



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

# Monitoraggio delle aree geotermiche toscane Anno 2015

*Controllo alle emissioni delle centrali  
geotermoelettriche*

ARPAT - AREA VASTA SUD  
Settore GEOTERMIA



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambien  
della Toscana

**Regione Toscana**



# INDICE

<b>1 - SINTESI</b>	<b>Pag 3</b>
<b>2 - INTRODUZIONE</b>	<b>Pag 9</b>
<b>3 - CONTROLLO DELLE EMISSIONI DELLE CENTRALI GEOTERMoeLETTRICHE (CGTE)</b>	<b>Pag 15</b>
<b>3.1 - Normativa di riferimento</b>	<b>Pag 17</b>
<b>3.2 - Metodi</b>	<b>Pag 18</b>
<b>3.3 - Risultati ottenuti</b>	<b>Pag 19</b>
<b>3.3.1 Acido solfidrico e mercurio in uscita dalle centrali</b>	<b>Pag 19</b>
<b>3.3.2 Acido solfidrico, mercurio e anidride solforosa in uscita dall'AMIS.</b>	<b>Pag. 20</b>
<b>3.3.3 Determinazione del mercurio in uscita dalla centrale</b>	<b>Pag. 21</b>
<b>3.3.4 Fattori di emissioni</b>	<b>Pag. 21</b>
<b>3.3.5 Determinazione dell'Arsenico</b>	<b>Pag. 23</b>
<b>3.4 - Efficienza AMIS</b>	<b>Pag 24</b>
<b>3.5 - Sistema di abbattimento dell'ammoniaca e dell'idrogeno solforato in ingresso centrale</b>	<b>Pag. 26</b>
<b>3.6 - Requisiti minimi di esercizio</b>	<b>Pag 27</b>
<b>4 - CONCLUSIONI</b>	<b>Pag 28</b>

*Operatori coinvolti nelle attività: Simone Magi, Riccardo Pellegrini, Luca Sbrilli, Roberto Gambuti, Elisa Galotta, personale del Settore Laboratorio Area Vasta Sud presso il Dipartimento provinciale ARPAT di Siena.*

## 1 -SINTESI

In Toscana la produzione di energia elettrica ottenuta dalla 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 2015 la produzione di circa 6.000 Gwh fornita dai 36 gruppi geotermoelettrici produttivi presenti in Toscana è riuscita a coprire oltre il 27,9% del fabbisogno elettrico regionale, costituendo il 35,6% della produzione regionale complessiva.

Nel 2015, in linea con gli indirizzi della Regione Toscana, le attività di ARPAT 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", ritenuti rappresentativi delle pressioni esercitate dalle attività geotermiche antropiche e/o naturali;
- il monitoraggio delle acque sotterranee del monte Amiata.

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

Il Settore Geotermia di ARPAT, nel **2015**, ha effettuato **23 controlli alle emissioni** delle centrali geotermoelettriche verificando **12 Centrali**. Rispetto al 2014 il numero è inferiore in quanto, a seguito delle potenziali criticità legate alla messa in esercizio della nuova Centrale geotermoelettrica Bagnore 4, è stato deciso di concentrare i controlli sui tre gruppi produttivi di Bagnore (Bagnore3, Bagnore4 grp.1 e grp.2), penalizzando il controllo delle altre centrali dell'Area geotermica tradizionale (Lago, Larderello e Radicondoli).

Di seguito si sintetizza quanto accaduto nel corso del 2015:

- dopo un periodo di sperimentazione e verifica, iniziato nel novembre 2014, nel giugno 2015 Bagnore 4 è entrata ufficialmente a regime portando la produzione di energia elettrica, sul versante grossetano del M. Amiata, a 60 Mwe;
- sono proseguiti i rinnovi delle autorizzazioni alle emissioni in ambito AUA, con l'applicazione dei valori limite di emissioni (di cui alla DGRT n. 344/2010) più restrittivi rispetto ai valori limite della normativa nazionale. Al 31/12/2015 erano in corso di rinnovo (o con autorizzazione non in scadenza) le seguenti centrali: Sasso 2, Sesta 1, N. Molinetto, N. Serrazzano, Travale 4.
- installazione degli AMIS (Abbattimento Mercurio e Idrogeno Solforato) in tutte le centrali geotermoelettriche che ne erano ancora prive, situate nella zona tradizionale, che ha determinato una sensibile diminuzione delle emissioni di acido solfidrico e mercurio.
- è proseguito lo studio di intercalibrazione ARPAT-ENEL GP (iniziato nel 2014 e coordinato dal CNR) sull'allineamento delle procedure di prova e di campionamento per la determinazione del mercurio in uscita dalla torre refrigerante. La scadenza, prevista per il 31/12/2015, è stata prorogata al 30/06/2016 (Dec. n. 5701 del 27/11/2015).

I risultati dei controlli svolti dal Settore ARPAT Geotermia, nel 2015, hanno registrato 3 superamenti dei valori limite di emissione:

- Bagnore 3 – superamento del valore limite di emissione dell'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) in uscita AMIS;
- Vallesecolo Grp 2 – superamento del valore limite di emissione del mercurio in uscita AMIS;

- Ferinello - superamento del valore limite di emissione del mercurio in uscita dalla centrale.

Nelle tabelle 1 e 2:

- sono sintetizzati i risultati dei controlli effettuati nel 2015 per i due inquinanti più significativi, idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S) e mercurio (Hg), con il riferimento ai limiti emissivi della normativa regionale, più restrittiva di quella nazionale;
- per "USCITA AMIS" si intende l'emissione in uscita dal sistema di abbattimento del mercurio e dell'acido solfidrico;
- per "USCITA CENTRALE" si intende l'emissione totale della centrale, ossia la somma delle due fonti emissive, rappresentate dall'uscita AMIS e dall'uscita dell'aeriforme dalla torre refrigerante.

**Tabella 1 - Acido Solfidrico H<sub>2</sub>S - anno 2015**

Denominazione centrale/ data del controllo	Tipologia Torre - potenza nominale	USCITA dall'AMIS		USCITA dalla CENTRALE	
		Valori determinati dai controlli ARPAT H <sub>2</sub> S Uscita AMIS (kg/h)	Valore Limite di Emissione uscita AMIS (kg/h)	Valori determinati dai controlli ARPAT H <sub>2</sub> S uscita centrale (kg/h)	Valore Limite di Emissione uscita centrale DGRT n. 344/2010 H <sub>2</sub> S (kg/h)
<b>Vallesecolo Grp 2</b> (dic 2015)	Tiraggio indotto 60 MWe	<b>0,3</b>	<b>3</b>	-	<b>80</b>
<b>Piancastagnio - 5</b> (nov 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>30</b>
<b>Bagnore 4 Grp 2</b> (set 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>1</b>	<b>3</b>	-	<b>30</b>
<b>Travale 3</b> (set 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>1,5</b>	<b>3</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
<b>Travale 4</b> (set 2015)	Tiraggio indotto 40 MWe	-	-	<b>18,1</b>	<b>80</b> (indicativo)
<b>Bagnore 3</b> (set 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,3</b>	<b>3</b>	-	<b>30</b>
<b>Bagnore 4 Grp 2</b> (ago 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,2</b>	<b>3</b>	-	<b>30</b>
<b>Bagnore 3</b> (ago 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,2</b>	<b>3</b>	-	<b>30</b>
<b>Bagnore 4 Grp 1</b> (lug 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,2</b>	<b>3</b>	<b>3,8</b>	<b>30</b>
<b>Bagnore 3</b> (lug 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,2</b>	<b>3</b>	-	<b>30</b>

Denominazione centrale/ data del controllo	Tipologia Torre - potenza nominale	USCITA dall'AMIS		USCITA dalla CENTRALE	
		Valori determinati dai controlli ARPAT H <sub>2</sub> S Uscita AMIS (kg/h)	Valore Limite di Emissione uscita AMIS (kg/h)	Valori determinati dai controlli ARPAT H <sub>2</sub> S uscita centrale (kg/h)	Valore Limite di Emissione uscita centrale DGRT n. 344/2010 H <sub>2</sub> S (kg/h)
<b>Vallesecolo Grp 2</b> (giu 2015)	Tiraggio indotto 60 MWe	<b>0,3</b>	<b>3</b>	<b>10,7</b>	<b>80</b>
<b>Vallesecolo Grp 1</b> (giu 2015)	Tiraggio indotto 60 MWe	<b>0,2</b>	<b>3</b>	<b>2,8</b>	<b>80</b>
<b>Bagnore 3</b> (giu 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,2</b>	<b>3</b>	-	<b>30</b>
<b>Farinello</b> (mag 2015)	Tiraggio indotto 60 MWe	<b>0,3</b>	<b>3</b>	<b>9,5</b>	<b>80</b>
<b>S. Martino</b> (apr 2015)	Tiraggio indotto 40 MWe	<b>0,1</b>	<b>3</b>	<b>10,8</b>	<b>80</b>
<b>Bagnore 3</b> (mar 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,3</b>	<b>3</b>	<b>8,8</b>	<b>30</b>
<b>Bagnore 4 Grp 2</b> (mar 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,4</b>	<b>3</b>	<b>8,8</b>	<b>30</b>
<b>Bagnore 4 Grp 1</b> (mar 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,4</b>	<b>3</b>	<b>16,3</b>	<b>30</b>
<b>Nuova Serrazzano</b> (feb 2015)	Tiraggio naturale 60 MWe	<b>0,4</b>	<b>3</b>	-	<b>80</b>

