



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Regione Toscana



# ***GEOTERMIA***

***Incontro di aggiornamento con l'Ordine Nazionale dei Giornalisti – ARPAT  
Dipartimento provinciale di SIENA – 09 giugno 2016***

***ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA***

# **ARPAT – SETTORE GEOTERMIA**

## **ARPAT - Area Vasta Sud**

**Sede presso il Dipartimento provinciale  
ARPAT di GROSSETO**

**Responsabile: Ivano Gartner**

**Personale assegnato:**

**Simone Magi (biologo)**

**Luca Sbrilli (geologo)**

**Simonetta Castellani (biologa)**

**Riccardo Pellegrini (TPA)**

# **ARPAT – SETTORE GEOTERMIA**

## **ATTIVITA'**

- EMISSIONI.** Controllo delle centrali geotermoelettriche di ENEL GP
- QUALITA' DELL'ARIA.** Campagne di misura della QA con due mezzi mobili; verifica e validazione dati QA della rete ENEL GP
- ACQUE.** Campionamento ed elaborazione dati di acque superficiali e sotterranee inerenti la geotermia
- CONTRIBUTI ISTRUTTORI** inerenti la geotermia

**ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA**

# **RISORSA GEOTERMICA**

## **GEOTERMIA (Calore della Terra)**

**Calore primordiale + calore da decadimento radioattivo  
(radiogenetico)**

**Il calore si diffonde in superficie in modo non percettibile ( $3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ). Dove questo gradiente termico aumenta, si determina un'anomalia geotermica e si possono creare le condizioni di formazione di un serbatoio geotermico sfruttabile.**

***Sistema geotermico. Sistema fluido convettivo (acqua o vapore che trasporta il calore in superficie) che, in uno spazio confinato nella parte superiore della crosta terrestre, trasporta il calore dalla sorgente termica nel luogo in cui il calore viene utilizzato (generalmente in superficie)***

# **RISORSA GEOTERMICA**

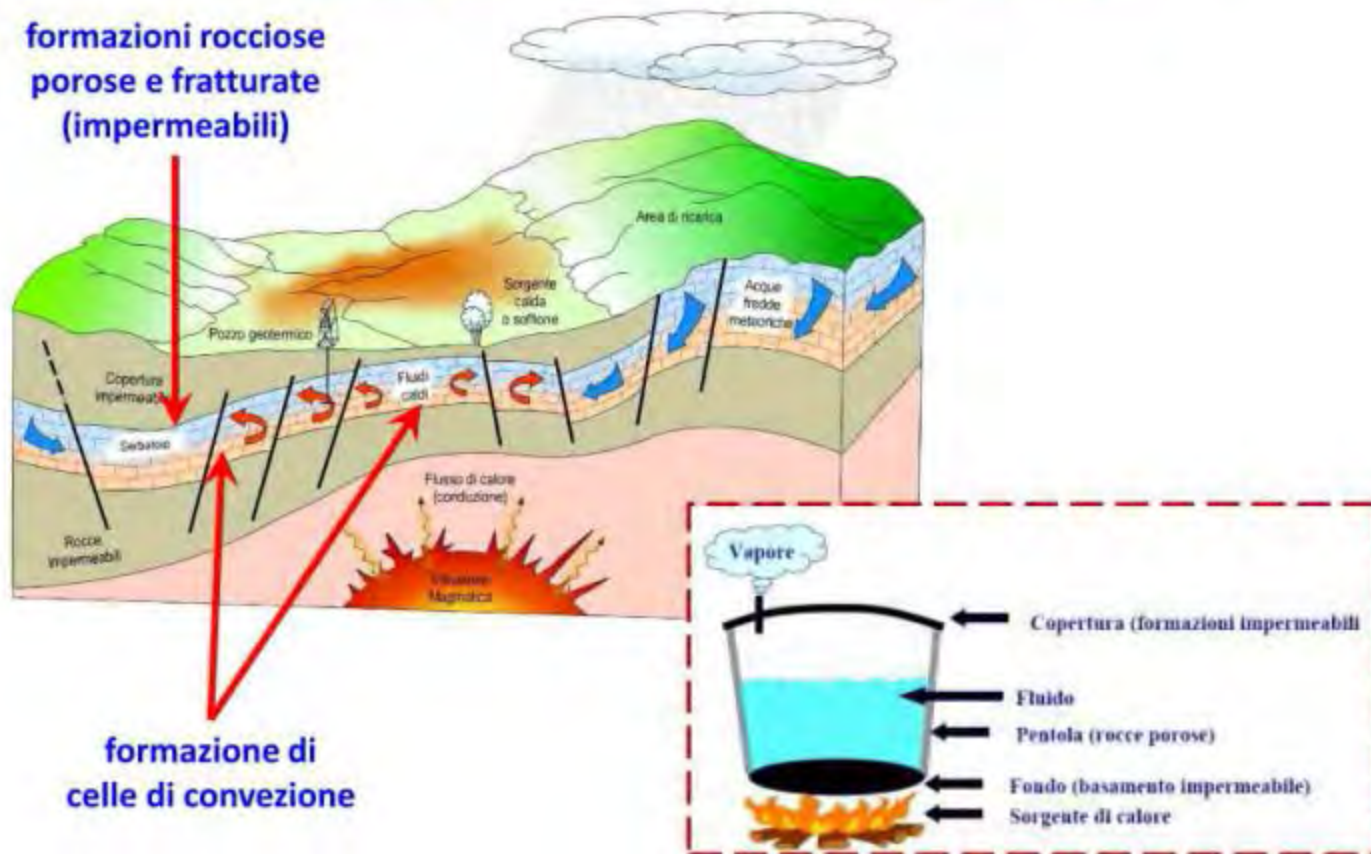
**SISTEMA GEOTERMICO = TRE ELEMENTI**

- 1. una fonte di calore (intrusione magmatica)**
- 2. un serbatoio (pentola geotermica)**
- 3. un vettore (acqua, vapore)**

***ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA***

# La risorsa geotermica

## Serbatoio geotermico: modello concettuale





# Tutto comincia dalla Valle dell'Inferno

Larderello area di manifestazioni geotermiche naturali





## **Tutto comincia nella valle dell'inferno**

**François Jacques de Larderel nel 1818 mise a punto la tecnica per la raccolta del vapore emesso dai laghi e la sua messa in pressione. Il vapore veniva poi utilizzato per alimentare le caldaie di evaporazione necessarie per estrarre l'acido borico dai fanghi naturali ricchi di sostanze boriche nel 1833 furono effettuati i primi carotaggi che permisero di aumentare la quantità di vapore estratto.**





## Nel 1904 si accendono le prime lampadine



**ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA**



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Regione Toscana



## **Toscana culla della geotermia**

Primo impianto di generazione nel 1913 a Larderello

Ad oggi sono attive 36 centrali geotermoelettriche  
suddivise in 4 aree geotermiche:

Larderello – Lago – Radicondoli - Piancastagnaio

915 MW di potenza installata

***ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA***



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Regione Toscana



## **Attività geotermoelettrica in Toscana**

**L'energia prodotta attraverso la coltivazione  
dei fluidi geotermici nel 2014 ha coperto più del 26%  
del fabbisogno totale regionale**

**Energia ceduta in rete > 5 600 GW**

**Consumo di vapore > 45 milioni di t**

**8 kg di vapore per Kwe/h**

**Potenza installata = 915 MWe/h**

**ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA**

Definizione delle risorse geotermiche sulla base della temp. del fluido  
(Dlgs n. 22/2010)

