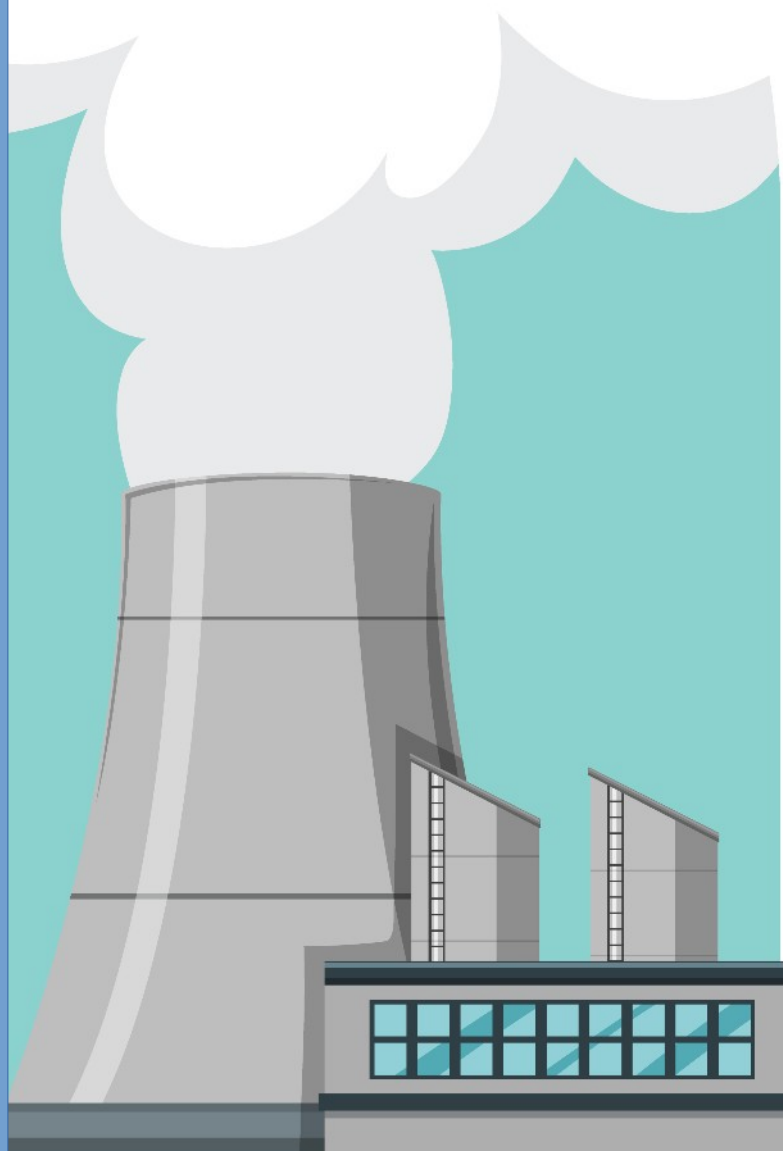




Attività di controllo ARPAT svolta presso le centrali geotermiche della Toscana

Anno 2024



**Attività di
controllo ARPAT
svolta presso
le centrali
geotermiche
della Toscana**

Anno 2024

Firenze, 2025

Attività di controllo ARPAT svolta presso le centrali geotermiche della Toscana - Anno 2024

A cura di:

Simone Magi e Francesca Andreis – *ARPAT, Settore Geotermia*

Con la collaborazione di:

Federico Luchi – *ARPAT, Laboratorio AVS*

Giulia Bartoccini, Emanuele Cecconi, Andrea Fattori – *ARPAT, Settore Geotermia*

Copertina e editing: ARPAT, Settore Comunicazione, informazione e documentazione

Immagine di copertina: brgfx, Freepik.com



ARPAT 2025

INDICE

1. PREMESSA.....	5
2. ATTIVITÀ DI SFRUTTAMENTO DELLA RISORSA GEOTERMICA IN TOSCANA.....	5
3. ATTIVITÀ DI CONTROLLO ALLE EMISSIONI IN ATMOSFERA.....	10
3.1 FINALITÀ DEL CONTROLLO.....	10
3.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	11
4. CONTROLLI DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA DELLE CENTRALI E RELATIVI ESITI.....	13
4.1 EMISSIONE DI ACIDO SOLFIDRICO E MERCURIO DALLE CENTRALI.....	14
4.2 AMIS: FLUSSI DI MASSA DI ACIDO SOLFIDRICO, MERCURIO E ANIDRIDE SOLFOROSA ED EFFICIENZA DI ABBATTIMENTO INQUINANTI.....	15
5. VERIFICHE DOCUMENTALI.....	17
5.1 REQUISITI MINIMI DI ESERCIZIO.....	17
5.2 BLOCCHI DI CENTRALE (PER I SOLI IMPIANTI DI BAGNORE3 E BAGNORE4).....	20
5.3 EMISSIONE DI TRASCINATO LIQUIDO (DRIFT) DALLE CENTRALI BAGNORE 3 E BAGNORE 4.....	21
6. CONCLUSIONI.....	22

1.PREMESSA

La presente relazione riporta i risultati delle attività di controllo alle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche, svolte da ARPAT nell'anno 2024.

La parte introduttiva della presente relazione fornisce un quadro delle attività di sfruttamento delle risorse geotermiche in Toscana, della normativa di riferimento e del ruolo di ARPAT in tale ambito. Successivamente vengono invece presentati i risultati dei controlli effettuati dal Settore Geotermia di ARPAT presso le centrali e sulla documentazione fornita da ENEL Green Power Italia (EGPI) con relativa analisi e commento.

2. ATTIVITÀ DI SFRUTTAMENTO DELLA RISORSA GEOTERMICA IN TOSCANA

In Toscana la produzione di energia elettrica tramite coltivazione dei fluidi geotermici rappresenta un'importante fonte energetica, contribuendo a coprire mediamente il 35% del fabbisogno elettrico regionale. L'energia geotermica viene inoltre sfruttata per il teleriscaldamento di abitazioni e serre, rappresentando uno strumento alternativo per la climatizzazione di edifici pubblici e privati.

In Toscana sono presenti 36 gruppi geotermoelettrici produttivi (rif. Tabella 1) che nel 2024 hanno prodotto 5276 GWh di energia elettrica. Le due aree produttive principali su cui è svolta l'attività di coltivazione dei fluidi geotermici ad alta entalpia per la produzione di energia elettrica in Toscana sono:

1. **Area geotermica del Monte Amiata**, che comprende le centrali localizzate nei territori comunali di:

- Piancastagnaio (SI) con tre centrali attive (PC3, PC4, PC5), per una potenza nominale complessiva lorda di 60MW;
- Santa Fiora (GR) dove, in località Bagnore, sono presenti tre gruppi produttivi (Bagnore 3, Bagnore 4 grp1, Bagnore 4 grp2), ciascuno di potenza nominale di 20MW, per un totale di 60MW.

