

ALLEGATO A

REGIONE  
TOSCANA



Direzione Generale  
**Politiche Territoriali e Ambientali**

Area di Coordinamento  
**Prevenzione integrata degli inquinamenti e programmazione Ambientale**

Settore  
**Qualità dell'aria, rischi industriali, prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento**

# **CRITERI DIRETTIVI PER IL CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA DELLE CENTRALI GEOTERMoeLETTRICHE**

Prescrizioni da utilizzare nei procedimenti regionali di VIA e di concessione/autorizzazione ex L. 896/1986 e L.R. 39/2006

## **INDICE**

### **PREMESSA**

#### **1. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO**

#### **2. QUADRO ANALITICO CONOSCITIVO**

**2.1 Le sorgenti di emissione nelle aree geotermiche**

**2.2 Il ciclo tecnologico di una centrale geotermoelettrica**

**2.3 Le sostanze inquinanti emesse**

**2.4 Le tecnologie di abbattimento delle emissioni – Impianti AMIS e Demister**

**2.5 L'evoluzione delle emissioni dal 2000 al 2007**

**2.6 La qualità dell'aria nelle aree geotermiche**

**2.6.1 Le concentrazioni di riferimento**

**2.6.2 La struttura del monitoraggio attuale**

**2.6.3 I livelli delle sostanze inquinanti**

**2.6.4 La meteorologia nelle aree geotermiche**

#### **3. OBIETTIVI DEL PROVVEDIMENTO**

#### **4. INTERVENTI DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI E STRUMENTI DI ATTUAZIONE**

**4.1 Valori di emissione**

**4.2 Requisiti minimi di esercizio**

**4.3 Riduzione del drift**

**4.4 Valori obiettivo di emissione**

**4.5 Ricerca e sperimentazione di nuove tecniche per il miglioramento delle prestazioni ambientali degli impianti di coltivazione dei fluidi geotermici**

**4.6 Metodologie di controllo di emissioni**

**4.7 Protocollo gestione manutenzione impianti**

**4.7.1 Protocollo di gestione impianti**

**4.7.2 Documento di impianto**

**4.8 Sviluppo modellistica di simulazione per le aree geotermiche**

**4.9 Criteri direttivi e strumenti di attuazione finalizzati alla riduzione delle emissioni delle centrali geotermoelettriche\_**

**4.9.1 Inquadramento normativo**

**4.9.2 Elenco prescrizioni**

#### **5. SCENARI**

**5.1 Scenari per H<sub>2</sub>S**

**5.2 Scenari per Hg**

**5.3 Scenari per As**

**5.4 Scenari per CO<sub>2</sub>**

**5.5 Scenari per NH<sub>3</sub>**

Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

## **5.6 Scenari per i rapporti di emissione per energia elettrica prodotta**

**APPENDICE 1 EMISSIONI PER SINGOLA CENTRALE GEOTERMoeLETTRICA**

**APPENDICE 2**      **DECRETO N° 2750 del 12 maggio 2003 “Adozione della procedura di riferimento per il controllo delle emissioni di impianti geotermoelettrici.”**

**GLOSSARIO**

## **PREMESSA**

La Regione Toscana ha adottato con DCR n. 44/08 il Piano Regionale di Risanamento e Mantenimento della qualità dell'aria (PRRM) che prevede nel settore degli interventi sulle attività produttive, l'intervento denominato "AP3) Miglioramento delle prestazioni ambientali delle centrali geotermoelettriche".

Nelle aree interessate dalle attività di coltivazione della risorsa geotermica si riscontrano specifiche problematiche in ordine alle sostanze inquinanti emesse ed ai conseguenti livelli di concentrazione in aria ambiente. L'idrogeno solforato e l'ammoniaca contribuiscono, tra l'altro, alla formazione di PM<sub>10</sub> secondario che, attraverso meccanismi di diffusione e trasporto, interessa ambiti territoriali più vasti. Altre sostanze connesse allo sfruttamento della risorsa, in particolar modo mercurio ed arsenico, presentano un rateo di emissione molto più contenuto e sono coinvolte in meccanismi di deposizione che interessano, prevalentemente, le aree limitrofe alle centrali, come riportato anche nel recente studio dell'Università di Siena del 2008.

Questa situazione va ad inserirsi all'interno di un quadro delle norme per la gestione della qualità dell'aria, D.Lgs 351/99 e D.M. 60/02, che non considerano specifici valori limite di qualità dell'aria relativamente ai livelli di concentrazione di queste sostanze (in quanto non di diffusione generale) che, comunque, sono oggetto di monitoraggio da parte di ARPAT e delle stazioni di rilevamento del gestore (rilevamento principalmente dedicato all'idrogeno solforato).

Alla domanda delle popolazioni residenti nelle aree geotermiche, di maggiore informazione e "consapevolezza", la Regione ha inteso rispondere con studi già effettuati ed in corso finalizzati ad approfondire gli aspetti ambientali e sanitari dell'uso della risorsa geotermica.

Accanto a queste azioni intese a rappresentare e definire un quadro conoscitivo devono essere, ovviamente, affiancati interventi diretti tesi a minimizzare le emissioni in atmosfera derivanti dalla coltivazione della risorsa geotermica. Già da tempo, in questo senso, sono iniziati interventi di contenimento delle emissioni grazie all'innovazione tecnologica impiegata in questo settore con l'installazione di impianti di abbattimento, in grado di ridurre efficacemente le emissioni di idrogeno solforato e mercurio.

La Regione, al fine di migliorare il quadro emissivo e la compatibilità ambientale degli impianti geotermoelettrici (centrali GTE), sulla base delle risultanze degli studi attualmente in essere nelle aree geotermiche, intende con il presente documento individuare le prescrizioni che dovranno essere inserite nei procedimenti amministrativi regionali di valutazione di Impatto Ambientale VIA e di concessione/autorizzazione ex L. 896/1986 e L.R. 39/2005 relative alle nuove centrali GTE e, per quelle esistenti, già autorizzate ai sensi della L. 896/1986, e che prevedono prescrizioni relative alle emissioni in atmosfera delle norme tecniche del DPR n. 203/1988, ora sostituite dalla parte quinta del D.Lgs. n. 152/2006.

Infatti, in sede di rinnovo della autorizzazione, secondo il programma indicato all'art. 281 del decreto legislativo n. 152/2006, dovranno essere adottate con le modalità ed i tempi necessari le prescrizioni individuate da questo documento (si veda per il dettaglio il punto 4.9)

Le principali azioni previste nei punti del documento, al fine di perseguire gli obiettivi del capitolo 3, sono:

Criteri direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

- definizione di nuovi valori di emissione delle centrali GTE coerenti con le innovazioni tecnologiche;
- relativamente agli impianti già esistenti, che non ne sono dotati, definizione delle modalità ed i tempi di applicazione della tecnologia AMIS;
- applicazione di sistemi di controllo delle emissioni delle sostanze inquinanti (in continuo) e potenziamento di quelli esistenti per la qualità dell'aria; ;
- ricerca e sperimentazione per l'introduzione di nuove tecnologie di abbattimento per le altre sostanze inquinanti.

Si segnala inoltre che è stata recentemente approvata la legge 23 luglio 2009 n. 99 *"Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia"* che impegna il governo ad adottare uno o più decreti legislativi al fine di determinare un nuovo assetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche che garantisca, in un contesto di sviluppo sostenibile del settore e assicurando la protezione ambientale, un regime concorrenziale per l'utilizzo delle risorse geotermiche ad alta temperatura e che semplifichi i procedimenti amministrativi per l'utilizzo delle risorse geotermiche a bassa e media temperatura.

L'attività di controllo ambientale è svolta da ARPAT sulla base della nuova legge regionale n. 30/2009 *"Nuova disciplina dell'Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana (ARPAT)"* ed ha come oggetto la conoscenza dello stato delle componenti ambientali, delle pressioni e degli impatti, nonché la verifica delle forme di autocontrolli effettuati dai gestori e previste dalle norme comunitarie e statali.

## 1 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Il quadro normativo di riferimento è costituito sostanzialmente dal Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" che nella Parte quinta titolata " Norme in materia di tutela della qualità dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera" riporta il Titolo I "Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività" che sostituisce il Decreto del Presidente della Repubblica n. 203/1988 che a sua volta attuava alcune direttive della Comunità Europea.

In particolare l' Art. 271 - comma 4, del Dlgs 152/2006 recita:

*I piani e i programmi previsti dall'articolo 8 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351, e dall'articolo 3 del decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 183, possono stabilire valori limite di emissione e prescrizioni, anche inerenti le condizioni di costruzione o di esercizio dell'impianto, più severi di quelli fissati dall'Allegato I alla parte quinta del presente decreto e dalla normativa di cui al comma 3 purchè ciò risulti necessario al conseguimento dei valori limite e dei valori bersaglio di qualità dell'aria. Fino all'emanazione di tali piani e programmi, continuano ad applicarsi i valori limite di emissione e le prescrizioni contenuti nei piani adottati ai sensi dell'articolo 4 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203.*

Attualmente i valori limite di emissione ed altre prescrizioni relative agli impianti per la coltivazione degli idrocarburi e dei fluidi geotermici sono indicati nell'allegato I, Parte IV, Sezione 2, della Parte Quinta del D.lgs n. 152/06 che nella parte 3, impianti che utilizzano fluidi geotermici, recita:

*Gli effluenti gassosi negli impianti che utilizzano i fluidi geotermici di cui all'articolo 1 della legge 9 dicembre 1986, n. 896, devono essere dispersi mediante torri refrigeranti e camini di caratteristiche adatte. Per ciascuno dei due tipi di emissione i valori di emissione minimi e massimi, di seguito riportati, sono riferiti agli effluenti gassosi umidi ed intesi come media oraria su base mensile:*

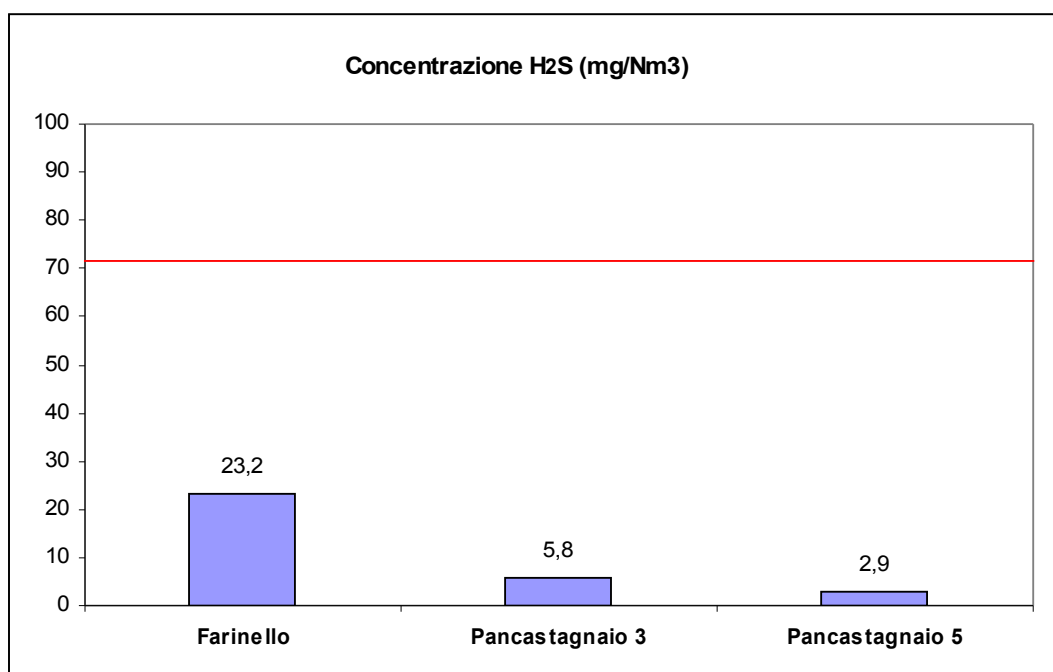
**Tabella 1.1 - Valori di emissione minimi e massimi per effluenti gassosi umidi**

H <sub>2</sub> S	70-100 mg/Nm <sup>3</sup> per un flusso di massa uguale o superiore a 170 kg/h
As (come sali disciolti nell'acqua trascinata)	1-1,5 mg/Nm <sup>3</sup> per un flusso di massa uguale o superiore a 5 g/h
Hg (come sali disciolti nell'acqua trascinata)	0,2-0,4 mg/ Nm <sup>3</sup> per un flusso di massa uguale o superiore a 1 g/h

Poiché i valori limite di emissione prevedono una soglia per il flusso di massa (soglia di rilevanza) si deve preliminarmente misurare/calcolare il flusso di massa emesso della sostanza inquinante e confrontare tale valore con il flusso di massa previsto dalle norme. Se il flusso di massa misurato è inferiore a quello previsto (soglia di rilevanza) non è applicabile il limite di concentrazione. Diversamente, se il flusso di massa misurato è uguale o superiore alla soglia di rilevanza è applicabile il limite di concentrazione.

I controlli effettuati da ARPAT sulle centrali geotermiche mostrano che per tutte le centrali i flussi di massa per l'arsenico As ed il mercurio Hg sono inferiori a quanto stabilito dalla normativa. Per questi inquinanti, quindi, non si applicano i valori limite in concentrazione. Per quanto riguarda l'idrogeno solforato H<sub>2</sub>S, i valori di flusso massa misurati superano quanto stabilito dalla normativa solo per alcune centrali (Piancastagnaio 3, Piancastagnaio 5 e Farinello). Per queste centrali, per le quali quindi si applicano i valori limite in concentrazione, le misure indicano un ampio rispetto di tale valore. Nel grafico seguente sono indicate le concentrazioni di H<sub>2</sub>S misurate per queste tre centrali ed il relativo valore limite.

**Grafico 1.1 Valori di concentrazione di H<sub>2</sub>S (mg/Nm<sup>3</sup>) per le centrali con flussi di massa uguale o superiore a 170 kg/h**



### 1.1 Obiettivi generali di riduzione delle emissioni delle CGTE

Negli ultimi anni, a seguito dello studio e della realizzazione di tecniche di abbattimento si è reso disponibile un impianto di abbattimento, denominato AMIS<sup>1</sup> che, già installato in un importante numero di centrali geotermoelettriche, ha ottenuto una significativa riduzione delle emissioni di acido solfidrico H<sub>2</sub>S e di mercurio Hg.

Questo fatto ed una serie di altre considerazioni anche basate sulle indicazioni contenute nelle recenti disposizioni normative, permettono di motivare la necessità di un intervento generale per la riduzione delle emissioni delle centrali geotermiche.

Di seguito si riportano queste considerazioni:

<sup>1</sup> Acronimo di impianto di Abbattimento del Mercurio e dell'Idrogeno Solforato

- a) ai fini del rispetto dei valori limite di qualità dell'aria nel territorio regionale, in particolare per il PM<sub>10</sub> (e in seguito alla direttiva 2008/50/CE anche per il PM<sub>2,5</sub>), la Regione deve ridurre le emissioni dei precursori del PM<sub>10</sub> secondario. Le emissioni degli impianti che utilizzano fluidi geotermici contengono H<sub>2</sub>S (acido solfidrico) e NH<sub>3</sub> (ammoniaca) che contribuiscono, tra l'altro, alla formazione del PM<sub>10</sub> secondario inorganico.
- b) inoltre, poiché tali emissioni sono caratterizzate anche dalla presenza, in quantità variabili, di Hg (mercurio) che è regolamentato dal Decreto legislativo 3 agosto 2007, n. 152 *"Attuazione della direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente"* modificato dal Decreto Legislativo 26 giugno 2008, n. 120 *"Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 agosto 2007, n. 152, di attuazione della direttiva 2004/107/CE relativa all'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente"*, la sua immissione nell'ambiente, deve essere controllata secondo l'applicazione delle migliori tecniche disponibili.
- c) ai fini di tutelare l'ambiente e la salute umana dagli effetti nocivi causati dalla acidificazione, dalla eutrofizzazione del suolo e dalla presenza di ozono a livello del suolo a seguito della direttiva 2001/81/CE, recepita con Dlgs. 21 maggio 2004 n° 171 *"Attuazione della direttiva 2001/81/CE relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici"* sono stati stabiliti dei limiti nazionali di emissione per alcune sostanze inquinanti da raggiungere entro il 2010 e negli anni successivi, che per le emissioni nazionali annue di NH<sub>3</sub> fissa un limite annuo pari a 419 kt.

Nel documento, si ritiene, in particolare, di definire nuovi riferimenti, come i "requisiti minimi di esercizio", riguardanti il funzionamento delle centrali e degli AMIS e i "valori di emissione" delle sostanze sulle quali agisce l'impianto di abbattimento AMIS, cioè l'acido solfidrico ed il mercurio, nonché del biossido di zolfo, emesso come risultato delle ossidazione dell'acido solfidrico negli impianti AMIS.

Inoltre viene definito anche un protocollo di gestione impianto delle centrali geotermoelettriche (compreso AMIS) al fine di ridurre al minimo il tempo di emissioni dirette in atmosfera di fluido geotermico in caso manutenzioni programmate e non ed eventi accidentali che provochino sfioramenti diretti in atmosfera del fluido geotermico.



## 2 QUADRO ANALITICO CONOSCITIVO

### 2.1 Le sorgenti di emissione nelle aree geotermiche

Il margine peri-tirrenico della penisola Italiana, dove si trovano le aree geotermiche della Toscana, è costellato da un elevato numero di zone con emanazioni naturali di gas endogeni.

Due sono le aree toscane significative per la coltivazione delle risorse geotermiche:

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 Amiatino 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 Amiatino 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 Abbadia 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. La coltivazione dei fluidi geotermici a scopi energetici è incentrata prevalentemente nel Comune di Piancastagnaio (Si), dove nel 2007 erano in esercizio 4 centrali geotermoelettriche, con una potenza nominale complessiva di 68 MW, due delle quali equipaggiate con AMIS<sup>2</sup>, e nel Comune di Santa Fiora, in loc. Bagnore, dove è in esercizio una centrale geotermoelettrica, con una potenza nominale di 20 MW, equipaggiata con AMIS.

Analoga situazione è riscontrabile nell'area cosiddetta tradizionale di Larderello (Pi) –Val di Cornia (Gr) –Travale/Chiusdino (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.

In quest'area al 2007 erano in esercizio 27 centrali, per una potenza nominale di circa 750 MW, delle quali 13 dotate di AMIS.

Queste attività connesse alla coltivazione della risorsa geotermica costituiscono fonti di rilascio nell'ambiente di sostanze inquinanti specifiche.

---

<sup>2</sup> Vedi glossario

## **2.2 Il ciclo tecnologico di una centrale geotermoelettrica**

Le correnti di processo che concorrono all'emissione complessiva della centrale geotermoelettrica sono: la *linea degli incondensabili*, e l'*aeriforme della torre*. Le due correnti si riuniscono a livello della torre (nelle celle di espulsione), che costituisce quindi l'interfaccia della CGTE con l'atmosfera, producendo l'emissione totale in atmosfera della centrale.

La *linea degli incondensabili* inizia dallo scarico dei compressori, che estraggono la fase gassosa dal condensatore a miscela. Comprende la sezione d'impianto che mette in comunicazione lo scarico compressori con la torre. In questa corrente, esclusivamente gassosa, si ritrovano le sostanze originariamente presenti nel fluido geotermico allo stato fisico di gas (anidride carbonica, metano, acido solfidrico, azoto, argon, ossigeno e idrogeno) e le altre sostanze che nelle condizioni di processo del condensatore a miscela permangono allo stato fisico di vapore, come il mercurio. Pertanto, la linea degli incondensabili rappresenta la corrente di processo a cui ricondurre in massima parte l'emissione delle sostanze climalteranti, dell'acido solfidrico e dei vapori di mercurio. Su questa linea sono emesse anche quantità minime di ammoniaca e di arsenico allo stato fisico di vapore.

L'*aeriforme della torre* è generato dal passaggio dell'aria attraverso le gocce di condensa all'interno della torre stessa. La circolazione dell'aria sulla condensa, proveniente dal condensatore a miscela e inviata sulle torri per raffreddarla, provoca la parziale evaporazione del liquido circolante (si verifica una contrazione di volume delle gocce) associata ad un'azione meccanica di strappaggio e trascinarsi delle gocce medesime. A seguito di ciò una parte delle sostanze disperse o disciolte nella condensa vengono liberate e passano nell'aeriforme per poi, unendosi a quelle provenienti dalla linea degli incondensabili, essere emesse dalla torre. E' attraverso l'aeriforme della torre che sono veicolati all'emissione il drift (aerosol) con il suo carico di sali disciolti e l'ammoniaca, quasi totalmente in fase gassosa. E' questa la corrente di processo responsabile in modo esclusivo dell'emissione del drift, nonché di ammoniaca. Anche parte dell'acido solfidrico e del mercurio, trattenuti in equilibrio nella condensa a livello del condensatore a miscela, ritornano allo stato di gas nell'aeriforme che pertanto contribuisce, seppur in misura molto ridotta rispetto alla linea degli incondensabili, all'emissione complessiva di questi inquinanti.

## **2.3 Le sostanze inquinanti emesse**

Il quadro emissivo che contraddistingue le centrali geotermoelettriche (CGTE) ha una propria specificità rispetto ad altre tipologie di impianti destinati alla produzione di energia elettrica, perché rispecchia la variabilità della composizione del fluido endogeno impiegato. Tra gli inquinanti emessi dalle CGTE troviamo: l'acido solfidrico, l'ammoniaca, i sali di sostanze disciolti nell'aerosol (o drift) proveniente dalle torri di raffreddamento, il mercurio allo stato di vapore, l'arsenico, e ancora altre sostanze che non sono classificate come inquinanti (fra cui argon, elio, idrogeno) o che, per le quantità in gioco, hanno un'incidenza trascurabile (come l'antimonio, il selenio ed altri metalli). Va ricordato, inoltre, che il fluido geotermico contiene anche sostanze climalteranti quali l'anidride carbonica ed il metano.

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

- **Area geotermica Amiatina**, comprendente gli impianti localizzati nei territori comunali di Piancastagnaio (SI) e Santa Fiora (GR).
- **Area geotermica 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 Val di Cornia (Comuni di Pomarance, Monterotondo Marittimo e Monteverdi Marittimo);
- la sub-area Travale-Chiusdino(Comuni di Montieri, Radicondoli).

I fattori di emissione<sup>3</sup> dei vari inquinanti presentano differenze significative, talvolta anche rilevanti, fra le due aree sopra indicate. I fattori di emissione più alti per la quasi totalità degli inquinanti si registrano nell'area geotermica dell'Amiata. Le sub-aree di Larderello e Val di Cornia sono quelle che possiedono i fattori di emissione minori, mentre fanno registrare le maggiori entità delle emissioni a causa della maggiore potenza installata. Le differenze dei fattori di emissione dipendono dal diverso contenuto di gas nel fluido geotermico nelle varie aree e sub aree sopra indicate.

Le centrali nel 2007 in esercizio erano 32. In particolare 5 nell'area Amiata e 27 nell'area tradizionale (14 nella sub area Val di Cornia, 6 nella sub area Travale-Chiusdino e 7 nella sub area Larderello). Alcune di queste CGTE sono il frutto della ristrutturazione di 9 vecchi impianti obsoleti, 3 dei quali dismessi in modo definitivo.

Al 2013 saranno in esercizio altre 4 centrali: 2 nella sub area Val di Cornia (Nuova Lagoni Rossi, per ristrutturazione dell'attuale Lagoni Rossi 3, e Nuova Sasso 2, di nuova realizzazione), 2 nella sub area Travale-Chiusdino (Chiusdino e Nuova Radicondoli 2, entrambe di nuova realizzazione). Sempre al 2013 è prevista la chiusura di 2 centrali, una nella sub area Val di Cornia (Lagoni Rossi 3) ed una nell'area Amiatina (Piancastagnaio 2). Il totale delle centrali al 2013 sarà quindi 34.

Al 2007 le centrali dotate di AMIS risultavano 13. Nel 2008 tale numero è aumentato a 19.

Dato che tutte le 4 nuove centrali previste al 2013 saranno dotate di AMIS, che per tale data anche le centrali di Nuova Molinetto e Nuova Sasso saranno dotate di impianti AMIS e che, inoltre, le 2 centrali che saranno chiuse al 2013 ne sono sprovviste, le centrali dotate di AMIS al 2013 risulteranno 25 su 34 attive<sup>4</sup>.

Di seguito si riporta una tabella comprendente tutte le centrali in esercizio al 2007, le centrali dismesse e quelle che saranno attive nel 2013 con l'indicazione dell'area e sub area di appartenenza, precisando se attive nel 2007 e nel 2013 e se dotate di AMIS (con il simbolo \* si sono indicate le centrali che avranno l'AMIS entro il 2013, ma che ne erano sprovviste nel 2007).

---

<sup>3</sup> Vedi glossario

<sup>4</sup> Dati ricavati dal piano industriale del gestore

Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

**Tabella 2.1 - Elenco centrali geotermoelettriche**

	Area	Sotto Area	Nome egte	ATTIVE NEL 2007	ATTIVE NEL 2013	CON AMIS
1	Amiata	-	Bagnore 3	S	S	S
2	Amiata	-	Bellavista			
3	Amiata	-	Piancastagnaio 2	S		
4	Amiata	-	Piancastagnaio 3	S	S	S
5	Amiata	-	Piancastagnaio 4	S	S	*
6	Amiata	-	Piancastagnaio 5	S	S	S
7	Tradizionale	Val di Cornia	Carboli 1	S	S	
8	Tradizionale	Val di Cornia	Carboli 2	S	S	
9	Tradizionale	Val di Cornia	Cornia 1			
10	Tradizionale	Val di Cornia	Cornia 2	S	S	
11	Tradizionale	Val di Cornia	Lago			
12	Tradizionale	Val di Cornia	Lagoni Rossi 3	S		
13	Tradizionale	Val di Cornia	Le Prata	S	S	
14	Tradizionale	Val di Cornia	Molinetto 2			
15	Tradizionale	Val di Cornia	Monterotondo			
16	Tradizionale	Val di Cornia	Monteverdi 1	S	S	
17	Tradizionale	Val di Cornia	Monteverdi 2	S	S	
18	Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Lago	S	S	*
19	Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Lagoni Rossi		S	*
20	Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Molinetto	S	S	*
21	Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Monterotondo	S	S	*
22	Tradizionale	Val di Cornia	Nuova San Martino	S	S	S
23	Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Sasso	S	S	*
24	Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Sasso 2		S	*
25	Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Serrazzano	S	S	*
26	Tradizionale	Val di Cornia	S. Martino			
27	Tradizionale	Val di Cornia	Selva 1	S	S	
28	Tradizionale	Val di Cornia	Serrazzano			
29	Tradizionale	Travale-Chiusdino	Chiusdino		S	*
30	Tradizionale	Travale-Chiusdino	Nuova Radicondoli	S	S	*
31	Tradizionale	Travale-Chiusdino	Nuova Radicondoli 2		S	*
32	Tradizionale	Travale-Chiusdino	Pianacce	S	S	S
33	Tradizionale	Travale-Chiusdino	Radicondoli			
34	Tradizionale	Travale-Chiusdino	Rancia 1	S	S	
35	Tradizionale	Travale-Chiusdino	Rancia 2	S	S	
36	Tradizionale	Travale-Chiusdino	Travale 3	S	S	S
37	Tradizionale	Travale-Chiusdino	Travale 4	S	S	S
38	Tradizionale	Larderello	Castelnuovo			
39	Tradizionale	Larderello	Farinello	S	S	S
40	Tradizionale	Larderello	Gabbro			
41	Tradizionale	Larderello	La Leccia			
42	Tradizionale	Larderello	Nuova Castelnuovo	S	S	S
43	Tradizionale	Larderello	Nuova Gabbro	S	S	*
44	Tradizionale	Larderello	Nuova Larderello	S	S	S
45	Tradizionale	Larderello	Sesta	S	S	S
46	Tradizionale	Larderello	Valle Secolo 1	S	S	S
47	Tradizionale	Larderello	Valle Secolo 2	S	S	S
<b>Totali</b>				<b>32</b>	<b>34</b>	<b>25</b>

Riguardo all'aspetto quantitativo che contraddistingue le emissioni delle CGTE si fa presente che in questo documento sono stati riportati i dati aggiornati all'anno 2007.

A tale data le centrali CGTE avevano i seguenti ratei emissivi, così come risulta dai controlli di ARPAT:

***sostanze in forma di gas o vapore***

- acido solfidrico, con fattore di emissione<sup>5</sup> per le due aree compreso tra 1,1 e 3,2 kg/MWhe (4,8 kg/MWhe comprendendo anche Piancastagnaio 2 – PC 2). Questo valore tiene conto dell'abbattimento prodotto dagli AMIS in esercizio al 2007. Il consistente miglioramento rispetto agli anni precedenti, riscontrabile anche dalla generale diminuzione del fattore di emissione in tutte le aree, è attribuibile all'installazione dell'AMIS su molte centrali geotermoelettriche. E' da ricordare che l'acido solfidrico rappresenta un precursore nella formazione del materiale particolato fine secondario inorganico;
- ammoniaca con fattore di emissione per le due aree compreso tra 0,57 e 5,3 kg/MWhe<sup>6</sup>. E' da ricordare che l'ammoniaca rappresenta un precursore nella formazione del materiale particolato fine secondario inorganico ;
- mercurio. Il mercurio allo stato di vapore ha un fattore di emissione<sup>7</sup> per le due aree compreso tra 0,18 e 1,1 g/MWhe (1,9 g/MWhe comprendendo anche PC 2). Anche per questo inquinante il miglioramento, rispetto agli anni precedenti, è attribuibile all'installazione dell'AMIS su molte centrali geotermoelettriche. Il mercurio, oltre che allo stato di vapore, è emesso in parte anche nella forma di sale disciolto veicolato dal drift, descritta di seguito;
- arsenico. L'arsenico allo stato di vapore ha un fattore di emissione compreso tra 0,011 e 0,029 g/MWhe per le due aree geotermiche. Come il mercurio, anche i composti dell'arsenico sono presenti nelle emissioni delle centrali GTE sia allo stato di vapore, sia in forma di sali disciolti contenuti nel drift, di seguito trattati. L'emissione complessiva di Arsenico (ossia l'insieme delle forme gassosa e salina) ha un fattore di emissione per le due aree geotermiche compreso tra 0,020 e 0,11 g/MWhe. Il massimo valore misurato durante i controlli è stato 2 g/h, nella centrale Travale 4, inferiore alla soglia di rilevanza di 5 g/h stabilita dalla vigente normativa;

---

<sup>5</sup> i fattori di emissione relativi alle centrali controllate precedentemente all'installazione dell'AMIS sono stati stimati utilizzando il valore medio di efficienza dell'impianto sulla linea degli incondensabili, pari al 98,5%.

<sup>6</sup> i valori sono da interpretare con riserva, perché i dati precedenti al 2007 potrebbero risentire della sovrastima associata al metodo ufficiale di misura come evidenziato da prove di intercalibrazione

<sup>7</sup> i fattori di emissione relativi alle centrali controllate precedentemente all'installazione dell'AMIS sono stati stimati utilizzando il valore medio di efficienza dell'impianto sulla linea degli incondensabili, pari al 93,7%.

