

## **INDICE**

<b>1 PROGRAMMA DELLE ATTIVITA'</b>	<b>4</b>
<b>2 MONITORAGGIO DEGLI INQUINANTI GASSOSI E PARTICELLARI</b>	<b>4</b>
<b>3 MONITORAGGIO DELLE DEPOSIZIONI AL SUOLO, UMIDE E SECCHIE NELL'AREA AMIATINA</b>	<b>5</b>
<b>4 SPORTELLO INFORMATIVO</b>	<b>6</b>
<b>4.1 REALIZZAZIONE DELLO SPORTELLO INFORMATICO</b>	<b>8</b>
<b>5 RUMORE E MODELLISTICA DEGLI INQUINANTI</b>	<b>8</b>
<b>6 RISULTATI RELATIVI ALLA CONTINUAZIONE DELLE ATTIVITA' DI CONTROLLO</b>	<b>9</b>
<b>7 MATRICE ARIA</b>	<b>10</b>
<b>7.1 Valori di riferimento</b>	<b>11</b>
<b>7.2 Risultati</b>	<b>11</b>
<b>7.3 Analisi per singola postazione</b>	<b>14</b>
<b>8 DEPOSIZIONI UMIDE</b>	<b>27</b>
<b>9 PARTICOLATO SOSPESO ATMOSFERICO</b>	<b>27</b>
<b>10 MATRICE ACQUA</b>	<b>29</b>
<b>11 PROGETTO RUMORE E MODELLISTICA DELLE AREE GEOTERMICHE DELLA TOSCANA</b>	<b>30</b>
<b>11.1 Stato di avanzamento del progetto</b>	<b>30</b>
<b>11.2 Inquinamento acustico</b>	<b>30</b>
11.2.1 Normativa	31
11.2.2 Strumenti e metodi	33

11.2.3 Risultati	33
11.2.4 Valutazione	36
<b>11.3 Modellistica degli inquinanti atmosferici</b>	<b>37</b>
<b>12 VALUTAZIONE DELL'ATTIVITA' SVOLTA DA ERGA SUGLI IMPIANTI DI ABBATTIMENTO DELL'AC. SOLFIDRICO E DEL MERCURIO</b>	<b>37</b>
<b>13 BIOMONITORAGGIO INTEGRATO AVANZATO SUL TERRITORIO DELL'AMIATA. GESTIONE DELLA RETE</b>	<b>39.</b>

## **INDICE DEGLI ALLEGATI**

<b>Allegato 1</b>	Matrice aria: Tavole dei risultati del controllo delle concentrazioni aerodisperse di ac. Solfidrico e Mercurio, suddivisi per singola <b>postazione</b>
<b>Allegato 2</b>	Matrice aria: Tavole dei risultati delle deposizioni umide
<b>Allegato 3</b>	Matrice aria: Tavole dei risultati del particolato sospeso atmosferico
<b>Allegato 4</b>	Matrice aria: Grafici dei risultati del controllo delle concentrazioni aerodisperse di ac. Solfidrico e Mercurio, suddivisi per singola postazione
<b>Allegato 5</b>	Matrice acqua: Tavole dei risultati dei controlli sulle acque superficiali (aggiornamento)
<b>Allegato 6</b>	Rumore: Grafici Livello Equivalente, L <sub>95</sub> , curva distributiva e curva cumulativa delle sorgenti di emissione
<b>Allegato 7</b>	Rumore: schede di rilevamento per singola postazione
<b>Allegato 8</b>	Biomonitoraggio integrato avanzato sul territorio dell'Amiata. Gestione della rete: Monografia con i risultati sui biosensori attivi
<b>Allegato 8 bis</b>	Biomonitoraggio integrato avanzato sul territorio dell'Amiata. Gestione della rete: Monografia con i risultati sui biosensori passivi
<b>Allegato 9</b>	Linee guida per "Valutazione delle condizioni degli alberi in aree permanenti"
<b>Allegato 10</b>	Rapporto Erga: Risultati e valutazioni delle prove sperimentali impianto di abbattimento degli inquinanti Ac. Solfidrico e Mercurio

**GRUPPO DI LAVORO GEOTERMIA**

*Dr Raffaello Nottoli*

## II FASE DEL PROGETTO GEOTERMIA 1999 - 2000

OTTOBRE 2000

### "MONITORAGGIO DELLE AREE GEOTERMICHE"

#### **1 PROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ**

Con Decreto del Dirigente dell'Area Energia del Dipartimento delle Politiche Territoriali e Ambientali della Regione Toscana n° 7335 del 29.11.1999 è stato affidato ad ARPAT l'incarico di realizzare la II fase del progetto geotermia, comprendente le seguenti attività:

#### **2 MONITORAGGIO DEGLI INQUINANTI GASSOSI E PARTICELLARI**

Il programma prevedeva l'effettuazione di campagne di misura per la valutazione delle concentrazioni aerodisperse di acido Solfidrico e Mercurio in 4 postazioni dell'area del monte Amiata e in 2 postazioni dell'area tradizionale di Larderello, secondo il modello organizzativo/operativo già sperimentato nel corso degli anni precedenti.

Il programma di monitoraggio degli inquinanti gassosi e particellari definito per il biennio 1999-2000 individuava le 6 postazioni di misura secondo la seguente distribuzione territoriale:

- n° 1 nel Comune di Piancastagnaio (SI);
- n° 1 nel Comune di Abbadia S. S. (SI);
- n° 1 nel Comune di Castiglione d'Orcia (SI);
- n° 1 nel Comune di Santa Fiora (GR);
- n° 1 nel Comune di Sasso Pisano (PI);
- n° 1 nel Comune di Pomarance, Valle Secolo. (PI).

- il tempo di stazionamento dell'unità mobile (periodo di campionamento): previsto era di circa 15 gg. a postazione per singolo ciclo stagionale. La definizione dei periodi di stazionamento del laboratorio nelle singole postazioni è stata condotta seguendo comunque una procedura randomizzata.

- i parametri misurati: il controllo degli inquinanti gassosi prevedeva il monitoraggio in continuo delle concentrazioni di acido Solfidrico e Mercurio, nonché l'acquisizione dei

parametri meteorologici mediante l'uso di sistemi di misura automatici. Il controllo degli inquinanti particellari era da realizzarsi attraverso il campionamento, con l'ausilio di sistemi automatici, del particolato atmosferico e la successiva determinazione analitica delle concentrazioni di Mercurio, Arsenico, Antimonio, Selenio e Boro nei campioni raccolti. Complessivamente il monitoraggio degli inquinanti gassosi e particellari prevedeva la misura in continuo delle concentrazioni degli inquinanti gassosi ac. Solfidrico e Mercurio, l'acquisizione dei parametri meteo, la raccolta di circa 180 campioni di particolato e la determinazione analitica degli elementi d'interesse sul totale dei campioni raccolti.

- il tempo di mediazione delle misure: la mediazione delle concentrazioni misurate doveva essere fatta secondo i "valori medi giornalieri" e i "valori medi annuali", per mantenere omogeneità con i riferimenti internazionali. Tuttavia per alcuni parametri (acido Solfidrico e Mercurio in fase gassosa, grandezze Meteo) la strumentazione dell'unità lavorava su cicli di acquisizione dell'ordine dei secondi e/o dei minuti, pertanto è stato possibile disporre dei dati disaggregati con tempi di mediazione orari e/o in minuti.

### **3 MONITORAGGIO DELLE DEPOSIZIONI AL SUOLO, UMIDE E SECHE NELL'AREA AMIATINA**

Il programma di monitoraggio delle Deposizioni al suolo prevedeva l'ausilio di n° 2 campionatori del tipo Wet end Dry per la raccolta differenziata in automatico delle deposizioni umide e di quelle secche.

Era previsto che il programma di monitoraggio delle deposizioni al suolo umide e secche avesse la seguente articolazione:

- sono state individuate n° 2 postazioni aventi la seguente distribuzione territoriale: 1 postazione di riferimento (bianco), in località remota; 1 postazione in zona di massima ricaduta (Piancastagnaio). Il GdL Geotermia ha suggerito l'utilizzo comune della stessa postazione di riferimento individuata per il monitoraggio degli inquinanti gassosi e particellari nel Comune di Castiglione d'Orcia. Anche per il programma di monitoraggio Biologico era previsto l'uso di tale sede quale postazione di riferimento;

- la durata del periodo di osservazione doveva essere di 52 settimane (anno solare), a partire dal mese di Aprile 1999;

- il periodo di campionamento programmato era di 7 giorni. La raccolta dei campioni in ciascuna singola postazione doveva essere fatta con cadenza settimanale;

- i parametri misurati: sulle deposizioni umide dovevano essere determinati, in via prioritaria, le concentrazioni degli elementi caratteristici associati con i processi di coltivazione dei fluidi geotermici, Mercurio, Arsenico, Antimonio, Selenio e Boro. Sulle deposizioni secche doveva essere eseguita la speciazione tra frazione lisciviabile e frazione insolubile. Su entrambe le frazioni si doveva procedere alla determinazione, in via prioritaria, delle concentrazioni degli inquinanti Mercurio, Arsenico, Antimonio, Selenio e Boro. Sul complesso dei campioni dovevano essere inoltre determinate anche le concentrazioni di altri inquinanti specifici, al fine di disporre di una caratterizzazione generale dello stato di qualità delle deposizioni umide e secche. Complessivamente il monitoraggio delle deposizioni umide e secche comportava la raccolta di 52 campioni e la determinazione analitica degli elementi d'interesse e di altri inquinanti specifici su un totale di 78 campioni;

- la mediazione delle concentrazioni misurate doveva essere fatta secondo i "valori medi settimanali", "valori medi mensili" e i "valori medi annuali".

#### **4 Sportello informativo**

Il protocollo d'intesa Regione Toscana-ENEL siglato in data 20.01.1997 prevedeva inoltre:

a) l'apertura di uno "*sportello informativo*" nel territorio amiatino, con funzioni di interfaccia con la popolazione, relativamente ai problemi connessi con la coltivazione dei fluidi geotermici;

b) la partecipazione alle fasi di sviluppo del progetto ERGA relativo all'esercizio dell'impianto di abbattimento del carico inquinante di acido Solfidrico e Mercurio.

Tra le attività programmate per gli anni 1999 - 2000, ARPAT. ha inserito l'organizzazione/realizzazione dello *sportello informativo*, non realizzato per carenza di risorse nel 1998.

Le fasi progettuali fin qui realizzate hanno reso disponibile una raccolta di dati sufficienti per la predisposizione dell'archivio tematico della geotermia.

Lo sportello dispone di un sistema informativo locale la cui struttura hardware sarà composta da:

- PC Pentium III, Clock 8000 MHz, RAM 128 Mb, HD 30 Gb;
- Monitor 19 pollici
- Stampante laser

- collegamento client server via Internet (ISDN) a rete dedicata con l'ARPAT centrale, con i Dipartimenti di Grosseto, Pisa e Siena e con il SIRA – Sistema Informativo Regionale Ambientale.

La struttura dispone di un programma operativo per la gestione della banca dati, operante in ambiente Windows NT. Verrà inoltre valutata la fattibilità di realizzare un sistema informativo territoriale.

Lo sportello, con apertura al pubblico almeno un giorno alla settimana, ha la funzione di soddisfare le richieste che pervengono dall'utenza ed in particolare fornire alla popolazione tutte le informazioni relative alla geotermia sia di carattere generale, sia in merito ai controlli effettuati nelle aree geotermiche.

La sede prevista è presso la Comunità Montana Zona Senese a Piancastagnaio.

