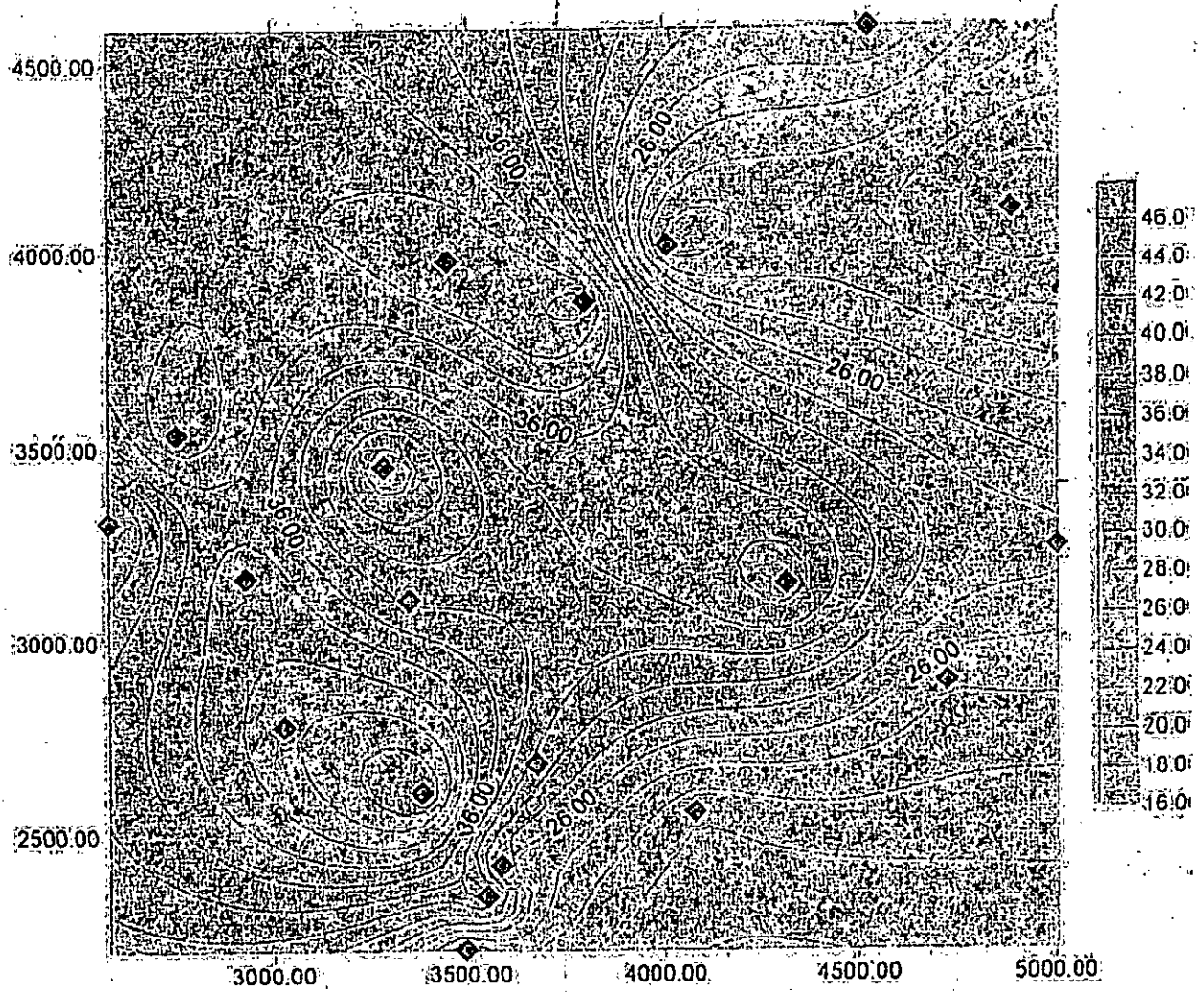


Fig.17 Distribuzione delle concentrazioni di B nei campioni di suolo.

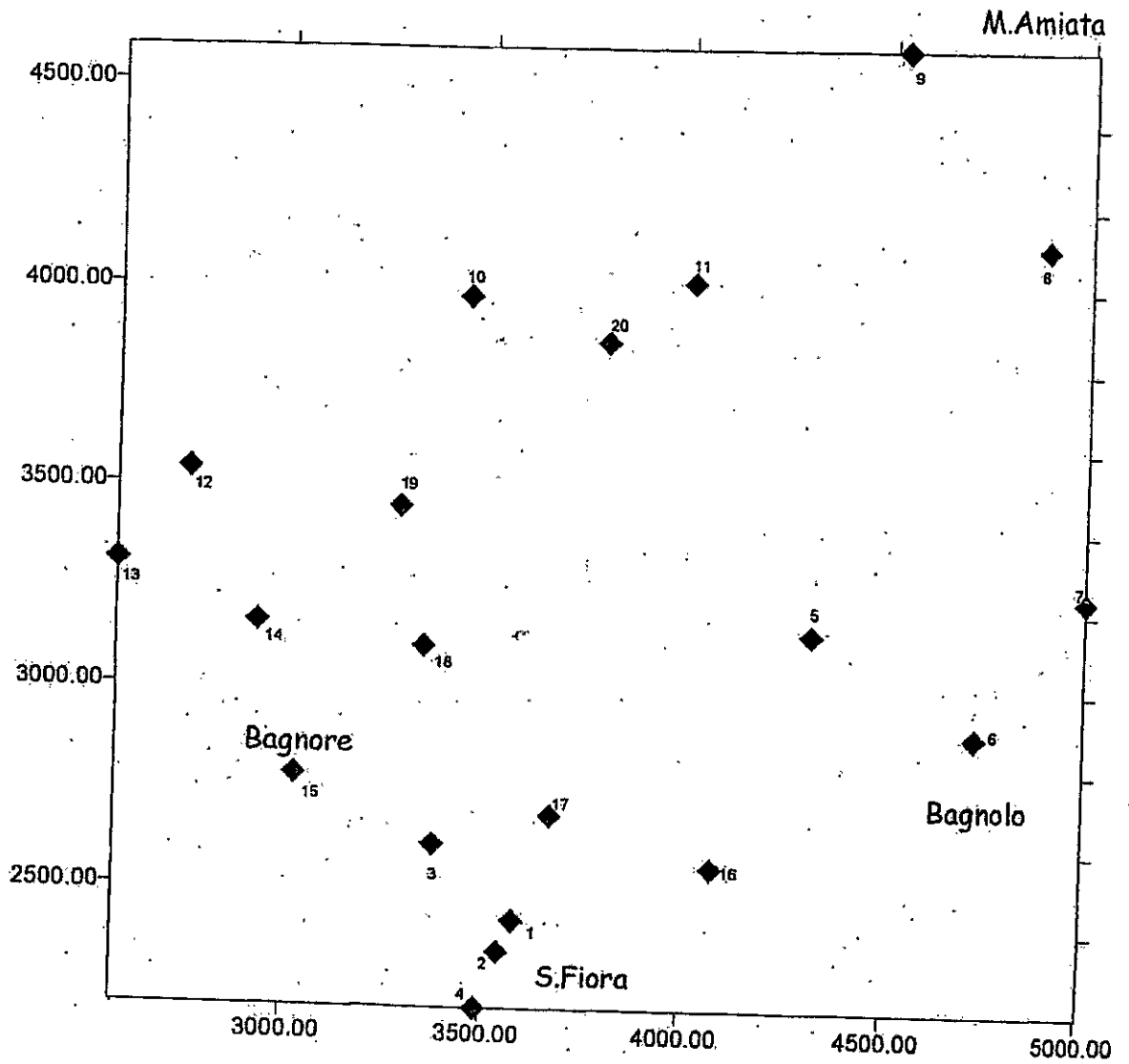


Fig.14 Ubicazione delle stazioni di campionamento del suolo



Acquedotto del Fiora

SpA



ALLEGATO 20

AREA TECNICA - Servizio Controllo Qualità delle acque
Il Responsabile: dott.chim. R.Coppini

AREA TECNICA - Servizio Controllo Flussi
Il Responsabile: dott.geol. M.Bellatalla

prot. N. _____ del ____ / ____ / ____

RICHIESTA DI DEROGA DEI VALORI DI PARAMETRO PER LE ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO

(EX ART. 13, D. L.VO 2 FEBBRAIO 2001 N. 31)

**IL RESPONSABILE
SERVIZIO CONTROLLO
QUALITÀ DELLE ACQUE
(Dott. Chim. Roberta Coppini)**

**IL RESPONSABILE
SERVIZIO CONTROLLO FLUSSI
(Dott. Geol. Massimo Bellatalla)**

PREMESSA

La presente relazione rappresenta l'allegato tecnico alla istanza di deroga ai valori di parametro riguardanti l'elemento **Arsenico** e l'elemento **Boro** delle acque destinate al consumo umano, ai sensi ex art. 13, del Decreto Legislativo 2 febbraio 2001 n 31 e successive modificazioni ed integrazioni.

A tal fine essa tratta nel dettaglio gli argomenti richiesti nel comma 2 ex art. 13 del medesimo decreto ed in particolare illustra:

- i motivi della richiesta di deroga con l'indicazione delle cause della contaminazione in arsenico ed in boro della risorsa idrica distribuita alle utenze nell'ATO 6 "Ombrone", alla luce delle attuali conoscenze;
- i risultati dei controlli eseguiti negli ultimi tre anni sull'arsenico e sul boro, il valore massimo ammissibile proposto e la durata della deroga;
- le caratteristiche areali e quantitative della distribuzione della risorsa contaminata e dell'utenza servita;
- definizione del programma di controllo analitico;
- piano per l'azione correttiva da apportare al sistema di captazione e distribuzione al fine di rientrare nei valori di legge.

MOTIVI DELLA RICHIESTA DI DEROGA

L'Acquedotto del Fiora S.p.A, in quanto affidatario del Servizio Idrico Integrato dei comuni dell'ATO 6 "Ombrone", ha provveduto ad acquisire dati storici delle analisi relative alla distribuzione ed alle fonti di approvvigionamento dei comuni gestiti, eseguite internamente dai precedenti gestori e da Arpat. Tale attività è risultata particolarmente complessa a causa della frammentarietà che ha caratterizzato la gestione del servizio idrico negli anni precedenti l'affidamento al Gestore Unico: per questo alcuni dati sono ancora mancanti o in via di acquisizione. Si precisa, peraltro, che il Comune di Casteldelpiano, che rientra nell'istanza in oggetto, ancora non ha affidato il proprio S.I.I. all'azienda scrivente.

Alla luce di quanto in nostro possesso, risulta che *sic stantibus rebus*, è possibile rispettare quanto stabilito dal DPR 236/88, ma non sempre sarà possibile ottemperare, a partire dal 25/12/03, ai valori di parametro fissati nell'allegato 1 parte B del D. Lgs. 31/01 relativamente ad arsenico e boro.

La richiesta di deroga ha quindi lo scopo di completare il monitoraggio del fenomeno di rilascio di arsenico nelle acque di alcune fonti di approvvigionamento, fenomeno imputabile a particolari condizioni idrogeologiche delle zone interessate, come più avanti descritto, per cui le soluzioni alternative, peraltro già individuate, risultano di ampio respiro e perseguibili a medio e lungo termine, dal momento che richiedono tempi progettuali e realizzativi prolungati nonché sostegni finanziari ottenibili solo con azioni di pianificazione.

Comune del Fiora



La richiesta di deroga per il parametro Boro peraltro limitata al solo territorio comunale di Monterotondo M.mo, deriva dalla dipendenza idrica da fonti ubicate in altro AATO e da reti gestite da altro soggetto Gestore. Per tale elemento, quindi, sebbene si possa inferire un'origine connessa alle fenomenologie presenti nell'area geotermica a nord delle Colline Metallifere, non sono stati eseguiti approfondimenti circa la sua specifica provenienza; inoltre, le possibili soluzioni devono derivare da approfondimenti e pianificazioni congiunte tra le due AATO interessate ed i due diversi Gestori coinvolti.

Altresi, ci preme sottolineare che importantissime fonti di approvvigionamento (quali la Galleria Grande, portata di 550 litri al secondo, e la Galleria Bassa, portata di 120 litri al secondo, entrambe nel comune di Santa Fiora - GR) che, da sole, provvedono a coprire circa il 90% del fabbisogno idrico dell'intera provincia di Grosseto nel corso del periodo invernale, e oltre il 50% nel corso del periodo estivo, presentano tenori in Arsenico prossimi ai nuovi limiti di legge (9,7 µg/l). Peraltro, tali valori sono stati raggiunti a seguito di un progressivo aumento delle concentrazioni, particolarmente evidente negli ultimi anni, tale da provocare timori di superamento della nuova CMA in tempi prossimi.

Se questo trend fosse confermato, non sarebbe più possibile garantire il rispetto del valore di 10 µg/l in distribuzione per buona parte provincia di Grosseto e per il comune di Montalto di Castro (Regione Lazio).

CAUSE DELLA CONTAMINAZIONE

La presenza di arsenico nella risorsa idrica distribuita alle utenze potabili dell'ATO 6 in misura già superiore al limite previsto dal decreto può essere essenzialmente ricondotta a tre diversi fenomeni, arealmente distinti:

- contaminazione da parte di fluidi idrotermali legati alle dinamiche endogene presenti in questa parte della Toscana;
- interazioni con le mineralizzazioni presenti nel sottosuolo, peraltro anch'esse legate ad antiche circolazioni idrotermali, sempre legate alla particolare evoluzione litosferica di quest'area;
- interazione tra acque clorurate per intrusione del cuneo salino con sedimenti alluvionali provenienti dall'erosione delle mineralizzazioni anzidette.

Il primo fenomeno è essenzialmente localizzato in corrispondenza del M.Amiata, sul cui margine meridionale è presente una importante attività geotermica, intensamente sfruttata da molti anni. Il modello idrogeologico dell'area mostra che l'acquifero dal quale scaturiscono le sorgenti utilizzate a scopo potabile sovrasta il *reservoir* geotermico mediante l'interposizione di unità idrogeologiche impermeabili. I due sistemi, tuttavia, possono essere in comunicazione idraulica tramite i camini di risalita del magma che ha portato alla formazione dell'apparato vulcanico amiatino. In tal senso sono in corso importanti ricerche che coinvolgono Università, CNR e la stessa Regione Toscana e che dovrebbero produrre più precise indicazioni, mediante esplorazioni geofisiche e monitoraggi geochimici, entro la fine del 2004.

Il secondo fenomeno è localizzato nella zona geograficamente e storicamente denominata "Colline Metallifere" proprio per la particolare presenza di giacimenti minerali metalliferi. Tali

giacimenti, secondo i numerosi studi minerogenetici effettuati negli anni '70, trovano origine, almeno parziale, nelle attività idrotermali connesse alla risalita di magmi anatectici avvenuta negli ultimi 5 milioni di anni ed alla quale è attribuibile la famosa attività geotermica del comprensorio di Larderello - Pomarance. La circolazione idrica nel sottosuolo, anche a non grandi profondità, risente dell'anomalo gradiente geotermico e interferisce con i corpi mineralizzati a solfuri misti, particolarmente i solfuri di ferro, tra cui arsenopirite, per cui si possono verificare condizioni di solubilizzazione di questo elemento.

Il terzo caso è attualmente limitato alla pianura di Follonica e Scarlino, sebbene vi siano elementi per nutrire timori circa la comparsa di questo elemento anche in altre situazioni geomorfologicamente analoghe, come la pianura di Grosseto e quella di Orbetello - Capalbio. In questa zona, sebbene gli studi siano ancora in corso, è stata accertata una correlazione tra aumento dei cloruri nelle falde sotterranee connesse all'ingressione del cuneo salino proveniente dal mare, a sua volta dovuto al perdurare per lungo tempo di intensi emungimenti per vari utilizzazioni; poiché, tali zone costituiscono i bacini di raccolta dei sedimenti provenienti dall'erosione subaerea dei giacimenti metalliferi posti a monte, si possono avere accumuli di particelle contenenti l'arsenico in oggetto con le quali si instaurano rapporti di rilascio con le acque clorurate di falda.

RISULTATI DEI CONTROLLI

Nella tabella allegata sono riportati gli esiti dei controlli eseguiti sia dal Gestore Unico che da USL e ARPAT negli ultimi tre anni, come richiesto dalla normativa. Come detto, i dati sono subito apparsi frammentari, anche a causa di usi discontinui di alcune captazioni.

Si precisa che i dati si riferiscono:

- alle captazioni dove si è rilevato un contenuto in As maggiore di 10 µg/l (tabella 1);
- alle captazioni con valori inferiori a tale limite ma ormai prossimi ad esso, con indicazione, ove possibile, degli andamenti rilevati (tabella 2).

Dai dati illustrati, si evince comunque che, ad eccezione del Pozzo San Giorgio (Comune di Gavorrano), i valori di arsenico superano in modo molto modesto il valore limite, tanto che in alcuni casi il superamento presenta valori compatibili con il grado di incertezza del metodo di analisi; inoltre, i valori esaminati presentano *trend* irregolari o costanti.

Altresì, vale la pena sottolineare la stranezza di alcuni valori analitici (cfr. Abbadia San Salvatore, sorgente Acqua Gialla ove le analisi del 20/3/2002 e del 7/8/2001 presentano valori maggiori di ben due ordini di grandezza rispetto alla consuetudine) tale da far ritenere assolutamente necessario un maggiore periodo di osservazioni analitiche.

Per quanto riguarda il boro i valori risultano nella metà circa dei casi superiori ai valori di parametro (tabella 3).

In conseguenza di questi dati ed alla luce del modo con il quale avviene l'approvvigionamento idrico alle utenze, si ritiene che, pur nell'ambito di un continuo controllo analitico della situazione con verifica anche annuale delle condizioni per le quali si richiede la deroga, quest'ultima possa articolarsi nel tempo a seguito degli interventi migliorativi realizzati.



Pertanto, si propongono come valori massimi ammissibili e tempi di durata della deroga quelli riportati nella seguente tabella:

Parametro	Valore massimo ammissibile	Durata	Periodo
Arsenico	50 µg/l	1 anno	2004
Arsenico	30 µg/l	1 anno	2005
Boro	3 mg/l	1 anno	2004

AREA E POPOLAZIONE INTERESSATA DAL SUPERAMENTO DEI LIMITI

Da quadro sopra esposto si evince che nel territorio di competenza dell'Acquedotto del Fiora sono presenti alcune fonti di approvvigionamento già ad oggi con tenori in arsenico superiori a quelli validi a partire dal 25.12.03; altre importanti fonti, inoltre, sono prossime al limite con evidenti probabilità di superamento dello stesso.

Tali fonti consentono l'approvvigionamento idropotabile sia del territorio comunale entro il quale ricadono, o almeno parte di esso, sia di territori comunali anche distanti in funzione della rete acquedottistica della quale fanno parte.

Esempi di queste situazioni sono:

- Sorgente Munistaldo: posta nel comune di Arcidosso permette l'approvvigionamento di parte dello stesso comune con valori ad oggi rientranti nella CMA in vigore ma fuori norma dopo il 25 p.v.;
- Sorgente Ente: posta nel comune di Arcidosso, viene derivata prevalentemente dall'Acquedotto del Vivo che, dopo miscelazione con acqua proveniente da altre fonti, permette l'approvvigionamento dei comuni di Siena, Buonconvento, Monteroni d'Arbia, Montalcino, Murlo e Sovicille. Attualmente il tenore di arsenico è intermedio tra la CMA in vigore e quella prevista; il rispetto dei termini alla distribuzione, senza ripercussioni quantitative all'utenza, potrà essere garantito solo a seguito del mantenimento degli attuali rapporti di miscelazione, per cui ad un eventuale aumento del tenore di arsenico dovrebbe corrispondere un aumento in eccesso della risorsa non contaminata. D'altra parte la quantità di risorsa con valori di As inferiori al futuro limite non è integrabile, poiché proveniente da captazioni non forzate e con *trend* in progressiva diminuzione, per cui non è possibile far fronte all'eventuale superamento del limite stesso con singole manovre di miscelazione.
- Sorgenti di Santa Fiora (Galleria Grande e Bassa): poste nel comune di Santa Fiora permettono da decenni l'approvvigionamento dell'intera maremma grossetana ed in

parte di quella laziale; solo recentemente, laddove si è avuto un sensibile aumento della richiesta idrica, tale risorsa è stata integrata con pozzi locali. Attualmente il tenore in As è inferiore al futuro limite, ma con un differenziale al primo decimale e con un *trend* in continuo aumento. In alcuni casi, tale risorsa è l'unica disponibile nell'intero territorio comunale (ad esempio, Cinigiano), mentre in altri costituisce la maggiore componente della disponibilità idrica. Ne consegue che il rispetto dei termini è legato ad un delicato equilibrio tra concentrazione di As e rapporti di miscelazione, ove esistenti.

A seguito di queste considerazioni appare ad oggi difficoltoso definire esattamente il territorio interessato dal possibile superamento dei limiti in As e conseguentemente la popolazione coinvolta.

Pertanto, anche in un'ottica cautelativa ed in attesa di completare il quadro degli approvvigionamenti e delle utenze, si ritiene opportuno sottendere nella richiesta di deroga i territori comunali che presentano una o più delle tipologie di approvvigionamento prima descritte e la popolazione residente e fluttuante in ognuno di essi. Tali comuni e la popolazione coinvolta sono riportati nella tabella seguente; si precisa che i dati di popolazione provengono dal Piano d'Ambito.

Comune	Popolazione residente	Popolazione fluttuante	Volume erogato medio giornaliero (m ³)
Siena	54.931	5822	
Sovicille	8.028	1507	
Monteroni d'Arbia	6.768	227	
Murlo	1.821	710	
Buonconvento	3.138	197	
Trequanda	1.407	382	
San Giovanni d'Asso	935	235	
Montalcino	5.047	845	
Pienza	2.281	503	
S. Quirico d'Orcia	2.447	516	
Castiglione d'Orcia	2.646	1293	
Radicofani	1.255	341	
Piancastagnaio	4.366	1695	
S.Casciano de' Bagni	1.866	648	
Abbadia S.Salvatore	7.057	1735	
Monterotondo M.mo	1.284	n.d.	

Comune del Dipartimento



Massa M.ma	9.101	1730	
Follonica	21.166	18510	
Scarlino	3.007	4024	
Gavorrano	8.165	2204	
Roccastrada.	9.332	1659	
Civitella P.	3.141	994	
Castiglione della Pescaia	7.540	28800	
Grosseto	72.161	22125	
Campagnatico	2.395	263	
Cinigiano	2.894	1180	
Castel del Piano	4.281	3304	
Arcidosso	4.141	3476	
Santa Fiora	2.872	3308	
Castellazzara	1.937	906	
Sorano	4.038	1669	
Pitigliano	4.269	1735	
Semproniano	1.350	633	
Scansano	4.569	1306	
Magliano in T.	3.903	709	
Manciano	7.200	1712	
Orbetello	15.267	22348	
Monte Argentario	13.137	13795	
Capalbio	3.908	4781	
Montieri	1.399	1851	
Roccalbegna	1.331	538	

PROGRAMMA DI CONTROLLO

Quanto illustrato evidenzia che il fenomeno di contaminazione in arsenico delle acque considerate presenta un'origine decisamente naturale, nel quale l'intervento antropico può solo velocizzare i processi in corso.

La situazione può presentare aspetti apparentemente allarmanti, visto il numero di comuni coinvolti; si sottolinea, però, che molti comuni sono stati interessati a seguito di configurazioni acquedottistiche e gestioni di flussi che possono essere comunque modificati.

Pertanto si ritiene che la necessaria attività di monitoraggio analitico sui punti di captazione, opportunamente cadenzata nell'arco annuale sulla base dei prossimi riscontri analitici e dei *trend* disegnati, debba essere associata ad una attività di simulazione e controllo dei flussi conseguenti nei diversi distretti di adduzione.

AZIONI CORRETTIVE

A fronte di simili problemi, che, d'altra parte, si aggiungono alla storica carenza idrica di gran parte dei territori interessati, gli Enti competenti, primo fra tutti l'AATO, hanno iniziato a predisporre azioni di pianificazione per lo sfruttamento delle risorse idriche soddisfacenti sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo.

Pertanto, è stata individuata come linea strategica sul medio e lungo periodo un maggiore sfruttamento delle risorse idriche superficiali con ottimizzazione di invasi in sbarramento e realizzazione di invasi in derivazione, capaci di accumulare la risorsa nei periodi di disponibilità (autunno - inverno) per rilasciarla poi nei momenti di massima richiesta; nel lungo periodo, la risorsa sotterranea dovrebbe costituire soltanto una locale integrazione nei periodi di massimo consumo.

In particolare, il Piano degli Investimenti predisposto dall'AATO prevede:

- lo sfruttamento dell'invaso di Monte Doglio, in accordo con la Regione Umbria, già esistente ed a regime, capace di soddisfare gran parte del fabbisogno idrico della città di Siena e di buona parte dei comuni limitrofi, con conseguente maggiore disponibilità delle risorse non contaminate per le zone del Monte Amiata; quest'opera è stata da poco progettata a livello di fattibilità da parte dell'AATO 6 "Ombrone" e prevede la realizzazione entro i prossimi 4 - 5 anni ed il finanziamento con tariffa.
- Completamento delle opere di connessione alle utenze dell'invaso denominato "Lago Bicocchi" (Comune di Follonica) avente una capacità attuale di oltre 200.000 mc; questo invaso, oggetto, peraltro, di finanziamento europeo (Docup 2000/2006) e finanziato anche con tariffa, è di fatto già in funzione al 50% delle potenzialità di progetto;
- Realizzazione dell'invaso "Lago di Montieri" per complessivi 30.000 mc utili di risorsa, per il quale è in corso la progettazione esecutiva e del quale dovranno essere consegnati i lavori entro la fine dell'anno; il finanziamento è interamente a carico dei Patti Territoriali Stato - EE.LL.
- Realizzazione di vari pozzi ad uso idropotabile ad integrazione di situazioni locali (Grosseto, Scansano, Manciano, Capalbio, Sovicille).
- Potenziamento, ove possibile, della sorgenti locali al fine di recuperare risorsa idrica attualmente dispersa per obsolescenza delle strutture di captazione (Comuni del Monte Amiata e Colline Metallifere).



Camera dei Deputati
Oggetto: ciò, l'Amministrazione Provinciale di Grosseto ha previsto nel proprio Piano Territoriale di Coordinamento la realizzazione di ben 10 invasi collinari per uso idropotabile, il cui finanziamento trova copertura nella possibilità di usi plurimi della risorsa stessa. Si può ragionevolmente prevedere che nei prossimi tre anni sia pressoché operativo un ulteriore invaso a servizio del comprensorio settentrionale della Provincia di Grosseto.

Un importante contributo alla risoluzione del problema può, inoltre, essere apportato dal riutilizzo delle acque reflue che determinano un recupero di risorsa da destinare agli usi irrigui ed industriali con conseguente liberazione di risorsa stessa per usi nobili quale quello idropotabile. In tal senso è in corso di redazione il progetto per la realizzazione degli impianti di trattamento terziario delle acque reflue dei depuratori di Follonica e Castiglione della Pescaia. Entrambi i progetti sono già al livello definitivo ed è in corso la progettazione esecutiva; entrambi, inoltre, sono oggetto di esame per l'ottenimento di finanziamenti europei (Docup 2000/2006 secondo stralcio). Inoltre, sono in corso le procedure di creazione di consorzi di soggetti privati che rappresentano sia l'utilizzatore della nuova risorsa ma anche i finanziatori dell'operazione. Si prevede che entrambi gli impianti possano essere realizzati e posti in funzione entro i prossimi 3 - 4 anni. Si ricorda che un tale obiettivo è fortemente perseguito nell'ambito del più ampio programma regionale per la tutela dei corpi idrici ai sensi della D. L.vo 152/99, attualmente in corso di redazione.



Acquedotto del Fiora

SpA



ALLEGATO 21

prot. N. _____ del ____/____/____

RICHIESTA DI DEROGA
PER LE ACQUE DESTINATE AL CONSUMO
UMANO
(EX ART. 13, D. L.VO 2 FEBBRAIO 2001 N. 31)

RELAZIONE SINTETICA

UNITÀ ESERCIZIO RETI

(Dott. Geol. Massimo Bellatalla)

Sede Legale Via Marnelli, 10 - 58100 GROSSETO - tel.: 0564 422611 - 800414342 - fax: 0564 - 22383
C.F. e.P. IVA: 00304790538 Registro Imprese n. 10029 (Grosseto) - REA n. 83135
Cap. Soc. 5.958.757,20 euro i.v. - <http://www.fiora.it> - e-mail: fiora@fiora.it

OGGETTO DELLA RICHIESTA DI DEROGA

L'approvvigionamento idropotabile dell'ATO 6 dipende da numerose fonti collocate entro i seguenti acquiferi:

- acquifero vulcanico del Monte Amiata;
- acquifero del Luco;
- acquifero delle colline di Orbetello;
- acquiferi multifalda delle pianure costiere;
- acquiferi superficiali locali.

Questi acquiferi si collocano in una regione geologicamente complessa e composita, nella quale sono stati attivi importanti fenomeni tettonici, vulcanici e minerogenetici; in parte, ancora alcuni di essi sono ancora attivi e si esplicano con la ben nota attività geotermica e con il diffuso idrotermalismo.

ARSENICO

Parte della risorsa proveniente dagli acquiferi:

- vulcanico del Monte Amiata,
- multifalda della pianura costiera di Follonica,
- superficiali delle Colline Metallifere,

presenta un contenuto in arsenico superiore al limite imposto dal decreto in oggetto, sebbene con un superamento di pochi microgrammi per litro.

L'allegato 2 costituisce un rapporto specifico sulla presenza dell'arsenico nelle acque potabili dell'ATO 6 "Ombrone" e sulle possibili cause di tale presenza.

Zona del Monte Amiata

L'acquifero del Monte Amiata è certamente il più importante sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo; esso, infatti, eroga un'acqua leggera, con durezza pari a 2 gradi francesi, in quantità corrispondente alla gran parte del fabbisogno idrico del bacino di utenza.

Tale risorsa viene prevalentemente distribuita alle utenze ed in parte viene utilizzata per miscelare le acque più mineralizzate provenienti dagli altri acquiferi e nei quali si hanno tenori elevati di cloruri, solfati e nitrati.

Inoltre, in alcune delle sorgenti ubicate sul Monte Amiata sono stati osservati, nel corso degli ultimi anni, preoccupanti progressivi aumenti nel contenuto in arsenico, con valori molto prossimi a 10 µg/l.

Da questa situazione nasce la richiesta di deroga ai valori prefissati dal D.Lgs 31/01 relativamente all'arsenico, al fine di provvedere alla realizzazione delle opere necessarie al contenimento dell'eccesso, consistenti sia nell'esecuzione di modifiche alle reti per miscelare la risorsa contenente l'eccesso con altre acque di approvvigionamento e nell'installazione di impianti di abbattimento mediante tecniche di filtrazione e adsorbimento.

Zona di Follonica e Gavorrano

L'acquifero multifalda della pianura costiera compresa tra Follonica e Scarlino è diffusamente utilizzato per varie finalità, prevalentemente irrigue e, subordinatamente, potabili. Mentre per gli usi irrigui sono utilizzate in genere falde superficiali variamente mineralizzate, la risorsa idropotabile viene prelevata in corrispondenza delle falde più profonde con chimismo tipico delle zone costiere, con arsenico in quantità normalmente entro i limiti di legge.

Fa eccezione un pozzo ubicato al margine nord-occidentale della pianura, al limite dell'abitato di Follonica, nel quale l'arsenico presenta un eccesso di pochi µg/l rispetto al valore imposto dal Decreto, al punto essenziale per l'approvvigionamento di una consistente porzione della cittadina.

Comune di Gavorrano





prot. N. _____ del ____ / ____ / ____

RICHIESTA DI DEROGA
PER LE ACQUE DESTINATE AL CONSUMO
UMANO
(EX ART. 13, D. L.VO 2 FEBBRAIO 2001 N. 31)

Allegato 2

- acquiferi multifalda delle pianure costiere, la cui risorsa è generalmente integrativa a quella che viene dal Monte Amiata;
- acquiferi superficiali locali, a servizio dei nuclei abitati più piccoli posti in zone collinari e montuose.

La risorsa del Monte Amiata viene distribuita mediante 3 principali sistemi idrici "dorsali" denominati rispettivamente "Flora", "Vivo" e "Afbure" (fig. 4). Il primo adduce la risorsa in gran parte della provincia di Grosseto, il secondo a tutti i comuni compresi tra il Monte Amiata e Siena oltre ad una diramazione verso la Val di Chiana, il terzo è l'acquedotto storico di Grosseto.

Grazie all'eccellente qualità organolettica di questa risorsa (avente solamente 2 gradi francesi di durezza), a sempre è stata utilizzata per miscelare le acque delle risorse locali generalmente molto mineralizzate in carbonati, nelle zone collinari interne, ed in solfati e cloruri.

1 Distribuzione dell'arsenico nelle fonti idropotabili

La figura 5 illustra le fonti di approvvigionamento nelle quali sono stati, almeno una volta, rilevati tenori in arsenico superiori al limite imposto dal D.Lgs. 31/01 nella misura di 10 µg/l.

Essa sono ben individuabili 3 distinte zone nelle quali si hanno eccessi di As nella risorsa idropotabile: l'area del Monte Amiata e le Colline Metallifere, comprensiva anche delle zone contermini più costiere (Follonica e Gavorrano).

Al seguito saranno forniti brevemente alcuni dettagli su queste fonti.