**BASSA ENTALPIA  $< 90^{\circ}\text{C}$**

**MEDIA ENTALPIA  $90 - 150^{\circ}\text{C}$**

**ALTA ENTALPIA  $> 150^{\circ}\text{C}$**



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Regione Toscana

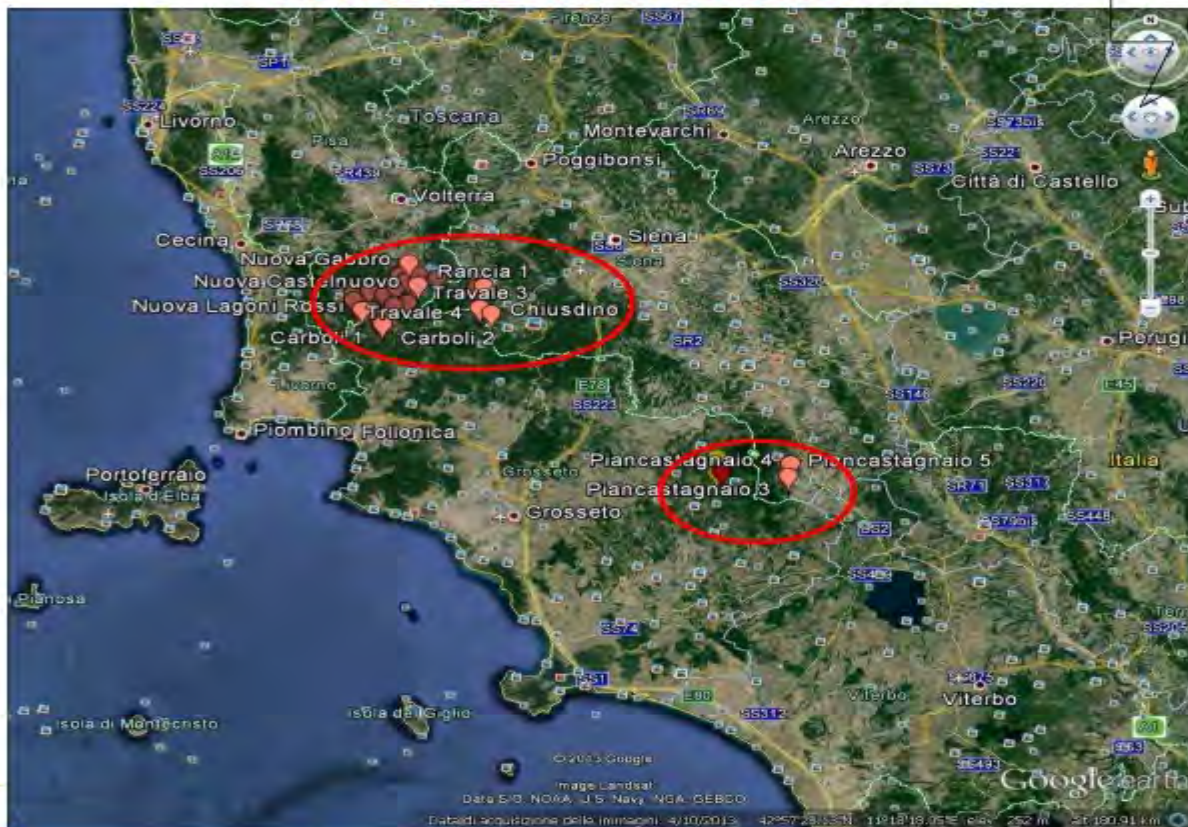


***ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA***





## Contesto territoriale



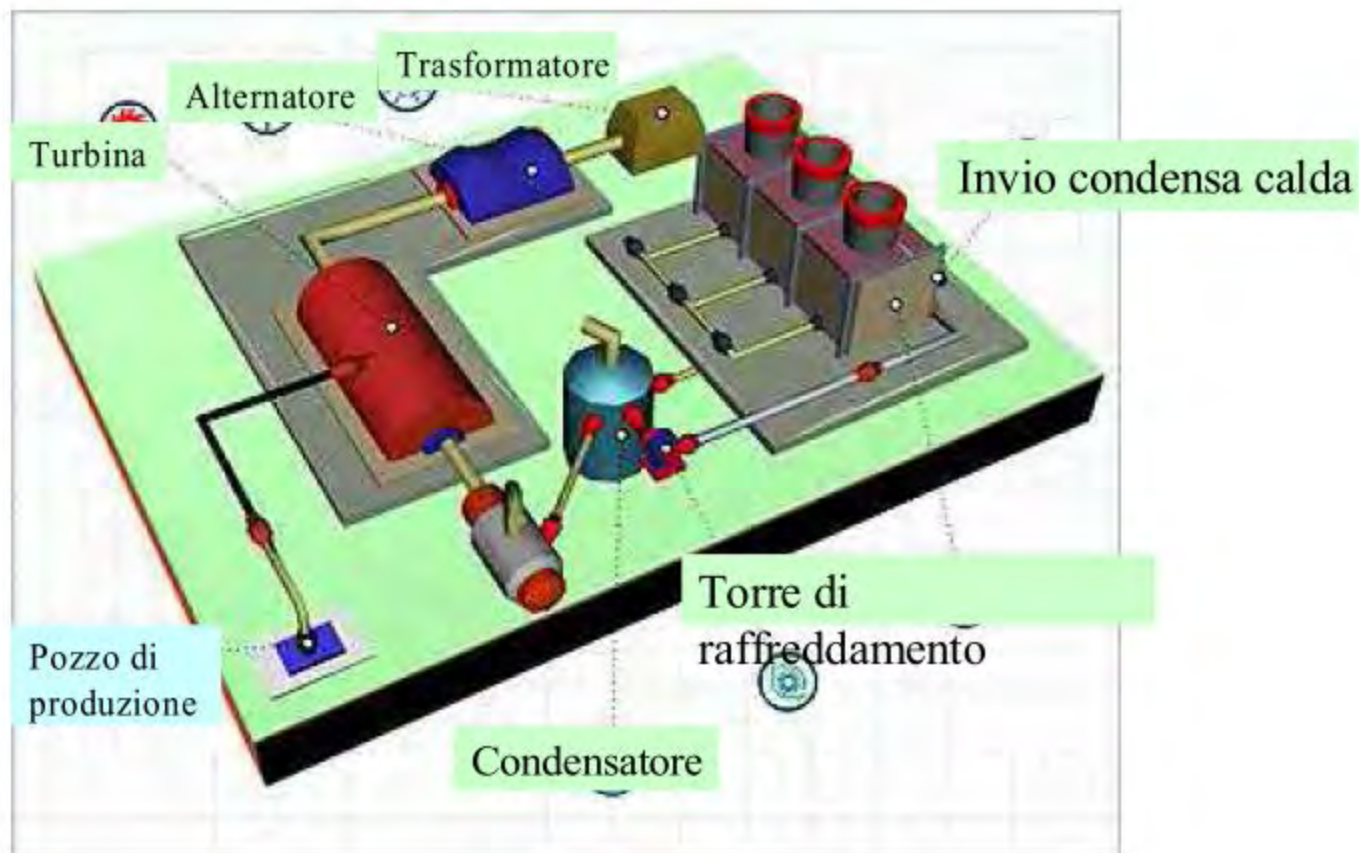
**Aree Geotermiche (AGE)**  
 Larderello  
 Radicondoli  
 Lago  
 (Prov. GR-PI-SI)

**Area Geotermica (AGE)**  
 Piancastagnaio  
 (Prov. GR-SI)

**Tabella 3 - 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		TRAVALLE 3	Montieri (GR)	20	Indotto	2000	Presente
15		TRAVALLE 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
20		MONTEVERDI 2	Monteverdi (PI)	20	Indotto	1997	Presente
21		CARBOLI 1	Monterotondo (GR)	20	Indotto	1998	Presente
22		CARBOLI 2	Monterotondo (GR)	20	Indotto	1997	Presente
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
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
31	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 <sup>(1)</sup>	Piancastagnaio (GR)	20	Indotto	2015	Presente
36		BAGNORE 4 Grp 2 <sup>(1)</sup>	Piancastagnaio (GR)	20	Indotto	2015	Presente

## *Come è fatta una centrale geotermoelettrica?*





## *Come è fatta una centrale geotermoelettrica?*









## CONDENSATORE





## **AMIS** (Abbattitore Mercurio Idrogeno Solforato)



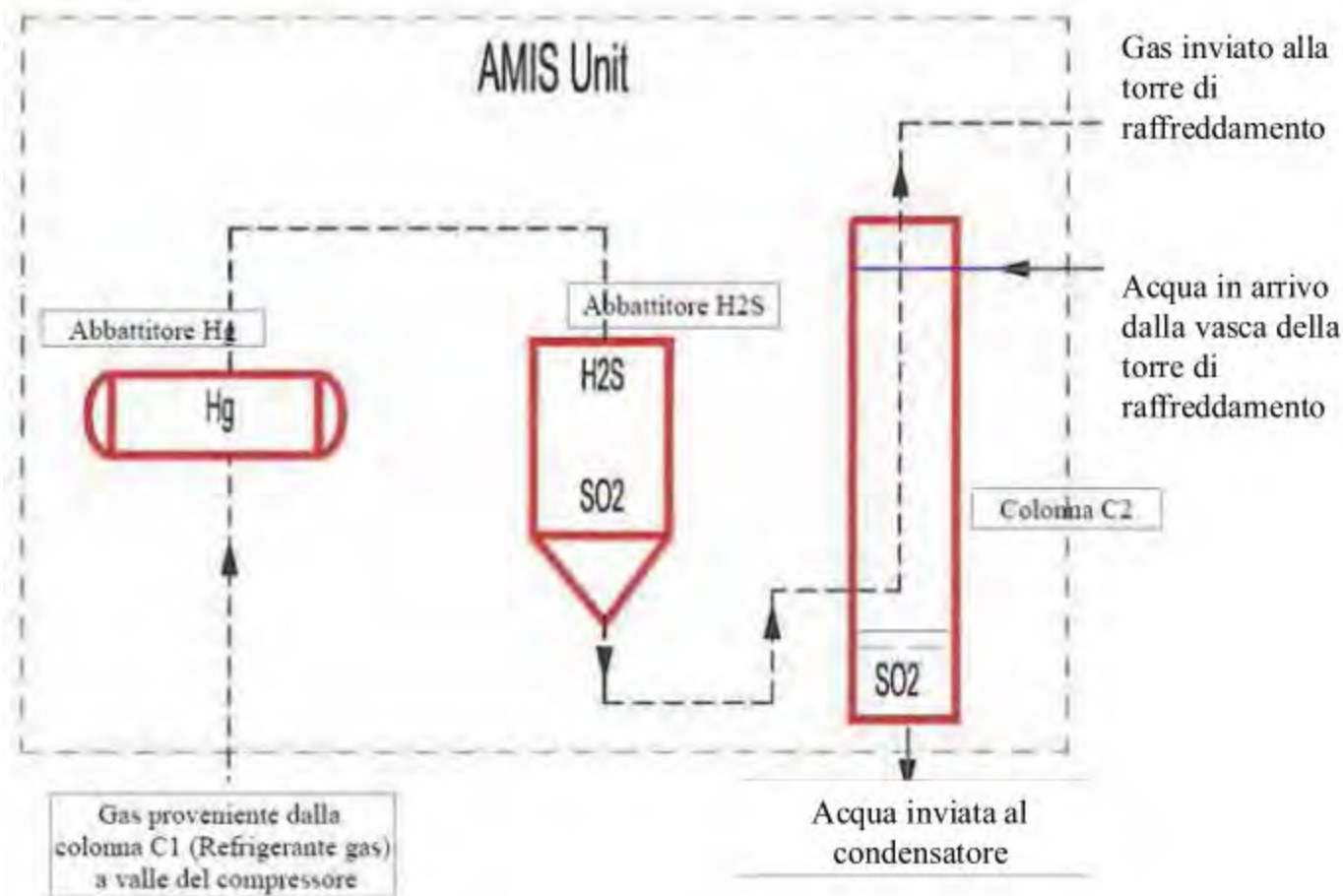
**ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA**



## Correnti di processo emissive

- Aeriforme in emissione dalla Torre evaporativa
- Uscita AMIS (a regime, inviata alla base della torre e allontanata con l'aeriforme).

