

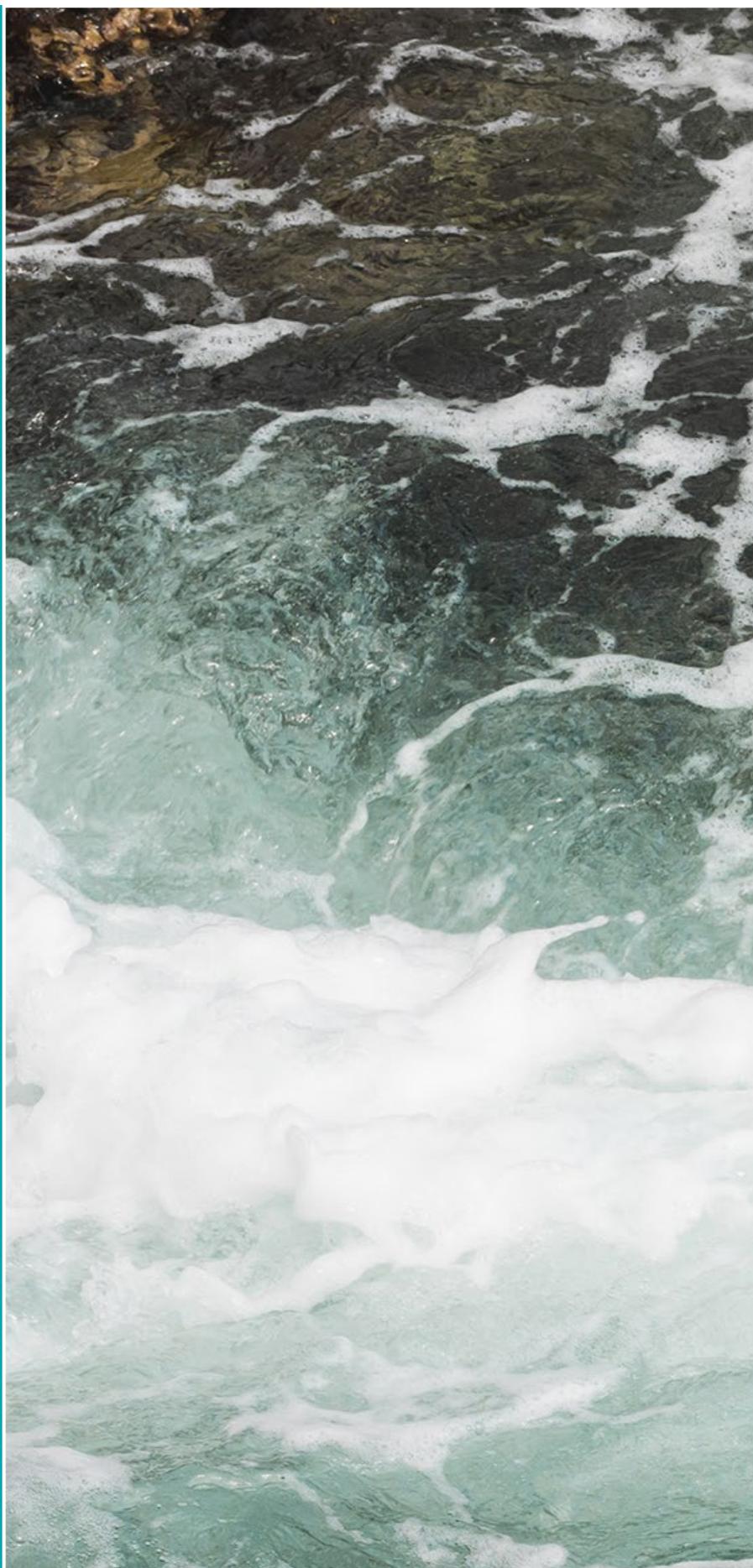
Qualità delle  
acque superficiali,  
sotterranee e  
sorgenti  
Area Geotermica  
del Monte Amiata

Monitoraggio ENEL  
Green Power Italia  
Monitoraggio e  
validazione ARPAT

Anno 2023



Report  
ARPAT



Qualità delle  
acque superficiali,  
sotterranee e  
sorgenti

Area Geotermica  
del Monte Amiata

Monitoraggio ENEL  
Green Power Italia  
Monitoraggio e  
validazione ARPAT

Anno 2023

Firenze, 2024

**Qualità delle acque superficiali, sotterranee e sorgenti. Area Geotermica del Monte Amiata – Anno 2023**

**Riassetto Piancastagnaio (DGRT n. 229/2011)**

A cura di:

*Luca Sbrilli, Francesca Andreis* – ARPAT, Settore Geotermia

Con la collaborazione di:

*Cesare Fagotti* - ARPAT, Dipartimento di Siena

*Federico Luchi* - ARPAT, Settore Laboratorio di Siena - AVSud

*Simone Magi, Emanuele Cecconi, Andrea Fattori* - ARPAT, Settore Geotermia

Editing e copertina:

ARPAT, Settore Comunicazione, informazione e documentazione

Immagini di copertina: elaborazione ARPAT da Freepik



ARPAT 2024

## INDICE

SINTESI.....	5
1. INTRODUZIONE E FINALITÀ DEL MONITORAGGIO.....	6
2. PUNTI DI CAMPIONAMENTO.....	6
3. RISULTATI.....	9
4. OSSERVAZIONI E ANALISI DEI RISULTATI.....	29
4.1 Punti Acqua Superficiale (PAS).....	29
4.2 Punti Acqua di Falda (PAF).....	34
4.3 Piezometri (Pz 6, Pz7, Pz4 e Pz9).....	41
5. CONCLUSIONI.....	45
5.1 Considerazioni finali PAS (acque superficiali).....	45
5.2 Considerazioni finali (PAF) (acque di falda).....	45
5.3 Considerazioni finali (PZ) (acque di piezometro).....	45

## **SINTESI**

Questo documento rappresenta l'aggiornamento, relativo all'anno 2023, del monitoraggio di acque superficiali, sorgenti e piezometri nella zona geotermica del Monte Amiata, effettuato da ENEL GREEN POWER ITALIA (di seguito EGPI) nell'ambito della Delibera 229/2011 "*Riassetto dell'area geotermica di Piancastagnaio*" e del procedimento di VIA per la costruzione della nuova centrale Bagnore 4. Il Settore Geotermia di ARPAT effettua la verifica della congruità dei risultati di EGPI, sia mediante campionamenti in parallelo con relativo confronto dei risultati ottenuti, sia mediante la verifica della presenza di tendenze all'incremento dei parametri monitorati. Contestualmente viene delineata la tendenza del quadro chimico-fisico completo nello sviluppo temporale a partire dal 2011.

## **1. INTRODUZIONE E FINALITÀ DEL MONITORAGGIO**

A partire dal 2002, ARPAT effettua, tramite i Dipartimenti provinciali ARPAT di Siena e Grosseto, il monitoraggio della falda acquifera del Monte Amiata, nell'ambito del piano di controllo delle acque sotterranee promosso dalla Regione Toscana e in ottemperanza al D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.

Il piano di monitoraggio, oggetto del presente documento, è invece distinto dal succitato piano di controllo in quanto è il risultato di una attività svolta da ARPAT, Settore Geotermia, come verifica del monitoraggio svolto da parte di EGPI, ai sensi della pronuncia di compatibilità ambientale del progetto relativo al "*Riassetto dell'Area geotermica di Piancastagnaio*", di cui alla Delibera della RT n. 229/2011. Tale progetto ha previsto la realizzazione di opere volte a razionalizzare e migliorare l'impiego della risorsa geotermica sia sotto l'aspetto energetico sia sotto l'aspetto ambientale, e in tale ambito si inserisce l'obbligo di monitoraggio da parte di EGPI e l'attività di verifica corrispondente da parte di ARPAT.

Tale piano è stato integrato e presentato nel procedimento di VIA di Bagnore 4 mediante l'esecuzione, nei mesi di settembre 2014 e luglio 2015, di due piezometri denominati rispettivamente Pz4 e Pz9, in aggiunta ai 2 piezometri già operativi dal 2012 e denominati Madonna del Castagno – Pz6 e La valle – Pz7.

Il presente piano di monitoraggio, sebbene distinto dal piano di controllo generale di cui al D.lgs. 152/2006 e s.m.i, ne costituisce di fatto un'integrazione, poiché aumenta i punti di controllo della falda acquifera e prevede anche il monitoraggio delle acque superficiali e profonde del Monte Amiata.

## **2. PUNTI DI CAMPIONAMENTO**

I controlli sono stati svolti presso i seguenti punti di campionamento:

- n.8 stazioni di acque superficiali (PAS) localizzate nei comuni di Piancastagnaio e Santa Fiora;
- n. 9 stazioni di acque di falda (PAF), delle quali tre coincidenti con il piano di controllo generale, localizzate nei comuni di Castiglione d'Orcia, Abbadia San Salvatore, Piancastagnaio, Castel del Piano, Santa Fiora e Arcidosso;
- n.4 piezometri (Pz4, Pz6, Pz7e Pz9), tutti ubicati nel comune di Santa Fiora (GR) eccetto Pz9, che risulta ubicato nel Comune di Abbadia San Salvatore (SI).

Nelle tabelle seguenti sono riportate le denominazioni delle stazioni di prelievo con le relative coordinate geografiche. È inoltre riportata la cartografia di localizzazione dei punti di prelievo in questione.

**Tabella 2.1: Acque superficiali (PAS) - georeferenziazione**

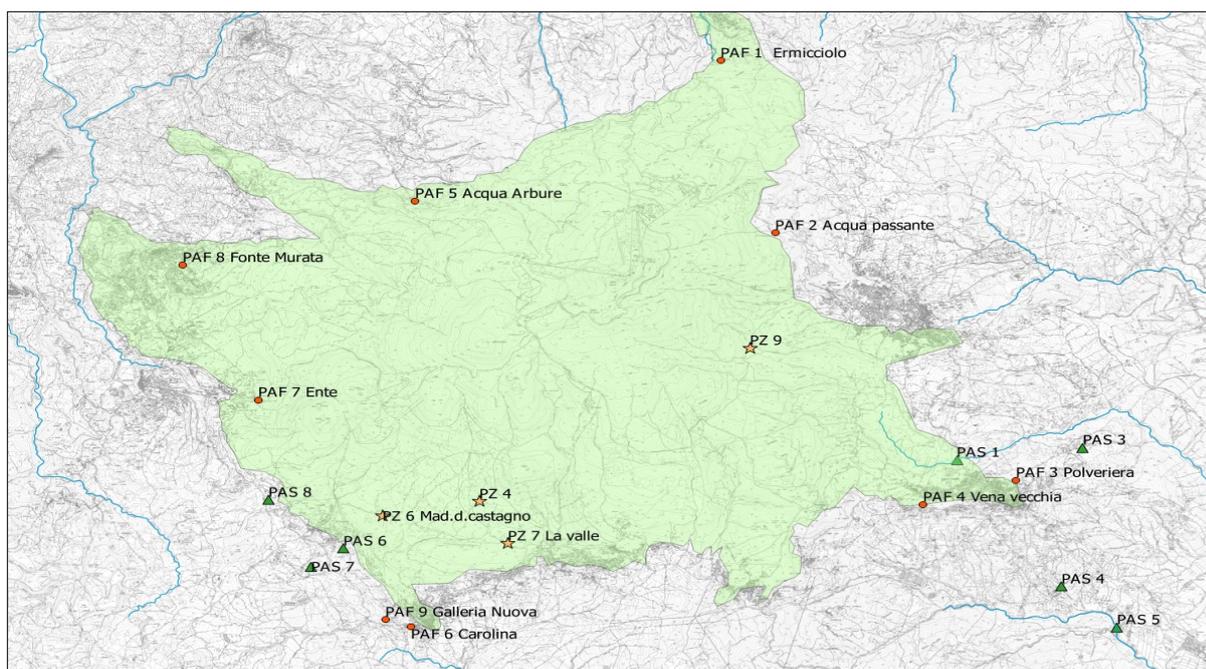
Codifica punto	Luogo	GB_E	GB_N	note
PAS1	Piancastagnaio (SI)	1721337	4749252	Punto di prelievo pericoloso dopo crollo del ponticello sul fosso
PAS1	Piancastagnaio (SI)	1721678	4748833	Punto di prelievo sostitutivo del precedente posto più a monte utilizzato dalla data ottobre 2021
PAS2	Piancastagnaio (SI)	1721678	4748833	costantemente secco
PAS3	Piancastagnaio (SI)	1720835	4748579	Punto sostituito con il vicino Fosso Sereno
PAS4	Piancastagnaio (SI)	1720796	4745957	
PAS5	Piancastagnaio (SI)	1721742	4745413	
PAS6	Bagnore-Santa Fiora (GR)	1709948	4746826	
PAS7	Bagnore-Santa Fiora (GR)	1709662	4746319	
PAS8	Bagnore-Santa Fiora (GR)	1709063	4747565	

**Tabella 2.2: Acque di falda (PAF) - georeferenziazione**

Codifica punto	Nome	Comune - Provincia	Quota (m s.l.m.)	GB_E	GB_N
PAF1	Ermicciole	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

**Tabella 2.3: Acque di piezometro (Pz6, Pz7, Pz4 e Pz9) - georeferenziazione**

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
Pz.9	Poggio dei Frati - Abbadia S. Salvatore	1024	1716181	4750386

**Figura 1: Cartografia con la posizione delle stazioni di monitoraggio PAF, PAS e dei piezometri**

Si evidenzia che dal 2014 i punti PAS2 e PAS3 sono risultati sempre in secca, in tutte le stagioni. Per tale motivo, il primo è stato eliminato in quanto, in prossimità dello stesso, non vi erano siti idonei ad una sua sostituzione, mentre il secondo punto di campionamento, a partire dal 2017, è stato modificato, ovvero ricavato sul Fosso Sereno, sul quale scorre acqua tutto l'anno. Ciò ha permesso l'effettuazione di un monitoraggio continuativo.

Il monitoraggio si svolge nei modi e nei tempi stabiliti dal Piano di monitoraggio ENEL n. 1374206 del 11/02/2013, presentato nell'ambito del procedimento di VIA di Bagnore 4. Tale documento integra e aggiorna il piano di monitoraggio ENEL n. 1002229 del settembre 2011, già presentato nell'ambito del procedimento di compatibilità ambientale del progetto "*Riassetto dell'Area geotermica di Piancastagnaio*". Entrambi i documenti sono stati approvati da ARPAT.

Il monitoraggio di EGPI è iniziato nel mese di ottobre 2012 ed è previsto che prosegua fintanto che la centrale geotermoelettrica Bagnore 4 sarà operativa.

ARPAT, a partire dal 2012, accerta la congruità dei dati EGPI mediante l'effettuazione di prelievi in parallelo al fine di verificare eventuali scostamenti significativi. In questo documento sono dunque osservabili i risultati ottenuti (le colonne evidenziate in grigio si riferiscono ai risultati ARPAT). Di seguito sono riportati e commentati gli esiti dei campionamenti per quanto attiene i PAS, PAF e i Piezometri relativi all'anno 2023.

Nel presente report, visto che i dati disponibili si sviluppano in un arco temporale abbastanza significativo (dal 2012 al 2023), verranno anche illustrate elaborazioni per alcuni parametri di riferimento. Si fa presente infine che, a causa della situazione pandemica mondiale, in alcuni periodi le campagne di rilevamento non sono state eseguite in virtù delle disposizioni in materia di sicurezza sanitarie imposte.

### 3. RISULTATI

Si riportano di seguito, in forma tabellare, gli esiti relativi alle campagne analitiche svolte da EGPI e ARPAT nell'anno 2023 per le acque superficiali (PAS) e per le acque di sorgente (PAF). Per quanto concerne le acque sotterranee relative ai piezometri (PZ), tenuto conto che si tratta di letture mensili, si riportano i valori misurati nell'arco dell'anno 2023.