1.1 Area Colline Metallifere

Le fonti con eccesso di arsenico ricadenti in questa zona sono:

- sorgenti Casanacchi: poste nel comune di Montieri; in sinistra del F. Cecina nell'ambito delle formazioni meso-cenozoiche carbonatiche (localmente arenacee) non lontano da Travale, sede di uno dei più importanti campi di energia geotermica presentano tenori sempre inferiori a 20 µg/l estremamente variabili, talora inferiori anche al valore limite;
- pozzo Z.I. 3: posto al margine dell'abitato di Follonica nella pianura omonima, nell'ambito dei sedimenti alluvionale terziari e quaternari, presenta valori mai superiori a 15 µg/l;
- San Gioglio: si tratta di un sistema di captazione, costituito da una sorgente e da un pozzo limitrofo che fu realizzato per aumentare la produttività complessiva, ubicato nel comune di Gavorrano al margine orientale di un nucleo di formazioni meso-cenozoiche carbonatiche interessato da un plutone granitico al quale è connesso uno dei più grandi giacimenti di pirite d'Europa, oggetto di intenso sfruttamento minerario; rappresenta la fonte con la più alta concentrazione di arsenico registrata in tutto l'ATO 6 con ben 51 µg/l;

Esse sono da aggiungere altre fonti ubicate nella Val di Cornia, in provincia di Livorno e pertanto nel distretto ATO 5; tali fonti sono gestite da altro Gestore pur alimentando parte del territorio del comune di Montecatini.

2 Area del Monte Amiata

43 sorgenti, delle quali si dispongono dati significativi, 14 presentano tenori in As superiori al limite di legge. Fatta eccezione per una sorgente (Le Macchie) posta nell'ambito delle formazioni meso-cenozoiche argillose, le altre ricadono tutte in prossimità del contatto fra tali formazioni ed il materiale lavico effuso dall'antico vulcano; esse rappresentano il "trabocco" di una falda, con caratteri sostanzialmente freatici, ritenuta nel cono medesimo (fig. 6).

Il valore massimo di As rilevato è pari a 40 µg/l, ma mediamente l'eccesso si attesta intorno al valore di 20 µg/l.

È interessante osservare che le sorgenti con eccesso di arsenico (fig. 7) si collocano essenzialmente presso i versanti occidentale (zona Arcidosso - Bagnore) ed orientale (zona di Abbadia San Salvatore e Piancastagnaio). Altrimenti, nelle zone dove sono accertati tali eccessi, sono presenti captazioni prive di tale eccesso, in posizioni molto vicine a quelle eccedenti il limite di legge.

Presso le sorgenti di Santa Fiora, che rappresentano le captazioni di maggiore produttività erogando attualmente circa 650 l/s, è stata accertata una variazione del tenore in As, su un periodo di osservazione inferiore a 10 anni, caratterizzato da un aumento tendenziale da circa 6 µgr/l a quasi 10 µgr/l. Nel dettaglio è possibile osservare che le variazioni nel tempo seguono un andamento ciclico secondo una curva di 4° ordine che ricalca sostanzialmente analogo alle variazioni di portata (fig. 8).

4 Gli studi effettuati

Entrambe le zone interessate da eccessi di arsenico sono state oggetto negli anni '60 e '70 di importanti studi, anche geochimici, collegati alla prospezione mineraria di quegli anni che accompagnava lo sfruttamento dei giacimenti a solfuri polimetallici della Toscana meridionale.

Non molti, invece, risultano gli studi per la comprensione dei caratteri qualitativi delle acque, particolarmente quelle ad uso potabile, emergenti in queste due zone. Tra essi si ricordano i lavori di Benvenuti et alii (1971) rivisitato dopo 20 anni da Barazzuoli e Salleolini (1992).

Più recentemente (2003) ARPAT ha pubblicato un resoconto di alcuni contratti di ricerca stipulati con l'Università degli Studi "La Sapienza" di Roma dal titolo "Caratterizzazione e valutazione delle acque naturali in Provincia di Grosseto" dal quale si evince che le caratteristiche chimiche delle acque sono in dipendenza di 4 fattori principali:

- l'intrusione salina, nelle aree costiere,
- la lisciviazione di acquiferi attestati in rocce calcaree ed evaporitiche poste alla base delle serie mesozoiche,
- l'interazione con le anomalie geochimiche connesse alle mineralizzazioni esistenti,
- l'influenza di processi idrotermali ancora attivi.

Lo studio ARPAT è, inoltre, particolarmente importante perché è uno dei pochi che ha affrontato gli aspetti isotopici delle acque. Nello specifico, sono state esaminati, pur preliminarmente, i contenuti in tritio (TU) e del $\delta^{18}O$; da essi risulterebbe che mentre le acque attestate negli acquiferi delle pianure alluvionali e costiere risultano "vecchie", quelle del Monte Amiata avrebbero tempi di residenza piuttosto brevi.

1.1 Area Colline Metallifere

Nella zona delle Colline Metallifere ed in particolare nella pianura di Follonica e Scarlino l'ARPAT ha eseguito con l'Università di Firenze alcuni studi mirati proprio a comprendere la presenza di eccessi di arsenico nei terreni di questa pianura e le eventuali relazioni con le acque di falda, al termine dei quali si può sostenere che:

In conclusione l'integrazione delle conoscenze acquisite con le ricerche "Scarlino I" e "Scarlino II" presentano una situazione nei suoli dell'intero Bacino del Pecora e dell'alto Bacino del Bruna, caratterizzata da una generale anomalia in arsenico di natura geogenica (smantellamento di affioramenti giacimentologici e attività idrotermale tardiva) sulla quale sovrappone nella Piana di Scarlino, Fenice Capanne e Niccoleta un marcato contributo antropogenico legato alle attività minerarie, metallurgiche e mineralurgiche. L'anomalia riscontrata nella zona di Valpiana appare caratterizzata da tendenze antropogeniche (metallurgia antica e smantellamento di discariche minerarie) di minore rilievo rispetto a quelle geogeniche.

I dati sulle acque di scorrimento superficiali, sorgive e di pozzo. Individuano una generale situazione di contenimento dell'arsenico entro il Valore Parametrico di 10 µg/l, individuando peraltro zone di criticità palesemente legate a caratteristiche ambientali (Gora delle Ferriere, Accesa, Venelle, Aronna, Fosso di Niccoleta).

ALLEGATO 22



Servizio Sanitario della Toscana

Zona 3 - Amiata Grossetana

Dipartimento della Prevenzione

Area Funzionale della Prevenzione

Direttore Dott.ssa Tosca Papalini

U.F. Igiene e Sanità Pubblica

Prot. NR.

308

da citare nella risposta

Data

24/04/2007

Responsabile procedimento: Tosca Papalini; e-mail: t.papalini@usl9.toscana.it

Allegati n. 1

Oggetto: trasmissione dati analitici.

Al Comitato per la Salvaguardia Ambientale
Amiata Ovest

alla c.a. Sig. Niso Cini

In riferimento a vs. richiesta pervenuta in data 28/03/2007 si trasmettono in allegato i dati analitici delle acque potabili, relativi al parametro "arsenico" per i comuni di Castel del Piano, Arcidosso, Santa Fiora.

Si fa presente che i dati cui è possibile risalire riguardano il periodo 1999/2006.

Distinti saluti

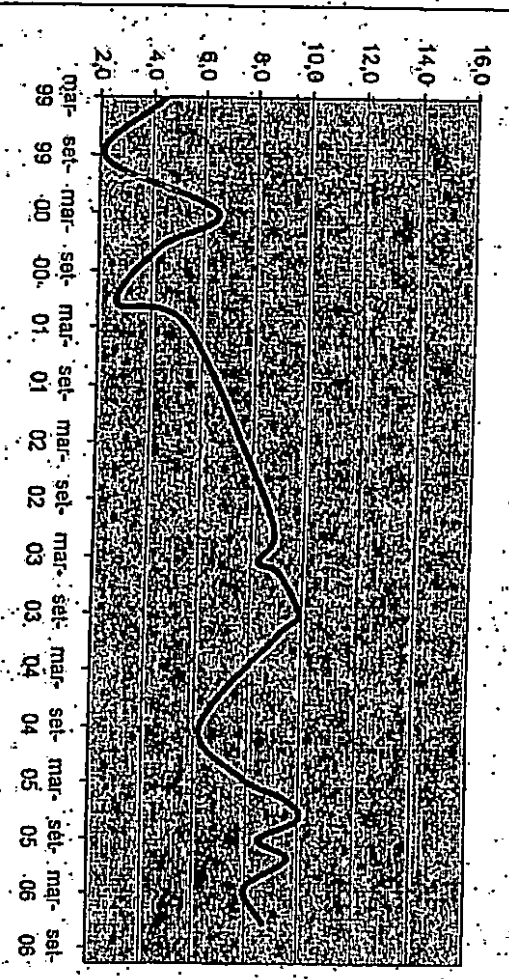
Area Funzionale della Prevenzione

U.F. Igiene e Sanità Pubblica

Il Direttore

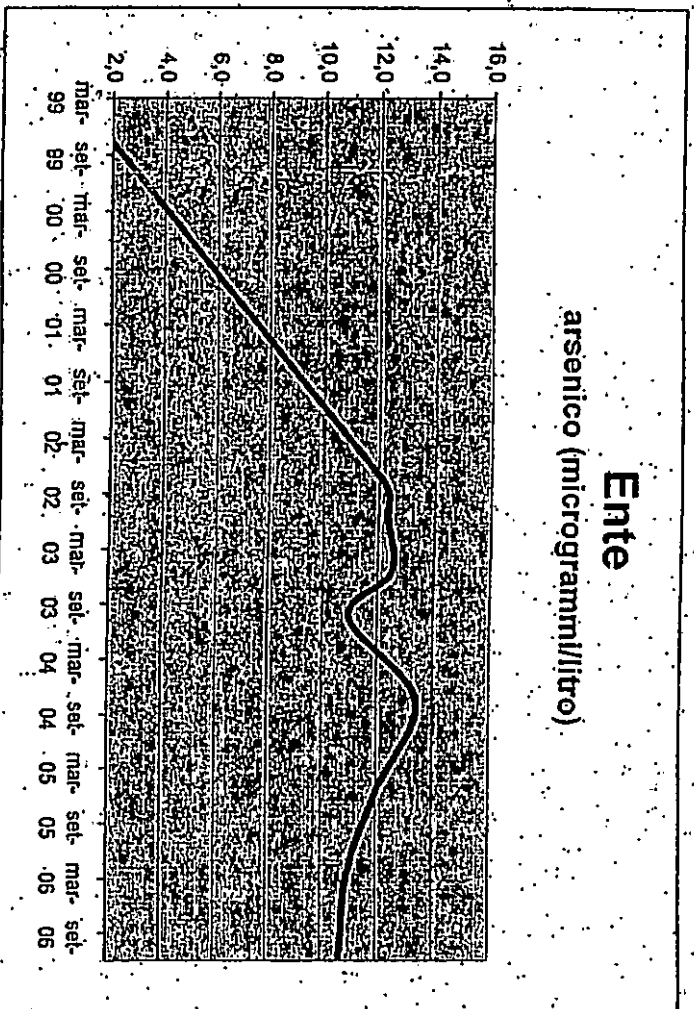
Dott.ssa Tosca Papalini

Fiora, galleria bassa
arsenico (microgrammi/litro)



Mag-99	4,5
Set-99	2,2
Mar-00	6,5
Mag-00	4,3
Gen-01	2,7
Mar-01	5,3
Set-02	8,4
Gen-03	8,9
Apr-03	8,3
Mag-03	9,1
Set-03	9,9
Nov-03	9,2
Set-04	6,2
Mar-05	7,8
Nov-05	9,5
Mag-06	10,0
Set-06	8,5
Mar-07	9,6
Mag-07	8,0
Set-07	8,7

ap-99	1,1
ago-00	12,1
nov-02	12,3
may-03	12,5
ago-03	11,0
ago-03	13,4
ene-04	12,0
feb-05	11,0
nov-06	10,7



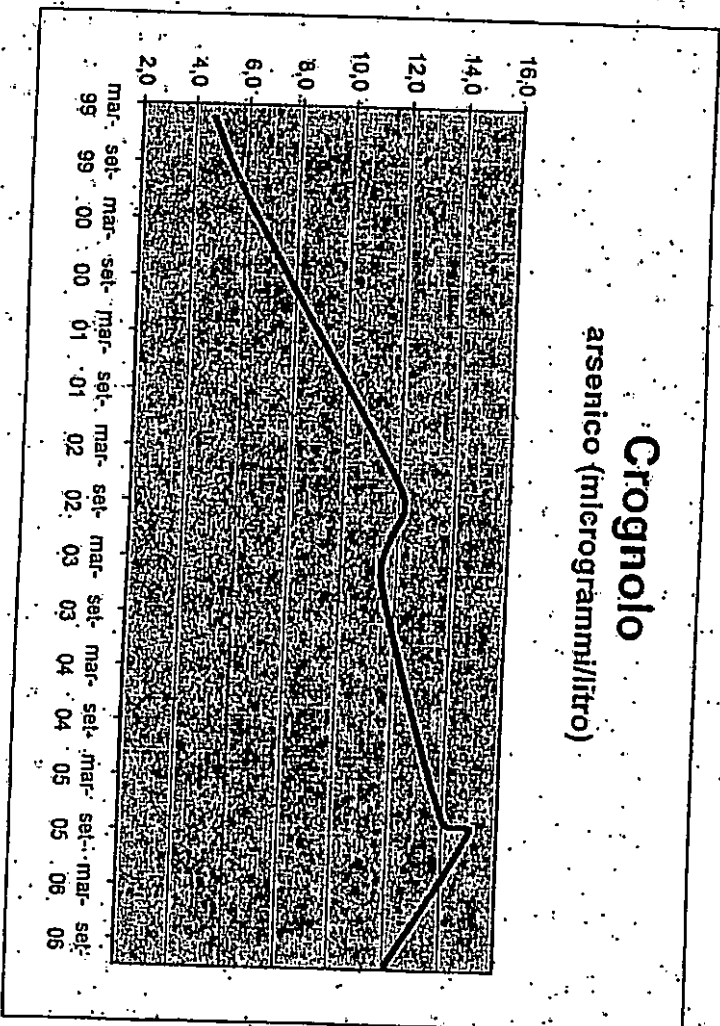
altre sorgenti, arsenico, microgrammi/litro

pino arcidosso
 triaco arcidosso
 4 cerni castel del piano
 alba castel del piano
 vena arcidosso
 f. murata castel del piano
 gaggioli castel del piano
 fusalo seggiano
 sambuco seggiano
 munistaldo castel del piano
 bagnoli arcidosso
 capovelli castel del piano

	apr-99	dic-99	apr-00	lug-01	gen-04
	< 1	7,5	7,5		
	1,0	7,5	7,5		
	2,4	3,0			
	2,0				
	1,4				
	2,1	3,0			
	2,0	3,0			
			5,0		
	1,3	3,0			
	1,4		10,0		
	2,8	3,0			13,0



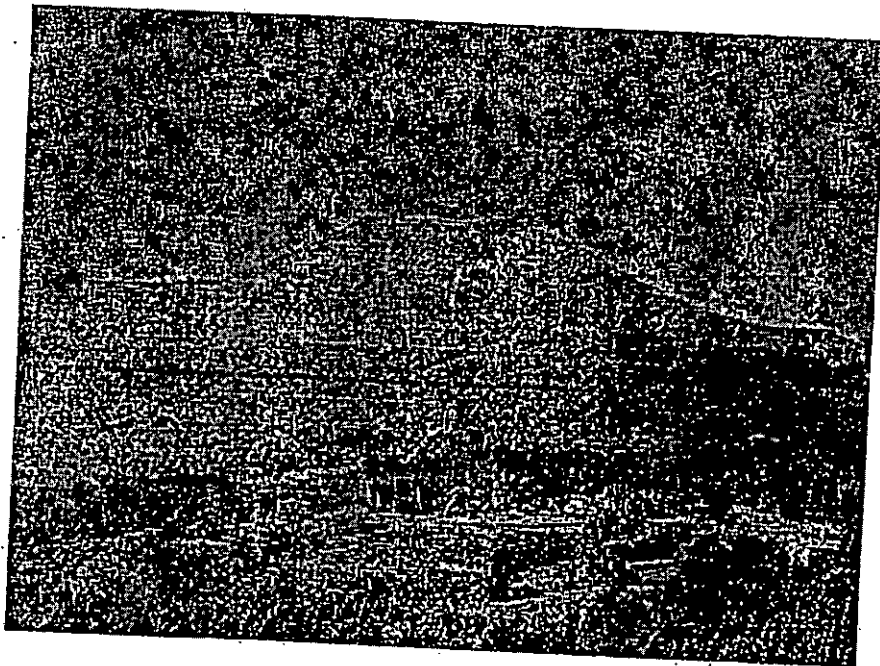
08-20-99	4,7
09-dic-99	6,0
09-11-00	12,1
1-11-00	11,8
29-11-00	11,5
3-11-00	14
2-10-00	15
1-10-00	12,1



ARPAT
Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana
Dipartimenti di Grosseto e Siena

ALLEGATO 2

L'ACQUIFERO DEL MONTE AMIATA



**ANALISI DEI DATI RELATIVI AL MONITORAGGIO NEL
PERIODO 2002-2006**

Con particolare riferimento alla presenza di arsenico

Alessandro Becatti – Dario Giannerini

Febbraio 2007



ARPAT

Complesso IV

TERRENI DI FACIES TOSCANA: alternanza di formazioni prevalentemente carbonatiche ed anidritiche, si distinguono, in particolare:

- *scisti varicolori, marne e calcari marmosi*, terreni argilloscistosi e marnosi consistenti anche se piuttosto erodibili; pressoché totalmente impermeabili;
- *argille scagliose*: presentano interstrati calcarei ("Palombini") e di altro tipo, con masse ofiolitiche sparse. Sono pressoché impermeabili.
- *calcari, calcari selciferi, marne e diaspri*: rocce per lo più assai consistenti, come il calcare cavernoso, le anidriti di burano ed i calcari selciferi o al massimo friabili e fittamente fratturate, come i diaspri; comunque mai di tipo plastico-argilloso, Molto permeabili, in esse si ha di regole un'intensa circolazione idrica, in parte di tipo carsico; ospitano il primo serbatoio geotermico.

BASAMENTO PALEOZOICO: è rappresentato dalle filladi metamorfiche, un potente strato impermeabile che in profondità diviene gradualmente permeabile tanto da ospitare un secondo serbatoio geotermico.

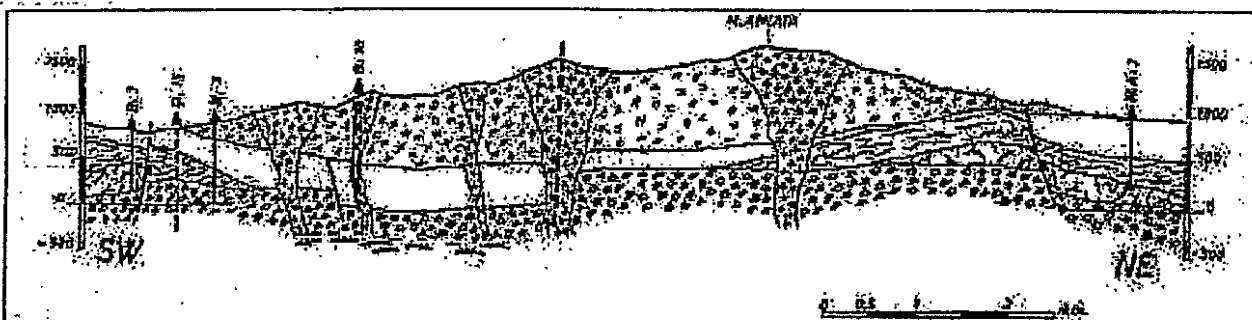


Figura 2-1 Sezione strutturale del Monte Amiata

Complesso I	(permeabile)		Trachiti, lave	Vulcaniti (Pliocene inf. - Quaternario)
			Camini vulcanici	
Complesso II	(impermeabile)		Conglomerati, argille e sabbie	Terreni neogenici (Miocene sup. - Pliocene med.)
Complesso III	(impermeabile)		Argille e calcari, (Pietraforte), calcareniti arenarie	Terreni di facies ligure (Cretaceo - Eocene)
Complesso IV	(permeabile)		Calcari, marne, scisti policromi	Terreni di facies Toscana (Trias sup. - Oligocene)
			Calcari dolomitici, calcare cavernoso	
Basamento filladico	(impermeabile)		Filladi metamorfiche	Trias

Tratta da: "Remarks on the geothermal research in the region of Monte Amiata (Tuscany - Italy)", R. Cataldi, 1967.



Da notare, sotto l'aspetto strutturale, la presenza di due faglie principali ben visibili anche dalle foto aeree (Figura 2-3): una con direzione SW-NE e l'altra ortogonale, interseca la prima in corrispondenza della Montagnola. Lungo queste faglie si trovano camini vulcanici.

L'acquifero del Monte Amiata si sviluppa nelle vulcaniti plio-quadernarie costituite, come già detto, da ignimbriti e reoignimbriti; è permeabile, principalmente, per fessurazione, caratteristica dovuta principalmente a fenomeni di raffreddamento delle lave ed il suo grado di permeabilità relativa è complessivamente elevato anche se variabile a seconda dello stato di fessurazione della roccia.

L'infiltrazione efficace è alta, sia per la notevole capacità ricettiva del mezzo, sia perché favorita dalla presenza di una copertura boschiva che rallenta notevolmente i deflussi superficiali.

Le vulcaniti poggiano sulle formazioni liguridi dell'Alberese e Pietraforte che, per le loro caratteristiche di impermeabilità, costituiscono il livello basale dell'acquifero. All'inizio dell'attività vulcanica il tetto del flysch era già morfologicamente modellato e le colate laviche si sono incanalate entro le valli esistenti. L'evolversi delle emissioni magmatiche ha determinato la formazione di faglie e collassi vulcano-tettonici nella struttura vulcanica per cui la parte centrale del basamento impermeabile risulta ribassata a forma di grande conca contenente una considerevole riserva di acqua.

L'acquifero amiatino è un'unità autonoma con limiti ben definiti, lungo tutto il perimetro, dal contatto tra basamento impermeabile e vulcaniti che, per i motivi sopra citati, si sviluppa a quote variabili che vanno da un minimo di circa 500 m nell'area nord-occidentale a circa 1100 m.s.lm. nella zona nord orientale.

Le fasce di flusso dell'acquifero, pur rispettando la disposizione radiale tipica delle strutture vulcaniche, sono sicuramente influenzate dalla morfologia del substrato (paleorilievi, discontinuità strutturali, presenza di barriere idrogeologiche); infatti, benché le maggiori sorgenti, sia per portata che per numerosità, si rinvengano al contatto tra vulcaniti e flysch impermeabile, si riscontra la presenza di altre piccole sorgenti, con portata modesta ed irregolare, disseminate a quote altimetriche molto varie, anche molto distanti dal contatto suddetto; queste emergenze sono dovute a modeste falde sospese, determinate o da affioramenti della superficie piezometrica lungo le paleo incisioni torrentizie o da orizzonti di vulcaniti che per assenza di fessurazioni o per la loro forte alterazione, costituiscono limitati livelli impermeabili.

Al di sotto del flysch impermeabile di fondo si trovano le formazioni carbonatiche e anidritiche di facies Toscana, ad elevata permeabilità, dove è presente un acquifero confinato ad acqua dominante ed alta entalpia (150°-230°C), sfruttato a scopi geotermici, la cui area di ricarica può essere individuata in corrispondenza dei circostanti affioramenti dei calcari mesozoici. La piezometria di questo serbatoio risulta inferiore di alcune centinaia di metri rispetto a quella della

Comune di S. Sepulchro





Camera dei Deputati

Le concentrazioni di arsenico più elevate sono state riscontrate sui punti di monitoraggio ubicati in una fascia centrale dell'acquifero disposta orientativamente SW-NE (pozzi Acqua Gialla e Rian del Renai, sorgenti Grognolo ed Ene), mentre valori inferiori al limite di $10 \mu\text{g/l}$ si riscontrano al margine settentrionale dell'acquifero (sorgenti Emporio e Purana). I punti di monitoraggio ubicati nel settore meridionale (sorgenti Galleria Alta, Galleria Bassa, Vena Vecchia e Galleria Drenante) presentano mediamente valori intermedi, generalmente prossimi al limite di riferimento. L'andamento delle concentrazioni rilevate nei singoli punti di monitoraggio non mostra evidenti trend in aumento o diminuzione, anche se tale considerazione sconta la limitata ampiezza del periodo di monitoraggio.

In accordo con i criteri di classificazione definiti all'art. 1 del D.Lgs 152/99, la valutazione degli esiti complessivi del monitoraggio ha condotto ad attribuire all'acquifero la classe di qualità "0" (naturale particolare), indice di "acque con impatto antropico nullo o trascurabile, ma con particolare facies idrochimica naturale". Non sono state infatti al momento evidenziate correlazioni tra le anomalie di arsenico riscontrate ed impatti antropici diretti o indiretti.

Non si rilevano invece concentrazioni anomale per gli altri parametri determinati in particolare metalli pesanti come mercurio e antimonio, ammoniaca, boro, eventualmente riconducibili alla progressiva attività mineraria (che comunque ha interessato solo marginalmente l'area di affioramento delle vulcaniti), o ad attività antropiche peculiari del comprensorio amiatino, quali la geotermia. Quest'ultima osservazione riveste particolare importanza tenuto conto sia dell'alta vulnerabilità dell'acquifero, sia della bassa mineralizzazione delle acque che ne determina una particolare sensibilità a qualunque tipo di contaminazione.

Alla luce dei risultati fin qui conseguiti e tenuto conto della strategicità della risorsa di cui trattasi, si ritiene comunque necessario approfondire le conoscenze riguardo alle origini, ai trend evolutivi del contenuto in arsenico dell'acquifero del Monte Amiata. In particolare si propone di:

- correlare i risultati del monitoraggio qualitativo di pozzi e sorgenti con i rispettivi regimi idrici. Si sottolinea in tal senso la necessità di implementare il sistema di monitoraggio quantitativo, per disporre di misure di portata delle sorgenti e di livello piezometrico attendibili e rilevate con continuità;
- approfondire gli aspetti connessi:
 - o alle relazioni fra qualità delle acque sotterranee e distribuzione e tipologia delle mineralizzazioni che interessano le vulcaniti, specie nelle aree oggetto in passato di attività mineraria;
 - o alla possibilità di mobilitazione dell'arsenico per interazione tra acque sotterranee e roccia serbatoio;

Per informazioni sulle attività della Fondazione AMGA è possibile contattare il seguente indirizzo:

Fondazione AMGA
Via SS. Giacomo e Filippo, 7
16122 Genova
Tel. +39.010.5586.865
Fax. +39.010.5586.847

a cura di
Oswaldo Conio
Roberto Porro

Contributi di
Luciano Coccagna
Mario Colombino
Claudia Lasagna
Guido Premazzi
Giuliano Ziglio

L'ARSENICO NELLE ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO

Caratteristiche generali,
diffusione, normativa,
metodi di determinazione
e rimozione,
effetti sulla salute

La Fondazione e gli autori non si assumono responsabilità per qualunque uso potrà essere fatto delle informazioni e dei dati contenuti nella presente monografia.

Nel 1975, nelle sorgenti dell'acquedotto Castelnuovo Val Cecina (Pisa), le concentrazioni di arsenico hanno superato i 50 µg/L.¹² Attualmente, il servizio idrico eroga acque miscelate da varie sorgenti, con livelli di arsenico di poco inferiori a 50 µg/L. Nelle fonti dell'acquedotto Carlina (Comuni di Volterra e Pomarance) l'arsenico ha raggiunto valori simili.³

Nelle tabelle 4.7, 4.8 e 4.9 e nella figura 4.3, sono riassunti i risultati ottenuti dalle indagini condotte dall'ARPAT.¹⁴

Tab. 4.7 - Concentrazioni di arsenico in alcune acque sotterranee della Toscana destinate ad usi non potabili.¹⁴

Provincia	Fonte	Minimo (µg/L)	Massimo (µg/L)
Arezzo	Pozzo	< 1	< 1
Firenze	Pozzo	< 3	< 3
Livorno (Piombino)	Pozzi, Sorgenti, Piezometri	< 2	153
Lucca	Pozzo	< 5	32
Pisa	Sorgente Pozzo	< 2	670 140
Pistoia	Sorgente	< 1	< 1

¹² *Quadranti di* (1979). Gli acquedotti della provincia di Pisa. Monografia pubblicata a cura dell'Amministrazione Provinciale di Pisa.

¹³ Gasperini *et al.* (1988). Monitoraggio dell'inquinamento naturale da arsenico dell'acquedotto Carlina. *Annuaire Italiana di Igiene*, num. 3-4, maggio-agosto 1988, p. 300.

¹⁴ *Manfredi et al.* (2002). Presenza di arsenico nelle acque di acquedotto e nelle fonti di approvvigionamento idrico in Toscana. Atti del III Convegno Nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee per il III millennio. Parma, 13-15 ottobre 1999. *Quaderni di geologia applicata*, vol. 2, pp. 271-281.

Tab. 4.8 - Concentrazioni di arsenico nelle fonti di approvvigionamento d'acqua potabile in Toscana.¹⁴

Provincia	Fonte	Minimo (µg/L)	Massimo (µg/L)
Arezzo	Superficiale e pozzo	< 3	< 3
Firenze	Sorgente Superficiale Pozzo	< 3 < 3 < 3	< 3 < 3 < 3
Grosseto	Sorgente Pozzo	< 1 < 1	5 18
Livorno	Pozzo	< 2	5
Livorno (Piombino)	Pozzo	5	26
Lucca	Sorgente Pozzo	< 1 < 1	1 35
Massa Carrara	Sorgente Superficiale Pozzo	< 5 < 5 < 5	< 5 < 5 < 5
Pisa	Sorgente Pozzo	< 1 < 1	80 50
Pistoia	Pozzo	< 3	< 3
Prato	Pozzo	< 2	3
Siena	Sorgente Pozzo	< 10	90

Tab. 4.9 - Concentrazioni di arsenico nelle reti di distribuzione di acqua potabile in Toscana.¹⁴

Provincia	Fonte	Minimo (µg/L)	Massimo (µg/L)
Arezzo	Superficiale e pozzo	< 3	< 3
Firenze	Superficiale e pozzo	< 3	< 3
Grosseto	Sorgente e pozzo	< 1	4
Livorno	Pozzo	< 2	< 2
Livorno (Piombino)	Sorgente e pozzo	< 1	5 12
Lucca	Pozzo	< 1	< 1
Massa Carrara	Sorgente Superficiale Pozzo	< 5 < 5 < 5	< 5 < 5 < 5
Pisa	Sorgente Pozzo	< 1 < 1	50 43
Pistoia	Pozzo	< 3	< 3
Prato	Pozzo	< 2	< 2
Siena	Sorgente Pozzo	< 10	40

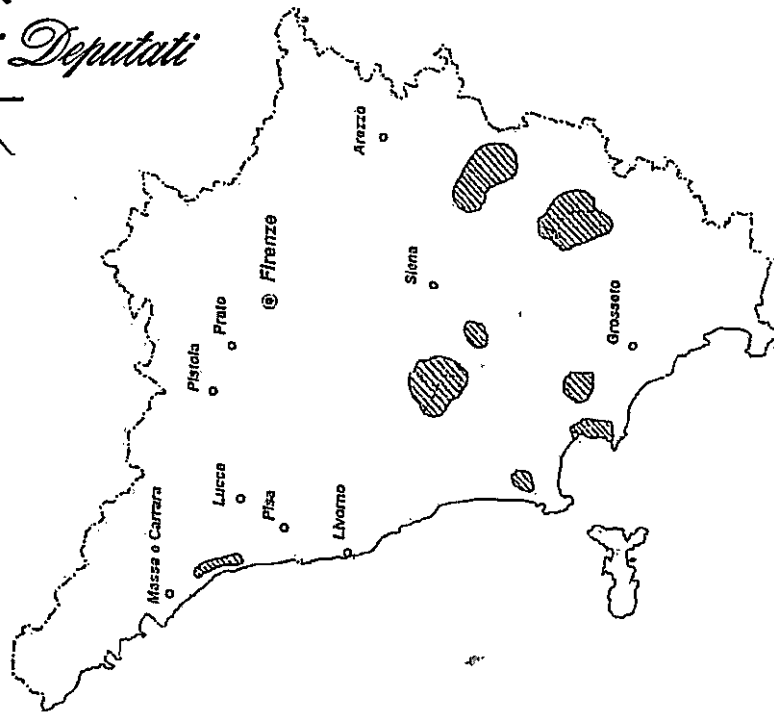


Fig. 4.3 - Concentrazione di arsenico nelle acque sotterranee della Toscana (in tratteggio sono indicate le aree con valori superiori a 10 µg/L).¹⁴

La presenza di arsenico nelle acque sotterranee della Toscana è dovuta a fenomeni naturali, quali processi geotermici e rilasci di tracce di arsenico da rocce vulcaniche e da pirite e arsenopirite. Nel 2001 è stato denunciato un caso di inquinamento antropico da mercurio e arsenico in Maremma (Grosseto), a seguito della lavorazione della pirite. L'intervallo di



ACCORDO VOLONTARIO ATTUATIVO
del Protocollo d'intesa del 20 dicembre 2007
denominato Accordo Generale sulla Geotermia

L'anno 2009 il giorno 20 del mese di aprile, presso la sede della Regione Toscana, palazzo Sacratì Strozzi, tra:

- Regione Toscana, rappresentata dal Presidente Claudio Martini
- Enel spa, rappresentata dall'Amministratore Delegato Fulvio Conti

Premesso che:

1. Gli Accordi Volontari territoriali sono stati definiti strumenti di politica ambientale appropriati dal Consiglio dei Ministri dei Paesi dell'Unione Europea competenti in materia energetica, nella seduta del 11 maggio 1998, e dal Patto Generale per l'Energia e l'Ambiente;
2. Il Piano di Indirizzo Energetico Regionale, approvato dal Consiglio Regionale l'8 luglio 2008, richiama la validità dei ricordati Accordi Volontari quali strumenti di attuazione del piano;
3. Il PIER, al paragrafo dedicato alla geotermia: *"....ritiene adeguata una previsione di sviluppo di ulteriori 200 MW, tenuto conto del programma Enel per il quinquennio 2007/2011 il quale prevede interventi per 112 MW".* Allo stesso tempo ricorda che *"Le previsioni di sviluppo della coltivazione geotermica sono connesse al contemporaneo sviluppo delle attività di ricerca in questo settore. Su questo fronte l'attenzione si concentra sulla necessità di migliorare l'impatto generale, sulla salute e sull'ambiente, degli impianti geotermici. Allo stesso tempo attività di ricerca sono rivolte ad innovare la tecnologia impiegata per rendere più efficiente la resa produttiva degli impianti e per favorire l'impiego del calore anche in aree distanti da quelle di produzione.".* Il PIER conclude infine con la seguente **"Nota: La geotermia rappresenta una esclusiva toscana a livello nazionale. La coltivazione geotermica presenta, tuttavia, criticità per le popolazioni delle aree interessate e per l'ambiente circostante in particolare per quanto riguarda le coltivazioni dell'Amiata. Pertanto, al fine di assicurare uno svolgimento sostenibile di tale attività, soprattutto tenuto conto della specificità rappresentata dalle coltivazioni sull'Amiata, è stato ricercato un accordo di carattere generale con il gestore degli impianti e sono stati attivati studi rivolti a scongiurare rischi di inquinamento e di danni alla salute dei cittadini. La previsione di sviluppo dell'attività geotermica in queste aree, pertanto, resta subordinata alla verifica, sul piano scientifico, delle condizioni di assoluta salubrità della coltivazione geotermica."**

Premesso altresì che:



4. il gruppo Enel è leader mondiale, anche attraverso le proprie società controllate, nella produzione di energia da fonte geotermica ed esercisce attualmente nella Regione Toscana n. 31 centrali per una potenza installata di 810,5 MW con l'occupazione di circa 900 unità nella Regione Toscana.
5. Il Protocollo d'Intesa sottoscritto dal Presidente della Regione Toscana con l'Amministratore Delegato di Enel, 15 Sindaci, 5 Presidenti di Comunità Montana e 3 Presidenti di Provincia il 20 dicembre 2007 a Roma prevede, all'articolo 7, comma 1, che *"Gli aspetti tecnici e procedurali concernenti le erogazioni relative sia alle somme indicate ai precedenti articoli 3 e 4, sia alle altre forme di compensazione previste dal precedente articolo 5, in relazione a quanto stabilito nel successivo articolo 6, saranno disciplinati da uno specifico Accordo Volontario Attuativo, da sottoscrivere, tra Regione Toscana ed Enel, entro e non oltre 120 giorni dalla firma del presente Protocollo d'Intesa"*.
6. Enel, la Regione Toscana e gli enti locali hanno concordato di considerare ordinatorio il termine di cui al comma precedente, per la sottoscrizione dell'Accordo Volontario Attuativo del Protocollo d'Intesa
7. Nello specifico il comma 1 dell'articolo 7 del protocollo, sopra integralmente riportato alla premessa 5, indica che con l'Accordo si dovranno definire le modalità per consentire:
 - A) Secondo quanto riportato all'articolo 3 del Protocollo d'Intesa, l'erogazione, da parte di Enel, *"a decorrere dal 2008 con riferimento alla produzione 2007"* di un corrispettivo annuo di circa 6,7 milioni di Euro. *"Tale corrispettivo sarà calcolato negli anni in funzione della produzione complessiva, secondo il meccanismo di determinazione ed aggiornamento di cui allo stesso articolo 17 L. 896/86 e dell'articolo 7, comma 1/bis, L.R. 45/97, come modificata dalla L.R. 5/2004"*.
 - B) Secondo quanto riportato dall'articolo 4 del Protocollo d'Intesa, *"Relativamente ai nuovi impianti produttivi, Enel si impegna a corrispondere, a partire dal rilascio delle relative autorizzazioni, secondo le modalità ed i tempi disciplinati dall'Accordo Volontario Attuativo di cui al successivo articolo 7 comma 1, una somma a titolo di compensazione ambientale e territoriale, pari, complessivamente, a 650.000,00 Euro per ciascuno dei 112 megawatt installati, da corrispondere in ragione di Euro 65.000,00 all'anno per 10 anni"* (primo comma); *"Più in generale, qualunque intervento successivo alla data della firma del presente Protocollo d'Intesa, anche sostitutivo di potenza esistente, per effetto del quale Enel percepirà i Certificati Verdi, darà diritto alla compensazione ambientale di cui ai precedenti commi 1 e 3, pari cioè a complessivi 650.000 Euro per ciascun megawatt interessato, da corrispondere sempre in ragione di Euro 65.000 l'anno per 10 anni, ovvero per la frazione di anni residua fino al 2024."* (quarto comma)
 - C) Secondo quanto riportato dall'articolo 5 del Protocollo d'Intesa, *"..... Ciò significa considerare, per i primi 112 megawatt programmati, un valore di circa*



140.000.000,00 Euro, da impiegare a favore degli interventi definiti prioritari dal successivo articolo 6, nonché attraverso la condivisione di piani pluriennali in materia di ricerca e di cooperazione internazionale, da attivare a seguito della installazione di nuova potenza geotermica. La parte residua, per i restanti 88 MW e pari ad un valore di 110.000.000,00 Euro, sarà stanziata in proporzione agli eventuali investimenti in incrementi di potenza che dovessero essere avviati da Enel nel periodo successivo alla realizzazione degli investimenti di cui al precedente articolo 2 comma 1." (secondo comma);

D) Secondo quanto riportato dall'articolo 6 del Protocollo d'Intesa, "Rispetto alle sostanze inquinanti per le quali non sono stati fissati dalla legge limiti di emissione, Enel si impegna altresì, dalla firma del presente Protocollo, a consentire la realizzazione, da parte di Arpat, di un Piano rivolto alla conoscenza e caratterizzazione delle emissioni delle principali tra tali sostanze inquinanti (in particolare ammoniacca ed acido borico) e ad assumere gli impegni in campo ambientale che ne dovessero conseguire."

E) Sono in corso di rilascio le autorizzazioni uniche per i nuovi impianti produttivi di Chiusdino 1 e Nuova Radicondoli gruppo 2.

8. Il Protocollo d'Intesa contiene altri temi sviluppati nella parte dispositiva del presente Accordo Volontario Attuativo.

Considerato che:

- In data 10 ottobre 08 il gruppo di lavoro incaricato dall'Università di Siena e coordinato dal prof Gaggi ha formalmente consegnato alla Regione Toscana lo Studio Geostrutturale, Idrogeologico e Geochimico ambientale dell'area amiatina, tutt'ora all'esame degli uffici regionali, al cui esito erano subordinati, dall'articolo 9 comma 2 del protocollo d'intesa del 20 dicembre 2007, gli atti di competenza regionale in materia di geotermia, relativi all'area dell'Amiata.
- Lo studio dell'Università di Siena, sopra specificato, contiene, in conclusione, dei "Suggerimenti per il proseguimento della coltivazione dei campi geotermici", dei quali viene tenuto conto nel presente Accordo;
- Con segnalazione del 12 settembre 2008, ex articolo 21 L. 287/1990, l'Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato, Antitrust, si è rivolta al Presidente del Consiglio dei Ministri, al Ministro dello Sviluppo Economico ed ai Presidenti dei due rami del Parlamento per "porre in evidenza possibili distorsioni della concorrenza derivanti da alcune disposizioni della legge 9 dicembre 1986 n. 896 contenente la disciplina della ricerca e della coltivazione delle risorse geotermiche". Nel corpo della segnalazione, il Garante scrive "Appare di immediata evidenza che una eventuale proroga delle concessioni in capo al concessionario uscente, quale quella prefigurata nel menzionato protocollo d'intesa (quello firmato a Roma il 20 dicembre 2007 - ndr) rappresenta una forma di deroga alla concorrenza per il mercato, che consentirebbe di consolidare in via automatica delle gestioni esistenti,



traducendosi in un ostacolo all'accesso al mercato di nuovi operatori, incompatibile con un contesto di piena liberalizzazione del settore". Inoltre l'Autorità, tutto ciò premesso, "sottolinea l'esigenza di un intervento legislativo che consenta di precisare il quadro normativo di riferimento, nel senso di prevedere espressamente procedure che garantiscano una concorrenza per il mercato nell'assegnazione dei permessi di ricerca e delle concessioni di coltivazione di risorse geotermiche".

- Con lettera del 25 novembre 08, ad oggetto "segnalazione sulla disciplina della ricerca e della coltivazione delle risorse geotermiche" Il Presidente dell'Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato ha specificato all'Assessore Regionale alla Tutela Ambientale e all'Energia che con la segnalazione sopra riportata "... l'Autorità ha posto l'accento sulla necessità di superare, tramite un'espressa previsione legislativa, regimi di esclusiva e preferenziali in capo ai concessionari uscenti, che non risultano coerenti con l'assetto ormai liberalizzato del mercato della generazione di energia elettrica" e che "Con specifico riferimento al Protocollo di intesa sottoscritto tra Enel spa, da un lato, e la Regione Toscana, le Province di Grosseto, Siena e Pisa, 15 Comuni e 5 Comunità Montane delle aree geotermiche interessate, dall'altro, l'Autorità, pur auspicando in generale il ricorso a procedure ad evidenza pubblica per la assegnazione delle concessioni, osserva che tale protocollo non ha costituito l'oggetto dell'intervento di segnalazione dell'Autorità, risultando lo stesso in attuazione di una riserva contenuta in una norma nazionale (art. 3 comma 6 della L. 896/1986)"
- Rilevato pertanto, da quanto sopra riportato, che il protocollo d'intesa siglato in data 20 dicembre 2007 non ha costituito oggetto di rilievo alcuno da parte di Antitrust.
- Ritenuto, tuttavia, in via precauzionale, e nelle more degli adempimenti richiesti al Parlamento ed al Governo dall'Antitrust, che il presente Accordo venga aggiornato entro il 31 dicembre 2011, previa verifica delle condizioni che stanno alla base del protocollo generale geotermia, da effettuare entro il 31 ottobre 2009.

Dato atto che la Regione Toscana sta completando, assieme agli enti locali interessati, la costituzione di un osservatorio sull' Amiata e che è ancora in corso lo studio epidemiologico sulle popolazioni di tutte le aree geotermiche, da parte dell' Agenzia Regionale Sanità Toscana.

Considerato inoltre che anche l'Accordo Volontario Territoriale in attuazione del Protocollo di Intesa del 20 dicembre 07 denominato "Accordo Generale sulla Geotermia", sottoscritto nell'ottobre 2008 dalla Regione Toscana e da tutti gli enti locali territoriali firmatari del ricordato Protocollo, prevede, all'articolo 5 "aggiornamenti" che "Il presente Accordo verrà aggiornato al termine di ogni triennio di validità, con le stesse modalità con cui è stato costituito".

Considerato infine che in data 8 aprile il Consiglio Regionale, con una propria mozione, ha impegnato la Giunta Regionale "Ad operare per giungere in tempi rapidi alla firma dell'Accordo Volontario con Enel, al fine di dare attuazione al Protocollo d'Intesa sottoscritto in data 20 dicembre 2007, denominato Accordo Generale sulla Geotermia, che

*Comune di...
[Signature]*



fra l'altro, per quanto riguarda l'Amiata, permette anche di integrare il programma di approfondimenti tecnico-scientifici già in corso sugli impatti ambientali. Con riferimento alle problematiche legate alla ricerca è opportuno che l'accordo tenga conto:

- a. - dell'istituzione di un gruppo misto, tra Regione Toscana e Enel, che si avvalga anche di esperti esterni, al fine di studiare la realizzazione di una centrale sperimentale in grado di applicare all'alta entalpia il ciclo chiuso, nonché tecnologie in grado di ridurre al massimo le emissioni di CO₂ e degli inquinanti, anche in previsione della scadenza della concessione di Bagnore;
- b. - della realizzazione di progetti di ricerca e sviluppo sperimentale per il recupero ed il riutilizzo, a fini alimentari ed agricoli, della CO₂ emessa dalle centrali, in particolar modo di quelle dell'Amiata;
- c. - della necessità che, oltre al finanziamento della ricerca e fattibilità, Enel si impegni a concedere gratuitamente la CO₂ in uscita dagli impianti dopo gli amis (abbattitori mercurio e idrogeno solforato) e gli spazi nell'ambito delle centrali per la realizzazione degli impianti necessari al riutilizzo della CO₂ ai fini alimentari ed agroindustriali;
- d. - della necessità di istituire un tavolo misto per consentire la liberalizzazione della produzione di energia elettrica da media entalpia, favorendo la nascita di imprese toscane e comunque locali anche nelle aree di pertinenza delle concessioni all'Enel stessa."

Che Enel, nel prendere atto della mozione di cui sopra, ne valuterà i contenuti, le modalità e le applicazioni conseguenti nell'ambito del tavolo tecnico di cui al successivo articolo 2 comma 3 del presente accordo.

Quanto sopra premesso e considerato,

Si conviene e si stipula il seguente Accordo Volontario inerente l'attuazione da parte della Regione Toscana e di Enel, dell'Accordo Generale della Geotermia di cui al Protocollo d'Intesa sottoscritto a Roma il 20 dicembre 2007.

Articolo 1 *Oggetto dell'Accordo Volontario*

La premessa del presente Accordo è parte integrante e sostanziale dello stesso.

Oggetto del presente Accordo Volontario è l'attuazione del Protocollo d'Intesa firmato in data 20 dicembre 2007, con riferimento alle sole disposizioni che a tale Accordo espressamente rinviano anche per la parte relativa alla previsione di cui all'articolo 9 comma 3.

Articolo 2 *Prima attuazione*



1. Entro 15 giorni dalla firma del presente Accordo, Enel si impegna a corrispondere le somme di cui all'articolo 3 comma 1, secondo l'entità e le modalità definite allo stesso articolo 3, relativamente all'annualità 2008 riferita alla produzione 2007.
2. Con riferimento al progetto di riassetto dell'area di Piancastagnaio, Regione Toscana ed Enel concordano sulla necessità di procedere quanto prima alla chiusura di PC2 ed alla nuova alimentazione della zona industriale di Casa del Corto e, nel contempo, di procedere alla VIA sul piano di riassetto di Piancastagnaio. Con riferimento a quest'ultima procedura la Regione Toscana, nel rispetto dei tempi previsti dalla normativa di settore, dà atto che la stessa si svolgerà tenendo conto delle esigenze di celerità dettate dalla necessità di giungere quanto prima alla chiusura di PC2 ed al nuovo sistema di fornitura di calore geotermico alla zona industriale di Casa del Corto, garantendo nello stesso tempo la disponibilità delle risorse geotermiche necessarie.
3. Regione Toscana ed Enel concordano, con riferimento alle attività di ricerca di cui al successivo articolo 5, di costituire un Tavolo Scientifico, aperto anche a collaborazioni esterne, con il compito di definire, nei termini di un mese dalla data della firma del presente Accordo, un primo programma di attività di ricerca che Enel si impegna ad attuare con le somme di cui al successivo articolo 5.

Articolo 3

Attuazione Articolo 3 del Protocollo d'Intesa

1. Enel conferma l'impegno già assunto ai sensi dell'art. 3 del Protocollo d'Intesa ed a tal fine si impegna a corrispondere per l'anno 2009 alla Regione Toscana, una somma calcolata in funzione della produzione complessiva dell'anno 2008, secondo il meccanismo di determinazione ed aggiornamento di cui all'articolo 17 comma 3 lettera a) L. 896/86 e dell'articolo 7, comma 1/bis, L.R. 45/97, come modificata dalla L.R. 5/2004. L'erogazione di tale somma dovrà avvenire entro e non oltre il prossimo 31 ottobre 2009 (fermo restando la verifica di cui al successivo articolo 7).
2. Enel conferma altresì l'impegno già assunto ai sensi dell'art. 3 del Protocollo d'Intesa ed a tal fine si impegna a corrispondere, per tutta la durata del Protocollo, fatto salvo quanto previsto alla clausola di cui all'art 9 comma 3 del Protocollo d'Intesa, alla Regione Toscana, in aggiunta al contributo di cui all'articolo 17 comma 3, lett a) L. 896/86 e successive modificazioni ed integrazioni, un corrispettivo annuo di circa 6,7 milioni di Euro, calcolato, negli anni, in funzione della produzione complessiva relativa all'annualità precedente a quella di erogazione, secondo il meccanismo di determinazione ed aggiornamento di cui allo stesso articolo 17 L. 896/86 e dell'articolo 7, comma 1/bis, L.R. 45/97, come modificata dalla L.R. 5/2004.
3. L'importo di cui sopra corrisponderà annualmente alla quota versata ai Comuni (o al doppio di quella versata alla regione Toscana), a norma dell'articolo 17 L. 896/86 e verrà erogato ogni anno in un'unica soluzione contestualmente all'erogazione





disposta da Enel a favore della Regione Toscana, a norma dell'articolo 17 comma 3 lettera b) L. 896/86 (la comunicazione da parte di Enel dovrà essere effettuata entro il 31 marzo e la liquidazione entro il 31 maggio)

Articolo 4
Attuazione Articolo 4 del Protocollo d'Intesa

1. Enel conferma l'impegno già assunto ai sensi dell'art. 4 del Protocollo d'Intesa ed a tal fine si impegna a corrispondere, a partire dal rilascio del relativo titolo autorizzativo, una somma a titolo di compensazione ambientale e territoriale, pari, complessivamente, a 650.000,00 Euro per ciascun megawatt installato/incrementale, fino alla previsione complessiva di 200 megawatt entro il 2024.
2. La somma di cui al precedente comma verrà corrisposta in 10 rate di 65.000 Euro ciascuna. La prima rata verrà corrisposta entro sessanta giorni dall'avvenuto rilascio del titolo autorizzativo necessario alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto. Per gli anni successivi la rata verrà corrisposta entro il mese corrispondente a quello in cui è avvenuto il rilascio del titolo autorizzativo.
3. La somma complessiva per ciascuno megawatt autorizzato, secondo quanto specificato nel precedente comma 1, verrà corrisposta da Enel direttamente ai Comuni firmatari del Protocollo d'Intesa, nella misura determinata secondo il meccanismo di riparto indicato dall'articolo 17 comma 3 lettera a) Legge 896/86 riservando cioè una quota del 60% ai Comuni sede di impianto e il 40% proporzionalmente ai Comuni i cui territori rientrano nell'area delimitata dal titolo concessorio di riferimento. Per i Comuni i cui territori rientrano nella concessione oggetto di intervento, la proporzionalità sarà data dai chilometri quadrati di territorio interessato per ciascuno di essi. Per i titoli concessori che interessano anche territori diversi da quelli dei Comuni firmatari del Protocollo d'Intesa, il meccanismo di riparto tra i Comuni firmatari verrà preventivamente comunicato ad Enel dalla Regione, sentiti i Comuni stessi.
4. Con specifico riferimento alle autorizzazioni relative alle centrali denominate Sasso 2 e Lagoni Rossi, già rilasciate in data 26 marzo 2008, la prima rata dovrà essere erogata entro 30 giorni dalla data della firma del presente Accordo, mentre la seconda entro il 31 ottobre 2009.
5. Nel caso in cui il rilascio del titolo autorizzativo avvenga dopo il 2015, l'importo complessivo da corrispondere ai Comuni da parte di Enel sarà ripartito per un numero di annualità tale da concludersi il entro il 2024.
6. Qualunque intervento successivo alla data della firma del Protocollo d'Intesa, anche sostitutivo di potenza esistente, per effetto del quale Enel percepirà i Certificati Verdi, darà diritto alla compensazione ambientale di 650.000 Euro per ciascun megawatt interessato, da corrispondere con le stesse modalità di cui ai precedenti



commi 2, 3 e 5, ad esclusione degli interventi per i quali non è possibile la determinazione a priori della potenza interessata e cioè i potenziamenti ottenuti senza la sostituzione del macchinario esistente.

Per tali interventi il valore della potenza interessata per il calcolo della rata della compensazione relativa all'anno N, verrà calcolato come rapporto tra la quota di energia prodotta dall'impianto ed incentivata dal GSE nell'anno N - 1 (espresso in MWh) e le ore di funzionamento dell'impianto, convenzionalmente assunte pari a 8000 ore.

La rata della compensazione dell'anno N corrisponderà a tale valore (calcolato ai sensi del comma precedente) moltiplicato per 65.000 euro.

Di conseguenza, per tali fattispecie, la prima rata sarà corrisposta entro il mese di marzo dell'anno successivo a quello nel quale sono stati percepiti, da Enel, i Certificati Verdi.

Laddove l'intervento interessi titoli concessori che coinvolgono anche Comuni diversi da quelli che hanno sottoscritto il Protocollo d'Intesa, per il riparto delle quote vale quanto indicato nell'ultimo periodo del precedente punto 3.

7. Gli importi sopra indicati sono calcolati sul presupposto che le norme che regolano il meccanismo dei Certificati Verdi rimangano invariate rispetto a quelle previste dalla normativa vigente.

Articolo 5

Attuazione Articolo 5 del Protocollo d'Intesa

1. Per ciascun megawatt autorizzato, dei 200 massimi previsti, Enel conferma l'impegno già assunto ai sensi dell'articolo 5 del Protocollo d'Intesa ed a tal fine destinerà una somma di 1.250.000 Euro a favore di quanto specificato ai commi successivi.
2. Le somme di volta in volta impiegabili da parte di Enel negli investimenti previsti dall'articolo 5 del Protocollo d'Intesa saranno investite a seguito dell'ottenimento dei singoli titoli autorizzativi rilasciati.
3. Considerato che sono già maturate le somme risultanti dal totale dei megawatt autorizzati per Sasso 2 e Lagoni Rossi, in quanto le relative autorizzazioni sono state già rilasciate per una potenza aggiuntiva di 32 MW, cui corrispondono Euro 40.000.000 di impegno da parte di Enel, e considerato altresì che il Protocollo indica come prioritario l'intervento di Piancastagnaio, Enel, previo l'ottenimento delle relative autorizzazioni, conferma l'impegno a realizzare con priorità assoluta, quanto previsto nell'articolo 6, comma 1 primo alinea, del Protocollo d'Intesa. A tal proposito Enel si impegna, prima dell'avvio dei lavori, a sottoporre il piano dei costi dell'intervento richiesto alla Regione Toscana per un preventivo nulla osta nel rispetto delle previsioni di cui all'articolo 5 comma 2 e articolo 6 comma 1 del Protocollo Generale Geotermia.





4. Per la parte che residuerà a seguito dell'intervento di cui al precedente comma, Enel si impegna, nel rispetto di quanto indicato nel Protocollo, a finanziare le prime attività indicate dal piano di ricerca di cui al precedente articolo 2 comma 3.
5. Con riferimento agli interventi di cui agli articoli 5 comma 2 (relativo ai piani di investimento dell'Enel) e 6 comma 1 ultimo alinea del Protocollo (relativo alle attività di ricerca), Enel si impegna a predisporre, entro trenta giorni dalla firma del presente Accordo, un piano per lo sviluppo, in Toscana, di attività di ricerca, di sperimentazione e di diffusione di nuove tecnologie incentrate sull'attività geotermoelettrica e sulla riduzione del quadro emissivo degli impianti, con attenzione particolare a quelli collocati sull'Amiata, per il valore di cui all'articolo 5 del Protocollo d'Intesa. Tali somme verranno investite da Enel dopo il rilascio delle relative autorizzazioni. Fatto salvo quanto indicato al precedente articolo 2 comma 3, il piano sopra citato verrà aggiornato annualmente o previa intesa tra Regione Toscana ed Enel e potrà essere eventualmente integrato con interventi di cooperazione internazionale (in armonia con il Clean Development Mechanism di cui al Protocollo di Kyoto).

Articolo 6

Attuazione Articolo 6 del Protocollo d'Intesa

1. Secondo quanto stabilito dall'articolo 6 comma 1 primo alinea del Protocollo d'Intesa e dalla prima prescrizione dettata nei "suggerimenti" conclusivi dello Studio dell'Università di Siena, citato, per quanto riguarda l'area di Piancastagnaio, le parti si danno atto che ha preso avvio l'istruttoria per l'intero piano di riassetto Piancastagnaio, con priorità rivolta ad assicurare la chiusura definitiva di PC2, nonché la realizzazione di un termodotto pubblico da PC3 alla zona artigianale di Case del Corto
2. Al fine di assicurare il "miglioramento dei sistemi di abbattimento del drift delle torri (esistenti) per minimizzare l'input di boro nelle acque di deflusso", Enel si impegna a presentare, entro 60 giorni dalla firma del presente Accordo, un progetto che tenga conto delle migliori tecnologie disponibili.
3. Al fine di "evitare accuratamente fuoriuscite del fluido geotermico accidentali o durante la manutenzione degli impianti", si rinvia al documento descrittivo del rispetto della prescrizione, già presentato da Enel, dando atto che lo stesso, con le adeguate modificazioni, verrà trattato nel piano stralcio sulle aree geotermiche previsto del Piano Regionale di Risanamento e Miglioramento della qualità dell'aria approvato dal Consiglio Regionale il 25 giugno 2008, in fase di predisposizione.
4. Le Parti si danno atto che Arpat realizzerà, con avvio entro trenta giorni dalla firma del presente Accordo, un Piano rivolto alla conoscenza e caratterizzazione delle



emissioni delle principali tra le sostanze inquinanti per le quali non sono stati fissati dalla legge limiti di emissione (in particolare ammoniaca ed acido borico).

5. Enel e Regione Toscana attivano, dalla data della firma del presente Accordo, con riferimento alle centrali collocate sull'Amiata, un tavolo tecnico che assicurerà l'attuazione, secondo un cronogramma degli interventi da definire entro un mese dalla firma del presente Accordo, dei seguenti punti:
 - a) chiusura mineraria dei pozzi, siano essi produttivi che adibiti alla reiniezione, non più utilizzabili;
 - b) demolizione con bonifica delle infrastrutture in disuso quali: vapordotti, acquedotti, separatori e/o silenziatori di piazzola relativi a pozzi chiusi minerariamente;
 - c) implementazione dell'efficacia dei sistemi di abbattimento AMIS, attraverso lo sviluppo di nuove tecniche in grado di abbattere i contaminanti residui che escono dalle torri con la corrente di processo aeriforme, secondo i tempi indicati nel piano di ricerca di cui al precedente articolo 5 punto 5;
 - d) supporto tecnico al monitoraggio della qualità dell'aria da parte di Arpat effettuato con stazioni di rilevamento automatico ubicate nei centri abitati in prossimità delle centrali geotermoelettriche Enel, secondo le modalità e la tempistica di cui ai successivi punti 6 e 10;
 - e) bio-monitoraggio ambientale (con matrici ambientali da concordare con Arpat), lungo le direttrici dei venti prevalenti, a partire dal confine delle centrali fino ai siti di massima ricaduta previsti dalla modellistica di trasporto degli inquinanti, per verificare l'efficienza dei sistemi di mitigazione, da attivare, previo accordo con Arpat;
 - f) messa in opera di un monitoraggio stagionale dei *markers* geochimici delle attività geotermiche sia nelle acque di scorrimento superficiale che in quelle di falda, secondo un reticolo di stazioni di campionamento predeterminato e idoneo a tenere in debito conto le peculiarità geologiche e geochimiche del territorio, da attivare, previo accordo con Arpat;
 - g) valutazione tecnica sulla necessità di un sistema di monitoraggio delle deformazioni del suolo in continuo tramite l'installazione di una rete integrata di sensori.
6. Enel si impegna a fornire ad Arpat, in via continuativa, i dati rilevati con strumenti di proprietà in materia di controllo sulla qualità dell'aria, ad integrazione di quelli già acquisiti o acquisibili da Arpat nell'ambito della propria attività istituzionale.
7. Enel si impegna a comunicare alla Regione Toscana, entro trenta giorni dalla data della firma del presente Accordo il programma di richiesta delle certificazioni Emas per ciascuna centrale geotermoelettrica. Il totale delle richieste è previsto debba comunque completarsi entro il 31 dicembre 2009.
8. Enel si impegna a confermare, con la firma del presente Accordo, quanto riportato nell'Accordo di cui all'allegato 1 della delibera della Giunta della Regione Toscana 1376 del 17 dicembre 2001, avente ad oggetto i termini e le condizioni della fornitura del calore per usi diretti ad esclusione degli utilizzi anche parzialmente finalizzati in modo diretto o indiretto alla produzione di energia elettrica.

Comune di Leporata



9. La Regione Toscana dà atto che Enel sta realizzando n. 19 impianti Amis sui propri impianti produttivi. L'adeguatezza di tali interventi sarà valutata dalla Regione Toscana alla stregua di quanto verrà stabilito dal piano stralcio sulle aree geotermiche previsto nel Piano Regionale di Risanamento e Miglioramento della qualità dell'aria approvato dal Consiglio Regionale il 25 giugno 2008
10. Enel si rende disponibile, nel quadro dell'esigenza di assicurare la massima diffusione di informazioni alla cittadinanza, a progettare e realizzare, entro sei mesi dalla firma del presente accordo, d'intesa con gli enti locali interessati e con Arpat, un sistema di monitoraggio, un data center per la raccolta delle misure e una rete di monitor da installare presso le sedi comunali od in altri luoghi facilmente accessibili al pubblico, per la diffusione dei dati relativi ai livelli di concentrazione di particolari sostanze inquinanti rispetto alla qualità dell'aria. Gli interventi da realizzare saranno parte integrante delle iniziative di cui all'articolo 5 del Protocollo d'Intesa. Si impegna altresì a presentare, entro trenta giorni dalla firma del presente Accordo, il programma annuale di iniziative proprie quali "centrali aperte".

Articolo 7 Aggiornamenti

Il presente Accordo verrà aggiornato entro il 31 dicembre 2011, con le stesse modalità con cui è stato costituito, sempre a condizione che venga verificata, entro il 31 ottobre 2009, la persistenza delle condizioni oggettive e sostanziali poste alla base del Protocollo d'Intesa denominato Accordo Generale sulla Geotermia siglato.

Il Presidente
Regione Toscana
Claudio Martini

l'Amministratore Delegato
Enel spa
Fulvio Conti



Rapporto

PROGETTO DI RICERCA EPIDEMIOLOGICA SULLE POPOLAZIONI RESIDENTI NELL'INTERO BACINO GEOTERMICO TOSCANO "PROGETTO GEOTERMIA"

Ottobre 2010

A cura del gruppo di lavoro:

Minichilli F.*, Amadori M.*, Bustaffa E.*, Romanelli A.M.*, Protti M.A.*, Michelassi C.+, Vigotti M.A.°, Cori L.*, Pierini A.***, Minniti C.#, Marrucci S.# e Bianchi F.**

- * Istituto di Fisiologia Clinica del CNR – Pisa
- + Collaboratore esterno, esperto informatico
- ° Dipartimento di Biologia, Università di Pisa
- # Fondazione Toscana "G.Monasterio" - Pisa

La Sezione A- Analisi degli studi ambientali - è stata realizzata in collaborazione con:

Gori R.°, Bucci S.°, Rossi S.°, Valli L.**

- * ARPAT Firenze
- ** ARPAT Siena

Progetto svolto su committenza dell'Osservatorio di Epidemiologia

Agenzia Regionale di Sanità della Toscana



Commento a Tutte le cause M - (0-999)

I Tassi standardizzati indicano un andamento decrescente della mortalità in tutte le aree esaminate, ma in tutti i periodi la zona sud mostra i valori più alti, mentre l'area nord mostra valori al di sotto della media regionale.

I Rapporti Standardizzati indicano dei valori in eccesso per l'area sud con un eccesso, nell'ultimo periodo, del 13% rispetto all'area circostante (O=1431, SMR=113,1, LC95%=107,3;119,1) e rispetto alla regione (SMR=113,7).

Si rilevano eccessi significativi, nell'ultimo periodo, rispetto all'area circostante in diversi comuni della zona sud e precisamente ad Abbadia San Salvatore (O=361, SMR=113,0, LC95%=101,6;125,2), Piancastagnolo (O=223, SMR=127,5, LC95%=111,3;145,4), Castel del Piano (O=238, SMR=118,7, LC95%=104,1;134,8). Ad Arcidosso gli eccessi sono presenti in tutti i periodi e risultano statisticamente significativi tranne nell'ultimo periodo, ai limiti della significatività (O=212, SMR=113,0). Occorre rilevare che anche negli altri comuni della zona sud gli SMR sono più alti nell'ultimo periodo.

Dalle analisi bayesiane si evidenzia una variabilità della distribuzione spaziale del fenomeno ben strutturata (spiega il 92% della variabilità totale) data da una omogeneità dell'indicatore bayesiano su tutta l'area locale. Il BMR è per la maggior parte dei comuni intorno a 100. I comuni in studio che hanno il BMR statisticamente significativo sono Castel del Piano (BMR=109,1) e Abbadia San Salvatore (BMR=108,3), confermando gli eccessi già evidenziati nell'analisi classica.

L'analisi di *clustering* ha individuato un aggregato di comuni con SMR statisticamente significativo che contiene comuni appartenenti all'area in studio con eccessi di mortalità:

AREA	COMUNE	O	A	SMR
NORD	MONTIERI	90	83,1	108,3
SUD	PIANCASTAGNAIO	223	174,9	127,5
	ARCIDOSSO	212	187,6	113,0
	ABBADIA SAN SALVATORE	361	319,6	113,7
	CASTEL DEL PIANO	238	200,5	118,7

Commento a Tutti i tumori M - (140-239)

I tassi standardizzati di mortalità risultano in diminuzione in tutta la regione Toscana e nella zona nord, invece nella zona sud il *trend* è decrescente e si inverte nell'ultimo periodo esaminato.

Nell'area sud si osserva un eccesso statisticamente significativo nell'ultimo periodo del 19% rispetto all'area circostante (O=505, SMR=119,0, LC95%=108,9;129,9) e del 16% rispetto alla regione (SMR=116,2).

Tra i singoli comuni della zona sud emergono eccessi statisticamente significativi dell'ordine del 30% essenzialmente nell'ultimo periodo ad Abbadia San Salvatore (O=144, SMR=134,0, LC95%=113,0;157,7), Piancastagnaio (O=79, SMR=130,7, LC95%=103,5;162,9) e Arcidosso (O=81, SMR=130,1, LC95%=103,3;161,7). Il confronto con tutta la regione indica valori dello stesso ordine (Abbadia San Salvatore SMR=130,6, Piancastagnaio SMR=127,4 e Arcidosso SMR=126,9).

