



# **Monitoraggio delle aree geotermiche toscane Anno 2010**

***Controllo delle emissioni delle  
centrali geotermoelettriche  
e  
monitoraggio della qualità dell'aria  
nel territorio geotermico toscano***

Dipartimento provinciale ARPAT di Siena

**Regione Toscana**







# **Monitoraggio delle aree geotermiche toscane Anno 2010**



## **Monitoraggio delle aree geotermiche toscane**

A cura di:

*Luigi Valli*

ARPAT – Dipartimento provinciale di Siena, A.F. Impatti e tecnologie dei sistemi produttivi

Autori:

Federico Ferri, Luigi Valli

ARPAT – Dipartimento provinciale di Siena

Collaboratori: Serena Gallo, Luca Palazzi, Federico Ferri, Thomas Manciocchi, Luigi Valli

© ARPAT 2011

SE STAMPATO:

Stampato su carta che ha ottenuto il marchio di qualità ecologica dell'Unione Europea – Ecolabel



**Regione Toscana**

## INDICE

Presentazione	p.6
Sintesi	p.7
1 Introduzione	p.10
2 Controllo delle emissioni delle centrali geotermoelettriche	p.11
2.1 Finalità ed obiettivi	p.11
2.2 Normativa e limiti di riferimento	p.13
2.3 Metodologia e strumenti	p.14
2.4 Caratterizzazione del contesto territoriale	p.15
2.5 Dati rilevati, loro analisi e commento	p.18
2.6 Conclusioni riassuntive finali	p.22
2.7 Verifica della sperimentazione della tecnica di abbattimento dell'ammoniaca	p.26
3 Monitoraggio della qualità dell'aria nelle aree geotermiche toscane	p.27
3.1 Finalità ed obiettivi	p.27
3.2 Caratterizzazione del contesto territoriale	p.29
3.3 Struttura della rete di monitoraggio	p.29
3.4 Normativa e limiti di riferimento	p.30
3.5 Definizione degli indicatori	p.31
3.6 Dati rilevati, loro analisi e commento	p.32
3.7 Conclusioni riassuntive finali	p.36
4 Glossario	p.39
5 Sigle e abbreviazioni	p. 41
6 Riferimenti bibliografici	p.42

## **Presentazione**

La risorsa geotermica è considerata un'importante fonte di energia, evidenziata anche dalla Regione Toscana in numerosi atti, ma la strategicità del suo sfruttamento implica una chiara conoscenza degli effetti che provoca sull'ambiente e sulla salute, nonché l'individuazione di appropriate soluzioni tecnico-gestionali finalizzate a mitigarne gli impatti, per uno sfruttamento sostenibile con le risorse ambientali e le altre caratteristiche peculiari del territorio.

La Regione Toscana dal 1996 ha affidato ad ARPAT lo svolgimento delle attività ritenute prioritarie per valutare la compatibilità della coltivazione dei fluidi geotermici con l'ambiente e le caratteristiche peculiari del territorio, in linea con gli obiettivi dei PRAA – Piano Regionale di Azione Ambientale - che si sono susseguiti negli anni. Le attività per approfondire le conoscenze sulle pressioni e gli effetti ambientali esercitati dalla coltivazione dei fluidi geotermici continuata anche nel 2010.

Il presente lavoro illustra i risultati di queste attività svolte da ARPAT nell'anno 2010.

Il Report integra le precedenti pubblicazioni redatta da ARPAT, aggiornandole al 31.12.2010 e disponibili, anche, sul sito web SIRA di ARPAT.

*Luigi Valli*  
ARPAT, Dipartimento provinciale di Siena  
Responsabile A.F. Impatti e tecnologie dei sistemi produttivi

## SINTESI

In Toscana la produzione di energia elettrica attraverso la coltivazione dei fluidi geotermici rappresenta un'importante fonte energetica alternativa che, con una produzione di circa 5 miliardi di chilovattora all'anno fornita dalle 35 centrali GTE – geotermoelettiche - installate, riesce a coprire oltre il 25% del fabbisogno elettrico regionale, nonché calore per usi plurimi.

La Regione Toscana, da anni, si è fatta carico di conoscere gli impatti che lo sfruttamento di questa fonte energetica esercita sull'ambiente e la salute delle popolazione residente. Dal 1996 è stato affidato ad ARPAT l'incarico di verificare le pressioni e gli effetti esercitati sull'ambiente dalla coltivazione dei fluidi geotermici, essendo carenti le conoscenze allora disponibili, e, recentemente, anche il compito di svolgere approfondimenti tecnico-scientifici finalizzati ad individuare ulteriori soluzioni che, oltre agli impianti AMIS – abbattimento del Mercurio e dell'Idrogeno Solforato (conosciuto anche come acido solfidrico) -, riducano in maniera sensibile le emissioni delle centrali geotermiche, non solo nelle fasi di esercizio.

Nel 2010, in linea con gli indirizzi del PRAA 2007-2010 che per l'argomento riguardante lo sfruttamento dell'energia geotermica si prefiggevano di approfondire gli aspetti della compatibilità con l'ambiente, le attività di ARPAT si sono incentrate su:

- a) il controllo delle emissioni delle centrali GTE;
- b) il monitoraggio della qualità dell'aria in sette postazioni del territorio geotermico toscano, focalizzando l'attenzione sugli inquinanti Hg gassoso – mercurio - e  $H_2S$  - acido solfidrico o idrogeno solforato -, perché ritenuti capaci di rappresentare coerentemente le pressioni esercitate dalle attività geotermiche antropiche e/o naturali;
- c) il monitoraggio delle acque sotterranee del monte Amiata;
- d) la verifica della sperimentazione di una tecnica per l'abbattimento della sostanza  $NH_3$  – ammoniaca - contenuta nelle emissioni delle centrali GTE.

Il controllo delle emissioni è avvenuto su sette centrali GTE, sei delle quali dotate di impianto AMIS. Il controllo ha riguardato la misura sia degli inquinanti per i quali sono riconosciuti i VLE - valori limite di emissione -, sia numerose altre sostanze, parte delle quali sappiamo far parte dell'ordinario quadro emissivo delle centrali GTE, per caratterizzare ancor più dettagliatamente le conoscenze sullo scenario emissivo di questi impianti. I risultati dei controlli hanno mostrato che per le sette centrali i VLE sono rispettati, come accertato anche sulle altre 26 centrali controllate precedentemente. Infatti, dal 2002 sono state controllate complessivamente 33 le centrali GTE, parte delle quali anche più volte, e restano da verificare solamente le ultime due entrate in servizio alla fine del 2010, verifica prevista nel 2011.

L'esperienza fatta in questi anni di attività mostra che la coltivazione dei fluidi geotermici causa il rilascio in atmosfera d'importanti quantità di  $H_2S$ , di Hg gassoso e di  $NH_3$ . Questi inquinanti sono presenti con contenuti più elevati nelle emissioni delle centrali GTE dell'area geotermica dell'Amiata (che comprende i campi geotermici di Piancastagnaio, in provincia di Siena, e di Bagnore, in provincia di Grosseto), perché più alta è la quantità di gas associata al fluido geotermico, mentre l'entità complessiva emessa è maggiore nell'area geotermica Tradizionale (che comprende i campi geotermici di Larderello e Lago, in provincia di Pisa, nonché quello di Radicondoli-Travale, a cavallo delle province di Siena e Grosseto), dove la coltivazione del fluido geotermico è più intensiva e vi sono installate un numero superiore di centrali (30 contro 5, corrispondenti ad una potenza nominale di 794,5 MWe contro gli 88 MWe dell'Amiata). L'emissione di altre sostanze (quali arsenico, antimonio, selenio, nichel, cadmio, anidride solforosa, per citarne alcuni) da parte delle centrali GTE è bassa o irrilevante ed il progressivo ammodernamento dei vecchi separatori di gocce (drift eliminator o demister) obsoleti con modelli ad alta efficienza sulle torri di numerose centrali ha determinato una

significativa diminuzione del drift e dei sali di acido borico che fino a qualche anno fa rappresentavano un ulteriore elemento di criticità.

Un contributo importante alla riduzione delle emissioni di Hg e di H<sub>2</sub>S è dato dagli impianti di abbattimento AMIS che si sono dimostrati molto efficienti, perché capaci di trattene oltre l'80% di H<sub>2</sub>S presente nell'emissione di una centrale GTE (cosicché l'emissione si riduce a meno del 20% rispetto a quella che si avrebbe in sua assenza) e del 50% circa quella del Hg, capacità quest'ultima che sale fino allo 84% nell'area geotermica dell'Amiata dove i fluidi geotermici sono particolarmente ricchi in questa sostanza. Attualmente sono in funzione 33 impianti AMIS che trattano le emissioni di 25 centrali GTE.

Riguardo alla criticità rappresentata dalla NH<sub>3</sub>, la verifica della tecnica di abbattimento sperimentata da Enel Green Power presso la centrale GTE Bagnore 3 ha dimostrato che è possibile ridurre l'emissione di questa sostanza a solo circa il 25% del contenuto primario presente nel fluido geotermico che alimenta la centrale.

Nelle aree geotermiche ARPAT esegue un costante monitoraggio della qualità dell'aria dal 1997, rilevando gli inquinanti mercurio gassoso e l'acido solfidrico, perché ritenuti rappresentativi delle pressioni presenti nei territori (attività geotermiche, antropiche e/o naturali, ex insediamenti industriali della minero-metallurgia del cinabro). La rete pubblica di rilevamento della qualità dell'aria è composta da una stazione fissa localizzata nel centro abitato di Montecerboli, Comune di Pomarance (PI) e da due unità mobili utilizzate per l'effettuazione di campagne di misura periodiche in postazioni situate nel territorio regionale. Nel 2010 il monitoraggio ha riguardato sette postazioni di misura, due localizzate in Provincia di Grosseto, due in Provincia di Pisa e tre in Provincia di Siena e in nessuna delle postazioni sono emersi casi di superamento dei valori di riferimento per la tutela sanitaria (si ricorre al valore guida WHO-OMS ed ad altri riferimenti proposti da Organismi Internazionali preposti alla tutela della salute perché la normativa italiana ed europea non definiscono utilizzati per confronto

L'H<sub>2</sub>S è una sostanza dotata di odore. I diversi studi, reperibili in letteratura, non forniscono un'indicazione univoca sul valore della soglia olfattiva di questo inquinante (ossia la concentrazione a cui si inizia a percepirne e riconoscerne l'odore), pertanto ARPAT ha fatto uso dell'indicatore % di ore con valore di concentrazione media > 7 µg/m<sup>3</sup> sul totale delle ore monitorate, perché consente di mantenere coerenza con il riferimento della soglia olfattiva proposto dalla WHO-OMS, corrispondente a 7 µg/m<sup>3</sup>, come media da non superare in un periodo di 30 minuti, universalmente accettato dalle comunità scientifiche

Diversamente, la maleodoranza, attribuibile all'acido solfidrico, è stata percepita in tutte le postazioni monitorate, pur se con un vario grado di variabilità, con situazioni caratterizzate da una durata del fenomeno che ha superato il 20% nella quasi totalità delle postazioni in cui hanno sede le centrali GTE.

Rispetto agli anni precedenti, il recente monitoraggio evidenzia un sostanziale mantenimento dei livelli di concentrazione media, sia dell'acido solfidrico che del mercurio gassoso, su tutte le aree geotermiche, con tendenza ad una lieve flessione nell'area dell'Amiata, senese e grossetana. Anche la durata della percezione odorigena non ha subito variazioni di rilievo, ma solo una modesta diminuzione nell'area di Larderello-Lago, dove negli ultimi anni si è intensificata la progressiva installazione degli AMIS.

In conclusione, il monitoraggio della qualità dell'aria finora svolto ha mostrato che le immissioni dei due inquinanti da parte delle diverse sorgenti, naturali ed antropiche (fumarole, putizze, acque termali calde sfruttate anche a fini ricreativi/curativi, centrali GTE e, nell'area dell'Amiata, gli ex impianti della passata attività minero-metallurgica del cinabro) presenti nei territori geotermici toscani non hanno finora comportato superamenti dei valori di riferimento di tutela sanitaria per quanto riguarda il mercurio (valore guida WHO-OMS e MRLs della Agenzia governativa USA ATSDR), mentre, per la concomitanza di condizioni



meteorologiche particolarmente sfavorevoli la dispersione degli inquinanti, hanno dato luogo a sporadici episodi di superamento del valore guida di tutela sanitaria WHO-OMS per l'acido solfidrico, due avvenuti prima del 2007 a Piancastagnaio, a cui molto probabilmente hanno concorso in modo determinante le emissioni delle centrali GTE.

Il monitoraggio delle acque sotterranee del monte Amiata è iniziato nel 1999 con il controllo su tre sorgenti e dal 2002 è stato esteso a complessivi 10 punti di captazione idropotabile (8 sorgenti e 2 pozzi) monitorati fino al 2007 con frequenza semestrale e dal 2008 stagionale. I controlli hanno mostrato che all'acquifero è attribuibile la classe di qualità "0" (naturale particolare), indice di acque con impatto antropico nullo o trascurabile, ma con una particolare facies idrochimica naturale. Quattro dei dieci punti di monitoraggio presentano anomalie del contenuto di As –arsenico - dato che la concentrazione di tale sostanza supera il limite dei 10 µg/l. I risultati del monitoraggio, che ormai sono divenuti un campione numericamente molto rappresentativo, sono stati elaborati mediante analisi statistica con i criteri previsti dal D.Lgs. 30/09 "Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento" per l'individuazione di tendenze significative e durature nel tempo. L'analisi statistica ha evidenziato che l'andamento delle concentrazioni di As, come anche quelle del boro, è stazionario nel tempo, cioè non viene riconosciuta alcuna tendenza significativa all'incremento od alla diminuzione, in tutti i punti di captazione monitorati, neppure in quelli che risultano caratterizzati da valori di concentrazione anomala di questa sostanza.

