

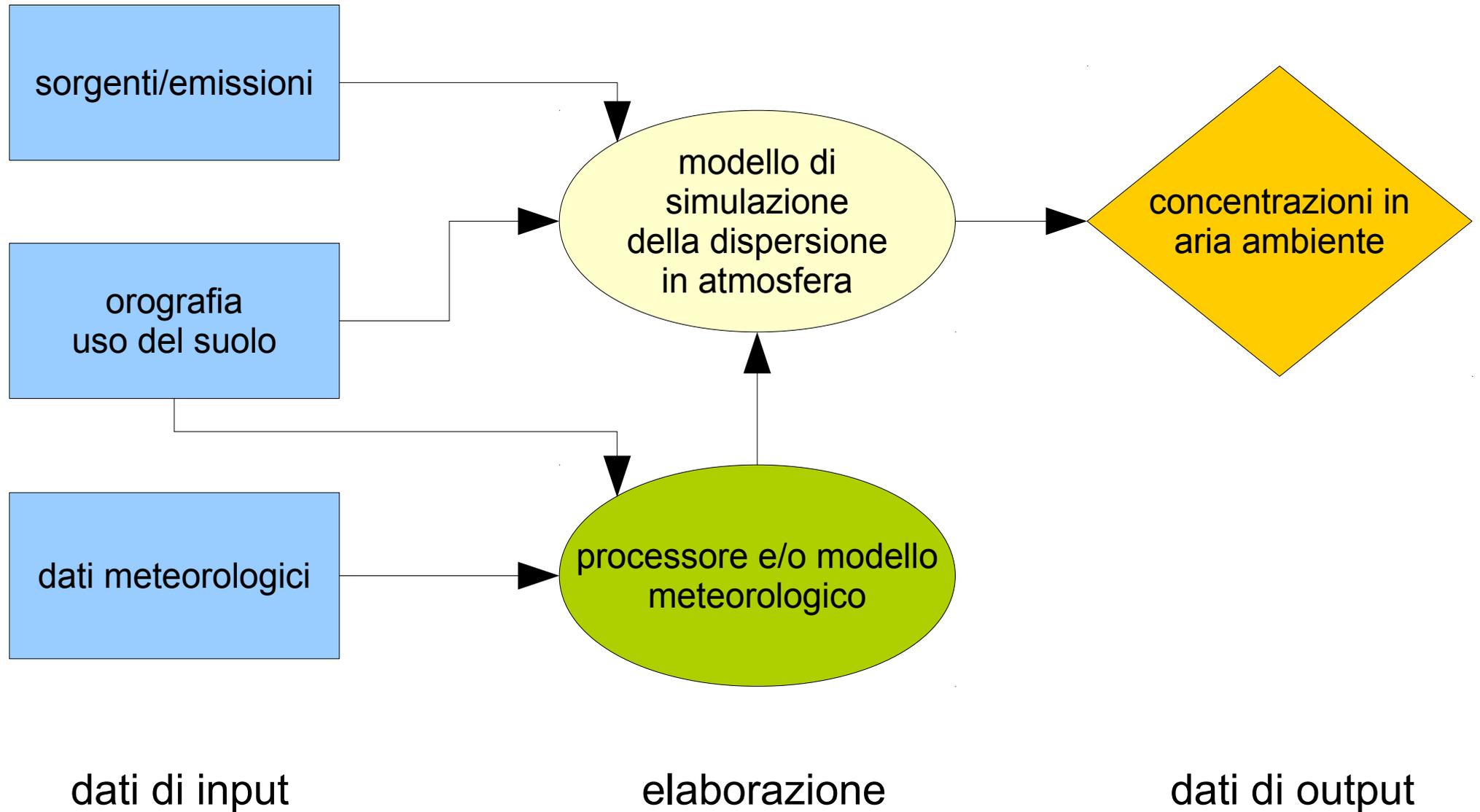
Simulazione modellistica della dispersione in atmosfera degli inquinanti emessi dalle centrali geotermiche dell'area amiatina

Antongiulio Barbaro

ARPAT – Settore Modellistica previsionale

I modelli di simulazione per la stima delle concentrazioni degli inquinanti in aria ambiente sono un utile strumento per (Appendice III, DLgs 155/2010):

- ottenere campi di concentrazione anche nelle aree all'interno delle zone ove non esistano stazioni di misurazione o estendere la rappresentatività spaziale delle misure stesse;
- comprendere le relazioni tra emissioni e immissioni, discriminare i contributi delle diverse sorgenti alle concentrazioni in una determinata area (*source apportionment*), e determinare i contributi transfrontalieri e quelli derivanti da fenomeni di trasporto su larga scala (per esempio, le polveri sahariane);
- integrare e combinare le misurazioni effettuate tramite le stazioni di misurazione in siti fissi, in modo tale da ridurre il numero;
- valutare la qualità dell'aria nelle zone in cui non sono presenti stazioni di misurazione;
- prevedere la qualità dell'aria sulla base di scenari ipotetici di emissione o in funzione di variazioni delle condizioni meteorologiche;
- valutare l'efficacia delle misure di contenimento delle emissioni in atmosfera.



Delibera Giunta regionale della Toscana n. 344 del 22.3.2010: **“Criteri direttivi per il contenimento delle emissioni in atmosfera delle centrali geotermoelettriche”**

Ha definito – in base al Piano regionale sulla qualità dell'aria – le prescrizioni per le centrali geotermoelettriche in merito a:

- applicazione delle migliori tecniche disponibili;
- valori di emissione;
- requisiti minimi di esercizio;
- protocollo di gestione e manutenzione impianti.

Allegato A, punto 4.8

Sviluppo modellistica di simulazione per le aree geotermiche

Si ritiene che il gestore debba sviluppare una modellistica diffusionale di area vasta con la quale stimare la qualità dell'aria in termini di concentrazione dei vari inquinanti (es. H₂S, As, Hg).

Questa modellistica di area deve rappresentare lo scenario all'interno del quale si potranno inserire le simulazioni degli effetti, in termini di qualità dell'aria, dovuti all'attivazione delle nuove centrali geotermoelettriche. La specifica metodica per le applicazioni modellistiche da realizzarsi nelle varie aree geotermiche, identificando la tipologia dei modelli numerici ed il data set dei dati meteorologici maggiormente attinenti all'area in questione, dovrà essere concordata rispettivamente con il Centro di modellistica di ARPAT e con il LaMMA.

Area tradizionale *

“Simulazione modellistica della dispersione in atmosfera delle emissioni di H₂S delle centrali geotermoelettriche nell’area geotermica tradizionale” prodotta da CESI per ENEL GP, settembre 2015.

L'impostazione, le metodologie e le scelte tecniche operate, i risultati preliminari e finali degli studi, sono stati presentati e discussi con ARPAT e Regione Toscana nel corso di alcuni incontri precedenti la loro formalizzazione:

Incontro ENEL-CESI-ARPAT, 27.6.2014;

Incontro ENEL-CESI-Regione Toscana-ARPAT, 24.4.2015.

Lo studio è quindi stato oggetto di valutazione tecnica finale
(prot. ARPAT n. 12946 del 29.2.2016)

(* area geotermica tradizionale comprendente le zone di Larderello, Lago–Val di Cornia, Radicondoli–Travale–Chiusdino)

Area del Monte Amiata *

“Simulazione modellistica della dispersione in atmosfera delle emissioni di H₂S delle centrali geotermoelettriche nell’area geotermica amiatina” prodotta da CESI per ENEL GP, giugno 2017.

Lo studio è stato sviluppato tenendo conto anche delle esigenze e richieste derivanti dalle attività del progetto “Geotermia e salute in Toscana” diretto da ARS-Toscana (Agenzia Regionale di Sanità).

L'impostazione, le metodologie e le scelte tecniche operate, i risultati sono stati presentati e discussi con ARPAT, Regione Toscana e ARS nel corso di alcuni incontri precedenti la formalizzazione:

Incontro ARPAT-ARS-ENEL-Regione Toscana, 11.4.2016;

Incontro ARPAT-ARS, 31.5.2016;

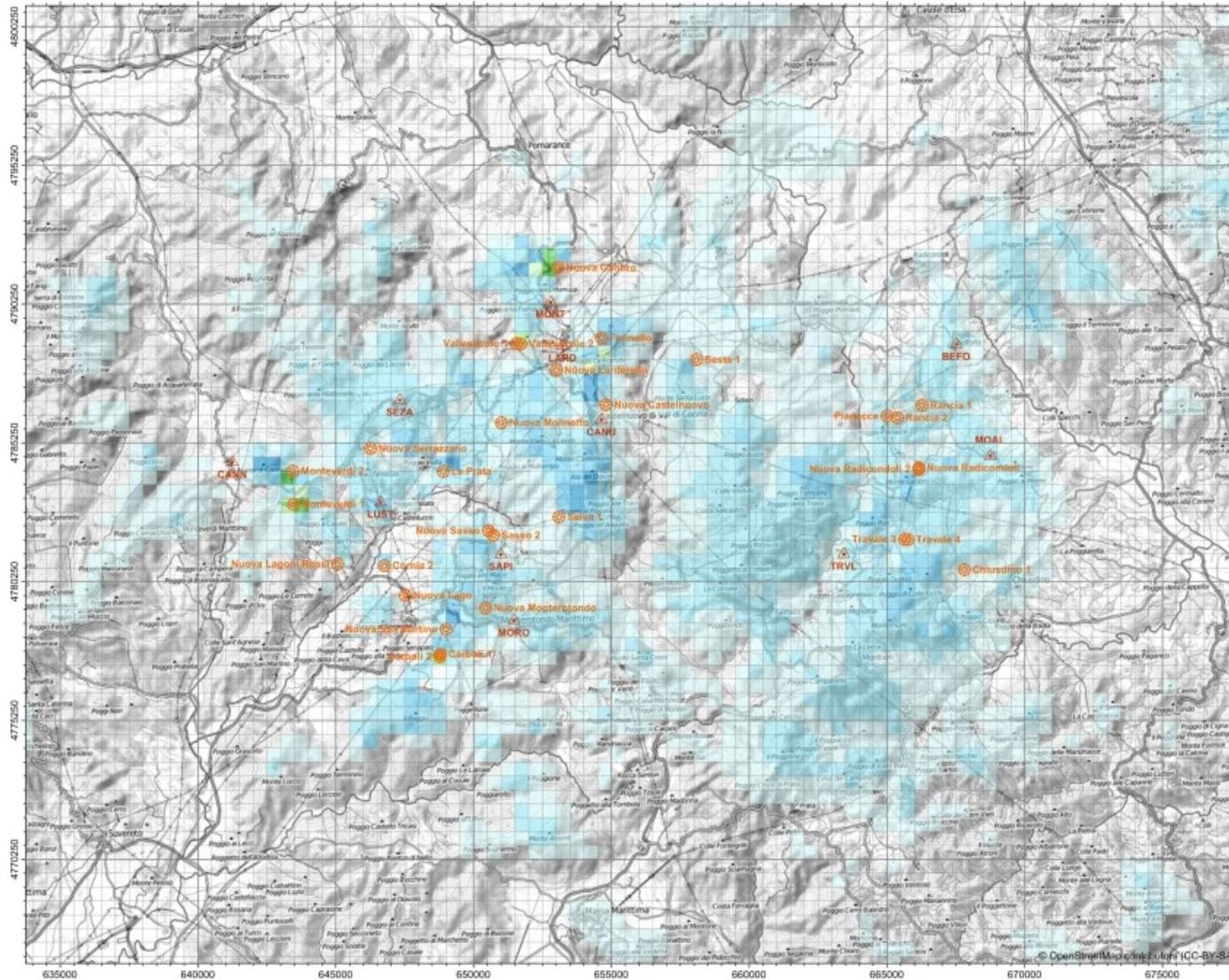
Incontro ARPAT-ARS-Regione Toscana-ENEL-CESI, 15.12.2016.

