



**MONITORAGGIO DELLE AREE  
GEOTERMICHE TOSCANE  
ANNO 2016**

**ARPAT - AREA VASTA SUD  
SETTORE GEOTERMIA**

**Controllo alle emissioni delle centrali  
geotermoelettriche**

**REPORT**

**Sistemi  
produttivi** 

MONITORAGGIO DELLE AREE  
GEOTERMICHE TOSCANE  
**ANNO 2016**

ARPAT - AREA VASTA SUD  
SETTORE GEOTERMIA

Controllo alle emissioni delle centrali  
geotermoelettriche

# INDICE

<b>1 - SINTESI</b>	<b>4</b>
<b>2 – INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
<b>3 - CONTROLLO DELLE EMISSIONI DELLE CENTRALI GEOTERMoeLETTRICHE (CGTE)</b>	<b>11</b>
<b>3.1 - Normativa di riferimento</b>	<b>12</b>
<b>3.2 - Metodi</b>	<b>13</b>
<b>3.3 – Risultati</b>	<b>15</b>
<b>3.3.1 - Acido solfidrico e mercurio in uscita dalle centrali</b>	<b>15</b>
<b>3.3.2 - Acido solfidrico, mercurio e anidride solforosa in uscita dall'AMIS.</b>	<b>16</b>
<b>3.3.3 - Requisiti minimi di esercizio</b>	<b>17</b>
<b>3.3.4 – CGTE Bagnore -Abbattimento dell'Ammoniaca e dell'Idrogeno Solforato in entrata centrale</b>	<b>20</b>
<b>3.3.5 - Efficienza di abbattimento AMIS sul compressore</b>	<b>24</b>
<b>3.3.6 – Fattori di emissione</b>	<b>25</b>
<b>3.3.7 – Parametri non normati</b>	<b>25</b>
<b>3.3.8 - Determinazione dell'arsenico alle emissioni</b>	<b>27</b>
<b>3.3.9. - Pozzi geotermici</b>	<b>28</b>
<b>4 – CONCLUSIONI</b>	<b>30</b>

## 1 – SINTESI

In Toscana la produzione di energia elettrica tramite la coltivazione dei fluidi geotermici rappresenta un'importante fonte energetica alternativa, anche in considerazione del fatto che il calore geotermico è utilizzato per usi plurimi, tra cui il teleriscaldamento di abitazioni e serre. Nel 2016 la produzione di circa 5.837GWh, fornita dai 36 gruppi geotermoelettrici produttivi presenti in Toscana, è riuscita a coprire quasi il **30,8%** del fabbisogno elettrico regionale.

Anche nel 2016, in linea con gli indirizzi della Regione Toscana, le attività di ARPAT in merito al controllo delle attività geotermiche si sono incentrate su:

- il controllo delle emissioni delle centrali geotermoelettriche;
- il monitoraggio della qualità dell'aria del territorio geotermico toscano, con particolare attenzione agli inquinanti "mercurio gassoso" e "acido solfidrico" (o idrogeno solforato), ritenuti rappresentativi delle pressioni esercitate dalle attività geotermiche antropiche e/o naturali;
- il monitoraggio di acque superficiali e sotterranee del Monte Amiata.

(gli ultimi due punti sono oggetto di specifiche relazioni tecniche)

Nel 2016 il Settore Geotermia di ARPAT ha effettuato **17 controlli alle emissioni** delle centrali geotermoelettriche, verificando **11 centrali**, in linea con quanto programmato. Come nei due anni precedenti anche nel 2016 l'attività di controllo è stata focalizzata sulla zona geotermica del Monte Amiata, soprattutto nel versante grossetano, al fine di monitorare gli effetti dell'entrata a regime della nuova centrale Bagnore 4 riducendo, di conseguenza, i controlli sulle centrali ricadenti nell'Area geotermica tradizionale (Lago, Larderello e Radicondoli).

Nel 2016 ARPAT è stata inoltre impegnata, con ENEL GP ed il CNR di Pisa, in uno studio di approfondimento relativo all'applicazione dei metodi di campionamento e di analisi per la determinazione rispettivamente del mercurio e dell'acido solfidrico in uscita dalle torri refrigeranti; entrambi gli studi sono stati svolti sotto il coordinamento del CNR di Pisa (Istituto di Geoscienze e Georisorse). L'attività ha riguardato la verifica delle procedure di applicazione dei metodi e contestuale effettuazione di campionamenti alle emissioni svolti in parallelo da parte delle due organizzazioni, con l'obiettivo di allineare le procedure di campionamento e analisi e ridurre il più possibile lo scarto che spesso veniva registrato dalle due organizzazioni.

## 2 – INTRODUZIONE

La Regione Toscana ha adottato il *Piano Regionale di Risanamento e Mantenimento della Qualità dell'Aria (PRRM) 2008-2010*, in corso di aggiornamento<sup>1</sup>. Il Piano nasce dalla direttiva europea 96/62/CE, che richiede il controllo delle sorgenti di emissione e dal D.Lgs 351/99, che attribuisce alle Regioni il compito di valutare la qualità dell'aria, prevedendo quindi il miglioramento delle prestazioni ambientali delle centrali geotermoelettriche (CGTE).

La Regione Toscana, anche a questo scopo, dal 1996 ha affidato ad ARPAT lo svolgimento delle attività ritenute significative per valutare la sostenibilità e la compatibilità ambientale della coltivazione dei fluidi geotermici; dal 2012 tale attività è continuata ai sensi delle Delibere della Regione Toscana n. 2750 del 2003 (sostituita successivamente dal Dec. RT n. 1743 del 08/05/2014) e n. 344 del 2010.

ARPAT, confermando l'interesse per tale attività, ha previsto una specifica struttura (Settore Geotermia) con sede presso il Dipartimento ARPAT di Grosseto.

Il presente documento riporta i risultati dell'attività di controllo alle emissioni delle CGTE svolta da tale Settore nell'anno 2016 ed è da ritenersi aggiornamento e integrazione del resoconto del 2015.

Il controllo delle emissioni ha per finalità principale la verifica del rispetto dei VLE (Valori Limite di Emissione) ai sensi della normativa regionale vigente, più restrittiva della normativa nazionale e, contestualmente, e l'approfondimento e la caratterizzazione delle conoscenze rispetto allo scenario emissivo che contraddistingue le centrali geotermoelettriche.

Le aree produttive della Toscana su cui è svolta l'attività di coltivazione dei fluidi geotermici ad alta entalpia<sup>2</sup> per la produzione di energia elettrica, sono suddivise in due aree principali territorialmente distinte:

1. area del Monte Amiata – che comprende gli impianti localizzati nei territori comunali di Piancastagnaio (SI) con 3 centrali attive (PC3, PC4, PC5) per una potenza nominale complessiva di 60MWe (Mega Watt Elettrici) e Santa Fiora (GR) dove, in località Bagnore, sono in esercizio tre gruppi produttivi (Bagnore 3, Bagnore 4 Grp1, Bagnore 4 Grp2) ciascuno di potenza nominale di 20MWe, per un totale di 60MWe. In totale sul Monte Amiata è presente una potenza nominale complessiva di 120MWe; tutte le centrali sono dotate di impianto di abbattimento AMIS (Abbattimento di Mercurio e Idrogeno Solforato);
2. area tradizionale – che comprende gli impianti localizzati nei territori comunali di Pomarance, Castelnuovo di Val di Cecina e Monteverdi (ubicati nella provincia di Pisa), Monterotondo Marittimo e Montieri (in provincia di Grosseto), Radicondoli e Chiusdino (in provincia di Siena).

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

---

1 il 20 novembre 2017, con la proposta di deliberazione al Consiglio regionale n.14, la Giunta regionale ha inviato al Consiglio regionale la proposta di Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA) per la sua approvazione definitiva

2 entalpia: funzione di stato di un sistema che esprime la quantità di energia che esso può scambiare con l'ambiente

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

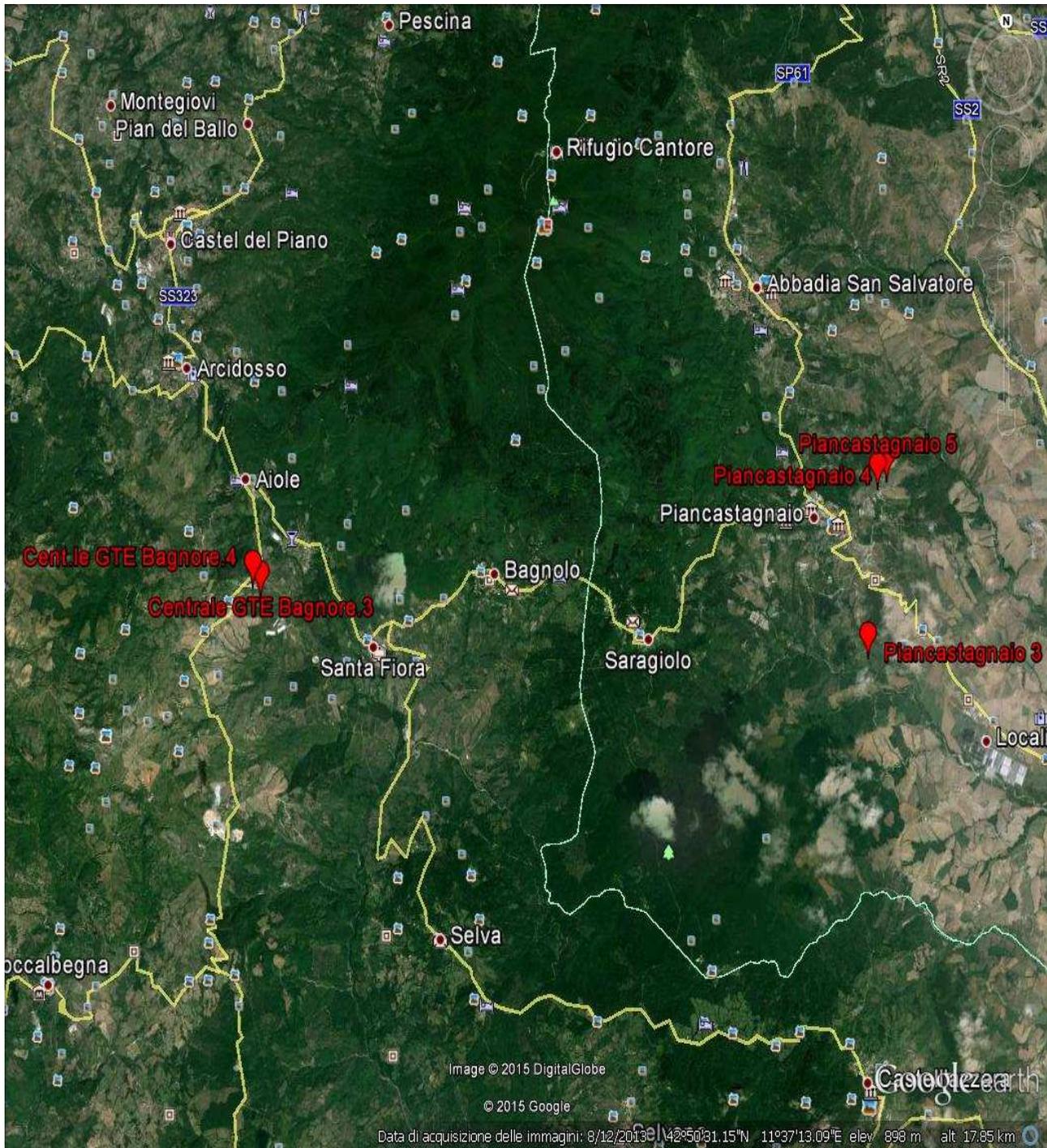
In tale area nel 2016 hanno esercito complessivamente 30 centrali, per una potenza nominale di circa 794,5MWe.

