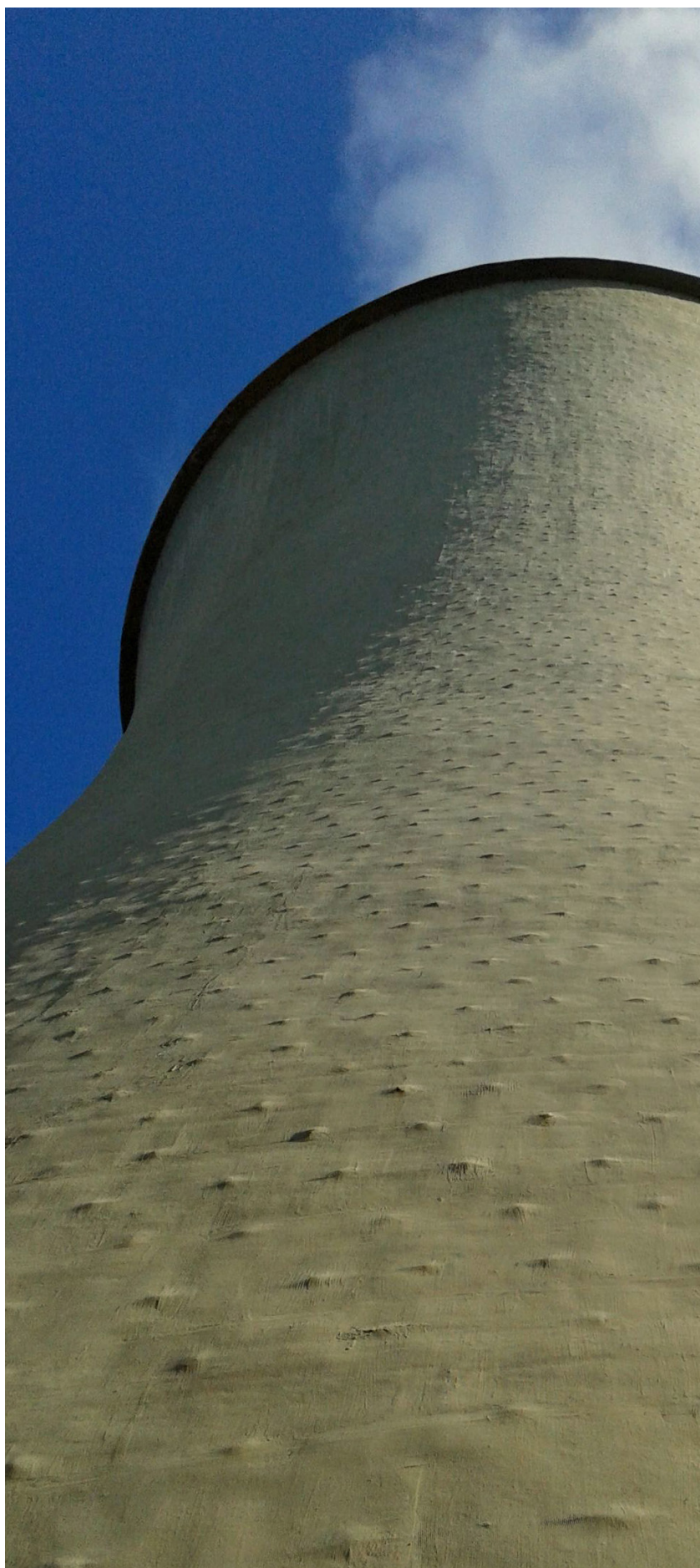


Monitoraggio delle aree geotermiche toscane

Controllo alle
emissioni delle
centrali geotermiche
Anno 2017

Firenze, dicembre 2018



Monitoraggio delle aree geotermiche toscane

Controllo alle
emissioni delle
centrali geotermiche
Anno 2017

Firenze, 2018

Monitoraggio delle aree geotermiche toscane

Controllo alle emissioni delle centrali geotermiche - Anno 2017

A cura di:

Ivano Gartner, *ARPAT, Settore Geotermia*

Con la collaborazione di:

Simone Magi, Riccardo Pellegrini, *ARPAT, Settore Geotermia*

Fabrizio Malentacca, *ARPAT, Dipartimento di Arezzo*

Roberto Gambuti, *ARPAT, Dipartimento di Grosseto*

Patrizia Bolletti, Daniele Machetti, Thomas Manciocchi, Federico Ferri,
ARPAT, Dipartimento di Siena

Editing *ARPAT, Settore Comunicazione, informazione e documentazione*

2ª edizione - marzo 2019

- pag.18, Tabella 6, Centrale PC5, colonna "data". Modificata: da 15/03/2017 a 21/02/2017

- pag.26, Tabella 15, prima riga, seconda colonna. Modificata: da PC5 a Chiusdino 1

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

Via Nicola Porpora, 22 - 50144 Firenze - tel. 055 32061

www.arpat.toscana.it

Indice

1 - SINTESI.....	5
2 - INTRODUZIONE.....	6
3 - CONTROLLO ALLE EMISSIONI DELLE CENTRALI GEOTERMOELETTRICHE (CGTE).....	12
3.1 - Normativa di riferimento.....	13
3.2 - Metodi.....	15
3.2.1 - Determinazione del mercurio in emissione dalla torre refrigerante.....	15
3.2.2 - Determinazione dell'acido solfidrico in emissione dalla torre refrigerante.....	16
3.3 - Risultati dei controlli.....	17
3.3.1 - Acido solfidrico e mercurio in uscita dalle centrali.....	17
3.3.2 - Acido solfidrico, mercurio e anidride solforosa in uscita dagli AMIS.....	18
3.3.3 - Requisiti minimi di esercizio.....	20
3.3.4 - CGTE Bagnore - Abbattimento dell'ammoniaca e dell'acido solfidrico in ingresso centrale.....	22
3.3.7 - Parametri non soggetti a normativa.....	26
3.3.8 - Determinazione dell'arsenico in uscita dalle centrali. Anno 2017.....	27
4 - CONCLUSIONI.....	28

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 2017 la produzione di circa **5 759 GWh**, fornita dai 36 gruppi geotermoelettrici produttivi presenti in Toscana, è riuscita a coprire circa il **29,8%** del fabbisogno elettrico regionale.

Anche nel 2017, 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" (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 saranno oggetto di specifiche relazioni tecniche.

Nel 2017 il Settore geotermia di ARPAT ha effettuato 17 controlli alle emissioni verificando 13 centrali, tre in meno rispetto a quanto programmato per cause legate prevalentemente a prolungate condizioni meteorologiche. Come nei tre anni precedenti anche nel 2017 l'attività di controllo si è 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 alle centrali ricadenti nell'Area geotermica tradizionale (Lago, Larderello e Radicondoli).

Nel 2017 sono continuati gli studi, coordinati dal CNR di Pisa, per migliorare l'applicabilità dei metodi di campionamento e di analisi relativi alle determinazioni di mercurio e acido solfidrico in uscita dalle torri refrigeranti, che si sono conclusi nel 2017 con l'emissione di:

- Metodo IGG-ICCOM/CNR-3 (M3) - "Procedura di campionamento e analisi per la determinazione del mercurio in uscita dalle torri di raffreddamento delle centrali geotermiche"; la prima versione (rev. 0) era stata emessa con DDRT n. 9721 del 26.09.2016; nel corso del 2017 il metodo è stato rivisto e migliorato. La revisione (rev. 1) è in corso di decretazione;
- Metodo IGG/CNR-4 (M4) - "Procedura di campionamento e analisi per la determinazione dell'acido solfidrico in uscita dalle torri di raffreddamento delle centrali geotermiche", in corso di decretazione; si ricorda che la stessa era stata reputata necessaria per verificare le procedure di applicazione dei metodi e la contestuale effettuazione di campionamenti alle emissioni svolti in parallelo da parte di ARPAT e ENEL GP, con l'obiettivo di allineare le procedure al fine di ridurre al minimo lo scarto che spesso veniva registrato dalle due organizzazioni.