La gestione dello sportello è affidata a personale della Comunità Montana Zona Senese, coadiuvato da personale ARPAT.

Un'ulteriore attività programmata per gli anni 1999 - 2000 da ARPAT è stata quella di seguire attivamente le fasi della sperimentazione dello studio di fattibilità della riduzione del carico inquinante in emissione dagli impianti di coltivazione dei fluidi geotermici, collaborando con le strutture operative dell'ERGA impegnate nel progetto.

Lo studio è inserito nel contesto più ampio degli interventi previsti dal "*Programma Geotermia 1997-2002*" dell'ENEL, finalizzati ad un recupero della qualità ambientale dei processi di produzione di energia elettrica per via geotermica attraverso la mitigazione degli impatti associati all'attività di coltivazione dei fluidi. Il progetto specifico si propone il contenimento delle emissioni inquinanti mediante la messa in esercizio di idonei sistemi di abbattimento.

Allo stato attuale dello sviluppo progettuale, l'ERGA ha realizzato e reso operativo un impianto di abbattimento pilota, installato presso la centrale geotermica PC4.

Nell'impianto sono provate e verificate sul campo le tecnologie di captazione degli inquinanti in uso in ambito industriale, collaudandone la loro adattabilità al ciclo produttivo ed alle caratteristiche intrinseche del fluido geotermico, e sperimentate nuove soluzioni specifiche.

La messa in esercizio ed il collaudo su scala industriale dell'impianto sperimentale avverrà presso la nuova centrale Bagnore 3.

#### **4.1 REALIZZAZIONE DELLO SPORTELLINO INFORMATIVO**

Lo sportello informativo, o centro di documentazione per la geotermia, si propone come obiettivo quello di costituire un punto di riferimento per la consultazione della documentazione, sia per quanto riguarda le tecnologie di processo e degli impianti di abbattimento delle attività di sfruttamento dei fluidi geotermici, sia per i dati relativi al monitoraggio delle aree geotermiche effettuate da ARPAT sulle matrici acqua, aria, agenti fisici, specie vegetali. La Comunità Montana Amiata Senese ha messo a disposizione, presso la sua sede a Piancastagnaio, i locali per il centro di documentazione; ARPAT ha fornito l'hardware, il software ed i collegamenti client server via Internet (ISDN) a rete dedicata con ARPAT centrale, con i Dipartimenti di Grosseto, Pisa e Siena e con il SIRA.

Il materiale, consultabile e fornibile, è diviso in ragione del tipo di utenza; una parte redatta in forma sintetica e descrittiva destinata prevalentemente alla cittadinanza, l'altra consistente in dati e di rapporti specialistici destinati all'utenza esperta (ricercatori, Università, studi professionali).

Attualmente il materiale è consultabile tramite data-base relazionale dotato di funzionalità di ricerca. ARPAT metterà a disposizione un operatore per due giorni alla settimana per un periodo iniziale di circa quattro mesi, con lo scopo di formare il personale incaricato dalla Comunità Montana alla gestione del centro.

Successivamente, a seconda del numero di richieste e della loro tipologia, ARPAT potrà sviluppare un sistema più complesso costituito da uno specifico sito WEB interattivo e con la possibilità di essere gestito dall'utente.

#### **5 PROGETTO RUMORE E MODELLISTICA DEGLI INQUINANTI**

Il progetto si pone come fine la valutazione dell'impatto acustico delle centrali geotermiche della Toscana e la valutazione tramite modellistica della ricaduta degli inquinanti al suolo.

Nel primo anno dello studio, per la parte acustica saranno eseguite mappature acustiche "intelligenti" del territorio interessato dalle centrali, con il fine di caratterizzare in modo particolareggiato le "sorgenti" di rumore. In questa fase saranno sperimentate anche tecniche di misura finalizzate alla determinazione della potenza sonora delle sorgenti e del loro spettro di emissione.

Nel primo anno per la parte modellistica degli inquinanti saranno acquisiti e ordinati in materia coerente i dati meteorologici storici e valutati i codici di calcolo disponibili per la scelta di quello più idoneo alle varie situazioni. Verranno anche eseguite le prime elaborazioni allo scopo di individuare le postazioni di rilevamento della qualità dell'aria più idonee.

Nella seconda fase dello studio acustico saranno eventualmente integrate le misure del primo anno, e sarà iniziata un'indagine più mirata all'impatto della sorgente sui recettori, con particolare attenzione all'effetto delle variabili meteorologiche. Parallelamente inizierà una valutazione modellistica dell'impatto acustico delle centrali geotermiche, basato sui risultati del primo anno di studio. In questa seconda fase, l'interazione tra modellistica acustica e le misure porterà ad un affinamento del modello di simulazione. L'obiettivo finale della parte acustica dello studio è di raggiungere una descrizione dettagliata dell'impatto acustico delle centrali geotermiche esistenti tramite l'elaborazione numerica, e la previsione d'impatto di nuove centrali o la modifica di quelle esistenti.

La seconda fase dello studio modellistico (12 mesi) della diffusione degli inquinanti raffinerà i risultati preliminari del primo anno, fornendo una migliore e più dettagliata valutazione delle ricadute e dell'idoneo posizionamento delle stazioni di rilevamento.

Analogamente alla parte acustica dello studio, l'obiettivo finale è quello di raggiungere una descrizione dettagliata della qualità dell'aria e delle ricadute al suolo degli inquinanti atmosferici prodotti dalle centrali geotermiche esistenti tramite l'elaborazione numerica, e la previsione di impatto di nuove centrali o la modifica di quelle esistenti.

## **6 RISULTATI RELATIVI ALLA CONTINUAZIONE DELLE ATTIVITA' DI CONTROLLO**

L'originale *programma di attività progetto Geotermia, 1999-2000*, descritto sopra, ha subito alcune modifiche per i motivi più diversi (guasti strumentali, indisponibilità della strumentazione e/o di dati essenziali per il lo svolgimento delle attività stesse, difficoltà di trovare collocazione alla strumentazione), che hanno comportato dei ritardi nello svolgimento delle attività programmate. Fermo restando l'impegno da ARPAT. di portare a compimento l'intera attività come da programma, i risultati conseguiti dalle attività svolte sono presentati nella monografia seguente.

Ad integrazione delle attività svolte sopra richiamate, il monitoraggio degli inquinanti gassosi a cui ci si riferisce nella seguente monografia è stato esteso anche ad un periodo antecedente quello concordato (dal Maggio 1999, anziché Settembre 1999), inoltre sono state predisposte delle linee guida per la "valutazione delle condizioni degli alberi in aree permanenti" finalizzate all'effettuazione di un monitoraggio fitosanitario, da parte del personale ARPAT, nell'area dell'Amiata. Il personale ARPAT della U. O. Alimenti-Fitosanitario del Dipartimento Provinciale di Firenze ha seguito le attività di monitoraggio biologico integrato avanzato, gestione della rete, realizzate da Strategie Ambientali.

## **7 MATRICE ARIA**

L'ambito territoriale previsto dal programma originale comprendeva l'area dell'Amiata e 2 postazioni dell'area di tradizionale di Larderello. Una serie di guasti delle apparecchiature ha necessariamente costretto a rivedere il programma originale, rimandando il monitoraggio delle concentrazioni aerodisperse di ac. Solfidrico e di Mercurio nell'area tradizionale di Larderello. Dovremo pertanto completare il programma attraverso la realizzazione di una specifica attività di monitoraggio nelle due postazioni dell'area tradizionale.

Per tali motivi, l'ambito territoriale del controllo della matrice aria è ancora una volta l'area del monte Amiata ed in particolare i Comuni direttamente interessati dalle concessioni di coltivazione (Piancastagnaio e Santa Fiora) ed i Comuni non direttamente interessati, ma che per la loro posizione rispetto agli impianti risentono in qualche misura delle ricadute delle emissioni (Abbadia S.S., Arcidosso) ed il Comune di Castiglion d'Orcia (bianco). Il programma operativo di dettaglio del controllo della matrice aria è riportato nella Proposta sul programma delle attività relative al "Progetto di monitoraggio delle aree geotermiche per gli anni 1999-2000".

Seguendo l'articolazione prevista sono state realizzate campagne di misura stagionali della concentrazione aerodispersa di Mercurio ed ac. Solfidrico nelle 7 postazioni individuate.

## 7.1 VALORI DI RIFERIMENTO

*Mercurio*: il valore di riferimento consigliato dalla O.M.S. per la tutela sanitaria alle esposizioni a lungo termine negli ambienti di vita è “*media delle concentrazioni medie giornaliere misurate nell’arco di un anno non superiore a 1000 ng/m<sup>3</sup>*”,

*ac.Solfidrico*: il valore di riferimento consigliato dalla O.M.S. per la tutela sanitaria alle esposizioni a lungo termine negli ambienti di vita è “*concentrazione media giornaliera non superiore a 150 µg/m<sup>3</sup>*”. L’ac. Solfidrico, sostanza dotata di odore, possiede anche un valore di soglia olfattiva, intesa come livello di concentrazione oltre la quale diviene percepibile il caratteristico odore dell’inquinante. In funzione della sensibilità individuale dei soggetti esposti la soglia olfattiva dell’ac. Solfidrico varia in un ampio intervallo di concentrazioni. Taluni soggetti sono, infatti, in grado di percepirne l’odore già a livelli di concentrazione dell’ordine dei 0.2 µg/m<sup>3</sup>. E’ comunque accettato dalle Comunità scientifiche che alla concentrazione di 7.0 µg/m<sup>3</sup> l’odore dell’ac. Solfidrico viene percepito dalla quasi totalità degli individui normali e che se tale livello di concentrazione è superato per un periodo di tempo superiore ai 30 minuti, possono manifestarsi disturbi sensoriali su una parte degli individui esposti. Studi olfattometrici indicano che a valori di concentrazione di 14.0 µg/m<sup>3</sup> la totalità degli individui normali costituenti il campione di saggio è in grado di percepire distintamente l’odore dell’inquinante. Nella trattazione il termine di confronto utilizzato è il valore di 7.0 µg/m<sup>3</sup> perché ritenuto il più appropriato in quanto a tale concentrazione la maggior parte dei soggetti esposti, anche se non la totalità, è comunque in grado di percepire l’odore caratteristico dell’acido Solfidrico.

## 7.2 RISULTATI

I risultati sono riferibili ad un ciclo annuale di campagne di misura nelle postazioni prescelte.

