

ALLEGATO I



Università degli Studi di Siena
Dipartimento di Scienze Ambientali “G. Sarfatti”
Dipartimento di Scienze della Terra

Si riferisce, qui di seguito, in merito al quesito posto al nostro gruppo di lavoro dalla Regione Toscana (con lettera raccomandata, anticipata via fax in data 19/02/2008, n° prot. 48765/ L 60.30.10) per una valutazione urgente dell’allarme lanciato dal Dott. Andrea Borgia all’Assessore Annarita Bramerini, (con lettera di posta elettronica del 16/02/08), secondo il quale fenomeni geologici di vasta portata starebbero investendo il sistema idrogeologico del Monte Amiata ponendo a rischio la stessa incolumità delle popolazioni residenti.

I fenomeni citati dal Dott. Borgia prevedono *“mescolamento di fluidi tra gli acquiferi, superficiale e geotermico”, “scomparsa di sorgenti e fumarole o cambi nelle attività superficiali”,* rischio di *“esplosioni rilevanti che hanno in passato ucciso varie persone”, “esplosioni freatiche indotte dalla degassazione dell’acquifero geotermico”.*

Secondo lo stesso Dott. Borgia tali accadimenti sarebbero già in atto e se ne avrebbero tangibili riscontri: *“sono già iniziate le eruzioni di fluidi geotermici dai vecchi camini di aerazione della miniera di Abbadia S. Salvatore”* e ancora *“esattamente quanto è già avvenuto almeno tre volte a Piancastagnaio, in prossimità dei pozzi geotermici, ma questa volta a scale più grande”.*

Quanto prospettato dal Dott. Borgia impone, evidentemente, un esame molto attento in quanto alcuni dei termini tecnici usati sottendono significati precisi ed evocano fenomeni geologici traumatici con possibili esiti anche catastrofici. Per esempio, *“esplosione o eruzione freatica” (phreatic explosion or phreatic eruption)* sono descrittivi anche di quanto verificatosi nel 1980 al Monte St. Helen nello Stato di Washington (USA).

L’allarme lanciato dal Dott. Borgia prende spunto da un articolo a cura di due ricercatori islandesi (Hrefna Kristmannsdóttir e Halldór Ármannsson), dal titolo *“Environmental aspects of geothermal energy utilization”*, comparso cinque anni fa sulla rivista scientifica *Geothermics*. Questo articolo riporta una ampia rassegna dei possibili riflessi sull’ambiente conseguenti alla coltivazione dei campi geotermici.

Gli effetti sull’ambiente della coltivazione geotermica in verità dipendono, e l’articolo citato non ne fa mistero, dal contesto geologico proprio di ogni campo geotermico. Si dice, infatti, a pagina 453 dell’articolo medesimo: *“Environmental effects vary considerably from*

one geothermal field and power plant to another, depending on the special characteristics of the field in question”.

Tra gli effetti sull’ambiente, elencati nel lavoro di Kristmannsdóttir ed Ármannsson, presi in considerazione e sottolineati dal Dott. Borgia, vi sono anche dei fenomeni geologici quali il “*mescolamento di fluidi tra gli acquiferi, superficiale e geotermico*” e la “*scomparsa di sorgenti e fumarole o cambi nelle attività superficiali*”. Per l’illustrazione di questi ultimi gli autori rimandano (come fa del resto il Dott. Borgia nella sua missiva all’Assessore Brammerini) ad un preciso riferimento bibliografico (Glover *et al.*, 2000).

I cambiamenti ambientali cui si fa riferimento nella lettera del Dott. Borgia si trovano effettivamente descritti nell’articolo di Richard Glover, Trevor Hunt e Charlotte Severne, comparso nel 2000 sulla rivista scientifica *Geothermics*, intitolato “*Impacts of development on a natural thermal feature and their mitigation – Ohaaki Pool New Zealand*”. Questo articolo verte, essenzialmente, sulla variazione di livello di un laghetto termale di 750 m² avvenuta in coincidenza di test di produzione (*discharges test*) effettuati tra il 1968 ed il 1972 prima dell’inizio dell’attività di coltivazione del campo. Gli autori concludono in proposito che, sebbene fossero note delle variazioni storiche nel livello delle acque del laghetto, quelle studiate erano state indotte dallo sviluppo del campo e che le tecniche di reiezione si erano dimostrate efficaci per il contenimento di questo fenomeno.

Tra i possibili effetti ambientali sono altresì illustrate, nel lavoro di Kristmannsdóttir ed Ármannsson, le conseguenze di eruzioni freatiche che possono verificarsi in sistemi geotermici di alta temperatura e con acquiferi molto prossimi alla superficie “... *Lowering of the groundwater table can also lead to the formation or accelerate growth of a steam pillow and subsequent boiling and degassing of the field. Such a development may induce major explosions that have in the past killed a number of people (Hunt, 2001; Goff and Goff, 1997). The effects of fluid withdrawal can to a large extent be overcome by injecting the spent fluid back into the reservoir....*”.

Il riferimento al lavoro di Sue J. Goff e Fraser Goff allude ad un tragico accadimento, verificatosi ad El Salvador nella regione di Ahuachapán, dove una *esplosione idrotermale* si è verificata (il 13 ottobre 1990) in un’area denominata Agua Schuca uccidendo 25 persone che vivevano sul margine di un laghetto termale. Questa esplosione idrotermale era stata, peraltro, preceduta (nello stesso sito) da altri eventi simili con alla base dinamiche analoghe (alte temperature e acquifero prossimo alla superficie).

Il lavoro di Trevor Hunt richiama brevemente (a pagina 21) il rischio (benché definito raro dall’autore) del verificarsi, in particolari condizioni, di esplosioni idrotermali o freatiche.

Il caso portato ad esempio da Hunt è poi lo stesso richiamato poco sopra cui l'autore aggiunge altri casi simili (che non hanno provocato vittime) verificatisi nel campo geotermico di Wairakei in Nuova Zelanda. Lo stesso autore così delinea condizioni e dinamiche che presiedono a questi accadimenti “... *Eruptions occur when the steam pressure in near-surface aquifers exceeds the overlying lithostatic pressure and the overburden is then ejected...*”.

Come è facile ricavare da quanto ora detto gli effetti ambientali ed anche i rischi cui si fa riferimento sono, per quanto esplicitato dagli autori, legati a sistemi geotermici e contesti idrogeologici, magmatologici e strutturali che sarebbe quantomeno azzardato mettere in parallelo con la situazione amiatina.

Per quanto concerne i calcoli del Dott. Borgia, secondo i quali si registrerebbe una imponente riduzione del volume dell'acqua immagazzinata nell'acquifero del Monte Amiata, le analisi dei dati idrogeologici (vedi Allegato A) portano a dire che:

- le fluttuazioni dei volumi erogati ogni anno presentano scostamenti perfettamente compatibili con la naturale variabilità climatica che presiede alla ricarica per infiltrazione meteorica dell'acquifero freatico;
- i dati di portata disponibili mostrano, piuttosto chiaramente, una certa regolarità contrassegnata da una ciclica alternanza di anni di piena ed anni di magra e, nell'ambito dello stesso anno, da periodi di piena e periodi di magra. Non si rileva la supposta progressiva diminuzione dei volumi d'acqua immagazzinata nell'acquifero dato che le portate medie della sorgente Galleria Nuova, rilevate nel 2007 (569 L/s pari a $17,9 \text{ m}^3 \cdot 10^6$) sono praticamente corrispondenti a quanto da questa erogato nel 1994 (572 L/s pari a $18,0 \text{ m}^3 \cdot 10^6$).

Si deve, quindi, concludere che, sulla base dei dati a disposizione, le condizioni idrodinamiche generali dell'acquifero, alimentante la sorgente Galleria Nuova, non sono significativamente mutate negli ultimi 14 anni, se non in relazione alle diverse condizioni di naturale alimentazione meteorica.

Per quanto riguarda le affermazioni del Dott. Borgia secondo cui “... *sono già iniziate le eruzioni di fluidi geotermici dai vecchi camini di aerazione della miniera di Abbadia S.Salvatore ...*” e ancora “... *la risalita dei fluidi geotermici, che sta già avvenendo, diventerà irrimediabile. Ma potrebbero esserci anche delle esplosioni freatiche indotte dalla degassazione dell'acquifero geotermico. Esattamente quanto è già avvenuto almeno tre volte a Piancastagnaio in prossimità dei pozzi geotermici...*” sulla base dei documenti trasmessi dai Vs. Uffici non ci si può esimere, dall'osservare che:

- 1) quelli che il Dott. Borgia definisce “*camini di aerazione della miniera di Abbadia S.Salvatore* ” tali non sono. Si tratta in realtà, come attestato dall’Autorità di Vigilanza sulle Attività Minerarie, di sondaggi minerari, profondi alcune centinaia di metri, da cui si registrava la fuoriuscita di gas (tra i quali anche H₂S) fin dalla fine degli anni ’50, cioè in periodi antecedenti l’inizio della coltivazione del campo geotermico.
- 2) I fenomeni che il Dott. Borgia, nella lettera all’Assessore Brammerini, interpreta come “eruzioni freatiche”, cosa che avvalorerebbe nella sua visione la tesi di sconvolgimenti in atto nell’assetto geologico del Monte Amiata, sono stati in altra sede (procedimento n° 1676/2001 presso il Tribunale di Montepulciano) interpretati in modo assai diverso dallo stesso Dott. Borgia. Quest’ultimo, come risulta peraltro dagli atti giudiziari, ha, in qualità di CTP, interpretato gli stessi fatti come incidenti dovuti ad una non corretta gestione del pozzo da parte dell’ENEL. Tesi che è stata riconosciuta come vera dall’Autorità Giudiziaria che ha anche disposto un congruo risarcimento alla parte in causa patrocinata dal Dott. Borgia.

E’ d’obbligo a questo punto sottolineare come una attenta escussione della lettera inviata dal Dott. Andrea Borgia all’Assessore Brammerini nonché dei lavori scientifici in questa citati facciano emergere, con tutta evidenza, come le tesi portate avanti nella missiva poggino su di un impianto teorico tutt’altro che solido.

Tuttavia, stante la rilevanza delle questioni sollevate che prefigurano possibili rischi per la popolazione residente, si è proceduto ad accertamenti urgenti su vari parametri oggettivi che potrebbero certamente evidenziare eventuali importanti anomalie insorte nel sistema geologico ed idrologico del complesso amiatino.

Sono stati richiesti con urgenza agli Enti preposti, per tramite della Vs. Direzione Generale delle Politiche Territoriali ed Ambientali, varia documentazione ed una serie di controlli straordinari sulla sismicità e sui parametri termodinamici del serbatoio geotermico (vedi Allegato B), sulla portata delle sorgenti (vedi Allegato C1 e C2) e sulla chimica delle acque potabili erogate (vedi Allegato D1 e D2). Ciò in quanto si tratta di parametri sensibili ed in grado di segnalare, con la presenza di valori anomali, eventi geologicamente rilevanti quali quelli descritti e dati come già in atto nella relazione del Dott. Borgia.

I controlli effettuati, come si ricava dai risultati esposti nei vari allegati a questo scritto, non hanno rivelato alcun tipo di anomalia sui molteplici versanti su cui sono stati condotti gli approfondimenti. Tutti i risultati ottenuti risultano del tutto coerenti con le linee di tendenza consolidate da molti anni a questa parte.

In relazione al paventato inquinamento della falda da parte di fluidi geotermici (“*mescolamento di fluidi tra gli acquiferi, superficiale e geotermico*”), si rileva (come riportato in Allegato A) che qualora rispondesse al vero tale opinione, ciò indicherebbe un potenziale del campo geotermico maggiore di quello dell’acquifero; questo assunto mal si concilia con quanto asserito dal Dott. Borgia (nella lettera all’assessore e nelle precedenti relazioni) circa il fatto che l’acquifero freatico amiatino sarebbe irrimediabilmente e progressivamente drenato dal campo geotermico dato che, se valesse quest’ultima ipotesi, dovrebbe essere la falda più superficiale ad avere un potenziale maggiore di quello del campo geotermico. Ragione vuole che tali ipotesi siano in netto contrasto l’una con l’altra essendo idrogeologicamente e fisicamente antitetiche e, quindi, non possono essere sostenute entrambe, quanto meno per il “*principio di non contraddizione*” che, malgrado tutto, rimane pur sempre un pilastro della “*Logica*”.

A valle del lavoro svolto dal nostro *team* di ricerca e dagli organismi interpellati si hanno gli elementi per formulare una risposta ben fondata al quesito postoci da codesta Spett. Direzione Generale, risposta che riassume il complesso delle riflessioni svolte ed è qui di seguito sinteticamente riportata.