Da segnalare che nell'estate del 2017 si sono verificati molti incendi nella zona del Monte Amiata, che hanno interessato anche le centrali di Bagnore e Piancastagnaio. A seguito di tali eventi si sono verificate emissioni non controllate da parte delle centrali, non attribuibili alla gestione degli impianti ma determinate da cause esterne: Terna Rete Elettrica Nazionale per motivi di sicurezza ha richiesto ad ENEL di bloccare le centrali presenti nella zona del Monte Amiata per aprire le linee in alta tensione.

Nel 2017 è iniziato l'iter amministrativo per il rinnovo dell'autorizzazione della centrale Nuova Molinetto, situata nel comune di Castelnuovo Val di Cecina, ai sensi del DPR n. 59/2013. Il procedimento si è concluso nel luglio del 2018 con l'emissione del Dec. n. 10211 del 25/06/2018.

2 - INTRODUZIONE

La Regione Toscana ha adottato il Piano Regionale per la Qualità dell'Aria ambiente (PRQA), approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 72 del 18/07/2018, previsto dalla L.R.9/2010, come piano intersettoriale ai sensi dell'art.10 della L.R.1/2015 nonché come atto di governo del territorio ai sensi dell'art. 10 della L.R. 65/14.

Il PRQA sostituisce il “Piano Regionale di risanamento e mantenimento della qualità dell'aria (PRRM) 2008-2010”, registrando come attuati gli interventi di miglioramento delle prestazioni ambientali delle centrali geotermoelettriche previsti dal PRRM, compresa la definizione di valori limite di emissione rappresentativi degli impatti dello sfruttamento della risorsa geotermica, e soddisfa quanto disposto dalla DGRT n. 344/2010 “Approvazione criteri direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche”.

Si ricorda che 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 della DGRT n. 344 del 2010. ARPAT, confermando l'interesse per tale attività, ha previsto una specifica struttura (Settore Geotermia) con sede presso il Dipartimento di Grosseto.

Il presente documento riporta i risultati dell'attività di controllo alle emissioni delle centrali geotermoelettriche svolta da tale Settore nell'anno 2017 ed è da ritenersi di aggiornamento e integrazione della relazione del 2016.

Il controllo delle emissioni delle centrali geotermoelettriche 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 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 entalpia¹ 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 60MW 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 20MW, per un totale di 60MW. In totale, sul Monte Amiata è presente una potenza nominale complessiva di 120MW; 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:

- sub-area Larderello-Castelnuovo Val di Cecina (Comuni di Pomarance e Castelnuovo 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).

Nel 2017 nell'Area tradizionale hanno esercito complessivamente 30 centrali, per una potenza

¹ Entalpia: funzione di stato di un sistema che esprime la quantità di energia che esso può scambiare con l'ambiente.

nominale complessiva di circa 794,5 MWe; tutte le centrali sono dotate di AMIS.
Nella sottostante tabella 1 è riportato l'elenco della centrali attive nel 2017.

Tabella 1 – Elenco CGTE al 31/12/2017

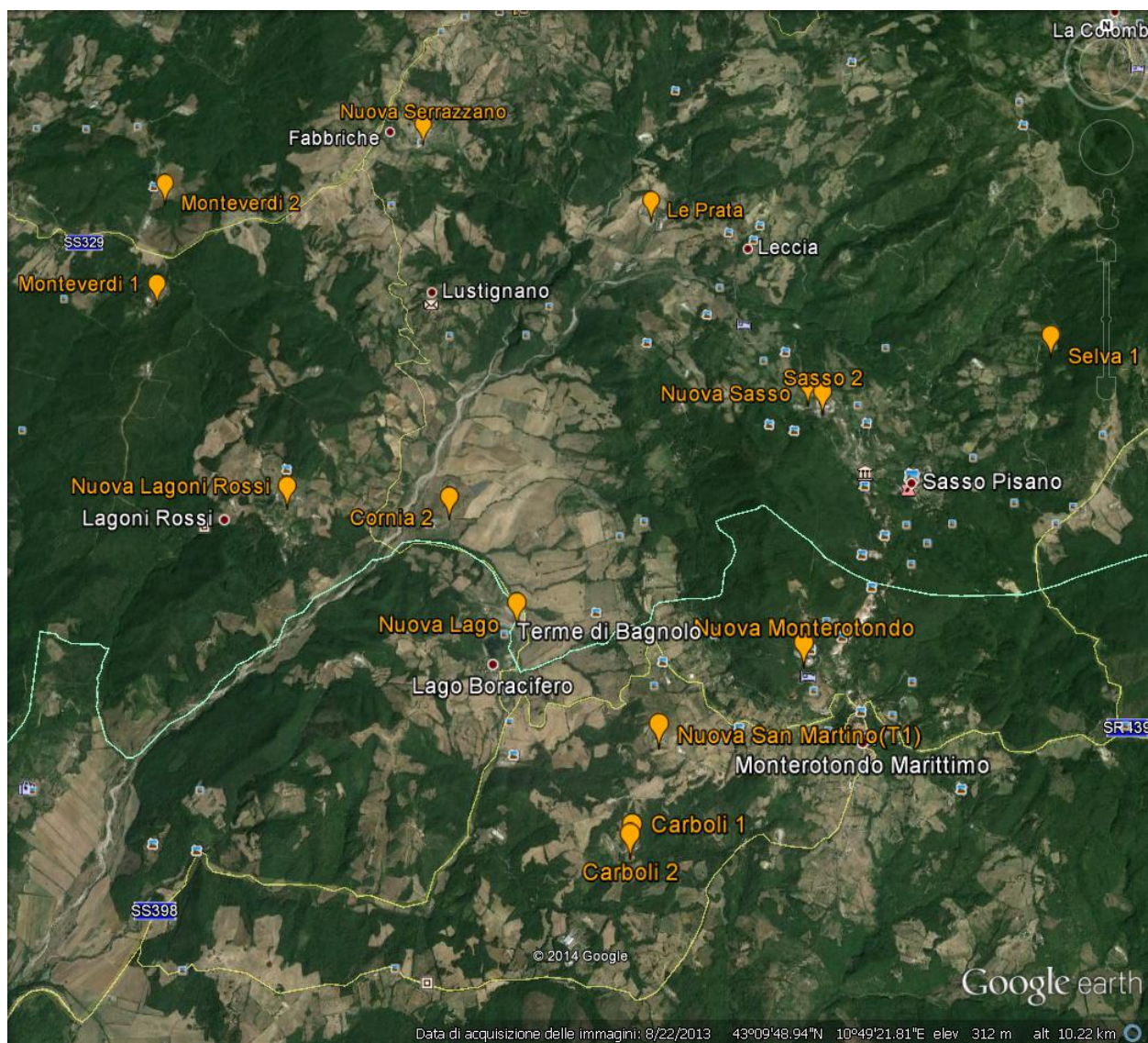
	Area territoriale geotermica	Denominazione centrale	Comune (PV)	Potenza nominale (MW)	Tipologia tiraggio torri di raffreddamento	Data avviamento (anno)
1	Larderello	SESTA 1	Radicondoli (SI)	20	Indotto	2002
2		FARINELLO	Pomarance (PI)	60	Indotto	1995
3		NUOVA GABBRO	Pomarance (PI)	20	Naturale	2002
4		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		TRAVALLE 3	Montieri (GR)	20	Indotto	2000
15		TRAVALLE 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).