**Tabella 2 - Mercurio Hg - anno 2015**

Denominazione centrale/ data del controllo	Tipologia Torre - potenza nominale	USCITA dall'AMIS		USCITA dalla CENTRALE	
		Valori determinati dai controlli ARPAT H <sub>g</sub> Uscita AMIS (g/h)	Valore Limite di Emissione uscita AMIS (g/h)	Valori determinati dai controlli ARPAT Hg uscita centrale (g/h)	Valore Limite di Emissione uscita centrale DGRT n. 344/2010 Hg (g/h)
<b>Vallesecolo Grp 2</b> (dic 2015)	Tiraggio indotto 60 MWe	<b>0,4</b>	<b>2</b>	-	<b>15</b>
<b>Piancastagnio - 5</b> (nov 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	-	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
<b>Bagnore 4 Grp 2</b> (set 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,3</b>	<b>2</b>	-	<b>10</b>
<b>Travale 3</b> (set 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,2</b>	<b>2</b>	<b>3,3</b>	<b>10</b>
<b>Travale 4</b> (set 2015)	Tiraggio indotto 40 MWe	-	2	<b>2,1</b>	<b>15</b> (indicativo)
<b>Bagnore 3</b> (set 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,6</b>	<b>2</b>	-	<b>10</b>
<b>Bagnore 4 Grp 2</b> (ago 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,2</b>	<b>2</b>	-	<b>10</b>
<b>Bagnore 3</b> (ago 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
<b>Bagnore 4 Grp 1</b> (lug 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,4</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
<b>Bagnore 3</b> (lug 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	-	<b>2</b>	-	<b>10</b>
<b>Vallesecolo Grp 2</b> (giu 2015)	Tiraggio indotto 60 MWe	<b>3,2</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
<b>Vallesecolo Grp 1</b> (giu 2015)	Tiraggio indotto 60 MWe	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>Bagnore 3</b> (giu 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,5</b>	<b>2</b>	<b>1,7</b>	<b>10</b>
<b>Farinello</b> (mag 2015)	Tiraggio indotto 60 MWe	<b>0,3</b>	<b>2</b>	<b>17</b>	<b>15</b>
<b>S. Martino</b> (apr 2015)	Tiraggio indotto 40 MWe	<b>0,1</b>	<b>2</b>	<b>10,8</b>	<b>15</b>

Denominazione centrale/ data del controllo	Tipologia Torre - potenza nominale	USCITA dall'AMIS		USCITA dalla CENTRALE	
		Valori determinati dai controlli ARPAT H <sub>g</sub> Uscita AMIS (g/h)	Valore Limite di Emissione uscita AMIS (g/h)	Valori determinati dai controlli ARPAT Hg uscita centrale (g/h)	Valore Limite di Emissione uscita centrale DGRT n. 344/2010 Hg (g/h)
<b>Bagnore 3</b> (mar 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>10</b>
<b>Bagnore 4 Grp 2</b> (mar 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,5</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>Bagnore 4 Grp 1</b> (mar 2015)	Tiraggio indotto 20 MWe	<b>0,5</b>	<b>2</b>	<b>1,6</b>	<b>10</b>
<b>Nuova Serrazzano</b> (feb 2015)	Tiraggio naturale 60 MWe	<b>0,1</b>	<b>2</b>	<b>14,3</b>	<b>15</b>

**In grigio i superamenti dei Valori limite**

Nella tabella 3 sono riportati i valori di emissione, in flusso di massa, del parametro anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), che costituisce il prodotto di ossidazione dell'acido solfidrico, alla base del processo di abbattimento che avviene nell'AMIS. L'SO<sub>2</sub> è l'unica sostanza prodotta dal processo, ossia non presente in modo naturale nel fluido geotermico.

**Tabella 3 - Anidride Solforosa (SO<sub>2</sub>) in uscita AMIS - anno 2015**

DENOMINAZIONE CENTRALE	DATA	SO <sub>2</sub> IN USCITA AMIS VLE DGRT 344/2010 (g/h)	SO <sub>2</sub> IN USCITA AMIS Valore determinato da ARPAT (g/h)
<b>Vallesecolo Grp 2</b> Tiraggio indotto 60 MWe	15/12/2015	<b>200</b>	<b>30</b>
<b>Piancastagnaio - 5</b> Tiraggio indotto 20 MWe	17/11/2015	<b>200</b>	<b>100</b>
<b>Travale 3</b> Tiraggio indotto 20 MWe	02/09/2015	<b>200</b>	<b>88</b>
<b>Bagnore 4 Grp 2</b> Tiraggio indotto 20 MWe	05/05/2015	<b>200</b>	<b>30</b>
<b>Bagnore 3</b> Tiraggio indotto 20 MWe	04/05/2015	<b>200</b>	<b>60</b>
<b>Bagnore 4 Grp 1</b> Tiraggio indotto 20 MWe	14/07/2015	<b>200</b>	<b>30</b>
<b>Bagnore 3</b> Tiraggio indotto 20 MWe	15/07/2015	<b>200</b>	<b>40</b>

DENOMINAZIONE CENTRALE	DATA	SO <sub>2</sub> IN USCITA AMIS VLE DGRT 344/2010 (g/h)	SO <sub>2</sub> IN USCITA AMIS Valore determinato da ARPAT (g/h)
<b>Vallesecolo Grp 2</b> Tiraggio indotto 60 MWe	24/06/2015	<b>200</b>	<b>40</b>
<b>Vallesecolo Grp 1</b> Tiraggio indotto 60 MWe	24/06/2015	<b>200</b>	<b>30</b>
<b>Bagnore 3</b> Tiraggio indotto 20 MWe	04/06/2015	<b>200</b>	<b>1 230</b>
<b>Bagnore 3</b> Tiraggio indotto 20 MWe	10/03/2015	<b>200</b>	<b>10</b>
<b>Bagnore 4 Grp 2</b> Tiraggio indotto 20 MWe	18/03/2015	<b>200</b>	<b>10</b>

**In grigio i superamenti dei Valori limite**

Durante il controllo di Bagnore 3, effettuato nel mese di giugno 2015, è stato registrato un superamento del valore limite in riferimento ai dati emissivi in uscita AMIS.

Per l'abbattimento dei due inquinanti più significativi, idrogeno solforato e mercurio, l'attività di controllo prevede inoltre la verifica dell'efficienza AMIS, i cui risultati sono riportati nella tabella 14 di questa relazione.

Per questo parametro di efficienza non sono definiti valori limite, fatto salvo l'idrogeno solforato. In caso di superamento del valore limite di emissione AMIS (3 kg/h), se l'AMIS riesce ad abbattere più del 97% dell'H<sub>2</sub>S in entrata AMIS il limite si ritiene comunque rispettato. I risultati sono stati tendenzialmente tutti favorevoli confermando un'elevata capacità da parte dell'AMIS di abbattere questi due inquinanti.

## 2. INTRODUZIONE

La Regione Toscana ha adottato il Piano Regionale di Risanamento e Mantenimento della Qualità dell'Aria (PRRM) 2008-2010 . Il Piano nasce dalla direttiva europea 96/62/Ce la quale richiede il controllo delle sorgenti di emissione e, in più, dal Dlgs 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, 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. 2750:2003 (sostituita successivamente dal Dec. RT n. 1743 del 08/05/2014) e dalla DGRT n. 344 del 2010.

La nuova organizzazione di ARPAT confermando l'interesse per tale attività, ha previsto una specifica struttura, il 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 ARPAT- Settore Geotermia nell'anno 2015 ed è da ritenersi di aggiornamento e integrazione rispetto al resoconto del 2014.

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, di approfondire e caratterizzare le conoscenze rispetto allo scenario emissivo che contraddistingue le centrali geotermoelettriche.