Le conclusioni salienti che emergono dai risultati dei controlli sono:

**a)** in tutte le postazioni monitorate le concentrazioni dell’acido Solfidrico e del Mercurio sono risultate inferiori, e per alcune postazioni anche in misura significativa, ai rispettivi valori di riferimento indicati dalla O.M.S. per la tutela sanitaria alle esposizioni a lungo termine negli ambienti di vita,

**b)** i risultati di queste campagne di monitoraggio confermano quanto già espresso nei precedenti rapporti, ossia che l'attività di coltivazione dei fluidi geotermici costituisce una generatrice d'impatto in grado d'indurre modificazioni dello stato di qualità dell'aria relativamente alle concentrazioni di ac. Solfidrico e Mercurio. Nell'area di studio sono presenti anche altre sorgenti, in parte naturali in parte antropiche, in grado di indurre modificazioni dello stato di qualità dell'aria relativamente ai due inquinanti considerati. Putizze e manifestazioni termali, nonché condotti di convogliamento del gas in connessione con le gallerie delle ex miniere ed emergenze spontanee di gas naturale, determinano rilasci di ac. Solfidrico e di Mercurio, mentre gli impianti dismessi della passata attività metallurgica del cinabro generano emissioni diffuse di Mercurio. In questo scenario l'attività di coltivazione dei fluidi geotermici resta comunque la sorgente più significativa in termini di flusso di massa dei due inquinanti e, solo limitatamente al Mercurio, gli impianti della passata attività metallurgica del cinabro in particolari condizioni climatiche ( forte irraggiamento ed alte temperature del suolo), possono indurre localmente ricadute più intense,

**c)** la distribuzione spaziale delle concentrazioni dei due inquinanti risulta fortemente condizionata dagli eventi meteorologici, ed in particolare dallo stato del vento (velocità e direzione), che gioca un ruolo fondamentale nell'evoluzione dei fenomeni dispersivi e nei processi di trasferimento dal punto di emissione. In generale con condizioni meteo caratterizzate da limitata mobilità delle masse d'aria, come durante stati d'inversione termica, i valori di concentrazione maggiori sono tipici dei centri abitati dove hanno sede gli impianti di coltivazione e, pur se in misura minore, degli altri centri abitati ad essi limitrofi. In presenza di venti moderati o forti le concentrazioni dei due inquinanti tendono a diminuire nelle zone poste sopra vento, mentre divengono significativamente importanti anche a distanze considerevoli dal punto di emissione, lungo la direttrice dominante dei venti,

**d)** relativamente all'andamento temporale delle concentrazioni di ac. Solfidrico e Mercurio, come già evidenziato nei precedenti rapporti, si possono distinguere due diverse situazioni in relazione alla tipologia delle sorgenti:

**1)** nelle postazioni in cui le ricadute sono da ricondurre essenzialmente all'attività di coltivazione dei fluidi geotermici ed alle emissioni naturali di gas geotermale (vedi Castiglion d'Orcia, postazione di bianco) i livelli di concentrazione dei due inquinanti mostrano uno spiccato parallelismo che trova giustificazione solo ammettendo una loro origine comune,

**2)** nelle postazioni in cui agli apporti dell'attività geotermica si sovrappongono o si sostituiscono i contributi di altre sorgenti, quali le emissioni diffuse provenienti dagli impianti della passata metallurgia del cinabro, gli andamenti temporali delle concentrazioni dei due inquinanti perdono il loro parallelismo e tali scostamenti divengono sempre più evidenti in presenza di condizioni meteo-climatiche che favoriscono lo sviluppo delle emissioni diffuse.

Già nel precedente rapporto tale osservazione era stata proposta come utile riferimento per la progettazione di una rete locale di monitoraggio dedicata alla geotermia. In linea di massima la configurazione tipo della rete potrebbe essere:

- n° 1 analizzatore di vapori di Hg opportunamente collocato nella zona sede degli impianti, abbinato ad una stazione meteo (altri analizzatori di Hg si possono rendere necessari solo in presenza di sorgenti specifiche quali impianti dismessi della metallurgia del cinabro qualora si renda indispensabile un loro monitoraggio);
- più analizzatori di H<sub>2</sub>S in zone rappresentative, individuate mediante modellizzazione delle aree;
- controllo del territorio attraverso la predisposizione di una rete di monitoraggio biologico integrato,

**e)** inquinamento "olfattivo" connesso con i livelli di concentrazione atmosferica di ac. Solfidrico. I risultati delle misure recenti e passate dimostrano che l'inquinamento olfattivo, tenuto conto che la soglia olfattiva di tale inquinante è particolarmente bassa, è un fenomeno reale e significativo per quanto attiene gli aspetti legati alla qualità della vita (disturbi sensoriali) nel territorio Amiatino. Tale fenomeno è riconducibile in parte alla presenza di sorgenti naturali di ac. Solfidrico (vedi stazioni termali di Bagno Vignoni, di Bagni S. Filippo e di Bagnore, di putizze e di emissioni spontanee), ma che in questi ultimi anni si è notevolmente intensificato, sia in termini di frequenze di accadimento e di durata temporale sia di ambiti spaziali coinvolti, a seguito dell'attività di coltivazione dei fluidi geotermici. L'attività geotermoelettrica ha infatti contribuito ad innalzare sensibilmente i livelli di fondo naturali della concentrazione atmosferica di ac. Solfidrico nell'area di studio, in particolare nelle località che si affacciano nella zona degli impianti. In tali località l'inquinamento olfattivo è divenuto una caratteristica costante con momenti particolarmente intensi nelle ore notturne e della mattina. In relazione ai fenomeni di trasporto, l'inquinamento olfattivo è divenuto avvertibile attualmente anche in quelle località del territorio Amiatino (Radicofani, Castell'Azzara, S. Fiora capoluogo, Arcidosso) dove in passato risultava praticamente assente per l'assenza di sorgenti

naturali od antropiche, che caratterizzavano invece altre realtà locali (Bagno Vignoni, Bagni S. Filippo, Bagnore e occasionalmente Castiglion d'Orcia, Abbadia S. S., Piancastagnaio).

Le conclusioni sopra esposte e la considerazione che allo stato attuale non è conosciuto il limite della capacità autodepurativa intrinseca delle matrici ambientali, ossia la loro capacità di mitigare tramite meccanismi naturali gli apporti degli inquinanti connessi con le emissioni delle attività antropiche (nel caso specifico quelli legati all'attività di coltivazione dei fluidi geotermici) e/o naturali evitando che si vengano a determinare condizioni di rischio espositivo, si ritiene che i futuri programmi di sviluppo delle attività legate allo sfruttamento dell'energia geotermica debbano prevedere anche la simultanea messa in esercizio di idonei impianti di abbattimento in grado di ridurre il carico inquinante immesso nell'ambiente e, conseguentemente, minimizzare i possibili effetti da esso esercitati sugli individui esposti, in particolare i "disturbi sensoriali" associati alle ricorrenti condizioni di inquinamento olfattivo.

Importante a tal fine è anche definire con Erga una regolamentazione delle attività legate alla manutenzione degli impianti, attività molto ricorrente, ed all'effettuazione di prove tecniche sui pozzi geotermici affinché si abbia una riduzione anche del loro potenziale contributo al rilascio degli inquinanti.

### **7.3 ANALISI PER SINGOLA POSTAZIONE**

Come già nelle precedenti campagne, la scelta della localizzazione della postazione nelle sedi dei Comuni interessati dal controllo è stata in qualche misura vincolata dalla necessità di erogazione della fornitura elettrica, vista l'alta potenza impegnata richiesta dal sistema di monitoraggio. Ciò ha comportato che in talune situazioni la postazione prescelta ha dovuto necessariamente essere collocata in prossimità di edifici con conseguente riduzione dell'attendibilità delle misure dei parametri meteorologici. Dal mese di Novembre 1999 si è verificato un guasto all'analizzatore di vapori di Mercurio che ha dovuto essere spedito in riparazione presso la ditta costruttrice in Canada, con conseguente indisponibilità per un lungo periodo. Un danno rilevante al palo di sostegno dei sensori meteorologici ha comportato la mancata misurazione dei dati fisici per alcuni periodi. Infine un danno irreversibile al sistema di acquisizione, che ha dovuto essere poi sostituito, ha determinato la perdita dei dati relativi al periodo 22.12.1999 ÷ 27.03.2000.

Di seguito si espongono le osservazioni sui risultati del controllo relativi alle singole postazioni. Le tavole dei risultati dei controlli, suddivisi per singola postazione, sono riportati integralmente nell'allegato 1 ed i relativi grafici nell'allegato 4.

#### PIANCASTAGNAIO, postazione di Fonte Natali

– periodo di osservazione 25/05/1999 ÷ 29/06/2000, suddiviso in 2 campagne di misura. La postazione è localizzata alla periferia Sud - Ovest del centro abitato. E' la postazione più vicina alla centrale PC2. La presenza del rilievo altimetrico lungo tutta la fascia Nord della postazione, anche se a distanza di circa 10 m dal sistema di misura, può aver prodotto interferenza nel rilevamento dei parametri meteo D.V. e V.V. limitatamente alle componenti da Nord e Nord - Ovest.

Dai risultati dell'indagine si ottengono i seguenti indici statistici di elaborazione dei dati:

**Acido Solfidrico.** La *massima concentrazione media giornaliera* misurata nel periodo di osservazione è  $50.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , corrispondente a circa 1/3 del valore guida di tutela sanitaria consigliato dalla O.M.S..

La *media delle concentrazioni medie giornaliere* del periodo di osservazione è  $12.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La *massima concentrazione oraria* misurata nel periodo di osservazione è  $339.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Relativamente all'inquinamento olfattivo, in termini di andamento temporale, risulta che:

- per 54 giorni su complessivi 86 il valore della concentrazione media giornaliera di acido Solfidrico è risultato superiore al valore di riferimento della soglia olfattiva ( $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- per ben 721 ore su 1995 complessive, pari quindi al 36.1 % del tempo di monitoraggio, le concentrazioni orarie hanno superato il limite dei  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inducendo nella postazione condizioni di palese percezione del caratteristico odore dell'inquinante, con possibili stati di disturbo olfattivo negli individui esposti.

In merito all'andamento temporale dei valori le concentrazioni più elevate di ac. Solfidrico sono tipiche delle ore del mattino e delle ore serali e notturne. Generalmente nelle ore pomeridiane si assiste invece ad una loro "normalizzazione".

**Mercurio.** La *media delle concentrazioni medie giornaliere* del periodo di osservazione è  $6.8 \text{ng}/\text{m}^3$ , corrispondente a circa 1/147 del valore guida di tutela sanitaria consigliato dalla O.M.S..

La *massima concentrazione media giornaliera* misurata nel periodo di osservazione è  $18.8 \text{ng}/\text{m}^3$ .

La *massima concentrazione oraria* misurata nel periodo di osservazione è  $126.1 \text{ng}/\text{m}^3$ .

In merito all'andamento temporale dei valori, anche in questa postazione il Mercurio assume un andamento sovrapponibile a quello dell'acido Solfidrico.

Venti moderati/forti favoriscono in genere la dispersione degli inquinanti ed il mantenimento di livelli di concentrazione "normali".

Il confronto con le precedenti campagne di misura evidenzia differenze apprezzabili degli indici di elaborazione statistica dei dati che subiscono in generale una diminuzione.

Per l'acido Solfidrico la *massima concentrazione media giornaliera*, ossia il termine statistico di confronto con il riferimento consigliato dalla O.M.S. per la tutela sanitaria alle esposizioni a lungo termine, risulta sensibilmente minore rispetto a quello relativo alla precedente campagna (57.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  della precedente e 50.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'attuale). In generale anche i livelli medi di concentrazione misurati nell'attuale campagna sono significativamente inferiori rispetto a quelli della precedente, come rilevabile dal valore della *media delle concentrazioni medie giornaliere del periodo* che passa dai 20.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  della precedente ai 12.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'attuale. Solo la *massima concentrazione oraria relativa al periodo* risulta più elevata, passando dai 259.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  della precedente campagna ai 339.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'attuale.

Per il Mercurio la *media delle concentrazioni medie giornaliere del periodo*, ossia il termine statistico di confronto con il riferimento consigliato dalla O.M.S. per la tutela sanitaria alle esposizioni a lungo termine, risulta significativamente minore rispetto a quello relativo alla precedente campagna (dai 12.5  $\text{ng}/\text{m}^3$  della precedente si passa ai 6.8  $\text{ng}/\text{m}^3$  dell'attuale), indicando anche una riduzione dei livelli medi di concentrazione. La *massima concentrazione media giornaliera* risulta notevolmente inferiore, passando dai 45.6  $\text{ng}/\text{m}^3$  della precedente campagna ai 18.8  $\text{ng}/\text{m}^3$  dell'attuale, ed anche la *massima concentrazione oraria relativa al periodo* è sensibilmente diminuita, passando dai 159.8  $\text{ng}/\text{m}^3$  della precedente campagna ai 126.1  $\text{ng}/\text{m}^3$  dell'attuale.