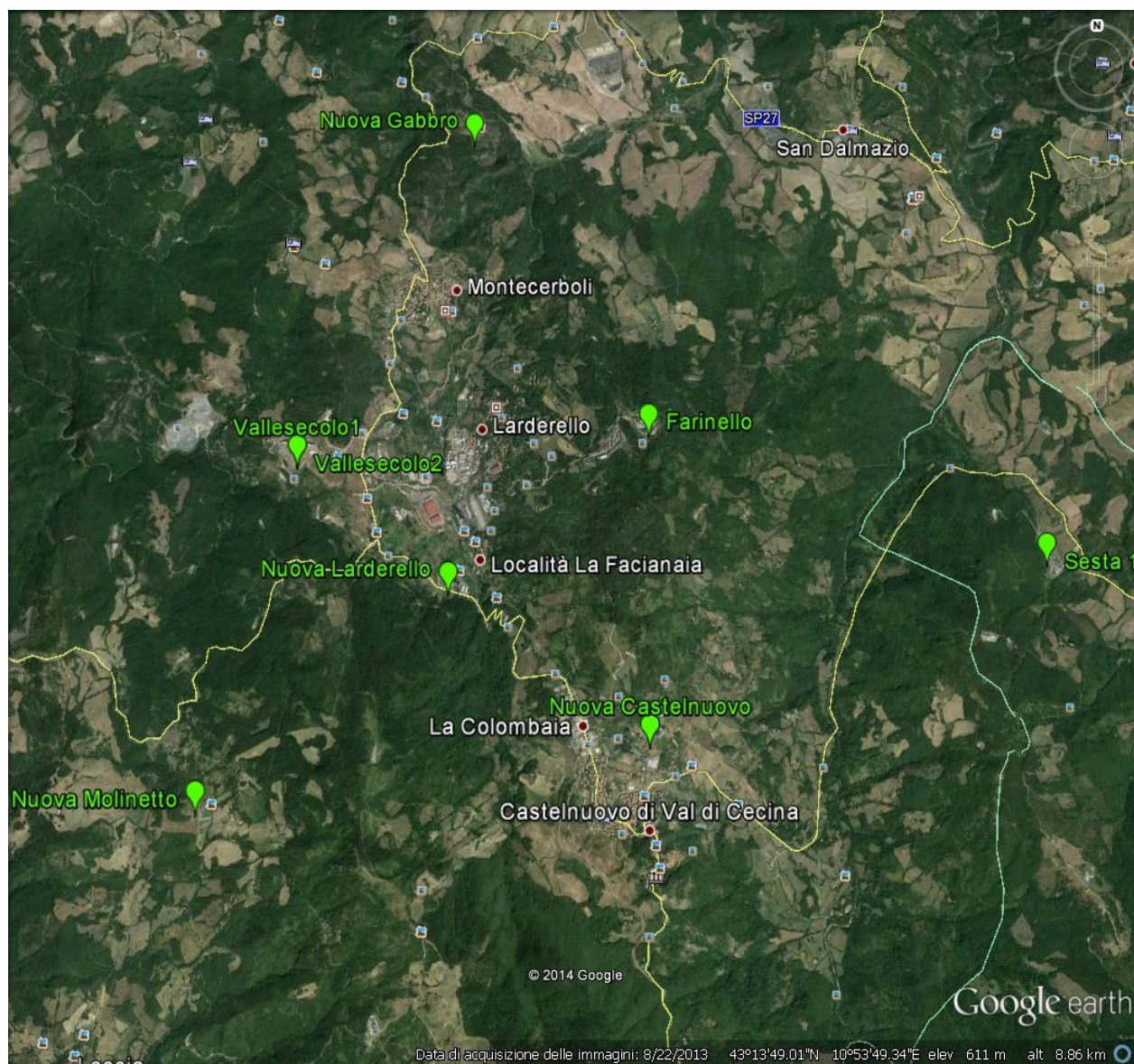
Cartografia 1 - AGE Piancastagnaio (centrali geotermoelettriche in rosso)



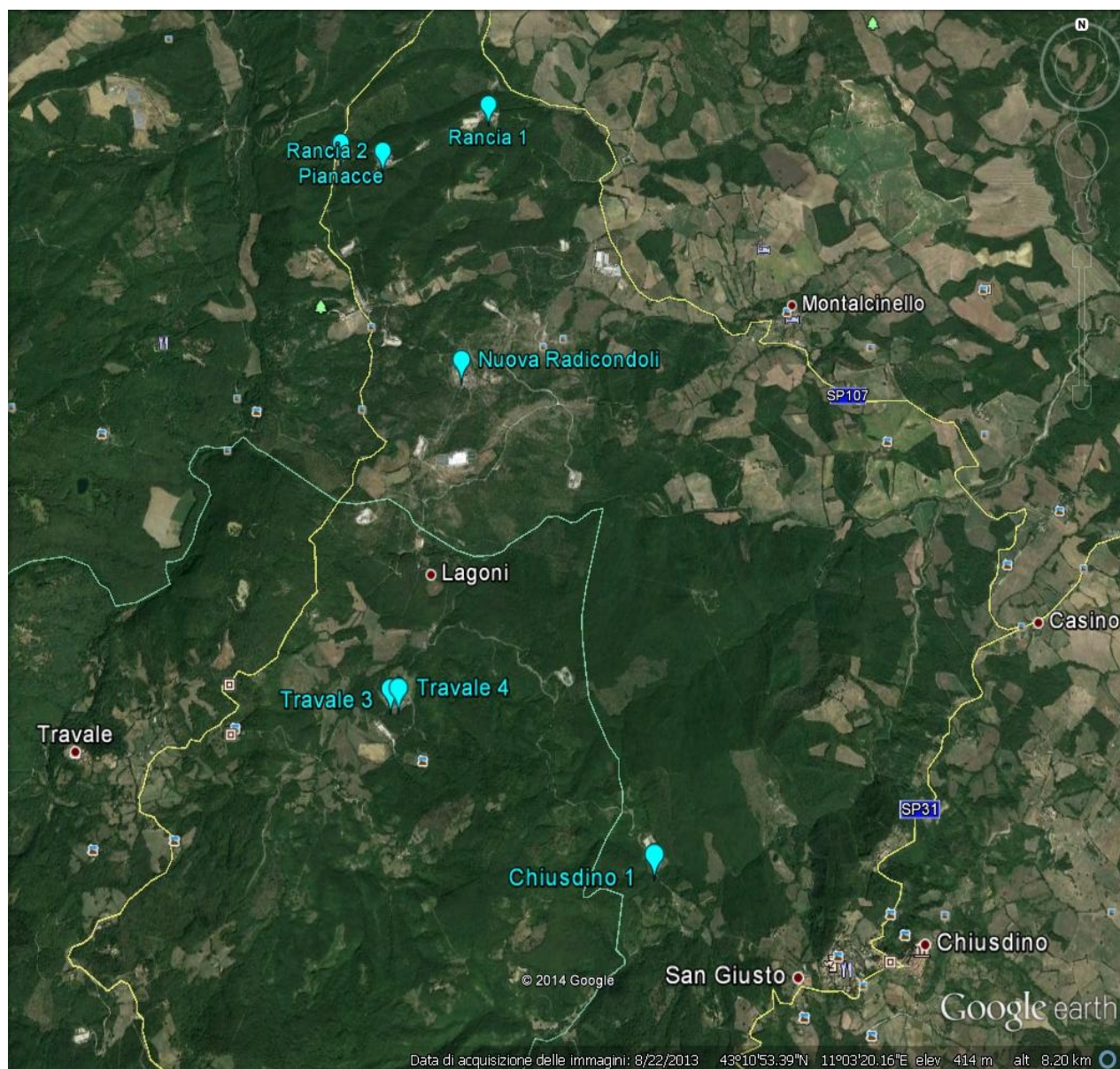
Cartografia 2 - AGE Lago (centrali geotermoelettriche in arancione)



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 2017.