Dalle analisi bayesiane si evidenzia una variabilità della distribuzione spaziale del fenomeno ben strutturata (spiega il 90% della variabilità totale) data da una omogeneità dell'indicatore bayesiano su tutta l'area locale. Il BMR è per la maggior parte dei comuni intorno a 100 ma si nota un aggregato di comuni della zona sud con BMR più elevati. L'unico comune in studio che ha il BMR statisticamente significativo è Abbadia San Salvatore (BMR=115,6) confermando l'eccesso già evidenziato con l'analisi classica.

L'analisi di *clustering* ha messo in evidenza due aggregati di comuni con SMR statisticamente significativo. In uno dei due *cluster* evidenziati sono compresi comuni con SMR maggiore di 100 appartenenti all'area sud:

AREA	COMUNE	O	A	SMR
SUD	ABBADIA SAN SALVATORE	144	107,5	134,7
	PIANCASTAGNAIO	79	60,4	130,7
	RADICOFANI	20	17,8	112,6
	SANTA FIORA	54	53,3	101,3
	ARCIDOSSO	81	62,3	130,1

REGIONE
TOSCANA

Repubblica Italiana

BOLLETTINO UFFICIALE

della Regione Toscana

Parte Seconda n. 13 del 31.3.2010

Supplemento n. 47

mercoledì, 31 marzo 2010

Firenze

Bollettino Ufficiale: via F. Baracca, 88 - 50127 Firenze - Fax: 055 - 4384620

Portineria

tel. 055-438.46.22

E-mail:

redazione@regione.toscana.it

Il Bollettino Ufficiale della Regione Toscana è pubblicato esclusivamente in forma digitale, la pubblicazione avviene di norma il mercoledì, o comunque ogni qualvolta se ne ravvisi la necessità, ed è diviso in tre parti separate.

L'accesso alle edizioni del B.U.R.T., disponibili sul sito WEB della Regione Toscana, è libero, gratuito e senza limiti di tempo.

Nella Parte Prima si pubblicano lo Statuto regionale, le leggi e i regolamenti della Regione, nonché gli eventuali testi coordinati, il P.R.S. e gli atti di programmazione degli Organi politici, atti degli Organi politici relativi all'interpretazione di norme giuridiche, atti relativi ai referendum, nonché atti della Corte Costituzionale e degli Organi giurisdizionali per gli atti normativi coinvolti nella Regione Toscana, le ordinanze degli organi regionali.

Nella Parte Seconda si pubblicano gli atti della Regione, degli Enti Locali, di Enti pubblici o di altri Enti ed Organi la cui pubblicazione sia prevista in leggi e regolamenti dello Stato o della Regione, gli atti della Regione aventi carattere diffusivo, gli atti degli Organi di direzione amministrativa della Regione aventi carattere organizzativo generale.

Nella Parte Terza si pubblicano i bandi e gli avvisi di concorso, i bandi e gli avvisi per l'attribuzione di borse di studio, incarichi, contributi, sovvenzioni, benefici economici e finanziari e le relative graduatorie della Regione, degli Enti Locali e degli altri Enti pubblici, si pubblicano inoltre ai fini della loro massima conoscibilità, anche i bandi e gli avvisi disciplinati dalla legge regionale 13 luglio 2007, n. 38 (Norme in materia di contratti pubblici e relative disposizioni sulla sicurezza e regolarità del lavoro).

Ciascuna parte, comprende la stampa di Supplementi, abbinata all'edizione ordinaria di riferimento, per la pubblicazione di atti di particolare voluminosità e complessità, o in presenza di specifiche esigenze connesse alla tipologia degli atti.

SEZIONE I

GIUNTA REGIONALE

- Deliberazioni

DELIBERAZIONE 22 marzo 2010, n. 344

D.C.R. n. 44/2008 - PRRM 2008-2010: approvazione criteri direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche.

Nelle condizioni di non funzionamento degli AMIS e per le centrali sprovviste di AMIS si applicano i valori di emissione previsti nelle autorizzazioni ovvero quelli previsti nel Dlgs. 152/06 Parte V Allegato I Parte IV.

Date le caratteristiche peculiari delle attività geotermiche e la variabilità della composizione del fluido geotermico utilizzato dalle CGTE per la produzione di energia elettrica, i valori di emissione sono fissati in termini di flusso di massa.

~~Relativamente ai valori di emissione è da premettere che tali valori non costituiscono riferimenti per la tutela sanitaria, ma sono limiti tecnologici stabiliti sulla base delle migliori tecniche disponibili in relazione alle caratteristiche dei fluidi utilizzati.~~

Tabella 4.1 - Valori di emissione in flusso di massa

Descrizione	H ₂ S Kg/h	Hg g/h	SO ₂ g/h
Uscita impianto AMIS	3 (*)	2	200
Uscita dalla centrale a tiraggio naturale fino a 20 MW	10	4	
Uscita dalla centrale a tiraggio naturale > 20 MW	20	8	
Uscita dalla centrale a tiraggio indotto fino a 20 MW	30	10	
Uscita dalla centrale a tiraggio indotto fino tra 20 e 60 MW	80	15	
Uscita dalla centrale a tiraggio indotto > 60 MW	100	20	

(*) In caso di superamento di tale valore, il limite si considera comunque rispettato se la percentuale di abbattimento dell'impianto AMIS per H₂S è maggiore del 97%.

In appendice 2 è riportata la metodologia per l'effettuazione delle misure per il controllo del rispetto dei valori di emissione.

È da ricordare che i valori di emissione minimi e massimi per il mercurio previsto nel D.Lgs 152/2006 parte V allegato I parte IV, sezione 2 punto 3, si riferiscono al flusso di massa del mercurio metallico presente come sale disciolto nel drift, mentre i valori riportati nella tabella 4.1 fanno riferimento al mercurio in forma gassosa, di gran lunga il più significativo per quantità delle emissioni.

Acido solfidrico

È da mettere in evidenza che l'eventuale applicazione di impianti AMIS su tutte le centrali (vedi punto 5, scenario 2) permetterebbe di ottenere per l'H₂S una ulteriore riduzione complessiva delle emissioni di circa 2400 tonnellate pari a circa il 22% delle emissioni totali stimate per tale data secondo il piano industriale del gestore che prevede, al 2013, ancora 9 centrali non dotate della tecnologia AMIS (vedi punto 5 scenario 1). Per il mercurio, la riduzione prevista è di 68 Kg, pari a circa il 9% delle emissioni stimate al 2013 secondo il piano industriale del gestore.

Acido borico

L'adozione dei drift eliminator ad alta efficienza di nuova generazione, come quelli di tipo cellulare costituisce l'adozione della MTD per l'abbattimento delle emissioni di acido borico. Sulla base degli esiti di questa applicazione potranno esser definiti limiti di emissione anche per questo inquinante.

SV.33.14/17.2

Report ARPAT

ALLEGATO 22



ARPAT
Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana.

Monitoraggio delle aree geotermiche toscane Anno 2011

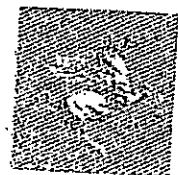
*Controllo delle emissioni delle
centrali geotermoelettriche*

e

*monitoraggio della qualità dell'aria
nel territorio geotermico toscano*

Dipartimento ARPAT di Siena

Regione Toscana



ME 4 di 17

Tabella 2.10 – Fattori di emissione delle centrali GTE dell'area territoriale dell'Amiata e di Radicondoli-Travate

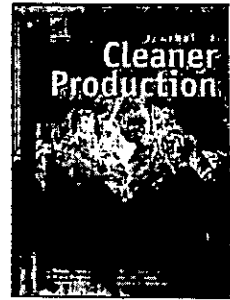
Area Territoriale		Flusso di masse di centrale (Kg/h)													
		Potenza		Fluido Aliment.		CO ₂	CH ₄	H ₂ S	Hg (tot)	Hg (drift)	As (tot)	As (drift)	NH ₃ (tot)	H ₂ BO ₃	Drift (t/h)
		Installata (MW)	Controllo (MW)	l/h											
Amiata (Piancastagnaio-Santa Fiora)															
	PC3, con AMIS - Piancastagnaio (SI)	20	18,4	123,3	8760	128,9	22,9	0,0040	0,00000025	0,0011	0,000054	28,6	0,16	182,6	
	PC4, con AMIS - Piancastagnaio (SI)	20	16,1	121,8	7700	87,2	17,7	0,0036	0,00000087	0,00054	0,000086	23,8	0,30	363,3	
	PC5, con AMIS - Piancastagnaio (SI)	20	14,4	107,6	9450	99,9	12,6	0,0075	0,00021	0,00039	0,000059	10,1	0,30	252,3	
	Bagnora 3, con AMIS - S. Fiora (GR)	20	19,3	125,4	8307,75	196,3	27,9	0,0035	0,0000016	0,00040	0,000012	475,0	0,15	854,4	
	Fattori di Emissione medi dell'Area	Kg/MW (generali)			502,0	7,5	1,2	2,7E-04	3,4E-07	3,5E-05	3,1E-06	3,5	1,3E-02	24,2	
		Kg/t (fluido di alimentazione)			71,5	1,07	0,17	3,9E-05	4,8E-07	5,0E-06	4,4E-07	0,50	1,9E-03	3,5	
Area Territoriale															
Radicondoli (Radicondoli-Montieri)		Potenza		Fluido Aliment.		CO ₂	CH ₄	H ₂ S	Hg (tot)	Hg (drift)	As (tot)	As (drift)	NH ₃ (tot)	H ₂ BO ₃	Drift (t/h)
		Installata (MW)	Controllo (MW)	l/h											
	Travate 3-Travata 4 con AMIS - Montieri (GR)	60	57,7	358,3	15267	178,7	41,1	0,0062	0,0000021	0,0033	0,0011	28,2	5,9	3199,8	
	Nuova Radicondoli, gruppo 1 con AMIS - Radicondoli (SI)	40	35,5	262,8	10300	109,1	13,2	0,0037	0,00000044	0,00037	0,000033	21,9	0,11	112,5	
	Nuova Radicondoli, gruppo 2 con AMIS - Radicondoli (SI)	20	17,5	128,0					0,00000061	0,00023	0,000012	4,7	0,027	42,2	
	Chiusdino 1 con AMIS - Chiusdino (SI)	20	18	128,0	5200	79,8	15,0	0,0039	9,2E-09	0,00045	0,000007	0,59	0,043	35,3	
	Rancia 1 - Radicondoli (SI)	20	18,3	134,6	8200	92,1	65,4	0,008	0,00000022	0,00026	0,000013	11	0,031	175,8	
	Rancia 2 - Radicondoli (SI)	20	18,0	126,6	8700	65,9	73,7	0,011	0,00000036	0,00052	0,000031	15,7	0,16	461,8	
	Planacce, con AMIS - Radicondoli (SI)	20	17,7	140,3	9850	60,3	19,6	0,0052	0,00000017	0,00021	0,000011	7,5	0,047	306,4	
	Fattori di Emissione medi dell'Area	Kg/MW (generali)			307,2	3,2	1,3	2,1E-04	1,3E-07	3,0E-05	6,6E-06	0,50	3,5E-02	24,0	
		Kg/t (fluido di alimentazione)			43,7	0,46	0,18	3,0E-05	1,8E-08	4,2E-06	9,9E-07	0,07	5,0E-03	3,4	

11/16/17

Accepted Manuscript

Environmental impact of electricity from selected geothermal power plants in Italy

Mirko Bravi, Riccardo Basosi



PII: S0959-6526(13)00779-8

DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.11.015

Reference: JCLP 3784

To appear in: *Journal of Cleaner Production*

Received Date: 12 April 2013

Revised Date: 8 November 2013

Accepted Date: 8 November 2013

Please cite this article as: Bravi M, Basosi R, Environmental impact of electricity from selected geothermal power plants in Italy, *Journal of Cleaner Production* (2013), doi: 10.1016/j.jclepro.2013.11.015.

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Environmental impact of electricity from selected geothermal power plants in Italy.

Mirko Bravi^b, Riccardo Basosi^{a*}

^a Dept. of Chemistry, Univ. of Siena, Via A. Moro 2, 53100 Siena, Italy

^b Department of Energy & Syst. Eng., Univ. of Pisa, Largo Lucio Lazzarino, 56122 Pisa, Italy

*Corresponding Author. Tel.: +390577234240; fax: +390577234239

E-mail addresses: riccardo.basosi@unisi.it (R. Basosi), mirko.bravi@lmsenergia.com (M. Bravi).

Abstract

Geothermal plants supply a significant contribution to the electricity balance from renewable sources in Tuscany. However, this electricity conversion is not exempt from environmental drawbacks. In our study, the electricity production phases of four geothermal electricity plants are analyzed by means of a careful airborne emissions assessment carried out over the entire LCA of the plants. The impact categories considered are global warming (GWP), acidification (ACP) and human toxicology (HTP). The functional unit used is 1 MWh of electric energy produced from geothermal power plants in Mount Amiata area.

For the environmental impact categories considered, the impact potentials are evaluated for each of the four geothermal power plants as follows: 380-1045 kg CO₂ eq/MWh for GWP, 0.1-44.8 kg SO₂ eq/MWh for ACP and 1.1-31.6 kg 1.4-DB eq/MWh for HTP. The main contributions to the impact are associated with the high content of NH₃, H₂S, CH₄ and CO₂ gases present in the effluents of each plant. The impact change in relation to the geothermal site has a strong correlation to the basin of fluid withdrawal and is related to the technologies used for pollutants depletion. In some cases the impact is higher than that found for production of electricity from fossil fuels (for example, a coal plant of comparable power).

Keywords

geothermal; electricity; power plants; environmental impact; life cycle assessment; renewable energy.

List of abbreviations

Hydrogen sulfide has a mean range of 3.24 kg/MWh, with values varying between 0.4 and 11.4 kg/MWh. In this case, the average values of Piancastagnaio are 4 times higher than those of the geothermal field of Bagnore. These values are related to the characteristics of the geothermal fluid and to the fact that (PC4,) only since the end of 2008, has PC4 been equipped with AMIS (Abatement of mercury and hydrogen sulfide) (Baldacci et al 2005). Peak values of the various samples are about 2 times higher than the maximum concentrations detected by Barbier (2002) that range from 0.5 to 6.8 g/kWh.

Geothermal gases emitted from the power plants also contain traces of mercury (Hg), arsenic (As), antimony (Sb) selenium (Se) and chromium (Cr).

Mercury emissions range between 0.063 and 3.42 g/MWh with a weighted average of 0.72 g/MWh. Peak values of the samples are about 3.8 times higher than the maximum concentrations detected by Barbier that ranged from 45 to 900 g/kWh.

The results of the three environmental impact categories considered in the study in the period 2002-2009 are summarized in Table 5, while the detailed information about each impact is explained in the following subsections.

3.1. Global Warming Potential (GWP)

Figure 3 shows the dynamics of GWP through the years. The greenhouse gases emissions from geothermal power plants cannot be considered negligible.

The GWP average value is 693 kg CO₂ eq/MWh, with values ranging between 380 and 1045 kg/MWh.

Using ecoinvent database v.2, we calculated the GWP impact category for the electric energy produced by coal-fired and natural gas respectively 1068 and 640 kg CO₂ eq/MWh. These values take into account the whole life cycle of plants including production, construction and disposal and provide reference data used to assess the potential impact of geothermal electricity production.

Our results for the plants considered in this study are in good agreement with findings of Brown and Ulgiati (2002) who claim that the emission of CO₂ from geothermal energy is of the same order of magnitude as that of fossil power plants. This general statement should be treated with caution since it is likely that the nature of the geological stratigraphy, the geothermal system and the characteristics of the wells influence the size of the GWP impact potential. In fact, it can be reasonably argued that fractures generated from

geothermal wells, reaching a 3500 m depth with a diameter of 30" on the surface and 8.5" in the head, increase geothermal fluids and CO₂ flow towards the surface in a completely unnatural mode. In the Mount Amiata area, the process of geothermal exploitation increases the process of natural CO₂ generation. In a different area, the result might be different.

3.2. Acidification Potential (ACP)

Figure 4 shows the dynamics of ACP in the period studied. As in the case of GWP emissions, ACP emissions from geothermal power plants are not negligible.

The ACP average value is 12.5 kg SO₂ eq/MWh, with values that range between 0.1 and 44.8 kg/MWh. Electric energy produced by coal and natural gas has values equal to 5.1 and 0.6 kg SO₂ eq/MWh respectively. These values take into account the entire life cycle of the plants and provide references to assess the potential impact of geothermal electricity production. The comparison shows that from the point of view of the ACP, the impact from energy produced from the geothermal power plants of Mount Amiata is on average 2.2 times larger than the impact from a coal plant. The ACP average value of BG3 (the geothermal field of Bagnore 21.9 kg SO₂ eq/MWh) is 4.3 times higher than a coal power plant and about 35.6 times higher than a natural gas power plant. High values of ACP from the geothermal field of Bagnore with respect to Piancastagnaio as well, are connected to the large quantity of ammonia (NH₃) present in the output gases of BG3.

3.3. Human Toxicity Potential (HTP)

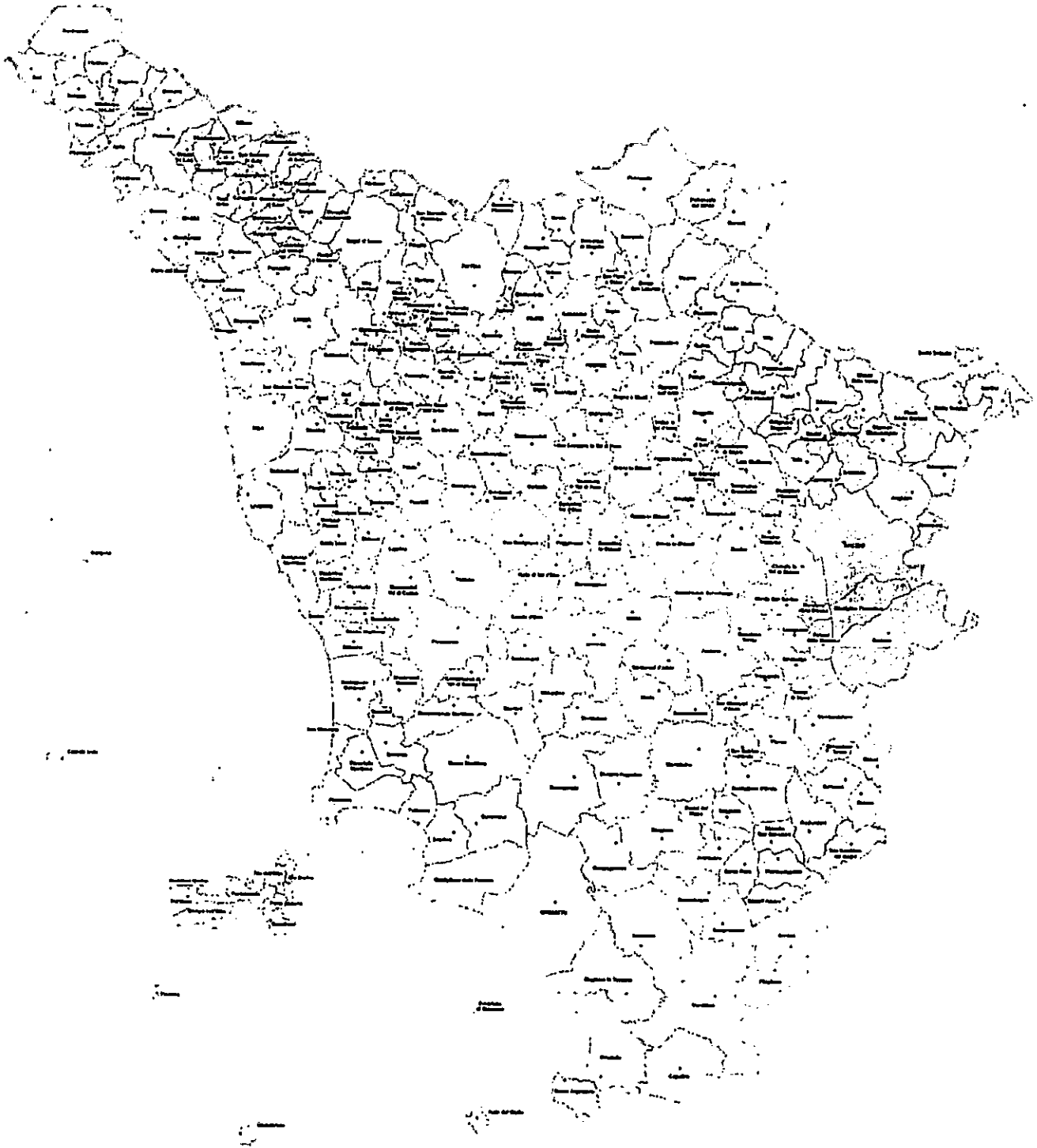
Figure 5 shows the dynamics of HTP for the period studied. HTP average calculated is 5.9 kg 1.4 DB eq/MWh, with values ranging between 1.1 and 31.6 kg / 1.4 DB eq/MWh.

For electric energy produced from coal or natural gas, the calculated HTP values are 87.1 and 69.4 kg 1.4 DB eq/MWh respectively. These values take into account the entire life cycle of the plants while recalling that for the geothermal power plant we consider only operation phase. The comparison shows that, from the point of view of the HTP, the energy produced from geothermal power plants of Mount Amiata have on average 15.2 times less impact than a coal plant. In 2008, the high value of PC4, 31.6 kg 1.4 DB eq/MWh,



CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA TOSCANA - 2012

AGGIORNAMENTO DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE TOSCANA
IN ATTUAZIONE DELL'O.P.C.M. 3519/2006 ED AI SENSI DEL D.M. 14 GENNAIO 2008



REGIONE TOSCANA GIUNTA REGIONALE
DIREZIONE GENERALE DELLE POLITICHE TERRITORIALI ED AMBIENTALI E PER LA MOBILITÀ
AREA DI COORDINAMENTO AMBIENTE, ENERGIA E CAMBIAMENTI CLIMATICI
UFFICIO TECNICO DEL GENIO CIVILE DI AREA VASTA FIRENZE PRATO PISTOIA AREZZO
COORDINAMENTO REGIONALE PREVENZIONE SISMICA
<http://www.reg.toscana.it/ati/pla/sismica>

- Zona sismica 2 (95 comuni)
- Zona sismica 3 (168 comuni)
- Zona sismica 4 (24 comuni)

Osservazioni sul danneggiamento nella zona del Monte Amiata a seguito dell'evento del 1° Aprile 2000

Marco Mucciarelli

*Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia applicata all'ingegneria, Università della Basilicata,
Potenza, Italy*

Mariarosaria Gallipoli

C.N.R.-I.M.A.A.A., Tito Scalo (PZ), Italy

Andrea Fiaschi, Giovanni Pratesi

Osservatorio Geofisico Toscano, Prato, Italy

SOMMARIO: Il 1° aprile 2000 un terremoto ha danneggiato numerosi edifici nei comuni di Piancastagnaio, Abbadia S. Salvatore, Castell'Azzara e Radicofani. Allo scopo di esaminare l'influenza degli effetti di sito e delle caratteristiche strutturali sulla distribuzione dei danneggiamenti, sono state effettuate 54 misure con la tecnica HVSR. I danni sono distribuiti in modo piuttosto eccentrico rispetto alle localizzazioni strumentali. Molti edifici danneggiati appartengono ad una particolare tipologia strutturale, essendo stati edificati a seguito del terremoto del 1920. Per 21 strutture è stato possibile misurare i rapporti spettrali orizzontali/verticali in *free-field* e ad uno o più piani interni alla struttura determinando successivamente l'indice di spostamento interpieno atteso (IDI). Il problema principale emerso dall'esame dei dati raccolti appare la localizzazione dell'epicentro. Non si sono osservate amplificazioni di sito molto forti ed i danni sono principalmente da attribuirsi al normale scarso comportamento antisismico delle vecchie strutture in pietra.

ABSTRACT: On April 1st, 2000, an earthquake damaged several buildings in the municipalities of Piancastagnaio, Abbadia S. Salvatore, Castell'Azzara e Radicofani. In order to examine the influence of site effects and the structural characteristics on damage pattern, 54 HVSR measurements were performed. The damage is rather eccentric with respect to instrumental localisation. Several damaged buildings pertain to the same typology, having been built after the 1920 quake. In 21 buildings it was possible to undertake HVSR measurements in *free-field* as well as at one or more floors, thus determining the Interstory Displacement Index. The main problem resulting from the information gathered is the correct epicentral localisation. The site amplification observed was moderate, and damage should be attributed mainly to the poor antiseismic behaviour of old stone masonry houses.

1 INTRODUZIONE

Nel mese di novembre 2000 è stata eseguita una ispezione ai siti danneggiati dal terremoto del 1° aprile 2000 nei comuni di Piancastagnaio, Abbadia S. Salvatore, Castell'Azzara e Radicofani. Gli edifici visitati provengono principalmente dalla lista di interventi previsti dalla Regione Toscana, con l'inclusione di alcuni siti non danneggiati allo scopo di avere un controllo di riferimento.

Allo scopo di esaminare l'influenza degli effetti di sito e delle caratteristiche strutturali sulla distribuzione dei danneggiamenti, nonché l'eventuale presenza di risonanze terreno-struttura, sono state effettuate 54 misure con la tecnica di Nakamura. I dettagli delle localizzazioni di misura sono riportate in appendice.

Le strutture osservate sono tutte in muratura di pietrame, con la sola eccezione di quella ubicata in Via delle Felci a Piancastagnaio che è un telaio in cemento armato con tamponature di mattoni. Alcune strutture presentavano uno stato di manutenzione molto scarso, mentre su altre

erano stati effettuati lavori di ripristino con il rifacimento di solai, fasciatura pilastri, cordolature sottotetto in C.A. (per esempio i Poderi Sugherelle e S. Vittoria). Infine, molti edifici danneggiati appartengono ad una particolare tipologia strutturale, essendo stati edificati a seguito del terremoto del 1920 su identico progetto: stalla e magazzini al piano terra, abitazioni al piano superiore, con pianta rettangolare avente rapporto lunghezza/larghezza > 2.

Nelle figure 1 e 2 sono riportati alcuni esempi di danni osservati.



Fig. 1 Podere Sugherelle, inagibile. Lesioni a X sul lato lungo, distacco della cordolatura del tetto

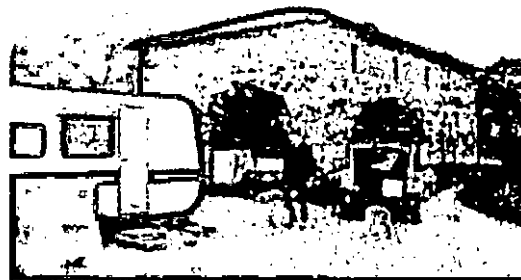


Fig. 2 Podere Polidoro, inagibile. Senza l'intonaco, si può notare meglio la struttura di questi casolari costruiti dopo il terremoto del 1920

2 TECNICA DI MISURA

Le misure di microtremori sono state eseguite con un apparecchio portatile compatto ISMES BNA v.2 che alloggia in un unico contenitore rigido metallico un sensore Lennartz 3D-Lite (frequenza propria 1 Hz), un digitalizzatore PRAXS (24 bit), un Pentium per la elaborazione in situ dei risultati, oltre alla unità di alimentazione. Per tutti i punti di misura si è acquisito in totale un insieme di 5 registrazioni di rumore ambientale della durata di 1 minuto ciascuna, campionate ad una frequenza di 125 Hz.

I segnali acquisiti sono stati quindi:

- corretti per la linea di base (sottraendo a ciascun punto la media effettuata sull'intera traccia);
- corretti da andamenti (*detrend*) anomali (sottraendo la retta della regressione lineare effettuata su tutti i punti della traccia);
- finestrati (*tapering*) con una funzione di tipo coseno al 5 % degli estremi;
- filtrati con un passa banda tra 0.08 e 20 Hz, con frequenze di taglio pari a 0.05 e 25 Hz rispettivamente.

Per ogni segnale si è calcolata quindi la trasformata di Fourier per predefiniti valori di frequenza, compresi tra 0.1 e 20 Hz; successivamente si è effettuato il rapporto spettrale fra le componenti orizzontale e verticale. I valori di frequenza per i quali si è effettuata l'analisi, scelti per rendere più veloci i calcoli, e quindi più spedite le operazioni in campagna, forniscono spettri di Fourier a banda larga: il campionamento è comunque effettuato in modo tale che si conservi l'energia ed i rapporti spettrali non perdano di significatività. Tutti i rapporti tra gli spettri H/V sono stati opportunamente mediati sull'intero campione ed il risultato di tale operazione è stato assunto come stima delle funzioni di amplificazione locale di Nakamura.

Tutte le operazioni descritte sono state fatte prevalentemente in campagna, mediante un programma applicativo appositamente implementato. Questo ha permesso di avere già al sito la possibilità di verificare le misure effettuate ed eventualmente ripeterle. La misura di microtremori è infatti soggetta ad influenze ambientali (vento, pioggia, copertura artificiale dei terreni, ecc.): per una descrizione dettagliata dei problemi legati alla corretta effettuazione delle misure si veda Mucciarelli (1998). Per una descrizione della applicazione del metodo HVSR alle strutture si rimanda a Mucciarelli e Monachesi, 1998 e Mucciarelli, Monachesi e Gallipoli, 1999. In ultima analisi i valori di HVSR sono stati analizzati mediante un test proposto da Albarello

(2001) in modo da attribuire ad ogni picco una significatività statistica e poter eventualmente distinguere possibili picchi spuri, spesso presenti nelle misure sperimentali, derivanti da rumore strumentale.

3 DATI E LORO ANALISI

La mappa di figura 3 riporta in coordinate chilometriche i siti visitati, con quadrati di dimensioni crescenti a seconda del danno classificato secondo la tipologia EMS-98: 1=danni assenti, lievi crepe non passanti; 2=danno non strutturale medio, crepe passanti.; 3=danno non strutturale grave ed inizio del danno strutturale. Gli asterischi sono gli aftershocks localizzati dalla rete ENEL-ERGA (piccoli) ed la scossa principale secondo i dati accelerometrici del SSN (grande). Il quadrato con asterisco bianco indica il baricentro dei danni. L'epicentro ING non viene riportato considerato che per questa zona la copertura delle rete nazionale consente una determinazione dell'epicentro a meno di un errore di alcuni chilometri (ovvero, potrebbe ricadere in qualunque punto nella mappa sopra riportata).

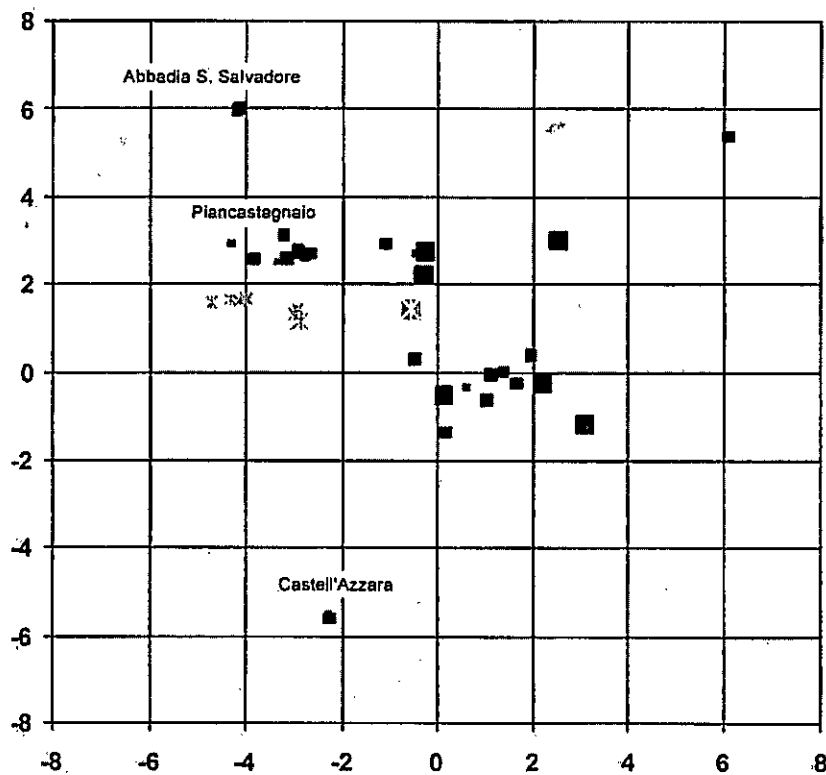


Fig. 3 Distribuzione dei danni osservati. Le dimensioni dei quadrati sono proporzionali alla classificazione della scala EMS-98.

I danni sono distribuiti in un'area di 12 km N-S per 10 km E-W. Si può notare come la distribuzione dei danni sia piuttosto eccentrica rispetto alle localizzazioni strumentali, con una distanza tra l'epicentro SSN ed il baricentro dei danni di circa 2.5 km (ovvero circa $\frac{1}{4}$ dell'estensione dell'area colpita).

Le ipotesi che si possono fare sono:

1. La localizzazione strumentale è errata, ovvero l'errore sulla medesima è dell'ordine di grandezza dei 2-3 km.
2. I danni sono eccentrici per una forte direzionalità del terremoto.
3. I danni sono dovuti ad una distribuzione asimmetrica di effetti di sito.

4. I danni sono dovuti alla particolare distribuzione delle strutture, con una prevalenza di edifici particolarmente vulnerabili a Est dell'epicentro

Per escludere o meno l'ipotesi 1 e 2 sarebbe necessario procedere ad una rilocalizzazione e determinazione del meccanismo focale con i dati della rete ERGA S.p.A.. L'unica stazione resa al momento disponibile appare completamente saturata, e quindi difficilmente si potranno ricavare informazioni utili. Vi è da dire che a favore dell'ipotesi 2 vi è la distribuzione degli eventi che, se correttamente localizzati con piccoli errori, potrebbero indicare un allineamento lungo un piano di faglia in direzione E-W sul quale un meccanismo trascorrente con propagazione della rottura da W a E può aver prodotto forti effetti di direttività e conseguente maggior ampiezza della radiazione sismica verso E.