## 1 INTRODUZIONE

Con Deliberazione della Giunta Regionale Toscana n° 1173 del 14 dicembre 2009 è stato approvato il Piano annuale delle attività 2010 di ARPAT e le Linee d'intervento relative al biennio 2011-2012, proposto con Decreto del Direttore Generale ARPAT n° 390 del 26 novembre 2009. Le proposte inerenti le attività sulla geotermia, in linea con gli indirizzi del PRAA 2007-2010, contenute al punto A-4 del Piano, comprendevano:

- 1) prosecuzione dell'attività di controllo delle emissioni delle centrali geotermoelettriche (GTE), con verifica dell'efficienza degli AMIS. Nello specifico il controllo, esteso anche alla misura di ulteriori parametri fra cui il Rn, riguardava 5 centrali, di cui almeno tre dotate di AMIS, nonché la ripetizione di alcune misure su ulteriori 2 centrali per la conferma dei valori riscontrati nei pregressi controlli. Inoltre, due di esse dovevano appartenere al residuo gruppo di centrali (ormai circoscritto a sole 4) tuttora da verificare per la prima volta;
- 2) continuità del rilevamento delle concentrazioni aerodisperse degli inquinanti quali H<sub>2</sub>S e Hg, quali indicatori specifici dell'attività di coltivazione dei fluidi geotermici, in n° 6 postazioni situate sul territorio geotermico toscano, mediante lo svolgimento di campagne di misura periodiche. In alcune postazioni, previo concerto con le amministrazioni provinciali interessate, il monitoraggio delle concentrazioni in aria di H<sub>2</sub>S e Hg poteva, eventualmente, integrarsi con rilevamenti dei livelli di concentrazione di altri inquinanti (PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NH<sub>3</sub>) per una verifica di eventuali interazioni della qualità dell'aria rispetto agli inquinanti tradizionali;
- 3) conferma dei punti individuati per l'attività di monitoraggio delle acque sotterranee ad uso idropotabile del bacino freatico del monte Amiata;
- 4) intensificazione e coordinamento, in collaborazione con i Dipartimenti della prevenzione delle ASL interessate, dell'attività di controllo e monitoraggio per la bonifica dei siti contaminati dalla presenza di amianto.

Ulteriori indirizzi contenuti nel Piano riguardavano l'approfondimento dei temi tecnici, con particolare attenzione alle attività agenziali derivanti dall'applicazione dell'Accordo Volontario tra Regione Toscana ed Enel.

Nel Rapporto sono trattati i temi riguardanti le attività relative ai punti 1) e 2), mentre quelli attinenti il monitoraggio dell'acquifero freatico del monte Amiata sono contenuti nella pubblicazione "Acquifero del Monte Amiata - Monitoraggio ARPAT anni 1999-2010, valutazione sui trend per i parametri maggiormente significativi" edita dall'Agenzia a Luglio 2010.

## 2 CONTROLLO DELLE EMISSIONI DELLE CENTRALI GEOTERMoeLETTRICHE

### 2.1 Finalità ed obiettivi

Il controllo delle emissioni ha per finalità principale la verifica del rispetto dei VLE - valori limite di emissione -, ai sensi del D. Lgs. 152/2006 smi, e, contestualmente, di approfondire e caratterizzare le conoscenze rispetto allo scenario emissivo che contraddistingue le centrali GTE. Per tali finalità, la pianificazione dei controlli è stata progettata in modo da comprendere:

1. l'esecuzione del controllo secondo le modalità previste dalla procedura di riferimento approvata con Decreto n.2750 del 12 maggio 2003, gestendo gli accertamenti in modo da consentire la verifica sia degli inquinanti normati, sia di ulteriori sostanze che, sulla base dell'esperienza, fanno parte dell'ordinario quadro emissivo di questa categoria d'impianti, nonché la misura sistematica di altri inquinanti, compresi i parametri da ricercare nelle campagne di misura straordinarie<sup>1</sup>;
2. la determinazione della composizione del gas e della portata massica dell'ammoniaca nel fluido in ingresso alle centrali;
3. verifica e valutazione degli esiti dell'attività di cui al punto precedente, con elaborazione ed aggiornamento dei fattori di emissione delle centrali geotermoelettriche;
4. individuazione degli argomenti per l'aggiornamento della procedura di controllo adottata con decreto n° 2750 del 12 Maggio 2003.

Le centrali su cui si è svolta l'attività di controllo delle emissioni sono:

- NUOVA MONTEROTONDO (con un gruppo da 10 MWe) + AMIS, nel Comune di Monterotondo Marittimo (GR);
- NUOVA LAGONI ROSSI (con un gruppo da 20 MWe) + AMIS, nel Comune di Pomarance (PI);
- NUOVA SASSO (con un gruppo da 20 MWe) e SASSO 2 (con gruppo da 20 MWe), equipaggiate con un unico AMIS, nel Comune di Castelnuovo di Val di Cecina (PI);
- RANCIA 1 (con un gruppo da 20 MWe), nel Comune di Radicondoli (SI);
- PC4 (con gruppo da 20 MWe) + AMIS, nel Comune di Piancastagnaio (SI).
- SESTA 1 (con gruppo da 20 MWe) + AMIS, nel Comune di Radicondoli (SI).

Sei centrali su sette sono equipaggiate con l'impianto di abbattimento AMIS funzionanti a regime (perciò due in più rispetto al preventivato), mentre ben cinque centrali appartengono a quelle ancora da sottoporre alla prima verifica (il programma di attività concordato ne prevedeva due). Le altre due centrali (PC 4 e Sesta), già controllate in passato, sono state nuovamente verificate perché recentemente dotate di impianto di abbattimento AMIS.

---

<sup>1</sup>La procedura, in allegato 4, prevede che ARPAT esegua delle campagne di misura straordinarie per la verifica dei parametri:

- Alluminio, Antimonio, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Ferro, Manganese, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Vanadio, Zinco, Cloruri, Fosfati, Nitrati, Solfati, *nel drift*;
- gli stessi parametri con l'aggiunta dell'Ammoniaca, *nelle acque in ingresso alla torre*;
- Ammoniaca, Antimonio, Selenio, *nell'aeriforme della torre*.

Arpat, da sempre e ad ogni controllo, esegue sistematicamente la misura dei parametri Antimonio, Ammoniaca e Selenio nell'aeriforme della torre, nel drift e nelle acque in ingresso alla torre. La determinazione degli altri parametri nel drift e nelle condense in ingresso alla torre continua, invece, ad essere effettuata con campagne straordinarie, generalmente eseguite in occasione dei controlli ad una nuova centrale

La potenza nominale complessiva delle sette centrali controllate è pari a 130 MWe, corrispondente a circa il 15 % di quella complessiva regionale (882,5 MWe) fornita dalle 35 centrali in esercizio al dicembre 2010, due delle quali (Nuova Radicondoli gruppo 2 e Chiusdino 1) non ancora a regime perché avviate a fine anno.

La misura del parametro Radon alle emissioni è avvenuta sulle centrali NUOVA RADICONDOLI, NUOVA SAN MARTINO, NUOVA SERRAZZANO, TRAVALE 3 e TRAVALE 4. I risultati di queste verifiche saranno pubblicati su apposito Rapporto curato dalla AF Radiattività

Inoltre, nell'ambito delle attività previste dall'Accordo Volontario tra Regione Toscana ed Enel, in particolare per quanto riguarda la progettazione e la sperimentazione di tecniche di abbattimento, ARPAT ha seguito la verifica della tecnica di abbattimento dell'ammoniaca sperimentata da Enel Green Power S.p.A. presso la centrale GTE BAGNORE 3.

Con i recenti controlli, dal 2002 le verifiche complessivamente eseguite alle emissioni delle centrali GTE ammontano a 62. Nel corso dei nove anni di attività su 12 centrali i controlli sono stati ripetuti più volte, perché dotati di AMIS o in relazione ad elementi di criticità. Pertanto, le centrali effettivamente controllate sono 33 rispetto alle 35 in esercizio al 31.12.2010 (equivalenti perciò al 94 % dell'intero parco geotermoelettrico), con una potenza nominale, o installata, pari a 842,5 MWe che corrisponde al 96 % di quella complessiva regionale.

Le centrali ancora da controllare sono elencate nella sottostante Tabella

Tabella 2.1 - Centrali che restano da controllare a fine 2010

Provincia	Comune	Centrali	Potenza Nominale (MWe)	Centrali installate nel Comune (n°)	Potenza Nominale complessiva delle centrali installate nel Comune (MWe)	Potenza nominale non controllata rispetto alla complessiva installata (%)
SI	Radicondoli	<b>Nuova Radicondoli, gruppo 2</b> centrale di nuova realizzazione, entrata in servizio a fine 2010.	20	6	140	14
	Chiusdino	<b>Chiusdino 1</b> centrale di nuova realizzazione, entrata in servizio a fine 2010	20	1	20	100

Gli impianti AMIS complessivamente controllati sono 14 (su un totale di 23<sup>2</sup>) e trattano le emissioni di 16 centrali

La verifica amministrativa completa ha riguardato le centrali NUOVA MONTEROTONDO, NUOVA LAGONI ROSSI, NUOVA SASSO, SASSO 2 e RANCIA 1, mentre per le altre

<sup>2</sup> Complessivamente gli AMIS sono 23, ma quelli installati sulle centrali di Nuova Radicondoli, gruppi 1 e 2, e di Chiusdino 1 andranno a regime nel 2011, parallelamente con le nuove centrali. La centrale Farinello dispone di 2 impianti AMIS contemporaneamente funzionanti.

centrali (PC 4 e SESTA 1) si è limitata alla verifica della regolarità e dei risultati degli autocontrolli in quanto già stata espletata negli anni precedenti senza che nel frattempo siano intervenute variazioni.

Il controllo delle emissioni nell'anno 2010 ha comportato il prelevamento di 525 campioni sui quali sono state eseguite 3730 prove analitiche. A queste si aggiungono anche 92 misure dei parametri fisici del fluido (T, P, V e Q).

Complessivamente l'impegno tecnico ed analitico associato all'attività svolta nel periodo 2002÷2010 è riassunto nella tabella sottostante

Tabella 2.2 – *L'impegno di ARPAT nel controllo delle centrali GTE*

Anno	Attività				
	n°centrali	Potenza (MWe)	N°campioni	n°determinazioni	n°misure parametri fisici
<b>2002+2003</b>	<b>12</b>	<b>248</b>	<b>790</b>	<b>4692</b>	<b>108</b>
<b>2004</b>	<b>9</b>	<b>200</b>	<b>336</b>	<b>1068</b>	<b>82</b>
<b>2005</b>	<b>10</b>	<b>370</b>	<b>356</b>	<b>1041</b>	<b>92</b>
<b>2006</b>	<b>5</b>	<b>114,5</b>	<b>224</b>	<b>846</b>	<b>81</b>
<b>2007</b>	<b>5</b>	<b>120</b>	<b>268</b>	<b>988</b>	<b>84</b>
<b>2008</b>	<b>6</b>	<b>108</b>	<b>249</b>	<b>2045</b>	<b>56</b>
<b>2009</b>	<b>8</b>	<b>180</b>	<b>403</b>	<b>2320</b>	<b>100</b>
<b>2010</b>	<b>7</b>	<b>130</b>	<b>525</b>	<b>3733</b>	<b>92</b>
<b>Totale</b>	<b>62</b>		<b>3151</b>	<b>16733</b>	<b>695</b>

Dal 2008 il numero dei campioni è aumentato rispetto agli anni precedenti, perché le verifiche hanno comportato la misura sistematica nel drift e nelle condense circolanti nella torre di quei parametri che la Procedura invita a rilevare in occasione delle campagne straordinarie, nonché la misura dell'ammoniaca e della composizione del gas anche nel fluido in ingresso alle centrali. In tal modo, tenuto conto anche delle precedenti verifiche, è stato possibile approfondire e caratterizzare il quadro emissivo delle centrali GTE per un maggior bagaglio d'informazioni circa il contenuto, nelle emissioni, di un considerevole numero di sostanze che, per effetto della normativa vigente, restano escluse dall'ambito di applicazione dei valori limite di emissione riconosciuti per questa categoria d'impianti.

## 2.2 Normativa e limiti di riferimento

Le emissioni degli impianti industriali sono disciplinate dal D. Lgs n° del 3 aprile 2006 n° 162, smi (specie il recentemente D. Lgs 29 giugno 2010 n° 128) che, relativamente agli impianti per la coltivazione dei fluidi geotermici prevede:

- per le centrali anteriori al 1988, i VLE<sup>3</sup> sono indicati nella parte IV, sezione 2 punto 3 dell'allegato I. **Tali limiti comprendono esclusivamente l'acido solfidrico, nonché l'arsenico ed il mercurio come sali disciolti;**
- per le centrali autorizzate tra il 1988 e l'inizio del 2006, in attesa del decreto di aggiornamento dei limiti, continuano ad essere applicati i VLE precedente in uso, ossia quelli indicati dalle rispettive autorizzazioni in essere.
- per i nuovi impianti, in attesa del decreto che provvederà a fissare i limiti di emissione, andranno applicati **V.L.E. e prescrizioni di esercizio pertinenti con le migliori tecniche disponibili per quel comparto industriale**, già in uso o in fase di sviluppo.

Piani e programmi di risanamento e mantenimento della qualità dell'aria danno la possibilità di introdurre V.L.E. e prescrizioni più restrittivi.

Le autorizzazioni relative alle centrali controllate sono indicate nella Tabella 2.3 alla pagina seguente

## 2.3 Metodologia e strumenti

Per i controlli è stata applicata la procedura tecnica specifica, adottata con decreto n° 2750 del 12 Maggio 2003 del Dirigente responsabile del Settore "Qualità dell'aria, rischi industriali, prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento" della Regione Toscana. La procedura stabilisce:

- le condizioni del controllo, definendone i criteri di assetto dell'impianto, perché un controllo sia ritenuto valido;
- l'emissione della centrale e le correnti di processo che vi concorrono;
- gli inquinanti da determinare, che comprendono tutti quelli a cui carico sono stabiliti VLE ed altre sostanze che non sono gravate dal vincolo dei VLE, nonché i relativi metodi di campionamento ed analisi;
- la valutazione dei risultati.

---

<sup>3</sup> I valori limite di emissione (VLE), espressi dal D. Lgs. 152/2006 o dalle specifiche autorizzazioni, indicano sempre una soglia per il flusso di massa (detta soglia di rilevanza). Per procedere alla verifica si deve preliminarmente misurare/calcolare il flusso di massa emesso della sostanza inquinante considerata e confrontare con la rispettiva soglia di rilevanza. Nel caso che il *flusso di massa misurato sia inferiore alla soglia di rilevanza*, il VLE è rispettato e non è applicabile il limite di concentrazione. Diversamente, se il *flusso di massa misurato è uguale o superiore alla soglia di rilevanza*, si applica il limite in concentrazione, ossia si confronta la concentrazione misurata con la concentrazione limite. Se la *concentrazione misurata è inferiore o eguale alla concentrazione limite*, il VLE è rispettato, mentre se la *concentrazione misurata supera la concentrazione limite*, il VLE è superato.