Lo studio è stato oggetto di valutazione tecnica finale

(prot. ARPAT n. 77725 del 6.11.2017).

(*Comuni di Abbadia San Salvatore, Piancastagnaio, Radicofani, Arcidosso, Castel del Piano, Roccalbegna, Santa Fiora, San Casciano dei Bagni)

Area Tradizionale



Area Geotermica tradizionale

Valutazione delle ricadute
associate alle emissioni convogliate
Anno meteorologico 2012

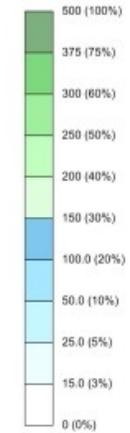


Tavola 02

Ricadute delle emissioni in fase Gas
H₂S - Massimo della concentrazione
media giornaliera [µg/m³]

Limite di legge (D.Lgs. 155/2010): N/A
Valore riferimento DGR 344/10: 150 µg/m³

Max: 324 [µg/m³]



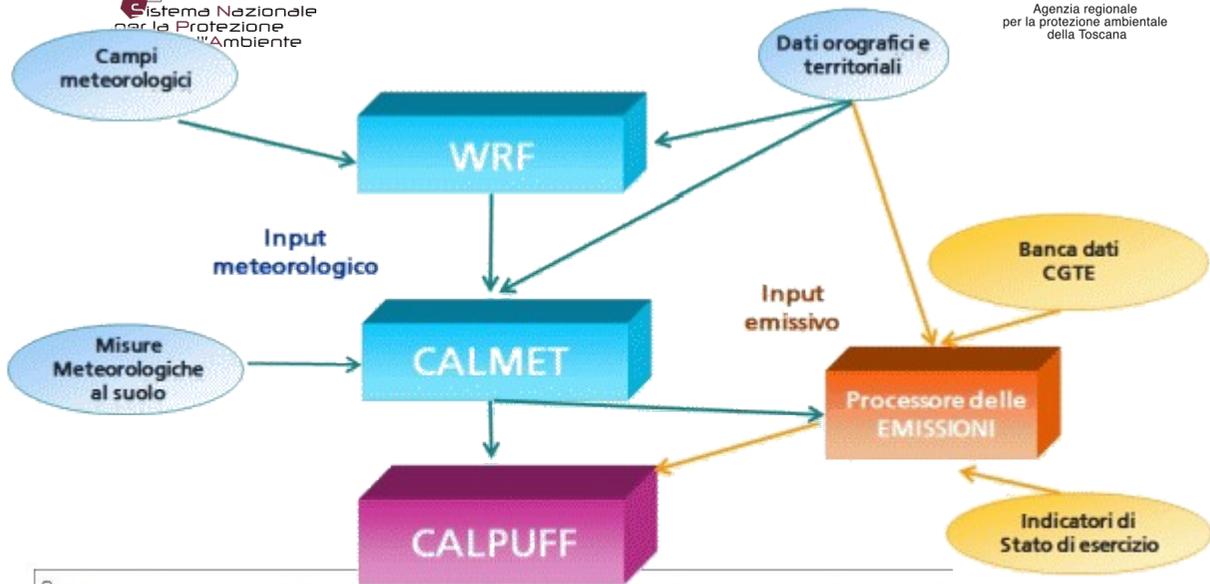
- Dominio G2
- Dominio G1
- Centrali GTE
- ▲ RRQA EGP

STATISTICHE
Massimo: 3.24E+02
Media: 1.57E+01
1° quartile: 8.52E+00
Mediana: 1.25E+01
3° quartile: 1.81E+01



Sistema di Riferimento
ETRS89 / UTM zona 32N





Area Tradizionale

Dominio di simulazione della dispersione:
45 km x 35 km, passo 500 m
Impiego di orografia (SRTM) e uso del suolo (U.S. Geological Land Use and Land Cover Classification System)