Le tesi espresse dal Dott. Borgia nella lettera all’Assessore Brammerini risultano scientificamente insostenibili, palesemente contraddittorie e smentite dai dati acquisiti sul campo. L’allarme lanciato dal Dott. Borgia è, in conseguenza, da ritenersi privo di fondamento.

Siena, 5 Marzo 2008

Il Responsabile del Gruppo di Lavoro
(Prof. Carlo Gaggi)

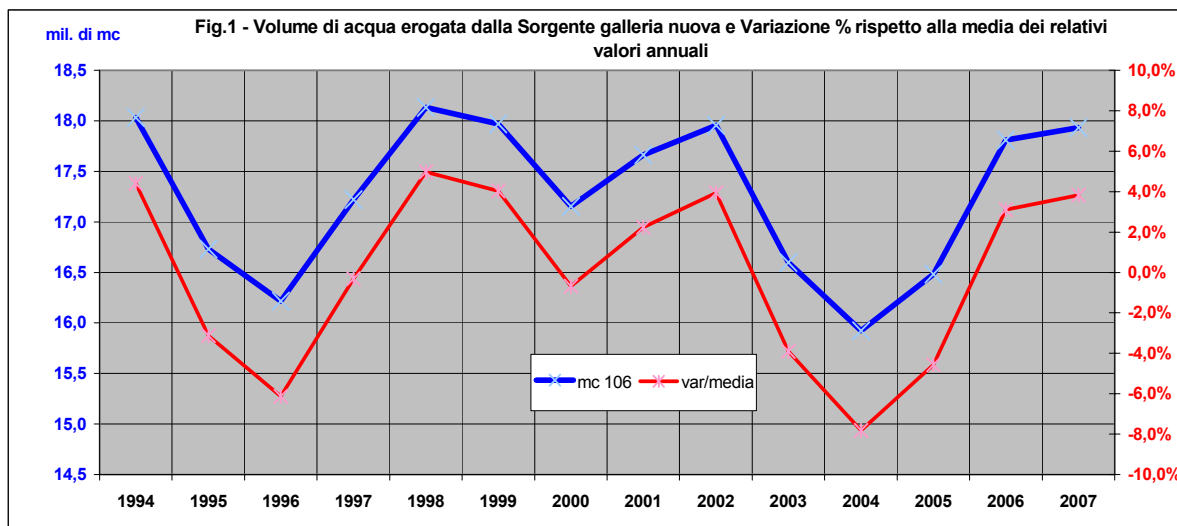
Allegato A

Per quanto concerne il riferimento fatto dal Dott. Borgia ad una imponente riduzione del volume dell'acqua immagazzinata nell'acquifero ("il volume dell'acqua potabile si è ridotto ad un quarto"), si osserva quanto segue.

- Facendo riferimento alle portate erogate dalla sorgente Galleria Nuova di S. Fiora (Tab. 1 e Fig. 1- fonte Fiora S.p.A.) nel periodo 1994-2007, è possibile notare come, per un valore medio nel periodo dei volumi d'acqua erogati dalla sorgente pari a $17.3 \text{ m}^3 \cdot 10^6$, le fluttuazioni dei volumi erogati ogni anno si discostano da tale valore al massimo del +6% e del -7.8%; questi scostamenti sono perfettamente compatibili con la naturale variabilità climatica che presiede alla ricarica per infiltrazione meteorica dell'acquifero freatico.

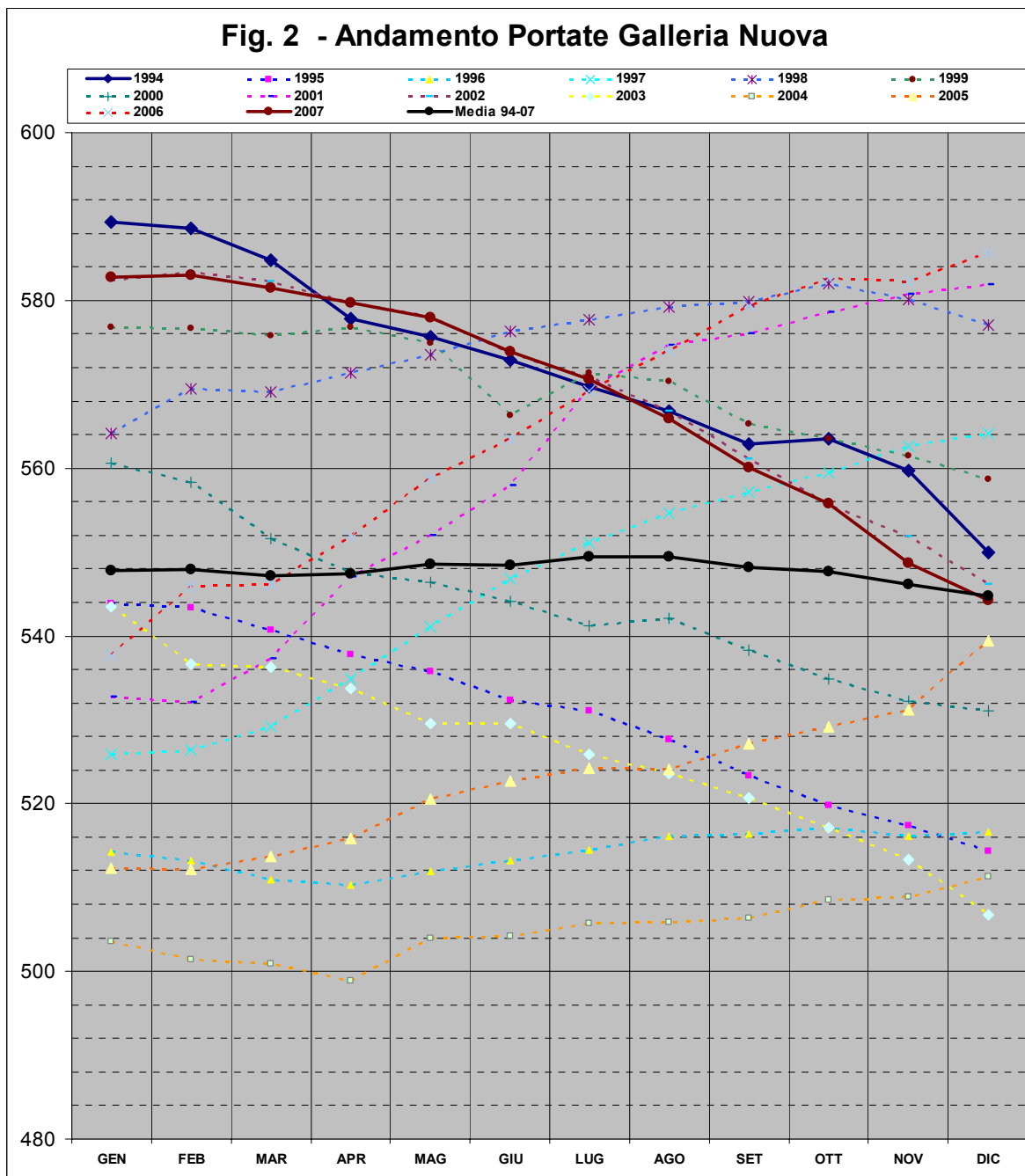
Tab.1 - PORTATE SORGENTE GALLERIA (NUOVA) PRINCIPALE

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Media 94-07
GEN	589,34	543,81	514,21	525,93	564,11	576,81	560,57	532,71	582,42	543,44	503,58	512,29	537,69	582,80	547,84
FEB	588,64	543,32	513,19	526,41	569,52	576,70	558,35	532,05	583,39	536,59	501,43	512,24	545,91	582,96	547,91
MAR	584,81	540,66	510,88	529,20	569,09	575,75	551,56	537,27	582,24	536,25	500,94	513,67	546,18	581,44	547,14
APR	577,80	537,74	510,30	534,89	571,37	576,83	547,50	547,08	579,71	533,75	498,86	515,89	551,80	579,72	547,37
MAG	575,69	535,81	511,98	541,05	573,48	574,85	546,35	552,00	578,03	529,52	504,01	520,57	558,79	577,93	548,58
GIU	572,83	532,31	513,25	546,75	576,30	566,30	544,06	557,93	573,66	529,55	504,21	522,68	563,45	573,89	548,37
LUG	569,72	531,01	514,52	551,06	577,66	571,38	541,15	569,42	570,84	525,85	505,66	524,27	569,27	570,58	549,46
AGO	566,82	527,68	516,15	554,64	579,24	570,33	542,09	574,63	566,85	523,58	505,87	524,08	573,98	565,94	549,42
SET	562,93	523,38	516,33	557,11	579,89	565,28	538,31	576,00	561,15	520,71	506,39	527,18	579,34	560,12	548,15
OTT	563,54	519,79	517,19	559,45	581,95	563,45	534,85	578,54	555,66	517,17	508,46	529,19	582,69	555,73	547,69
NOV	559,65	517,37	516,17	562,66	580,14	561,53	532,26	580,77	551,83	513,31	508,93	531,18	582,22	548,68	546,19
DIC	549,98	514,28	516,57	564,12	577,11	558,66	531,07	581,88	546,13	506,77	511,34	539,46	585,70	544,27	544,81
MEDIA l/s	571,8	530,6	514,2	546,1	575,0	569,8	544,0	560,0	569,3	526,4	505,0	522,7	564,8	568,7	547,7
mc 10 ⁶	18,0	16,7	16,2	17,2	18,1	18,0	17,2	17,7	18,0	16,6	15,9	16,5	17,8	17,9	17,3
var/media	4,4%	-3,1%	-6,1%	-0,3%	5,0%	4,0%	-0,7%	2,2%	3,9%	-3,9%	-7,8%	-4,6%	3,1%	3,8%	



- Se vi fosse, come paventato, una progressiva diminuzione dell'immagazzinamento dinamico nell'acquifero, questo dovrebbe tradursi in una corrispondente riduzione del potenziale piezometrico che, a sua volta, dovrebbe indurre una drastica e progressiva riduzione dei volumi d'acqua erogati dall'acquifero attraverso le sorgenti; questo non accade, anzi nel 2007 la sorgente Galleria Nuova ha erogato il 4% d'acqua in più rispetto all'erogazione media del periodo 1994-2007 (Tab. 1 e Figg. 1 e 2- fonte Fiora S.p.A.). Non solo, dato che le portate

medie del 2007 (569 l/s, pari a $17.9 \text{ m}^3 \cdot 10^6$) sono praticamente corrispondenti a quanto erogato dalla sorgente Galleria Nuova nel 1994 (572 l/s, pari a $18.0 \text{ m}^3 \cdot 10^6$), si può ragionevolmente supporre che le condizioni idrodinamiche generali dell'acquifero alimentante la sorgente Galleria Nuova non siano sensibilmente mutate negli ultimi 14 anni, se non in relazione alle diverse condizioni di naturale alimentazione meteorica che in tale periodo si sono verificate.



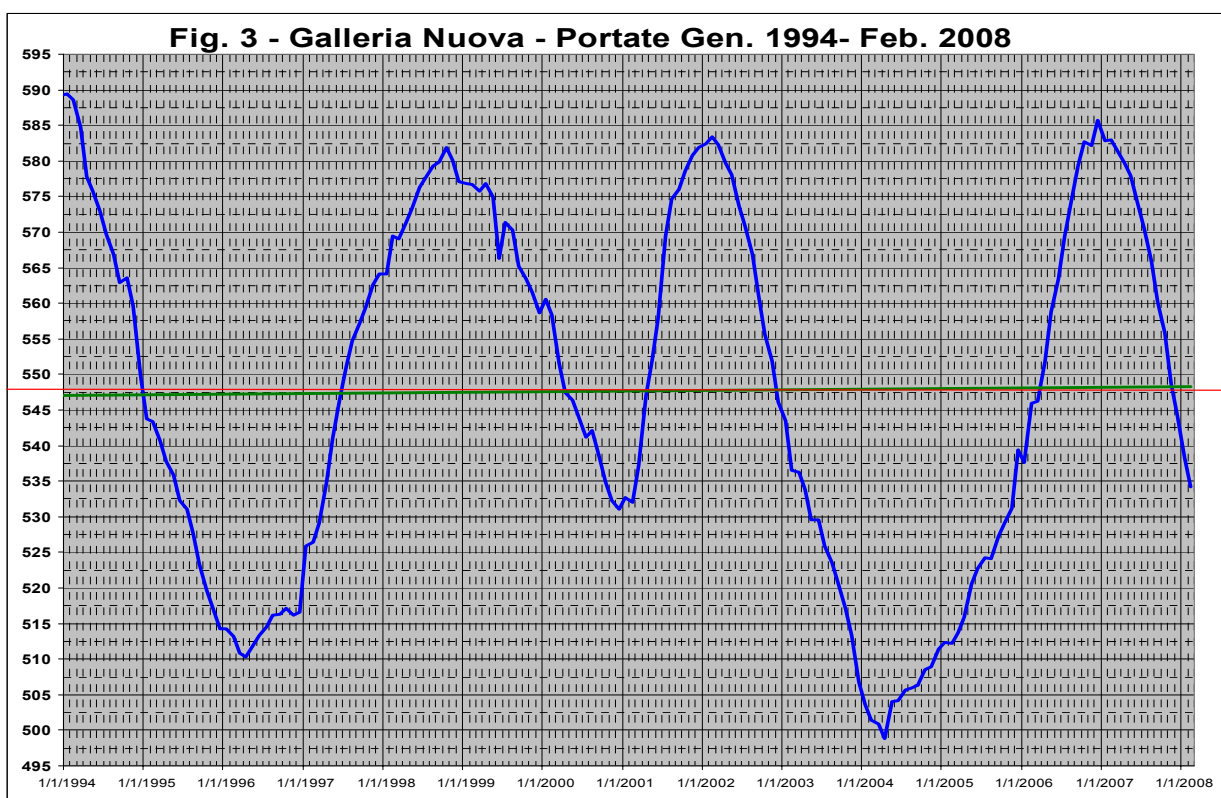
L'esame e l'elaborazione dei dati riportati nelle Figure 1, 2 e 3, mostrano, abbastanza chiaramente, una certa regolarità contrassegnata da una ciclica alternanza di anni di piena ed anni di

magra e, nell'ambito dello stesso anno, periodi di piena e periodi di magra, che trovano la loro spiegazione nella naturale variazione delle condizioni idrodinamiche.