Tabella 2.3 – Autorizzazioni centrali GTE controllate nel 2010

Centrale	Autorizzazione	Parametri normati	Valori limite di emissione	
			Soglia di rilevanza (g/h)	Concentrazione limite (mg/Nm <sup>3</sup> )
<b>PC 4</b> (20 MW)	Decreto MICA 27/10/1988	<b>H<sub>2</sub>S</b>	170000	70
		<b>Hg</b> (come sale disciolto nel Drift)	1	0,2
		<b>As</b> (come sale disciolto nel Drift)	5	1,0
<b>Sesta 1</b> (20 MW)	Decreto del Direttore Generale dell'Energia e delle Risorse minerarie del MICA del 28/01/2000	<b>H<sub>2</sub>S</b>	170000	70
		<b>Hg</b> (come sale disciolto nel Drift)	1	0,2
		<b>As</b> (come sale disciolto nel Drift)	5	1,0
<b>Nuova Monterotondo</b> (10 MW)	Autorizzazione Decreto MICA 30.12.1994, integrato dal Decreto del Direttore Generale dell'Energia e Risorse Minerarie del MICA del 28 febbraio 2000 e dal Decreto del Dirigente del Settore Autorità di Vigilanza sulle Attività Minerarie della Regione Toscana n° 4595 del 25 settembre 2007	<b>H<sub>2</sub>S</b>	170000	70
		<b>Hg</b> (come sale disciolto nel Drift)	1	0,2
		<b>As</b> (come sale disciolto nel Drift)	5	1,0
<b>Nuova Lagoni Rossi</b> (20 MW)	Decreto dirigenziale Settore Energia Regione Toscana n.1198 del 26 marzo 2008 (ex Lagoni Rossi 3, potenziata da 8 a 20MW )	<b>H<sub>2</sub>S</b>	170000	70
		<b>Hg</b> (come sale disciolto nel Drift)	1	0,2
		<b>As</b> (come sale disciolto nel Drift)	5	1,0
<b>Nuova Sasso</b> (20 MW)	Decreto Interministeriale del MICA e Ministero dei lavori Pubblici del 1/02/1996, integrato dal Decreto del Dirigente del Settore Miniere ed Energia della Regione Toscana n° 1198 del 26 marzo 2008.	<b>Portata</b>	4.800.000 Nm <sup>3</sup> /h	
		<b>H<sub>2</sub>S</b>	80000	50
		<b>Hg</b> (come sale disciolto nel Drift)	0,6	tracce
		<b>As</b> (come sale disciolto nel Drift)	1,92	tracce
		<b>CO<sub>2</sub></b>	4,88 E+06	3.050
<b>Sasso 2</b> (20 MW)	Decreto dirigenziale Settore Energia Regione Toscana n.1198 del 26 marzo 2008 (riattivazione ex Sasso, chiusa nel 1996)	<b>H<sub>2</sub>S</b>	170000	70
		<b>Hg</b> (come sale disciolto nel Drift)	1	0,2
		<b>As</b> (come sale disciolto nel Drift)	5	1,0
<b>Rancia 1</b> (20 MW)	Decreto MICA del 8/11/1984, modificato dal Decreto MICA 28/07/1987, sostituiti con il Decreto MICA 9/03/1989	<b>H<sub>2</sub>S</b>	170000	70
		<b>Hg</b> (come sale disciolto nel Drift)	1	0,2
		<b>As</b> (come sale disciolto nel Drift)	5	1,0

## 2.4 Caratterizzazione del contesto territoriale

Le aree produttive della Toscana su cui viene svolta l'attività di coltivazione dei fluidi geotermici per la produzione di energia possono essere suddivise in due aree principali, territorialmente distinte:

- l'area del monte Amiata che comprendente gli impianti localizzati nei territori comunali di Piancastagnaio (SI), dove nel 2010 erano in esercizio 4 centrali GTE (per una potenza nominale complessiva di 68 MW) tre delle quali equipaggiate con impianto AMIS, e Santa Fiora (GR), dove in località Bagnore è in esercizio una centrale geotermoelettrica, con una potenza nominale di 20 MW equipaggiata con AMIS. Quindi, complessivamente in quest'area sono presenti cinque centrali GTE, con una potenza nominale di 88 MW, e quattro impianti AMIS che trattano le emissioni di altrettante centrali (la centrale PC 2,

del tipo a scarico atmosferico, non può essere equipaggiata con l'AMIS, ma è prevista la sua chiusura);

- b) l'area Tradizionale, comprendente gli impianti localizzati nei territori comunali di Pomarance, Castelnuovo di Val di Cecina e di Monteverdi Marittimo (PI), di Monterotondo Marittimo e Montieri (GR) e di Radicondoli e Chiusdino (SI);

Nell'area geotermica tradizionale si possono distinguere, con un maggior dettaglio, tre sub-aree:

- ✓ la sub-area Larderello-Castelnuovo V.C.(Comuni di Pomarance e Castelnuovo V.C.);
- ✓ la sub-area Lago o Val di Cornia (Comuni di Pomarance, Monterotondo Marittimo e Monteverdi Marittimo);
- ✓ la sub-area Travale-Chiusdino (Comuni di Montieri, Radicondoli).

In quest'area nel 2010 erano in esercizio, complessivamente, 30 centrali, per una potenza nominale di circa 794,5 MW, delle quali 21 dotate di AMIS.

L'elenco completo dei 35 impianti in esercizio, aggiornato al 31.12.2010, è riportato in Tabella 2.4 alla pagina seguente.



Tabella 2.2 – *Elenco delle centrali GTE in esercizio al 2010*

Area territoriale	Centrale	Gruppi	Potenza nominale (MW)	Tipologia torri	Comune	Data Avviamento	Stato Impianto	Impianto di abbattimento emissioni (AMIS)
Larderello	Farinello	1	60	8 celle - F	Pomarance (PI)	28/06/95	In Esercizio	2 AMIS*
	Nuova Castelnuovo	1	14,5	1 torre - N	Castelnuovo V.C. (PI)	04/07/00	In Esercizio	AMIS
	Vallesecolo, gruppo 1	1	60	8 celle - F	Pomarance (PI)	16/07/91	In Esercizio	AMIS
	Vallesecolo, gruppo 2	1	60	8 celle - F		23/04/92	In Esercizio	AMIS
	Nuova Gabbro	1	20	1 torre - N	Pomarance (PI)	03/10/02	In Esercizio	AMIS
	Nuova Molinetto	1	20	3 celle - F	Castelnuovo V.C. (PI)	21/10/02	In Esercizio	AMIS (*)
	Nuova Larderello	1	20	1 torre - N	Pomarance (PI)	28/10/05	In Esercizio	AMIS
Lago	Sesta 1	1	20	3 celle - F	Radicondoli (SI)	19/04/02	In Esercizio	AMIS
	Nuova Lagoni Rossi	1	20	2 torri x 4 celle - F	Pomarance (PI)	22/12/81	In Esercizio	AMIS
	Cornia 2	1	20	3 celle - F	Castelnuovo V.C. (PI)	16/02/94	In Esercizio	-
	Nuova S. Martino	1	40	2 torri x 6 celle - F	Monterotondo M. (GR)	18/11/05	In Esercizio	AMIS
	Nuova Lago	1	10	2 celle - F	Monterotondo M. (GR)	29/05/02	In Esercizio	AMIS
	Nuova Monterotondo	1	10	1 torre - N	Monterotondo M. (GR)	27/08/02	In Esercizio	AMIS
	Carboli 1	1	20	3 celle - F	Monterotondo M. (GR)	13/05/98	In Esercizio	-
	Carboli 2	1	20	3 celle - F	Monterotondo M. (GR)	18/12/97	In Esercizio	-
	Nuova Sasso	1	20	3 celle - F	Castelnuovo V.C. (PI)	06/03/96	In Esercizio	AMIS
	Sasso 2	1	20	1 torre - N	Castelnuovo V.C. (PI)	01/08/09	In Esercizio	(impianto in comune)
	Nuova Serrazzano	1	60	2 torri - N	Pomarance (PI)	05/02/02	In Esercizio	AMIS
	Le Prata	1	20	3 celle - F	Castelnuovo V.C. (PI)	20/06/96	In Esercizio	-
	Monteverdi 1	1	20	3 celle - F	Monteverdi M. (PI)	08/07/97	In Esercizio	-
	Monteverdi 2	1	20	3 celle - F	Monteverdi M. (PI)	27/06/97	In Esercizio	-
Amiata	Selva 1	1	20	3 celle - F	Castelnuovo V.C. (PI)	15/09/99	In Esercizio	-
	Bagnore 3	1	20	3 celle - F	Santa Fiora (GR)	17/12/98	In Esercizio	AMIS
	Piancastagnaio 2	1	8	condensatore atmosferico con camino	Piancastagnaio (SI)	01/02/69	In Esercizio	-
	Piancastagnaio 3	1	20	3 celle - F	Piancastagnaio (SI)	04/05/90	In Esercizio	AMIS
	Piancastagnaio 4	1	20	3 celle - F	Piancastagnaio (SI)	28/11/91	In Esercizio	AMIS
Radicondoli	Piancastagnaio 5	1	20	3 celle - F	Piancastagnaio (SI)	02/02/96	In Esercizio	AMIS
	Travale 3	1	20	3 celle - F	Montieri (GR)	14/03/00	In Esercizio	AMIS
	Travale 4	1	40	4 celle - F	Montieri (GR)	09/08/02	In Esercizio	(impianto in comune)
	Pianacce	1	20	3 celle - F	Radicondoli (SI)	05/08/87	In Esercizio	AMIS
	Rancia 1	1	20	3 celle - F	Radicondoli (SI)	17/12/86	In Esercizio	-
	Rancia 2	1	20	3 celle - F	Radicondoli (SI)	06/12/88	In Esercizio	-
	Nuova Radicondoli, gruppo 1	1	40	6 celle - F	Radicondoli (SI)	05/07/02	In Esercizio	AMIS (impianto in comune, a regime dal 2011)
	Nuova Radicondoli, gruppo 2	1	20	3 celle - F	Radicondoli (SI)	18/11/10	In Esercizio	AMIS (a regime dal 2011)
<p><b>Centrali Complessive:</b></p> <p>n° 35, di cui :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- n°33 <u>a regime</u>;</li> <li>- n°2 <u>in esercizio dal Novembre 2010</u> (Nuova Radicondoli gruppo 2 e Chiusdino 1);</li> </ul> <p>La localizzazione territoriale delle centrali in esercizio è:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- n°16 in provincia di Pisa (7 nel Comune di Pomarance, 7 nel Comune di Castelnuovo Val di Cecina e 2 nel Comune di Monteverdi Marittimo);</li> <li>- n°11 in provincia di Siena (6 nel Comune di Radicondoli, 1 nel Comune di Chiusdino e 4 nel Comune di Piancastagnaio)</li> <li>- n°8 in provincia di Grosseto (1 nel Comune di Santa Fiora, 2 nel Comune di Montieri e 5 nel Comune di Monterotondo Marittimo),</li> </ul> <p>3 centrali sono poste <u>fuori esercizio</u>; sono ubicate nei Comuni di Castelnuovo Val di Cecina, Pisa (centrali <i>Leccia</i> e <i>Cornia 1</i>) e di Piancastagnaio, Siena (centrale <i>Bellavista</i>, demolita nel 2010).</p>								
<p><b>Potenza installata</b></p> <p><b>882,5 MWe di potenza installata</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>474,5 MWe in provincia di Pisa</u> (300 nel Comune di Pomarance, 134,5 nel Comune di Castelnuovo Val di Cecina e 40 nel Comune di Monteverdi Marittimo)</li> <li>- <u>228 MWe in provincia di Siena</u> (140 nel Comune di Radicondoli, 20 nel Comune di Chiusdino e 68 nel Comune di Piancastagnaio)</li> <li>- <u>180 MWe in provincia di Grosseto</u> (100 nel Comune di Monterotondo Marittimo, 60 nel Comune di Montieri e 20 nel Comune di Santa Fiora)</li> </ul>								
<p><b>Energia elettrica lorda prodotta (netta + consumo ausiliari) anno 2010</b></p> <p><b>5261372 MWh</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>2928697 MWh in provincia di Pisa</u> ( 1995930 nel Comune di Pomarance, 729024 nel Comune di Castelnuovo Val di Cecina e 203743 nel Comune di Monteverdi Marittimo)</li> <li>- <u>1251163 MWh in provincia di Siena</u> ( 795083 nel Comune di Radicondoli e 456080 nel comune di Piancastagnaio)</li> <li>- <u>1081512 MWh in provincia di Grosseto</u> ( 579925 nel Comune di Monterotondo Marittimo, 329450 nel Comune di Montieri e 172137 nel Comune di Santa Fiora)</li> </ul>								
<p><b>AMIS in servizio</b></p> <p>n° 23, che trattano le emissioni di 25 centrali. (*) La centrale Farinello ha 2 impianti AMIS contemporaneamente funzionanti, mentre quello su Nuova Molinetto abbatte il solo Idrogeno Solforato</p> <p>Gli AMIS sulle centrali <i>Chiusdino 1</i> e <i>Nuova Radicondoli 2</i> so</p>								

## 2.5 Dati rilevati, loro analisi e commento

Dalla verifica amministrativa **non sono emerse inadempienze amministrative rispetto alle prescrizioni ed ai contenuti delle autorizzazioni**. In particolare, il Gestore svolge regolarmente con frequenza annuale gli autocontrolli alle emissioni delle sette centrali e dalla loro valutazione non si evidenziano irregolarità riguardo ai VLE stabiliti dalle autorizzazioni.