L'area produttiva della Toscana su cui è svolta l'attività di coltivazione dei fluidi geotermici ad alta entalpia per la produzione di energia elettrica, è suddivisa in due aree principali territorialmente distinte:

- a) Area del Monte Amiata, che comprende gli impianti localizzati nei territori comunali di Piancastagnaio (SI), con 3 centrali, per una potenza nominale complessiva di 60 MWe e Santa Fiora (GR) dove, in località Bagnore, sono in esercizio tre gruppi produttivi, ognuno con potenza nominale di 20 Mwe (Bagnore 3, Bagnore 4 grp.1 e 4 grp.2 - potenza installata totale di 60 Mwe), tutti equipaggiati con impianto AMIS.
- b) Area Tradizionale, che comprende gli impianti localizzati nei territori comunali di Pomarance, Castelnuovo di Val di Cecina e Monteverdi in 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:

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

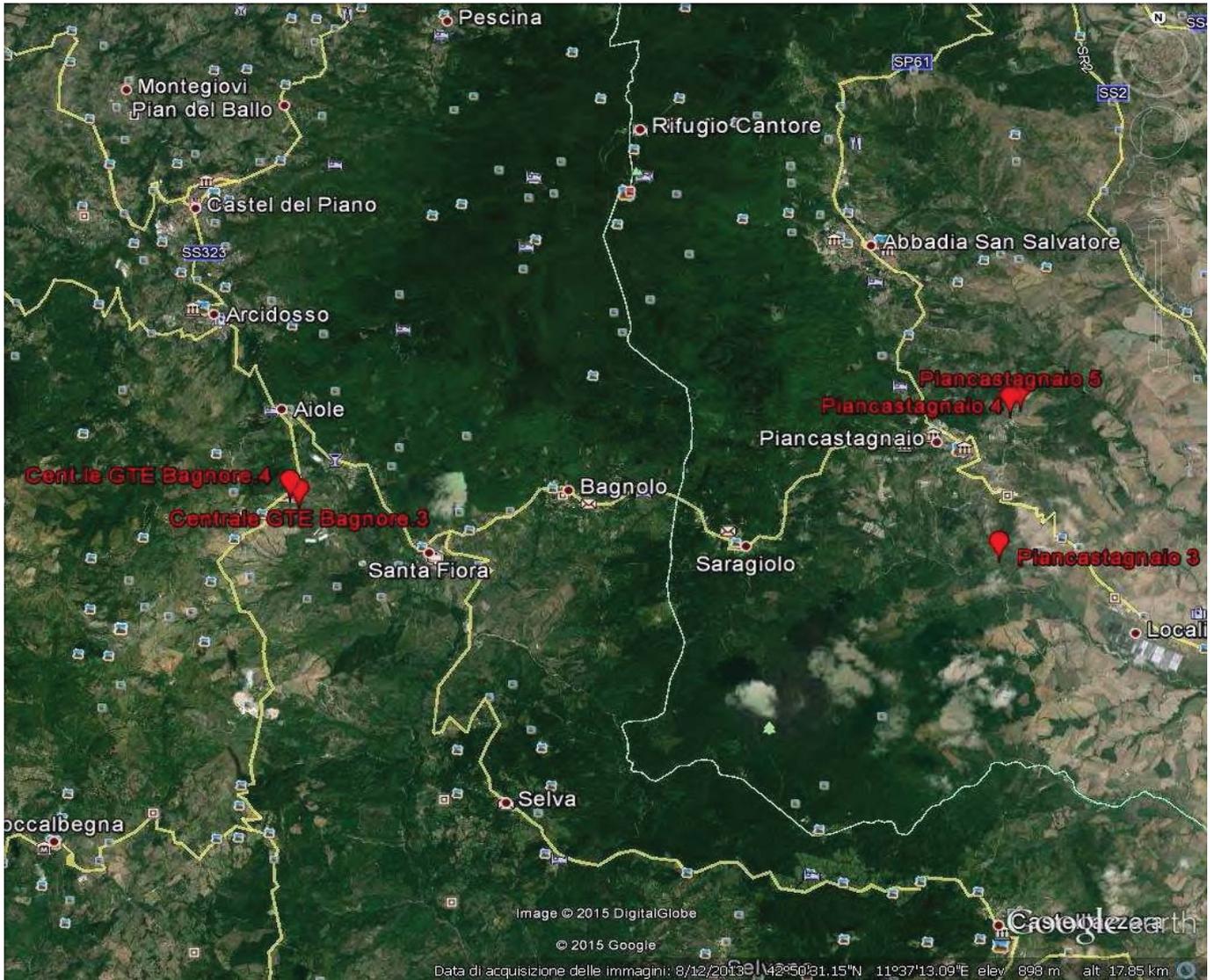
Nell'Area Tradizionale, nel 2015, hanno esercitato complessivamente 30 centrali, tutte dotate di AMIS , per una potenza nominale di circa 794,5 Mwe. Le seguenti centrali: Monteverdi 1, Monteverdi 2 , Carboli 1, Carboli 2, Cornia 2 e Selva 1, sono state dotate di AMIS a partire da aprile 2015.

Nella successiva tabella 4 sono riportate le centrali in esercizio al 31/12/2015.

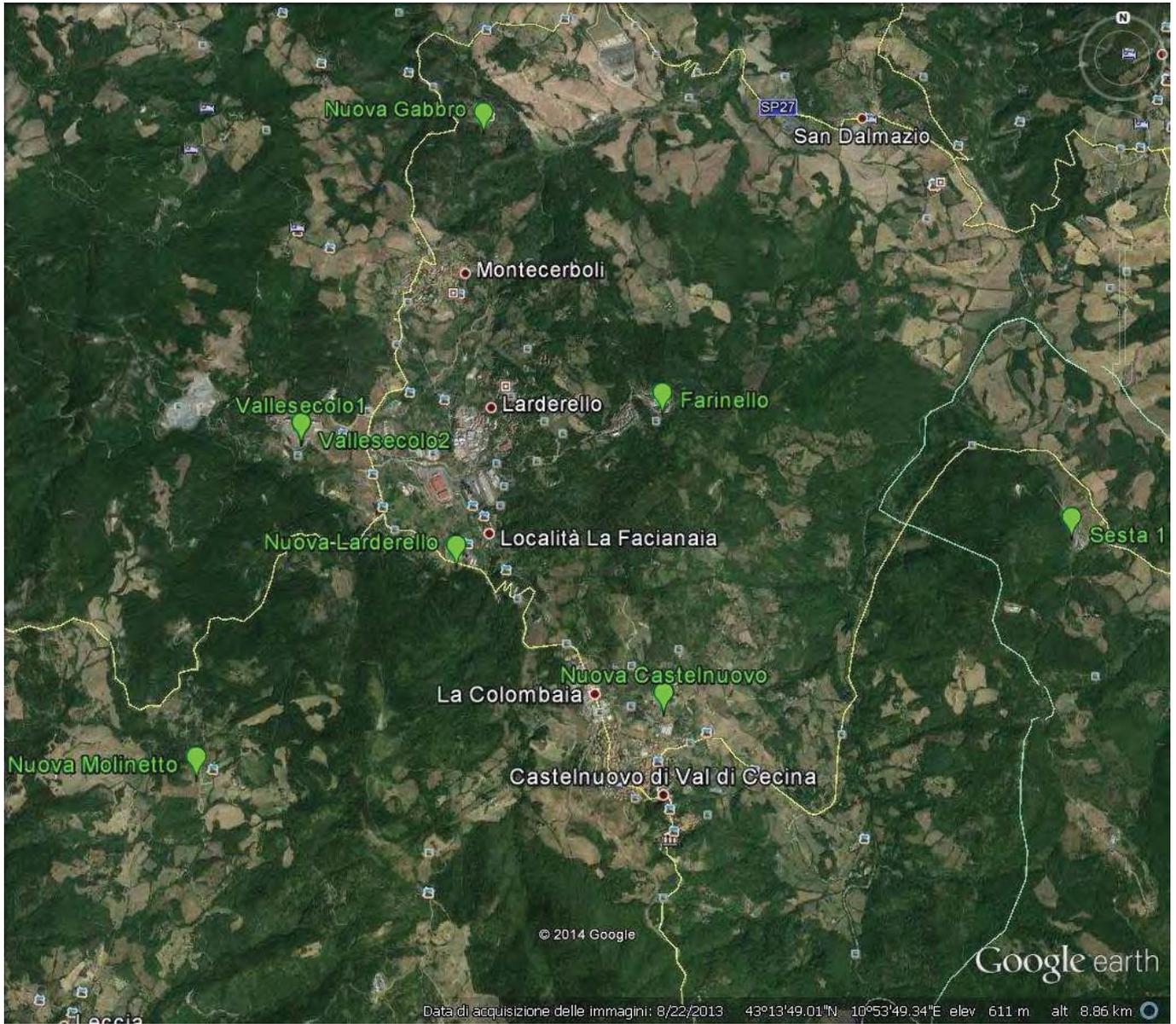
**Tabella 4 - Elenco Centrali geotermoelettriche in esercizio al 31/12/2015**