Tutte le centrali dell'area geotermica amiatina sono dotate di impianto di abbattimento di mercurio e idrogeno solforato (nel seguito AMIS). Per le centrali presenti in località Bagnore (Bagnore 3, Bagnore 4 grp1 e grp2) è inoltre presente un sistema di abbattimento per l'ammoniaca in quanto questo inquinante è presente in concentrazione elevata nel fluido geotermico, che alimenta le centrali del versante grossetano del Monte Amiata.

1. **Area geotermica tradizionale**, caratterizzata da 30 gruppi geotermoelettrici produttivi in grado di fornire una potenza nominale complessiva di circa 795 MW.

Tutte le centrali di questa area geotermica tradizionale sono dotate di impianto AMIS. Nell'area geotermica tradizionale si possono distinguere 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).

Tabella 1 – *Elenco Centrali Geotermoelettriche attive al 31/12/2024*

Area territoriale geotermica	Numero	Denominazione centrale	Comune (PV)	Potenza nominale (MW)	Tipologia tiraggio torri di raffreddamento	Data avviamento (anno)
Larderello	1	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	Naturale	2000
	8	NUOVA MOLINETTO	Castelnuovo (PI)	20	Indotto	2002
Radicondoli	1	NUOVA RADICONDOLI 1	Radicondoli (SI)	40	Indotto	2002
	2	NUOVA RADICONDOLI 2	Radicondoli (SI)	20	Indotto	2010
	3	PIANACCE	Radicondoli (SI)	20	Indotto	1987
	4	RANCIA 1	Radicondoli (SI)	20	Indotto	1986
	5	RANCIA 2	Radicondoli (SI)	20	Indotto	1988
	6	TRAVALLE 3	Montieri (GR)	20	Indotto	2000
	7	TRAVALLE 4	Montieri (GR)	40	Indotto	2002
	8	CHIUSDINO	Chiusdino (SI)	20	Indotto	2010
Lago	1	NUOVA LAGONI ROSSI	Pomarance (PI)	20	Indotto	1981
	2	NUOVA SERRAZZANO	Pomarance (PI)	60	Naturale	2002
	3	MONTEVERDI 1	Monteverdi (PI)	20	Indotto	1997
	4	MONTEVERDI 2	Monteverdi (PI)	20	Indotto	1997
	5	CARBOLI 1	Monterotondo (GR)	20	Indotto	1998
	6	CARBOLI 2	Monterotondo (GR)	20	Indotto	1997
	7	NUOVA LAGO	Monterotondo (GR)	10	Indotto	2002
	8	NUOVA MONTEROTONDO	Monterotondo (GR)	10	Naturale	2002
	9	NUOVA SAN MARTINO	Monterotondo (GR)	40	Indotto	2005
	10	CORNIA 2	Castelnuovo (PI)	20	Indotto	1994
	11	LE PRATA	Castelnuovo (PI)	20	Indotto	1996
	12	NUOVA SASSO	Castelnuovo (PI)	20	Indotto	1996
	13	SASSO 2	Castelnuovo (PI)	20	Naturale	2009
	14	SELVA 1	Castelnuovo (PI)	20	Indotto	1999
Piancastagnai o	1	PIANCASTAGNAIO 3	Piancastagnaio (SI)	20	Indotto	1990
	2	PIANCASTAGNAIO 4	Piancastagnaio (SI)	20	Indotto	1991
	3	PIANCASTAGNAIO 5	Piancastagnaio (SI)	20	Indotto	1991
	4	BAGNORE 3	Santa Fiora (GR)	20	Indotto	1998
	5	BAGNORE 4 grp 1	Santa Fiora (GR)	20	Indotto	2015
	6	BAGNORE 4 grp 2	Santa Fiora (GR))	20	Indotto	2015

Dal 1996 la Regione Toscana ha affidato ad ARPAT lo svolgimento delle attività ritenute significative per valutare la sostenibilità e la compatibilità ambientale della coltivazione dei fluidi geotermici.

A partire dal 2012, l'attività è proseguita ai sensi della DGRT n. 344 del 2010, confermando l'interesse per tale matrice ambientale e formalizzando una specifica struttura, il Settore Geotermia, con sede presso il Dipartimento di Grosseto.

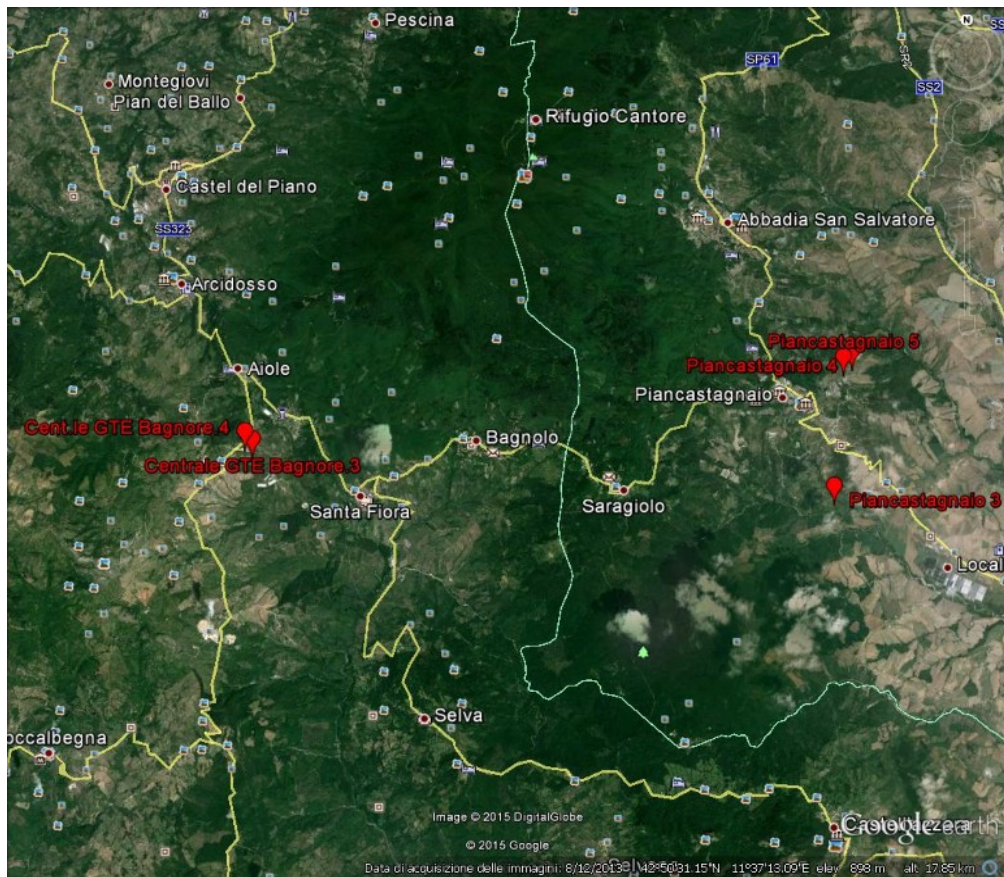
Il Settore Geotermia di ARPAT, in linea con gli indirizzi della Regione Toscana, ha pertanto il compito di espletare le seguenti attività di controllo e monitoraggio:

- controllo delle emissioni delle centrali geotermoelettriche;
- monitoraggio della qualità dell'aria del territorio geotermico toscano, con particolare attenzione alle seguenti sostanze: mercurio gassoso e acido solfidrico (o idrogeno solforato), ritenute rappresentative delle pressioni esercitate dalle attività geotermiche antropiche e/o naturali;
- monitoraggio di acque superficiali e sotterranee (sorgenti e piezometri) del Monte Amiata.