I risultati della verifica analitica alle emissioni, sono riportati nelle successive Tabelle 2.5, 2.6 e 2.7 che seguono

Tabella 2.5 – Risultati dei controlli alle emissioni delle centrali GTE

CENTRALE	PC 4 (con AMIS)		SESTA 1 (con AMIS)		NUOVA MONTEROTONDO (con AMIS)	
Carico al momento dei controlli	16,1 MWe		5,5 MWe		6,6 MWe	
Portata fluido di alimentazione	121,8 t/h		47,2 t/h		73,0 t/h	
	1 torre con 3 celle complessive		1 torre con 3 celle complessive		1 torre con 1 cella	
Portata torre (Nm <sup>3</sup> /h)	6.029.130		6.320.397		5.997.592	
Parametri	Flusso di massa	Concentrazione	Flusso di massa	Concentrazione	Flusso di massa	Concentrazione
	g/h	mg/Nm <sup>3</sup>	g/h	mg/Nm <sup>3</sup>	g/h	mg/Nm <sup>3</sup>
	<b>Parametri per i quali le relative autorizzazioni o la normativa vigente fissano Valori Limite di Emissione per le centrali GTE</b>					
Acido Solfidrico	17.700	2,9	14.700	2,3	8.600	1,4
Arsenico (sali nel drift)	0,086	1,4 E-05	0,056	8,9 E-06	0,074	1,2 E-05
Arsenico (tutte le forme)						
Mercurio (sali nel drift)	0,0067	1,1 E-06	0,00031	4,8 E-08	0,00012	2,1 E-08
Mercurio (tutte le forme)						
Anidride Carbonica						
	<b>Parametri per i quali non vigono Valori Limite di Emissione per le centrali GTE</b>					
Ammoniaca (tutte le forme)	23.800	4,0	17.800	2,8	1.500	0,26
Ammoniaca (sali nel drift)	0,036	6,6 E-06	0,0054	8,6 E-07	0,015	2,6 E-06
Arsenico (tutte le forme)	0,5	8,3 E-05	< 0,31	< 4,9 E-05	< 0,19	< 3,2 E-05
Antimonio (tutte le forme)	0,53	8,8 E-05	< 0,25	< 4,0 E-05	0,67	1,1 E-04
Antimonio (sali nel drift)	0,015	2,4 E-06	0,00055	8,8 E-08	0,000083	1,4 E-08
Selenio (tutte le forme)	< 0,37	< 6,1 E-05	0,36	5,8 E-05	< 0,2	< 3,4 E-05
Selenio (sali nel drift)	0,0002	3,3 E-08	0,00046	7,3 E-08	0,00052	8,6 E-08
Mercurio (tutte le forme)	3,6	5,9 E-04	8,6	1,4 E-03	3,9	7,0 E-04
Acido Borico (sali nel drift)	299,8	0,05	101,5	0,016	112,2	0,019
Anidride Carbonica	7,7 E+06	1.271	2,0 E+06	311,4	0,8 E+06	132,8
Metano	87.200	14,5	7.800	1,2	3.500	0,59
Monossido di Carbonio	1261	0,21	356,4	0,056	170,8	0,028
<b>Note : i Valori Limite di Emissione, stabiliti per le singole centrali dall'autorizzazione o dal D. Lgs 3 aprile 2006 n° 152, smi, sono riportati nella Tabella 2.3</b>						

Tabella 2.6 – Risultati dei controlli alle emissioni delle centrali GTE

CENTRALE	NUOVA LAGONI ROSSI (con AMIS)		RANCIA 1	
Carico al momento dei controlli	10,6 MWe		18,3 MWe	
Portata fluido di alimentazione	117,6 t/h		134,6 t/h	
	2 torri con 4 celle complessive		1 torre con 3 celle complessive	
Portata torre (Nm <sup>3</sup> /h)	5.289.054		4.679.433	
Parametri	Flusso di massa	Concentrazione	Flusso di massa	Concentrazione
	g/h	mg/Nm <sup>3</sup>	g/h	mg/Nm <sup>3</sup>
	<b>Parametri per i quali le relative autorizzazioni o la normativa vigente fissano Valori Limite di Emissione per le centrali GTE</b>			
Acido Solfidrico	8.400	1,6	65.400	14,0
Arsenico (sali nel drift)	0,03	5,6 E-06	0,0013	2,7 E-07
Arsenico (tutte le forme)				
Mercurio (sali nel drift)	0,0015	2,9 E-07	0,00022	4,7 E-08
Mercurio (tutte le forme)				
Anidride Carbonica				
	<b>Parametri per i quali non vigono Valori Limite di Emissione per le centrali GTE</b>			
Ammoniaca (tutte le forme)	8.300	1,6	11.000	2,4
Ammoniaca (sali nel drift)	0,021	4,0 E-06	0,018	3,8 E-06
Arsenico (tutte le forme)	0,54	1,0 E-04	0,26	5,6 E-05
Antimonio (tutte le forme)	< 0,25	< 4,8 E-05	< 0,19	< 4,0 E-05
Antimonio (sali nel drift)	0,00012	2,3 E-08	< 0,000097	< 2,1 E-08
Selenio (tutte le forme)	0,42	7,9 E-05	< 0,19	< 4,0 E-05
Selenio (sali nel drift)	0,00036	7,9 E-05	< 0,000097	< 2,1 E-08
Mercurio (tutte le forme)	8,1	1,5 E-03	8,0	1,7 E-03
Acido Borico (sali nel drift)	79,0	0,015	31,0	6,6 E-03
Anidride Carbonica	2,6 E+06	488,9	8,2 E+06	1752,9
Metano	12.700	2,4	92.100	19,7
Monossido di Carbonio	887,7	0,17	75,6	0,016
<b>Note : i Valori Limite di Emissione, stabiliti per le singole centrali dall'autorizzazione o dal D. Lgs 3 aprile 2006 n° 152, smi, sono riportati nella Tabella 2.3</b>				

Tabella 2.7 – Risultati dei controlli alle emissioni delle centrali GTE

CENTRALE	NUOVA SASSO (AMIS in comune con SASSO 2)		SASSO 2 (AMIS in comune con NUOVA SASSO)	
Carico al momento dei controlli	10,8 MWe		14,5 MWe	
Portata fluido di alimentazione	92,1 t/h		104,0 t/h	
	1 torre con 3 celle complessive		1 torre con 1 cella	
Portata torre (Nm <sup>3</sup> /h)	6.461.685		6.807.096	
Parametri	Flusso di massa	Concentrazione	Flusso di massa	Concentrazione
	g/h	mg/Nm <sup>3</sup>	g/h	mg/Nm <sup>3</sup>
<b>Parametri per i quali le relative autorizzazioni o la normativa vigente fissano Valori Limite di Emissione per le centrali GTE</b>				
Acido Solfidrico	35.000	5,4	42.100	6,2
Arsenico (sali nel drift)	0,0082	1,3 E-06	0,035	5,1 E-06
Arsenico (tutte le forme)				
Mercurio (sali nel drift)	0,00045	6,9 E-08	0,00057	8,4 E-08
Mercurio (tutte le forme)				
Anidride Carbonica	1,8 E+06 <sup>*1</sup>	285,3		
<b>Parametri per i quali non vigono Valori Limite di Emissione per le centrali GTE</b>				
Ammoniaca (tutte le forme)	15.100	2,3	6.500	0,96
Ammoniaca (sali nel drift)	0,014	2,1 E-06	0,013	1,9 E-06
Arsenico (tutte le forme)	< 0,3	< 4,6 E-05	0,28	4,2 E-05
Antimonio (tutte le forme)	< 0,3	< 4,6 E-05	< 0,59	< 8,6 E-05
Antimonio (sali nel drift)	< 7,7 E-05	< 1,2 E-08	< 0,000097	< 2,1 E-08
Selenio (tutte le forme)	< 0,3	< 4,6 E-05	< 0,51	< 7,5 E-05
Selenio (sali nel drift)	< 7,7 E-05	< 1,2 E-08	< 0,000097	< 2,1 E-08
Mercurio (tutte le forme)	6,5	1,0 E-03	8,1	1,2 E-03
Acido Borico (sali nel drift)	22,7	3,5 E-03	103,9	0,015
Anidride Carbonica			7,1 E+06	1040,6
Metano	18.900 <sup>*1</sup>	2,9	85.100	12,5
Monossido di Carbonio	17,2 <sup>*1</sup>	2,7 E-03	2116,5	0,31

Note : i Valori Limite di Emissione, stabiliti per le singole centrali dall'autorizzazione o dal D. Lgs 3 aprile 2006 n°152, smi, sono riportati nella Tabella 2.3

<sup>\*1</sup>: l'emissione di queste sostanze si verifica solo in occasione di fermo AMIS; con l'impianto di abbattimento in esercizio la loro emissione avviene sulla centrale SASSO 2, nella quale confluisce lo scarico dell'AMIS

Per le sette centrali oggetto del controllo alle emissioni, gli accertamenti **non hanno evidenziato superamenti dei Valori Limite di Emissione** (VLE) per esse stabiliti dalla normativa vigente o dai singoli atti autorizzativi.

A puro titolo conoscitivo, il confronto è stato esteso anche a quei parametri verso i quali la normativa vigente non stabilisce VLE applicabili alle centrali GTE, ma che vengono, comunque, misurati nel corso dei controlli. Da questo confronto, che ribadiamo non ha una formale valenza normativa, fatto prendendo a riferimento i valori di emissione minimi e massimi per le sostanze inquinanti stabiliti dall'Allegato I, parte II alla parte quinta del D. Lgs. 3 aprile 2006 n° 152, smi, non emergono situazioni di superamento dei VLE a loro carico.

Relativamente alla **capacità mostrata dagli impianti AMIS di ridurre le emissioni di acido solfidrico e di mercurio**, allo stato di gas, sono stati riscontrati i seguenti valori di efficienza di abbattimento:

- per l'**acido solfidrico**
  - il valore medio sulla linea degli incondensabili è pari a 99%, **con minime variazioni fra i diversi impianti**,
  - il **valore medio di efficienza globale** (perché riferita all'emissione complessiva della centrale, cioè comprendente anche il rateo emissivo dovuto agli inquinanti contenuti nell'aeriforme della torre) è **pari a 81,8%**, con una variabilità compresa tra un minimo del 59,8% (all'AMIS che tratta le emissioni di NUOVA SASSO e SASSO 2) ed un massimo di 96,9% (a NUOVA GABBRO),
- per il **mercurio**
  - il valore medio **sulla linea degli incondensabili** è pari a **95,0%**, con una variabilità compresa tra un minimo del 87,7% (a NUOVA SAN MARTINO) ed un massimo di 99,2% (a PC 3),
  - il **valore medio di efficienza globale** è pari a **50,5%**, con una variabilità compresa tra un minimo e di 8,9% (a NUOVA SAN MARTINO) ed il massimo valore di 85,2% (a PC 4).

I valori di efficienza riscontrata sugli impianti AMIS controllati è indicata in Tabella 2.8. Per gli AMIS controllati più volte i dati di efficienza sono rappresentati dai valori medi dei singoli controlli

Tabella 2.8 – Efficienza degli impianti AMIS

Centrale	Efficienza media AMIS (%)				Fattori di emissione (Kg/MWe)			
	Efficienza di linea (riferita alla linea degli incondensabili)		Efficienza globale (di stabilimento)		Senza AMIS		Con AMIS	
	H <sub>2</sub> S	Hg	H <sub>2</sub> S	Hg	H <sub>2</sub> S	Hg	H <sub>2</sub> S	Hg
Bagnore 3	97,5	96,1	77,3	83,5	6,1	0,001	1,4	0,00016
PC 3	96,9	99,2	87,0	84,0	9,5	0,0014	1,2	0,00022
PC 4	97,9	98,8	88,2	85,2	9,3	0,0015	1,1	0,00022
PC 5	98,9	97,0	96,6	83,6	11,4	0,0030	0,38	0,00049
Insediamiento Travale 3-4	99,4	96,8	81,8	52,5	3,9	0,00023	0,7	0,00011
Nuova Castelnuevo	99,3	88,8	90,7	50,4	3,4	0,00047	0,32	0,00024
Nuova San Martino	99,7	87,7	76,9	8,9	3,0	0,00016	0,70	0,00015
Nuova Larderello 3	99,5	92,6	84,3	29,9	3,1	0,00069	0,48	0,00048
Pianacce	99,7	95,0	86,9	53,4	9,0	0,00041	1,2	0,00019
Nuova Gabbro	99,4	98,9	96,9	81,6	5,3	0,0019	0,17	0,00034
Sesta 1	99,7	-	73,8	-	10,2	-	2,7	-
Nuova Monterotondo	99,8	93,8	63,4	9,4	3,6	0,00065	1,3	0,00059
Nuova Lagoni Rossi	99,2	96,3	82,0	16,5	4,4	0,00091	0,79	0,00076
Nuova Sasso + Sasso 2	99,5	94,5	59,8	18,0	7,6	0,00071	1,7	0,00058
Valore Medio	99,0	95,0	81,8	50,5				
Valore Minimo	96,9	87,7	59,8	8,9				
Valore Massimo	99,8	99,2	96,9	85,2				

## 2.6 Conclusioni riassuntive e finali

Confermando le considerazioni già espresse nei rapporti pubblicati negli anni precedenti, la valutazione dell'insieme dei risultati conseguiti con l'attività svolta nell'anno 2010 evidenzia che il **quadro emissivo** connesso alla generazione di energia elettrica mediante coltivazione dei fluidi geotermici presenta criticità legate al rilascio in atmosfera di inquinanti specifici di questa categoria d'impianti, individuabili nelle sostanze **acido solfidrico** e **mercurio** (quest'ultimo nella forma gas e non in quella di sale disciolto a cui, invece, si riferisce il valore limite di emissione stabilito dalla normativa), nonché nell'**ammoniaca** che assume una particolare rilevanza per la centrale di Bagnore 3.

Diversamente, l'emissione di:

- **aerosol (drift)**, con il suo contenuto di **sali disciolti** (specie quelli dell'acido borico che rappresentano il componente quantitativamente prevalente), mostra un trend in significativa diminuzione a seguito dell'ammodernamento dei vecchi separatori di gocce (drift eliminator o demister) obsoleti con modelli ad alta efficienza sulle torri di numerose centrali;
- l'emissione di **arsenico**, in tutte le sue forme (ossia come sali disciolti che allo stato di vapore), è inferiore alla *soglia di rilevanza* stabilita dalla normativa (5 g/h) su tutte le centrali ed il massimo valore misurato è pari a 3,7 g/h (centrale MONTEVERDI 2);
- l'emissione dell'**antimonio** e del **selenio** in tutte le loro forme, come nel caso dell'Arsenico, è significativamente minore rispetto alle corrispondenti *soglie di rilevanza* (pari, rispettivamente, a 25 g/h e 5g/h) e, nella maggior parte dei rilievi, le loro concentrazioni risultano inferiori al limite di quantificazione del metodo di prova impiegato per la determinazione analitica
- **anidride solforosa** (praticamente assente nel fluido geotermico, ma originata dall'ossidazione dell'acido solfidrico ad opera dell'AMIS) è poco rilevante. Infatti, le numerose verifiche hanno permesso di appurare che il flusso di massa più elevato è stato di 0,4 kg/h<sup>4</sup>, misurato sulla centrale PC 5, mentre sulle altre centrali tali valori sono compresi nell'intervallo 0,016÷0,090 kg/h;
- la **concentrazione** dei parametri **alluminio, antimonio, cadmio, cromo totale, ferro, manganese, nichel, piombo, rame, selenio, vanadio** nel drift, dove si ripartiscono, e nell'acqua della torre è bassa, perciò non significativa, e, per una parte di essi, addirittura inferiore al limite di quantificazione del metodo di prova impiegato per la determinazione analitica. Pertanto, l'emissione di queste sostanze da parte delle centrali GTE ha poco rilievo;
- l'emissione specifica media delle **sostanze climalteranti**<sup>5</sup>, rappresentate dall'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e dal metano (CH<sub>4</sub>), del parco geotermico regionale è sostanzialmente equivalente a quella di una moderna centrale termoelettrica alimentata a metano a cogenerazione, ma risulta notevolmente inferiore rispetto a quelle di una centrale termoelettrica alimentata a olio combustibile. Questa valutazione non contempla le

<sup>4</sup> La soglia di rilevanza di questo inquinante prevista dalla normativa vigente (Allegato I al D. Lgs. 152/2006, parte II) è stabilita in 5 kg/h.