- sostanze climalteranti<sup>8</sup>, ossia l'anidride carbonica, con fattore di emissione per le quattro aree compreso tra 183,5 e 531,5 kg/MWhe (995,1 kg/MWhe comprendendo anche la centrale di Piancastagnaio 2), ed il metano, con fattore di emissione variabile tra 1,3 e 6,0 kg/MWhe (11,9 kg/MWhe comprendendo anche la centrale di Piancastagnaio 2),

***sostanze in forma di sali disciolti trascinati dal drift (aerosol liquido emesso dalle torri delle centrali GTE)***

- drift. L'emissione è abbastanza rilevante su tutte le aree, con fattore di emissione compreso tra 20,2 e 44,3 l/MWhe. L'emissione è condizionata dalle caratteristiche impiantistiche delle torri delle CGTE (velocità dell'aeriforme nelle celle, quantità di condensa circolante, efficienza degli abbattitori di gocce, cioè i cosiddetti demister o drift eliminator). Nell'aerosol sono contenute diverse sostanze, in forma di sali disciolti, presenti in quantità variabili in funzione della composizione della condensa che origina il drift stesso. Tra i sali disciolti, veicolati dal drift, caratteristici delle emissioni di questi impianti troviamo:
- acido borico. Nelle centrali GTE l'acido borico è emesso in modo pressoché esclusivo in forma di sale disciolto. Il fattore di emissione risulta compreso 0,0052 e 0,055 Kg/MWhe;
  - arsenico. L'arsenico, come sale disciolto, ha un fattore di emissione compreso 0,0027 e 0,081 g/MWhe;
  - mercurio. Il mercurio, come sale disciolto, ha un fattore di emissione compreso tra 0,07 e 0,80 mg/MWhe. I sali disciolti di mercurio sono solo 1/100 o ancor meno rispetto al mercurio emesso allo stato di vapore. Pertanto, il contributo che i sali disciolti apportano all'emissione totale di mercurio è trascurabile;
  - sali di ammonio. La misura dei sali di ammonio (ossia la forma di sali disciolti dell'ammoniaca) presenti nel drift è stata avviata solo di recente e richiede ulteriori verifiche. Il fattore di emissione, calcolato solo per alcune centrali delle due aree geotermiche, è compreso tra 0,021 e 0,1 Kg/MWhe. Anche in questo caso, i sali disciolti di ammoniaca rappresenterebbero circa 1/100 della emissione complessiva di questo inquinante.

---

<sup>8</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. Inoltre, andrebbero considerate le emissioni di CO<sub>2</sub> naturali delle aree geotermiche che vengono evitate con l'impiego del fluido geotermico.

## **2.4 Le tecnologie di abbattimento delle emissioni – Impianti AMIS e Demister**

### ***Gli impianti AMIS***

Dalla metà degli anni 1990 il gestore ha avviato studi, ricerche e sperimentazioni per la messa a punto di sistemi di abbattimento dell'acido solfidrico e del mercurio, ritenuti gli inquinanti che, per vari aspetti, rappresentavano i fattori di criticità delle emissioni delle CGTE. Verso la fine degli anni 1990 venne realizzato (presso la centrale Piancastagnaio 4 - PC 4) un impianto pilota, per l'abbattimento di tali inquinanti, utilizzato per la sperimentazione dei materiali e la messa a punto di soluzioni impiantistiche. Nel 2000 seguì la costruzione e la messa in esercizio presso la centrale Bagnore 3 del prototipo industriale dell'AMIS. Con il procedere degli anni l'installazione degli AMIS è proseguita su ulteriori centrali fino ad arrivare, alla fine del 2008, ad un numero complessivo di 16 impianti AMIS in esercizio che trattano la linea di processo degli incondensabili di 19 centrali geotermoelettriche.

Relativamente al ciclo di funzionamento, nella centrale dotata di AMIS la linea degli incondensabili non va più direttamente alla torre di refrigerazione (come nel caso sopra descritto), ma è inviata all'AMIS stesso che provvede a rimuovere efficacemente l'acido solfidrico ed il mercurio, non modificando sostanzialmente la concentrazione delle altre sostanze. Lo scarico dell'AMIS è convogliato alla base della torre.

Sotto l'aspetto progettuale, impiantistico e di funzionamento gli AMIS sono impianti abbastanza complessi. Le sezioni impiantistiche fondamentali per le funzioni di abbattimento che svolgono sono:

- il filtro del mercurio, costituito da una massa porosa ceramica con deposito di Selenio sulla superficie dei pori. In alternativa il filtro del mercurio può anche essere costituito da carbone attivo solforizzato;
- il reattore di ossidazione selettiva dell'acido solfidrico a SO<sub>2</sub>;
- lo scrubber per l'abbattimento della SO<sub>2</sub> formatasi dall'ossidazione dell'H<sub>2</sub>S. Si tratta di un abbattitore ad umido, costituito da una torre con corpi di riempimento, dove la corrente gassosa con SO<sub>2</sub> viene trattata con condensa geotermica alcalina, per la presenza di NH<sub>3</sub> o, quando insufficiente, additivata di NaOH. Il trattamento provoca la rimozione della SO<sub>2</sub> dal fluido gassoso, per assorbimento nella condensa, favorito anche da reazioni chimiche che avvengono con la componente alcalina. Parallelamente, l'alcalinità residua della condensa subisce una diminuzione.

L'esercizio dell'AMIS comporta quindi la trasformazione dell'acido solfidrico in biossido di zolfo, determinando la formazione di un nuovo inquinante, appunto la SO<sub>2</sub>. La progettazione dell'AMIS prevede l'abbattimento della SO<sub>2</sub> che avviene in modo pressoché totale (i controlli finora eseguiti hanno mostrato un valore esiguo di SO<sub>2</sub> in emissione dagli AMIS, pari mediamente a circa 80 g/h, notevolmente inferiore al valore della sua soglia di rilevanza, che è di 2kg/h, che comporterebbe l'applicazione del VLE in concentrazione).

La capacità, o più precisamente, l'efficacia che ha l'AMIS di rimuovere i due inquinanti è veramente notevole. I valori di **efficienza media di linea** riscontrati con i controlli di ARPAT risultano:

- per l'acido solfidrico, pari al 98 – 99 %;
- per il mercurio, pari al 93 – 94 %.

Come detto, l'AMIS tratta esclusivamente la corrente di processo della linea degli incondensabili, estratta dal condensatore a miscela mediante i compressori. All'emissione della centrale concorre anche la corrente di processo dell'aeriforme della torre, sulla quale il dispositivo AMIS non interviene. Anche in presenza di AMIS, l'aeriforme della torre conserva pressoché inalterato<sup>9</sup> il contenuto dei H<sub>2</sub>S e Hg, divenendo così l'emissione residua di acido solfidrico e di mercurio delle CGTE in assetto con AMIS. In base a ciò, è opportuno considerare anche un'efficienza dell'AMIS riguardo all'emissione complessiva della centrale.

I valori di **efficienza media globale**, ossia riferita alla emissione totale della centrale, riscontrati con i controlli ARPAT risultano:

- per l'acido solfidrico, pari al 82 – 85 %;
- per il mercurio, pari al 50 – 60 %.

E' da mettere in evidenza che la stima dell'efficienza media globale necessita di ulteriori approfondimenti, in particolare nelle metodiche per la misura degli inquinanti nelle torri di raffreddamento.

### ***I Demister***

Ulteriori soluzioni impiantistiche su cui intervenire, nel breve-medio periodo, per ridurre gli impatti provocati dalle emissioni delle CGTE sono gli eliminatori di gocce (detti anche demister o drift eliminator). Questi dispositivi, già in uso da molti anni, sono installati nella torre di refrigerazione, sotto le celle di espulsione, e trattengono, per azione inerziale, le gocce di condensa trascinate (il drift) dalla corrente di processo dell'aeriforme. La funzione del dispositivo è di ridurre la quantità di drift emesso e, conseguentemente, dei sali in esso disciolti, in particolare quelli dell'acido borico e di arsenico. L'evoluzione tecnologica avvenuta negli anni ha perfezionato l'impiantistica di questi separatori di gocce, migliorandone le prestazioni. Un riscontro del miglioramento raggiunto dai dispositivi più recenti è avvenuto presso la CGTE Piancastagnaio 3, dove nel corso del 2007 sono stati sostituiti i vecchi eliminatori con un modello di tipo cellulare di recente progettazione. L'emissione di drift misurata si è ridotta dai precedenti 1.130 l/h (valore medio risultante dai controlli svolti fino al 2006) ai 200 l/h attuali, accertati con gli ultimi controlli. L'esperienza dimostra quindi che un miglioramento delle prestazioni ambientali delle CGTE è conseguibile anche con l'ammodernamento degli eliminatori di gocce, specie su quelle più datate o dove il dispositivo non ha le prestazioni di quelli più aggiornati.

## **2.5 L'evoluzione delle emissioni dal 2000 al 2007**

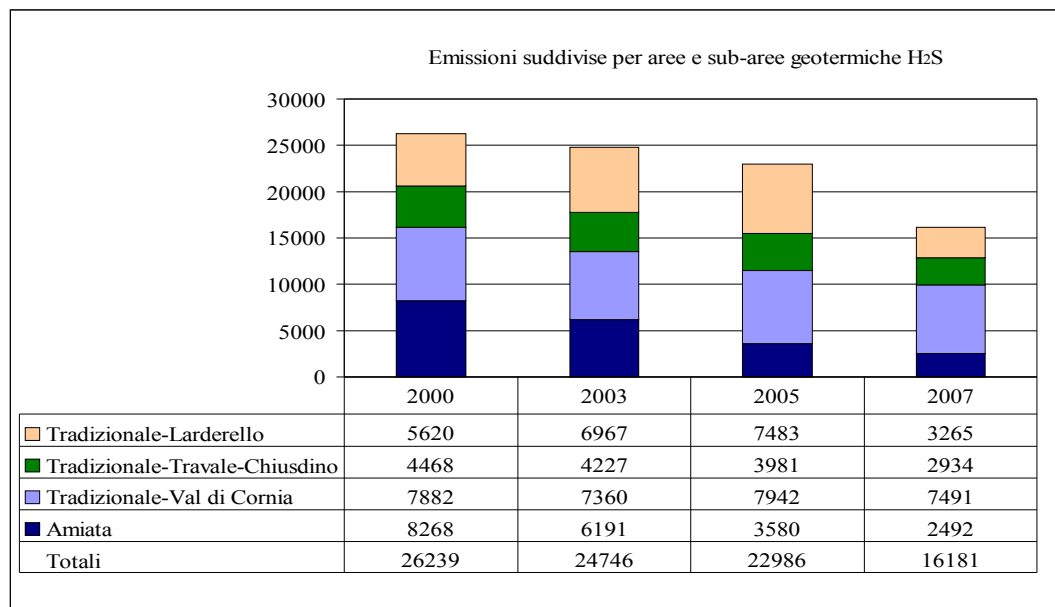
Nei grafici seguenti sono indicate le emissioni annuali complessive dal 2000 al 2007 (dati IRSE) per le sostanze inquinanti acido solfidrico (H<sub>2</sub>S), mercurio (Hg), arsenico (As) ed ammoniaca (NH<sub>3</sub>), nonché per l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) per ciascuna area e sub area geotermica e per l'insieme di tutte le centrali.

<sup>9</sup> La presenza della SO<sub>2</sub> nella condensa in uscita dalla torre di abbattimento (scrubber) dell'AMIS riduce l'alcalinità residua della condensa stessa. Questo liquido, unitamente alla condensa proveniente dalla vasca della torre di refrigerazione, è inviato al condensatore a miscela. All'interno del condensatore, la minore disponibilità di riserva alcalina favorisce il trasferimento di parte dell'acido solfidrico, ripartito in fase liquida, verso la fase gassosa, estratta con i compressori e trattata con AMIS, sottraendolo così dalla successiva emissione con l'aeriforme della torre. In definitiva, la presenza dell'AMIS produce indirettamente una diminuzione, non quantificata, della massa di acido solfidrico rilasciato attraverso la corrente di processo dell'aeriforme della torre.



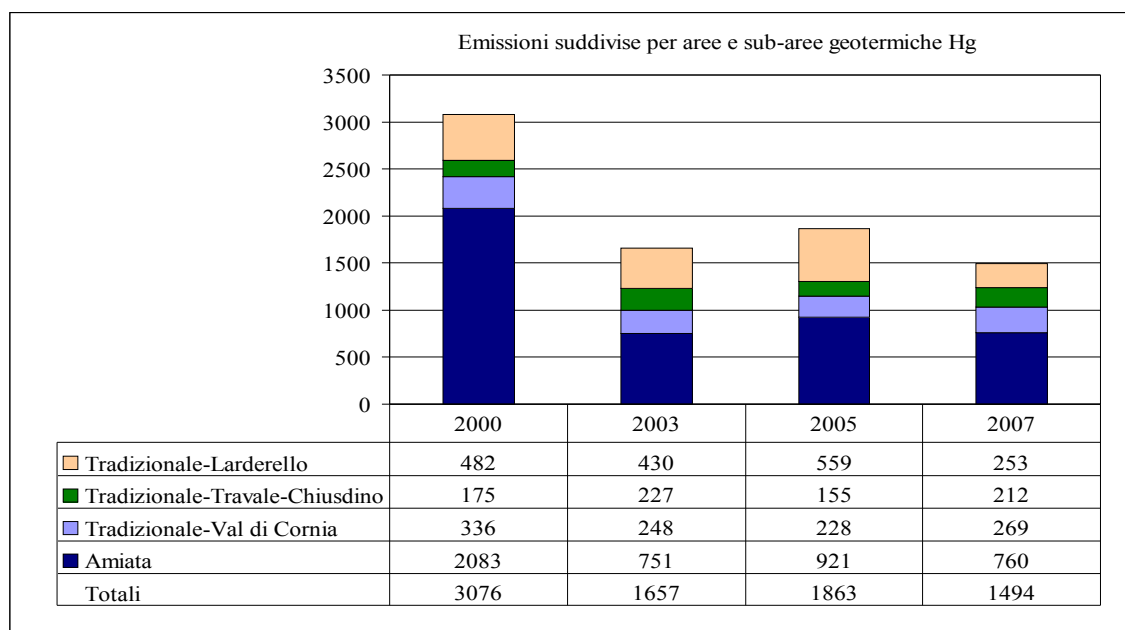
In Appendice 1 sono riportate le tabelle con i valori delle emissioni degli inquinanti sopracitati per le singole centrali.

**Grafico 2.1 - Emissioni di acido solfidrico per area geotermica (tonnellate/anno)**



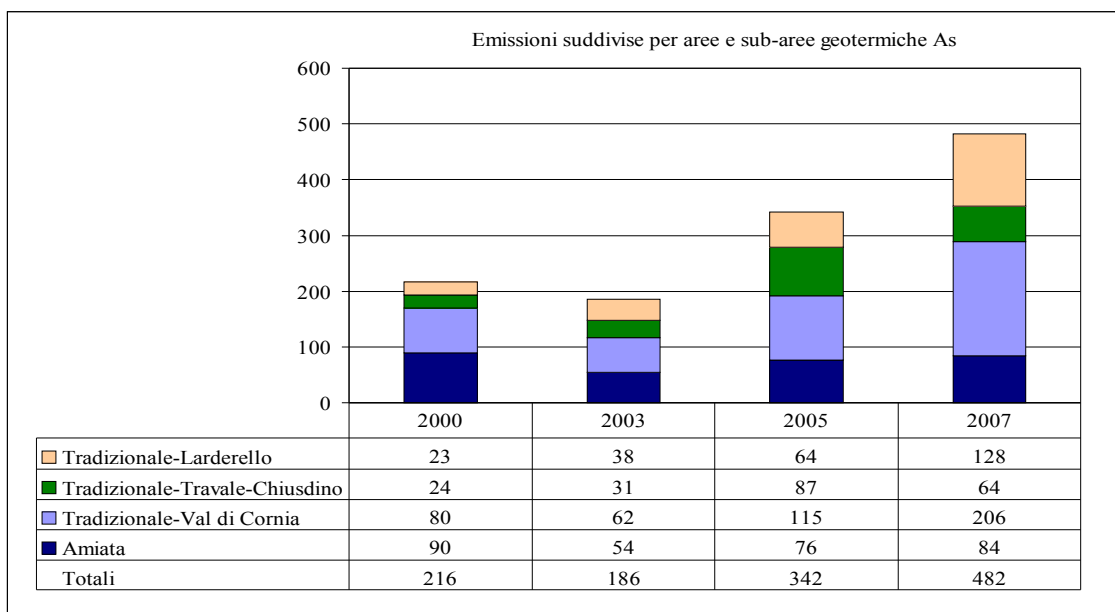
Il grafico 2.1 mostra un significativo decremento delle emissioni dal 2005 al 2007 dovute all'installazione degli impianti AMIS su 13 centrali. In particolare tale diminuzione è particolarmente significativa nell'area amiatina dove si passa da 3580 tonnellate di H<sub>2</sub>S emesse nel 2005 a 2492 tonnellate emesse nel 2007, e nella sub area Larderello dove si passa da 7483 tonnellate di H<sub>2</sub>S emesse nel 2005 a 3265 tonnellate emesse nel 2007.

**Grafico 2.2 - Emissioni di mercurio per area geotermica (Kg/anno)**



Il grafico 2.2 mostra a livello complessivo un andamento decrescente. Se si analizzano le emissioni per ogni area si rileva una significativa diminuzione delle emissioni nell'area amiatina a partire dal 2000 dovuta alla chiusura di una centrale (Bellavista), all'installazione dell'impianto AMIS nel 2003 sulla centrale di Bagnore e nel 2005 sulle centrali Piancastagnaio 3 e Piancastagnaio 5. Il leggero incremento registrato tra il 2003 ed il 2005 è ascrivibile per la quasi totalità alla centrale di Piancastagnaio 2 (area Amiata), che si ricorda non presenta impianto AMIS e della quale è prevista la chiusura entro il 2013.

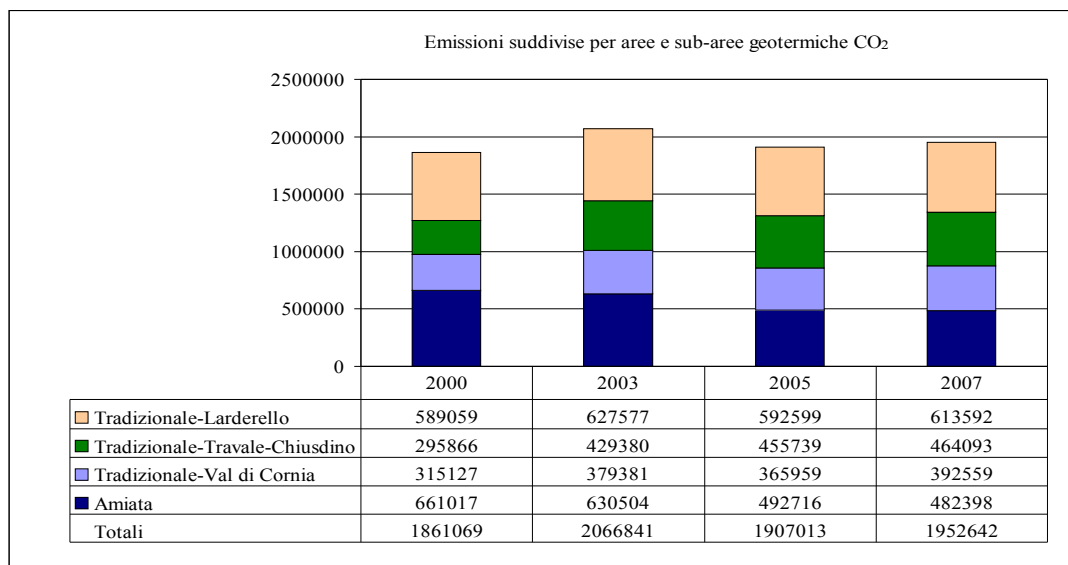
**Grafico 2.3 - Emissioni di arsenico per area geotermica (Kg/anno)**



Il grafico 2.3 mostra a livello complessivo un andamento crescente delle emissioni di arsenico in particolare per quanto riguarda tutta l'area tradizionale. Per quest'area infatti si passa da 127 kg emessi nel 2000 a 398 kg emessi nel 2007. Questo incremento è dovuto essenzialmente all'apertura di nuove centrali e al conseguente aumento di energia elettrica prodotta. Va ricordato che l'impianto AMIS ha un'influenza marginale su questo inquinante. Per quanto riguarda l'area dell'Amiata, l'incremento registrato dal 2003 al 2007 è ascrivibile essenzialmente alla diversa composizione del fluido geotermico che ha presentato negli anni un aumento della composizione percentuale di arsenico. Conseguentemente anche a parità di fluido geotermico utilizzato, si ha un incremento delle emissioni di questo inquinante.

Va comunque precisato che l'incertezza nelle misure di arsenico è molto alta in quanto si misura al limite di sensibilità del metodo (cioè a livelli estremamente bassi).

**Grafico 2.4 - Emissioni di anidride carbonica per area geotermica (tonnellate/anno)**

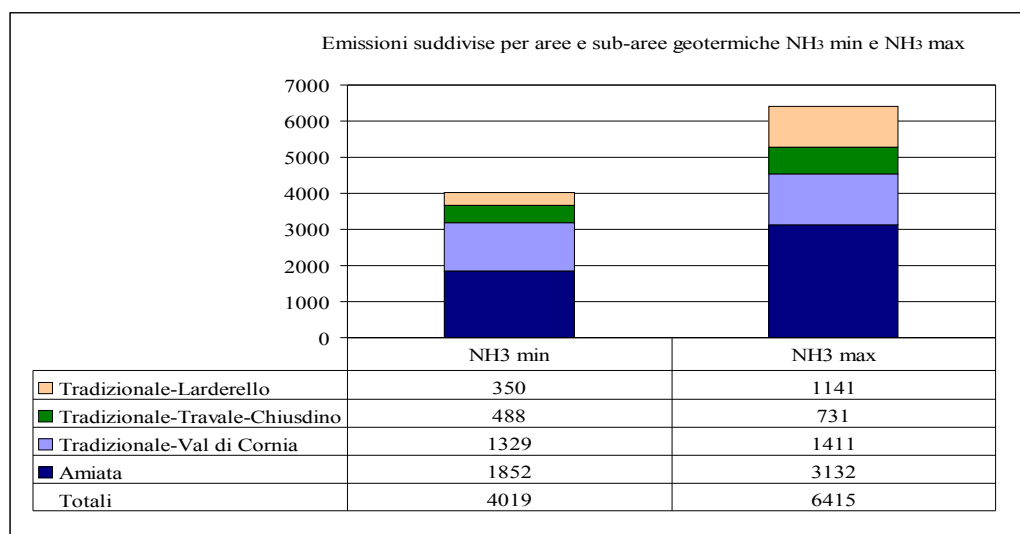


Il grafico 2.4 evidenzia come le emissioni di anidride carbonica siano aumentate dal 2000 al 2003 e poi sono rimaste sostanzialmente costanti in accordo con la quantità di energia elettrica prodotta (vedi di seguito).

La misura di ammoniaca (NH<sub>3</sub>) nelle emissioni è iniziata nel 2003. La determinazione delle emissioni di questo inquinante antecedenti al 2007 sono oggetto di ulteriori verifiche, per una possibile sovrastima dei valori determinata dal metodo di misura utilizzato per la prova analitica. Per questo motivo vengono dati due valori di riferimento, NH<sub>3</sub> min e NH<sub>3</sub> max relativi al 2007.

Per NH<sub>3</sub> max si intende l'ammoniaca contenuta nel fluido geotermico prima dell'ingresso in centrale. Tale dato, che non tiene conto degli eventuali abbattimenti dovuti all'AMIS, rappresenta quindi un valore cautelativo rispetto alle emissioni effettive. Nel grafico seguente sono indicati i valori di ammoniaca per ciascuna area e sub area geotermica.

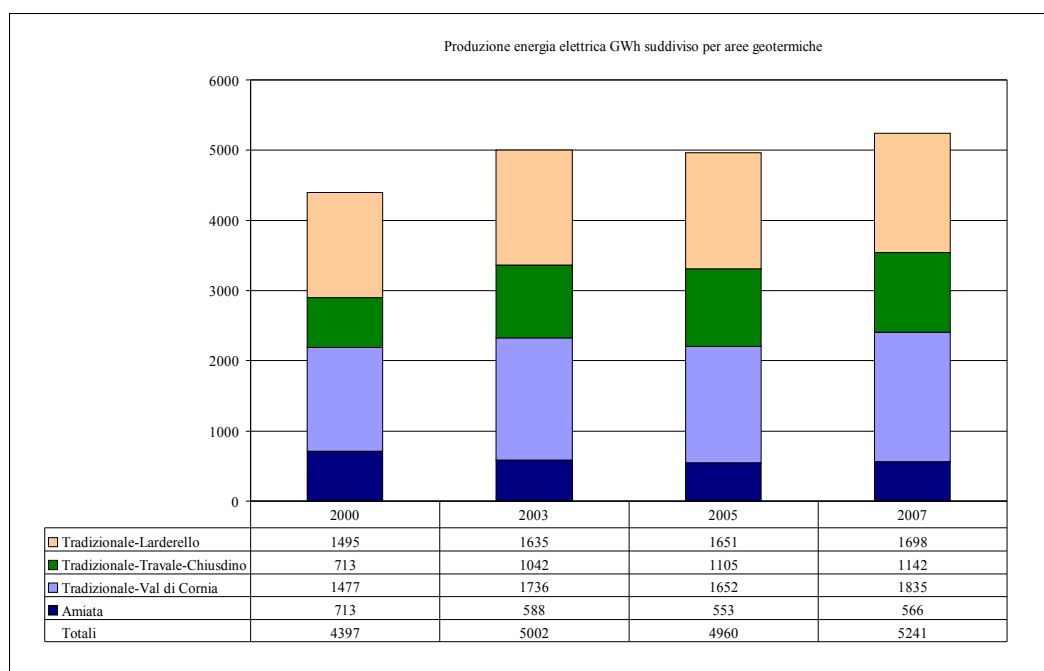
**Grafico 2.5 - Emissioni di ammoniaca per area geotermica – anno 2007 (tonnellate/anno)**



I livelli di emissione di ammoniaca sono estremamente significativi e rappresentano per importanza, dopo l'agricoltura, la seconda sorgente regionale di emissione per questo inquinante.

Al fine di valutare correttamente l'evoluzione delle emissioni è utile normalizzare le stesse rapportandole alla quantità di energia elettrica prodotta. I grafici seguenti rappresentano la produzione di energia elettrica dal 2000 al 2007 ed i rapporti tra le emissioni delle sostanze inquinanti e l'energia elettrica prodotta (fattori di emissione) nei vari anni suddivisa per ciascuna area e sub-area geotermica.

**Grafico 2.6 - Produzione di energia elettrica per area geotermica (GWh/anno)**

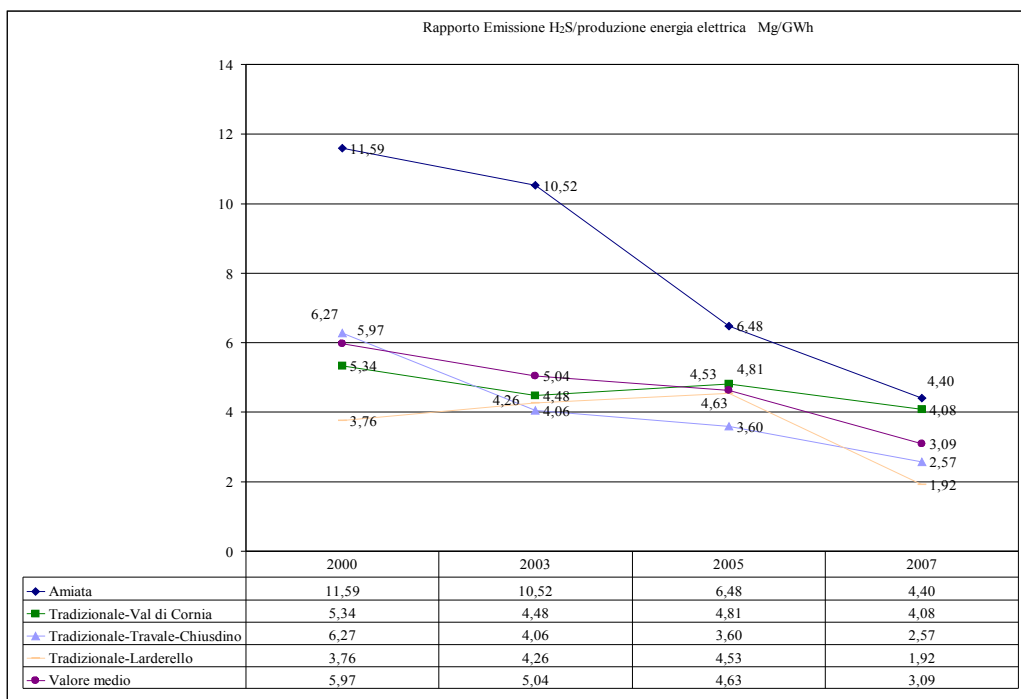


Il grafico 2.6 mostra un andamento crescente dell'energia elettrica netta prodotta nel corso degli 8 anni. Se si analizzano i dati a livello di singola sub area si nota come la produzione sia diminuita nell'area amiatina e aumentata nell'area tradizionale in particolare nelle sub aree Val di Cornia e Travale -Chiusdino a causa sostanzialmente dell'entrata in esercizio di nuove centrali.

Di seguito sono indicati i fattori di emissione per le varie sostanze inquinanti nella varie aree geotermiche rispetto all'energia elettrica prodotta. Tale fattore è calcolato come rapporto tra il totale delle emissioni delle varie sostanze inquinanti nelle aree geotermiche delle centrali esistenti nei vari anni e il totale dell'energia elettrica prodotta nelle aree geotermiche nei vari anni.