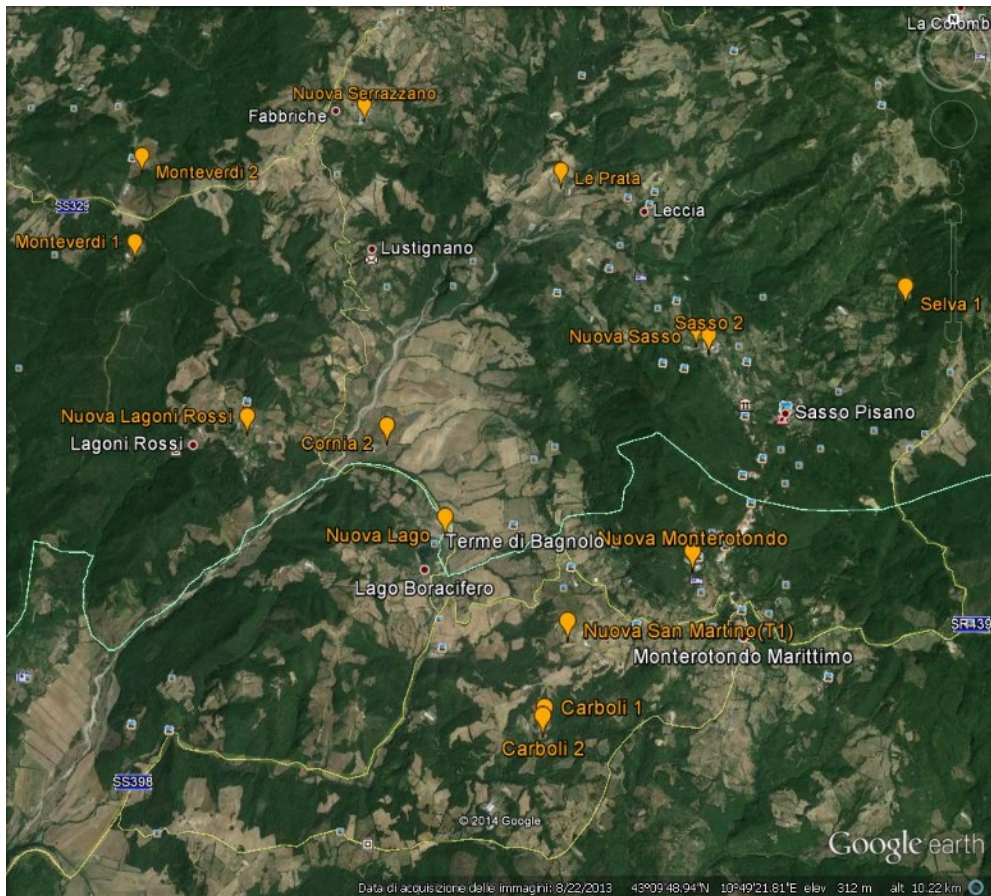
Gli ultimi due punti sono oggetto di specifiche relazioni tecniche pubblicate nel sito Web di ARPAT e pertanto non vengono trattati nella presente relazione.

Nelle sottostanti cartografie è riportata la localizzazione delle centrali geotermoelettriche presenti nel territorio della Toscana, organizzate per Aree Geotermiche (AGE).

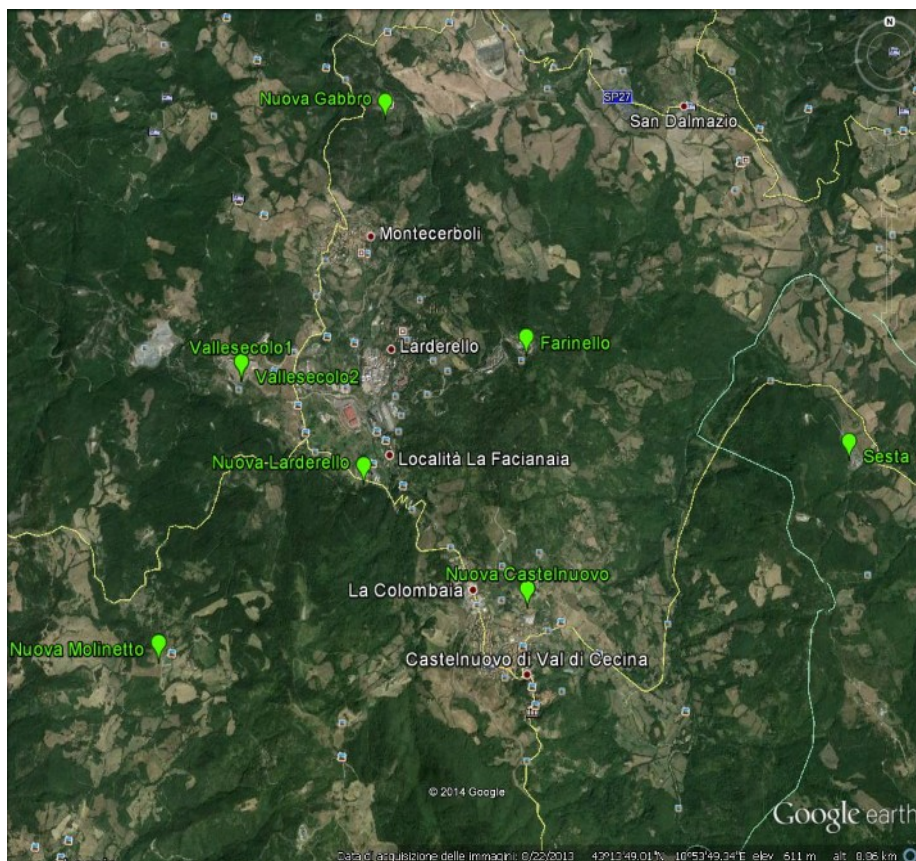
Cartografia 1 - AGE Piancastagnaio (centrali geotermoelettriche in rosso)