Sembra infatti che, per il periodo preso in esame e per i dati oggi disponibili, le sorgenti indagate risentano dell'*effetto regolatore* dell'acquifero alimentatore, il quale trattiene parte dei volumi d'acqua che vi affluiscono nella stagione piovosa per liberarli gradualmente nel periodo di scarsità di afflussi. Analogamente, negli anni meno piovosi libera parte delle riserve accumulate in quelli di piena.

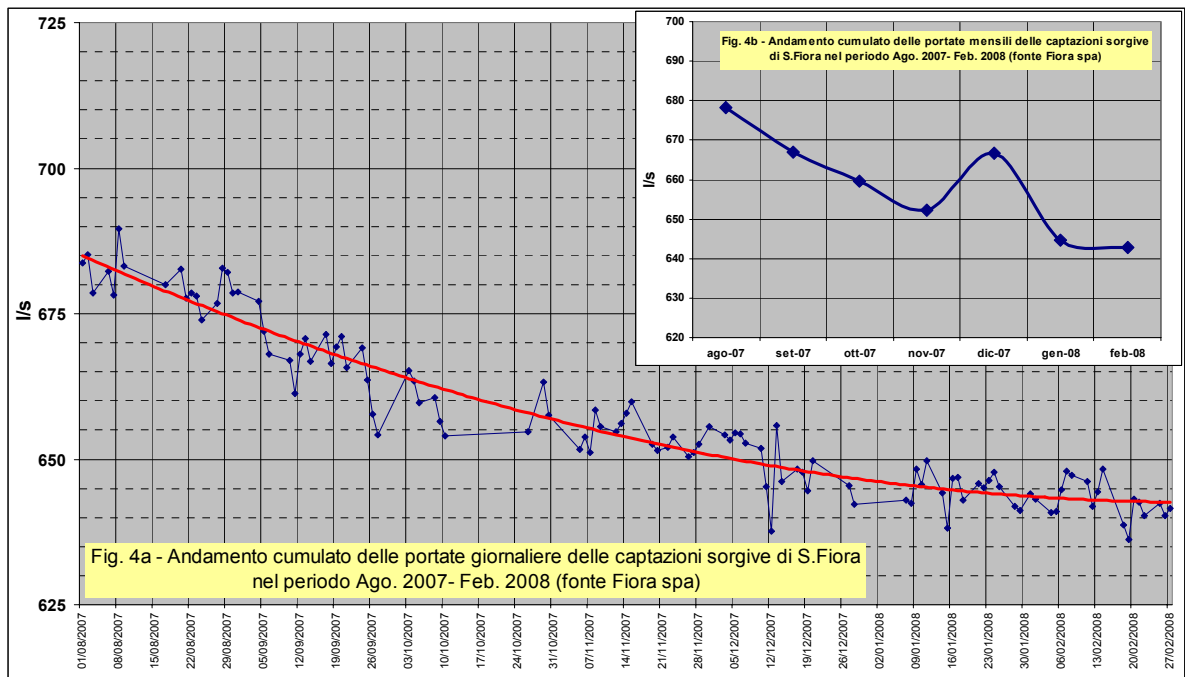
Tale fenomeno appare del tutto evidente dall'istogramma della sorgente Galleria Nuova (Fig. 3) in cui si può individuare un andamento ciclico rappresentato da massimi di 589,34 l/s e minimi di 498,86 l/s che si registrano ogni 3-5 anni. La portata media di tale sorgente (per il periodo 1994-2007) si attesta su valori di 547,6 l/s (linea rosa di Fig. 3), mentre la deviazione standard (indice della variabilità dei singoli dati di portata intorno al relativo valore medio) risulta essere assai modesta (25,5 l/s corrispondente ad un coefficiente di variazione pari al 5%).

Almeno per il periodo preso in considerazione (anche se si è in periodo di *esaurimento* del sistema idrologico alimentatore), il trend delle portate di suddetta sorgente (linea verde di Fig. 3) sembra essere lievemente positivo.



Del resto, anche l'analisi delle portate giornaliere della sorgente Galleria Nuova, relative agli ultimi sette mesi (Agosto 2007-Febbraio 2008- Figg. 4a e 4b) non evidenzia nessuna anomalia idrodinamica del sistema idrogeologico alimentante la sorgente; altresì individua una evoluzione delle

portate sorgive tipica di un naturale ciclo di esaurimento del sistema acquifero perfettamente congruente con la scarsa rilevanza della ricarica per infiltrazione meteorica riscontrata nel corrispondente lasso di tempo.



In relazione al paventato inquinamento della falda da parte di fluidi geotermici, si rileva che qualora rispondesse al vero tale opinione (questo sempre nella supposizione che tra i due acquiferi, freatico e geotermico, esista realmente una continuità idraulica, cosa appunto supposta, ma non provata), ciò indicherebbe un potenziale del campo geotermico maggiore di quello dell'acquifero; questo assunto mal si concilia con quanto asserito in precedenza dal Dott. Borgia (nella lettera all'assessore e nelle precedenti relazioni) circa il fatto che l'acquifero freatico amiatino sarebbe irrimediabilmente e progressivamente drenato dal campo geotermico dato che, se valesse quest'ultima ipotesi, dovrebbe essere la falda più superficiale ad avere un potenziale maggiore di quello del campo geotermico.

Ragione vuole che tali ipotesi siano in netto contrasto l'una con l'altra essendo idrogeologicamente e fisicamente antitetiche e, quindi, non possono essere sostenute entrambe, quanto meno per il "*principio di non contraddizione*" che, malgrado tutto, rimane pur sempre un pilastro della "*Logica*".

Allegato B



L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

Divisione Generazione ed Energy Management
Produzione Geotermica
Ingegneria Mineraria

IDENTIFICAZIONE

FOGLIO

1 di 5

TIPO ELABORATO

RELAZIONE TECNICA

TITOLO ELABORATO

Area Amiata

Informazioni in merito all'attività sismica e caratteristiche
termodinamiche dei fluidi

DISTRIBUZIONE

DESTINATARIO

NUMERO COPIE

REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	REDAZIONE	INCARICAT	CONTROLL	APPROVAT
			ROMAGNOLI			

PROGETTO

AREA

CHIAVI RIC.

IDENTIFICAZIONE

TIPO

ARGOMENTO

ZONA

PROGRESSIVO SIPAD

CLASSIFICAZIONE

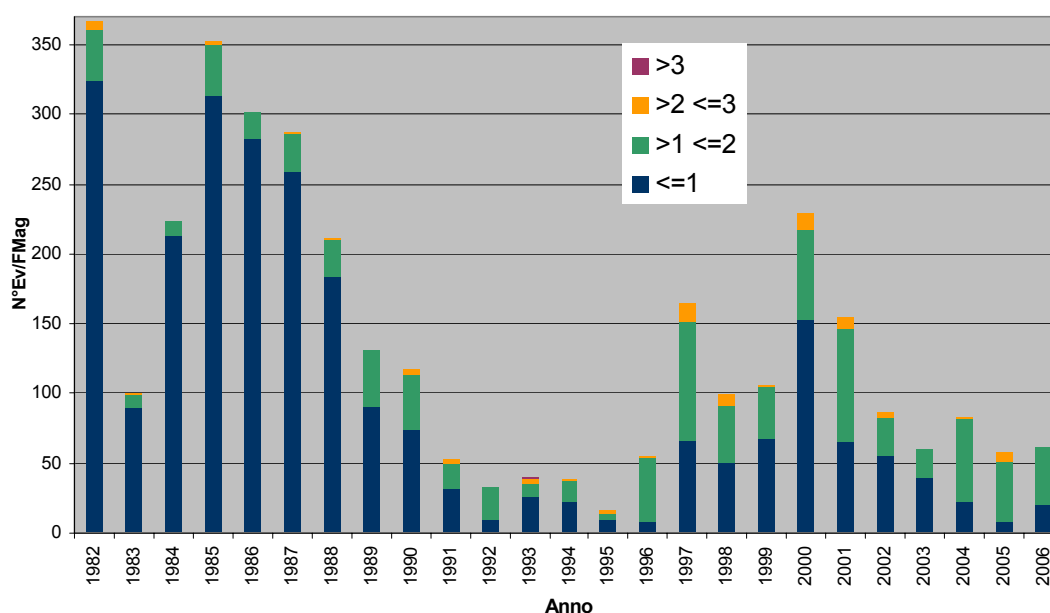
USO AZIENDALE

Questo documento contiene informazioni di proprietà di Enel SpA e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Enel SpA.

Attività sismica

Enel ha installato nell'area amiatina una rete di monitoraggio dell'attività microsismica che è operante (con un numero di stazioni progressivamente crescente) da oltre 20 anni.

Nel grafico seguente sono riportati il numero di eventi complessivamente registrati in ciascun anno e la distribuzione in classi di magnitudo. Dal grafico risulta evidente che non vi è alcun trend anomalo, semmai negli ultimi anni si registra un numero di eventi inferiore a quello di periodi precedenti. Anche nel 2007 il numero di eventi (51) è in linea con quello degli ultimi anni. Anche dal punto di vista della magnitudo rimane netta la prevalenza degli eventi microsismici (con magnitudo inferiore a 2)



Parametri termodinamici del fluido geotermico

Le caratteristiche termodinamiche del fluido geotermico (essenzialmente temperatura e pressione) vengono monitorate ai fini di una corretta utilizzazione del fluido e per la gestione del serbatoio geotermico.

Dal punto di vista del monitoraggio dell'evoluzione delle caratteristiche del serbatoio, il parametro più rilevante è certamente la pressione essendo le variazioni di temperatura estremamente lente.

I valori di pressione vengono rilevati in numerosi punti del circuito geotermico, tra questi i più significativi, in funzione ovviamente degli scopi, sono quelli rilevati:

- All'interno del pozzo per rilevare la pressione di serbatoio (o di strato);
- A boccapozzo prima dell'ingresso nel vapordotto;
- In centrale all'ingresso in turbina

La *pressione all'ammissione in turbina* viene monitorata in continuo in quanto rappresenta un parametro di controllo del corretto funzionamento dell'impianto. Ovviamente il suo valore è influenzato dall'assetto della turbina stessa e di quello della rete di trasferimento. A parità di assetto della turbina (come nel caso dell'Amiata) le variazioni sono imputabili essenzialmente a variazioni della portata (riduzione della portata dei pozzi, esclusione od immissione degli stessi). La significatività ai fini della valutazione dell'evoluzione del serbatoio è quindi relativa.

La misura della *pressione a boccapozzo* ha rilevanza esclusivamente nel caso in cui il pozzo sia laminato, ovvero con la valvola di immissione sul vaporedotto parzialmente chiusa, in questa eventualità il parametro pressione fornisce una indicazione della "riserva" di portata disponibile dal pozzo. Anche in questo caso il valore misurato è essenzialmente determinato dalle manovre effettuate e non è, di per sé, significativo della condizione di serbatoio.

La misura della *pressione all'interno del pozzo* è il parametro più utile ai fini della valutazione dell'evoluzione nel tempo delle caratteristiche del serbatoio e fornisce le indicazioni operativamente più significative per una corretta gestione dello stesso.