Tabella 2 – Controlli anno 2017

Denominazione centrale	N. controlli 2017	Potenza nominale (MW)	Comune (prov.)
Bagnore 3	2	20	SANTA FIORA (GR)
Bagnore 4 Grp 1	2	20	SANTA FIORA (GR)
Bagnore 4 Grp 2	2	20	SANTA FIORA (GR)
Carboli 1	2	20	MONTEROTONDO MARITTIMO (GR)
Carboli 2	1	20	MONTEROTONDO MARITTIMO (GR)
Chiusdino 1	1	20	CHIUSDINO (SI)
Farinello	1	60	POMARANCA (PI)
Nuova Gabbro	1	20	POMARANCA (PI)
Monteverdi 2	1	20	MONTEVERDI (PI)
PC-4	1	20	PIANCASTAGNAIO (SI)
PC-5	1	20	PIANCASTAGNAIO (SI)
Sesta 1	1	20	RADICONOLI (SI)
Vallesecolo Grp 1	1	60	POMARANCA (PI)

il controllo effettuato da ARPAT si può circostanziare nell'espletamento delle seguenti attività :

1. Sopralluogo all'impianto;
2. Campionamento e successiva determinazione analitica, svolta in laboratorio, dei seguenti parametri:

Entrata AMIS	Uscita AMIS	Torre refrigerante	Condense circolanti	Collettore di centrale (solo per le centrali di Bagnore)
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

3. Misure svolte in campo:

Entrata AMIS	Uscita AMIS	Torre refrigerante	Collettore di centrale (solo per le centrali di Bagnore)
Velocità media, temperatura e pressione del fluido, portata secca, massiva umida e umida del fluido	Velocità media, temperatura e pressione del fluido, portata secca, massiva umida e umida del fluido	Velocità media, temperatura , pressione e portata umida dell'aeriforme	Rapporto: gas/vapore, gas/fluido, vapore/fluido Portata: fluido. Gas e vapore

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 impatto 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, sulla base dei limiti tecnologici di questi insediamenti produttivi, 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 dell'impianto di abbattimento AMIS, non previsto dalle normative nazionali; l'AMIS costituisce la migliore tecnologia disponibile per abbattere il mercurio e l'acido solfidrico presenti nella quota di gas incondensabili in uscita dal condensatore migliorando così la qualità dell'emissione.

Al 31/12/2017 risultano autorizzate ai sensi della normativa regionale (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 (Decreto n. 1198 del 26/03/2008).

Nella successiva tabella 3, sono riportate le denominazioni delle centrali controllate nel 2017 con le relative autorizzazioni di riferimento, compresi i valori limite di emissione:

Tabella 3 – Autorizzazioni centrali controllate

Denominazione centrale	Autorizzazione	Valori limite di Emissione	
		Uscita AMIS ⁽¹⁾	Uscita Centrale
Bagnore 3	Autorizzazione SUAP n. 1027 del 11/02/2015 Determinazione dirigenziale della Provincia di GR n. 4124 del 29/12/2014	H ₂ S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO ₂ = 200 g/h	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
Bagnore 4 Grp 1 e 2)	Autorizzazione Regione Toscana Dec. RT 570 20/02/2014	H ₂ S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO ₂ = 200 g/h	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
Carboli 1	Autorizzazione SUAP n. 21 del 14/01/2015 Determinazione dirigenziale della Provincia di GR n. 4125 del 29/12/2014	H ₂ S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO ₂ = 200 g/h	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
Carboli 2	Autorizzazione SUAP n. 39 del 16/01/2015 Determinazione dirigenziale della Provincia di GR n. 4126 del 29/12/2014	H ₂ S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO ₂ = 200 g/h	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
Chiusdino 1	Autorizzazione Dec. Regione Toscana Settore Minerale n. 3379 del 13/07/2009	H ₂ S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO ₂ = 200 g/h	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
Nuova Gabbro	Determinazione dirigenziale della Provincia di PI n. 4160 del 13/10/2014	H ₂ S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO ₂ = 200 g/h	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 4 g/h
Monteverdi 2	Determinazione dirigenziale della Provincia di PI n. 3942 del 29/09/2014	H ₂ S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO ₂ = 200 g/h	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
Piancastagnaio PC-4	Autorizzazione SUAP n. 17605 del 19/10/2015 (Determinazione Provincia di Siena n. 2117 del 21/09/2015)	H ₂ S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO ₂ = 200 g/h	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
Piancastagnaio PC-5	Autorizzazione SUAP n. 17605 del 19/10/2015 (Determinazione Provincia di Siena n. 2117 del 21/09/2015)	H ₂ S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO ₂ = 200 g/h	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
Sesta 1	Decreto della RT n° di adozione 14233 del 23/12/2016	H ₂ S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO ₂ = 200 g/h	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h
Vallesecolo Grp 1	Determinazione dirigenziale della Provincia di PI n. 4015 del 02/10/2014	H ₂ S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO ₂ = 200 g/h	H ₂ S = 80 kg/h Hg = 15 g/h
Nota (1) - H ₂ S in uscita AMIS. In caso di superamento del valore di riferimento (3 kg/h), il valore limite si considera comunque rispettato se l'abbattimento sul compressore è superiore al 97%.			

3.2 - Metodi

Per i controlli è stata applicata la specifica procedura tecnica, (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.

3.2.1 - Determinazione del mercurio in emissione dalla torre refrigerante.

Nel 2016 si è concluso lo studio di interconfronto ARPAT – ENEL, 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 (DDRT n. 9721 del 26/09/2016). Le prove effettuate nelle ultime fasi dello studio, hanno evidenziato che le differenze significative registrate prima dell'interconfronto, sono state ricondotte a valori più accettabili e, per la maggior parte, compresi nell'intervallo relativo all'incertezza di misura.

Dalla sottostante tabella 4, che riporta i risultati delle misure effettuate dalle da ARPAT e ENEL GP, si evince che su 10 confronti solo due (riportati in grigio in tabella) risultano con significative differenze (Bagnore 4 Grp 2 del 03/08/17 e Vallesecolo Grp 1 del 23/08/17) per cause ancora non determinate, pertanto il giudizio finale dello studio è da ritenersi positivo.

Nel corso del 2017 è stata effettuata una revisione migliorativa al documento (revisione 1) che è in corso di decretazione.

Tabella 4 - Confronto ARPAT-ENEL dati Hg aeriforme in uscita dalle torri. Anno 2017

Centrale	Data	Hg ARPAT (g/h)	Hg ENEL (g/h)
Bagnore 3	20/06/17	1,86	0,9
Bagnore 3	28/11/17	3,25	1,4
Bagnore 4 grp 2	03/08/17	5,6	0,73
Bagnore 4 grp 1	06/07/17	0,64	0,79
Bagnore 4 grp 1	26/10/17	0,17	1,57
Nuova Farinello	05/04/17	0,33	1,0
Nuova Gabbro	15/03/17	1,22	1,2
Monteverdi 2	21/09/17	0,66	0,2
PC 4	31/05/17	6,0	4,0
Vallesecolo Grp 1	23/08/17	11,2	2,0

3.2.2 - Determinazione dell'acido solfidrico in emissione dalla torre refrigerante

Nel 2016 è emersa un'analoga problematica per la determinazione dell'acido solfidrico emesso dalle torri refrigeranti; le risultanze di ARPAT e ENEL GP hanno mostrato differenze meno significative di quelle registrate nella determinazione del mercurio. Sebbene i valori di acido solfidrico misurati dalle due strutture siano 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..

Lo studio, iniziato nel mese di luglio 2016, si è concluso a maggio del 2017 con l'emissione del **Metodo IGG/CNR-4 (M4)** - *Procedura di campionamento e analisi per la determinazione dell'acido solfidrico in uscita dalle torri di raffreddamento delle centrali geotermiche* (in corso di decretazione).

Il confronto delle modalità di applicazione del metodo (metodo UNICHIM 634), ha evidenziato una differenza procedurale delle attività, potenzialmente significativa, relativamente al fatto che ENEL GP esegue la titolazione in campo mentre ARPAT la effettua in laboratorio, previa stabilizzazione in campo con soda. Le prove sono state svolte su campioni di gas prelevati alle emissioni della torre refrigerante della centrale di Chiusdino 1 (comune di Chiusdino).

L'interconfronto ha evidenziato che le diverse modalità operative adottate dalle due organizzazioni, non sono da ritenersi causa degli scarti registrati.

La criticità è stata invece identificata nel possibile mancato mantenimento del pH acido da parte della soluzione di iodio, che in ambiente alcalino (soda) potrebbe generare reazioni di dismutazione dell'alogeno, con passaggio dallo stato elementare a ione alogenuro e ipoalogenito. Infatti, nel caso in cui lo iodio subisca una reazione di dismutazione prima della reazione di titolazione, si determina una sovrastima dei solfuri nel campione di prova.

Nella procedura integrativa del metodo (punti 7.7.1. e 7.7.2.) è stato raccomandato, per entrambi i protocolli, di mantenere la soluzione di iodio sempre a un pH acido.

A seguito di questa azione correttiva, i successivi confronti hanno dimostrato l'equivalenza delle due procedure.