**Tabella 3.1- Risultati analisi acque superficiali (PAS-1)**

Data	03/05/23	03/05/23	20/12/23	20/12/23
Fonte	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT
Portata (L/s)	0,1	-	0,1	
Temp. acqua (°C)	16,8	16,8*	5,8	5,2
PH (unitàpH)	8	8*	7,5	7,6
Conducibilità(µS/cm a 20°C)	352	352*	380	290
Ossigeno disciolto (mg/L)	-	-	-	-
Bicarbonati	-	-	-	-
Alcalinità	-	-	-	-
Ammoniaca (mg/L)	0,2	<0,4	<0,2	<0,02
Nitriti (mg/L)	-	<0,05	-	<0,05
Nitrati (mg/L)	-	<1	-	2,9
Cloruri (mg/L)	7,2	13	8,1	19
Solfati (mg/L)	13	9,7	18	11
Ortofosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fosfati (mg/L)	11	-	-	-
Fluoruri (mg/L)	-	-	-	-
Bromuri(mg/L)	-	-	-	-
Calcio (mg/L)	-	-	-	-
Magnesio (mg/L)	-	-	-	-
Sodio (mg/L)	-	-	-	-
Potassio (mg/L)	-	-	-	-
Silice (mg/L)	-	-	-	-
Arsenico(µg/L)	4,5	5,3	9,4	6,6
Antimonio (µg/L)	<0,5	-	6,3	<0,5
Boro (µg/L)	54	65	44	54
Selenio (µg/L)	<10	<1	<0,5	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	0,011	<0,5	-
Titanio (µg/L)	<5	<1	<5	<1
Litio (µg/L)	-	2,9	-	<1
Rubidio (µg/L))	-	26	-	22
Cesio (µg/L)	-	1,3	-	<1
Stronzio (µg/L)	-	94	-	140
Tallio (µg/L)	-	<0,1	-	0,13

**Nota \*:** Durante il campionamento di Maggio 2023 si sono registrati problemi allo strumento di ARPAT, per completezza sono stati riportati gli stessi dati misurati da ENEL GP

**Tabella 3.2 - Risultati analisi acque superficiali (PAS-3)**

Data	03/05/23	05/05/23	19/12/23	19/12/23
Fonte	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT
Portata (L/s)	0,1	-	0,1	-
Temp. acqua (°C)	16	16*	8,2	8,7
PH (unitàpH)	8,3	8,3*	7,7	7,2
Conducibilità(µS/cm a 20°C)	304	304*	320	219
Ossigeno disciolto (mg/L)	-	-	-	-
Bicarbonati	-	-	-	-
Alcalinità	-	-	-	-
Ammoniaca (mg/L)	<0,2	<0,4	0,7	-
Nitriti (mg/L)	-	<0,05	-	0,091
Nitrati (mg/L)	-	<1	-	4,3
Cloruri (mg/L)	11	1,1	14	15
Solfati (mg/L)	12	1,4	14	20
Ortofosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fluoruri (mg/L)	-	-	-	-
Bromuri(mg/L)	-	-	-	-
Calcio (mg/L)	-	-	-	-
Magnesio (mg/L)	-	-	-	-
Sodio (mg/L)	-	-	-	-
Potassio (mg/L)	-	-	-	-
Silice (mg/L)	-	-	-	-
Arsenico(µg/L)	6,9	7,7	6,8	8
Antimonio (µg/L)	<5	<0,5	0,54	0,51
Boro (µg/L)	102	110	110	120
Selenio (µg/L)	<0,5		<0,5	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	<0,1	<0,5	<0,01
Titanio (µg/L)	<5	2,2	< 5	7,6
Litio (µg/L)	-	17	-	18
Rubidio (µg/L))	-	32	-	37
Cesio (µg/L)	-	1,3	-	1,6
Stronzio (µg/L)	-	120	-	170
Tallio (µg/L)	-	<0,1	-	<0,1

**Nota \*:** Durante il campionamento di Maggio 2023 si sono registrati problemi allo strumento di ARPAT, per completezza sono stati riportati gli stessi dati misurati da ENEL GP

**Tabella 3.3 - Risultati analisi acque superficiali (PAS-4)**

Data	04/05/22	04/05/22	07/11/22	07/11/22
Fonte	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT
Portata (L/s)	-	-	-	-
Temp. acqua (°C)	-	-	-	-
PH (unità pH)	-	-	-	-
Conducibilità (µS/cm a 20°C)	-	-	-	-
Ossigeno disciolto (mg/L)	-	-	-	-
Bicarbonati	-	-	-	-
Alcalinità	-	-	-	-
Ammoniaca	-	-	-	-
Nitriti (mg/L)	-	-	-	-
Nitrati (mg/L)	-	-	-	-
Cloruri (mg/L)	-	-	-	-
Solfati (mg/L)	-	-	-	-
Ortofosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fluoruri (mg/L)	-	-	-	-
Bromuri(mg/L)	-	-	-	-
Calcio (mg/L)	-	-	-	-
Magnesio (mg/L)	-	-	-	-
Sodio (mg/L)	-	-	-	-
Potassio (mg/L)	-	-	-	-
Silice (mg/L)	-	-	-	-
Arsenico(µg/L)	-	-	-	-
Antimonio (µg/L)	-	-	-	-
Boro (µg/L)	-	-	-	-
Selenio (µg/L)	-	-	-	-
Mercurio (µg/L)	-	-	-	-
Titanio (µg/L)	-	-	-	-
Litio (µg/L)	-	-	-	-
Rubidio (µg/L)	-	-	-	-
Cesio (µg/L)	-	-	-	-
Stronzio (µg/L)	-	-	-	-
Tallio (µg/L)	-	-	-	-

**Note:** il campionamento di maggio e novembre 2023 non è stato possibile per alveo in secca

**Tabella 3.4 - Risultati analisi acque superficiali (PAS-5)**

Data	04/05/23	05/05/23	20/12/23	20/12/23
<b>Fonte</b>	<b>ENEL</b>	<b>ARPAT</b>	<b>ENEL</b>	<b>ARPAT</b>
Portata (L/s)	-	-	-	-
Temp. acqua (°C)	19,2	19,2*	7	6,6
PH (unitàpH)	8,4	8,4*	8,4	8,4
Conducibilità(µS/cm a 20°C)	577	577*	600	540
Ossigeno disciolto (mg/L)	-	-	-	-
Bicarbonati	-	-	-	-
Alcalinità	-	-	-	-
Ammoniaca(mg/L)	<0,2	<0,4	<0,2	<0,02
Nitriti (mg/L)	-	<0,05	-	<0,05
Nitrati (mg/L)	-	<1	-	10
Cloruri (mg/L)	37	1,7	41	22
Solfati (mg/L)	17	4,4	19	14
Ortofosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fluoruri (mg/L)	-	-	-	-
Bromuri(mg/L)	-	-	-	-
Calcio (mg/L)	-	-	-	-
Magnesio (mg/L)	-	-	-	-
Sodio (mg/L)	-	-	-	-
Potassio (mg/L)	-	-	-	-
Silice (mg/L)	-	-	-	-
Arsenico(µg/L)	1,5	1,9	11	3,2
Antimonio (µg/L)	1,7	1,9	3,7	2,1
Boro (µg/L)	100	110	96	110
Selenio (µg/L)	<0,5	<1	<0,5	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	<0,01	<0,5	<0,01
Titanio (µg/L)	<5	<1	< 5	<1
Litio (µg/L)	-	14	-	14
Rubidio (µg/L)	-	7,8	-	8,3
Cesio (µg/L)	-	<1	-	<1
Stronzio (µg/L)	-	280	-	310
Tallio (µg/L)	-	<0,1	-	<0,1

**Nota \*** Durante il campionamento di Maggio 2023 si sono registrati problemi allo strumento di ARPAT, per completezza sono stati riportati gli stessi dati misurati da ENEL GP

**Tabella 3.5 - Risultati analisi acque superficiali (PAS-6)**

Data	04/05/23	04/05/23	19/12/23	19/12/23
Fonte	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT
Portata (L/s)	1,5	-	-	-
Temp. acqua (°C)	17,4	17,4*	5	8,9
PH (unitàpH)	7,6	7,6*	7,3	7,1
Conducibilità(µS/cm a 20°C)	314	314*	370	265
Ossigeno disciolto (mg/L)	-	-	-	-
Bicarbonati	-	-	-	-
Alcalinità	-	-	-	-
Ammoniaca(mg/L)	<0,2	<0,4	<0,2	2,1
Nitriti (mg/L)	-	<0,05	-	0,25
Nitrati (mg/L)	-	2,5	-	4,5
Cloruri (mg/L)	19	18	20	22
Solfati (mg/L)	17	24	19	24
Ortofosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fluoruri (mg/L)	-	-	-	-
Bromuri(mg/L)	-	-	-	-
Calcio (mg/L)	-	-	-	-
Magnesio (mg/L)	-	-	-	-
Sodio (mg/L)	-	-	-	-
Potassio (mg/L)	-	-	-	-
Silice (mg/L)	-	-	-	-
Arsenico(µg/L)	9,8	11	6,6	7,8
Antimonio (µg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Boro (µg/L)	75	89	76	97
Selenio (µg/L)	<0,5	<1	<0,5	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	0,018	<0,5	<0,01
Titanio (µg/L)	<5	<1	<5	1,5
Litio (µg/L)	-	10	-	10
Rubidio (µg/L)	-	44	-	50
Cesio (µg/L)	-	5,5	-	4,8
Stronzio (µg/L)	-	110	-	140
Tallio (µg/L)	-	0,25	-	0,16

**Nota \*** Durante il campionamento di Maggio 2023 si sono registrati problemi allo strumento di ARPAT, per completezza sono stati riportati gli stessi dati misurati da ENEL GP

**Tabella 3.6 - Risultati analisi acque superficiali (PAS-7)**

Data	04/05/23	04/05/23	19/12/23	19/12/23
Fonte	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT
Portata (L/s)	0,1	-	-	-
Temp. acqua (°C)	15,3	15,3*	7	7,1
PH (unitàpH)	8,2	8,2*	7,7	7,8
Conducibilità(µS/cm a 20°C)	680	680*	750	563
Ossigeno disciolto (mg/L)	-	-	-	-
Bicarbonati	-	-	-	-
Alcalinità	-	-	-	-
Ammoniaca(mg/L)	<0,2	<0,4	<0,2	<2
Nitriti (mg/L)	-	<0,05	-	0,11
Nitrati (mg/L)	-	9,4	-	49
Cloruri (mg/L)	52	21	94	17
Solfati (mg/L)	20	61	16	110
Ortofosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fluoruri (mg/L)	-	-	-	-
Bromuri(mg/L)	-	-	-	-
Calcio (mg/L)	-	-	-	-
Magnesio (mg/L)	-	-	-	-
Sodio (mg/L)	-	-	-	-
Potassio (mg/L)	-	-	-	-
Silice (mg/L)	-	-	-	-
Arsenico(µg/L)	0,75	<1	1,5	1,5
Antimonio (µg/L)	0,98	1,1	1,4	1,5
Boro (µg/L)	410	420	660	1100
Selenio (µg/L)	<0,5	<1	<0,5	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	<0,01	<0,5	<0,01
Titanio (µg/L)	<5	<1	< 5	1,7
Litio (µg/L)	-	2,9	-	2,4
Rubidio (µg/L)	-	<1	-	1,4
Cesio (µg/L)	-	<1	-	< 1
Stronzio (µg/L)	-	380	-	370
Tallio (µg/L)	-	<0,1	-	<0,1

**Nota \*:** Durante il campionamento di Maggio 2023 si sono registrati problemi allo strumento di ARPAT, per completezza sono stati riportati gli stessi dati misurati da ENEL GP

**Tabella 3.7 - Risultati analisi acque superficiali (PAS-8)**

Data	04/05/23	05/05/23	19/12/23	19/12/23
Fonte	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT
Portata (L/s)	-	-	-	-
Temp. acqua (°C)	17,2	17,2*	10	9,7
PH (unitàpH)	7,8	7,8*	7,6	7,2
Conducibilità (µS/cm a 20°C)	2600	2600*	4000	3970
Ossigeno disciolto (mg/L)	-	-	-	-
Bicarbonati	-	-	-	-
Alcalinità	-	-	-	-
Ammoniaca (mg/L)	0,2	<0,4	<0,2	<0,4
Nitriti (mg/L)	-	<0,05	-	<0,05
Nitrati (mg/L)	-	1,8	-	3,2
Cloruri (mg/L)	61	67	834	900
Solfati (mg/L)	581	570	75	96
Ortofosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fluoruri (mg/L)	-	-	-	-
Bromuri(mg/L)	-	-	-	-
Calcio (mg/L)	-	-	-	-
Magnesio (mg/L)	-	-	-	-
Sodio (mg/L)	-	-	-	-
Potassio (mg/L)	-	-	-	-
Silice (mg/L)	-	-	-	-
Arsenico(µg/L)	<0,5	<1	0,6	< 1
Antimonio (µg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	< 0,5
Boro (µg/L)	30	40	43	56
Selenio (µg/L)	<0,5	<1	<0,5	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	-	<0,5	0,024
Titanio (µg/L)	<5	<1	< 5	< 1
Litio (µg/L)	-	3,9	-	5,7
Rubidio (µg/L)	-	24	-	43
Cesio (µg/L)	-	1,2	-	1,4
Stronzio (µg/L)	-	510	-	900
Tallio (µg/L)	-	<0,1	-	<0,1

**Nota \*:** Durante il campionamento di Maggio 2023 si sono registrati problemi allo strumento di ARPAT, per completezza sono stati riportati gli stessi dati misurati da ENEL GP

**Tabella 3.8 - Risultati analisi acque di falda (PAF 1) - SORGENTE ERMICCIOLO**

Data	04/05/23	04/05/23	29/11/23	29/11/23
<b>Fonte</b>	<b>ENEL</b>	<b>ARPAT</b>	<b>ENEL</b>	<b>ARPAT</b>
Portata (L/s)	120	-	82	-
Temp. acqua (°C)	8,5	9,5	8,3	8
PH (unitàpH)	6,8	6,8	6,4	6,6
Conducibilità (µS/cm a 20°C)	87	217	89	91
<b>Ossigeno disciolto (mg/L)</b>	-	-	-	-
<b>Bicarbonati</b>	-	-	-	-
<b>Alcalinità</b>	0,608		0,61	-
<b>Ammoniaca</b>	<0,2	<0,4	<0,2	<0,2
<b>Nitriti (mg/L)</b>	-	<0,05	-	<0,05
<b>Nitrati (mg/L)</b>	0,9	1,1	0,6	1,5
<b>Cloruri (mg/L)</b>	8,6	8,7	8,8	8,9
<b>Solfati (mg/L)</b>	2,5	5,4	2,7	3,1
<b>Ortofosfati (mg/L)</b>	-	<0,06	-	-
<b>Fosfati (mg/L)</b>	<0,2	-	< 0,2	-
<b>Fluoruri (mg/L)</b>	<0,1	-	<0,1	-
<b>Bromuri(mg/L)</b>	<0,1	-	< 0,1	-
<b>Calcio (mg/L)</b>	8,1	-	8,2	-
<b>Magnesio (mg/L)</b>	2,3	-	2,3	-
<b>Sodio (mg/L)</b>	5,1	-	4,8	-
<b>Potassio (mg/L)</b>	4	-	3,7	-
<b>Silice (mg/L)</b>	45,9	-	49	-
<b>Arsenico (µg/L)</b>	4,6	4,4	3,5	4,7
<b>Antimonio (µg/L)</b>	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
<b>Boro (µg/L)</b>	53	51	58	72
<b>Selenio (µg/L)</b>	<0,5	<1	<10	<1
<b>Mercurio (µg/L)</b>	<0,5	<0,01	<0,5	0,05
<b>Titanio (µg/L)</b>	<5	<1	< 5	<1
<b>Litio (µg/L)</b>	14	14	14	14
<b>Rubidio (µg/L)</b>	55	30	35	32
<b>Cesio (µg/L)</b>	5	3,9	2,8	4,1
<b>Stronzio (µg/L)</b>	65	60	61	190
<b>Tallio (µg/L)</b>	-	<0,1	-	<0,1