Tabella 1 - Elenco Centrali geotermoelettriche in esercizio al 31/12/2016

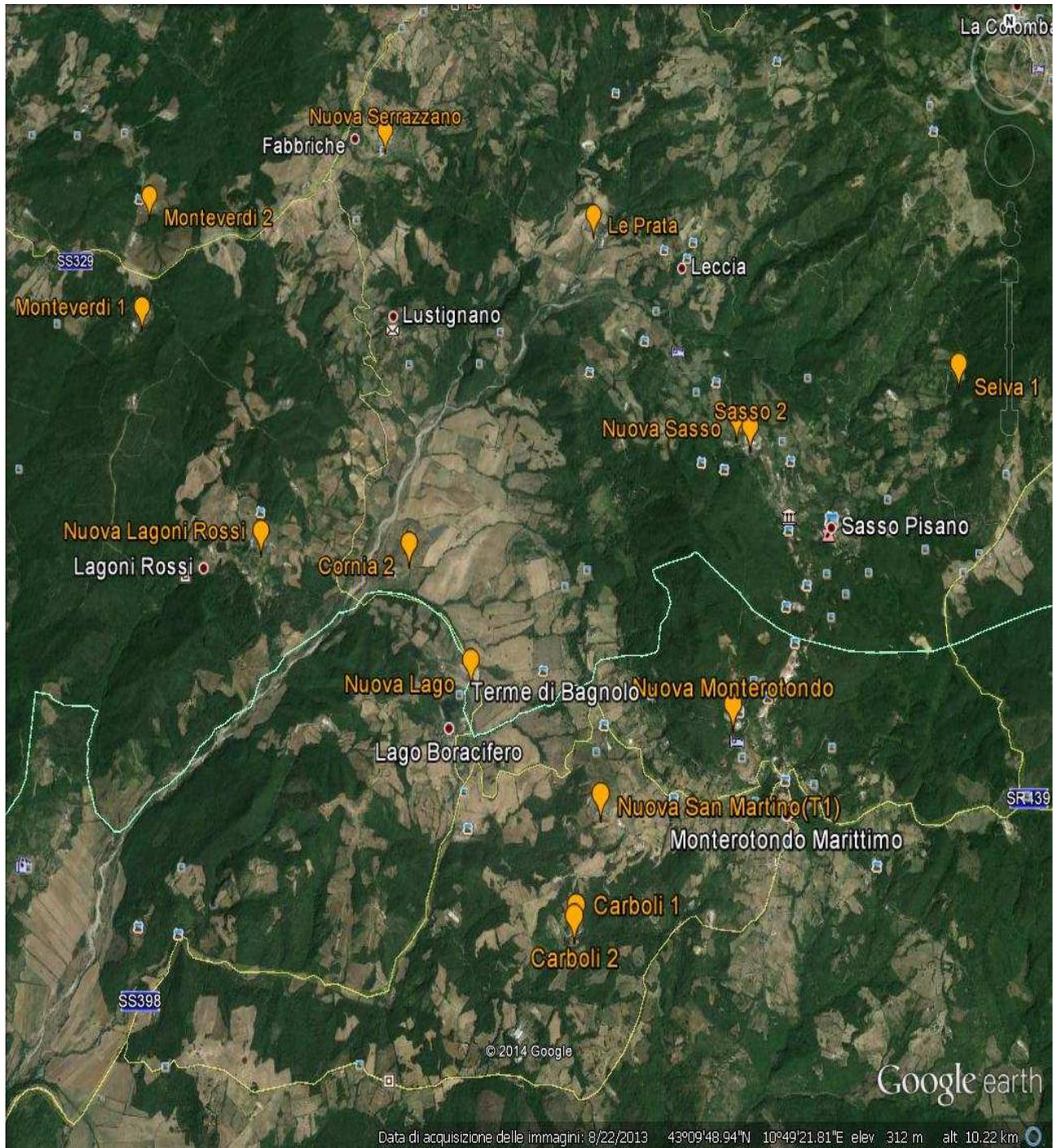
	Area territoriale Geotermica	denominazione Centrale	Comune (PV)	Potenza nominale (MWe)	Tipologia torri raffreddamento	tiraggio di	data avviamento (anno)
1	Larderello	SESTA 1	Radicondoli (SI)	20	Indotto		2002
2		FARINELLO	Pomarance (PI)	60	Indotto		1995
3		NUOVA GABBRO	Pomarance (PI)	20	Naturale		2002
4		NUOVA LARDERELLO	Pomarance (PI)	20	Naturale		2005
5		VALLE SECOLO 1	Pomarance (PI)	60	Indotto		1991
6		VALLE SECOLO 2	Pomarance (PI)	60	Indotto		1992
7		NUOVA CASTELNUOVO	Castelnuovo (PI)	14,5	Naturale		2000
8		NUOVA MOLINETTO	Castelnuovo (PI)	20	Indotto		2002
9	Radicondoli	NUOVA RADICONDOLI 1	Radicondoli (SI)	40	Indotto		2002
10		NUOVA RADICONDOLI 2	Radicondoli (SI)	20	Indotto		2010
11		PIANACCE	Radicondoli (SI)	20	Indotto		1987
12		RANCIA 1	Radicondoli (SI)	20	Indotto		1986
13		RANCIA 2	Radicondoli (SI)	20	Indotto		1988
14		TRAVALE 3	Montieri (GR)	20	Indotto		2000
15		TRAVALE 4	Montieri (GR)	40	Indotto		2002
16		CHIUSDINO	Chiusdino (SI)	20	Indotto		2010
17	Lago	NUOVA LAGONI ROSSI	Pomarance (PI)	20	Indotto		1981
18		NUOVA SERRAZZANO	Pomarance (PI)	60	Naturale		2002
19		MONTEVERDI 1	Monteverdi (PI)	20	Indotto		1997
20		MONTEVERDI 2	Monteverdi (PI)	20	Indotto		1997
21		CARBOLI 1	Monterotondo (GR)	20	Indotto		1998
22		CARBOLI 2	Monterotondo (GR)	20	Indotto		1997
23		NUOVA LAGO	Monterotondo (GR)	10	Indotto		2002
24		NUOVA MONTEROTONDO	Monterotondo (GR)	10	Naturale		2002
25		NUOVA SAN MARTINO	Monterotondo (GR)	40	Indotto		2005
26		CORNIA 2	Castelnuovo (PI)	20	Indotto		1994
27		LE PRATA	Castelnuovo (PI)	20	Indotto		1996
28		NUOVA SASSO	Castelnuovo (PI)	20	Indotto		1996
29		SASSO 2	Castelnuovo (PI)	20	Naturale		2009
30		SELVA 1	Castelnuovo (PI)	20	Indotto		1999
31	Piancastagnaio	PIANCASTAGNAIO 3	Piancastagnaio (SI)	20	Indotto		1990
32		PIANCASTAGNAIO 4	Piancastagnaio (SI)	20	Indotto		1991
33		PIANCASTAGNAIO 5	Piancastagnaio (SI)	20	Indotto		1991
34		BAGNORE 3	Santa Fiora (GR)	20	Indotto		1998
35		BAGNORE 4 Grp 1	Santa Fiora (GR)	20	Indotto		2015
36		BAGNORE 4 Grp 2	Santa Fiora (GR)	20	Indotto		2015

Nelle sottostanti cartografie, sono riportate le localizzazioni delle centrali geotermoelettriche nel territorio della Toscana organizzate per Aree Geotermiche (AGE).