Riguardo all'ipotesi 3, questa può essere confrontata con le misurazioni di amplificazione di sito in free-field. La figura 4 riporta le 27 misure al livello del terreno, con una scala in funzione del massimo valore di amplificazione misurato nella banda di frequenza tra 1 e 10 Hz, ovvero quella di maggiore interesse per le strutture abitative. Alcuni autori non sono d'accordo nell'attribuire valori assoluti alle amplificazioni misurate con il metodo Nakamura. Tuttavia in questo caso si tratta di un confronto relativo e quindi comunque ammissibile.

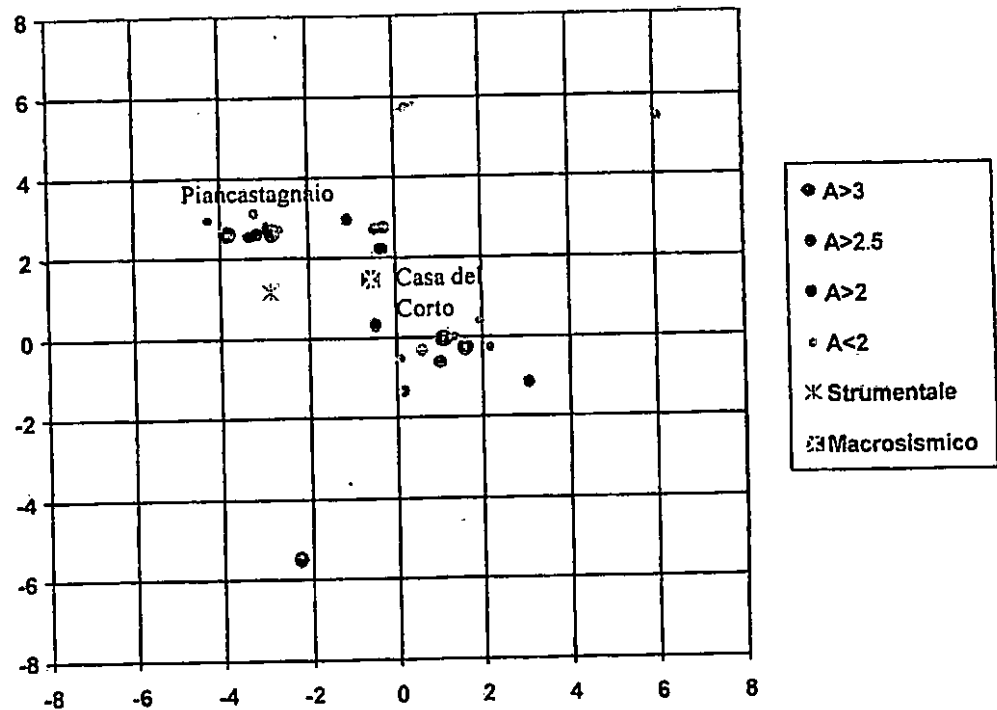


Figura 4 Mappa delle amplificazioni massime misurate nella banda 1-10 Hz

Dall'esame della mappa delle amplificazioni al sito si evidenzia una distribuzione disomogenea, in cui emergono pochi elementi caratterizzanti:

- L'allineamento di valori al di sotto di 2 (ovvero assenza di amplificazioni) attorno a 3 N corrisponde ai siti free-field di Piancastagnaio nel centro storico, su affioramento roccioso. Subito a S di questi appaiono alte amplificazioni legate probabilmente a detriti di falda.
- La zona di poderi a E di Piancastagnaio mostra una lieve amplificazione di sito tra 2 e 3.
- La zona attorno a Casa del Corto presenta la maggiore variabilità degli effetti di sito.

Dall'esame dei soli effetti di sito non si possono trarre conclusioni riguardo al danno osservato. E' necessario considerare anche il comportamento delle strutture, e prendere quindi in considerazione anche l'ipotesi 4, ovvero una variabilità nella vulnerabilità degli edifici, eventualmente accompagnata da fenomeni di risonanza terreno-struttura.

Per 21 strutture è stato possibile misurare i rapporti spettrali orizzontali/verticali in free-field e ad uno o più piani interni alla struttura. Si è così potuta applicare la formulazione proposta da Mucciarelli et al.(2000) per la determinazione dell'indice di spostamento interpiano:

$$IDI(\omega) = [1/\omega^2 (F_n - F_{n-1}) * i_s * i_e] / h$$

Dove ω è la frequenza, F_n è la funzione di trasferimento stimata dalle misure HVSR al piano n-esimo, i_s è l'amplificazione di sito (valutata con la stessa tecnica HVSR misurando al free field del sito), i_e è l'accelerazione al free-field del sito supposto in roccia (usualmente calcolata da leggi di attenuazione standard o sulla base di altre considerazioni), h è l'altezza di interpiano (più generalmente l'altezza tra i punti F_n e F_{n-1} , di solito suolo e primo piano).

Misure effettuate in passato in Umbria-Marche, Grecia, Turchia, Basilicata e Slovenia hanno mostrato come vi sia un buon accordo tra i valori ottenuti ed il danno osservato, giungendo sperimentalmente a conclusioni analoghe a quelle proposte per via teorica da Calvi (1999): il danno non strutturale (1° EMS) inizia per $IDI=0.003$, ovvero 1 cm per una altezza di interpiano pari a 3 metri. Il danno strutturale (3° EMS) inizia per $IDI=0.030$. Supponendo che al 2° livello di danno EMS si giunga per $IDI=0.016$, è possibile stimare per gli edifici allo studio quale sia stata l'accelerazione necessaria per produrre il livello di danno osservato, come dalla tabella seguente:

Nome	Danno	IDI min	Quota (m)	Freq (Hz)	F.F.	Piano n	Piano n+1	IDI-Input	Acceler. Attesa (cm/s ²)
Cerretale	3	0.030	3	5.0	1.76	1.76	2.74	0.000228	131
Floramiata	3	0.030	3	6.3	1.16	1.16	2.58	0.000138	217
S. Vittoria	3	0.030	3	6.3	2.02	2.02	2.88	0.000146	206
Querciole	3	0.030	3	6.3	2.36	2.36	3.41	0.000208	144
Sugherelle	3	0.030	3	5.0	1.36	1.36	2.86	0.000270	111
Petreto	3	0.030	3	6.3	2.41	2.41	5.28	0.000579	52
Roma	2	0.016	3	7.9	1.48	1.48	2.28	0.000062	256
Repubblica	2	0.016	3	10.0	1.00	1.00	3.99	0.000100	160
Casalicchio	2	0.016	3	7.9	0.94	0.94	3.33	0.000119	135
Strette	2	0.016	2.5	7.9	1.50	1.50	2.80	0.000123	130
S. Francesco	2	0.016	3	5.0	0.89	0.89	2.83	0.000229	70
Polidoro	2	0.016	3	6.3	1.57	1.57	3.27	0.000224	71
Carlo Alberto	2	0.016	3	6.3	1.00	1.00	3.88	0.000241	66
Casalino	2	0.016	0.5	6.3	1.65	1.65	1.98	0.000274	58
Sargiunta	2	0.016	3	5.0	1.58	1.58	3.16	0.000332	48
Pellacci	2	0.016	4	5.0	0.91	1.00	4.79	0.000342	47
Carli	2	0.016	8	3.2	1.00	1.00	8.10	0.000887	18
Mugnellino	2	0.016	3	5.0	1.94	1.94	5.55	0.000928	17
Felci	1	0.003	6	5.0	1.08	1.08	2.93	0.000133	23
Scuola Cs. Az.	1	0.003	10	5.0	2.57	2.57	4.30	0.000177	17
Bellavista	1	0.003	3	10.0	2.27	2.27	4.25	0.000150	20

Per i due edifici di Abbadia si è supposto un free-field privo di amplificazioni (roccia). Il dato di Via Roma a Piancastagnaio appare distaccarsi da tutti gli altri. Trattandosi di un edificio addossato alla parte in affioramento ma appoggiato su probabili riporti potrebbe essere stato affetto da fenomeni non lineari del terreno che esulano dalle possibilità del metodo Nakamura (un cedimento differenziale, ad esempio, potrebbe aver prodotto danni molto più gravi di quelli causati dal semplice scuotimento e pertanto l'accelerazione attesa come necessaria per provocare i danni osservati sulla base del solo moto in campo elastico lineare risulta sovrastimata).

Se si escludono questi tre edifici, si può ottenere la mappa delle minime accelerazioni orizzontali attese al suolo in cm/s², riportata nella figura 6.

L'area di massima accelerazione si situa nella zona dei poderi ad Est e Sud di Piancastagnaio.

A verifica della accelerazione attesa si è studiata la registrazione accelerometrica al sito PCN del Servizio Sismico. La registrazione mostra una forte amplificazione del moto nelle componenti orizzontali. Il rapporto HVSR per lo *strong motion* di questa stazione indica un valore di amplificazione di oltre 4 alle medie frequenze, in accordo con le misure di microtrempi. Se si considera la registrazione della componente verticale come meglio rappresentativa di un moto al bedrock non amplificato si osserva come il valore misurato di accelerazione è di 90 cm/s², quindi in accordo con i valori dedotti dall'analisi del rapporto danni/IDI.

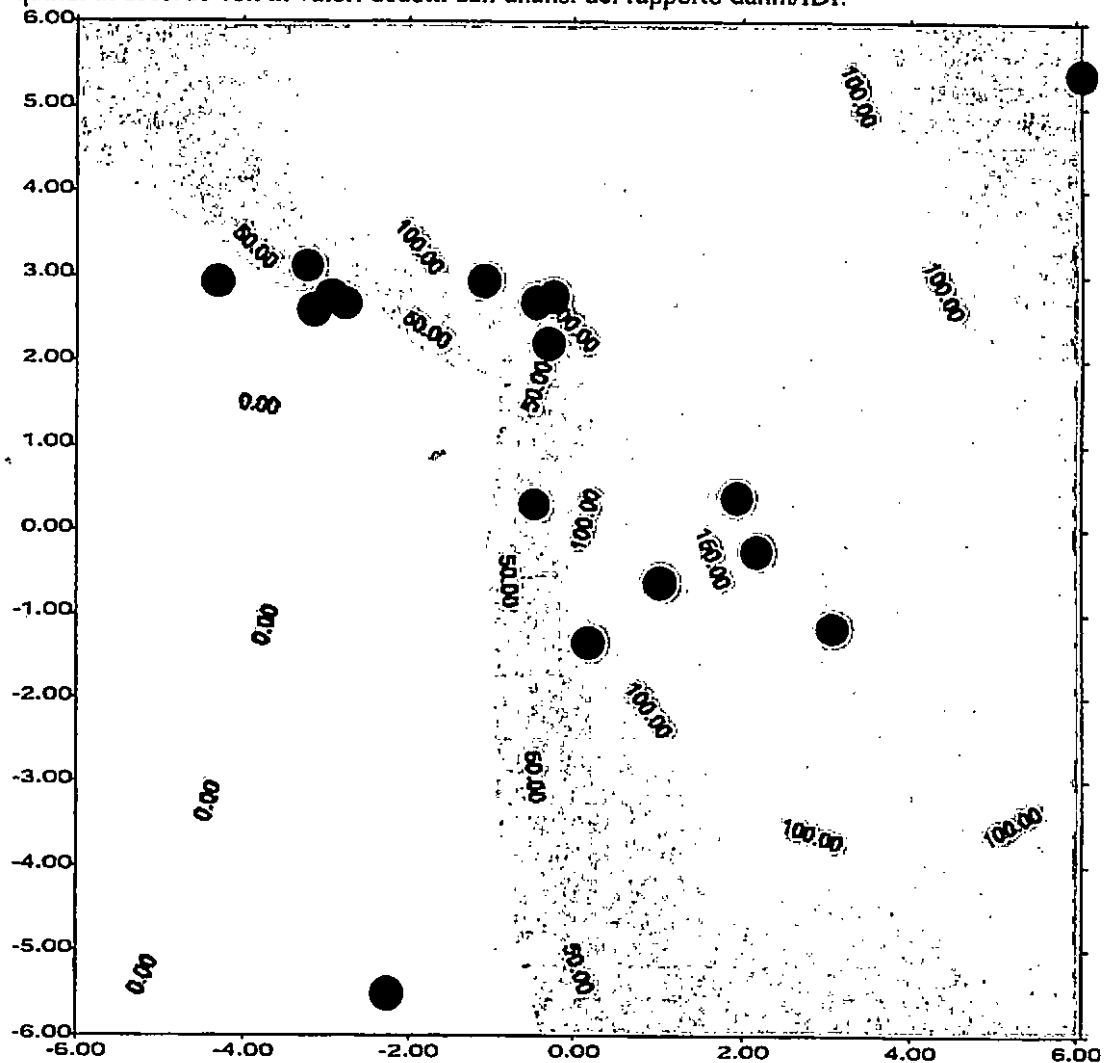


Figura 6 Mappa delle accelerazioni stimate

Da segnalare anche che nella zona dei massimi danni e massime accelerazioni attese la stazione CRRT dell'ERGA è andata in saturazione, e che i valori attesi sono in discreto accordo con la fascia di accelerazioni stimabili dalla relazione standard per l'Italia di Sabetta e Pugliese per un terremoto di $M=4$ tra 1 e 10 km di distanza dall'epicentro.

4 CONCLUSIONI

Il problema principale emerso dall'esame dei dati raccolti nella zona colpita dal terremoto del 01/04/00 appare la localizzazione dell'epicentro. Non sembra che una localizzazione nelle immediate vicinanze di Piancastagnaio sia compatibile con la distribuzione dei danni nonché delle accelerazioni stimate dal metodo IDI, a meno di forti effetti di direttività della sorgente.

I dati disponibili (2 registrazioni accelerometriche e valutazioni delle accelerazioni attese) potrebbero essere verificati con un modello a sorgente estesa.
Non si sono osservate amplificazioni di sito molto forti, raggiungendo al massimo un fattore 4 in alcune località. I danni sono principalmente da attribuirsi al normale scarso comportamento antisismico delle vecchie strutture in pietra. Ai fini della ricostruzione, l'applicazione della normativa dovrebbe essere sufficiente, a meno di voler introdurre un fattore cautelativo per la scarsa profondità degli ipocentri.

BIBLIOGRAFIA

- Albarelo, D. (2001). Detection of spurious maxima in the site transfer function estimated by the HVSR technique. *Bull. Seism. Soc. Am.* in press.
- Atkan, K., (1995). A review of the type of data and the technique used in empirical estimation of local site response. *Proc. of Fifth International Conference on Seismic Zonation, Nice, Vol. 2: 1451-1459.*
- Bodin, P. and Horton, S. (1999). Broadband microtremor observation of basin resonance in the Mississippi embayment, Central US. *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 26, NO. 7: 903-906.
- Calvi, G. M., (1999); A displacement-based approach for vulnerability evaluation of classes of buildings, *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 3, No. 3 411-438
- Ibs - von Seht, M. and J. Wohlenberg (1999): Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 89 (1): 250-259.
- Mucciarelli, M., G. Monachesi and M.R. Gallipoli (1999). In situ measurements of site effects and building dynamic behaviour related to damage observed during the 9/9/1998 earthquake in Southern Italy, ERES99 Conference, Catania, Italy.
- Mucciarelli, M. (1998). Reliability and applicability range of Nakamura's technique using microtremors: an experimental approach. *J. Earthquake Engin.*, Vol. 2, n. 4, 1-14.
- Mucciarelli, M. and G. Monachesi (1998). A quick survey of local amplifications and their correlation with damage observed during the Umbro-Marchesan (Italy) earthquake of September 26, 1997, *J. of Earthquake Engineering*, Vol. 2, N. 2.
- Mucciarelli, M., P. Contri, G. Monachesi, G. Calvanò and M.R. Gallipoli (2001). An empirical method to assess the seismic vulnerability of existing buildings using the HVSR technique. *PAGEOPH* (in press).
- Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *QR Railway Tech. Res. Inst.* 30, 1.

5 APPENDICE

Misura	Posizione	Note
1; podere Sugherelle	free field	
1bis; podere Sugherelle,	1° piano abitazione, circa 3 m dal piano campagna	Abitazione al piano superiore e stalla al piano terra con cordolo in cemento armato sul tetto; l'edificio presenta danni da taglio solo sui lati lunghi dell'edificio ma non sui lati corti.
2; podere S. Enrico.	free field	Piccole crepe su abitazione 1 piano e parziale rialzo
3; podere S. Virgilio	free field	Lievi danni esterni
4; podere S. Giuseppe	free field	Lievi danni esterni
5; Piancastagnaio Via Cavour	free field	
5 bis; Piancastagnaio. Via Cavour	casa Pellacci 1° piano, quota 4m	
5 ter; Piancastagnaio. Via Cavour	casa Pellacci 2° piano, quota 7m	
6; Piancastagnaio	Piazzetta vicino bar Nazionale	
6bis; Piancastagnaio	Palazzo Carli 7m dal p.t.	
7; Piancastagnaio.	Via delle Felci, seminterrato	
7 bis; Piancastagnaio.	Via delle Felci 1° piano	Villetta di testa con lievi danni ad una tamponatura.. Quota 6 m sopra mis.7.

		Nord lato lungo villetta, E lato lungo schiera.
8; Piancastagnaio	Via Garibaldi, 2 piano, 8m da piano campagna.	Lesioni al primo piano attorno e sopra una porta murata.
9; Piancastagnaio	Free field Chiesa del monastero di S. Francesco o del SS Sacramento	
9bis; Piancastagnaio	Chiesa del monastero di S. Francesco o del SS Sacramento	Misura nello spessore della muratura, all'accesso della cantoria di sx. Danno visibile: parziale distacco bilaterale della facciata (parte alta).
10; Piancastagnaio	Pieve S. Maria Assunta, piano finto terra su corpo aggettante separato	Parziale distacco parete di fondo e crepe nella cupola. La parte più antica con archi ogivali non mostra danni.
11; podere Bellavista.	free field,	rocce fratturate in affioramento
11bis; podere Bellavista,	1° piano	casa in pietra con lievissime crepe
12; Podere Il Petreto	free field	
12bis; Podere Il Petreto	1° piano	danni elevati nella parte centrale della casa.
13; podere Querciole	free-field	
13 bis; podere Querciole	1° piano	edificio molto danneggiato che già era non in buone condizioni perché in scarso stato di manutenzione
14; Podere Le Strette	free-field	
14 bis; Podere Le Strette,.	1° piano, 2.5 m	Casa con lesioni passanti al primo piano, in tutte le stanze.
15; Abbadia S.Salvatore	dentro casa P.za Repubblica 4	
16; Abbadia S.Salvatore	1°piano Via Carlo Alberto di fronte chiesa S.Leonardo	lesione verticale apparente non passante
17; Podere Casalicchio	free-field	
17bis; Podere Casalicchio	1°piano	danni lungo gli spigoli della casa
18; Podere Cerretale, Questa casa come quella di Sugherelle	1° piano della casa,	struttura identica al podere Sugherelle costruita dopo il terremoto di Piancastagnaio del 1920 con tetto non rifatto con il cordolo, p.t. uso stalla con piloni centrali, lesioni passanti decimetriche e piccolo crollo lato interno di muro a sacco al piano terreno
18bis; Podere Cerretale	free-field,	vicino alla staz.Enel CRRT
19; Podere S.Vittoria	1°piano	edificio che presenta elevati danni, casa costruita nel 44 e simile tipologicamente a Cerretale e Sugherelle
19bis; Podere S.Vittoria	free-field	
20; Piancastagnaio v. Mugnellino	1°piano	casa in ristrutturazione
20bis; Piancastagnaio v. Mugnellino	free-field	
21; Piancastagnaio, Via Ro-	su parte sopraelevata	villino ingresso a raso retro 1 piano rial-

ma,	(3m).	zato con lesioni alle murature portanti e distacco del tetto
21bis; Piancastagnaio, Via Roma,	free-field	giardino su retro villino
22; Piancastagnaio, viale F. Guerrini,	vicino ingresso primo piano cabina ENEL 272	sede stazione accelerometrica PCN
23; Piancastagnaio, Fonte Natali,	vicino ingresso cabina ENEL 992,	sede stazione accelerometrica PCS
24; Piancastagnaio, Podere la Chiusa.	free field	
24; Piancastagnaio, Podere la Chiusa.	piano ammezzato, 2 m dal p.c.	Edificio in pietra ben tenuto. Distacco corpo separato (rimessa) con tetto spingente ad una falda, lesioni nella muratura orizzontalmente a partire dal portone. All'interno, lesione di un architrave dovuta allo scarico del trave principale sovrastante l'apertura a lato di pochi cm
25; Podere Casalini	p.t. (su di uno zoccolo)	edificio Ristorante che presenta danni ad un angolo e crepe in vari punti
25bis; Podere Casalini	free-field.	
26; Floramiata	1° piano	edificio Direzione con elevati danni
26bis; Floramiata	free-field	
27; Casa del Corto	free-field	L'edificio pur essendo simile a Sugherelle presenta molto meno danni, perché un corpo di C.A. funge da sperone. Accanto all'abitazione, fienile con crollo del tetto.
28; Podere Polidoro	1° piano	crepe passanti alle murature portanti, tutti gli edifici intorno hanno crepe passanti
28bis; Podere Polidoro	free-field	
29; Castell'Azzara	3° piano	edificio scolastico, danni lievissimi
29bis; Castell'Azzara	free-field	
30; Castell'Azzara	2° piano palazzina dietro distributore	crepe passanti al secondo piano, lievi distacchi del soffitto e scivolamenti nel tetto.
30bis; Castell'Azzara,.	pianterreno palazzina dietro distributore	
30; Podere Poggiovitello,	1° piano	Prearie condizioni di manutenzione
31; Podere Sargiunta,	pianerottolo 1° piano,	pesime condizioni di manutenzione, crepe passanti
31 bis; Podere Sargiunta	free-field	

SOMMARIO – La sismicità indotta da attività antropiche è un argomento quasi sconosciuto in Italia, con una media di lavori editi sull'argomento pari ad una frazione percentuale di quanto viene pubblicato all'estero. Nella prima parte dell'articolo vengono discusse le motivazioni storiche di questo disinteresse, mentre nella seconda si esaminano le ricadute in termini di rischio sismico e possibili normative seguendo l'esempio di altri paesi europei.

Parole chiave: sismicità indotta, rischio sismico.

1. Introduzione

Con sismicità indotta ci si riferisce di solito a due categorie di eventi. La prima riguarda le relazioni di causa effetto tra terremoti naturali, che facciano venire meno le tradizionali assunzioni di indipendenza tra eventi e assenza di memoria nel processo sismico (p.e., le scosse di assestamento indotte dalla scossa principale). La seconda categoria è quella relativa a terremoti la cui causa scatenante è da ricercarsi in attività antropiche, ed è di questa che discuteremo. È bene precisare che non si intende riferirsi alla generazione di onde sismiche sia in modo volontario (sismica di esplorazione) che involontario (traffico, oscillazione di strutture, aerei supersonici, ecc.), quanto alla attivazione di sorgenti sismiche altrimenti quiescenti.

Esistono numerosi tipi di attività umane in grado di provocare terremoti, di cui le principali sono:

- Riempimento di bacini idroelettrici
- Attività minerarie
- Estrazione/reiniezione di fluidi
- Costruzione di strutture massicce

In genere si tratta di eventi di modesta energia, registrabili solo strumentalmente e non avvertibili dalla popolazione, ma si possono verificare casi di terremoti molto forti, superiori a magnitudo 6 come è occorso per i terremoti indotti dai riempimenti dei bacini di Koyna (India) ed Aswan (Egitto). Indipendentemente dalla bassa magnitudo, molti eventi indotti hanno causato danni per il fatto di avvenire molto più prossimi alla superficie di quanto non accada per i terremoti naturali.

I terremoti indotti, oltre a causare danni ad abitazioni, possono poi danneggiare le stesse opere che li hanno causati. Per questo motivo il fenomeno è ampiamente studiato e monitorato: una ricerca bibliografica su Google Scholar con le frasi chiave "induced earthquake" e "induced seismicity" restituisce oltre 1000 articoli pubblicati dal 1980 ad oggi, in media oltre 30 all'anno. Se si restringe la ricerca all'Italia, paese ricco di centrali idroelettriche, impianti geotermici, pozzi di estrazione di idrocarburi si scopre sorprendentemente che dal 1964 ad oggi sono stati pubblicati solo tre lavori sulla sismicità indotta da dighe /1, 2, 3/, due sul problema della sismicità indotta da reiniezione dei fluidi /4, 5/ ed uno che studia l'effetto sulla sismicità della variazione del regime idrico sotterraneo possibilmente causato dallo scavo di un tunnel o da un cambiamento climatico /6/.

2. Inquadramento storico

Cosa è successo in Italia per causare questo (almeno apparente) disinteresse per la sismicità indotta?

Bisogna risalire al 1964, dopo la catastrofe del Vajont. In quell'anno viene pubblicato dal prof. Caloi, allora geofisico principale dell'Istituto Nazionale di Geofisica un lavoro in cui si evidenzia come l'inizio delle operazioni di invaso del bacino dette luogo ad una sequenza di sismicità indotta nella stessa spalla che più tardi franò causando la tragedia (Fig. 1; per questo ed altri studi citati nel seguito, si veda il lavoro riassuntivo /7/). Non era il primo caso di sismicità indotta da bacini idroelettrici di cui si aveva notizia in Italia. Sempre lo stesso Caloi a partire dal 1951 aveva studiato gli eventi indotti dai cicli di invaso e svasso del bacino di Pieve di Cadore (in quel caso la sismicità era stata sporadica ed in attenuazione, senza ulteriori conseguenze). La possibile correlazione al Vajont tra sismicità indotta ed il seguente distacco franoso creava un precedente di cui alcuni avrebbero preferito tacere e dimenticare al più presto. A queste persone si doveva riferire Caloi quando chiudendo il suo articolo di revisione del 1970, alle soglie del collocamento a riposo per limiti di età scriveva: "È senz'altro spiegabile che un esperto sia portato anche in perfetta buona fede ad esprimere giudizi favorevoli alla parte che lo ha interpellato. Non è però giustificabile che, a questo fine vengano citate cifre non corrispondenti alla realtà, comunque non doverosamente controllate. L'uomo di scienza, se è tale, deve essere sempre ed esclusivamente al servizio della verità".

Va tenuto presente che il monitoraggio sismico delle dighe è obbligatorio per un periodo di almeno tre anni dopo la costruzione (Decreto Ministero LL.PP. del 24 marzo 1982 "Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento"). Gli enti gestori hanno sempre ottemperato a tale obbligo, ma solo in rarissimi casi hanno permesso a terzi l'accesso ai dati: basti pensare che dei tre lavori sopracitati sulla sismicità indotta da invasi, il più recente è stato possibile grazie ad una rete dell'INGV installata per tutt'altri scopi (monitoraggio microsismico delle faglie della Val d'Agri). Mentre in altri paesi la disponibilità di dati consente alla comunità scientifica di studiare il problema della sismicità indotta, in Italia si è lentamente passati alla convinzione che il problema non esista, mentre semplicemente non esistono dati pubblici.

Quanto citato per le dighe vale anche per altri tipi di sismicità indotta. Lo stesso Caloi /7/ ricorda il caso dei terremoti di Cave del Predil dal 1965 al 1971, occorsi presso la miniera di Raibl, che causarono tre morti e quattro feriti tra i minatori, danni (non strutturali) alle abitazioni più prossime all'epicentro e furono avvertibili fino a 50 km di distanza.

Altro caso di sismicità indotta da attività umana sono le attività di estrazione/reiniezione di fluidi nel sottosuolo. Caloi /7/ cita i terremoti del Lodigiano del 15 e 16 Maggio 1951 come indotti dall'attività di estrazione di gas metano.

Tutti questi lavori incontrarono all'epoca la resistenza compatta di un gruppo che potremmo definire "negazionista" e apertamente legato ai gestori di bacini idroelettrici e concessioni minerarie. Lo stesso Caloi riporta una efficacissima spiegazione del perché negli anni a venire il problema della sismicità indotta in Italia è stato non-esistente: *"Per dare un'idea dell'azione di freno (o insabbiamento) dei giudizi di taluni esperti su certe iniziative citerò il caso della Commissione per la microsismicità delle dighe, nominata dal Ministero dei Lavori Pubblici nel 1965. Detta commissione, di cui facevo parte, si riunì per la prima volta il 18 maggio 1965. Poi trascorsero i mesi e con i mesi gli anni senza il minimo accenno di una ripresa dei lavori. Solo una mia vibrata lettera al Ministro dei Lavori pubblici dell'epoca nel gennaio 1968 riuscì a provocarne il risveglio. In ogni modo, i lavori furono limitati ad una sola seduta, con la compilazione di una relazione alquanto vaga, in cui soltanto lo scrivente sottolineava la necessità di osservazioni geodinamiche continue presso le grandi dighe"*.

In questo modo si sono poste le premesse affinché mentre in Italia si pubblicavano solo tre lavori sull'argomento, una stima a livello mondiale di 10 anni fa /8/ riportava circa 100 casi dimostrati di sismicità indotta soltanto dagli invasi idrici artificiali. La mancanza di dati pubblici attendibili limita fortemente le possibilità di studiare crisi sismiche del passato in termini di possibili effetti di sismicità indotta. Un caso emblematico per tutti: il Lago di Campotosto. Dopo il terremoto dell'Aquila del 2009 si è avuta preoccupazione per le tre dighe che sbarrano il bacino, anche perché parte della sismicità è stata attribuita alla faglia di Campotosto che ha una espressione superficiale in prossimità della Diga di Rio Fucino (si veda, p.e., /9/). Prima di questa sequenza, l'unica evidenza di sismicità storicamente assegnata a questa faglia era una sequenza di terremoti degli anni '50 del secolo scorso. Le dighe che sbarrano il Rio Fucino hanno avuto una fase iniziale di costruzione alla fine degli anni '30, un primo completamento nel 1950 e sono poi state sopraelevate a partire da metà degli anni '60. Se si osserva la sismicità al di sopra del VI grado MCS in un raggio di circa 20 km dal bacino tra il 1900 ed il 2000 (dati presi dal catalogo CPTI /10/) riportata in Fig. 2, si osserva come tutti gli eventi si concentrino nei periodi sopra menzionati di inizio Invaso e sopralzì del bacino. La mancanza di dati più precisi (l'errore sugli epicentri in figura è dell'ordine della decina di km) non permette di stabilire con maggiore cura nessi di causa effetto tra livello del bacino e sismicità, impedendo di stabilire quanto la faglia di Campotosto sia stata attiva per cause tettoniche o antropiche, con evidenti conseguenze sulla accuratezza delle stime di pericolosità sismica.

3. Rischio sismico da sismicità indotta

L'aumento di rischio sismico causato dalla possibilità di sismicità indotta si può riassumere in tre aspetti che modificano il fattore pericolosità:

- 1) Deviazione della sismicità dal modello assunto per le stime standard
 - 2) Accelerazioni elevate causa ridotta profondità degli ipocentri
 - 3) Anticipo dell'occorrenza di scosse naturali
- Esaminiamo nel seguito questi fattori.

3.1. Deviazione della sismicità dal modello standard

Le stime standard di pericolosità sismica si basano sulla assunzione che i terremoti seguano una distribuzione di Poisson, ovvero che siano indipendenti tra loro ed il tasso del processo sia costante. La sismicità indotta viola queste assunzioni, causando eventi che seguono processi fortemente non lineari nello spazio e nel tempo. Una volta iniziata una fase di sismicità indotta per aumentati carichi da attività antropiche, l'evoluzione può essere di due tipi: 1) portando ad una diminuzione della magnitudo, del volume interessato e della frequenza delle scosse 2) causando repentini aumenti della sismicità, con scosse violente che perdurano nel tempo anche a distanza dal punto iniziale. Questo comportamento a biforcazione fa capire perché sia fondamentale monitorare con reti microsismiche le attività antropiche in grado di indurre sismicità, in modo di arrestare le cause scatenanti il prima possibile quando l'evoluzione della sequenza evolve in modo infausto. Non sempre è comunque possibile evitare evoluzioni indesiderate. Due esempi famosi riguardano le città di Basilea e Denver.

Nel 2006 a Basilea una società privata intendeva pompare acqua fredda in una zona di rocce calde e secche per stimolare la produzione di vapore geotermico per teleriscaldamento e produzione di elettricità. Il primo giorno di iniezione, dopo sole 16 ore di operatività si verificò un terremoto di magnitudo superiore a quella ritenuta sicura. L'iniezione di acqua fu immediatamente sospesa, ma nelle ore successive la sismicità continuò ad aumentare fino a produrre una scossa che causò effetti pari a $I_{EMS} = V / 11$ costringendo la società ad un risarcimento danni di circa 7,5 M€.

Ancora più a lungo periodo e a maggiore distanza i terremoti di Denver. Nel 1964 l'esercito americano iniziò a pompare reflui in un pozzo a 3600 m di profondità nelle Montagne Rocciose. Le attività proseguirono fino al 1966, nonostante si fossero avvertite numerose scosse in una zona normalmente poco sismica. Solo nel 1965 un geologo locale convinse le autorità della connessione tra terremoti e reiniezione /12/, ma anche una volta sospese le attività di pompaggio i terremoti continuarono per altri 6 anni, rimanendo sensibili alla popolazione sino al 1968 e raggiungendo la massima magnitudo nel 1967 con tre scosse $M > 5$ che causarono danni strutturali in edifici della città di Denver /13/. Molti altri casi nel mondo hanno evidenziato che non è possibile stabilire semplici relazioni lineari tra lo stimolo applicato e la risposta indotta, e nemmeno è possibile prevedere in anticipo, una volta iniziato il processo di propagazione di una grossa frattura, dove e quando il processo si arresterà. Risulta pertanto impossibile ri-

condurre la sismicità indotta nei tradizionali modelli di pericolosità sismica.

