



ARPAT
Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

REGIONE
TOSCANA



MONITORAGGIO DELLE AREE GEOTERMICHE TOSCANE

Concentrazioni in aria
di H_2S e Hg nelle aree
geotermiche toscane
Monitoraggi ARPAT
e validazione dati ENEL
Anno 2018

Marzo 2021



MONITORAGGIO DELLE AREE GEOTERMICHE TOSCANE

**Concentrazioni in aria
di H₂S e Hg nelle aree
geotermiche toscane
Monitoraggi ARPAT
e validazione dati ENEL
Anno 2018**

Firenze, marzo 2021



MONITORAGGIO DELLE AREE GEOTERMICHE TOSCANE

Concentrazioni in aria di H₂S e Hg nelle aree geotermiche toscane.
Monitoraggi ARPAT e validazione dati Enel. Anno 2018

A cura di:

Alessandro Bagnoli - Dipartimento di Piombino Elba, ARPAT

Responsabile di Struttura:

Ivano Gartner - Settore Geotermia, Area Vasta Sud, ARPAT

Con la collaborazione del Personale del Settore Geotermia

Data di stesura del report. 16/07/2019

Editing: Settore Comunicazione, informazione e documentazione, ARPAT

ARPAT, Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

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

www.arpat.toscana.it

ARPAT, marzo 2021

Indice

Presentazione	5
1 Sintesi dei risultati ENEL Green Power	6
2 Introduzione e finalità del monitoraggio	9
3 Indicatori	10
3.1 Idrogeno solforato	10
3.1.1 - Valori di riferimento per la tutela sanitaria	10
3.2 Vapori di mercurio	11
3.2.1 - Valori di riferimento per la tutela sanitaria	11
4 Stazioni di rilevamento ENEL per l'H₂S	12
4.1 Stazioni Q.A. di Arcidosso, Santa Fiora, Bagnore e Merigar	12
4.1.1 - Media mobile calcolata su 24 ore	13
4.1.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni	13
4.1.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni	14
4.1.4 - Media annuale (2010-2018)	14
4.2 Stazioni Q.A. di Piancastagnaio e Piancastagnaio 2	15
4.2.1 - Media mobile calcolata su 24 ore	16
4.2.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni	16
4.2.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni	17
4.2.4 - Media annuale	17
4.3 Stazioni Q.A. di Canneto, Lustignano, Serrazzano	18
4.3.1 - Media mobile calcolata su 24 ore	19
4.3.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni	19
4.3.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni	20
4.3.4 - Media annuale	20
4.4 Stazioni Q.A. di Sasso Pisano e Monterotondo Marittimo	21
4.4.1 - Media mobile calcolata su 24 ore	22
4.4.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni	22
4.4.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni	23
4.4.4 - Media annuale	23
4.5 Stazioni Q.A. di Larderello, Castelnuovo e Montecerboli	24
4.5.1 - Media mobile calcolata su 24 ore	25
4.5.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni	25
4.5.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni	26
4.5.4 - Media annuale	26
4.6 Stazioni Q.A. di Belforte, Travale, Montalcinello e Chiusdino	27
4.6.1 - Media mobile calcolata su 24 ore	28
4.6.2 - Media mobile calcolata su 14 giorni	28
4.6.3 - Media mobile calcolata su 90 giorni	29
4.6.4 - Media annuale	29
5 Mezzi ARPAT e confronto con dati ENEL	30
5.1 Stazione fissa ARPAT di Pomarance (PI), Loc. Montecerboli	30
5.2 Mezzo ARPAT GEO 1	32
5.2.1 - Monitoraggio in località Bagnoli, Arcidosso (GR). Periodo 01/01-25/09/2018	33
5.2.2 - Monitoraggio in località Abbadia San Salvatore (SI). Periodo 27/09/2018 - 31/12/2018	34
5.3 Mezzo ARPAT GEO 2	35
5.3.1 - Monitoraggio in loc. Bagnore, Santa Fiora (GR). Periodo 01/01/2018 al 19/04/2018	36
6 Conclusioni	38

PRESENTAZIONE

La Toscana, nelle zone delle Colline Metallifere e del Monte Amiata, presenta particolari anomalie geotermiche con caratteristiche tali da renderne particolarmente conveniente lo sfruttamento. Ad oggi sono attivi 36 gruppi produttivi (centrali geotermoelettriche) gestiti da ENEL GREEN POWER (ENEL GP) e dislocati nelle seguenti aree territoriali: Larderello, Lago (Val di Cornia), Radicondoli (nel loro insieme indicate come Area “tradizionale”) e le aree di Bagnore e di Piancastagnaio (queste ultime due, nel loro insieme, indicate come Area “Amiata”).

In queste aree sono presenti sia emissioni puntuali di origine antropica, originate dai gruppi di produzione, sia emissioni, generalmente diffuse, costituite dalle manifestazioni geotermiche naturali (soffioni, fumarole, putizze, sorgenti di acque caldissime, laghetti, etc.), non sempre di immediata individuazione.

Le emissioni di origine geotermica sono caratterizzate da alte percentuali di vapor acqueo e percentuali nettamente inferiori di altri microinquinanti, tra cui l'idrogeno solforato (H_2S), riconoscibile dall'olfatto umano già a concentrazioni molto basse (inferiori a $6 \mu g/m^3$) e, anche per questo, adottato generalmente come tracciante di attività geotermica.

Nelle Centrali geotermoelettriche, per mitigarne gli impatti, sono state introdotte sia la pratica della reiniezione del fluido geotermico, che permette di contrastare l'impoverimento del serbatoio, sia l'installazione di un sistema di abbattimento del mercurio e dell'idrogeno solforato (H_2S), denominato AMIS, finalizzato, come dice anche il nome, alla riduzione dell' H_2S e del Hg gassoso nella frazione dei gas incondensabili emessi dalla Centrale. L'efficienza di abbattimento dell'AMIS, installato in tutte le Centrali della Toscana, è molto alta (circa del 97-99% per H_2S e il 90-99% per il Hg).

Nel corso degli anni, in occasione del rilascio delle nuove autorizzazioni all'esercizio dell'impianto, la Regione Toscana ha prescritto alla Società ENEL GP l'installazione di centraline fisse destinate al monitoraggio dell' H_2S , che ad oggi costituiscono una rete di 18 stazioni di monitoraggio localizzate sul territorio toscano dove vi è attività di utilizzo della risorsa geotermica.

Tali dati, che sono mensilmente trasmessi a Regione Toscana e ad ARPAT, sono verificati e integrati dalle indagini condotte autonomamente dalla stessa ARPAT utilizzando una centralina fissa per il controllo della qualità dell'aria di Montecerboli e soprattutto attraverso i due mezzi mobili GEO1 e GEO2.

Scopo del presente report è quello di raccogliere, analizzare e verificare la congruità dei dati ENEL GP, anche tramite il confronto con i risultati dei monitoraggi ARPAT, per lo più svolti in parallelo con ENEL GP.

1 SINTESI DEI RISULTATI ENEL GREEN POWER

Nelle tabelle sottostanti è riportata una sintesi delle concentrazioni in aria di H₂S elaborate attraverso i dati registrati nel 2018 dalle centraline di monitoraggio qualità aria di ENEL GP, espressi come valori massimi (mensili e annuali) delle medie mobili della concentrazione di H₂S (in µg/m³), calcolate rispettivamente su intervalli di 24 ore, di 14 giorni e di 90 giorni, in coerenza con le indicazioni del World Health Organization (WHO), riportate nelle “Air Quality Guidelines” for Europe, second Edition (ed. 2000) e nel “Concise International Chemical Assessment Document 53. Hydrogen sulfide: human health aspects” (ed. 2003).

Nelle tabelle seguenti i valori massimi mensili riscontrati nel 2018 sono stati messi a confronto con il massimo registrato negli anni precedenti (2015, 2016 e 2017).

L'esame della sottostante tabella 1 permette di dedurre direttamente l'assenza di superamenti del limite fissato per la media mobile calcolata sul periodo di riferimento di 24 ore, pari a 150 µg/m³, e, cautelativamente, anche per il caso di media mobile calcolata sul periodo di riferimento di 2-14 giorni, con limite pari a 100 µg/m³.

Tab.1: Media mobile H₂S in aria (µg/m³), calcolata su 24 h (LR=150 µg/m³). Max mensili (2018) e annuali (2015-2018)

Massimo mensile della media mobile su 24 ore (Mese/Stazione)		2018-01	2018-02	2018-03	2018-04	2018-05	2018-06	2018-07	2018-08	2018-09	2018-10	2018-11	2018-12	MAX 2015	MAX 2016	MAX 2017	MAX 2018
Canneto	CANN	22,82	13,38	12,72	21,79	15,98	12,82	10,55	9,08	13,98	22,60	33,69	22,16	66,33	41,20	29,79	33,69
Lustignano	LUST	10,83	8,92	13,16	11,66	8,12	11,18	10,66	16,02	12,03	11,60	13,59	16,98	35,45	25,43	35,90	16,98
Serrazzano	SEZA	16,55	8,34	16,68	10,00	10,52	7,92	9,27	9,42	9,03	6,10	11,96	14,06	17,90	14,24	19,97	16,68
Sasso Pisano	SAPI	18,14	13,99	9,39	15,19	11,55	14,40	12,47	12,57	17,34	13,09	12,47	15,71	21,01	18,32	30,72	18,14
Monterotondo	MORO	18,59	15,26	12,19	18,05	12,35	13,18	11,41	14,82	20,30	12,30	17,50	19,44	19,70	29,34	25,67	20,30
Montecerboli	MONT	25,62	24,18	16,70	15,91	11,73	7,78	10,11	6,07	7,51	9,21	14,88	16,64	21,33	30,19	45,68	25,62
Castelnuovo VdC	CANU	9,36	6,44	6,54	10,24	6,43	16,36	5,73	3,91	6,40	5,16	7,63	7,56	11,36	14,18	19,20	16,36
Larderello	LARD	20,40	58,11	29,17	13,02	11,13	7,22	9,93	7,06	8,99	8,70	10,41	17,15	38,96	39,03	48,85	58,11
Belforte	BEFO	6,09	6,28	14,85	7,48	4,37	5,91	15,10	5,22	9,25	4,72	6,11	7,22	13,96	10,39	13,52	15,10
Montalcinello	MOAL					11,40	7,39	21,15	10,16	21,66	10,04	6,73	9,15	21,54	10,77	16,00	21,66
Travale	TRVL	8,03	6,31	11,98	4,98	4,01	4,47	5,35	3,63	6,74	4,64	8,47	5,91	12,65	20,16	18,75	11,98
Chiusdino	CHIU	19,64	12,35	16,44	17,47	20,17	12,98	16,86	15,18	42,21	11,73	32,02	22,19	56,15	35,76	59,98	42,21
Arcidosso	ARCI	4,02	5,30	5,35	5,04	2,34	2,53	4,04	2,73	3,65	4,01	13,83	8,76	14,20	9,17	17,26	13,83
Santa Fiora	SAFI	6,08	8,12	3,41	3,36	2,97	2,88	3,21	3,02	2,92	4,23	3,18	8,55	8,34	11,01	7,73	8,55
Bagnore	BAGN	4,63	4,46	2,31	2,84	2,98	3,21	2,41	2,69	4,31	5,51	5,43	15,36	6,71	13,03	11,64	15,36
Merigar	MERI	4,04	5,67	4,16	8,64	10,20	7,90	5,34	7,05	6,86	4,69	13,11	7,78	12,52	27,09	24,39	13,11
Piancastagnaio	PICA	9,58	16,77	14,51	5,56	22,75	5,78	4,88	2,98	23,79	10,42	5,50	20,61	34,63	22,62	48,52	23,79
Piancastagnaio2	PICA2	8,38	6,34	5,91	2,62	3,62	2,68	2,12	2,01	4,67	2,93	3,24	7,16	6,25	4,96	11,39	8,38

Si fa presente che in questa tabella ed in quelle che seguono l'assenza di dati relativi alla postazione di Montalcinello durante il primo quadrimestre del 2018 è dovuta a danni subiti a seguito dell'incendio boschivo avvenuto ad agosto 2017, che ha distrutto la suddetta stazione di monitoraggio.

L'esame della seguente tabella 2 conferma l'assenza di superamenti del limite fissato per la media mobile calcolata sul periodo di riferimento di 2-14 giorni, pari a 100 µg/m³ e, cautelativamente, anche per la media mobile calcolata sul periodo di riferimento fino a 90 giorni, con limite pari a 20 µg/m³:

Tab.2: Media mobile H₂S in aria (µg/m³), calcolata su 14 D (LR=100 µg/m³). Max mensili (2018) e annuali (2015-2018)

Massimo mensile della media mobile su 14 giorni (Mese/Stazione)		2018-01	2018-02	2018-03	2018-04	2018-05	2018-06	2018-07	2018-08	2018-09	2018-10	2018-11	2018-12	MAX 2015	MAX 2016	MAX 2017	MAX 2018
Canneto	CANN	5,83	5,35	5,6	5	5,91	4,78	3,71	3,84	4,78	4,89	14,48	8,25	20,56	15,18	10,81	14,48
Lustignano	LUST	6,41	5,83	4,68	6,44	6,47	5,46	6	7,02	8	5,67	7,15	9,71	19,50	11,44	12,37	9,71
Serrazzano	SEZA	8,96	8,4	6,36	5,6	4,92	4,52	4,25	4,59	4,99	4,31	5,98	7,4	8,57	5,98	9,15	8,96
Sasso_Pisano	SAPI	9,78	6,98	4,68	6,76	6,65	6,83	7,19	6,71	8,42	5,13	5,22	7,16	12,95	8,76	11,25	9,78
Monterotondo	MORO	8,1	6,74	4,69	6,7	6,77	6,2	7,62	6,85	10,15	4,31	5,98	8,33	10,20	13,23	13,80	10,15
Montecerboli	MONT	14,32	11,93	8,05	7,61	6,88	4,33	4,74	3,52	3,69	5,01	6,22	7,63	11,09	12,11	17,53	14,32
Castelnuovo VdC	CANU	6,73	3,89	4,11	4,91	4,41	4,35	4,37	2,54	3,59	3,54	3,33	4,47	5,24	6,48	9,54	6,73
Larderello	LARD	9,6	9,39	10,91	6,39	6,66	4,42	6,13	3,82	4,55	4,26	6,18	6,55	14,69	14,47	16,27	10,91
Belforte	BEFO	3,28	3,14	3,93	3,84	3,87	2,65	5,8	3,26	4,3	2,34	2,73	3,43	5,94	5,29	4,23	5,80
Montalcinello	MOAL					4,56	3,54	9,03	7,96	7,7	5,37	3,57	4,65	7,26	7,25	6,57	9,03
Travale	TRVL	6,48	4	2,87	3,35	2,81	2,54	3,37	2,64	3,32	2,33	2,77	2,9	5,09	9,19	9,28	6,48
Chiusdino	CHIU	6,64	5,46	3,5	6,25	6,77	6	7,97	8,28	17,81	2,91	5,46	7,83	15,53	10,80	12,28	17,81
Arcidosso	ARCI	2,09	2,1	1,91	2,43	1,99	1,22	1,33	1,14	1,74	2,21	3,1	3,03	4,31	3,28	5,19	3,10
Santa_Fiora	SAFI	3,36	3,17	1,86	2,26	2,32	2,32	2,4	2,38	1,37	2,8	2,2	2,32	3,20	3,49	4,45	3,36
Bagnore	BAGN	2,61	2,45	1,29	2,01	2,09	2,1	1,83	2,05	2,5	2,46	2,92	4,18	4,23	5,43	3,03	4,18
Merigar	MERI	3,05	2,02	2,03	2,76	2,69	2,88	2,93	3,13	2,97	3,21	3,2	2,46	4,10	5,55	4,64	3,21
Piancastagnaio	PICA	4,6	6	3,75	3,83	6,11	2,36	2,58	2,06	4,22	4,68	2,38	6,65	14,46	9,30	8,18	6,65
Piancastagnaio2	PICA2	2,66	2,23	1,45	1,51	1,99	1,56	1,53	1,73	1,57	1,48	2,38	2,7	4,07	3,28	4,66	2,70

Nella seguente tabella 3 è infine riportato il valore massimo mensile della media mobile determinata su un intervallo di 90 giorni della concentrazione in aria di H₂S espressi in µg/m³ (microgrammi su metro cubo):

Tab.3: Media mobile H₂S in aria (µg/m³), calcolata su 90 D (LR=20 µg/m³). Max mensili (2018) e annuali (2015-2018)

Massimo mensile della media mobile su 90 giorni (Mese/Stazione)		2018-01	2018-02	2018-03	2018-04	2018-05	2018-06	2018-07	2018-08	2018-09	2018-10	2018-11	2018-12	MAX 2015	MAX 2016	MAX 2017	MAX 2018
Canneto	CANN	3,83	4,06	4,14	4,08	4,09	4,27	4,04	3,37	3,39	4,04	5,95	6,83	9,85	9,89	8,12	6,83
Lustignano	LUST	7,73	5,45	4,94	4,86	4,86	4,98	5,05	5,05	5,50	5,50	5,63	6,19	10,97	7,92	8,14	7,73
Serrazzano	SEZA	6,36	6,11	5,60	5,19	4,55	4,48	4,01	3,72	3,84	3,82	4,17	4,74	6,37	4,87	6,41	6,36
Sasso_Pisano	SAPI	7,18	6,79	6,34	4,83	4,91	5,62	6,05	6,18	6,43	6,14	5,15	4,64	9,96	4,72	7,12	7,18
Monterotondo	MORO	7,15	5,90	5,59	4,59	4,66	5,30	5,71	5,86	6,62	6,29	5,25	4,85	6,83	6,03	7,27	7,15
Montecerboli	MONT	11,20	10,98	9,98	8,14	7,25	5,75	4,84	3,85	3,57	3,64	4,45	5,32	6,58	7,22	11,90	11,20
Castelnuovo VdC	CANU	6,81	5,81	5,11	3,56	3,59	3,50	3,52	2,99	2,81	2,70	3,01	3,37	4,57	4,41	6,92	6,81
Larderello	LARD	6,91	7,45	7,54	6,22	6,08	4,81	4,73	4,28	3,85	3,52	4,00	4,79	9,63	10,61	9,10	7,54
Belforte	BEFO	3,24	2,95	2,94	3,21	3,25	3,01	3,20	2,98	3,28	3,13	2,57	2,53	4,30	4,84	3,26	3,28
Montalcinello	MOAL							4,75	5,03	5,88	5,83	4,63	4,11	4,47	4,44	4,45	5,88
Travale	TRVL	4,87	3,70	3,64	2,63	2,18	2,47	2,56	2,55	2,55	2,44	2,21	2,21	3,91	4,28	5,33	4,87
Chiusdino	CHIU	5,51	4,58	4,25	3,75	4,33	4,81	5,33	5,75	7,87	7,58	5,94	4,91	8,64	6,81	6,80	7,87
Arcidosso	ARCI	2,05	1,96	1,83	1,91	1,89	1,79	1,52	1,14	1,18	1,48	1,89	2,19	3,28	3,03	2,55	2,19
Santa_Fiora	SAFI	2,75	2,71	2,64	2,37	2,09	2,15	2,20	2,21	2,01	1,76	1,89	2,17	2,62	2,79	3,10	2,75
Bagnore	BAGN	1,81	1,93	1,84	1,55	1,51	1,84	1,85	1,71	1,81	2,03	2,13	2,48	3,29	3,76	2,44	2,48
Merigar	MERI	1,71	1,79	1,78	1,68	1,84	2,08	2,21	2,28	2,39	2,42	2,42	2,27	2,93	2,90	2,66	2,42
Piancastagnaio	PICA	3,86	3,65	3,46	3,44	2,80	2,76	2,63	2,57	2,29	2,69	2,71	3,33	8,04	8,49	5,01	3,86
Piancastagnaio2	PICA2	2,36	2,26	2,06	1,55	1,25	1,38	1,44	1,48	1,38	1,35	1,56	1,82	3,57	2,55	2,62	2,36

Nella seguente tabella 4 si riporta la media calcolata mensilmente e sull'intero anno solare della concentrazione oraria di H₂S, rilevate dalle centraline di monitoraggio qualità aria di ENEL GP, espressi in µg/m³

Tab.4: Valori medi mensili di H₂S in aria (µg/m³) registrati nel 2018.