PIANCASTAGNAIO, postazione del Vecchio Mattatoio

– periodo di osservazione 23/08/2000 ÷ 21/09/2000, relativo ad una campagna di misura.

La postazione è localizzata alla periferia Sud-Est del centro abitato. E' la postazione più vicina alle centrali PC4 e PC5, situate a circa 300 m in linea d'aria in direzione Est. In direzione Sud e Sud-Ovest sono localizzate a brevi distanze rispettivamente anche le centrali Bellavista e PC 2.

Dai risultati dell'indagine si ottengono i seguenti indici statistici di elaborazione dei dati:

**Acido Solfidrico.** E' la postazione dove sono stati misurati i massimi livelli in assoluto di concentrazione di acido Solfidrico.

La *massima concentrazione media giornaliera* misurata nel periodo di osservazione è  $100.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , corrispondente a circa i 2/3 del valore guida di tutela sanitaria consigliato dalla O.M.S..

La *media delle concentrazioni medie giornaliere* del periodo di osservazione è  $37.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La *massima concentrazione oraria* misurata nel periodo di osservazione è  $489.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Relativamente all'inquinamento olfattivo, in termini di andamento temporale, risulta che:

- per 27 giorni su complessivi 28 il valore della concentrazione media giornaliera di ac. Solfidrico è risultato superiore al valore di riferimento della soglia olfattiva ( $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- per ben 356 ore, su 636 complessive, pari quindi al 56.0 % del tempo monitorato, le concentrazioni orarie hanno superato il limite dei  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inducendo nella postazione condizioni di palese percezione del caratteristico odore dell'inquinante, con possibili stati di disturbo olfattivo negli individui esposti.

In merito all'andamento temporale dei valori le concentrazioni più elevate di ac. Solfidrico sono anche in questo caso tipiche delle ore del mattino e delle ore serali e notturne, mentre i livelli di concentrazione oraria inferiori alla soglia odorigena sono prevalentemente tipici delle ore pomeridiane.

**Mercurio.** La *media delle concentrazioni medie giornaliere* del periodo di osservazione è  $19.5 \text{ng}/\text{m}^3$ , corrispondente a circa 1/51 del valore guida di tutela sanitaria consigliato dalla O.M.S..

La *massima concentrazione media giornaliera* misurata nel periodo di osservazione è  $50.2 \text{ng}/\text{m}^3$ .

La *massima concentrazione oraria* misurata nel periodo di osservazione è  $221.9 \text{ng}/\text{m}^3$ .

Anche per il Mercurio i valori misurati in tale postazione costituiscono i massimi livelli raggiunti riferibili a postazioni nelle quali le modificazioni dello stato di qualità dell'aria sono riconducibili all'attività di coltivazione dei fluidi geotermici. In merito all'andamento temporale dei valori, anche in questa postazione il Mercurio assume un andamento sovrapponibile a quello dell'acido Solfidrico.

I venti moderati/forti sono il fattore meteorologico che favorendo la dispersione degli inquinanti, contribuiscono in maniera più incisiva rispetto ad altri fattori al mantenimento di livelli di concentrazione "normali".

Il confronto con le precedenti campagne di misura non evidenzia differenze particolarmente significative degli indici di elaborazione statistica dei dati.

Per l'ac. Solfidrico la *massima concentrazione media giornaliera*, ossia il termine statistico di confronto con il riferimento consigliato dalla O.M.S. per la tutela sanitaria alle esposizioni a lungo termine, risulta praticamente invariata (100.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  della precedente campagna e 100.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'attuale). In generale i livelli medi di concentrazione misurati nell'attuale campagna di misura sono lievemente maggiori rispetto a quelli della precedente, come rilevabile dal valore della *media delle concentrazioni medie giornaliere del periodo* che passa dai 30.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  della precedente ai 37  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'attuale. Solo la *massima concentrazione oraria relativa al periodo* risulta più elevata, passando dai 370  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  della precedente campagna ai 489.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'attuale.

Per il Mercurio la *media delle concentrazioni medie giornaliere del periodo*, ossia il termine statistico di confronto con il riferimento consigliato dalla O.M.S. per la tutela sanitaria alle esposizioni a lungo termine, resta praticamente invariata (dai 18.6  $\text{ng}/\text{m}^3$  della precedente campagna si passa ai 19.5  $\text{ng}/\text{m}^3$  dell'attuale), indicando anche una certa costanza dei livelli medi di concentrazione. La *massima concentrazione media giornaliera* subisce invece un moderato incremento, passando dai 41.4  $\text{ng}/\text{m}^3$  della precedente campagna ai 50.2  $\text{ng}/\text{m}^3$  dell'attuale. Anche per il Mercurio solamente la *massima concentrazione oraria relativa al periodo* risulta più elevata, passando dai 98.1  $\text{ng}/\text{m}^3$  della precedente campagna ai 221.9  $\text{ng}/\text{m}^3$  dell'attuale.

In sostanza i risultati conseguiti nel corso delle attuali campagne di monitoraggio confermano lo scenario espositivo prospettato dai risultati delle precedenti campagne di monitoraggio. Piancastagnaio, Comune dove hanno sede cinque dei sei impianti geotermoelettrici attualmente in esercizio nell'area del monte Amiata, è il paese fra quelli controllati dove si riscontrano i maggiori livelli di concentrazioni di ac. Solfidrico ed di Mercurio, per quest'ultimo inquinante limitatamente alla frazione riconducibile alle ricadute dell'attività di coltivazione dei fluidi geotermici. Per quanto attiene l'acido Solfidrico, le ore durante le quali le concentrazioni orarie sono risultate superiori al riferimento della soglia olfattiva (0,07  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) costituiscono mediamente circa il 45 % del tempo monitorato (con massimi del 56 % nella zona limitrofa al Vecchio Mattatoio), indicando così l'esistenza di condizioni ricorrenti d'inquinamento olfattivo con possibili manifestazioni di disturbi sensoriali nei soggetti esposti. Il fenomeno è particolarmente

manifesto in condizioni meteorologiche favorevoli il fenomeno dell'inversione termica e interessa prevalentemente le ore del mattino e le ore serali/notturne. Condizioni meteorologiche caratterizzate da venti moderati/forti e irraggiamento solare intenso (come durante le ore pomeridiane) favoriscono in genere il mantenimento di livelli "normali" di concentrazione di ac. Solfidrico.

Per quanto attiene le "condizioni espositive", i risultati dei controlli eseguiti nelle postazioni di Piancastagnaio evidenziano il rispetto dei valori di riferimento di tutela sanitaria raccomandati dalla O.M.S. per entrambi gli inquinanti monitorati.

ABBADIA S. SALVATORE, postazione loc. S. Andrea

– periodo di osservazione 19/10/1999 ÷ 9/06/2000.

La postazione è situata alla periferia Ovest del paese, ai margini di una vallecchia che discendendo i fianchi della montagna confluisce nell'alta valle del torrente Minestrone dove sono in esercizio due centrali geotermoelettriche.

In direzione Nord, separato da un canale spartiacque, si trova l'ex stabilimento minero-metallurgico. Lo stabilimento è collocato in una vallecchia parallela a quella della postazione. Tale vallecchia trova poi continuità con il torrente Vivo che confluisce infine nel torrente Pagliola.

Assenza di ostacoli interferenti con la misura dei parametri meteo.

Per quanto attiene le "condizioni espositive", i risultati dei controlli nella postazione di Abbadia S.S. evidenziano il rispetto dei valori di riferimento di tutela sanitaria raccomandati dalla O.M.S. per entrambi gli inquinanti monitorati.

Dai risultati dell'indagine si ottengono i seguenti indici statistici di elaborazione dei dati:

**Acido Solfidrico.** La *massima concentrazione media giornaliera* misurata nel periodo di osservazione è  $69.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , corrispondente a circa 1/2 del valore guida di tutela sanitaria consigliato dalla O.M.S..

La *media delle concentrazioni medie giornaliere* del periodo di osservazione è  $14.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La *massima concentrazione oraria* misurata nel periodo di osservazione è  $405.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Relativamente all'inquinamento olfattivo, in termini di andamento temporale, risulta che:

- per 73 giorni su complessivi 132 il valore della concentrazione media giornaliera di acido Solfidrico è risultato superiore al valore di riferimento della soglia olfattiva ( $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),

- per ben 926 ore su 3080 complessive, pari quindi al 30.1 % del tempo monitorato, le concentrazioni orarie hanno superato il limite dei  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inducendo nella postazione condizioni di palese percezione del caratteristico odore dell'inquinante, con possibili stati di disturbo olfattivo negli individui esposti.

**Mercurio.** A seguito del guasto dell'analizzatore il periodo di osservazione è riferibile solamente all'arco temporale 20.04.2000 ÷ 6/06/2000.

La *media delle concentrazioni medie giornaliere* del periodo di osservazione è  $9.4 \text{ ng}/\text{m}^3$ , corrispondente a circa 1/106 del valore guida di tutela sanitaria consigliato dalla O.M.S..

La *massima concentrazione media giornaliera* misurata nel periodo di osservazione è  $20.4 \text{ ng}/\text{m}^3$ .

La *massima concentrazione oraria* misurata nel periodo di osservazione è  $69.2 \text{ ng}/\text{m}^3$ .

In questa postazione gli andamenti temporali della concentrazione di Mercurio, relativi al solo periodo di funzionamento dell'analizzatore precedentemente ricordato, in parte seguono quello dell'acido Solfidrico, indicando così una sostanziale dipendenza dagli apporti dell'attività geotermoelettrica, in parte possiedono un andamento asincrono da quello dell'acido Solfidrico, conseguentemente al contributo riconducibile alle emissioni diffuse dell'ex stabilimento minero-metallurgico del cinabro.

Il confronto con le precedenti campagne di misura evidenzia alcune differenze negli indici di elaborazione statistica dei dati.

Relativamente all'acido Solfidrico gli indici mostrano un generale e moderato incremento. La *massima concentrazione media giornaliera*, ossia il termine statistico di confronto con il riferimento consigliato dalla O.M.S. per la tutela sanitaria alle esposizioni a lungo termine, risulta sensibilmente superiore, passando dai  $59.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  della precedente campagna ai  $69.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'attuale. Anche i livelli medi di concentrazione misurati nell'attuale campagna di misura sono sensibilmente maggiori rispetto a quelli della precedente, come rilevabile dal valore della *media delle concentrazioni medie giornaliere del periodo* che passa dai  $11.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  della precedente ai  $14.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'attuale. La *massima concentrazione oraria relativa al periodo* risulta anch'essa più elevata, passando dai  $263.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  della precedente campagna ai  $405.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'attuale.

Per il Mercurio la *media delle concentrazioni medie giornaliere del periodo*, ossia il termine statistico di confronto con il riferimento consigliato dalla O.M.S. per la tutela sanitaria alle esposizioni a lungo termine, resta praticamente invariata (dai  $8.6 \text{ ng}/\text{m}^3$

della precedente campagna si passa ai 9.4 ng/m<sup>3</sup> dell'attuale), indicando anche una certa costanza dei livelli medi di concentrazione. Diminuiscono invece in maniera apprezzabile sia la *massima concentrazione media giornaliera*, che passa dai 33.4 ng/m<sup>3</sup> della precedente campagna ai 20.4 ng/m<sup>3</sup> dell'attuale, sia, ed ancor più significativamente, la *massima concentrazione oraria relativa al periodo*, che passa dai 134.6 ng/m<sup>3</sup> della precedente campagna ai 69.2 ng/m<sup>3</sup> dell'attuale.