3.3 - Risultati dei controlli

3.3.1 - Acido solfidrico e mercurio in uscita dalle centrali

Nella sottostante tabella 5 sono riportati, in concentrazione e in flusso di massa, i dati 2017 riguardo i due parametri maggiormente significativi, acido solfidrico e mercurio.

Tabella 5 - Valori di emissione dei parametri normati in uscita dalla centrale. Anno 2017

EMISSIONE TOTALE DELLA CENTRALE - PARAMETRI NORMATI (Tab. 4.1 della DGRT n. 344/2010)					
Centrale	Data	H₂S (mg/Nm³)	H₂S (kg/h)	Hg totale (mg/Nm³)	Hg totale (g/h)
Chiusdino 1	14/02/17	3,6	18,4	ND ⁽¹⁾	
Nuova Gabbro	15/03/17	0,5	2,2	0,001	2,4
Farinello	05/04/17	2,1	33,6	0,0001	1,4
PC 4	31/05/17	2,1	9,7	0,001	6,3
Bagnore 3	14/06/17	2,3	9,3	0,001	2,1
Bagnore 4 Grp 1	06/07/17	1,4	6,6	0,0005	2,2
Bagnore 4 Grp 2	03/08/17	0,5	2,1	0,001	6,0
Vallesecolo GRP 1	23/08/17	1,5	21,1	0,001	11,3
Monteverdi 2	21/09/17	4,3	15,6	0,0002	0,7
Bagnore 4 Grp 1	26/10/17	0,2	1,0	0,0001	0,3
Bagnore 3	28/11/17	1,3	6,3	0,001	5,2

Nota (1) - Non eseguito in quanto programmata solo attività di studio circa l'applicazione del metodo per la determinazione dell'acido solfidrico in uscita dalla centrale

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

Nella tabella 6 sono riportati, in concentrazione e in flusso di massa, i dati relativi ai tre parametri normati in uscita AMIS.

Tabella 6 – Emissioni AMIS. Anno 2017

EMISSIONI AMIS - PARAMETRI NORMATI (Tab. 4.1 della DGRT n. 344:2010)							
Centrale	Data	H₂S (mg/Nm³)	H₂S (kg/h)	Hg (mg/Nm³)	Hg (g/h)	SO₂ (mg/Nm³)	SO₂ (g/h)
Chiusdino 1	14/02/17	29,2	0,1	0,3	1,1	< al limite di quantificazione (0,3ppm)	-
PC 5	21/02/17	29,5	0,2	0,01	0,03	9,7	100
N. Gabbro	15/03/17	29,9	0,3	0,1	1,2	2,6	20
Farinello	05/04/17	29,4	0,3	0,1	1,1	4,3	50
Carboli 1	03/05/17	ND ⁽¹⁾	ND ⁽¹⁾	0,2	1,1	5,1	0,03
Sesta 1	23/05/17	29,6	0,1	0,04	0,2	2,3	11
PC 4	31/05/17	28,7	0,3	0,03	0,3	10,0	95
Bagnore 3	14/06/17	28,6	0,2	0,05	0,3	5,1	32
Bagnore 4 Grp 1	06/07/17	28,7	0,2	0,2	1,5	6,6	49
Bagnore 4 Grp 1 + extraflusso 135%	06/07/17	29,1	0,3	0,2	1,9	6,6	64
Vallesecolo Grp 1	23/08/17	28,9	0,3	0,02	0,2	3,4	30
Monteverdi 2	21/09/17	ND ⁽³⁾	1,8	0,02	0,1	ND ⁽²⁾	
Carboli 1	03/10/17	ND ⁽²⁾				ND ⁽²⁾	
Carboli 2	04/10/17	28,9	0,04	0,1	0,1	ND ⁽²⁾	
Bagnore 3	28/11/17	29,3	0,2	0,3	1,9	2,3	14
Bagnore 4 Grp 2 – in extraflusso 150,7%	13/12/17	29,6	0,3	0,1	0,8	1,4	16
Bagnore 4 Grp 2	03/08/17	7,2	0,1	0,06	0,4	4,3	33
Bagnore 4 Grp 2 - in extraflusso 138%	03/08/17	28,5	0,3	0,1	0,6	4,3	45
Bagnore 4 Grp 1	26/10/17	29,5	0,2	0,02	0,1	3,4	20
Bagnore 4 Grp 1 - in extraflusso 158%	26/10/17	28,8	0,3	0,2	1,6	3,4	34

Nota (1) – Non eseguito per imprevisti tecnici in fase di campionamento

Nota (2) – Non eseguito per indisponibilità dello strumento in quanto inviato al centro di taratura

Nota (3) – Non eseguito per motivi tecnici

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

Interconnessione AMIS Bagnore 4 Grp1 e Grp2.

Nella successiva tabella 7 sono riportati i controlli svolti da ARPAT nel 2017, tenuto conto della prescrizione n. 15 della Delibera n. 810/2012 (pronuncia di 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 della prescrizione n. 16 (della sopracitata 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.

Da ottobre 2017, in ottemperanza alla prescrizione n. 16, la capacità di trattamento di un extraflusso è pari a un valore non inferiore al 50% degli incondensabili non trattati dall'altro AMIS fermo.

Tabella 7 - Uscita AMIS Bagnore 4 Grp 1 e 2 + Extraflusso -anno 2017

EMISSIONI AMIS + Extraflusso - PARAMETRI NORMATI - (Tab. 4.1 della DGRT n. 344/2010)							
Centrale	Data	H₂S (mg/Nm³)	H₂S (kg/h)	Hg (mg/Nm³)	Hg (g/h)	SO₂ (mg/Nm³)	SO₂ (g/h)
Bagnore 4 Grp 2 + extraflusso 38% dall'AMIS 1	03/08/17	28,5	0,3	0,1	0,6	4,3	45
Bagnore 4 Grp 1 + extraflusso 35% dall'AMIS2	06/07/17	29,1	0,3	0,2	1,9	6,6	64
Bagnore 4 Grp 1 + extraflusso 58% dall'AMIS2	26/10/17	28,8	0,3	0,2	1,6	3,4	34
Bagnore 4 Grp 2 + extraflusso 51% dall'AMIS1	13/12/17	29,6	0,3	0,1	0,8	1,4	16

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 18 della 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 delibera 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 8).

Tabella 8 - *Requisiti minimi di esercizio – Valori limite (Tab. 4.2 Allegato A DGRT 344/2010)*

Descrizione	Requisito minimo (%)
Per le centrali: ore di NON funzionamento ⁽¹⁾ 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 9, sono riportati i dati relativi al 2017 (i dati di processo sono comunicati da ENEL GP, mentre le elaborazioni sono state eseguite da ARPAT).

Tabella 9 – Requisiti minimi anno 2017

	Denominazione Centrale	Per le centrali: ore di non funzionamento ⁽¹⁾ x 100/8760 (Requisito minimo < 5%)	Per gli AMIS: ore di funzionamento AMIS x 100/ore di funzionamento c.le (Requisito minimo ≥ 90%)
1	SESTA 1	0,7	91,6
2	FARINELLO	0,3	91,1
3	NUOVA GABBRO	0,5	91,3
4	NUOVA LARDERELLO	0,2	91,5
5	VALLE SECOLO 1	0,0	90,8
6	VALLE SECOLO 2	0,0	91,0
7	NUOVA CASTELNUOVO	1,5	91,2
8	NUOVA MOLINETTO	0,3	91,1
9	NUOVA RADICONOLI 1	0,1	90,4
10	NUOVA RADICONOLI 2	0,1	90,3
11	PIANACCE	0,4	92,3
12	RANCIA 1	0,4	91,9
13	RANCIA 2	0,1	92,0
14	TRAVALLE 3	0,2	92,6
15	TRAVALLE 4	0,3	92,5
16	CHIUSDINO	0,2	91,2
17	NUOVA LAGONI ROSSI	0,3	91,1
18	NUOVA SERRAZZANO	0,6	90,5
19	MONTEVERDI 1	1,1	92,0
20	MONTEVERDI 2	0,8	91,1
21	CARBOLI 1	0,6	90,9
22	CARBOLI 2	0,5	91,5
23	NUOVA LAGO	0,5	91,0
24	NUOVA MONTEROTONDO	0,1	ND - valore limite in deroga fino a marzo 2018
25	NUOVA SAN MARTINO	0,3	91,3
26	CORNIA 2	1,1	91,4
27	LE PRATA	0,5	90,4
28	NUOVA SASSO	0,4	90,8
29	SASSO 2	0,4	90,5
30	SELVA 1	0,6	91,1
31	BAGNORE 3	0,2	95,7
32	BAGNORE 4 GR1	0,1	97,5
33	BAGNORE 4 GR2	0,2	98,7
34	PIANCASTAGNAIO 3	3,3	98,3
35	PIANCASTAGNAIO 4	0,2	96,3
36	PIANCASTAGNAIO 5	0,5	97,0

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 dei requisiti minimi di funzionamento.