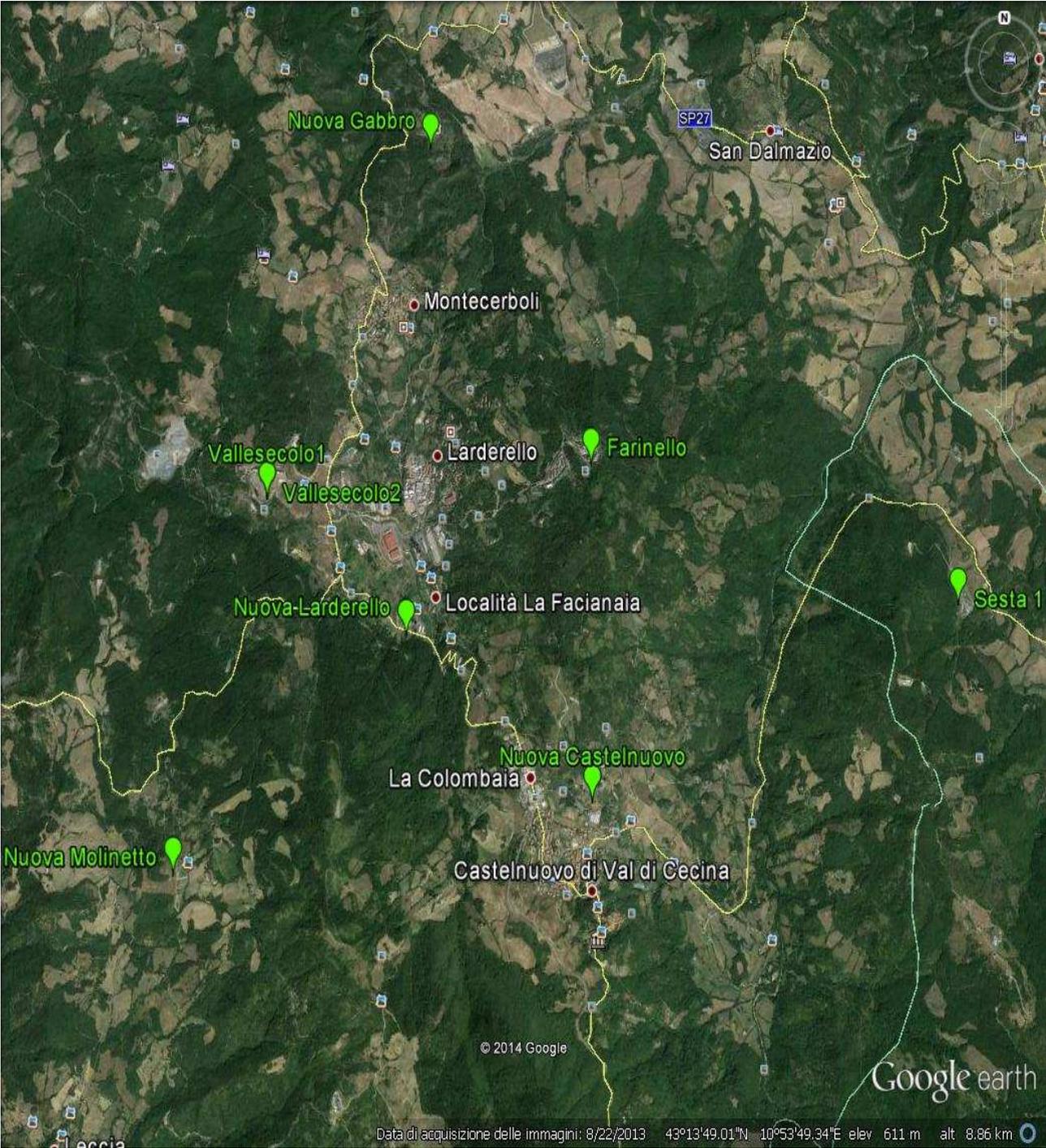
Cartografia 1 - AGE Piancastagnaio (centrali geotermoelettriche in rosso)



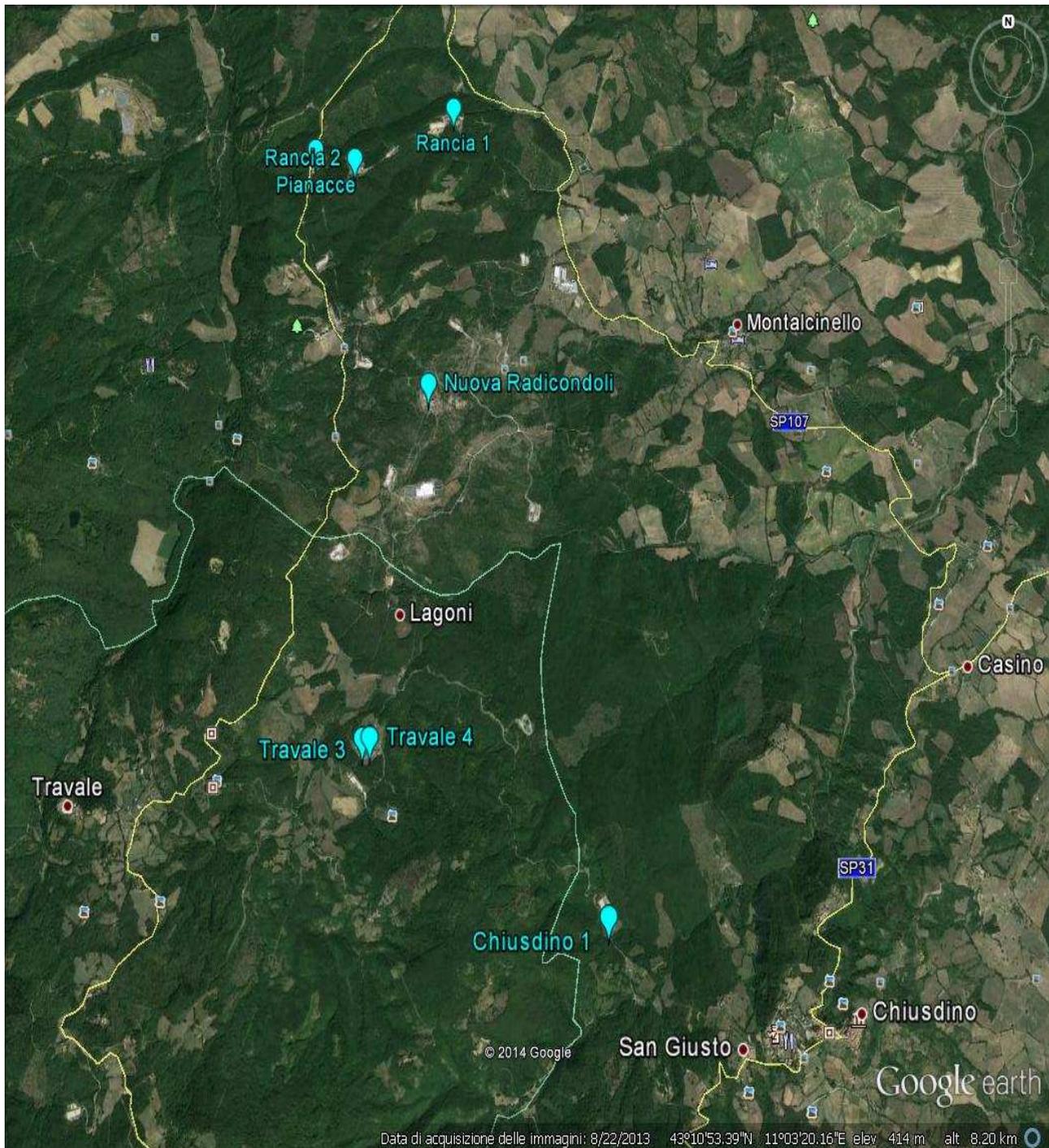
Cartografia 2 - AGE Lago (centrali geotermoelettriche in arancione)



Cartografia 3 - AGE Larderello (centrali geotermoelettriche in verde)



Cartografia 4 - AGE Radicondoli (centrali geotermoelettriche in celeste)



### 3 - CONTROLLO ALLE EMISSIONI DELLE CENTRALI GEOTERMoeLETTRICHE (CGTE)

Nella sottostante tabella 2, sono riepilogati i controlli svolti nel 2016.

Tabella 2 – Controlli 2016

Denominazione centrale	n. controlli 2016	Potenza nominale (MWe)	Comune (prov.)
Nuova Monterotondo	1	10	Monterotondo marittimo (GR)
Nuova Sasso	1	20	Castelnuovo Val di Cecina (PI)
Sasso 2	1	20	Castelnuovo Val di Cecina (PI)
Le Prata	1	20	Castelnuovo Val di Cecina (PI)
Chiusdino 1	1	20	Chiusdino (SI)
Nuova Larderello	1	20	Pomarance (PI)
Bagnore 4 Grp 1	3	20	Santa Fiora (GR)
Bagnore 4 Grp 2	3	20	Santa Fiora (GR)
Bagnore 3	3	20	Santa Fiora (GR)
PC - 3	1	20	Piancastagnaio (SI)
PC - 4	1	20	Piancastagnaio (SI)

il controllo effettuato da ARPAT si può circostanziare nelle seguenti attività :

1. sopralluogo all'impianto;
2. determinazione analitica di:

Entrata AMIS	Uscita AMIS	Torre refrigerante	Condense circolanti	Collettore di centrale (solo per le centrali di Bagnore)	Parametri di funzionamento
Acido solfidrico, mercurio, selenio, antimonio, arsenico, ammoniaca, biossido di carbonio, metano	Acido solfidrico, mercurio, anidride solforosa, selenio, antimonio, arsenico, ammoniaca, biossido di carbonio, metano	Acido solfidrico, mercurio, anidride solforosa, selenio, antimonio, arsenico, boro, ammoniaca	Mercurio, selenio, arsenico, boro, antimonio, ammoniaca, pH, conducibilità, calcio, magnesio, cloruri, nitrati, solfati, sodio, potassio	Acido solfidrico, ammoniaca	Requisiti minimi di esercizio (ore di non funzionamento centrale, ore di funzionamento AMIS), carico produttivo

### 3. Determinazione strumentale di:

<b>Entrata AMIS</b>	<b>Uscita AMIS</b>	<b>Torre refrigerante</b>	<b>Collettore di centrale</b> (solo per le centrali di Bagnore)	<b>Parametri di funzionamento</b>
Velocità media del fluido, temperatura del fluido, pressione del fluido, portata secca, portata massiva umida, portata umida	Velocità media del fluido, temperatura del fluido, pressione del fluido, portata secca, portata massiva umida, portata umida	Velocità media dell'aeriforme, temperatura dell'aeriforme, pressione dell'aeriforme, portata umida dell'aeriforme	Rapporto gas/vapore, rapporto gas/fluido, rapporto vapore/fluido, portata fluido, portata gas, portata vapore	Temperatura prima del lavaggio gas,, temperatura ingresso e uscita reattore catalitico, portata, temperatura e pH dell'acqua di lavaggio colonna C2, tenore di ossigeno nel reattore catalitico, portata acido sistema di abbattimento dell'ammoniaca (solo per le centrali di Bagnore), $\Delta P$ e temperatura del filtro per l'abbattimento del mercurio

### 3.1 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I limiti alle emissioni in atmosfera sono fissati da normative nazionali (D.Lgs 152/2006) i cui valori, per le centrali geotermoelettriche, non sono rappresentativi dell'effettivo quadro emissivo delle centrali stesse, in quanto non sono riferiti agli inquinanti emessi nelle forme più significative e, in più, con valori limite di emissione molto permissivi rispetto ai valori emissivi reali delle centrali geotermoelettriche ottenuti con le attuali tecnologie di abbattimento.