**Tabella 3.9 Risultati analisi acque di falda (PAF 2) - SORGENTE ACQUA PASSANTE**

Data	03/05/23	03/05/23	29/11/23	29/11/23
Fonte	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT
Portata (L/s)	0,1	-	-	-
Temp. acqua (°C)	13	12,7	11	11
PH (unitàpH)	4	4	4,1	4
Conducibilità (µS/cm a 20°C)	330	326	214	236
Ossigeno disciolto (mg/L)			-	-
Bicarbonati			-	-
Alcalinità	0		-	-
Ammoniaca	<0,2	<0,4	<0,2	<0,2
Nitriti (mg/L)	-	<0,05	-	<0,05
Nitrati (mg/L)	0,3	<1	<0,1	<1
Cloruri (mg/L)	5,9	6,2	4,1	6,5
Solfati (mg/L)	140,3	120	136	110
Ortofosfati (mg/L)	-		-	-
Fosfati (mg/L)	<0,2		< 0,2	-
Fluoruri (mg/L)	<0,1		<0,1	-
Bromuri(mg/L)	<0,1		< 0,1	-
Calcio (mg/L)	5,8		6,6	-
Magnesio (mg/L)	1,9		2	-
Sodio (mg/L)	4,4		4,6	-
Potassio (mg/L)	6,4		6,2	-
Silice (mg/L)	63,2		69	-
Arsenico (µg/L)	1,6	2,8	1	2,7
Antimonio (µg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Boro (µg/L)	44	48	37	51
Selenio (µg/L)	<1	2,3	<0,5	2,8
Mercurio (µg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	0,005
Titanio (µg/L)	<5	<1	< 5	<1
Litio (µg/L)	26	26	28	28
Rubidio (µg/L)	69	55	71	53
Cesio (µg/L)	10	9,7	7,1	9,6
Stronzio (µg/L)	51	29	53	36
Tallio (µg/L)	-	14	-	15

**Tabella 3.10 - Risultati analisi acque di falda (PAF 3) - SORGENTE POLVERIERA**

Data	03/05/23	03/05/23	30/11/23	30/11/23
Fonte	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT
Portata (L/s)	10	-	16	-
Temp. acqua (°C)	15	15,3	12	13,6
PH (unitàpH)	6,8	6,8	6,2	6,3
Conducibilità (µS/cm a 20°C)	122	220	130	120
Ossigeno disciolto (mg/L)			-	-
Bicarbonati			-	-
Alcalinità	0,74		0,7	-
Ammoniaca	<0,2	<0,4	<0,2	<0,2
Nitriti (mg/L)		<0,05	-	<0,05
Nitrati (mg/L)	4,9	4,9	3,7	4,7
Cloruri (mg/L)	10,3	11	10	10
Solfati (mg/L)	6,4	7,7	7,2	6,9
Ortofosfati (mg/L)	-		-	-
Fosfati (mg/L)	<0,2		<0,2	-
Fluoruri (mg/L)	<0,1		<0,1	-
Bromuri(mg/L)	<0,1		<0,1	-
Calcio (mg/L)	10		10,4	-
Magnesio (mg/L)	2,7		2,8	-
Sodio (mg/L)	7		7	-
Potassio (mg/L)	5,9		6	-
Silice (mg/L)	59,5		65	-
Arsenico (µg/L)	9,2	8,4	6,5	8,5
Antimonio (µg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	0,6
Boro (µg/L)	64	72	59	72
Selenio (µg/L)	<1	<1	<0,5	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	0,01	<0,5	<0,5
Titanio (µg/L)	<5	<1	<5	<1
Litio (µg/L)	19	20	21	19
Rubidio (µg/L)	58	47	58	49
Cesio (µg/L)	6,6	6	4,5	<1
Stronzio (µg/L)	81	66	79	78
Tallio (µg/L)	-	<0,1	-	<0,1

**Tabella 3.11 - Risultati analisi acque di falda (PAF 4) - SORGENTE VENA VECCHIA**

Data	03/05/23	03/05/23	30/11/23	30/11/23
Fonte	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT
Portata (L/s)	65	-	70	-
Temp. acqua (°C)	15	15,3	14	13,1
PH (unitàpH)	6,6	6,6	6,6	6,7
Conducibilità (µS/cm a 20°C)	104	204	100	114
Ossigeno disciolto (mg/L)			-	-
Bicarbonati			-	-
Alcalinità	0.73		0,73	-
Ammoniaca	<0,2	<0,4	-	<0,2
Nitriti (mg/L)	-	<0,05	-	<0,05
Nitrati (mg/L)	2,3	2,5	1,4	2,7
Cloruri (mg/L)	9,9	10	10	10
Solfati (mg/L)	4,4	5,4	4,5	5,3
Ortofosfati (mg/L)	-		-	-
Fosfati (mg/L)	<0,2		< 0,2	-
Fluoruri (mg/L)	<0,1		<0,1	-
Bromuri(mg/L)	<0,1		< 0,1	-
Calcio (mg/L)	9,3		9,7	-
Magnesio (mg/L)	2,6		2,7	-
Sodio (mg/L)	6,5		6,6	-
Potassio (mg/L)	5,4		5,7	-
Silice (mg/L)	58,8		63	-
Arsenico (µg/L)	6,9	7,9	5,9	7,7
Antimonio (µg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Boro (µg/L)	62	72	56	70
Selenio (µg/L)	<1	<1	<0,5	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	<0,01	<0,5	0,05
Titanio (µg/L)	<5	<1	< 5	<1
Litio (µg/L)	17	19	18	18
Rubidio (µg/L)	55	44	56	46
Cesio (µg/L)	53	5	3,6	5,2
Stronzio (µg/L)	75	60	73	73
Tallio (µg/L)	-	<0,1		<0,1

**Tabella 3.12 - Risultati analisi acque di falda (PAF 5) - SORGENTE ACQUA ARBURE**

Data	03/05/23	04/05/23	29/11/23	29/11/23
<b>Fonte</b>	<b>ENEL</b>	<b>ARPAT</b>	<b>ENEL</b>	<b>ARPAT</b>
Portata (L/s)	60	-	68	-
Temp. acqua (°C)	10	10,4	8	8
PH (unitàpH)	7	7	6,4	6,7
Conducibilità (µS/cm a 20°C)	87	187	90	87
<b>Ossigeno disciolto (mg/L)</b>		-	-	-
<b>Bicarbonati</b>		-	-	-
<b>Alcalinità</b>	0,62	-	0,58	-
<b>Ammoniaca</b>	<0,2	<0,4	-	<0,2
<b>Nitriti (mg/L)</b>	-	<0,05	-	<0,05
<b>Nitrati (mg/L)</b>	0,8	<1	0,4	1,1
<b>Cloruri (mg/L)</b>	7,7	7,8	8	7,7
<b>Solfati (mg/L)</b>	2	3,5	2	2,6
<b>Ortofosfati (mg/L)</b>	-	-	-	-
<b>Fosfati (mg/L)</b>	<0,2	-	< 0,2	-
<b>Fluoruri (mg/L)</b>	<0,1	-	<0,1	-
<b>Bromuri(mg/L)</b>	<0,1	-	< 0,1	-
<b>Calcio (mg/L)</b>	7,7	-	7,8	-
<b>Magnesio (mg/L)</b>	2	-	2,1	-
<b>Sodio (mg/L)</b>	4,8	-	4,8	-
<b>Potassio (mg/L)</b>	3,2	-	3,1	-
<b>Silice (mg/L)</b>	43,2	-	48	-
<b>Arsenico (µg/L)</b>	5	5,4	4	5,1
<b>Antimonio (µg/L)</b>	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
<b>Boro (µg/L)</b>	51	61	42	60
<b>Selenio (µg/L)</b>	<1	<1	<0,5	<1
<b>Mercurio (µg/L)</b>	<0,5	0,05	<0,5	0,05
<b>Titanio (µg/L)</b>	<5	<1	< 5	<1
<b>Litio (µg/L)</b>	11	12	11	11
<b>Rubidio (µg/L))</b>	38	25	28	26
<b>Cesio (µg/L)</b>	3,5	3,3	2,3	3,3
<b>Stronzio (µg/L)</b>	55	45	52	51
<b>Tallio (µg/L)</b>	-	<0,1		<0,1

**Tabella 3.13 - Risultati analisi acque di falda (PAF 6) - SORGENTE CAROLINA**

Data	03/05/23	03/05/23	30/11/23	30/11/23
Fonte	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT
Portata (L/s)	20	-	8	-
Temp. acqua (°C)	14	14	12	12,1
PH (unitàpH)	7,5	7,5	6,6	6,6
Conducibilità (µS/cm a 20°C)	104	464	93	98
Ossigeno disciolto (mg/L)			-	-
Bicarbonati			-	-
Alcalinità	0,712		0,71	-
Ammoniaca	<0,2	<0,4	-	<0,2
Nitriti (mg/L)	-	<0,05	-	<0,05
Nitrati (mg/L)	1,2	1,7	1,2	2,2
Cloruri (mg/L)	8,1	8,3	8,2	8,2
Solfati (mg/L)	3,3	4,3	3,4	4,2
Ortofosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fosfati (mg/L)	<0,2	-	< 0,2	-
Fluoruri (mg/L)	<0,1	-	<0,1	-
Bromuri(mg/L)	<0,1	-	< 0,1	-
Calcio (mg/L)	9	-	9,5	-
Magnesio (mg/L)	2,4	-	2,6	-
Sodio (mg/L)	5,7	-	5,7	-
Potassio (mg/L)	3,7	-	3,6	-
Silice (mg/L)	46,6	-	49	-
Arsenico (µg/L)	9,6	10	7,7	9,6
Antimonio (µg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Boro (µg/L)	71	81	63	77
Selenio (µg/L)	<1	<1	<1	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	<0,01	<0,5	0,05
Titanio (µg/L)	<5	<1	< 5	<1
Litio (µg/L)	15	16	15	15
Rubidio (µg/L))	35	30	37	30
Cesio (µg/L)	5	5	3,4	4,9
Stronzio (µg/L)	63	53	63	62
Tallio (µg/L)	-	<0,1	-	<0,1

**Tabella 3.14 - Risultati analisi acque di falda (PAF 7) - SORGENTE ENTE**

Data	04/05/23	04/05/23	29/11/23	29/11/23
Fonte	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT
Portata (L/s)	54	-	52	-
Temp. acqua (°C)	12	12	11	11,7
PH (unitàpH)	6,9	7	6,8	6,8
Conducibilità (µS/cm a 20°C)	120	115	102	95
Ossigeno disciolto (mg/L)			-	-
Bicarbonati			-	-
Alcalinità	0,8		0,77	-
Ammoniaca	<0,2	<0,4	-	<0,2
Nitriti (mg/L)	-	<0,05	-	<0,05
Nitrati (mg/L)	0,8	1	0,4	1,2
Cloruri (mg/L)	7,6	7,8	8	7,7
Solfati (mg/L)	1,9	2,7	2	2,6
Ortofosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fosfati (mg/L)	<0,2	-	< 0,2	-
Fluoruri (mg/L)	<0,1	-	<0,1	-
Bromuri(mg/L)	<0,1	-	< 0,1	-
Calcio (mg/L)	8,8	-	9	-
Magnesio (mg/L)	2,7	-	2,8	-
Sodio (mg/L)	5,9	-	6	-
Potassio (mg/L)	2,7	-	2,7	-
Silice (mg/L)	45,8	-	49	-
Arsenico (µg/L)	12	14	12	14
Antimonio (µg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Boro (µg/L)	82	92	78	93
Selenio (µg/L)	<1	<1	<0,5	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	<0,01	<0,5	0,05
Titanio (µg/L)	<5	<1	< 1	<1
Litio (µg/L)	16	17	17	16
Rubidio (µg/L)	37	28	32	30
Cesio (µg/L)	7,5	7,3	5,1	7,4
Stronzio (µg/L)	57	29	56	58
Tallio (µg/L)	-	<0,1	-	<0,1

**Tabella 3.15 - Risultati analisi acque di falda (PAF 8) - SORGENTE FONTE MURATA**

Data	04/05/23	04/05/23	29/11/23	29/11/23
Fonte	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT
Portata (L/s)	-	-	10	-
Temp. acqua (°C)	12	12,4	11	11,2
PH (unitàpH)	6,7	6,7	6,4	6,9
Conducibilità (µS/cm a 20°C)	130	134	120	119
Ossigeno disciolto (mg/L)			-	-
Bicarbonati			-	-
Alcalinità	0,87		0,89	-
Ammoniaca	<0,2	<0,4	-	<0,2
Nitriti (mg/L)	-	<0,05	-	<0,05
Nitrati (mg/L)	0,4	<1	0,6	1
Cloruri (mg/L)	9	9,1	9,6	9,2
Solfati (mg/L)	2,3	3,2	2,4	3,1
Ortofosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fosfati (mg/L)	<0,2	-	< 0,2	-
Fluoruri (mg/L)	<0,1	-	<0,1	-
Bromuri(mg/L)	<0,1	-	< 0,1	-
Calcio (mg/L)	10,4	-	11	-
Magnesio (mg/L)	3	-	3,1	-
Sodio (mg/L)	6,4	-	6,5	-
Potassio (mg/L)	4	-	3,8	-
Silice (mg/L)	55,4	-	59	-
Arsenico (µg/L)	4,8	5,8	4,4	5,9
Antimonio (µg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Boro (µg/L)	71	80	52	81
Selenio (µg/L)	<1	<1	<1	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	<0,01	<0,5	0,05
Titanio (µg/L)	<5	<1	< 1	<1
Litio (µg/L)	15	16	16	16
Rubidio (µg/L)	38	31	40	31
Cesio (µg/L)	4,3	4,2	2,9	4,2
Stronzio (µg/L)	75	63	76	77
Tallio (µg/L)	-	<0,1		<0,1

**Tabella 3.16 - Risultati analisi acque di falda (PAF 9) SORGENTE GALLERIA NUOVA**

Data	03/05/23	03/05/23	30/11/23	30/11/23
Fonte	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT
Portata (L/s)	650	-	500	-
Temp. acqua (°C)	15	14,6	12	11,5
PH (unitàpH)	6,9	7	7,7	6,7
Conducibilità (µS/cm a 20°C)	120	122	83	91
Ossigeno disciolto (mg/L)		-	-	-
Bicarbonati		-	-	-
Alcalinità	0,662	-	0,66	-
Ammoniaca	<0,2	<0,4	-	<0,2
Nitriti (mg/L)	-	<0,05	-	<0,05
Nitrati (mg/L)	0,7	1,3	0,5	1,5
Cloruri (mg/L)	7,4	7,5	7,6	7,5
Solfati (mg/L)	3,2	4,3	3,2	4,7
Ortofosfati (mg/L)	-	-	-	-
Fosfati (mg/L)	<0,2	-	< 0,2	-
Fluoruri (mg/L)	<0,1	-	<0,1	-
Bromuri(mg/L)	<0,1	-	< 0,1	-
Calcio (mg/L)	8,2	-	8,4	-
Magnesio (mg/L)	2,4	-	2,5	-
Sodio (mg/L)	5,5	-	5,4	-
Potassio (mg/L)	3,4	-	3,2	-
Silice (mg/L)	45,3	-	49	-
Arsenico (µg/L)	9,3	11	8,3	10
Antimonio (µg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Boro (µg/L)	71	83	45	81
Selenio (µg/L)	<1	<1	<0,5	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	<0,01	<0,5	0,05
Titanio (µg/L)	<5	<1	< 5	<1
Litio (µg/L)	14	15	15	15
Rubidio (µg/L))	36	26	34	26
Cesio (µg/L)	6	4,2	3,3	4,6
Stronzio (µg/L)	57	46	57	60
Tallio (µg/L)	-	<0,1		<0,1