Per la centrale di nuova Monterotondo 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 vapore in ingresso centrale con conseguente diminuzione delle temperature del reattore catalitico. Ciò determina frequenti malfunzionamenti AMIS in numero tale da non poter rispettare il requisito minimo di funzionamento AMIS (>90%). Tenuto presente il basso impatto emissivo della centrale, che marcia con carico produttivo pari a 5 – 6MW contro un carico nominale di 10 MW, la Regione Toscana, sentita ARPAT, ha concesso la deroga all'applicazione del limite per un periodo di un anno a partire dal 10/03/2017. Successivamente, per completare le azioni previste, è stata richiesta e concessa un'ulteriore deroga di 9 mesi a partire dal 14/03/2018 (scadenza 14/12/2018).

3.3.4 - CGTE Bagnore - Abbattimento dell'ammoniaca e dell'acido solfidrico 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 (NH₃) 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 località Bagnore, di un sistema di abbattimento dell'ammoniaca non inferiore al 75% rispetto al dato dell'ammoniaca in entrata centrale. Il principio del trattamento 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 acidificazione delle condense favorisce anche la ripartizione dell'H₂S 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 di H₂S pari o maggiore al 90% rispetto alla quantità in ingresso centrale. Nella sottostante tabella 10 sono riportati i risultati ARPAT.

Tabella 10 - Abbattimento di centrale NH₃ - H₂S - Bagnore. Anno 2017 - dati ARPAT

Denominazione centrale	Data	NH ₃ entrata centrale (kg/h)	NH ₃ uscita centrale (kg/h)	NH ₃ abbattimento (%)	H ₂ S entrata centrale (kg/h)	H ₂ S uscita centrale (kg/h)	H ₂ S emissione (%)
Bagnore 3	14/06/17	211,6	59,9	71,7	201,7	9,3	4,6
Bagnore 4 Grp 1	06/07/17	219,1	54,0	75,4	234,6	6,6	2,8
Bagnore 4 GRP 2	03/08/17	216,8	44,4	79,5	204,8	2,1	1,0
Bagnore 4 Grp 1	26/10/17	32,1 ⁽¹⁾	3,0 ⁽¹⁾	90,5	260,5	1,0	0,4
Bagnore 3	28/11/17	224,0	15,7	93,0	168,9	6,3	3,7

Nota (1) - I dati di flusso di massa dell'ammoniaca registrati il 26/10/17 per la centrale Bagnore4 Grp1 (in grigio), risultano anomali (*outliers*) in decisamente inferiori rispetto ai dati attesi. Come dati assoluti sono da considerarsi *outlier* ma, tenuto conto che i dati in entrata e in uscita risultano entrambi affetti da un errore sistematico, per il calcolo percentuale possono essere considerati validi.

I risultati ottenuti sono tutti compresi entro i valori limite. Si precisa che i parametri di cui alla tabella 10, non sono normati. I parametri normati sono riferiti al dato su base annua (Delibera n.810/2012 - prescrizioni n. 8, 9 e 11) calcolato come media dei controlli bimestrali svolti da ENEL GP.

Nella seguente tabella 11, sono riportati i valori determinati da ENEL GP con frequenza bimestrale (media calcolata da ARPAT).

Tabella 11 - *Bagnore 3 e 4. Emissione acido solfidrico e ammoniacale in uscita centrale (%). Anno 2017. Dati ENEL GP*

Centrale	Data/periodo	Emissione % rispetto al flusso di massa in ingresso (Valore limite < 10%)	Abbattimento % rispetto al flusso di massa in ingresso (Valore limite ≥ 75)
Bagnore 3	1° bimestre 2017	0,9	91,2
	2° bimestre 2017	4,8	78,9
	3° bimestre 2017	3,2	94,2
	4° bimestre 2017	3,9	92,6
	5° bimestre 2017	3,8	95,8
	6° bimestre 2017	6,2	85,9
		Media = 3,8	Media = 89,8
Bagnore 4 Grp 1	1° bimestre 2017	5,0	91,0
	2° bimestre 2017	3,4	91,5
	3° bimestre 2017	4,4	75,9
	4° bimestre 2017	4,5	88,6
	5° bimestre 2017	3,8	95,8
	6° bimestre 2017	6,2	85,9
		Media = 4,5	Media = 88,1
Bagnore 4 Grp 2	1° bimestre 2017	5,0	92,0
	2° bimestre 2017	3,3	88,2
	3° bimestre 2017	3,3	76,3
	4° bimestre 2017	3,2	85,8
	5° bimestre 2017	4,9	90,2
	6° bimestre 2017	3,0	86,0
		Media = 3,8	Media = 86,4

Nella seguente tabella 12 si riportano i valori medi anno 2017 calcolati con tutti i dati disponibili (ARPAT + ENEL GP).

Tabella 12 - *Valori medi anno 2017*

Centrale	H ₂ S emissione (%) - media annua dati ENEL + dati ARPAT	NH ₃ abbattimento (%) media annua dati ENEL + dati ARPAT
Bagnore 3	4,0	84,8
Bagnore 4 Grp 1	2,6	84,7
Bagnore 4 GRP 2	2,4	82,9

Tutti i valori determinati risultano tutti compresi nei valori limite di cui alle specifiche prescrizioni.

3.3.5 – Efficienza di abbattimento AMIS. Anno 2017

Nella sottostante tabella 13 sono riportati i dati di efficienza di abbattimento dell'AMIS del mercurio e dell'acido solfidrico rilevati da ARPAT.

Tabella 13 - Efficienza abbattimento AMIS sul compressore - controlli ARPAT anno 2017

Denominazione centrale	Data	Efficienza abbattimento AMIS acido solfidrico (%)	Efficienza abbattimento AMIS mercurio gassoso (%)
Chiusdino 1	14/02/17	99,8	82,2
PC 5	21/02/17	99,9	99,8
Nuova Gabbro	15/03/17	99,8	93,2
Farinello	05/04/17	99,8	93,5
Carboli 1	03/05/17	ND	54,0
Sesta 1	23/05/17	99,9	86,8
PC 4	31/05/17	99,8	99,5
Bagnore 3	14/06/17	99,9	97,3
Bagnore 4 GRP 1	06/07/17	99,8	90,8
Bagnore 4 GRP 2	03/08/17	100,0	98,5
Vallesecolo GRP 1	23/08/17	99,7	99,2
Monteverdi 2	21/09/17	98,6	98,7
Bagnore 4 GRP 1	26/10/17	99,9	99,5
Bagnore 3	28/11/17	99,9	82,9
Carboli 1	03/10/17	Dati non disponibili causa problematiche tecniche emerse in corso di campionamento	
Carboli 2	04/10/17	99,8	83,9

Per l'acido solfidrico i dati dimostrano una costante ed elevata efficienza di abbattimento prossima al 100%. Anche per il mercurio nella maggior parte delle centrali controllate si registrano efficienze di abbattimento superiori al 90%, con l'eccezione di quelle di Sesta 1, Bagnore 3 e Carboli 2, per le quali si registrano abbattimenti inferiori al 90% comunque accettabili (rispettivamente 86,8%, 82,9%, 83,9). Il dato di maggio relativo alla centrale di Carboli 1 è invece decisamente negativo (54%), confermato anche dalle rilevazioni di ENEL GP (55%).