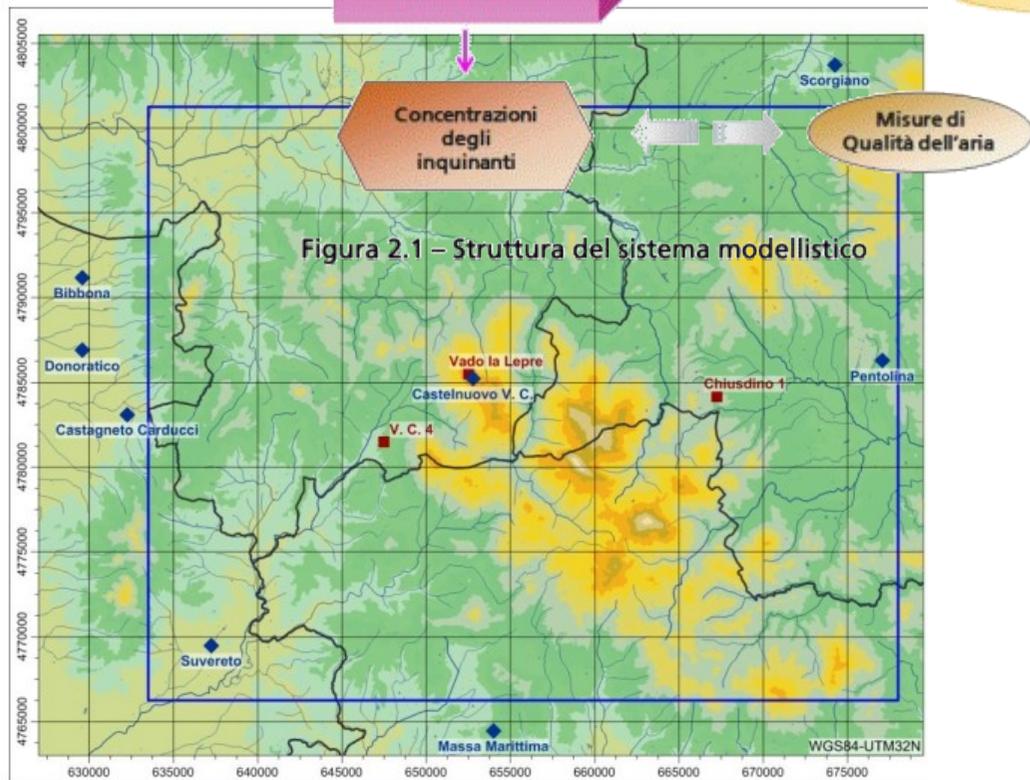


Figura 3.5 – Localizzazione delle stazioni meteorologiche

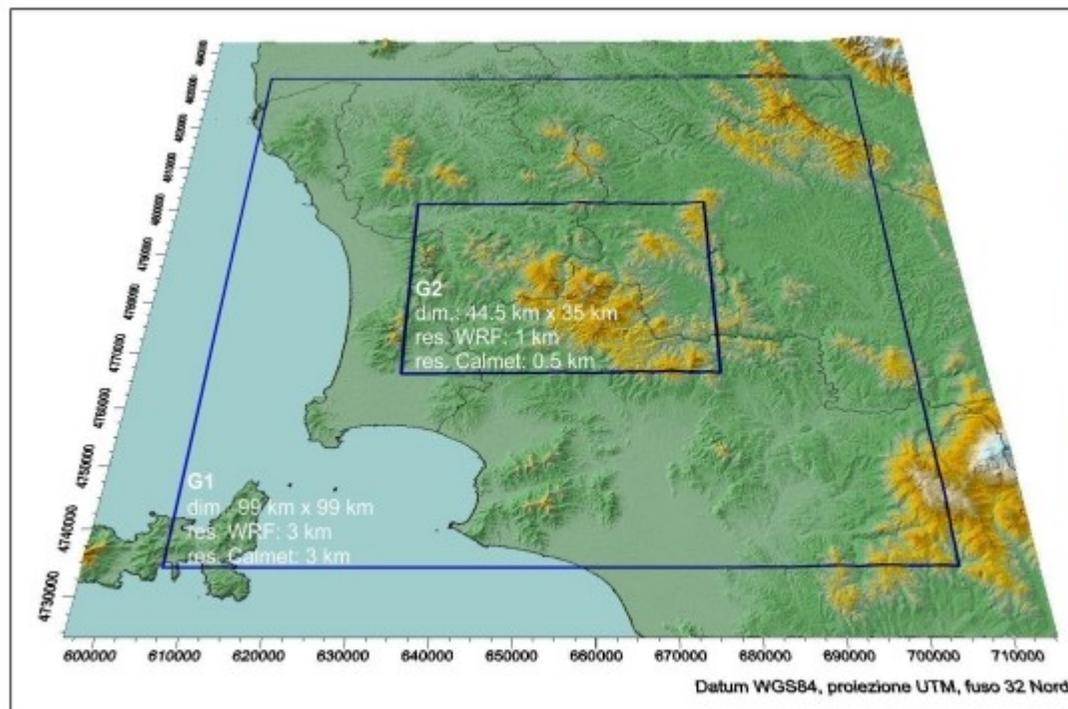


Figura 3.1 – Domini di applicazione del modello meteorologico Calmet

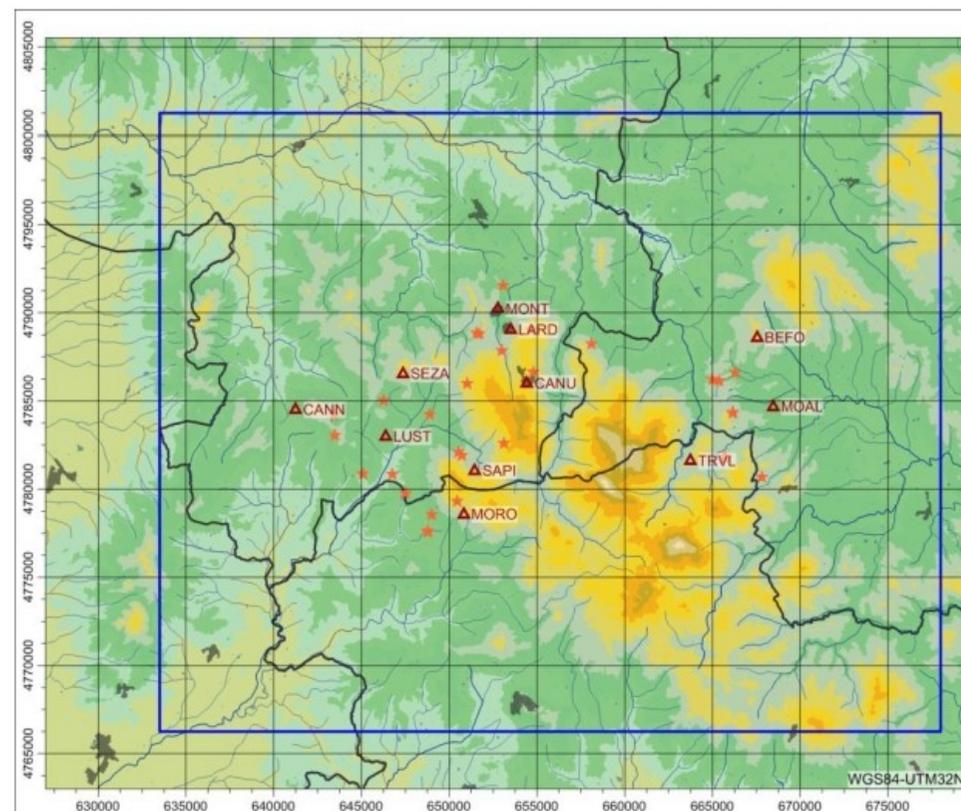
Area tradizionale

Anno di simulazione: 2012

Emissioni di H₂S dovute a 30 CGTE, nelle condizioni più realistiche:

- adattamento delle geometrie e dei ratei emissivi secondo il dataset ENEL GP relativo alle condizioni di funzionamento con AMIS, blocco AMIS o blocco di Centrale
- adattamento delle emissioni in base alla potenza effettiva
- adattamento alla temperatura ambiente (stagionale)
- Building downwash (no stack-tip downwash)

Confronto con le misure rilevate dalla rete di monitoraggio di ENEL GP (11 stazioni) e valutazione dei relativi “skill” prestazionali, come indicato dal Technical report EEA 2011: “The application of models under the European Union's Air Quality Directive: A technical reference guide”



Area tradizionale

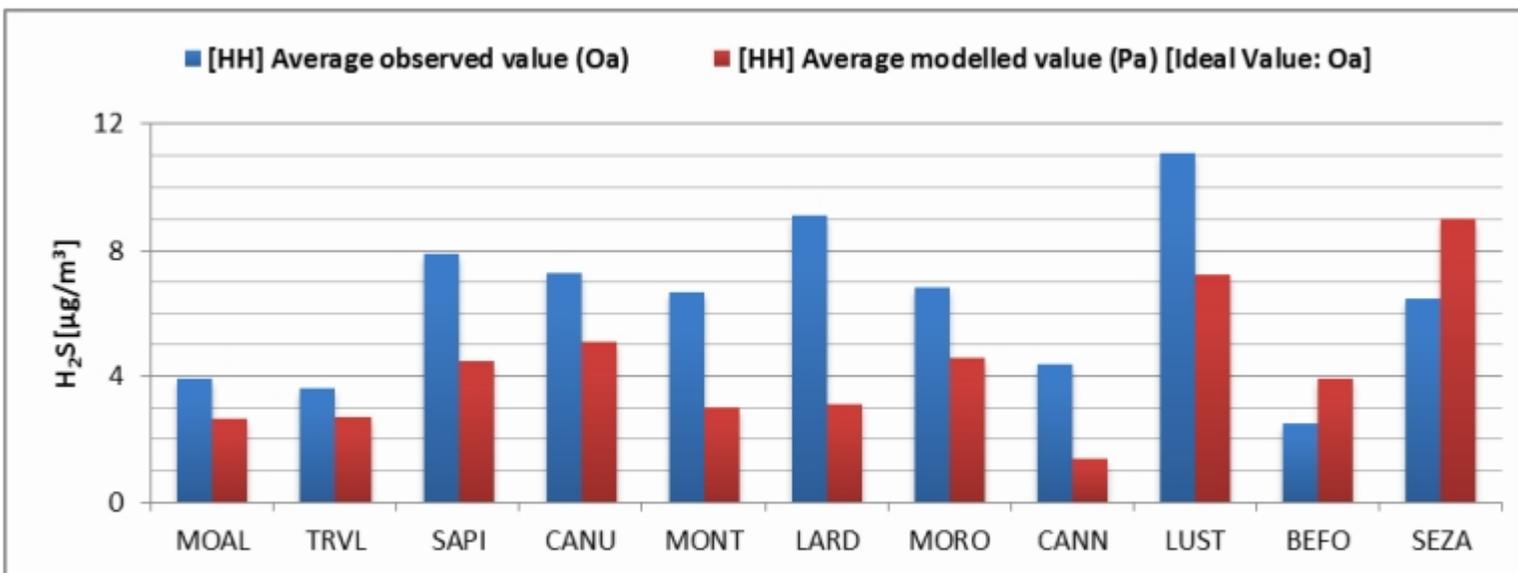


Figura 6.1 – Confronto tra modello v15.04.30 e misura in termini di valore medio annuo

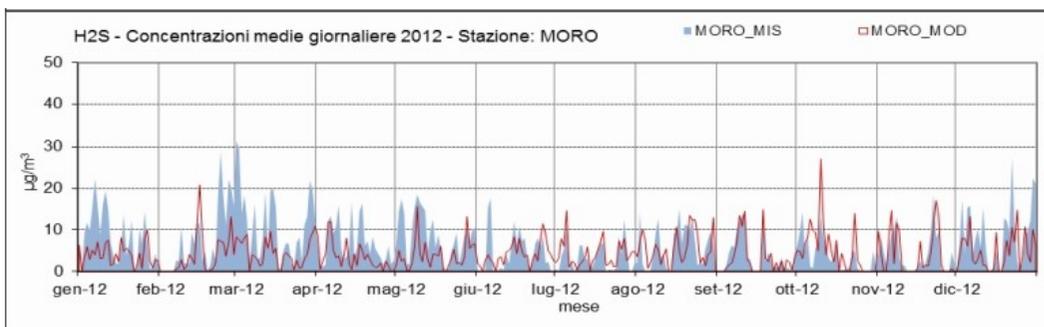


Figura 6.10 – Postazione di Monterotondo M. (MORO). Acido solfidrico, anno 2012. Confronto tra modello v15.04.30 e misura.

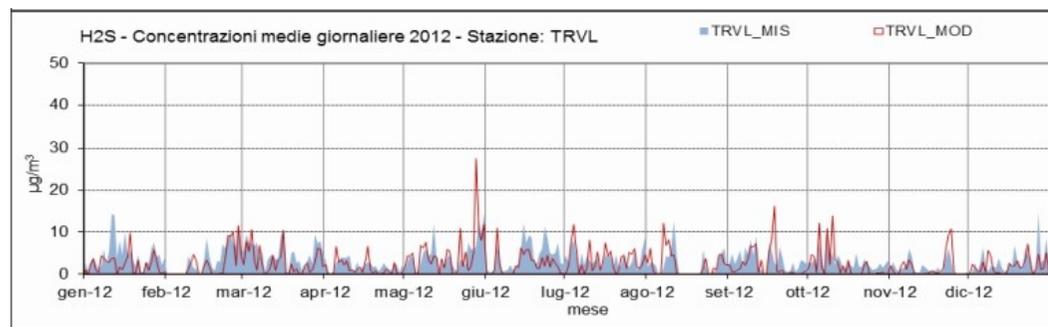


Figura 6.5 – Postazione di Travale (TRVL). Acido solfidrico, anno 2012. Confronto tra modello v15.04.30 e misura.

Area del Monte Amiata

Scenari emissivi

Scenario pregresso (~ anno 2000)

CGTE (emissioni come in assenza di AMIS):

- Bagnore 3
- Bellavista
- Piancastagnaio 2
- Piancastagnaio 3
- Piancastagnaio 4
- Piancastagnaio 5

L'emissione complessiva è di circa 894 kg/h di H₂S, dei quali 777 kg/h per le centrali dell'area di Piancastagnaio e 117 kg/h per Bagnore.

Oltre all'H₂S sono simulati anche As (scenario pregresso: 5.7 g/h per Piancastagnaio e 1.02 g/h per Bagnore; scenario attuale: 2.4 g/h per Piancastagnaio e 3.1 g/h per Bagnore)* e Hg (scenario pregresso: 189 g/h per Piancastagnaio e 12 g/h per Bagnore; scenario attuale: 25 g/h per Piancastagnaio e 10 g/h per Bagnore).