3.2. Accelerazioni elevate per ridotta profondità

Una caratteristica che rende la sismicità indotta particolarmente insidiosa è la possibilità che le scosse si verifichino molto più in prossimità della superficie rispetto a quanto accade con i terremoti tettonici. La minore profondità degli ipocentri ha come conseguenza una maggiore attenuazione allontanandosi dall'epicentro, ma anche maggiori accelerazioni e intensità macrosismiche. Un comportamento simile si ritrova in natura per i terremoti vulcanici ed è ben noto anche in Italia come sia importante utilizzare per questi terremoti delle relazioni di attenuazione e di conversione intensità-magnitudo diverse da quelle standard (si veda il recente esempio fornito dallo studio sui terremoti etnei in /14/). In alcuni paesi europei dove la sismicità indotta è più pericolosa di quella naturale si sono già avute proposte di introduzione di forme spettrali compatibili con le norme dell'Eurocodice8 /15/. Nel caso dell'Olanda, il paese più avanzato da questo punto di vista, la sismicità indotta deve essere considerata nella progettazione antisismica di impianti industriali e strutture strategiche secondo relazioni di attenuazione appositamente sviluppate /16/. Gli spettri di risposta del terremoto indotto sono generalmente caratterizzati da un contenuto di accelerazioni in alta frequenza superiore agli spettri di norma di pari PGA di ancoraggio, come si può vedere dall'esempio tratto dal lavoro di Zembaty /15/ riportato in figura 3.

In Italia mancano del tutto informazioni riguardo le accelerazioni e le forme spettrali tipiche della sismicità indotta. Nel campo geotermico di Monte Amiata nel 2000 si verificò un terremoto di magnitudo 3.9 che causò danni strutturali in un'area poco popolata, rendendo inagibili diversi casolari per un totale di 41 senzatetto. Le registrazioni della rete accelerometrica disponibili furono utilizzate per calibrare le stime di accelerazione di picco ottenute dall'analisi dei danni e delle amplificazioni di sito /17/, ottenendo valori che per 5 delle 21 località esaminate sono superiori alla accelerazione di 0.14 g prevista dalla attuale normativa sismica per l'area (Figura 4).

3.3. Anticipo dell'occorrenza di scosse naturali

In tempi recenti, in Italia si stanno studiando le possibilità di stoccare gas metano nel sottosuolo, preva-

lentemente in giacimenti esauriti. Nelle valutazioni di impatto ambientale presentate a corredo delle richieste di questi progetti, non è infrequente trovare una generale sottovalutazione della sismicità indotta, sia per aree naturalmente asismiche o sismiche. Per queste ultime talvolta ci si spinge ad considerare che una eventuale sismicità indotta non farebbe altro che limitarsi ad anticipare eventi che prima o poi sarebbero occorsi comunque. Questa considerazione è sbagliata per i motivi sopra esposti (la sismicità indotta non segue la distribuzione statistica di quella naturale, le accelerazioni sono maggiori) ma soprattutto perché il fattore tempo non può comunque essere considerato influente. Gli ultimi studi sulla pericolosità sismica in Italia mostrano che per buona parte del territorio nazionale esiste un deficit di protezione dato che sono ora state classificate sismiche zone che prima non erano ritenute tali e dove quindi non si progettava in modo antisismico (Fig. 5, da /18/). Pertanto in queste aree non è auspicabile che i terremoti avvengano prima dei loro tempi naturali, dato che adeguare le abitazioni e le altre strutture strategiche (scuole, ospedali, uffici pubblici, ecc.) richiederà comunque molto tempo.

4. Conclusioni

In Italia gli studi sulla sismicità indotta sono in cronico ritardo rispetto al resto del mondo data la assenza di dati pubblici su questo fenomeno. Questa assenza di dati e di studi potrebbe essere confusa con la assenza del fenomeno stesso. Ciò sarebbe pericoloso in un momento in cui vi è un forte interesse per attività quali la geotermia, lo stoccaggio di metano ed il sequestro sotterraneo di anidride carbonica.

Anche in aree con bassi livelli di sismicità naturale va prevista comunque la installazione di reti microsismiche che consentano il monitoraggio della sismicità indotta. I dati di queste reti dovrebbero essere resi disponibili su siti pubblici. Nella progettazione di impianti andrebbe considerata anche la sismicità che questi possono indurre, come avviene già in altri paesi europei. La auspicabile futura disponibilità di dati anche per scosse di modesta entità potrebbe consentire di costruire relazioni di attenuazione delle accelerazioni con la distanza e di conversione magnitudo-intensità ad hoc per la sismicità indotta.

Infine le maggiori cautele andrebbero adottate in quelle aree dove le strutture esistenti risultano inadeguate sismicamente già per la sismicità naturale.

ALLEGATO 33

**Indagine sismica dell'area
di Piancastagnaio e Abbadia San Salvatore**

Relazione sull'installazione della rete sismica locale.

25 Giugno 2000

Dr. Andrea Borgia
Dr. Maurizio Ripepe
Dr. Massimo Della Schiava

EDRA
Via di Fioranello 31, 00134 Roma

6) CONCLUSIONI

Sono state installate 4 stazioni sismiche attorno ad un'area di 25 km² tra le località di Abbazia S. Salvatore e di Piancastagnaio, alle pendici del versante Sud-Est del Monte Amiata, che hanno funzionato dal 7 Maggio 1999 fino al 14 Febbraio 2000.

Durante questo periodo, sono stati registrati 140 eventi sismici, locali, regionali e telesismi. Gli eventi locali sono di magnitudo così piccola che non sono stati registrati nè dalla rete sismica nazionale ING, nè tanto meno dalla rete sismica MEDNET.

Gli eventi locali sono, in genere, differenti da quelli regionali e dai telesismi. Essi hanno una durata che può variare da 5 a 60 s. Nei primi 2-3 s mostrano una fase, con piccola ampiezza ed alta frequenza (10-13 Hz), seguita poi da un'altra fase con ampiezza maggiore ed una frequenza che diminuisce nel tempo (da 6 a 1-2 Hz), mentre la magnitudo è in genere compresa tra -3 e 1.

L'attività sismica locale registrata può essere definita come prodotta da fratturazione idraulica, connessa probabilmente a variazione di pressione dei pori o delle fratture della roccia (Maharer & Mauk, 1987; Chouet, 1996; Feng & Lees, 1998; Segall & Fitzgerald, 1998; Sasaki, 1998). Questo tipo di segnale sismico, non avendo chiari primi impulsi P ed S, non permette l'utilizzo di tecniche standard per la localizzazione ipocentrale, si è quindi filtrato prima il segnale e successivamente è stata utilizzata la tecnica del "Particle Motion" per la determinazione epicentrale. Nonostante l'errore sulla localizzazione abbastanza elevato (± 1.5 Km) si può affermare che l'origine di questa sismicità (almeno per i 10 eventi presi in esame) è situata all'interno del campo geotermico di Piancastagnaio.

Il segnale, estremamente debole, talvolta non viene registrato su tutte le stazioni, ed è per questo motivo che dovrebbe essere considerata la possibilità di installare un numero maggiore di stazioni sismiche (possibilmente almeno 8), così da poter aumentare la

risoluzione epicentrale ed effettuare calcoli ipocentrali, attraverso lo studio della forma d'onda e l'utilizzo di tecniche di "array". Questo permetterebbe anche di caratterizzare il campo d'onda sismico emesso, risolvere i meccanismi focali dei terremoti, definire meglio il modello di velocità sismica (che è fondamentale per la determinazione ipocentrale di un evento sismico) e probabilmente (utilizzando anche i dati di altre reti eventualmente presenti nell'area) di eseguire una tomografia sismica, migliorando così la caratterizzazione della sismicità locale in funzione della natura sismotettonica e geofluidodinamica dell'area.

Dato l'interesse scientifico dello studio in esame verrà richiesta l'autorizzazione del committente per la pubblicazione dei dati su di una rivista specializzata.



ALLEGATO 34

REPUBBLICA ITALIANA

IN NOME DEL POPOLO ITALIANO

TRIBUNALE DI MONTEPULCIANO

Ufficio del Giudice Per Le Indagini Preliminari

Il Giudice per le Udienze Preliminari presso il Tribunale di Montepulciano, dott.ssa Silvia Martuscelli all'udienza del 12/11/2004 ha pronunciato e pubblicato mediante lettura del dispositivo la seguente

SENTENZA

Nei confronti di

ROMAGNOLI PAOLO nato a Piancastagnaio (SI) il 14.7.1957
Residente in Piancastagnaio (SI) via Don Minzoni n. 47 (dom. determinato ex art. 161 c.p.p.)

LIBERO - PRESENTE

TURRINI BRUNO nato a Molinella il 6.12.1946
Residente in Monterotondo Marittimo via Lagoni n. 60
Elettivamente domiciliato in Piancastagnaio, v.le Roma n. 743
c/o Centrale ERGA PC2 c/o Giglioni Enzo e Rosati Daniele
(dom. eletto ex art. 161 c.p.p.)

LIBERO - ASSENTE

IMPUTATI

a) del reato di cui agli artt. 113, 449, 434 c.p. perché, cooperando colposamente tra loro, il Romagnoli quale responsabile dell'unità territoriale di Piancastagnaio della Società ERGA

Sent. N° 102/2004

N° 1676/2001 R.G. N.R.

N° 487/2001 R.G. G.I.P.

SENTENZA

in data 12/11/2004

depositata in Cancelleria

oggi -3 DIC 2004

Il Cancelliere C1

IL CANCELLIERE C1
Gigliani Patricia

Addi _____

fatta comunicazione al P.G.

Il Cancelliere C1

Sentenza divenuta irrevocabile

Il _____

Addi _____

Inviato estratto alla Procura
per esecuzione

Il Cancelliere C1

N° _____

del campione penale.

Il _____

fatt.... sched... casellario

Il Cancelliere C1

S.p.A., il Turrini quale responsabile della manutenzione impianti della predetta unità territoriale, per negligenza, imprudenza ed imperizia, consiste nel non valutare correttamente che la presenza di consistenti incrostazioni di sali di ammonio all'interno del pozzo PC4, unitamente alla forte e duratura caduta di pressione registrata a testa pozzo tra il 1994 ed il 1998 (dopo l'arresto dell'attività del pozzo e fino al 1994 le pressioni registrate a bocca pozzo erano di circa 20 bar - cioè pressione sostanzialmente corrispondente a quella esistente nel serbatoio geotermico - mentre a partire dal 1998 - dopo l'interruzione della registrazione dei dati per 4 anni - i valori di pressione misurati risultavano variabili tra i 5 ed i 10 bar) erano la conseguenza dell'avvenuto snervamento del casing del pozzo e quindi omettendo, conseguentemente, di provvedere alla chiusura mineraria del pozzo o comunque alla effettuazione delle operazioni di rimozione delle incrostazioni in condizioni tali da poter predisporre l'immediato "affogamento" del pozzo in caso di necessità, cagionavano un disastro innominato, consistito nella formazione di polluzioni di gas e vapore con fuoriuscita di fango argilloso, dalle quali derivava lo sprigionarsi di gas pericolosi per la salute pubblica, tra cui acido solfidrico e monossido di carbonio, con conseguente moria di animali e parziale distruzione di un immobile di proprietà di Perugini Marcello, fenomeni tutti conseguenti alla predetta attività di rimozione intrapresa nell'agosto 2000 sul pozzo mediante pompaggio di acqua, attività che determinava la rimozione, totale o parziale, delle incrostazioni che ostruivano le fessure del casing, così determinando l'instaurarsi di un maggior flusso di gas dall'interno verso l'esterno del casing stesso, gas che nei giorni successivi, in pressione, si canalizzava lungo percorsi preferenziali per poi uscire in superficie provocando i meglio sopra specificati fenomeni.

b) del reato di cui agli artt. 113, 674 c.p. perché, cooperando colposamente tra di loro, nelle qualità e compiendo le attività di cui al capo che precede, nei casi non consentiti dalla legge, provocavano l'emissione di gas e vapori di cui più dettagliatamente al capo sub a).

Fatti commessi in Piancastagnaio tra il 13 ed il 16 settembre 2000, in località Troni.

Con l'intervento:

- del Pubblico Ministero dott. Giuseppe Grosso;
- dell'avv. Daniele Chiezzi del Foro di Montepulciano, difensore della parte civile costituita "Comune di Piancastagnaio";
- dell'avv. Ignazio Porcelloni del Foro di Montepulciano, difensore della parte civile costituita "Legambiente Toscana - Onlus" e sostituto processuale dell'avv. Danilo Bisconti del Foro di Montepulciano e dell'avv. Luciano Fabbrini del Foro di Montepulciano, difensori rispettivamente delle parti civili costituite "Comitato per la Salvaguardia dell'Ambiente del Monte Amiata" e "Comunità Montana Amiata Senese";
- dell'avv. Roberto Tiberi del Foro di Montepulciano difensore della parte civile costituita "Associazione Italiana per il World Wide Fund For Nature (WWF)";

- dell'avv. Arnaldo Massei del Foro di Pisa difensore di fiducia di entrambi gli imputati;
- dell'avv. Giuseppe Nicosia del Foro di Grosseto difensore di fiducia di Romagnoli;

Gli imputati all'udienza del 24/1/2003 hanno formulato istanza di ammissione al rito abbreviato. Il Giudice ha ammesso gli imputati Romagnoli Paolo e Turrini Bruno al rito abbreviato.

Le parti hanno concluso come segue:

il Pubblico Ministero: assolversi gli imputati con la formula di giustizia che il Giudice riterrà opportuna.

L'avv. Chiezzi, difensore della parte civile "Comune di Piancastagnaio": si riporta alla memoria depositata; ritenersi gli imputati responsabili dei reati loro ascritti e conseguentemente condannarli alla pena ritenuta di giustizia. Condannarsi gli stessi, in solido tra di loro, al risarcimento di tutti i danni subiti dal Comune di Piancastagnaio, nella complessiva misura di euro 44.007.426,56 a titolo di danni materiali e morali, o comunque nella misura ritenuta di giustizia, eventualmente anche in via equitativa per le voci di danno non determinabili direttamente. Interessi legali dal fatto al saldo effettivo, nonché alle spese legali per il presente procedimento.

L'avv. Tiberi, difensore della parte civile "Associazione italiana per il World Wide Fund For Nature (WWF)": si riporta alla memoria conclusiva depositata, chiede inoltre il rinnovamento della perizia. Condannarsi gli imputati alla pena che sarà ritenuta di giustizia oltre al risarcimento dei danni morali causati alla predetta associazione da quantificarsi e liquidarsi in separata sede, salvo una provvisoria immediatamente esecutiva di E. 5.000,00 (E. cinquemila/00), nonché del ripristino integrale dello stato dei luoghi. Condannarsi inoltre gli imputati alla rifusione delle spese di costituzione e difesa della parte civile.

L'avv. Porcelloni, difensore della parte civile "Legambiente Toscana - Onlus": condannarsi gli imputati alla pena di giustizia e condannarli in solido tra di loro alla riduzione in pristino dello stato dei luoghi nonché al risarcimento del danno non patrimoniale da determinarsi in separata sede, con la concessione di una provvisoria di E. 5.000,00, oltre al pagamento delle spese processuali.

L'avv. Porcelloni per la parte civile "Comunità Montana Amiata Senese": condannarsi gli imputati alla pena di giustizia e condannarli in solido tra di loro alla riduzione in pristino dello stato dei luoghi nonché al risarcimento degli ulteriori danni patrimoniali e del danno non patrimoniale da determinarsi in separata sede, con la concessione di una provvisoria di E. 5.000,00, oltre al pagamento delle spese processuali.

L'avv. Porcelloni per la parte civile "Comitato per la Salvaguardia dell'Ambiente del Monte Amiata": si rimette a giustizia; accertata la penale responsabilità degli imputati, condannarli alla pena che sarà ritenuta di giustizia oltre al risarcimento in solido del danno non patrimoniale patito dal Comitato, che vorrà liquidare in via equitativa;

condannarsi inoltre gli imputati alla rifusione delle spese di costituzione e difesa della parte civile.

L'avv. Nicosia difensore dell'imputato Romagnoli: assolversi l'imputato.

L'avv. Massei difensore di entrambi gli imputati: non utilizzabilità delle perizie dei consulenti delle Parti Civili; non utilizzabilità delle sommarie informazioni rese da Pammolli e Perugini. Conclude chiedendo l'assoluzione degli imputati perché il fatto non sussiste.

H. S. P.
Dot. G. B. M. M. M.

MOTIVAZIONE

In data 13/9/2000 in loc. Casa di Paolo e Troni, in territorio del Comune di Piancastagnaio si ebbe a verificare un "fenomeno geotermico" caratterizzato in fuoriuscita di gas e fango nell'area circostante il podere denominato "Marchese" con apertura di crepe all'interno dell'immobile in questione

Nella relazione redatta nell'immediatezza del fenomeno dalla S.C.C. di Piancastagnaio, sulla base degli immediati accertamenti compiuti in loco dagli organi amministrativi preposti, si riferisce che detto fenomeno, assai diverso per dimensioni e caratteristiche dalle frequenti manifestazioni naturali, era consistito in esalazioni di gas e getti di vapore geotermico in grado di raggiungere altezze di 15 mt. dal piano di campagna, accompagnati da fuoriuscita di fango argilloso che, a causa della spinta prodotta dal vapore, veniva sollevato ad altezza di circa 12 mt.

Le misurazioni effettuate dal personale delle UU.OO. di Igiene Industriale e Tossicologia Occupazionale della ASL 7 accertavano, nei giorni immediatamente successivi al primo apparire del fenomeno, concentrazioni notevoli nell'atmosfera di acido solforico ed ossido di carbonio, gas caratterizzati da notevole grado di tossicità.

In data 15/9/2000, il Sindaco del Comune di Piancastagnaio, emetteva ordinanza di interdizione al pubblico transito delle strade vicinali in prossimità del podere Marchese e disponeva l'evacuazione di persone ed animali nella zona per un raggio di 400 mt..

Le indagini dirette ad accertare le cause dell'evento evidenziano che nei giorni precedenti la manifestazione del descritto fenomeno geotermico, e precisamente l'8 ed il 31 agosto 2000 erano state effettuate da parte del personale dipendente della soc. Erga, gerente il relativo impianto geotermico, operazioni di pompaggio di acqua all'interno del vicino pozzo "PC4", non più operativo, finalizzate alla eliminazione di incrostazioni saline ivi presenti ed allo scopo di inserire nel pozzo strumenti di misurazione atti a controllare il campo.

In data 16/9/2000, personale tecnico dell'Erga, unitamente con personale ARPAT, realizzava la cementificazione del pozzo in questione, verificandosi al contempo la immediata cessazione delle manifestazioni sopra evidenziate.

Le indagini preliminari subito avviate, furono dirette ad accertare l'origine e l'entità del fenomeno e soprattutto l'effettivo collegamento con le descritte operazioni poste in essere sul pozzo geotermico; collegamento che nei giorni immediatamente successivi all'evento fu ipotizzato sulla base di sommarie informazioni rese in tal senso da Valli Luigi, responsabile della V.O. Chimico Ambientale del Dipartimento Prov. le ARPAT di Siena, che riferì

H. S. P.
Dott.ssa Silvia Marascati

ai aver appreso da personale Erga, di un possibile cedimento del casing del pozzo a seguito dello shock termico cagionato dai pompaggi di acqua.

A tal fine fu disposta consulenza tecnica, previo sequestro di documentazione pertinente presso la società di gestione del pozzo.

Una prima consulenza espletata dal Prof. Beneo, che concludeva in termini di negazione certa dell'ipotizzato nesso di causalità tra pompaggi effettuati sul pozzo e fuoriuscita di gas e fango, fu seguita da altra consulenza, affidata al Prof. Boni, e disposta a seguito delle osservazioni e critiche mosse dai consulenti delle parti offese - Comune di Piancastagnaio e proprietario del podere danneggiato, Perugini Marcello - all'operato del primo consulente.

Alla conclusione delle indagini, dunque, è seguita la richiesta di rinvio a giudizio di Romagnoli Paolo e Turrini Bruno, responsabile dell'unità territoriale di Piancastagnaio il primo e responsabile della manutenzioni impianti il secondo della Soc. Erga, gerente l'impianto geotermico di cui trattasi, con le imputazioni di disastro colposo e getto di cose pericolose, così come formulate in atti e riportate all'epigrafe che precede.

Nel corso dell'udienza preliminare innanzitutto si costituivano parti civili il comune di Piancastagnaio, Legambiente Toscana - Onlus, il Comitato per la Salvaguardia dell'ambiente del Monte Amiata e la Comunità Montana Amiata Senese. La difesa degli imputati eccepiva l'inammissibilità delle costituzioni di parte civile spiegate dagli enti suddetti ad eccezione del Comune, che veniva respinta con separata ordinanza. Gli imputati, quindi, proponevano istanza di giudizio abbreviato, nel corso del quale il Gup disponeva procedersi a perizia, al fine di compiere a mezzo di persona esperta e qualificata, gli accertamenti necessari allo scopo di giungere ad una verifica e valutazione delle diverse conclusioni rese dai vari consulenti nominati dalle parti e, soprattutto, accertare, in termini scientifici, la fondatezza della tesi accusatoria concernente la riconducibilità degli eventi dannosi e l'attività posta in essere dai responsabili Erga.

Concluse le indagini peritali, nel corso delle quali venivano compiute analisi di laboratori su campioni prelevati alla testa del poccapozzo, al fine di verificare la fondatezza dell'ipotesi accusatoria fondata sulla rottura del casing conseguente all'immissione di acqua a forte pressione, sulle conclusioni delle parti la causa veniva decisa come da dispositivo in atti.

Innanzitutto, dalle risultanze emergenti dai primi atti di indagine, dalle misurazioni compiute dagli organi competenti e dalla descrizione del fenomeno verificatosi e sopra descritto, va affermato senza ombra di dubbio che le manifestazioni geotermiche prodottesi, per la entità delle stesse, la natura delle esalazioni, la fuoriuscita di fango a pressione, va certamente inquadrato nel paradigma normativo oggetto di contestazione.

Ai fini dell'elemento materiale tipico del delitto di disastro innominato colposo ciò che rileva non è il danno realmente prodotto, bensì la potenzialità

*
Il G. U. P.
Borassa Silvio Marzucco

dell'evento in relazione alla concreta situazione di pericolo per la pubblica incolumità.

Nel caso di specie i getti di vapore e fango ad altezze addirittura superiori ai 12 mt., accompagnati dalla fuoriuscita di gas nocivi per la salute umana quali ossido di carbonio e acido solfidrico, nelle immediate vicinanze e all'interno di abitazioni civili occupate, esclude che possa sostenersi l'inidoneità del fenomeno a porre in pericolo la pubblica incolumità, ancorché, in concreto, nessun danno alle persone si sia prodotto.

Tanto rilevato, ed affermata, quindi, la ricorrenza nel caso di specie di un "evento" quale quello cui la norma incriminatrice si riferisce, la problematica centrale del presente procedimento attiene alla esistenza del nesso causale tra l'"evento" come sopra descritto e la condotta posta in essere dai tecnici dell'Enel - della quale gli odierni imputati sono chiamati a rispondere nelle rispettive precisate qualità.

Le consulenze tecniche espletate a cura delle parti, Pubblico Ministero, imputato, parte civile Comune di Piancastagnaio, aventi ad oggetto la indagine relativa al nesso eziologico ipotizzato "prima face" tra l'attività compiuta dai tecnici ENEL sul pozzo PC4 nelle giornate del 9/8 e 31/8/2000, consistite nel pompaggio di acqua all'interno del pozzo ed il fenomeno registrato a partire dal successivo 13/9/2000, hanno concluso in senso difforme.

Il consulente del p.m., Dott. Boni, e quello della parte civile, Comune di Piancastagnaio, Dott. Borgia, sostanzialmente asseriscono detta riconducibilità, ricollegando il fenomeno ad ipotizzate lesioni del casing del pozzo. Si sostiene in tal senso che attraverso dette lesioni, preesistenti e cementate dalle incrostazioni saline ovvero prodottesi al momento del pompaggio, si sarebbe verificata la risalita del materiale geotermico e la fuoriuscita dallo stesso in superficie, attraverso le idrofratturazioni determinate anch'esse dalle operazioni di pompaggio.

In particolare il consulente Dott. Boni giunge alle esposte conclusioni così ragionando: l'affogamento del pozzo mediante iniezioni di cemento ha determinato la cessazione dei fenomeni; la quantità di materiale cementizio utilizzato non era tale da ostruire le fratture del serbatoio geotermico ma era sufficiente ad ostruire l'interno del casing del pozzo, dunque, le emissioni traevano origine da tali lesioni.

I c.t. degli imputati, di converso, negano la sussistenza del dibattuto nesso di causalità, fornendo un'interpretazione del fenomeno verificatosi di tipo esclusivamente naturalistico. Essi interpretano l'evento quale conseguenza della riattivazione del sistema di fratturazione e/o fagliazione associato al sistema geotermico, connesso direttamente o indirettamente alla crisi sismica avvenuta nell'area amiatina nel corso dell'anno 2000.

- 7 -
H.G.U.P.
Dott.ssa Silvia Martuccelli

Si argomenta in tal senso: le immissioni di acqua compiute non possono aver cagionato aumenti di pressione nel serbatoio geotermico per le caratteristiche stesse di esso e per le modalità con cui sono state effettuate; inverosimile la ipotesi di rottura del casing, sia perché esso è formato da due tubi concentrici, sia in quanto le ipotizzate fratture, se effettivamente esistenti, non avrebbero potuto non essere state registrate in precedenza, né avrebbero potuto rimaner tamponate da semplici incrostazioni saline.

Il perito, Prof. Renato Funicello, all'esito delle indagini tecnico-scientifiche espletate, ha concluso: "lo scenario più probabile cui riferire gli eventi occorsi in Loc. Troni di Piancastagnaio, prevede l'interazione fra il sistema naturale (fratturazione preesistente, sismicità diffusa e sistema idrotermale) e le operazioni minerarie di pompaggio di acqua effettuate sul PC4. L'andamento delle pressioni di boccapozzo del PC4 dopo le operazioni di pompaggio suggerisce, infatti, che la parte profonda del pozzo costituisca una barriera di permeabilità, probabilmente indotta dalla precipitazione di minerali presenti nel fluido geotermico che permea il serbatoio geotermico superficiale. Tali operazioni hanno probabilmente indotto l'indebolimento idraulico (mediante decremento della resistenza, lubrificazione e incremento della pressione di poro) nell'intorno del pozzo e rimosso le condizioni locali di cementazione del sistema di fratturazione precedentemente instauratesi nell'intorno del pozzo stesso. Tale processo ha permesso di ricreare condizioni di alta permeabilità nell'interno del pozzo e, quindi, la possibilità di avere condotti per il flusso di fluidi ad alta termalità verso la superficie. Il perdurare delle condizioni di sforzo tettonico nell'area ha così consentito ai fluidi in pressione e ad alta termalità di sfruttare tali condotti, che, di fatto, rappresentano la *damage zone* di una faglia riattivata dalla concentrazione di sforzo e dall'indebolimento idraulico indotto dal pompaggio dell'acqua. L'immissione di malta cementizia nel pozzo ha avuto poi l'effetto di cementare nuovamente il sistema di fratturazione che si era precedentemente riattivato, occludendo i condotti ed eliminando la connessione superficie-serbatoio geotermico superficiale".

L'interpretazione del fenomeno espressa dal perito nella relazione depositata in atti si pone in termini intermedi rispetto a quelle sostenute dai consulenti di parte.

Egli, cioè, evidenziando innanzitutto la mancanza di elementi desumibili dai risultati delle analisi compiute sui campioni prelevati dal casing del pozzo che possano suffragare la tesi, propugnata dall'accusa e dalle difese delle parti civili, della rottura del casing, ricostruisce l'evento nel senso di ritenere che le operazioni minerarie compiute dal personale dell'Ente sul pozzo di questione "hanno interagito con un sistema di fagliazione quiescente, probabilmente inducendone la riattivazione e quindi il manifestarsi degli eventi", anche in connessione con movimenti tellurici

verificatisi in zona nel periodo temporale precedente le operazioni "incriminate".

Si legge nella relazione: "l'intervento minerario ha probabilmente accelerato un processo (quiescente fino al momento del pompaggio di acqua) che, vista la dinamica dell'area amiatina, si sarebbe comunque verificato nel tempo".

L'esperto, inoltre, precisa che la ricostruzione del descritto meccanismo non può essere affermata con alto grado di certezza, esistendo troppe variabili insite nella complessità del sistema geotermico amiatino, che non consentono una definizione certa del fenomeno.

Riassunto, dunque, il quadro argomentativo utilizzabile ai fini del giudizio che si è chiamati ad esprimere, è opportuno richiamare i principi giuridici alla stregua dei quali esso va formulato.

E' noto che l'interpretazione dominante degli artt. 40 e 41c.p., sul nesso di causalità e concorso di cause, si fonda sulla teoria di "equivalenza di cause" ovvero "teoria condizionalistica", secondo cui è causa penalmente rilevante quella condotta umana (attiva o passiva) che si pone quale "condizio sine qua non" rispetto alla produzione dell'evento.

Condizione necessaria, dunque, è quell'azione o omissione in assenza della quale, l'evento non si sarebbe verificato e ciò sulla base del cosiddetto "giudizio controfattuale" che implica la ricostruzione degli antecedenti che, in concatenazione tra loro, hanno contribuito a determinarne il risultato dannoso o pericoloso.

A tal fine, è necessario sussumere il singolo evento sotto leggi scientifiche (leggi di copertura) idonee a spiegarne la fenomenologia.

Accanto a poche leggi universali che spiegano in termini di certezze alcuni fenomeni, la maggior parte di esse sono di carattere statistico, limitandosi a rilevare come determinati eventi siano prodotti da una certa concatenazione di precedenti su un numero più o meno elevato di casi.

I fenomeni cioè, su tali ipotesi, trovano spiegazioni in termini di possibilità di grado più o meno elevato (probabilità).

Il dibattito giurisprudenziale avente ad oggetto la problematica in questione è stato oggetto di chiarificazioni e puntualizzazioni nella pronuncia delle S.C. Sez. Un. 10/7/02, n. , che ha argomentato con particolare riferimento alla problematica inerente i reati omissivi impropri in materia di responsabilità professionale del sanitario.

In essa, sinteticamente, si afferma che può ravvisarsi la ricorrenza del nesso causale tra condotta ed evento allorché alla stregua del giudizio controfattuale, condotto sulla base di una generalizzata regola d'esperienza o di una legge scientifica - universale o statistica -, si accerti che in assenza della condotta (omissiva) l'evento non si sarebbe verificato ovvero si sarebbe verificato in epoca significativamente posteriore;

Il G. C. P. P. di Pistoia
Don. SSA Silvia Piantucconi

che non è consentito dedurre automaticamente dal coefficiente di probabilità espresso dalla legge statistica la conferma o meno dell'ipotesi accusatoria, dovendosi verificare la validità in concreto, sulla base delle circostanze di fatto e dell'evidenza disponibile, così che all'esito del ragionamento probatorio che abbia escluso l'interferenza di fattori alternativi, risulti giustificata e processualmente certa la conclusione circa l'affermazione del nesso eziologico; l'insufficienza, contraddittorietà ed incertezza del riscontro probatorio sulla ricostruzione del nesso causale, in base all'evidenza disponibile, comportano la neutralizzazione dell'ipotesi accusatoria.

Il principio, in ultima analisi, contenuto nella pronuncia sin qui richiamata, può individuarsi nella affermazione secondo cui non è consentito dedurre automaticamente e proporzionalmente dal coefficiente di probabilità indotto dalla legge statistica la conferma o la esclusione del nesso di causalità, dovendo il giudice verificare alla stregua dei comuni canoni di "certezza processuale" la efficacia causale della condotta, seguendo un procedimento logico simile a quello in tema di prova indiziaria, che escluda il verificarsi di fattori causali alternativi.

Nel caso di specie, il ricorso al giudizio controfattuale articolato nel senso sopra specificato consente di affermare con logica e ragionevole certezza che se i pompaggi di acqua all'interno del pozzo geotermico PC4, effettuati il 9 e 31 agosto 2000 non fossero stati operati, le propagazioni di vapore e fango in loc. Troni non si sarebbero verificate.

Le condivisibili argomentazioni esposte e sostenute dal perito Prof. Funicello conducono a tale conclusione poiché, la ricostruzione della dinamica del fenomeno da costui proposta in termini scientifici di possibilità apprezzabile, costituisce, purtuttavia, l'unica logica e ragionevole interpretazione dell'evento.

In sede di esame esplicativo della propria relazione, avvenuto nel contraddittorio delle parti, il perito ha, infatti, precisato che il meccanismo descritto nella propria relazione, in virtù del quale egli riconduce le emissioni alle operazioni minerarie, quantomeno in parte, quali concause, è l'unica fondata possibilità di interpretazione dello stesso, alla luce dei più recenti studi personalmente condotti nel campo specifico.

Tale osservazione, valutata in relazione anche al dato indiscusso risultante dagli atti processuali, della immediata cessazione dei fenomeni emissivi con la cementificazione del pozzo, non possono non indurre a ritenere, sulla base di un giudizio di logica e ragionevole certezza, il nesso eziologico ipotizzato realmente sussistente.

A questo punto, va valutata la condotta degli odierni imputati sotto il profilo più propriamente soggettivo, della attribuibilità del fatto reato alla imprudenza, negligenza o imperizia nella realizzazione della condotta posta in essere.

interno dei pozzi geotermici costituisce una operazione normalmente effettuata a fini di manutenzione e che, come tale, non presenta particolari rischi ovvero controindicazioni, come sottolineato dal perito, sollecitato su tale argomento dalle difese di parte civile.

Ciò posto, ritiene il Giudicante che non possano ravvisarsi elementi di colpevolezza a carico degli odierni prevenuti proprio alla luce, della ricostruzione del fenomeno come proposta dal perito e fatta propria dal Giudicante.

Il Prof. Funicello, nel corso della propria esposizione orale, chiarificatrice delle conclusioni rese per iscritto, ha affermato che l'indagine compiuta in adempimento dell'incarico conferitogli è stata condotta in termini empirici, così come avviene sempre per fenomeni del tipo in oggetto.

gli ha precisato: "il fenomeno di cui al processo, così come io ho inteso costruirlo, non ha avuto precedenti almeno a quanto io sappia, e sulla base della documentazione acquisita, posso pertanto affermare che i tecnici Erga non avessero un quadro di riferimento che consentisse di compiere valutazioni aprioristiche rispetto all'accaduto".