I risultati di questa campagna di monitoraggio confermano che il paese di Abbadia S. Salvatore è soggetto alle ricadute degli inquinanti connessi sia con l'attività geotermoelettrica, che contribuisce in via pressoché esclusiva all'innalzamento dei livelli di concentrazione dell'acido Solfidrico e parzialmente del Mercurio, sia con le emissioni diffuse della pregressa attività metallurgica del Mercurio, che inducono modificazioni dello stato di qualità dell'aria relativamente al solo inquinante Mercurio, modificazioni che per talune zone del paese possono preminenti, come risulta dalle precedenti campagne di misura.

Infine l'inquinamento olfattivo, ed i possibili disturbi sensoriali sugli individui esposti che ne possono derivare, è un fenomeno abbastanza ricorrente, considerato che l'arco temporale durante il quale la concentrazione di ac. Solfidrico ha superato la soglia odorigena di 7 µg/m<sup>3</sup> è stato pari al 30.1 % del tempo monitorato.

ARCIDOSSO, postazione di Via San Filippo

– periodo di osservazione 12/07/2000 ÷ 22/08/2000.

La postazione è localizzata in zona periferica del paese, in corrispondenza di una vallata comunicante nella zona a monte con l'area circostante la zona d'installazione della centrale geotermoelettrica Bagnore 3.

Non vi sono ostacoli interferenti nella misura dei parametri meteo.

Per quanto attiene le "condizioni espositive", i risultati dei controlli eseguiti nella postazione in oggetto evidenziano il sostanziale rispetto dei valori di riferimento di tutela sanitaria raccomandati dalla O.M.S. per entrambi gli inquinanti monitorati.

Dai risultati dell'indagine si ottengono i seguenti indici statistici di elaborazione dei dati:

**Acido Solfidrico.** La *massima concentrazione media giornaliera* misurata nel periodo di osservazione è 14.5 µg/m<sup>3</sup>, corrispondente a circa i 1/10 del valore guida di tutela sanitaria consigliato dalla O.M.S..

La *media delle concentrazioni medie giornaliere* del periodo di osservazione è 5.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La *massima concentrazione oraria* misurata nel periodo di osservazione è 96.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Relativamente all'inquinamento olfattivo, in termini di andamento temporale, risulta che:

- per 11 giorni su complessivi 40 il valore della concentrazione media giornaliera di ac. Solfidrico è risultato superiore al valore di riferimento della soglia olfattiva (7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- per ben 114 ore su 935 complessive, pari quindi al 12.2 % del tempo monitorato, le concentrazioni orarie hanno superato il limite dei 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , inducendo nella postazione condizioni di palese percezione del caratteristico odore dell'inquinante, con possibili stati di disturbo olfattivo negli individui esposti.

**Mercurio.** La *media delle concentrazioni medie giornaliere* del periodo di osservazione è 3.2  $\text{ng}/\text{m}^3$ , corrispondente a circa 1/312 del valore guida di tutela sanitaria consigliato dalla O.M.S..

La *massima concentrazione media giornaliera* misurata nel periodo di osservazione è 6.3  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

La *massima concentrazione oraria* misurata nel periodo di osservazione è 42.2  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

La massima parte dei valori misurati in questa postazione sono paragonabili ai "valori di fondo naturale" dei due inquinanti. In linea di massima i due inquinanti mostrano un andamento sincrono. Gli episodici innalzamenti dei valori dei due inquinanti indicando un'origine comune, da ricondurre molto probabilmente in massima parte alle ricadute dell'attività geotermoelettrica della centrale Bagnore 3, in parte anche alla presenza della sorgente termale naturale Acqua Forte non essendo presenti, per quanto a nostra conoscenza, altre sorgenti a cui ricondurre l'origine degli inquinanti. I valori più elevati coincidono di norma con venti dominanti dal quadrante Sud.

L'inquinamento olfattivo, e i disturbi sensoriali che da esso possono derivare, risulta al momento relativamente contenuto sotto il profilo temporale.

SANTA FIORA, postazione loc. Bagnore

– periodo di osservazione 29/06/2000 ÷ 12/07/2000.

La postazione è situata nel centro abitato, in una posizione diversa da quella delle precedenti campagne di misura, distante circa 120 m in direzione Sud. Per quanto attiene i parametri meteorologici, la presenza di case a ridosso del sistema di monitoraggio riduce la validità dei dati relativi alla D.V. ed alla V.V.. I dati sono stati

registrati esclusivamente per archivio, ma non possono essere utilizzati nell'ambito di una correlazione con i parametri chimici.

Per quanto attiene le "condizioni espositive", i risultati dei controlli eseguiti nella postazione di Bagnore evidenziano il sostanziale rispetto dei valori di riferimento di tutela sanitaria raccomandati dalla O.M.S. per entrambi gli inquinanti monitorati.

Dai risultati dell'indagine si ottengono i seguenti indici statistici di elaborazione dei dati:

**Acido Solfidrico.** La *massima concentrazione media giornaliera* misurata nel periodo di osservazione è  $4.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , corrispondente a circa 1/38 del valore guida di tutela sanitaria consigliato dalla O.M.S..

La *media delle concentrazioni medie giornaliere* del periodo di osservazione è  $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La *massima concentrazione oraria* misurata nel periodo di osservazione è  $42.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Relativamente all'inquinamento olfattivo, in termini di andamento temporale, risulta che:

- in nessun giorno su complessivi 11 il valore della concentrazione media giornaliera di ac. Solfidrico è risultato superiore al valore di riferimento della soglia olfattiva ( $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- per 11 ore su 269 complessive, pari quindi al 4.1 % del tempo monitorato, le concentrazioni orarie hanno superato il limite dei  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inducendo nella postazione condizioni di palese percezione del caratteristico odore dell'inquinante, con possibili stati di disturbo olfattivo negli individui esposti.

**Mercurio.** La *media delle concentrazioni medie giornaliere* del periodo di osservazione è  $2.0 \text{ng}/\text{m}^3$ , corrispondente a circa 1/500 del valore guida di tutela sanitaria consigliato dalla O.M.S..

La *massima concentrazione media giornaliera* misurata nel periodo di osservazione è  $4.0 \text{ng}/\text{m}^3$ .

La *massima concentrazione oraria* misurata nel periodo di osservazione è  $18.0 \text{ng}/\text{m}^3$ .

I due inquinanti possiedono andamenti praticamente sincroni fra loro. Nella maggior parte dei periodi controllati le concentrazioni dei due inquinanti si sono mantenute su livelli paragonabili a quelli del fondo naturale. Solo episodicamente, in pochissime occasioni, e comunque sempre con venti dominanti provenienti dal quadrante Ovest, il Mercurio ha subito innalzamenti in modo asincrono rispetto all'ac. Solfidrico, indicando così la prevalenza di una sorgente non comune. Nel periodo di misura anche gli episodi di innalzamento sincrono dei due inquinanti dai livelli del fondo sono risultati molto limitati in termini di numero di eventi.

Il confronto con le precedenti campagne di misura evidenzia alcune differenze negli indici di elaborazione statistica dei dati.

Relativamente all'ac. Solfidrico la *massima concentrazione media giornaliera*, ossia il termine statistico di confronto con il riferimento consigliato dalla O.M.S. per la tutela sanitaria alle esposizioni a lungo termine, resta praticamente invariata, passando dai  $4.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  della precedente campagna ai  $4.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'attuale, mentre i livelli medi di concentrazione misurati nell'attuale campagna di misura sono sensibilmente diminuiti rispetto a quelli della precedente, come rilevabile dal valore della *media delle concentrazioni medie giornaliere del periodo* che passa dai  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  della precedente ai  $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'attuale. La *massima concentrazione oraria relativa al periodo* risulta invece più elevata, passando dai  $30.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  della precedente campagna ai  $42.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'attuale.

Per il Mercurio la *media delle concentrazioni medie giornaliere del periodo*, ossia il termine statistico di confronto con il riferimento consigliato dalla O.M.S. per la tutela sanitaria alle esposizioni a lungo termine, resta invariata ( $2.0 \text{ ng}/\text{m}^3$  sia nella precedente campagna sia nell'attuale), indicando anche una certa costanza dei livelli medi di concentrazione. Anche la *massima concentrazione media giornaliera*, che passa dai  $3.3 \text{ ng}/\text{m}^3$  della precedente campagna ai  $4.0 \text{ ng}/\text{m}^3$  dell'attuale, e la *massima concentrazione oraria relativa al periodo*, che passa dai  $18.3 \text{ ng}/\text{m}^3$  della precedente campagna ai  $18.0 \text{ ng}/\text{m}^3$  dell'attuale, restano invariate.

I nuovi dati confermano anche in questo caso quanto già appurato nelle precedenti due campagne di misura e precisamente:

- le "condizioni espositive" in merito alle concentrazioni aerodisperse di ac. Solfidrico e di Mercurio, sono tali da garantire un sostanziale rispetto dei rispettivi riferimenti di tutela sanitaria proposti dalla O.M.S. per entrambi gli inquinanti;
- sotto il profilo temporale, allo stato attuale l'inquinamento olfattivo costituisce un evento con bassa frequenza di accadimento e durata limitata;
- il sincronismo pressochè prevalente nell'andamento dei valori di concentrazione dei due inquinanti denota una loro origine comune, da ricondurre essenzialmente alle tipologie di sorgenti presenti nell'area: attività di coltivazione dei fluidi geotermici, e probabilmente, sorgente termale naturale dell'Acqua Forte.

#### CASTIGLION D'ORCIA

– periodo di osservazione 30/03/1999 ÷ 25/05/1999.

La postazione è localizzata alla periferia Ovest-Nord Ovest del centro storico, fuori le mura del paese. La presenza di edifici in prossimità del sistema di monitoraggio ha sicuramente interferito con misura dei parametri meteo D.V. e V.V. (effetto schermante sulle componenti da Est e, in misura minore, da Sud e Nord). A circa 1 Km in linea d'aria in direzione Nord si trova la stazione termale di Bagno Vignoni, manifestazione geotermale naturale utilizzata fin da tempi passati per scopi terapeutici e ricreativi.

La postazione costituisce il bianco di riferimento dell'area, tenuto conto che per la sua posizione geografica non risente in misura apprezzabile degli effetti diretti delle ricadute dell'attività di coltivazione dei fluidi geotermici e che la presenza di una manifestazione geotermale naturale consente di ricreare condizioni naturalmente esistenti nel territorio Amiatino.

Per quanto attiene le "condizioni espositive", i risultati dei controlli eseguiti nella postazione di Castiglion d'Orcia evidenziano il rispetto dei valori di riferimento di tutela sanitaria raccomandati dalla O.M.S. per entrambi gli inquinanti monitorati.

Dai risultati dell'indagine si ottengono i seguenti indici statistici di elaborazione dei dati:

**Acido Solfidrico.** La *massima concentrazione media giornaliera* misurata nel periodo di osservazione è  $6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , corrispondente a circa 1/23 del valore guida di tutela sanitaria consigliato dalla O.M.S..

La *media delle concentrazioni medie giornaliere* del periodo di osservazione è  $3.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La *massima concentrazione oraria* misurata nel periodo di osservazione è  $28.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Relativamente all'inquinamento olfattivo, in termini di andamento temporale, risulta che:

- in nessun giorno su complessivi 53 il valore della concentrazione media giornaliera di ac. Solfidrico è risultato superiore al valore di riferimento della soglia olfattiva ( $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- per 39 ore su 1224 complessive, pari quindi al 3.2 % del tempo monitorato, le concentrazioni orarie hanno superato il limite dei  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inducendo nella postazione condizioni di palese percezione del caratteristico odore dell'inquinante, con possibili stati di disturbo olfattivo negli individui esposti.