* I valori assunti per l'emissione in forma gassosa di As derivano dal "detection limit"

Scenario attuale (~ anno 2014)

CGTE (emissioni come medie ponderate dei ratei con e senza AMIS):

- Bagnore 3
- Bagnore 4
- Piancastagnaio 3
- Piancastagnaio 4
- Piancastagnaio 5

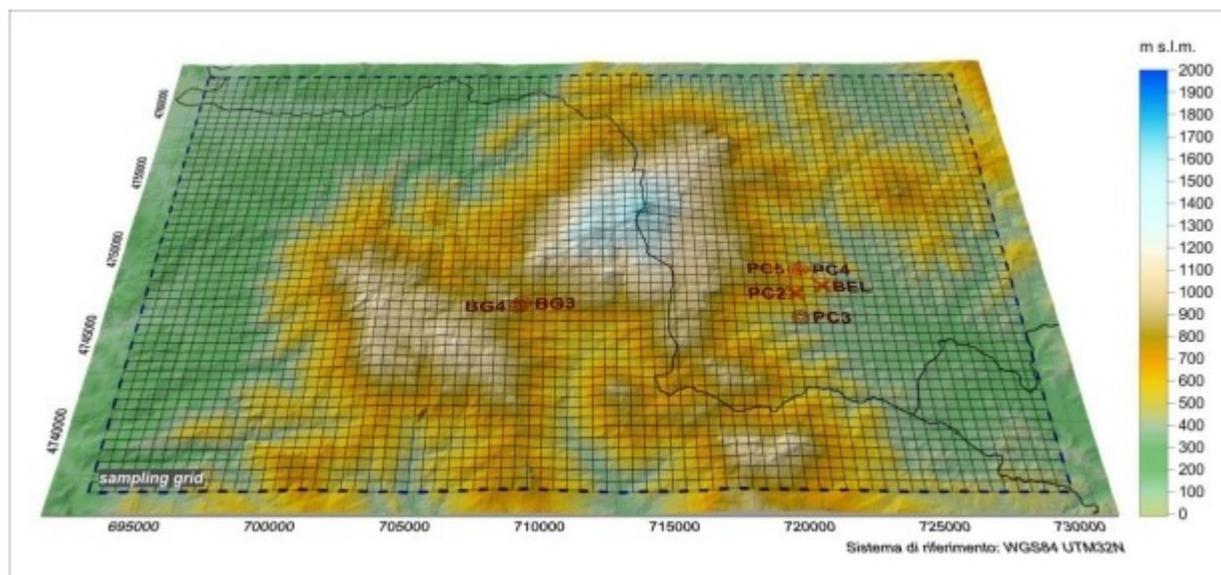
L'emissione complessiva è di circa 114 kg/h di H₂S, dei quali 67 kg/h relativi all'area di Piancastagnaio e gli altri 47 kg/h per l'area di Bagnore.

Area del Monte Amiata

Ricostruzione meteorologica per l'anno di riferimento 2014:

- modello meteorologico WRF su dominio di calcolo 81 km x 81 km con passo 3 km
- modello diagnostico CALMET su dominio 37 km x 25 km, reticolo con passo 500 m

Simulazione dispersione CALPUFF su dominio 37 km x 25 km e passo 500 m



Confronto con i dati misurati dalle stazioni della rete di rilevamento ENEL GP (ARDO, BAGN, SAFI, MERG, PICA, PICA2)

Area dell'Amiata

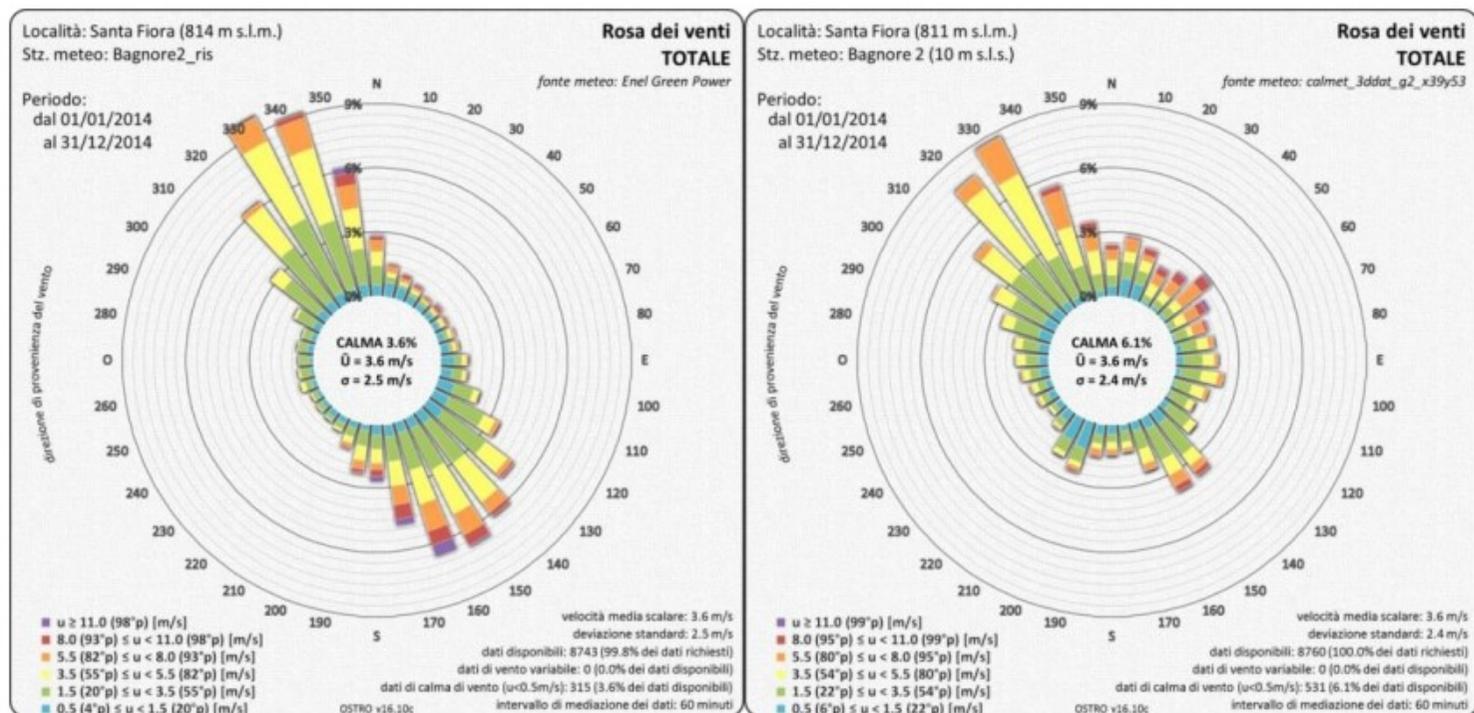


Figura 4.6 – Stazione meteo "Bagnore 2". Confronto tra misura (a sinistra) e modello (a destra)

Ricostruzione del
campo dei venti

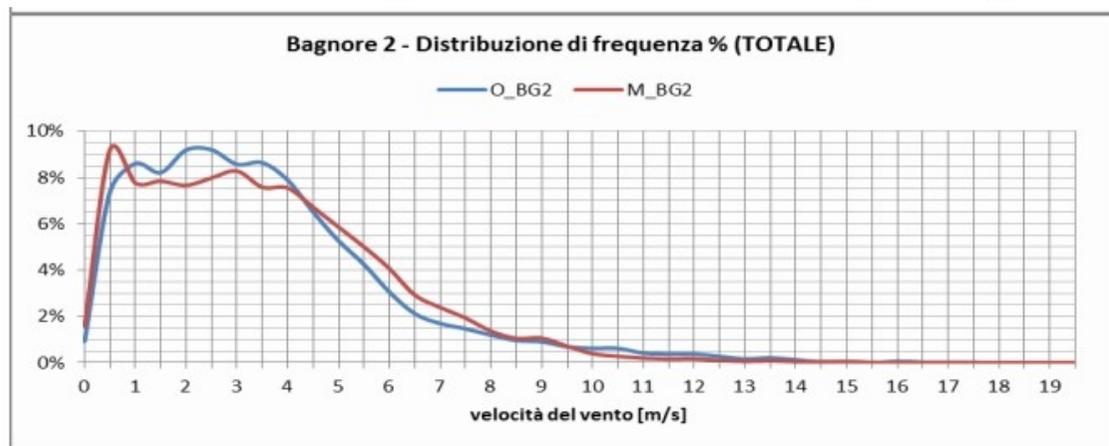
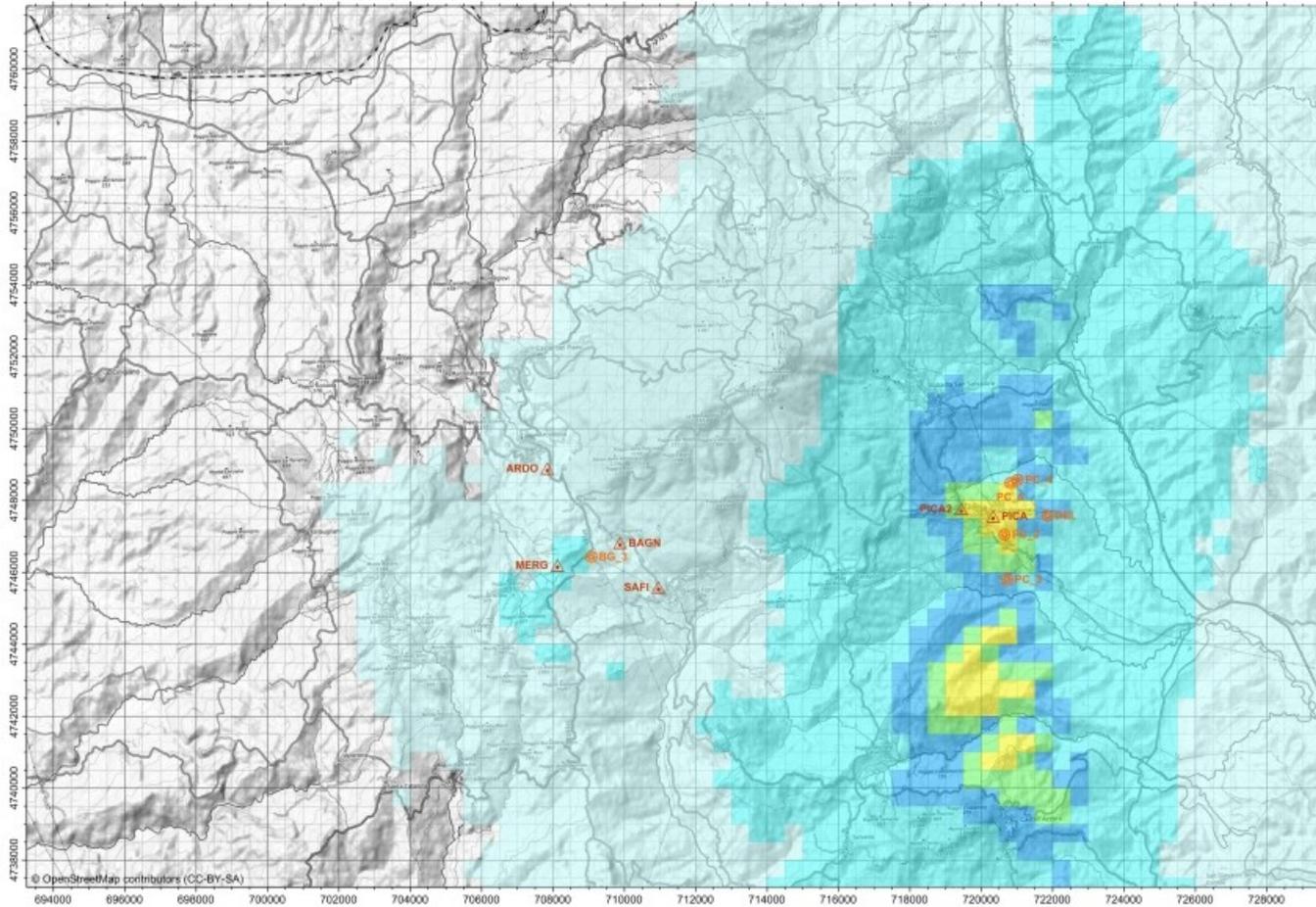