Il medesimo ha aggiunto: "faccio presente che i numerosi incidenti verificatisi nel corso degli anni in zone geotermiche che io ho potuto osservare e di cui sono a conoscenza hanno avuto ciascuno cause specifiche diverse tra loro".

Infine, ancora: "preciso che nel caso di specie la fuoriuscita del fluido è avvenuta in un campo di frattura che si trova nella stessa località ma che non corrisponde al pozzo, e ciò è un caso che non si era mai verificato".

Le riportate osservazioni, valutate anche in considerazione della precisazione compiuta dal Prof. Funicello circa la impossibilità di traslare studi compiuti in altri campi geotermici diversi proprio in virtù del fatto che ciascuno di essi ha caratteristiche sue proprie, non comparabili con quelle di altri, comporta come logica conseguenza, la non ravvisabilità in capo ai prevenuti, chiamati a rispondere del disastro verificatosi, di elementi di colpa, dovendosi escludere a loro carico, costoro, disponendo e compiendo un'operazione di routine sul pozzo, di dover essere prevedere, sulla base delle precise conoscenze che essi avevano e potevano avere, quanto poi effettivamente verificatosi.

Le argomentazioni sin qui svolte, dunque, impongono l'assoluzione di tutti e due i denunciati dai reati loro ascritti perché il fatto non costituisce reato, dovendosi, peraltro, ritenere la contravvenzione sub B) assorbita nel reato sub A), trattandosi della medesima condotta contestata a titolo di reato colposo per le conseguenze di pericolo per la pubblica incolumità dei denunciati.


Don SSA Silvia Martuscelli

P. Q.M.

gli artt. 438 ss e 530 c.p.p.

ive romagnoli Paolo e Turrini Bruno dal delitto loro ascritto perché il fatto
non costituisce reato.

Riserva il deposito della motivazione nel termine di giorni 30 dalla data
di emana.

Stepulciano, 12/11/2004

IL CANCELLIERE CI
Cognomi Puzia

Il GUP
Dott. Silvia Martuscelli

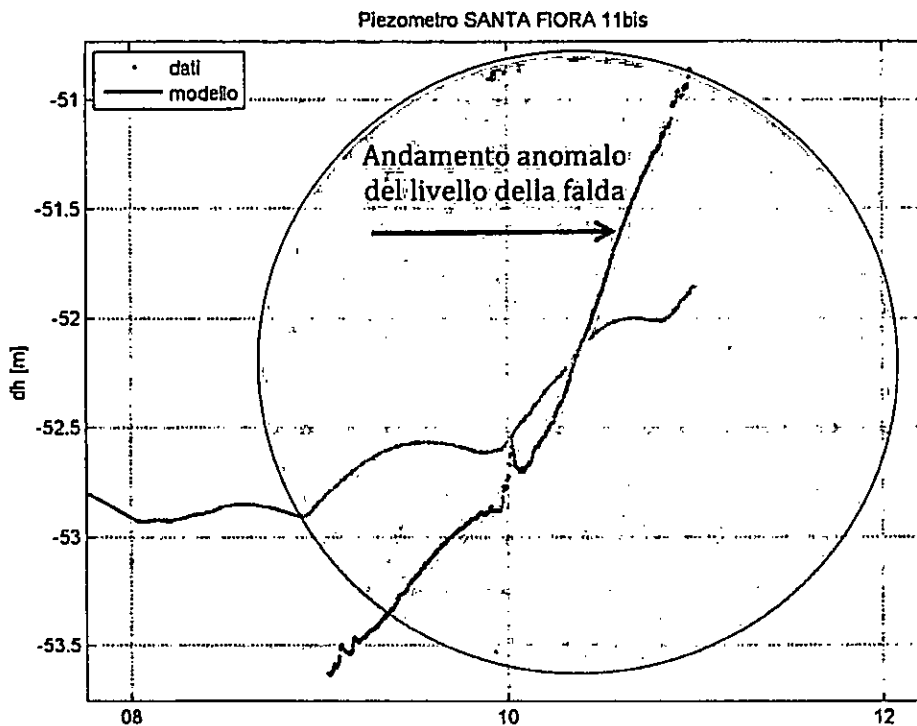
Valutazione dei nuovi dati piezometrici dell'acquifero del Mt. Amiata

PhD Andrea Borgia

Docente di Geotermia

Università degli Studi di Milano

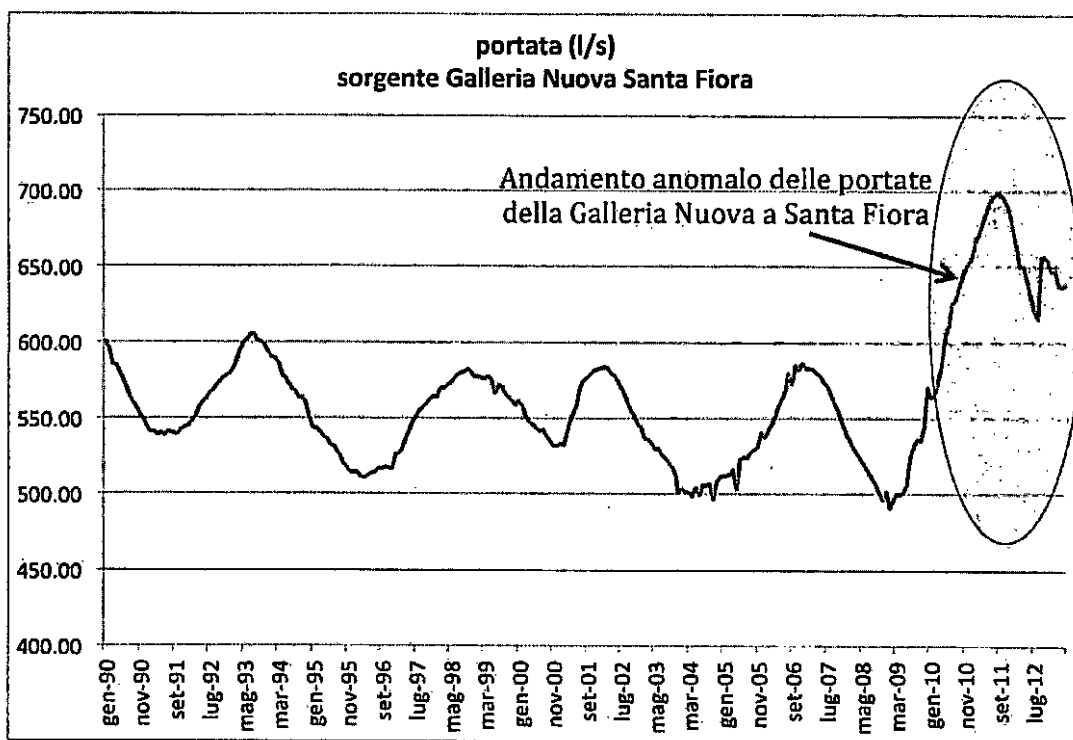
A seguito della Vostra specifica richiesta rimetto le mie valutazioni in merito agli andamenti temporali del livello della falda acquifera del Mt. Amiata e delle portate della Galleria Nuova a Santa Fiora (GR).



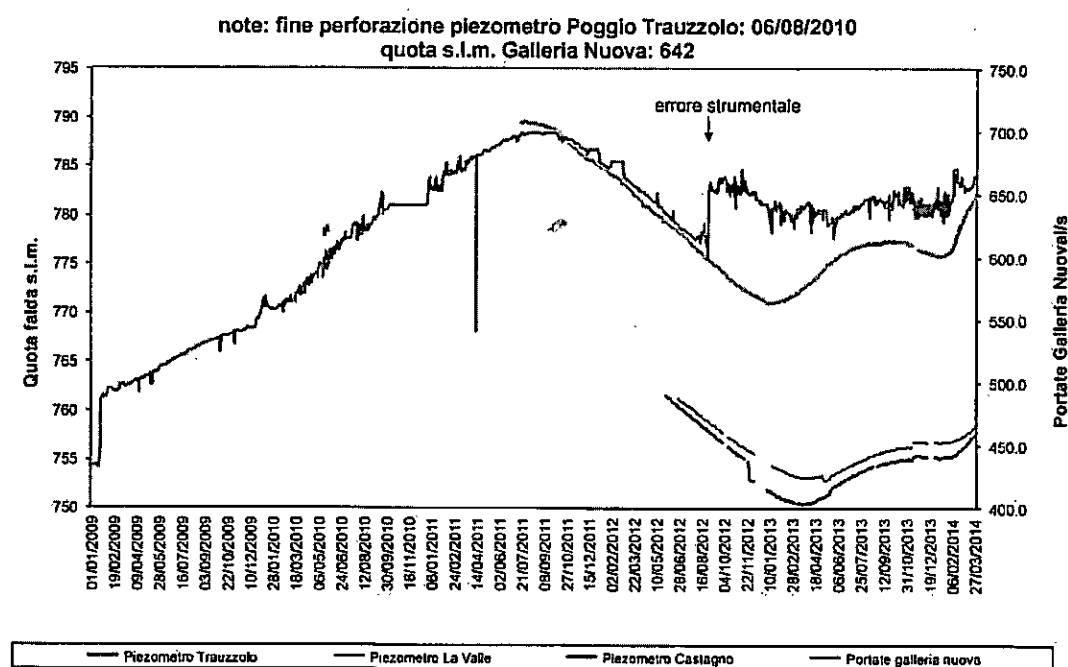
Il fenomeno d'innalzamento repentino della falda acquifera dall'inizio 2009 a tutto il 2010 è stato chiaramente identificato anche dall'ultimo studio realizzato dalla Regione Toscana (MOBIDIC, 2011) nel quale, osservando come tali andamenti anomali del

livello della falda alle sorgenti del Fiora (piezometro Santa Fiora 11bis - linea nera nella figura soprastante) si discostino da quanto modellato (linea rossa nella figura soprastante), si afferma come “... la variabilità climatica possa non essere l'unico fattore di controllo di tali oscillazioni [della falda freatica - n.d.r.], ma che possa potenzialmente giocare un ruolo anche una fluttuazione della pressione inferiore...”.

Tale fenomeno di anomalo incremento del livello della falda è ovviamente riscontrabile anche nella portata della Galleria Nuova delle sorgenti del Fiora (vedi figura sottostante) in cui l'incremento della portata è maggiore del 20% in circa un anno e mezzo. Come indicato dallo studio MOBIDIC solo un incremento della pressione dell'acquifero geotermico alla base dell'acquifero freatico può portare ad un tale repentino incremento della portata della sorgente.

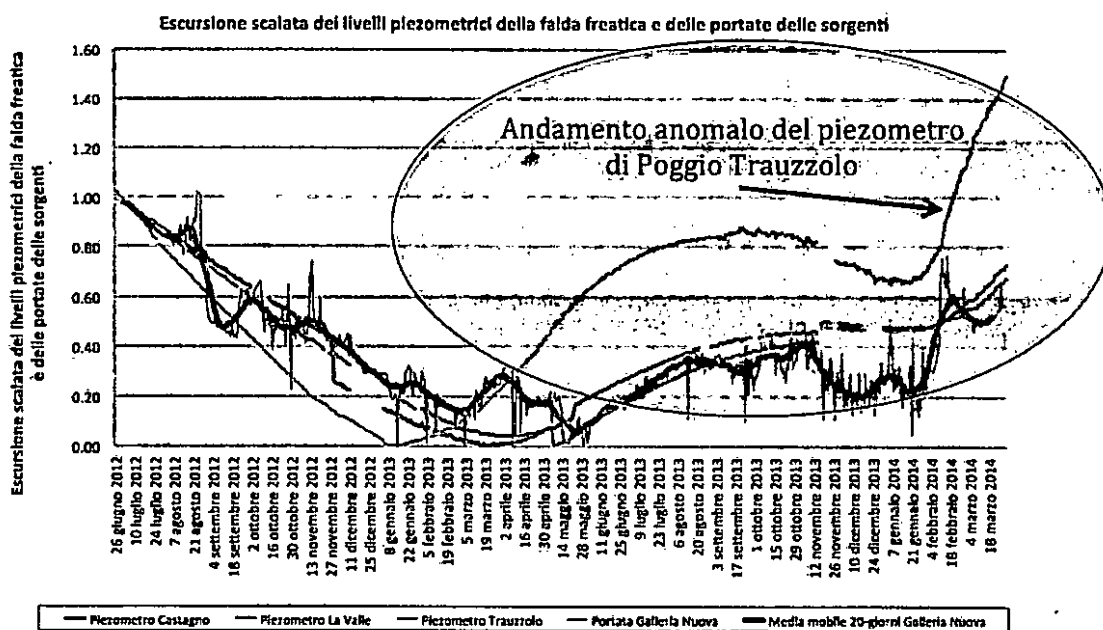


La figura seguente descrive l'andamento temporale (dal gennaio 2009 al marzo 2014) delle portate della Galleria Nuova a Santa Fiora (in rosso) ed i livelli piezometrici di Poggio Trauzolo (verde), La valle (celeste) e Castagno (azzurro) dai dati dalla Regione Toscana.



La figura successiva, invece, è un'elaborazione della figura precedente prendendo in considerazione unicamente il periodo per il quale sono presenti i dati dei tre piezometri (in rosso con linea spessa è la media mobile su 20 giorni delle portate). I dati delle portate sono stati corretti dall'errore strumentale; inoltre, inoltre i valori dei livelli piezometrici e delle portate sono stati scalati omogeneamente in modo che essi varino tra 0 ed 1 nel periodo da giugno 2012 a giugno 2013. Questa elaborazione fa sì che i dati dei piezometri e delle portate siano resi adimensionali e direttamente confrontabili tra loro. In pratica, se non vi fossero influenze esterne oltre alle precipitazioni, l'andamento temporale dei livelli piezometrici e delle portate dovrebbe essere omogeneo.

Si può osservare chiaramente come il piezometro di Poggio Trauzzolo già dai primi mesi del 2013 presenta un andamento anomalo rispetto agli altri piezometri con un innalzamento del livello freatico molto più grande e rapido di quello atteso, segno che a Poggio Trauzzolo altri fattori, oltre alle precipitazioni, influenzano in forma determinante il livello della falda. Come appunto asserito dallo studio MOBIDIC tale fattore non può essere che l'innalzamento della pressione dei campi geotermici alla base dell'acquifero freatico.



Ovviamente quanto sopra osservato dimostra anche che esiste un collegamento diretto tra gli acquiferi geotermico ed idropotabile del Monte Amiata.

Anche se tali dati e fatti erano già a conoscenza della Regione Toscana durante la procedura di VIA, il parere positivo per della Centrale di Bagnore 4 li trascura negandone l'evidenza.

Si richiede, pertanto, che il MATTM, per il tramite della Regione Toscana, metta a disposizione del pubblico i dati completi relativi alle portate di vapore dei singoli pozzi dei Campi Geotermici di Piancastagnaio e Bagnore in modo da poter fare le valutazioni del caso.

Allegati - AMIATA / GEOTERMIA -

- 1- S.I.A. - Centrale geotermoelettrica di Bagnore 4 Siti di Importanza Regionale.
- 2- Calamai A., Cataldi R., Squarci P., Taffi L. : "Geology, Geophysics and Hydrogeology of the Monte Amiata Geothermal Fields. I – Maps and Comments." - tratto da: Geothermics, 1970, Special Issue 1, pag.5-8.
- 3- Compagnia Mediterranea di prospezioni : Estratto prospezioni geoelettriche acquifero M. Amiata – Roma, luglio 1996 .
- 4-Dott. Geol. Massimo Marrocchesi - Indagine geofisica Monte Amiata, 2003 (su incarico dell'Amministrazione Provinciale di Grosseto): Estratto dalla Relazione tecnica finale.
- 5- Convenzione tra la Regione Toscana e l'Istituto di Geoscienze e Georisorse del CNR per la realizzazione di una campagna geofisica triennale tramite elettromagnetismo relativa all'acquifero dell'edificio vulcanico del Monte Amiata, Responsabile scientifico Dott.ssa Adele Manzella, 2006: Estratto dalla Relazione finale.
- 6- Enel : Estratto da: - Studio d'impatto ambientale, Sintesi Non Tecnica Centrale geotermoelettrica Bagnore 4 agosto 2005. - Estratto
- 7-ARPAT: Studio-valutazione paesistico-territoriale delle aree interessate dalle esistenti e previste centrali geotermoelettriche dell'ENEL, dai relativi impianti tecnologici e dalle infrastrutture connesse nell'area amiatina, 1997: Estratto dalla Relazione Fase analitico-valutativa.
- 8- Regione Toscana – Settore Tutela del Territorio e della costa – Relazione del geologo Luigi Micheli "Piano di lavoro finalizzato alla definizione del bilancio idrico dell'acquifero dell'Amiata (deliberazione Giunta Regionale 8.04.2002). Risultati delle indagini eseguite" – 14.11.2007, prot. A00 – GRT int 11, inviata Al Responsabile Settore Tutela del Territorio e della costa ed altri tra cui l'Assessore alla Difesa del Suolo e del Servizio Idrico e all'Assessore alla Tutela Ambientale e all'Energia.
- 9-Froncini F., Caliro S., Cardellini C., Chiodini G., Morgantini N.: "Carbon dioxide degassing and thermal energy release in the Monte Amiata volcanic-geothermal area (Italy), su Applied Geochemistry 24 (2009), pagg. 860-875, estratto.
- 10-Cataldi R. (E.N.E.L. - Direzione Studi e Ricerche): Remarks on the Geothermal Research in the Region of Monte Amiata (Tuscany – Italy), 1965; estratto.
- 11-ENEL, S.I.A. Piano di Riassetto dell'Area Geotermica di Piancastagnaio, 2009; Estratto dal documento "Acquiferi del Monte Amiata e coltivazione geotermica".
- 12 - Regione Toscana, "Adattamento e implementazione del modello idrologico MOBIDIC per il bilancio dei bacini idrografici e dell'acquifero del Monte Amiata" – Relazione finale, Dicembre 2011, Gruppo di lavoro: Francesca Caparrini, Eumechanos; F. Castelli e G. Ercolani, Università di Firenze.
- 13-UNU ONU 2000, Geothermal training programme: Five lectures on environmental effects of geothermal utilisation, estratto.
- 14- INGV – Parere sullo studio dell'Università di Siena giugno 2009.

15- Rivista Amiata Storia e Territorio – nr. 41/42 del novembre 2002 -pag. 60.

16- Delibera della Giunta Regionale Toscana 342 dell' 8 aprile 2002 – Oggetto: protocollo d'intesa del 17 maggio 2001 tra Regione Toscana, Bacino regionale Ombrone, Bacino Interregionale Fiora, Bacino interregionale Tevere. Presa d'atto del piano di lavoro finalizzato alla redazione del bilancio idrico dell'acquifero vulcanico del Monte Amiata.

17- Gruppo di Lavoro per il Bilancio Idrico dell'Acquifero del M. Amiata (Adb Tevere, Adb Fiora, Bacino Regionale Ombrone, Settore Prevenzione del Rischio Idraulico e Idrogeologico, Settore Tutela e Gestione delle Risorse Idriche): Procedura di VIA Progetto di Riassetto Area Geotermica Piancastagnaio / Contributo Istruttorio sulle Integrazioni Enel, relativamente alla tutela della falda Strategica del M. Amiata. – Verbale del 16.12.2010.

18- "Osservazioni sullo studio dell'Università di Siena sull'area del Monte Amiata in rapporto allo sfruttamento geotermico" nota interna redatta, su richiesta degli Assessori Marco Betti e Anna Rita Brammerini, da Maria Sargentini, Settore Tutela del Territorio e della Costa; Alessandro Marzocchi, Settore Ufficio Tecnico GC di area vasta Grosseto e Siena; Luigi Micheli, Settore Tutela del Territorio e della Costa.

19- Acquedotto del Fiora: comunicazione al Settore VIA del 9.02.2006, prot.2464 – Oggetto: Osservazioni al progetto per la costruzione della centrale geotermoelettrica Bagnore 4.

20- Acquedotto del Fiora, Richiesta di deroga dei valori di parametro per le acque destinate al consumo umano (ex art. 13 D. L.vo 2 Febbraio 2001 n.31).

21- Acquedotto del Fiora, Richiesta di deroga dei valori di parametro per le acque destinate al consumo umano (ex art. 13 D. L.vo 2 Febbraio 2001 n.31) – Relazione Sintetica.

22- Azienda USL 9 Grosseto – Dipartimento della Prevenzione, Area Funzionale della Prevenzione: Comunicazione del 24.04.2007, prot. 308 – Oggetto: Trasmissione dati analitici.

23- ARPAT :Allegato 2 - Acquifero del Monte Amiata. Analisi dei dati relativi al monitoraggio nel periodo 2002-2006 con particolare riferimento alla presenza di arsenico (febb. 2007) a cura di Becatti e Giannerini.

24- O. Conio, R. Porro, " *L'Arsenico nelle acque destinate al consumo umano*" Ed. Franco Angeli.

25- Accordo Volontario Attuativo del Protocollo d'Intesa del 20.12.2007 denominato ACCORDO Generale sulla Geotermia del 20.04.2009 tra Regione Toscana ed ENEL Spa.

26- Estratto da: Sezione B: Analisi dei flussi sanitari correnti - Mortalità./ tratto da " Progetto di Ricerca Epidemiologica sulle popolazioni residenti nell'intero Bacino Geotermico Toscano – Progetto Geotermia", a cura della Fondazione Toscana G. Monasterio di Pisa

27- Estratto da: - DGRT n. 344 del 22.03.2010 – Criteri direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche.

28- ARPAT – Dipartimento di Siena: Monitoraggio aree geotermiche toscane anno 2011.

29- Dott. Bravi M., Prof. Basosi R. "Environmental impact of electricity from selected geothermal power plants in Italy " *Journal of cleaner Production* (2013). (con traduzione in italiano).

30- Regione Toscana, Classificazione Sismica della Toscana – 2012.

31- Prof. M. Mucciarelli ed altri “Osservazioni sul danneggiamento nella zona del Monte Amiata a seguito dell’evento del 1 Aprile 2000” (Settembre 2001).

32- Prof. M. Mucciarelli “Sismicità indotta da attività antropiche e rischio derivante” – Tratto da: *Ingegneria Sismica* – gennaio-giugno 2013.

33- A. Borgia ed altri “Indagine sismica dell’area di Piancastagnaio e Abbadia S. Salvatore – Relazione sull’installazione della rete sismica locale” (Giugno 2000).

34- Sentenza del Tribunale di Montepulciano del 12.11.2004.

35- A. Borgia “Valutazione dei nuovi dati piezometrici dell’acquifero del Mt. Amiata, 2014.

Relazione On.le A.Zaccagnini

**Convegno sulla Geotermia
Sala Mercedes (Camera Deputati)
5 marzo 2014**

AMIATA / GEOTERMIA

La geotermia in Amiata sta danneggiando sia la salute della popolazione che le risorse ambientali e naturalistiche che da sempre hanno rappresentato la ricchezza di questo territorio e la principale fonte di reddito per i suoi abitanti. Si continuano a compromettere beni comuni, quali l'acquifero, che rappresenta il più importante corpo idrico della Toscana, e quotidianamente vengono scaricate in atmosfera tonnellate di sostanze nocive, definite da ARPAT "inquinanti con caratteristiche tossicologiche ed ecotossicologiche rilevanti". Tutto questo su un territorio dove abitano migliaia di persone, riconosciuto a livello nazionale tra i più ricchi per biodiversità, senza alcun rispetto di Interesse Comunitario e Regionale (SIC e SIR) e Zone di Protezione Speciale (ZPS) (all. 1), aree facenti parte della Rete Natura 2000 e che dovrebbero essere tutelate e protette; per la loro istituzione e qualificazione attraverso progetti LIFE NATURA la pubblica amministrazione ha beneficiato dei fondi dell'Unione Europea, mentre oggi riscuote le "compensazioni ambientali e territoriali" versate da ENEL per far fronte ai danni prodotti. Paradossalmente si sta costruendo la più grande centrale dell'Amiata (Bagnore 4 - 40 MW) proprio all'interno di uno di questi Siti, quello del *Monte Labbro e dell'Alta Valle dell'Albegna*, dove si trova una riserva naturale ed il Parco Faunistico dell'Amiata. Tutto questo non sono i Comitati per l' Ambiente a denunciarlo, ma è scritto in studi, ricerche, documenti prodotti anche dalla pubblica amministrazione, raccolti nel corso degli anni e oggi a disposizione per ogni ulteriore approfondimento e confronto sulla materia.

Siamo convinti che la questione "geotermia in Amiata" sia diventata oramai un'emergenza nazionale, che deve trovare risposte adeguate non più da parte della Regione Toscana, che a partire dal 2007 ha sottoscritto con ENEL accordi per lo sviluppo futuro di questa attività, prima ancora della definizione dei procedimenti di V.I.A. sui progetti presentati, ma dal Ministero dell'Ambiente o da altre Autorità, garanti della salute delle popolazioni e della salvaguardia delle risorse ambientali.

Possiamo raggruppare le problematiche di maggiore rilievo in cinque punti.

(1)

Interferenza tra acquifero superficiale e acquifero geotermico, con conseguente abbassamento della superficie di falda e consumo di acqua potabile per fini industriali.

L'acquifero dell'Amiata garantisce l'approvvigionamento idrico a quasi tutta la Maremma grossetana, a parte della Provincia di Siena e dell'alto Lazio, l'equivalente di circa 700.000 persone.

Dagli anni 1950 ad oggi l'acquifero si è abbassato di oltre 200 metri, come misurato direttamente da ENEL negli anni 1960 (vedi allegati "Calamai et al., 1970", All. 2) per l'andamento della falda prima dello sfruttamento geotermico e "Enel Compartimento di Firenze (Compagnia Mediterranea di prospezioni -1966", All.3) per l'andamento della falda dopo lo sfruttamento geotermico). Tale abbassamento della falda, la quale presentava addirittura un minimo all'interno del Monte Amiata, è stato negli anni 1990 confermato dai rilievi fatti dalla Provincia di Grosseto (Relazione Marocchesi "Indagine geofisica Monte Amiata", 2003, All. 4) e successivamente dal CNR di Pisa (Convenzione tra la Regione Toscana e l'Istituto di Geoscienze e Georisorse del CNR per la realizzazione di una campagna geofisica triennale tramite elettromagnetismo relativa all'acquifero dell'edificio vulcanico del Monte Amiata, Responsabile scientifico Dott.ssa Adele Manzella, 2006, All. 5).

Che l'acquifero idropotabile del Monte Amiata ricaricasse il campi geotermici è stato sempre chiaramente riconosciuto da ENEL (Calamai et al., 1970 - (All.2); Studio impatto ambientale centrale Bagnore 4, Sintesi Non Tecnica del 2005, All. 6) sia da ARPAT (1997, All. 7)

L'abbassamento drastico della falda acquifera è stato più recentemente confermato dal piezometro

regionale realizzato in loc. Poggio Trauzzolo, come si può rilevare anche dalla Relazione del geologo della Regione Toscana, dott. Luigi Micheli redatta in data 14.11.2007 (All. 8), sulla base dei risultati dei due studi finalizzati alla definizione del bilancio idrico dell'acquifero dell'Amiata:

a) *Campagna geofisica per la ricostruzione della superficie e del campo di moto della falda acquifera, l'andamento morfologico del substrato, l'individuazione dei camini vulcanici, l'individuazione della quota di miscelamento tra la falda superficiale e quella profonda.*

Convenzione con CNR di Pisa. Responsabile scientifico dott.ssa Adele Manzella.

b) *Rilievo geostrutturale dell'apparato vulcanico del Monte Amiata. Incarico a Soc. EDRA di Roma. Responsabile scientifico dott. Andrea Borgia.*

Queste sono le conclusioni del geologo della Regione:

"...Il sottoscritto ritiene che vi siano sufficienti elementi scientifici a supporto del modello concettuale che prevede il collegamento tra le falde freatica superficiale e geotermica profonda. L'attuale anomalo andamento della superficie della falda, che è utilizzata a fini acquedottistici, suggerisce una situazione di criticità e di disequilibrio della stessa (ricarica indotta a favore del campo geotermico, con possibile risalita di gas dal campo geotermico verso l'alto).

Sulla base di quanto sopra esposto si svolgono le seguenti considerazioni:

- 1) ...Un ulteriore decremento del livello piezometrico della falda può comportare il richiamo di fluidi e di vapori geotermici con conseguenti gravi problemi di inquinamento della falda stessa....*
- 2) E' necessario che i piani industriali di utilizzo del vapore geotermico per la produzione di energia elettrica tengano conto delle ripercussioni qualitative e quantitative sulla falda superficiale.*
- 3) Nella definizione del bilancio idrico dell'acquifero dell'Amiata previsto dal piano di lavoro occorre introdurre, tra i parametri in "uscita", l'estrazione di vapore per la produzione di energia elettrica."*

Interessante osservare la Fig. 3 della relazione del dott. Micheli, dove viene evidenziato il forte calo subito dall'acquifero, in confronto all'andamento della falda pubblicato negli anni 1970 da Calamai et al. (con dati precedenti allo sfruttamento geotermico) e nel 2006 dal CNR di Pisa. **L'acquifero risulta ridotto di circa 2/3.**

Gli acquiferi idropotabile e geotermico sono collegati attraverso camini vulcanici, faglie e fratture presenti nel sottosuolo, come documentato dalle stesse carte geologiche della Regione Toscana, oltre che da studi e ricerche (Frondini et al., 2009, All. 9). In pratica la drastica riduzione di pressione del sistema idrotermale indotta dallo sfruttamento geotermico (ENEL - Cataldi 1965, All. 10); ENEL - SIA Piano di Riassetto di Piancastagnaio 2009, All. 11) ha come conseguenza determinato la drastica riduzione del livello della falda idropotabile, in quanto tale livello non è più sostenuto dalla pressione che l'acquifero geotermico aveva in origine. Questo fenomeno è stato chiaramente identificato anche dagli ultimi studi realizzati dalla Regione Toscana (MOBIDIC, 2011, All. 12) in cui si afferma come "... la variabilità climatica possa non essere l'unico fattore di controllo di tali oscillazioni [della falda freatica - n.d.r.], ma che possa potenzialmente giocare un ruolo anche una fluttuazione della pressione inferiore...".

La riduzione della pressione inferiore del sistema idrotermale, quale causa dell'abbassamento della superficie di falda, è fenomeno ben conosciuto a tutti i livelli: vedi ad esempio le lezioni di geotermia dell'ONU (UNU-ONU 2000, All. 13) o la relazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica redatta proprio relativamente all'Amiata (Boschi - pag 5, All. 14) in cui si afferma che "... l'abbassamento della superficie freatica della falda superficiale può essere indotto da: ... b. lo sfruttamento geotermico porterebbe ad una depressurizzazione e quindi ad uno sgonfiamento del 'cuscino' dei fluidi geotermici, la loro vaporizzazione e abbassamento della falda superficiale. Conseguenza in questo caso potrebbe essere la riduzione di portata (fino alla scomparsa) di alcune

emergenze della falda superficiale”.

Proprio ai primi degli anni 1960, infatti, con l’inizio dello sfruttamento geotermico si sono seccate molte sorgenti in quota, mentre si è ridotta significativamente la portata di quelle principali (Amiata Storia e Territorio vol. 41/42, All 15).

È confermato, quindi, che l’estrazione del vapore nei campi geotermici dell’Amiata crea sempre delle **depressurizzazioni** dovute appunto allo “*sgonfiamento dei cuscini geotermici*” ed il conseguente richiamo di acqua dall’acquifero superficiale e risalita di gas geotermici ad inquinare l’acquifero superficiale.

Le centinaia di tonnellate/ora di vapore estratte dal campo geotermico, con cui vengono alimentate le centrali, necessitano infatti di tutta la necessaria acqua di ricarica (diecine di milioni di metri cubi/anno) proveniente in massima parte dall’acquifero superficiale del Monte Amiata. Per poter calcolare la quantità esatta è necessario che ENEL renda disponibili i dati di produzione del vapore da ogni singolo pozzo, dati che non risultano disponibili come è stato richiesto nei documenti ufficiali, quali ad esempio Verbale della riunione del 19/12/2007 fra Regione Toscana, Bacino Regionale Ombrone, Bacino Nazionale Tevere, Bacino Interregionale Fiora per l’aggiornamento del Piano di lavoro finalizzato alla definizione del Bilancio idrico dell’Acquifero dell’Amiata (All. 16) e nel il **verbale del 16.12.2010** relativo al Contributo istruttorio sulle integrazioni ENEL, redatto dal Gruppo di Lavoro per il Bilancio Idrico dell’Amiata, relativamente alla tutela della falda strategica del M. Amiata (all. 17. pag. 7). Questo verbale per i suoi contenuti costituisce un rapporto completo e fondamentale per comprendere le problematiche e i danni prodotti all’acquifero.

Sarebbe necessario ed estremamente importante che il Ministero ottenesse dalla Regione Toscana e da ENEL i dati relativi alle portate di vapore dei singoli pozzi dei campi geotermici e li rendesse di pubblico dominio, anche per poter studiare in maniera adeguata alcuni andamenti anomali riscontrati in varie occasioni nei livelli dei diversi piezometri attualmente in funzione nel bacino dell’Amiata (Prof. Andrea Borgia, Valutazione dei nuovi dati piezometrici dell’acquifero del Mt. Amiata, 2014, All. 35).

Calamai e Cataldi, geologi ENEL, e Squarci e Taffi del CNR – 1970, pubblicati sulla Rivista “Geology, Geophysics and of the Monte Amiata Geothermal - studio organico sulla geotermia amiatina” (All. 2) scrivono: “Le vulcaniti del Monte Amiata, così come quelle di Radicofani, hanno un grado di permeabilità molto alto, per quanto variabile da posto a posto. Il corpo vulcanico di Radicofani, per la sua limitata estensione, gioca un ruolo trascurabile nel quadro idrogeologico della regione. La struttura vulcanica del Monte Amiata, al contrario costituisce un’ampia area di assorbimento, che oltre a mantenere delle circolazioni abbondanti ma relativamente superficiali, rappresenta un’area importante di alimentazione dell’acquifero confinato [n.d.r., acquifero geotermico]. In effetti, questo ultimo e la struttura del M. Amiata sono collegati idrogeologicamente attraverso camini vulcanici, fratture e faglie vulcanico-tettoniche...”