<sup>5</sup> In merito all'emissione di sostanze climalteranti, gli indirizzi in tema di politica ambientale sono contenuti nel protocollo di Kyoto, allegato alla convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, che impegna le Parti aderenti a ridurre le emissioni di gas ad effetto serra di origine antropica. La Comunità Europea ha approvato il Protocollo di Kyoto con la decisione 2002/358/CE. Con la direttiva 2003/87/CE (cd "emission trading", recepita dallo Stato Italiano con il decreto DEC/RAS/074/2006, del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, e con il D. Lgs. 4 aprile 2006 n° 216 ) la Comunità ha istituito al proprio interno un sistema di scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra, escludendo dall'Allegato 1, cioè dal campo di applicazione relativo alle attività energetiche, gli impianti geotermoelettrici.

emissioni naturali di CO<sub>2</sub> delle aree geotermiche (ancora non correttamente valutate) che vengono evitate con l'utilizzo del fluido geotermico.

L'emissione specifica, riferita alla quasi totalità degli inquinanti che si presentano come gas, comprese le sostanze climalteranti, è più elevata nell'area geotermica dell'Amiata, dove più alto è il contenuto degli incondensabili nel fluido geotermico, mentre l'emissione complessiva è maggiore nell'area tradizionale (Larderello, Lago e Radicondoli), dove la coltivazione del fluido geotermico è più intensiva e vi sono installate un numero superiore di centrali (30 contro 5, corrispondenti ad una potenza nominale di 794,5 MWe contro gli 88 MWe dell'Amiata), parte delle quali non ancora provviste di AMIS.

I fattori di emissione sono riportati nelle Tabelle 2.9 e 2.10 alle pagine seguenti.

Per quanto riguarda gli AMIS, i dati evidenziano come il dispositivo possieda rendimenti estremamente elevati ed omogenei sulla corrente di processo degli incondensabili, pervenendo ad una consistente rimozione dei due inquinanti dalla corrente di processo trattata. Anche l'efficienza globale (che corrisponde all'azione di abbattimento esercitata sull'emissione reale della centrale) è molto buona per quanto attiene la capacità di rimuovere l'acido solfidrico. Per il mercurio, invece, sono state riscontrate condizioni discordanti. Infatti, per otto degli impianti l'efficienza globale è buona o molto buona, come per gli AMIS installati sulle centrali dell'Amiata, mentre risulta poco incisiva o addirittura bassa sugli altri impianti (specie quelli a servizio delle centrali di Nuova San Martino, Nuova Larderello, Nuova Monterotondo, Nuova Lagoni Rossi, Nuova Sasso e Sasso 2). Una possibile motivazione sta nel fatto che essendo già basso il contenuto di Hg nel fluido geotermico in ingresso su queste centrali, non si abbiano le condizioni per pervenire, in modo efficace, alle riduzioni attese.

E' bene ricordare come i livelli emissivi attestati dai controlli effettuati da ARPAT siano relativi alle condizioni di normal funzionamento, con la centrale e l'impianto AMIS (se esistente) attivi. L'emissione effettiva annua da una data centrale è costituita dalle emissioni in condizioni di normal funzionamento e dalle emissioni in caso di guasto dell'impianto AMIS e/o della centrale, relativamente al numero di ore in cui tali situazioni permangono.

**Tabella 2.9 – Fattori di emissione delle centrali GTE dell'area territoriale dell'Amiata e di Radicondoli-Travale**

<b>Area Territoriale</b>													
<b>Amiata</b> (Piancastagnaio-Santa Fiora)	Potenza		Fluido Aliment.	Flusso di massa di centrale (Kg/h)									
	Installata (MW)	Controllo (MW)	t/h	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	Hg (tot)	Hg (drift)	As (tot)	As (drift)	NH <sub>3</sub> (tot)	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Drift (l/h)
<b>PC3, con AMIS</b> - 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
<b>PC4, con AMIS</b> - Piancastagnaio (SI)	20	16,1	121,8	7700	87,2	17,7	0,0036	0,0000067	0,00054	0,000086	23,8	0,30	363,3
<b>PC5, con AMIS</b> - Piancastagnaio (SI)	20	15,1	113,7	10200	115,0	6,0	0,008	0,00000022	0,00049	0,000096	1,75	0,50	347,6
<b>Bagnore 3, con AMIS</b> - S. Fiora (GR)	20	19,3	125,4	7967	188,0	29,4	0,0031	0,000017	0,00045	0,000011	178,2	0,16	928,2
<b>Fattori di Emissione medi dell'Area</b>	<b>Kg/MW</b> (generati)			502,9	7,5	1,1	2,7E-04	3,5E-07	3,7E-05	3,6E-06	3,4	1,6E-02	26,5
	<b>Kg/t</b> (fluido di alimentazione)			71,5	1,07	0,16	3,8E-05	5,0E-08	5,2E-06	5,1E-07	0,48	2,3E-03	3,8

<b>Area Territoriale</b>													
<b>Radicondoli</b> (Radicondoli-Montieri)	Potenza		Fluido Aliment.	Flusso di massa di centrale (Kg/h)									
	Installata (MW)	Controllo (MW)	t/h	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	Hg (tot)	Hg (drift)	As (tot)	As (drift)	NH <sub>3</sub> (tot)	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Drift (l/h)
<b>Travale 3-Travale 4 con AMIS</b> - Montieri (GR)	60	57,7	358,3	15266,7	178,7	41,1	0,0062	0,000021	0,0033	0,0011	28,2	5,9	3199,8
<b>Nuova Radicondoli, con AMIS</b> - Radicondoli (SI)	40	37,4	270,6	13300	128,4	11,1 <sup>*1</sup>	0,014 <sup>*1</sup>	0,00000019	0,00024	0,000046	29,8	0,175	163,8
<b>Rancia 1</b> - Radicondoli (SI)	20	18,3	134,6	8200	92,1	65,4	0,008	0,00000022	0,00026	0,0000013	11	0,031	175,8
<b>Rancia 2</b> - Radicondoli (SI)	20	18,0	126,6	6700	65,9	73,7	0,011	0,00000036	0,00052	0,000031	15,7	0,16	461,8
<b>Pianacce, con AMIS</b> - Radicondoli (SI)	20	18,0	130,8	10200	59,8	21,3	0,0034	0,00000017	0,00021	0,000011	7,5	0,047	306,4
<b>Fattori di Emissione medi dell'Area</b>	<b>Kg/MW</b> (generati)			359,3	3,5	1,4 <sup>*1</sup>	2,8E-04	1,5E-07	3,0E-05	8,0E-06	0,62	4,2E-02	28,8
	<b>Kg/t</b> (fluido di alimentazione)			52,6	0,51	0,21 <sup>*1</sup>	4,1E-05	2,1E-08	4,4E-06	1,2E-06	0,10	6,2E-03	4,2



**Tabella 2.9 – Fattori di emissione delle centrali GTE dell'area territoriale di Larderello e di Lago; valori medi delle centrali GTE**

Area Territoriale													
<b>Larderello</b> (Castenuovo VdC-Pomaranze-Radicondoli)	Potenza		Fluido Aliment.	Flusso di massa di centrale (Kg/h)									
	Installata (MW)	Controllo (MW)	t/h	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	Hg (tot)	Hg (drift)	As (tot)	As (drift)	NH <sub>3</sub> (tot)	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Drift (l/h)
<b>Valle Secolo, gruppi 1 e 2, con AMIS</b> - Pomaranze (PI)	120	114,8	882,6	24900	72,8	61,7 <sup>*1</sup>	0,018 <sup>*1</sup>	0,000011	0,00058	0,00022	120,3	0,49	2004,7
<b>Farinello, con AMIS</b> - Pomaranze (PI)	60	50,5	441,6	21400	117,2	81,7 <sup>*1</sup>	0,0067 <sup>*1</sup>	0,00000038	0,0012	0,0000065	75,3	0,04	153,8
<b>Nuova Castelnuevo, con AMIS</b> - Castelnuevo VC (PI)	14,5	13,6	130,3	6260	20,7	4,3	0,0032	0,0000011	0,00062	0,00011	19,2	0,24	605,8
<b>Nuova Molinetto, con AMIS</b> - Castelnuevo VC (PI)	20	15,34	114,9	5550	25,7	16 <sup>*1</sup>	0,0055 <sup>*1</sup>	0,00000044	0,00046	0,00019	47,4	0,22	636,0
<b>Sesta 1, con AMIS</b> - Radicondoli (SI)	20	5,5	47,2	2000	7,8	14,7	0,0086	0,0000016	0,0012	0,000041	26,7	0,16	780,0
<b>Nuova Larderello 3, con AMIS</b> - Pomaranze (PI)	20	14,3	119,9	3050	16,9	6,9	0,0069	0,00000031	< 0,00031	0,000056	17,8	0,1020	54,2
<b>Nuova Gabbro, con AMIS</b> - Pomaranze (PI)	20	19,2	146	12800	71,3	3,2	0,0066	0,000002	0,00033	0,000031	2,8	0,081	207,2
<b>Fattori di Emissione medi dell'Area</b>	<b>Kg/MW</b> (generati)			324,0	1,4	0,8	2,4E-04	6,5E-08	1,6E-05	2,6E-06	1,2	5,0E-03	15,7
	<b>Kg/t</b> (fluido di alimentazione)			40,1	0,18	0,10	3,0E-05	8,1E-09	2,0E-06	3,3E-07	0,15	6,3E-04	2,0

Area Territoriale													
<b>Lago</b> (Castelnuevo VdC-Pomaranze-Monterotondo M.mo-Monteverdi M.mo)	Potenza		Fluido Aliment.	Flusso di massa di centrale (Kg/h)									
	Installata (MW)	Controllo (MW)	t/h	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	Hg (tot)	Hg (drift)	As (tot)	As (drift)	NH <sub>3</sub> (tot)	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Drift (l/h)
<b>Nuova Lagoni Rossi, con AMIS</b> - Pomaranze (PI)	20	10,6	117,6	2600	12,7	8,4	0,0081	0,0000015	0,00054	0,00003	8,3	0,079	54,9
<b>Cornia 2</b> - Castenuovo VC (PI)	20	11,6	103,3	1900	11,0	67,9	0,0022	0,0000011	0,000092	0,000027	22,5	0,099	916,0
<b>Nuova San Martino, con AMIS</b> - Monterotondo M.mo (GR)	40	37,9	256,9	4695	72,2	26,5	0,0056	0,00000052	0,00018	0,00002	3,1	0,091	389,0
<b>Nuova Lago, con AMIS</b> - Monterotondo M.mo (GR)	10	9,7	98,0	1600	10,7	19,0 <sup>*1</sup>	0,0016 <sup>*1</sup>	0,000000042	0,0003	0,0000032	10,1	0,25	72,9
<b>Nuova Monterotondo, con AMIS</b> - Monterotondo M.mo (GR)	10	6,6	73,0	800	3,6	8,6	0,0039	0,00000012	< 0,00019	0,000074	1,5	0,11	150,2
<b>Carboli 1</b> - Monterotondo M.mo (GR)	20	18,9	133,2	1390	10,5	30,3	0,0006	0,00000054	0,00054	0,00034	10,8	0,46	1080,4
<b>Carboli 2</b> - Monterotondo M.mo (GR)	20	13,6	99,2	1500	15,5	34,2	0,0049	0,00000017	0,00018	0,0000095	5,0	0,08	266,5
<b>Nuova Sasso + Sasso 2, con AMIS</b> - Castenuovo VC (PI)	40	25,3	196,1	7100	85,1	77,1	0,0015	0,000001	0,00058	0,000043	21,6	0,12	269
<b>Nuova Serrazzano, con AMIS</b> - Pomaranze (PI)	60	45,9	400,1	10440	54,0	58,7 <sup>*1</sup>	0,0043 <sup>*1</sup>	0,000002	0,0015	0,00023	4,0	0,33	998,0
<b>Le Prata</b> - Castenuovo VC (PI)	20	16,1	135,9	3300	21,8	60,1	0,0029	0,0000006	0,0003	0,000011	8,0	0,079	294,1
<b>Monteverdi 1</b> - Monteverdi M.mo (PI)	20	11,4	78,1	2060	19,0	59,3	0,0022	0,00000041	0,00026	0,000019	8,2	0,052	742,8
<b>Monteverdi 2</b> - Monteverdi M.mo (PI)	20	16,7	124,7	3800	25,0	105,5	0,0032	0,000000074	0,0037	0,0000058	6,2	0,014	12,5
<b>Selva 1</b> - Castenuovo VC (PI)	20	19,1	126,2	5980	80,7	73,6	0,004	0,000019	0,00055	0,00012	33,6	0,79	1080,0
<b>Fattori di Emissione medi dell'Area</b>	<b>Kg/MW</b> (generati)			120,6	1,1	1,8	1,5E-04	9,2E-07	2,6E-05	2,8E-06	0,41	4,0E-01	18,6
	<b>Kg/t</b> (fluido di alimentazione)			4,5	0,04	0,07	5,7E-06	3,4E-08	9,7E-07	1,0E-07	0,015	1,5E-02	0,7

Valore medio dei Fattori di Emissione degli impianti geotermoelettrici											
Impianti geotermoelettrici		Flusso di massa di centrale (Kg/h)									
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	Hg (tot)	Hg (drift)	As (tot)	As (drift)	NH <sub>3</sub> (tot)	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Drift (l/h)
Fattori di Emissione - valore medio	Kg/MW (generati al controllo)	260,1	2,2	1,4	2,1E-04	4,7E-07	2,5E-05	3,8E-06	1,0	1,8E-01	20,4
	Kg/t (fluido di alimentazione)	16,6	0,14	0,09	1,4E-05	3,0E-08	1,6E-06	2,4E-07	0,06	1,2E-02	1,3

\*<sup>1</sup>: per le centrali controllate precedentemente all'installazione degli AMIS, i valori indicati sono rappresentati dalla stima ottenuta applicando all'emissione associata alla linea dell'estrattore gas (linea degli incondensabili) una riduzione pari al valore medio di efficienza dell'impianto di abbattimento, corrispondente al 98,9 per lo H<sub>2</sub>S ed al 94,7% per il Hg  
L'AMIS installato su Nuova Molinetto abbate solamente l'Idrogeno Solforato

## **2.7 Verifica della sperimentazione della tecnica di abbattimento dell'ammoniaca**

Nel periodo 8 marzo ÷ 1 aprile 2010, presso la centrale GTE BAGNORE 3, la Società Enel Green Power S.p.A. ha sperimentato una tecnica di abbattimento delle emissioni di ammoniaca, basata sull'aggiunta di acido solforico alla condensa circolante nel circuito di raffreddamento della centrale per modificarne il valore di pH, abbassandolo, e favorire così la reazione di salificazione dell'ammoniaca (a solfato di ammonio) in modo da ridurre la sua disponibilità ad essere emessa con l'aeriforme della torre refrigerante.