**Mercurio.** La *media delle concentrazioni medie giornaliere* del periodo di osservazione è  $2.5 \text{ng}/\text{m}^3$ , corrispondente a circa 1/400 del valore guida di tutela sanitaria consigliato dalla O.M.S..

La *massima concentrazione media giornaliera* misurata nel periodo di osservazione è  $3.5 \text{ng}/\text{m}^3$ .

La *massima concentrazione oraria* misurata nel periodo di osservazione è  $12.9 \text{ ng/m}^3$ .

I due inquinanti sono caratterizzati da andamenti temporali sincroni, denotando così un'origine comune.

Il confronto con le precedenti campagne di misura evidenzia una riduzione significativa di tutti gli indici di elaborazione statistica dei dati.

Per l'ac. Solfidrico la *massima concentrazione media giornaliera*, ossia il termine statistico di confronto con il riferimento consigliato dalla O.M.S. per la tutela sanitaria alle esposizioni a lungo termine, diminuisce significativamente passando dai  $11.3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  della precedente campagna ai  $6.5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  dell'attuale. I livelli medi di concentrazione misurati nell'attuale campagna di misura sono anch'essi minori rispetto a quelli della precedente, come rilevabile dal valore della *media delle concentrazioni medie giornaliere del periodo* che passa dai  $4.4 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  della precedente ai  $3.1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  dell'attuale. Anche la *massima concentrazione oraria relativa al periodo* è significativamente minore, passando dai  $56.9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  della precedente campagna ai  $28.8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  dell'attuale.

Per il Mercurio la *media delle concentrazioni medie giornaliere del periodo*, ossia il termine statistico di confronto con il riferimento consigliato dalla O.M.S. per la tutela sanitaria alle esposizioni a lungo termine, diminuisce sensibilmente (dai  $4.2 \text{ ng/m}^3$  della precedente campagna si passa ai  $2.5 \text{ ng/m}^3$  dell'attuale), indicando anche una riduzione dei livelli medi di concentrazione. La *massima concentrazione media giornaliera* diminuisce significativamente, passando dai  $9.8 \text{ ng/m}^3$  della precedente campagna ai  $3.5 \text{ ng/m}^3$  dell'attuale ed anche la *massima concentrazione oraria relativa al periodo* diminuisce apprezzabilmente, passando dai  $19.6 \text{ ng/m}^3$  della precedente campagna ai  $12.9 \text{ ng/m}^3$  dell'attuale.

In tale postazione le concentrazioni dei due inquinanti monitorati si attestano su valori paragonabili a quelli dei rispettivi livelli del "fondo naturale". Valori dei due inquinanti superiori a quelli del fondo, che nel corso di tale campagna di misura si sono verificati in poche occasioni, avvengono prevalentemente in concomitanza di stati d'inversione termica e sono da ricondurre alla presenza della manifestazione geotermale naturale di Bagno Vignoni. Tali innalzamenti risultano comunque più contenuti sia in termini quantitativi, non comportando livelli di concentrazione particolarmente elevati (inferiori anche in modo significativo a quelli delle altre postazioni), sia in termini temporali, essendo minore la frequenza di accadimento e la relativa durata, rispetto agli analoghi

fenomeni osservabili nelle altre postazioni direttamente coinvolte dagli effetti delle ricadute dell'attività geotermoelettrica.

## **8 DEPOSIZIONI UMIDE**

Difficoltà di trovare un'ideale collocazione alla strumentazione, nonché l'indisponibilità di un campionatore ha costretto a rivedere la pianificazione dei controlli. La postazione di raccolta delle deposizioni umide (acque meteoriche) è situata a Piancastagnaio, in loc. Vecchio Mattatoio. Per la raccolta delle acque meteoriche è stato utilizzato un campionatore wet and dry. I campioni di acqua meteorica raccolti nel campionatore sono stati prelevati con frequenza circa mensile. Sui campioni sono stati determinati una serie di analiti, compresi quelli di specifico interesse : Mercurio, Antimonio, Arsenico e Boro. I risultati delle determinazioni sui campioni di acqua meteorica sono riportati nell'allegato 2.

Le concentrazioni degli analiti di specifico interesse (Mercurio, Antimonio, Arsenico, Boro) sono risultate inferiori ai rispettivi limiti di quantificazione strumentale nella quasi totalità dei campioni raccolti, con la sola eccezione del campione riferibile al periodo 31.07.2000 ÷ 22.08.2000 nel quale si registra un valore significativamente diverso dell'Arsenico rispetto a tutti gli altri campioni. Va comunque considerato che il volume della precipitazione in questo periodo considerato è risultata estremamente esigua (appena 0.2 L) e quindi rimane l'incertezza se un tale risultato sia da ricondurre a fenomeni di accumulo o a possibili fenomeni di contaminazione secondaria, considerato che anche altri analiti non di specifico interesse assumono in questo campione valori di concentrazione molto difforni da quelli che caratterizzano gli altri campioni.

Per fare raffronti con dati bibliografici relativi ad altre situazioni riteniamo necessario disporre di una maggiore popolazione di dati, pertanto è prevista la continuazione del monitoraggio, adottando anche metodologie di campionamento diverse soprattutto per quanto attiene la frequenza di campionamento.

## **9 PARTICOLATO SOSPESO ATMOSFERICO**

La postazione di campionamento del particolato sospeso atmosferico è situata a Piancastagnaio, in loc. Vecchio Mattatoio. Il campionamento del particolato è stato condotto mediante l'utilizzo di filtri, montati in linea su una pompa ad aspirazione forzata, che trattengono la polvere sospesa nell'aria aspirata. Il campionamento è stato

pianificato in modo da raccogliere sequenzialmente n° 8 membrane per singolo mese. Ciascuna membrana è rappresentativa di un ciclo di campionamento di 24 ore. Sulle membrane sono stati determinati gli analiti di specifico interesse: Mercurio, Antimonio, Arsenico e Boro. I risultati delle determinazioni sui campioni di particolato sospeso atmosferico sono riportati negli allegati 3.

La valutazione dei risultati evidenzia:

### **Mercurio**

<i>Media delle concentrazioni giornaliere</i>	<b>&lt; 0.5 ng/m<sup>3</sup></b>
<i>Massima concentrazione giornaliera</i>	<b>6.1 ng/m<sup>3</sup></b>
<i>minima concentrazione giornaliera</i>	<b>&lt; 0.2 ng/m<sup>3</sup></b>

Dati bibliografici riportano che in località remote le concentrazioni medie di Mercurio nel particolato sospeso atmosferico sono normalmente inferiori a 0.1 ng/m<sup>3</sup>. Risulta quindi che i valori di concentrazione di Mercurio misurati nella postazione sono significativamente più elevati rispetto a quelli di altre aree remote;

### **Antimonio**

<i>Media delle concentrazioni giornaliere</i>	<b>&lt; 0.3 ng/m<sup>3</sup></b>
<i>Massima concentrazione giornaliera</i>	<b>6.1 ng/m<sup>3</sup></b>
<i>minima concentrazione giornaliera</i>	<b>&lt; 0.1 ng/m<sup>3</sup></b>

Dati bibliografici riportano che le concentrazioni medie di Antimonio associato all'aerosol atmosferico sono dell'ordine dei 2.0 ng/m<sup>3</sup> in zone rurali e dell'ordine dei 50.0 ng/m<sup>3</sup> in aree urbane. Risulta quindi che i valori di concentrazione di Antimonio misurati nella postazione sono in linea con quelli di altre aree remote;

### **Arsenico**

<i>Media delle concentrazioni giornaliere</i>	<b>&lt; 1.9 ng/m<sup>3</sup></b>
<i>Massima concentrazione giornaliera</i>	<b>20.4 ng/m<sup>3</sup></b>
<i>minima concentrazione giornaliera</i>	<b>&lt; 0.2 ng/m<sup>3</sup></b>

Dati bibliografici riportano che le concentrazioni medie di Arsenico associato all'aerosol atmosferico sono dell'ordine dei 9.0 ng/m<sup>3</sup> in zone rurali e dell'ordine dei 33.0 ng/m<sup>3</sup> in

aree urbane. Risulta quindi che anche i valori di concentrazione di Arsenico misurati nella postazione sono in linea con quelli di altre aree remote;

### **Boro**

<i>Media delle concentrazioni giornaliere</i>	<b>&lt; 85.3 ng/m<sup>3</sup></b>
<i>Massima concentrazione giornaliera</i>	<b>159.3 ng/m<sup>3</sup></b>
<i>minima concentrazione giornaliera</i>	<b>&lt; 32.6 ng/m<sup>3</sup></b>

Non sono noti dati bibliografici relativi alle concentrazioni di Boro associato al particolato sospeso atmosferico, pertanto non si rendono possibili confronti.

## **10 MATRICE ACQUA**

Le indagini condotte nella attuale campagna sono state estese anche ai corsi d'acqua che interessano le centrali geotermiche dei Comuni di Radicondoli e Chiusdino.

I dati complessivi confermano anche per quest'ultimi corsi d'acqua quanto già precedentemente osservato, ossia l'esistenza di scostamenti significativi nei valori di alcuni parametri da quella che può essere ritenuta la "distribuzione normale".

L'attenzione, focalizzata soprattutto sui corsi d'acqua che scorrono presso le centrali e su quelli che in essi vi confluiscono, riconfermano le anomalie riguardanti soprattutto l'Arsenico e il Boro.

Il Boro, sicuramente collegato con l'attività di coltivazione dei fluidi geotermici, può essere ritenuto nell'area studiata un marker specifico dei fluidi suddetti, non essendovi altre sorgenti alternative.

I dati comunque confermano un andamento di ripresa a distanze superiori ai 500 m dalle centrali esaminate per tutti i corsi d'acqua esaminati.

Infine, i dati di monitoraggio biologico I.B.E., dove potuto applicare perché in presenza di portate di acqua tali da consentire lo sviluppo delle comunità dei macro-invertebrati bentonici durante l'intero periodo annuale, non evidenziano sensibili interferenze dovute alle attività delle centrali geotermiche esaminate.

## **11 PROGETTO RUMORE E MODELLISTICA DELLE AREE GEOTERMICHE DELLA TOSCANA**

### **11.1 STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO**

In base al progetto presentato e approvato dalla Regione Toscana, l'attività di acustica relativamente al primo anno è già stata completata secondo quanto stabilito.

Per la parte di modellistica degli inquinanti atmosferici, il progetto ha subito ritardi, verrà comunque completato entro l'inizio del prossimo anno, come meglio dettagliato nella parte specifica del progetto. Le difficoltà nel reperimento dei dati meteorologici e l'indisponibilità del software previsionale adatto alla complessa situazione dell'area oggetto di studio hanno contribuito al rallentamento dell'attività.

### **11.2 INQUINAMENTO ACUSTICO**

Nell'ambito di questo progetto sono state eseguite diverse postazioni di misura del rumore, per caratterizzare le emissioni acustiche delle centrali PC2, PC3, PC4 e PC5 nel comune di Piancastagnaio.

In totale sono state eseguite 13 punti di monitoraggio di lungo periodo, per un totale di 1608 ore di campionamento (67 giorni), e 14 misure fonometriche con analisi spettrali, eseguite negli stessi punti del monitoraggio, oltre a una misura in prossimità di un pozzo geotermico in manutenzione.