**Tabella 3.17 - Risultati piezometro Pz6 - Anno 2023**

Data	18/01/23	20/02/23	20/03/23	17/04/23	25/04/23	25/05/23	20/06/23	19/07/23	28/08/23	18/09/22	11/10/23	21/11/23	20/12/23	19/12/23
Fonte	ENEL	ENEL	ENEL	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT	ENEL						
Temperatura Acqua (°C)	16	16	16	16,2	17	16,3	15,9	17	19	18	16	12	15,4	16
pH (unità pH)	6,7	6,7	6,23	6,6	6,19	6,33	6,4	6,5	6,4	6,4	6,4	6,8	6,2	6,3
Conducibilità (µS/cm a 20°C)	192	183	179	98	190	190	95	177	173	96	180	180	178	180
Alcalinità (meq/L)	0,616	0,46	0,59	0,66	-	0,63	0,59	0,58	0,6	0,66	0,6	0,67	-	0,6
Ammoniaca (mg/L NH4)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,4	<0,2
Nitrati (mg/L)	0,3	1	1,3	0,7	1,4	0,6	0,5	0,6	0,4	0,5	<0,1	1	<1	0,7
Nitriti (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloruri (mg/L)	6,4	6,3	6,6	6,7	7,3	6,8	6,7	7,5	6,8	6,9	6,7	6,8	6,9	6,6
Solfati (mg/L)	38,6	34	36	35	41	36	34	37,2	37	33,2	35	34,9	41	35
Fosfati (mg/L)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	-	<0,2
Fluoruri (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1
Bromuri (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Calcio (mg/L)	16,3	15,5	15,2	14	24	15,1	14	15	14	14,5	15	15	15	15
Magnesio (mg/L)	4,17	4,1	4,1	3,9	4,6	4	4	4,1	3,9	4	4,2	4	4,1	4,2
Sodio (mg/L)	8,49	8,5	8,5	8,2	11	8,6	8,4	8,6	8,4	8,7	8,2	8,5	10	8,4
Potassio (mg/L)	6,16	6,3	6,2	6,1	6	6,2	6,5	6,3	6,2	6,3	6,3	6,2	5,9	6,3
Ortofosfati (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Silice (mg/L)	72	85	79	80	-	81	73	76	72	72	74	78	-	77
Arsenico (µg/L)	9,3	7	6,1	8,5	8,6	9,4	8,4	8,4	7	7,7	8,1	6,7	8,9	7,8
Antimonio (µg/L)	0,31	0,018	0,012	0,015	<0,5	0,15	0,14	0,15	0,17	0,13	0,12	0,12	<0,5	0,17
Boro (µg/L)	180	180	190	180	190	190	190	180	180	190	180	160	200	170
Selenio (µg/L)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Titanio (µg/L)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Litio (µg/L)	30	37	29	28	30	26	16	27	26	27	32	29	31	29
Rubidio (µg/L)	63	75	69	86	64	72	68	65	63	60	71	71	43	70
Cesio (µg/L)	8,8	9,3	8,3	9,6	8,9	9,2	8,9	9,7	8,9	9,2	8,6	6,1	9,9	7,9
Stronzio (µg/L)	140	140	149	112	91	110	110	100	100	110	110	100	130	110
Tallio (µg/L)	-	-	-	-	<0,1	-	-	-	-	-	-	-	<0,1	-

**Tabella 3.18 - Risultati piezometro Pz7 - Anno 2023**

Data	19/01/23	21/02/23	21/03/23	18/04/23	26/05/23	26/05/23	21/06/23	19/07/23	29/08/23	19/09/23	12/10/23	22/11/23	19/12/23	19/12/23
Fonte	ENEL	ENEL	ENEL	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT	ENEL						
Temperatura Acqua (°C)	14	13,7	13,8	13,5	-	13,7	13,9	13	15	16	15	13	13,2	13
pH (unità pH)	6,9	6,9	7	7	-	6,9	7	6,8	7,1	7,2	7,3	7,3	7,4	7,1
Conducibilità (µS/cm a 20°C)	120	134	138	75	-	139	136	125	137	140	140	139	120	140
Alcalinità (meq/L)	0,73	0,76	0,73	0,73	-	0,74	0,72	0,75	0,75	-	0,73	0,73	-	0,6
Ammoniaca (mg/L NH4)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	<0,4	<0,2	<0,2	<0,4	<0,2
Nitrati (mg/L)	2,9	3,1	3,4	2,9	3,7	0,6	3,9	3,7	3,5	<1	3,7	2,3	3,8	3,3
Nitriti (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,05	-
Cloruri (mg/L)	11,2	11	12,1	12,5	13	6,8	12,3	13	13	12,6	12	12,6	13	12
Solfati (mg/L)	6,6	4,6	4,8	5,9	6,8	6	5,6	6,1	5,9	5,7	5,5	5,6	13	5,8
Fosfati (mg/L)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2		<0,2
Fluoruri (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1
Bromuri (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1
Calcio (mg/L)	13,1	11,8	11,8	11	21	11,3	11	12	11	11,4	11	11		11
Magnesio (mg/L)	2,6	2,6	2,7	2,5	3,1	2,6	2,6	2,7	2,6	2,6	2,6	2,7		2,7
Sodio (mg/L)	7,1	7,1	7,1	6,9	-	7,3	7,2	7,3	7,3	7,4	7	7,2		7,2
Potassio (mg/L)	5,26	3,7	5,2	5,2	-	5,4	5,5	5,4	5,2	5,3	5,2	5,9		5,4
Ortofosfati (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Silice (mg/L)	59	57	63	64	-	66	59	62	59	59	61	64	-	63
Arsenico (µg/L)	8,2	8	4,9	6,5	5,9	8,1	7,1	8,3	4,8	5,3	5,7	4,5	7	5,5
Antimonio (µg/L)	<2	<0,5	0,1	0,13	<0,5	0,12	0,11	0,11	0,013	0,1	0,14	0,1	<0,5	0,13
Boro (µg/L)	69	56	76	68	82	78	71	72	78	79	77	79	86	72
Selenio (µg/L)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<10	<1	<1	<1	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Titanio (µg/L)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<1	<1	<1	<1
Litio (µg/L)	19	21	18	17	18	16	16	17	17	17	20	19	19	18
Rubidio (µg/L)	55	53	58	71	49	57	55	60	47	48	59	62	77	56
Cesio (µg/L)	5,4	5,4	5,4	5,9	5,4	5,8	5,6	5,8	5,5	5,5	5,5	3,6	6,1	4,9
Stronzio (µg/L)	120	109	102	87	71	81	81	80	81	81	80	79	88	79
Tallio (µg/L)	-	-	-	-	<0,1	-	-	-	-	-	-	-	<0,1	-

**Tabella 3.19 - Risultati piezometro Pz4 - Anno 2023**

Data	18/01/23	20/02/23	20/03/23	17/04/23	25/05/23	25/05/23	20/06/23	19/07/23	28/08/23	18/09/23	11/10/23	21/11/23	20/12/23	19/12/23
Fonte	ENEL	ENEL	ENEL	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT	ENEL						
Temperatura acqua (°C)	11	11,1	11	11,3	13,4	11,4	11,7	13	13	13	12	13	11	12
pH (unità pH)	6,7	7	6,87	7,2	7,3	7	7,1	7,3	7,3	7,2	7,3	7,4	7,2	7,2
Conducibilità (µS/cm a 20°C)	94	97	95	98	94	94	95	91	97	96	96	96	82	96
Alcalinità (meq/L)	0,66	0,46	0,68	0,66	-	0,64	0,63	0,67	0,69	0,66	0,62	0,662	-	0,66
Ammoniaca (mg/L)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	<0,2	<0,4	<0,2	< 0,2	<0,2	<0,1	<0,1	< 0,2	< 0,2	<0,02	< 0,2
Nitrati (mg/L)	0,3	0,9	1,1	0,6	1,1	0,7	0,4	0,7	0,5	0,3	0,9	0,8	<1,0	0,5
Nitriti (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,05	-
Cloruri (mg/L)	7	6,7	7,1	7,3	7,3	7,4	7,1	7,2	7,7	7,5	7,1	7,3	7,4	6,8
Solfati (mg/L)	2	1,6	1,8	1,9	2,8	1,8	1,7	1,9	1,8	1,6	1,7	1,7	16	1,8
Fosfati (mg/L)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	-	<0,2
Fluoruri (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	-	<0,1
Bromuri (mg/L)	< 0,1	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1
Calcio (mg/L)	10,6	8,1	8,2	7,9	23	8,1	8	8	7,7	8	8,3	7,9	-	8,1
Magnesio (mg/L)	2,4	2,3	2,4	2,2	2,8	2,3	2,3	2,3	2,2	2,3	2,4	2,3	-	2,4
Sodio (mg/L)	5	4,8	4,9	5,1	6,5	5	5	5	5	5,1	5	4,9	-	4,9
Potassio (mg/L)	2,6	2,6	2,6	3,3	2,7	2,7	2,9	3,2	2,6	2,6	2,7	2,3	-	2,6
Ortofosfati (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Silice (mg/L)	40	47	43	43	-	45	40	42	40	40	41	42	-	43
Arsenico (µg/L)	15	7,7	7,1	17	9,1	9,2	8,6	9,3	7,3	9,6	8,6	7,5	9,4	9,4
Antimonio (µg/L)	<2	0,15	0,014	0,21	<0,5	0,16	0,14	0,16	0,14	0,1	0,16	0,14	<0,5	0,15
Boro (µg/L)	61	65	68	59	73	70	68	180	69	71	71	67	74	65
Selenio (µg/L)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-	<0,5
Titanio (µg/L)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<1	<1
Litio (µg/L)	15	18	13	12	13	12	12	13	12	12	15	13	14	13
Rubidio (µg/L)	26	27	22	31	20	25	26	22	21	21	26	27	21	19
Cesio (µg/L)	3,4	3,3	3,4	4,8	3,4	3,4	3,4	3,5	3,4	3,5	3,4	2,3	3,6	2,3
Stronzio (µg/L)	100	76	89	57	49	56	55	55	55	55	58	54	58	54
Tallio (µg/L)	-	-	-	-	<0,1	-	-	-	-	-	-	-	<0,1	-

**Tabella 3.20 - Risultati piezometro Pz9 - Anno 2023**

Data	19/01/23	21/02/23	21/03/23	18/04/23	26/05/23	25/05/23	21/06/23	20/07/23	29/08/23	19/09/23	12/10/23	22/11/23	20/12/23	20/12/23
Fonte	ENEL	ENEL	ENEL	ENEL	ARPAT	ENEL	ARPAT	ENEL						
Temperatura acqua (°C)	11	10,7	11	10,3	-	11	11	13	12	14	12	11	10,9	11
pH (unità pH)	7,4	7	7,3	7,1	-	6,69	6,7	6,8	7	7,1	7,2	7,19	6,8	6,8
Conducibilità (µS/cm a 20°C)	75	82	79	138	-	87	73	71	78	79,9	79,9	80	72	83
Alcalinità (meq/L)	0,49	0,4	0,48	0,73	-	0,49	0,47	0,5	0,49	0,48	0,47	0,49	-	0,48
Ammoniaca (mg/L NH4)	<0,2	<0,2	< 0,2	< 0,2	<0,4	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,1	<0,1	< 0,1	< 0,2	<0,02	<0,2
Nitrati (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<1	<0,1	<0,1	0,21	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<1	<0,1
Nitriti (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,05	-
Cloruri (mg/L)	5,8	6	5,9	6,2	6,4	7,3	6,1	6,1	6,2	-	6,1	6,2	6,3	6
Solfati (mg/L)	4	2,8	2,9	2,9	4,1	3,5	3,6	3,4	3,5	3,4	3,3	3,3	4,7	3,6
Fosfati (mg/L)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2		<0,2
Fluoruri (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1
Bromuri (mg/L)	< 0,1	< 0,1	<0,1	< 0,1	<0,2	<0,1	<0,1	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1
Calcio (mg/L)	7,7	6	6	5,4	14	5,6	5,6	5,7	5,5	5,7	5,6	5,5		5,6
Magnesio (mg/L)	2	2	2	1,8	2,6	1,9	1,9	2	1,9	1,9	2	1,9		2
Sodio (mg/L)	4,3	4,4	4,3	4,1	5,7	4,4	4,3	4,5	4,4	4,5	4,3	4,4		4,3
Potassio (mg/L)	3,3	3,7	3,3	3,1	3,3	3,3	3,4	3,5	3,3	3,3	3,2	3,5		3,3
Ortofosfati (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Silice (mg/L)	49	57	52	53	-	55	49	51	49	49	50	52	-	52
Arsenico (µg/L)	11	8	7,5	8,4	8,9	9,5	9,1	9,6	8	8,7	9,4	7,8	10	9,3
Antimonio (µg/L)	<2	0,28	0,016	0,15	<0,5	0,17	0,5	0,16	0,15	0,16	0,16	0,14	<0,5	0,21
Boro (µg/L)	50	56	56	47	61	59	56	53	59	60	56	32	61	53
Selenio (µg/L)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mercurio (µg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,1	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Titanio (µg/L)	<5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<1	<5
Litio (µg/L)	15	21	14	13	14	12	12	13	13	13	15	14	15	14
Rubidio (µg/L)	29	34	34	41	30	35	34	27	25	22	33	37	27	34
Cesio (µg/L)	3,1	3,3	3,3	3,4	3,1	3,4	3,1	3,3	3,3	3,3	3,3	2,1	3,4	2,7
Stronzio (µg/L)	77	72	52	41	33	37	36	37	38	37	37	36	39	37
Tallio (µg/L)	-	-	-	-	<0,1	-	-	-	-	-	-	-	<0,1	-

## 4. OSSERVAZIONI E ANALISI DEI RISULTATI

### 4.1 PUNTI ACQUA SUPERFICIALE (PAS)

Riguardo all'andamento dei risultati analitici relativi all'intera campagna di monitoraggio dei punti d'acqua superficiale, complessivamente, per l'anno 2023, non si rilevano marcati scostamenti rispetto agli anni precedenti.

Per quanto attiene ad alcuni parametri target, come boro e arsenico (parametri riconducibili all'attività geotermica), non si rilevano valori assoluti di particolare rilievo e non si registrano tendenze marcate.

La possibilità di mettere a confronto, per tutte le PAS, i dati riferibili a un arco temporale di più di dieci anni, ci permette di poter effettuare delle valutazioni più ampie e significative.

Di seguito si riportano i grafici dell'andamento nel tempo del periodo di monitoraggio (2012-2023) di due parametri target: arsenico e boro.

Complessivamente, è possibile affermare che i valori ricavati da EGPI, se confrontati con quelli di ARPAT, risultano sostanzialmente coerenti, registrando gli stessi scostamenti e tendenze.

Un'elaborazione dei singoli grafici ci permette di effettuare una sommaria valutazione delle tendenze nel complessivo arco temporale analizzato.