La Società Enel Green Power S.p.A. ha presentato i risultati della sperimentazione al Tavolo Tecnico istituito dalla Regione Toscana che ha demandato all'Agenzia la loro valutazione, nonché di effettuare misure durante la ripetizione della campagna sperimentale, sempre presso la centrale GTE BAGNORE 3, allo scopo programmata.

Per l'occasione sulla centrale era stato predisposto un impianto provvisorio per il deposito/erogazione dell'acido solforico.

La ripetizione della sperimentazione si è svolta in tre distinte fasi ed ha comportato misure appositamente dedicate ad osservare il comportamento dell'ammoniaca, rilevandone le portate massiche nel fluido geotermico in ingresso, nelle emissioni (aeriforme della torre) e sulla condensa avviata alla reiniezione, sia durante le condizioni di ordinario esercizio della centrale, sia durante le condizioni di esercizio sperimentale.

Gli accertamenti hanno evidenziato che la tecnica di abbattimento dell'ammoniaca, sperimentata da Enel Green Power S.p.A., possiede un'effettiva capacità di produrre una riduzione dell'emissione dell'ammoniaca dall'aeriforme della torre refrigerante. Nelle condizioni che hanno caratterizzato la ripetizione della campagna sperimentale l'efficienza di abbattimento attribuibile alla tecnica è pari a circa l'85,5% rispetto al contenuto nel fluido in ingresso, mentre, se confrontata con l'ordinario esercizio, l'entità dell'emissione di ammoniaca della centrale si riduce di circa il 79,7%.

Ovviamente l'applicazione industriale definitiva di questa tecnica dovrà trovare l'opportuno e necessario sviluppo per quanto riguarda sia gli aspetti impiantistici, sia quelli gestionali al fine di ottimizzare, in modo reciproco, il funzionamento di tutte le apparecchiature dell'insediamento industriale (centrale, AMIS, logistica ed erogazione dell'acido solforico).

### 3 MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA NELLE AREE GEOTERMICHE TOSCANE

#### 3.1 Finalità ed obiettivi

Il monitoraggio della qualità dell'aria nelle aree geotermiche regionali, avviato dal 1997 attraverso l'utilizzo di un'unità mobile dotata di strumentazione per la misura in continuo dei parametri acido solfidrico e dei vapori di mercurio, ha per finalità il continuo aggiornamento delle condizioni dello stato di qualità dell'aria circa l'andamento temporale dei livelli di concentrazione delle due sostanze scelte come indicatori, in quanto ritenuti capaci di rappresentare coerentemente le pressioni esercitate dalle attività geotermiche antropiche e/o naturali che caratterizzano i territori indagati.

Quest'attività ha consentito, ad oggi, di poter disporre di un rilevante numero di valori relativi ai livelli di concentrazione atmosferica delle due sostanze misurati in numerose postazioni, come sinteticamente riepilogato nella Tabella 3.1

Tabella 3.1 – attività di monitoraggio della qualità dell'aria: Giugno 1997÷Dicembre 2010

<b>Sistemi di monitoraggio</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 laboratorio mobile ARPAT con analizzatori per acido solfidrico e vapori di mercurio</li><li>• 1 laboratorio mobile Provincia di Grosseto con analizzatori per acido solfidrico (da aprile 2000). L'attività del laboratorio è stata sospesa nel 2010 per un guasto alla strumentazione</li><li>• 1 cabina fissa Provincia di Pisa con analizzatori per acido solfidrico (da gennaio 2003)</li></ul>
<b>Postazioni di misura</b>	<b>35</b>
<b>Giorni validi di monitoraggio complessivamente effettuati dai sistemi di misura</b>	<b>6696</b>
<b>Ore valide di monitoraggio complessivamente effettuate dai sistemi di misura</b>	<b>H<sub>2</sub>S = 158151</b>

#### 3.2 Caratterizzazione del contesto territoriale

Le aree sulle quali si è svolto il monitoraggio della qualità dell'aria sono i territori geotermici regionali, specie l'area del monte Amiata e l'area geotermica Tradizionale dove sussistono attività antropiche per la coltivazione dei fluidi geotermici e sorgenti naturali di acido solfidrico e di mercurio, mentre nel passato sono state sedi di sfruttamento di importanti giacimenti metalliferi.

L'area del Monte Amiata è circondata da una corona di sorgenti termali e termominerali usate a scopo curativo-ricreativo. Fra le più importanti e conosciute ricordiamo le terme di Chianciano e le terme di San Casciano dei Bagni (rispettivamente a Est ed a Sud Est della montagna), le terme di Bagni San Filippo e le terme di Bagno Vignoni (a Nord), le terme di Saturnia (nella parte meridionale), nonché le sorgenti termali di Bagnore (ad Ovest). Inoltre, nel territorio Amiantino sono presenti zone con emanazioni superficiali naturali di gas

endogeno ricco in CO<sub>2</sub>, ma con consistenti contenuti anche di H<sub>2</sub>S. Le principali sono poste in loc. Bagni San Filippo, in loc. Chianciano e in loc. Argus.

Accanto a queste manifestazioni naturali, sul territorio Amiantino si trovano molti impianti della minero-metallurgia del cinabro, testimoni di una pregressa e fiorente attività ormai dismessa (tra i principali si ricordano quelli situati ad Abbazia San Salvatore, in loc. Siele, in loc. Argus ed in loc. Morone) che risultano essere anch'essi fonti di emissioni, in particolare di mercurio. Su una parte di questi impianti sono stati completati gli interventi per la bonifica dei siti inquinati, interventi ancora in corso di svolgimento o in fase di avvio su ulteriori stabilimenti.

A partire dalla metà degli anni 1960, nell'area Amiata è iniziata la coltivazione dei fluidi geotermici per la produzione di energia elettrica, attività che ha subito un consistente sviluppo nel decennio 1990÷2000.

Analoga situazione è riscontrabile nell'area Tradizionale, comprendente i territori geotermici di Larderello (PI) – Lago o Val di Cornia (GR e PI) –Travale/Chiusdino (GR e SI), dove frequenti, seppur di minore rilevanza, sono le manifestazioni termali, mentre assai più diffuse risultano le emissioni naturali dal suolo di fluido geotermico. Ciò è determinato dalla diversa natura delle caratteristiche geologiche dell'area e delle rocce che vi affiorano. Inoltre, in questo caso, il campo geotermico è legato non tanto alla presenza di un edificio vulcanico, ma alla intrusione negli strati più superficiali della crosta di un batolite granitico, la sorgente di calore, a seguito dell'assottigliamento crostale conseguente ai movimenti orogenetici che hanno portato alla formazione della catena appenninica.

Figura 3.1 – Area geotermica Tradizionale

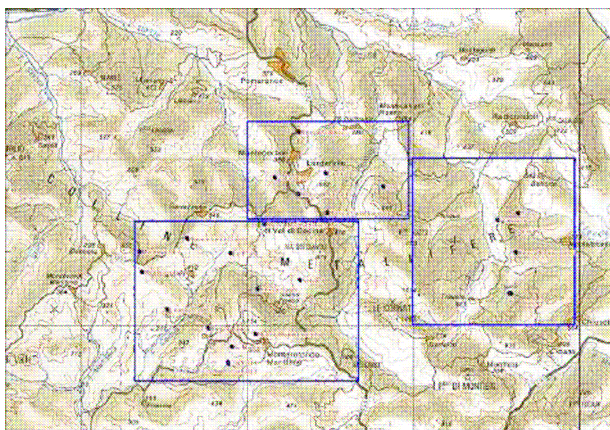
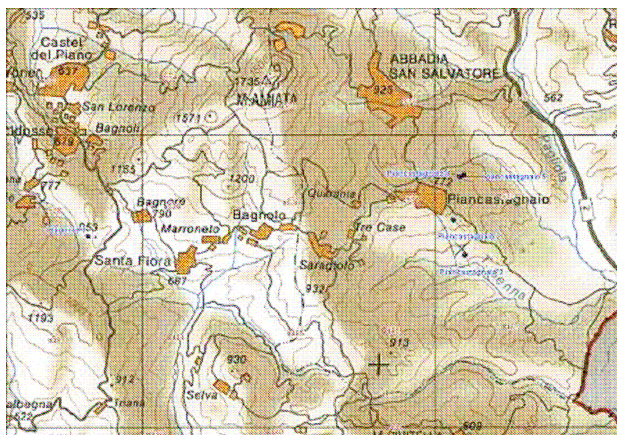


Figura 3.2 – Area geotermica del monte Amiata



### 3.3 Struttura delle rete di rilevamento

La rete di rilevamento della Qualità dell'aria nelle aree geotermiche del territorio toscano si compone di:

- una stazione fissa, di proprietà della Provincia di Pisa, facente parte della rete pubblica di monitoraggio della Qualità dell'Aria gestita da ARPAT tramite il Dipartimento provinciale di Pisa. La stazione, dotata di strumento per la misura in continuo dell'acido solfidrico e altri strumenti per il rilevamento di ulteriori parametri, è situata in via Manzoni, loc. Montecerboli - Pomarance (PI), a circa 353 metri slm. In figura 3.3 è riportata la mappa con l'ubicazione della stazione;
- un laboratorio mobile di proprietà della Provincia di Grosseto e gestito dal Dipartimento ARPAT di Grosseto. L'unità mobile dispone di strumentazione per la misura dell'acido solfidrico ed altri parametri; è utilizzata per l'effettuazione di campagne di misura periodiche in postazioni situate sul proprio territorio provinciale;
- un laboratorio mobile di proprietà di ARPAT e gestito dal Dipartimento ARPAT di Siena. L'unità mobile è attrezzata con strumentazione per la misura dell'acido solfidrico e del mercurio gassoso. Dispone anche di sensori per la rilevazione dei parametri meteorologici velocità vento (VV), direzione vento (DV), temperatura (T), umidità relativa (UR) radiazione solare totale (RADST) e pressione barometrica (P); è utilizzata per l'effettuazione di campagne di misura periodiche in postazioni situate nel territorio regionale

Nel 2010 il laboratorio mobile di proprietà della Provincia di Grosseto non ha partecipato al monitoraggio perché la strumentazione di misura dell'acido solfidrico ha subito un guasto irreparabile.

Figura 3.3 - Mappa con ubicazione della stazione di Montecerboli



Per la localizzazione delle postazioni si è utilizzato, in linea di massima, il criterio della rappresentatività della popolazione esposta, pertanto, salvo rare eccezioni dovute a situazioni specifiche, le stazioni di misura sono state ubicate all'interno dei centri abitati.



### 3.4 Normativa e limiti di riferimento

La normativa europea e quella nazionale non stabiliscono valori limite, soglie di allarme e/o valori obiettivo di qualità dell'aria per l'acido solfidrico e per il mercurio, nonostante l'attenzione rivolta dalla Comunità Europea ai rischi connessi all'esposizione di quest'ultima sostanza (riferimento al recente D. Lgs. 152/2007). In mancanza di tali riferimenti, seguendo una prassi consolidata, per la valutazione della qualità dell'aria si ricorre convenzionalmente ai valori guida suggeriti dalla OMS-WHO che sono:

- per il *mercurio gassoso*, 1000 ng/m<sup>3</sup> come media annuale;
- per l'*acido solfidrico*, 150 µg/m<sup>3</sup> come media giornaliera.

ARPAT, per approfondire il tema dei valori limite di riferimento tecnico e normativo per la qualità dell'aria, ha operato un confronto con pubblicazioni di fonti istituzionali (OMS, ICPS CICAD e EHC, IRIS-EPA, ATSDR) e/o scientifiche nazionali o internazionali, in collaborazione con la Provincia di Pisa e con il contributo e gli approfondimenti effettuati dall'USL n° 5 di Pisa, sentita anche l'Agenzia Regionale Sanitaria. Questo lavoro ha portato ad individuare dei "valori di riferimento" per la valutazione della qualità dell'aria riferiti ad obiettivi di tutela sanitaria, contenuti nella Tabella 3.2

Tabella 3.2 – *acido solfidrico e mercurio gassoso; valori di riferimento e criteri di applicazione*

Parametro	Concentrazione	Riferimento individuato
<b>idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S)</b>	150 µg/m <sup>3</sup>	WHO-OMS (Guidelines ed. 2000) – <u>media 24 ore</u>
	100 µg/m <sup>3</sup>	WHO-IPCS - <u>≥1-14 giorni</u>
	20 µg/m <sup>3</sup>	WHO-IPCS - <u>fino a 90 giorni</u>
<b>mercurio (Hg)</b>	200 ng/m <sup>3</sup>	MRLs Minimal Risk level - Livelli guida significativi per la salute elaborati dalla Agenzia governativa USA ATSDR, in analogia ai valori soglia EPA, per effetti non cancerogeni delle sostanze chimiche nell'ambiente ad uso della stessa ATSDR per valutare i siti contaminati – <u>media annuale</u>

L'acido solfidrico è una sostanza dotata di odore. Relativamente alla soglia di percezione umana dell'odore dell'acido solfidrico, la vasta letteratura evidenzia il ruolo fondamentale assunto dalla "variabilità individuale" che ha portato a proporre di volta in volta campi di valori molto diversificati fra loro. Recenti studi sull'esposizione ad odori distinguono una "soglia di rivelazione", che è la minima concentrazione che suscita una risposta sensoriale, una "soglia di riconoscimento", che è la minima concentrazione di identificazione del tipo di odore, e una "soglia del disturbo o fastidio", proponendo anche criteri per relazionare fra loro queste soglie. Nella realtà le soglie non corrispondono a valori definiti e costanti, ma piuttosto sono degli intervalli, generalmente, abbastanza ampi di concentrazione, che dipendono anche del metodo utilizzato per la loro individuazione. Per il fatto che l'ampio materiale relativo a tali studi, reperibile in letteratura, non fornisce un'indicazione univoca sul valore delle soglie di questo inquinante, nella relazione è utilizzato l'indicatore % di ore con valore di concentrazione media > 7 µg/m<sup>3</sup>, sul totale delle ore monitorate nel periodo di riferimento. perché ci consente di mantenere coerenza con il riferimento della soglia olfattiva proposto dalla WHO-OMS, corrispondente a 7 µg/m<sup>3</sup>, come media da non superare in un periodo di 30 minuti, universalmente accettato dalle comunità scientifiche

### 3.5 Definizione degli indicatori

Come evidenziato al precedente paragrafo la normativa europea e quella nazionale non stabiliscono valori limite, soglie di allarme e/o valori obiettivo di qualità dell'aria per l'acido solfidrico e per il mercurio. ARPAT, in collaborazione con l'Azienda Sanitaria, previo valutazione da parte di ARS, ha individuato dei valori di riferimento per la valutazione della qualità dell'aria con obiettivi di tutela sanitaria.