Figura 4.8 – Velocità del vento. Distribuzione di frequenza di misura (in blu) e modello (in rosso)

Area del Monte Amiata – scenario progressivo



Enel Green Power S.p.A.
Area Geotermica Amiata

Valutazione delle ricadute
associate alle emissioni convogliate

Anno meteorologico 2014



Tavola 01.a

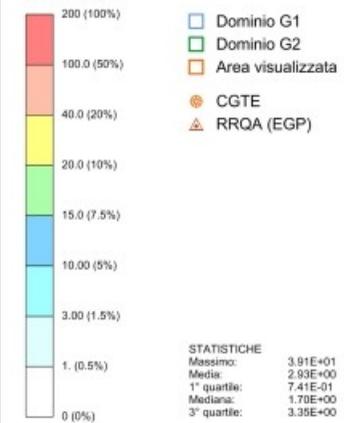
Scenario Progressivo (v20160907)

Ricadute delle emissioni in fase Gas

H₂S - Concentrazione media annua [µg/m³]

Limite di legge (D.Lgs 155/2010): N/A

Max: 39.1 [µg/m³]

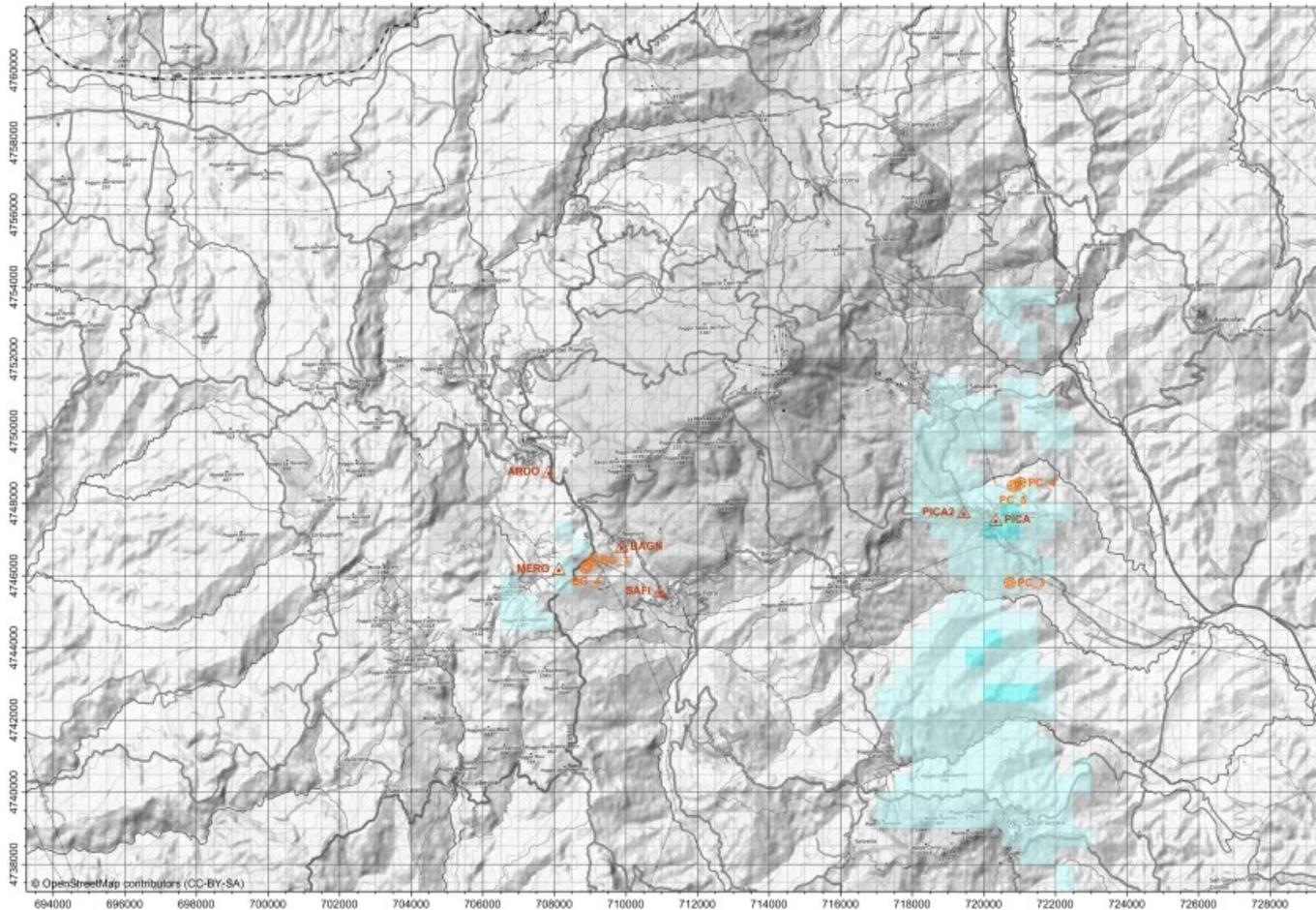


Sistema di Riferimento
ETRS89 / UTM zona 32N



Fonte: elaborazione CESI Commessa: AG15ESC022 Protocollo: B7008057

Area del Monte Amiata – scenario attuale



Enel Green Power S.p.A.
Area Geotermica Amiatina

Valutazione delle ricadute
associate alle emissioni convogliate

Anno meteorologico 2014



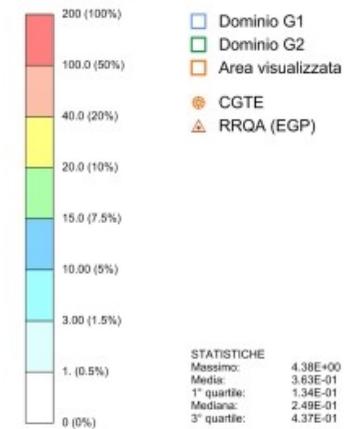
Tavola 01.b

Scenario Attuale (v20160907)

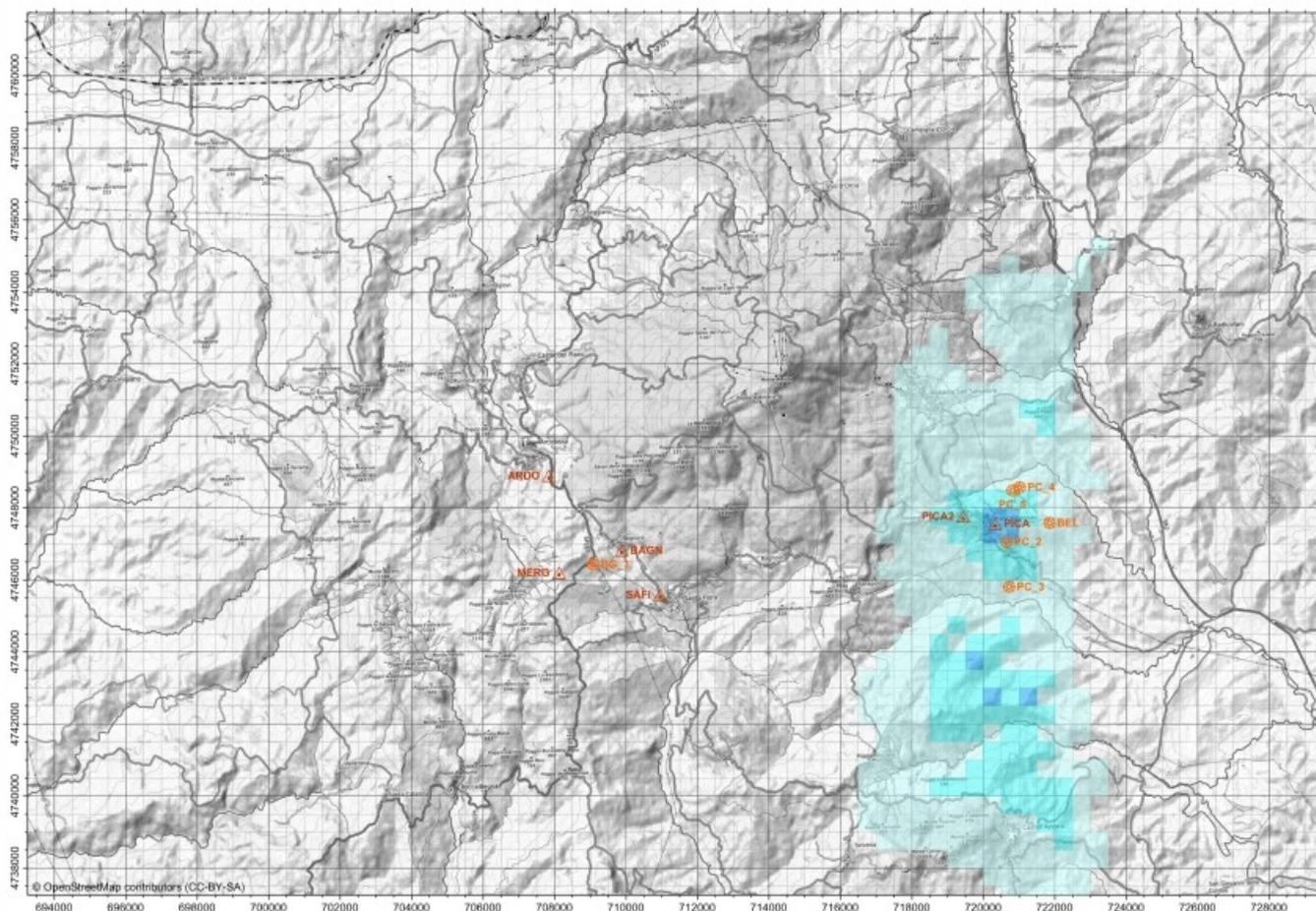
Ricadute delle emissioni in fase Gas
H₂S - Concentrazione media annua [µg/m³]

Limite di legge (D.Lgs 155/2010): N/A

Max: 4.38 [µg/m³]