Questa tesi è pienamente confermata dai responsabili tecnici del Settore idrico della Regione Toscana, in pieno disaccordo con le conclusioni dello Studio dell’Università di Siena (2008) che sostengono la completa separazione dei due acquiferi. In data 6.03.2009, la dott.ssa Maria Sargentini – allora Responsabile del Settore Tutela del Territorio e della Costa, il dott. Alessandro Marzocchi – Settore Ufficio Tecnico G C di Area Vasta di Grosseto e Siena, e il dott. Luigi Micheli – Settore Tutela del Territorio e della Costa, presentano una nota interna: “Osservazioni sullo Studio dell’Università di Siena sull’area del Monte Amiata in rapporto allo sfruttamento geotermico” (All. 18). In premessa è scritto: “La presente nota costituisce un rapporto interno all’Amministrazione Regionale, che viene espresso su richiesta degli Assessori Marco Betti e Annarita Brammerini, al fine della valutazione dello “Studio geostrutturale, idrogeologico e geochimico ambientale dell’area amiatina” (Siena 10 ottobre 2008), commissionato all’Università di Siena da parte del Settore Energia della Regione Toscana” Dopo un’ampia e dettagliata relazione, queste sono le loro conclusioni: “... **In conclusione si ritiene che lo studio dell’Università di Siena (almeno per le sezioni 1, 2 e 4 esaminate) non contenga adeguate risposte rispetto ai dichiarati obiettivi di**

approfondimento per una valutazione dei rischi ambientali connessi alla geotermia, in quanto, in carenza di definizione di un modello geologico della zona, le valutazioni idrogeologiche si sono basate prevalentemente su estrapolazioni di dati incompleti.

In base alle conoscenze geologiche sull'Amiata (ed in mancanza nello studio di specifiche obiezioni ad esse) si ritiene quindi che esista un collegamento idraulico tra le falde, mediante le faglie e le fratture, i camini vulcanici ed infine con il contatto diretto tra le vulcaniti e le formazioni della Falda Toscana. Resta pertanto aperta la questione relativa alla definizione dell'ordine di grandezza del collegamento idraulico."

(2)

Inquinamento delle acque causato dalla risalita di gas, in particolare l'arsenico, presente nel campo geotermico (il fenomeno è riscontrabile da decenni nelle acque dei comuni dell'area geotermica tradizionale della Val di Cecina).

Per sei anni, dal 2003 al 2009, sono state richieste deroghe al superamento del valore limite dell'arsenico presente nelle acque di alcune sorgenti dell'Amiata; oggi vengono praticate operazioni di miscelamento con altre acque dove la presenza di questo inquinante è minore, ed in alcuni casi sono state installate apparecchiature per abbattere parte dell'inquinante.

A partire dal 2006 esistono documenti inviati alla Regione Toscana e riferiti anche alla recente VIA per la costruzione della centrale Bagnore 4 (40 MW), in cui l'**Acquedotto del Fiora** rileva questo aumento anche nella principale captazione acquedottistica dell'Amiata, le sorgenti di Santa Fiora (circa 650 l/s). Questo è quanto osserva in data 9.02.2006, prot. 2464 (all. 19), rimettendo anche, un'interessante relazione tecnica: *"Il progetto sottoposto a VIA (Bagnore 4), infatti, costituisce elemento di viva preoccupazione per le eventuali interferenze, anche nel lungo termine, con le caratteristiche qualitative della risorsa idrica effluente dalle sorgenti del Fiora che permettono l'approvvigionamento idropotabile della Provincia di Grosseto; in particolare, tale preoccupazione riguarda il tenore di arsenico della risorsa che ha mostrato un sensibile aumento negli ultimi anni....".* *"...Tale preoccupazione nasce innanzitutto dall'aumento tendenziale del tenore in Arsenico nella risorsa effluente dalle sorgenti di Santa Fiora, come mostrato nel grafico allegato costruito sulla base delle analisi regolarmente eseguite da questa Azienda. Come è noto, l'Arsenico è uno degli elementi che caratterizzano i fluidi geotermici dell'intera area e di quelle limitrofe (campo geotermico di Larderello). D'altra parte secondo le conoscenze attualmente in nostro possesso, non ci sono elementi che indicano inequivocabilmente una derivazione dell'arsenico dalle interazioni acqua - roccia costituente l'acquifero. Viceversa, l'analisi chimica condotta su un campione di roccia vulcanica prelevato all'interno di una galleria drenante indica un contenuto in arsenico piuttosto basso che difficilmente riesce a giustificare i contenuti rilevati nella risorsa ..."*

Sull'aumento del contenuto di arsenico esistono anche altri documenti redatti in quest'ultimo decennio dall'ARPAT e dall'ASL, ma oggi si cerca di negare che questo sia avvenuto, o meglio si sostiene paradossalmente che l'aumento non è statisticamente significativo, dimenticandosi che quelle sorgenti, oggi non più potabili, registravano agli inizi degli anni 2000 una presenza di arsenico molto bassa.

Si allegano:

Due documenti relativi alle Richieste di deroga per le acque destinate al consumo umano (ex art. 13, D.lgs. 2.02 2001 n. 31), presentate dall'Acquedotto del Fiora (all. 20 e 21)

A pag.3 del primo (all. 20), è scritto: *"... Altresì, ci preme sottolineare che importantissime fonti di approvvigionamento (quali la Galleria Grande, portata di 550 litri al secondo e la Galleria Bassa,*

portata 120 litri al secondo, entrambe nel Comune di Santa Fiora - GR) che, da sole, provvedono a coprire circa il 90% del fabbisogno idrico dell'intera Provincia di Grosseto nel corso del periodo invernale, e oltre il 50% nel corso del periodo estivo, presentano tenori di Arsenico prossimi ai nuovi limiti di legge (9,7 µg/l). Peraltro, tali valori sono stati raggiunti a seguito di un progressivo aumento delle concentrazioni, particolarmente evidente negli ultimi anni, tale da provocare timori di superamento della nuova CMA in tempi prossimi. Se questo trend fosse confermato non sarebbe più possibile garantire il rispetto del valore di 10 µg/l in distribuzione per buona parte della provincia di Grosseto e per il Comune di Montalto di Castro (Regione Lazio).

La presenza di arsenico ... può essere essenzialmente ricondotta a tre diversi fenomeni, realmente distinti: - contaminazione di parte di fluidi idrotermali legati alle dinamiche endogene presenti in questa parte della Toscana; ..

Il primo fenomeno è essenzialmente localizzato in corrispondenza dell'Amiata, sul cui margine meridionale è presente un'importante attività geotermica, intensamente sfruttata da molti anni. Il modello idrogeologico dell'area mostra che l'acquifero dal quale scaturiscono le sorgenti utilizzate a scopo potabile sovrasta il reservoir geotermico mediante l'interposizione di unità idrogeologiche impermeabili. I due sistemi, tuttavia, possono essere in comunicazione idraulica tramite i camini di risalita del magma che ha portato alla formazione dell'apparato vulcanico amiatino. ...

Nel secondo documento (all. 21), successivo a quello citato, l'Acquedotto del Fiora, nella sua relazione sintetica per la richiesta di deroga, fa nuovamente presente che: "in alcune sorgenti ubicate sul Monte Amiata sono stati osservati nel corso degli ultimi anni, preoccupanti progressivi aumenti nel contenuto di arsenico fino a valori molto prossimi a 10 ...", e nell'allegato 2 - pag. 3 punto 3.2 - area Amiata, scrive: "... il valore massimo di As rilevato è pari a 40 µg/l., ma mediamente l'eccesso si attesta intorno al valore di circa 20 µg/l. E' interessante osservare che le sorgenti con eccesso di arsenico (fig.7) si collocano essenzialmente presso i versanti occidentali (zona Arcidosso-Bagnore) ed orientale (zona Abbazia S. Salvatore e Piancastagnaio)... Presso le sorgenti del Fiora, che rappresentano le captazioni di maggiore produttività erogando attualmente circa 650 l/s, è stata accertata una variazione nel tenore di As, su un periodo di osservazione inferiore a 10 anni, caratterizzato da un aumento tendenziale da circa 6 µg/l. a quasi 10 µg/l. ..."

Lettera dell'ASL 9 grossetana di Arcidosso – Dipartimento della Prevenzione del 24.04.2007 (all. 22)

La comunicazione è indirizzata al Comitato per la salvaguardia dell'Ambiente Amiata Ovest al quale vengono rimessi i dati analitici dei risultati dei prelievi sulle acque potabili, relativi al parametro "Arsenico" per i Comuni di Castel del Piano, Arcidosso e Santa Fiora. Dai grafici che sono stati allegati, si può osservare che nel 1999, in ben quattro importanti sorgenti del grossetano la presenza di arsenico era molto modesta, risultando infatti compresa fra 1,5 e 4 µg/l., quindi notevolmente al di sotto della soglia di 10 microgrammi fissata dalla CEE; poi negli anni successivi subisce una costante crescita e raggiunge valori fra 12 e 15 µg/l.

Attualmente la sorgente Ente nel Comune di Arcidosso, che in passato è stata la testimonianza dell'eccellenza delle acque dell'Amiata (As. 1,5 µg/l), non è più potabile, come non lo è più la sorgente del Crognolo nel Comune di Castel del Piano. Riguardo i valori di arsenico presente nelle acque delle sorgenti del Fiora (circa 650 l/s), questi risultano intorno ai 10 µg/l, valore che è stato anche superato, come documenta il verbale del 16.12.2010 del Gruppo di Lavoro per il Bilancio Idrico dell'Amiata (all. 17, pag. 6), dove l'arsenico risulta 10,70 µg/l.

Le acque delle sorgenti Ente e Crognolo, prima di essere immesse nella rete di distribuzione vengono ora miscelate con altre acque con minore contenuto di arsenico o l'inquinante viene in parte abbattuto con appositi impianti.

L'Acquifero del Monte Amiata. Analisi dei dati relativi al monitoraggio nel periodo 2002-2006 con particolare riferimento alla presenza di arsenico, a cura di A. Becatti e D. Giannerini – ARPAT Febbraio 2007. (all. 23)

- pag.7 ...”Da notare, sotto l’aspetto strutturale, la presenza di due faglie principali, ben visibili anche dalle foto aeree (Fig.2-3): una con direzione SW-NE e l’altra, ortogonale, che interseca la prima in corrispondenza della Montagnola. Lungo queste faglie si trovano i camini vulcanici”...

- pag.39 ...”Concentrazioni di arsenico più elevate sono state riscontrate sui punti di monitoraggio ubicati in una fascia centrale, disposta orientativamente SW-NE (pozzi Acqua Gialla e Pian dei Renai, sorgenti Crognolo ed Ente), mentre valori inferiori al limite di 10 µg/l. si riscontrano al margine settentrionale dell’acquifero (sorgenti Ermicciolo e Burlana)”.

Da questo documento appare chiaro come le concentrazioni di arsenico risultino maggiori in corrispondenza della faglia principale con direzione SW-NE e dei camini vulcanici; è infatti in corrispondenza di queste fratture che si creano le condizioni più favorevoli per la risalita dei vapori provenienti dall’acquifero confinato e quindi le interferenze tra i due acquiferi.

ARPAT poi scrive: “... Alla luce dei risultati fin qui conseguiti e tenuto conto della strategicità della risorsa di cui trattasi, si ritiene comunque necessario **approfondire le conoscenze riguardo alle origini e ai trend evolutivi del contenuto in arsenico dell’acquifero del Monte Amiata.**”.

O. Conio e R. Porro, “L’arsenico nelle acque destinate al consumo umano” - F. Angeli, 2004 (all. 24)

A pag. 86 del volume si legge: “Nel 1975, nelle sorgenti dell’acquedotto Castelnuovo Val di Cecina (Pisa), le concentrazioni di arsenico hanno superato i 50 µg/l. Attualmente, il servizio idrico eroga acque miscelate da varie sorgenti, con livelli di arsenico di poco inferiori a 50 µg/l. Nelle fonti dell’acquedotto di Carlina (Comune di Volterra e Pomarance) l’arsenico ha raggiunto valori simili.”

Questi dati mostrano come nell’area geotermica della Val di Cecina, dove la geotermia è presente da oltre un secolo, l’arsenico ha raggiunto valori enormi e già nel 1975 risultavano ormai inutili le operazioni di miscelamento.

A pag. 87, Tab. 4.8 – Concentrazioni di arsenico nelle fonti di approvvigionamento d’acqua potabile in Toscana, vengono riportate per le varie province, la fonte (sorgente o pozzo) e i valori minimi e massimi delle concentrazioni in µg/l.

Riguardo alla provincia di Grosseto, in sorgente il valore minimo risulta < 1 µg/l. e il valore massimo 5 µg/l.; in pozzo il valore minimo è < 1 µg/l. e quello massimo 18 µg/l.

A pag. 88, Tab. 4.9 – Concentrazioni di arsenico nelle reti di distribuzione di acqua potabile in Toscana.

Nella provincia di Grosseto, in sorgente e in pozzo il valore minimo risulta < 1 µg/l. e quello massimo 4 µg/l.

I valori sopra riportati si riferiscono alla fine degli anni '90 e confermano quanto risulta anche dalle analisi effettuate dall’Ufficio Prevenzione di Arcidosso (Gr). Per quanto riguarda la Provincia di Siena, in particolare i Comuni di Abbadia S. Salvatore e Piancastagnaio, nelle sorgenti monitorate da ARPAT negli anni 2002 – 2006 l’arsenico tende ad aumentare, con un balzo significativo nel Pozzo Pian dei Renai (Abbadia S. Salvatore) che da 12 µg/l. nel 2002, passa a 23 µg/l. nel 2006.

Fatta eccezione per il pozzo Acqua Gialla, dove l’arsenico risulta elevato anche nel 2002, i dati indicano un progressivo aumento dell’inquinante anche nelle sorgenti Galleria Drenante e Vena Vecchia nel Comune di Piancastagnaio, che da 7,5 e 7,8 si attestano intorno ai 10 µg/l.

La situazione nell’Amiata senese risulta sicuramente più complessa che nell’area grossetana, anche se le sorgenti dove si registra la più elevata concentrazione di arsenico si trovano tutte in quella fascia centrale, direzione SW-NE, dove sono presenti faglie e camini vulcanici, ossia dove le interferenze tra i due acquiferi sono maggiori.

A questo riguardo occorre citare nuovamente lo studio di Frondini et al. 2009 (All. 9), nel quale si misura come "... l'acquifero superficiale ed il sistema [n.d.r. geotermico] profondo sono quasi completamente separati e l'unico scambio tra loro avviene lungo il sistema di fessure magmatiche ENE-WSW dove la risalita di un gas ricco in CO₂ - H₂S e la sua soluzione da parte delle acque di falda genera acque acide ricche in SO₄". Cioè i fluidi geotermici inquinano l'acquifero superficiale.

Questi aspetti, di relevantissimo impatto ambientale, non sono stati valutati nella VIA regionale, rendendo quindi insufficiente la valutazione fatta.

(3)

Aspetti preoccupanti per la salute degli abitanti dell'area geotermica sud (Amiata), emersi dalla ricerca epidemiologica condotta dalla Fondazione Monasterio per conto dell'Agenzia Regionale di Sanità. Lo studio è stato redatto avendo quale riferimento l'attuale situazione dell'area geotermica, senza nuove centrali ed interventi che comporteranno per i prossimi anni il raddoppio della potenza installata

L'analisi dei dati sull'inquinamento di aria, acqua e suolo, rilevati nelle due aree geotermiche toscane (Amiata e Lardarello), mettono in evidenza diversità importanti per la quantità e qualità degli inquinanti rilasciati dalle centrali in atmosfera, in particolare mercurio, boro, arsenico, ammoniacca, radon, acido solfidrico, anidride carbonica, metano ed altro, presenti nelle emissioni delle centrali dell'Amiata in maniera molto più pesante a causa della diversa composizione dei fluidi geotermici presenti nel sottosuolo. Altri inquinamenti risultano provenire da precedenti attività minerarie per l'estrazione del mercurio e da siti ancora da bonificare.

Rapporto Kg./MW generata dalle centrali delle due aree:

	CO2 (an. carb.)	CH4 (metano)	H2S (acido solf.)	NH3 (ammon.)	Hg (mercurio)	As (arsenico)	H3BO3 (acido bor)
AMIATA	501,7	5,2	5,3	7,9	1,3 E-03	0,3E-04	1,9E-02
Radicondoli	326,9	3,2	2,8	0,8	0,1E-03	0,4E-04	7,1E-02
Larderello	256,1	1,4	3,9	1,2	0,3E-03	0,12E-04	1,2E-02

La Regione Toscana e tutti gli organi competenti in materia, riconoscono il grado di pericolosità che questa attività ha sull'Amiata e proprio per questo motivo avevano scritto nell'Accordo Volontario Attuativo del Protocollo d'Intesa del 2009 (all. 25):

"La coltivazione geotermica presenta, tuttavia, criticità per le popolazioni delle aree interessate e per l'ambiente circostante in particolare per quanto riguarda le coltivazioni dell'Amiata. Pertanto, al fine di assicurare uno svolgimento sostenibile di tale attività, soprattutto tenuto conto della specificità rappresentata dalle coltivazioni sull'Amiata, è stato ricercato un accordo di carattere generale con il gestore degli impianti e sono stati attivati studi rivolti a scongiurare rischi di inquinamento e di danni alla salute dei cittadini. La previsione di sviluppo dell'attività geotermica in queste aree, pertanto, resta subordinata alla verifica, sul piano scientifico, delle condizioni di assoluta salubrità della coltivazione geotermica."

Ad oggi gli studi scientifici non solo non hanno confermato che la coltivazione geotermica garantisce condizioni di assoluta salubrità ma, al contrario, ci dicono che le emissioni prodotte dall'attività geotermica in Amiata producono danni alla salute delle persone e all'ambiente. Nessuna "verifica sul piano scientifico" al momento ha dimostrato il contrario e il tutto, come spesso è consuetudine, è stato rimandato a futuri approfondimenti, monitoraggi e verifiche contenute in un numero abnorme di prescrizioni che riguardano la totalità degli ambiti tematici dei procedimenti di VIA sia per il Piano di Riassetto dell'Area geotermica di Piancastagnaio, sia per la costruzione di

Bagnore 4.

Nei Comuni geotermici amiatini un recente studio epidemiologico dell' Agenzia Regionale di Sanità (ARS) evidenzia negli uomini un eccesso di mortalità statisticamente significativo del +13%, sia rispetto ai comuni limitrofi, scelti per gli stessi caratteri socio economici, sia rispetto al resto della regione i cui dati medi sono stati presi a riferimento della normalità. Questi eccessi, per quanto riguarda le morti per tumori, raggiungono il +30% nei Comuni di Abbadia S. Salvatore, Piancastagnaio e Arcidosso (all. 26) che risultano maggiormente esposti alle emissioni geotermiche. Sono state tra l'altro individuate ben 54 relazioni, statisticamente significative, tra incrementi di malattie mortali e concentrazioni crescenti di diversi inquinanti, presenti in Amiata e prodotti anche dalle centrali geotermiche. Nonostante ciò, il quadro epidemiologico è stato giudicato "rassicurante" dalla Giunta della Regione Toscana e dalle Conclusioni dello stesso Studio. Ma tali Conclusioni commettono l'errore di mescolare le diversità tra i comuni della zona Nord (Larderello) e quelli della zona sud (Amiata), tra i valori riscontrati per l'uomo e quelli per la donna, diluendo situazioni invece preoccupanti. L'aggregazione tra situazioni ambientali con diverse esposizioni della popolazione non è consentita in Epidemiologia. E' segnalata in letteratura scientifica come errore e ha di fatto mascherato una realtà che desta allarme. Gli eccessi di mortalità, come spesso accade in simili circostanze, sono stati attribuiti agli stili di vita degli amiatini. Si trattava di una frettolosa conclusione: infatti dopo alcuni mesi un nuovo studio di un ricercatore, sempre di ARS, ha smentito questa tesi, rassicurandoci sul fatto che almeno i nostri stili di vita non sono diversi da quelli degli abitanti dei comuni vicini. Tutto ciò significa che sull'Amiata le condizioni ambientali locali incidono negativamente sulla salute, escludendo che le condizioni socio economiche abbiano influenza significativa sull'eccesso di mortalità registrata.

La preoccupazione pertanto è un'altra: se è stata infatti riconosciuta come vera la relazione tra l'aumento notevole di mortalità e le concentrazioni crescenti di Arsenico, Mercurio, Acido solfidrico, ecc., ed essendo ritenuta ancora vera l'esistenza di emissioni significative di Arsenico, Mercurio, Acido solfidrico, ecc. dalle centrali geotermiche dell'Amiata, deve essere vera anche la conclusione: che l'incremento delle malattie e mortalità sull'Amiata è dovuto anche alle emissioni delle centrali geotermiche.

Purtroppo quando si tratta di geotermia **non vi sono molte garanzie a tutela della salute e questo lo troviamo scritto nella delibera della G.R.T. n. 344/2010** – Approvazione criteri direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche – punto 4.1 (all. 27):

“Relativamente ai valori di emissione è da premettere che tali valori non costituiscono riferimenti per la tutela sanitaria, ma sono limiti stabiliti sulla base delle migliori “tecniche disponibili” e in relazione alle caratteristiche dei fluidi geotermici”.

E' la stessa Regione ad affermare che i valori limite di emissione previsti per le centrali geotermoelettriche non sono stabiliti in funzione della tutela della salute delle persone, e basterebbero queste poche righe a far riflettere sui rischi a cui vengono esposti migliaia di cittadini che risiedono in questi territori.

L'art. 32 della Costituzione stabilisce il diritto alla salute, ma non in subordine allo sviluppo tecnologico e alle caratteristiche dei fluidi geotermici e, potremmo aggiungere, neppure agli interessi economici delle parti interessate.

(4)

Inquinamento dell'aria e del suolo dovuto alle emissioni delle centrali per la presenza di "inquinanti con caratteristiche tossicologiche ed ecotossicologiche rilevanti"

Nella tabella che segue sono riportate le emissioni annuali delle centrali geotermoelettriche dell'Amiata, rilevate nel flusso di massa - dati ARPAT 2011 (all. 28):

Centrali con AMIS*	Idrogeno Solforato H ₂ S (t)	Arsenico As (kg)	Ammoniaca NH ₃ (t)	Mercurio Hg (kg)	Acido Borico H ₃ BO ₃ (t)	Anidride Carbonica CO ₂ (t)	Metano CH ₄ (t)
Bagnore 3 S.Fiora	237,39	3,5	1533	30,66	1,31	72775	1719,58
PC3 Pian Castagnaio	200,64	9,63	250,53	35,04	1,41	76737	1129,64
PC4 Pian Castagnaio	155,05	4,73	208,48	31,53	2,63	67452	763,87
PC5 Pian Castagnaio	110,37	3,41	87,6	65,7	2,63	82782	875,12
Totali annui	703,45	21,27	2.079,6	162,9	7,98	299.746	4.488

Poi c'è il **radon**, che non viene rilevato nei controlli di ARPAT, ma che è abbondantemente presente nelle emissioni: 3000 KBq/h nella centrale Bagnore 3 (20 MW) e raggiungerà 9000 KBq/h se sarà attivata Bagnore 4 (40 MW). Questo soltanto per l'area geotermica di Bagnore, in quanto non conosciamo i dati riguardo le centrali dell'area di Piancastagnaio.

La situazione emissiva del 2011 si riferisce ad una produzione energetica complessiva intorno alle 60 MW e che nei prossimi anni dovrebbe raggiungere le 120 MW; pertanto anche le emissioni degli inquinanti aumenteranno notevolmente.

E' scientificamente provato che **gli impianti flash** come quelli presenti in Amiata e quello in costruzione a Bagnore, non sono Carbon Free, come dimostrato dallo studio di Bravi e Basosi del 2013 "Environmental impact of electricity from selected geothermal power plants in Italy", pubblicato sull'International Journal of Cleaner Production (all. 29). I due ricercatori prendono in esame in particolare il CO₂ (anidride carbonica), l'acido solfidrico (H₂S) e l'ammoniaca (NH₃), inquinanti con pesanti ripercussioni sulla qualità dell'aria e sull'acidificazione dei suoli, e fanno rilevare che il CO₂ insieme ad altre sostanze climalteranti come il metano (CH₄), sono presenti nelle emissioni delle centrali dell'Amiata in quantità enormi, tanto che il Potenziale di Riscaldamento Globale è in alcuni casi non molto lontano da quello di una centrale a carbone di pari potenza. Enormi sono anche le quantità di acido solfidrico e di ammoniaca che, nell'area geotermica di Bagnore, raggiunge valori eccezionali non riscontrabili in nessun'altra area geotermica. Il Potenziale di Acidificazione delle centrali dell'Amiata è 2,2 volte superiore a quello di una centrale a carbone; per la centrale Bagnore 3 il valore è più alto di 4,3 volte e circa 36,5 volte superiore a quello di una centrale a gas. Mentre per le centrali geotermoelettriche viene fatto riferimento al solo impatto derivante dalla produzione di energia, per le centrali a carbone l'impatto è stato calcolato tenendo conto dell'intera vita della centrale, dalla costruzione allo smantellamento; è evidente che l'impatto prodotto dalle centrali geotermoelettriche risulterebbe ancora maggiore di quello documentato se si fosse tenuto conto dell'intera vita dell'impianto; degli interventi di perforazione e messa in produzione dei pozzi; dei periodi di fermo/malfunzionamento degli

impianti AMIS o blocco dell'impianto, visto che le centrali geotermiche, anche in caso di inconvenienti di natura impiantistica e gestionale, non possono essere mai spente, a differenza di quelle tradizionali.

E' comunque sufficiente prendere atto di quello che i due studiosi ci dicono per poter concludere che **l'energia prodotta dalle centrali geotermoelettriche dell'Amiata non solo non può essere ritenuta pulita, ma in alcuni casi è più inquinante di quella prodotta da una centrale a carbone, né può essere considerata "carbon free".**

Il prof. Basosi e il dott. Bravi, concludono la loro ricerca con questo pesante giudizio: "**... In ogni caso il profitto finanziario non può essere il principale criterio nel processo decisionale per lo sviluppo di centrali geotermiche nell'area dell'Amiata.**"

Alla luce di quanto sopra, è veramente incomprensibile continuare a incentivare questo tipo di produzione di energia elettrica che sul Monte Amiata presenta valori di emissione di gas effetto serra dello stesso ordine di grandezza di centrali alimentate con combustibili fossili come il petrolio e il carbone.

Con la **geotermia flash in Amiata** (obsoleta e superata) vengono utilizzate risorse pubbliche per incentivare attività nettamente contrarie alle finalità dichiarate dal legislatore e alle quali quelle stesse risorse sono state destinate dal Parlamento, a danno dei cittadini, dello sviluppo sostenibile e dell'incremento delle produzioni effettivamente alternative e rinnovabili.

Il prof. Riccardo Basosi è Ordinario di Chimica Fisica dell'Università di Siena e Delegato all'Energia e Alte Tecnologie; è Presidente del Comitato Tecnico Scientifico del Centro Ricerca Energia e Ambiente (C.R.E.A.) e rappresentante italiano al Comitato Energia Horizon 2020, Programma Quadro Europeo per la ricerca e l'innovazione 2014-2020, nominato dal Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, On. Prof.ssa Maria Chiara Carrozza;
Il dott. Mirko Bravi è ricercatore presso l'Università di Pisa.

(5)

Sismicità e subsidenza

Questi fenomeni sono sollecitati e amplificati dall'attività geotermica. I comuni dell'Amiata in cui sono ubicate le centrali geotermoelettriche sono classificati **Zona sismica di seconda categoria, quindi ad alto rischio sismico** (all.30) . La geotermia, per gli effetti generati di fratturazione delle rocce e la depressurizzazione del sottosuolo conseguente all'estrazione del vapore, causa una rilevante sismicità indotta, confermata dagli esperti e ribadita nel recente **Rapporto ICHESE** (International Commission on Hydrocarbon Exploration and Seismicity), redatto a seguito dei terremoti verificatisi in Emilia Romagna nel Maggio del 2012. La Regione Emilia Romagna sulla base di questa relazione, ha sospeso ogni nuova autorizzazione alla ricerca di idrocarburi, a differenza della Regione Toscana che non solo continua a concedere permessi di ricerca in zone ad alto rischio sismico, ma sull'Amiata ha autorizzato le perforazioni di 7 nuovi pozzi di estrazione di vapore, 5 nell'area geotermica di Piancastagnaio e 2 in quella di Bagnore, dove è in fase di costruzione Bagnore 4 (40 MW), la più grande centrale tra quelle esistenti.

Potremmo pertanto dire che, anche sotto questo aspetto, la geotermia in Amiata è pericolosa e che ENEL si muove in un territorio dinamico, ad alta precarietà e instabilità naturale, con caratteristiche ben diverse rispetto agli altri bacini geotermici dell'area tradizionale di Larderello.

In Amiata l'attività geotermica va quindi ad aggravare una situazione di alto rischio già presente e ben nota; l'indice di pericolo aumenta notevolmente se consideriamo che quasi tutti gli edifici che si

trovano in questo territorio sono stati costruiti in passato senza il rispetto delle norme antisismiche e, anche per questo, gran parte del patrimonio urbano può essere fortemente compromesso da eventi sismici.

Questi rischi sono documentati da una ricerca sul terremoto registrato nell'Aprile del 2000 nel versante senese del Monte Amiata, a cura del prof. Marco Mucciarelli, del Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia applicata all'ingegneria – Università della Basilica, Potenza e Direttore del Centro Ricerche Sismologiche dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale.

Il lavoro, presentato al X Congresso Nazionale su "L'ingegneria sismica in Italia" (2001), ha per tema: "*Osservazioni sul danneggiamento nella zona del Monte Amiata a seguito dell'evento del 1° Aprile 2000*" (all. 31). Nella Fig. 3 si può vedere la distribuzione dei danni osservati e le loro dimensioni, benché la strumentazione disponibile non abbia consentito di stabilire la localizzazione precisa dell'epicentro. Sempre del prof. Mucciarelli è l'articolo pubblicato sulla rivista *Ingegneria Sismica* del gennaio-giugno 2013, su: "*Sismicità indotta da attività antropiche e rischio derivante*" (all. 32), nelle cui conclusioni si legge: "**... In Italia gli studi sulla sismicità indotta sono in cronico ritardo rispetto al resto del mondo data l'assenza di dati pubblici su questo fenomeno. Questa assenza di dati e di studi potrebbe essere confusa con la assenza del fenomeno stesso. Ciò sarebbe pericoloso in un momento in cui vi è un forte interesse per le attività quali la geotermia, lo stoccaggio del metano ed il sequestro sotterraneo di anidride carbonica ... Infine le maggiori cautele andrebbero adottate in quelle aree dove le strutture esistenti risultano inadeguate sismicamente già per la sismicità naturale.**" ...

Alla geotermia sono attribuiti anche fenomeni di subsidenza, anch'essi comprovati.

Sempre in riferimento ai problemi legati alla sismicità in Amiata, citiamo anche il lavoro del dott. Andrea Borgia: *Indagine sismica dell'area di Piancastagnaio e Abbadia S. Salvatore*, del Giugno 2000 (all. 33)

Nelle conclusioni a pag. 16. si legge: "*... L'attività sismica locale registrata può essere definita come prodotta da fatturazione idraulica, connessa probabilmente a variazione di pressione dei pori o delle fratture delle rocce ... Nonostante l'errore sulla localizzazione abbastanza elevato (+/- 1.5 Km) si può affermare che l'origine di questa sismicità (almeno per 10 eventi presi in esame) è situata all'interno del campo geotermico di Piancastagnaio.*" ...

Il monitoraggio fu fatto attraverso 4 stazioni sismiche in un area di 25 Km² tra Abbadia S. Salvatore e Piancastagnaio che funzionarono dal 7 Maggio 1999 fino al 14 Febbraio 2000.

Oltre agli studi scientifici, è interessante segnalare anche quanto contenuto nella Sentenza del Tribunale di Montepulciano del 12.11.2004 (all. 34) relativa ad un incidente verificatosi al Podere del Marchese nel Comune di Piancastagnaio a seguito di operazioni di manutenzione di un pozzo geotermico, che viene così descritto a pag. 3: "*... formazione di polluzioni di gas e vapore con fuoriuscita di fango argilloso, dalle quali derivava lo sprigionarsi di gas pericolosi per la salute pubblica, tra cui acido solfidrico e monossido di carbonio, con conseguente moria di animali e parziale distruzione di un immobile di proprietà di Marcello Perugini*". A pag 8 è scritto: "*... lo scenario più probabile cui riferire gli eventi occorsi in loc. Troni di Piancastagnaio, prevede l'interazione fra sistema naturale (fatturazione preesistente, sismicità diffusa e sistema idrotermale) e le operazioni minerarie di pompaggio di acqua effettuate sul PC4*" ... e ancora a pag. 9: "*... l'intervento minerario ha probabilmente accelerato un processo (quiescente fino al momento del pompaggio di acqua) che, vista la dinamica dell'area amiatina, si sarebbe comunque verificato nel tempo. L'esperto, inoltre, precisa che la ricostruzione del descritto meccanismo non può essere affermata con alto grado di certezza, esistono troppe variabili insite nella complessità del sistema geotermico amiatino, che non consentono una definizione certa del fenomeno.*" ... Riguardo alle fratture preesistenti nel sottosuolo, l'attività geotermica fa aumentare questi processi, come riportato anche nello studio del Prof. Basosi e del dott. Bravi (all. 29): "*... si può*

ragionevolmente sostenere che le fratture generate dai pozzi geotermici, raggiungendo i 3500 m. con diametri di 30" (75 cm.) in superficie e 8,5" (21 cm) in profondità, incrementano il flusso di fluidi e di CO2 verso la superficie in maniera del tutto innaturale." ...