# AMIS (Abbattitore Mercurio Idrogeno Solforato)







## **AMIS** (Abbattitore Mercurio Idrogeno Solforato)

### **AMIS (Abbattimento Mercurio Idrogeno Solforato)**

Normalmente sono registrate efficienze di abbattimento (2014):

-per l'H<sub>2</sub>S = 99,5% – 99,9% (162,4 kg/h in entrata – 0,4 kg/h in uscita)

-Per il Hg = 95,5% - 97,7% (30 g/h in entrata – 0,7 g/h in uscita)



## **AERIFORME emesso dalla Torre**

La torre evaporativa è uno scambiatore termico in cui l'acqua "calda ( $40^{\circ}\text{C}$ )" proveniente dal condensatore viene spruzzata in alto dentro la torre in fini goccioline e qui "raffreddata ( $15^{\circ}\text{C}$ )" dall'aria fredda che sale in controcorrente; in questa fase si ha la formazione dell'aeriforme che viene emesso dai diffusori.

L'acqua fredda viene raccolta alla base della torre da una vasca e inviata al condensatore; l'eccesso viene reiniettato.

# AERIFORME emesso dalla Torre

## Tiraggio naturale – Tiraggio indotto



**ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA**

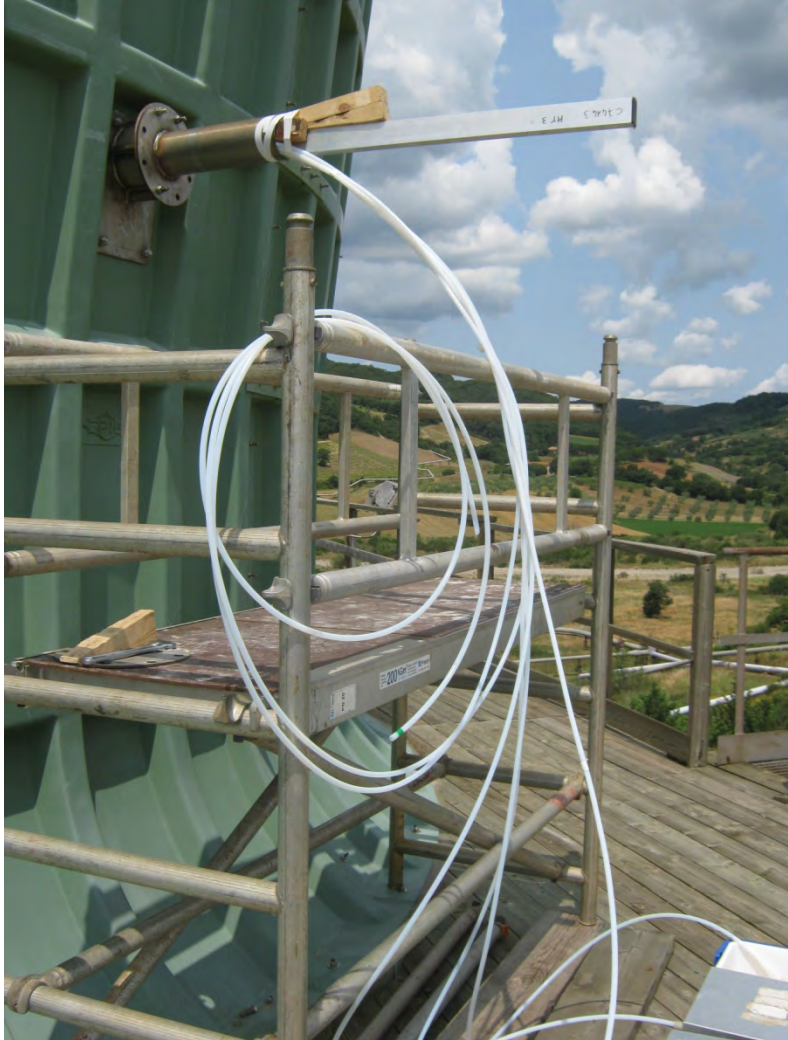
# Torre evaporativa



**ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA**



# Torre refrigerante



**ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA**





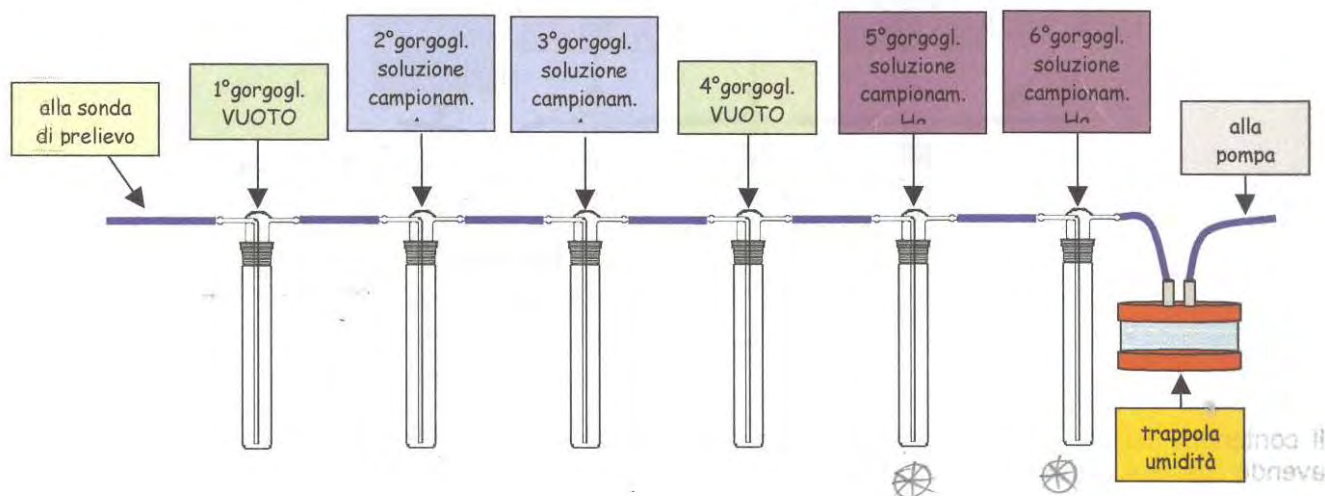
**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Regione Toscana



# Linea di prelievo



**ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA**



# Sistema di abbattimento dell'ammoniaca

Solo per le centrali Bagnore 3 e Bagnore 4

L'ammoniaca presente nelle condense circolanti, viene salificata, mediante l'aggiunta di acido solforico, a solfato d'ammonio.

Il sistema ha un'efficienza di abbattimento superiore al 75%

(158 kg/h in entrata centrale – 38 kg/h in uscita centrale (torre))



## Regime normativo

Gli effluenti gassosi negli impianti che utilizzano i fluidi geotermici devono essere dispersi mediante torri refrigeranti e camini di caratteristiche adatte. I valori di emissione minimi e massimi, di seguito riportati, sono riferiti agli effluenti gassosi umidi e intesi come media oraria su base mensile (paragrafo 3, sezione 2, all. I, parte IV della Parte V)

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

# Regime normativo

*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%.



# Regime normativo

***Nelle nuove autorizzazioni saranno inseriti VLE come definiti dalla DGRT n. 344/2010 allegato A - Requisiti minimi di esercizio***

Descrizione	Requisito minimo (%)
Per le centrali: ore di NON funzionamento <sub>1</sub> 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).