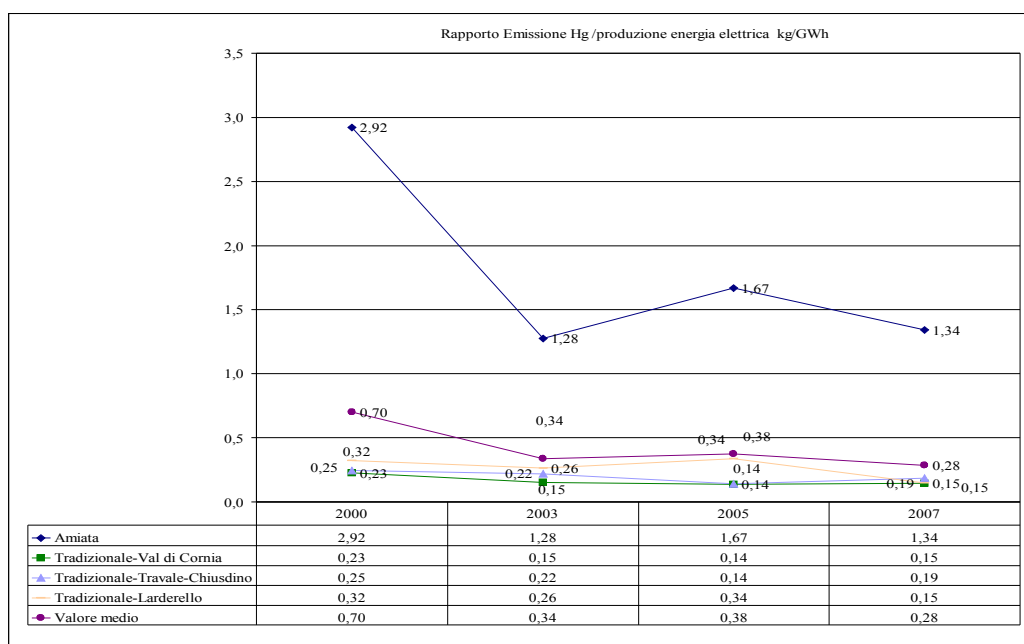
Criteri direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

**Grafico 2.7 - Fattore di emissione dell'acido solfidrico per le aree geotermiche (tonnellate/GWh)**



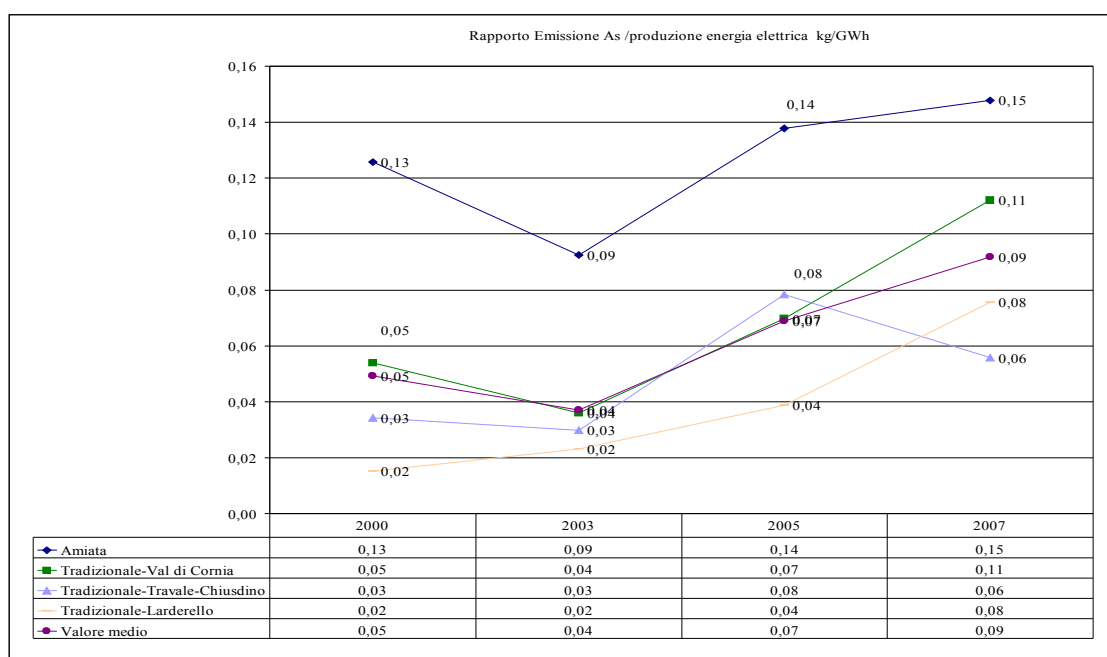
Il grafico 2.7 mostra chiaramente come negli 8 anni presi in considerazione le emissioni specifiche medie di H<sub>2</sub>S siano diminuite notevolmente passando da 5,97 tonn/GWhe nel 2000 a 3,09 tonn/GWhe nel 2007. Tale decremento è avvenuto a partire dal 2005 e rispecchia l'effetto di riduzione ottenuto con l'installazione dei sistemi AMIS su molte centrali geotermoelettriche.

**Grafico 2.8 - Fattore di emissione del mercurio per le aree geotermiche (Kg/GWh)**



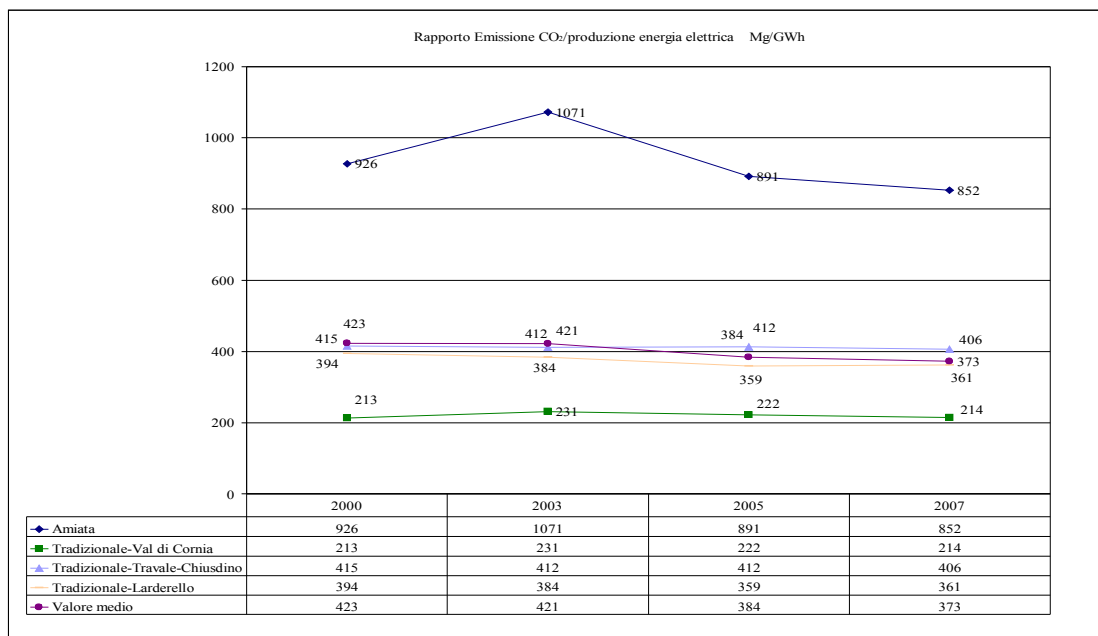
Il grafico 2.8 mostra come le emissioni specifiche di mercurio siano estremamente differenti tra l'area tradizionale e quella amiatina a causa della differente composizione del fluido geotermico, con quest'ultima che presenta valori più alti anche di un fattore 10. Per quanto riguarda il trend, il grafico mostra come l'emissione specifica di mercurio sia rimasta sostanzialmente invariata nell'area tradizionale, dovuta ai bassi valori di questo inquinante nel fluido geotermico che non possono portare a significative riduzioni, mentre ha subito un notevole decremento nell'area amiatina. Questo fatto, come già detto è dovuto all'installazione degli impianti AMIS in 3 centrali di tale area (sulle 5 centrali attive al 2007) che hanno permesso un abbattimento delle emissioni di mercurio estremamente significativo (vedi Appendice 1 per i dati di dettaglio) facendo quasi dimezzare l'emissione di mercurio per GWh elettrico prodotto.

**Grafico 2.9 -Fattore di emissione dell'arsenico per le aree geotermiche (Kg/GWh)**



Il grafico 2.9 mostra un costante aumento dell'emissione specifica di arsenico a partire dal 2003 dovuto all'attivazione di nuove centrali che utilizzano un fluido geotermico con un contenuto maggiore di questo inquinante. L'aumento riguarda tutte le zone ad eccezione della sub area Travale-Chiusdino. Come già detto, per l'arsenico non sono attivi sistemi di abbattimento. Va comunque precisato che le misure di emissioni presentano notevoli incertezze legate alla sensibilità del metodo.

**Grafico 2.10 - Fattore di emissione dell'anidride carbonica per le aree geotermiche (tonnellate/GWh)**



L'emissione specifica di anidride carbonica al 2007 risulta molto maggiore per le centrali dell'area amiatina (852 t/GWhe) con valori più che doppi rispetto all'area tradizionale (308 t/GWh). Se si confronta l'emissione specifica media di anidride carbonica delle centrali geotermoelettriche relativa all'intero parco geotermico regionale con quella derivante dalle centrali termoelettriche si consta come esse siano sostanzialmente equivalenti a quelle di una moderna centrale termoelettrica alimentata a metano a cogenerazione (circa 350 t/GWhe) ma risultino notevolmente inferiori rispetto a quelle di una centrale termoelettrica alimentata a olio combustibile (circa 700 t/GWhe). Questi dati non contemplano però le emissioni naturali di CO<sub>2</sub> delle aree geotermiche (ancora non correttamente valutate) che vengono evitate con l'utilizzo del fluido geotermico. Il fattore di emissione netto delle centrali geotermoelettriche inteso come incremento netto della emissione di anidride carbonica emessa in atmosfera rispetto alle emissioni naturali, per unità di energia elettrica prodotta, non è allo stato attuale valutabile, ma, ovviamente, è inferiore a quanto indicato nel grafico.

## **2.6. La qualità dell'aria nelle aree geotermiche**

Il quadro conoscitivo dello stato di qualità dell'aria disponibile si basa sulle misurazioni condotte da ARPAT a partire dal 1997. Da tale data, con l'utilizzo di un laboratorio mobile dotato di strumentazione per la misura in continuo dei parametri acido solfidrico e dei vapori di mercurio, è iniziato lo svolgimento di campagne di monitoraggio periodiche su varie postazioni dislocate nel territorio geotermico regionale. Dall'Aprile 2000 si è aggiunto un ulteriore laboratorio mobile, dotato di strumentazione per la misura in continuo dell'acido solfidrico, con cui sono state eseguite campagne di misura periodiche in postazioni localizzate prevalentemente nel territorio geotermico della provincia di Grosseto. Infine dal Gennaio 2003 è operativa una cabina, dotata di

strumentazione per la misura in continuo dell'Acido Solfidrico, ubicata nella postazione fissa in loc. Montecerboli, Pomarance (PI).

Dagli inizi dell'attività al dicembre 2008, mediante la rete pubblica di monitoraggio della qualità dell'aria sono stati eseguiti rilevamenti su 33 postazioni, per complessivi 5632 giorni validi di monitoraggio, con l'acquisizione di 125.572 dati orari validi di acido solfidrico e 38.129 dati orari validi di vapori di mercurio.

Nel territorio geotermico è presente anche una rete di monitoraggio della qualità dell'aria del gestore, costituita da 15 cabine collocate in postazioni fisse, attrezzate con strumentazione per la misura in continuo dei parametri acido solfidrico (su tutte), del radon (solo su cinque), dell'anidride carbonica (solo su due) e dei parametri meteorologici (solo su una). Le varie cabine sono state avviate progressivamente negli anni, a partire dal 1995 fino al 2002. Per l'acquisizione dei dati provenienti da questa rete di monitoraggio è in corso un confronto tecnico con ARPAT che prevede anche una fase di verifica congiunta in campo.

### **2.6.1 Le concentrazioni di riferimento**

La normativa europea e quella nazionale non stabiliscono valori limite, soglie di allarme e/o valori obiettivo di qualità dell'aria per le sostanze inquinanti emesse dalle centrali geotermoelettriche (acido solfidrico, boro, ammoniaca, antimonio, mercurio, ecc.) nonostante l'attenzione rivolta dalla Comunità Europea ai rischi connessi all'esposizione di queste ultime due sostanze (riferimento al recente D. Lgs. 152/2007 che recepisce la direttiva 2004/107/CE). La normativa indica comunque che le emissioni di arsenico e mercurio devono essere ridotte, per quanto possibile, dal punto di vista tecnico e dell'esercizio.

In mancanza di riferimenti normativi è una prassi consolidata, a livello nazionale ed internazionale, riferirsi ai valori guida indicati dalla OMS-WHO.

Per approfondire il tema dei valori di riferimento tecnico e normativo per la qualità dell'aria, in ambito di procedure di VIA per le nuove centrali geotermoelettriche o per il potenziamento delle esistenti, con il coordinamento della Provincia di Pisa, ARPAT 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 e con il contributo e gli approfondimenti effettuati dall'USL n° 5 di Pisa, sentita anche l'Agenzia Regionale Sanitaria (ARS). Questo lavoro ha consentito di individuare "criteri e valori di riferimento" ai fini della tutela della salute umana. Questi valori sono riportati nella tabella seguente<sup>10</sup>.

Deve essere ricordato che quando la letteratura propone per uno stesso inquinante più valori guida riferiti a tempi di mediazione differenti, questi devono essere considerati congiuntamente.

---

<sup>10</sup> Fondamentale e di massima importanza è la necessità di provvedere alla periodica verifica/revisione di questi riferimenti, in base ai risultati ottenuti dagli approfondimenti dell'attività di ricerca bibliografica e/o dagli studi epidemiologici svolti dalle strutture pubbliche, dagli esiti dell'attività di monitoraggio e dagli aggiornamenti/sviluppi a cui possono andare incontro le tecniche utilizzate nella produzione industriale di comparto.



**Tabella 2.2 - Valori di riferimento e criteri di applicazione per acido solfidrico, arsenico, vapori di mercurio, boro, ammoniaca e antimonio**

Parametro	Concentrazione	Riferimento individuato
Idrogeno solforato (H <sub>2</sub> S)	150 µg/m <sup>3</sup> media 24 ore	WHO Guidelines ed. 2000
	100 µg/m <sup>3</sup> >1-14 giorni (valore medio sul periodo)	WHO-IPCS
	20 µg/m <sup>3</sup> fino a 90 giorni (valore medio sul periodo)	WHO-IPCS
Arsenico (As)	6 ng/m <sup>3</sup> media annuale	Il valore indicato costituisce il valore obiettivo della Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio 2004/107/CE del 18/12/2004 e del Decreto Legislativo 152 del 3/8/2007, di recepimento della suddetta direttiva
Mercurio (Hg)	0,2 µg/m <sup>3</sup> media annuale	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 (fonte lista aggiornata a novembre 2007). Valore aggiornato al 2001 <a href="http://www.atsdr.cdc.gov/">http://www.atsdr.cdc.gov/</a>
Boro (B)	20 µg/m <sup>3</sup> media 24 ore	Adottando un valore di confidenza pari a 100 rispetto al Valore di 2 mg/m <sup>3</sup> riferito al TLV-TWA (Time Weighted Average) dello ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ed. 2006 (borati inorganici)
	10 µg/m <sup>3</sup> >1-14 giorni (valore medio sul periodo)	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 (fonte lista aggiornata a novembre 2007)
Ammoniaca (NH <sub>3</sub> )	170 µg /m <sup>3</sup> media 24 ore	Adottando un valore di confidenza pari a 100 rispetto al Valore di 17 mg/m <sup>3</sup> riferito al TLV-TWA (Time Weighted Average) dello ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ed. 2006 (ammoniaca)
	70 µg /m <sup>3</sup> >1-14 giorni (valore medio sul periodo)	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 (fonte lista aggiornata a novembre 2007). Il valore per ammoniaca è aggiornato al 2004 <a href="http://www.atsdr.cdc.gov">http://www.atsdr.cdc.gov</a>
Antimonio (Sb)	5 µg/m <sup>3</sup> -media 24 ore	Adottando un valore di confidenza pari a 100 rispetto al Valore di 0,5 mg/m <sup>3</sup> riferito al TLV-TWA (Time Weighted Average) dello ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ed. 2006 (antimonio)

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 rilevazione", 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 queste soglie. Esse 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 della soglia olfattiva per questo inquinante, è prassi consolidata utilizzare il riferimento indicato dalla OMS-WHO che stabilisce un valore pari a  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , come media da non superare in un periodo di 30 minuti.

### **2.6.2 La struttura del monitoraggio attuale**

La rete pubblica di rilevamento nelle aree geotermiche del territorio toscano si compone di:

- una stazione fissa, di proprietà della Provincia di Pisa, facente parte della rete pubblica regionale di monitoraggio della Qualità dell'Aria per il  $\text{PM}_{10}$ , gestita dal Dipartimento provinciale ARPAT di Pisa. La stazione è localizzata in via Manzoni, a 353 metri s.l.m., in prossimità del campo sportivo nel centro abitato della frazione di Montecerboli, Comune di Pomarance. Oltre all'analizzatore di  $\text{PM}_{10}$  dispone di strumenti per la misura in continuo dell'Acido Solfidrico e dell'Ozono, mentre non ha una sensori per il rilevamento dei parametri meteorologici.
- un laboratorio mobile di proprietà della Provincia di Grosseto e gestito dal Dipartimento provinciale ARPAT di Grosseto. Il laboratorio mobile è attrezzato con strumentazione per la misura in continuo del  $\text{PM}_{10}$ , del monossido di carbonio, dell'ozono, degli ossidi di azoto, del biossido di zolfo e dell'acido solfidrico, ma non ha una sensori per il rilevamento dei parametri meteorologici. E' utilizzato 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 provinciale ARPAT di Siena. Il laboratorio mobile dispone di strumentazione per la misura in continuo dell'acido solfidrico e dei vapori di mercurio, nonché di sensori per il rilevamento dei parametri meteorologici DV, VV, UR, P, T e Radiazione solare. E' utilizzato per l'effettuazione di campagne di misura periodiche in postazioni situate nel territorio regionale.

Nelle due aree geotermiche è presente anche una rete di monitoraggio della qualità dell'aria di proprietà del gestore, descritta nella successiva tabella 2.3. E' in corso un confronto tecnico con ARPAT, che prevede anche una fase di verifica delle procedure condivise, per l'acquisizione dei dati provenienti da questa rete di rilevamento, così come previsto anche dall'Accordo volontario sottoscritto da Regione Toscana ed Enel.

**Tabella 2.3 - Struttura della rete Enel di monitoraggio della qualità dell'aria**

Comune	Parametri misurati	
	H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>
Arcidosso (GR)	x	
Santa Fiora (GR)	x	
Santa Fiora (GR)	x	x
Piancastagnaio (SI)	x	
Monteverdi M.mo (GR)	x	
Pomarance (PI)	x	
Pomarance (PI)	x	
Castelnuovo V. di C. (PI)	x	x
Monterotondo M.mo (GR)	x	
Pomarance (PI)	x	
Castelnuovo V. di C. (PI)	x	
Pomarance (PI)	x	
Radicondoli (SI)	x	
Chiusdino (SI)	x	
Montieri (GR)	x	

### **2.6.3 I livelli delle sostanze inquinanti**

Va ricordato che anche prima della coltivazione della risorsa geotermica, l'area presentava e presenta tuttora, sorgenti naturali di acido solfidrico e di mercurio. I valori di qualità dell'aria misurati sono conseguenti sia delle emissioni dovute alle attività antropiche di coltivazione del fluido geotermico, sia del contributo naturale. Ad oggi non è possibile quantificare il rapporto tra le sorgenti di tipo antropico rispetto a quelle naturali.

Nella successiva tabella 2.4 si riepilogano i livelli medi di concentrazione in aria di acido solfidrico e vapori di mercurio, nonché ulteriori indicatori, rilevati nei Comuni che hanno ospitato postazioni di misura delle due aree geotermiche toscane nel periodo 1997-2008. Alcuni Comuni non sono sedi di CGTE, ma risentono degli effetti prodotti dagli impianti posti in zone limitrofe e/o di sorgenti naturali.

**Tabella 2.4 - Concentrazioni di acido solfidrico e mercurio misurate nel periodo 1997-2008**

Area geotermica	Comune	Inquinanti				
		H <sub>2</sub> S			vapori di Hg	
		Media $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Max 24 h	% ore con concentrazione superiore a $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Media $\text{ng}/\text{m}^3$	Max 24 h
Amiatina	Piancastagnaio (SI)	19,5	173,5	39	6,6	50,2
	Abbadia San Salvatore (SI)	10,6	69,6	23	15,8	> 57,8
	Radicofani (SI)	5,6	28,1	13,7	5,6	25,8
	Castell' Azzara (GR)	8,5	25,6	27,8	7,6	18,1
	Castiglione d'Orcia (SI)	3,5	11,3	6,8	2,8	9,8
	Santa Fiora (GR)	1,9	13,3	6,4	2,9	10,4
	Arcidosso (GR)	3,9	33,3	13,6	1,1	6,3
Tradizionale	Pomarance (PI)	21	187	52,4	0,8	2,1
	Castelnuovo di Val di Cecina (PI)	7,1	37,1	32,9	0,3	0,9
	Montieri (GR)	6,1	44,9	24,6	0,3	1,5
	Chiusdino (SI)	6,4	39,6	31,9	0,3	1,3
	Radicondoli (SI)	3,3	10,9	15,5	0,4	1,9
	Monterotondo Marittimo (GR)	11,7	30,2	49,8	1,0	4,3

Le concentrazioni in aria dei vapori di mercurio non hanno mai eguagliato, e conseguentemente superato, il valore guida per la tutela sanitaria OMS-WHO e neppure il più restrittivo valore di riferimento (MLRs) indicato dalla ATSDR.

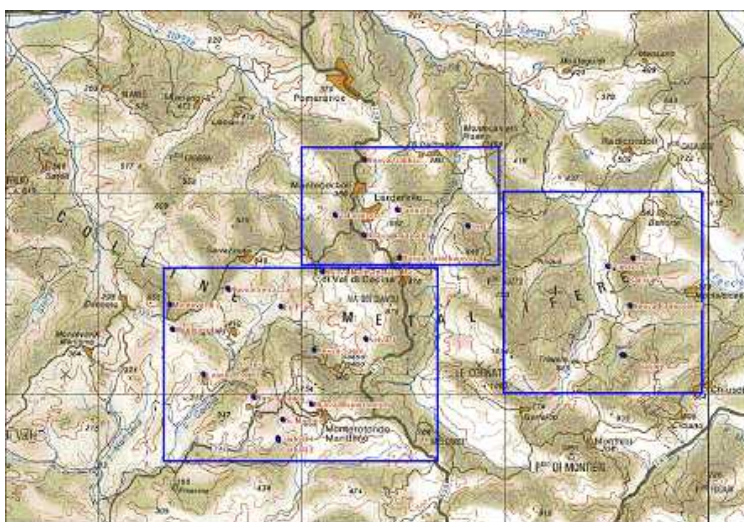
Per l'acido solfidrico sono stati riscontrati complessivamente 7 superamenti del valore guida per la tutela sanitaria OMS-WHO, 5 nella postazione di Montecerboli, Pomarance (PI) ed 2 in postazioni nel Comune di Piancastagnaio (SI). Anche il più restrittivo valore di riferimento ATSDR (WHO-IPCS), relativo alle esposizioni fino a 90 giorni, risulta superato a Montecerboli ed in due postazioni a Piancastagnaio.

Il valore di riferimento della soglia odorigena per l'H<sub>2</sub>S è quello proposto dalla OMS, pari a  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media di 30 minuti. Analizzando l'indicatore “% ore con concentrazione superiore a  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ” risulta evidente che la percezione della maleodoranza avviene in tutti i Comuni coinvolti. In alcuni di essi la persistenza della maleodoranza supera il 30 % del periodo di osservazione, pertanto, l'inquinamento olfattivo rappresenta una potenziale e costante condizione di disturbo. Su alcune postazioni, i fenomeni di diffusione dell'acido solfidrico comportano, talvolta, episodi acuti di maleodoranza, che si associa con valori di concentrazione oraria maggiori anche di  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , determinando transitorie condizioni di criticità circa la percezione olfattiva.

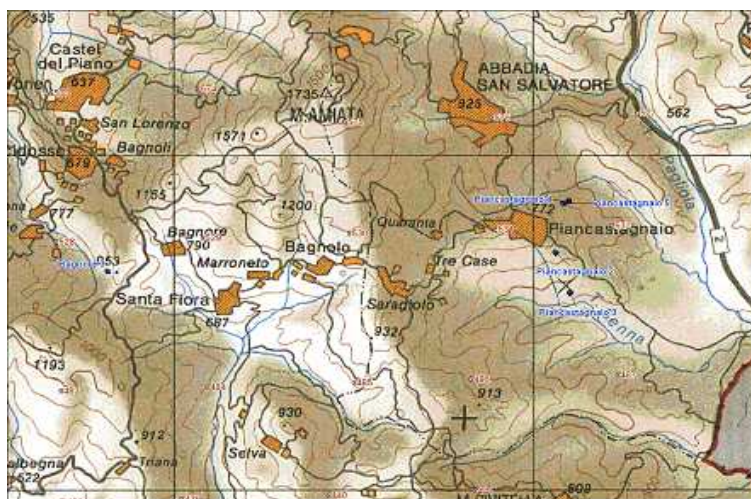
#### **2.6.4. La meteorologia nelle aree geotermiche**

Una preliminare analisi anemologica delle principali aree geotermiche in Toscana, area geotermica tradizionale e area amiatina (vedi figure seguenti), è stata effettuata utilizzando come base dati le stime di vento ottenute dall'archivio meteorologico RAMS, relative all'anno 2002.

***Figura 2.1 - Area geotermica tradizionale***

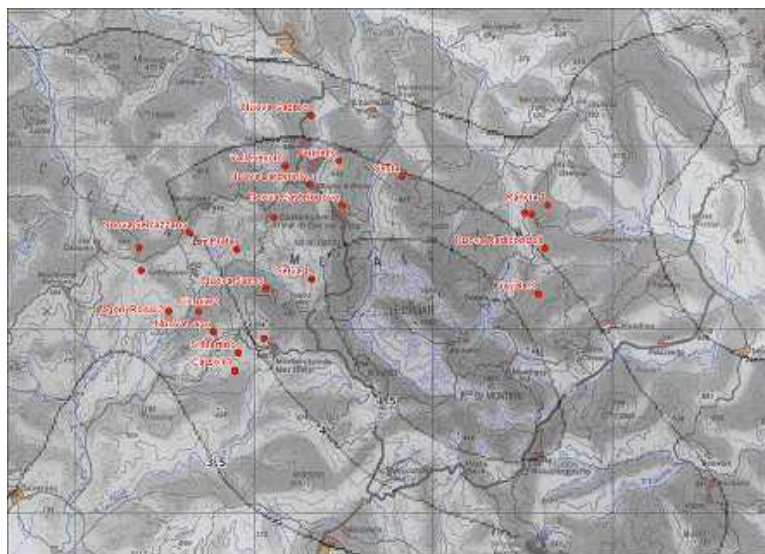


***Figura 2.2 -Area geotermica amiatina.***

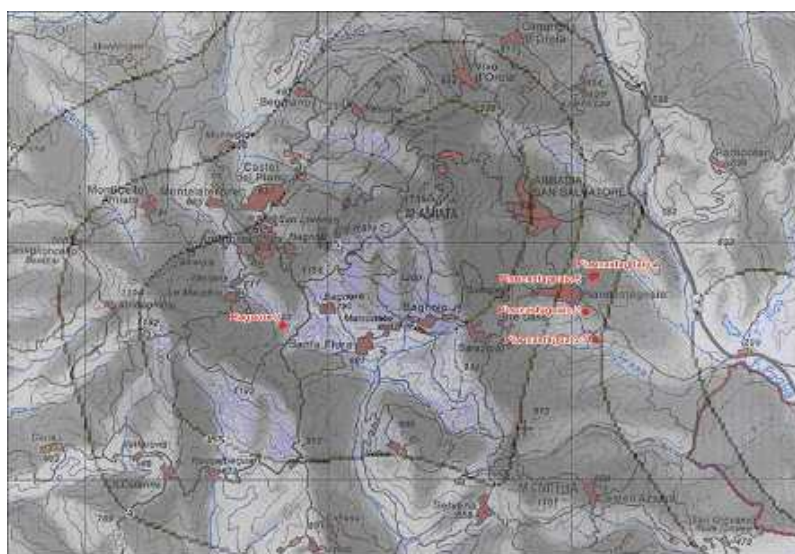


In particolare sono state elaborate le stime orarie di velocità e direzione prevalente del vento in modo da ottenere, per ciascuna area, una mappa relativa alla velocità media annua (vedi figure seguenti).

**Figura 2.3 -Area geotermica tradizionale: velocità media annua del vento.**



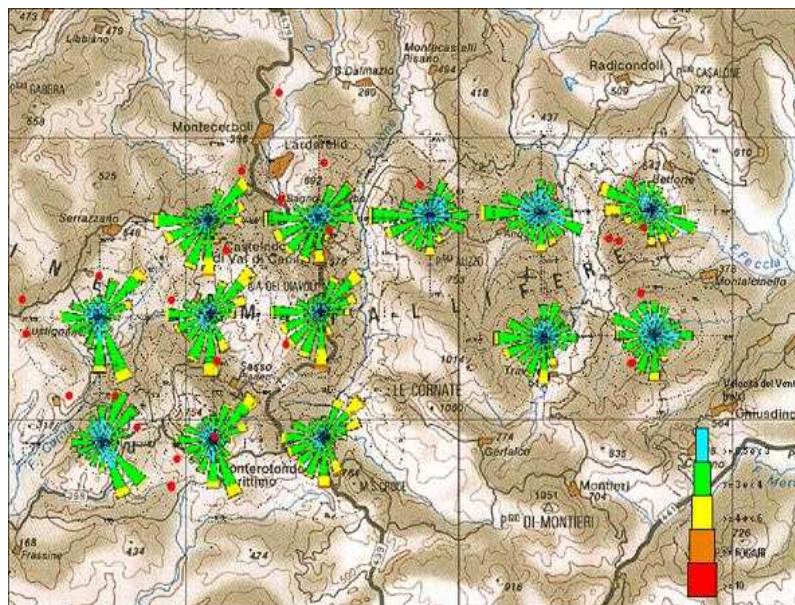
**Figura 2.4 -Area geotermica amiatina: velocità media annua del vento.**



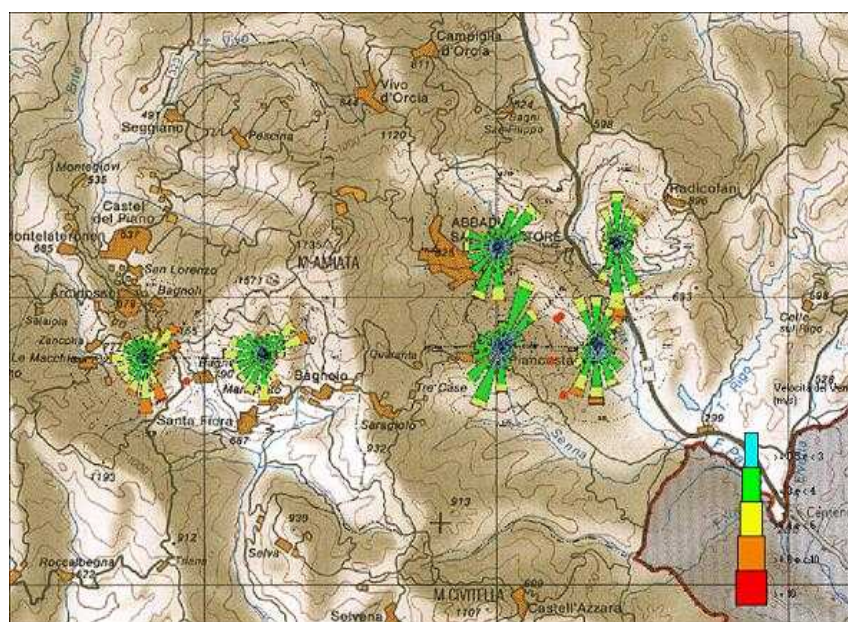
Per una visualizzazione sintetica dell'andamento della velocità e della direzione prevalente del vento sono state elaborate le rose dei venti, georeferenziate e riportate sulle mappe delle aree di studio (vedi figure seguenti).