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

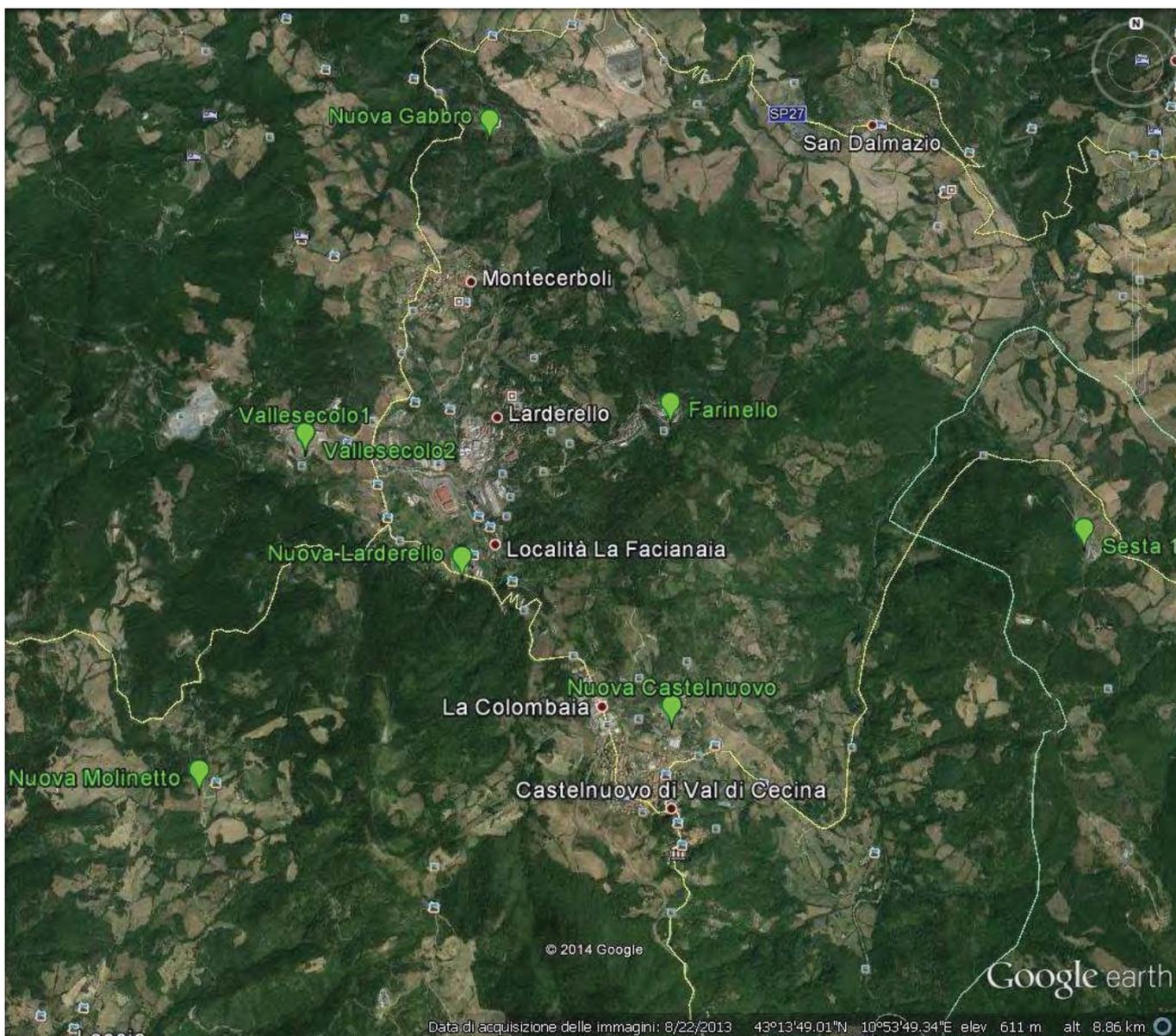
Nelle successive cartografie, sono riportate le localizzazioni delle centrali geotermoelettriche nel territorio della Toscana organizzate per Aree Geotermiche (AGE).



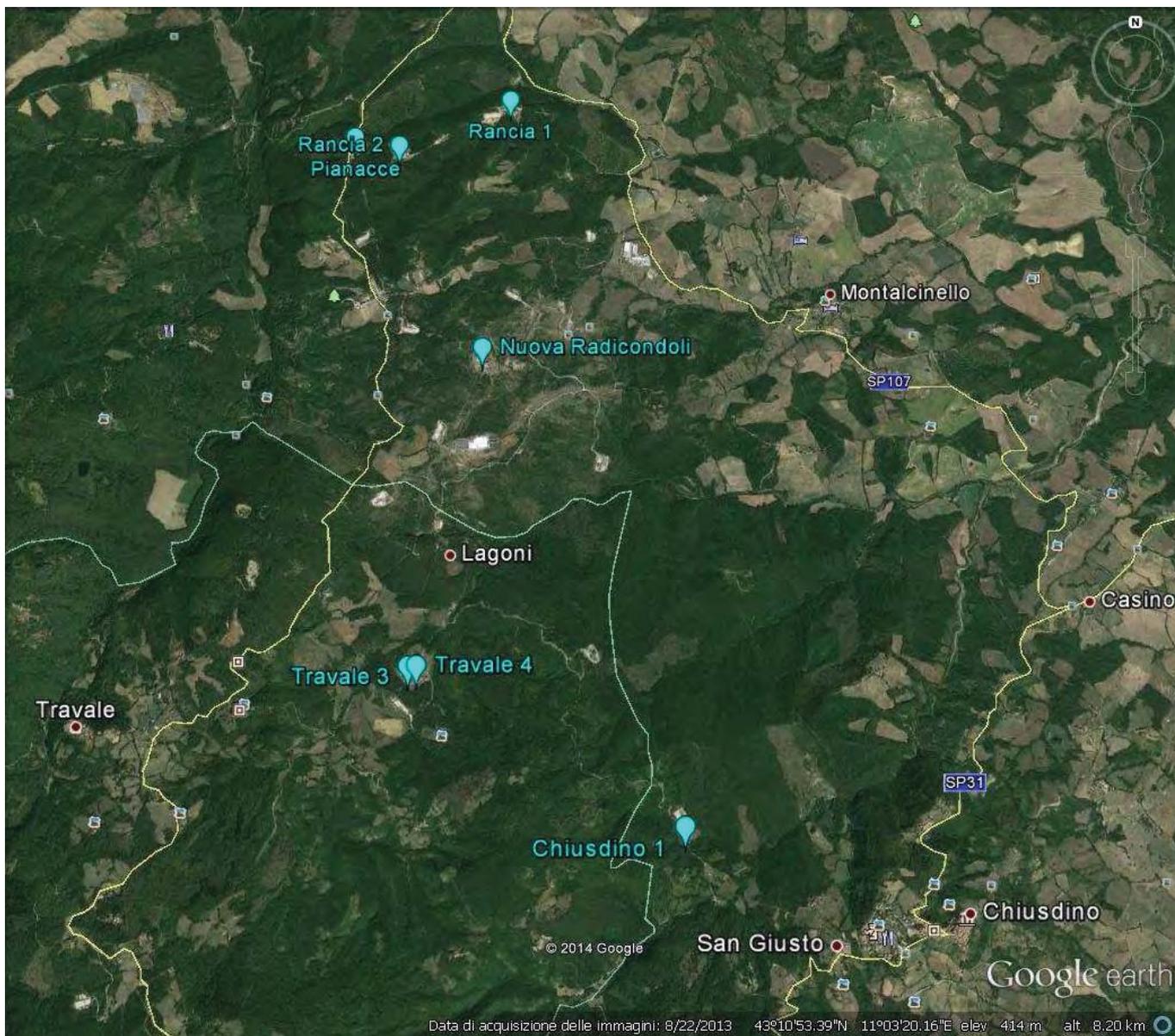
Cartografia 1 - AGE Piancastagnaio (centrali geotermoelettriche in rosso)



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 DELLE EMISSIONI DELLE CENTRALI GEOTERMoeLETTRICHE (CGTE)

Nel 2015 sono stati effettuati, in centrale, **23 controlli** con un totale di **12 centrali controllate**.

Le centrali sottoposte controllo sono state:

- **PIANCASTAGNAIO-4** (1 controllo)\_un gruppo da 20 MWe + AMIS - Comune di Piancastagnaio (SI);
- **PIANCASTAGNAIO-5** (1 controllo)\_un gruppo da 20 MWe + AMIS - Comune di Piancastagnaio (SI);
- **VALLESECOLO Grp 1** (1 controllo)\_un gruppo da 60 MWe + AMIS - Comune di Pomarance (PI);
- **VALLESECOLO Grp 2** (2 controlli)\_un gruppo da 60 MWe + AMIS - Comune di Pomarance (PI);
- **BAGNORE 3** (6 controlli)\_un gruppo da 20 MWe + AMIS - Comune di Santa Fiora (GR);
- **BAGNORE 4 Grp 1** (2 controlli)\_un gruppo da 20 MWe + AMIS - Comune di Santa Fiora (GR);
- **BAGNORE 4 Grp 2** (3 controlli)\_un gruppo da 20 MWe + AMIS - Comune di Santa Fiora (GR);
- **TRAVALE 3** (1 controllo) \_un gruppo da 20 MWe + AMIS - Comune di Montieri (GR);
- **TRAVALE 4** (1 controllo)\_un gruppo da 40 MWe + AMIS - Comune di Montieri (GR);
- **FARINELLO** (1 controllo)\_un gruppo da 60 MWe + AMIS - Comune di Pomarance (PI);
- **SAN MARTINO** (1 controllo)\_un gruppo da 40 MWe + AMIS - Comune di Monterotondo M.mo (GR);
- **SERRAZZANO** (1 controllo)\_un gruppo da 60 MWe + AMIS - Comune di Pomarance (PI).