## Parametri non normati

- Anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) = 10 t/h
- Monossido di carbonio ( $\text{CO}$ ) = 1 kg/h
- Selenio ( $\text{Se}$ ) = Inferiore a 1- 2 g/h
- Antimonio ( $\text{Sb}$ ) = Inferiore a 1- 2 g/h
- ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ) = 3- 40 kg/h
- Metano ( $\text{CH}_4$ ) = 100 kg/h



**Tabella 1/ - Requisiti di esercizio anno 2014**

	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 centrale (%) (Requisito minimo ≥ 90%)	NOTE
1	SESTA 1	0,26	98,4	-
2	FARINELLO	0,18	<b>78,3</b>	-
3	NUOVA GABBRO	0,70	93,4	-
4	NUOVA LARDERELLO	0,66	94,3	-
5	VALLE SECOLO 1	0,00	92,5	-
6	VALLE SECOLO 2	0,00	<b>82,6</b>	-
7	NUOVA CASTELNUOVO	0,36	92,4	-
8	NUOVA MOLINETTO	<b>5,4</b>	96,0	-
9	NUOVA RADICONDOLI 1	0,18	93,8	-
10	NUOVA RADICONDOLI 2	0,52	92,5	-
11	PIANACCE	GRUPPO FERMO (SMISTAMENTO VAPORE SU ALTRE CENTRALI)		
12	RANCIA 1	0,86	92,6	-
13	RANCIA 2	1,04	93,5	-
14	TRAVALE 3	1,53	<b>69,1</b>	-
15	TRAVALE 4	0,95	<b>70,7</b>	-
16	CHIUSDINO	0,19	93,8	-
17	NUOVA LAGONI ROSSI	2,08	91,1	-
18	NUOVA SERRAZZANO	0,30	<b>88,4</b>	-
19	MONTEVERDI 1	0,61	-	AMIS assente
20	MONTEVERDI 2	0,23	-	AMIS assente
21	CARBOLI 1	0,49	-	AMIS assente
22	CARBOLI 2	0,27	-	AMIS assente
23	NUOVA LAGO	<b>5,4</b>	<b>89,2</b>	-
24	NUOVA MONTEROTONDO	0,24	<b>35,2</b>	-
25	NUOVA SAN MARTINO	0,58	91,6	-
26	CORNIA 2	0,24	-	AMIS assente
27	LE PRATA	0,45	95,8	-
28	NUOVA SASSO	0,92	90,0	-
29	SASSO 2	2,11	<b>84,6</b>	-
30	SELVA 1	0,84	-	AMIS assente
31	BAGNORE 3	1,47	96,8	-
32	PIANCASTAGNAIO 3	1,25	95,4	-
33	PIANCASTAGNAIO 4	0,24	98,3	-
34	PIANCASTAGNAIO 5	0,95	95,9	-

**ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA**



# QUALITA' DELL'ARIA

Il sistema di rilevamento della qualità dell'aria nelle aree geotermiche

$H_2S$  (acido solfidrico) è l'inquinante più significativo  
nelle aree geotermiche

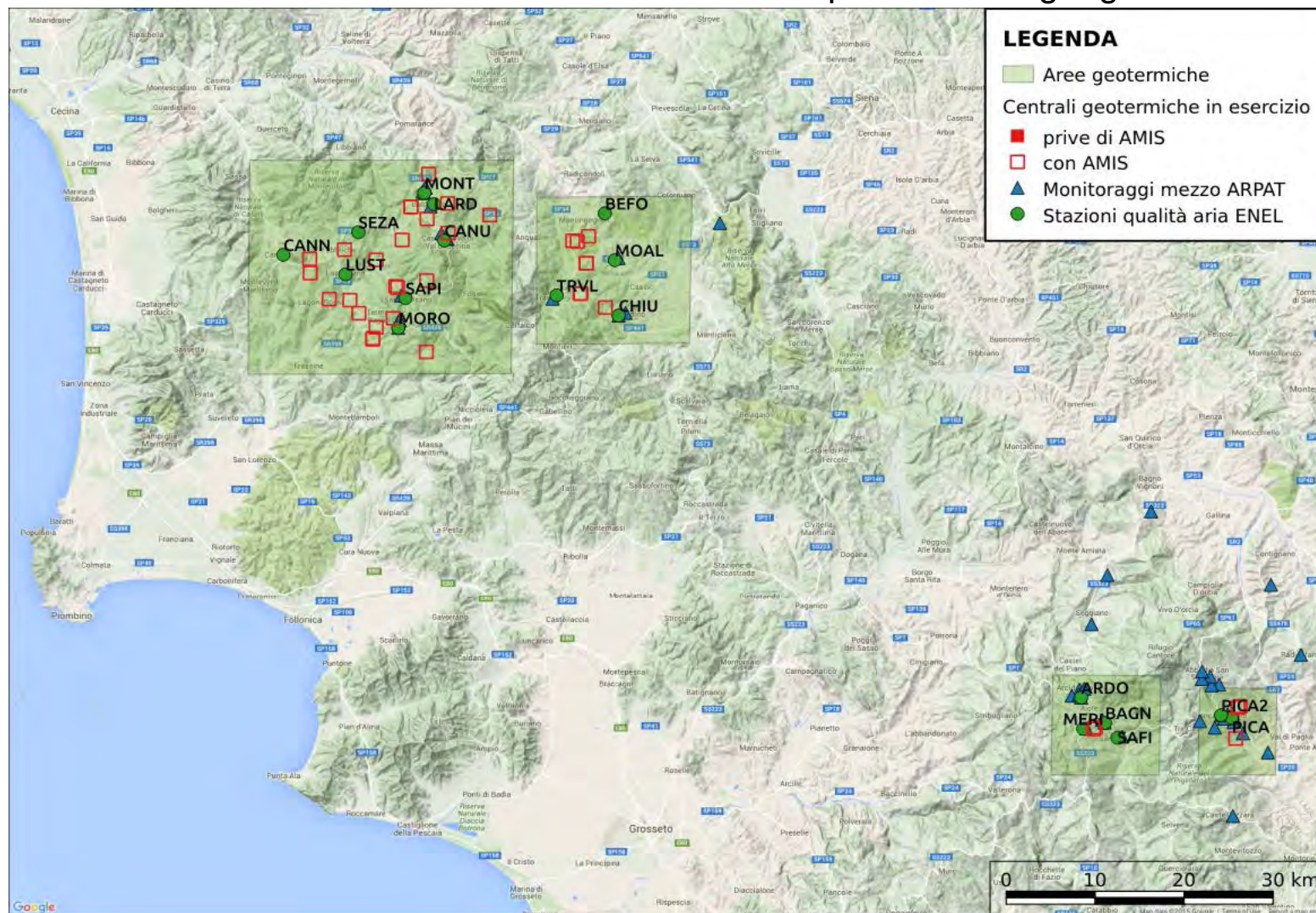
Il monitoraggio avviene tramite stazioni automatiche  
fisse e mobili

Nell'area geotermica toscana sono presenti:

- 18 stazioni di qualità dell'aria di ENEL GP
- 1 stazione di qualità aria della rete regionale gestita da ARPAT (ubicata Montecerboli)
- 2 mezzi mobili ARPAT (Geo1 e Geo2)



# QUALITA' DELL'ARIA — Inquadramento geografico



**ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA**



# QUALITA' DELL'ARIA — Il sistema di rilevamento della qualità dell'aria nelle aree geotermiche

Altri inquinanti monitorati nelle aree geotermiche

A carico di ENEL (campagne stagionali).

Mercurio, Ammoniaca, Arsenico, Boro, Antimonio, PM10 e Radon

ARPAT.

H<sub>2</sub>S e mercurio con due mezzi mobili  
Stazione fissa in loc. Montecerboli (solo H<sub>2</sub>S)



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Regione Toscana



# QUALITA' DELL'ARIA — Il sistema di rilevamento della qualità dell'aria nelle aree geotermiche GEO 1



**ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA**

# QUALITA' DELL'ARIA — Il sistema di rilevamento della qualità dell'aria nelle aree geotermiche GEO S



**ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA**





## QUALITA' DELL'ARIA – Le concentrazioni di riferimento

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

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





# QUALITA' DELL'ARIA – Valori di riferimento

Parametro	Concentrazione	Riferimento individuato
Idrogeno Solforato ( $H_2S$ )	150 $\mu g/m^3$ (media 24 ore)	WHO Guidelines ed. 2000
	100 $\mu g/m^3$ (>1-14d – media)	WHO-IPCS
	20 $\mu g/m^3$ (>90d – media)	WHO-IPCS
Arsenico (As)	6 $ng/m^3$ (media annuale)	Il valore indicato costituisce il valore obiettivo della Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio 2004/107/CE del D.Lgs. 152 del 3/8/2007, di recepimento della suddetta direttiva.
Mercurio (Hg)	0,2 $\mu g/m^3$ (media annuale)	MRLs Minimal Risk level - Livelli guida significativi per la salute elaborati dalla Agenzia governativa USA ATSDR, in analogia ai valori soglia EPA, per effetti non cancerogeni delle sostanze chimiche nell'ambiente ad uso della stessa ATSDR per valutare i siti contaminati (fonte lista aggiornata a novembre 2007). Valore aggiornato al 2001 <a href="http://www.atsdr.cdc.gov/">http://www.atsdr.cdc.gov/</a>
Boro (B)	20 $\mu g/m^3$ (media 24 ore)	Adottando un valore di confidenza pari a 100 rispetto al Valore di 2mg/ $m^3$ riferito al TLV-TWA (Time Weighted Average) dello ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ed. 2006 (borati inorganici).
	10 $\mu g/m^3$ (>1-14d – media)	MRLs Minimal Risk level - Livelli guida significativi per la salute, elaborati dalla Agenzia governativa USA ATSDR, in analogia ai valori soglia EPA, per effetti non cancerogeni delle sostanze chimiche nell'ambiente ad uso della stessa ATSDR per valutare i siti contaminati (fonte lista aggiornata a novembre 2007).
Ammoniaca ( $NH_3$ )	170 $\mu g/m^3$ (media 24 ore)	Adottando un valore di confidenza pari a 100 rispetto al Valore di 17 mg/ $m^3$ riferito al TLV-TWA (Time Weighted Average) dello ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ed.2006 (ammoniaca).
	70 $\mu g/m^3$ (>1-14d – media)	MRLs Minimal Risk level - Livelli guida significativi per la salute, elaborati dalla Agenzia governativa USA ATSDR, in analogia ai valori soglia EPA, per effetti non cancerogeni delle sostanze chimiche nell'ambiente ad uso della stessa ATSDR per valutare i siti contaminati (fonte lista aggiornata a novembre 2007). Il valore per ammoniaca è aggiornato al 2004 <a href="http://www.atsdr.cdc.gov/">http://www.atsdr.cdc.gov/</a>
Antimonio (Sb)	5 $\mu g/m^3$ (media 24 ore)	Adottando un valore di confidenza pari a 100 rispetto al Valore di 0,5 mg/ $m^3$ riferito al TLV-TWA (Time Weighted Average) dello ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ed. 2006 (antimonio).
Radon (Rn)	200 Bq/ $m^3$ (media annuale)	Raccomandazione 90/143/Euratom per edifici di nuova costruzione (indoor)