**Figura 2.5 -Area geotermica tradizionale: rose dei venti.**



**Figura 2.6 -Area geotermica amiatina: rose dei venti.**



### **Area geotermica tradizionale**

L'area geotermica tradizionale si distingue in tre sub-aree, Larderello, Val di Cornia, Travale-Chiusdino, che rispecchiano diversi regimi anemologici. La mappa in cui sono riportate le rose dei venti relative a 13 stazioni virtuali evidenzia che le direzioni prevalenti del vento seguono le caratteristiche orografiche. La velocità media annua raggiunge valori maggiori in corrispondenza dei rilievi più alti (Montieri, Cornate), superiori a 4.5 m/s, mentre nelle aree in cui sono presenti gli impianti geotermici la velocità media annua del vento è inferiore, compresa tra 3.5 e 4.5 m/s.

### ***Area geotermica amiatina***

Una visione d'insieme dei risultati si può ottenere dalla tavola in cui sono riportate le rose dei venti annuali per 6 stazioni virtuali dell'archivio RAMS. Il regime anemologico dell'area è ben riprodotto: in particolare si può notare l'aggiramento dei rilievi, indicato dalle direzioni prevalenti dei venti, che variano in maniera sensibile in relazione alla complessa configurazione orografica. Si individuano chiaramente le differenze tra i regimi relativi a due diversi versanti montuosi, l'uno relativo all'area di Piancastagnaio e Abbadia S.Salvatore, l'altro relativo alla valle del Fiora.

La mappa relativa alla velocità del vento media annua evidenzia valori medio alti di velocità media del vento, compresi tra 4 e 4.5 m/s nell'area di Piancastagnaio, tra 4.5 e 5 m/s nell'area di Bagnore e superiori a 5 m/s nel Monte Amiata.



### 3 OBIETTIVI DEL PROVVEDIMENTO

In coerenza con quanto indicato nel Piano Regionale di Risanamento e Mantenimento della qualità dell'aria (PRRM) 2008-2010, gli obiettivi del provvedimento da perseguire ed a cui il gestore deve adeguarsi sono i seguenti:

- **Applicazione delle MTD<sup>11</sup> alle centrali geotermoelettriche.** Si prevede tramite il rinnovo delle autorizzazioni per le centrali in esercizio, l'applicazione delle migliori tecniche disponibili al fine di ridurre gli impatti delle emissioni sull'ambiente e sulla salute umana. Analogamente per le nuove centrali l'applicazione delle MTD sarà prescritta all'interno delle procedure di VIA. L'applicazione delle MTD consiste in particolare nella realizzazione di impianti AMIS dotati di componenti impiantistiche a più alto grado di affidabilità strutturale (perciò meno soggette a guasti), nonché l'attivazione di sistemi di gestione mirati per minimizzare le criticità legate all'uso della tecnologia AMIS e delle centrali (per ridurre i tempi di fermata e le emissioni dirette in atmosfera nei casi di blocchi, malfunzionamenti e manutenzioni programmate). Inoltre si dovrà includere l'installazione di demister ad alta efficienza di ultima generazione. L'utilizzo di queste tecnologie è contemplato anche nell'Accordo Volontario Attuativo sottoscritto tra Enel e Regione Toscana il 20-4-2009 che all'art. 6 comma 2 e 3 indica come Enel si dovrà impegnare a ridurre le emissioni attraverso il miglioramento anche dei sistemi di abbattimento del drift delle torri per minimizzare l'acido borico nelle acque di deflusso, e per evitare accuratamente le fuoriuscite di fluido geotermico accidentali o durante la manutenzione degli impianti.
- **Riduzione delle emissioni di sostanze inquinanti:**
  - **ammoniacca.** La riduzione delle emissioni di questo inquinante è importante soprattutto perché, tra l'altro, l'ammoniacca partecipa alla formazione della componente inorganica del PM<sub>10</sub> secondario sotto forma di solfati e nitrati di ammonio.
  - **acido solfidrico.** L'emissione complessiva di zolfo dalle centrali geotermoelettriche, stimabile per l'anno 2007 in circa 16.000 tonnellate, è pari alla quantità di zolfo emessa sotto forma di ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>) da tutte le sorgenti regionali.
  - **arsenico.** L'emissione di questo metalloide, inserito nella Tabella A1, classe II dell'allegato 1 alla parte 5 del D.lgs. 152/2006, deve essere limitata nella maggior misura possibile dal punto di vista tecnico e dell'esercizio. La norma prevede per questo inquinante una soglia di rilevanza (espressa come flusso di massa) di 5 g/h ed un valore di emissione (espresso come concentrazione) di 1mg/Nm<sup>3</sup>. Va evidenziato che ad oggi, tutti i controlli effettuati sulle CGTE, danno valori di flusso di massa per questo inquinante sotto la soglia di rilevanza pari a 5 g/h, pertanto la normativa non prevede che si applichi un valore limite in concentrazione. Comunque, anche per questo inquinante dovranno essere attivate sperimentazioni al fine di ridurre l'emissione nella

---

<sup>11</sup>Vedi glossario

maggior misura possibile. Le emissioni di arsenico stimata al 2007 è circa 480 Kg.

- **mercurio.** Questo metallo è inserito nella Tabella A1, classe I dell'allegato 1 alla parte 5 del D.lgs. 152/2006. La norma prevede per questo inquinante una soglia di rilevanza (espressa come flusso di massa) di 1 g/h ed un valore di emissione (espresso come concentrazione) di 0,2 mg/Nm<sup>3</sup>. Il mercurio presenta potenzialità di inquinamento degli ecosistemi molto elevate e può accumularsi nella catena alimentare. L'emissione stimata al 2007 è circa 1500 Kg.
- **anidride carbonica.** Gas responsabile dell'aumento dell'effetto serra e la cui riduzione è prevista nell'ambito degli impegni assunti con il protocollo di Kyoto. L'emissione stimata al 2007 è circa 2.000.000 t.
- **Integrazione del sistema pubblico e privato per la conoscenza sulla qualità dell'aria.** Questo presuppone la definizione, congiuntamente con il gestore, di un protocollo di verifica e manutenzione delle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria per ampliare la base di raccolta dei dati con risultati di misure ottenute secondo rigorosi criteri di validazione dei valori. Come già rilevato è in corso per questo obiettivo un percorso tecnico che vede la partecipazione di ARPAT.
- **Miglioramento dell'informazione.** Al fine di assicurare la massima diffusione delle informazioni ai cittadini ed alle istituzioni, in coerenza con quanto previsto nell'Accordo Volontario Attuativo del Protocollo d'Intesa del 20 dicembre 2007 denominato "Accordo Generale sulla Geotermia", dovrà essere definito nell'ambito del tavolo tecnico previsto nell'Accordo citato, un sistema di monitoraggio, un data center per la raccolta delle misure e una rete di monitor da installare presso le sedi comunali od in altri luoghi facilmente accessibili al pubblico con l'indicazione del funzionamento ambientalmente corretto delle centrali.

## 4 INTERVENTI DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI E STRUMENTI DI ATTUAZIONE

Nel presente capitolo sono indicati i valori di emissione (V.E.) e requisiti minimi di esercizio per le CGTE, intesi come requisiti minimi prestazionali finalizzati al contenimento delle emissioni in atmosfera.

### 4.1 Valori di emissione

Per gli impianti che utilizzano i fluidi geotermici i valori limite di emissione (V.L.E.) vigenti sono stabiliti dal D. Lgs. 152/2006 (vedi Capitolo 1):

- per le centrali anteriori al 1988, i V.L.E. sono indicati nella parte IV, sezione 2 punto 3 dell'allegato I. **Tali limiti comprendono l'acido solfidrico (H<sub>2</sub>S), nonché l'arsenico (As) ed il mercurio (Hg) come sali disciolti;**
- per le centrali autorizzate tra il 1988 e l'inizio del 2006, in attesa di un atto nazionale di aggiornamento dei limiti, continuano ad essere applicati i V.L.E. precedentemente in uso, ossia quelli indicati dalle rispettive autorizzazioni in essere. Comunque le autorizzazioni più recenti hanno ampliato il campo delle prescrizioni per quanto riguarda sia i parametri di esercizio sia i V.L.E. Si è così passati da un regime iniziale che vedeva confermati i parametri richiamati al punto precedente, alle ultime autorizzazioni che comprendono V.L.E. per **acido solfidrico, arsenico e mercurio, in alcuni casi riferiti a tutte le loro forme e anidride carbonica** ed infine prescrizioni di esercizio sull'efficienza dell'impianto AMIS.
- per i nuovi impianti, in attesa del decreto che provvederà a fissare i valori 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.

Prima di definire i valori di emissione delle sostanze inquinanti va ricordato che l'impianto AMIS è destinato all'abbattimento delle emissioni di mercurio e di acido solfidrico. L'abbattimento di quest'ultimo inquinante si realizza con l'ossidazione del H<sub>2</sub>S e formazione di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) che, disciolto nella condensa geotermica, viene reiniettato nel sottosuolo attraverso i pozzi di reiniezione. Esiste, tuttavia, la possibilità che per un malfunzionamento o per ridotta efficienza dello scrubber che presiede all'abbattimento dell'anidride solforosa, una parte di essa sia emessa in atmosfera. Di conseguenza, risulta utile definire valori di emissione anche per questo inquinante.

Dall'analisi dei dati ricavati da ARPAT durante le numerose campagne di misura in varie centrali che sono state svolte negli ultimi anni è stato possibile definire valori di emissione più restrittivi rispetto a quanto indicato dalla norma nazionale, applicabili anche agli impianti già in esercizio. Essi tengono conto dell'attuale tecnologia per l'utilizzo della risorsa geotermica per la produzione di energia elettrica.

I valori di emissione, da applicarsi alle CGTE provviste di AMIS funzionante, espressi in flusso di massa per H<sub>2</sub>S, Hg ed SO<sub>2</sub> ed articolati per potenza della centrale e per tipologia di tiraggio, sono indicati nella tabella 4.1.

Nelle condizioni di non funzionamento degli AMIS e per le centrali sprovviste di AMIS si applicano i valori di emissione previsti nelle autorizzazioni ovvero quelli previsti nel Dlgs. 152/06 Parte V Allegato I Parte IV.

Date le caratteristiche peculiari delle attività geotermiche e la variabilità della composizione del fluido geotermico utilizzato dalle CGTE per la produzione di energia elettrica, i valori di emissione sono fissati in termini di flusso di massa.

Relativamente ai valori di emissione è da premettere che tali valori non costituiscono riferimenti per la tutela sanitaria, ma sono *limiti tecnologici* stabiliti sulla base delle “migliori tecniche disponibili” e in relazione alle caratteristiche dei fluidi utilizzati.

**Tabella 4.1 - Valori di emissione in flusso di massa**

Descrizione	H <sub>2</sub> S Kg/h	Hg g/h	SO <sub>2</sub> g/h
<b>Uscita impianto AMIS</b>	<b>3 (*)</b>	<b>2</b>	<b>200</b>
<b>Uscita dalla centrale a tiraggio naturale fino a 20 MW</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	
<b>Uscita dalla centrale a tiraggio naturale &gt; 20 MW</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	
<b>Uscita dalla centrale a tiraggio indotto fino a 20 MW</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	
<b>Uscita dalla centrale a tiraggio indotto fino tra 20 e 60 MW</b>	<b>80</b>	<b>15</b>	
<b>Uscita dalla centrale a tiraggio indotto &gt; 60 MW</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	

(\*) In caso di superamento di tale valore, il limite si considera comunque rispettato se la percentuale di abbattimento dell'impianto AMIS per H<sub>2</sub>S è maggiore del 97%.

In appendice 2 è riportata la metodologia per l'effettuazione delle misure per il controllo del rispetto dei valori di emissione.

E' da ricordare che i valori di emissione minimi e massimi per il mercurio previsto nel D.Lgs 152/2006 parte V allegato I parte IV, sezione 2 punto 3, si riferiscono al flusso di massa del mercurio metallico presente come sale disciolto nel drift, mentre i valori riportati nella tabella 4.1 fanno riferimento al mercurio in forma gassosa, di gran lunga il più significativo per quantità delle emissioni.

#### **Acido solfidrico**

E' da mettere in evidenza che l'eventuale applicazione di impianti AMIS su tutte le centrali (vedi punto 5, scenario 2) permetterebbe di ottenere per l'H<sub>2</sub>S una ulteriore riduzione complessiva delle emissioni di circa 2400 tonnellate pari a circa il 22% delle emissioni totali stimate per tale data secondo il piano industriale del gestore che prevede, al 2013, ancora 9 centrali non dotate della tecnologia AMIS (vedi punto 5 scenario 1). Per il mercurio, la riduzione prevista è di 68 Kg, pari a circa il 9% delle emissioni stimate al 2013 secondo il piano industriale del gestore.

#### **Acido borico**

L'adozione dei drift eliminator ad alta efficienza di nuova generazione, come quelli di tipo cellulare costituisce l'adozione della MTD per l'abbattimento delle emissioni di acido borico. Sulla base degli esiti di questa applicazione potranno esser definiti limiti di emissione anche per questo inquinante.

### ***Ammoniaca***

Come già detto, la riduzione delle emissioni di ammoniaca devono essere perseguite, non tanto per i rischi sanitari per la popolazione connessi alla concentrazione in aria di questo inquinante (si veda il successivo punto 4.4), quanto per il fatto che l'ammoniaca rappresenta uno dei precursori del PM<sub>10</sub> secondario inorganico. Le evidenze del Progetto regionale PATOS, recentemente concluso, hanno permesso di valutare le varie componenti del PM<sub>10</sub> in Toscana. Per quanto riguarda il PM<sub>10</sub> secondario inorganico, le evidenze indicano che la concentrazione media di questa componente non presenta forti variazioni fra i diversi siti misurati ed oscilla tra i 5 µg/m<sup>3</sup> e 7 µg/m<sup>3</sup>. Questi valori, che rappresentano circa il 20% del PM<sub>10</sub> totale misurato, indicano come questa componente del PM<sub>10</sub> sia significativa e che una riduzione importante di ammoniaca possa produrre effetti tutt'altro che trascurabili sui livelli regionali di PM<sub>10</sub>.

Le emissioni totali, stimate al 2007 per questa sostanza inquinante, oscillano tra 4000 e 6500 tonnellate; tali numeri rendono la geotermia la seconda sorgente per importanza a livello regionale dopo l'agricoltura. In particolare le emissioni dalle centrali geotermiche rappresentano dal 30 al 40% del totale delle emissioni di tale inquinante in Toscana. Se si analizzano i dati in dettaglio (vedi Appendice 1) si nota come queste emissioni siano concentrate essenzialmente nell'area dell'Amiata, dove l'emissione specifica di NH<sub>3</sub> per centrale è di circa 620 tonnellate contro le 100 tonnellate nell'area tradizionale Val di Cornia, le 120 tonnellate nell'Area tradizionale Travale-Chiusdino e le 160 nell'Area tradizionale Larderello. I dati mostrano chiaramente come le centrali nell'area Amiata presentino emissioni specifiche di ammoniaca decisamente superiori a quelle di tutte le altre zone geotermiche.

L'attuale tecnologia degli impianti geotermoelettrici non consente di ridurre in maniera significativa le emissioni di ammoniaca. Lo stesso AMIS ha un effetto parziale al momento non quantificabile rispetto all'emissione complessiva.

La riduzione delle emissioni di questo inquinante sono perseguite attraverso l'individuazione e utilizzo delle MTD da inserire nel ciclo produttivo, così come verranno definite al termine della sperimentazione di cui al punto 4.5.

### **4.2 Requisiti minimi di esercizio**

Il D. Lgs. 152/2006 riporta all'art. 271, comma 4, che *“I piani e i programmi previsti dall'articolo 8 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351, e dall'articolo 3 del decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 183, possono stabilire valori limite di emissione e prescrizioni, anche inerenti le condizioni di costruzione o di esercizio dell'impianto, più severi di quelli fissati dall'Allegato I alla parte quinta del presente decreto e dalla normativa di cui al comma 3 purché ciò risulti necessario al conseguimento dei valori limite e dei valori bersaglio di qualità dell'aria”*. Risulta, quindi, possibile definire, oltre ai valori di emissione, anche requisiti minimi di esercizio per le centrali geotermoelettriche e per gli impianti AMIS. Tali indicazioni appaiono oltremodo necessarie date le caratteristiche di funzionamento delle centrali geotermoelettriche, differenti rispetto, per esempio, a quelle termoelettriche. Infatti, mentre per le centrali termoelettriche, in caso di interruzione del funzionamento, l'impianto può essere progressivamente “spento” in modo da eliminare le emissioni di inquinanti in atmosfera, in caso di non funzionamento delle centrali geotermoelettriche, per questioni di natura impiantistica e gestionale, allo stato attuale delle conoscenze tecniche, risulta non perseguibile un completo contenimento delle emissioni dirette in atmosfera. Appare quindi,

fondamentale fissare requisiti minimi di esercizio delle centrali e degli AMIS, volti al ridurre le cause di “fermo impianto”.

Sulla base delle considerazioni precedenti si indicano i requisiti minimi di esercizio come riportati nella tabella seguente.

**Tabella 4.2 - Requisiti minimi di esercizio**

Descrizione	Requisito minimo %
<b>per le centrali: ore di non funzionamento<sup>12</sup> x 100 / 8760</b>	<b>&lt; 5%</b>
<b>per gli impianti AMIS: ore di funzionamento AMIS x 100 / ore di funzionamento centrale</b>	<b>≥ 90%</b>

#### **4.3 Riduzione del drift**

In considerazione dei buoni risultati ottenuti nella sperimentazione degli eliminatori di gocce (demister) ad alta efficienza di nuova generazione, come ad esempio i separatori di tipo “cellulare”, che sono stati installati in alcune torri di raffreddamento a umido, tali dispositivi dovranno essere installati su tutte le centrali esistenti secondo il programma di rinnovo delle autorizzazioni (vedi punto 4.9)

#### **4.4 Valori obiettivo di emissione**

La consapevolezza che:

- l’ammoniaca, oltre ad essere un inquinante in quanto tale, anche se non di primario interesse sanitario ai livelli normalmente presenti in atmosfera, prende parte, come precedentemente rilevato, alle reazioni chimiche in atmosfera per la produzione del materiale particolato fine (PM<sub>10</sub>) secondario. Essa, infatti, si trasforma in ammonio che, combinandosi con i solfati ed in misura minore con i nitrati, forma rispettivamente il solfato di ammonio ed il nitrato di ammonio, che rappresentano la maggior parte del PM<sub>10</sub> secondario inorganico. E' da mettere in evidenza che, come evidenziato da Progetto PATOS recentemente concluso, il PM<sub>10</sub> secondario inorganico contribuisce mediamente per circa il 20% ai livelli di concentrazione di PM<sub>10</sub> misurati in Toscana;
- l’emissione specifica di ammoniaca delle centrali GTE è rilevante e particolarmente alta nell’area geotermica dell’Amiata, in particolare sul campo di Bagnore dove si hanno valori di flusso di massa di circa 200 kg/h;
- le emissioni totali, stimate nel 2007 per questa sostanza inquinante, oscillano tra 4000 e 6500 tonnellate;

<sup>12</sup> Per ore di non funzionamento delle centrali si intende quando questa non è attiva e si ha contemporaneamente sfioramento diretto in atmosfera del fluido geotermico. Sono quindi escluse da questo computo le ore di non funzionamento della centrale durante le quali non si ha emissione diretta del fluido geotermico (es. quando il fluido è reindirizzato verso altre centrali attive) .

fa sì che la limitazione delle emissioni di ammoniaca dalle centrali GTE sia coerentemente inserita tra gli interventi previsti dal PRRM per perseguire l'obiettivo specifico A3 "Ridurre le emissioni dei precursori del PM<sub>10</sub> su tutto il territorio regionale".

La riduzione di ammoniaca, come detto, passa attraverso innovazione tecnologica del ciclo produttivo delle centrali geotermoelettriche con l'adozione delle tecnologie più avanzate, prospettata e sostenuta nel Protocollo d'Intesa sottoscritto il 20 dicembre 2007 tra Regione Toscana e Amministrazioni locali con l'Enel, all'articolo 6, comma 1, e confermata anche nell'Accordo Volontario Attuativo del 20 aprile 2009, articolo 5 comma 5. In particolare questi atti impegnano Enel a sviluppare una specifica attività di ricerca, di sperimentazione e di applicazione sulle centrali, con attenzione particolare per quelle collocate sull'Amiata, di nuove tecnologie per ridurre il quadro emissivo specifico. In risposta all'impegno assunto, il gestore ha progettato un impianto prototipale in scala pilota di una torre di refrigerazione a secco da sperimentare presso la centrale GTE Nuova Larderello.

L'adozione delle torri di refrigerazione a secco, in sostituzione delle torri di refrigerazione ad umido, appare, ad oggi, una tra le possibili scelte tecnologiche con concrete possibilità di applicazione al settore geotermoelettrico. Tale soluzione tecnologica, seppur non la sola da approfondire, come già indicato, è in grado di perseguire, nel breve-medio periodo, i risultati attesi di ridurre l'emissione in atmosfera non solo di ammoniaca, ma anche di acido borico e degli altri sali disciolti nel drift, come l'arsenico (per tutte queste sostanze le emissioni verrebbero addirittura evitate), nonché dell'acido solfidrico e del mercurio attualmente rilasciati con l'aeriforme delle torri ad umido.

Sulla base delle conoscenze disponibili ed al livello attuale della sperimentazione per l'abbattimento delle emissioni, è possibile definire, dei requisiti minimi di prestazioni ambientali che le centrali GTE, una volta dotate delle apparati in fase di sperimentazione potranno soddisfare. Tali valori, espressi come valore obiettivo di emissione in flusso di massa, indipendenti dalla potenza della centrale e dalla tipologia di tiraggio, sono indicati nella tabella seguente.

**Tabella 4.3 - Valori obiettivo di emissione in flusso di massa per le centrali GTE in nuova configurazione derivante dall'applicazione degli esiti della sperimentazione**

Descrizione	H <sub>2</sub> S (Kg/h)	Hg (tutte le forme) (g/h)	As (tutte le forme) (g/h)	NH <sub>3</sub> (kg/h)	SO <sub>2</sub> (g/h)	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
<b>Uscita impianto AMIS</b>	<b>3 (*)</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>200</b>	
<b>Uscita dalla centrale</b>	<b>3 (*)</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>&lt; 0,1</b>

(\*) In caso di superamento di tale valore, il limite si considera comunque rispettato se la percentuale di abbattimento dell'impianto AMIS per H<sub>2</sub>S è maggiore del 97%.

La coerenza dei valori di emissione proposti andrà in ogni caso verificata una volta che le nuove tecniche di abbattimento verranno installate sulle centrali funzionanti nella configurazione proposta. La verifica potrà comportare eventuali modifiche ai valori indicati in tabella, anche in senso più restrittivo.

#### **4.5 Ricerca e sperimentazione di nuove tecniche per il miglioramento delle prestazioni ambientali degli impianti di coltivazione dei fluidi geotermici**

In coerenza con l'Accordo Volontario Attuativo già citato che prevede un Tavolo Tecnico che deve seguire le sperimentazioni, dovrà essere predisposto **un piano/programma** per lo sviluppo di attività di ricerca, di sperimentazione e di diffusione di nuove tecnologie incentrate sull'attività geotermoelettrica e sulla riduzione del quadro emissivo degli impianti, con particolare riferimento a quelli collocati sull'Amiata.

Allo stato attuale delle conoscenze, le principali linee di ricerca riguarderanno:

- **Miglioramento dell'efficienza degli impianti AMIS.** Gli impianti AMIS in esercizio hanno mostrato una elevata efficienza di abbattimento per l'idrogeno solforato ed il mercurio contenuti nella corrente gassosa in uscita dall'estrattore gas. I programmi di ricerca e sperimentazione sugli impianti AMIS sono, quindi, essenzialmente finalizzati:
  - al miglioramento delle prestazioni in termini di affidabilità;
  - alla possibilità di inviare ad AMIS ulteriori quote di gas per il trattamento al fine di migliorare l'efficienza globale di abbattimento;
  - all'analisi di configurazioni di processo in grado di predisporre l'impianto AMIS anche per l'abbattimento dell'arsenico attraverso l'impiego di specifici sorbenti;
- **Miglioramento dell'efficienza dei demister.** Nel ciclo di produzione geotermoelettrico, le emissioni di acido borico sono legate al trascinato liquido ("drift") delle torri di raffreddamento a umido. La riduzione delle emissioni può essere ottenuta agendo sulle quantità di drift delle torri. Ciò si realizza attraverso l'installazione di separatori di trascinato liquido (demister) ad alta efficienza. L'efficienza dei demister di nuova generazione (es. tipo cellulari) nel ridurre il trascinato liquido della torre di refrigerazione è già stata testata in modo positivo attraverso la loro installazione su alcune centrali che, precedentemente, erano contraddistinte da un'emissione specifica di drift molto elevata per la scarsa efficienza dei preesistenti separatori. La sperimentazione consiste, pertanto, nella verifica della perdita di funzionalità o di efficienza a causa degli eventuali fenomeni di sporco dovuti alla deposizione di zolfo colloidale e dovrebbe concludersi entro un anno. Il passo subito successivo da compiere sarà l'installazione progressiva di questi separatori ad alta efficienza sulle torri delle centrali a maggior emissione di drift, tenendo conto del possibile inserimento delle torri di refrigerazione a secco nel ciclo produttivo.
- **Riduzione delle condense e delle emissioni generate dalle torri di raffreddamento a umido delle centrali.** Una riduzione delle emissioni delle condense e delle altre emissioni generate dalle torri di raffreddamento a umido, incluse quelle di acido borico e ammoniaca, può essere ottenuta mediante il ricorso a sistemi di raffreddamento a superficie, anziché a contatto diretto costituiti dalle torri a tiraggio naturale o indotto, attualmente impiegate in



tutte le centrali geotermoelettriche. Il programma di ricerca attuale prevede la realizzazione di un circuito con torre a secco, da installare presso la centrale Nuova Larderello, adeguatamente strumentato per il monitoraggio dell'efficienza termodinamica e con caratteristiche costruttive tali da consentire la verifica dell'entità dei fenomeni di sporramento ("fouling") e corrosione, dovuti alle peculiari caratteristiche chimiche dei fluidi geotermici (presenza di gas incondensabili e di altre impurezze).

- **Riduzione delle emissioni di ammoniaca.** Nel ciclo di produzione geotermoelettrico, l'ammoniaca contenuta nel vapore in ingresso alla centrale risulta pressoché interamente disciolta (sotto forma di ione ammonio,  $\text{NH}_4^+$ ) nell'acqua calda in uscita dal condensatore a miscela. Nella torre di raffreddamento, per effetto dell'intimo contatto dell'acqua di raffreddamento con l'aria ambiente ("stripping"), si verifica il passaggio dell'ammoniaca in fase aeriforme e la conseguente emissione all'atmosfera. La quantificazione delle emissioni di ammoniaca dalla torre di raffreddamento è soggetta a imprecisioni legate al metodo di misura. Da ciò la necessità di mettere a punto un metodo di misura ufficiale, più accurato, attraverso lo specifico Piano di Intercalibrazione previsto al punto 4.6 "Metodologie di controllo delle emissioni". Premesso ciò, la ricerca e sperimentazione di processi per la riduzione delle emissioni di ammoniaca dovrà indirizzarsi verso due linee generali di intervento:

- 1) la riduzione delle emissioni generate dalle torri di refrigerazione ad umido, dato atto che costituiscono la linea di processo a cui si deve l'emissione pressoché totale di questo inquinante;
- 2) la riduzione del contenuto di ammoniaca nelle acque del circuito di raffreddamento.

Considerato che è già operativo un progetto sperimentale basato sulla linea di intervento del punto 1, che prevede la realizzazione di un impianto prototipale su scala pilota con torre di refrigerazione a secco presso la centrale GTE Nuova Larderello, si sottolinea l'importanza di sviluppare concretamente ed in tempi brevi la messa in servizio e la successiva fase di valutazione delle prestazioni, per passare al progetto del prototipo industriale da inserire nel ciclo produttivo entro il 2013, anno di scadenza dell'attuale piano industriale del gestore. Tale progetto dovrà essere prioritariamente attuato sulle centrali con maggiori criticità ed in particolare l'area di Bagnore. Ad oggi l'adozione delle torri di refrigerazione a secco, in sostituzione delle torri di refrigerazione ad umido, appare come la tecnologica più promettente, con concrete possibilità di applicazione al settore geotermoelettrico, in grado di perseguire, nel breve-medio periodo, i risultati attesi di ridurre l'emissione in atmosfera non solo di ammoniaca, ma anche di acido borico e degli altri sali disciolti nel drift, come l'arsenico (per tutte queste sostanze le emissioni verrebbero addirittura evitate), nonché dell'acido solfidrico e del mercurio attualmente rilasciati con l'aeriforme delle torri ad umido. Altri progetti, compresi quelli basati sulla linea di intervento 2, sono ancora in una fase di studio di fattibilità. L'avvio di questi progetti, che potrà comportare fasi sperimentali di laboratorio e/o la realizzazione e la prova di piccoli impianti pilota, non dovrà però ritardare il percorso di sviluppo del prototipo della torre a secco. Quindi il gestore dovrà predisporre un documento con il programma e la tempistica per la sperimentazione della ricerca di soluzioni tecniche per l'abbattimento dell'ammoniaca tra cui per esempio l'uso di torri a secco, e la realizzazione di un impianto pilota da attivarsi nell'area di Bagnore, dove maggiori sono le emissioni di  $\text{NH}_3$ .

- **Riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra.** Le emissioni di gas serra degli impianti geotermoelettrici sono costituite essenzialmente dall'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e in minima parte metano (CH<sub>4</sub>); si tratta, comunque, di gas serra di origine naturale, che si formano a seguito di reazioni che avvengono nel sottosuolo e che, anche in assenza di un utilizzo industriale dei fluidi, darebbero luogo a emanazioni spontanee dal terreno (tipicamente di tipo diffuso). Ricordato che l'emissione specifica media delle sostanze climalteranti associata alle centrali GTE toscane è equivalente a quella di una moderna centrale termoelettrica a cogenerazione alimentata a metano, una possibile strategia, attuabile nel breve-medio termine, per ridurre ulteriormente le emissioni di gas serra degli impianti geotermoelettrici è rappresentato dalla verifica della possibilità di riutilizzo della CO<sub>2</sub> contenuta nel fluido. In coerenza con quanto previsto nell'Accordo Volontario Attuativo, già citato, andranno perseguite le iniziative volte all'utilizzazione ai fini alimentari ed agroindustriali della CO<sub>2</sub> in uscita dagli impianti AMIS, assicurando la sua concessione in uso gratuito, unitamente agli spazi necessari per la realizzazione degli impianti nell'ambito delle centrali. Non dovranno essere trascurate le analisi, lo sviluppo e la fattibilità dei processi industriali che prevedono la reiniezione totale del fluido endogeno, a valle di un ciclo binario, e/o di tecniche di sequestro nel sottosuolo.

**Entro 30 giorni dall'approvazione del presente documento, il gestore dovrà predisporre il piano/programma con la tempistica per lo sviluppo delle sperimentazioni finalizzate alla riduzione delle emissioni delle sostanze inquinanti in atmosfera .** La Regione e ARPAT valuteranno tale documento al fine della sua adozione.

#### **4.6 Metodologie di controllo delle emissioni**

Le metodologie di riferimento a cui ricorrere per lo svolgimento dei controlli alle emissioni delle CGTE sono contenute nella Procedura allegata al Decreto n° 2750 del 12 Maggio 2003 del Dirigente Responsabile del Settore "Qualità dell'aria, rischi industriali, prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento" della Direzione delle Politiche Territoriali e Ambientali della Regione Toscana (vedi Appendice 3).