Per questo motivo la Regione Toscana ha previsto l'applicazione di valori limite di emissione più restrittivi rispetto alla normativa nazionale e il rispetto di valori limite di emissione da parte del sistema di abbattimento AMIS, non previsto dalle normative nazionali, che costituisce la migliore tecnologia disponibile per abbattere il mercurio e l'acido solfidrico presenti nella quota di gas incondensabili migliorando così la qualità dell'emissione.

Al 31/12/2016 risultano autorizzate ai sensi della normativa regionale (Tabella 4.1, Allegato A della DGRT 344/2010) tutte le centrali, eccetto Sasso 2 e Nuova Lagoni Rossi per le quali sono ancora vigenti le vecchie autorizzazioni.

Nella successiva tabella 3, sono riportate le denominazioni delle centrali controllate nel 2016 con le relative autorizzazioni di riferimento, compresi i valori limite di emissione:

Tabella 3 - Elenco delle centrali controllate nel 2016 con le relative autorizzazioni

Denominazione centrale	Autorizzazione	Valori limite di Emissione	
		Uscita AMIS (1)	Uscita Centrale
<b>Nuova Monterotondo</b>	Determinazione provincia di Grosseto n. 935 del 14/04/2015 (Det. SUAP n. 324 del 17/04/2015)	H <sub>2</sub> S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO <sub>2</sub> = 200 g/h	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 4 g/h
<b>Nuova Sasso</b>	Determinazione della Provincia di Pisa n. 3804 del 18/09/2014	H <sub>2</sub> S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO <sub>2</sub> = 200 g/h	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
<b>Sasso 2 (2)</b>	Decreto della RT n. 1198 del 26/03/2008	H <sub>2</sub> S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO <sub>2</sub> = 200 g/h	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
<b>Bagnore 4 (gruppi 1 e 2)</b>	Autorizzazione RT DD 570 20/02/2014	H <sub>2</sub> S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO <sub>2</sub> = 200 g/hh	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
<b>Le Prata</b>	Determinazione della Provincia di Pisa n. 3804 del 18/09/2014	H <sub>2</sub> S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO <sub>2</sub> = 200 g/h	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
<b>Nuova Larderello</b>	Determinazione della Provincia di Pisa n. 4040 del 02/10/2014	H <sub>2</sub> S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO <sub>2</sub> = 200 g/h	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 4 g/h
<b>Bagnore 3</b>	Determinazione della Provincia di GR n. 4124 del 29/12/2014 (SUAP n. 1027 del 11/02/2015)	H <sub>2</sub> S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO <sub>2</sub> = 200 g/h	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
<b>Piancastagnaio PC-3</b>	Determinazione della Provincia di Siena n. 2113 del 21/09/2015 (SUAP n.17603 del 19/10/2015)	H <sub>2</sub> S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO <sub>2</sub> = 200 g/h	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
<b>Piancastagnaio PC-4</b>	Autorizzaz. Provincia di Siena Det. 2117 del 21/09/2015 (SUAP n.17605 del 19/10/2015)	H <sub>2</sub> S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO <sub>2</sub> = 200 g/h	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
<b>Chiusdino 1</b>	Decreto Regione Toscana n. 3379 del 13/07/2009 (Limiti di cui alla tabella 4.1 della DGRT n. 344 della RT)	H <sub>2</sub> S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO <sub>2</sub> = 200 g/h	H <sub>2</sub> S = 30 kg/h Hg = 10 g/h

Nota (1) – H<sub>2</sub>S in uscita AMIS. In caso di superamento del valore di riferimento (3kg/h), il valore limite si considera comunque rispettato se l'abbattimento sul compressore è superiore al 97%.

Nota (2) – Valori Limite di Emissione solo indicativi in quanto vigente la vecchia Autorizzazione

### 3.2 – METODI

Per i controlli è stata applicata la procedura tecnica specifica (adottata con Decreto della Regione Toscana n° 1743 del 08/05/2014), che stabilisce quanto segue:

- le condizioni del controllo definendo i criteri di assetto dell'impianto al fine di rendere valido il controllo stesso;
- l'emissione della centrale e le correnti di processo che vi concorrono;
- gli inquinanti da determinare, che comprendono tutti quelli per i quali sono stabiliti VLE, più altri inquinanti per i quali non sono previsti VLE, nonché i relativi metodi di campionamento e analisi e valutazione dei risultati.

#### **Determinazione del mercurio in emissione dalla torre refrigerante.**

Nel 2016 si è concluso lo studio di interconfronto ARPAT – ENEL GP, coordinato dal CNR di Pisa (Istituto di Geoscienze e Georisorse), per la definizione di un protocollo univoco per la determinazione del mercurio in emissione dalla torre refrigerante (Decreto n. 9721 del 26/09/2016). Le prove condotte nelle ultime fasi dello studio hanno dimostrato che le differenze

analitiche presenti prima dell'interconfronto sono state ricondotte a valori più accettabili e probabilmente compresi nell'intervallo relativo all'incertezza di misura.

Il protocollo di interconfronto ha previsto le attività aggiuntive di seguito riepilogate:

- 04/03/2015 - avvio alla fase di studio;
- 15/05/2015 – discussione sulla possibilità di applicare il metodo UNI EN 13211, come proposto da ARPAT;
- 06/07/2015 - confronto tra materiali e metodi di Enel GP e di ARPAT e discussione dei risultati ottenuti dalle prove in campo;
- 15/09/2015 – successivo confronto tra materiali e metodi di Enel GP e di ARPAT e discussione dei risultati ottenuti dalle prove in campo;
- 25/03/2016 - ulteriore confronto tra materiali e metodi di Enel GP e di ARPAT e discussione dei risultati ottenuti dalle prove in campo;
- 22/04/2016 - elaborazioni statistiche dei risultati;
- 08/06/2016 - illustrazione della bozza finale del metodo.

Le attività svolte in campo sono relative a 5 campionamenti in parallelo effettuati presso le centrali Bagnore 3 (Comune di S. Fiora) e Le Prata (Comune di Castelnuovo V.C.).

Il primo campionamento è stato di semplice confronto per illustrare al CNR le differenze applicative del metodo da parte delle due organizzazioni (ARPAT ed ENEL GP).

Le successive prove sperimentali sono state effettuate modificando di volta in volta le condizioni di prelievo, ossia: tipo di assorbitori contenenti la soluzione di assorbimento, soluzione di assorbimento stessa, portata dell'apparecchiatura di aspirazione (2 – 5 – 10 L/min), volume di fluido prelevato (800 L, 1500 L, 1800 L).

Le prove hanno permesso di allineare le due procedure riguardo:

- la standardizzazione della modalità di lavaggio della vetreria per eliminare eventuali cross-contamination;
- la standardizzazione delle velocità del flusso di campionamento;
- l'allineamento del volume di fluido campionato;
- la definizione di un'analisi statistica dei risultati;
- la definizione degli affondamenti della sonda di prelievo.

Al termine della sperimentazione sono stati ottenuti valori con scarti accettabili e confrontabili e pertanto è stata approvata la procedura (rev.0) di cui al Rapporto tecnico del CNR n. Prot. 1508 del 15/06/2016 approvata con decreto RT n. 0721 del 26/09/2016).

CNR, ARPAT e ENEL GP proseguono la fase di studio al fine di migliorare i risultati (già soddisfacenti) di questa sperimentazione.

Nel 2016 è emersa un'analogia problematica per la determinazione dell'idrogeno solforato emesso dalle torri refrigeranti; le risultanze analitiche di ARPAT e ENEL GP hanno mostrato differenze meno significative di quelle registrate nella determinazione del mercurio. Sebbene i valori di H<sub>2</sub>S misurati dalle due strutture sono risultati ampiamente al di sotto dei valori limite, e visto che alcuni scarti erano comunque significativi, è stato ritenuto opportuno verificare, mediante prove di interconfronto coordinato dal CNR di Pisa, le fasi di analisi e di prelievo in applicazione del metodo adottato.

Nel mese di luglio 2016 si è svolta una riunione di pianificazione delle attività presso la sede dell'Istituto di Geoscienze e Georisorse del CNR di Pisa. Nella medesima riunione sono state verificate le procedure integrative delle due organizzazioni circa l'applicazione del metodo Unichim 634. Il confronto ha evidenziato una differenza procedurale potenzialmente significativa relativamente al fatto che ENEL GP esegue la titolazione in campo mentre ARPAT la effettua in laboratorio, previa stabilizzazione in campo del campione con soda. Lo studio, quindi, si è posto l'obiettivo di verificare l'equivalenza o meno di queste due fasi applicative. Le prove

sono state svolte su campioni di gas prelevati alle emissioni della torre refrigerante della centrale di Chiusdino1 (Comune di Chiusdino).

L'interconfronto sta evidenziando come causa degli scarti registrati, una possibile problematica legata al mancato mantenimento del pH acido della soluzione di iodio che, in ambiente alcalino, potrebbe generare reazioni di dismutazione dell'alogeno, con passaggio dallo stato elementare a ione alogenuro e ipoalogenito. Nel caso lo iodio subisca una reazione di dismutazione prima della reazione di titolazione, nel campione di prova si determina una sovrastima dei solfuri.

Anche per questa problematica CNR, ARPAT e ENEL GP proseguiranno nel 2017 la fase di studio al fine di migliorare i risultati (già soddisfacenti) di questa sperimentazione.

### 3.3 – RISULTATI DEI CONTROLLI

#### 3.3.1 - Acido solfidrico e mercurio in uscita dalle centrali.

Nella tabella 4 sono riportati, in concentrazione e in flusso di massa, i dati riguardo i due parametri maggiormente significativi, idrogeno solforato e mercurio relativi ai controlli svolti nel 2016.