# QUALITA' DELL'ARIA – RISULTATI

Concentrazione H <sub>2</sub> S in aria	H <sub>2</sub> S – Media annuale in µg/m <sup>3</sup>					Percentuale concentrazioni > 7 µg/m <sup>3</sup>				
	2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014
10_canneto	7,07	5,11	4,37	4,72	5,33	27,4%	19,8%	16,5%	19,0%	23,7%
11_lustignano	14,53	13,76	11,07	9,72	9,14	62,3%	55,9%	51,1%	49,2%	49,7%
12_serrazzano	7,82	8,52	6,48	3,67	4,31	35,6%	35,5%	26,3%	14,8%	17,3%
13_sasso_pisano	10,24	10,42	7,93	8,22	8,65	44,6%	50,5%	40,4%	40,8%	45,6%
14_monterotondo	11,33	10,33	6,81	6,06	5,56	45,6%	43,2%	29,9%	27,7%	26,8%
15_montereboli	ND	ND	6,69	5,39	3,46	ND	ND	34,2%	20,9%	14,0%
16_castelnuovo	7,86	8,97	7,28	7,72	4,54	43,0%	44,6%	35,7%	42,9%	18,0%
17_larderello	4,92	10,43	9,14	4,88	2,97	20,5%	47,1%	47,1%	19,7%	7,3%
18_belforte	3,52	3,82	2,5	2,13	2,75	9,4%	13,9%	8,9%	5,5%	6,3%
19_montalcinello	3,31	4,56	3,93	2,58	1,93	12,7%	19,7%	17,7%	6,4%	3,6%
20_travale	3,03	4,39	3,63	3,02	3,67	10,8%	18,5%	14,7%	9,7%	12,2%
21_chiusdino	ND	ND	6,78	6,46	6,43	ND	ND	22,8%	23,0%	18,9%
6_arcidosso	2,87	2,11	1,16	1,11	1,95	10,3%	7,2%	0,6%	0,9%	2,9%
7_santa_fiora	2,07	1,87	1,23	1,46	1,37	2,4%	3,6%	1,0%	1,4%	0,4%
8_bagnore	1,94	1,99	0,96	1,19	1,59	5,1%	4,7%	0,6%	0,5%	0,9%
23_merigar	ND	ND	ND	NS	1,94	ND	ND	ND	NS	1,3%
9_piancastagnaio	10,56	13,75	4,78	8,52	6,6	34,6%	40,2%	13,9%	26,1%	21,7%
22_piancastagnaio2	ND	NS	3,31	4,45	3,47	ND	NS	7,9%	15,2%	8,0%

ND = Dati non disponibili

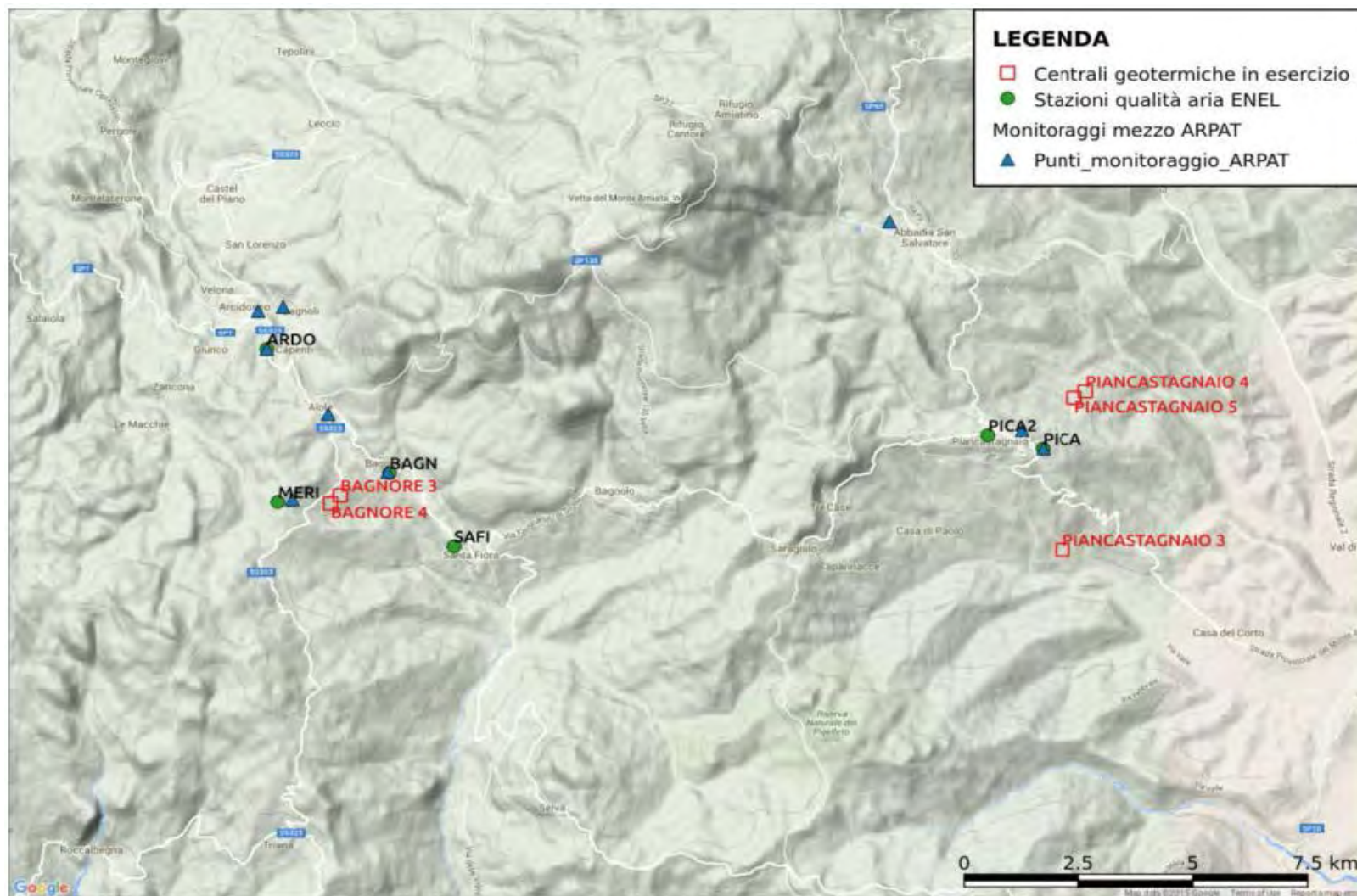
NS = Dati non significativi, in quanto la data di messa in servizio della centralina, non permette di avere una distribuzione uniforme sull'anno.

nnn Valori ricavati su una frazione ritenuta significativa dell'intero anno  
(21\_chiusdino: 1/3/2012; 15\_montereboli: 19/04/2012)





# QUALITA' DELL'ARIA – AMIATA



**ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA**

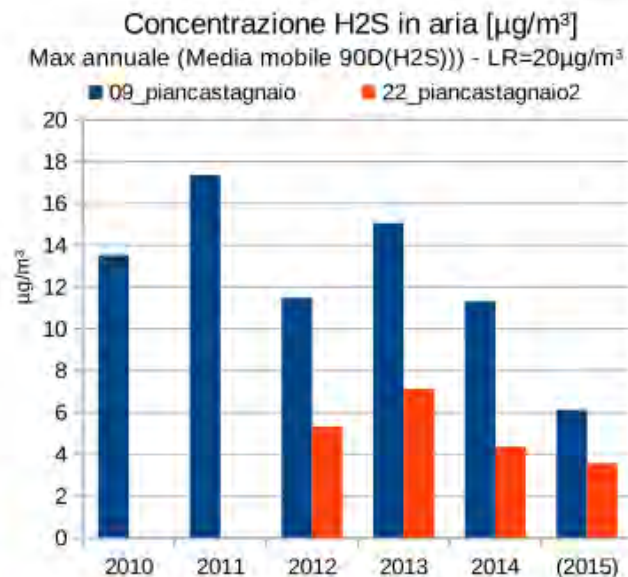
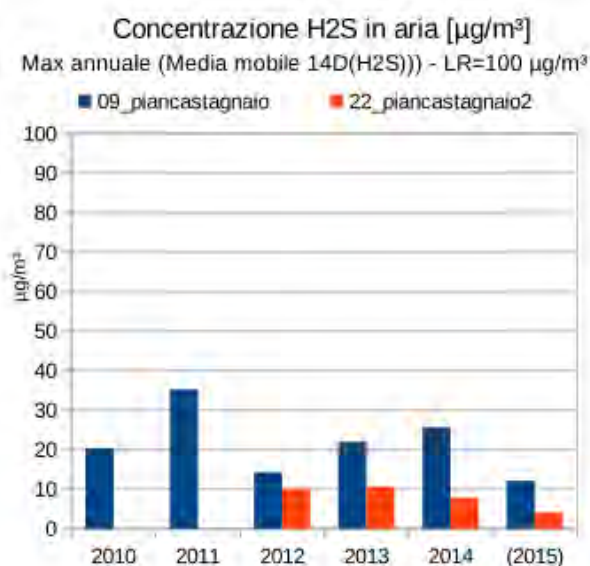
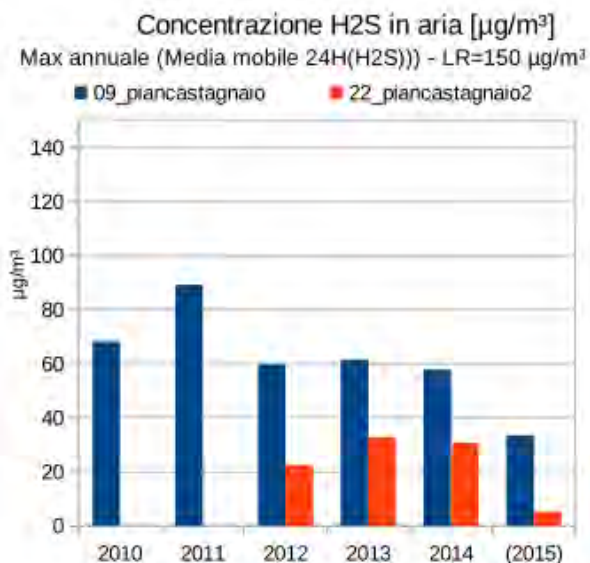
# QUALITA' DELL'ARIA – AMIATA (SI)