ARPAT sulla base dei disposti delle L.R. n. 30/2009 svolge i controlli sulle emissioni delle centrali geotermoelettriche.

L'esperienza maturata con l'attività svolta consente, al momento, di proporre alcune modifiche riguardanti:

- campionamento e misura della SO<sub>2</sub> nello scarico degli AMIS. A supporto del metodo ufficiale, previsto dal DM 25/08/2000, che è risultato poco sensibile a rilevare i livelli normalmente riscontrabili, su questa linea di processo si affiancano misure con analizzatori automatici e/o metodi basati sull'analisi gascromatografica dell'effluente;
- campionamento e misura della NH<sub>3</sub>. Il metodo ufficiale riportato nella Procedura è l'UNICHIM 632. I risultati di una Prova di Intercalibrazione hanno evidenziato che la prova di laboratorio, su cui si basa l'UNICHIM 632, porterebbe ad una sovrastima di circa 2,5 volte il risultato ottenuto con una tecnica di analisi basata sulla cromatografia ionica. Non potendo affermare a priori quali fra i due sia il metodo più accurato, nel transitorio va proseguito il Piano di Intercalibrazione, ricorrendo ad

altri metodi di confronto, per una verifica e un'appropriate valutazione del metodo di prova più affidabile da proporre come metodo ufficiale;

- metodo di campionamento del parametro Hg dalla corrente di processo dell'aeriforme della torre. In considerazione delle difficoltà riscontrate nell'esecuzione di questo campionamento, al quale è da ricondurre le differenze tra i dati ARPAT e del gestore (i metodi di prova analitici, verificati, sono accurati e i risultati confrontabili), dovrà essere concordato un analogo Piano di Intercalibrazione per una messa a punto definitiva delle operazioni di campionamento da proporre come metodo ufficiale.

#### **4.7 Protocollo gestione manutenzioni impianti**

Le indicazioni fornite nel presente paragrafo sono basate sulle attuali esperienze nella gestione dei fluidi geotermici e delle centrali geotermoelettriche.

In condizioni di normale funzionamento l'interazione del fluido geotermico con la matrice aria si verifica attraverso le torri di raffreddamento, che rappresentano l'unico punto di emissione degli impianti. Tutti gli altri punti di emissione associati al normale esercizio sono stati eliminati convogliando le relative emissioni alle torri di raffreddamento.

Come già detto, in caso di malfunzionamento della centrale o dei suoi apparati, il fluido geotermico proveniente dai pozzi in genere non può essere interrotto e, nella maggior parte dei casi, si ha uno sfioramento diretto all'atmosfera del fluido geotermico. Risulta, quindi, estremamente importante gestire al meglio i tempi degli episodi di malfunzionamento al fine di ridurre al minimo le emissioni dirette in atmosfera del fluido geotermico con tutto il suo carico di inquinanti.

L'incremento delle emissioni in atmosfera per malfunzionamenti rispetto al normale esercizio riguarda prevalentemente l'acido solfidrico ed il mercurio che vengono direttamente emessi in atmosfera senza l'abbattimento del sistema AMIS. L'incremento delle emissioni di questi due inquinanti è stimato, per le emissioni relative al 2007, in circa 1,9% del totale per H<sub>2</sub>S pari a circa 140 t/anno e 3,2% del totale per Hg pari circa 8 Kg/anno.

Nella tabella 4.4 sono indicate le cause che determinano le emissioni dirette in atmosfera del fluido geotermico ed una loro breve descrizione.

**Tabella 4.4 - Situazioni di sfioramento del fluido geotermico diretto in atmosfera**

<b>Sfioramenti in atmosfera del fluido geotermico nell'ambito del pozzo geotermico ed impiantistica ad esso associata</b>	
<b>Cause degli sfiori diretti all'atmosfera</b>	<b>Descrizione</b>
<i>Prove di produzione del pozzo.</i>	Nel corso del normale esercizio, può essere necessario ricorrere a prove di produzione con erogazione all'atmosfera per esigenze di caratterizzazione dei pozzi
<i>Interventi di manutenzione del pozzo o dell'impiantistica ad esso associata.</i>	L'emissione diretta all'atmosfera rappresenta una necessità quando si debba intervenire sugli organi di chiusura del pozzo.
<b>Sfioramenti in atmosfera del fluido geotermico nell'ambito della centrale ed impiantistica ad essa associata</b>	
<b>Cause degli sfiori diretti all'atmosfera</b>	<b>Descrizione</b>
<i>Scatto (blocco) della centrale</i>	malfunzionamenti della componentistica di centrale possono determinare la fermata (definita accidentale per cause interne) dell'impianto.
<i>Rimessa in servizio di un vapordotto che alimenta la centrale.</i>	Per evitare possibili danni al macchinario, il fluido non può essere immediatamente immesso in turbina, ma deve essere sfiorato all'atmosfera.
<i>Fermata della centrale per interventi di manutenzione a "spot" su indicazioni di diagnostica predittiva</i>	La centrale viene fermata dagli operatori per risolvere problemi di degrado o malfunzionamento di componenti della centrale individuati dai sistemi di telediagnostica.
<i>Fermata della centrale per interventi di manutenzione programmata periodica (revisione).</i>	Si tratta degli interventi di revisione completa del macchinario e dei componenti di centrale.

#### **4.7.1 Protocollo di gestione impianti**

Al fine di permettere ad ARPAT di effettuare i controlli, per ogni centrale geotermoelettrica, nonché per ogni altro apparato (pozzi, vapordotti, ecc..) relativo all'attività di coltivazione geotermoelettrica, dovrà essere disponibile un protocollo di gestione impianto. Tale documento dovrà contenere il programma delle manutenzioni e le prevedibili azioni da mettere in campo per ridurre al minimo le emissioni durante le manutenzioni programmate.

Per ogni centrale il gestore dovrà trasmettere ad ARPAT ed agli Enti locali, il calendario annuale/triennale delle manutenzioni programmate, comunicando almeno 15 giorni prima, la data effettiva di queste, nonché tutte le informazioni utili per permettere la presenza di ARPAT e delle autorità di controllo.

**Entro 60 giorni dalla data di approvazione del presente atto, il gestore dovrà mettere a disposizione per ogni centrale il relativo protocollo di gestione impianti.**

#### **4.7.2 Documento di impianto**

Per ogni centrale geotermoelettrica, nonché per ogni altro apparato (pozzi, vapordotti, ecc..) relativo all'attività di coltivazione geotermoelettrica, il gestore deve redigere un documento nel quale sono indicati tutti gli accadimenti e informazioni relative agli impianti (fermi, blocchi, manutenzioni programmate e non, sostituzione apparati, ecc..). In particolare tale documento dovrà riportare ex post gli eventi di manutenzione programmata e accidentali in cui l'impianto è stato soggetto e le azioni conseguenti intraprese per minimizzare gli sfioramenti diretti all'atmosfera del fluido geotermico, nonché le modalità di comunicazione, in coerenza con quanto prescritto dal D.lgs. 152/06 parte V art. 271, alle autorità competenti. Tale documento dovrà essere reso disponibile ad ARPAT e agli Enti locali interessati.

**Entro 60 giorni dalla data di approvazione del presente atto, il gestore dovrà mettere a disposizione per ogni centrale il relativo documento di impianto.**

#### **4.8 Sviluppo modellistica di simulazione per le aree geotermiche**

Così come prescritto nelle ultime relazioni di Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.) legate all'attivazione di nuove centrali geotermoelettriche, per tutti i principali inquinanti le sostanze sarà valutata la dispersione in atmosfera attraverso l'impiego di un modello numerico che consideri l'orografia e le condizioni meteorologiche sfavorevoli. La scelta e le modalità di applicazione del modello diffusionale dovranno essere concordate con ARPAT, anche al fine di individuare i recettori sui quali eseguire le simulazioni.

Si ritiene, inoltre, che il gestore debba sviluppare una modellistica diffusionale di area vasta con la quale stimare la qualità dell'aria in termini di concentrazione dei vari inquinanti (es. H<sub>2</sub>S, As, Hg). Questa modellistica di area deve rappresentare lo scenario all'interno del quale si potranno inserire le simulazioni degli effetti, in termini di qualità dell'aria, dovuti all'attivazione delle nuove centrali geotermoelettriche. La specifica metodica per le applicazioni modellistiche da realizzarsi nelle varie aree geotermiche, identificando la tipologia dei modelli numerici ed il data set dei dati meteorologici maggiormente attinenti all'area in questione, dovrà essere concordata rispettivamente con il Centro di modellistica di ARPAT e con il LaMMA.

#### **4.9 Criteri direttivi e strumenti di attuazione finalizzati alla riduzione delle emissioni delle centrali geotermoelettriche**

**Nel presente paragrafo sono indicate le prescrizioni che devono essere recepite negli atti amministrativi derivanti dai procedimenti di V.I.A. e per il rilascio delle autorizzazioni/concessioni ex legge 896/1986 e legge regionale 39/2005 riguardanti la costruzione o il rinnovamento totale degli impianti delle centrali geotermoelettriche, o negli atti amministrativi per il rinnovo delle autorizzazioni alle emissioni in atmosfera di quelle esistenti ex art. 281 decreto legislativo 152/2006**

##### **4.9.1 Inquadramento normativo**

Nel settore geotermico la Legge 9 dicembre 1986 n. 896 – “Disciplina della ricerca e della coltivazione delle risorse geotermiche” ed il suo Regolamento di attuazione (DPR 27 maggio 1991 n. 395), delineano le procedure ai fini della richiesta di rilascio di permesso di ricerca e di concessione, e le regole relative all’esercizio della ricerca e delle concessioni stesse.

Le risorse geotermiche vengono distinte in tre tipologie:

- Interesse nazionale - potenza erogabile complessiva di almeno 20.000 KW termici, alla temperatura convenzionale dei reflui di 15 gradi centigradi
- Interesse locale - potenza inferiore a 20.000 KW termici ottenibili dal solo fluido geotermico alla temperatura convenzionale dei reflui di 15 gradi centigradi.
- Piccole utilizzazioni locali - utilizzazione di acque calde geotermiche reperibili a profondità inferiori ai 400 metri con potenza termica complessiva non superiore a 2000 KW termici

Per quanto attiene la disciplina dei procedimenti di rilascio di permesso di ricerca e di concessione alla coltivazione delle risorse di interesse nazionale, questa è regolamentata dal DPR 18 aprile 1994 n. 485, che prevede esplicitamente che il permesso di ricerca, prima, e successivamente la concessione, siano rilasciati dall’Autorità Competente (attualmente la Regione, a seguito dell’entrata in vigore del D.Lgs. 112/1998, nel caso di risorse presenti sulla terraferma).

Anche i permessi di ricerca e le concessioni di interesse locale sono rilasciati dalla Regione competente per territorio.

Come accennato in premessa va ricordato che recentemente è stata approvata la Legge 23 luglio 2009, n. 99 "*Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia*" che prevede un nuovo assetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche. In particolare i commi 28 e 29 dell'articolo 27 recitano:

*28. Il Governo è delegato ad adottare, entro centottanta giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge, su proposta del Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e d'intesa con la Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano, uno o più decreti legislativi al fine di determinare un nuovo assetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche che garantisca, in un contesto di sviluppo sostenibile del*

*settore e assicurando la protezione ambientale, un regime concorrenziale per l'utilizzo delle risorse geotermiche ad alta temperatura e che semplifichi i procedimenti amministrativi per l'utilizzo delle risorse geotermiche a bassa e media temperatura. La delega è esercitata, senza nuovi o maggiori oneri per la finanza pubblica, e con le risorse umane, strumentali e finanziarie previste a legislazione vigente, secondo i seguenti principi e criteri direttivi:*

- a) garantire, in coerenza con quanto già previsto all'articolo 10, comma 3, della legge 9 dicembre 1986, n. 896, l'allineamento delle scadenze delle concessioni in essere facendo salvi gli accordi intercorsi tra regioni ed operatori, gli investimenti programmati e i diritti acquisiti;*
- b) stabilire i requisiti organizzativi e finanziari da prendere a riferimento per lo svolgimento, da parte delle regioni, delle procedure concorrenziali ad evidenza pubblica per l'assegnazione di nuovi permessi di ricerca e per il rilascio di nuove concessioni per la coltivazione di risorse geotermiche ad alta temperatura;*
- c) individuare i criteri per determinare, senza oneri né diretti né indiretti per la finanza pubblica, l'indennizzo del concessionario uscente relativamente alla valorizzazione dei beni e degli investimenti funzionali all'esercizio delle attività oggetto di permesso o concessione, nel caso di subentro di un nuovo soggetto imprenditoriale;*
- d) definire procedure semplificate per lo sfruttamento del gradiente geotermico o di fluidi geotermici a bassa e media temperatura;*
- e) abrogare regolamenti e norme statali in materia di ricerca e coltivazione di risorse geotermiche incompatibili con la nuova normativa.*

*29. Con effetto dalla data di entrata in vigore dei decreti legislativi di cui al comma 28, sono abrogati gli articoli 3, commi 3 e 6, e 10, comma 2, secondo periodo, della legge 9 dicembre 1986, n. 896.*

Ai sensi del D.Lgs. 152/2006 così come modificato dal D.Lgs. 4/2008, le attività di coltivazione e di ricerca delle risorse geotermiche devono essere sottoposti alla verifica di assoggettabilità o alla valutazione di impatto ambientale di competenza regionale o provinciale, a seconda delle caratteristiche specifiche del progetto.

A seguito di istruttoria tecnica di competenza, effettuata dal Settore Regionale "Autorità di Vigilanza sulle Attività Minerarie" e dell'esito della citata procedura di V.I.A., il Settore Regionale "Miniere e Energia" rilascia, con decreto, il Permesso di ricerca o la Concessione di Coltivazione. Il decreto di Concessione ha anche valore di autorizzazione ai fini della costruzione ed esercizio degli impianti geotermoelettrici.

Le nuove centrali Geotermoelettriche sono, quindi, sottoposte ai seguenti procedimenti amministrativi:

1. Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.)
2. Autorizzazione/concessione ex L.896/1986 e L.R. 39/2005.

Per le **nuove centrali geotermoelettriche** nel parere di compatibilità ambientale si devono riportare le indicazioni/prescrizioni previste dal documento in termini di realizzazioni e di prestazioni. In tal modo si avrà anche una armonizzazione delle prescrizioni relative alla matrice Aria.

Anche le **centrali esistenti**, autorizzate ai sensi della L.896/1986, prevedono prescrizioni relative alle emissioni in atmosfera che prima dell'entrata in vigore del Dlgs n. 152/2006 derivavano dall'applicazione delle norme tecniche del DPR n. 203/1988.

Tale autorizzazione, di competenza regionale, riporta anche le prescrizioni sulle emissioni in atmosfera, basandosi su quanto previsto dal D.lgs n. 152/2006, ne consegue che, se sono applicabili tutti i disposti pertinenti della Parte Quinta, si applicano anche quelle relative al rinnovo/modifica dell'autorizzazione alle emissioni in atmosfera.

Quindi, applicando “*le disposizioni transitorie e finali*“ dell’art. 281, comma 1, della Parte Quinta del D.lgs n. 152 relativamente al rinnovo dell’autorizzazione rilasciata ai sensi del DPR n. 203/88, ovvero di atti che la ricomprendevano, i gestori degli impianti devono presentare istanza di rinnovo, per la parte relativa alle emissioni in atmosfera, secondo il seguente calendario:

1. entro il 31 dicembre 2010 per impianti esistenti, autorizzati anche in via tacita o provvisoria, anteriori al 1988,
2. dal 1° gennaio 2011 e fino al 31 dicembre 2014 per impianti anteriori al 2006 autorizzati in data anteriore al 1° gennaio 2000;
3. dal 1° gennaio 2015 e fino al 31 dicembre 2018 per impianti anteriori al 2006 che siano stati autorizzati in data successiva al 31 dicembre 1999.

**Questo significa che il gestore deve:**

- a) per le centrali esistenti prima del 1 luglio 1988, presentare domanda di rinnovo autorizzazione entro il 31 dicembre 2010, secondo un calendario che verrà stabilito dall'autorità competente;
- b) per le centrali autorizzate tra il 1 luglio 1988 ed il 31 dicembre 1999, presentare domanda di rinnovo autorizzazione tra il 1 gennaio 2011 ed il 31 dicembre 2014, secondo un calendario che verrà stabilito dall'autorità competente;
- c) per le centrali autorizzate tra il 1 gennaio 2000 ed il 30 aprile 2006, presentare domanda di rinnovo autorizzazione tra il 1 gennaio 2015 ed il 31 dicembre 2018, secondo un calendario che verrà stabilito dall'autorità competente.

Nella tabella seguente è indicato per ciascuna centrale geotermoelettrica la casistica rispetto alle domande di rinnovo che il gestore dovrà presentare ai sensi del Dlgs. 152/2006

**Tabella 4.5 Casistica autorizzazioni per singola centrale geotermoelettrica**

Impianto	Concessione di coltivazione	NOTE in riferimento all'art. 281 del Dlgs. 152/2006
Bagnore 3	Bagnore	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Carboli 1	Rio Secco	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Carboli 2	Rio Secco	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Cornia 2	Lustignano	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Farinello	Larderello	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Le Prata	Lustignano	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Monteverdi 1	Canneto	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Monteverdi 2	Canneto	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Nuova Castelnuovo	Larderello	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)



Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

Nuova Gabbro	Larderello	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Nuova Lago	Lustignano	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Nuova Molinetto	Lustignano	impianto anteriore al 2006 autorizzato dopo il 31/12/1999 (lettera c)
Nuova Monterotondo	Rio Secco	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Nuova Radicondoli	Travale	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Nuova San Martino	Rio Secco	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Nuova Sasso	Lustignano	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Nuova Serrazzano	Lustignano	impianto anteriore al 2006 autorizzato dopo il 31/12/1999 (lettera c)
Pianacce	Travale	impianto anteriore al 1988 (lettera a)
Piancastagnaio 2	Piancastagnaio	impianto anteriore al 1988 (lettera a)
Piancastagnaio 3	Piancastagnaio	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Piancastagnaio 4	Piancastagnaio	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Piancastagnaio 5	Piancastagnaio	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Rancia 1	Travale	impianto anteriore al 1988 (lettera a)
Rancia 2	Travale	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Selva 1	Lustignano	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Sesta 1	Travale	impianto anteriore al 2006 autorizzato dopo il 31/12/1999 (lettera c)
Travale 3	Travale	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Travale 4	Travale	impianto anteriore al 2006 autorizzato dopo il 31/12/1999 (lettera c)
Valle Secolo 1	Larderello	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Valle Secolo 2	Larderello	impianto anteriore al 2006 autorizzato prima del 1/1/2000 (lettera b)
Nuova Larderello	Larderello	da valutare se lettera b oppure lettera c (qualora si interpreti il decreto RT 19/10/2004 come riautorizzazione)

#### **4.9.2 Elenco prescrizioni**

**A seguito dell'approvazione del presente documento, gli atti amministrativi derivanti dai procedimenti di V.I.A. e per il rilascio delle autorizzazioni/concessioni ex legge 896/1986 e legge regionale 39/2005 coinvolgenti la costruzione o il rinnovamento totale degli impianti delle centrali geotermoelettriche, o gli atti amministrativi per il rinnovo delle autorizzazioni alle emissioni in atmosfera di quelle esistenti ex art. 281 decreto legislativo 152/2006, dovranno prevedere:**

- **l'utilizzo delle MTD tra cui l'installazione di impianti AMIS e demister ad alta efficienza di nuova generazione;**
- **determinazione dei valori di emissione di cui alla tabella 4.1;**
- **determinazione dei livelli minimi di esercizio di cui alla tabella 4.2;**
- **protocollo di gestione impianto di cui al punto 4.7.1;**
- **documento di impianto di cui al punto 4.7.2.**

**In fase di applicazione delle nuove tecniche individuate nella fase di sperimentazione, gli atti amministrativi coinvolgenti la costruzione o il rinnovamento totale degli impianti delle centrali geotermoelettriche, o gli atti amministrativi per la riautorizzazione alle emissioni in atmosfera di quelle esistenti, dovranno determinare dei valori limite di emissione non più riferiti a quelli indicati in tabella 4.1 ma (così come indicato nel punto 4.4) a quanto indicato nella tabella 4.3 o ad un suo successivo aggiornamento definito a seguito degli esiti della sperimentazione.**

**Per quanto riguarda le emissioni di ammoniaca, nei siti dove queste sono particolarmente significative, il rilascio degli atti amministrativi precedentemente citati è subordinato all'applicazione di sistemi di abbattimento adeguatamente sperimentati che comportino almeno il raggiungimento del valore obiettivo di emissione di cui alla tabella 4.3.**

## 5 SCENARI

Nei grafici seguenti sono indicate le emissioni per le zone geotermiche stimate al 2013. Le stime sono state elaborate a partire dai dati del piano industriale del gestore che riguarda il 2013 e tengono conto delle nuove centrali che per tale data saranno attivate (Nuova Radicondoli 2, Chiusdino, Nuova Lagoni Rossi, Nuova Sasso 2) e quelle che saranno dismesse (Lagoni Rossi 3 e Piancastagnaio 2).

In particolare, si è predisposto uno primo scenario (scenario 1) che rispecchia il piano industriale del gestore e prevede che al 2013 ancora 9 centrali siano sprovviste dell'impianto AMIS. In un secondo scenario (scenario 2) si sono stimate le emissioni prevedendo, come indicato nel presente documento, che oltre a quanto previsto da piano industriale del gestore, in occasione del rinnovo delle autorizzazioni venga imposto al gestore la realizzazione per tutte le centrali degli impianti AMIS e l'installazione di demister ad alta efficienza di ultima generazione. Come già detto l'installazione di questi ulteriori impianti AMIS e demister è legata al rinnovo delle autorizzazioni ex L. 86/1986 e L.R. 39/2006 che prevederanno l'obbligo di utilizzo delle MTD sulle CGTE (vedi punto 4.9). Deve essere ricordato che gli impianti AMIS hanno effetto solamente su H<sub>2</sub>S e Hg, I demister, che agiscono sulla riduzione del drift in uscita dalle torri di raffreddamento hanno effetti nella riduzione di acido borico, dell'arsenico e del mercurio presenti sotto forma di sali disciolti. Va messo in evidenza che le conoscenze ad oggi maturate, mentre sono sufficienti per permettere di valutare in modo quantitativo le riduzioni attese con l'installazione di impianti AMIS per quanto riguarda le emissioni di H<sub>2</sub>S e Hg (allo stato di vapore), non sono sufficienti per permettere una valutazione quantitativa sulle riduzioni attese dall'installazione di demister ad alta efficienza per quanto riguarda le emissioni di acido borico di arsenico e di mercurio (come sali disciolti). Per questo motivo si sono predisposti i grafici relativi allo scenario 2 solo per quanto riguarda H<sub>2</sub>S e Hg.

Per la stima dello scenario 2, sono state considerate le emissioni al 2013 dello scenario 1, ridotte, per la installazione degli ulteriori 9 impianti AMIS, di un fattore pari a circa il 57% per H<sub>2</sub>S e circa il 58% per Hg. Questi fattori di riduzione sono stati ricavati come media<sup>13</sup> delle riduzioni calcolate tra le emissioni al 2013 rispetto a quelle relative al 2007 delle 12 centrali che, secondo il piano industriale del gestore, saranno dotate, tra il 2007 ed il 2013, di nuovi impianti AMIS (vedi tabella 2.1).

Per l'altro inquinante As e per la CO<sub>2</sub>, sui quali l'impianto AMIS non produce effetti apprezzabili, è stato predisposto un unico scenario.

Al fine di dare conto dell'evoluzione delle emissioni, nei grafici sono riportate anche quelle relative all'anno 2007, che assume, quindi, la funzione di anno di riferimento.

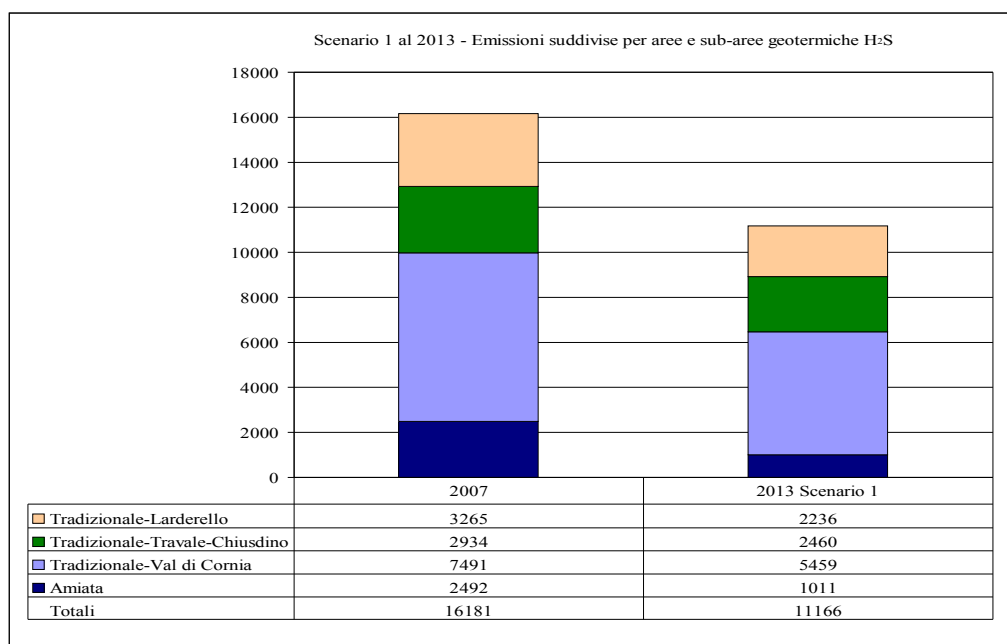
In Appendice 1 sono riportati i valori stimati al 2013 per le singole centrali per ciascuna sostanza inquinante.

---

<sup>13</sup> la media è stata calcolata escludendo i valori estremi.

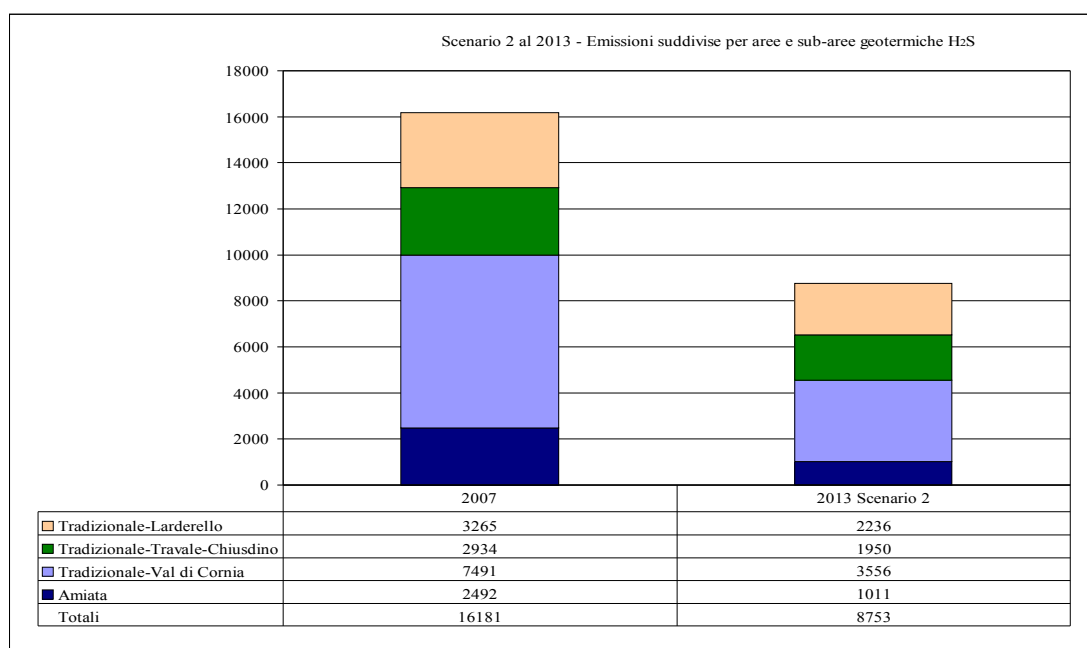
## 5.1 Scenari per H<sub>2</sub>S

**Grafico 5.1 - Scenario 1: emissioni di acido solfidrico per area geotermica (tonnellate/anno)**



Il grafico 5.1 mostra un deciso decremento dell'acido solfidrico rispetto al 2007 dovuta all'installazione di 10 ulteriori impianti AMIS. In particolare si nota una notevole diminuzione dell'acido solfidrico nell'area amiatina dovuta al fatto che al 2013 tutte le 4 centrali attive saranno dotate di AMIS.

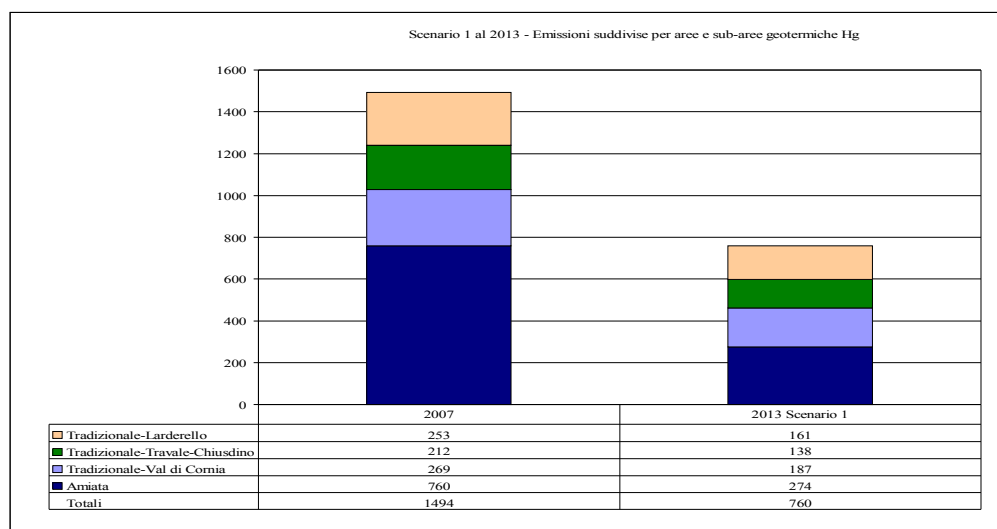
**Grafico 5.2 - Scenario 2 : emissioni di acido solfidrico per area geotermica (tonnellate/anno)**



Rispetto allo scenario 1, l'installazione su tutte le centrali degli impianti AMIS produce un ulteriore, significativa diminuzione di circa 2400 tonnellate di H<sub>2</sub>S, pari a circa una riduzione del 22% delle emissioni previste nello scenario 1. Tale maggiore riduzione si concentra essenzialmente nella sub area Tradizionale-Val di Cornia.