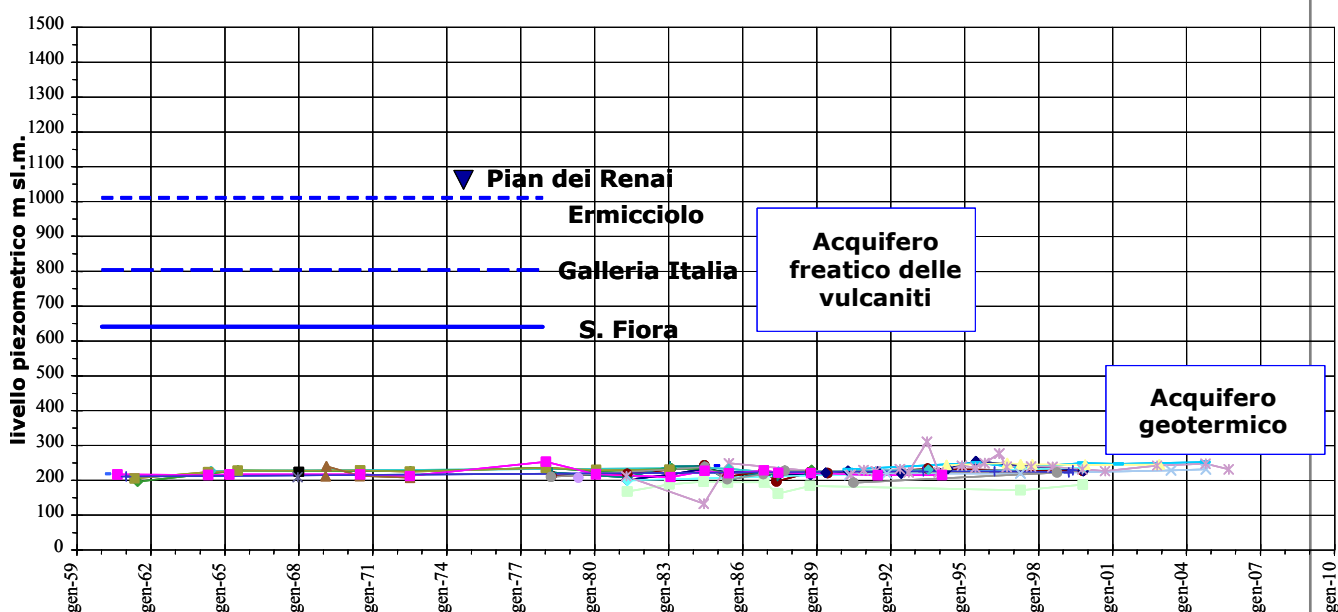
La difficoltà operativa della misura e l'effettiva disponibilità di pozzi per la misura condizionano il numero dei dati disponibili. Deve essere peraltro osservato che le possibili variazioni sono comunque lente e quindi i dati disponibili consentono di apprezzare, se presente, qualsiasi trend evolutivo.

Nel caso dell'Amiata, ovvero di un campo ad acqua dominante, la misura della pressione può essere assimilata a quella di un livello piezometrico. E' quindi necessario esplicitare il riferimento utilizzato (in genere quota frattura oppure al livello del mare).

Nel caso dell'Amiata occorre inoltre differenziare il serbatoio superficiale (quello storicamente coltivato per primo) da quello profondo (attualmente in coltivazione).

Infatti i due sistemi, pur in continuità idraulica (all'origine presentavano lo stesso valore di livello) presentano una barriera di permeabilità (ben evidenziata dai logs di temperatura in pozzo) che non consente un efficace flusso tra i due.

Il grafico seguente riporta, confrontato con i livelli dell'acquifero idropotabile, il livello misurato nell'acquifero geotermico dall'inizio della coltivazione geotermica (anni '60) ad oggi. Come risulta evidente non si sono verificate apprezzabili variazioni.

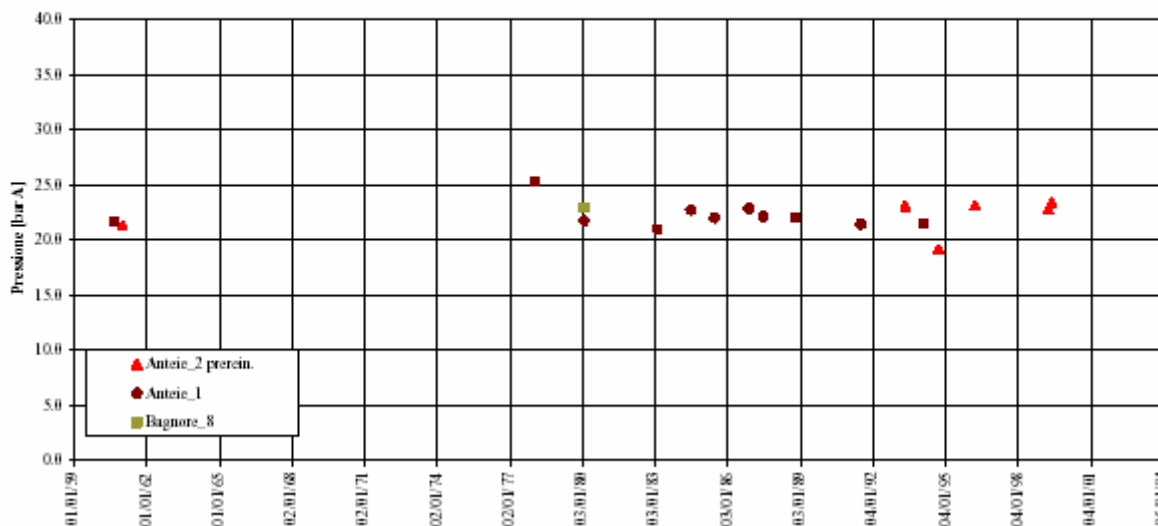


Per una analisi di maggior dettaglio nel seguito vengono riportate anche le pressioni alla frattura. Quando si parla di pressioni alla frattura si deve tener conto che il valore

misurato dipende dalla quota della frattura produttiva presente nel pozzo (ovviamente un pozzo che ha la frattura produttiva ad una quota inferiore registra una pressione superiore).

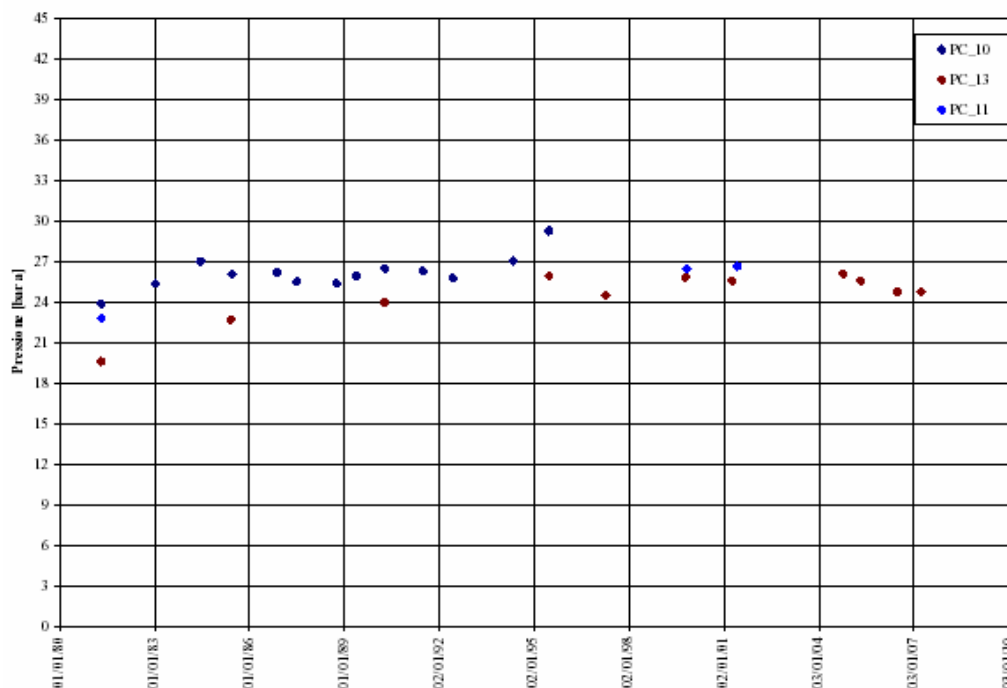
Nel grafico seguente è riportato l'andamento delle pressioni alla frattura per il campo superficiale di Bagnore, dal grafico si evidenzia una sostanziale stabilità dei valori.

Serbatoio superficiale Bagnore
Pressioni alla quota della frattura.

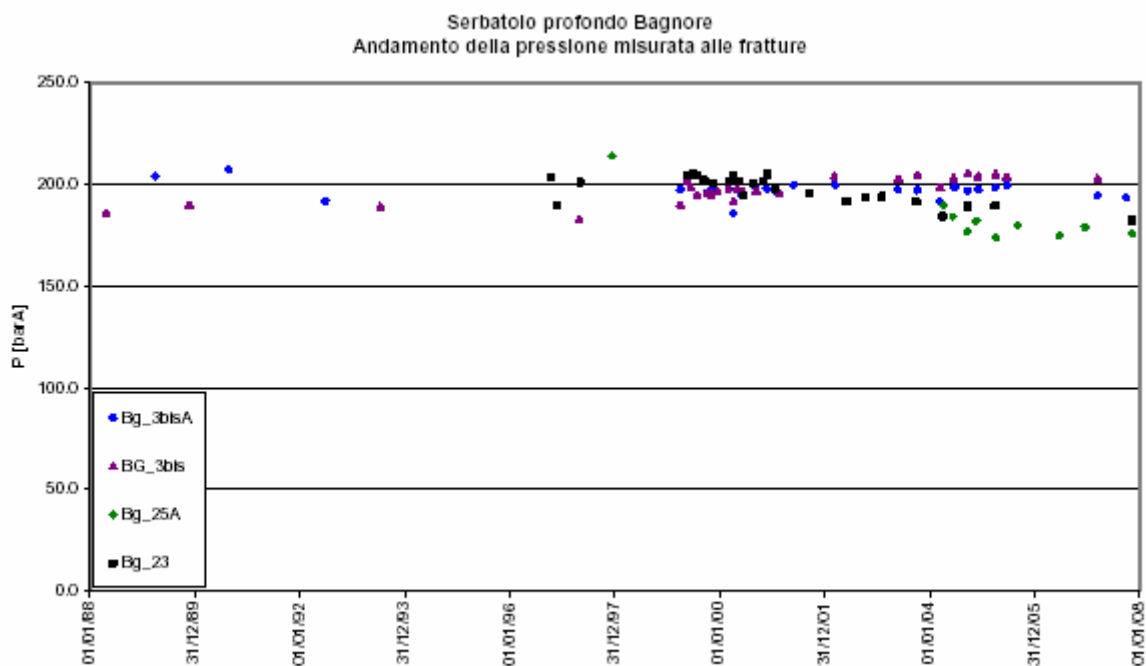
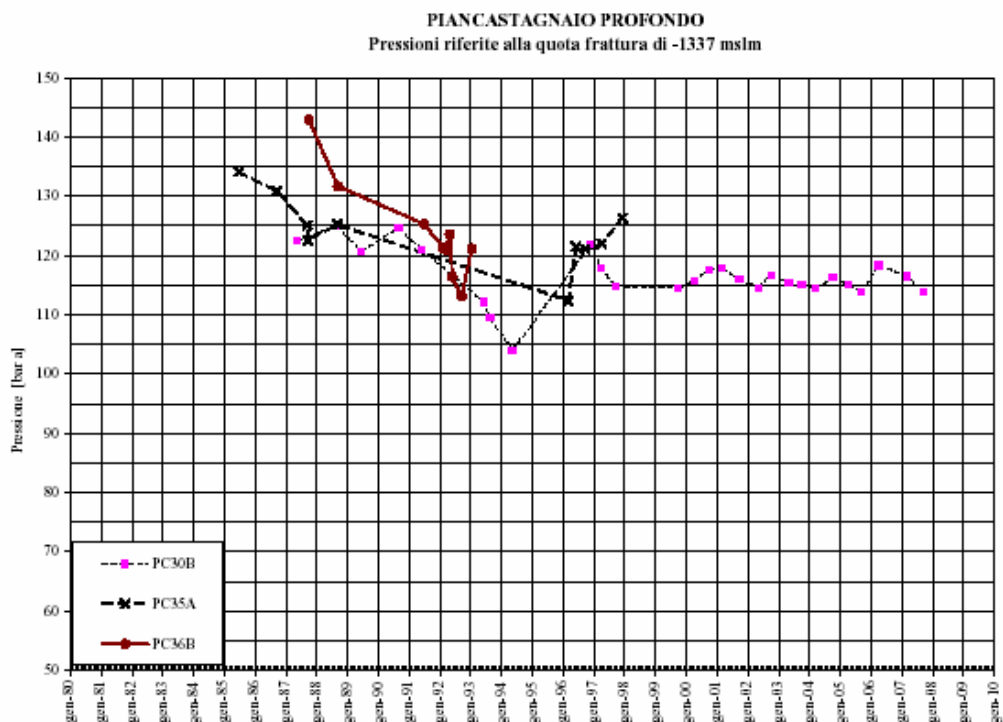


Anche per il campo superficiale di Piancastagnaio i dati (grafico seguente) non mostrano variazioni apprezzabili nel tempo.