Area del Monte Amiata – scenario progresso



Enel Green Power S.p.A.
Area Geotermica Amiatina

Valutazione delle ricadute
associate alle emissioni convogliate

Anno meteorologico 2014



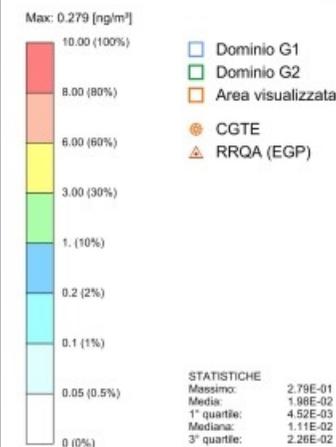
Tavola 11.a

Scenario Progresso (v20160907)

Ricadute delle emissioni in fase Gas

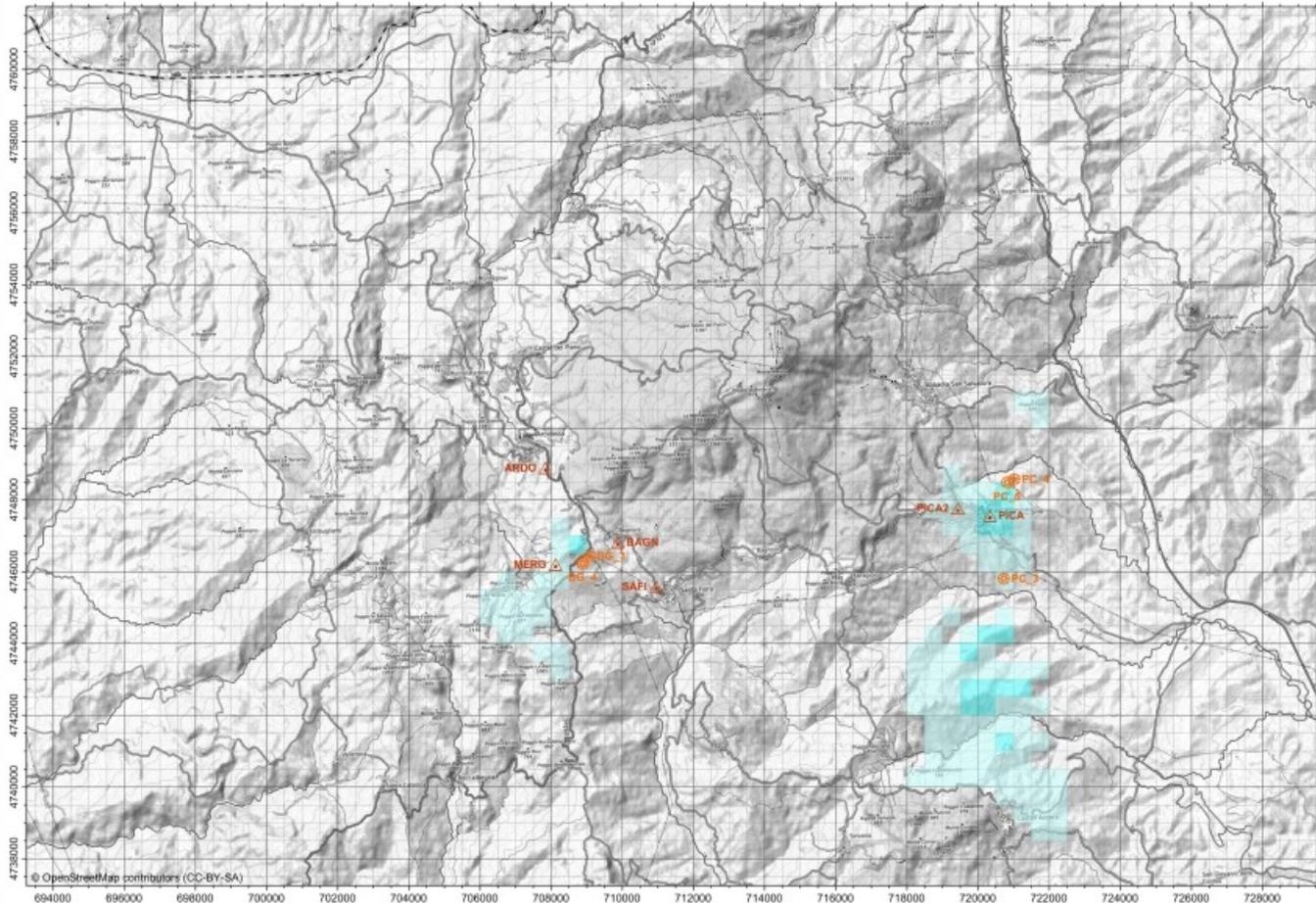
As - Concentrazione media annua [ng/m³]

Valore obiettivo (D.Lgs 155/2010): 6.0 ng/m³
Valore riferimento DGR 344/10: 6 ng/m³



Fonte: elaborazione CESI Commessa: AG15ESC022 Protocollo: B7008057

Area del Monte Amiata – scenario attuale



Enel Green Power S.p.A.
Area Geotermica Amiatina

Valutazione delle ricadute
associate alle emissioni convogliate

Anno meteorologico 2014



Tavola 11.b

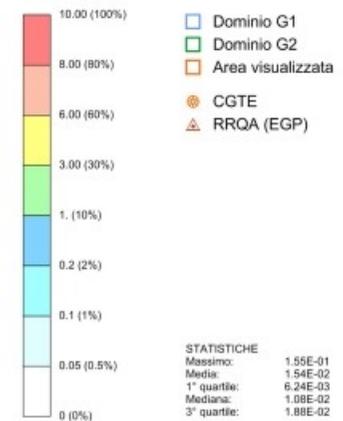
Scenario Attuale (v20160907)

Ricadute delle emissioni in fase Gas

As - Concentrazione media annua [ng/m³]

Valore obiettivo (D.Lgs 155/2010): 6,0 ng/m³
Valore riferimento DGR 344/10: 6 ng/m³

Max: 0.155 [ng/m³]



STATISTICHE

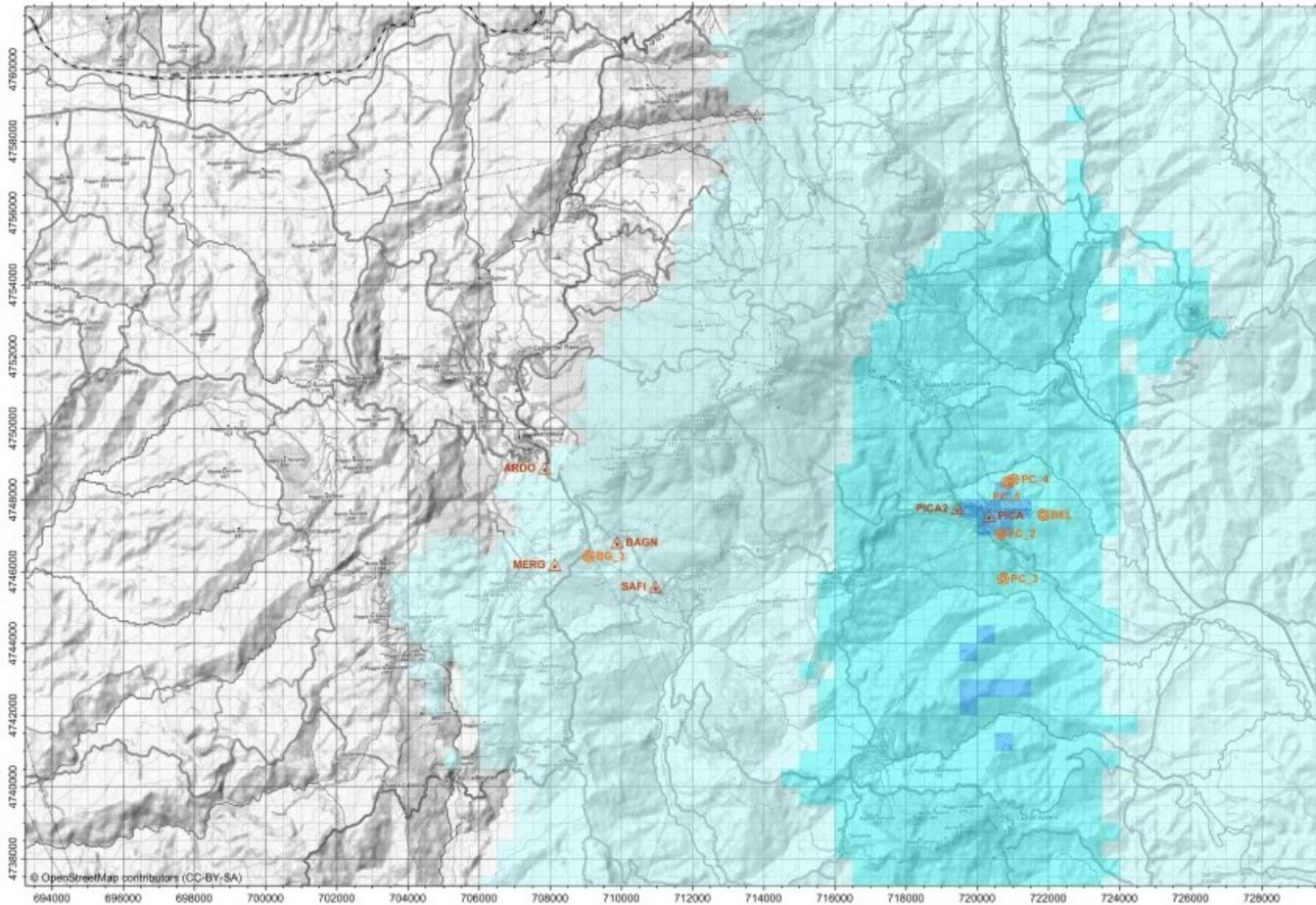
Massimo:	1.55E-01
Mediar:	1.54E-02
1° quartile:	6.24E-03
Mediana:	1.08E-02
3° quartile:	1.88E-02