La causa della scarsa efficienza di abbattimento del mercurio è da attribuire al fatto che l'AMIS della centrale funziona con il ciclo inverso, prima avviene la rimozione dell'H₂S e successivamente quella del mercurio. In questa modalità il filtro del mercurio si trova in condizioni di temperatura inferiore e con l'umidità relativa maggiore rispetto al ciclo diretto, con conseguente diminuzione dell'efficienza di abbattimento. Il controllo è stato ripetuto nel mese di ottobre 2017, ma a causa di un imprevisto tecnico (entrata di aria nelle fiale per la composizione gas) non è stato possibile effettuare la misura.

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 in flusso di massa (3kg/h); in questi casi, se l'efficienza di abbattimento è maggiore del 97%, il valore limite si ritiene rispettato.

3.3.6 - Fattori di emissione. Anno 2017

Ai fini di una migliore rappresentazione dell'impatto legato all'attività emissiva si riportano, in tabella 14, i fattori di emissione calcolati, come rapporto dei flussi di massa (kg/h) per gli inquinanti H₂S, Hg e NH₃, sul carico medio della centrale (MWe/h) registrato durante l'attività di controllo.

Tabella 14 - *Fattori di emissione. Anno 2017*

Denominazione centrale	Data	Fattore emissione H ₂ S (kg/MWe)	Fattore emissione Hg (g/MWe)	Fattore emissione NH ₃ (kg/MWe)
Chiusdino 1	14/02/17	1,03	-	-
Nuova Gabbro	15/03/17	0,13	0,14	0,14
Farinello	05/04/17	0,61	0,02	0,45
PC 4	31/05/17	0,49	0,32	0,02
Bagnore 3	14/06/17	0,45	0,10	2,93
Bagnore 4 GRP 1	06/07/17	0,30	0,10	2,50
Bagnore 4 GRP 2	03/08/17	0,10	0,29	2,17
Vallesecolo GRP 1	23/08/17	0,36	0,18	1,44
Monteverdi 2	21/09/17	0,99	0,04	0,21
Bagnore 4 GRP 1	26/10/17	0,04	0,01	-
Bagnore 3	28/11/17	0,31	0,25	0,76

3.3.7 - Parametri non soggetti a normativa

Nella sottostante tabella 15, sono riportati i risultati dei parametri non normati in uscita centrale.

Tabella 15 – Parametri non normati uscita centrale. Anno 2017

Centrale	Chiusdino1	Nuova Gabbro	Farinello	PC 4	Bagnore 3	Bagnore 4 Grp 1	Bagnore 4 Grp 2	Vallesecolo 1	Monteverdi 2	Carboli 1	Carboli 2	Bagnore 4 Grp 1	Bagnore
Data/parametri	14/02/17	22/03/17	05/04/17	31/05/17	14/06/17	06/07/17	03/08/17	23/08/17	21/09/17	03/10/17	04/10/17	26/10/17	28/11/17
Biossido di carbonio mg/Nm³	980,2	2 864,1	1 096,7	3 171,3	2 221,8	1 759,0	2 569,3	1 004,1	1 162,4	Dati non disponibili causa problematiche tecniche emerse in corso di campionamento	746973,5	1 772,9	1 738,8
Biossido di carbonio kg/h	5 072,7	13 397,0	17 936,0	14 749,1	8 806,5	8 133,4	10 657,5	12 794,1	4 235,9		1 103,5	8 587,3	8 411,3
Monossido di carbonio mg/Nm³	0,1	0,2	0,04	0,2	0,5	0,7	0,6	0,1	0,3		340,7	1,0	0,5
Monossido di carbonio kg/h	0,4	0,8	0,7	0,8	2,0	3,0	2,4	1,9	1,2		0,5	4,8	2,3
Selenio mg/Nm³	-	0,0002	0,0001	0,0003	0,0001	0,0002	0,0004	0,0002	< limite di quantificazione (1,0µg/L)		-	< limite di quantificazione e (1,0µg/L)	< limite di quantificazione (1,0µg/L)
Selenio g/h	-	1,1	2,1	1,4	0,4	0,9	1,5	1,9	-		-	-	-
Antimonio mg/Nm³	-	0,0001	< limite di quantificazione (0,5µg/L)	< limite di quantificazione (0,5µg/L)	< limite di quantificazione e (0,5µg/L)	0,0001	< limite di quantificazione (0,5µg/L)	< limite di quantificazione (0,5µg/L)	< limite di quantificazione (0,5µg/L)		-	< limite di quantificazione (0,5µg/L)	< limite di quantificazione (0,5µg/L)
Antimonio g/h	-	0,5	-	-	-	0,3	-	-	-		-	-	-
Ammoniaca mg/Nm³	-	0,5	1,5	0,1	15,1	11,7	10,7	4,7	0,9		-	0,6	3,2
Ammoniaca kg/h	-	2,3	24,9	0,5	59,9	54,0	44,4	72,8	3,3		-	3,0 8	15,7
Metano mg/Nm³	22 481,1	9 626,6	7 145,1	16 446,5	37 175,7	29 306,2	36 830,8	3 541,2	9 774,5		11 091,4	41 219,8	39 091,3
Metano kg/h	79,3	82,2	81,5	157,2	235,2	218,5	285,4	32,3	42,6		16,4	257,3	243,0

I risultati riepilogati in tabella 15 risultano in linea con i dati registrati negli anni precedenti. Si riscontrano, come aspettato, valori emissivi elevati di CO₂ e flussi di massa significativi di metano considerando che tale molecola è venti volte più climalterante della CO₂.

3.3.8 - Determinazione dell'arsenico in uscita dalle centrali. Anno 2017

Nella sottostante tabella 16, sono riportati i valori ottenuti da ARPAT relativi all'arsenico in uscita centrale.

Tabella 16 – *Arsenico alle emissioni delle centrali. Anno 2017*

Centrale	Data	Arsenico (mg/Nm ³)	Arsenico (g/h)
Nuova gabbro	15/03/17	0,0002	0,7
Farinello	05/04/17	0,0001	2,4
PC 4	31/05/17	0,0002	0,9
Bagnore 3	14/06/17	< limite di quantificazione (1,0 µg/L)	-
Bagnore 4 GRP 1	06/07/17	0,0001	0,5
Bagnore 4 GRP 2	03/08/17	< limite di quantificazione (1,0 µg/L)	-
Vallesecolo GRP 1	23/08/17	< limite di quantificazione (1,0 µg/L)	-
Monteverdi 2	21/09/17	0,0001	0,4
Bagnore 4 GRP 1	26/10/17	< limite di quantificazione (1,0 µg/L)	-
Bagnore 3	28/11/17	< limite di quantificazione (1,0 µg/L)	-

Per la metà dei controlli effettuati si sono registrate concentrazioni di arsenico alle emissioni delle centrali geotermoelettriche al di sotto dei limiti di quantificazione analitica.

3.3.9 – Pozzi geotermici

Nella tabella 17 sono elencati i pozzi produttivi afferenti alle centrali nei quali si sono verificati sfiori nel 2017 (per ogni pozzo sono riportati gli sfiori in atmosfera in t/anno). I dati sono trasmessi da ENEL GP tramite il documento d'impianto inviato con frequenza quadrimestrale.

Tabella 17 – *Sfiori pozzi produttivi anno 2017 (in tonnellate)*

MONTIERI_5_A	RADICONDOLI_15	RADICONDOLI_22	RADICONDOLI_23	RADICONDOLI_24	RADICONDOLI_6BIS
72	987	288	8425	161	1030

RADICONDOLI_7BIS	AIA DEI SERPI	BAGNORE 25	BERTOLE 2	N_141
2400	7356	20	310	24

Nel 2017 sono state registrate **21.073 t** di fluido sfiorato, pertanto, rispetto al dato del 2016 (31.639 t), nel 2017 si registra una diminuzione degli sfiori del 33,4%.

ENEL GP dichiara che tale risultato è stato ottenuto a seguito di una migliore gestione del fluido geotermico ottenuta attraverso la concomitanza delle fermate manutentive programmate delle centrali maggiormente interconnesse fra loro.