Per il monitoraggio delle sorgenti industriali a ciclo continuo, è molto utile la misura dei livelli statistici, ed in particolare dei livelli  $L_{90}$  e  $L_{95}$ , che, pur non essendo livelli riconducibili ai limiti legislativi, indicano con maggior precisione l'effettivo contributo delle sorgenti al clima acustico dell'area, senza considerare le sorgenti di rumore estranee all'attività, quali il traffico veicolare. Appare poi molto utile anche l'uso dell'indicatore Statistico  $L_{10}$ , il quale è molto simile al Livello Equivalente  $L_{Aeq}$ , nelle situazioni in cui il contributo prevalente al rumore sia dato da traffico scorrevole.

I livelli statistici sono ottenuti campionando a intervalli regolari il segnale acustico (con il filtro in frequenza A, e la costante di tempo fast), e inserendo questi valori in classi di livello (nel nostro caso con una risoluzione di 0.5 dB). Queste classi producono una curva di distribuzione dei livelli sonori, la cui integrazione fornisce la curva cumulativa dei livelli sonori.

Per questa ragione nella seguente analisi, che è stata impostata in termini di conoscenza del contributo acustico delle sorgenti, al fine di pervenire alla

modellizzazione delle emissioni per fini predittivi per le nuove centrali, è data molta importanza all'analisi di questi valori, oltre naturalmente al Livello Equivalente previsto dalla normativa attuale. In allegato 6 sono riportati i livelli statistici delle sorgenti.

### 11.2.1 NORMATIVA

Per le valutazioni si fa riferimento ai limiti fissati dalla normativa vigente in materia di inquinamento acustico, (L. 447/95 - Legge quadro sull'inquinamento acustico, D.P.C.M. 14 Novembre 1997.- Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore, D.P.C.M. 1 Marzo 1991 - Limiti massimi di esposizione al rumore in ambienti abitativi ed in ambiente esterno, D.M. 16 Marzo 1998 - Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico, D.M. 11 dicembre 1996 "Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo").

I Comuni di Abbadia San Salvatore e Piancastagniaio non hanno realizzato la suddivisione acustica definitiva del territorio prevista dalla L.447/95 e dalla LR 89/98, e quindi si applicano i limiti di immissione assoluti indicati all'art. 6 del DPCM 01 Marzo 1991. I valori limite previsti dalla normativa sopra menzionata sono i seguenti:

#### 1) Valori Limite di immissione:

- **Valore limite di immissione assoluto.** Rappresenta il valore che si confronta con i limiti stabiliti dalla legge (D.P.C.M. 01.03.91 o il D.P.C.M. 14.11.97, tabella C, a seconda che i Comuni, rispettivamente, non abbiano o abbiano realizzata la suddivisione del proprio territorio in zone). Tale valore si ottiene rapportando il livello equivalente ambientale ( $L_{Aeq}$ ) misurato in esterno per il tempo di funzionamento della sorgente, al tempo di riferimento (Diurno 6,00 -22,00 - Notturmo 22,00-6,00);
- **Valore differenziale di immissione.** Tale valore si applica soltanto alle misure interne e non è applicabile alle zone esclusivamente industriali. Rappresenta il valore che si ottiene sottraendo al  $L_{Aeq}$  del rumore Ambientale (sorgente in funzione) il  $L_{Aeq}$  del rumore Residuo (sorgente spenta). Tale valore deve essere inferiore a 3 dB(A) durante il tempo di riferimento notturno e a 5 dB(A) durante il tempo di riferimento diurno. Questo limite non è applicabile per le sorgenti a ciclo continuo come le centrali geotermiche, secondo quanto previsto dal D.M. 11 dicembre 1996.

## 2) Valore di Emissione:

- Rappresenta il valore che si confronta con i limiti stabiliti dal D.P.C.M. 14.11.97, tabella B. Non è applicabile nei comuni che non hanno realizzata la suddivisione acustica del territorio.

Nelle seguenti tabelle, riportiamo i valori limite di riferimento per l'emissione e l'immissione.

**Tabella B: valori limite di emissione - Leq in dB(A) (art. 2)**

classi di destinazione d'uso del territorio	tempi di riferimento	
	diurno (06.00-22.00)	notturno (22.00-06.00)
I aree particolarmente protette	45	35
II aree prevalentemente residenziali	50	40
III aree di tipo misto	55	45
IV aree di intensa attività umana	60	50
V aree prevalentemente industriali	65	55
VI aree esclusivamente industriali	65	65

**Tabella C: valori limite assoluti di immissione - Leq in dB (A) (art.3)**

classi di destinazione d'uso del territorio	tempi di riferimento	
	diurno (06.00-22.00)	notturno (22.00-06.00)
I aree particolarmente protette	50	40
II aree prevalentemente residenziali	55	45
III aree di tipo misto	60	50
IV aree di intensa attività umana	65	55
V aree prevalentemente industriali	70	60
VI aree esclusivamente industriali	70	70

Nei comuni privi di zonizzazione, valgono i limiti di cui alla seguente tabella, contenuti nel DPCM 1.3.91:

Zonizzazione	Limite diurno Leq (A)	Limite notturno Leq (A)
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A (decreto ministeriale n. 1444/68) (*)	65	55
Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68) (*)	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

Oltre ai precedenti limiti, di carattere prescrittivo, sono definiti nella legge 447/95 "Legge quadro sull'inquinamento acustico" anche i valori di qualità definiti come: "i valori di

rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla presente legge". Il valore numerico di questi, riportati nella tabella seguente e contenuti nel DPCM 14.11.97, devono ovviamente servire come guida nella progettazione degli interventi di risanamento, e nella realizzazione di nuovi impianti.

**Tabella D: valori di qualità - Leq in dB (A) (art.7)**

classi di destinazione d'uso del territorio	tempi di riferimento	
	diurno (06.00-22.00)	Notturmo (22.00-06.00)
I aree particolarmente protette	47	37
II aree prevalentemente residenziali	52	42
III aree di tipo misto	57	47
IV aree di intensa attività umana	62	52
V aree prevalentemente industriali	67	57
VI aree esclusivamente industriali	70	70

### 11.2.2 STRUMENTI E METODI

Le misure sono state eseguite in conformità con il DM 16 marzo 1998 (Tecniche di Misura dell'inquinamento acustico) utilizzando strumentazione di classe 1 (analizzatore statistico Larson&Davis LD870 con microfono da esterni LD2100) posizionando la strumentazione su un carrello di misura con il microfono a 4 metri di altezza.

Per ogni intervallo orario sono misurati vari parametri tra cui il livello equivalente e i livelli statistici. I dati relativi al periodo di riferimento diurno e notturno sono calcolati a partire da questi valori. È da sottolineare che le medie ottenute, pur non costituendo livelli statistici, sono comunque utili, e possono essere utilizzate come indicatori in qualche modo collegati ai livelli sonori, per la definizione di dati confrontabili.

### 11.2.3 RISULTATI

Nelle seguenti tabelle sono riportati i codici delle postazioni di misura, con le relative indicazioni, che sono poi utilizzate nelle tabelle seguenti dei dati diurni e notturni, e nei grafici riassuntivi allegati alla presente relazione (allegato 7).

### POSTAZIONI

<b>codice</b>	<b>posizione</b>	<b>centrale</b>
<b>1</b>	Villetta vicino alla centrale	PC2
<b>bel</b>	P.zza Belvedere	PC2
<b>mar</b>	via G. Marconi	PC2
<b>2</b>	loc. Capanna di Mascella	PC4/PC5
<b>3</b>	Bivio c/o centrali	PC4/PC5
<b>4</b>	Spiazzo erboso bordo strada c/o centrali	PC4/PC5
<b>5</b>	fine via arno	PC4/PC5
<b>6</b>	inizio via Arno – Piancastagnaio	PC4/PC5
<b>7</b>	c/o area dismessa pozzo geot. PC17	PC4/PC5
<b>8</b>	Spiazzo c/o annessi agricoli	PC4/PC5
<b>9</b>	Bivio raccordo per Cassia/bordo strada	PC3
<b>10</b>	Bordo strada a 100 m. da PC3	PC3
<b>11</b>	S.P. dopo bivio per S.S. Cassia	PC3

### LIVELLI MISURATI NEL PERIODO DIURNO

<b>Codice posizione</b>	<b>Livello equivalente</b>	<b>L10</b>	<b>L95</b>
<b>1</b>	50.6	49.8	38.6
<b>bel</b>	57.1	57.5	42.6
<b>mar</b>	61.0	62.5	42.7
<b>2</b>	59.3	58.8	54.2
<b>3</b>	62.2	63.3	60.1
<b>4</b>	56.2	52.3	45.5
<b>5</b>	55.9	54.6	41.5
<b>6</b>	53.3	52.6	42.8
<b>7</b>	46.9	43.8	36.5
<b>8</b>	57.3	50.6	43.9
<b>9</b>	59.2	55.1	37.8
<b>10</b>	52.8	53.4	50.8
<b>11</b>	62.4	61.7	36.2

**LIVELLI MISURATI NEL PERIODO NOTTURNO**

<b>Codice posizione</b>	<b>Livello equivalente</b>	<b>L10</b>	<b>L95</b>
<b>1</b>	46.2	42.7	37.0
<b>bel</b>	50.1	48.1	36.8
<b>mar</b>	51.2	48.7	33.8
<b>2</b>	56.9		
<b>3</b>	62.5	58.3	54.7
<b>4</b>	53.0	53.0	49.5
<b>5</b>	48.9	49.9	42.4
<b>6</b>	52.7	52.3	44.8
<b>7</b>	46.8	47.6	43.4
<b>8</b>	50.5	48.8	44.2
<b>9</b>	50	45.5	39.4
<b>10</b>	52.9	53.7	51.5
<b>11</b>	52.3	45.2	34.6

Dall'analisi di queste tabelle si evidenzia come le posizioni bel e mar siano influenzate in maniera prevalente dal traffico veicolare, e quindi non verranno considerate nelle successiva analisi. Per le altre postazioni, la 1, 5, 9 e 11 risentono in maniera preponderante delle attività antropiche sul livello equivalente, che non influenza invece il livello statistico L95.

L'analisi dei grafici allegati delle curve distributive, per PC3 e PC4-5, indica in maniera ancora più evidente queste considerazioni. In particolare per PC3, la posizione 10 è altamente indicativa per il rumore prodotto dalla centrale, mentre le posizioni 9 e 11 risentono in maniera importante del traffico veicolare.

Per le postazioni delle centrali PC4 e PC5, le postazioni 2, 3, 4 e 5 mostrano l'importante contributo delle centrali, rispetto alle posizioni 6, 7 e 8.

L'andamento del massimo della curva distributiva delle postazioni in funzione della distanza, è poi servita per un'analisi modellistica semplificata dell'andamento spaziale dei livelli sonori, e per la determinazione delle potenze sonore delle sorgenti, che sarà la base di partenza del progetto nel prossimo anno.

La misura eseguita su un pozzo in manutenzione aperto, hanno indicato un livello equivalente di 73.3 dB a 100 m di distanza.

Le analisi in frequenza di tutte le postazioni indagate non presentano una spiccata differenza le une dalle altre, e permetteranno quindi in futuro di condurre delle analisi previsionali utilizzando lo spettro di emissione tipo riportato in allegato alla presente relazione.