Sistema di Riferimento
ETRS89 / UTM zona 32N



Fonte: elaborazione CESI Commessa: AG15ESC022 Protocollo: B7008057

Area del Monte Amiata – scenario progressivo



Enel Green Power S.p.A.
Area Geotermica Amiatina

Valutazione delle ricadute
associate alle emissioni convogliate

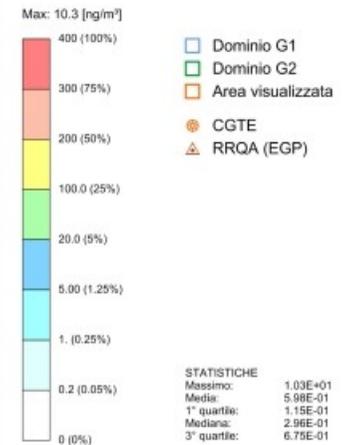
Anno meteorologico 2014



Tavola 10.a

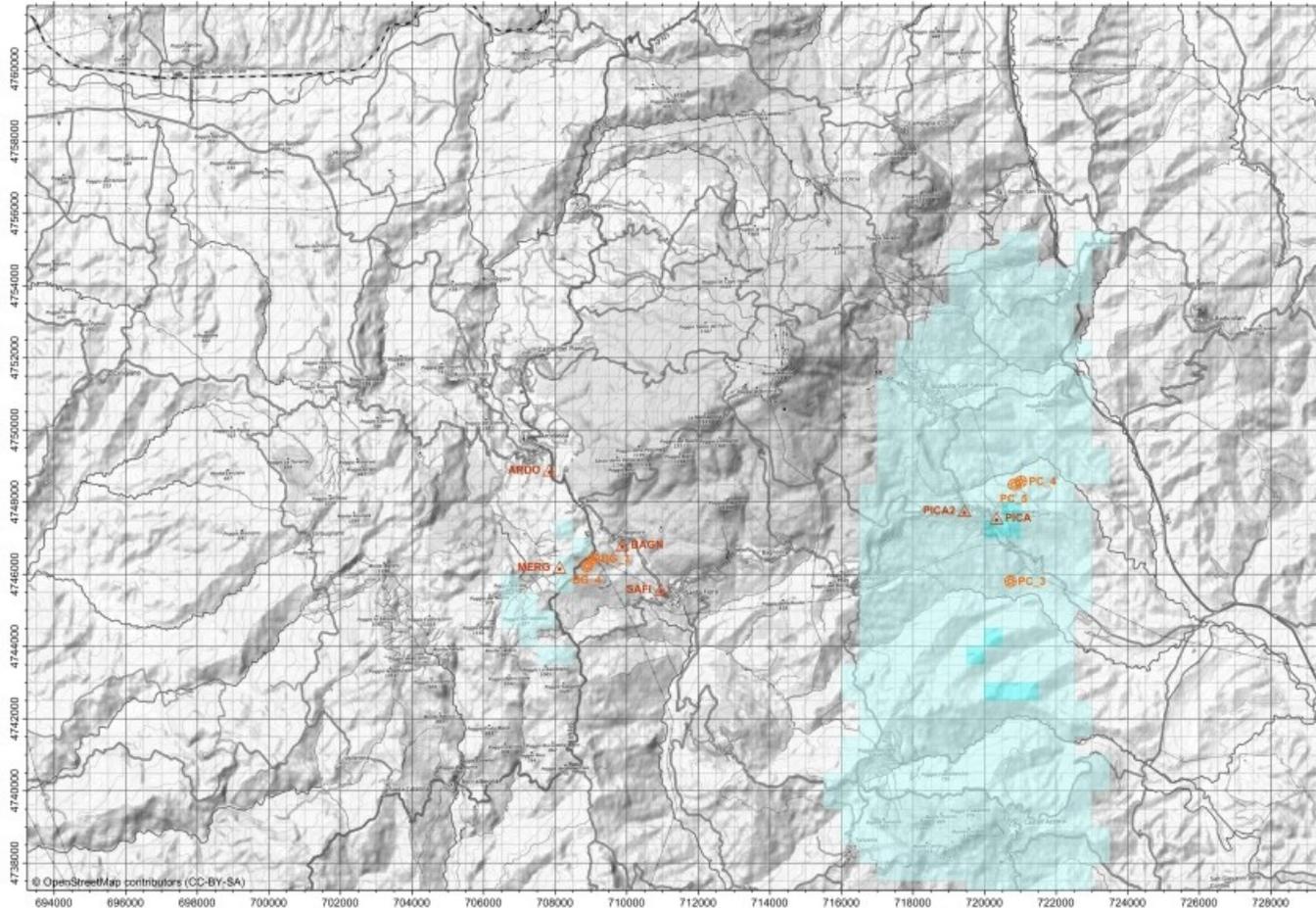
Scenario Progressivo (v20160907)
Ricadute delle emissioni in fase Gas
Hg - Concentrazione media annua [ng/m³]

Limite di legge (D.Lgs 155/2010): N/A
Valore riferimento DGR 344/10: 200 ng/m³



Fonte: elaborazione CESI Commessa: AG15ESC022 Protocollo: B7008057

Area del Monte Amiata – scenario attuale



Enel Green Power S.p.A.
Area Geotermica amiatina

Valutazione delle ricadute
associate alle emissioni convogliate

Anno meteorologico 2014

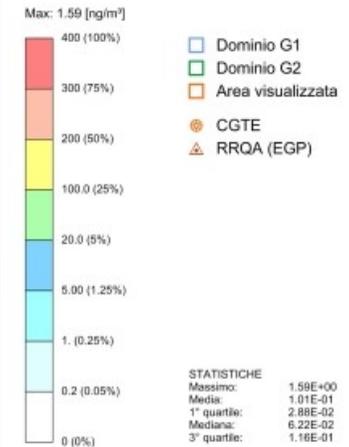


Tavola 10.b

Scenario Attuale (v20160907)

Ricadute delle emissioni in fase Gas
Hg - Concentrazione media annua [ng/m³]

Limite di legge (D.Lgs 155/2010): N/A
Valore riferimento DGR 344/10: 200 ng/m³



Area del Monte Amiata

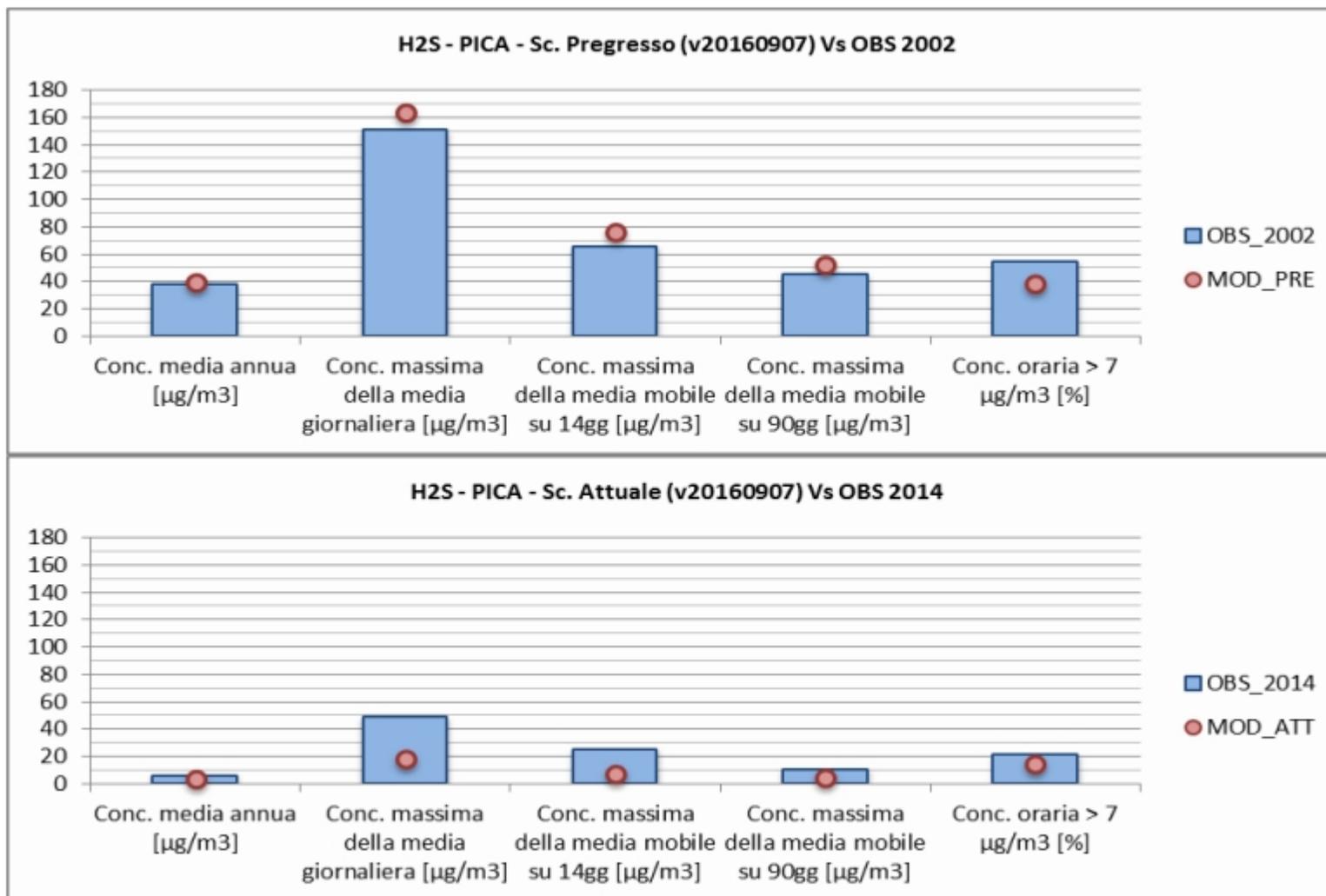
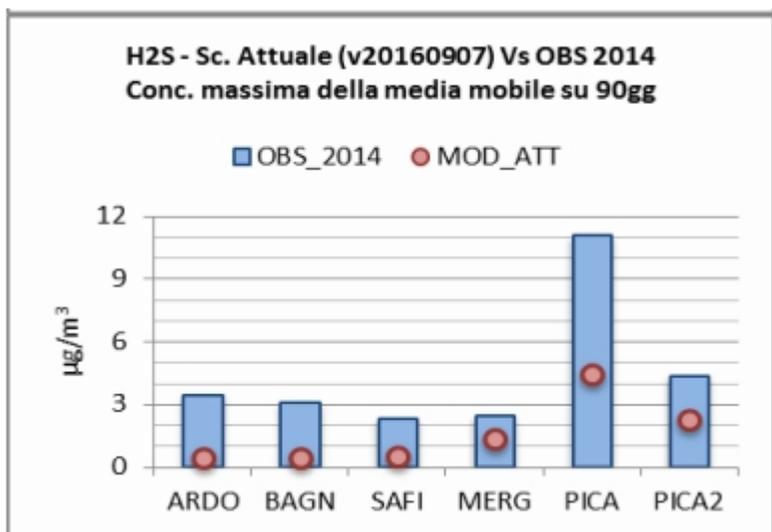
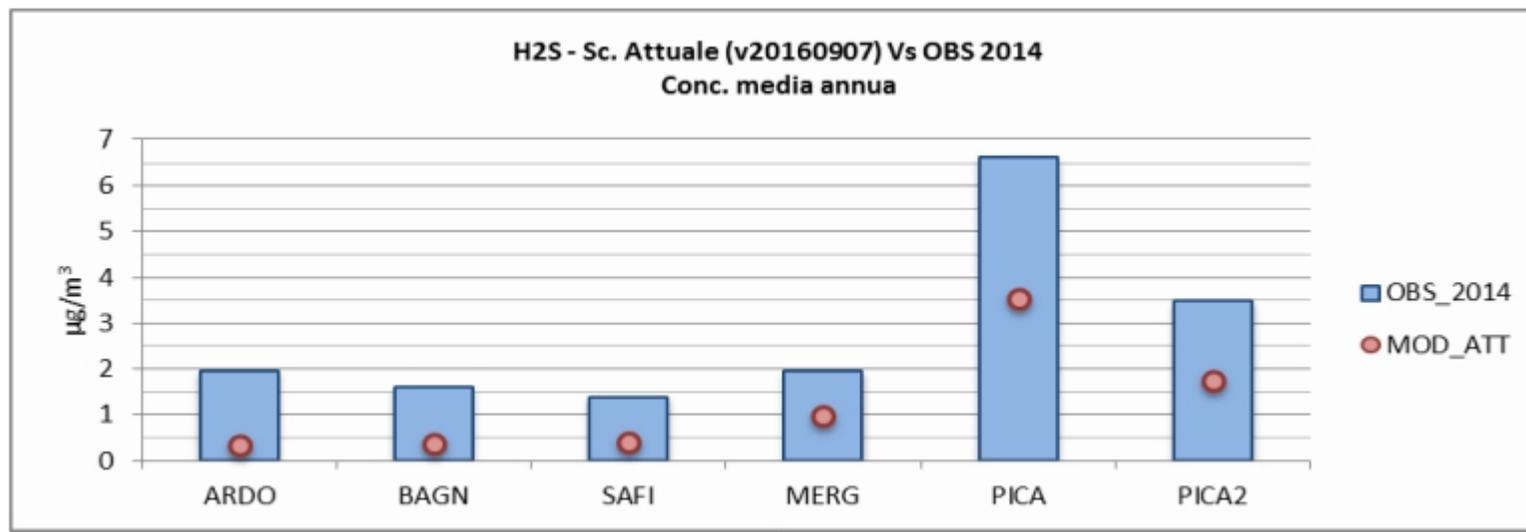
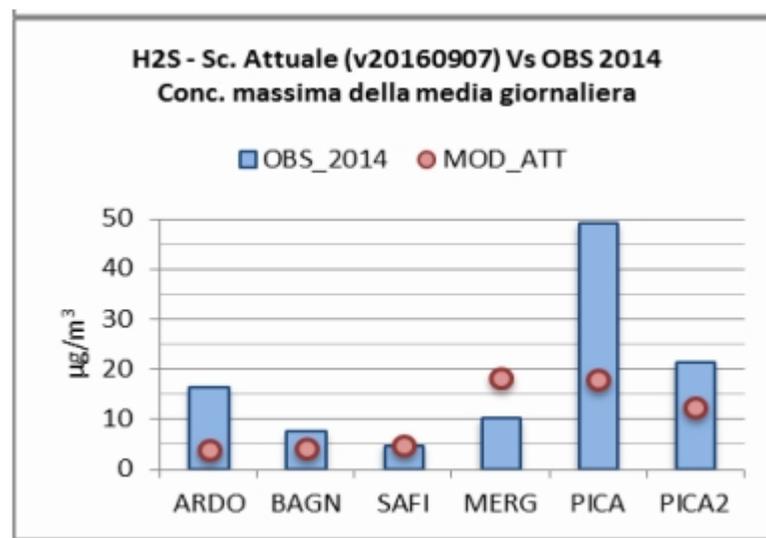