Prendendo spunto dagli enunciati dei valori di riferimento adottati, si sono stabiliti degli indicatori, riportati nelle Tabella 3.3 e 3.4, per rappresentare sinteticamente le condizioni espositive emerse dal monitoraggio.

Tabella 33 – indicatori. Valori di riferimento  $H_2S$

Stazione	Max concentrazione giornaliera ( $\mu g/m^3$ )	Valore di riferimento	Concentrazione media del periodo di monitoraggio ( $\mu g/m^3$ )	Valore di riferimento*	% ore monitorate con concentrazione > 7 $\mu g/m^3$ (durata della percezione odorigena)
Scuole Elementari Piancastagnaio (SI)	30	150 $\mu g/m^3$	5	20 $\mu g/m^3$	16,0
Strada privata Monte Amiata Abbadia S. S. (SI)	16		6		29,3
Podere Nuovissimo Arcidosso (GR)	7		1		2,7
Palazzetto dello Sport Monterotondo M.mo (GR)	15		8		39,4
Cimitero Castelnuovo VC (PI)	11		5		20,7
Palestra Chiusdino (SI)	19		4		18,6
Via Manzoni Loc. Montecerboli, Pomarance (PI)	41		6		26,5

\* Il riferimento WHO-IPCS è quello relativo alle esposizioni a 90 giorni

Tabella 3.4 – indicatori. Valori di riferimento Hg gassoso

Stazione	Concentrazione media del periodo di monitoraggio (ng/m <sup>3</sup> )	Valore di riferimento
Scuole Elementari Piancastagnaio (SI)	1,0	200 ng/m <sup>3</sup>
Strada privata Monte Amiata Abbadia S. S. (SI)	3,9	
Podere Nuovissimo Arcidosso (GR)	0,1	
Palazzetto dello Sport Monterotondo M.mo (GR)	0,2	
Cimitero Castelnuovo VC (PI)	0,1	
Palestra Chiusdino (SI)	0,1	

Le Tabelle 3.5 e 3.6 alle pagine successive integrano altri indicatori per dare un quadro complessivo più ampio degli esiti del monitoraggio in ciascuna postazione monitorata

### 3.6 Dati rilevati, loro analisi e commento

Dai rilievi effettuati nell'anno 2010 emerge che:

per l'*acido solfidrico*

nessun caso di superamento del valore guida di tutela sanitaria WHO-OMS sulle postazioni monitorate (si ricorda che il riferimento stabilisce che la concentrazione media giornaliera debba essere inferiore a 150 µg/m<sup>3</sup>).

Riguardo ai valori di concentrazione tollerabile WHO-ICPS, in tutte le postazioni è stato rispettato il valore proposto per le esposizioni fino a 14 giorni (pari a 100 µg/m<sup>3</sup>) e sulle postazioni dove il monitoraggio si è protratto per circa 90 giorni (Via Manzoni in loc. Montecerboli, Scuole Elementari a Piancastagnaio e Podere Nuovissimo ad Arcidosso) le medie del periodo sono molto inferiori ai 20 µg/m<sup>3</sup> indicati dal più restrittivo dei due riferimenti WHO-ICPS.

Il fenomeno dell'inquinamento olfattivo, le cui concause sono da attribuire sia ai livelli di concentrazione di acido solfidrico riscontrabili nell'aria, sia al basso valore della soglia olfattiva di questa sostanza, si manifesta su tutte le postazioni monitorate, pur se con un vario grado di variabilità. In particolare la durata del fenomeno ha superato il 20% del tempo monitorato nelle postazioni di:

- Via Strada Privata Monte Amiata, ad Abbadia San Salvatore(SI);
- Palazzetto dello Sport, a Monterotondo Marittimo (GR);
- Cimitero, a Castelnuovo di Val di Cecina (PI);
- Via Manzoni, loc. Montecerboli, a Pomarance (PI),



per il *mercurio*

premesso che il confronto con lo standard di riferimento richiederebbe una popolazione di dati rilevati su scala temporale annuale, si può osservare che nei periodi di monitoraggio considerati i valori assunti dall'indicatore **concentrazione media del periodo risultano notevolmente inferiori al valore di riferimento MRLs della ATSDR** (pari a 200 ng/m<sup>3</sup>) su tutte le postazioni in cui è avvenuta la misura del parametro. Inoltre, considerando che il MRLs della ATSDR è più restrittivo del valore guida WHO-OMS (pari a 1000 ng/m<sup>3</sup>), ne consegue che anche **quest'ultimo è rispettato**.

**Tabella 3.5 – risultati del monitoraggio della qualità dell'aria nelle postazioni di:**

Parametro			Postazioni		
			Scuole Elementari (Piancastagnaio-SI)	Via Strada Privata Monte Amiata (Abbadia San Salvatore-SI)	Podere Nuovissimo (Arcidosso-GR)
Periodo			21.01.2010-5.02.2010 26.04.2010-19.05.2010 13.08.2010-20.09.2010	22.09.2010-14.10.2010	1.01.2010-20.01.2010 29.03.2010-19.04.2010 18.05.2010-1.06.2010 21.07.2010-13.08.2010
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Durata monitoraggio	Die validi	71	21	74
		Ore valide	1757	521	1827
	Max concentrazione media di 24 h (µg/m <sup>3</sup> )		30,1	16,2	6,5
	N° superamenti del riferimento OMS		0	0	0
	Concentrazione media del periodo (µg/m <sup>3</sup> )		5,4	5,6	1,2
	Max concentrazione oraria (µg/m <sup>3</sup> )		214,6	66,3	48,6
	N° die del periodo con concentrazione media > 7 µg/m <sup>3</sup>		16 (≡ 22,5%)	6 (≡ 28,6%)	0 (≡ 0%)
	N° ore del periodo con concentrazione > 7 µg/m <sup>3</sup>		269 (≡ 16,0%)	147 (≡ 29,3%)	47 (≡ 2,7%)
<b>Hg</b>	Durata monitoraggio	die validi	71	21	35
		ore valide	1775	520	873
	Concentrazione media del periodo (ng/m <sup>3</sup> )		1,0	3,9	0,1
	Max concentrazione media di 24 h (ng/m <sup>3</sup> )		7,8	21,4	0,1
	Max concentrazione oraria (ng/m <sup>3</sup> )		77,1	68,0	1,9

**Tabella 3.6 – risultati del monitoraggio della qualità dell'aria nelle postazioni di:**

Parametro			Postazioni			
			Palazzetto dello Sport  (Monterotondo M.mo-GR)	Cimitero  (Castelnuovo di Val di Cecina-PI)	Palestra  (Chiusdino-SI)	Via Manzoni Loc. Montecerboli  (Pomarance-PI)
Periodo			8.02.2010-24.02.2010 3.06.2010-16.06.2010 10.10.2010-4.11.2010	24.02.2010-19.03.2010 16.06.2010-1.07.2010 29.11.2010-16.12.2010	19.03.2010-29.03.2010 1.07.2010-21.07.2010 16.12.2010-30.12.2010	1.01.2010-31.12.2010
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Durata monitoraggio	die validi	39	47	53	365
		ore valide	993	1220	1338	8229
	Max concentrazione media di 24 h (µg/m <sup>3</sup> )		15,1	11,1	18,5	41,0
	n° superamenti del riferimento OMS		0	0	0	0
	concentrazione media del periodo (µg/m <sup>3</sup> )		7,7	4,6	4,4	6,0
	Max concentrazione oraria (µg/m <sup>3</sup> )		69,2	128,0	173,8	157,0
	n° die del periodo con concentrazione media > 7 µg/m <sup>3</sup>		22 (≡ 56,4%)	5 (≡ 10,6%)	15 (≡ 28,3%)	
	n° ore del periodo con concentrazione > 7 µg/m <sup>3</sup>		378 (≡ 39,4%)	244 (≡ 20,7%)	238 (≡ 18,6%)	2182 (≡ 26,5%)
<b>Hg</b>	Durata monitoraggio	die validi	39	42	43	
		ore valide	1004	751	1109	
	concentrazione media del periodo (ng/m <sup>3</sup> )		0,2	0,1	0,1	
	Max concentrazione media di 24 h (ng/m <sup>3</sup> )		2,7	0,1	0,1	
	Max concentrazione oraria (ng/m <sup>3</sup> )		16,7	1,1	0,8	

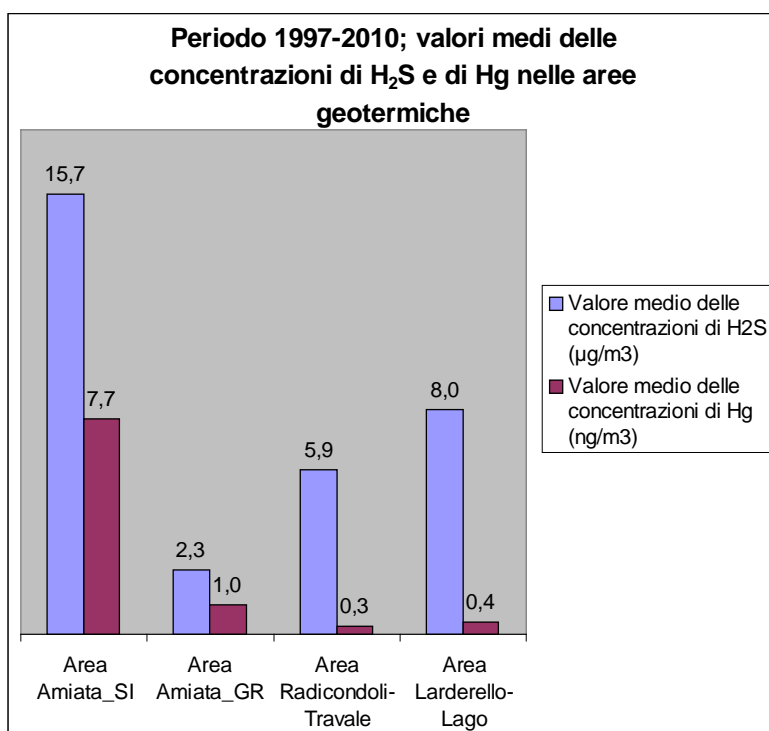
### 3.7 Conclusioni riassuntive e finali

Il paragrafo riepiloga i principali aspetti emersi dal monitoraggio della Qualità dell'Aria sul territorio geotermico toscano nel periodo 1997 ÷ 2010, facendo anche richiami sul trend mostrato da questi due inquinanti, l'acido solfidrico ed il mercurio gassoso.

Nei grafici che seguono sono presentati i principali indicatori impiegati per descrivere lo stato di qualità della matrice aria. Gli indicatori sono elaborazione sull'intero campione di dati rilevati dagli inizi dell'attività di monitoraggio svolta da ARPAT (anno 1997), con l'eccezione della stazione fissa di Montecerboli, Pomarance (PI); per essa, infatti, gli indicatori si riferiscono ai dati misurati a partire dal 2007 nella nuova postazione di Via Manzoni.

Per l'Amiata i risultati sono presentati differenziandoli territorialmente, rispettivamente per la provincia di Grosseto e per la provincia di Siena.

Il grafico 1 riporta i valori medi delle concentrazioni in aria dell'*acido solfidrico* e del *mercurio gassoso* nelle aree geotermiche. Il confronto con gli anni precedenti evidenzia un sostanziale mantenimento dei precedenti livelli di concentrazione media, sia dell'acido solfidrico che del mercurio gassoso, su tutte le aree geotermiche, con tendenza ad una lieve flessione nell'area dell'Amiata, senese e grossetana.

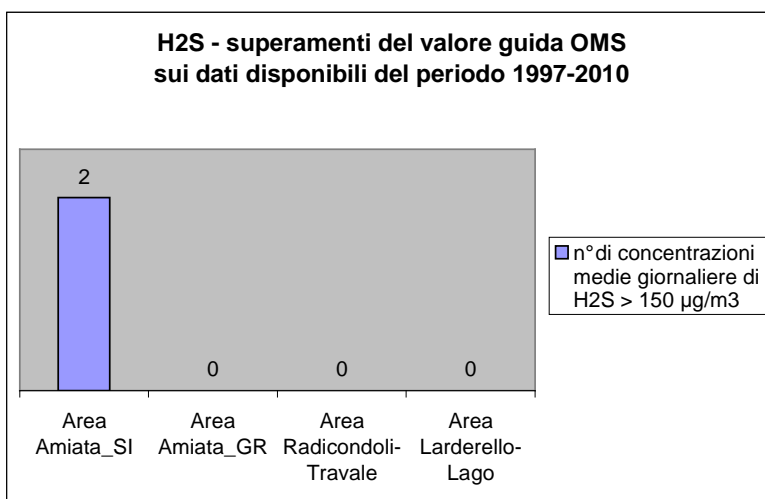


**Grafico 1**

Dal grafico si osserva come la concentrazione del *mercurio gassoso*, rilevata su tutte le postazioni monitorate del territorio geotermico toscano, resti considerevolmente inferiore al valore di tutela sanitaria WHO-OMS (concentrazione media annuale pari a 1000 ng/m<sup>3</sup>), nonché al livello guida per la salute elaborato dell'Agenzia ATSDR (concentrazione media annuale pari a 200 ng/m<sup>3</sup>), quest'ultimo ancora più restrittivo del precedente.

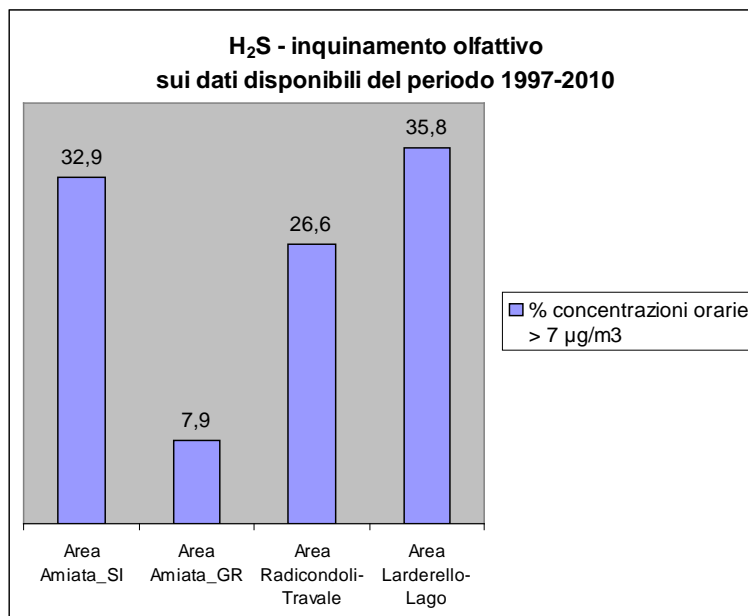
Nel grafico 2 sono indicati, i superamenti accertati del valore guida di tutela sanitaria WHO-OMS (concentrazione media giornaliera pari a 150 µg/m<sup>3</sup>) per l'acido solfidrico. Il numero

resta invariato rispetto agli anni precedenti<sup>6</sup>. Infatti dopo il 2007 non sono stati accertati ulteriori episodi in nessuna postazione monitorata, a conferma che i casi riscontrati sono stati eventi sporadici favoriti dalla concomitanza di condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli la dispersione degli inquinanti.