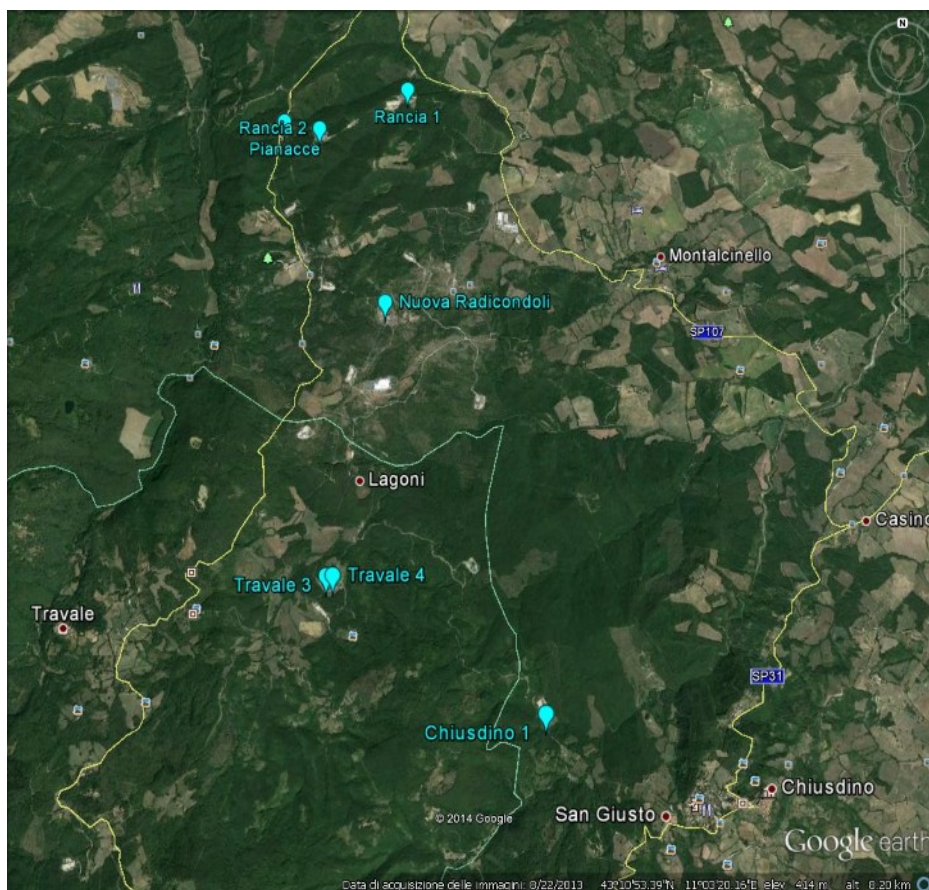
Cartografia 2 - AGE Lago (centrali geotermoelettriche in arancione)



Cartografia 3 - AGE Larderello (centrali geotermoelettriche in verde)



Cartografia 4 - AGE Radicondoli (centrali geotermoelettriche in celeste)



3. ATTIVITÀ DI CONTROLLO ALLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

3.1 FINALITÀ DEL CONTROLLO

Il controllo delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche ha per finalità principale la verifica del rispetto dei Valori Limite di Emissione – VLE ai sensi della normativa regionale vigente.

Come finalità secondarie ha inoltre il compito di caratterizzare e approfondire le conoscenze relative all'utilizzo della risorsa geotermica da parte delle centrali geotermoelettriche.

I controlli effettuati da ARPAT agli impianti geotermoelettrici si possono circostanziare nell'espletamento delle seguenti attività:

1. sopralluogo presso le centrali geotermoelettriche;
2. campionamento delle sezioni di impianto denominate: collettore vapore (solo per le centrali di Bagnore3 e Bagnore 4), impianto di abbattimento mercurio e idrogeno solforato – AMIS (comprensivo di scarico compressore e uscita AMIS) e torre di raffreddamento;
3. misurazioni in campo con strumentazione portatile:

Collettore di centrale (solo per le centrali di Bagnore)	Impianto AMIS		Torre refrigerante
	Scarico compressore (ingresso AMIS)	Uscita AMIS	
Portata massica	Portata massica, pressione e temperatura del fluido	Portata massica, pressione, temperatura, flusso di massa anidride solforosa	Velocità media, temperatura, pressione e portata umida dell'aeriforme

4. determinazione analitica (presso il laboratorio ARPAT - AVS con sede presso il Dipartimento provinciale di Siena) dei seguenti parametri di interesse geotermico per le diverse sezioni di impianto:

Collettore di centrale (solo per le centrali di Bagnore)	Scarico compressore (Ingresso AMIS)	Uscita AMIS	Torre refrigerante
Acido solfidrico, ammoniac	Acido solfidrico, mercurio, biossido di carbonio, metano	Acido solfidrico, mercurio, anidride solforosa, ammoniac, biossido di carbonio, metano	Acido solfidrico, ammoniac, mercurio

Per i controlli viene applicata la procedura tecnica riportata nel Decreto RT n. 1743 del 08/05/2014 così come modificato Decreto RT n. 9721 26/09/2016, che 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 Valori Limite di Emissione (VLE), più altri inquinanti per i quali non sono previsti VLE, nonché i relativi metodi di campionamento, analisi e valutazione dei risultati.

In particolare, per la determinazione del mercurio gassoso nelle emissioni delle torri di raffreddamento, viene utilizzato il metodo IGG-ICCOM/CNR-3 (M3) e, per la determinazione dell'acido solfidrico in uscita dalla torre refrigerante, è applicato il metodo IGG/CNR-4 (M4). Entrambi questi metodi sono stati validati dal CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche - e sono richiamati dal D.D. 1743/2014 della Regione Toscana, così come modificato dal D.D. 9721/2016.

3.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I valori limiti alle emissioni in atmosfera sono fissati dal D.lgs. 152/2006. I valori limite per le centrali geotermoelettriche risulterebbero, tuttavia, troppo permissivi, in quanto non rappresentativi dell'effettivo impatto emissivo causato da una centrale geotermoelettrica in esercizio. Per questo motivo, la Regione Toscana (RT) ha previsto l'applicazione di valori limite di emissione totale di stabilimento più restrittivi rispetto alla normativa nazionale. È inoltre prevista l'applicazione di valori limite di emissione specifici per l'impianto di abbattimento AMIS (limiti non previsti dalle normative nazionali). Tale parte di impianto permette di abbattere in modo efficace il mercurio e l'acido solfidrico presenti nei gas incondensabili in uscita dal condensatore di una centrale geotermoelettrica e permette di ridurre le emissioni di questi inquinanti in atmosfera.

Le centrali di Bagnore 3 e Bagnore 4 grp1 e grp2, in esercizio sul versante grossetano del Monte Amiata, in località Bagnore (GR), a causa della peculiare composizione del fluido geotermico trattato, sono state dotate anche di sistemi di abbattimento dell'ammoniaca. Per tali gruppi produttivi sono stati quindi definiti valori limiti di abbattimento percentuale in ingresso centrale sia per l'acido solfidrico che per l'ammoniaca (Prescrizione 19 della Delibera Giunta Regionale 810/2012).