#### PAS 1

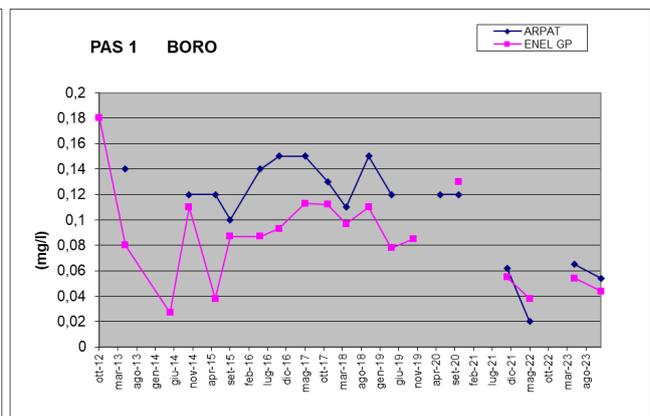
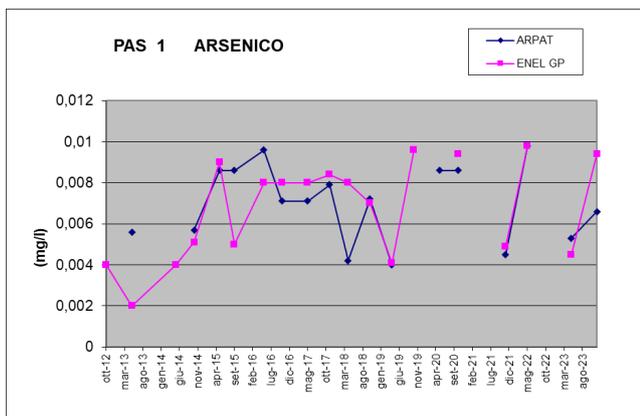
**Arsenico:** per quanto riguarda i valori dell'Arsenico si osserva una sostanziale corrispondenza tra i dati ARPAT e ENEL GP; entrambi evidenziano una tendenza all'aumento dei valori di concentrazione per attestarsi poco sotto i 0,01 mg/l nel periodo 2015-17. Nel corso degli anni successivi si rileva un andamento molto variabile delle concentrazioni che tuttavia rimangono sempre al di sotto del valore di 0,01 mg/l.

**Tendenza** : incremento per i dati EGPI

**Tendenza** : decremento per i dati ARPAT

**Boro:** i valori delle concentrazioni del Boro risultano molto variabili nel confronto tra i dati ARPAT e ENEL GP. Dal 2015 in poi risultano oscillare su di un range più ristretto. Il valore medio si attesta intorno ai 0,1 mg/l. I dati ARPAT, hanno una variabilità molto più contenuta con un valore medio intorno a 0,06 mg/l. Dal 2020 i valori di ARPAT ed EGPI collimano e contestualmente evidenziano una chiara diminuzione delle concentrazioni fino a raggiungere i valori di circa 0,04 mg/l.

**Tendenza** : decremento



### PAS 3

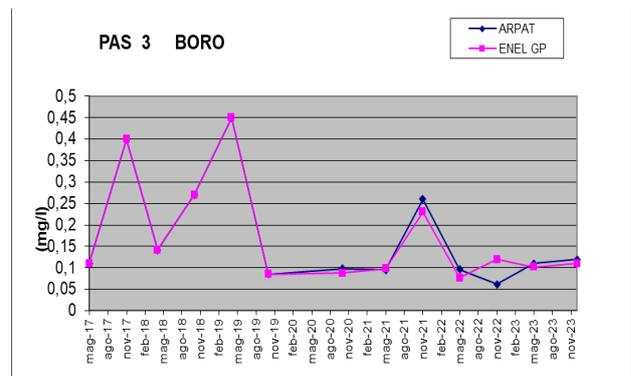
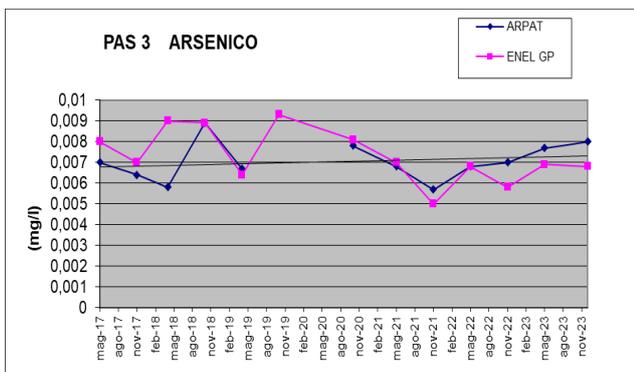
**Arsenico:** per il PAS 3 si ricorda che i valori, a differenza degli altri punti di campionamento, sono limitati al periodo 2017-2022, in quanto il punto di campionamento prescelto inizialmente risultava sempre in secca. Per quanto attiene ai valori dell'Arsenico, si osserva una netta corrispondenza tra i dati EGPI e ARPAT. La corrispondenza nel dato analitico è talmente netta che, in molte occasioni, i laboratori hanno misurato le medesime concentrazioni, specie negli ultimi anni. Il grafico sotto riportato mette in chiara evidenza, per questo PAS, una netta costanza del dato nel tempo che dal 2019 sembra tendere alla riduzione fino al 2021, per poi registrare un lieve aumento. I valori di concentrazione sono sempre sotto la soglia dei 10 mg/l

**Tendenza :** decremento per i dati EGPI

**Tendenza :** incremento per i dati ARPAT

**Boro :** anche per il Boro si osserva una notevole corrispondenza tra i valori in sostanziale riduzione e con valori di concentrazione sostanzialmente bassi. Si osservano valori con stretta coerenza per EGPI ed ARPAT, a partire dal momento in cui sono stati prodotti i dati anche da ARPAT.

**Tendenza :** decremento



### PAS 4

**Arsenico:** per quanto attiene ai valori dell'arsenico si osserva una netta corrispondenza tra i dati EGPI e ARPAT, che registrano un costante scarto di 0,001 mg/l. La corrispondenza nel dato analitico è talmente netta che è stato misurato lo stesso picco di incremento anomalo del settembre 2015. Il grafico sotto riportato mette in chiara evidenza per questo PAS una netta costanza del dato nel tempo e valori estremamente bassi di concentrazione. Purtroppo dall'anno 2021 il fosso della Madonnella risulta in secca.

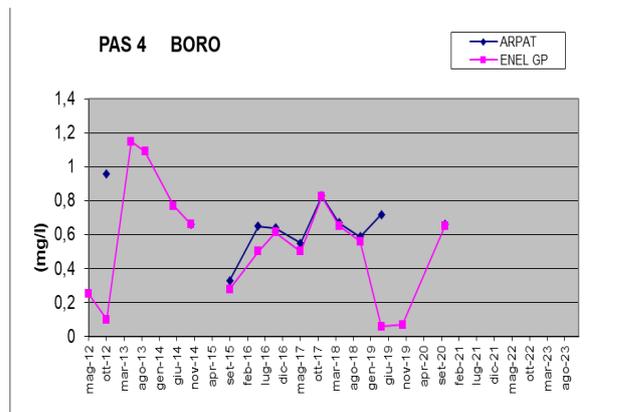
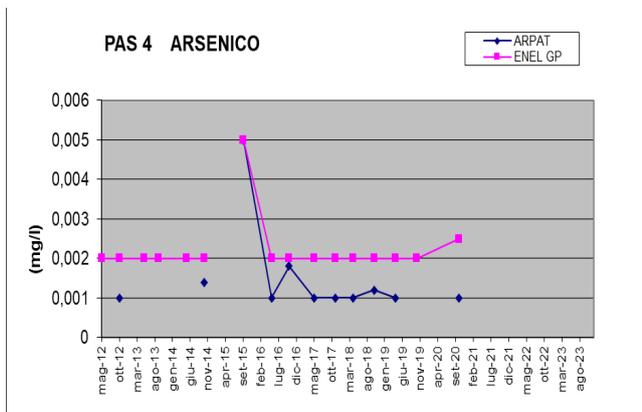
**Tendenza :** stabile

**Boro:** a differenza dell'Arsenico, il Boro si presenta con una maggiore variabilità delle misure. Si evidenzia come a partire dal 2013 si registri una sostanziale diminuzione delle concentrazioni che passano da oltre 1 mg/l a circa 0,1 mg/l nell'arco di circa 7 anni. Nel 2020 si osserva un incremento.

Nel periodo 2016 - 2019 si osserva una uniformità di misure di concentrazione tra ARPAT a ed EGPI.

Pare comunque evidente che i valori relativi al boro risultano più alti rispetto agli altri punti di campionamento.

**Tendenza :** decremento



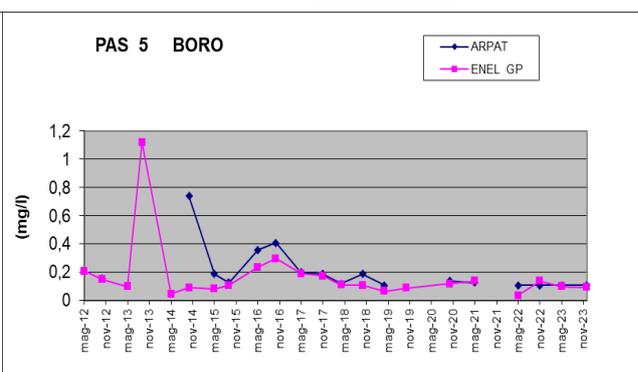
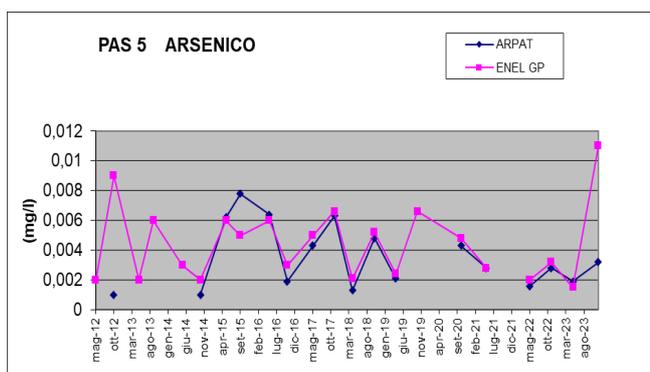
## PAS 5

**Arsenico:** nei primi anni di monitoraggio, dal 2012 al 2014, EGPI ha misurato valori di Arsenico variabili e comunque superiori a quelli misurati da ARPAT. Se osserviamo attentamente il grafico, le misure autunnali registrate nel 2012 e nel 2013 sembrano anomale rispetto ad una media generale che si aggira intorno ai 0,003/0,004 mg/l. Diverso e molto più chiaro appare il grafico a partire dall'autunno 2014 dove i dati EGPI e ARPAT hanno un andamento pressoché uguale. Entrambe le serie dei dati evidenziano un andamento altalenante registrando i medesimi valori. Negli ultimi anni il valore del As appare in netto calo con le concentrazioni intorno ai 0,003 mg/l. Nel 2023, EGPI misura, a differenza di ARPAT, un dato anomalo oltre 0,01 mg/l.

**Tendenza :** decremento

**Boro:** anche il grafico del Boro sembra evidenziare una sostanziale corrispondenza che denota una riduzione delle concentrazioni con valori che nel periodo 2014-16 si aggiravano intorno ai 0,5 mg/l, mentre dal 2019 al 2022 i valori sono costanti, intorno ai 0,15 mg/l.

**Tendenza :** decremento



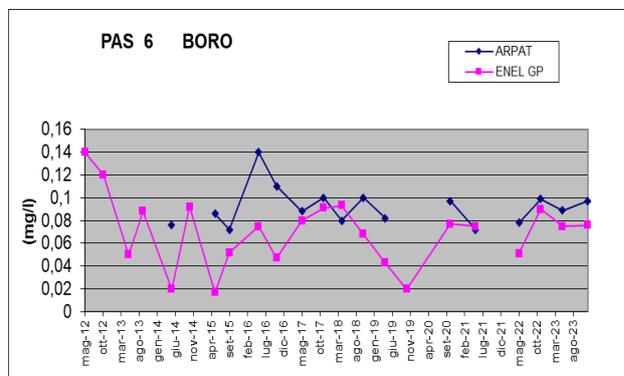
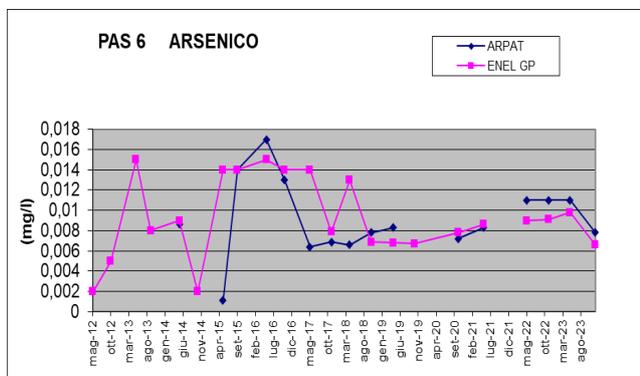
## PAS 6

**Arsenico:** il grafico relativo all'Arsenico mostra un'elevata variabilità dei valori misurati sia da EGPI che da ARPAT, passando da un minimo di 0,001 mg/l a 0,017 mg/l. Nell'arco temporale preso in considerazione si nota un incremento delle concentrazioni di arsenico fino al 2017, per poi osservare un sostanziale decremento fino al 2019, con valori intorno a 0,008 mg/l. A partire da questo anno si osserva un lento ma costante aumento delle concentrazioni che mediamente si aggirano intorno a 0,01 mg/l fino all'anno 2022. Il dato del 2023 è invece nuovamente intorno a 0,008 mg/l.

**Tendenza:** stabile

**Boro:** per quanto attiene al Boro, EGPI registra un andamento con evidenti oscillazioni. Solo nei due anni 2017 e 2018 i valori si presentano abbastanza allineati con quelli rilevati da ARPAT. Si osservano dei valori misurati da ARPAT sempre un poco superiori come valore di concentrazione e oscillanti intorno a 0,1 mg/l. Si rileva per entrambi i dataset di ARPAT e di EGPI un leggera tendenza alla diminuzione dei valori.

**Tendenza:** decremento



## PAS 7

**Arsenico:** entrambi i grafici evidenziano una mancanza di dati nell'intero anno 2015 e nell'intervallo 2018-2020, in quanto il punto di monitoraggio è risultato in secca sia nel periodo primaverile sia in quello autunnale.

Per quanto riguarda l'Arsenico, dal 2012 al 2014 i dati forniti da EGPI e da ARPAT sembrano indicare un incremento evidente oltre 0,010 mg/l, per poi decrescere sensibilmente a partire dai primi mesi del 2016. A partire da questo anno, le concentrazioni si riducono sensibilmente sino al valore di 0,002 mg/l mantenendosi costanti sino al 2023, con unica eccezione un valore anomalo registrato da ARPAT nell'autunno 2020.