PIANCASTAGNAIO SUPERIORE
Pressioni calcolate alla frattura.

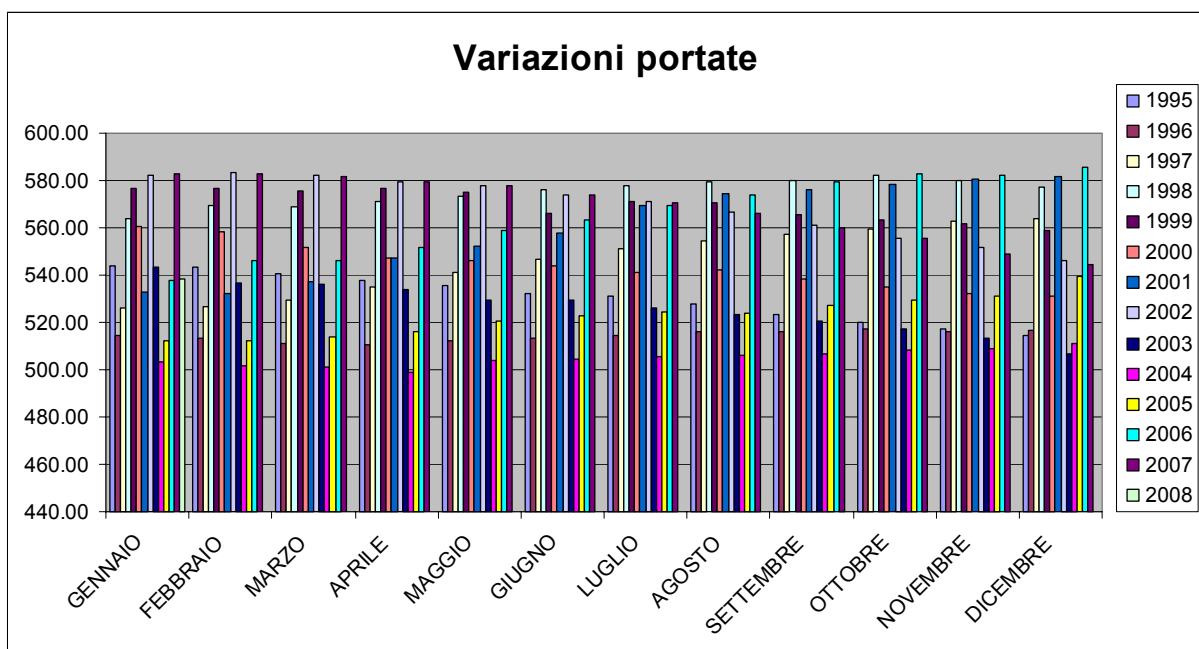


Per completezza si riportano, nei grafici seguenti, i dati della pressione alla frattura del serbatoio profondo di Piancastagnaio e Bagnore. I dati evidenziano un iniziale trend in diminuzione (più accentuato a Piancastagnaio) che si è progressivamente stabilizzato.



Allegato C1

	PORTATE SORGENTE GALLERIA PRINCIPALE														
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
GENNAIO	589.34	543.81	514.21	525.93	564.11	576.81	560.57	532.71	582.42	543.44	503.58	512.29	537.69	582.80	538.26
FEBBRAIO	588.64	543.32	513.19	526.41	569.52	576.70	558.35	532.05	583.39	536.59	501.43	512.24	545.91	582.96	
MARZO	584.81	540.66	510.88	529.20	569.09	575.75	551.56	537.27	582.24	536.25	500.94	513.67	546.18	581.44	
APRILE	577.80	537.74	510.30	534.89	571.37	576.83	547.50	547.08	579.71	533.75	498.86	515.89	551.80	579.72	
MAGGIO	575.69	535.81	511.98	541.05	573.48	574.85	546.35	552.00	578.03	529.52	504.01	520.57	558.79	577.93	
GIUGNO	572.83	532.31	513.25	546.75	576.30	566.30	544.06	557.93	573.66	529.55	504.21	522.68	563.45	573.89	
LUGLIO	569.72	531.01	514.52	551.06	577.66	571.38	541.15	569.42	570.84	525.85	505.66	524.27	569.27	570.58	
AGOSTO	566.82	527.68	516.15	554.64	579.24	570.33	542.09	574.63	566.85	523.58	505.87	524.08	573.98	565.94	
SETTEMBRE	562.93	523.38	516.33	557.11	579.89	565.28	538.31	576.00	561.15	520.71	506.39	527.18	579.34	560.12	
OTTOBRE	563.54	519.79	517.19	559.45	581.95	563.45	534.85	578.54	555.66	517.17	508.46	529.19	582.69	555.73	
NOVEMBRE	559.65	517.37	516.17	562.66	580.14	561.53	532.26	580.77	551.83	513.31	508.93	531.18	582.22	548.68	
DICEMBRE	549.98	514.28	516.57	564.12	577.11	558.66	531.07	581.88	546.13	506.77	511.34	539.46	585.70	544.27	



RIEPILOGO PORTATE DELLE SORGENTI DI S.FIORA
MESE DI GENNAIO 2000

SANTA FIORA (TOTALE)				Ø 800 PONTE FIORA				Ø 550 P.FIORA		RIEPILOGO DELLE PORTATE IN LITRI/SEC. SORGENTI SANTA FIORA					
										MESE DI GENNAIO 2008					
GG/HH	Int.	Lettura	l/sec.	GG/HH	Int.	Lettura	l/sec.	Lettura	L/sec.	Giorno	S.FIORA (TOT)	Ø 800 P. FIORA	TOT. SORG.	Ø 550 P. FIORA	TOTALE
28/12/2007 09:11		2,012,374		28/12/2007 09:48		10,496		795,094							
07/01/2008 09:19	240.13	2,028,336	18.46	07/01/2008 11:07	241.32	24,507	522.55	800,014	101.94	7	18.46	522.55	541.01	101.94	642.95
08/01/2008 09:07	23.80	2,029,857	17.75	08/01/2008 09:45	22.63	25,822	522.90	800,475	101.84	8	17.75	522.90	540.65	101.84	642.49
09/01/2008 10:44	25.62	2,031,528	18.12	09/01/2008 10:57	25.20	27,283	521.79	801,021	108.33	9	18.12	521.79	539.91	108.33	648.24
10/01/2008 09:12	22.47	2,033,066	19.02	10/01/2008 10:48	23.85	28,660	519.62	801,531	106.92	10	19.02	519.62	538.64	106.92	645.56
11/01/2008 08:59	23.78	2,034,463	16.32	11/01/2008 10:55	24.12	30,060	522.46	802,066	110.92	11	16.32	522.46	538.78	110.92	649.70
14/01/2008 08:44	71.75	2,038,619	16.09	14/01/2008 09:18	70.38	34,150	522.99	803,547	105.21	14	16.09	522.99	539.08	105.21	644.29
15/01/2008 09:35	24.85	2,040,048	15.97	15/01/2008 14:21	29.05	35,831	520.79	804,136	101.38	15	15.97	520.79	536.77	101.38	638.14
16/01/2008 10:39	25.07	2,041,529	16.41	16/01/2008 09:27	19.10	36,939	522.09	804,549	108.12	16	16.41	522.09	538.51	108.12	646.62
17/01/2008 09:10	22.52	2,042,886	16.74	17/01/2008 09:50	24.38	38,350	520.81	805,082	109.30	17	16.74	520.81	537.55	109.30	646.84
18/01/2008 09:52	24.70	2,044,399	17.02	18/01/2008 12:04	26.23	39,870	521.47	805,630	104.45	18	17.02	521.47	538.49	104.45	642.94
21/01/2008 09:23	71.52	2,048,442	15.70	21/01/2008 11:04	71.00	43,993	522.63	807,157	107.54	21	15.70	522.63	538.34	107.54	645.87
22/01/2008 15:31	30.13	2,050,405	18.10	22/01/2008 15:08	28.07	45,617	520.76	807,753	106.18	22	18.10	520.76	538.86	106.18	645.03
23/01/2008 09:02	17.52	2,051,338	14.80	23/01/2008 09:56	18.80	46,708	522.29	808,164	109.31	23	14.80	522.29	537.08	109.31	646.39
24/01/2008 09:08	24.10	2,052,762	16.41	24/01/2008 09:20	23.40	48,063	521.15	808,680	110.26	24	16.41	521.15	537.57	110.26	647.82
25/01/2008 09:38	24.50	2,054,292	17.35	25/01/2008 10:18	24.97	49,505	519.81	809,220	108.14	25	17.35	519.81	537.16	108.14	645.30
28/01/2008 11:15	73.62	2,058,716	16.69	28/01/2008 12:27	74.15	53,793	520.46	810,773	104.72	28	16.69	520.46	537.15	104.72	641.87
29/01/2008 08:42	21.45	2,059,993	16.54	29/01/2008 09:18	20.85	54,999	520.58	811,207	104.08	29	16.54	520.58	537.11	104.08	641.19
31/01/2008 10:57	50.25	2,063,048	16.89	31/01/2008 11:48	50.50	57,912	519.15	812,298	108.02	31	16.89	519.15	536.04	108.02	644.06
		MEDIA	16.91			MEDIA	521.35	MEDIA	106.48	MEDIE	16.91	521.35	538.26	106.48	644.74

LETTURE VENTURIMETRI SORGENTI DI SANTA FIORA

										RIEPILOGO DELLE PORTATE IN LITRI/SEC. SORGENTI SANTA FIORA					
NTA FIORA (TOTALE)				Ø 800 PONTE FIORA				Ø 550 P.FIORA		MESE DI MARZO 2005					
GG/HH	Int.	Lettura	l/sec.	GG/HH	Int.	Lettura	l/sec.	Lettura	L/sec.	Giorno	S.FIORA (TOT)	Ø 800 P. FIORA	TOT. SORG.	Ø 550 P. FIORA	TOTALE
28/02/2007 10:34		1,538,492		28/02/2007 09:44		587,911		639,239							
01/03/2007 08:46	22.20	1,539,763	15.90	01/03/2007 09:36	23.87	589,411	565.64	639,769	111.03	1	15.90	565.64	581.55	111.03	692.58
02/03/2007 08:55	24.15	1,541,289	17.55	02/03/2007 09:18	23.70	590,901	565.82	640,292	110.34	2	17.55	565.82	583.38	110.34	693.71
05/03/2007 08:46	71.85	1,545,190	15.08	05/03/2007 09:17	71.98	595,438	567.26	641,746	101.00	3	15.08	567.26	582.34	101.00	683.33
06/03/2007 11:47	27.02	1,546,837	16.93	06/03/2007 12:38	27.35	597,157	565.67	642,286	98.72	6	16.93	565.67	582.60	98.72	681.32
07/03/2007 11:36	23.82	1,548,232	16.27	07/03/2007 10:18	21.67	598,517	564.92	642,729	102.23	7	16.27	564.92	581.19	102.23	683.42
08/03/2007 09:05	21.48	1,549,515	16.59	08/03/2007 09:40	23.37	599,984	565.04	643,246	110.63	8	16.59	565.04	581.62	110.63	692.25
09/03/2007 08:57	23.87	1,550,886	15.96	09/03/2007 09:37	23.95	601,491	566.30	643,749	105.01	9	15.96	566.30	582.26	105.01	687.27
12/03/2007 08:32	71.58	1,554,832	15.31	12/03/2007 09:28	71.85	606,011	566.18	645,274	106.12	12	15.31	566.18	581.49	106.12	687.62
13/03/2007 08:39	24.12	1,556,248	16.31	13/03/2007 09:10	23.70	607,499	565.06	645,761	102.74	13	16.31	565.06	581.37	102.74	684.12
14/03/2007 10:47	26.13	1,557,894	17.50	14/03/2007 09:50	24.67	609,044	563.72	646,283	105.81	14	17.50	563.72	581.21	105.81	687.02
15/03/2007 08:31	21.73	1,559,179	16.42	15/03/2007 12:10	26.33	610,694	563.92	646,861	109.75	15	16.42	563.92	580.35	109.75	690.09
16/03/2007 10:38	26.12	1,560,821	17.46	16/03/2007 11:22	23.20	612,148	564.05	647,300	94.61	16	17.46	564.05	581.52	94.61	676.13
26/03/2007 08:56	238.30	1,573,971	15.33	26/03/2007 09:41	238.32	627,061	563.19	652,517	109.46	26	15.33	563.19	578.52	109.46	687.97
27/03/2007 08:33	23.62	1,575,406	16.88	27/03/2007 09:23	23.70	628,546	563.92	653,050	112.45	27	16.88	563.92	580.80	112.45	693.25
		MEDIA	16.39			MEDIA	565.05	MEDIA	105.71	MEDIE	16.39	565.05	581.44	105.71	687.15
								671							