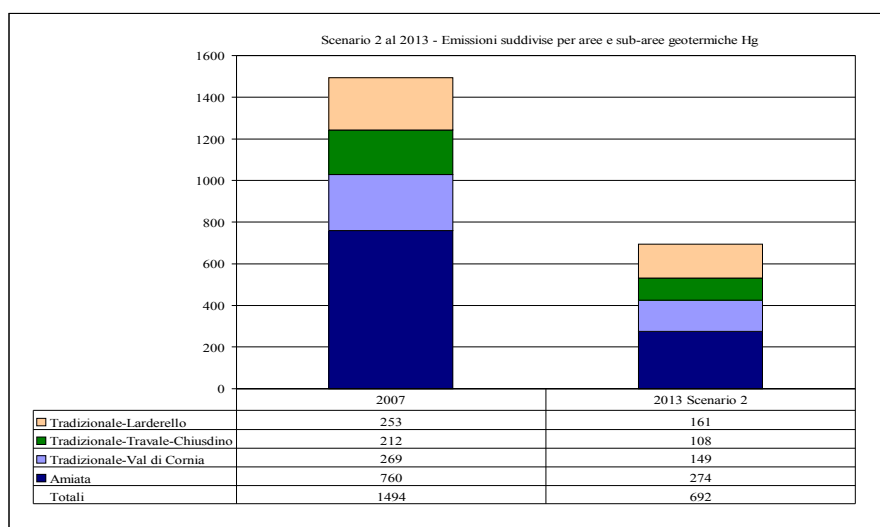
## 5.2 Scenari per Hg

**Grafico 5.3 -Scenario 1:emissioni di mercurio per area geotermica (Kg/anno)**



Il grafico 5.3 mostra un deciso decremento del mercurio rispetto al 2007 dovuta all'installazione di impianti AMIS. In particolare la quasi totalità della diminuzione è ascrivibile all'area amiatina che, come già detto, è quella che presenta le maggiori emissioni di mercurio. Per questa area, tutte le centrali attive al 2013 saranno dotate di AMIS (la centrale Piancastagnaio 2 sarà chiusa); questo permette di stimare per tale data una riduzione delle emissioni di mercurio a circa un terzo rispetto a quelle del 2007. Vale la pena di evidenziare che rispetto ai valori di emissioni del mercurio del 2000 per l'area amiatina pari a 2084 Kg, le emissioni stimate al 2013 presentano una diminuzione di circa l'85%.

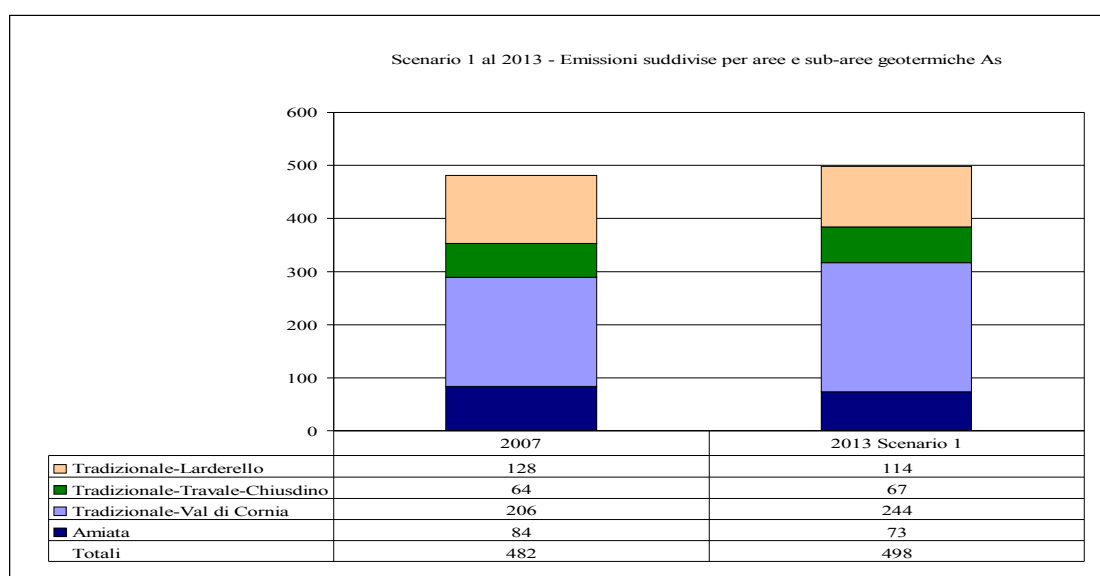
**Grafico 5.4 - Scenario 2 : emissioni di mercurio per area geotermica (Kg/anno)**



L'installazione in tutte le centrali degli impianti AMIS (scenario 2) porta a riduzioni di questo inquinante di circa 70 Kg pari a circa il 9% rispetto alle emissioni stimate per lo scenario 1. Questa minore riduzione percentuale del mercurio rispetto a quella dell'acido solfidrico si spiega con il fatto che le principali emissioni di mercurio avvengono nell'area amiatina nella quale, già nello scenario 1, tutte le centrali saranno provviste di impianti AMIS,

### 5.3 Scenari per As

**Grafico 5.5 -Scenario 1:emissioni di arsenico per area geotermica (Kg/anno)**

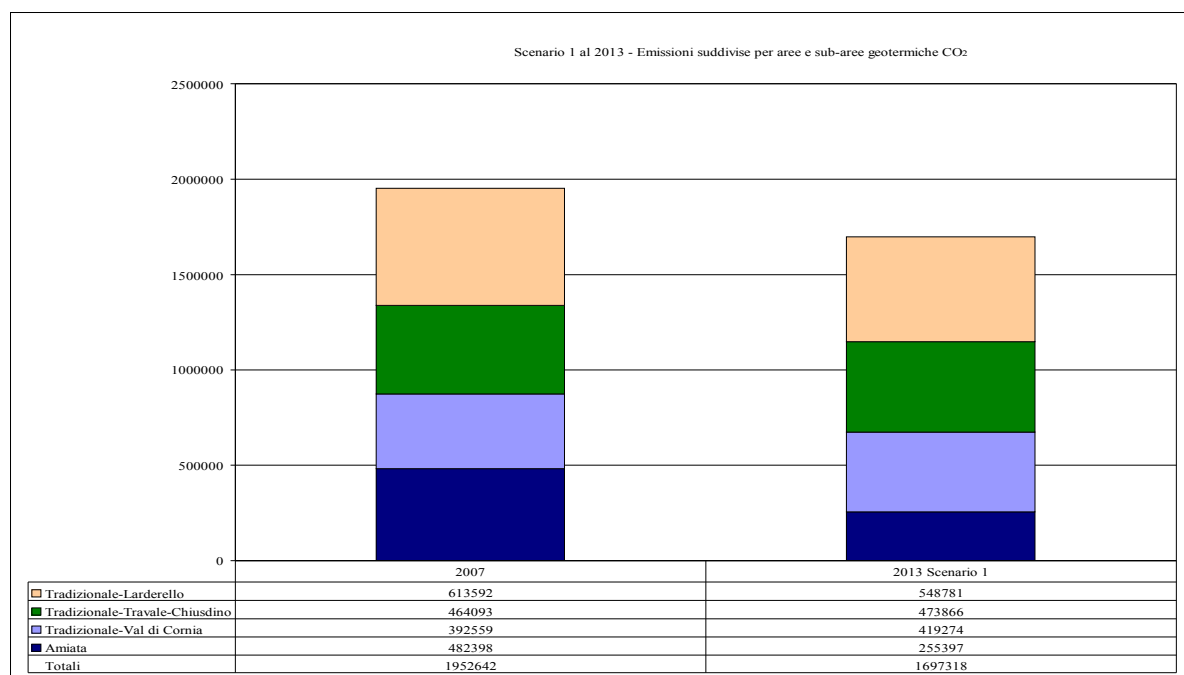


Il grafico 5.5 mostra sostanzialmente un andamento costante delle emissioni di arsenico. Tale andamento risulta costante in ciascuna sub area geotermica. Si ricorda che sull'arsenico non ha influenza il sistema di abbattimento AMIS.

Come già detto, ad oggi non è possibile quantificare le riduzioni attese sulle emissioni di arsenico (come sale disciolto nell'acqua trascinato) possibili con l'installazione di demister ad alta efficienza di ultima generazione che verranno realizzati su tutte le centrali in occasione del rinnovo delle autorizzazioni (vedi punto 4.9)

## 5.4 Scenario per CO<sub>2</sub>

**Grafico 5.6 -Scenario 1:emissioni di anidride carbonica per area geotermica (tonnellate/anno)**



Il grafico 5.6 mostra sostanzialmente una leggera diminuzione delle emissioni di anidride carbonica in particolare nell'area amiatina.

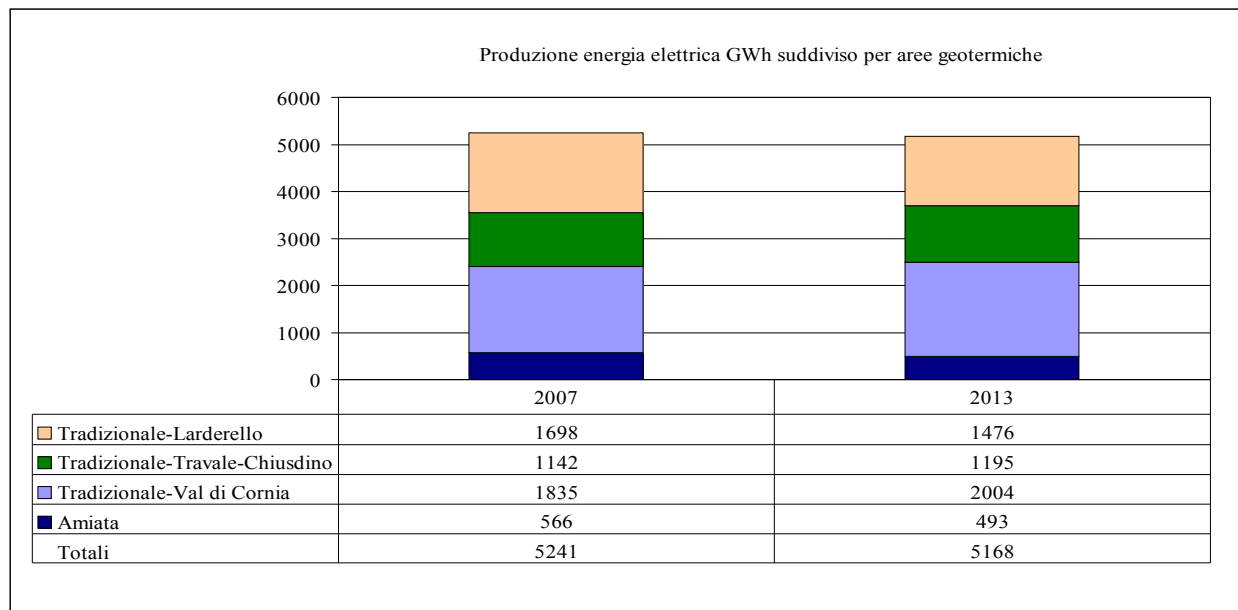
## 5.5 Scenario per NH<sub>3</sub>

Per quanto riguarda l'ammoniaca (NH<sub>3</sub>), stante ancora le incertezze nella stima delle emissioni che, come già detto, allo stato attuale non permettono di indicare un valore unico per questo inquinante, ma un range ampio di valori, si ritiene non corretto procedere alla definizione di scenari dettagliati come per gli altri inquinanti. Per l'ammoniaca, con le informazioni ad oggi disponibili, si può affermare che gli impianti AMIS producono effetti positivi, riducendo la quantità di ammoniaca disponibile all'emissione rispetto a quella in ingresso. Le maggiori emissioni di ammoniaca sono concentrate nell'area amiatina, che, come già detto, al 2013, avrà tutte le centrali dotate di AMIS. Questo potrebbe produrre un abbattimento delle emissioni di circa 30-40% rispetto alle emissioni del 2007. Se si ipotizza l'installazione di impianti AMIS su tutte le centrali, la riduzione stimabile al 2013 rispetto ai valori del 2007 potrebbe aumentare di un ulteriore 5-10%.

## 5.6 Scenari per i rapporti di emissione per energia elettrica prodotta

Nel grafico seguente è indicata la produzione dell'energia elettrica netta stimata al 2013 per le varie aree geotermiche.

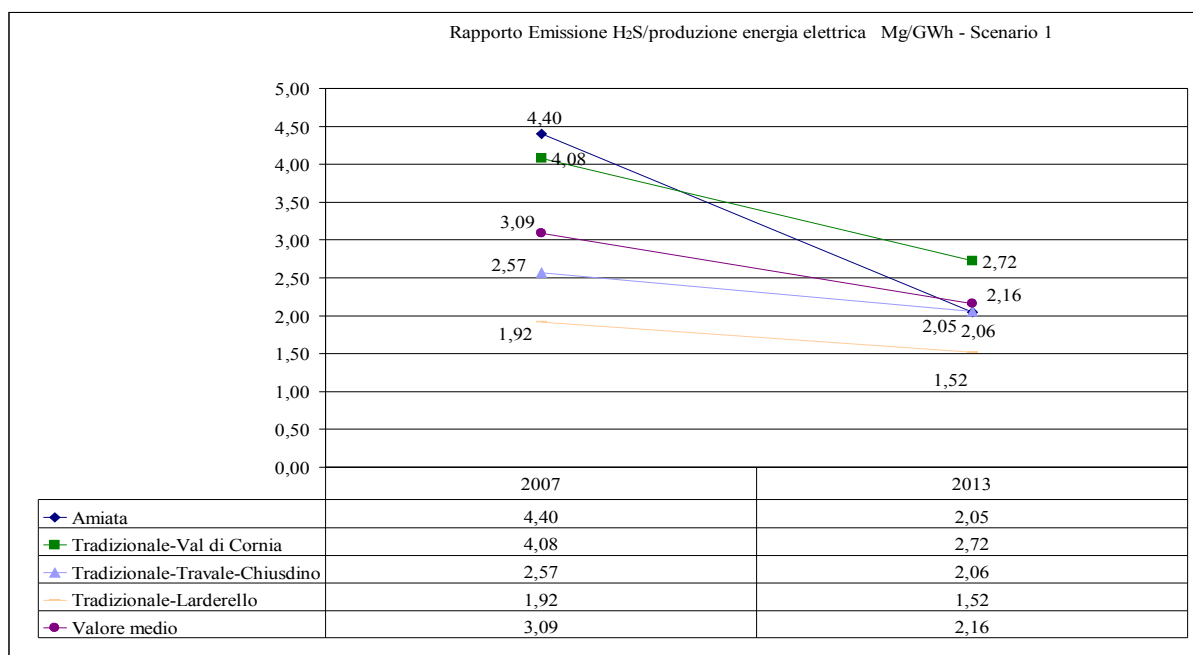
**Grafico 5.7 - Scenario: Produzione di energia elettrica per area geotermica (GWh/anno)**



Il grafico 5.7 mostra una produzione totale sostanzialmente costante. In particolare, a livello di singola area geotermica, si può notare una riduzione nell'area Tradizionale-Larderello, una leggera riduzione nell'area amiatina, e un significativo aumento nell'area Tradizionale-Val di Cornia.

Nei grafici seguenti sono presentati le emissioni specifiche per quantità di energia elettrica prodotta stimate al 2013. Come già detto, per quanto riguarda H<sub>2</sub>S e Hg si sono prodotti 2 scenari, mentre per As e CO<sub>2</sub>, si è realizzato un unico scenario.

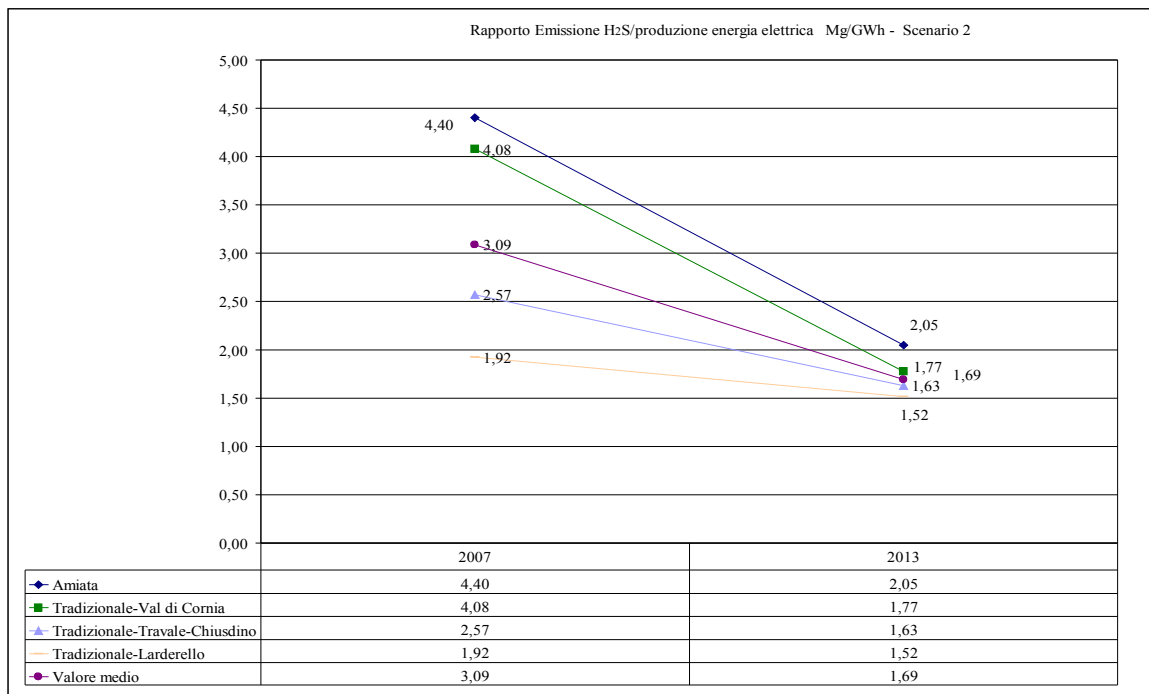
**Grafico 5.8 - Scenario 1 : Rapporto di emissione H<sub>2</sub>S/Produzione energia elettrica (tonnellate/GWh)**





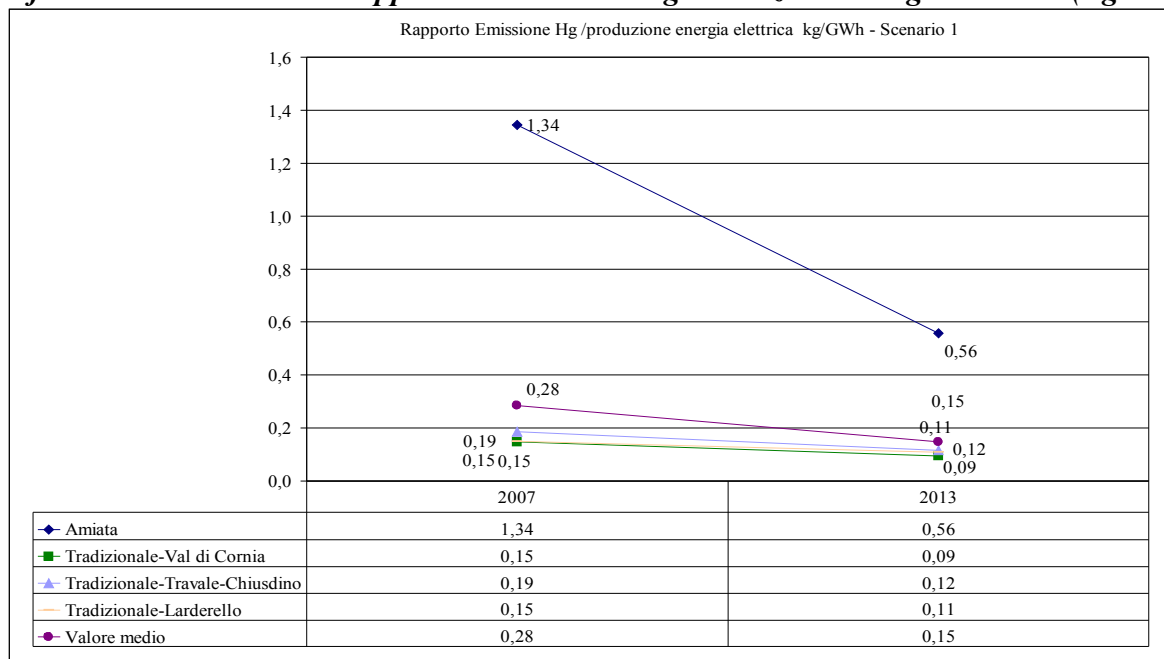
Criteri direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

**Grafico 5.9: Scenario2 : Rapporto di emissione H<sub>2</sub>S/Produzione energia elettrica (tonnellate/GWh)**

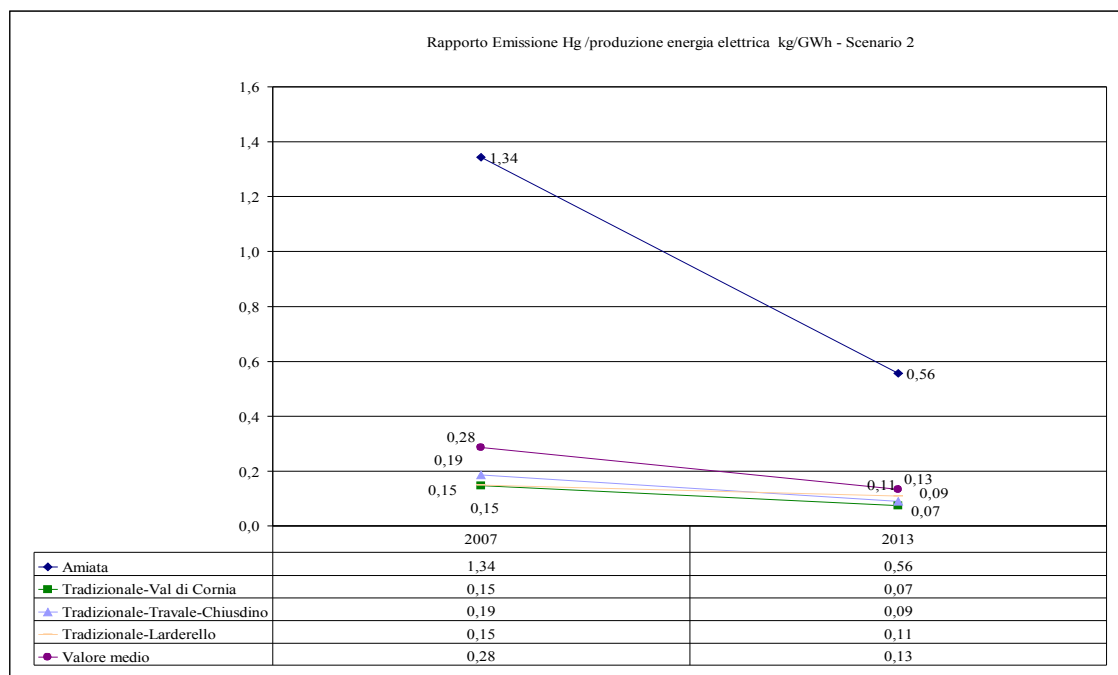


Per entrambi gli scenari il rapporto di emissione specifica per H<sub>2</sub>S diminuisce significativamente tra il 2007 ed il 2013 passando da 3,09 nel 2007 a 2,16 (1,48 nello scenario 2) nel 2013. Questa riduzione è sostanzialmente percentualmente uguale in tutte le aree geotermiche.

**Grafico 5.10 - Scenario 1 : Rapporto di emissione Hg/Produzione energia elettrica (Kg/GWh)**

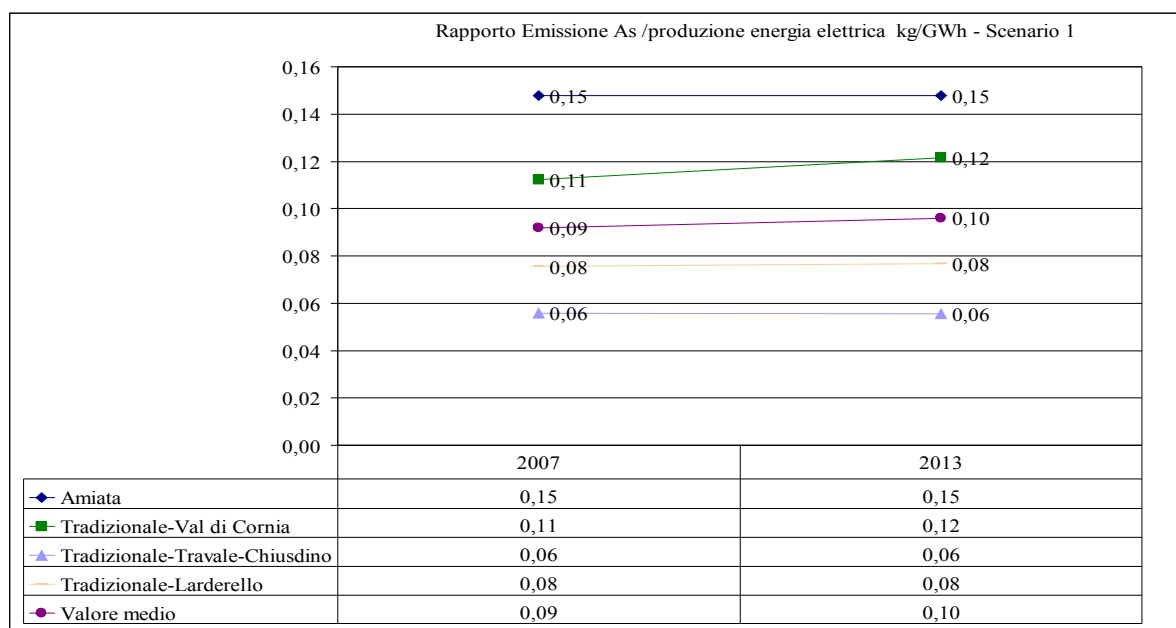


**Grafico 5.11- Scenario 2 : Rapporto di emissione Hg/Produzione energia elettrica (Kg/GWh)**



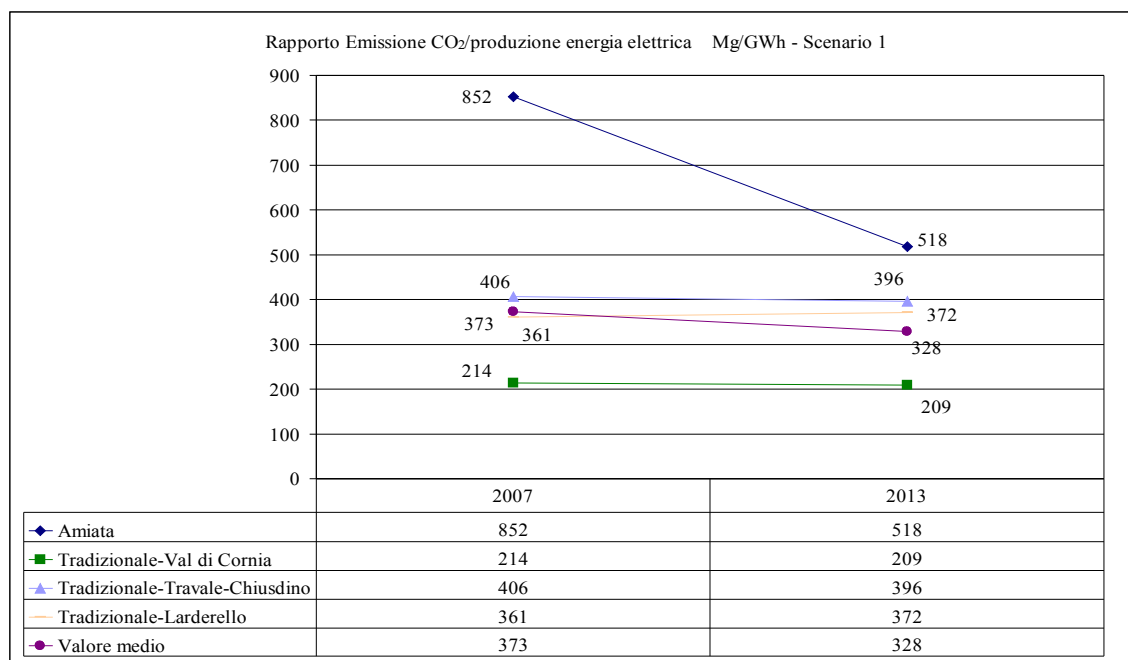
Per il mercurio (Hg) il rapporto di emissione specifica per energia elettrica prodotta diminuisce, per entrambi gli scenari, significativamente per l'area amiatina. Questo, come già detto, è dovuto alla installazione su tutte le centrali presenti in tale area degli impianti AMIS (anche nello scenario 1). Per questo motivo, dato che l'area amiatina rappresenta di gran lunga la maggiore fonte di emissione di questo inquinante, lo scenario 2 non presenta sostanziali differenze dallo scenario 1.

**Grafico 5.12 - Scenario 1 : Rapporto di emissione As/Produzione energia elettrica (Kg/GWh)**



Per questo inquinante non si apprezza alcun miglioramento nel rapporto di emissione specifica per unità di energia elettrica netta prodotta.

**Grafico 5.13 - Scenario 1 : Rapporto di emissione CO<sub>2</sub>/Produzione energia elettrica (tonnellate/GWh)**



Lo scenario mostra una significativa riduzione del rapporto di emissione specifica per unità di energia elettrica prodotta per la CO<sub>2</sub> per l'area amiatina. Tale decremento è dovuto alla chiusura prevista per il 2013 della centrale di Piancastagnaio 2 che da solo era responsabile di circa il 40% delle emissioni di CO<sub>2</sub> per tale area, a fronte di una produzione di energia elettrica netta, per tale area, di solo il 5%.

Per le motivazioni già esposte non si sono prodotti scenari di dettaglio dei rapporti specifici di emissione per unità di energia elettrica prodotta per l'ammoniaca. Per questo inquinante si prevede una riduzione del rapporto specifico di emissione intorno al 30-40% al 2013 rispetto al 2007.

## APPENDICE 1

### EMISSIONI PER SINGOLA CENTRALE GEOTERMoeLETTRICA

Si riportano i valori di emissione di tutte le sostanze inquinanti per singola centrale negli anni 2000 2003 2005 2007 nonché le stime al 2013.

Si ricorda che lo scenario 1 rispecchia il piano industriale del gestore e prevede che al 2013 ancora 9 centrali siano sprovviste dell'impianto AMIS, mentre lo scenario 2 ipotizza l'installazione degli impianti AMIS su tutte le centrali.

La mancanza del dato indica che in quell'anno la centrale non era attiva.