Tabella 4 - Valori di emissione dei parametri normati in uscita dalla centrale – 2016

<b>EMISSIONE TOTALE DELLA CENTRALE - PARAMETRI NORMATI</b> <b>(Tab. 4.1 della DGRT n. 344:2010)</b>					
<b>Centrale</b>	<b>data</b>	<b>H<sub>2</sub>S</b> (mg/Nm <sup>3</sup> )	<b>H<sub>2</sub>S</b> (kg/h)	<b>Hg totale</b> (mg/Nm <sup>3</sup> )	<b>Hg totale</b> (g/h)
<b>Nuova Monterotondo</b>	Febbraio 2016	0,8	2,5	0,0003	0,8
<b>Nuova Sasso</b>	Marzo 2016	5,6	24,5	0,0001	1,0
<b>Sasso 2</b>	Marzo 2016	36,2	17,8	0,010	1,0
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	Aprile 2016	2,5	11,3	0,0002	1,0
<b>Le Prata</b>	Maggio 2016	nd	nd	0,0001	1,0
<b>Nuova Larderello</b>	Maggio 2016	nd	nd	0,0001	0,3
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	Giugno 2016	1,2	4,8	0,0004	2,0
<b>Bagnore 3</b>	Luglio 2016	3,4	13,4	0,0003	1,2
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	Luglio 2016	2,6	9,7	0,001	1,9
<b>Chiusdino 1</b>	Agosto 2016	3,8	19,1	nd	nd
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	Settembre 2016	1,7	8,0	0,0004	2,0
<b>Bagnore 3</b>	Ottobre 2016	3,0	13,6	0,001	3,7

I dati della tabella 4 risultano rispettare, per tutte le centrali controllate, i valori limite di emissione di cui alla tabella 2 della presente relazione (tab. 4.1 della DGRT 344/2010).

### 3.3.2 - Acido solfidrico, mercurio e anidride solforosa in uscita dagli AMIS

Nella tabella 5 sono riportati, in concentrazione e in flusso di massa, i dati riguardo i tre parametri normati in uscita AMIS.

Tabella 5 – Emissioni AMIS -anno 2016

<b>EMISSIONI AMIS - PARAMETRI NORMATI</b> <b>(Tab. 4.1 della DGRT n. 344:2010)</b>							
<b>Centrale</b>	<b>data</b>	<b>H<sub>2</sub>S</b> <b>(mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>H<sub>2</sub>S</b> <b>(kg/h)</b>	<b>Hg</b> <b>totale</b> <b>(mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>Hg</b> <b>totale</b> <b>(g/h)</b>	<b>SO<sub>2</sub></b> <b>(mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>SO<sub>2</sub></b> <b>(g/h)</b>
<b>Nuova Monterotondo</b>	Febbraio 2016	904,3	1,0	0,6	0,7	5,7	10
<b>Nuova Sasso + Sasso2</b>	Marzo 2016	36,2	0,2	0,01	1,0	5,7	40
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	Aprile 2016	29,6	0,3	0,02	0,2	1,6	15
<b>Le Prata</b>	Maggio 2016	182,2	0,5	0,03	0,1	11,4	30
<b>Nuova Larderello</b>	Maggio 2016	28,5	0,04	0,004	0,01	3,4	10
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	Giugno 2016	29,3	0,2	0,1	1,0	1,4	10
<b>Bagnore 3</b>	Luglio 2016	28,2	0,2	0,1	0,5	8,3 (1)	100
<b>Chiusdino 1</b>	Agosto 2016	28,8	0,1	0,02	0,1	8,3	40
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	Settembre 2016	29,5	0,2	0,1	0,5	3,4	20
<b>Bagnore 3</b>	Ottobre 2016	29,2	0,2	0,1	0,4	5,7	30
<b>PC-3</b>	Ottobre 2016	29,4	0,2	0,01	0,1	1,4	10
<b>PC - 4</b>	Ottobre 2016	29,3	0,2	0,1	0,8	2,3	20
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	Novembre 09/11/2016	29,5	0,2	0,1	0,7	1,4	10
<b>Bagnore 3</b>	Novembre 2016	29,7	0,1	0,1	0,5	2,3	10

(1) – Dato ENEL GP

Tutti i risultati ottenuti sono compresi entro i valori limite di emissione in uscita AMIS, di cui alla tabella 19 delle presente relazione (tab. 4.1 Allegato A della DGRT 344/2010).

Tenuta presente la prescrizione n. 15 della Delibera n. 810/2012 (pronuncia i compatibilità ambientale sulla costruzione della centrale Bagnore 4), a seguito della quale i due AMIS dei rispettivi gruppi produttivi di Bagnore 4 (Grp 1 e Grp 2) devono essere interconnessi, e con riferimento alla prescrizione n. 16 di cui alla succitata Delibera, secondo la quale ciascun AMIS deve avere la capacità di trattare almeno il 30% di un eventuale extraflusso dovuto a un fermo AMIS dell'altro gruppo, nella successiva tabella 6 sono riportati i controlli svolti da ARPAT nel 2016.

Tabella 6 - Emissioni AMIS Bagnore 4 Grp 1 e 2 + Extraflusso -anno 2016

<b>EMISSIONI AMIS + Extraflusso - PARAMETRI NORMALI</b> <b>(Tab. 4.1 della DGRT n. 344:2010)</b>							
<b>Centrale</b>	<b>data</b>	<b>H<sub>2</sub>S</b> (mg/Nm <sup>3</sup> )	<b>H<sub>2</sub>S</b> (kg/h)	<b>Hg</b> (mg/Nm <sup>3</sup> )	<b>Hg</b> (g/h)	<b>SO<sub>2</sub></b> (mg/Nm <sup>3</sup> )	<b>SO<sub>2</sub></b> (g/h)
<b>Bagnore 4 Grp 2 + 30% del Grp 1</b>	Giugno 2016	28,0	0,3	0,03	0,3	1,4	20
<b>Bagnore 4 Grp 1 + 39% del Grp2</b>	Liglio 2016	27,6	0,3	0,04	0,4	5,7 (1)	50
<b>Bagnore 4 Grp 2 + 37% del Grp1</b>	Settembre 2016	29,4	0,3	0,1	0,6	2,3	20
<b>Bagnore 4 Grp 1 + 30% del Grp2</b>	Novembre 09/11/2016	30,1	0,3	0,005	0,04	3,4	30

(1) – Dato ENEL GP

Tutti i risultati ottenuti in uscita AMIS in configurazione di trattamento di un extraflusso non inferiore al 30% proveniente dal gruppo in fermo AMIS, sono compresi entro i valori limite di emissione in uscita AMIS, di cui alla tabella 2 delle presente relazione (tab. 4.1 Allegato A della DGRT 344/2010).

### 3.3.3 - Requisiti minimi di esercizio

Tenuto presente la particolarità delle centrali geotermoelettriche legata al fatto di non poter chiudere i pozzi produttivi afferenti alla centrale in caso di guasto o di fermo della centrale stessa (la chiusura dei pozzi è un'operazione complessa e pericolosa), risulta importante ridurre il più possibile il numero dei blocchi centrale e di fermo impianto AMIS. Per questo, la Regione Toscana, con la Del. n.344/2010, ha definito requisiti minimi di esercizio che le centrali devono rispettare, allo scopo di minimizzare gli sfiori in atmosfera (Tabella 4.2 dell'allegato A della DGRT 344/2010- sottostante Tabella 7).

Tabella 7 - Requisiti minimi di esercizio – Valori limite (Tab. 4.2 Allegato A DGRT 344/2010)

Descrizione	Requisito minimo (%)
Per le centrali: ore di NON funzionamento <sup>1</sup> x 100/8760	< 5
Per gli AMIS: ore di funzionamento AMIS X 100/ore di funzionamento centrale	≥ 90

Nota 1 : per ore di non funzionamento della centrale si intende quando questa non è attiva e si ha, contemporaneamente, uno sfioro diretto in atmosfera. Sono quindi escluse da questo computo le ore di non funzionamento, durante le quali non si ha emissione diretta del fluido geotermico (sfioro).

Per le tre centrali presenti in Loc. Bagnore, (Bagnore 3, Bagnore 4 Grp 1 e Bagnore 4 Grp 2) il requisito minimo di ore di funzionamento AMIS è  $\geq 95\%$  anziché  $\geq 90\%$ , ossia più restrittivo.

Nella successiva tabella 8, sono riportati i dati relativi al 2016 (i dati di processo sono comunicati da ENEL GP, mentre le elaborazioni sono state eseguite da ARPAT).

**Tabella 8 – Requisiti minimi anno 2016**

	<b>Denominazione Centrale</b>	<b>Per le centrali: ore di NON funzionamento x 100/8760 (%)</b> <b>(Requisito minimo &lt; 5%)</b>	<b>Per gli AMIS: ore di funzionamento AMIS X 100/ore di funzionamento centrale (%)</b> <b>(Requisito minimo ≥ 90%)</b>	<b>NOTE</b>
1	SESTA 1	4,13	91	-
2	FARINELLO	0,22	90	-
3	NUOVA GABBRO	0,83	91	-
4	NUOVA LARDERELLO	0,86	90	-
5	VALLE SECOLO 1	0,00	91	-
6	VALLE SECOLO 2	0,00	92	-
7	NUOVA CASTELNUOVO	2,42	94	-
8	NUOVA MOLINETTO	0,55	90	-
9	NUOVA RADICONDOLI 1	1,21	91	-
10	NUOVA RADICONDOLI 2	0,45	91	-
11	PIANACCE	0,29	92	-
12	RANCIA 1	0,36	91	-
13	RANCIA 2	0,28	93	-
14	TRAVALE 3	0,74	94	-
15	TRAVALE 4	0,76	91	-
16	CHIUSDINO	0,12	93	-
17	NUOVA LAGONI ROSSI	0,37	93	-
18	NUOVA SERRAZZANO	1,72	91	-
19	MONTEVERDI 1	1,09	91	-
20	MONTEVERDI 2	3,47	90	-
21	CARBOLI 1	0,29	92	-
22	CARBOLI 2	0,47	92	-
23	NUOVA LAGO	0,39	92	-
24	NUOVA MONTEROTONDO	1,20	<b>68 (1)</b>	<b>(1) - Valore limite In deroga fino a marzo 2018</b>
25	NUOVA SAN MARTINO	0,90	92	-
26	CORNIA 2	0,42	92	-
27	LE PRATA	0,27	93	-
28	NUOVA SASSO	0,28	91	-
29	SASSO 2	0,34	92	-
30	SELVA 1	1,08	92	-
31	BAGNORE 3	0,23	95	-
32	BAGNORE 4 GR1	0,12	99	-
33	BAGNORE 4 GR2	0,03	97	-
34	PIANCASTAGNAIO 3	0,98	98	-
35	PIANCASTAGNAIO 4	0,76	95	-
36	PIANCASTAGNAIO 5	0,62	98	-

Nota 1: per ore di non funzionamento della centrale si intende quando questa non è attiva e si ha, contemporaneamente, uno sfioro diretto in atmosfera. Sono quindi escluse da questo computo le ore di non funzionamento durante le quali non si ha emissione diretta del fluido geotermico (sfioro).