La maggior parte delle centrali sono autorizzate con Autorizzazione Unica Ambientale (AUA) con prescrizioni di cui alla normativa regionale, allegato A della DGRT 344/2010; le autorizzazioni per le centrali Sasso 2, Nuova Lagoni Rossi e Chiusdino sono state recentemente aggiornate rispettivamente con i Decreti RT n.25564 del 20/11/2024 (Sasso2 e N. Lagoni Rossi) e n.25583 del 20/11/2024 (Chiusdino).

Sono altresì adottati limiti più restrittivi riguardo alle ore di disponibilità AMIS e di funzionamento delle centrali, con la finalità di un miglioramento e un'attenzione continua nella gestione delle fermate per le manutenzioni programmate. Inoltre, la legge disciplina modalità diverse di impiego delle risorse derivanti dall'attività geotermoelettrica ai sensi del D.lgs. 22/2010, art 16, comma 4 lett.a), mediante la facilitazione del riutilizzo del calore non utilizzato per la produzione di energia elettrica e del recupero di CO₂ per fini commerciali, in un'ottica di economia circolare.

Nella tabella seguente sono riportate le denominazioni delle centrali controllate nel 2024 con le relative autorizzazioni di riferimento e i valori limite di emissione.

Tabella 2 – Autorizzazioni delle centrali controllate nell'anno 2024

Denominazione centrale	Autorizzazione	Valori limite di Emissione	
		Uscita Centrale	Uscita AMIS ⁽¹⁾
Le Prata	Determinazione della Provincia di Pisa n.3805 del 19/09/2014	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	H ₂ S = 3 kg/h Hg = 2 g/h SO ₂ = 200 g/h
Nuova Radicondoli (grp.2)	Autorizzazione Unica SUAP Comune di Radicondoli – Prov.SI n°2111 21/09/2015	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
Vallesecolo (grp.1)	Determinazione della Provincia di Pisa n.4069 del 02/10/2014	H ₂ S = 80 kg/h Hg = 15 g/h	
PC3	Det. SUAP Amiata Val D'Orcia Prov.SI n.17603 del 19/10/2015	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
PC5	Det. SUAP Amiata Val D'Orcia Prov.SI n.17606 del 19/10/2015	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
Nuova Castelnuovo	Det. Provincia di Pisa n.4043 del 03/10/2014	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 4 g/h	
Chiusdino	Decreto RT n.25583 del 20/11/2024 (ex DD n.3379/2009)	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
Selva	Det. Provincia di Pisa n.3817 del 19/09/2014	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
Farinello	Det. Provincia di Pisa n.4011 del 02/10/2014	H ₂ S = 80 kg/h Hg = 15 g/h	
Pianacce	Autorizzazione Unica SUAP Comune Radicondoli Prov. Siena Det. Dir. n.2956 del 15/12/2015	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
Monteverdi 1	Det. Provincia di Pisa n.3941 del 29/09/2014	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
Monteverdi 2	Det. Provincia di Pisa n.3942 del 29/09/2014	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	
Nuova Sasso	Det. Provincia di Pisa n.3804 del 18/09/2014	H ₂ S = 30 kg/h Hg = 10 g/h	

Nota (1) - H₂S in uscita AMIS. In caso di superamento del valore di riferimento (3 kg/h), il valore limite si considera comunque rispettato se l'abbattimento sull'ingresso è superiore al 97%.

4. CONTROLLI DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA DELLE CENTRALI E RELATIVI ESITI

Nel 2024, i controlli si sono svolti da febbraio a dicembre ed hanno interessato 13 gruppi produttivi: 3 appartenenti all'AGE di Radicondoli, 5 all'AGE di Lago, 3 nell'AGE di Larderello e 2 nell'AGE di Piancastagnaio (Tabella 3).

I controlli hanno previsto sia il sopralluogo che il campionamento di specifiche sezioni di impianto. Nel dettaglio, per le centrali Le Prata, Vallesecolo gruppo1, e Nuova Castelnuovo è stata valutata l'efficienza di abbattimento dell'impianto AMIS, eseguendo campionamenti sia in ingresso (scarico compressore) che in uscita AMIS. Per le altre centrali sono stati effettuati controlli all'emissione dell'aeriforme dalla torre refrigerante, comprensiva del gas incondensabile, trattato dall'AMIS, immesso nella cella di campionamento. Nel caso di Nuova Sasso è stato verificato solo il dato emissivo dalla torre refrigerante, senza il dato dell'uscita AMIS, essendo questa corrente di processo inviata totalmente alla torre refrigerante dell'impianto di Sasso2.

Nel corso del 2024 è emersa la necessità di adeguare il metodo di campionamento della corrente in uscita dagli impianti AMIS utilizzato alle indicazioni della Direttiva europea 2024/1785/EU (IED 2.0). Pertanto, con Decreto della Regione Toscana n. 23863 del 17/10/2024, è stato formalizzato l'avvio dei lavori di un tavolo Tecnico coordinato da ARPAT e con la partecipazione di EGPI e di un Ente di ricerca esterno (individuato nella società RSE SpA - Ricerca Sistema Energetico – Gestore Servizi Energetici – Ministero Economia e Finanze), per la messa a punto di tale metodica di campionamento.

Durante i lavori preliminari all'istituzione del suddetto Tavolo Tecnico, si è convenuto che le misure eseguite a scopi di intercalibrazione e confronto con metodiche non richiamate nelle autorizzazioni, non possono essere utilizzate per valutare la conformità rispetto ai limiti emissivi autorizzati. Pertanto, a partire dal secondo semestre del 2024, per il parametro mercurio, la verifica di conformità al VLE delle centrali è stata effettuata non sul gas in uscita dall'impianto AMIS, ma come emissione complessiva di ogni impianto controllato quindi campionando l'aeriforme emesso dalle torri refrigeranti, nelle cui celle viene normalmente inviato anche il gas in uscita dall'impianto AMIS. Tale modalità di controllo sarà adottata fino al completamento dei lavori del Tavolo Tecnico, previsto entro la fine del 2025. Per quanto riguarda infine i controlli effettuati esclusivamente all'impianto AMIS, nel primo semestre 2024 per il parametro Hg e, per l'intero 2024, per il parametro H₂S, è stata verificata sia la capacità di abbattimento che la conformità ai VLE in uscita dall'impianto.

I valori di flusso di massa ottenuti nel corso dei suddetti controlli per tutti i parametri misurati sono risultati inferiori ai Valori Limite di autorizzazione.

Le attività di controllo svolte sono riassunte nella tabella seguente.