I controlli hanno riguardato i seguenti settori di impianto: efficienza AMIS (con prelievi e misure in entrata e in uscita AMIS), valori di emissione della centrale (torre di raffreddamento + uscita AMIS).

Nel 2015, rispetto al 2014, risulta un numero inferiore di centrali controllate (12 nel 2015 – 17 nel 2014), a fronte di un numero di controlli superiore al dato 2014 (23 nel 2015 rispetto a 21 nel 2014). Come già anticipato nella sintesi, la spiegazione è legata al fatto che nel 2015 è entrata a regime la doppia centrale di Bagnore 4 ed è stato ritenuto prioritario aumentare la frequenza dei controlli sui tre gruppi produttivi presenti in Loc. Bagnore per possibili problematiche ambientali, penalizzando, di conseguenza, il controllo sulle altre centrali presenti nell'Area tradizionale e nel versante senese del Monte Amiata.

Nella sottostante tabella 5 sono riportati gli indicatori circa l'impegno di ARPAT negli anni dal 2003 al 2015.

**Tabella 5 - Attività ARPAT 2002 - 2015**

Anno	Attività				
	n° centrali	Potenza (MWe)	N° campioni	n° determinazioni	n° misure parametri fisici
2002÷2003	12	248	790	4692	108
2004	9	200	336	1068	82
2005	10	370	356	1041	92
2006	5	114,5	224	846	81
2007	5	120	268	988	84
2008	6	108	249	2045	56
2009	8	180	403	2320	100
2010	7	130	525	3733	92
2011	8	260	451	2310	112
2012	11	344,5	446	2935	500
2013	17	500	527	2078	700
2014	17	314,5	628	2844	752
2015	12	440	750	2900	1191
<b>Totale</b>	<b>117</b>	<b>3302,5</b>	<b>5953</b>	<b>29800</b>	<b>3950</b>

**Bagnore 4.** L'evento maggiormente rilevante che ha caratterizzato il 2015, è stato la messa a regime della nuova Centrale geotermoelettrica denominata Bagnore 4, localizzata nell'area territoriale geotermica di Piancastagnaio, zona Amiata grossetana, nei pressi dell'esistente centrale Bagnore 3; Bagnore 4 ha iniziato la produzione elettrica a partire dal mese di novembre 2014 ed è andata a regime nel giugno 2015.

Bagnore 4 è una centrale doppia con due gruppi produttivi distinti, ciascuno dotato di AMIS; in totale, il carico nominale totale è di 40 MWe a cui si affiancano i 20 MWe di Bagnore 3 portando il carico produttivo complessivo della zona versante grossetano del M. Amiata, a 60 MWe. Le due centrali, Bagnore 3 e 4, sono interconnesse tramite un vaporedotto che permette di gestire il vapore in caso di blocco di uno dei tre gruppi evitando (o minimizzando) lo sfioro in atmosfera di fluido geotermico non trattato. Inoltre, i due AMIS di Bagnore 4 sono anch'essi interconnessi con una tubazione che permetterà, in caso di fermo di uno dei due, di poter trattare il 30% del fluido dell'AMIS fermo da parte dell'AMIS in funzione; i due AMIS di Bagnore 4 non sono invece interconnessi con l'AMIS di Bagnore 3.

A differenza delle altre centrali, a causa della particolare composizione del fluido geotermico della zona Amiata grossetana caratterizzato da una elevata concentrazione di ammoniaca, sia a Bagnore 3 sia a Bagnore 4, oltre alla presenza degli l'AMIS per l'abbattimento di Hg e H<sub>2</sub>S, è presente anche un sistema di abbattimento dell'ammoniaca basato sull'acidificazione delle condense circolanti con conseguente salificazione dell'ammoniaca che rimane così disciolta, come solfato di ammonio rendendola così indisponibile allo "strippaggio" in emissione dalla torre refrigerante.

L'acidificazione delle condense ha un effetto favorevole anche sull'emissione di H<sub>2</sub>S, in quanto determina uno spostamento della ripartizione di questo inquinante nella fase gassosa rispetto alla fase liquida aumentando, quindi, la quota di H<sub>2</sub>S inviata al trattamento diminuendo così l'emissione di centrale.

La centrale Bagnore 4 ha iniziato a funzionare, in modo discontinuo, nel novembre 2014 ed è entrata ufficialmente a regime a partire dal mese di giugno 2015.

### 3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I limiti alle emissioni in atmosfera sono fissati da normative nazionali (Dlgs 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, la Regione Toscana ha previsto l'applicazione di valori limite di emissione più restrittivi rispetto alla normativa nazionale e, in più, ha previsto altresì il rispetto di un valore 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 (Tabella 6 – Tab 4.1 della DGRT 344/2010).

Al 31/12/2015 risultano autorizzate, ai sensi della normativa regionale (DGRT 344/2010), quasi tutte le centrali eccetto: Sasso 2, Sesta 1, N. Molinetto, N. Serrazzano, Travale 4.

Di seguito si riporta la tabella di riferimento con i valori limite di emissione nazionali e regionali.

#### Tabella 6 - Allegato A alla DGRT 344/2010

*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
Uscita impianto AMIS	3 (*)	2	200
Uscita dalla centrale a tiraggio naturale fino a 20 MW	10	4	
Uscita dalla centrale a tiraggio naturale > 20 MW	20	8	
Uscita dalla centrale a tiraggio indotto fino a 20 MW	30	10	
Uscita dalla centrale a tiraggio indotto fino tra 20 e 60 MW	80	15	
Uscita dalla centrale a tiraggio indotto > 60 MW	100	20	

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

#### Tabella 7 - Valori limite di emissione ai sensi dal Dlgs n. 152/2006

INQUINANTE	VALORE LIMITE DI EMISSIONE
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

*I valori sono intesi come media oraria su base mensile.*

Nella successiva tabella 8, sono riportate le denominazioni delle centrali controllate nel 2015 con le relative autorizzazioni di riferimento, compresi i valori limite di emissione:

**Tabella 8 - Elenco delle centrali controllate nel 2015 con le relative autorizzazioni**

Denominazione centrale	Autorizzazione	Valori limite di emissione in uscita dalla centrale	
		Uscita AMIS	Uscita Centrale
<b>Piancastagnaio PC 4</b>	Autorizzaz. Provincia di Siena Det. 2117 del 21/09/2015 (SUAP n.17605 del 19/10/2015)	H2S = 3 kg/h (1) Hg = 2 g/h SO2 = 200 g/h	H2S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
<b>Piancastagnaio PC 5</b>	Autorizzaz. Provincia di Siena Det. 2119 del 21/09/2015 (SUAP n.17606 del 19/10/2015)	H2S = 3 kg/h (1) Hg = 2 g/h SO2 = 200 g/h	H2S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
<b>Vallesecolo Grp 1</b>	Autorizzazione Provincia di Pisa Det. 4015 del 02/10/2014	H2S = 3 kg/h (1) Hg = 2 g/h SO2 = 200 g/h	H2S = 80 kg/h Hg = 15 g/h
<b>Vallesecolo Grp 2</b>	Autorizzazione Provincia di Pisa Det. 4015 del 02/10/2014	H2S = 3 kg/h (1) Hg = 2 g/h SO2 = 200 g/h	H2S = 80 kg/h Hg = 15 g/h
<b>Bagnore 3</b>	Determinazione provincia di GR (SUAP Comuni Montani Amiata Grossetana) n. 4124 del 29/12/2014	H2S = 3 kg/h (1) Hg = 2 g/h SO2 = 200 g/h	H2S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
<b>Bagnore 4 (gruppi 1 e 2)</b>	Autorizzazione RT DD 570 20/02/2014	H2S = 3 kg/h (1) Hg = 2 g/h SO2 = 200 g/h	H2S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
<b>Travale 3</b>	Provincia di Grosseto Det. 4130 del 29/12/2014 (SUAP det. 34 del 16/01/2015)	H2S = 3 kg/h (1) Hg = 2 g/h SO2 = 200 g/h	H2S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
<b>Travale 4</b>	Aut. Reg. Toscana Dec. 4090 del 21/08/2002	H2S = 3 kg/h (1) Hg = 2 g/h SO2 = 200 g/h (valori indicativi)	H2S = 80 kg/h Hg = 15 g/h (valori indicativi)
<b>Farinello</b>	Autorizzazione Provincia di Pisa Det. 4011 del 02/10/2014	H2S = 3 kg/h (1) Hg = 2 g/h SO2 = 200 g/h	Uscita centrale: - H2S = 80 kg/h - Hg = 15 g/h
<b>San Martino</b>	Provincia di Grosseto Det. 4129 del 29/12/2014 (SUAP 37 del 16/01/2015)	H2S = 3 kg/h (1) Hg = 2 g/h SO2 = 200 g/h	H2S = 80 kg/h Hg = 15 g/h
<b>Serrazzano</b>	Autorizzazione MICA 445823 30/03/2000	H2S = 3 kg/h (1) Hg = 2 g/h SO2 = 200 g/h (valori indicativi)	H2S = 80 kg/h Hg = 15 g/h (valori indicativi)

(1) In caso di supero il limite si considera rispettato se l'abbattimento è superiore al 97%)

### 3.2 - METODI

Per i controlli è stata applicata la procedura tecnica specifica adottata con Decreto della Regione Toscana (Settore "Qualità dell'aria, rischi industriali, prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento") n° 1743 del 08/05/2014. La procedura stabilisce:

- 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.