Figura 6.1 – H₂S - Postazione PICA. Confronto tra modello "scenario Progresso" (MOD) e misura (OBS) registrata nel 2002 (sopra) e tra modello "scenario Attuale" (MOD) e misura (OBS) registrata nel 2014 (sotto)

Area del Monte Amiata



Riferimento WHO: 20 µg/m³



Riferimento WHO: 150 µg/m³

Centro abitato	Concentrazione media annua					
	H ₂ S [µg/m ³]		Hg [ng/m ³]		As [ng/m ³]	
	Scenario Progressivo	Scenario Attuale	Scenario Progressivo	Scenario Attuale	Scenario Progressivo	Scenario Attuale
Abbadia San Salvatore	10.2	1.1	2.44	0.35	0.069	0.039
Arcidosso	1.3	0.3	0.19	0.06	0.008	0.014
Baccinello	0.6	0.1	0.09	0.02	0.004	0.005
Bagni San Filippo	3.4	0.4	0.70	0.11	0.022	0.017
Bagnoli	1.2	0.2	0.18	0.05	0.008	0.011
Bagnolo	2.6	0.4	0.48	0.10	0.017	0.018
Bagnore	1.9	0.4	0.31	0.09	0.013	0.020
Campiglia d'Orcia	2.8	0.4	0.53	0.09	0.017	0.015
Cana	0.7	0.1	0.11	0.03	0.004	0.006
Castel del Piano	1.1	0.2	0.17	0.04	0.007	0.009
Castell'Azzara	12.2	1.2	2.75	0.39	0.086	0.046
Castiglioncello Bandini	0.7	0.1	0.11	0.03	0.004	0.006
Cellena	2.2	0.3	0.43	0.09	0.015	0.017
Cinigiano	0.6	0.1	0.09	0.02	0.003	0.005
Contignano	3.4	0.4	0.75	0.11	0.023	0.014
Le Macchie	1.1	0.2	0.17	0.05	0.007	0.010
Montegiovì	1.0	0.2	0.15	0.04	0.006	0.009
Montelaterone	1.0	0.2	0.15	0.04	0.006	0.008
Montenero	0.7	0.1	0.11	0.03	0.005	0.007
Monticello Amiata	0.9	0.2	0.14	0.03	0.005	0.007
Pescina	1.1	0.2	0.18	0.04	0.006	0.007
Petricci	1.9	0.3	0.38	0.08	0.013	0.014
Piancastagnaio	18.7	1.7	4.71	0.56	0.130	0.061
Poggio Rosa	0.9	0.1	0.16	0.03	0.006	0.006
Quaranta	7.7	0.8	1.90	0.24	0.053	0.032
Radicofani	6.6	0.6	1.42	0.20	0.046	0.024
Roccalbegna	0.9	0.2	0.16	0.03	0.006	0.007
Salaiola	0.9	0.2	0.15	0.04	0.006	0.008
San Giovanni delle Contee	2.7	0.3	0.52	0.08	0.018	0.013
San Lorenzo	1.2	0.2	0.18	0.05	0.007	0.011
Santa Caterina	1.0	0.2	0.16	0.04	0.006	0.009
Santa Fiora	1.9	0.4	0.32	0.08	0.013	0.018
Saragiolo	5.2	0.6	1.13	0.18	0.035	0.026
Seggiano	0.9	0.2	0.13	0.03	0.005	0.006
Selva	3.3	0.5	0.63	0.12	0.023	0.023
Selvena	5.3	0.6	1.11	0.19	0.036	0.023
Staz. Sant'Angelo-Cinigiano	0.5	0.1	0.07	0.02	0.003	0.004
Stribugliano	0.8	0.2	0.13	0.03	0.005	0.007
Tre Case	7.3	0.8	1.66	0.23	0.049	0.030
Vallerona	0.8	0.1	0.13	0.03	0.005	0.007
Vivo d'Orcia	1.9	0.3	0.37	0.07	0.012	0.012
Zancona	1.2	0.2	0.19	0.05	0.008	0.012

Area dell'Amiata

Per quanto riguarda il mercurio (Hg) si può ricordare (ARPAT-News n. 103-2013): «Le concentrazioni ... di mercurio ... sono sempre inferiori ai valori di riferimento disponibili. Nel caso di Hg si tratta sempre di valori inferiori per ordini di grandezza al valore di riferimento. Si pensi che il valore di riferimento è pari a 200 ng/m³ come media annua, mentre i valori rilevati sono al massimo pari a qualche unità. Ad Arcidosso nell'anno 2012 il mezzo mobile ARPAT ha rilevato una media annua pari a 0,16 ng/m³.»

Per quanto riguarda l'arsenico (As) le stime modellistiche risultano almeno 40 volte inferiori al valore di riferimento (6 ng/m³) per lo scenario progressivo, almeno 80 volte inferiori nello scenario attuale.

Sintesi conclusiva – 1

Le simulazioni relative all'Area tradizionale devono essere considerate più realistiche in quanto la schematizzazione delle sorgenti ed i ratei emissivi impiegati distinguono gli eventi di fuori servizio del sistema AMIS o della centrale. E' infatti ormai appurato che gli impatti più rilevanti e significativi (soprattutto per l'H₂S) dovuti alle CGTE sono legati e prodotti da questi eventi: gli impatti in fase di esercizio a regime sembrano sostanzialmente accettabili (per tutti gli inquinanti le stime che si ottengono, avvalorate dalle misure di qualità dell'aria eseguite, risultano ampiamente inferiori ai valori di riferimento adottabili corrispondenti).

I risultati ottenuti nelle simulazioni relative all'area del Monte Amiata appaiono maggiormente adeguati quando riferiti a tempi di mediazione lunghi (medie annue e medie su 90 giorni), meno realistici su tempi brevi (medie giornaliere e superamenti di soglie di odore ecc.).

Sempre relativamente all'Area del Monte Amiata, all'interno degli Studi di impatto Ambientale (e materiale di corredo) - effettuati nel corso degli anni per le procedure di VIA (Bagnore 4 e PC_6) - sono disponibili informazioni e risultati modellistici anche di maggiore dettaglio rispetto a quelli dello studio di area vasta.

Sintesi conclusiva - 2

Lo studio modellistico dell'Area del Monte Amiata indica come:

- allo stato attuale non emerge un'influenza rilevante tra le emissioni del bacino di Bagnore e quelle dell'area di Piancastagnaio e viceversa;
- i livelli di impatto attesi dalle emissioni in atmosfera delle CGTE risultano rientrare entro i valori di riferimento adottabili (DGR 344/2010 Allegato A);
- continuano invece a mantenersi condizioni che possono portare a disagio olfattivo, a livello più marcato nell'area di Piancastagnaio.

Nel complesso, i dati di concentrazione di H₂S, Hg e As in aria ambiente ottenuti con tali simulazioni offrono una stima sufficientemente realistica della potenziale esposizione ambientale della popolazione alle emissioni delle centrali geotermoelettriche. Tale considerazione è maggiormente valida per le stime relative alle concentrazioni di lungo periodo (90 giorni, un anno) e nello scenario emissivo pregresso, su cui gravano minori incertezze di calcolo.