Medie mensili (Mese/Stazione)		2018-01	2018-02	2018-03	2018-04	2018-05	2018-06	2018-07	2018-08	2018-09	2018-10	2018-11	2018-12	MEDIA 2015	MEDIA 2016	MEDIA 2017	MEDIA 2018
Canneto	CANN	4,05	3,58	4,03	4,20	3,84	3,66	2,69	3,32	4,17	4,48	9,23	6,46	5,81	5,04	3,49	4,48
Lustignano	LUST	4,10	4,83	4,17	5,47	4,43	4,87	4,45	5,68	5,77	4,90	6,05	7,26	7,37	5,98	6,38	5,17
Serrazzano	SEZA	6,53	3,48	5,30	4,69	3,61	3,45	3,30	4,13	4,05	3,11	5,30	5,65	4,21	3,28	4,38	4,42
Sasso_Pisano	SAPI	5,64	4,20	4,14	5,46	5,04	6,40	6,31	5,75	6,17	3,67	3,82	6,35	7,34	3,89	6,03	5,27
Monterotondo	MORO	4,92	4,20	3,41	5,25	5,13	5,49	6,09	5,91	6,64	3,19	4,16	7,03	4,95	4,26	5,87	5,13
Montecerboli	MONT	9,15	8,35	6,87	6,41	4,43	3,51	3,77	3,19	3,42	4,31	5,56	5,81	3,82	3,98	7,45	5,37
Castelnuovo VdC	CANU	4,08	3,29	3,22	3,86	3,06	3,55	2,60	2,04	2,92	3,06	3,04	3,86	3,72	3,48	4,56	3,21
Larderello	LARD	6,20	7,14	5,37	5,54	4,14	4,08	4,88	2,19	3,48	3,58	4,98	5,68	5,03	5,63	6,13	4,78
Belforte	BEFO	2,29	2,81	3,62	3,06	2,39	2,44	4,10	2,24	3,12	2,05	2,23	3,08	3,34	2,50	2,52	2,79
Montalcinello	MOAL					3,77	3,01	7,26	4,46	5,37	4,14	2,46	4,24	3,27	3,24	2,82	4,37
Travale	TRVL	3,46	2,54	1,86	2,23	2,38	2,43	2,69	2,08	2,49	1,86	2,10	2,61	3,17	2,95	4,28	2,40
Chiusdino	CHIU	3,55	3,32	2,38	4,95	5,43	3,85	6,32	6,55	9,58	2,16	2,91	5,52	6,18	4,78	5,25	4,72
Arcidosso	ARCI	1,87	1,78	1,78	2,09	1,51	0,90	1,11	1,08	1,34	1,96	2,36	2,21	2,53	2,02	1,99	1,67
Santa_Fiora	SAFI	3,02	2,33	1,77	2,14	2,09	2,22	2,30	1,50	1,20	2,43	2,01	1,89	2,29	2,38	2,27	2,08
Bagnore	BAGN	1,98	1,78	0,87	1,82	1,83	1,86	1,33	1,81	2,27	1,85	2,26	3,29	2,40	2,24	1,71	1,91
Merigar	MERI	1,37	1,78	1,28	2,02	1,93	2,25	2,12	2,45	2,61	1,81	2,33	1,88	2,28	2,18	1,98	1,97
Piancastagnaio	PICA	3,86	4,07	2,35	2,05	3,46	2,09	2,07	1,71	3,02	3,35	1,73	4,76	5,50	3,93	4,00	2,87
Piancastagnaio2	PICA2	2,01	1,42	1,22	1,04	1,51	1,44	1,37	1,37	1,22	1,34	2,07	2,02	2,33	1,64	1,83	1,51

La concentrazione di 7 µg/m³ viene usualmente presa come riferimento per stimare il disturbo olfattivo. Nella seguente tabella 5 sono indicate il numero di ore mensili e annuali in cui è stata registrata una concentrazione in aria superiore a 7 µg/m³, espresse in valore percentuale rispetto alle ore rilevate. Si rileva una situazione sostanzialmente simile rispetto a quella degli ultimi tre anni; le situazioni più sfavorevoli si sono verificate anche quest'anno a Sasso Pisano, Montecerboli, Monterotondo Marittimo e Lustignano, dove si registrano valori medi annuali anche superiori al 20%, pur non raggiungendo percentuali superiori al 30%, come avvenuto negli anni passati.

Tab.5: Percentuale mensile ed annuale delle ore con concentrazione > 7µg/m³.

%ore con Conc.>7µg/m ³ -Stazione		2018-1	2018-2	2018-3	2018-4	2018-5	2018-6	2018-7	2018-8	2018-9	2018-10	2018-11	2018-12	INTERO 2015	INTERO 2016	INTERO 2017	INTERO 2018
Canneto	CANN	15,2	12,0	14,6	13,6	12,4	11,1	8,2	8,7	13,2	13,4	36,8	22,7	16,2	13,9	10,6	15,1
Lustignano	LUST	14,7	19,2	12,9	23,1	17,3	17,6	16,5	22,1	23,9	18,3	29,2	35,7	30,9	28,7	30,3	20,9
Serrazzano	SEZA	26,2	9,5	23,0	18,3	10,3	10,3	8,9	13,0	16,7	7,2	25,7	26,8	15,4	8,9	16,9	16,5
Sasso_Pisano	SAPI	28,2	17,2	17,1	28,5	25,6	38,1	35,0	30,1	34,4	15,7	16,0	31,5	37,9	13,3	30,8	26,7
Monterotondo	MORO	17,4	16,4	9,0	19,3	25,4	24,3	32,2	30,5	32,6	12,0	15,8	33,5	21,1	15,9	25,9	22,4
Montecerboli	MONT	48,4	39,2	33,7	36,0	18,7	7,2	13,2	4,4	7,8	14,6	27,0	30,5	11,5	10,4	34,4	23,2
Castelnuovo VdC	CANU	12,1	5,5	6,3	11,0	6,6	6,5	4,9	1,0	5,6	1,8	3,9	6,8	9,6	8,3	16,2	6,0
Larderello	LARD	29,5	22,6	22,4	22,0	10,4	9,0	16,6	4,0	9,8	10,3	24,2	28,7	17,8	24,7	27,8	17,5
Belforte	BEFO	2,7	2,0	5,1	3,3	1,8	3,4	13,0	1,7	5,4	0,7	1,3	7,5	8,5	3,4	4,9	4,0
Montalcinello	MOAL					15,9	7,2	37,4	18,7	21,2	14,5	4,1	17,9	8,4	6,2	7,4	17,3
Travale	TRVL	9,3	4,2	4,3	2,8	1,0	1,4	1,8	0,7	1,4	1,0	3,1	2,0	7,4	6,9	13,8	2,7
Chiusdino	CHIU	11,3	12,1	4,7	18,9	21,0	13,9	28,8	32,2	29,0	7,5	5,7	24,6	22,6	17,5	18,7	17,5
Arcidosso	ARCI	0,8	2,7	0,1	1,0	0,2	0,0	1,0	0,3	0,9	1,2	3,7	2,3	2,6	1,3	2,1	1,2
Santa_Fiora	SAFI	1,7	3,4	0,1	0,3	0,4	0,0	0,1	0,1	0,3	0,3	0,2	2,0	0,9	1,2	1,0	0,7
Bagnore	BAGN	1,7	1,5	0,3	0,6	0,3	0,4	0,1	0,0	2,0	1,8	2,5	5,3	1,7	2,0	0,7	1,4
Merigar	MERI	1,4	3,5	1,6	4,2	2,3	3,1	2,3	6,1	3,9	1,3	4,4	3,4	2,3	3,3	2,1	3,1
Piancastagnaio	PICA	10,6	11,9	3,4	2,9	8,7	4,6	1,7	0,6	6,9	7,0	3,3	12,2	17,1	11,2	10,4	6,1
Piancastagnaio2	PICA2	1,7	3,0	0,6	0,3	1,0	0,2	0,0	0,0	0,9	0,3	0,3	5,5	0,8	0,4	1,2	1,1

PARTE PRIMA

2 INTRODUZIONE E FINALITÀ DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio della qualità dell'aria è svolto, sotto la supervisione ARPAT, da ENEL GP mediante la gestione di 18 Stazioni fisse di Qualità Aria (o SQA) e un mezzo mobile:

N	DENOMINAZIONE (SIGLA)	COMUNE	QUOTA	EST (GB)	NORD (GB)
6	Arcidosso (ARDO)	Arcidosso (GR)	718	1707880	4748910
7	Santa Fiora (SAFI)	S. Fiora (GR)	718	1710980	4745600
8	Bagnore (BAGN)	Santa Fiora (GR)	763	1709910	4746830
23	Merigar (MERI)	Arcidosso (GR)	897	1708136	4746280
9	Piancastagnaio (PICA)	Piancastagnaio (SI)	725	1720360	4747580
22	Piancastagnaio 2 (PICA2)	Piancastagnaio (SI)	791	1719470	4747780
10	Canneto (CANN)	Monteverdi (PI)	308	1641280	4784510
11	Lustignano (LUST)	Pomarance (PI)	398	1646420	4782980
12	Serrazzano (SEZA)	Pomarance (PI)	530	1647400	4786550
13	Sasso Pisano (SAPI)	Castelnuovo V.C (PI)	490	1651390	4781090
14	Monterotondo (MORO)	Monterotondo (GR)	507	1650850	4778580
15	Montecerboli (dal 24/4/2012) (MONT)	Pomarance (PI)	410	1652730	4789960
16	Castelnuovo V.C. (CANU)	Castelnuovo V.C (PI)	580	1654460	4786000
17	Larderello (LARD)	Pomarance (PI)	441	1653540	4789040
18	Belforte (BEFO)	Radicondoli (SI)	528	1667580	4788590
19	Montalcinello (MOAL)	Chiusdino (SI)	360	1668500	4784680
20	Travale (TRVL)	Montieri (GR)	511	1663790	4781610
21	Chiusdino (CHIU)	Chiusdino (SI)	521	1668910	4780040

Il controllo da parte di ARPAT dell'attività di monitoraggio svolta da ENEL GP, è effettuata attraverso i mezzi e la strumentazione di seguito elencata:

- **mezzo mobile ARPAT Geo1**, attrezzato per la rilevazione di H₂S e di Hg oltre che dei dati meteo di base. Trattandosi di un mezzo di più difficile manovrabilità è impiegato per monitoraggi su periodi temporali più lunghi, usualmente in aree non servite dalle altre stazioni di monitoraggio;
- **mezzo mobile ARPAT Geo2**, oltre che per le normali campagne di monitoraggio, il Geo2 viene utilizzato anche per il controllo dei dati misurati dalle stazioni ENEL GP mediante il suo posizionamento in prossimità di una centralina ENEL GP presa a campione, in modo che le due stazioni, di ARPAT ed ENEL GP, effettuino un rilevamento in parallelo per un periodo variabile, compreso tra 15 e 30 gg. Dal 2014 il mezzo GEO2 è stato dotato di un analizzatore di Hg gassoso.
- **centralina fissa presso l'abitato di Montecerboli**, Comune di Pomarance (PI): questa centralina fa parte della rete regionale per il monitoraggio della qualità dell'aria ed è stata attrezzata per il monitoraggio di H₂S, oltre che di ozono (O₃), diossido di azoto (NO₂) e particolato (PM₁₀).

In linea generale, i due mezzi mobili ARPAT sono impiegati per monitorare le aree non servite da stazioni fisse e per verificare periodicamente i dati forniti dalle stazioni di monitoraggio gestite da ENEL GP, mediante campagne brevi svolte in parallelo.

3 INDICATORI

3.1 Idrogeno solforato

L'acido solfidrico è una sostanza dotata di odore. Relativamente alla soglia di percezione umana dell'odore dell'acido solfidrico, la vasta letteratura evidenzia il ruolo fondamentale assunto dalla "variabilità individuale", che ha portato a proporre di volta in volta campi di valori molto diversificati fra loro. Usualmente si distingue:

- **soglia di rilevazione:** è la minima concentrazione che suscita una risposta sensoriale. Si ritiene sia compresa nell'intervallo 0,2-2,0 µg/m³;
- **soglia di riconoscimento:** è la minima concentrazione di identificazione del tipo di odore. Si ritiene sia compresa nell'intervallo 0,6-6,0 µg/m³

Le soglie di cui sopra, non corrispondono a valori definiti e costanti ma piuttosto sono degli intervalli, generalmente abbastanza ampi, di concentrazione, principalmente perché la capacità di un composto di essere percepito dal nostro sistema olfattivo (potenzialità osmogena) dipende da aspetti diversi che sono oggettivi, cioè propri della sostanza (volatilità, idrosolubilità, metodo di rilevazione, etc.), soggettivi (dipendono dalla fisiologia e dalla psicologia dell'osservatore o dal gruppo di individui presi a riferimento) e ambientali (temperatura, pressione, umidità relativa dell'aria, velocità e direzione dei venti).

In considerazione del fatto che l'H₂S è chiaramente percepibile dall'olfatto umano già in concentrazioni molto più basse rispetto a quelle per il quale può ritenersi pericoloso per la salute umana e tenuto presente che la normativa regionale e le linee guida internazionali non prevedono un valore limite percentuale da rispettare, per il suo monitoraggio è prassi consolidata (anche in considerazione delle tecnologie disponibili e del valore di fondo nelle aree geotermiche toscane, influenzato anche da sorgenti naturali non ancora completamente individuate) determinare il numero di ore in cui è stata rilevata una concentrazione superiore al valore di riferimento di 7 µg/m³, sebbene sia noto che, almeno su una parte della popolazione esposta, possano verificarsi fenomeni di molestia olfattiva già per esposizioni di 30 minuti.

3.1.1 Valori di riferimento per la tutela sanitaria

Per quanto riguarda l'individuazione di valori di riferimento per la tutela sanitaria, coerentemente a quanto indicato nella Delibera di Giunta della Regione Toscana n. 344 del 22 marzo 2010, la concentrazione oraria di idrogeno solforato rilevata in aria è mediata sui seguenti tre periodi di osservazione:

1. 24 ore (Valore di riferimento per "singola esposizione ad alta concentrazione": 150 µg/m³);
2. 2 giorni – 14 giorni (Valore di riferimento per esposizione a "breve termine": 100 µg/m³);
3. 15 giorni – 90 giorni (Valore di riferimento per esposizione a "medio termine": 20 µg/m³).

I valori di riferimento tra parentesi sono ricavati dai due documenti del World Health Organization:

- Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition (2000).
- Concise International Chemical Assessment Document 53. HYDROGEN SULFIDE: HUMAN HEALTH ASPECTS (2003).

Nel corso del "Meeting report" organizzato dal WHO, che si è svolto a Bonn nel 2015, sulla base delle più recenti evidenze scientifiche sono state riviste le priorità e valutata l'opportunità di aggiornare i limiti di riferimento sanitari per alcuni inquinanti.

In particolare l'H₂S, inquinante di tipo inorganico, è stato inserito nel Gruppo 3, ossia quello con priorità di aggiornamento inferiore (il Gruppo 4 è relativo agli inquinanti per cui le nuove

conoscenze non giustificano una revisione dei documenti attuali, mentre i Gruppi 3, 2 e 1 sono inquinanti per i quali è richiesto un aggiornamento delle conoscenze scientifiche, rispettivamente con ordine di priorità crescente).

In relazione ai valori di riferimento sopra indicati è opportuno osservare che, mentre per il primo intervallo il confronto tra i valori rilevati è pressoché immediato, per quelli di cui ai punti 2 e 3, risulta cautelativamente più semplice effettuare una verifica condotta, assumendo il periodo di osservazione immediatamente minore a quello inferiore dell'intervallo indicato piuttosto che calcolare la serie di medie indicate dalla citata Delibera 344/2010.

In altre parole, se il valore medio della concentrazione mediata su tale periodo di osservazione, inferiore a quello indicato per il confronto con il valore di riferimento, risulta sempre inferiore al valore di riferimento si ha la matematica certezza del non superamento. Diversamente è necessario effettuare puntualmente la verifica su tutti gli intervalli di tempo previsti dalla Delibera. In termini esemplificativi: se la media mobile delle concentrazioni di H₂S determinata su 24 ore risulta sempre inferiore a 100 µg/m³ si è matematicamente sicuri che lo sono anche le medie determinate sui periodi di riferimento di durata superiore (2 giorni, 3 giorni, ..., 14 giorni).

In modo analogo se la media mobile delle concentrazioni di H₂S determinata su 14 giorni risulta sempre inferiore a 20 µg/m³ si è matematicamente sicuri che lo sono anche le medie determinate sui periodi di riferimento di durata superiore, in particolare con durata compresa tra 15 e 90 giorni. Bisogna inoltre tenere presente che un dato è ritenuto rappresentativo del periodo di osservazione considerato quando sono disponibili almeno il 75% dei dati che lo compongono: il dato relativo alla media calcolata su 24 ore richiede la conoscenza di almeno 18 ore (24 x 75%).

In conclusione, per verificare il rispetto dei limiti di riferimento indicati dalla Delibera di Giunta della Regione Toscana n. 334/2010, invece che calcolare le medie mobili su 24 ore, 2 giorni, 3 giorni, ..., 90 giorni, risulta più semplice e cautelativo determinare i valori delle medie mobili calcolati su 24 ore e 14 giorni.

Si osserva infine che il valore ottenuto su medie mobili di 90 giorni, così come la media annuale, sono un utile riferimento per valutare l'esposizione della popolazione su periodi di lungo temine.

3.2 Vapori di mercurio

Come noto il mercurio è un metallo fortemente tossico; l'introduzione nell'organismo può avvenire sia per ingestione, sia per inalazione dei vapori, sia per semplice contatto.

Essendo un costituente naturale della crosta terrestre, anche in aree remote i livelli di mercurio sotto forma di vapore in atmosfera sono di circa 2–4 ng/m³, fino a 10 ng/m³ in aree urbane.

Come evidenziato dallo stesso WHO, tale causa di assunzione può comunque ritenersi trascurabile rispetto ai quantitativi assimilati dall'organismo umano per assunzione diretta tramite il cibo ingerito (soprattutto pesce con rischio di bio-accumulo) e per altri cause (otturazioni dentali, antisettici, vernici, cere per pavimenti, nei lucidanti per mobili, ammorbidenti, etc.).

3.2.1 Valori di riferimento per la tutela sanitaria

Sulla base degli effetti osservati sugli esseri umani a causa dei vapori di mercurio le già richiamate linee guida pubblicate dal WHO suggeriscono di rispettare una concentrazione di 1 µg/m³, mediata su un periodo di riferimento annuale.