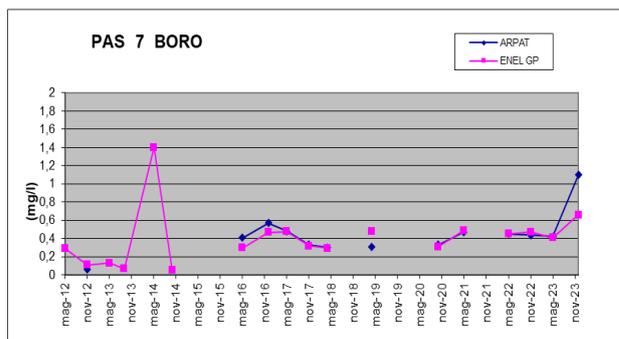
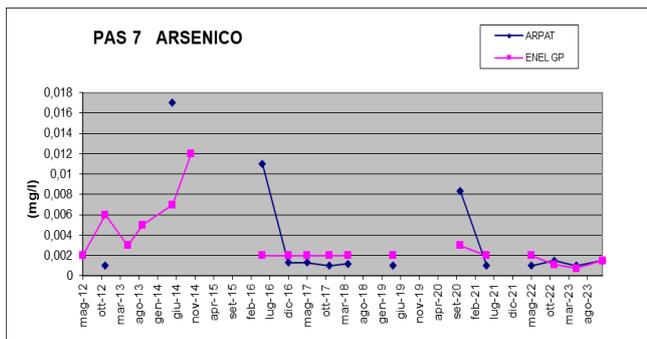
**Tendenza:** decremento

**Boro:** come già riportato nel report 2016<sup>1</sup>, il grafico del Boro evidenzia un dato anomalo registrato da EGPI nel maggio 2014, con valori di 14 mg/L.

A parte l'anomalia registrata, i dati del Boro nel periodo di monitoraggio, sia delle due serie di ARPAT che di EGPI, hanno sempre coinciso, con valori assestati a livelli di concentrazione pari a circa 0,5 mg/L. Il dato del 2023 mostra un nuovo incremento nell'intorno di 0,8 mg/l.

**Tendenza:** incremento

<sup>1</sup> <https://www.arp.atoscana.it/documentazione/report/report-geotermia/verifiche-autocontrollo-enel/geotermia-monitoraggio-delle-acque-nellarea-del-monte-amiata-2014-2016>



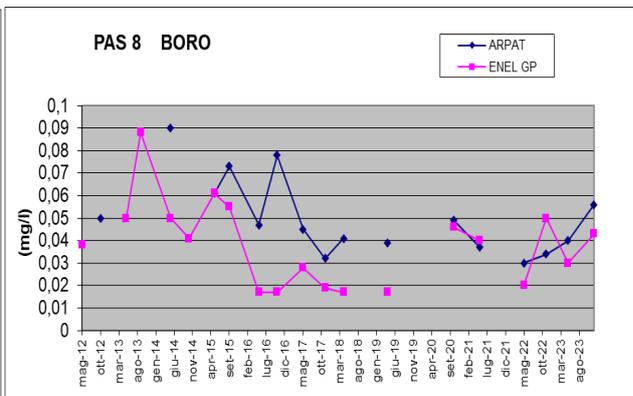
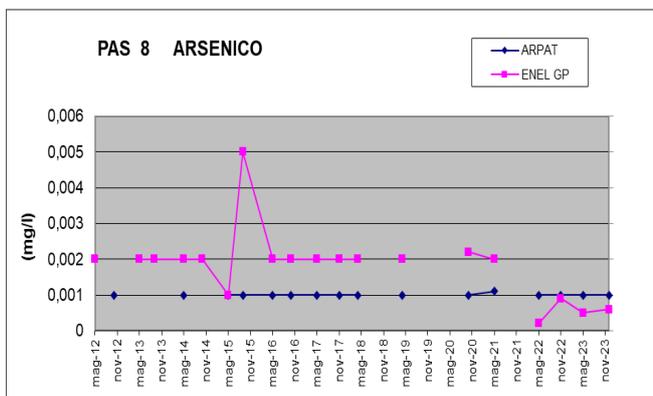
## PAS 8

**Arsenico:** per l'arsenico, ARPAT registra sempre lo stesso valore di concentrazione nel corso degli anni; stessa cosa per EGPI, seppure con un valore doppio. Nel mese di ottobre 2015 ENEL GP rileva un picco non registrato da ARPAT; visto l'andamento generale, tale dato può essere considerato anomalo. La tendenza comunque è da considerarsi di andamento costante nel tempo.

**Tendenza :** stabile

**Boro:** per le due serie di dati il grafico del Boro evidenzia dei valori variabili; tuttavia il grafico mette bene in evidenza, per EGPI, una tendenza alla diminuzione dei valori di concentrazione; tale andamento è registrato anche da ARPAT. In generale, tutti i valori misurati delle concentrazioni di boro risultano bassi. Per il boro, negli ultimi 2 anni, si evidenzia una leggera tendenza all'incremento.

**Tendenza :** decremento



## 4.2 PUNTI ACQUA DI FALDA (PAF)

Per le acque di Falda (PAF) si registrano dati di concentrazione più omogenei e meno variabili nel tempo rispetto alle PAS osservando, complessivamente, dati senza evidenti tendenze e/o risultati particolarmente anomali. Pur non rilevando valori assoluti e marcate tendenze, per quanto attiene ad alcuni parametri target come Boro e Arsenico dall'analisi dei singoli PAF, nell'Anno 2023, non si evidenzia alcun valore anomalo di concentrazione e non si registrano tendenze marcate.

### PAF 1

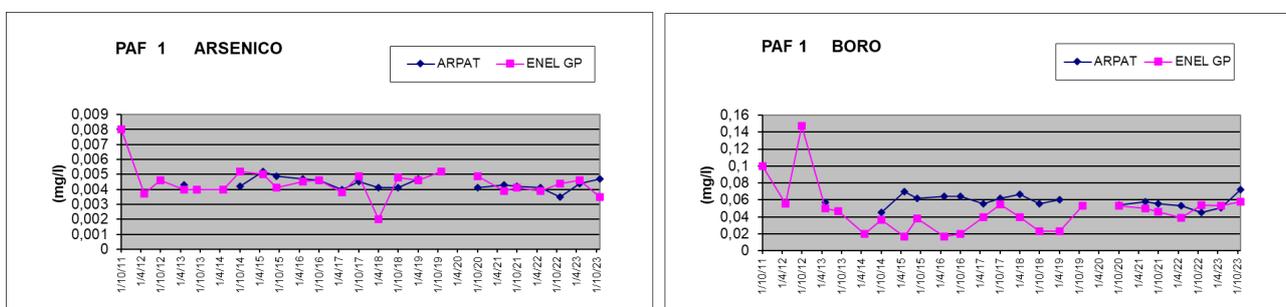
I parametri del PAF 1 evidenziano un dato anomalo della Conducibilità pari a 217 microS/cm rilevato da ARPAT.

**Arsenico:** per l'arsenico ARPAT, nel corso degli anni, registra sempre valori di concentrazione pressoché simili; stessa cosa per EGPI. La tendenza comunque è da considerarsi di andamento leggermente decrescente nel tempo. I valori riscontrati sono sempre molto inferiori ai 0,01 mg/l di concentrazione.

**Tendenza:** decremento

**Boro:** per le due serie di dati il grafico del Boro evidenzia dei valori stabili nel tempo; tuttavia, per EGPI è ben evidenziato che, dal 2013 al 2019, i valori sono leggermente più bassi. Per entrambe le serie i valori possono considerarsi costanti nel tempo, con una leggera tendenza alla diminuzione dei valori di concentrazione.

**Tendenza:** decremento



### PAF 2

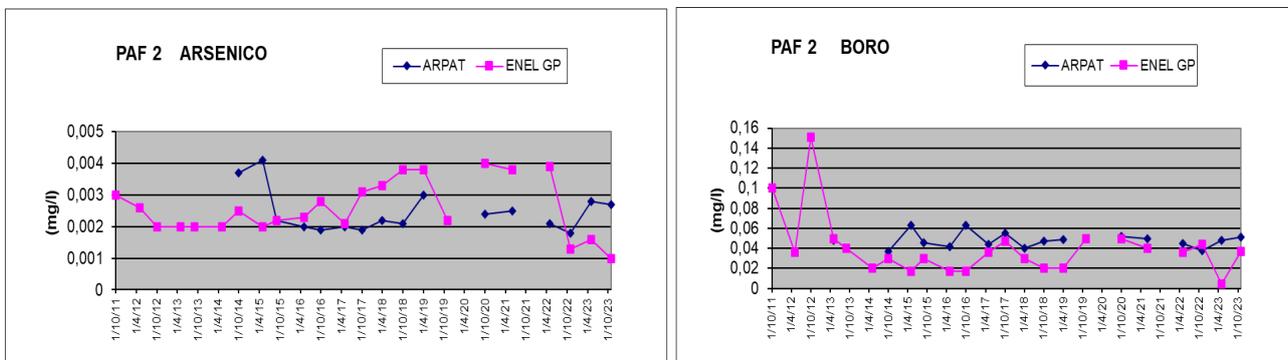
**Arsenico:** per quanto concerne l'arsenico, il grafico mostra valori bassi di concentrazione variabili tra 2 e 4 mg/l. I dati EGPI evidenziano una leggera tendenza all'aumento nel tempo, mentre i valori di ARPAT mostrano un andamento più costante, con una tendenza al decremento poco marcata. Se si confrontano i valori del 2023 rispetto agli anni passati, si osserva un leggero incremento delle concentrazioni per ARPAT e una leggera diminuzione per EGPI.

**Tendenza :** incremento/decremento

**Boro:** per le due serie di dati il grafico del Boro mostra dei valori bassi di concentrazione e stabili nel tempo; tuttavia per ENEL GP il grafico, dal 2011 al 2013, mette bene in evidenza dei valori leggermente più alti.

Per entrambe le serie i valori posso considerarsi con una leggera tendenza alla diminuzione dei valori di concentrazione. Nel 2023 EGPI registra un valore molto basso, probabile outlier.

**Tendenza :** decremento



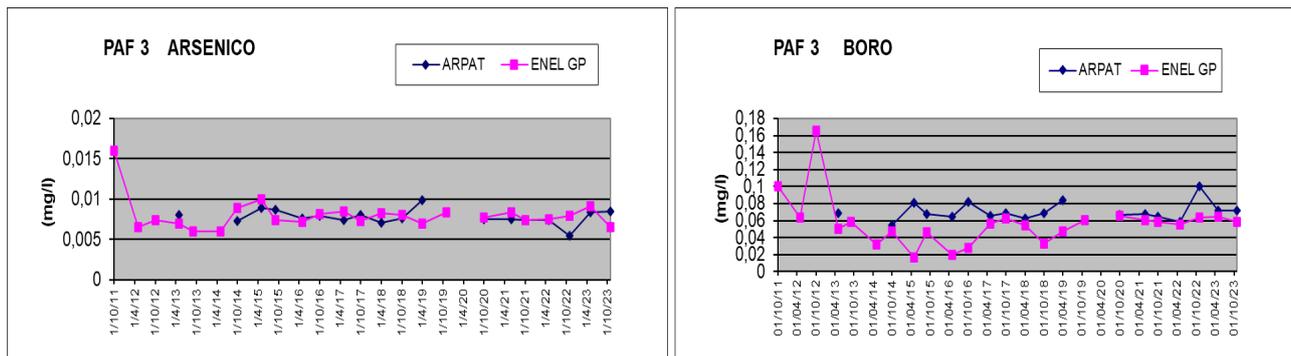
### PAF 3

**Arsenico:** per quanto concerne l'arsenico, il grafico mostra valori bassi di concentrazione variabili tra 7 e 8 µg/l per entrambe le serie di dati, ma soprattutto evidenzia una sostanziale costanza nel tempo che ad una elaborazione grafica indica una leggerissima tendenza alla riduzione.

**Tendenza:** decremento

**Boro:** per le due serie di dati il grafico del Boro mette in evidenza dei valori bassi di concentrazione e stabili nel tempo; tuttavia per EGPI mostra anche, dal 2011 al 2013, dei valori leggermente più alti. Dal 2014 al 2019 i valori di EGPI risultano leggermente inferiori rispetto a quelli misurati da ARPAT. Dal 2019 in poi si osserva una sostanziale coerenza delle misure analitiche. L'analisi statistica generale permette di osservare che le serie dei dati di EGPI determinano una leggerissima tendenza alla riduzione, mentre i dati ARPAT portano ad un quasi impercettibile aumento.

**Tendenza:** incremento/decremento



## PAF 4

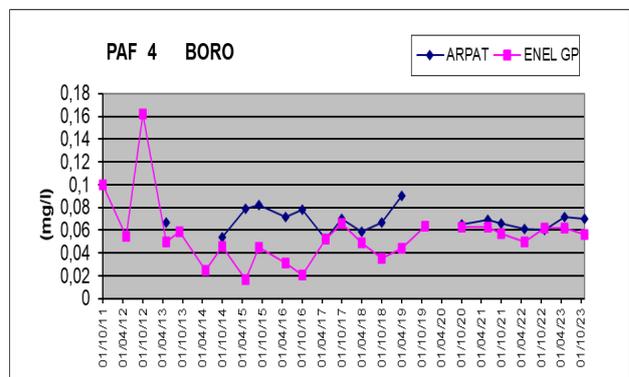
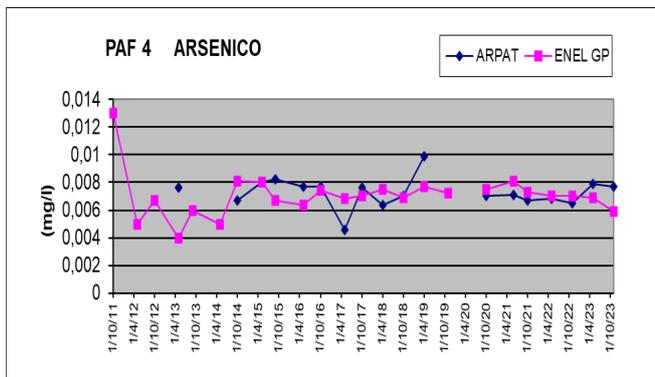
I grafici di arsenico e boro risultano sostanzialmente simili a quelli del PAF 3. L'arsenico mantiene un andamento costante, che si attesta su valori di 0,008 mg/l, così come il Boro, che si mantiene su valori di 0,06 mg/l; anche i piccoli scostamenti dei valori dei due grafici risultano simili. Si specifica che le due sorgenti PAF 3-Polveriera e PAF 4-Vena Vecchia distano tra loro circa 1,5 km e risultano pressoché alla medesima quota altimetrica.

**Arsenico:** per quanto concerne l'arsenico, il grafico evidenzia valori bassi di concentrazione variabili poco sotto il valore soglia di 0,008 mg/l per entrambe le serie di dati (eccetto che nel 2019, quando ARPAT ha ricavato un valore di 0,01 mg/l). Si evidenzia tuttavia una sostanziale costanza nel tempo che ad una elaborazione grafica indica una leggerissima tendenza alla riduzione per entrambi i set dati.

**Tendenza:** decremento

**Boro:** per le due serie di dati il grafico del Boro mostra valori bassi di concentrazione e stabili nel tempo; tuttavia, per EGPI il grafico mette bene in evidenza, dal 2011 al 2013, dei valori leggermente più alti. Dal 2014 al 2020 i valori di EGPI risultano leggermente inferiori rispetto a quelli misurati da ARPAT. Dal 2020 in poi si osserva una sostanziale coerenza delle misure analitiche. L'analisi statistica generale permette di osservare che le serie dei dati di EGPI e di ARPAT determinano una leggerissima tendenza alla riduzione.