Aprile

SANTA FIORA (TOTALE)				Ø 800 PONTE FIORA				Ø 550 P.FIORA	
GG/HH	Int.	Lettura	l/sec.	GG/HH	Int.	Lettura	l/sec	Lettura	L/sec.
#####		1,575,406		#####		628,546		653,050	
02/04/07 09:08	144.58	1,583,370	15.30	02/04/07 10:07	144.73	637,639	565.43	656,051	103.67
03/04/07 08:39	23.52	1,584,802	16.91	03/04/07 09:18	23.18	639,092	564.07	656,548	107.19
04/04/07 09:11	24.53	1,586,302	16.98	04/04/07 09:45	24.45	640,623	563.56	657,067	106.13
05/04/07 08:34	23.38	1,587,682	16.39	05/04/07 09:35	23.83	642,116	563.79	657,555	102.38
06/04/07 08:34	24.00	1,589,048	15.81	06/04/07 09:10	23.58	643,595	564.42	658,044	103.67
10/04/07 08:55	96.35	1,594,734	16.39	10/04/07 09:32	96.37	649,632	563.82	660,090	106.16
11/04/07 14:30	29.58	1,596,730	18.74	11/04/07 15:05	29.55	651,473	560.71	660,713	105.41
12/04/07 09:10	18.67	1,597,641	13.56	12/04/07 09:33	18.47	652,636	566.81	661,100	104.78
13/04/07 12:28	27.30	1,599,390	17.80	13/04/07 12:48	27.25	654,337	561.80	661,662	103.12
16/04/07 10:34	70.10	1,603,542	16.45	16/04/07 11:33	70.75	658,764	563.15	663,177	107.07
18/04/07 08:46	46.20	1,606,545	18.06	18/04/07 09:28	45.92	661,627	561.17	664,168	107.91
19/04/07 09:31	24.75	1,608,132	17.81	19/04/07 10:03	24.58	663,162	561.97	664,694	106.98
20/04/07 08:32	23.02	1,609,611	17.85	20/04/07 11:27	25.40	664,744	560.55	665,216	102.76
23/04/07 08:47	72.25	1,613,878	16.41	23/04/07 09:34	70.12	669,128	562.72	666,612	99.55
24/04/07 09:00	24.22	1,615,461	18.16	24/04/07 09:31	23.95	670,620	560.67	667,065	94.57
30/04/07 10:18	145.30	1,624,321	16.94	30/04/07 10:18	144.78	679,651	561.38	669,747	92.62
		MEDIA	16.85			MEDIA	562.88	MEDIA	103.37

Aprile

RIEPILOGO DELLE PORTATE IN LITRI/SEC. SORGENTI SANTA FIORA					
MESE DI APRILE 2007					
Giorno	S.FIORA (TOT)	Φ 800 P. FIORA	TOT. SORG.	Φ 550 P. FIORA	TOTALE
31					
2	15.30	565.43	580.73	103.67	684.41
3	16.91	564.07	580.98	107.19	688.17
4	16.98	563.56	580.54	106.13	686.68
5	16.39	563.79	580.18	102.38	682.56
6	15.81	564.42	580.23	103.67	683.91
10	16.39	563.82	580.21	106.16	686.37
11	18.74	560.71	579.45	105.41	684.87
12	13.56	566.81	580.36	104.78	685.14
13	17.80	561.80	579.59	103.12	682.71
16	16.45	563.15	579.60	107.07	686.67
18	18.06	561.17	579.22	107.91	687.14
19	17.81	561.97	579.78	106.98	686.76
20	17.85	560.55	578.40	102.76	681.16
23	16.41	562.72	579.12	99.55	678.67
24	18.16	560.67	578.83	94.57	673.40
30	16.94	561.38	578.32	92.62	670.94
MEDIE	16.85	562.88	579.72	103.37	683.10

SANTA FIORA (TOTALE)				Φ 800 PONTE FIORA				0 550 P.FIORA		RIEPILOGO DELLE PORTATE IN LITRI/SEC. SORGENTI SANTA FIORA						
GG/HH	Int.	Lettura	l/sec.	GG/HH	Int.	Lettura	l/sec	Lettura	L/sec.	MESE DI LUGLIO 2007						
									Giorno	S.FIORA (TOT)	Φ 800 P. FIORA	TOT. SORG.	Φ 550 P. FIORA	TOTALE		
29/06/2007 09:20		1,714,392		29/06/2007 12:14		769,067		700,951								
02/07/2007 09:23	72.05	1,719,311	18.96	02/07/2007 10:03	69.82	773,371	554.82	702,523	112.58	2	18.96	554.82	573.79	112.58	686.37	
03/07/2007 09:08	23.75	1,721,056	20.41	03/07/2007 09:45	23.70	774,823	551.39	703,050	111.18	3	20.41	551.39	571.80	111.18	682.98	
04/07/2007 09:08	24.00	1,722,824	20.46	04/07/2007 09:31	23.77	776,281	552.12	703,582	111.92	4	20.46	552.12	572.58	111.92	684.50	
05/07/2007 09:20	24.20	1,724,450	18.66	05/07/2007 09:59	24.47	777,785	553.24	704,124	110.76	5	18.66	553.24	571.91	110.76	682.67	
06/07/2007 09:24	24.07	1,726,272	21.03	06/07/2007 10:03	24.07	779,255	549.72	704,659	111.15	6	21.03	549.72	570.75	111.15	681.90	
09/07/2007 10:15	72.85	1,731,355	19.38	09/07/2007 09:42	71.65	783,654	552.56	706,290	113.82	9	19.38	552.56	571.94	113.82	685.76	
10/07/2007 09:18	23.05	1,733,059	20.54	10/07/2007 10:00	24.30	785,139	550.00	706,837	112.55	10	20.54	550.00	570.54	112.55	683.09	
11/07/2007 09:35	24.28	1,734,841	20.38	11/07/2007 09:58	23.97	786,607	551.27	707,373	111.82	11	20.38	551.27	571.65	111.82	683.47	
12/07/2007 08:45	23.17	1,736,558	20.59	12/07/2007 09:31	23.55	788,046	549.94	707,898	111.46	12	20.59	549.94	570.52	111.46	681.99	
13/07/2007 10:54	26.15	1,738,615	21.85	13/07/2007 11:13	25.70	789,613	548.75	708,465	110.31	13	21.85	548.75	570.61	110.31	680.92	
16/07/2007 09:14	70.33	1,743,912	20.92	16/07/2007 09:43	70.50	793,931	551.23	710,080	114.54	16	20.92	551.23	572.15	114.54	686.69	
17/07/2007 09:32	24.30	1,745,937	23.15	17/07/2007 10:08	24.42	795,406	543.69	710,934	174.88	17	23.15	543.69	566.83	174.88	741.71	
18/07/2007 11:37	26.08	1,748,210	24.21	18/07/2007 09:25	23.28	796,820	546.57	711,170	50.68	18	24.21	546.57	570.78	50.68	621.46	
19/07/2007 10:05	22.47	1,750,028	22.48	19/07/2007 10:42	25.28	798,358	547.48	711,751	114.90	19	22.48	547.48	569.95	114.90	684.85	
20/07/2007 09:04	22.98	1,751,837	21.86	20/07/2007 11:15	24.55	799,852	547.70	712,305	112.83	20	21.86	547.70	569.56	112.83	682.39	
23/07/2007 09:58	72.90	1,757,768	22.60	23/07/2007 09:12	69.95	804,110	547.85	713,913	114.94	23	22.60	547.85	570.45	114.94	685.39	
24/07/2007 08:49	22.85	1,759,609	22.38	24/07/2007 10:08	24.93	805,626	547.22	714,485	114.71	24	22.38	547.22	569.60	114.71	684.31	
25/07/2007 09:03	24.23	1,761,533	22.05	25/07/2007 09:34	23.43	807,052	547.68	715,026	115.43	25	22.05	547.68	569.74	115.43	685.17	
26/07/2007 11:03	26.00	1,763,627	22.37	26/07/2007 11:54	26.33	808,652	546.84	715,631	114.87	26	22.37	546.84	569.21	114.87	684.08	
30/07/2007 10:13	95.17	1,771,277	22.33	30/07/2007 10:30	94.60	814,402	547.04	717,764	112.74	30	22.33	547.04	569.37	112.74	682.11	
31/07/2007 09:19	23.10	1,773,373	25.20	31/07/2007 10:53	24.38	815,874	543.32	718,315	112.99	31	25.20	543.32	568.53	112.99	681.51	
MEDIA			21.52	MEDIA			549.07	MEDIA		112.91	MEDIE	21.52	549.07	570.58	112.91	683.49

MISURATORE SANTA FIORA (TOTALE)				Ø 800 PONTE FIORA				Ø 550 P.FIORA		RIEPILOGO DELLE PORTATE IN LITRI/SEC. SORGENTI SANTA FIORA						
GG/HH	Int.	Lettura	l/sec.	GG/HH	Int.	Lettura	l/sec	Lettura	L/sec.	MESE DI AGOSTO 2007						
										Giorno	S.FIORA (TOT)	Ø 800 P. FIORA	TOT. SORG.	Ø 550 P. FIORA	TOTALE	
31/07/2007 09:19		1,773,373		31/07/2007 10:53		815,874		718,315		1	24.12	544.58	568.70	114.95	683.65	
01/08/2007 11:53	26.57	1,775,680	24.12	01/08/2007 12:25	25.53	817,419	544.58	718,902	114.95	2	24.53	544.59	569.12	116.06	685.18	
02/08/2007 12:47	24.90	1,777,879	24.53	02/08/2007 10:00	21.58	818,725	544.59	719,403	116.06	3	23.60	543.66	567.26	111.33	678.59	
03/08/2007 08:59	20.20	1,779,595	23.60	03/08/2007 10:34	24.57	820,209	543.66	719,950	111.33	4	21.35	546.68	568.03	114.31	682.35	
06/08/2007 09:37	72.63	1,785,178	21.35	06/08/2007 09:57	71.38	824,545	546.68	721,582	114.31	7	20.17	543.10	563.27	114.93	678.21	
07/08/2007 14:47	29.17	1,787,296	20.17	07/08/2007 14:58	29.02	826,296	543.10	722,249	114.93	8	32.66	540.87	573.54	116.13	689.66	
08/08/2007 09:04	18.28	1,789,446	32.66	08/08/2007 11:38	20.67	827,538	540.87	722,729	116.13	9	23.42	545.58	568.99	114.16	683.15	
09/08/2007 08:44	23.67	1,791,441	23.42	09/08/2007 10:14	22.60	828,908	545.58	723,245	114.16	17	21.58	545.08	566.66	113.24	679.90	
17/08/2007 09:31	192.78	1,806,418	21.58	17/08/2007 11:27	193.22	840,610	545.08	727,621	113.24	20	20.79	545.63	566.42	116.19	682.62	
20/08/2007 08:43	71.20	1,811,748	20.79	20/08/2007 11:24	71.95	844,972	545.63	729,293	116.19	21	21.24	544.77	566.01	111.70	677.71	
21/08/2007 09:21	24.63	1,813,632	21.24	21/08/2007 10:03	22.65	846,343	544.77	729,799	111.70	22	18.79	546.83	565.62	112.92	678.54	
22/08/2007 08:53	23.53	1,815,224	18.79	22/08/2007 09:47	23.73	847,785	546.83	730,335	112.92	23	18.72	546.82	565.54	112.42	677.96	
23/08/2007 08:56	24.05	1,816,845	18.72	23/08/2007 09:32	23.75	849,228	546.82	730,869	112.42	24	18.93	545.64	564.57	109.34	673.91	
24/08/2007 08:45	23.82	1,818,468	18.93	24/08/2007 11:03	25.52	850,775	545.64	731,427	109.34	27	19.47	547.99	567.46	109.36	676.82	
27/08/2007 14:32	77.78	1,823,920	19.47	27/08/2007 14:32	75.48	855,371	547.99	733,078	109.36	28	18.63	552.65	571.28	111.47	682.75	
28/08/2007 11:10	20.63	1,825,304	18.63	28/08/2007 11:10	20.63	856,638	552.65	733,538	111.47	29	20.26	545.63	565.89	116.19	682.08	
29/08/2007 09:26	22.27	1,826,928	20.26	29/08/2007 09:26	22.27	858,089	586.48	734,071	119.69	30	22.16	544.77	566.93	111.70	678.63	
30/08/2007 14:58	29.53	1,829,284	22.16	30/08/2007 14:58	29.53	859,752	506.78	734,667	100.90	31	19.06	546.83	565.89	112.92	678.81	
31/08/2007 12:39	21.68	1,830,772	19.06	31/08/2007 12:39	21.68	861,004	519.66	735,114	103.07							
MEDIA			21.64	MEDIA			544.30	MEDIA		112.34	MEDIE	21.64	544.30	565.94	112.34	678.28