Tabella 3 – *Controlli CGTE svolti nel 2024*

Denominazione centrale	AGE	Comune (provincia)	Date controllo	Tipo di controllo	Sezione impianto controllata	Potenza nominale (MWe)
Le Prata	Lago	Castelnuovo V. C.na (PI)	13/02/2024	Sopralluogo e campionamento	AMIS	20
Le Prata	Lago	Castelnuovo V. C.na (PI)	19/03/2024	Sopralluogo e campionamento	AMIS	20
Vallesecolo grp.1	Larderello	Pomarance (PI)	16/04/2024	Sopralluogo e campionamento	AMIS	20
N. Castelnuovo	Larderello	Castelnuovo V. C.na (PI)	08/05/2024	Sopralluogo e campionamento	AMIS	20
PC3	Piancastagnaio	Piancastagnaio (SI)	04-05/06/2024	Sopralluogo e campionamento	Torre + AMIS	20
Chiusdino	Radicondoli	Chiusdino	18/06/2024	Sopralluogo e campionamento	Torre con AMIS	20
Selva	Lago	Castelnuovo V. C.na (PI)	10/07/2024	Sopralluogo e campionamento	Torre con AMIS	20
Farinello	Larderello	Pomarance (PI)	28/08/2024	Sopralluogo e campionamento	Torre con AMIS	60
Pianacce	Radicondoli	Radicondoli (SI)	10/09/2024	Sopralluogo e campionamento	Torre con AMIS	20
PC5	Piancastagnaio	Piancastagnaio (SI)	01-02/10/2024	Sopralluogo e campionamento	Emissione AMIS + torre	20
Monteverdi 1	Lago	Monteverdi M.mo (PI)	29/10/2024	Sopralluogo e campionamento	Torre con AMIS	20
Monteverdi 2	Lago	Monteverdi M.mo (PI)	30/10/2024	Sopralluogo e campionamento	Torre con AMIS	20
Nuova Sasso	Lago	Castelnuovo V. C.na (PI)	13/11/2024	Sopralluogo e campionamento	Torre	20
Radicondoli grp.2	Radicondoli	Radicondoli (SI)	03/12/2024	Sopralluogo e campionamento	Torre con AMIS	20

4.1 EMISSIONE DI ACIDO SOLFIDRICO E MERCURIO DALLE CENTRALI

Come specificato nel capitolo precedente, tra i controlli riportati in Tabella 3, alle centrali Le Prata, Vallesecolo-gruppo1, Nuova Castelnuovo, PC3 e PC5 è stata valutata specificatamente l'efficienza di abbattimento e l'emissione dell'impianto AMIS, mentre per le altre centrali sono stati effettuati controlli all'emissione dell'aeriforme della torre refrigerante, comprensiva del contributo dell'incondensabile trattato dall'AMIS immesso nella cella campionata. Gli esiti di quest'ultimo tipo di verifiche sono riassunti nella sottostante tabella 4, dove sono riportati i dati, in flusso di massa, dei parametri normati sulle emissioni dalla torre refrigerante. Nella successiva Tabella 5 invece sono riportati gli esiti dei controlli per i soli impianti AMIS.

Tabella 4 – Risultati emissivi totali dalla torre refrigerante

EMISSIONE TOTALE DELLA CENTRALE - PARAMETRI NORMATI (Tab. 4.1 della DGRT n. 344/2010)					
Centrale	Data	H ₂ S Emissione centrale (kg/h)	H ₂ S Valore Limite di Emissione (kg/h)	Hg Emissione centrale (g/h)	Hg Valore Limite di Emissione (g/h)
PC3	04-05/06/2024	15	30	6,9	10
Chiusdino	18/06/2024	6	30	0,4	10
Selva	10/07/2024	4	30	0,4	10
Farinello	28/08/2024	12	80	1,7	15
Pianacce	10/09/2024	9	30	0,5	10
PC5	01-02/10/2024	17	30	5,2	10
Monteverdi 1	29/10/2024	3	30	1,9	10
Monteverdi 2	30/10/2024	11	30	0,9	10
Nuova Sasso	13/11/2024	11	30	0,5	10
Radicondoli grp.2	03/12/2024	16	30	1,1	10

In giallo Valori Limite di Emissione (VLE).

I risultati rispettano tutti i Valori Limite di Emissione (espressi come flusso di massa).

4.2 AMIS: FLUSSI DI MASSA DI ACIDO SOLFIDRICO, MERCURIO E ANIDRIDE SOLFOROSA ED EFFICIENZA DI ABBATTIMENTO INQUINANTI

Nella sottostante tabella 5 sono riportati i dati relativi al flusso di massa di acido solfidrico, mercurio e anidride solforosa per l'impianto AMIS, nonché i relativi valori di abbattimento percentuale. L'impianto AMIS è progettato per ridurre in modo significativo la concentrazione di mercurio e acido solfidrico nel gas incondensabile, come dimostrato dalle percentuali di abbattimento per questi due inquinanti.

A seconda della configurazione impiantistica, gli AMIS possono essere di tipo Diretto oppure Inverso. Contrariamente agli AMIS a ciclo diretto, negli AMIS a ciclo inverso il filtro per l'abbattimento del mercurio non tratta per primo il gas incondensabile proveniente dallo scarico compressore, ma è a valle del reattore catalitico e della colonna C2 (necessaria per l'eliminazione della SO₂ derivante dalla ossidazione catalitica dell'H₂S presente nel gas incondensabile). L'incondensabile in uscita dalla colonna C2 presenta temperature intorno ai 30 °C, notevolmente più basse rispetto alle temperature del gas in entrata AMIS, intorno ai 200°C. Le reazioni di abbattimento del mercurio gassoso sono favorite da alte temperature ed è per questo motivo che negli AMIS a ciclo diretto, l'efficienza di abbattimento per il mercurio risulta solitamente maggiore. Tuttavia, a discapito di una minor capacità di abbattimento, gli AMIS a ciclo inverso richiedono una manutenzione minore e quindi rimangono in funzione per un periodo di tempo maggiore rispetto agli AMIS a ciclo diretto. Si precisa comunque che l'efficienza di abbattimento percentuale del mercurio da parte dell'AMIS non è un parametro per il quale sono fissati limiti. Il VLE riguarda solo il flusso di massa di tale parametro in uscita AMIS.