4 - CONCLUSIONI

Nel 2017 il Settore geotermia ha effettuato 17 controlli alle emissioni che hanno interessato 13 centrali. Anche quest'anno è stato deciso di concentrare un maggior numero di controlli presso le centrali presenti in località Bagnore (GR), ossia Bagnore 3, Bagnore 4 Grp1 e Bagnore 4 Grp2. Per tutte le centrali delle due zone geotermiche, Monte Amiata e zona tradizionale, non sono stati registrati superamenti dei valori limite di cui agli specifici autorizzativi (normativa regionale).

L'attività di ARPAT, come negli anni precedenti, oltre al controllo alle emissioni si è incentrata anche sul controllo delle matrici ambientali potenzialmente influenzate dall'attività geotermica, ossia qualità dell'aria e delle acque superficiali e sotterranee. I risultati di questi due monitoraggi sono oggetto di specifiche relazioni.

Nel 2017 si sono conclusi due studi relativi a definire procedure integrative di prova condivise da ARPAT ed ENEL GP, relative alla determinazione del mercurio e dell'acido solfidrico alle emissioni dell'aeriforme dalle torri refrigeranti; i lavori sono stati coordinati dal CNR di Pisa (Istituto di Geoscienze e Georisorse).

I metodi emessi (in corso di decretazione) sono:

- **Metodo IGG-ICCOM/CNR-3 (M3)** - Procedura di campionamento e analisi per la determinazione del mercurio in uscita dalle torri di raffreddamento delle centrali geotermiche.
- **Metodo IGG/CNR-4 (M4)** - Procedura di campionamento e analisi per la determinazione dell'acido solfidrico in uscita dalle torri di raffreddamento delle centrali geotermiche.

Riguardo al metodo per la determinazione del mercurio, i risultati registrati nel 2017 relativi alle prove svolte in parallelo ARPAT – ENEL GP, hanno dimostrato scarti accettabili.

La stagione estiva anno 2017 è stata caratterizzata da importanti e numerosi incendi verificatisi nella zona del Monte Amiata, sia nel versante grossetano che nel versante senese. A causa di questi eventi non è stato possibile evitare emissioni non controllate da parte delle centrali presenti nei luoghi degli incendi perché Terna Rete Elettrica Nazionale, per motivi di sicurezza, ha chiesto a ENEL GP il blocco delle centrali per poter aprire le linee in alta tensione.

Nel 2017 è iniziato l'iter amministrativo di rinnovo dell'autorizzazione della centrale "Nuova Molinetto", nel comune di Castelnuovo Val di Cecina ai sensi del DPR n. 59/2013. Il procedimento si è concluso nel luglio del 2018 con l'emissione del Dec. n. 10211 del 25/06/2018.

La successiva tabella 18 sintetizza i risultati dei controlli effettuati nel 2017 per i tre inquinanti più significativi: acido solfidrico (H_2S), mercurio (Hg) e anidride solforosa (SO_2) in uscita dall'impianto AMIS e acido solfidrico e mercurio in uscita dalla centrale, con riferimento ai limiti emissivi stabiliti della normativa regionale (DGRT 344/2010 - Tab. 4.1), con valori limite di emissione più restrittivi nella normativa nazionale (Dlgs-152/2006 - Parte V - allegato 1 - parte IV - sezione 2 - punto 3).

Con riferimento alla tabella 18, per "uscita AMIS" si intende l'emissione in uscita dall'impianto di abbattimento del mercurio e dell'acido solfidrico, mentre, per "uscita centrale", si intende l'emissione totale della centrale, ovvero la somma delle due fonti emissive costituite dallo scarico AMIS e dall'aeriforme in uscita dalla torre refrigerante.

Tabella 18 – Parametri normati. Anno 2017

Centrale	BAGNORE 3	BAGNORE 3	BAGNORE 4 Grp 1	BAGNORE 4 Grp 1	BAGNORE 4 Grp 2	BAGNORE 4 Grp 2	CARBOLI 1	CARBOLI 1	CARBOLI 2	CHIUSDINO 1	FARINELLO	MONTEVERDI 2	NUOVA GABBRO	PC 4	PC 5	SESTA 1	VALLESECOLO Grp 1
Data/ parametro	14/06/17	28/11/17	26/10/17	06/07/17	03/08/17	13/12/17 ⁽¹⁾	03/05/17	03/10/17	04/10/17	14/02/17	05/04/17	21/09/17	15/03/17	31/05/17 7	22/02/17	23/05/17	23/08/17
Torre refrigerante. Tipologia tiraggio	INDOTTO	INDOTTO	INDOTTO	INDOTTO	INDOTTO	INDOTTO	INDOTTO	INDOTTO	INDOTTO	INDOTTO	INDOTTO	INDOTTO	NATURALE	INDOTTO	INDOTTO	INDOTTO	INDOTTO
Potenza nominale (MW)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	60	20	20	20	20	20	60
H ₂ S uscita AMIS (kg/h)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	NE ⁽¹⁾	NE	CONTROLLO ANNULLATO PER IMPREVISTI TECNICI	0,04	0,1	0,3	1,8	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3
H ₂ S uscita AMIS (>150%) (kg/h)	-	-	0,3	0,3 (> 135%)	-	0,3	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ S uscita centrale (kg/h)	9,3	6,3	1	6,6	2,1	NE ⁽¹⁾	NE		NE	18,4	33,6	15,6	2,2	9,7	ND ⁽⁴⁾	ND ⁽⁴⁾	21,1
Hg uscita AMIS (g/h)	0,3	1,9	0,1	1,5	0,4	NE ⁽¹⁾	1,1		0,1	1,1	1,0	0,1	1,2	0,3	0,03	0,2	0,02
Hg uscita AMIS (>150%) (g/h)	-	-	1,6	0,002 (> 135%)	0,4	0,8	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hg uscita centrale (g/h)	2,1	5,2	0,3	2,2	6,0	NE ⁽¹⁾	NE		NE	ND ⁽³⁾	1,0	0,7	2,4	6,3	ND ⁽⁴⁾	ND ⁽⁴⁾	11,3
SO ₂ uscita AMIS (g/h)	32,5	14,2	20	49,0	33,2	NE ⁽¹⁾	0,03		NE	ND ⁽²⁾	50	ND ⁽⁵⁾	20	95	100	11	30,1
SO ₂ uscita AMIS (>150%) (g/h)	-	-	34	64 (> 135%)	-	16,0	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH ₃ abbattimento centrale (%)	73,2	93,0	90,5	75,4	79,5	NE	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ S emissione centrale (%)	4,6	3,3	0,4	2,8	1,0	NE	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) - Controllo parziale (solo AMIS2 in trattamento di un extraflusso pari al 50,7%)

NE - Non eseguito per avverse condizioni meteo

(2) - SO₂ = concentrazione inferiore al limite di determinazione

(3) - Mercurio in torre - tutti i bocchelli di misura sono stati impegnati per le prove di ripetibilità dell'acido solfidrico

(4) - Controllo parziale (solo AMIS)

(5) - Strumento inviato in taratura

Nella tabella 19 sono riportati i valori limite di emissione di cui alla DGRT 344/2010 (allegato A, tabella 4.1).

Tabella 19 - Si riporta la Tabella 4.1 della DGRT 344/2010 "Valori di emissione in flusso di massa"

Descrizione	H ₂ S Kg/h	Hg g/h	SO ₂ 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	

Il confronto dei risultati relativi ai controlli svolti da ARPAT di cui alla tabella 18 dimostra, per tutti i controlli svolti, il rispetto dei valori limite di riferimento di cui alla sovrastante tabella 19 (tabella 4.1 della DGRT 344/10).

Solo per le 3 centrali presenti in loc. Bagnore, gli specifici atti autorizzativi prevedono anche, il rispetto dei valori limite di abbattimento dell'ammoniaca (NH₃) e dell'acido solfidrico (H₂S) in ingresso centrale. I valori limite sono indicati nella sottostante tabella 20:

Tabella 20 – Valori limite

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

Nota (1) - Negli atti autorizzativi l'abbattimento dell'H₂S 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, riportati nelle ultime due righe della tabella 18 risultano rispettare i valori limite. Con riferimento alla tabella 20 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: 18.12.2018

Responsabile del Settore Geotermia
Ivano Gartner¹

1 - 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



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
via N. Porpora 22, 50144 Firenze – tel. 05532061
www.arpat.toscana.it