**Tutte le centrali rientrano nei valori limite, eccetto Nuova Monterotondo.** Per questa centrale ENEL GP ha presentato istanza di deroga circa il rispetto del requisito minimo di funzionamento AMIS. Tale richiesta è stata motivata dalle mutate condizioni fisico-chimiche del fluido geotermico di alimentazione della centrale, dovute a una diminuzione significativa della portata del vapore in ingresso centrale con conseguente diminuzione delle temperature del reattore catalitico. Ciò causava frequenti malfunzionamenti AMIS in numero tale da non poter rispettare il requisito minimo di funzionamento (>90%). Tenuto presente il basso impatto emissivo della centrale, che marcia con carico produttivo di 5–6 MWe contro un carico nominale di 10MWe, la Regione Toscana, sentita ARPAT, ha concesso la deroga per un periodo di un anno.

### 3.3.4 - CGTE Bagnore - Abbattimento dell'ammoniaca e dell'idrogeno solforato in ingresso centrale

La risorsa geotermica nell'area del Monte Amiata versante grossetano è caratterizzata da un'elevata concentrazione di ammoniaca rispetto alle altre aree geotermiche. La Regione Toscana, allo scopo di mitigare l'impatto emissivo di ammoniaca (NH<sub>3</sub>) determinato dall'entrata in produzione di Bagnore 4, che di fatto andrebbe a triplicare l'emissione di ammoniaca, ha prescritto a ENEL GP l'installazione, per le sole centrali presenti in Loc. Bagnore, di un sistema di abbattimento dell'ammoniaca con la prescrizione di avere un'efficienza di abbattimento pari o maggiore al 75% rispetto al dato in entrata centrale. Il principio di funzionamento si basa sull'acidificazione, con acido solforico, delle condense circolanti ottenendo così la salificazione dell'ammoniaca a solfato d'ammonio, con conseguente indisponibilità della stessa a essere strippata dall'aeriforme emesso dalla torre evaporativa. Tale l'acidificazione delle condense favorisce anche la ripartizione dell'H<sub>2</sub>S verso la fase gassosa rispetto alla fase liquida, aumentando così la quota inviata al trattamento AMIS. Per questo inquinante è stata prescritta un'efficienza di abbattimento pari o maggiore al 90% rispetto alla quantità in ingresso centrale. Nella sottostante tabella 9, sono riportati i risultati ARPAT.

Tabella 9 - Abbattimento di centrale NH<sub>3</sub> - H<sub>2</sub>S - Bagnore - anno 2016 -dati ARPAT

DENOMINAZIONE CENTRALE	DATA	NH <sub>3</sub> - Entrata centrale (kg/h)	NH <sub>3</sub> - Uscita centrale (kg/h)	NH <sub>3</sub> abbattimento (%)	H <sub>2</sub> S Entrata centrale (kg/h)	H <sub>2</sub> S - Uscita centrale (kg/h)	H <sub>2</sub> S emissione (%)
BAGNORE 3	Luglio 2016	235,8	26,6	<b>88,7</b>	233,3	13,4	<b>5,7</b>
BAGNORE 3	ottobre 2016	198,9	34,4	<b>82,7</b>	184,7	13,6	<b>7,4</b>
BAGNORE 4 Grp 1	aprile 2016	212,7	31,2	<b>85,3</b>	170,6	11,3	<b>7,7</b>
BAGNORE 4 Grp 1	luglio 2016	200,0	14,7	<b>92,6</b>	214,5	9,7	<b>4,5</b>
BAGNORE 4 Grp 2	giugno 2016	ND (1)	30,9	ND (1)	ND (1)	4,8	ND (1)
BAGNORE 4 Grp 2	Settembre 2016	344,0	27,9	<b>91,9</b>	230,7	8,0	<b>3,5</b>

Nota (1) – Non determinato a causa di imprevisti tecnici. I bassi valori determinati di H<sub>2</sub>S e di NH<sub>3</sub>, sono comunque indicativi del buon funzionamento del sistema di trattamento.

**I risultati puntuali ottenuti sono tutti compresi entro i valori limite.** I parametri di cui alla tabella 9, però, non sono normati. I parametri normati sono riferiti al dato su base annua (Delibera n.810/2012 - prescrizioni n. 8, 9 e 11) calcolata come media dei controlli bimestrali svolti da ENEL GP.

Nella seguenti tabelle 10 e 11, sono riportati i valori determinati da ENEL GP con frequenza bimestrale (media calcolata da ARPAT).

Tabella 10 - Bagnore 3 e 4 – Emissione **H<sub>2</sub>S** in uscita centrale (%) – Anno 2016 – Dati ENEL GP

<b>Centrale</b>	<b>Data/periodo</b>	<b>Emissione % rispetto al flusso di massa in ingresso (Valore limite = 10)</b>
Bagnore 3	1° bimestre 2016	6,0
	2° bimestre 2016	3,4
	3° bimestre 2016	4,7
	4° bimestre 2016	3,8
	5° bimestre 2016	5,9
	6° bimestre 2016	5,2
		<b>Media : 4,8</b>
Bagnore 4 Grp 1	1° bimestre 2016	5,5
	2° bimestre 2016	3,8
	3° bimestre 2016	4,0
	4° bimestre 2016 (luglio)	6,5
	4° bimestre 2016 (agosto)	4,4
	5° bimestre 2016	4,9
	6° bimestre 2016	4,8
		<b>Media: 4,8</b>
Bagnore 4 Grp 2	1° bimestre 2016	4,9
	2° bimestre 2016	2,8
	3° bimestre 2016	3,9
	4° bimestre 2016	5,1
	5° bimestre 2016	1,3
	6° bimestre 2016	4,8
		<b>Media: 3,8</b>

Tabella 11 – Bagnore 3 e 4 – Abbattimento NH<sub>3</sub> in uscita centrale – 2016 – Dati ENEL GP

Centrale	Data/periodo	Abbattimento % rispetto al flusso di massa in ingresso (Valore limite ≥75) Valore determinato da ENEL GP
Bagnore 3	1° bimestre 2016	88,8
	2° bimestre 2016	76,6
	3° bimestre 2016	75,7
	4° bimestre 2016	75,8
	5° bimestre 2016	76,7
	6° bimestre 2016	83,7
		<b>Media: 79,5</b>
Bagnore 4 Grp 1	1° bimestre 2016	89,5
	2° bimestre 2016	80,6
	3° bimestre 2016	80,4
	4° bimestre 2016 (luglio)	90,7
	4° bimestre 2016 (agosto)	81,9
	5° bimestre 2016	86,4
	6° bimestre 2016	89,1
		<b>Media: 85,5</b>
Bagnore 4 Grp 2	1° bimestre 2016	91,6
	2° bimestre 2016	91,4
	3° bimestre 2016	91,4
	4° bimestre 2016	76,0
	5° bimestre 2016	95,6
	6° bimestre 2016	89,4
		<b>Media: 89,2</b>

I risultati degli autocontrolli di ENEL GP, sono tutti conformi ai Valori Limite di cui alle prescrizioni n. 8, 9 e 11 della Del n.810/22012 allegato A

### 3.3.5 – Efficienza di abbattimento AMIS (anno 2016)

Nella sottostante tabella 12 sono riportati i dati di efficienza di abbattimento dell'AMIS del mercurio e dell'acido solfidrico rilevati da ARPAT. Per tutte le centrali (eccetto Nuova Monterotondo per le motivazioni già esposte al paragrafo 3.3.2) i dati dimostrano abbattimenti ampiamente superiori al 90% per il mercurio e prossimi al 100% per l'acido solfidrico. Si precisa che l'efficienza di abbattimento non è un parametro normato, eccetto per l'acido solfidrico nei casi di mancato rispetto del valore assoluto (3kg/h); in questi casi, se l'efficienza di abbattimento è maggiore del 97%, il valore limite si ritiene rispettato.

Tabella 12 - Efficienza abbattimento AMIS - controlli ARPAT anno 2016

<b>Denominazione Centrale</b>	<b>Data</b>	<b>Efficienza abbattimento AMIS Idrogeno Solforato (%)</b>	<b>Efficienza abbattimento AMIS Mercurio Gassoso (%)</b>
<b>Nuova Monterotondo</b>	febbraio 2016	81,2	ND (1)
<b>Sasso 2</b>	marzo 2016	99,7	99,2
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	aprile 2016	99,8	99,1
<b>Le Prata</b>	maggio 2016	99,3	ND (2)
<b>Nuova Larderello</b>	maggio 2016	99,8	ND (2)
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	giugno 2016	99,8	92,1
<b>Bagnore 3</b>	luglio 2016	99,9	94,5
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	Luglio 2016	99,8	98,0
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	settembre 2016	99,8	96,8
<b>Bagnore 3</b>	ottobre 2016	99,8	96,4
<b>PC - 3</b>	ottobre 2016	Non in programma	Non in programma
<b>PC - 4</b>	ottobre 2016	Non in programma	Non in programma
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	novembre 2016	99,8	94,8
<b>Bagnore 3</b>	novembre 2016	99,9	94,5

Nota (1) – Breve blocco del gruppo produttivo durante la fase di campionamento rendendo la misura non più attendibile.

Nota (2) – Non calcolabile in quanto, per imprevisti di natura tecnica, non è stato determinato il Mercurio in entrata AMIS.

### 3.3.6 - Fattori di emissione – Anno 2016

Ai fini di una migliore rappresentazione dell'impatto legato all'attività emissiva, si riportano, in tabella 13, i fattori di emissione calcolati, come rapporto dei flussi di massa (kg/h) per gli inquinanti H<sub>2</sub>S, Hg e NH<sub>3</sub>, sul carico medio della centrale (MWe/h) registrato durante l'attività di controllo.