Per l'acido solfidrico, i dati dimostrano mediamente una elevata efficienza di abbattimento prossima al 100%. Per il mercurio si registrano efficienze di abbattimento un po' più basse, ma comunque superiori al 95%

Tabella 5 – Risultati relativi alle portate di acido solfidrico, mercurio e anidride solforosa e valori di abbattimento percentuale di mercurio e acido solfidrico per gli impianti AMIS controllati nel 2024

Denominazione centrale	Date controllo	Scarico compressore		Uscita AMIS			Efficienza di abbattimento %	
		Flusso di massa acido solfidrico (kg/h)	Flusso di massa mercurio (g/h)	Flusso di massa acido solfidrico (kg/h) VLE 3 kg/h	Flusso di massa mercurio (g/h) VLE 2g/h	Flusso di massa anidride solforosa (g/h) VLE 200g/h	Acido solfidrico	Mercurio
Le Prata	13/02/2024	49	NE	Inferiore Limite Quantificazione	NE	14	99,9	NE
Le Prata	19/03/2024	72	6,4	0,6	0,3	31	99,2	95,4
Vallesecolo grp.1	16/04/2024	96	21	Inferiore Limite Quantificazione	0,67	28	99,7	98,4
N. Castelnuovo	08/05/2024	37	7	Inferiore Limite Quantificazione	0,25	13	99,7	96,4
PC3	04-05/06/2024	220	NE	Inferiore Limite Quantificazione	NE	39	99,9	NE
PC5	01-02/10/2024	200	NE	0,75	NE	38	99,6	NE

NE = non eseguito per attività correlate al Tavolo Tecnico (si veda par.4)

5. VERIFICHE DOCUMENTALI

5.1 REQUISITI MINIMI DI ESERCIZIO

Le centrali geotermoelettriche hanno la particolarità di non poter chiudere i pozzi produttivi afferenti alla centrale in caso di guasto o di blocco della centrale stessa (la chiusura dei pozzi è un'operazione complessa e pericolosa). Per questo motivo, la Regione Toscana, con la delibera n. 344/2010, ha definito i requisiti minimi di esercizio su base annua che le centrali devono rispettare, allo scopo di minimizzare gli sfiori in atmosfera dovuti alle manutenzioni ordinarie e ad eventi accidentali (Tabella 4.2 dell'allegato A della DGRT 344/2010).

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

Descrizione	Requisito minimo (%)
Per le centrali: ore di <i>NON funzionamento</i> ⁽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 il caso in cui questa non sia attiva e si abbia, 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 grp1 e Bagnore 4 grp2), il requisito minimo di ore di funzionamento AMIS è più restrittivo in quanto innalzato a un valore ≥ 95% (anziché superiore o uguale a 90%).

Nelle tabelle 6 e 7 che seguono, sono riportati i risultati relativi ai controlli del rispetto dei suddetti requisiti minimi. I calcoli sono eseguiti da ARPAT utilizzando i dati di processo trasmessi da ENEL GPI nei documenti d'impianto per il 2024.

Tabella 6 – *Requisiti minimi di esercizio impianti - anno 2024*

	Denominazione Centrale	Per le centrali: ore di non funzionamento x 100/8760 (Requisito minimo < 5%)	Per gli AMIS: ore di funzionamento AMIS x 100/ore di funzionamento c.le (Requisito minimo ≥ 90%)
1	Bagnore 3	<1	96
2	Bagnore 4 g.1	<1	98
3	Bagnore 4 g.2	<1	98
4	Carboli 1	<1	92
5	Carboli 2	<1	92
6	Chiusdino 1	<1	95
7	Cornia 2	<1	92
8	Farinello	<1	92

	Denominazione Centrale	Per le centrali: ore di non funzionamento x 100/8760 (Requisito minimo < 5%)	Per gli AMIS: ore di funzionamento AMIS x 100/ore di funzionamento c.le (Requisito minimo ≥ 90%)
9	Le Prata	<1	93
10	Monteverdi 1	<1	92
11	Monteverdi 2	<1	92
12	Nuova Castelnuovo	<1	92
13	Nuova Gabbro	<1	93
14	Nuova Lago	<1	92
15	Nuova Lagoni Rossi	<1	93
16	Nuova Larderello	<1	91
17	Nuova Molinetto	1	92
18	Nuova Monterotondo	2	89
19	Nuova Radicondoli 1	<1	96
20	Nuova Radicondoli 2	<1	94
21	Nuova S.Martino	<1	92
22	Nuova Sasso	<1	92
23	Nuova Serrazzano	<1	93
24	Pianacce	<1	96
25	Piancastagnaio 3	<1	96
26	Piancastagnaio 4	<1	97
27	Piancastagnaio 5	<1	97
28	Rancia 1	<1	93
29	Rancia 2	<1	93
30	Sasso 2	<1	92
31	Selva 1	<1	93

	Denominazione Centrale	Per le centrali: ore di non funzionamento x 100/8760 (Requisito minimo < 5%)	Per gli AMIS: ore di funzionamento AMIS x 100/ore di funzionamento c.le (Requisito minimo ≥ 90%)
32	Sesta 1	<1	92
33	Travale 3	<1	92
34	Travale 4	<1	93
35	Vallesecolo 1	<1	93
36	Vallesecolo 2	<1	91

Tabella 7 – *Requisiti minimi delle centrali della provincia di Pisa*

	Denominazione Centrale – Provincia di Pisa	Per le centrali (medie 2022-2024): ore di non funzionamento x 100/8760 (Requisito minimo < 5%)	Per gli AMIS (medie 2022-2024): ore di funzionamento AMIS x 100/ore di funzionamento c.le (Requisito minimo ≥ 90%)
1	Cornia 2	<1	92
2	Farinello	<1	92
3	Le Prata	<1	92
4	Monteverdi 1	1	92
5	Monteverdi 2	1	92
6	Nuova Castelnuovo	<1	92
7	Nuova Gabbro	<1	93
8	Nuova Lagoni Rossi	<1	93
9	Nuova Larderello	<1	91
10	Nuova Molinetto	2	92
11	Nuova Sasso	<1	93
12	Nuova Serrazzano	1	92
13	Sasso 2	<1	93
14	Selva 1	1	92
15	Vallesecolo 1	<1	92
16	Vallesecolo 2	<1	91

Per le centrali ricadenti nella Provincia di Pisa (Tabella 7), la prescrizione dei Requisiti Minimi, in caso di valori inferiori al 90%, è da ritenersi comunque non rispettata nel caso in cui la media triennale (per l'ultimo triennio di riferimento) nei periodi di fermo AMIS e blocco centrale, evidenzia il non rispetto del requisito minimo delle condizioni di esercizio.

Con riferimento ai risultati di cui alle tabelle 6 e 7, solamente per la centrale di Nuova Monterotondo, si evidenzia il non rispetto del requisito minimo "ore di NON funzionamento AMIS $\geq 90\%$ " con un valore pari a 89%. Il superamento del limite deve essere confermato con il valore che sarà registrato nel secondo anno solare successivo (2025) così come previsto nella specifica autorizzazione. Tutte le altre centrali risultano invece entro i limiti previsti dalla delibera RT n. 344/2010.

5.2 BLOCCHI DI CENTRALE (PER I SOLI IMPIANTI DI BAGNORE3 E BAGNORE4)

Con riferimento alla DGRT 344/2010, per i gruppi produttivi di Bagnore, il numero di blocchi, intesi come ore di sfioro dovuti alle manutenzioni e ai malfunzionamenti, non devono essere superiori al valore limite di 18,9 ore di sfioro/anno. Tale valore è stato calcolato considerando il 10% del valore medio delle ore di sfioro di impianto per la centrale di Bagnore3 registrate dal 2002 al 2011, pari a 189 ore di sfioro/anno (allegato A delibera R.T. 810 del 2012 pr.ne 17.1). In seguito alla realizzazione dei due gruppi di Bagnore4, grazie alle interconnessioni dei vapordotti tra i tre gruppi produttivi (Bagnore3 e Bagnore 4 grp.1 e grp.2), gli sfiori diretti in atmosfera sono diminuiti. Grazie alla laminazione dei pozzi attraverso il vapordotto interconnesso, un gruppo produttivo può infatti andare in blocco senza che si verifichi lo sfioro dal silenziatore di impianto. Per questo motivo il valore limite deliberato nella fase autorizzatoria è sensibilmente inferiore al valore medio calcolato dagli anni precedenti.