Cautelativamente e in accordo con la DGRT n.344/2010, nel presente rapporto è stato scelto di riferirsi al valore di riferimento di 0,2 µg/m³ (200 ng/m³), anch'esso mediato su un periodo di riferimento di 1 anno, coerentemente alle 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 (novembre 2007).

PARTE SECONDA

4 STAZIONI DI RILEVAMENTO ENEL PER L'H₂S

Per un confronto immediato nell'ultimo anno dell'andamento della concentrazione di idrogeno solforato in aria con i limiti sanitari precedentemente richiamati, nei paragrafi seguenti sono rappresentati i grafici dei valori massimi registrati giorno per giorno delle medie mobili calcolate rispettivamente su intervalli temporali di 24 ore, di 14 giorni e di 90 giorni.

Per sintesi di rappresentazione e per agevolarne la lettura, le diverse stazioni di rilevamento sono state raggruppate in 6 gruppi, in base al criterio di vicinanza geografica.

4.1 Stazioni Q.A. di Arcidosso, Santa Fiora, Bagnore e Merigar

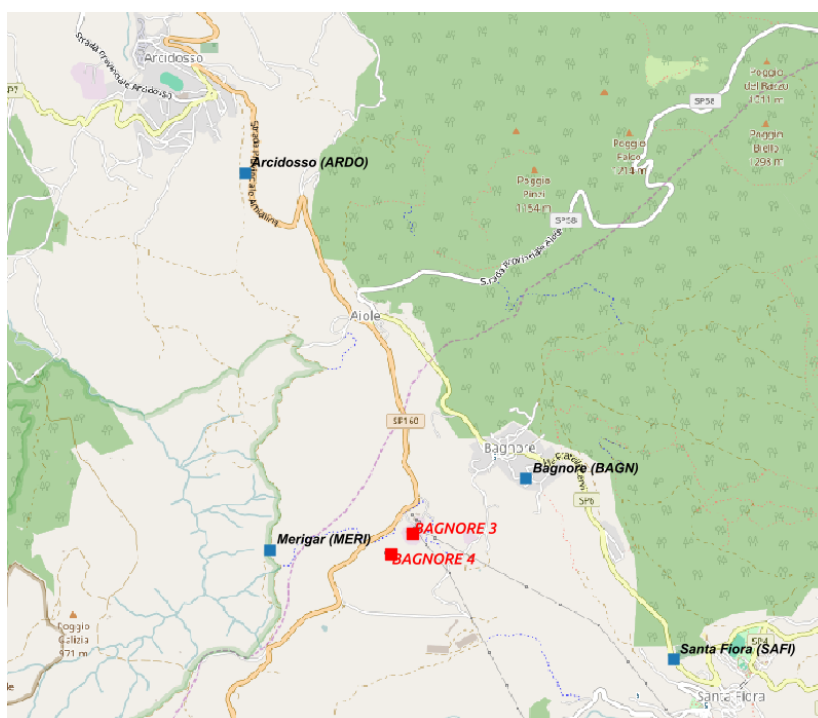


Fig. 1: Ubicazione delle CGTE di Bagnore 3 e Bagnore 4 e delle SQA di Arcidosso (ARCI), Bagnore (BAGN), Santa Fiora (SAFI) e Merigar (MERI)

Le quattro stazioni di monitoraggio ENEL GP ubicate nei Comuni di Arcidosso e Santa Fiora presidiano le centrali produttive di Bagnore 3 e Bagnore 4. In località Bagnoli, nel Comune di Arcidosso, da maggio 2013 fino al 25 settembre 2018 è stato presente, salvo una breve pausa per manutenzione nel dicembre 2014, il mezzo mobile ARPAT GEO1.

Su richiesta della Regione Toscana e dei Comuni interessati, nel settembre 2016 è stata avviata la pubblicazione sul sito web di ARPAT di un bollettino mensile¹ con lo scopo di rendere pubblici i livelli di idrogeno solforato registrato nell'intera area Amiata. Alla luce dei risultati rassicuranti rilevati nei primi anni di monitoraggio, nel 2018 la frequenza di pubblicazione del bollettino è stata ridotta a trimestrale e nel 2019 la pubblicazione è stata definitivamente interrotta in quanto, anche dopo la messa in esercizio della nuova centrale Bagnore 4, i dati rilevati in quest'area si confermano come i più bassi dell'intera area geotermica toscana.

¹ <http://www.arp.at.toscana.it/datiemappe/bollettini/bollettino-della-qualita-dellaria-nella-zona-geotermica-del-monte-amiata/bollettino-della-qualita-dellaria-nella-zona-geotermica-del-monte-amiata>

L'esame dei dati disponibili permette di affermare che, pur essendosi verificati superamenti della soglia olfattiva che possono aver determinato disturbi alla popolazione, i dati registrati dalle 4 centraline di monitoraggio ENEL GP e dei mezzi mobili ARPAT si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria: le tre medie mobili calcolate sui tre intervalli di mediazione (24 ore, 2-14 giorni e 15-90 giorni) sono tutte ampiamente inferiori ai rispettivi limiti di riferimento.

Nel 2018 il mezzo ARPAT GEO2 è stato localizzato in quest'area in più occasioni; in questo documento sono analizzati solo i risultati del periodo gennaio 2018 – aprile 2018 (parte 5 del documento).

4.1.1 Media mobile calcolata su 24 ore

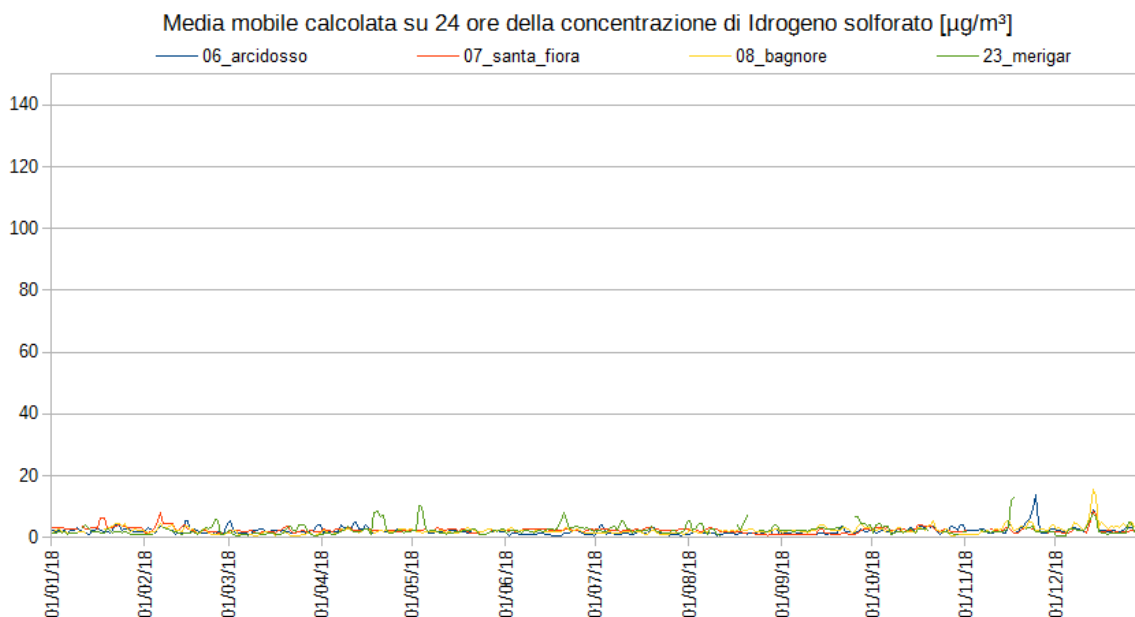


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 24 ore (Valore di riferimento = $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.1.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

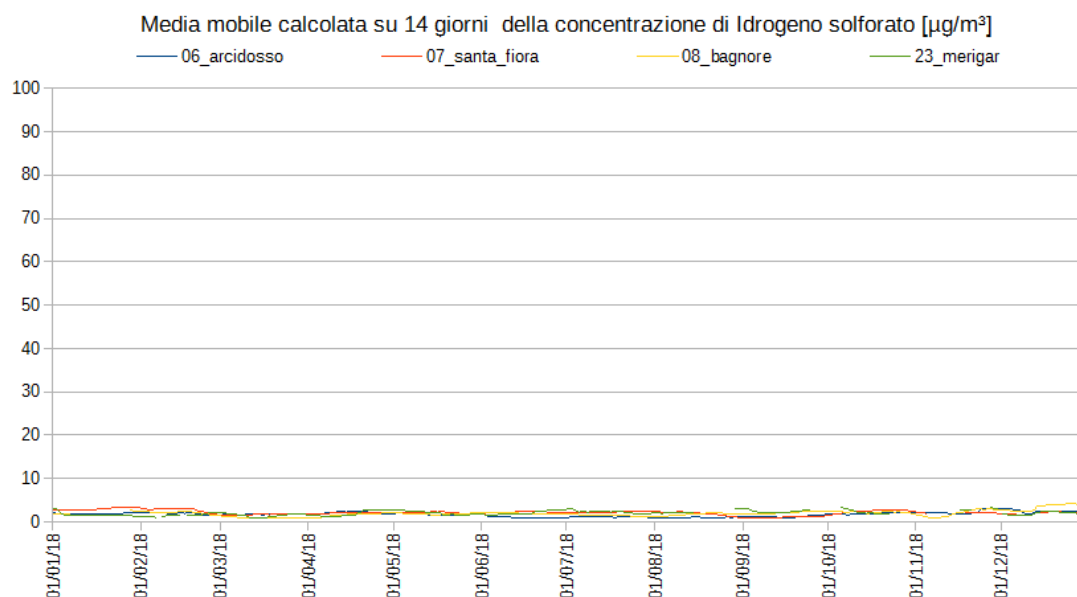


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 14 giorni (V.R. = $20/100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.1.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

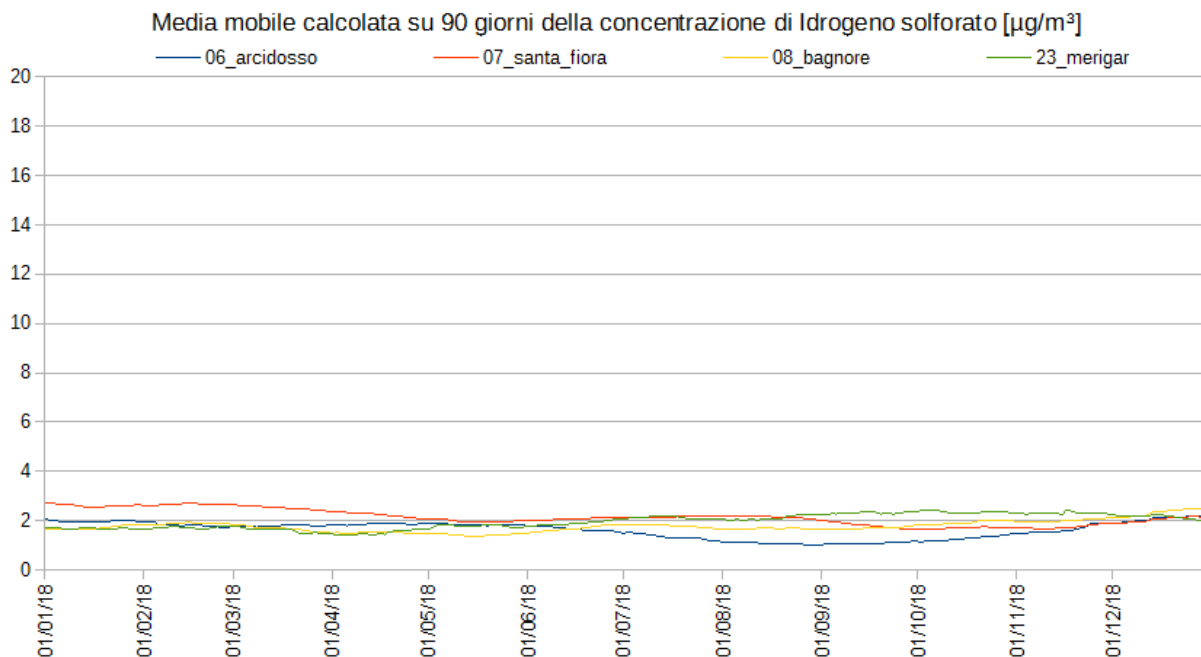
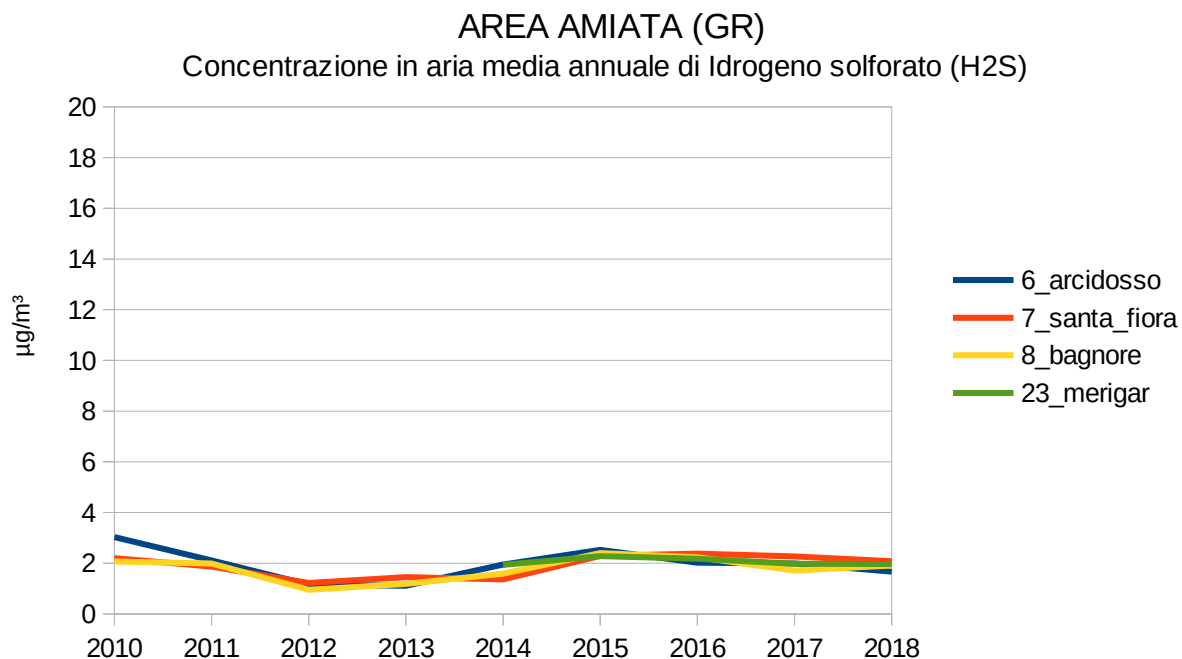


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 90 giorni (Valore di riferimento = $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.1.4 Media annuale (2010-2018)

I dati storici relativi alla concentrazione di H_2S in aria mostrano, per il periodo preso in esame, una situazione di sostanziale stazionarietà della concentrazione di idrogeno solforato in aria, anche dopo l'entrata in servizio della Centrale di Bagnore 4, che ha comportato un aumento di potenzialità produttiva di 40 MW.



4.2 Stazioni Q.A. di Piancastagnaio e Piancastagnaio 2

Le due stazioni di monitoraggio ENEL GP sono prossime al centro abitato di Piancastagnaio e in posizione baricentrica rispetto alle tre centrali omonime.

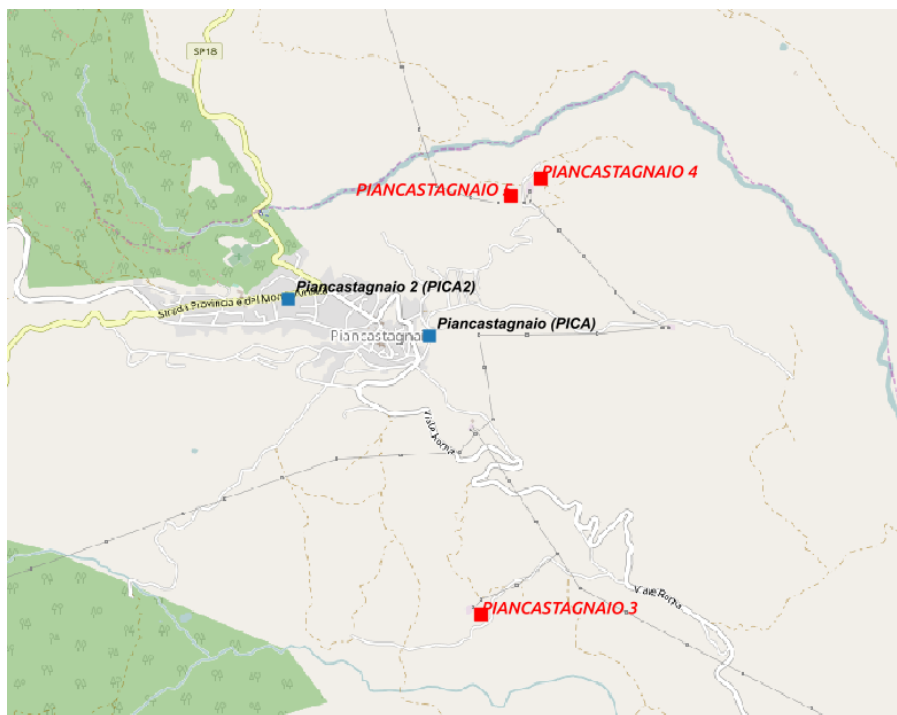


Fig.2: Ubicazione delle tre CGTE di Piancastagnaio 3, Piancastagnaio 4 e Piancastagnaio 5 e delle due SQA di Piancastagnaio (PICA) e Piancastagnaio 2 (PICA2)

Come già indicato, nel settembre 2016 è stata avviata la pubblicazione sul sito web di ARPAT di un bollettino mensile² con lo scopo di rendere pubblici i livelli di idrogeno solforato registrato nell'intera area amiatina. Nel 2018 la frequenza di pubblicazione del bollettino è stata ridotta a trimestrale e nel 2019 la pubblicazione è stata definitivamente interrotta.

Dal 28 settembre 2018, il mezzo ARPAT GEO1 è stato posizionato ad Abbadia San Salvatore (SI), al fine di verificare le concentrazioni di H₂S e Hg in un'area non coperta dalla rete di monitoraggio ENEL GP. I primi risultati del confronto sono presentati nel paragrafo specifico, relativo ai controlli effettuati con il mezzo GEO1.

Per quanto riguarda i valori registrati nel 2018 dalle postazioni di monitoraggio ENEL, questi confermano i miglioramenti gestionali già riscontrati negli ultimi due anni e permettono di affermare che, pur essendosi registrati ripetuti superamenti della soglia olfattiva che possono aver determinato disturbi alla popolazione, i dati registrati dalle 2 centraline di monitoraggio ENEL GP e dal mezzo mobile ARPAT si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria.