#### **11.2.4 VALUTAZIONE**

Dalle tabelle precedenti, l'attività delle centrali geotermiche estende il suo contributo acustico, inteso come entità misurabile strumentalmente, fino a circa 2 Km dalle centrali. Il contributo risulta però importante fino a circa 500 metri dalle sorgenti, ove i valori rilevati sono compatibili con quelli di una classe IV per la classificazione acustica del territorio (valori limite di 65 dB nel periodo diurno e 55 dB nel periodo notturno). In stretta prossimità delle centrali (fino a 200/300 metri) i valori sono compatibili con classi più elevate come la V (70 dB diurno e 60 dB notturno) o la VI (70 dB diurno e notturno). Oltre i 500 metri l'attività delle sorgenti è "udibile", ma il contributo energetico delle emissioni risulta trascurabile rispetto alle altre sorgenti presenti, in particolare al traffico veicolare.

Date però le caratteristiche acustiche dell'area amiatina, che presenta una netta diminuzione dei livelli sonori nel periodo notturno, il grado di disturbo di queste centrali potrebbe non essere trascurabile in determinate situazioni, dove la quiete è una importante risorsa (ad esempio per attività agrituristiche).

Questo è particolarmente importante nelle situazioni di manutenzione dei pozzi, dove i livelli che si rilevano possono essere anche superiori ai limiti di legge vigenti, fino a distanze di 500 metri (dipendendo anche dall'orografia dell'area).

In particolare in questi casi, in base a misure effettuate nell'area geotermica di Chiusdino, lo sfiato libero dei pozzi, influenza in maniera rilevabile strumentalmente e chiaramente udibili, anche se con un basso impatto in termini di energia assoluta, aree poste anche a 5 km di distanza dai pozzi.

Per le considerazioni precedenti, è opportuno che lo sviluppo delle nuove centrali geotermiche nell'area dell'Amiata, siano sottoposte ad un'attenta valutazione di impatto acustico, per un inserimento non critico nel territorio.

Sarà inoltre necessario istituire una regolamentazione delle prove e manutenzione dei pozzi geotermici, che tengano in considerazione anche l'impatto acustico, cercando di minimizzarne l'impatto, soprattutto per le attività che continuano nel periodo notturno.

### **11.3 MODELLISTICA DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI**

L'attività in questo settore non è stata ancora completata, e allo stadio attuale non è possibile il rilascio di un rapporto intermedio. La conclusione delle attività è prevista per l'inizio del prossimo anno.

L'attività consiste sostanzialmente nel reperimento dei dati meteorologici di tutte le stazioni presenti sul territorio amiatino e limitrofe (pubbliche e private), e nell'organizzazione e analisi delle stesse, anche al fine di costruire un quadro meteo-climatico a piccola scala.

A partire da questi dati, si simuleranno gli scenari meteo prevalenti, e si incroceranno i dati rilevati dalla stazione di monitoraggio degli inquinanti chimici, con la situazione meteorologica.

Verranno inoltre analizzati i risultati degli studi di modellistica precedenti, per verificarne la compatibilità dal punto di vista degli scenari meteorologici e dei risultati dei rilevamenti chimici.

## **12 VALUTAZIONE DELL'ATTIVITA' SVOLTA DA ERGA SUGLI IMPIANTI DI ABBATTIMENTO DELL'ACIDO SOLFIDRICO E DEL MERCURIO**

La Società ERGA, gruppo ENEL, ha fornito un elaborato (allegato 10) relativo al Progetto "Green Geothermal Generation" comprendente i risultati ed una valutazione della sperimentazione eseguita su un impianto pilota di una tecnologia innovativa per l'abbattimento dell'idrogeno solforato e del mercurio emessi dalle centrali geotermoelettriche, condotta presso la centrale PC 4 di Piancastagnaio.

La tecnologia adottata consiste nell'impiego di sorbenti selettivi per il mercurio e di un processo di ossidazione catalitica dell'ac. solfidrico ad anidride solforosa con successivo abbattimento di quest'ultima, utilizzando come fluido di abbattimento l'acqua geotermica della torre di raffreddamento.

La sperimentazione ha fornito risultati incoraggianti sull'impianto pilota (efficienze di abbattimento dei due inquinanti dell'ordine o superiori al 99 %), risultati che hanno convinto la stessa ERGA a realizzare un impianto dimostrativo da installare nel corso

del 2001 presso la centrale di Bagnore 3, in località Bagnore, Santa Fiora (GR) e sperimentarne l'esercizio dimostrativo nell'anno 2002.

Considerato che il passaggio da un impianto pilota ad impianto su scala industriale comporta sempre una serie di incognite, legate al cambiamento di scala, rispetto alle condizioni di corretto funzionamento dei processi elementari, solo dopo la verifica prevista sull'impianto sperimentale in scala industriale presso la centrale Bagnore 3 si potrà avere la conferma dei rendimenti conseguiti sull'impianto pilota. Riteniamo comunque che i risultati raggiunti costituiscano un elemento rassicurante circa la funzionalità e l'impiego di tale tecnologia.

I costi di gestione, che sono principalmente imputabili al preriscaldamento dei catalizzatori, possono agevolmente essere sostenuti dall'ERGA mediante recupero del calore generato nella fase ossidativa dell'idrogeno solforato ed anche di quello recuperato dal raffreddamento dei gas preliminarmente al loro ingresso nei letti demercurizzanti.

Sono state sperimentate anche metodologie di misura in continuo degli inquinanti in emissione, eventualmente da poter impiegare anche nel controllo di processo. I risultati conseguiti, a detta della stessa ERGA, hanno evidenziato la criticità di tali sistemi di misura in continuo, che ne sconsigliano l'impiego. Per il controllo delle emissioni è quindi preferibile avvalersi dei sistemi basati su campionamenti periodici discontinui.

ARPAT ritiene che la realizzazione di nuove centrali, come da programma, debba comportare parallelamente una diminuzione degli attuali flussi di massa degli inquinanti in emissione dall'insieme delle centrali presenti nel territorio, obiettivo perseguibile attraverso l'installazione degli impianti di abbattimento sia sulle nuove centrali che verranno realizzate, sia su quelle già attualmente esistenti, seguendo una pianificazione degli interventi concordata preliminarmente con le Istituzioni locali e la Regione Toscana.

### **13 BIOMONITORAGGIO INTEGRATO AVANZATO SUL TERRITORIO DELL'AMIATA. GESTIONE DELLA RETE**

L'ARPAT, impegnata nel progetto di monitoraggio delle aree geotermiche toscane, ha ritenuto necessario acquisire maggiori informazioni sullo stato di salute della vegetazione presente nelle aree geotermiche, in rapporto agli effetti degli inquinanti emessi dalle centrali geotermoelettriche, affidando nel 1997 uno specifico programma di biomonitoraggio alla Società STRATEGIE AMBIENTALI s.r.l..

Le attività del biomonitoraggio integrato avanzato sul territorio dell'Amiata, svolte da Società STRATEGIE AMBIENTALI s.r.l., nel periodo Settembre 1999 - Ottobre 2000, hanno riguardato la seconda fase del specifico progetto "Gestione della rete".

I risultati del biomonitoraggio sono riportati nella monografia allegata (allegato 8 e allegato 8 bis), comprendente i seguenti volumi:

Parte I, relativa ai biosensori attivi, composta da:

Volume 1: Relazione sul lavoro svolto;

Allegato 1: Sistema di qualità;

Allegato 2: Relazione del controllo di qualità;

Allegato 3: Schede di valutazione del biosensore erbaceo attivo.

Parte II, relativa ai biosensori passivi, composta da:

Volume 1 ; Relazione sul lavoro svolto

Il lavoro è stato esaminato e valutato dal Gruppo di Lavoro Geotermia, specificatamente dagli operatori della U. O. Alimenti-Fitosanitario del Dipartimento Provinciale di Firenze.

Gli operatori ARPAT, seguendo l'attività svolta dalla società Strategie Ambientali nella realizzazione di una rete di monitoraggio biologico nell'area dell'Amiata, hanno effettuato sopralluoghi nelle seguenti aree geotermiche:

R1C1	Campiglia D'Orcia (stazione di bianco)
1A	Podere Laccoria
1C	Località Ceppete
1C	Podere S.Spirito
2A	Podere Pellegrini
2A	Località Ginestraio
2B	Podere Macchiola
3A	Podere Cotti
1B	Località Bellavista
1D	Località Inferno

Inoltre sono stati fatti sopralluoghi presso le Centrali ERGA di:

Bellavista

PC5

PC2

PC42

A seguito di segnalazioni pervenute ad ARPAT è stata individuata, su iniziativa dell'Agenzia, una nuova stazione in località Roccheto, nella quale sono stati effettuati prelievi di foglie successivamente analizzate presso i laboratori del Dipartimento di Siena.

Dall'attività svolta in base ai protocolli forniti e dalla relazione conclusiva della II Fase ( periodo maggio-ottobre 2000), presentata dalla Società Strategie Ambientali, si rileva la carenza di osservazioni di anomalie vegetative sulle specie autoctone presenti nell'area interessata dall'attività geotermica.

L'importanza di effettuare rilievi fitosanitari su tutta la popolazione arbustiva, presente nella zona oggetto di monitoraggio, è particolarmente interessante in quanto alcune specie, finora non prese in considerazione, sono in realtà sensibili alla presenza degli inquinanti considerati: basti pensare al pino, ampiamente presente in tutta la zona interessata, in cui l'accumulo anche di piccole quantità di inquinanti, ripetuto nel tempo, provoca danni da stress evidenziabili a lungo termine.

In bibliografia vengono riportati esempi di piante, quali la quercia, tolleranti all'emissione di quantità discrete di inquinanti senza cioè che su di esse si evidenzino danni da stress apparenti.

Il monitoraggio della popolazione autoctona nelle aree geotermiche diventa di importanza fondamentale per poter valutare gli eventuali danni alle varie specie arboree, in relazione alle deposizioni di inquinanti rilevati sulla chioma con le analisi chimiche.

Un più approfondito sistema di osservazione in base ad un certo numero di parametri può dare indicazioni sulla interazione dei rapporti ospite-parassita, che si possono realizzare in presenza di inquinanti atmosferici; in altre parole una pianta infetta da una sostanza tossica può inibire o stimolare la virulenza e/o la suscettibilità dell'ospite nei confronti di un patogeno.

E' stato appurato che numerosi funghi fitoparassiti sono sensibili a diversi gas atmosferici: infatti alcuni fra i principali inquinanti gassosi (SO<sub>2</sub>) trovano applicazione pratica come agenti antimicrobici.

Pertanto se una pianta non presenta sintomi macroscopici, questo non vuol dire che essa non sia soggetta, da parte dell'agente inquinante, ad uno stato di stress.

Il personale fitosanitario ritiene perciò opportuno che l'attuale progetto delle aree geotermiche debba essere ottimizzato con l'introduzione del protocollo ICP-FOREST, come strumento standardizzato di valutazione per le aree permanenti interessate dall'attività geotermica.

Detta procedura è stabilita dal Regolamento UE 1091/94, col quale si prevedono indagini intensive sullo stato degli alberi, chimismo di suolo, foglie e deposizioni, inquinanti gassosi, meteorologia, incrementi vegetazionali.

Questo sistema di valutazione, per le aree permanenti, tiene conto della letteratura disponibile relativa allo sviluppo di protocolli internazionali ed a una serie di test svolti in cooperazione con gruppi di altri paesi europei.

Il personale della U. O. Alimenti - Fitosanitario ha pertanto proposto le linee guida "Valutazione delle condizioni degli alberi in aree permanenti." (allegato 9) appositamente redatte per la pianificazione di un progetto di monitoraggio biologico del territorio amiatino basato sulle metodologie previste dal protocollo sopra richiamato.

*GRUPPO DI LAVORO GEOTERMIA  
Dr Raffaello Nottoli*

*FIRENZE OTTOBRE 2000*