Nella sottostante tabella 8 sono riepilogate le ore di sfioro dei singoli gruppi, messe a confronto con il valore limite. I dati di processo sono trasmessi da ENEL GPI nei loro documenti d'impianto.

I dati risultano tutti inferiori al Valore Limite di 18,9 ore di sfioro/anno.

Tabella 8 – Ore di sfioro Bagnore3 e Bagnore4 – Aggiornamento anno 2024

Anno	Bagnore 3 (ore di sfioro/anno)	Bagnore 4 grp.1 (ore di sfioro/anno)	Bagnore 4 grp.2 (ore di sfioro/anno)	Valore limite (ore di sfioro/anno)
2015	13,5	3,7	5,8	18,9
2016	10,2	5,9	0,0	
2017	11,9	8,0	11,5	
2018	3,0	1,2	2,8	
2019	11,7	1,4	2,8	
2020	10,9	NE	1,8	
2021	8,1	NE	3,0	
2022	4,3	1,1	2,4	
2023	6,2	4,5	1,9	
2024	4,0	0,0	0,0	

Dati ENELGPI estratti dai documenti d'impianto

Nota. Non sono conteggiate le emissioni della durata inferiore a 1 ora

NE- Non eseguito causa pandemia da Covid19 (comunicazione ENEL GPI del 22/03/2020 prot. ENEL n. 2581)

5.3 EMISSIONE DI TRASCINATO LIQUIDO (DRIFT) DALLE CENTRALI BAGNORE 3 E BAGNORE 4

Le due centrali in Loc. Bagnore (Santa Fiora - GR) Bagnore3 e Bagnore4, sono dotate di impianti ad alta efficienza di separazione del trascinato liquido in uscita dalle torri refrigeranti, come da prescrizione n. 10 della DGRT di VIA n. 810/2012, che fissa un valore limite di emissione del trascinato liquido pari a 370 L/h ($\pm 10\%$). In tabella 9, sono riepilogati i risultati a partire dal 2015. I dati vengono trasmessi da ENEL GPI con i loro autocontrolli semestrali.

Tabella 9 – Emissioni trascinato liquido Bagnore3 e Bagnore4 – periodo temporale 2015 - 2024

Anno	Semestre	Bagnore3 (L/h)	Bagnore4 grp1 + grp2 (L/h)	Valore limite di emissione (L/h)
2015	1° sem	324	196	370
	2° sem	117	140	
2016	1° sem	329	146	
	2° sem	76	106	
2017	1° sem	181	270	
	2° sem	82	140	
2018	1° sem	103	125	
	2° sem	214	193	
2019	1° sem	141	161	
	2° sem	169	208	
2020	1° sem	NE	NE	
	2° sem	137	331	
2021	1° sem	127	278	
	2° sem	NE	224	
2022	1° sem	105	125	
	2° sem	215	190	
2023	1° sem	36	240	
	2° sem	275	317	
2024	1° sem	140	362	
	2° sem	134	362	

Nota. Le prove sono svolte da EGPI e trasmesse con i report degli autocontrolli semestrali;

ARPAT supervisiona, a campione, le attività di autocontrollo EGPI.

NE – Campionamenti non eseguiti causa pandemia da Covid19 (comunicazione ENEL GPI del 22/03/2020 prot. ENEL n. 2581).

6. CONCLUSIONI

Nel 2024, i controlli delle emissioni in atmosfera delle centrali si sono svolti da febbraio a dicembre ed hanno interessato 13 gruppi produttivi: 3 appartenenti all'AGE di Radicondoli, 5 all'AGE di Lago, 3 nell'AGE di Larderello e 2 nell'AGE di Piancastagnaio (rif. Tabella 3).

I controlli hanno previsto sia il sopralluogo presso le centrali che il campionamento di specifiche sezioni di impianto. Per le centrali Le Prata, Vallesecolo gruppo1 e Nuova Castelnuovo è stata valutata l'efficienza di abbattimento dell'impianto AMIS, eseguendo campionamenti sia in ingresso (scarico compressore) che in uscita AMIS. Per le altre centrali sono stati effettuati controlli all'emissione dell'aeriforme della torre refrigerante, comprensiva del gas incondensabile trattato dall'AMIS, immesso nella cella di campionamento. Nel caso di Nuova Sasso è stato verificato solo il dato emissivo dalla torre refrigerante, senza il dato dell'uscita AMIS, essendo questa corrente di processo inviata totalmente alla torre refrigerante dell'impianto di Sasso2.

Per tutti gli impianti controllati non sono stati registrati superamenti dei valori limite alle emissioni, di cui agli specifici atti autorizzativi, che recepiscono la normativa regionale.

ARPAT ha inoltre condotto le verifiche previste dalla DGRT 344/2010 relativamente ai requisiti minimi di funzionamento per tutte le centrali e ai blocchi dell'impianto AMIS per gli impianti di Bagnore 3 e Bagnore4, nonché le verifiche previste dalla DGRT di VIA n. 810/2012 per gli impianti di Bagnore 3 e Bagnore4 relativamente al trascinarsi del drift in uscita dalle torri refrigeranti. Tali verifiche sono state svolte sulla base dei contenuti della documentazione che EGPI ha l'obbligo di trasmettere annualmente. In merito si segnala come unica criticità il superamento del requisito minimo di funzionamento per la centrale di Nuova Monterotondo per l'anno 2024. Tale sfioramento però non rappresenta di per sé una non conformità in quanto le autorizzazioni delle centrali prevedono che esso non possa ripetersi per due anni consecutivi. La verifica della conformità all'atto autorizzativo sarà pertanto completata a fine 2025.

Si segnala infine che con Decreto della Regione Toscana n. 23863 del 17/10/2024 è stato formalizzato l'avvio dei lavori di un Tavolo Tecnico, coordinato da ARPAT, di cui fanno parte EGPI e un Ente di ricerca esterno, con lo scopo di mettere a punto una nuova metodica di campionamento della concentrazione di mercurio in uscita AMIS. I lavori di tale tavolo tecnico, che prevedono lo svolgimento di campagne di misura in campo, si chiuderanno ragionevolmente entro la fine del 2025.



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

ARPAT, via del Ponte alle Mosse, 211 - 50144 Firenze

Tel. 055.32061 - Fax 055.3206324

urp@arpat.toscana.it