² <http://www.arp.at.toscana.it/datiemappe/bollettini/bollettino-della-qualita-dellaria-nella-zona-geotermica-del-monte-amiata/bollettino-della-qualita-dellaria-nella-zona-geotermica-del-monte-amiata>

4.2.1 Media mobile calcolata su 24 ore

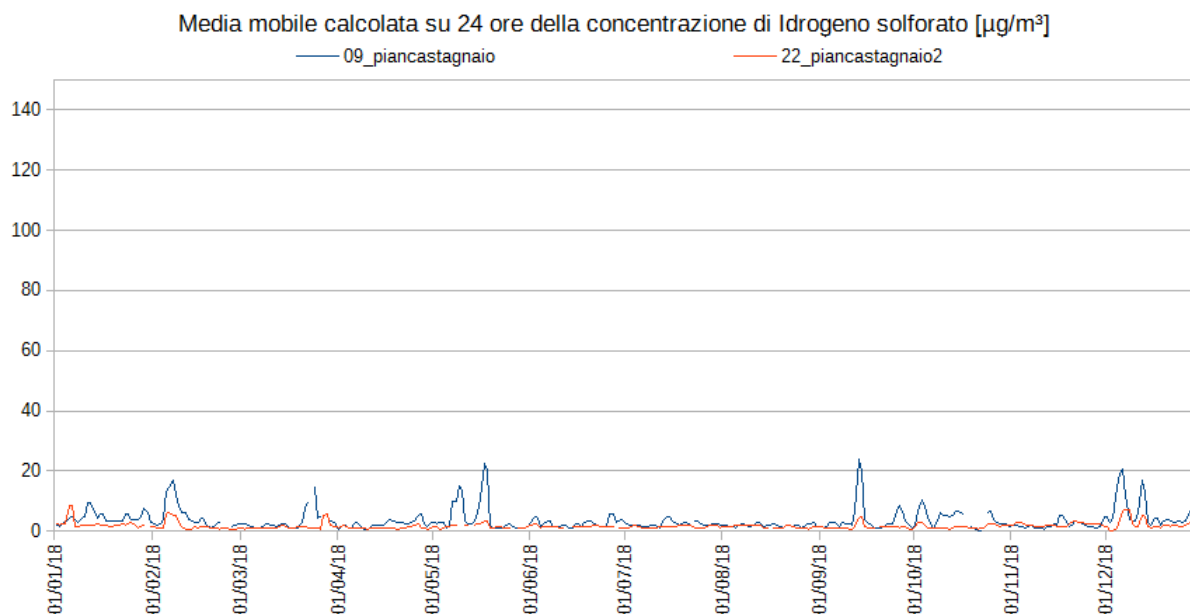


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 24 ore (Valore di riferimento = $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.2.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

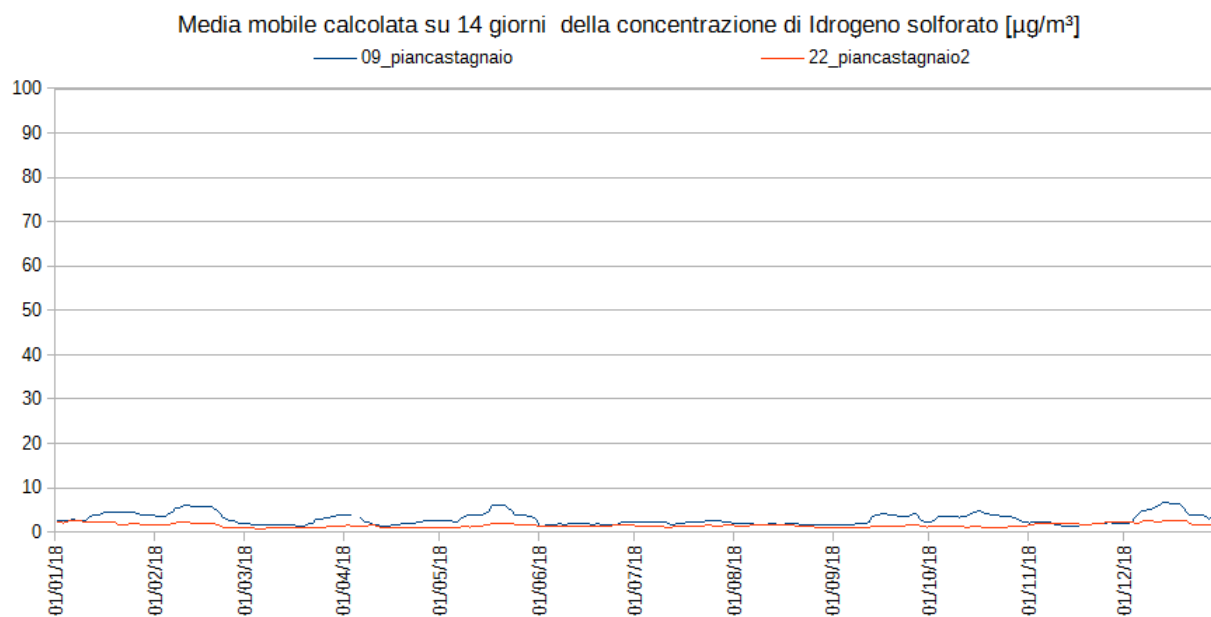


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 14 giorni (V.R. = $20/100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.2.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

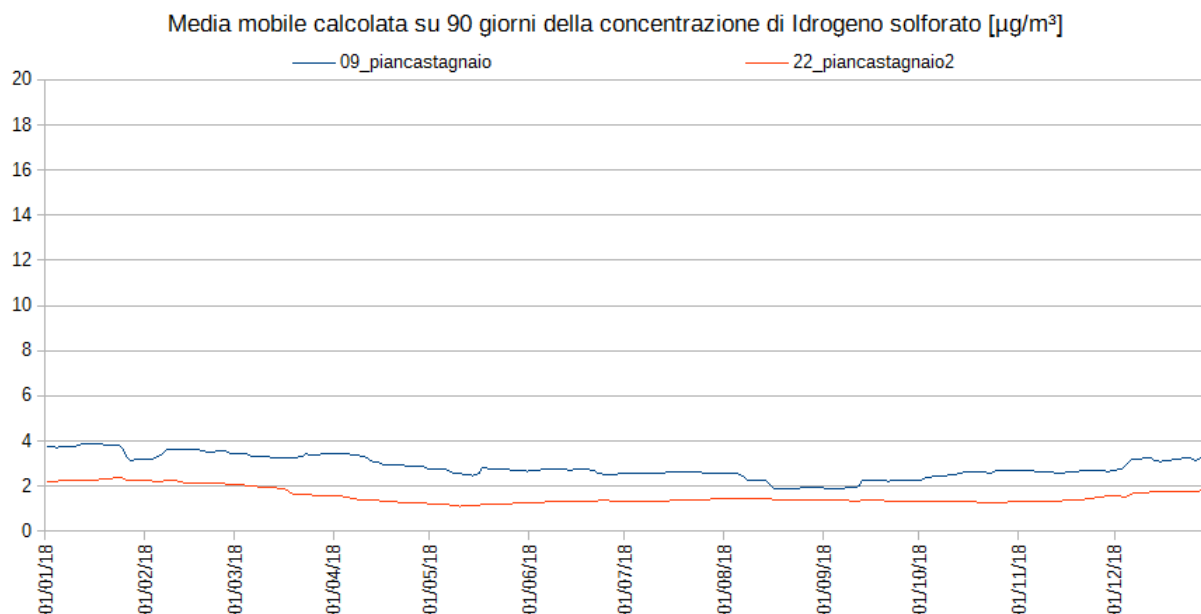
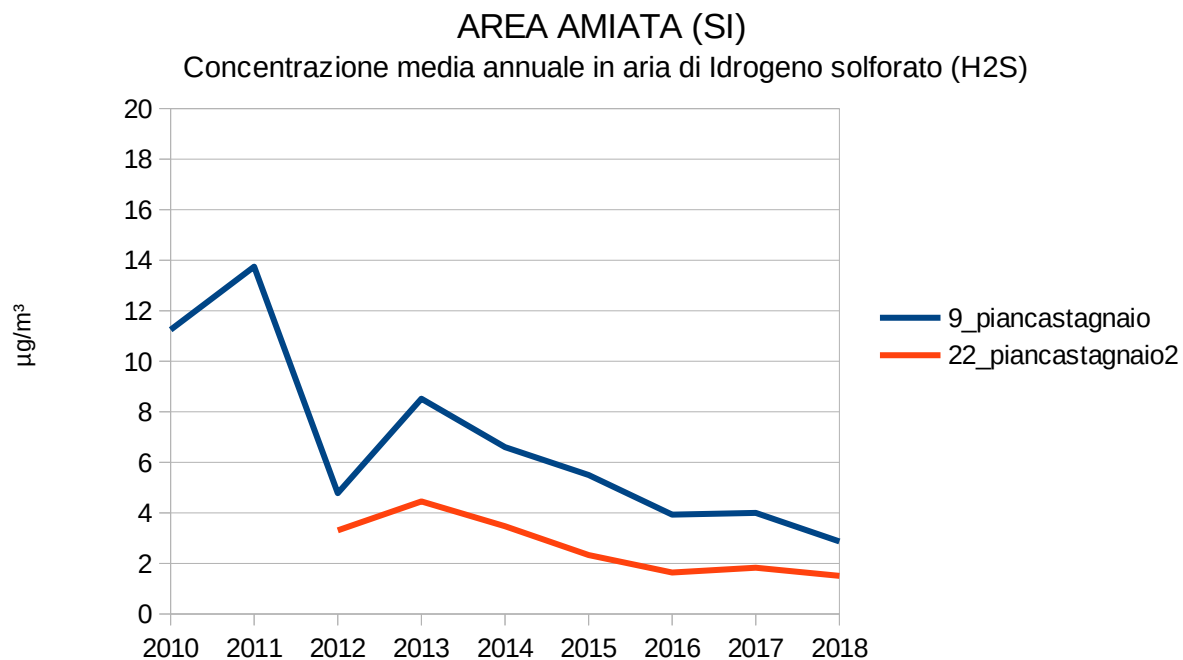


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 90 giorni (Valore di riferimento = $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.2.4 Media annuale

I dati storici relativi alla concentrazione di H_2S in aria mostrano un progressivo miglioramento del parametro, certamente da mettere in relazione con la dismissione degli impianti più vecchi e all'ammodernamento effettuato da ENEL GP sulla rete vapore.



4.3 Stazioni Q.A. di Canneto, Lustignano, Serrazzano

Le tre SQA di Canneto, Lustignano e Serrazzano si trovano in un'area di utilizzo intensivo della risorsa geotermica, in quanto in prossimità delle seguenti centrali geotermiche: Monteverdi 1 e 2, Nuova Serrazzano, Nuova Lagoni Rossi, Cornia 2 e Le Prata.

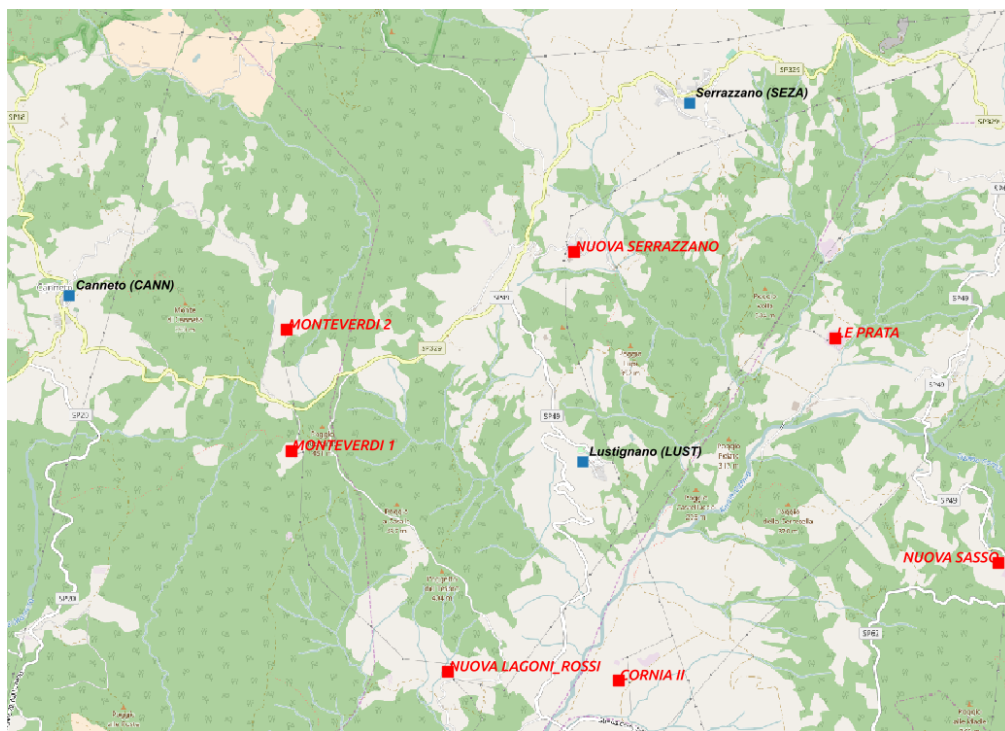


Fig. 3: ubicazione delle diverse CGTE dell'area e delle tre SQA di Canneto (CANN), Serrazzano (SEZA) e Lustignano (LUST)

Le tre stazioni mostrano generalmente un andamento abbastanza simile, presumibilmente condizionato dalla vicinanza alle centrali indicate, ma anche da probabili manifestazioni gassose naturali e da condizioni meteo-climatiche che comportano una ridotta dispersione dell'idrogeno solforato.

Si ricorda che il completamento del piano di installazione degli AMIS nelle centrali dell'area tradizionale, avvenuto nel 2015, ha comportato negli anni successivi un'evidente riduzione della concentrazione in aria di H_2S , confermata anche nel 2018.

I valori sopra alla media registrati nella stazione di Canneto nel mese di novembre sono dovuti, rispettivamente, ai fermi AMIS, per manutenzione, delle Centrali di Monteverdi 1, Monteverdi 2, Sasso 2.

Anche in questo ultimo anno, l'esame dei dati disponibili permette di affermare che i dati registrati dalle 3 centraline di monitoraggio ENEL si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria, pur essendosi registrati ripetuti superamenti della soglia olfattiva che possono aver determinato disturbi alla popolazione.

4.3.1 Media mobile calcolata su 24 ore

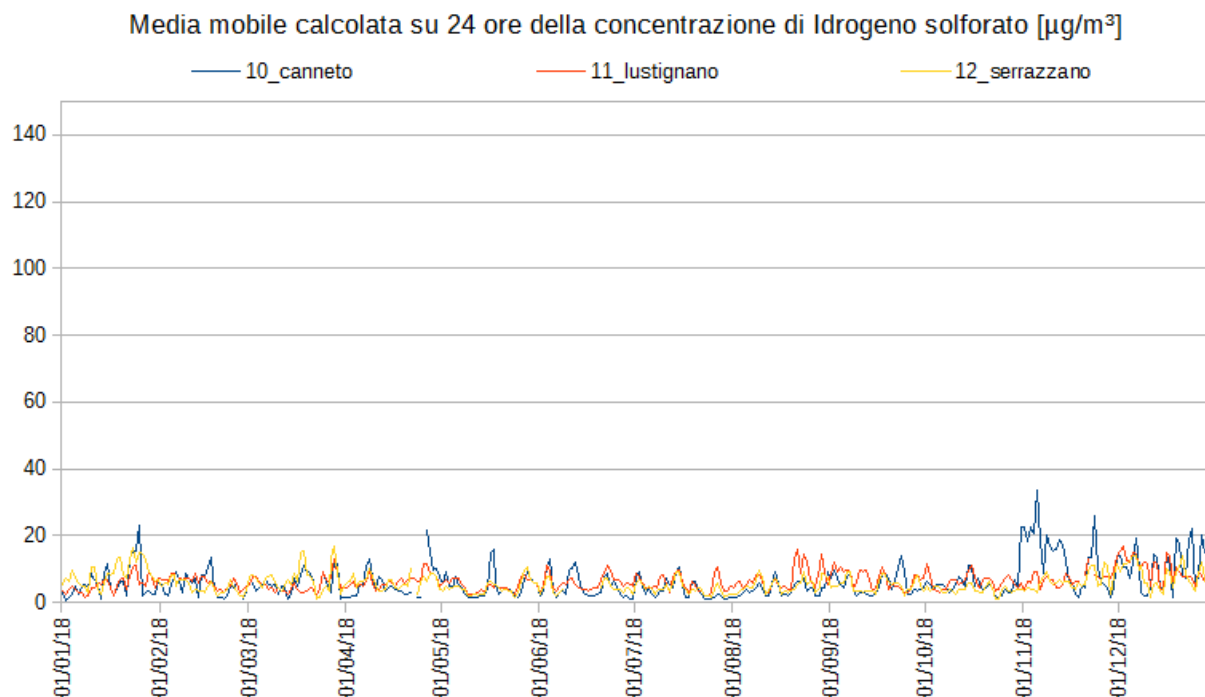


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 24 ore (Valore di riferimento = $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.3.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

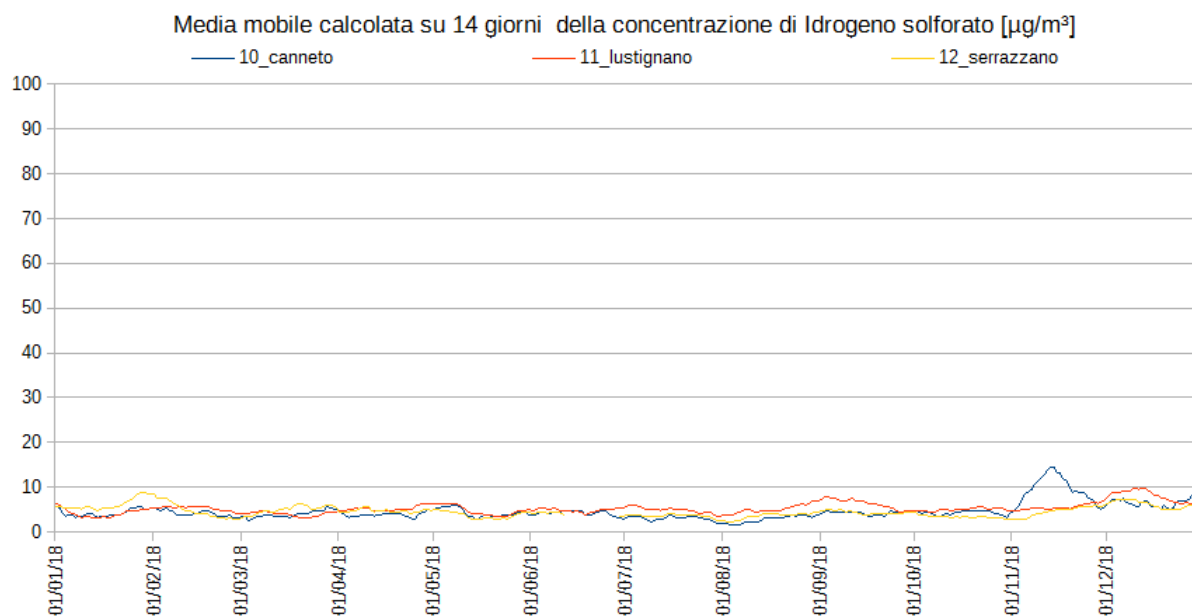


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 14 giorni (V.R. = $20/100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.3.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