Tabella 13 - Fattori di emissione anno 2016

Denominazione Centrale	Data	Fattore emissione H <sub>2</sub> S (kg/MWe)	Fattore emissione Hg (kg/MWe)	Fattore emissione NH <sub>3</sub> (kg/MWe)
Nuova Monterotondo	Febbraio 2016	0,42	0,0001	0,12
Nuova Sasso	Marzo 2016	2,43	0,00005	0,50
Sasso 2	Marzo 2016	1,12	0,00007	0,36
Bagnore 4 Grp 1	Aprile 2016	0,54	0,00005	1,49
Le Prata	Maggio 2016	nd	0,00006	nd
Nuova Larderello	Maggio 2016	nd	0,00002	nd
Bagnore 4 Grp 2	Giugno 2016	0,24	0,0001	1,52
Bagnore 3	Luglio 2016	0,68	0,00006	1,36
Bagnore 4 Grp 1	Luglio 2016	0,48	0,0001	0,73
Chiusdino 1	Agosto 2016	1,07	nd	0,42
Bagnore 4 Grp 2	Settembre 2016	0,40	0,0001	1,40
Bagnore 3	Ottobre 2016	0,69	0,0009	1,75

### 3.3.7 – Parametri non soggetti a Normativa

Nella sottostante Tabella 14 sono riportati i risultati dei parametri non normati

Tabella 14 – Parametri non normati – Anno 2016

Centrale	Nuova Monterotondo	Nuova Sasso	Sasso 2	Bagnore 4 Grp 1	Le Prata	Nuova Larderello	Bagnore 4 Grp 2	Bagnore 3	Bagnore 4 Grp 1	Chiusdino 1	Bagnore 4 Grp 2	Bagnore 3	PC-3 Solo AMIS	PC-4 Solo AMIS	Bagnore 4 Grp 1 Solo AMIS	Bagnore 4 Grp 1 Solo AMIS	Bagnore 3 Solo AMIS
Data/parametri	Febbraio 2016	Marzo 2016	Marzo 2016	Aprile 2016	Maggio 2016	Maggio 2016	Giugno 2016	Luglio 2016	Luglio 2016	Agosto 2016	Settembre 2016	ottobre 2016	ottobre 2016	ottobre 2016	9 novembre 2016	30 novembre 2016	novembre 2016
Biossido di Carbonio mg/Nm <sup>3</sup>	325,1	ND(1)	1 112 418,6	2 897,8	668,3	580,8	2 450,3	1 921,9	2 776,8	1 380,1	2 073,1	1 758,4	1 422 351	1 449 640	809 219	1 013 809	1 388 013
Biossido di Carbonio kg/h	985,4	ND(1)	8 153,2	13 181,4	3 304,5	1 840,4	9 860,3	7 450,1	10 464,2	6 897,9	9 654,1	7 894,0	11 129,5	10 244,4	5 337,2	8 478,6	6 801,1
Monossido di carbonio mg/Nm <sup>3</sup>	0,01	ND(1)	496,8	0,4	0,1	0,04	0,4	0,5	0,5	0,1	0,4	0,5	242,4	120,9	243,3	343,3	366,3
Monossido di carbonio kg/h	0,04	ND(1)	3,6	1,9	0,4	0,1	1,7	1,9	1,8	0,5	1,7	2,3	1,9	0,9	1,6	2,9	1,8
Selenio mg/Nm <sup>3</sup>	0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0003	<0,0001	<0,0001	0,0002	<0,0001	0,0002	ND	0,0001	<0,0001	ND	ND	ND	ND	ND
Selenio g/h	0,5	Non calcolabile	Non calcolabile	1,4	Non calcolabile	Non calcolabile	0,8	Non calcolabile	1	ND	1	Non calcolabile	ND	ND	ND	ND	ND
Antimonio mg/Nm <sup>3</sup>	0,00004	<0,0002	<0,0002	0,0001	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	ND	<0,0002	0,0001	ND	ND	ND	ND	ND
Antimonio g/h	0,1	Non calcolabile	Non calcolabile	0,3	Non calcolabile	Non calcolabile	Non calcolabile	Non calcolabile	Non calcolabile	ND	Non calcolabile	0,4	ND	ND	ND	ND	ND
Ammoniac a mg/Nm <sup>3</sup>	0,1	1,1	2,0	6,9	ND	ND	7,7	6,9	3,9	1,5	6,0	7,7	ND	ND	ND	ND	ND
Ammoniac a kg/h	0,3	5,0	5,7	31,2	ND	ND	30,9	26,6	14,7	7,5	27,9	34,4	ND	ND	ND	ND	ND
Metano mg/Nm <sup>3</sup>	11 820,3	ND	12 774,2	37 778,1	6 137,2	5 415,3	40 280,8	32 116,2	30 908,5	22 332,3	36 835,5	38 880	23 782,8	17 264,5	22 706,8	27 176,7	37 447,8
Metano kg/h	13,3	ND	93,6	355,1	16,9	8,5	283,9	197,4	291,0	106,6	258,4	223,8	186,1	122,0	149,8	227,3	183,5

(1) – Le Centrali Sasso 2 e Nova Sasso condividono un unico AMIS installato a Sasso 2.

I risultati riepilogati in tabella 14 risultano in linea con i dati registrati negli anni precedenti. Si riscontrano, come aspettato, elevati valori emissivi di CO<sub>2</sub> e significativi flussi di massa di metano; quest'ultima molecola è venti volte più climalterante della CO<sub>2</sub>.

### 3.3.8. - Determinazione dell'arsenico in uscita dalle centrali – anno 2016

Nella tabella 15 sono riportati i valori ottenuti da ARPAT relativi all'arsenico in uscita centrale.

Tabella 15 – Arsenico alle emissioni delle centrali – Anno 2016

<b>Centrale</b>	<b>Data</b>	<b>Arsenico (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>Arsenico (g/h)</b>
<b>Nuova Monterotondo</b>	Febbraio 2016	0,0001	0,3
<b>Nuova Sasso</b>	Marzo 2016	0,0002	1
<b>Sasso 2</b>	Marzo 2016	Inferiore al limite di determinazione analitica (<0,0001)	-
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	Aprile 2016	0,0001	1
<b>Le Prata</b>	Maggio 2016	Inferiore al limite di determinazione analitica (<0,0001)	-
<b>Nuova Larderello</b>	Maggio 2016	Inferiore al limite di determinazione analitica (<0,0001)	-
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	Giugno 2016	Inferiore al limite di determinazione analitica (<0,0001)	-
<b>Bagnore 3</b>	Luglio 2016	Inferiore al limite di determinazione analitica (<0,0001)	-
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	Luglio 2016	Inferiore al limite di determinazione analitica (<0,0001)	-
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	Settembre 2016	Inferiore al limite di determinazione analitica (<0,0001)	-
<b>Bagnore 3</b>	Ottobre 2016	0,0001	1

Nella maggior parte dei controlli si sono registrate concentrazioni di arsenico alle emissioni delle centrali geotermoelettriche al di sotto dei limiti di determinazione analitica.

### 3.3.9 – Pozzi geotermici

Nelle tabelle 16 e 17 sono elencati i pozzi produttivi afferenti alle centrali nei quali si sono verificati sfiori nel biennio 2015-.2016. Per ogni pozzo sono riportati gli sfiori in atmosfera (t/anno). I dati sono trasmessi da ENEL GP tramite il documento d’impianto inviato con frequenza quadrimestrale.

Tabella 16 – Sfiori pozzi produttivi anno 2016

Denominazione pozzo	BAGNORE_22	BAGNORE_22A	BAGNORE_22B	CAPANNO/SR	CIOCCAIA	GABBRO_3	GABBRO_9
Fluido sfiorato (t)	-	-	-	385	-	-	-
Denominazione pozzo	LUSTIGNANO_5	MONTEROTONDO_2	MONTEVERDI_2A	MONTEVERDI_5B	MONTIERI_1	MONTIERI_1A	MONTIERI_1B
Fluido sfiorato (t)	-	-	-	-	240	420	-
Denominazione pozzo	MONTIERI_4	MONTIERI_4A	MONTIERI_5_A	PC_34D	PUNTONE_1	QUERCENNE_3B	RADICONDOLI_15
Fluido sfiorato (t)	430	-	480	40	-	-	1409
Denominazione pozzo	RADICONDOLI_17	RADICONDOLI_17C	RADICONDOLI_18	RADICONDOLI_22	RADICONDOLI_22_A	RADICONDOLI_23	RADICONDOLI_24
Fluido sfiorato (t)	294	125	2340	608,5	375	9573	220
Denominazione pozzo	RADICONDOLI_26D	RADICONDOLI_30A	RADICONDOLI_34B	RADICONDOLI_5	RADICONDOLI_6	RADICONDOLI_6BIS	RADICONDOLI_6BISA
Fluido sfiorato (t)	-	60	1398	-	819	-	5357,5
Denominazione pozzo	RADICONDOLI_6BISB	RADICONDOLI_7BIS	SANSILVESTRO_1	SERRAZZANO CF_3	TRAVALE_SUD_1	TRAVALE_SUD_1C	VALLINO
Fluido sfiorato (t)	-	6915	-	-	150	-	-
Denominazione pozzo	VECCHIO VASCONE						
Fluido sfiorato (t)	-						

Tabella 17 – Sfiori pozzi produttivi anno 2015

Denominazione pozzo	BAGNORE_22	BAGNORE_22A	BAGNORE_22B	CAPANNO/SR	CIOCCAIA	GABBRO_3	GABBRO_9
Fluido sfiorato (t)	2891,7	2030	90	-	18981,3	160	320,8
Denominazione pozzo	LUSTIGNANO_5	MONTEROTONDO_2	MONTEVERDI_2_A	MONTEVERDI_5_B	MONTIERI_1	MONTIERI_1A	MONTIERI_1B
Fluido sfiorato (t)	23220	1730	11050	3520	-	-	980
Denominazione pozzo	MONTIERI_4	MONTIERI_4A	MONTIERI_5_A	PC_34D	PUNTONE_1	QUERCENNE_3B	RADICONDOLI_15
Fluido sfiorato (t)	-	14372	-	-	3840	16560	-
Denominazione pozzo	RADICONDOLI_17	RADICONDOLI_17C	RADICONDOLI_18	RADICONDOLI_22	RADICONDOLI_22_A	RADICONDOLI_23	RADICONDOLI_24
Fluido sfiorato (t)	-	-	-	15490	6060	-	200
Denominazione pozzo	RADICONDOLI_26D	RADICONDOLI_30A	RADICONDOLI_34B	RADICONDOLI_5	RADICONDOLI_6	RADICONDOLI_6BIS	RADICONDOLI_6BISA
Fluido sfiorato (t)	268,8	-	277,5	15160	-	1530	222
Denominazione pozzo	RADICONDOLI_6BISB	RADICONDOLI_7BIS	SANSILVESTRO_1	SERRAZZANO CF_3	TRAVALE_SUD_1	TRAVALE_SUD_1C	VALLINO
Fluido sfiorato (t)	63	-	310	19350	201	210	26033,7
Denominazione pozzo	<b>VECCHIO VASCONO</b>						
Fluido sfiorato (t)	865						

Nel 2016, sono state registrate 31.639 t /anno di fluido sfiorato.