H <sub>2</sub> S in aria, Max annuale di:	Media mobile su 24 ore (µg/m³)						Media mobile su 14 giorni (µg/m³)						Media mobile su 90 giorni (µg/m³)					
	L.R.* = 150 µg/m³						L.R.* = 100 µg/m³						L.R.* = 20 µg/m³					
stazione	2010	2011	2012	2013	2014	(2015)	2010	2011	2012	2013	2014	(2015)	2010	2011	2012	2013	2014	(2015)
09_piancastagnaio	68,35	89,25	59,87	61,54	57,87	33,52	20,36	35,23	14,23	21,97	25,64	12,11	13,53	17,35	11,49	15,06	11,31	6,12
22_piancastagnaio2	ND	NS	22,59	32,83	30,77	5,26	ND	NS	10,08	10,65	7,83	4,06	ND	NS	5,32	7,13	4,36	3,57

\* = WHO-OMS "Air Quality Guidelines" for Europe, 2<sup>ed.</sup> (2000)

ND = Dati non disponibili

NS = Dati non significativi, in quanto la data di messa in servizio della centralina.  
Non permette di avere una distribuzione uniforme sull'anno.



**ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA**



# Approfondimento: Piancastagnaio



La chiusura della centrale PC2, avvenuta nel luglio 2011, ha comportato un significativo miglioramento della qualità dell'aria.

Gli effetti positivi tuttavia si sono registrati con un certo ritardo:

In seguito allo spegnimento di PC2 sono state avviate le prove per attivare la stazione di scambio calore a PC3 (agosto-settembre 2011).

Nell'ambito di questo progetto ENEL ha tentato di mettere in esercizio un nuovo pozzo "PC35A" che ha causato diversi problemi ed è stato causa di ripetute extra emissioni.

L'ultimo tentativo di impiegare tale pozzo è avvenuto nell'aprile 2012. Da allora la qualità dell'aria appare stabilizzata e si verifica un netto miglioramento.

Infine è opportuno tenere conto anche di alcuni blocchi all'AMIS e in particolare a PC4 (20/7/2011-25/7; 22/9-23/9; 27/11-9/12/2011) e a PC3 (10/10/2011-15/10), che possono aver influito negativamente sulla qualità dell'aria degli ultimi mesi del 2011.

# AREA AMIATA (GR)

H <sub>2</sub> S in aria. Max annuale di:	Media mobile su 24 ore (µg/m³)						Media mobile su 14 giorni (µg/m³)						Media mobile su 90 giorni (µg/m³)					
	L.R.* = 150 µg/m³						L.R.* = 100 µg/m³						L.R.* = 20 µg/m³					
stazione	2010	2011	2012	2013	2014	(2015)	2010	2011	2012	2013	2014	(2015)	2010	2011	2012	2013	2014	(2015)
06_arcidosso	27,51	14,41	13,11	8,39	24,28	8,16	8,35	5,69	2,60	1,99	6,99	4,15	6,68	3,29	2,72	1,59	3,45	3,28
07_santa_fiora	20,40	11,38	6,53	7,93	4,75	5,42	5,07	4,43	2,62	2,50	3,23	2,94	4,17	2,57	2,24	1,99	2,31	2,58
08_bagnore	21,50	10,32	16,33	4,07	8,69	5,83	5,85	4,16	2,93	2,53	4,33	2,89	5,06	2,74	2,24	1,99	3,07	2,47
23_merigar	ND	ND	ND	NS	11,59	9,36	ND	ND	ND	NS	4,03	3,41	ND	ND	ND	NS	2,47	2,69

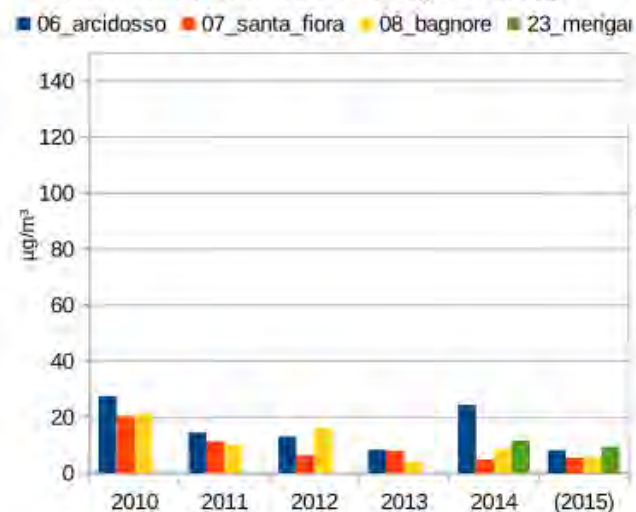
\* = WHO-OMS "Air Quality Guidelines" for Europe, 2<sup>a</sup> ed. (2000)

ND = Dati non disponibili

NS = Dati non significativi, in quanto la data di messa in servizio della centralina.  
Non permette di avere una distribuzione uniforme sull'anno.

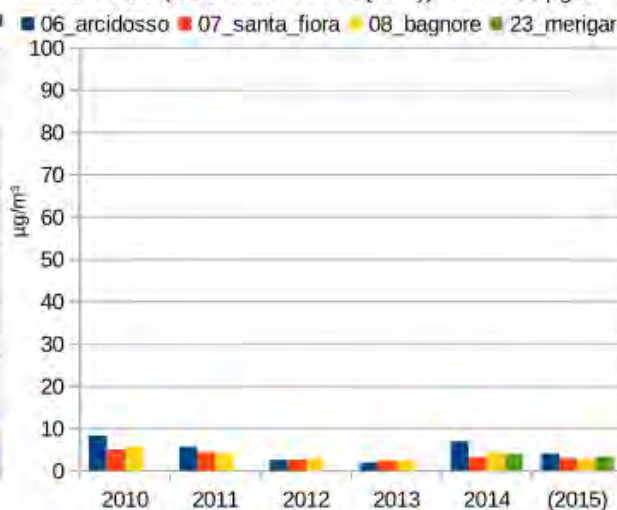
## Concentrazione H<sub>2</sub>S in aria [µg/m³]

Max annuale (Media mobile 24H(H<sub>2</sub>S)) - LR=150 µg/m³



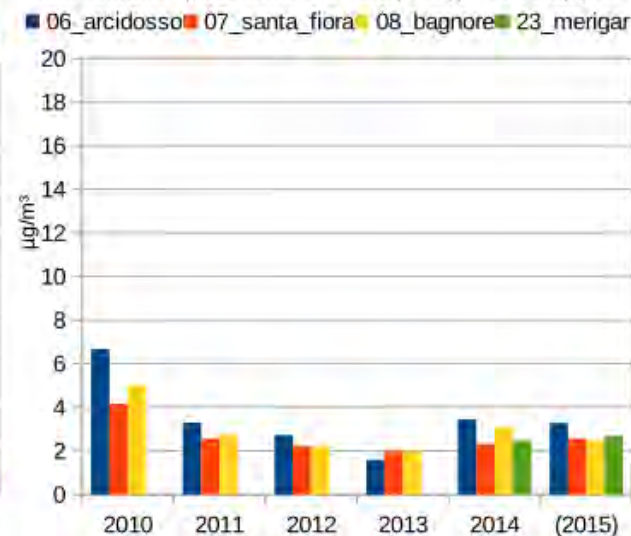
## Concentrazione H<sub>2</sub>S in aria [µg/m³]