RIEPILOGO DELLE PORTATE IN LITRI/SEC. SORGENTI SANTA FIORA					
MESE DI SETTEMBRE 2007					
Giorno	S.FIORA (TOT)	Φ 800 P. FIORA	TOT. SORG.	Φ 550 P. FIORA	TOTALE
31					
4	22.94	544.45	567.38	109.78	677.17
5	21.19	544.08	565.27	106.66	671.92
6	17.35	542.28	559.63	108.35	667.99
10	18.32	544.01	562.33	104.73	667.06
11	18.32	541.24	559.56	101.67	661.23
12	19.74	544.40	564.14	103.98	668.12
13	19.64	543.21	562.86	107.94	670.79
14	17.83	541.74	559.57	107.28	666.85
17	16.45	545.20	561.65	109.87	671.51
18	17.45	543.22	560.68	105.71	666.38
19	17.61	543.23	560.83	108.44	669.27
20	18.11	542.05	560.16	111.01	671.16
21	16.93	542.48	559.41	106.42	665.83
24	17.89	540.12	558.01	111.07	669.08
25	16.33	542.30	558.62	104.94	663.56
26	18.44	537.68	556.11	101.65	657.76
27	17.92	527.94	545.86	108.36	654.22
28	17.53	0.00	17.53	104.84	122.37
MEDIE	18.38	541.74	560.12	106.82	666.94

SANTA FIORA (TOTALE)				Φ 800 PONTE FIORA				0 550 P.FIORA		RIEPILOGO DELLE PORTATE IN LITRI/SEC. SORGENTI SANTA FIORA						
GG/HH	Int.	Lettura	l/sec.	GG/HH	Int.	Lettura	l/sec	Lettura	L/sec.	MESE DI OTTOBRE 2007						
										Giorno	S.FIORA (TOT)	Φ 800 P. FIORA	TOT. SORG.	Φ 550 P. FIORA	TOTALE	
28/09/2007 08:57		1,875,770		28/09/2007 09:16		900,996		749,488								
02/10/2007 09:10	96.22	1,881,501	16.55	02/10/2007 10:38	97.37	904,526		751,582	107.53	2	16.55	0.00	16.55	107.53	124.08	
03/10/2007 12:24	27.23	1,883,262	17.96	03/10/2007 12:35	25.95	906,082	539.65	752,140	107.51	3	17.96	539.65	557.62	107.51	665.13	
04/10/2007 09:13	20.82	1,884,538	17.03	04/10/2007 10:05	21.50	907,370	539.16	752,601	107.21	4	17.03	539.16	556.19	107.21	663.40	
05/10/2007 09:02	23.82	1,886,044	17.56	05/10/2007 11:43	25.63	908,905	538.95	753,130	103.19	5	17.56	538.95	556.51	103.19	659.70	
08/10/2007 12:02	75.00	1,890,744	17.41	08/10/2007 11:05	71.37	913,186	539.87	754,605	103.34	8	17.41	539.87	557.28	103.34	660.62	
09/10/2007 09:17	21.25	1,892,146	18.33	09/10/2007 10:45	23.67	914,592	534.68	755,095	103.52	9	18.33	534.68	553.00	103.52	656.52	
10/10/2007 11:05	25.80	1,893,921	19.11	10/10/2007 11:50	25.08	916,080	533.90	755,602	101.06	10	19.11	533.90	553.01	101.06	654.07	
11/10/2007 08:56	21.85	1,895,246	16.84	11/10/2007 09:33	21.72	916,759		756,051	103.38	11	16.84	0.00	16.84	103.38	120.22	
12/10/2007 10:26	25.50	1,896,951	18.57	12/10/2007 12:12	26.65	916,813		756,600	103.00	12	18.57	0.00	18.57	103.00	121.57	
15/10/2007 09:34	71.13	1,901,412	17.42	15/10/2007 09:52	69.67	916,939		758,084	106.51	15	17.42	0.00	17.42	106.51	123.93	
16/10/2007 08:52	23.30	1,902,946	18.29	16/10/2007 11:40	25.80	916,939		758,578	95.74	16	18.29	0.00	18.29	95.74	114.02	
17/10/2007 09:17	24.42	1,904,446	17.06	17/10/2007 09:31	21.85	916,945		759,021	101.37	17	17.06	0.00	17.06	101.37	118.44	
18/10/2007 08:55	23.63	1,905,993	18.18	18/10/2007 09:18	23.78	916,971		759,530	107.01	18	18.18	0.00	18.18	107.01	125.19	
19/10/2007 08:49	23.90	1,907,573	18.36	19/10/2007 09:19	24.02	917,011		760,019	101.80	19	18.36	0.00	18.36	101.80	120.17	
22/10/2007 11:23	74.57	1,912,280	17.53	22/10/2007 09:22	72.05	917,100		761,513	103.68	22	17.53	0.00	17.53	103.68	121.21	
23/10/2007 09:07	21.73	1,913,748	18.76	23/10/2007 09:26	24.07	917,100		762,008	102.84	23	18.76	0.00	18.76	102.84	121.60	
26/10/2007 09:16	72.15	1,918,585	18.62	26/10/2007 12:10	74.73	921,545	535.30	763,514	100.76	26	18.62	535.30	553.93	100.76	654.68	
29/10/2007 09:30	72.23	1,923,122	17.45	29/10/2007 10:57	70.78	925,829	544.70	764,946	101.15	29	17.45	544.70	562.15	101.15	663.31	
30/10/2007 11:12	25.70	1,924,831	18.47	30/10/2007 10:58	24.02	927,259	535.88	765,442	103.26	30	18.47	535.88	554.35	103.26	657.61	
		MEDIA	17.72			MEDIA	538.01	MEDIA	103.87	MEDIE	17.72	538.01	555.73	103.87	659.60	

SANTA FIORA (TOTALE)				Φ 800 PONTE FIORA				0 550 P.FIORA		MESE DI NOVEMBRE 2007						
GG/HH	Int.	Lettura	l/sec.	GG/HH	Int.	Lettura	l/sec	Lettura	L/sec.	Giorno	S.FIORA (TOT)	Φ 800 P. FIORA	TOT. SORG.	Φ 550 P. FIORA	TOTALE	
30/10/2007 11:12		1,924,831		30/10/2007 10:58		927,259		765,442								
05/11/2007 12:07	144.92	1,934,126	17.82	05/11/2007 11:34	144.60	935,837	533.90	768,335	100.03	5	17.82	533.90	551.72	100.03	651.75	
06/11/2007 09:42	21.58	1,935,405	16.46	06/11/2007 10:09	22.58	937,177	534.02	768,802	103.39	6	16.46	534.02	550.48	103.39	653.88	
07/11/2007 11:39	25.95	1,937,020	17.29	07/11/2007 11:50	25.68	938,697	532.64	769,322	101.23	7	17.29	532.64	549.93	101.23	651.16	
08/11/2007 09:03	21.40	1,938,311	16.76	08/11/2007 09:34	21.73	939,986	533.79	769,791	107.90	8	16.76	533.79	550.55	107.90	658.44	
09/11/2007 11:24	26.35	1,939,979	17.58	09/11/2007 11:40	26.10	941,529	532.07	770,344	105.94	9	17.58	532.07	549.65	105.94	655.59	
12/11/2007 11:22	71.97	1,944,220	16.37	12/11/2007 10:08	70.47	945,708	533.74	771,818	104.59	12	16.37	533.74	550.11	104.59	654.70	
13/11/2007 11:38	24.27	1,945,596	15.75	13/11/2007 12:00	25.87	947,241	533.39	772,372	107.09	13	15.75	533.39	549.14	107.09	656.23	
14/11/2007 12:31	24.88	1,947,267	18.65	14/11/2007 14:28	26.47	948,801	530.48	772,948	108.82	14	18.65	530.48	549.13	108.82	657.95	
15/11/2007 09:17	20.77	1,948,456	15.90	15/11/2007 10:00	19.53	949,956	532.17	773,385	111.86	15	15.90	532.17	548.07	111.86	659.93	
19/11/2007 11:41	98.40	1,954,406	16.80	19/11/2007 12:02	98.03	955,745	531.46	775,429	104.25	19	16.80	531.46	548.26	104.25	652.51	
20/11/2007 11:59	24.30	1,955,858	16.60	20/11/2007 11:30	23.47	957,132	531.95	775,912	102.91	20	16.60	531.95	548.54	102.91	651.46	
22/11/2007 08:41	44.70	1,958,207	14.60	22/11/2007 09:08	45.63	959,823	530.73	776,886	106.72	22	14.60	530.73	545.33	106.72	652.05	
23/11/2007 13:27	28.77	1,960,186	19.11	23/11/2007 12:17	27.15	961,417	528.40	777,463	106.26	23	19.11	528.40	547.51	106.26	653.77	
26/11/2007 15:27	74.00	1,964,797	17.31	26/11/2007 15:00	74.72	965,818	530.12	779,002	102.99	26	17.31	530.12	547.43	102.99	650.42	
27/11/2007 08:52	17.42	1,965,870	17.11	27/11/2007 11:08	20.13	967,003	529.72	779,422	104.30	27	17.11	529.72	546.83	104.30	651.14	
28/11/2007 12:06	27.23	1,967,654	18.20	28/11/2007 12:16	25.13	968,477	527.82	779,958	106.63	28	18.20	527.82	546.02	106.63	652.65	
30/11/2007 08:48	44.70	1,970,418	17.18	30/11/2007 09:15	44.98	971,121	529.00	780,942	109.37	30	17.18	529.00	546.17	109.37	655.55	
MEDIA			17.18	MEDIA			531.49	MEDIA		103.70	MEDIE	17.18	531.49	548.68	103.70	652.38

SANTA FIORA (TOTALE)				Ø 800 PONTE FIORA				Ø 550 P.FIORA		MESE DI DICEMBRE 2007					
GG/HH	Int.	Lettura	l/sec.	GG/HH	Int.	Lettura	l/sec	Lettura	L/sec.	Giorno	S.FIORA (TOT)	Ø 800 P. FIORA	TOT. SORG.	Ø 550 P. FIORA	TOTALE
30/11/2007 08:48		1,970,418		30/11/2007 09:15		971,121		780,942							
03/12/2007 10:51	74.05	1,975,095	17.54	03/12/2007 11:03	73.80	975,455	528.54	782,537	108.06	3	17.54	528.54	546.08	108.06	654.14
04/12/2007 12:50	25.98	1,976,823	18.47	04/12/2007 14:28	27.42	977,063	527.85	783,124	107.05	4	18.47	527.85	546.33	107.05	653.38
05/12/2007 12:27	23.62	1,978,293	17.29	05/12/2007 12:06	21.63	978,332	527.94	783,597	109.32	5	17.29	527.94	545.23	109.32	654.55
06/12/2007 08:43	20.27	1,979,560	17.37	06/12/2007 09:36	21.50	979,591	527.02	784,070	110.00	6	17.37	527.02	544.39	110.00	654.39
07/12/2007 11:08	26.42	1,981,267	17.95	07/12/2007 11:27	25.85	981,106	527.47	784,625	107.35	7	17.95	527.47	545.42	107.35	652.77
10/12/2007 11:17	72.15	1,985,484	16.24	10/12/2007 11:27	72.00	985,333	528.38	786,169	107.22	10	16.24	528.38	544.61	107.22	651.83
11/12/2007 11:14	23.95	1,986,969	17.22	11/12/2007 09:35	22.13	986,630	527.39	786,615	100.75	11	17.22	527.39	544.62	100.75	645.37
12/12/2007 09:10	21.93	1,988,299	16.84	12/12/2007 11:41	26.10	988,159	527.24	787,103	93.49	12	16.84	527.24	544.09	93.49	637.57
13/12/2007 12:19	27.15	1,990,102	18.45	13/12/2007 11:52	24.18	989,574	526.60	787,639	110.82	13	18.45	526.60	545.05	110.82	655.87
14/12/2007 12:19	24.00	1,991,756	19.14	14/12/2007 11:44	23.87	990,967	525.29	788,125	101.82	14	19.14	525.29	544.44	101.82	646.25
17/12/2007 12:11	71.87	1,996,229	17.29	17/12/2007 14:28	74.73	995,343	526.99	789,681	104.10	17	17.29	526.99	544.28	104.10	648.39
18/12/2007 09:19	21.13	1,997,713	19.51	18/12/2007 10:00	19.53	996,481	524.33	790,087	103.92	18	19.51	524.33	543.84	103.92	647.77
19/12/2007 12:07	26.80	1,999,489	18.41	19/12/2007 11:45	25.75	997,984	525.32	790,606	100.78	19	18.41	525.32	543.73	100.78	644.51
20/12/2007 09:15	21.13	2,000,845	17.82	20/12/2007 09:30	21.75	999,255	525.93	791,067	105.98	20	17.82	525.93	543.75	105.98	649.73
24/12/2007 11:30	98.25	2,006,855	16.99	24/12/2007 11:48	98.30	5,006		793,165	106.71	24	16.99			106.71	
27/12/2007 08:45	69.25	2,010,679	15.34	27/12/2007 09:05	69.28	9,064	527.14	794,592	102.98	27	15.34	527.14	542.48	102.98	645.46
28/12/2007 09:11	24.43	2,012,374	19.27	28/12/2007 09:48	24.72	10,496	521.43	795,094	101.55	28	19.27	521.43	540.70	101.55	642.25
		MEDIA	17.71			MEDIA	526.55	MEDIA	104.82	MEDIE	17.71	526.55	544.27	104.82	666.80