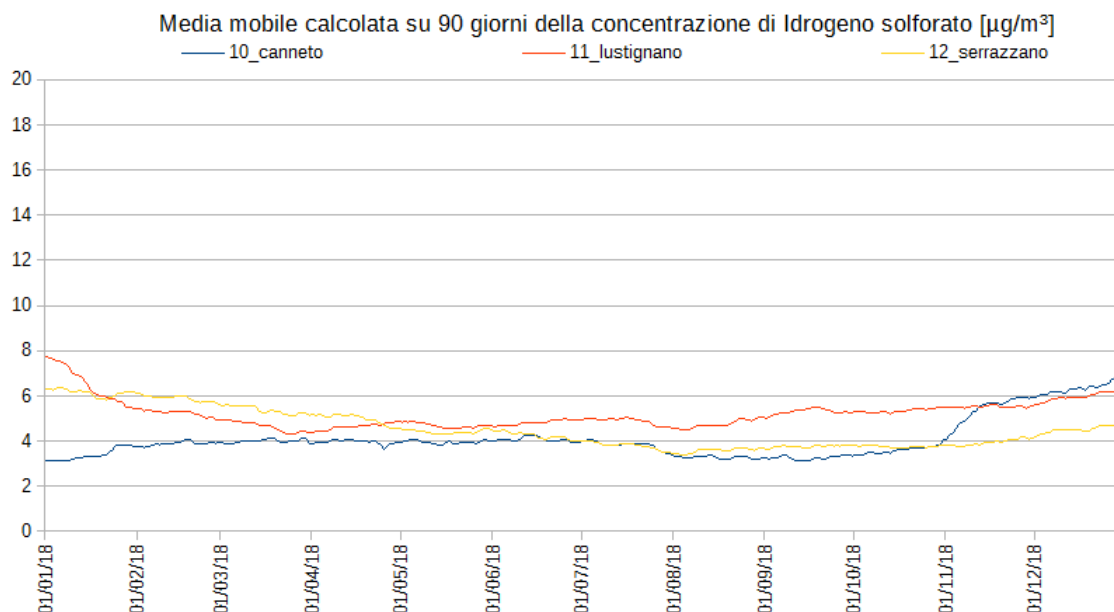
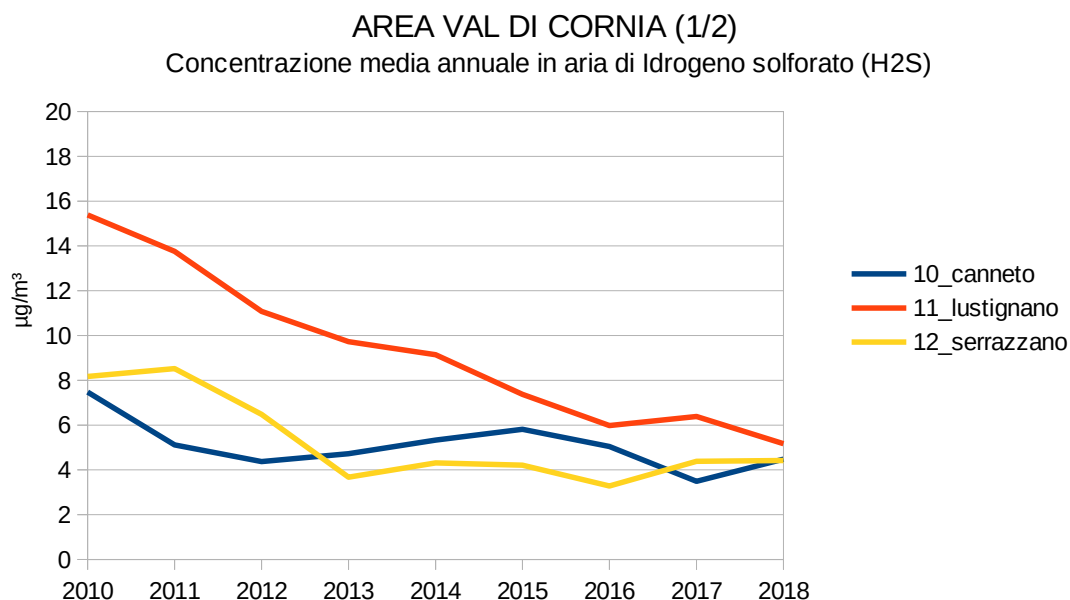


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 90 giorni.

4.3.4 Media annuale

I dati storici relativi alla concentrazione di H_2S in aria confermano la tendenza di progressivo miglioramento del parametro, dovuto, in buona misura, al completamento del piano di installazione del sistema AMIS, avvenuto nel corso del 2015, presso le Centrali dell'area tradizionale.



4.4 Stazioni Q.A. di Sasso Pisano e Monterotondo Marittimo

Anche queste due postazioni si trovano in una zona d'intenso utilizzo della risorsa geotermica.



Fig.4: Ubicazione delle diverse CGTE dell'area e delle due SQA di Sasso Pisano (SAPI) e Monterotondo Marittimo (MORO)

Le due stazioni di Sasso Pisano e Monterotondo Marittimo mostrano un andamento temporale decisamente molto simile, presumibilmente condizionato dalle stesse condizioni ambientali e meteo climatiche, nonché dalle centrali prossime ad entrambe le stazioni: Nuova Monterotondo, Nuova San Martino, Nuova Lago, ma anche dalle Centrali Sasso2, Nuova Sasso, Carboli 1 e Carboli 2.

Il completamento del piano di installazione degli AMIS nelle centrali dell'area tradizionale ha permesso una visibile riduzione della concentrazione in aria di H_2S .

Anche nel 2018 l'esame dei dati disponibili permette di affermare che, pur essendosi registrati ripetuti superamenti della soglia olfattiva che possono aver determinato disturbi alla popolazione, i dati registrati dalle 2 centraline di monitoraggio ENEL GP si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria.

4.4.1 Media mobile calcolata su 24 ore

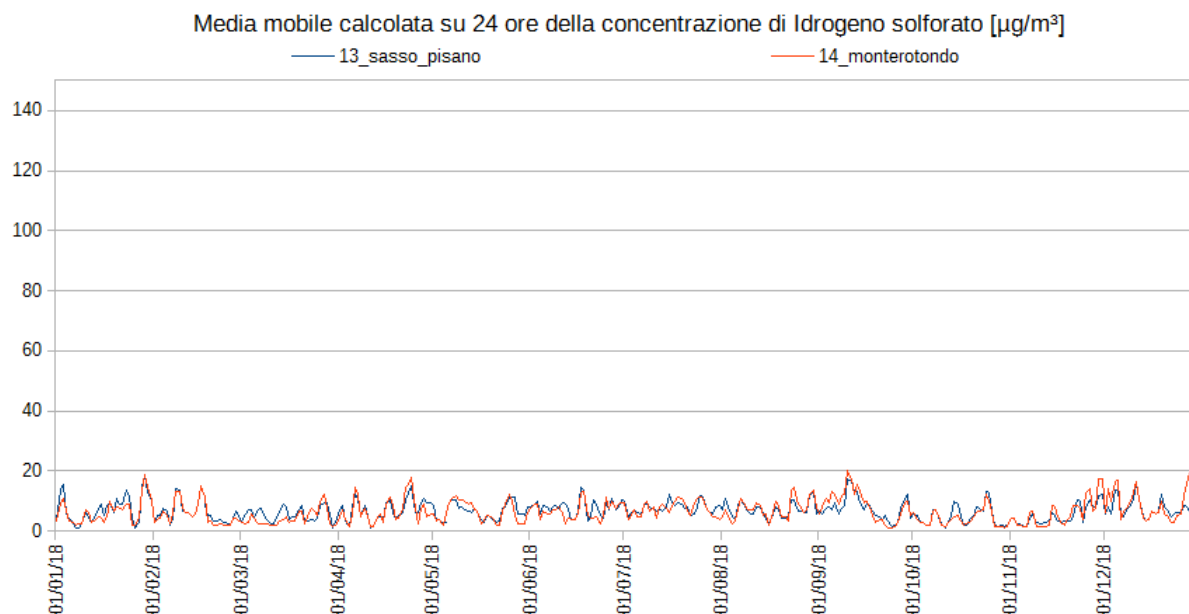


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 24 ore (Valore di riferimento = $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.4.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

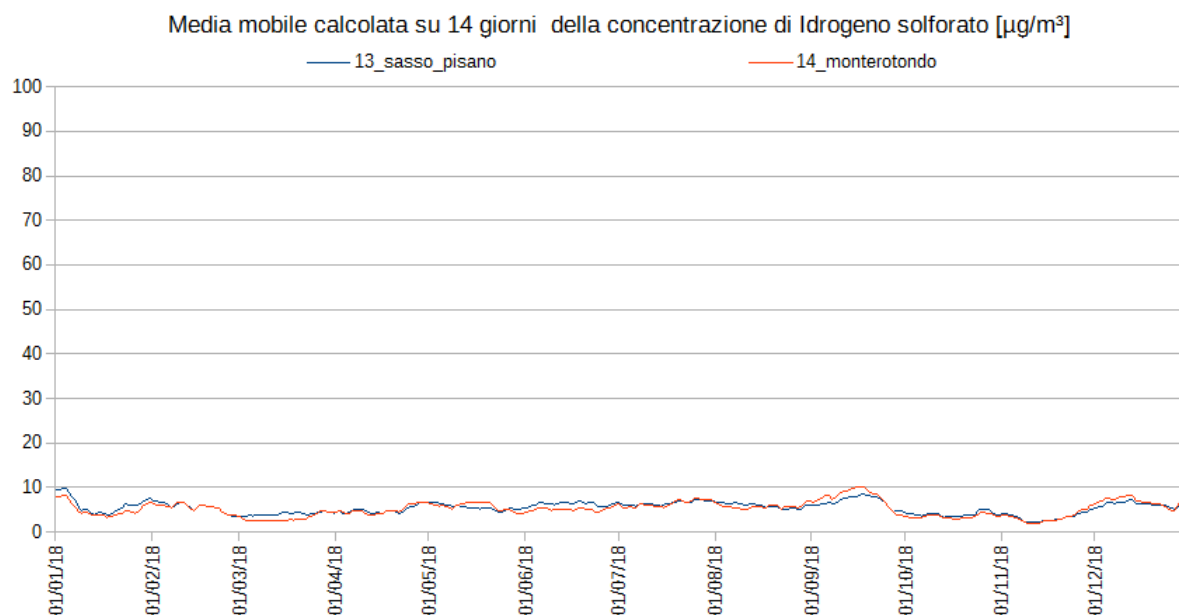


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 14 giorni (Valore di riferimento = $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.4.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

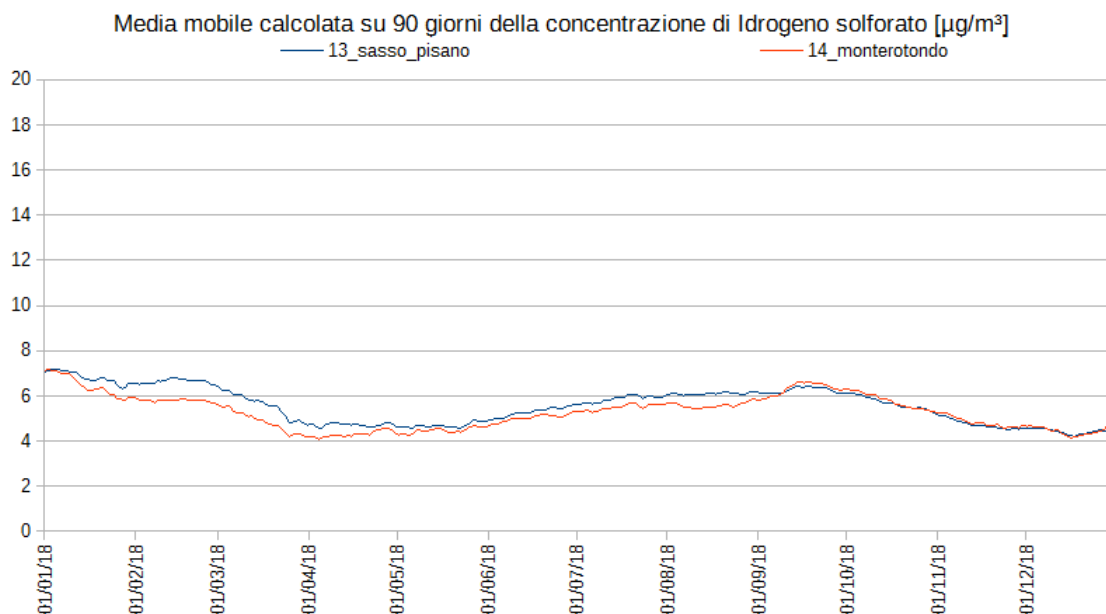
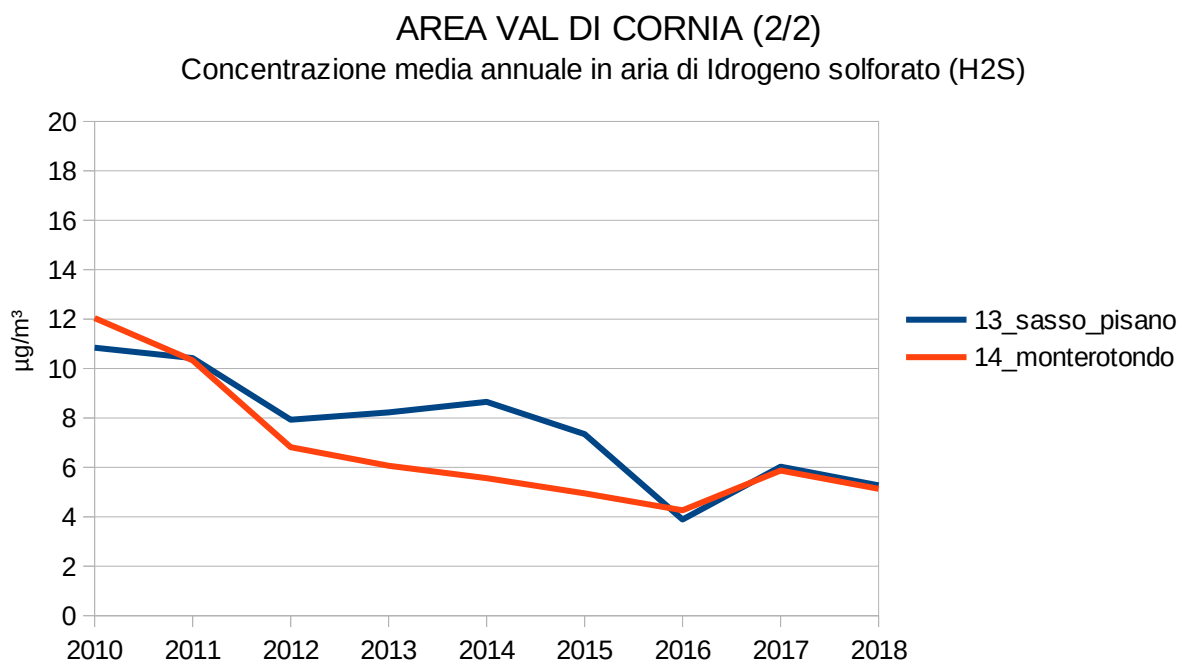


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 90 giorni (Valore di riferimento = $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.4.4 Media annuale

I dati storici relativi alla concentrazione di H_2S in aria confermano la tendenza di progressivo miglioramento del parametro, dovuto, in buona misura, al completamento del piano d'installazione del sistema AMIS presso le Centrali dell'area tradizionale.



4.5 Stazioni Q.A. di Larderello, Castelnuovo e Montecerboli

Le tre stazioni Qualità dell'Aria di Castelnuovo, Montecerboli e Larderello sono ubicate in prossimità delle centrali di Vallesecolo 1 e 2, Farinello, Nuova Gabbro, Nuova Larderello e Nuova Castelnuovo.

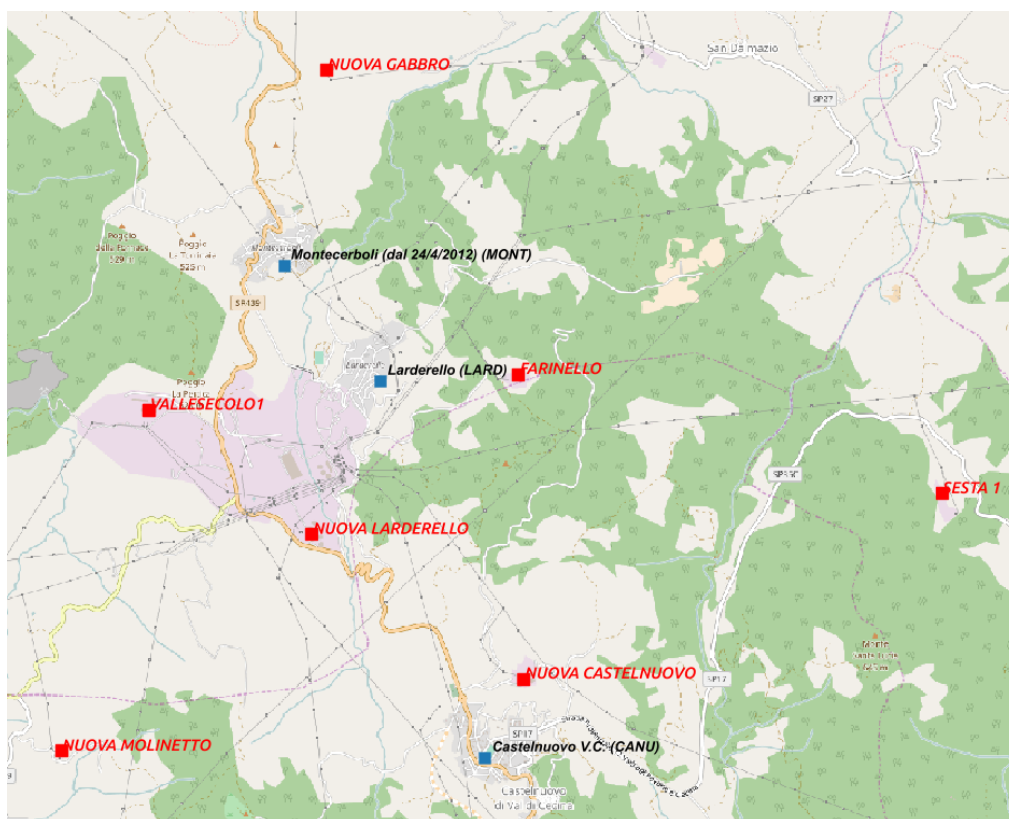


Fig.5: Ubicazione delle diverse CGTE dell'area, delle tre SQA di Larderello (LARD), Montecerboli (MONT) e Castelnuovo (CANU). La postazione fissa ARPAT di Montecerboli è adiacente a quella ENEL.

Nel 2018 l'esame dei dati disponibili permette di affermare che, pur essendosi registrati ripetuti superamenti della soglia olfattiva che possono aver determinato disturbi alla popolazione, i dati registrati dalle 3 centraline di monitoraggio ENEL GP si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria.

I valori sopra alla media registrati nella stazione di Larderello nel periodo tra fine febbraio e inizio marzo posso essere ricondotti ai fuori servizio AMIS, a febbraio registrati nelle Centrali Nuova Larderello e Farinello e nel mese di marzo ai blocchi delle Centrali di Pianacce e Sesta_1 come pure ai fermo AMIS, sempre di marzo, delle Centrali Farinello e Travale 3_4.