**Tendenza:** decremento



## PAF 5

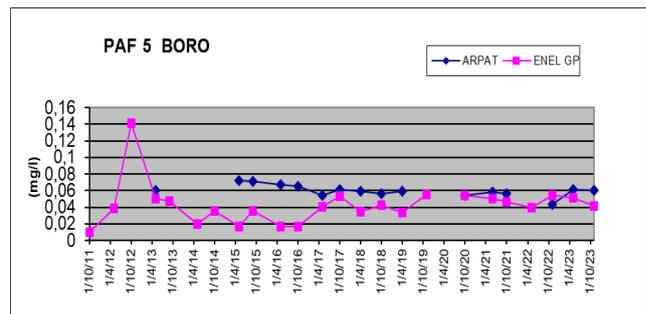
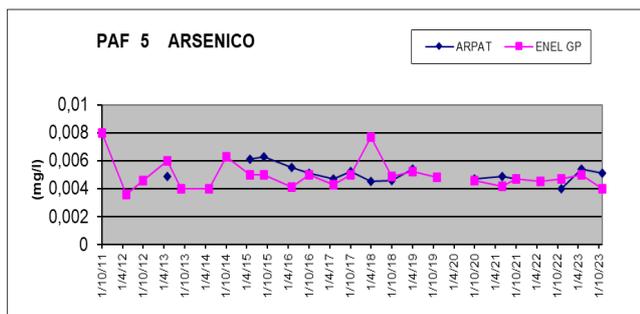
**Arsenico:** per quanto concerne l'arsenico, il grafico mostra valori bassi di concentrazione variabili tra 4 e 6 µg/l per entrambe le serie di dati (eccetto che nel 2018, quando EGPI ha ricavato un valore di 0,008 mg/l). Si evidenzia tuttavia una sostanziale costanza nel tempo che ad una elaborazione grafica indica una leggerissima tendenza alla riduzione per entrambi i set dati.

**Tendenza:** decremento

**Boro:** per le due serie di dati il grafico del Boro mette in evidenza dei valori bassi di concentrazione e stabili nel tempo; tuttavia, il grafico mostra che i valori del Boro registrati da ARPAT risultano quasi il doppio rispetto a quelli misurati da EGPI fino al 2017; successivamente, tendono a uniformarsi. EGPI nel 2012 registra un dato anomalo (0,140 mg/l). Dal 2013 fino al 2017 alcuni valori di ARPAT risultano leggermente più alti. Dal 2017 si osserva una sostanziale uniformità dei dati di concentrazione.

Nel complesso di una valutazione generale dei dati nell'intero arco temporale, i valori di EGPI determinano un'impercettibile tendenza all'incremento; viceversa i dati di ARPAT mostrano una leggera tendenza al decremento.

**Tendenza:** decremento



## PAF 6

I dati del PAF 6 evidenziano un dato anomalo per quanto attiene alla conducibilità, avendo registrato un valore di 464 microS/cm.

**Arsenico:** il grafico dell'arsenico evidenzia valori abbastanza uniformi e costanti con una concentrazione che si attesta a valori pari a 0,01 mg/l. Anche per questo PAF, si registra una uniformità dei dati di EGPI con i dati ARPAT (eccetto che nel 2011, quando ENEL GP ha ricavato un valore di 20 microgrammi/l, e quando nel 2023 ARPAT ha registrato un valore estremamente basso).

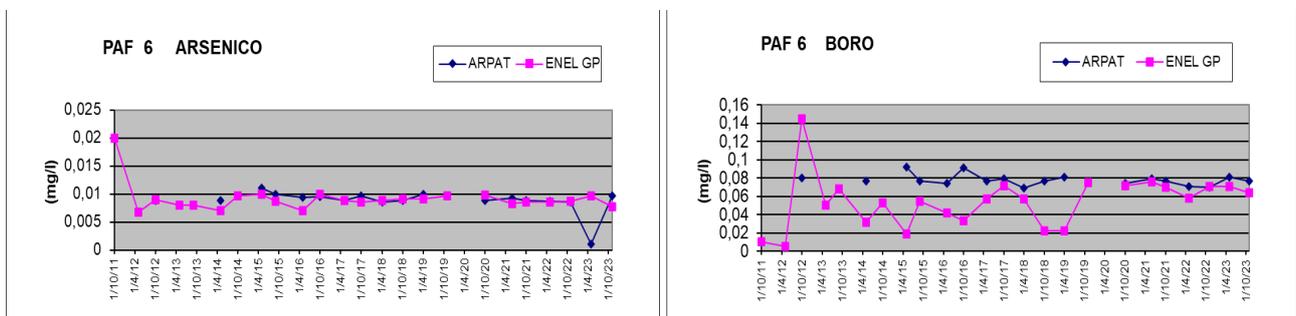
Per quanto concerne l'arsenico, si evidenzia tuttavia una sostanziale costanza nel tempo che ad una elaborazione grafica indica una leggerissima tendenza alla riduzione per entrambi i set dati.

**Tendenza** : decremento

**Boro:** per le due serie di dati il grafico del Boro mette in evidenza dei valori bassi di concentrazione e stabili nel tempo; tuttavia, il grafico mostra che i valori del Boro registrati da ARPAT risultano più alti rispetto a quelli misurati da EGPI fino al 2020; successivamente, tendono a uniformarsi. EGPI nel 2012 registra un dato anomalo (140 mg/l).

Nel complesso di una valutazione generale dei dati nell'intero arco temporale, i valori di ENEL GP determinano un'impercettibile tendenza all'incremento, viceversa i dati di ARPAT mostrano una leggera tendenza al decremento.

**Tendenza** : incremento



## PAF 7

**Arsenico:** riguardo alla sorgente Ente, il grafico dell'arsenico evidenzia un andamento altalenante dei valori delle concentrazioni. Infatti, nel 2012 si evidenziano valori di poco inferiori ai 0,01 mg/l per poi scendere nel 2013 a valori intorno ai 0,004 mg/l. Successivamente viene registrato un costante incremento sino a raggiungere il valore di 0,012 mg/l, dopodiché, nel 2017, di nuovo una leggera riduzione dei valori di concentrazione che si mantengono costanti fino al 2023. Tale andamento, soprattutto per gli ultimi anni, è confermato anche dai dati ARPAT.

Per quanto concerne l'Arsenico, si evidenzia tuttavia una sostanziale costanza nel tempo che ad una elaborazione grafica indica una leggerissima tendenza all'incremento per quanto attiene i dati di ENEL GP, mentre una sostanziale stabilità per quanto attiene i dati ARPAT.

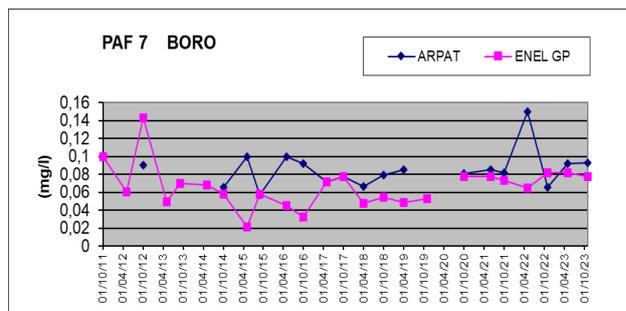
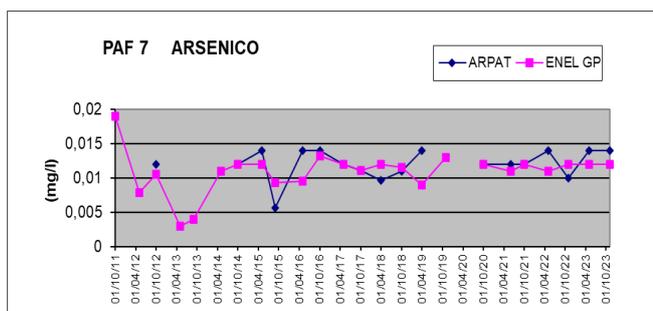
I valori sono quasi sempre superiori al 0,01 mg/l.

**Tendenza** : incremento

**Boro:** per le due serie di dati il grafico del Boro mette in evidenza dei valori bassi di concentrazione e stabili nel tempo; tuttavia il grafico mostra che i valori del Boro registrati da ARPAT risultano leggermente più alti rispetto a quelli misurati da EGPI. Nel 2022 ARPAT rileva un dato più alto delle medie da considerarsi anomalo (145 mg/l), visto lo storico dei precedenti 10 anni. Nel 2023 i valori registrati si collocano nelle media decennale.

Nel complesso di una valutazione generale dei dati nell'intero arco temporale, i valori di EGPI determinano una leggera tendenza al decremento, viceversa i dati di ARPAT mostrano una leggera tendenza all'incremento in relazione alla presenza del dato anomalo.

**Tendenza** : incremento



## PAF 8

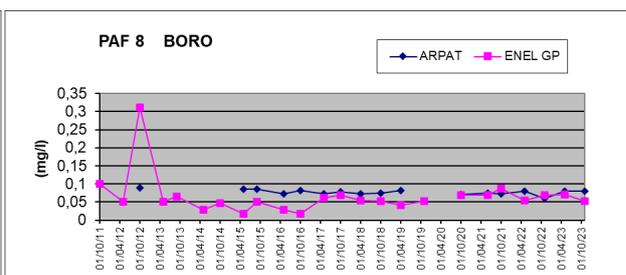
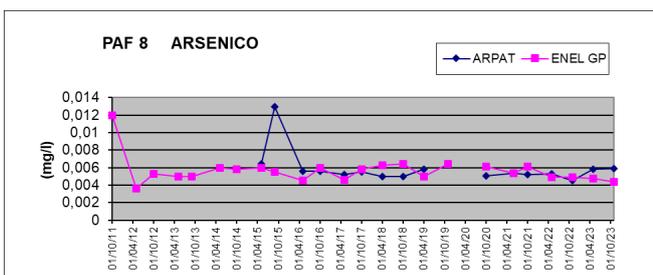
**Arsenico:** la sorgente Fonte Murata, ubicata nell'ambito urbano di Castel del Piano, a monte dell'abitato di Arcidosso, presenta un grafico dell'arsenico che evidenzia un andamento pressoché costante e uniforme con valori pari a 0,006 mg/l. Anche i valori di ARPAT confermano tale andamento, eccetto che per il dato di settembre del 2015, che può essere considerato anomalo. Per quanto concerne l'Arsenico, si evidenzia tuttavia una sostanziale costanza nel tempo che ad una elaborazione grafica indica una leggerissima tendenza al decremento per entrambi i data set.

**Tendenza** : decremento

**Boro:** per le due serie di dati il grafico del Boro mette in evidenza dei valori bassi di concentrazione e stabili nel tempo; tuttavia il grafico mostra che i valori del Boro registrati da ARPAT risultano leggermente più alti rispetto a quelli misurati da EGPI. Nel 2012 EGPI rileva un dato più alto delle medie da considerarsi anomalo (300 mg/l), considerati i valori dell'andamento storico dei successivi 10 anni e tenuto conto che il dato non è stato misurato da ARPAT.

Nel complesso di una valutazione generale dei dati nell'intero arco temporale, i valori di EGPI e di ARPAT determinano un andamento stabile.

**Tendenza** : stabile



## PAF 9

**Arsenico:** per l'Arsenico i valori di concentrazione, intorno a 0,01 mg/l, si presentano pressoché costanti e uniformi nel tempo; tale andamento è confermato anche dai dati ARPAT.

Per quanto concerne l'Arsenico, si evidenzia tuttavia una sostanziale costanza nel tempo che ad una elaborazione grafica indica una leggerissima tendenza al decremento per entrambi i data set.

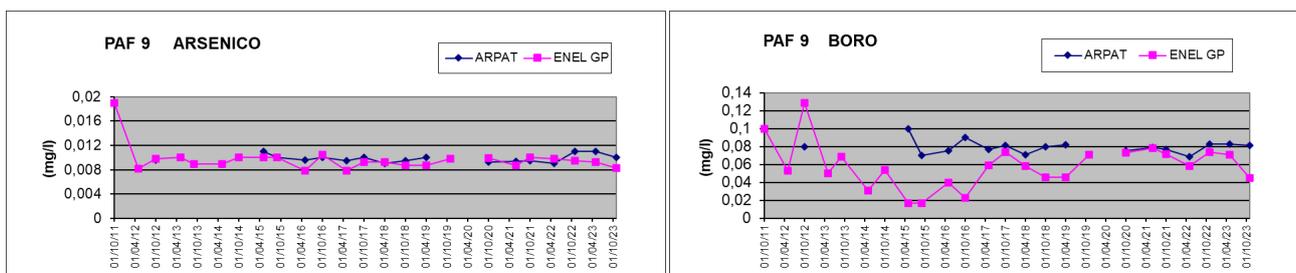
**Tendenza:** decremento

**Boro:** i valori del boro di EGPI, dal 2011 sino al 2016, registrano una leggera riduzione mostrando in seguito, nel 2017, un incremento significativo. Diversamente, i dati ARPAT mettono in luce un andamento più costante e uniforme; i valori comunque sono da considerarsi bassi.

Per le due serie di dati il grafico del Boro mette in evidenza dei valori bassi di concentrazione e stabili nel tempo; tuttavia il grafico mostra che i valori del Boro registrati da ARPAT risultano leggermente più alti rispetto a quelli misurati da EGPI.

Nel complesso di una valutazione generale dei dati nell'intero arco temporale, i valori di EGPI e di ARPAT determinano una leggerissima tendenza al decremento.

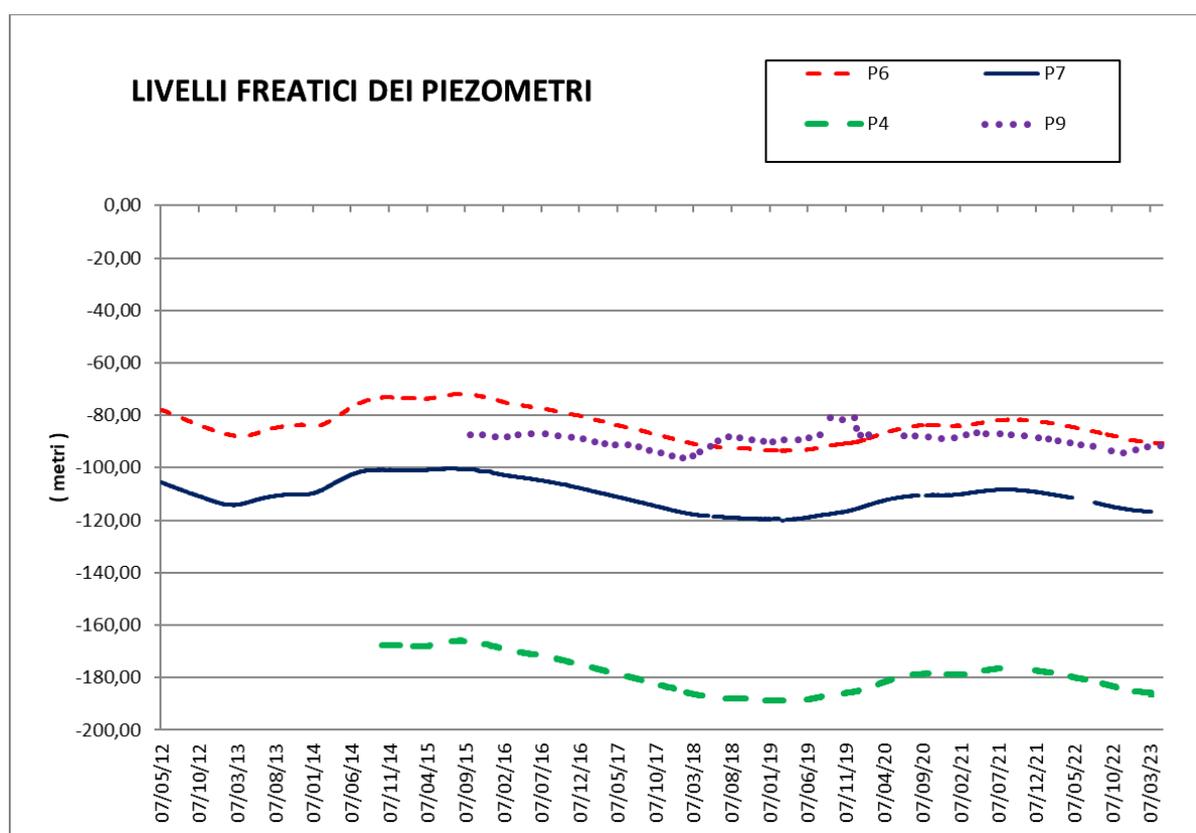
**Tendenza:** decremento



#### 4.3 PIEZOMETRI (Pz 6, Pz7, Pz4 e Pz9)

Nelle tabelle di cui al par. 3 di questa relazione sono riportati gli esiti delle analisi relative ai quattro piezometri monitorati per l'intero anno 2023. Nel presente paragrafo si riporta l'esito di un'analisi complessiva dell'andamento delle concentrazioni di arsenico e boro misurate nei singoli piezometri per il periodo di monitoraggio (2012-2023) utilizzando i dati già forniti nei report degli anni passati. Tale modalità ci permette di offrire un quadro dinamico e complessivo dei due parametri target. Si precisa che, per l'elaborazione dei grafici, saranno utilizzati solo i valori di EGPI in quanto determinati con frequenza mensile. I diagrammi, infine, sono stati predisposti avendo sull'asse delle ascisse un intervallo costante di due mesi permettendo, con tale modalità, di osservare meglio la variazione temporale dei valori di arsenico e boro.