### 3.3 - RISULTATI

**3.3.1 Acido solfidrico e mercurio in uscita dalle centrali.** Nella sottostante tabella 9 sono riepilogati, in concentrazione e in flusso di massa, i dati già anticipati nelle tabelle 1 e 2 riguardo i due parametri normati (H<sub>2</sub>S e Hg), relativi controlli svolti nel 2015.

**Tabella 9 - Valori di emissione dei parametri normati in uscita dalla centrale – 2015**

EMISSIONE TOTALE DELLA CENTRALE - PARAMETRI NORMATI (ai sensi della DGRT n. 344:2010)					
Centrale	data	H <sub>2</sub> S (mg/Nm <sup>3</sup> )	H <sub>2</sub> S (kg/h)	Hg totale (mg/Nm <sup>3</sup> )	Hg totale (g/h)
<b>Piancastagnaio PC 5</b>	nov 2015	4,5	13,7	0,001 (solo aeriforme)	4 (solo aeriforme)
<b>Bagnore 3</b>	ott 2015	---	---	0,0008 (solo aeriforme) (media di 6 repliche)	2,2 (solo aeriforme) (media di 6 repliche)
<b>Travale 3</b>	set 2015	4,3	22,7	0,001	3,3
<b>Travale 4</b>	set 2015	3	18,1	0,0004	2,1
<b>Bagnore 3</b>	ago 2015	---	---	0,0003	1
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	lug 2015	0,9	3,8	0,001	6
<b>Bagnore 3</b>	giu 2015	---	---	0,0004	1,7
<b>Vallesecolo Grp 1</b>	giu 2015	0,2	2,3	0,001	14
<b>Vallesecolo Grp 2</b>	giu 2015	0,9	10,7	0,001	10
<b>Farinello</b>	mag 2015	0,8	9,5	0,001	17
<b>Nuova San Martino</b>	apr 2015	0,6	2,8	0,001	7
<b>Bagnore 3</b>	mar 2015	2,3	8,8	0,001	3
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	mar 2015	3,4	16,3	0,0003	1,6
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	mar 2015	1,8	8,8	0,001	5
<b>Nuova Serrazzano</b>	feb 2015	6,1	14,7	0,0004	1

I dati ARPAT dimostrano il rispetto dei valori limiti di emissione per tutte le centrali controllate, eccetto Farinello, in cui si è verificato un superamento del valore limite di emissione relativo al parametro "Mercurio" (17 g/h dato misurato, contro 15 g/h valore limite). Nello specifico, si ricorda che, per il mercurio in emissione dalla torre evaporativa, per tutto il 2015, con il coordinamento del CNR, è stato in atto uno studio volto a migliorare le prestazioni delle procedure di campionamento e di analisi di questo parametro, al fine di migliorarne la precisione e l'accuratezza; di conseguenza, in questo periodo non è stato applicato il valore limite di emissione.

**3.3.2 Acido solfidrico, mercurio e anidride solforosa in uscita dall'AMIS.** Nella successiva tabella 10, sono riportati i valori degli inquinanti normati in uscita dall'AMIS (ai sensi della DGRT n. 344:2010 allegato A tab. 4.1), già riepilogati nelle precedenti tabelle 1 e 2.

**Tabella 10 - Valori di emissione dei parametri normati in uscita dall'AMIS (ai sensi della Delibera DGRT 344/2010)**

<b>USCITA AMIS - PARAMETRI NORMALI (ai sensi del DGRT n.344:2010, tab 4.1 allegato A)</b>				
<b>H<sub>2</sub>S (kg/h) - Valore limite = 3 - Hg (g/h) - valore limite = 2 - SO<sub>2</sub> (g/h) - valore limite = 200 (g/h)</b>				
<b>Centrale</b>	<b>data</b>	<b>H<sub>2</sub>S (kg/h)</b>	<b>Hg (g/h)</b>	<b>SO<sub>2</sub> (g/h)</b>
<b>Vallesecolo Grp 2</b>	dic 2015	0,3	0,3	30
<b>Piancastagnaio PC 5</b>	nov 2015	0,7	---	100
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	nov 2015	0,3	---	30
<b>Bagnore 3</b>	set 2015	0,3	0,6	---
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	set 2015	0,2	0,3	---
<b>Travale 4</b>	set 2015	1,5	0,2	88
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	ago 2015	0,2	0,2	30
<b>Bagnore 3</b>	ago 2015	0,2	0,1	60
<b>Bagnore 3</b>	lug 2015	0,2	---	40
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	lug 2015	0,2	0,4	30
<b>Valle secolo Grp 1</b>	giu 2015	0,2	2	30
<b>Vallesecolo Grp 2</b>	giu 2015	0,3	<b>3,2</b>	40
<b>Bagnore 3</b>	giu 2015	0,2	0,5	<b>1 230</b>
<b>Farinello</b>	mag 2015	0,3	0,3	---
<b>San Martino</b>	apr 2015	0,1	0,1	---
<b>Bagnore 3</b>	mar 2015	0,3	0,1	10
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	mar 2015	0,4	0,5	---
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	mar 2015	0,4	0,5	10
<b>Serrazzano</b>	feb 2015	0,4	0,1	---

I dati ARPAT relativi alla sorgente emissiva in uscita AMIS, hanno evidenziato due superamenti alle emissioni delle centrali Bagnore 3 e Vallesecolo Grp 2, rispettivamente per il parametro "anidride solforosa (SO<sub>2</sub>)" e "mercurio".  
Tutti gli altri controlli sono risultati nella norma.

### **3.3.3 Determinazione del mercurio in uscita dalla centrale.**

A partire dal 2012, per il mercurio in uscita dalla torre evaporativa, sono state evidenziate differenze significative nel confronto fra i dati ARPAT e i dati ENEL GP, con valori ARPAT sistematicamente più elevati rispetto ai dati di ENEL GP, spesso anche 10 volte superiori.

Tenuto presente che a causa della carenza normativa a seguito della quale non sono disponibili metodi di campionamento normati che prevedano, come di campo di applicazione, la matrice geotermica, è stato ritenuto opportuno studiare procedure il più possibile adeguate alla determinazione del mercurio.

Nel 2014 è stato tentato un approccio che potesse essere condiviso dalle due parti, ma, alla fine del 2014, i risultati erano ancora significativamente diversi, per cui, la scadenza del 31/12/2014 è stata prorogata al 31/12/2015 (Dec. RT 1743/2014). Per questa seconda fase, è stata valutata la necessità di coinvolgere una parte terza che potesse decidere sui punti per i quali le due parti divergevano sia per gli aspetti analitici sia riguardo le fasi di campionamento. Per questo, è stato coinvolto il CNR di Pisa (Istituto di Geoscienze e Georisorse del CNR di Pisa – Dott. Antonio Caprai), che ha coordinato lo studio per tutto il 2015.

Tenute presenti le difficoltà di effettuare in tempi brevi le necessarie prove in parallelo ARPAT – ENEL GP, al 31/12/2015, lo studio non è stato concluso necessitando di ulteriore proroga (al 30/06/2016 – Dec RT 5701(2015)).

### **3.3.4 Fattori di emissioni – Anno 2015**

Ai fini di una migliore rappresentazione dell'impatto legato all'attività emissiva, si riportano, in tabella 11, i fattori di emissione calcolati come rapporto dei flussi di massa (kg/h), per gli inquinanti H<sub>2</sub>S, e NH<sub>3</sub>, sul carico medio della centrale, in MWe/h, registrato durante l'attività di controllo.