Max annuale (Media mobile 14D(H<sub>2</sub>S)) - LR=100 µg/m³



## Concentrazione H<sub>2</sub>S in aria [µg/m³]

Max annuale (Media mobile 90D(H<sub>2</sub>S)) - LR=20 µg/m³







# AREA RADICONDOLI (SI)

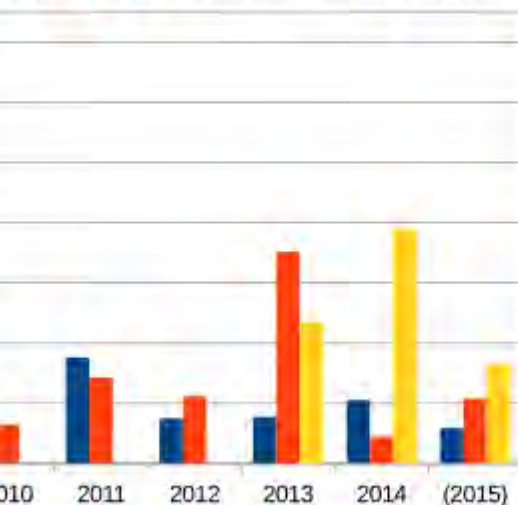
stazione	Media mobile su 24 ore ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )						Media mobile su 14 giorni ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )						Media mobile su 90 giorni ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				
	L.R.* = 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$						L.R.* = 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$						L.R.* = 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
	2010	2011	2012	2013	2014	(2015)	2010	2011	2012	2013	2014	(2015)	2010	2011	2012	2013	2014
18_belforte	22,78	35,20	14,92	15,40	20,99	11,66	6,52	11,58	5,58	4,43	7,83	5,87	5,88	6,88	5,04	2,95	3,87
19_montalcinello	12,80	28,48	22,31	70,28	8,88	21,54	11,80	17,98	9,64	15,12	3,67	7,26	11,80	8,45	6,38	5,29	2,33
21_chiusdino	ND	ND	NS	47,02	77,96	32,92	ND	ND	NS	20,11	18,07	13,06	ND	ND	NS	12,49	10,15

HO-OMS "Air Quality Guidelines" for Europe, 2ªed. (2000)

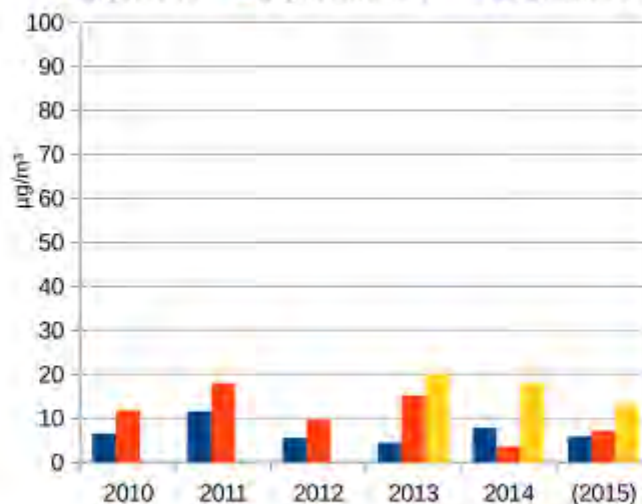
ti non disponibili

ti non significativi, in quanto la data di messa in servizio della centralina,  
nette di avere una distribuzione uniforme sull'anno.

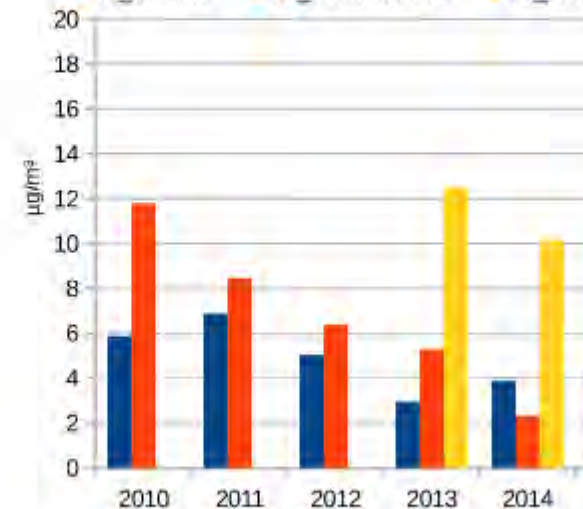
Concentrazione H<sub>2</sub>S in aria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  
Max annuale (Media mobile 24H(H<sub>2</sub>S))) - LR=150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
18\_belforte 19\_montalcinello 21\_chiusdino



Concentrazione H<sub>2</sub>S in aria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  
Max annuale (Media mobile 14D(H<sub>2</sub>S))) - LR=100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
18\_belforte 19\_montalcinello 21\_chiusdino



Concentrazione H<sub>2</sub>S in aria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  
Max annuale (Media mobile 90D(H<sub>2</sub>S))) - LR=20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
18\_belforte 19\_montalcinello 21\_chiusdino





# ARPAT GEO1 e GEO2 - Hg

I mezzi mobili di ARPAT sono attrezzati anche per la rilevazione del mercurio (Hg).

I valori assunti dall'indicatore concentrazione media del periodo risultano notevolmente inferiori al valore di riferimento MRLs della ATSDR (pari a  $200 \text{ ng/m}^3$  su media annuale).

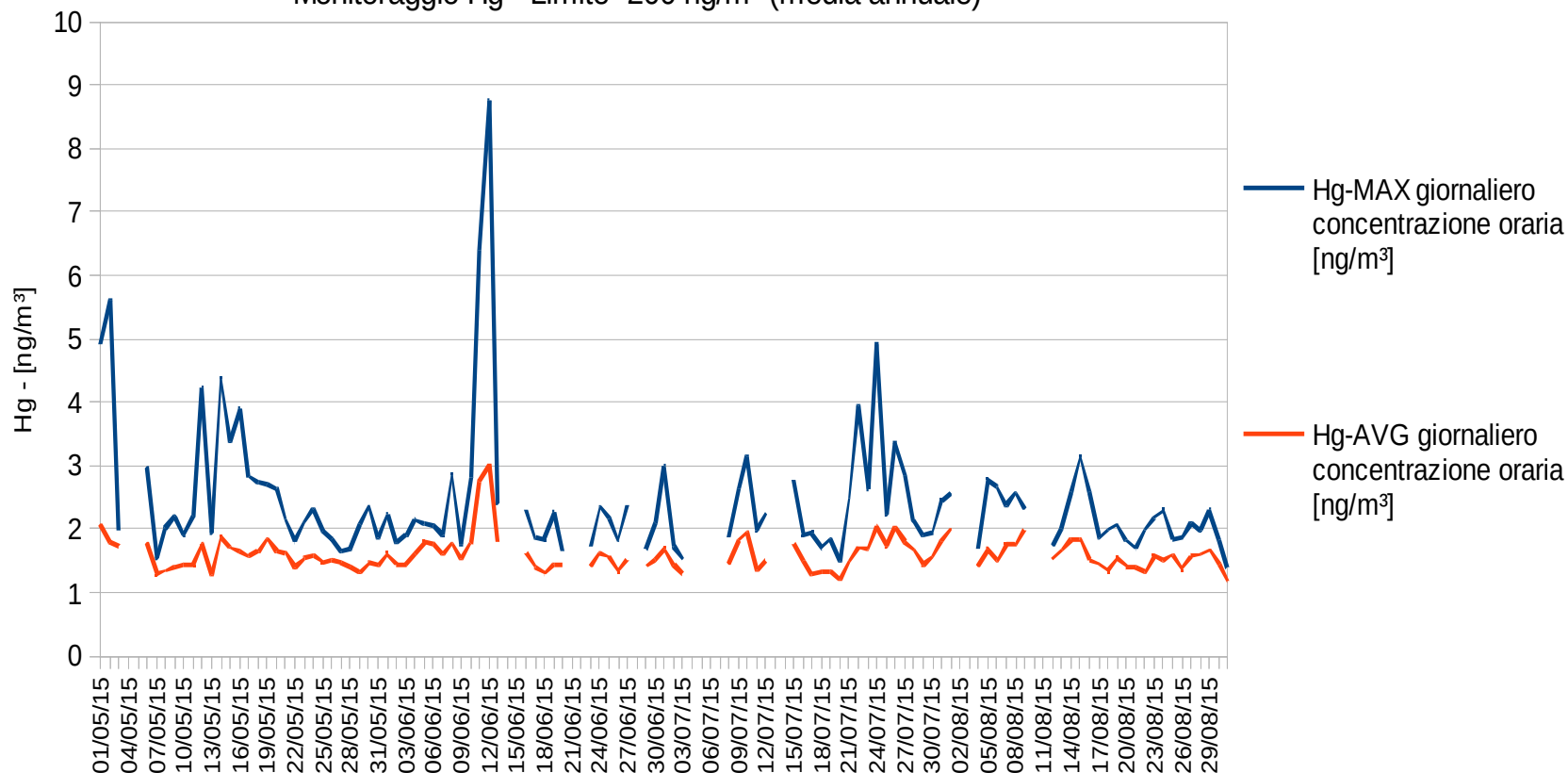
Inoltre, considerando che il MRLs della ATSDR è più restrittivo del valore guida WHO-OMS (pari a  $1000 \text{ ng/m}^3$ ), ne consegue che anche quest'ultimo è rispettato.





## ARPAT - GEO2 - c/o Protezione Civile, loc. Aiuole, Arcidosso (GR)

Monitoraggio Hg - Limite=200 ng/m<sup>3</sup> (media annuale)





# QUALITA' DELL'ARIA

**Ammoniaca** – Valori massimi registrati nel 2015 (campionatori passivi)

**Fonte valori di rif. – WHO Air Quality Guidelines for Europe- 2° edizione, 2000**

Luogo	NH <sub>3</sub> (valore massimo Campagna 15gg)	NH <sub>3</sub> sulle 24h (valore di rif. WHO)	NH <sub>3</sub> su 14gg (valore di rif. WHO)
Arcidosso (Loc. MERIGAR)	<b>10,2 µg/m<sup>3</sup></b> (20 mag – 5 giu)	<b>170 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>70 µg/m<sup>3</sup></b>



# RISORSA IDRICA

ARPAT effettua due monitoraggi:

- Monitoraggio dell'acquifero vulcanitico del Monta Amiata;
- Controllo e validazione dei dati ENEL GP relativi a Piano di Monitoraggio di acque superficiali e profonde nel procedimento di riassetto dell'Area Geotermica Piancastagnaio (Del RT n.229:2011



# RISORSA IDRICA

## Monitoraggio acquifero M. Amiata

Il monitoraggio, iniziato nel 2002, riguarda la verifica dello stato chimico-fisico di 10 sorgenti/pozzi.