**Tabella A.1 -Emissioni di H<sub>2</sub>S in tonnellate per singola centrale anni 2000 2003 2005 2007 e stime al 2013**

			2000	2003	2005	2007	2013 Scenario 1	2013 Scenario 2
Area	Sotto Area	Nome cgte	H <sub>2</sub> S (Mg)	H <sub>2</sub> S (Mg)	H <sub>2</sub> S (Mg)	H <sub>2</sub> S (Mg)	H <sub>2</sub> S (Mg)	H <sub>2</sub> S (Mg)
Amiata	-	Bagnore 3	764	99	118	91	130	130
Amiata	-	Bellavista	1438					
Amiata	-	Piancastagnaio 2	1211	1117	924	814		
Amiata	-	Piancastagnaio 3	1897	1541	8	181	197	197
Amiata	-	Piancastagnaio 4	1126	1523	1070	851	395	395
Amiata	-	Piancastagnaio 5	1833	1910	1460	555	289	289
		<b>Totale area Amiata</b>	<b>8268</b>	<b>6191</b>	<b>3580</b>	<b>2492</b>	<b>1011</b>	<b>1011</b>
Tradizionale	Val di Cornia	Carboli 1	533	293	353	167	223	95
Tradizionale	Val di Cornia	Carboli 2	489	522	664	395	424	181
Tradizionale	Val di Cornia	Cornia 1	590					
Tradizionale	Val di Cornia	Cornia 2	347	368	487	402	371	159
Tradizionale	Val di Cornia	Lagoni Rossi 3	265	117	186	165		
Tradizionale	Val di Cornia	Le Prata	670	528	621	502	275	118
Tradizionale	Val di Cornia	Monterotondo	173					
Tradizionale	Val di Cornia	Monteverdi 1	692	667	756	631	711	304
Tradizionale	Val di Cornia	Monteverdi 2	1261	800	917	933	682	291
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Lago	321	286	346	389	144	144
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Lagoni Rossi					250	250
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Molinetto	225	496	573	644	291	291
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Monterotondo		285	191	140	62	62
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova San Martino				247	210	210
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Sasso	576	360	442	398	117	117
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Sasso 2					246	246
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Serrazzano		2016	1717	1890	815	815
Tradizionale	Val di Cornia	S. Martino	95	8	16			
Tradizionale	Val di Cornia	Selva 1	623	616	672	587	638	273
Tradizionale	Val di Cornia	Serrazzano	1023					
		<b>Totale area tradizionale- Val di Cornia</b>	<b>7882</b>	<b>7360</b>	<b>7942</b>	<b>7491</b>	<b>5459</b>	<b>3556</b>

Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

Tradizionale	Travale-Chiusdino	Chiusdino					291	291
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Nuova Radicondoli		1072	1193	1110	233	233
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Nuova Radicondoli 2					304	304
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Pianacce	1438	1060	1269	373	234	234
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Radicondoli	643					
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Rancia 1	810	311	332	414	282	121
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Rancia 2	975	562	915	594	609	260
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Travale 3	603	459	53	129	108	108
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Travale 4		764	219	314	399	399
		<b>Totale area tradizionale- Travale Chiusdino</b>	<b>4468</b>	<b>4227</b>	<b>3981</b>	<b>2934</b>	<b>2460</b>	<b>1950</b>
Tradizionale	Larderello	Castelnuovo	77					
Tradizionale	Larderello	Farinello	1658	2565	2735	722	678	678
Tradizionale	Larderello	La Leccia	332	38				
Tradizionale	Larderello	Nuova Castelnuovo	253	416	495	90	112	112
Tradizionale	Larderello	Nuova Gabbro	646	894	937	926	389	389
Tradizionale	Larderello	Nuova Larderello				235	232	232
Tradizionale	Larderello	Sesta		932	898	243	120	120
Tradizionale	Larderello	Vallesecolo						
Tradizionale	Larderello	Valle Secolo 1	1583	1139	1315	501	350	350
Tradizionale	Larderello	Valle Secolo 2	1070	983	1103	547	355	355
		<b>Totale area tradizionale- Larderello</b>	<b>5620</b>	<b>6967</b>	<b>7483</b>	<b>3265</b>	<b>2236</b>	<b>2236</b>
		<b>Totale area tradizionale</b>	<b>17971</b>	<b>18555</b>	<b>19406</b>	<b>13689</b>	<b>10155</b>	<b>7742</b>
		<b>Totali</b>	<b>26239</b>	<b>24746</b>	<b>22986</b>	<b>16181</b>	<b>11166</b>	<b>8753</b>

Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

**Tabella A.2 -Emissioni di Hg in Kg per singola centrale anni 2000 2003 2005 2007 e stime al 2013**

			2000	2003	2005	2007	2013 Scenario 1	2013 Scenario 2
Area	Sotto Area	Nome cgte	Hg (kg)	Hg (kg)	Hg (kg)	Hg (kg)	Hg (kg)	Hg (kg)
Amiata	-	Bagnore 3	114,1	2,5	7,6	20,7	26,5	26,5
Amiata	-	Bellavista	397,6					
Amiata	-	Piancastagnaio 2	250,3	68,0	507,8	357,2		
Amiata	-	Piancastagnaio 3	313,6	86,3	16,7	65,9	72,5	72,5
Amiata	-	Piancastagnaio 4	449,9	286,0	88,6	45,4	20,9	20,9
Amiata	-	Piancastagnaio 5	558,0	308,4	300,7	271,0	154,5	154,5
		<b>Totale area Amiata</b>	<b>2083</b>	<b>751</b>	<b>921</b>	<b>760</b>	<b>274</b>	<b>274</b>
Tradizionale	Val di Cornia	Carboli 1	5,9	3,5	7,5	7,9	10,5	4,4
Tradizionale	Val di Cornia	Carboli 2	2,5	3,4	10,3	3,4	3,7	1,5
Tradizionale	Val di Cornia	Cornia 1	6,8					
Tradizionale	Val di Cornia	Cornia 2	5,2	19,1	23,6	8,7	8,0	3,3
Tradizionale	Val di Cornia	Lagoni Rossi 3	20,7	12,2	25,8	14,9		
Tradizionale	Val di Cornia	Le Prata	92,1	52,3	17,5	20,9	11,4	4,7
Tradizionale	Val di Cornia	Monterotondo	0,0					
Tradizionale	Val di Cornia	Monteverdi 1	144,5	14,0	12,2	4,4	5,0	2,1
Tradizionale	Val di Cornia	Monteverdi 2	4,4	5,2	11,8	8,5	6,2	2,6
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Lago	0,0	2,6	13,0	16,5	6,0	6,0
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Lagoni Rossi					18,3	18,3
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Molinetto	14,9	18,8	29,8	27,6	30,2	30,2
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Monterotondo		3,1	4,3	4,9	2,2	2,2
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova San Martino				7,2	7,2	7,2
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Sasso	13,4	4,7	17,7	18,2	4,7	4,7
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Sasso 2					8,7	8,7
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Serrazzano		84,8	51,5	107,4	45,2	45,2
Tradizionale	Val di Cornia	S. Martino	1,5	1,0	0,0			
Tradizionale	Val di Cornia	Selva 1	14,3	23,5	3,4	18,0	19,6	8,1
Tradizionale	Val di Cornia	Serrazzano	10,1					
		<b>Totale area tradizionale- Val di Cornia</b>	<b>336</b>	<b>248</b>	<b>228</b>	<b>269</b>	<b>187</b>	<b>149</b>

Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

Tradizionale	Travale-Chiusdino	Chiusdino					5,5	5,5
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Nuova Radicondoli		83,0	94,5	101,2	20,2	20,2
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Nuova Radicondoli 2					21,3	21,3
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Pianacce	57,7	29,4	6,9	31,9	21,8	21,8
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Radicondoli	0,0					
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Rancia 1	42,9	35,1	22,1	33,0	22,5	9,3
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Rancia 2	41,2	35,9	15,5	27,2	27,9	11,6
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Travale 3	33,0	24,2	2,6	5,3	3,4	3,4
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Travale 4		19,9	13,0	13,3	14,9	14,9
		<b>Totale area tradizionale- Travale Chiusdino</b>	<b>175</b>	<b>227</b>	<b>155</b>	<b>212</b>	<b>138</b>	<b>108</b>
Tradizionale	Larderello	Castelnuovo	0,0					
Tradizionale	Larderello	Farinello	83,4	116,3	83,0	36,0	34,2	34,2
Tradizionale	Larderello	La Leccia	6,1	1,0				
Tradizionale	Larderello	Nuova Castelnuovo	0,4	15,7	56,8	11,8	14,3	14,3
Tradizionale	Larderello	Nuova Gabbro	0,0	55,7	97,2	46,0	18,4	18,4
Tradizionale	Larderello	Nuova Larderello				7,1	7,0	7,0
Tradizionale	Larderello	Sesta		6,9	10,5	3,5	1,7	1,7
Tradizionale	Larderello	Vallesecolo						
Tradizionale	Larderello	Valle Secolo 1	210,9	48,3	185,5	54,5	38,4	38,4
Tradizionale	Larderello	Valle Secolo 2	181,0	186,3	125,8	94,1	47,3	47,3
		<b>Totale area tradizionale- Larderello</b>	<b>482</b>	<b>430</b>	<b>559</b>	<b>253</b>	<b>161</b>	<b>161</b>
		<b>Totale area tradizionale</b>	<b>993</b>	<b>906</b>	<b>942</b>	<b>733</b>	<b>486</b>	<b>418</b>
		<b>Totale</b>	<b>3076</b>	<b>1657</b>	<b>1863</b>	<b>1494</b>	<b>760</b>	<b>692</b>

Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

**Tabella A.3 -Emissioni di As in Kg per singola centrale anni 2000 2003 2005 2007 e stime al 2013**

			2000	2003	2005	2007	2013 ScENARIO 1
Area	Sotto Area	Nome cgte	AS (kg)	AS (kg)	AS (kg)	AS (kg)	AS (kg)
Amiata	-	Bagnore 3	3,5	3,4	5,9	10,0	9,8
Amiata	-	Bellavista	7,6				
Amiata	-	Piancastagnaio 2	49,9	14,7	16,3	5,6	0,0
Amiata	-	Piancastagnaio 3	7,9	4,3	17,5	11,7	11,3
Amiata	-	Piancastagnaio 4	7,6	9,5	15,6	30,9	35,0
Amiata	-	Piancastagnaio 5	13,1	22,6	20,7	25,4	16,7
		<b>Totale area Amiata</b>	<b>90</b>	<b>54</b>	<b>76</b>	<b>84</b>	<b>73</b>
Tradizionale	Val di Cornia	Carboli 1	5,0	6,9	20,8	55,9	74,7
Tradizionale	Val di Cornia	Carboli 2	0,8	5,1	8,6	4,5	4,8
Tradizionale	Val di Cornia	Cornia 1	4,3				
Tradizionale	Val di Cornia	Cornia 2	7,8	1,7	5,2	5,1	4,7
Tradizionale	Val di Cornia	Lagoni Rossi 3	1,7	1,7	4,3	4,9	
Tradizionale	Val di Cornia	Le Prata	5,0	1,7	4,4	4,4	2,4
Tradizionale	Val di Cornia	Monterotondo	0,0				
Tradizionale	Val di Cornia	Monteverdi 1	0,8	1,7	7,0	7,7	8,7
Tradizionale	Val di Cornia	Monteverdi 2	3,5	13,9	6,7	7,1	5,2
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Lago	0,0	0,9	8,6	4,4	3,9
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Lagoni Rossi					8,5
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Molinetto	4,4	3,3	8,3	14,3	15,6
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Monterotondo		1,6	5,1	4,8	5,3
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova San Martino				8,3	8,8
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Sasso	4,2	3,1	14,3	16,8	10,8
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Sasso 2					19,8
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Serrazzano		17,1	15,7	61,3	63,6
Tradizionale	Val di Cornia	S. Martino	2,2	1,0	0,0		
Tradizionale	Val di Cornia	Selva 1	5,1	2,5	6,0	6,3	6,8
Tradizionale	Val di Cornia	Serrazzano	34,9				
		<b>Totale area tradizionale-Val di Cornia</b>	<b>80</b>	<b>62</b>	<b>115</b>	<b>206</b>	<b>244</b>



Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

Tradizionale	Travale-Chiusdino	Chiusdino					6,0
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Nuova Radicondoli		8,9	15,5	16,3	8,1
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Nuova Radicondoli 2					8,5
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Pianacce	4,4	5,2	13,0	10,5	11,3
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Radicondoli	0,0				
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Rancia 1	8,9	2,4	4,6	6,4	4,4
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Rancia 2	4,4	4,8	9,5	8,9	9,1
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Travale 3	6,7	1,7	5,2	6,6	4,1
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Travale 4		7,9	38,9	15,0	15,0
		<b>Totale area tradizionale-Travale Chiusdino</b>	<b>24</b>	<b>31</b>	<b>87</b>	<b>64</b>	<b>67</b>
Tradizionale	Larderello	Castelnuovo	0,0				
Tradizionale	Larderello	Farinello	4,4	14,6	18,3	22,0	20,0
Tradizionale	Larderello	La Leccia	4,4	1,1			
Tradizionale	Larderello	Nuova Castelnuovo	3,6	3,3	5,0	6,1	6,0
Tradizionale	Larderello	Nuova Gabbro	0,0	4,3	9,1	9,8	9,7
Tradizionale	Larderello	Nuova Larderello				23,2	23,3
Tradizionale	Larderello	Sesta		1,7	9,6	5,7	2,7
Tradizionale	Larderello	Vallesecolo					
Tradizionale	Larderello	Valle Secolo 1	5,0	7,5	12,4	11,8	10,2
Tradizionale	Larderello	Valle Secolo 2	5,3	5,1	9,5	49,8	41,6
		<b>Totale area tradizionale-Larderello</b>	<b>23</b>	<b>38</b>	<b>64</b>	<b>128</b>	<b>114</b>
		<b>Totale area tradizionale</b>	<b>127</b>	<b>131</b>	<b>266</b>	<b>398</b>	<b>425</b>
		<b>Totali</b>	<b>216</b>	<b>186</b>	<b>342</b>	<b>482</b>	<b>498</b>

Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

**Tabella A.4 - Emissioni di CO<sub>2</sub> in tonnellate per singola centrale anni 2000 2003 2005 2007 e stime al 2013**

			2000	2003	2005	2007	2013 Scenario 1
Area	Sotto Area	Nome cgte	CO <sub>2</sub> (Mg)	CO <sub>2</sub> (Mg)	CO <sub>2</sub> (Mg)	CO <sub>2</sub> (Mg)	CO <sub>2</sub> (Mg)
Amiata	-	Bagnore 3	82163	59819	51736	67008	66120
Amiata	-	Bellavista	81799				
Amiata	-	Piancastagnaio 2	245591	328795	217961	188404	
Amiata	-	Piancastagnaio 3	90324	69830	66056	76148	73632
Amiata	-	Piancastagnaio 4	69089	109071	75186	34852	39537
Amiata	-	Piancastagnaio 5	92050	62988	81778	115986	76108
		<b>Totale area Amiata</b>	<b>661017</b>	<b>630504</b>	<b>492716</b>	<b>482398</b>	<b>255397</b>
Tradizionale	Val di Cornia	Carboli 1	10043	11690	13174	7024	9380
Tradizionale	Val di Cornia	Carboli 2	19789	24744	28173	17095	18337
Tradizionale	Val di Cornia	Cornia 1	15242				
Tradizionale	Val di Cornia	Cornia 2	32484	18227	18957	14191	13113
Tradizionale	Val di Cornia	Lagoni Rossi 3	14671	11726	12226	12889	
Tradizionale	Val di Cornia	Le Prata	24173	29220	26001	24990	13684
Tradizionale	Val di Cornia	Monterotondo	8415				
Tradizionale	Val di Cornia	Monteverdi 1	21887	17769	15869	18679	21030
Tradizionale	Val di Cornia	Monteverdi 2	21022	29159	26122	25795	18860
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Lago	11292	9740	13807	16284	14580
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Lagoni Rossi					20621
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Molinetto	18449	40290	41607	46010	50371
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Monterotondo		11014	8860	6112	6646
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova San Martino				39096	41259
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Sasso	24217	23949	24270	23558	15150
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Sasso 2					27797
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Serrazzano		91403	85132	93624	97159
Tradizionale	Val di Cornia	S. Martino	21653	12249	930		
Tradizionale	Val di Cornia	Selva 1	46105	48199	50830	47212	51287
Tradizionale	Val di Cornia	Serrazzano	25684				
		<b>Totale area tradizionale-Val di Cornia</b>	<b>315127</b>	<b>379381</b>	<b>365959</b>	<b>392559</b>	<b>419274</b>

Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

Tradizionale	Travale-Chiusdino	Chiusdino					37343
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Nuova Radicondoli		129436	117968	118250	58409
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Nuova Radicondoli 2					61582
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Pianacce	71618	71133	89880	85928	92767
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Radicondoli	71740				
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Rancia 1	60854	47818	47410	55315	37675
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Rancia 2	66243	60605	67825	60643	62141
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Travale 3	25411	39511	4575	51302	31416
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Travale 4		80878	128080	92655	92533
		<b>Totale area tradizionale-Travale Chiusdino</b>	<b>295866</b>	<b>429380</b>	<b>455739</b>	<b>464093</b>	<b>473866</b>
Tradizionale	Larderello	Castelnuovo	9332				
Tradizionale	Larderello	Farinello	210113	206370	183253	179304	160729
Tradizionale	Larderello	La Leccia	35970	2756			
Tradizionale	Larderello	Nuova Castelnuovo	24719	62257	52643	47819	47484
Tradizionale	Larderello	Nuova Gabbro	74956	106509	127608	110799	109138
Tradizionale	Larderello	Nuova Larderello				30354	30563
Tradizionale	Larderello	Sesta		47356	23819	20370	9626
Tradizionale	Larderello	Vallesecolo					
Tradizionale	Larderello	Valle Secolo 1	126785	107148	113146	121961	105181
Tradizionale	Larderello	Valle Secolo 2	107182	95180	92131	102985	86060
		<b>Totale area tradizionale-Larderello</b>	<b>589059</b>	<b>627577</b>	<b>592599</b>	<b>613592</b>	<b>548781</b>
		<b>Totale area tradizionale</b>	<b>1200052</b>	<b>1436337</b>	<b>1414297</b>	<b>1470244</b>	<b>1441921</b>
		<b>Totali</b>	<b>1861069</b>	<b>2066841</b>	<b>1907013</b>	<b>1952642</b>	<b>1697318</b>

**Tabella A.5 - Emissioni di NH<sub>3</sub> min e NH<sub>3</sub> max<sup>14</sup> in tonnellate per singola centrale anno 2007**

			2007	2007
Area	Sotto Area	Nome cgte	NH <sub>3</sub> min	NH <sub>3</sub> max
Amiata	-	Bagnore 3	1090,3	1453,7
Amiata	-	Bellavista		
Amiata	-	Piancastagnaio 2	213,1	213,1
Amiata	-	Piancastagnaio 3	145,1	725,3
Amiata	-	Piancastagnaio 4	319,3	319,3
Amiata	-	Piancastagnaio 5	84,0	420,2
		<b>Totale area Amiata</b>	<b>1852</b>	<b>3132</b>
Tradizionale	Val di Cornia	Carboli 1	67,1	67,1
Tradizionale	Val di Cornia	Carboli 2	41,7	41,7
Tradizionale	Val di Cornia	Cornia 1		
Tradizionale	Val di Cornia	Cornia 2	76,9	76,9
Tradizionale	Val di Cornia	Lagoni Rossi 3	43,6	43,6
Tradizionale	Val di Cornia	Le Prata	81,8	81,8
Tradizionale	Val di Cornia	Monterotondo		
Tradizionale	Val di Cornia	Monteverdi 1	49,2	49,2
Tradizionale	Val di Cornia	Monteverdi 2	70,1	70,1
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Lago	70,3	70,3
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Lagoni Rossi		
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Molinetto	258,5	258,5
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Monterotondo	36,1	36,1
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova San Martino	20,5	102,6
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Sasso	90,6	90,6
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Sasso 2		
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Serrazzano	341,6	341,6
Tradizionale	Val di Cornia	S. Martino		
Tradizionale	Val di Cornia	Selva 1	81,0	81,0
Tradizionale	Val di Cornia	Serrazzano		
		<b>Totale area tradizionale- Val di Cornia</b>	<b>1329</b>	<b>1411</b>

<sup>14</sup> Si ricorda che per NH<sub>3</sub> max si intende l'ammoniaca contenuta nel fluido geotermico prima dell'ingresso in centrale. Tale dato, che non tiene conto degli eventuali abbattimenti dovuti all'AMIS, rappresenta quindi un valore cautelativo rispetto alle emissioni effettive.

Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

Tradizionale	Travale-Chiusdino	Chiusdino		
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Nuova Radicondoli	245,8	245,8
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Nuova Radicondoli 2		
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Pianacce	18,1	90,5
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Radicondoli		
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Rancia 1	85,6	85,6
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Rancia 2	95,6	95,6
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Travale 3	13,9	69,4
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Travale 4	28,8	143,8
		<b>Totale area tradizionale- Travale Chiusdino</b>	<b>488</b>	<b>731</b>
Tradizionale	Larderello	Castelnuovo		
Tradizionale	Larderello	Farinello	47,2	235,8
Tradizionale	Larderello	La Leccia		
Tradizionale	Larderello	Nuova Castelnuovo	20,2	101,1
Tradizionale	Larderello	Nuova Gabbro	152,7	152,7
Tradizionale	Larderello	Nuova Larderello	11,4	57,1
Tradizionale	Larderello	Sesta	11,6	58,2
Tradizionale	Larderello	Vallesecolo		
Tradizionale	Larderello	Valle Secolo 1	48,9	244,3
Tradizionale	Larderello	Valle Secolo 2	58,4	292,2
		<b>Totale area tradizionale- Larderello</b>	<b>350</b>	<b>1141</b>
		<b>Totale area tradizionale</b>	<b>2167</b>	<b>3283</b>
		<b>Totali</b>	<b>4019</b>	<b>6415</b>

Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

**Tabella A.6 - Produzione di energia elettrica per singola centrale anni 2000 2003 2005 2007 2013**

			2000	2003	2005	2007	2013
Area	Sotto Area	Nome cgte	prod.ne (GWh)	prod.ne (GWh)	prod.ne (GWh)	prod.ne (GWh)	prod.ne (GWh)
Amiata	-	Bagnore 3	158	151	152	161	158
Amiata	-	Bellavista	104				
Amiata	-	Piancastagnaio 2	34	34	33	27	
Amiata	-	Piancastagnaio 3	150	147	142	149	144
Amiata	-	Piancastagnaio 4	125	118	105	88	99
Amiata	-	Piancastagnaio 5	142	138	120	141	92
		<b>Totale area Amiata</b>	<b>713</b>	<b>588</b>	<b>553</b>	<b>566</b>	<b>493</b>
Tradizionale	Val di Cornia	Carboli 1	145	154	147	100	131
Tradizionale	Val di Cornia	Carboli 2	133	153	152	121	129
Tradizionale	Val di Cornia	Cornia 1	106				
Tradizionale	Val di Cornia	Cornia 2	133	102	97	102	95
Tradizionale	Val di Cornia	Lagoni Rossi 3	44	43	39	35	
Tradizionale	Val di Cornia	Le Prata	114	131	122	115	63
Tradizionale	Val di Cornia	Monterotondo	50				
Tradizionale	Val di Cornia	Monteverdi 1	118	91	109	97	107
Tradizionale	Val di Cornia	Monteverdi 2	86	94	86	101	74
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Lago		55	77	83	74
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Lagoni Rossi					105
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Molinetto (ex	52	125	122	126	137
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Monterotondo		54	57	53	58
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova San Martino				286	301
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Sasso	102	109	113	106	68
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Sasso 2					125
Tradizionale	Val di Cornia	Nuova Serrazzano		368	377	376	390
Tradizionale	Val di Cornia	S. Martino	177	112	7		
Tradizionale	Val di Cornia	Selva 1	127	146	147	134	146
Tradizionale	Val di Cornia	Serrazzano	90				
		<b>Totale area tradizionale-Val di Cornia</b>	<b>1477</b>	<b>1736</b>	<b>1652</b>	<b>1835</b>	<b>2004</b>

Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

Tradizionale	Travale-Chiusdino	Chiusdino					128
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Nuova Radicondoli		266	307	281	138
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Nuova Radicondoli 2					146
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Pianacce	141	116	141	141	152
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Radicondoli	194				
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Rancia 1	126	107	69	109	75
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Rancia 2	146	122	145	142	147
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Travale 3	106	149	153	150	92
Tradizionale	Travale-Chiusdino	Travale 4		282	290	319	318
		<b>Totale area tradizionale- Travale Chiusdino</b>	<b>713</b>	<b>1042</b>	<b>1105</b>	<b>1142</b>	<b>1195</b>
Tradizionale	Larderello	Castelnuovo	16				
Tradizionale	Larderello	Farinello	403	401	400	359	322
Tradizionale	Larderello	La Leccia	56	7			
Tradizionale	Larderello	Nuova Castelnuovo	40	104	102	112	110
Tradizionale	Larderello	Nuova Gabbro	96	135	143	152	150
Tradizionale	Larderello	Nuova Larderello				115	115
Tradizionale	Larderello	Sesta		96	112	98	46
Tradizionale	Larderello	Vallesecolo					
Tradizionale	Larderello	Valle Secolo 1	437	445	423	439	376
Tradizionale	Larderello	Valle Secolo 2	456	447	470	423	356
		<b>Totale area tradizionale- Larderello</b>	<b>1495</b>	<b>1635</b>	<b>1651</b>	<b>1698</b>	<b>1476</b>
		<b>Totale area tradizionale</b>	<b>3684</b>	<b>4319</b>	<b>4408</b>	<b>4675</b>	<b>4675</b>
		<b>Totali</b>	<b>4397</b>	<b>4908</b>	<b>4960</b>	<b>5241</b>	<b>5168</b>

## APPENDICE 2

### DECRETO N° 2750 del 12 maggio 2003

#### **“Adozione della procedura di riferimento per il controllo delle emissioni di impianti geotermoelettrici.”**

#### **Dipartimento delle Politiche Territoriali e Ambientali Area Qualità dell’Aria, Rischi Industriali, Prevenzione e Riduzione Integrata dell’Inquinamento**

DECRETO 12 maggio 2003, n. 2750

certificato il 19-05-2003

#### **Adozione della procedura di riferimento per il controllo delle emissioni di impianti geotermoelettrici.**

#### IL DIRIGENTE

Visti gli artt. 3, 22 e 27 della L.R. n. 26/2000 e successive modifiche e integrazioni;

Visto il Decreto del Coordinatore del Dipartimento delle Politiche Territoriali e Ambientali n. 3099 del 20/06/2002 con il quale il sottoscritto è stato nominato Responsabile dell’Area “Qualità dell’aria, rischi industriali, prevenzione e riduzione integrata dell’inquinamento”, in applicazione della Legge Regionale n. 26/2000 e successive modifiche e integrazioni;

Visto il Decreto del Presidente della Repubblica del 24 maggio 1988, n. 203 che attribuisce alle Regioni la competenza relativa alla tutela della qualità dell’aria ed in particolare la formulazione di piani di rilevamento, prevenzione, conservazione e risanamento;

Visto il D.M. 12 luglio 1990 “Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione”;

Considerato che il sopracitato D.M. nell’Allegato 3, paragrafo C, lettera C (Impianti che utilizzano fluidi geotermici) stabilisce che gli effluenti gassosi provenienti dai componenti di interfaccia con l’ambiente atmosferico degli impianti che utilizzano fluidi geotermici devono essere dispersi mediante torri refrigeranti e/o camini di caratteristiche geotermiche adatte e determina i valori massimi e minimi degli effluenti gassosi umidi, intesi come media oraria su base mensile;

Considerato che il sopracitato D.M. riporta nell’Allegato 4 i metodi di campionamento, analisi e valutazione delle emissioni ma non prevede una specifica procedura di riferimento per il controllo delle emissioni in atmosfera degli impianti geotermoelettrici;

Visto il D.Lgs. n. 351 del 4 agosto 1999 recante l’attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell’aria ambiente che ribadisce ed amplia le competenze regionali di risanamento e di mantenimento della qualità dell’aria ambiente;

Vista la legge sulla geotermia 09/12/1986 n. 896 e successive modificazioni;

Vista il D.P.R. n. 395 del 27/05/1991 che reca il Regolamento attuativo della legge sopracitata;

Visto il D. Lgs n. 112/98 di trasferimento alle Regioni delle competenze in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche, comprese le autorizzazioni per l’esercizio delle centrali geotermoelettriche;



Considerato che il sottoscritto in quanto Responsabile dell'Area "Qualità dell'aria, rischi industriali, prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento" è competente relativamente alla tutela della qualità dell'aria ambiente;

Ritenuto opportuno che, in attesa della eventuale determinazione di indirizzi tecnici in merito a livello nazionale, la Regione, in base alle proprie competenze, detti delle indicazioni come riferimento sicuro per il controllo sulla qualità e quantità delle emissioni in atmosfera degli impianti geotermoelettrici;

Considerato che A.R.P.A.T. (Agenzia Regionale di Protezione Ambientale della Toscana), ai sensi della L.R. n. 66/95, esercita, in materia di controlli e protezione ambientali, funzioni tecniche e svolge attività scientifiche di supporto alle competenze della Regione;

Vista la proposta tecnica relativa ad una "Procedura di riferimento per il controllo delle emissioni di impianti geotermoelettrici" redatta da A.R.P.A.T. di concerto con gli Uffici Regionali e trasmessa con nota prot. n.11774/1.8.4 del 5 maggio 2003;

Ritenuto opportuno adottare la "Procedura di riferimento per il controllo delle emissioni di impianti geotermoelettrici" sopracitata, che costituisce parte integrante del presente atto (Allegato A), come metodo di riferimento per le modalità di controllo delle emissioni in atmosfera degli impianti geotermoelettrici collocati nel territorio della Regione Toscana applicabile sia per la verifica del rispetto dei limiti di emissione determinati per tali impianti, che nel caso degli autocontrolli previsti dalle autorizzazioni rilasciate;

#### DECRETA

1. di adottare il documento "Procedura di riferimento per il controllo delle emissioni di impianti geotermoelettrici", che costituisce parte integrante del presente atto (Allegato A), come metodo di riferimento per le modalità di controllo delle emissioni in atmosfera degli impianti geotermoelettrici collocati nel territorio della Regione Toscana, applicabile sia per la verifica del rispetto dei limiti di emissione determinati per tali impianti, che nel caso degli autocontrolli previsti dalle autorizzazioni rilasciate;
2. di inviare, per opportuna conoscenza, copia del presente atto all'Area "Energia" del Dipartimento delle Politiche Territoriali e Ambientali, competente in merito al rilascio delle autorizzazioni per l'esercizio delle centrali geotermoelettriche.
3. Il presente provvedimento è soggetto a pubblicità ai sensi della L.R. 9/95 in quanto conclusivo del procedimento amministrativo regionale. In ragione del particolare rilievo del provvedimento, che per il suo contenuto deve essere portato alla piena conoscenza della generalità dei cittadini, se ne dispone la pubblicazione per intero sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana ai sensi dell'art. 2, comma 3, della L.R. 18/96.

*Il Dirigente*

Mario Romanelli

SEGUE ALLEGATO

**PROCEDURA DI RIFERIMENTO PER IL CONTROLLO DELLE EMISSIONI DI IMPIANTI  
GEOTERMoeLETTRICI**

**INDICE**

- 1. OGGETTO**
- 2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI**
- 3. TIPOLOGIA E FREQUENZA DEI CONTROLLI**
- 4. PROCEDURA DI CONTROLLO DELLE EMISSIONI**
  - 4.1 ASSETTO DELLE CENTRALI**
  - 4.2 CORRENTI DI PROCESSO CHE CONCORRONO ALLE EMISSIONI**
  - 4.3 CAMPIONAMENTO E ANALISI DELLE EMISSIONI**
  - 4.4 VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI**

**ALLEGATO N°1: ELENCO PARAMETRI**

**GAS SCARICATO DAL COMPRESSORE**

**TORRE DI RAFFREDDAMENTO**

**ALLEGATO N°2: ELENCO DEI METODI DI CAMPIONAMENTO ED ANALISI**

**GAS SCARICATO DAL COMPRESSORE**

**TORRE DI RAFFREDDAMENTO**

**ACQUE CIRCOLANTI NELLA TORRE DI RAFFREDDAMENTO**

**ALLEGATO N°3: ELENCO DELLE TECNICHE ANALITICHE PER LE DETERMINAZIONI**

**ALLEGATO N° 4: ELENCO PARAMETRI AGGIUNTIVI**

## Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

### 1. *OGGETTO*

La presente procedura descrive le modalità di controllo delle emissioni in atmosfera degli impianti geotermoelettrici collocati nel territorio della Regione Toscana.