**Tabella 11 - Fattori di emissione**

<b>Centrale</b>	<b>Data</b>	<b>Fattore emissione H<sub>2</sub>S (kg/MWe)</b>	<b>Fattore emissione Hg (kg/MWe)</b>	<b>Fattore emissione NH<sub>3</sub> (kg/MWe)</b>
<b>Piancastagnaio PC 5</b>	nov 2015	0,6782	0,0002	0,8819
<b>Bagnore 3</b>	ott 2015	-	0,0001	-
<b>Travale 3</b>	set 2015	1,7902	0,0002	3,7381
<b>Travale 4</b>	set 2015	1,0383	0,0001	0,7089
<b>Bagnore 3</b>	ago 2015	-	0,00005	-
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	lug 2015	0,1818	0,0003	0,0622
<b>Bagnore 3</b>	giu 2015	-	0,00009	-
<b>Vallesecolo Grp 1</b>	giu 2015	0,0571	0,0003	0,4717
<b>Vallesecolo Grp 2</b>	giu 2015	0,2131	0,0002	1,5338
<b>Farinello</b>	mag 2015	0,1650	0,0003	0,1585
<b>Bagnore 3</b>	mar 2015	0,5207	0,0002	2,4260
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	mar 2015	0,9588	0,0001	1,5941
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	mar 2015	0,5075	0,0003	1,3840
<b>Nuova Serrazzano</b>	feb 2015	0,3416	0,00002	0,0650

Nella successiva tabella 12, sono riportati i valori emissivi degli inquinanti non normati

**Tabella 12 - Valori di emissione dei parametri non normati - Anno 2015**

		EMISSIONE TOTALE DELLA CENTRALE - PARAMETRI NON NORMATI											
Centrale	data	CO <sub>2</sub> mg/Nm <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> kg/h	CO mg/Nm <sup>3</sup>	CO kg/h	Se totale mg/Nm <sup>3</sup>	Se totale g/h	Sb totale mg/Nm <sup>3</sup>	Sb totale g/h	NH <sub>3</sub> mg/Nm <sup>3</sup>	NH <sub>3</sub> kg/h	CH <sub>4</sub> mg/Nm <sup>3</sup>	CH <sub>4</sub> kg/h
<b>Piancastagnaio PC 5</b>	nov 2015	-	-	0,6	1,9	0,0002	1	0,0001	0,2	5,9	17,8	21 229,3	167,6
<b>Travale 3</b>	set 2015	-	-	-	-	-	-	-	-	9,0	47,4	-	-
<b>Travale 4</b>	set 2015	2 857,2	17 370,4	0,1	0,8	-	-	-	-	3,3	19,8	15 307,8	171,6
<b>Bagnore 3</b>	set 2015	-	7 016,3	158,6	0,9	-	-	-	-	-	-	32 177,7	175,9
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	set 2015	-	10 012,8	215,4	1,5	-	-	-	-	-	-	36 019,4	258,0
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	set 2015	-	9 794,7	151,3	1,1	-	-	-	-	-	-	35 267,3	263,3
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	ago 2015	-	9 359,7	315,2	2,6	-	-	-	-	-	-	32 872,8	267,2
<b>Bagnore 3</b>	ago 2015	2 028,0	8 489,5	0,4	1,5	-	-	-	-	-	-	36 365,6	233,7
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	lug 2015	2 589,9	11 019,2	0,4	1,9	0,0004	2	inferiore al limite di determinazione		0,3	1,3	-	297,8
<b>Bagnore 3</b>	giu 2015	1 968,7	8 505,9	0,2	0,8	-	-	-	-	-	-	39 931,8	246,6
<b>Vallesecolo Grp 1</b>	giu 2015	1 403,5	12 088,0	0,1	2,0	0,0004	5	inferiore al limite di determinazione		-	23,1	3 472,0	27,7
<b>Vallesecolo Grp 2</b>	giu 2015	1 044,3	12 521,2	0,1	1,1	0,0003	4	inferiore al limite di determinazione		-	77,0	3 297,5	30,2
<b>Farinello</b>	mag 2015	1 347,3	16 294,9	0,1	0,6	0,001	20	0,0004	4	0,8	9,1	7 643,1	78,5
<b>San Martino</b>	apr 2015	882,9	4354,0	0,3	1,4	0,0035	17	0,0002	1	0,6	3,0	17 697,3	66,3
<b>Bagnore 3</b>	mar 2015	1 908,2	7 263,5	0,4	1,6	inferiore al limite di determinazione		inferiore al limite di determinazione		-	41,0	32 144,7	166,4
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	mar 2015	1 957,8	9 395,7	0,4	2,1	-	-	-	-	5,7	27,1	39 715,5	258,6
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	mar 2015	2 005,9	9 908,8	0,3	1,7	-	-	-	-	4,9	24,0	39 094,7	274,3
<b>Serrazzano</b>	feb 2015	6 691,4	15 971,5	1,0	2,5	inferiore al limite di determinazione		inferiore al limite di determinazione		1,2	2,8	7 037,1	82,6

### **3.3.5 Determinazione dell'Arsenico – anno 2015**

Nella sottostante tabella 13, sono riportati i valori, ottenuti da ARPAT, relativi all'Arsenico in uscita centrale .

**Tabella 13**

<b>Centrale</b>	<b>data</b>	<b>As (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>As (g/h)</b>
<b>Vallesecolo - Grp 1</b>	dic 2015	0,03 <sup>(1)</sup>	0,3 <sup>(1)</sup>
<b>Piancastagnaio - PC 5</b>	nov 2015	0,0001	0,4
<b>Travale 4</b>	set 2015	Inferiore al limite di determinazione	-
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	lug 2015	Inferiore al limite di determinazione	-
<b>Vallesecolo Grp 1</b>	giu 2015	Inferiore al limite di determinazione	-
<b>Vallesecolo Grp 2</b>	giu 2015	Inferiore al limite di determinazione	-
<b>Farinello</b>	mag 2015	0,0004	4
<b>San Martino</b>	apr 2015	Inferiore al limite di determinazione	-
<b>Bagnore 3</b>	mar 2015	Inferiore al limite di determinazione	-
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	mar 2015	Inferiore al limite di determinazione <sup>(1)</sup>	-
<b>Nuova Serrazzano</b>	feb 2015	0,0003	1

(1) - Solo Uscita AMIS

I dati evidenziano, per la maggior parte dei risultati, valori inferiori ai limiti di determinazione analitica.

### **3.4 Controllo efficienza AMIS.**

Il sistema AMIS (Abbattitore di Mercurio e Idrogeno Solforato) permette di abbattere in modo significativo le quantità di questi due inquinanti presenti nel gas incondensabile in uscita dall'estrattore gas. La maggior parte di questi inquinanti, sono presenti nella quota di gas che non condensa nel condensatore e, quindi, rimangono allo stato gassoso. Senza l'AMIS, tali inquinanti sarebbero emessi tal quali con l'aeriforme dalla torre refrigerante; al 31/12/2015, tutte le centrali presenti in Toscana, sono dotate di AMIS.

Il grado di abbattimento dell'AMIS è molto elevato, con efficienze di riduzione comprese fra il 90 e il 99% per l'H<sub>2</sub>S, circa 80 - 98 % per il Hg. Attualmente, il limite di abbattimento normato è solo quello riportato in tabella 6 della relazione (tab. 4.1 del DGRT 344/2010), da utilizzare solo per il H<sub>2</sub>S e solo nel caso sia superato il limite in flusso di massa di 3 kg/h (Tab. 6 della relazione - Tab. 4.1 DGRT 344/2010 [asterisco]); in questo caso, se l'abbattimento è maggiore del 97%, il limite si considera comunque rispettato.

I valori ottenuti da ARPAT, dimostrano tutti una buona efficienza di abbattimento per entrambi gli inquinanti, escluso il dato di abbattimento del mercurio relativo al controllo del mese di marzo 2015 presso Bagnore 4 grp 1.

Nella successiva tabella 14, sono riportati i valori registrati nell'attività di controllo anno 2015.

**Tabella 14 - Efficienza AMIS controlli 2015**

<b>Denominazione Centrale</b>	<b>Data</b>	<b>Efficienza abbattimento AMIS Idrogeno solforato (%)</b>	<b>Efficienza abbattimento AMIS Mercurio gassoso (%)</b>
<b>Vallesecolo Grp 2</b>	dic 2015	99,4	98,6
<b>Piancastagnaio PC 5</b>	nov 2015	99,4	-
<b>Bagnore 3</b>	set 2015	99,7	96,9
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	set 2015	99,8	89,9
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	set 2015	99,8	98,1
<b>Travale 4</b>	set 2015	99,0	88,9
<b>Bagnore 3</b>	ago 2015	99,9	99,5
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	ago 2015	99,8	92,5
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	lug 2015	99,8	97,1
<b>Bagnore 3</b>	giu 2015	99,8	-
<b>San Martino</b>	apr 2015	99,3	91,5
<b>Bagnore 3</b>	mar 2015	99,7	99,0
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	mar 2015	99,6	63,2
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	mar 2015	99,6	92,0

### **3.5 Sistema di 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, compreso il versante senese dell'Amiata. La Regione Toscana, allo scopo di mitigare l'impatto emissivo di ammoniaca determinato dall'entrata in produzione di Bagnore 4, che di fatto andrebbe a triplicare l'emissione di NH<sub>3</sub>, 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 di ammoniaca di  $\geq 75\%$  rispetto al dato in entrata centrale. Il principio di funzionamento si basa sull'acidificazione, mediante acido solforico, delle condense circolanti con salificazione dell'ammoniaca a solfato d'ammonio, rendendola così indisponibile a essere strippata con dall'aeriforme emesso dalla torre evaporativa. In più, l'acidificazione delle condense favorisce la ripartizione dell'H<sub>2</sub>S verso la fase gassosa rispetto alla fase liquida aumentando così la quota inviata al trattamento AMIS.