4.5.1 Media mobile calcolata su 24 ore

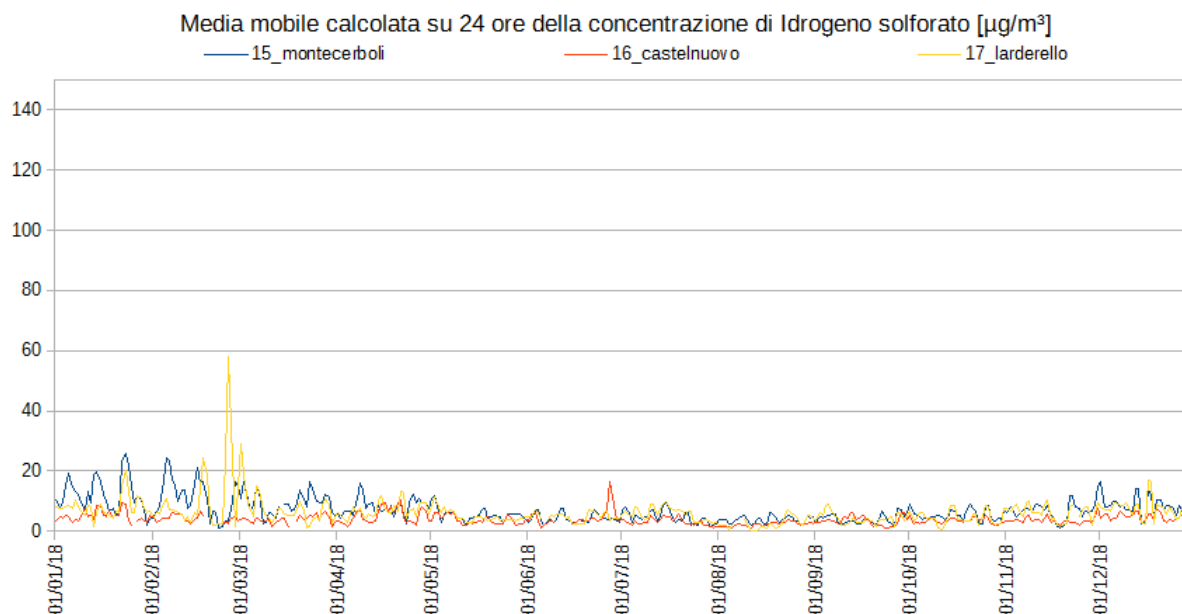


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 24 ore (Valore di riferimento = $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.5.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

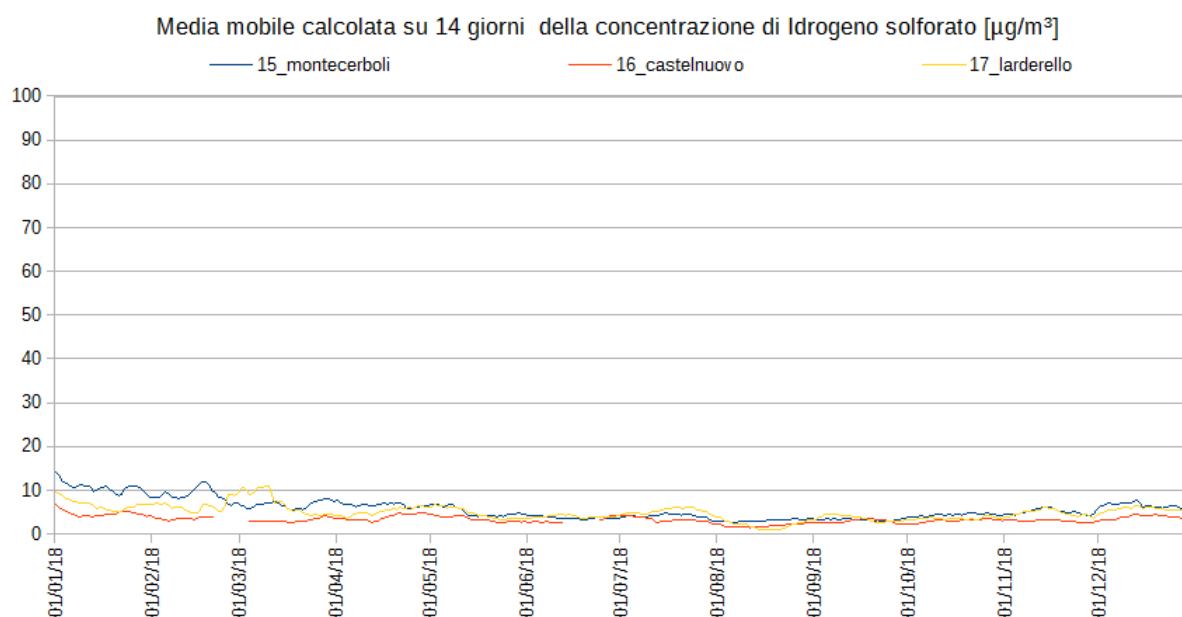


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 14 giorni (Valore di riferimento = $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.5.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

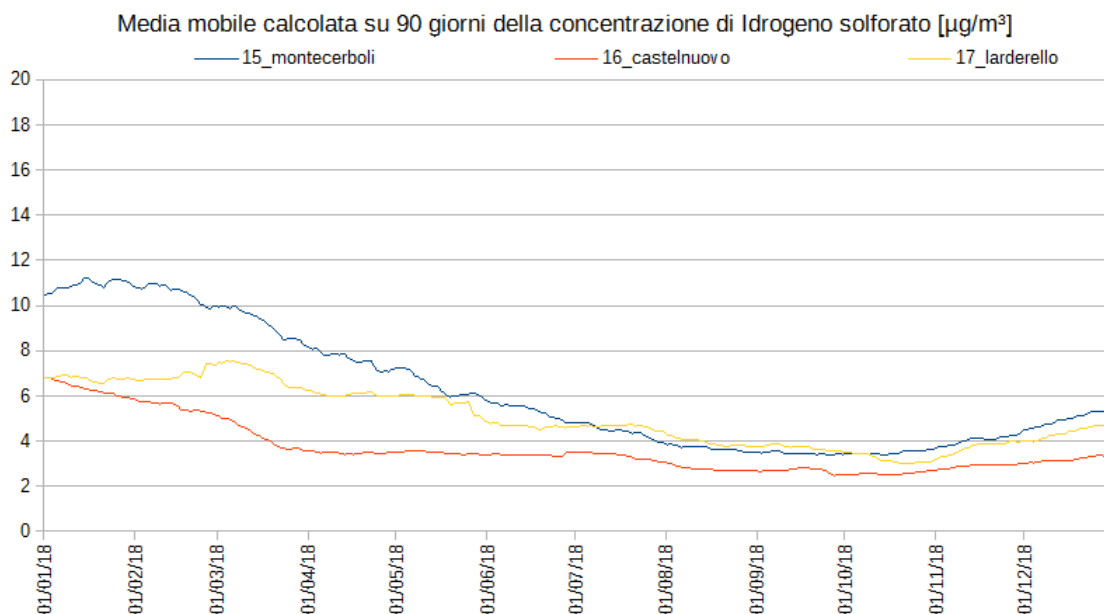
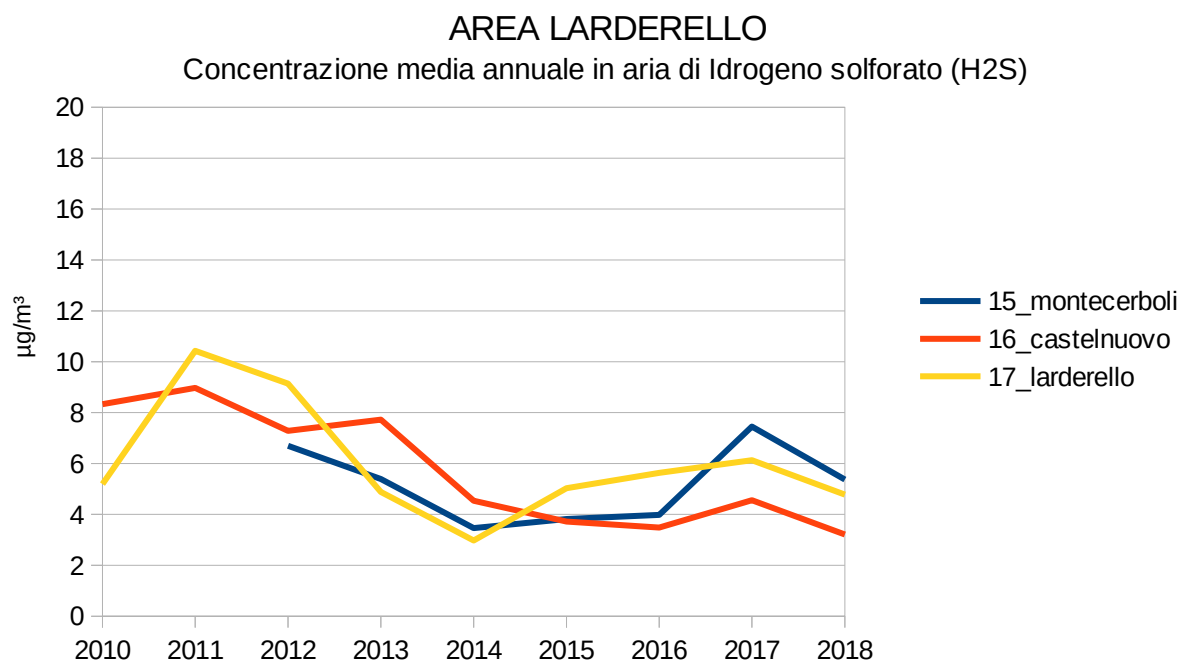


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 90 giorni (Valore di riferimento = $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.5.4 Media annuale

Dopo i dati peggiori del solito rilevati nel 2017, nel 2018 i dati relativi alla concentrazione media di H_2S in aria si riallineano ai valori registrati negli anni 2014-2016.



4.6 Stazioni Q.A. di Belforte, Travale, Montalcinello e Chiusdino

Queste postazioni sono ubicate perimetralmente all'area occupata dalle Centrali di Rancia 1 e 2, Pianacce, Nuova Radicondoli, Travale 3 e 4, Chiusdino 1.

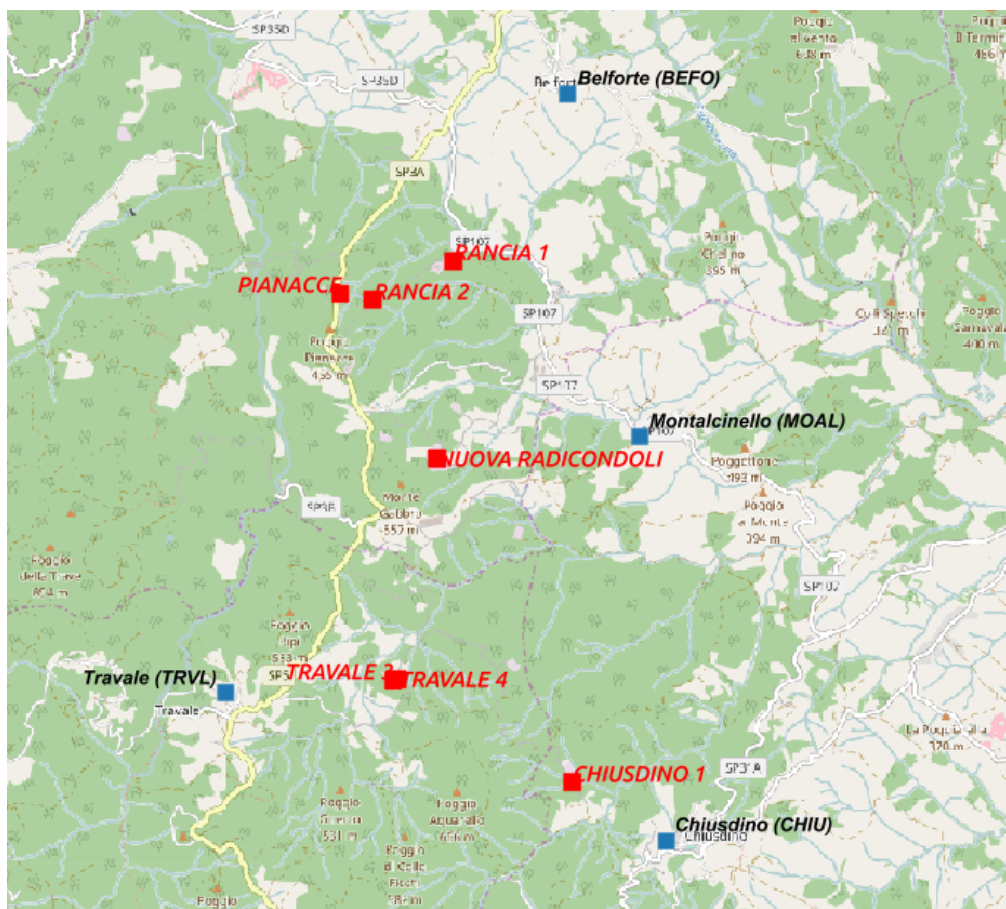


Fig.6: Ubicazione delle diverse CGTE dell'area, delle quattro SQA di Belforte (BEFO), Montalcinello (MOAL), Travale (TRVL) e Chiusdino (CHIU).

I valori anomali registrati nel mese di settembre, in particolare a Chiusdino, possono essere ricondotti ai blocchi AMIS delle centrali di Travale 4 e di Nuova Radicondoli e al blocco della Centrale Chiusdino 1.

Anche nel 2018 l'esame dei dati disponibili permette di affermare che, pur essendosi registrati ripetuti superamenti della soglia olfattiva che possono aver determinato disturbi alla popolazione, i dati registrati dalle 4 centraline di monitoraggio ENEL GP si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori di riferimento per la tutela sanitaria.

4.6.1 Media mobile calcolata su 24 ore

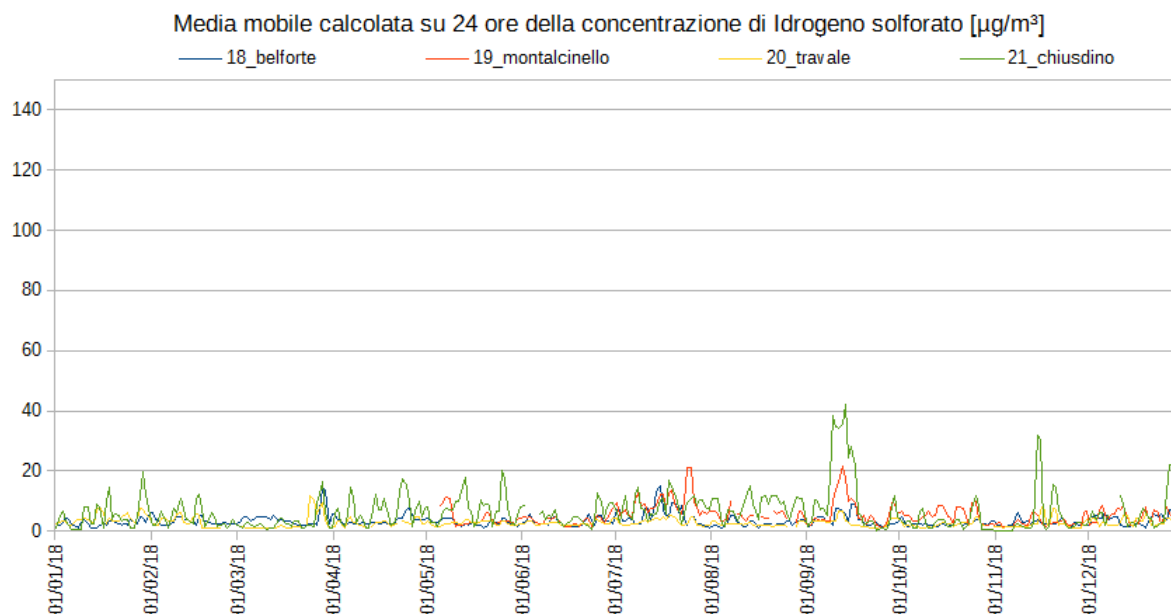


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 24 ore (Valore di riferimento = $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.6.2 Media mobile calcolata su 14 giorni

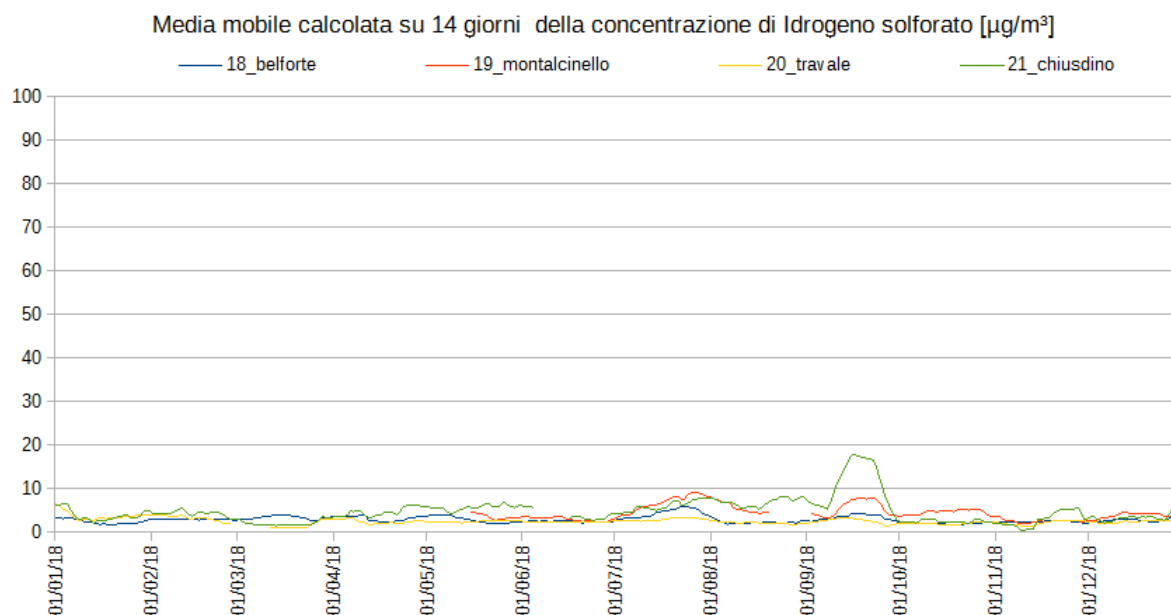


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 14 giorni (Valore di riferimento = $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.6.3 Media mobile calcolata su 90 giorni