Nel 2015 sono state registrate 185.987 t/anno di fluido sfiorato.

Dal confronto dei dati risulta evidente una rilevante diminuzione del fluido sfiorato nel 2016 rispetto al 2015, 185.987 tonnellate nel 2015 contro 31.639 tonnellate nel 2016, ossia nel 2016 si registra una diminuzione del'83% rispetto agli sfiori avvenuti nel 2015.

Le motivazioni fornite da ENEL GP sono da attribuire a una migliore gestione delle attività manutentive e delle prove di produzione.

Relativamente ai pozzi produttivi siti in loc. Bagnore, che forniscono vapore alle centrali Bagnore 3 e 4, la riduzione degli sfiori è stata determinata dalla realizzazione di una rete vapore adeguata (vapordotto di interconnessione delle due centrali) e da un sistema capace di ridurre il carico produttivo tramite la laminazione controllata dei pozzi.

## 4 – CONCLUSIONI

Nel 2016 il Settore Geotermia ha effettuato 17 controlli alle emissioni che hanno interessato 11 centrali. Anche quest'anno è stato deciso di concentrare un maggior numero di controlli presso le centrali presenti in Loc Bagnore (GR), ossia Bagnore 3, Bagnore 4 Grp1 e Bagnore 4 Grp2.

Per tutte le centrali controllate delle due zone geotermiche, Monte Amiata e zona tradizionale, non sono stati registrati superamenti dei valori limite di cui agli specifici atti autorizzativi (normativa regionale).

Relativamente ai metodi di prova, nel 2016 si è concluso lo studio circa la predisposizione di un protocollo analitico e di prelievo per la determinazione del mercurio in emissione dalle torri refrigeranti. Lo studio, coordinato dal CNR, è stato svolto mediante attività sia in campo che in sede, ed ha permesso di predisporre una procedura condivisa dalle due parti i cui risultati sono stati giudicati soddisfacenti; il giudizio complessivo sarà dato sulla base dei risultati del programma 2017. Di seguito si riportano gli avvenimenti salienti di tale ricerca: nel settembre 2016 la Regione Toscana ha approvato il *“metodo di campionamento e analisi per la determinazione del mercurio in uscita dalle torri refrigeranti”* (Decreto della RT n. 9721 del 26/09/2016). Lo studio, iniziato nel 2014 e coordinato dal CNR, si è reso necessario in seguito a significative differenze tra i risultati ottenuti da ARPAT e quelli di ENEL GP, per il parametro *“mercurio”*. Tale studio si è rivelato proficuo e i dati registrati a fine lavoro hanno dimostrato uno scarto accettabile fra i risultati delle due parti. In particolare, la verifica delle fasi applicative del processo di campionamento, ha permesso l'allineamento di alcune fasi, soprattutto la condivisione della portata della pompa di aspirazione (5L/min) e del volume del campione prelevato (1800L). Inoltre, sono state definite procedure statistiche per definire l'accettabilità delle repliche. I dettagli dello studio sono riepilogati al sottoparagrafo 3.2 *“Metodi”*.

Il metodo in questione, denominato *“Procedura di campionamento e analisi per la determinazione del mercurio in uscita dalle torri di raffreddamento delle centrali geotermoelettriche – Metodo IGG-ICCOM/CNR – 3(M3)”*, di cui al decreto RT n. 9721, è oggetto di ulteriori studi di approfondimento al fine di migliorare i risultati (già soddisfacenti) ottenuti.

Analoga problematica si è posta per la determinazione dell'**acido solfidrico (idrogeno solforato)** in emissione dalle torri refrigeranti, che mostrava significativi scostamenti nei risultati ottenuti da ARPAT e ENEL GP. Nel mese di agosto 2016 è iniziato uno studio di interconfronto, che si protrarrà nel 2017 con l'auspicabile emissione di una procedura di campionamento e analisi per la determinazione dell'idrogeno solforato in uscita dalle torri di raffreddamento delle centrali geotermoelettriche”.

Il confronto fin'ora condotto ha evidenziato una potenzialmente significativa differenza di applicazione del metodo: ENEL esegue la titolazione in campo mentre ARPAT effettua la titolazione in laboratorio previa stabilizzazione in campo del campione con aggiunta di soda (ambiente alcalino). Lo studio, quindi, si è posto l'obiettivo di verificare l'equivalenza o meno di queste due diverse fasi applicative del metodo. Le prove sono state svolte su campioni di gas prelevati alle emissioni della torre refrigerante della centrale di Chiusdino1.

L'interconfronto sta evidenziando, come causa degli scarti registrati, una possibile problematica legata al mancato mantenimento del pH acido della soluzione di iodio che, in ambiente alcalino, potrebbe generare reazioni di dismutazione dell'alogeno, con passaggio dallo stato elementare a ione alogenuro e ipoalogenito. Nel caso lo iodio subisca una reazione di dismutazione prima della reazione di titolazione, si determina una sovrastima dei solfuri nel campione di prova.

Nella seguente tabella 18 sono riportati i seguenti dati:

- sintesi dei risultati dei controlli effettuati nel 2016 per i tre inquinanti più significativi: idrogeno solforato ( $H_2S$ ), mercurio (Hg) e anidride solforosa ( $SO_2$ ) in uscita dall'impianto AMIS e idrogeno solforato e mercurio in uscita dalla centrale, con riferimento ai limiti emissivi stabiliti della normativa regionale (DGRT 344/2010), che si ricorda essere più restrittiva nella normativa nazionale;
- per "USCITA AMIS" si intende l'emissione in uscita dal sistema di abbattimento del mercurio e dell'acido solfidrico, mentre, per "USCITA CENTRALE", si intende l'emissione totale della centrale, ossia la somma delle due fonti emissive costituite dallo scarico AMIS e dall'aeriforme in uscita dalla torre refrigerante.

Tabella 18 – Parametri normati - Anno 2016

Centrale	Nuova Monterotondo	Nuova Sasso	Sasso 2	Bagnore 4 Grp 1	Le Prata	Nuova Larderello	Bagnore 4 Grp 2	Bagnore 3	Bagnore 4 Grp 1	Chiusdino 1	Bagnore 4 Grp 2	Bagnore 3	PC-3	PC-4	Bagnore 4 Grp 1	Bagnore 4 Grp 1	Bagnore 3
Data	Febbraio 2016	Marzo 2016	Marzo 2016	Aprile 2016	Maggio 2016	Maggio 2016	Giugno 2016	Luglio 2016	Luglio 2016	Agosto 2016	Settembre 2016	ottobre 2016	ottobre 2016	ottobre 2016	Novembre (giorno 9) 2016	novembre (giorno 30) 2016	novembre 2016
Parametro																	
Torre refrigerante Tipologia tiraggio	Naturale	Indotto	Naturale	Indotto	Indotto	Naturale	Indotto	Indotto	Indotto	Indotto	Indotto	Indotto	Indotto	Indotto	Indotto	Indotto	Indotto
Potenza nominale (MWe)	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
H <sub>2</sub> S uscita AMIS (kg/h)	1,0	AMIS Sasso 2	0,2	0,3	0,5	0,04	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3 (1)	0,1
H <sub>2</sub> S uscita Centrale (kg/h)	2,5	24,5	17,8	11,3	nd	nd	4,8	13,4	9,7	19,1	8,0	13,6	Non in programma	Non in programma	Non in programma	Non in programma	Non in programma
Hg uscita AMIS (g/h)	0,6	AMIS Sasso 2	0,1	0,2	0,1	0,01	1,0	0,5	0,4	0,1	0,5	0,4	0,1	0,8	0,7	0,04 (1)	0,5
Hg uscita Centrale (g/h)	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	0,3	2,0	1,2	1,9	nd	2,0	3,7	Non in programma	Non in programma	Non in programma	Non in programma	Non in programma
SO <sub>2</sub> uscita AMIS (g/h)	10	AMIS Sasso 2	40	15	30	10	10	100	40	40	20	30	10	20	10	30 (1)	10
NH <sub>3</sub> abbattimento di centrale (%)	Non previsto	Non previsto	Non previsto	85,3	Non previsto	Non previsto	ND	88,7	92,6	Non previsto	91,9	82,7	Non previsto	Non previsto	Non in programma	Non in programma	Non in programma
H <sub>2</sub> S emissioni di centrale (%)	Non previsto	Non previsto	Non previsto	7,7	Non previsto	Non previsto	4,2	5,7	4,5	Non previsto	6,4	7,4	Non previsto	Non previsto	Non in programma	Non in programma	Non in programma

Come appare evidente dalla tabella 18, le risultanze dei controlli effettuati da ARPAT sono perfettamente in linea con i Valori Limite di Emissione (VLE) in flusso di massa previsti dalla tabella 4.1 allegato A della DGRT 344/10 e per comodità riportati nella sottostante tabella 19.

*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>	

Tabella 19 – valori di emissione tab. 4.1, allegato A, DGRT 344/2010

Solo per le tre centrali presenti in Loc. Bagnore gli specifici atti autorizzativi prevedono, in aggiunta, il rispetto dei valori limite di abbattimento dell'ammoniaca (NH<sub>3</sub>) e dell'acido solfidrico (H<sub>2</sub>S) in ingresso centrale. I valori limite sono riepilogati nella sottostante tabella:

Parametro	Abbattimento percentuale su base annua(%) - Valore limite
Ammoniaca (NH <sub>3</sub> )	≥ 75
Acido solfidrico (H <sub>2</sub> S)	≥ 90 (dato in emissione centrale < 10%) (1)

(1) – negli atti autorizzativi l'abbattimento dell'H<sub>2</sub>S è espresso come emissione percentuale in uscita centrale (< 10%) rispetto al dato in entrata centrale e non come abbattimento percentuale come invece avviene per l'ammoniaca.

I dati rilevati da ARPAT sono riportati nelle ultime due righe della tabella 18 e risultano indicativamente rispettare i valori limite. Si precisa che, come prescritto negli atti autorizzativi, i valori limite dei due parametri in questione sono da intendersi su base annua; per l'approfondimento si rimanda al paragrafo 3.3.4 della presente relazione.

Data: 09/04/2018

Responsabile del Settore Geotermia  
Dott. Ivano Gartner