Nella sottostante tabella 15 sono riportati i risultati dei controlli svolti nel 2015.

**Tabella 15 - Abbattimento di centrale NH<sub>3</sub> - H<sub>2</sub>S - Bagnore - anno 2015**

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 abbattimento (%)
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	Luglio 2015	ND (1)	ND (1)	ND (1)	216,9	3,8	98,3
<b>Bagnore 4 Grp 1</b>	Marzo 2015	176,1	27,1	84,6	176,7	16,3	90,8
<b>Bagnore 4 Grp 2</b>	Marzo 2015	185,0	24,0	87,0	185,5	8,8	95,3
<b>Bagnore 3</b>	Marzo 2015	158,0	38,5	75,6	198,1	8,3	95,8

(1) - I valori dell'ammoniaca sono risultati palesemente non rappresentativi, in quanto troppo bassi, dei reali flussi, presumibilmente per problematiche in fase di campionamento non bene identificate. Si riportano, per completezza, i dati grezzi ottenuti (NH<sub>3</sub> in entrata centrale = 5,8 kg/h; NH<sub>3</sub> in uscita centrale = 1,3 kg/h; abbattimento = 78,3 %).

I risultati ottenuti sono stati tutti favorevoli

### **3.6 Requisiti minimi di esercizio**

Tenuto presente la particolarità delle centrali geotermiche legata al fatto di non poter spegnere la centrale in caso di guasto o di fermo (la chiusura dei pozzi è un'operazione complessa e pericolosa), risulta importante ridurre il più possibile il n. dei blocchi centrale e di fermo impianto AMIS. Per questo, la Regione Toscana, ha definito i requisiti minimi di esercizio entro i cui valori le centrali devono rientrare (Tabella 4.2 dell'allegato A della DGRT 344/2010- sottostante Tabella 16).

**Tabella 16 - Requisiti minimi di esercizio**

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 4Grp 2), il requisito minimo di ore di funzionamento AMIS è  $\geq 95$  anziché  $\geq 90$ , ovvero più restrittivo.

Con riferimento alla DRGT n. 344:2010 allegato A tab. 4.2 "Requisiti minimi di esercizio", nella successiva tabella 17, sono riportati i requisiti di esercizio relativi al funzionamento delle centrali e dei relativi sistemi AMIS, anno 2015. I dati sono espressi su base annua.

**Tabella 17 - Requisiti di esercizio anno 2015**

	<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	0,26	<b>83.3</b>	-
2	FARINELLO	0	91.1	-
3	NUOVA GABBRO	1.49	94.6	-
4	NUOVA LARDERELLO	2.90	94.5	-
5	VALLE SECOLO 1	0	94.1	-
6	VALLE SECOLO 2	0	91.3	-
7	NUOVA CASTELNUOVO	0.61	93.9	-
8	NUOVA MOLINETTO	0.43	95.7	-
9	NUOVA RADICONDOLI 1	0.31	93,3	-
10	NUOVA RADICONDOLI 2	1.14	92,0	-
11	PIANACCE	ND	ND	Gruppo in riserva calda
12	RANCIA 1	0.36	90.8	-
13	RANCIA 2	0.17	91.9	-
14	TRAVALE 3	1.56	<b>87.5</b>	-
15	TRAVALE 4	0.38	96.9	-
16	CHIUSDINO 1	0.67	92.4	-
17	NUOVA LAGONI ROSSI	0.66	<b>89.7</b>	-
18	NUOVA SERRAZZANO	0.66	94.1	-
19	MONTEVERDI 1	ND	ND	AMIS a regime da aprile 2015
20	MONTEVERDI 2	ND	ND	AMIS a regime da aprile 2015
21	CARBOLI 1	ND	ND	AMIS a regime da aprile 2015
22	CARBOLI 2	ND	ND	AMIS a regime da aprile 2015
23	NUOVA LAGO	2.02	92.7	-
24	NUOVA MONTEROTONDO	4.15	90.3	-
25	NUOVA SAN MARTINO	1.14	93.6	-
26	CORNIA 2	ND	ND	AMIS a regime da aprile 2015
27	LE PRATA	0.23	92.4	-
28	NUOVA SASSO	0.33	93.7	-
29	SASSO 2	0.78	93.5	-
30	SELVA 1	ND	ND	AMIS a regime da aprile

				2015
31	BAGNORE 3	0.31	95.8	Valore limite ore fi funzionamento AMIS $\geq 95\%$
32	BAGNORE 4 Grp 1	0.09	99,9	Valore limite ore fi funzionamento AMIS $\geq 95\%$
33	BAGNORE 4 Grp 2	0.16	97.9	Valore limite ore fi funzionamento AMIS $\geq 95\%$
34	PIANCASTAGNAIO 3	1.14	98.8	-
35	PIANCASTAGNAIO 4	0.03	94.5	-
36	PIANCASTAGNAIO 5	0.99	94.4	-

I valori in tabella sono calcolati da ARPAT tramite l'utilizzo dei dati registrati nel Documento d'impianto derivante dal sistema informativo di ENEL GP.

I dati dimostrano un sostanziale rispetto dei requisiti minimi di esercizio, con tre superamenti delle ore di funzionamento AMIS per le centrali: Nuova Lagoni Rossi, Travale 3 e Sesta 1, peraltro di poco sfavorevoli rispetto al valore limite.

#### 4 – CONCLUSIONI

Nel 2015 il Settore Geotermia ha effettuato 23 controlli alle emissioni con un n. di centrali sottoposte a controllo pari a 12. Il n. di centrali controllate nel 2015, risulta inferiore al n. di centrali controllate nel 2014 (12 nel 2015 contro 17 nel 2014), a fronte, invece, di un aumento del numero di controlli (23 nel 2015 contro 21 nel 2014).

L'evento più importante del 2015, è stato l'entrata a regime della nuova centrale Bagnore 4 dotata di due gruppi produttivi ciascuno di potenza nominale 20 MWe portando il carico totale nella zona di Bagnore a 60 MWe.

Tenuta presente la potenziale criticità circa l'impatto ambientale determinato dal triplicarsi del carico produttivo nella zona Amiata grossetana, il Settore è stato impegnato, per la maggior parte dell'anno, in un maggior numero di controlli sulle tre centrali di Bagnore penalizzando i controlli sulle altre centrali soprattutto dell'Area tradizionale nel nord della Toscana; ciò spiega, fra l'altro, il minore n. di centrali controllate a fronte di un aumento del n. dei controlli svolti.

I risultati dei controlli delle tre centrali di Bagnore, sono stati complessivamente buoni, con un solo superamento, registrato nel mese di giugno, per il parametro SO<sub>2</sub> in uscita AMIS.

Anche il sistema di abbattimento dell'ammoniaca e di acido solfidrico, in questo primo anno, ha dimostrato una buona efficienza di abbattimento (tabella n. 15).

Riguardo alle altre centrali, nel 2015 è stato registrato un superamento, presso Vallesecolo Grp 2, del valore limite di emissione di mercurio in uscita AMIS.

Con riferimento al rispetto dei requisiti minimi di esercizio, sono stati registrati tre superamenti, per altro modesti, del requisito relativo alle ore di funzionamento AMIS, per le seguenti centrali: Travale 3, Sesta 1 e Nuova Lagoni Rossi.

Altro fatto significativo del 2015, è stato il quasi completamento dei rinnovi delle autorizzazioni alle emissioni delle centrali geotermolettiche con l'applicazione dei valori limite della normativa regionale (DGRT 344/2010), molto più restrittivi dei limiti della normativa nazionale (Dlgs 152/2006).

Data: 13/12/2016

Responsabile Settore Geotermia  
Dott. Ivano Gartner (\*)

*"Documento informatico sottoscritto con firma digitale ai sensi del D.Lgs 82/2005. L'originale informatico è stato predisposto e conservato presso ARPAT in conformità alle regole tecniche di cui all'art. 71 del D.Lgs 82/2005. Nella copia analogica la sottoscrizione con firma autografa è sostituita dall'indicazione a stampa del nominativo del soggetto responsabile secondo le disposizioni di cui all'art. 3 del D.Lgs 39/1993."*