Nella seguente figura 2 è riportato invece l'andamento della variazione della quota della falda rilevata nei quattro piezometri.



**Figura 2:** Andamento nel tempo dei livelli piezometrici rilevati nei quattro piezometri di controllo (Nota: i livelli freaticometrici sono misurati da EGPI e sono validati dall'Autorità competente - Regione Toscana, Settore Idrologico Regionale)

Dal grafico si nota un andamento simile per i piezometri Pz 4, Pz6 e Pz7, che mostrano un punto di alto piezometrico nel settembre 2015 ed un minimo nel gennaio 2019, e ancora un nuovo aumento nel settembre 2021, seppur con valori inferiori rispetto al 2015. Nel 2023 si osserva un'ulteriore contrazione dei livelli di falda.

Il piezometro Pz9 ha un andamento diverso dagli altri piezometri, mostrando un leggero incremento della falda a partire dalla primavera del 2018.

L'andamento delle concentrazioni di Arsenico e Boro nel tempo per i quattro piezometri è osservabile nelle figure 3 e 4 riportate successivamente

#### **Piezometro n. 4.**

Il monitoraggio mensile di questo piezometro ha preso avvio nel mese di settembre 2014. Nel 2022 non si sono registrati dati anomali e i valori di tutti i parametri misurati da ARPAT e EGPI sono da ritenersi coerenti.

Prendendo a riferimento la figura 3 ed osservando l'andamento delle concentrazioni nel tempo del PZ 4 si osserva che, per quanto riguarda l'**arsenico**, dal 2014 al 2016 i valori si sono mantenuti poco sopra a 0,01 mg/l per poi registrare un sostanziale incremento culminato nel picco di 0,022 mg/l, registrato a fine anno 2016. Per l'intero 2017 i valori sono rapidamente scesi e si sono attestati ben sotto i 0,01 mg/l fino al 2022. Da questo anno si è registrato un incremento di valori di concentrazione che ha portato a fine anno a superare i 0,015 mg/l, per poi diminuire nuovamente a valori inferiori a 0,01 mg/l nel 2023.

Per quanto attiene la variazione del **boro**, si rileva che dal 2014 al 2017, a parte alcuni picchi, le concentrazioni sono intorno ai 0,03 mg/l, per poi aumentare a circa 0,06 mg/l negli anni successivi fino a comprendere l'intero anno 2023. EGPI registra, nel Luglio 2023, un dato anomalo di 0,18 mg/l.

#### **Piezometro n. 6.**

Il monitoraggio mensile di questo piezometro ha preso avvio nel mese di settembre 2012. Nel 2023 non si sono registrati dati anomali e i valori di tutti i parametri misurati da ARPAT e EGPI sono da ritenersi coerenti.

Per quanto concerne il parametro **arsenico**, in tutto il periodo analizzato si evidenzia una sostanziale omogeneità tra i dati EGPI e quelli ARPAT.

I dati riportati nel grafico evidenziano una sostanziale assenza di tendenze con valori costanti di poco variabili intorno ai 0,0065 mg/l fino a coprire l'intero anno 2023.

Per quanto riguarda i valori del **Boro**, si osserva una sostanziale corrispondenza tra i dati EGPI e ARPAT. Nel complesso si evince una diminuzione delle concentrazioni di boro a partire dal 2012 sino al 2014, passando da 0,15 mg/l a 0,04 mg/l, per poi rimanere su tali valori in modalità costante fino al termine del 2016. In seguito, nel 2017, si registra un incremento significativo a valori costanti fino a raggiungere in breve tempo le concentrazioni di circa 0,16 mg/l fino al 2020, quindi registrare una flessione e, dal 2022 un nuovo rialzo dei valori, fino a raggiungere i 0,19 mg/l, con una leggera flessione nel 2023.

#### **Piezometro n. 7.**

Il monitoraggio mensile del Pz7 ha preso avvio nel settembre 2012. Nel 2023 non si sono registrati dati anomali e i valori di tutti i parametri misurati da ARPAT e EGPI sono da ritenersi coerenti.

Per l'**arsenico** si rileva una sostanziale omogeneità tra i dati di EGPI e quelli dell'Agenzia (non si rilevano dati anomali). I dati riportati nel grafico evidenziano valori con una certa variabilità, ma nel complesso mediamente assestati a circa 0,005 mg/l, fino al 2014. A partire da questa data i valori crescono per attestarsi a circa 0,008 mg/l fino al 2017, per poi leggermente diminuire e ritornare ad una media di 0,005 mg/l. Dal 2021 si osserva un ulteriore leggero incremento dei valori medi, attestati a circa 0,008 mg/l. Nel 2023 si registra una diminuzione dei valori di concentrazione.

Per quanto riguarda invece i valori del **boro**, si osserva una sostanziale corrispondenza tra i dati EGPI con quelli ARPAT. A partire da un valore costante registrato nel 2012, pari a 0,1 mg/l,

dalla metà del 2013 si osserva una diminuzione delle concentrazioni del boro che si mantengono costanti sino a registrare un leggero aumento nel 2017, attestandosi a 0,6 mg/l. Dal 2021 al 2023 i valori si attestano sui 0,075 mg/l .

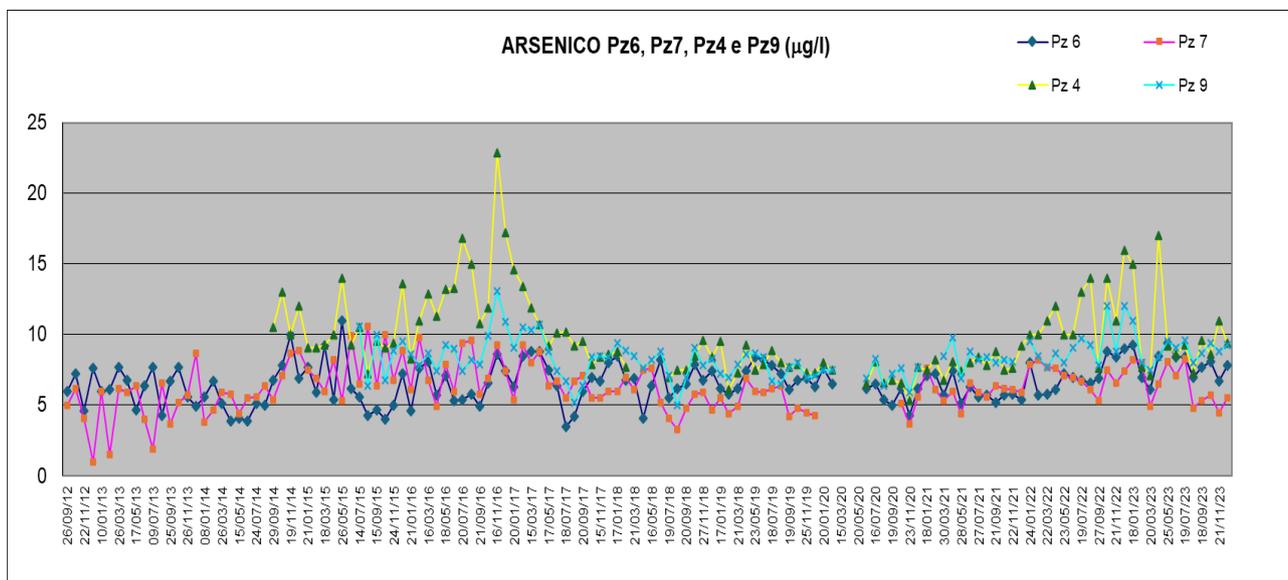
### Piezometro n. 9.

Nel mese di luglio 2015 prende avvio anche il monitoraggio del Piezometro n°9, che registra sia per EGPI che per ARPAT valori in linea per tutti i parametri monitorati.

Nel 2017 non si registrano valori anomali e le concentrazioni di **arsenico** passano da una media di circa 0,08 mg/l ad un picco, nel 2017, di 0,013 mg/l (in corrispondenza con il picco anomalo del Pz4), per poi avviare una lenta decrescita che trova un minimo nel 2020. Dal 2021 si osserva un lieve ma costante incremento dei valori di concentrazione, fino a circa 0,012 mg/l.

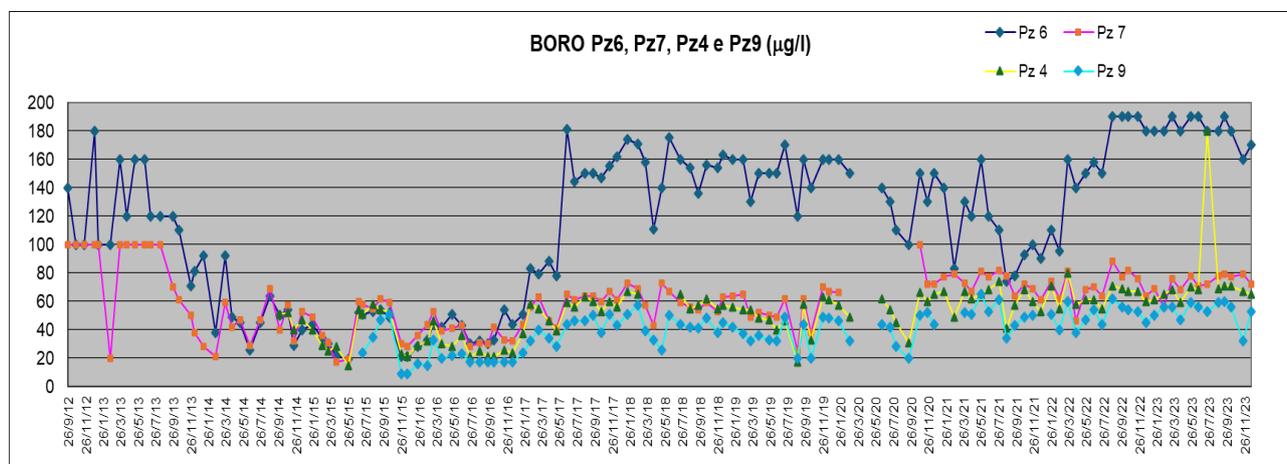
Nel 2023 si registra una diminuzione dei valori di concentrazione fino a valori di 0,005 mg/l.

Nell'analisi complessiva le concentrazioni del **boro** sono assai basse, anche se dal 2017 si registra un lieve aumento fino a raggiungere il valore di 0,06 mg/l che si mantiene costante sino al 2023.



**Figura 3:** Dati di concentrazione dell'Arsenico nei 4 piezometri (fonte EGPI)

Valutando in maniera comparata l'andamento piezometrico della falda con la variazione delle concentrazioni degli elementi, è possibile osservare come il boro presenti concentrazioni più elevate quando la falda è più depressa e viceversa quando la falda è in carica, quasi rispondendo ad un fenomeno di diluizione. Per le concentrazioni dell'arsenico invece si osserva che queste seguono l'andamento della piezometrica, seppure con un ritardo di circa un anno.



**Figura 4:** Dati di concentrazione del Boro nei 4 piezometri (fonte EGPI)

## 5. CONCLUSIONI

Fatte salve le osservazioni relative alle analisi dei dati puntuali per l'Anno 2023, riportate negli specifici paragrafi, per tutti i parametri e per tutti i comparti acquiferi è stato possibile svolgere il monitoraggio completo.

Si evidenziano alcune eccezioni specifiche come quella del valore della Conducibilità nel PAS 8, dove si registrano valori elevati di Conducibilità (tra 2600 e 4000 microS/cm), incrementi significativi dei cloruri (da 60 a 900 mg/l) e riduzioni sostanziali dei solfati (da 580 a 75 mg/l).

Complessivamente, è possibile asserire che i valori ricavati da EGPI, se confrontati con quelli di ARPAT, risultano sostanzialmente coerenti registrando gli stessi scostamenti e tendenze.

### 5.1 CONSIDERAZIONI FINALI PAS (ACQUE SUPERFICIALI)

Dall'analisi dei grafici si evince che tendenzialmente, nell'arco temporale analizzato (2012-2023), solo il PAS 1 registra un incremento della concentrazione di arsenico, mentre tutti gli altri PAS registrano un decremento o una condizione di stabilità delle concentrazioni nel tempo. L'andamento delle concentrazioni di boro appare invece più uniforme, registrando per tutti i PAS una tendenza alla riduzione dei valori di concentrazione eccetto che per il PAS 7, nel quale si rileva un leggero incremento. In conclusione, i dati complessivi mostrano andamenti variabili tipici delle acque superficiali a carattere torrentizio, e comunque gli scostamenti registrati tra i dati ARPAT e quelli di EGPI risultano contenuti.

### 5.2 CONSIDERAZIONI FINALI (PAF) (ACQUE DI FALDA)

Anche per quanto concerne le acque di sorgente, nell'arco temporale 2012-2023 i grafici hanno evidenziato complessivamente una sostanziale uniformità, senza particolari tendenze.

I grafici dell'arsenico mettono in luce come vi siano alcune zone dove la concentrazione è intorno o leggermente superiore a 10 µg/l, ad esempio i PAF 6 e PAF 9, che risultano a poca distanza l'uno dall'altro, e il PAF 7, che supera tale valore ed è comunque territorialmente ubicato più a nord-ovest di circa 5 km.

Tutti i grafici del boro evidenziano valori sempre al di sotto di 0,1 mg/l (eccetto per il campione del 22/10/2012 in cui EGPI registra una concentrazione anomala pari a 0,30 mg/l).

Nel campionamento primaverile si osserva, nel PAF 1 e PAF 6, una evidente misura più alta della Conducibilità nei dati ARPAT. Complessivamente, sia per i valori di EGPI che per quelli di ARPAT, si osservano i medesimi andamenti delle singole curve compreso la tendenza alla convergenza dei valori tra le due serie di dati.

### 5.3 CONSIDERAZIONI FINALI (PZ) (ACQUE DI PIEZOMETRO)

Le variazioni registrate relative all'arsenico e al boro (parametri target), nel complesso, si allineano entro un range di tolleranza consono per le acque sotterranee; sono da considerarsi corrispondenti anche per i piccoli scostamenti registrati. La valutazione comparata dell'andamento piezometrico della falda con la variazione delle concentrazioni degli elementi permette di osservare, specie nel PZ6, come il boro presenti concentrazioni più elevate quando la falda è più depressa e viceversa, quando la falda è in carica, quasi rispondendo ad un fenomeno di diluizione. Le concentrazioni dell'arsenico, invece, seguono l'andamento della piezometrica, seppure con un ritardo di circa un anno.



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

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

Tel. 055.32061 - Fax 055.3206324

[urp@arpat.toscana.it](mailto:urp@arpat.toscana.it)