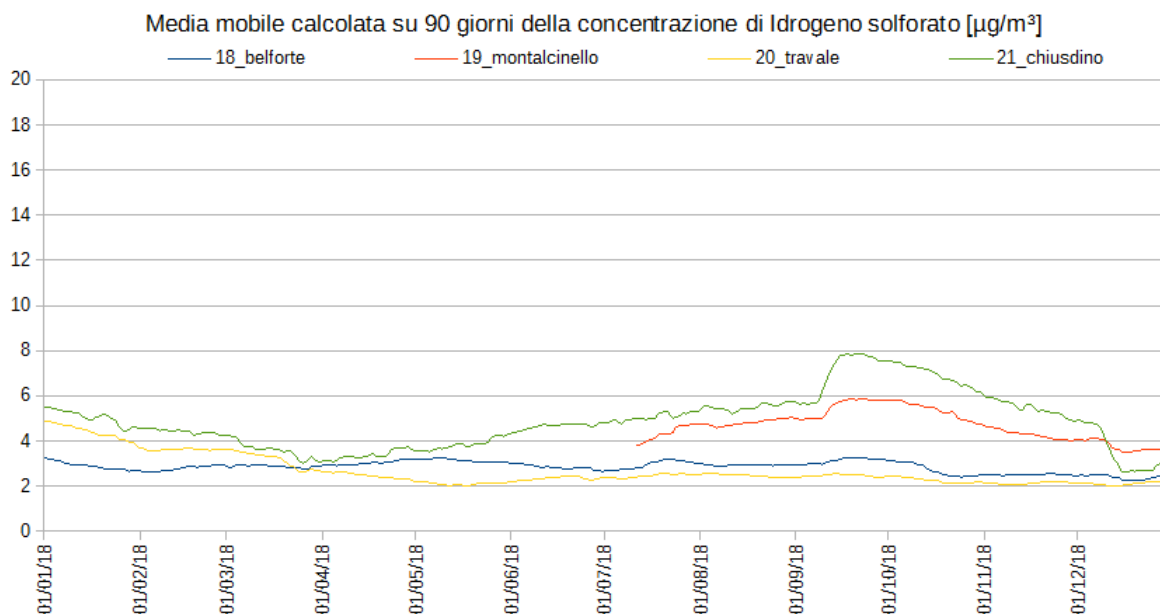
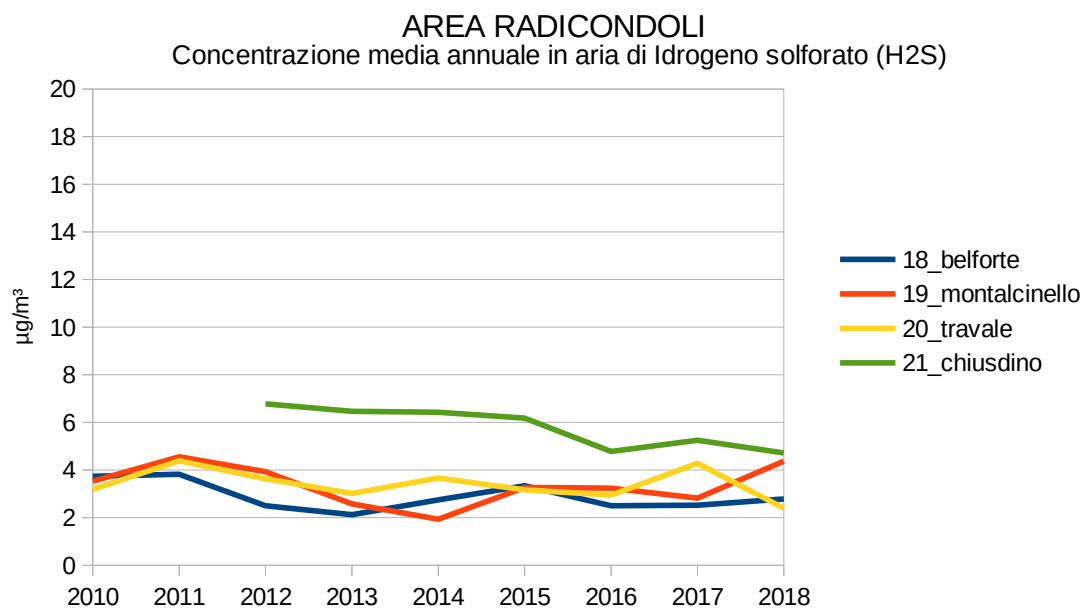


Grafico del massimo giornaliero, nel 2018, della media mobile calcolata su 90 giorni (Valore di riferimento = $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.6.4 Media annuale

Il grafico della media annuale, registrata negli ultimi 9 anni, relativa alla concentrazione di H_2S in aria non mostra sostanziali variazioni.



PARTE TERZA

5 MEZZI ARPAT E CONFRONTO CON DATI ENEL

Come anticipato nei paragrafi precedenti, per valutare la correttezza dei dati forniti da ENEL GP ARPAT effettua ogni anno specifiche brevi campagne di misura, i cui dati sono confrontati con i valori rilevati dalle stazioni di monitoraggio ENEL GP.

Un primo confronto tra i dati ENEL GP e quelli di ARPAT è stato effettuato in corrispondenza della postazione fissa di Montecerboli, ricompresa nella rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria e ubicata in adiacenza alla postazione ENEL GP n.15 (MONT).

Ulteriori controlli sono stati effettuati grazie ai mezzi mobili ARPAT GEO1 e GEO2 (o GEOS): il primo, GEO1, su richiesta del Comune di Arcidosso, è stato presente dal mese di maggio 2013 nel Comune di Arcidosso (in località Bagnoli), dove è rimasto fino a settembre 2018, con una sola breve pausa effettuata nel dicembre 2014 dovuta alla necessità di effettuare la manutenzione del mezzo. In seguito è stato spostato ad Abbadia S.S. (SI), per una campagna lunga di monitoraggio.

Il mezzo GEO2 invece è stato affiancato, nei primi mesi dell'anno, alla postazione ENEL GP di Bagnore (BAGN).

Di seguito si riporta una tabella che sintetizza i monitoraggi effettuati:

AREA	COMUNE	POSTAZIONE	INIZIO	FINE	MEZZO
Larderello PI	Pomarance (PI)	Postazione fissa di Montecerboli	01/01/2018	31/12/2018	-
Amiata GR	Arcidosso (GR)	Loc. Bagnoli	01/01/2018	25/09/2018	GEO1
Amiata SI	Abbadia S.S. (SI)	Via Udine, ex Scuole elementari	28/09/2018	11/03/2019	GEO1
Amiata GR	Santa Fiora (GR)	Bagnore c/o SQA ENEL GP BAGN	17/10/2017	01/02/2018	GEO2
Amiata GR	Santa Fiora (GR)	Bagnore c/o SQA ENEL GP BAGN	16/03/2018	19/04/2018	GEO2

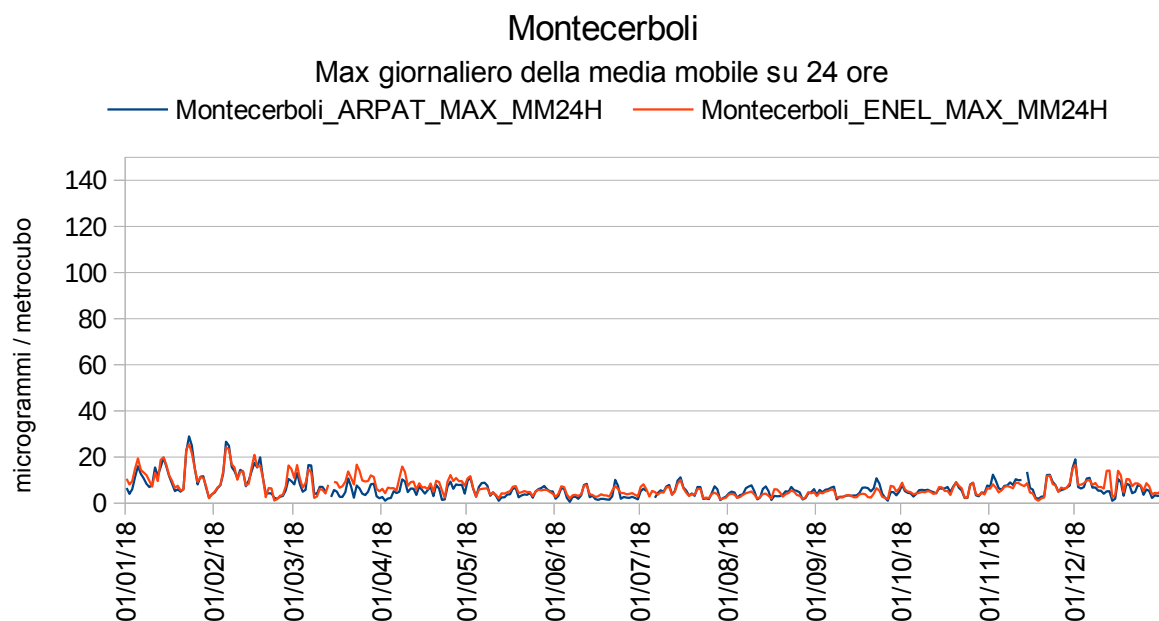
In considerazione della finalità primaria di controllo dei dati ENEL GP attraverso monitoraggi di breve durata, di seguito si riportano soltanto i grafici relativi al confronto del massimo giornaliero delle medie mobili calcolate su un arco di 24 ore, omettendo per semplicità le medie mobili calcolate su periodi di riferimento più lunghi.

5.1 Stazione fissa ARPAT di Pomarance (PI), Loc. Montecerboli

La stazione fissa di Montecerboli fa parte della rete pubblica di monitoraggio della Qualità dell'Aria, che è gestita, per conto della Regione³, da ARPAT tramite il Settore Centro Regionale Tutela Qualità dell'Aria (CRTQA).

La stazione è situata in via Manzoni, Loc. Montecerboli - Pomarance (PI), a circa 353 metri slm, ed è stata attrezzata per il monitoraggio, oltre che di O₃, NO₂ e PM₁₀, anche di H₂S.

Di seguito si riporta il grafico elaborato dai dati ricavati dalla stazione fissa ARPAT per il massimo giornaliero della media mobile calcolata su 24 ore messo a confronto con lo stesso indice ricavato dai dati della stazione di ENEL GP.



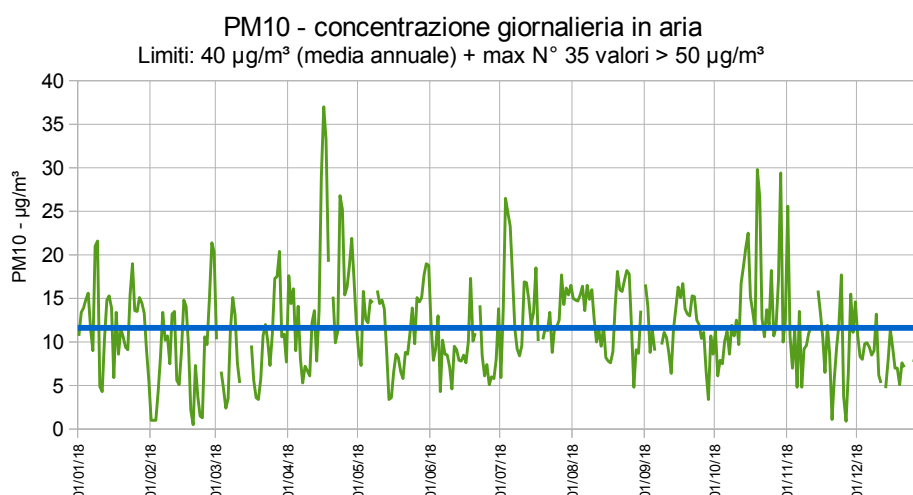
Si può osservare un ottimo accordo tra i grafici elaborati dalle due serie di dati e come siano stati registrati valori certamente inferiori ai limiti di riferimento individuati nelle Linee Guida del WHO.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei valori orari della concentrazione di idrogeno solforato (H_2S) rilevati da ARPAT nel 2018, messi a raffronto con quelli della vicina stazione ENEL GP:

Stazioni fisse in Loc.Montecerboli, Pomarance (PI)	Arpat	Enel	Note
data inizio monitoraggio H_2S	01/01/18	01/01/18	
data fine monitoraggio	31/12/18	31/12/18	
giorni monitoraggio	365	365	
ore	8760	8760	
ore valide	8236	8592	
numero superamenti WHO-OMS	0	0	
media del periodo [$\mu g/m^3$]	4,8	5,4	
max media mobile su 24h [$\mu g/m^3$]	28,9	25,6	Lim=150 $\mu g/m^3$
max concentrazione media giornaliera [$\mu g/m^3$]	25,4	23,4	
numero giorni con concentrazione media >7	66	85	
n°ore con concentrazione >7	1655	1996	
massima oraria del periodo [$\mu g/m^3$]	83,6	73,0	

Tabella di riepilogo delle concentrazioni orarie di Idrogeno solforato (H_2S) rilevate dalle due postazioni ARPAT ed ENEL

A titolo informativo si riporta il grafico giornaliero delle concentrazioni di PM_{10} in aria rilevate dalla centralina di monitoraggio ARPAT a Montecerboli, dove con linea blu orizzontale è stato indicato il valore medio dei dati registrati e da cui si deduce immediatamente il rispetto dei limiti normativi vigenti.



5.2 Mezzo ARPAT GEO 1

In considerazione dell'ampliamento della area produttiva di Bagnore, negli ultimi anni il mezzo mobile GEO1 ha effettuato alcuni monitoraggi di lungo periodo nell'area di Arcidosso. Nella figura sono riportate le posizioni delle centrali geotermoelettriche di Bagnore 3 e Bagnore 4 (quadrato rosso), la localizzazione del mezzo mobile ARPAT Geo1 (cerchio verde, in loc. Bagnoli) e delle stazioni QA di ENEL GP (quadrati celeste).

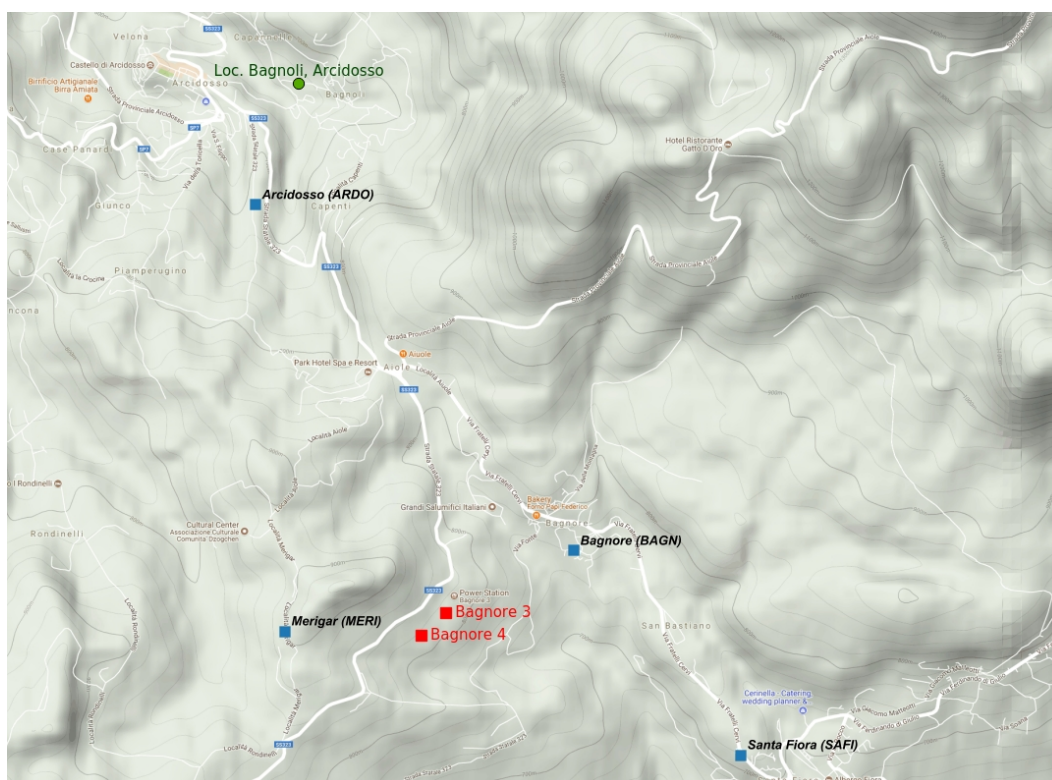


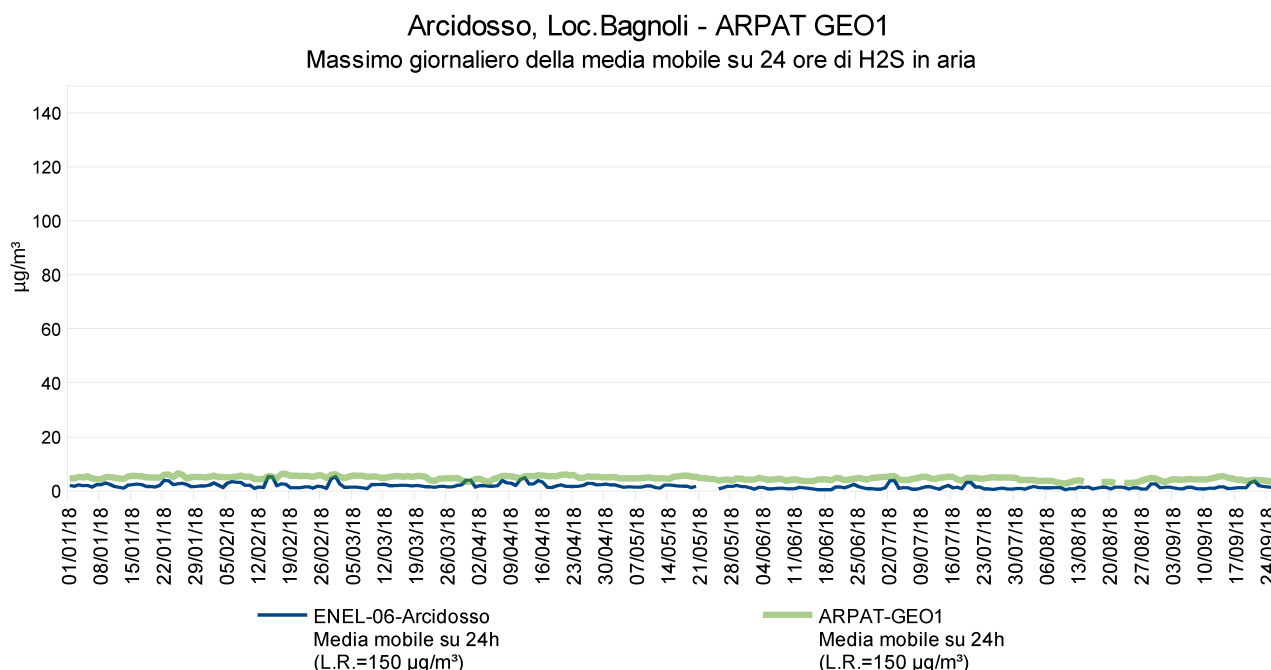
Fig. 7: Area Bagnore: CGTE ENEL (rosso), SQA (celeste) e la postazione del mezzo ARPAT GEO1 (verde)

Dal giorno 8 maggio 2013 fino al 25 settembre 2018 (con una breve pausa dal 1/12/14 al 18/12/14), su richiesta del Comune di Arcidosso il mezzo GEO1 di ARPAT è stato posizionato nella frazione “Bagnoli” (Arcidosso) per verificarne i livelli di H_2S anche in tale località.

Successivamente il mezzo GEO1 è stato spostato ad Abbazia San Salvatore in provincia di Siena, per una campagna lunga di monitoraggio.

5.2.1 Monitoraggio in località Bagnoli, Arcidosso (GR). Periodo 01/01-25/09/2018

I dati di H₂S rilevati dal mezzo ARPAT nel 2018 sono stati messi a confronto con quelli registrati dalla stazione di qualità dell'aria ENEL GP di Arcidosso, non molto distante e ubicata a circa 1.000 m a sud rispetto alla postazione del mezzo GEO1.



L'esame del grafico mostra come le due stazioni di monitoraggio abbiano registrato un andamento simile della concentrazione di H₂S; la stazione ARPAT rileva valori di entità leggermente superiori alla centralina ENEL GP per tutto il corso dell'anno, comunque ampiamente inferiore al limite di riferimento di 150 µg/m³.