**Grafico 2**

Il grafico 3, attraverso il ricorso all'indicatore % delle ore con valore di concentrazione media > di 7µg/m<sup>3</sup>, presenta la condizione generale relativa all'inquinamento olfattivo nelle aree geotermiche, provocato dall'acido solfidrico. La durata della percezione odorigena non subisce variazioni di rilievo rispetto agli anni precedenti nelle aree dell'Amiata, senese e grossetana, e di Radicondoli-Travale, mentre si osserva una modesta diminuzione nell'area di Larderello-Lago, dove negli ultimi anni si è intensificata la progressiva installazione degli AMIS.



**Grafico 3**

<sup>6</sup> altri 5 casi di superamento del valore guida di tutela sanitaria WHO-OMS erano stati rilevati, prima del 2006, nella postazione Cimitero a Montecerboli, dov'era ubicata originariamente la stazione fissa. Tali casi sono poi risultati essere stati causati da interferenza con le emissioni provenienti da una cabina dell'impianto di teleriscaldamento situata nelle immediate vicinanze.

Il monitoraggio della qualità dell'aria mostra che la coltivazione dei fluidi geotermici è in grado di esercitare modificazioni dello stato di qualità dell'aria.

L'incidenza qualitativa delle modificazioni è diversa fra le aree geotermiche. Infatti, nell'area Tradizionale le modificazioni coinvolgono principalmente l'acido solfidrico, mentre per l'area dell'Amiata sono coinvolti sia l'acido solfidrico che il mercurio gassoso.

In entrambe le aree sono presenti anche ulteriori sorgenti naturali o antropiche che, unitamente alla coltivazione dei fluidi geotermici, concorrono a modificare lo stato di qualità dell'aria immettendo nell'atmosfera i due inquinanti.

Nell'area Tradizionale si tratta prevalentemente di sorgenti naturali (fumarole o putizze) che contribuiscono, principalmente, rilasciando acido solfidrico. Diversamente, nell'area Amiatina si trovano sorgenti sia naturali (fumarole o putizze e/o acque termali calde sfruttate anche a fini ricreativi/curativi), sia antropiche (ex impianti della passata attività minero-metallurgica del cinabro) che contribuiscono immettendo, con apporti diversificati, sia acido solfidrico, sia mercurio.

La modificazione subita dallo stato di qualità dell'aria ad opera delle diverse sorgenti sopra ricordate non ha finora comportato superamenti dei valori di riferimento di tutela sanitaria per quanto riguarda il mercurio (valore guida WHO-OMS e MRLs della Agenzia governativa USA ATSDR), mentre, per la concomitanza di condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli la dispersione degli inquinanti, ha dato luogo a sporadici episodi di superamento del valore guida di tutela sanitaria WHO-OMS per l'acido solfidrico avvenuti prima del 2007 a Piancastagnaio, a cui molto probabilmente hanno concorso in modo determinante le immissioni delle centrali GTE.

L'innalzamento dei livelli di concentrazione di acido solfidrico nell'aria è, invece, responsabile della maleodoranza riscontrata su tutte le postazioni monitorate, pur se con un vario grado di variabilità, cosicché la principale criticità è rappresentata proprio dall'inquinamento olfattivo che in talune postazioni, generalmente anche sedi degli impianti di coltivazione dei fluidi geotermici, diviene particolarmente rilevante per la durata e l'intensità con cui si manifesta.

Per contenerne gli effetti di queste sorgenti, sono state intraprese iniziative volte a mitigarne le pressioni.

Nei confronti degli ex impianti della passata attività minero-metallurgica del cinabro, che costituiscono una fonte importante di mercurio in grado, in particolari condizioni meteorologiche (forte irraggiamento ed alte temperature del suolo), di contribuire in modo rilevante, anche se localizzato, alla sua immissione nell'aria, è stata decisa la loro bonifica, recentemente conclusasi su una parte di essi o con interventi in corso d'opera negli altri.

Anche nel settore della coltivazione dei fluidi geotermici sono state adottate misure per contenerne le emissioni. In particolare, l'introduzione dell'impianto di abbattimento AMIS ha consentito di ridurre considerevolmente il flusso di massa degli inquinanti acido solfidrico e mercurio gassoso, con benefici a carico dello stato di qualità dell'aria.

## 4 GLOSSARIO

- **Acquifero:** roccia o terra che contiene acqua per mezzo degli spazi creati dalla porosità e dalle discontinuità.

### Termini e Definizioni inerenti la qualità dell'aria

- **Aria ambiente:** aria esterna presente nella troposfera, ad esclusione di quella presente nei luoghi di lavoro.
- **Inquinamento atmosferico:** ogni modificazione dell'aria atmosferica, dovuta all'introduzione nella stessa di una o più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da ledere o da costituire un pericolo per la salute umana o per la qualità dell'ambiente oppure tali da ledere i beni materiali e compromettere gli usi legittimi dell'ambiente
- **Inquinamento:** Introduzione diretta o indiretta, a seguito di attività umana, di sostanze, vibrazioni, calore o rumore nell'aria, nell'acqua o nel terreno, che potrebbero nuocere alla salute umana o alla qualità dell'ambiente, causare deterioramento di beni materiali, oppure danni o perturbazioni a valori ricreativi dell'ambiente o ad altri suoi legittimi usi.
- **Inquinante:** qualsiasi sostanza immessa direttamente o indirettamente dall'uomo nell'aria ambiente che può avere effetti dannosi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso.
- **Livello:** concentrazione nell'aria ambiente di un inquinante o deposito di un inquinante su una superficie in un dato periodo di tempo.
- **Valore limite di qualità dell'aria:** livello fissato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, tale livello deve essere raggiunto entro un determinato termine e in seguito non superato. I valori limite sono pertanto requisiti (ossia norma di qualità ambientale) che devono sussistere in un dato momento in un determinato ambiente o in una parte specifica di esso.
- **Soglia di allarme:** livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale si deve intervenire con misure strutturali/gestionali e precauzionali (piani di azione) per ridurre il rischio di superamento dei valori limite e limitare le conseguenze degli episodi d'inquinamento sulla salute umana
- **Valore obiettivo:** livello fissato al fine di evitare, a lungo termine, ulteriori effetti dannosi sulla salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, tale livello deve essere raggiunto per quanto possibile nel corso di un dato periodo. I valori obiettivo non costituiscono norma di qualità ambientale (ossia i requisiti che devono sussistere in un dato momento in un determinato ambiente o in una parte specifica di esso) e per il loro raggiungimento richiedono condizioni più rigorose di quelle ottenibili con l'applicazione delle migliori tecniche disponibili.
- **Valori guida:** livelli indicati per la prevenzione a lungo termine degli effetti sulla salute umana o sull'ambiente, per il benessere della popolazione o per costituire parametri di riferimento per l'istituzione di zone specifiche di protezione ambientale. Si tratta di riferimenti improntati su criteri di estrema cautela, proposti da Organizzazioni riconosciute in campo internazionale e basati sui risultati dei lavori condotti da gruppi scientifici. Per il principio della cautela i valori guida sono significativamente inferiori (100 o più volte) rispetto ai livelli che possono costituire oggetto di disturbi sanitari, anche lievi, nei soggetti esposti. Come il Valore obiettivo non sono norme di qualità ambientale, ossia Valori limite.

### Termini e definizioni inerenti le emissioni degli impianti

- **Concentrazione:** Rapporto tra massa di sostanza inquinante emessa e volume dell'effluente gassoso (es. mg/Nm<sup>3</sup>)
- **Emissione convogliata:** emissione di un effluente gassoso effettuata attraverso uno o più appositi punti (condotti).
- **Effluente gassoso:** lo scarico gassoso, contenente emissioni solide, liquide o gassose.

- **Emissioni in atmosfera:** qualsiasi sostanza solida, liquida o gassosa introdotta nell'atmosfera che possa causare inquinamento atmosferico.
- **Emissioni:** lo scarico diretto o indiretto, da fonti puntiformi o diffuse degli impianti, di sostanze, vibrazioni, calore o rumore nell'aria, nell'acqua ovvero nel terreno.
- **Fattore di emissione:** Rapporto tra massa di sostanza inquinante emessa e unità di misura specifica di prodotto o di servizio.
- **Flusso di massa:** Massa di sostanza emessa nell'unità di tempo (es. kg/h o g/h).
- **Soglia di rilevanza dell'emissione:** Flusso di massa, per singolo inquinante, misurato a monte di eventuali sistemi di abbattimento e nelle condizioni di esercizio più gravose dell'impianto, al di sotto del quale non si applicano i valori limite di emissione
- **Valore limite di emissione :** il fattore di emissione, la concentrazione, la percentuale o il flusso di massa di sostanze inquinanti nelle emissioni che non devono essere superati.



## 5 SIGLE E ABBREVIAZIONI

A.F.	Articolazione funzionale
AMIS	Impianto di abbattimento del mercurio e dell'idrogeno solforato
ARPAT	Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
ARS	Agenzia Regionale di Sanità della Toscana
As	Arsenico
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
B.U.R.T.	Bollettino Ufficiale Regione Toscana
CICAD	Inter-American Drug Abuse Control Commission
CH <sub>4</sub>	Metano
CO	Monossido di carbonio
D.Lgs.	Decreto Legislativo
DV	Direzione del vento
EHC	Enviromental Health Criteria
GTE	Geotermoelettriche
Hg	Mercurio
H <sub>2</sub> S	Acido solfidrico, conosciuto anche come Idrogeno solforato
ICPS	International Classification for Patient Safety
IRIS-EPA	Integrated Risk Information System
MCA	Materiali Contenenti Amianto
MRLs	Maximum Residue Limits
MWe	MegaWatt elettriche
NH <sub>3</sub>	Ammoniaca
P	Pressione
PM <sub>10</sub>	Materiale particolato con diametro aerodinamico uguale o inferiore a 10µm (10 millesimi di millimetro)
PP.AA.	Pubbliche Amministrazioni
PRAA	Piano Regionale di Azione Ambientale
PRRM	Piano di Regionale di Risanamento e Mantenimento della qualità dell'aria
Q	Portata
RADST	Radiazione solare totale
SIRA	Sistema Informativo Regionale Ambientale
Smi	Successive modifiche e integrazioni
SO <sub>2</sub>	Biossido di zolfo o anidride solforosa
T	Temperatura
U.O.	Unità operativa
UR	Umidità relativa
USL	Unità Sanitaria Locale
V	Velocità
VAS	Valutazione Ambientale Strategica
VIA	Valutazione di Impatto Ambientale
VLE	Valori limite di emissione
VV	Velocità del vento
WHO-OMS	World Health Organization, in inglese, o Organizzazione Mondiale della Sanità

## 6 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AA.VV., *Atlante delle opere di sistemazione fluviale*. Manuali APAT, Roma 2003.
- AA.VV., *La riqualificazione fluviale in Italia, Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio*. CIRF, Mazzanti editori, Venezia, 2006.
- AA.VV., *I.F.F. 2007, Indice di funzionalità fluviale*. Manuale APAT, Roma 2007.
- Baldaccini G., Doni A., Rossi S., *Invasi artificiali: proposta per una gestione sostenibile*, in "Acqua & Aria" n.4, 2009.
- Bianchini A., *Rimozione dei materiali sedimentati dagli invasi artificiali*. Workshop "Piccole dighe e bacini di accumulo" ERGA Spa. Gruppo ENEL. Torino, ottobre 2000.
- Castelli S., Tremolada L., *Aspetti normativi, metodologici e sperimentali della gestione dei sedimenti*, Progetto Alpreserv, Milano, 2006.
- Dello Vicario E., Setaccia A., Savanella V., *Caratteri descrittivi delle grandi dighe italiane*, in "L'Acqua", n. 5/1999.
- Di Silvio G., *Interrimento e riabilitazione degli invasi artificiali*, in "L'Acqua", n. 6/1996.
- Di Silvio G., *L'interrimento dei serbatoi artificiali problematiche e soluzioni*. CESI, UniPadova, Dip. IMAGE, Milano, 2006.
- Fasolato G., Ronco P., Tregnaghi M., *Operazioni di sghiaimento da un serbatoio alpino ed effetti sulla morfodinamica fluviale*. XXX° Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche – IDRA, Roma, 2006.
- Garofano E., Gilli L., *Gestione dei serbatoi idroelettrici e tutela qualitativa dei corpi idrici. Utilizzo integrato di misure in continuo e modelli per simulazioni previsionali*, in "L'Acqua" 3/ 2007.
- Maffio A., *La gestione dei sedimenti negli invasi nell'ambito della "Ricerca di Sistema"*. CESI Ricerca, Progetto ALPRESERV, Milano, 2006.
- Molino B., *Esperienze sulla gestione dei sedimenti nell'ambito del Progetto PRIN*. Progetto ALPRESERV, Milano, 2006.
- Prefecture de la Correze, *Arrêté préfectoral autorisant la vindage par EDF de la retenue hydroelectrique des Chaumettes*. Département de la Corrèze, République Française, 2007.
- Provincia di Cuneo, *Regolamento per l'utilizzazione della risorsa idroelettrica, I principali impatti*. Area funzionale del territorio settore risorse idriche ed energetiche - Ufficio concessioni di derivazione.
- Raffio A., *La gestione dei sedimenti negli invasi nell'ambito della ricerca di sistema*. Progetto europeo ALPRESERV, Ricerca ed esperienze applicative nella gestione sostenibile dei sedimenti nei serbatoi, CESI, 2006.
- Regione Lombardia, *Definizione dell'impatto degli svassi dei bacini artificiali sull'ittiofauna e valutazione di misure di protezione*. Quaderni della ricerca, n.90 - luglio 2008.
- Regione Sardegna, *Linee guida per la predisposizione dei progetti di gestione degli invasi e per l'esecuzione delle operazioni*. Allegato Delib.G.R. n.13/12 del 4.3.2008, Boll. Uff. Reg. Aut. Della Sardegna, suppl. str. N.1 B.U. n.15 del 30 aprile 2007.

Rinaldi M., Casagli N., Dapporto S. & Gargini A., *Monitoring and modelling of pore water pressure changes and riverbank stability during flow events*, in “Earth Surface Processes and Landforms”, 29(2), 2004, 237-254.