Questa procedura di riferimento si applica sia per la verifica del rispetto dei limiti di emissione determinati per tali impianti, che nel caso degli autocontrolli previsti dalle autorizzazioni rilasciate.

### 2. *RIFERIMENTI LEGISLATIVI*

Le emissioni delle centrali geotermoelettriche sono disciplinate dalle seguenti norme:

- Decreto del Ministero dell'Ambiente 12 luglio 1990 (Linee Guida), all'Allegato 3, paragrafo C, lettera C, che si applica agli impianti esistenti ai sensi del DPR 203/88;
- dalle specifiche autorizzazioni, rilasciate dal MICA e, dal 21.02.2001, dalla Regione Toscana, che si applicano a impianti nuovi ai sensi del DPR 203/88.

Il Decreto del Ministero dell'Ambiente 12 luglio 1990, all'Allegato 3, paragrafo C, lettera C (Impianti che utilizzano fluidi geotermici) stabilisce che "gli effluenti gassosi provenienti dai componenti di interfaccia con l'ambiente atmosferico degli impianti che utilizzano i fluidi geotermici, di cui all'art.1 della Legge 9 dicembre 1986, n. 896, devono essere dispersi mediante torri refrigeranti e/o camini di caratteristiche geometriche adatte. Per ciascuno dei due tipi di scarico i valori di emissione minimi e massimi, riferiti agli effluenti gassosi umidi, intesi come media oraria su base mensile data la variabilità della sorgente mineraria geotermica, sono così determinati ....omissis...."

La norma appare di difficile attuazione non solo per le problematiche connesse alla verifica dei valori di emissione, come definiti dal Decreto sopracitato, ma anche per le particolari modalità di emissione previste per le centrali geotermoelettriche dalla stessa normativa e per la mancata disponibilità di strumentazione idonea al monitoraggio in continuo delle emissioni di tale tipologia di Centrale .

Lo stesso D.M. 12 luglio 1990, che riporta nell'allegato 4 i metodi di campionamento, analisi e valutazione delle emissioni, non prevede una specifica procedura di riferimento per il controllo di questo tipo di emissione.

E' pertanto necessario definire una procedura che consenta per quanto possibile di superare le difficoltà sopra evidenziate, mantenendo la conformità al dettato normativo.

### 3. *TIPOLOGIA E FREQUENZA DEI CONTROLLI*

I controlli dell'Agenzia Regionale per la protezione ambientale saranno svolti secondo il programma previsto nel Progetto di controllo delle emissioni geotermoelettriche di cui alla DGRT 265 del 18.03.2002 ed eventuali sue modifiche ed integrazioni, seguendo la presente procedura di riferimento.

### 4. *PROCEDURA DI CONTROLLO DELLE EMISSIONI*

Le emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche dipendono dalla portata e dalle caratteristiche del fluido in ingresso e, nel caso di centrali equipaggiate con impianti di abbattimento, anche dall'efficienza di rimozione dei vari inquinanti da parte dell'impianto.

Poiché le centrali sono alimentate da una rete interconnessa alla quale sono allacciati i pozzi di produzione del fluido geotermico, si ritiene ragionevole prevedere in questa fase che la variazione delle caratteristiche chimico-fisiche del

## Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

fluido in ingresso alle singole centrali sia contenuta, che le emissioni, perciò dipendano prevalentemente dalla portata del fluido in ingresso e, quindi, dalla potenza elettrica generata dalla centrale. Tale assunzione dovrà comunque essere verificata da parte del gestore dell'impianto, sulla base dei dati rilevati nel corso delle misure per il controllo delle emissioni e dell'elaborazione dei dati storici, al fine di stabilire una correlazione tra le emissioni e le variabili in gioco: caratteristiche e portata del fluido in ingresso e potenza.

Nella previsione che le emissioni dipendano essenzialmente dalla portata del fluido, il riferimento normativo all'emissione media oraria su base mensile risulterebbe soddisfatto qualora le misure di emissione fossero effettuate con la centrale funzionante ad una potenza – nel seguito riferita come “potenza mensile massima”- uguale al più grande dei valori assunti dalla potenza media mensile in un periodo ragionevolmente lungo (es. 2 anni).

La potenza media mensile è definita come il rapporto tra l'energia elettrica generata nel mese e le ore di funzionamento della centrale. Data l'impossibilità tecnica di far funzionare la centrale alla “potenza mensile massima”, si procederà nel modo seguente:

- Le misure di emissione saranno effettuate solo quando la centrale funziona ad una potenza compresa entro  $\pm 10\%$  rispetto alla “potenza mensile massima”. Qualora per motivi particolari (ad es., decadimento del campo geotermico, avarie al macchinario, etc.) la potenza della centrale risultasse inferiore di oltre il 10% rispetto alla “potenza mensile massima” e non fosse possibile porre rimedio a tale situazione in tempi brevi, le misure saranno effettuate alla massima potenza tecnicamente ottenibile.
- I valori di emissione misurati saranno normalizzati, secondo le modalità nel seguito descritte, per tenere conto della differenza tra la potenza della centrale nel periodo di misura e la “potenza mensile massima”.
- Qualora, per motivi diversi da quelli richiamati precedentemente, la differenza tra la potenza della centrale e la “potenza mensile massima” risultasse superiore a  $\pm 10\%$ , le misure dovranno essere rinviate ovvero, nel caso che fossero già state effettuate, non saranno considerate valide.

Le misure di emissione saranno integrate da rilievi della composizione del fluido in ingresso alle centrali nei casi in cui è possibile procedere con il gestore dell'impianto al campionamento. Tali misure saranno utilizzate per verificare l'esistenza di eventuali variazioni significative della composizione del fluido in ingresso rispetto a quella rilevata in occasione di precedenti controlli. In caso di variazioni significative, ARPAT valuterà l'opportunità di effettuare ulteriori controlli sia della composizione del fluido geotermico, sia delle emissioni.

### **4.1 ASSETTO DELLE CENTRALI**

Le misure saranno effettuate, come stabilito, con la centrale funzionante ad una potenza compresa nel campo  $\pm 10\%$  rispetto alla “potenza mensile massima”.

Ai fini del rispetto delle condizioni individuate per l'osservanza del dettato normativo e di una corretta elaborazione dei risultati delle misure, dovranno essere forniti, pertanto, da parte del gestore dell'impianto, i valori dei parametri più significativi, atti a caratterizzare l'assetto di funzionamento della centrale al momento del controllo e nel periodo di riferimento:

- valore della potenza mensile massima della centrale nei due anni antecedenti il primo controllo ovvero nel periodo intercorso dall'ultimo controllo ;

Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

- valore medio della potenza generata dalla centrale durante i controlli;
- pozzi produttivi in servizio
- portata, pressione, temperatura, rapporto gas/vapore, composizione del fluido geotermico in ingresso alla centrale durante i controlli;
- portata ponderale (t/h) e volumetrica (Nm<sup>3</sup>/h), temperatura e pressione dei gas scaricati, durante i controlli, dall'estrattore ovvero dall'impianto di abbattimento, qualora installato;
- portata ponderale (t/h) e volumetrica (Nm<sup>3</sup>/h), temperatura e pressione dell'aeriforme circolante nella cella di misura durante i controlli;
- potenza assorbita dai motori dei ventilatori della torre durante i controlli, ricavata sulla base della misura della corrente assorbita.

#### **4.2 CORRENTI DI PROCESSO CHE CONCORRONO ALLE EMISSIONI**

Le sorgenti di emissione che concorrono all'emissione complessiva sono rappresentate dall'aeriforme scaricato dall'estrattore dei gas incondensabili del condensatore e da quello uscente dalla torre di raffreddamento. Le due correnti di processo saranno misurate separatamente.

Nel caso di installazione di un impianto d'abbattimento, l'aeriforme scaricato dall'estrattore dei gas incondensabili è inviato all'impianto d'abbattimento e da quest'ultimo alla torre di raffreddamento. Non si hanno pertanto modifiche in termini di circolazione dei fluidi. Si avranno sempre due correnti di fluido che confluiscono ad un unico punto d'emissione, costituito dalla torre.

L'“emissione” della centrale sarà data, pertanto, dai due contributi associati alle correnti di cui sopra.

Poiché la torre di raffreddamento è composta di più celle con le stesse caratteristiche costruttive, le misure saranno effettuate su una cella di riferimento e considerate applicabili anche alle altre celle.

La cella di riferimento, salvo impedimenti di tipo impiantistico, sarà quella caratterizzata dalla maggior portata di aria di raffreddamento e, quindi, dal maggior assorbimento di potenza da parte del ventilatore di tiraggio indotto (la maggior portata d'aria favorisce il desorbimento degli inquinanti presenti nell'acqua ed aumenta il “drift”).

#### **4.3 CAMPIONAMENTO E ANALISI DELLE EMISSIONI**

Le misure, i campionamenti e le analisi sono effettuati utilizzando, di preferenza, metodi normati o, in mancanza, metodi interni, come riportato per ciascuna delle correnti di processo considerate negli allegati che seguono.

In particolare, i campionamenti saranno eseguiti nei punti riportati in Allegato 2, mentre le misure fisiche e le analisi chimiche saranno eseguite con la strumentazione e le metodiche di cui agli Allegati 2 e 3, rispettivamente.

Per alcuni inquinanti (mercurio e arsenico), i valori limiti fissati dal DM 12/07/90 si riferiscono al trascinato liquido (“drift”) della torre di raffreddamento, che rappresenta solo una frazione dell'emissione della torre. I controlli riguarderanno, quindi, la misura delle emissioni associate al “drift” e degli inquinanti emessi in fase gassosa.

## Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

E' opportuno, inoltre, effettuare misure di emissione di tipo straordinario per gli elementi e i composti indicati nell'Allegato 4, allo scopo di verificare l'eventuale opportunità di un'estensione delle specie chimiche da sottoporre ai controlli.

### 4.4 VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI

Essendo necessario ricorrere a sistemi di campionamenti discontinui, il valore medio di emissione è determinato calcolando la media dei valori di emissione ottenuti da più campionamenti (almeno 3), eseguiti in un arco di tempo non superiore ad una settimana, in condizioni d'assetto della centrale corrispondenti alla potenza mensile massima della centrale con variazioni entro l'intervallo  $\pm 10\%$ . Come già detto in precedenza, per differenze superiori le misure si ripeteranno o saranno posticipate.

La normalizzazione delle misure è effettuata con lo scopo di tenere conto della differenza tra le emissioni misurate e quelle che si avrebbero qualora la centrale funzionasse alla "potenza mensile massima".

La normalizzazione delle misure, sia per gli inquinanti in fase gassosa che per quelli associati al drift, è effettuata mediante l'algoritmo seguente:

$$VEN = VEM \times E/F ,$$

$E =$  "potenza mensile massima" della centrale (MW);  
 $F =$  potenza elettrica della centrale nel periodo di misura (MW).

I valori normalizzati saranno confrontati:

- per gli impianti esistenti, ai sensi del DPR 203/88, con i valori limite di cui al DM 12 luglio 1990, art. 2 punto 4.
- per i nuovi impianti, ai sensi del DPR 203/88, con quelli fissati nel decreto di autorizzazione alla costruzione ed all'esercizio della centrale.

Nel caso in cui la concentrazione di un inquinante in una corrente di processo risultasse inferiore al limite di rilevabilità (detection limit), il flusso di massa dell'inquinante ad essa associato non sarà calcolato.

## 5. CONDIZIONI DI MISURA E SICUREZZA

Affinché ARPAT possa effettuare i controlli previsti dalla presente procedura il gestore dell'impianto dovrà assicurare:

- la presenza e la funzionalità delle prese necessarie per il campionamento delle emissioni, del fluido in ingresso alle centrali e del liquido inviato alla reiniezione. Le prese dovranno essere accessibili in sicurezza;

#### Criteri direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

- la funzionalità e l'accuratezza della propria strumentazione di misura per la determinazione delle grandezze fisiche necessarie alla caratterizzazione delle emissioni e della potenza della centrale durante i controlli;
- la presenza di personale qualificato e la piena collaborazione, per il periodo necessario per eseguire gli interventi sull'impianto necessari alle operazioni di campionamento e controllo (indicativamente 3 giorni);
- l'invio preventivo ad ARPAT, da parte del gestore dell'impianto, dell'estratto del Documento di Salute e Sicurezza (DSS) relativo alle aree degli impianti a cui il personale ARPAT dovrà accedere per l'esecuzione dei controlli;
- fornire i dati relativi all'assetto della centrale (punto 4.1) al momento del campionamento ovvero entro 7 giorni dalla data del campionamento qualora sia necessaria successiva elaborazione del dato rilevato.

ARPAT provvederà a:

- Richiedere al gestore dell'impianto di partecipare a specifiche verifiche di calibrazione della strumentazione che fornisce dati per la valutazione delle emissioni.
- redigere apposito verbale di campionamento e consegnarne copia al personale dell'impianto presente al controllo;
- garantire la riservatezza di ogni informazione acquisita nel corso dei controlli e non divulgare le metodiche sviluppate dal gestore, se non previa autorizzazione scritta;
- comunicare al gestore, con almeno 15 giorni d'anticipo, la centrale oggetto di controllo e il periodo delle operazioni di controllo, al fine di facilitare l'attuazione delle condizioni di misura e sicurezza, di acquisire le condizioni di assetto dell'impianto nonché di disporre della indispensabile collaborazione sopra evidenziata;
- eseguire le operazioni di controllo secondo le condizioni di sicurezza di cui alla PO/07/017 del Dipartimento provinciale ARPAT di Siena, elaborata sulla base del documento di valutazione dei rischi per i controlli delle emissioni degli impianti geotermoelettrici redatto da ARPAT;
- trasmettere al gestore il documento di valutazione dei rischi per i controlli delle emissioni degli impianti geotermoelettrici e la PO/07/017.
- sottoscrivere il Documento di Salute e Sicurezza (DSS) del gestore relativo agli impianti interessati dai controlli e far firmare giornalmente, al proprio personale, il registro di presenza di terzi operanti negli impianti del gestore;
- non arrecare danno alle infrastrutture degli impianti. L'ARPAT rimarrà comunque responsabile di eventuali danni provocati, anche incidentalmente, dal proprio personale ad opere, macchinari, infrastrutture, strumentazioni, etc., di proprietà del gestore;
- comunicare alla Regione gli esiti dei controlli, secondo quanto previsto nel Progetto di cui alla DGRT n° 265 del 18.03.2002 e successive modifiche e integrazioni.

*ALLEGATO N°1: ELENCO PARAMETRI*

Il controllo dovrà prevedere la determinazione dei seguenti parametri a livello dei componenti impiantistici sotto indicati:

**Gas scaricato dal compressore o in uscita dall'impianto di abbattimento, qualora esistente :**

- la composizione del gas, sia in termini di macrocostituenti (biossido di carbonio, ossigeno, argon, azoto, metano, idrogeno, elio e vapor d'acqua), che di inquinanti (acido solfidrico, mercurio, arsenico, antimonio e ammoniaca, monossido di carbonio e, nel caso di centrali dotate di impianti di abbattimento, SO<sub>x</sub> a valle di quest'ultimo). Per ciascuno degli inquinanti saranno determinate sia le concentrazioni, sia i flussi di massa;
- la portata, sia volumetrica che di massa, la temperatura e la pressione del gas. In caso di presenza dell'impianto d'abbattimento, tali misure saranno eseguite in uscita dall'impianto stesso.

**Torre di raffreddamento**

- la portata, la temperatura e la pressione dell'aeriforme circolante nella torre;
- la portata di trascinato liquido (drift) uscente dalla torre.

La determinazione del drift richiede, tra l'altro, la misura della concentrazione di boro nell'acqua inviata alla torre; In caso di concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità nel liquido prelevato per la misura del drift si ricorrerà al metodo indiretto. Le portate di arsenico e di mercurio emesse con il drift verranno determinate moltiplicando la portata del drift per le concentrazioni di

- mercurio e arsenico nell'acqua inviata alla torre;
- misura delle concentrazioni di acido solfidrico, mercurio e arsenico
- in fase gassosa, nell'aeriforme circolante nella torre;
- flussi di massa di acido solfidrico, mercurio e arsenico in uscita dalla torre.



*ALLEGATO N°2: ELENCO DEI METODI DI CAMPIONAMENTO ED ANALISI*

Per l'acquisizione dei parametri fisici dell'emissione sarà impiegata, temporaneamente, la strumentazione del gestore dell'impianto., con il controllo di ARPAT della validità e regolarità dei valori rilevati.

**Gas scaricato dal compressore**

Le misure sono eseguite sul condotto d'adduzione del gas incondensabile alla torre, immediatamente a valle dell'estrattore. Sui campioni saranno determinate le sostanze di cui all'allegato 1, punto 1:

- Per la misura della portata volumetrica del gas incondensabile è utilizzato il metodo UNI-EN ISO 5167-1, misurando la pressione differenziale mediante diaframmi tarati inseriti nella tubazione di adduzione del gas alla torre, ovvero utilizzando, in alternativa, un sensore a turbina secondo la norma UNI 10727.
- Per la misura della temperatura e della pressione assoluta del fluido, sono impiegate una termoresistenza Pt 100 classe A, secondo quanto indicato nella norma CEI 60751 e nella successiva norma di integrazione CEI 60751/A2, ed un trasduttore "strain gauge".
- La portata di massa del gas incondensabile è invece ricavata moltiplicando la portata volumetrica per la densità del fluido.
- La densità del gas incondensabile è determinata dalla sua composizione, corretta in funzione della temperatura e della pressione, misurate nel punto di campionamento.
- La composizione del gas incondensabile in uscita dal compressore, inclusa la concentrazione di Acido Solfidrico, viene determinata tramite n° 3 campionamenti indisturbati di gas anidro, utilizzando apposite fiale. I campioni di gas sono sottoposti ad analisi gascromatografica, possibilmente entro le successive 24h. In alternativa la concentrazione di Acido Solfidrico può essere ottenuta impiegando un metodo basato sul prelievo di volumi noti di gas, impiegando apposite fiale di campionamento e stabilizzando poi il contenuto prelevato con soluzione di fissaggio a base di Acetato di Zinco -  $(\text{CH}_3\text{COO})_2 \text{Zn}$ . La determinazione analitica del solfuro di Zinco, dalla soluzione stabilizzata, è effettuata con il metodo UNICHIM 634.
- Per la determinazione del contenuto di umidità del gas incondensabile si fa riferimento al metodo UNICHIM 467.
- Per la determinazione dei metalli presenti in fase gassosa si eseguono due serie di campionamenti , selettivamente destinati alla misura del mercurio e degli altri metalli ( As e Sb) rispettivamente. Ciascuna serie consiste di n° 3 prelievi di volumi noti di gas umido, eseguiti utilizzando apposite fiale di campionamento. Il contenuto delle fiale è stabilizzato con specifiche soluzioni di fissaggio che hanno le stesse caratteristiche di quelle di cui al metodo EPA 29, senza gorgogliamento (metodo EPA modificato). Le soluzioni stabilizzate sono analizzate con le tecniche di determinazione analitica di cui all'allegato 3. Il metodo delle fiale è stato preferito al metodo EPA 29 classico in quanto quest'ultimo sottostima i valori ottenibili.
- Per la determinazione dell'Ammoniaca nel gas incondensabile è adottato il metodo UNICHIM 632.

### **Torre di raffreddamento**

Le misure di emissione alla torre sono condotte a livello della cella di riferimento, che di norma è quella caratterizzata dalla maggior portata di aria, ossia dal maggior assorbimento di potenza da parte del ventilatore indotto (la maggior portata d'aria favorisce il desorbimento degli inquinanti presenti nell'acqua ed aumenta il "drift"). Per le torri a tiraggio indotto, durante le misure il convogliamento dello scarico del compressore alla cella esaminata deve essere intercettato. In tale componente impiantistica sono determinate le sostanze di cui all'allegato 1, punto 2:

1. Per la misura della portata volumetrica dell'aeriforme si utilizza un trasduttore a turbina (norma UNI 10727), che fornisce il valore della velocità del fluido nella cella, eseguendo i rilevamenti nei punti di un reticolo strutturato, ispirandosi ai criteri indicate dal metodo UNICHIM 10169. La portata volumetrica è ricavata per calcolo dalla velocità media e dalla sezione del condotto;
  2. Per la misura della temperatura e della pressione assoluta del fluido sono impiegati rispettivamente una termoresistenza Pt 100 classe A, secondo quanto indicato nella norma CEI 60751 e nella successiva norma di integrazione CEI 60751/A2, ed un trasduttore "strain gauge";
- Per la determinazione del "drift" si effettuano campionamenti all'interno della torre, in posizioni poste sotto i ventilatori di tiraggio indotto, ovvero, nel caso delle torri a tiraggio naturale, al di sotto dell'ingresso nella torre dello scarico dell'estrattore. A tal fine, viene prelevato isocineticamente e per durate temporali costanti l'aerosol in punti prestabiliti di un opportuno reticolo, che tiene conto delle possibilità di accesso alla sezione di misura. La costruzione del reticolo è fatta ispirandosi ai criteri indicati dalla norma UNI 10169. In base a tali criteri, l'intera superficie della cella, che costituisce la sezione di misura, è suddivisa in sottosezioni di forma quadrata, al centro delle quali sono individuati i punti di misura. Durante i campionamenti deve essere verificato in continuo l'isocineticismo del prelievo mediante misura sequenziale della velocità del fluido nei punti di prelievo. Per la determinazione dell'acido solfidrico nell'aeriforme della torre è adottato il metodo UNICHIM n° 634. I campionamenti dell'aeriforme sono effettuati all'interno della torre, in posizioni poste sotto gli estrattori per la ventilazione negli stessi punti individuati per il campionamento del drift.
  - Per la determinazione del Mercurio, Arsenico, Antimonio in fase gassosa nell'aeriforme della torre è adottato il metodo EPA 29. I campionamenti dell'aeriforme sono anch'essi effettuati in posizioni poste al di sotto dei ventilatori di tiraggio indotto, ovvero, nel caso delle torri a tiraggio naturale, al di sotto dell'ingresso nella torre dello scarico dell'estrattore. Per la determinazione dell'Ammoniaca presente in fase gassosa nell'aeriforme della torre è adottato il metodo UNICHIM 632.

Per la valutazione del contributo della torre alle emissioni della centrale, si assume che le altre celle, di cui è composta la torre, siano equivalenti a quella di misura ed il risultato complessivo è ottenuto moltiplicando i risultati parziali relativi alla cella esaminata per il numero di celle.

### **Acque circolanti nella torre di raffreddamento**

Le acque sono prelevate a livello della torre, campionando le acque calde in ingresso.

Criteria direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

*ALLEGATO N°3: ELENCO DELLE TECNICHE ANALITICHE PER LE DETERMINAZIONI*

Le analisi chimiche sono eseguite con le tecniche indicate nella tabella seguente.

**Tabella: tecniche analitiche utilizzate**

	Hg	As	Sb	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	Ar+O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O
<i>GAS scaricato dal compressore</i>	VF	FG	ID	ICP	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC
<i>AREIFORME in uscita dalla torre di raffreddamento</i>	VF	FG	ID	ICP							

*ACQUA circolante nella TORRE*

Hg	As	Sb	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Se	Al	Cd	Co	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Cu	V	Zn	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
ID	FG	ID	ICP	ID	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	VIS	CI	CI

- Note:
- FG Assorbimento atomico con fornello di grafite
  - ID Assorbimento atomico con sviluppo di idruri
  - VF Assorbimento atomico con tecnica ai vapori freddi
  - ICP Plasma ad accoppiamento induttivo
  - GC Gascromatografia
  - CI Cromatografia Ionica
  - VIS Spettrofotometria molecolare nel visibile

Criteri direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche

*ALLEGATO N° 4: ELENCO PARAMETRI AGGIUNTIVI DA MISURARE con campagne straordinarie*

ARPAT stabilisce di determinare i seguenti parametri aggiuntivi:

**1. nel drift**

antimonio, selenio, alluminio, cadmio, cobalto, cromo totale, ferro, manganese, nichel, piombo, rame, vanadio, zinco, cloruri, nitrati, fosfati e solfati presenti come sali disciolti;

**2. nell'aeriforme della torre**

antimonio, selenio e ammoniaca;

**3. nelle acque in ingresso alla torre**

ammoniaca, alluminio, antimonio, cadmio, cobalto, cromo totale, ferro, manganese, nichel, piombo, rame, selenio, vanadio, zinco, cloruri, nitrati, fosfati e solfati. a tal fine, una parte delle aliquote sono tratte con le apposite soluzioni di fissaggio previste dal metodo EPA 29 per i metalli, con acido solforico per l'ammoniaca.

## GLOSSARIO

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

**Aria ambiente:**aria esterna presente nella troposfera, ad esclusione di quella presente nei luoghi di lavoro;

**Livello:**concentrazione nell'aria ambiente di un inquinante o deposito di un inquinante su una superficie in un dato periodo di tempo;

**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;

**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.

Le definizioni sopra citate sono riportate sul D. Lgs. 4.08.1999 n° 351 e sulla Direttiva 96/62/CE del Consiglio Europeo. La vigente normativa, europea ed italiana, ha finora stabilito:

- i valori limite di qualità dell'aria e le soglie di allarme per gli inquinanti "Biossido di zolfo" e "Biossido di azoto e ossidi di azoto";
- i valori limite per gli inquinanti "Materiale particolato fino PM<sub>10</sub>", "Piombo", "Benzene" e "Monossido di carbonio";
- i valori obiettivo per gli inquinanti "Ozono", "Arsenico", "Nichel", "Cadmio" e "IPA" (gli ultimi quattro contenuti nella Direttiva 2004/107/CE non ancora recepita nell'ordinamento italiano).

**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.

Ad esempio l'OMS per la definizione del Valore guida per l'esposizione continuativa all'Acido Solfidrico, indicato pari a 150 µg/m<sup>3</sup> come media giornaliera, si è basata sul concetto di LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level, ossia la più bassa concentrazione di una sostanza in grado

di causare effetto sulla salute umana) assunto pari a  $15.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\equiv 15 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) che provoca l'insorgenza di sintomi di irritazione della congiuntiva oculare umana. Da questo valore di LOAEL diviso per un fattore di protezione pari a 100, ossia relativamente elevato perché la curva dose effetto subisce un repentino innalzamento (a  $70 \text{ mg}/\text{m}^3$  sono riscontrati seri danni agli occhi), è stato determinato il Valore guida raccomandato

**Igiene Industriale:** La Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ha pubblicato i limiti di esposizione permessi (PELs) che hanno una funzione di regolatori dell'esposizione negli ambienti di lavoro, pertanto sono delle norme. Molti di questi limiti sono basati sui valore limite della soglia (TLVs) della ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists - congresso americano degli igienisti industriali riconosciuti dal governo), mentre in parte si riferiscono ai limiti di esposizione raccomandati (RELs) pubblicati dalla NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health - istituto nazionale di sicurezza e salubrità professionale) ed introdotti in luogo dei preesistenti TLVs in occasione delle periodiche revisioni.

A titolo di esempio sono descritti i TLVs della ACGIH. Per le sostanze d'interesse (acido solfidrico, mercurio vapori inorganici, ammoniaca, borati inorganici) i TLV risultano più restrittivi dei corrispondenti RELs, mentre fa eccezione l'arsenico in forma di sali inorganici.

Il TLVs ACGIH di una sostanza definiscono il livello ragionevole a cui un lavoratore può essere esposto senza un rischio avverso di malattia o di ferita.

I TLV sono espressi in ppm (parti per milione) o in  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

I TLVs sono distinti in base al tempo di mediazione in:

- TLV-TWA, limite di esposizione espresso come media ponderata di 8 ore, per giorno lavorativo e su una settimana lavorativa di 40 ore
- TLV-STEL, limite di esposizione di breve durata (15 minuti) che non deve essere superato e che non deve ripetersi per più di 4 volte nell'arco della giornata

TLV-C, limite assoluto di esposizione che non dovrebbe essere superato in nessun momento

Sostanza	TLV-TWA		TLV-STEL	
	$\text{mg}/\text{m}^3$	ppm	$\text{mg}/\text{m}^3$	Ppm
Ammoniaca	18	25	25	35
Acido Solfidrico	14 (1,4)*	10 (1)*	21 (7)*	15 (5)*
Mercurio, vapori inorganici	0,025		-	
Borati, sali inorganici	2		6	
Arsenico, sali inorganici	0,01		-	
* nuovi valori di TLV contenuti nella proposta di modifica non ancora accettati e permangono tali per il 2007				

## **Termini e definizioni inerenti le emissioni degli impianti**

**Sostanze:** gli elementi chimici e loro composti, escluse le sostanze radioattive e gli organismi geneticamente modificati

**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

**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

**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

**Effluente gassoso:** lo scarico gassoso, contenente emissioni solide, liquide o gassose; la relativa portata volumetrica è espressa in metri cubi all'ora, riportata alle condizioni normali ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ), previa detrazione del tenore del vapore acqueo, se non diversamente stabilito

**Condizioni normali:** una temperatura di 273,15 °K ed una pressione di 101,3 kPa (ossia 1,013 bar)

**Emissioni in atmosfera:** qualsiasi sostanza solida, liquida o gassosa introdotta nell'atmosfera che possa causare inquinamento atmosferico

**Emissione convogliata:** emissione di un effluente gassoso effettuata attraverso uno o più appositi punti (condotti)

**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

**Fattore di emissione:** Rapporto tra massa di sostanza inquinante emessa e unità di misura specifica di prodotto o di servizio

**Concentrazione:** Rapporto tra massa di sostanza inquinante emessa e volume dell'effluente gassoso (es.  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ )

**Flusso di massa:** Massa di sostanza emessa nell'unità di tempo (es.  $\text{kg}/\text{h}$  o  $\text{g}/\text{h}$ )

**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

Le definizioni sopra citate sono riportate sul D. Lgs. 3.04.2006 n° 152 e sulla Direttiva 96/61/CE del Consiglio Europeo.

**AMIS:** Acronimo di impianto di Abbattimento del Mercurio e dell'Idrogeno Solforato, impianto per la riduzione delle emissioni di mercurio e acido solfidrico dei gas incondensabili

Il funzionamento dell'impianto si basa essenzialmente su tre step successivi:

- la rimozione del mercurio presente nella corrente gassosa mediante adsorbimento su un letto fisso di sorbente specifico, con rendimenti di oltre il 99%;
- la successiva conversione dell' $\text{H}_2\text{S}$  a  $\text{SO}_2$  mediante reazione di ossidazione selettiva ottenuta a bassa temperatura su letto catalitico;

- l'assorbimento dell'anidride solforosa con acqua geotermica, grazie ai composti alcalini in essa naturalmente presenti, in una colonna a riempimento.

**MTD:** Migliori Tecniche Disponibili, riguardano la definizione delle caratteristiche tecniche e dei criteri di utilizzo delle migliori tecniche e metodiche disponibili per la riduzione dell'inquinamento atmosferico

**PRRM:** Piano Regionale di Risanamento e Mantenimento della qualità dell'aria con Delibera del Consiglio Regionale n°44 del 25/6/08

**OMS-WHO:** Organizzazione Mondiale della Sanità o World Health Organization, agenzia specializzata dell'ONU per la salute