La tabella sottostante riporta una sintesi dei dati di H₂S rilevati nel 2018 in località Bagnoli:

Loc. Bagnoli (Arcidosso, GR)	ARPAT Geo1	ENEL 6 (ARCI)	Note
data inizio monitoraggio	01/01/18	01/01/18	
data fine monitoraggio	26/09/18	26/09/18	
giorni monitoraggio	269	269	
ore	6456	6456	
ore valide	6035	6267	
numero superamenti WHO-OMS	0	0	
media del periodo [µg/m³]	4,5	1,5	
max media mobile su 24h [µg/m³]	6,6	5,4	Lim=150 µg/m³
max concentrazione media giornaliera [µg/m³]	6,3	5,3	
numero giorni con concentrazione media >7	0	0	
n°ore con concentrazione >7	67	46	
massima oraria del periodo [µg/m³]	18,5	34,0	

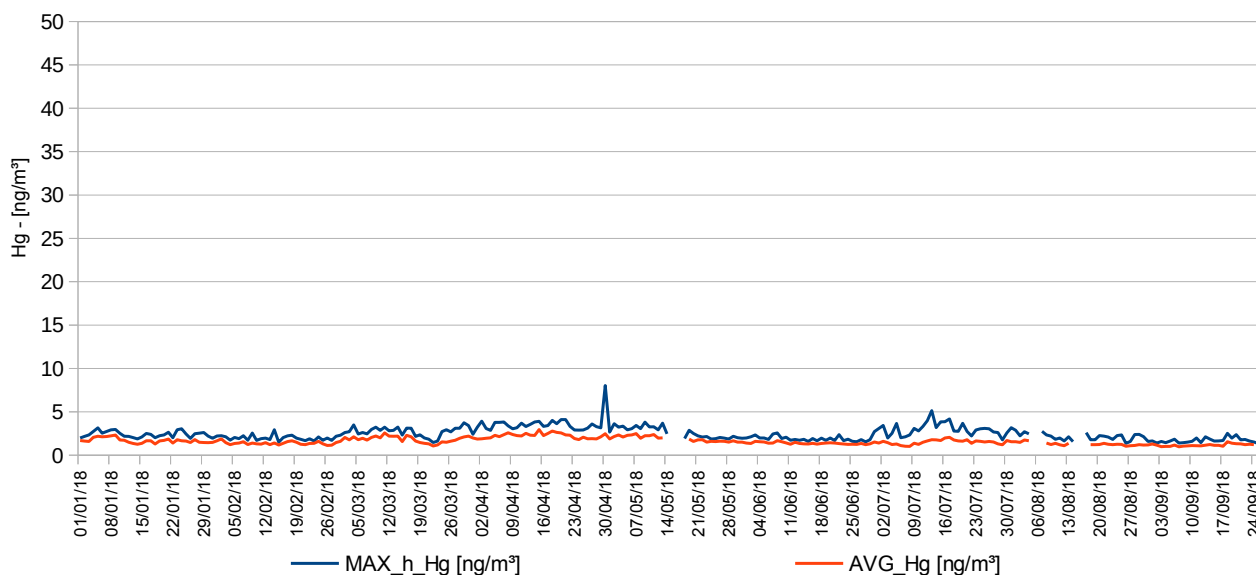
Come si può osservare, durante tutto il periodo di monitoraggio non si sono rilevati superamenti dei valori suggeriti nelle Linee guida redatte dal WHO.

Pur essendo ubicate in due postazioni distinte il monitoraggio svolto da ARPAT conferma la validità e le analogie con il monitoraggio effettuato da ENEL GP nella postazione di Arcidosso (ARCI) circa il rispetto dei limiti di cautela sanitaria.

Il mezzo GEO1 effettua anche il monitoraggio della concentrazione di mercurio gassoso in aria.

Di seguito si riporta il grafico relativo alla massimo valore orario (HG_MAX_h) e la media giornaliera (HG_AVG_d) calcolati giorno per giorno:

ARPAT - GEO1 - c/o Arcidosso, Località Bagnoli
Monitoraggio Hg - Limite=200 ng/m³ (come media annuale)



Dall'esame del grafico sopra riportato è possibile verificare agevolmente il rispetto del limite di riferimento individuato, pari a 200 ng/m³ come media annuale.

5.2.2 Monitoraggio in località Abbadia San Salvatore (SI). Periodo 27/09/2018 - 31/12/2018

L'ubicazione del mezzo mobile a Abbadia San Salvatore (in Via Udine, presso le ex Scuole elementari) è stata scelta per coprire un'area non servita dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria di ENEL.

I risultati provvisori del monitoraggio sono già stati trasmessi da ARPAT con nota prot. 16752 del 01/03/2019 alla Regione Toscana, al Comune di Abbadia S. Salvatore, alla ARS e all'Azienda USL 7 di Siena. Di seguito, a titolo conoscitivo, si riporta una sintesi delle prime valutazioni che dovranno essere completate con l'esame dei dati rilevati durante il periodo estivo.

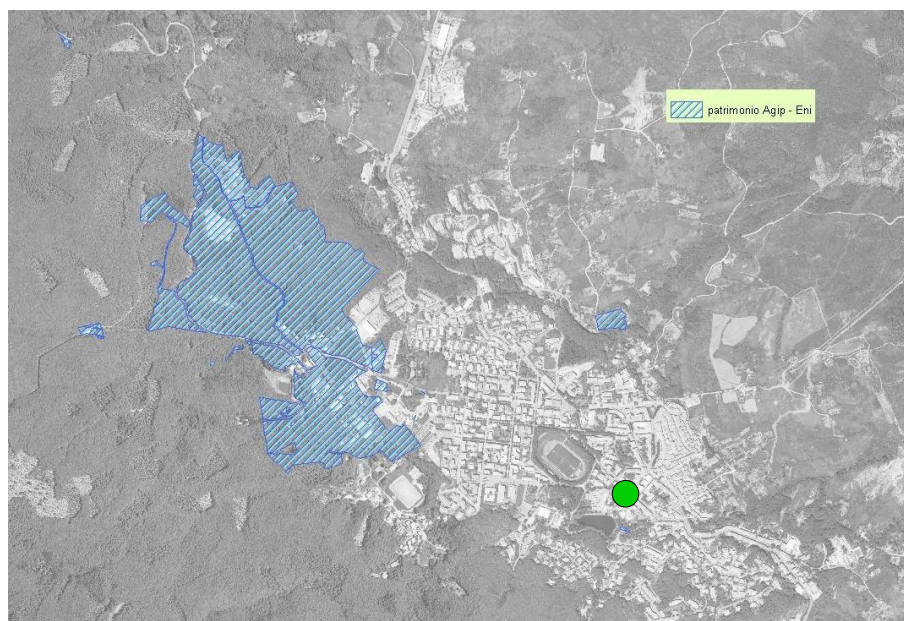


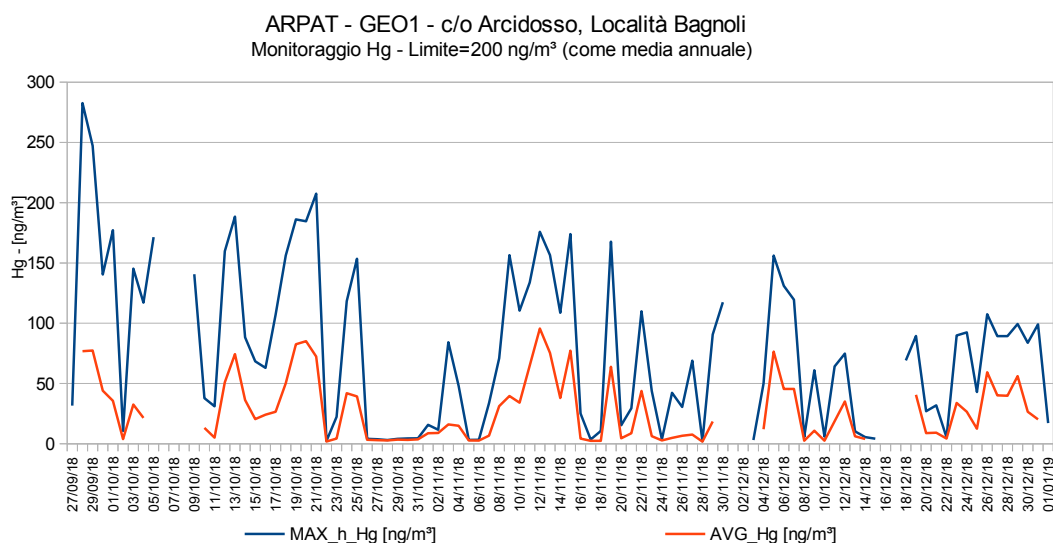
Fig. 8: Ubicazione del mezzo mobile ARPAT GEO1 (punto verde) e aree minerarie (celeste)

Per quanto riguarda l'**idrogeno solforato** (H_2S) le concentrazioni orarie valide sono 1942 con valore massimo pari a $36,7 \mu g/m^3$, registrato il 13/12/2018 alle ore 13:00, valore medio pari a $4,6 \mu g/m^3$ con deviazione standard di $2,5 \mu g/m^3$.

Per quanto riguarda il **mercurio gassoso** (Hg) le concentrazioni orarie valide sono 2015, con valore massimo pari a $283 ng/m^3$, registrato il 28/09/2018 alle ore 20:00, e con valore medio pari a $28,5 ng/m^3$ con deviazione standard di $42,7 ng/m^3$.

I valori sanitari indicati dalla Regione Toscana per l' H_2S ⁴ risultano soddisfatti, così come quelli per il Hg⁵, tuttavia i valori elevati per quest'ultimo parametro suggeriscono l'opportunità di effettuare alcune ulteriori verifiche.

Dall'esame dei due parametri monitorati, in relazione alla direzione del vento, appare possibile escludere un'influenza significativa delle Centrali geotermoelettriche di Piancastagnaio sulle concentrazioni di mercurio in aria nell'area di Abbadia San Salvatore, mentre sembra più probabile che queste siano influenzate da anomalie geologiche naturali nei suoli ubicati nei settori sopravvento di (SO-O-N-NNE) al paese di Abbadia San Salvatore.



I valori attualmente rilevati per l'Hg risultano certamente inferiori al limite sanitario indicato da DGRT n.344/2010 pari $200 ng/m^3$ (come valore medio annuo). Tuttavia considerato che la volatilizzazione del mercurio dal suolo in aria è legata anche alla temperatura ambiente si rimanda una valutazione più completa dei dati quando saranno disponibili i risultati del monitoraggio, che sarà svolto nei prossimi mesi estivi.

5.3 Mezzo ARPAT GEO 2

Nel 2018 il mezzo GEO2 ha effettuato per il Settore Geotermia i seguenti due monitoraggi:

Santa Fiora (GR)	Bagnore c/o SQA ENEL GP BAGN	17/10/2017	01/02/2018
Santa Fiora (GR)	Bagnore c/o SQA ENEL GP BAGN	16/03/2018	19/04/2018

Successivamente, 20/04/2018, il mezzo GEO2 è stato impiegato da ARPAT in altre attività

4 La Delibera di Giunta della Regione Toscana n. 344 del 22 marzo 2010 indica i seguenti valori limite (ripresi dal WHO) per la concentrazione oraria di idrogeno solforato mediata sui seguenti tre periodi di osservazione:

1. 24 ore (Valore di riferimento per "singola esposizione ad alta concentrazione": $150 \mu g/m^3$)
2. 2 giorni – 14 giorni (Valore di riferimento per esposizione a "breve termine": $100 \mu g/m^3$)
3. 15 giorni – 90 giorni (Valore di riferimento per esposizione a "medio termine": $20 \mu g/m^3$)

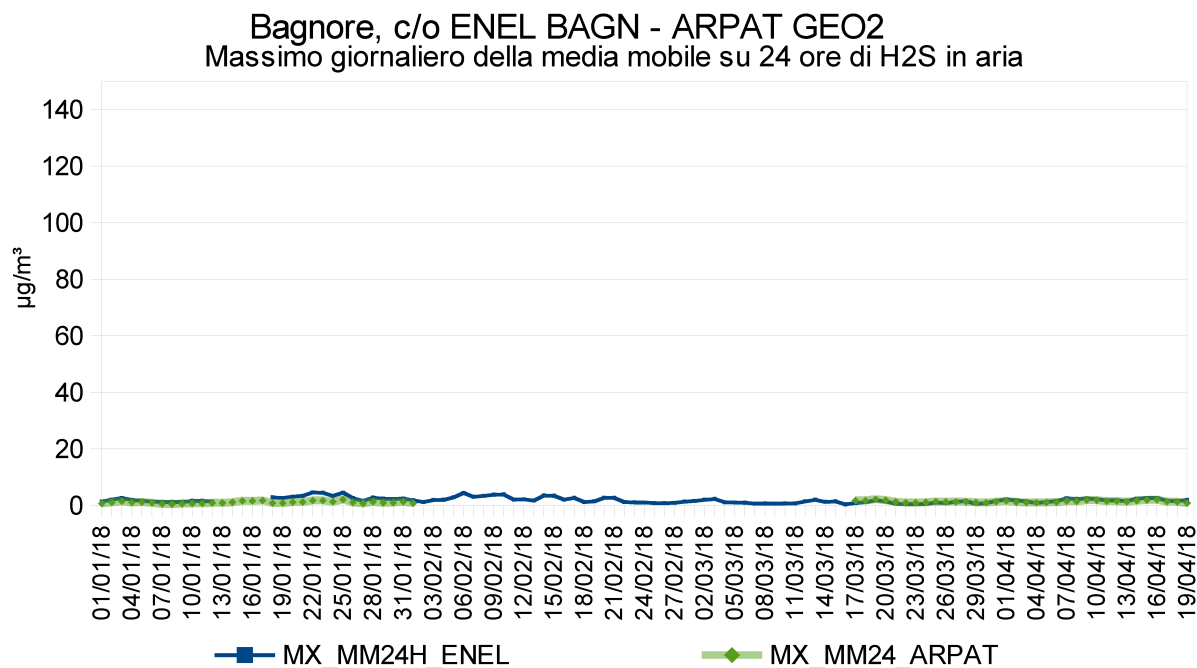
5 La DGRT n.344/2010 indica il valore di riferimento di $0,2 \mu g/m^3$ ($200 ng/m^3$), mediato su un periodo di riferimento di 1 anno, coerentemente alle MRLs Minimal Risk level - Livelli guida significativi per la salute, elaborati dalla Agenzia governativa USA ATSDR, in analogia ai valori soglia EPA, per effetti non cancerogeni delle sostanze chimiche nell'ambiente ad uso della stessa ATSDR per valutare i siti contaminati (novembre 2007).

Il valore suggerito dal WHO risulta infatti superiore in quanto pari a $1 \mu g/m^3$ ottenuto come media annuale.

istituzionali aventi carattere di urgenza.

I dati rilevati dal mezzo ARPAT, durante questi monitoraggi, sono stati messi a confronto con quelli registrati dalle corrispondenti stazioni di qualità dell'aria ENEL GP.

5.3.1 Monitoraggio in loc. Bagnore, Santa Fiora (GR). Periodo 01/01/2018 al 19/04/2018

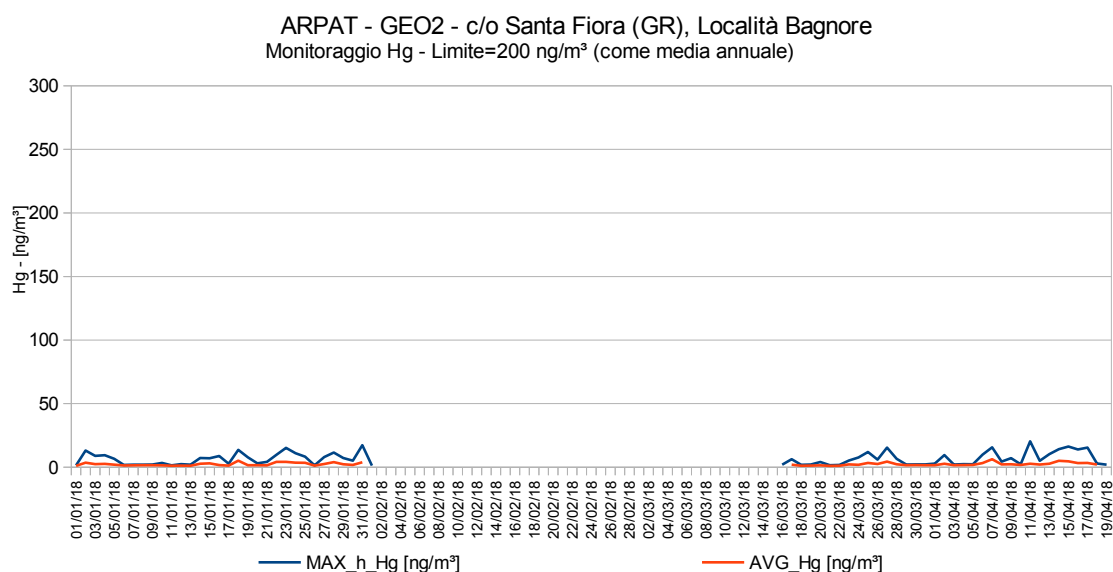


Di seguito sono analizzati i dati relativi al solo 2018, mentre per gli ultimi mesi di monitoraggio del 2017 si rimanda alla precedente relazione annuale.

Dal grafico è possibile osservare una ottima coerenza tra dati registrati dal mezzo ARPAT e la stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di ENEL GP "BAGN". La tabella sottostante riporta una sintesi dei dati di H₂S rilevati durante il monitoraggio:

Santa Fiora, Loc. Bagnore (SI), C/o ENEL BAGN	ARPAT Geo2	ENEL 08 (BAGN)	Note
data inizio monitoraggio	01/01/18	01/01/18	
data fine monitoraggio	19/04/18	19/04/18	
giorni monitoraggio	109	109	
ore	2616	2616	
ore valide	1482	2443	
numero superamenti WHO-OMS	0	0	
media del periodo [µg/m³]	1,1	1,5	
max media mobile su 24h [µg/m³]	2,2	4,6	Lim=150 µg/m³
max concentrazione media giornaliera [µg/m³]	2,0	4,6	
numero giorni con concentrazione media >7	0	0	
n°ore con concentrazione >7	2	26	
massima oraria del periodo [µg/m³]	9,5	14,6	

Il mezzo GEO2 è attrezzato anche per la misura della concentrazione di mercurio gassoso in aria. Il grafico relativo ai dati “massimo giornaliero della media oraria” (MAX_h_Hg) e “media giornaliera” (AVG_Hg) rilevati durante la campagna è il seguente:



Come è possibile osservare, tutti i valori orari di Hg rilevati si mantengono ampiamente al di sotto del valore limite di 200 ng/m³, riferito però alla media annuale dei dati disponibili.

6 CONCLUSIONI

Dopo i dati registrati nel 2017, influenzati da temperature medie elevate e superiori alla norma che spesso hanno innescato incendi e, in conseguenza, malfunzionamenti degli impianti geotermici, il 2018 conferma gli effetti positivi attesi dal completamento dell'installazione degli impianti AMIS nell'area tradizionale, avvenuto nel 2015.

In relazione alla funzionalità delle stazioni di monitoraggio della concentrazione di H_2S in aria gestite da ENEL GP, sulla base delle verifiche a campione effettuate attraverso i mezzi mobili GEO1 e GEO2 e dei dati rilevati presso la postazione fissa ubicata a Montecerboli, si ritiene che le concentrazioni in aria di idrogeno solforato rilevate da ENEL GP nel corso del 2018, come espresso nelle tabelle di sintesi dei capitoli precedenti, possano ritenersi rappresentative della qualità dell'aria nelle aree geotermiche toscane; si rileva inoltre che non sono registrati superamenti dei valori di riferimento per la tutela sanitaria indicati dal World Health Organization per le medie mobili calcolate su 24 ore ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), su intervalli temporali da 2 a 14 giorni ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), e su intervalli temporali di 15-90 giorni ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



ARPAT

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