I parametri determinati : arsenico, boro, solfati, pH, conducibilità.





# RISORSA IDRICA

## Monitoraggio acquifero M. Amiata

I risultati del periodo 2002 – 2014 sono stati elaborati per avere un'indicazione di tendenza di incremento/decremento/stazionarietà

Per questo, è stata valutata la regressione parametri e/o non parametri di Mann Kendall



# RISORSA IDRICA

## Monitoraggio acquifero M. Amiata

### Versante grossetano – ANNO 2002-2014

parametro	Andamento sorgenti versante grossetano				
	Sorgente Galleria Bassa	Sorgente Galleria Alta	Sorgente Ente	Sorgente Burlana	Sorgente Crognolo
Arsenico	stazionario	decremento	decremento	decremento	stazionario
Boro	stazionario	decremento	stazionario	decremento	stazionario
Conducibilità	stazionario	stazionario	stazionario	stazionario	decremento
pH	stazionario	stazionario	stazionario	stazionario	stazionario
Solfati	incremento	incremento	decremento	incremento	stazionario
Cloruri	incremento	incremento	stazionario	incremento	stazionario

### Versante senese – ANNO 2002-2014

Parametro	Andamento sorgenti e pozzi versante senese				
	Sorgente Galleria Drenante	Sorgente Vena Vecchia	Sorgente Ermicciolo	Pozzo Pian dei Renai	Pozzo Acqua Gialla
Arsenico	stazionario	decremento	decremento	stazionario	decremento
Boro	stazionario	stazionario	decremento	stazionario	stazionario
Conducibilità	decremento	stazionario	decremento	stazionario	stazionario
PH	incremento	stazionario	decremento	decremento	decremento
Solfati	decremento	decremento	decremento	stazionario	decremento
Cloruri	stazionario	incremento	incremento	stazionario	stazionario



## RISORSA IDRICA-Monitoraggio Riassetto Piancastagnaio

Piano di monitoraggio effettuato da ENEL GP  
di cui alla pronuncia di compatibilità  
ambientale del progetto relativo al  
“Riassetto dell’Area Geotermica di  
Piancastagnaio (Del RT n. 229:2010)

ARPAT valida i dati valutando che siano  
congrui e mediante campionamenti in  
parallelo



## RISORSA IDRICA-Monitoraggio Riassetto Piancastagnaio

Questo Piano di controllo integra il precedente estendendo il controllo anche alle acque superficiali e a quelle piezometriche.

- 8 stazioni di acque superficiali
- 9 stazioni di acque di falda
- 4 piezometri





# RISORSA IDRICA-Monitoraggio Riassetto Piancastagnaio

**Tab. n.1 : Acque superficiali (PAS)**

Codifica punto	Luogo	GB_E	GB_N
PAS1	Piancastagnaio (SI)	1721337	4749252
PAS2	Piancastagnaio (SI)	1721678	4748833
PAS3	Piancastagnaio (SI)	1720835	4748579
PAS4	Piancastagnaio (SI)	1720796	4745957
PAS5	Piancastagnaio (SI)	1721742	4745413
PAS6	Bagnore-SantaFiora (GR)	1709948	4746826
PAS7	Bagnore-SantaFiora (GR)	1709662	4746319
PAS8	Bagnore-SantaFiora (GR)	1709063	4747565

**Tab n. 2 :Acque di falda (PAF)**

Codifica punto	Nome	Comune - Provincia	Quota (m s.l.m.)	GB_E	GB_N
PAF1	Ermicciolo	Castiglion d'orcia (SI)	990	1715745	4755730
PAF2	Acqua Passante	Abbadia S.Salvatore (SI)	1057	1716537	4752501
PAF3	Polveriera	Piancastagnaio (SI)	732	1720146	4747931
PAF4	Vena Vecchia	Piancastagnaio (SI)	759	1718760	4747477
PAF5	Acque Arbure	Castel del Piano (GR)	850	1711184	4753085
PAF6	Carolina	Santa Fiora (GR)	634	1711140	4745218
PAF7	Ente	Arcidosso (GR)	715	1708863	4749424
PAF8	Fonte Michele	Castel del Piano (GR)	618	1707734	4751924
PAF9	Galleria Nuova	Santa Fiora (GR)	641	1710751	4745344

**Acque di piezometro (PZ6, PZ7 e PZ4)**

Codifica punto	Luogo	Quota (m s.l.m.)	GB_E	GB_N
Pz.4	Santa Fiora	938	1711470	4747596
Pz.6	Madonna del Castagno - Santa Fiora	839	1710705	4747304
Pz.7	La Valle - Santa Fiora	867	1712554	4746779

**ARPAT - AREA VASTA SUD - SETTORE GEOTERMIA**



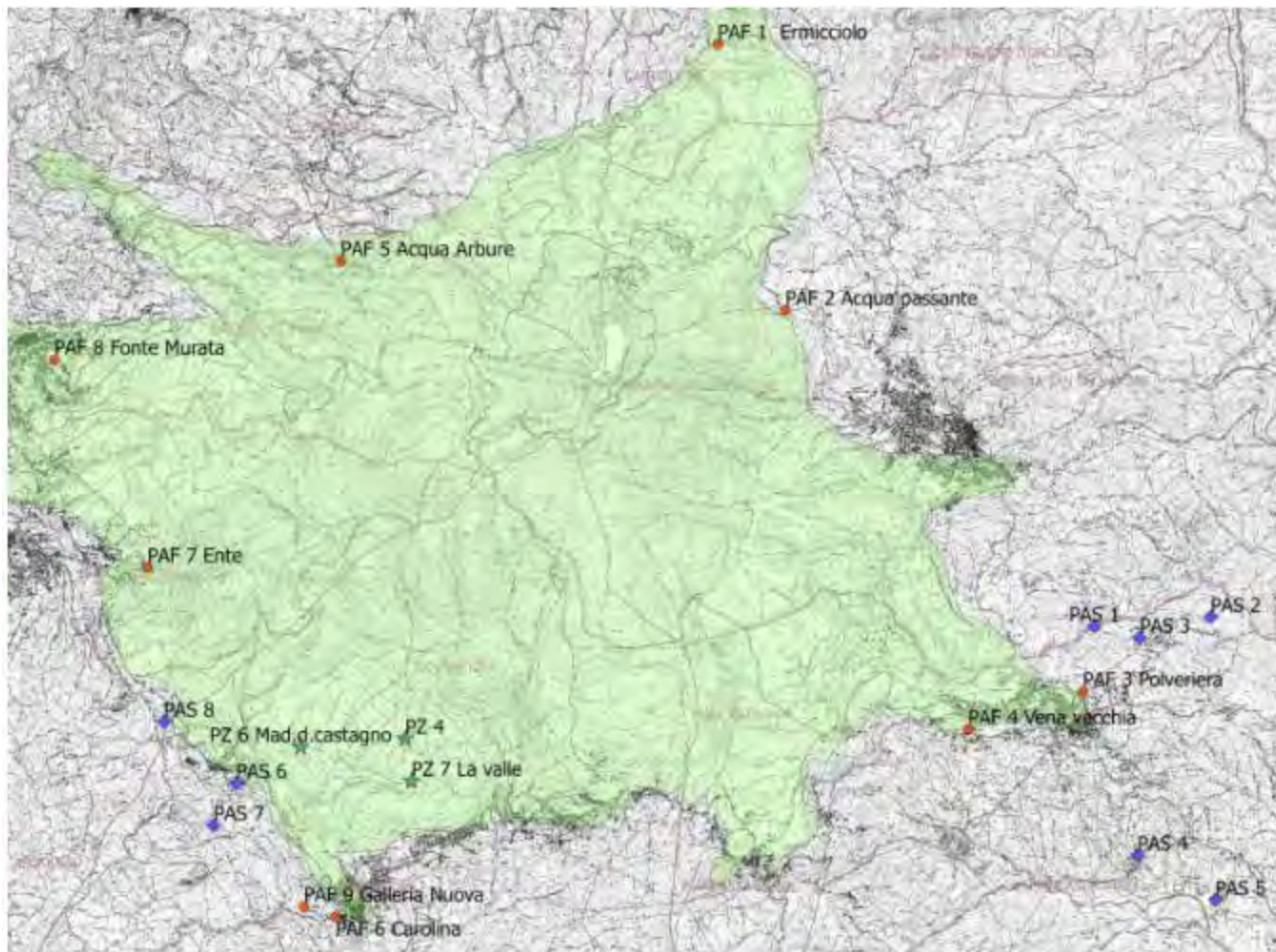
**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Regione Toscana



# RISORSA IDRICA-Monitoraggio Riassetto Piancastagnaio



**ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA**



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Regione Toscana



# Grazie per l'attenzione

***ARPAT – AREA VASTA SUD – SETTORE GEOTERMIA***