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO DI GROSSETO
Via Fiume, 35 - 58100 GROSSETO
tel. 0564 422411 fax 0564 422460

20 febbraio 2008

SORGENTI MONTE AMIATA – SANTA FIORA (GALLERIA BASSA E GALLERIA ALTA), ARCIDOSO (ENTE)

MONITORAGGIO ARPAT ANNI 1999 – 2006

G. Sbrilli, D.Giannerini, R.Netti

Introduzione	Pag. 1
Metodologia statistica	Pag. 2
Metodi analitici	Pag. 3
Risultati Galleria Bassa – Santa Fiora	Pag. 4
Risultati Galleria Alta – Santa Fiora	Pag. 11
Risultati Sorgente Ente - Arcidosso	Pag. 20
Considerazioni	Pag. 26
Tabelle dati analitici	Pag. 27

Introduzione

In questi ultimi anni si è accentuato l'interesse per valutare eventuali dinamiche presenti nella falda freatica ad uso potabile dell'Amiata.

ARPAT esegue il monitoraggio dell'acquifero freatico attraverso il controllo analitico delle principali sorgenti localizzate lungo la circonferenza del monte Amiata dove le acque sotterranee, incontrando i primi strati di rocce impermeabili, si portano in superficie.

Nel mese di febbraio 2007 i Dipartimenti di Grosseto e Siena hanno pubblicato un primo resoconto dei risultati del monitoraggio degli ultimi 4 anni. In tal caso si è trattato della semplice divulgazione dei risultati analitici riportati anche sottoforma grafica ma senza alcuna elaborazione statistica. Successivamente è stato ritenuto necessario valutare l'andamento dello stato qualitativo della risorsa idrica alla luce di una base dati più ampia possibile, andando, per questo, a ricercare i risultati analitici pregressi negli archivi delle strutture di controllo. Il maggior numero di dati disponibile ha consentito un'elaborazione statistica che non era stata eseguita nella precedente

Pagina 1 di 30



presentazione dei risultati. Le ricerche di archivio per completare le serie storiche delle principali sorgenti dell'Amiata sono ancora in corso.

A tutt'oggi, sono stati reperiti, negli archivi dell'Agenzia, i rapporti di prova relativi alle sorgenti "Galleria Alta" e "Galleria Bassa" del comune di Santa Fiora e alla sorgente Ente (comune di Arcidosso) risalenti all'anno 1999 e successivi.

Tenuto conto dell'importanza e dell'urgenza di raggiungere il prima possibile una valutazione delle dinamiche che interessano l'acquifero dell'Amiata, è stato ritenuto opportuno produrre una prima presentazione dei risultati del monitoraggio 1999-2006. A tale scopo i dati a disposizione sono stati elaborati sotto il profilo statistico al fine di definire gli andamenti nel tempo di alcuni elementi, composti e parametri chimico-fisici ritenuti di interesse per valutare lo stato qualitativo della risorsa (arsenico, boro, conducibilità, pH, solfati, cloruri).

Metodologia statistica

Sono stati elaborati i dati ottenuti dal monitoraggio ARPAT nel periodo 1999-2006. Lo scopo dell'elaborazione statistica è stato quello di valutare, in termini oggettivi, l'andamento, nel tempo, delle concentrazioni rilevate nelle acque al fine di individuare un eventuale incremento o diminuzione statisticamente significativi.

A tal fine è stata adottata la seguente procedura statistica.

1. Per ciascun parametro è stata identificata una serie dati;
2. mediante software statistico Unichim sono stati calcolati, per ciascuna serie di dati, i seguenti valori: media, varianza, scarto tipo, coefficiente di variazione %, valore minimo, valore massimo, escursione (range), mediana, indice di asimmetria, indice di curtosi;
3. per ciascuna serie di dati è stata calcolata la media mobile con lo scopo di evidenziare graficamente una eventuale tendenza.
4. ciascuna serie di dati è stata elaborata mediante il test di Shapiro-Wilks ($p=5\%$) con lo scopo di valutare la distribuzione normale;
5. ciascuna serie di dati è stata inoltre sottoposta al test di Dixon ($p=5\%$) con lo scopo di identificare eventuali valori anomali; quest'ultimi, in particolare quando impedivano la distribuzione normale, sono stati scartati e, la nuova serie, è stata sottoposta ad ulteriore elaborazione statistica.

Nelle serie di dati distribuite normalmente la tendenza centrale è rappresentata dal valore medio; il trend verso l'incremento o verso la diminuzione nel tempo delle concentrazioni o valori misurati è stato determinato mediante la statistica parametrica, più precisamente mediante il calcolo del coefficiente di correlazione "r".

Nelle serie di dati non distribuite normalmente la tendenza centrale è rappresentata dalla mediana; la significatività statistica di un'eventuale trend in aumento o diminuzione nel tempo è stata valutata mediante la statistica non parametrica. A tale scopo è stato applicato il "test di Cox e Stuart", il quale consente, in termini probabilistici, di scartare o accettare l'ipotesi nulla (ovvero che non esiste trend). Nel test di Cox e Stuart sono stati utilizzati tutti i valori determinati per ciascuna serie, inclusi anche i valori considerati anomali secondo il test di Dixon. Per serie di dati inferiori a 12 il test di Cox e Stuart non è applicabile, in tali casi è stato utilizzato il test non parametrico di Daniels, che utilizza il calcolo del coefficiente di correlazione " ρ " (rho) di Spearman.

Nei casi in cui si è reso necessario confrontare due serie di dati distribuite normalmente è stato utilizzato il test di Bartlett ($p=5\%$) per verificare la condizione di varianze uguali (omoscedasticità).

Il confronto tra le serie di dati è stato eseguito mediante la statistica parametrica (test t) solo se entrambe le condizioni di distribuzione normale e omogeneità delle varianze risultavano confermate.

Nei casi in cui anche soltanto una delle due condizioni suddette non risultasse rispettata, le serie di dati sono state confrontate con il test non parametrico di Wilcoxon-Mann-Whitney. In tutti i test statistici adottati è stato utilizzato, come riferimento, il livello di probabilità 5% ($p = 0,05$).

Metodi analitici utilizzati

Le determinazioni analitiche sono state eseguite presso il Dipartimento ARPAT di Grosseto, che ha ottenuto l'accreditamento in base alla norma ISO UNI EN 17025 nell'anno 2004.

Di seguito sono riportati i principali parametri prestazionali per le prove di laboratorio utilizzate nella presente presentazione.

Arsenico

Metodo di analisi UNI EN ISO 17294-2:2005; ICP-MS Acque.

Incertezza al valor medio $\pm 0,25 \mu\text{g/L}$.

Limite di rivelabilità $0,2 \mu\text{g/L}$

Accreditato SINAL dal 2007

Boro

Metodo di analisi UNI EN ISO 17294-2:2005; ICP-MS Acque.

Incertezza al valor medio $\pm 5 \mu\text{g/L}$.

Limite di rivelabilità $2 \mu\text{g/L}$

Accreditato SINAL dal 2007

Conducibilità

Metodo di analisi UNI EN 27888:1995; determinazione della conducibilità elettrica.

Incertezza al valor medio $\pm 14,8 \mu\text{S/cm}$.

Accreditato SINAL dal 2005

pH

Metodo di analisi APAT CNR IRSA 2060; Determinazione del pH Metodo potenziometrico.

Incertezza al valor medio $\pm 0,2$.

Accreditato SINAL dal 2005

Solfati

Metodo di analisi APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003; determinazione di anioni mediante cromatografia ionica.

Incertezza al valor medio $\pm 1 \text{ mg/L}$.

Limite di rivelabilità 1 mg/L

Accreditato SINAL dal 2004

Cloruri

Metodo di analisi Metodo di analisi APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003; determinazione di anioni mediante cromatografia ionica.

Incertezza al valor medio $\pm 1 \text{ mg/L}$.

Limite di rivelabilità 1 mg/L

Accreditato dal 2004

MONITORAGGIO GALLERIA BASSA – SANTA FIORA

Arsenico

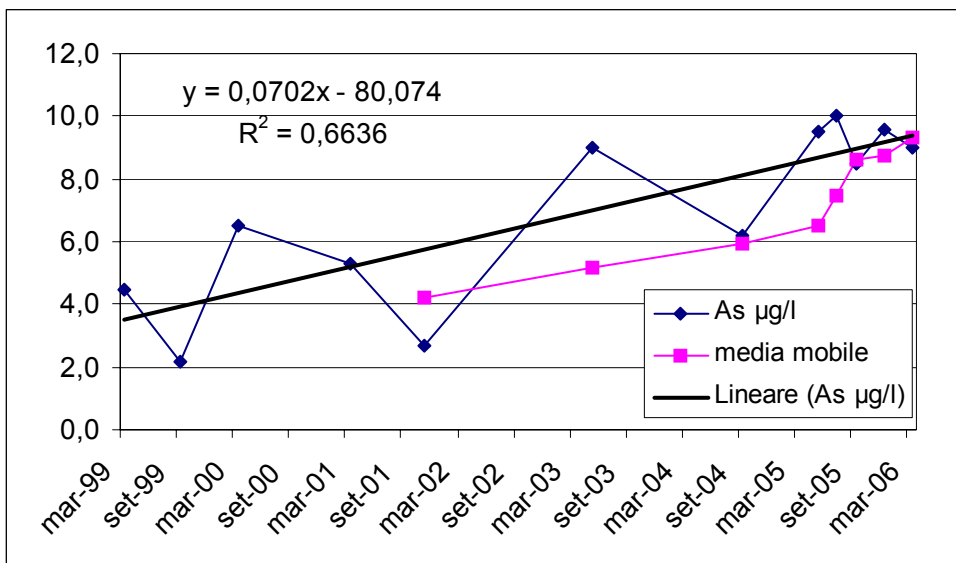
Sono disponibili 13 dati, corrispondenti a campioni prelevati dal marzo 1999 al marzo 2006; sono distribuiti normalmente, presentano un valore medio di 6,9 µg/L e un'elevata variabilità (CV 40%).

Tabella 1

As µg/L		As µg/L
4,5		
2,2	Numero dati	12
6,5	Media (xm)	6,9
5,3	Varianza	7,6
2,7	Scarto tipo (s)	2,8
9,0	CV%	39,9
6,2		
9,5	Minimo	2,2
10,0	Massimo	10
8,5	Escursione (Range)	7,8
9,6	Mediana	7,5
9,0	Indice di asimmetria	-0,57527
	Indice di curtosi	-1,08836
	Distribuzione normale col test Shapiro-Wilks	SI
	5%	
	Presenza di dati anomali col test Dixon - 5%	NO

La distribuzione normale indica che le variazioni intorno al valore medio sono casuali. L'andamento indica un incremento dei valori in misura significativa (n = 12; p = 0,05; r calcolato = 0,8146, r tabulato 0,5760; correlazione significativa).

Figura 1 - Arsenico, andamento dei valori (µg/L), media mobile e linea di tendenza



Boro

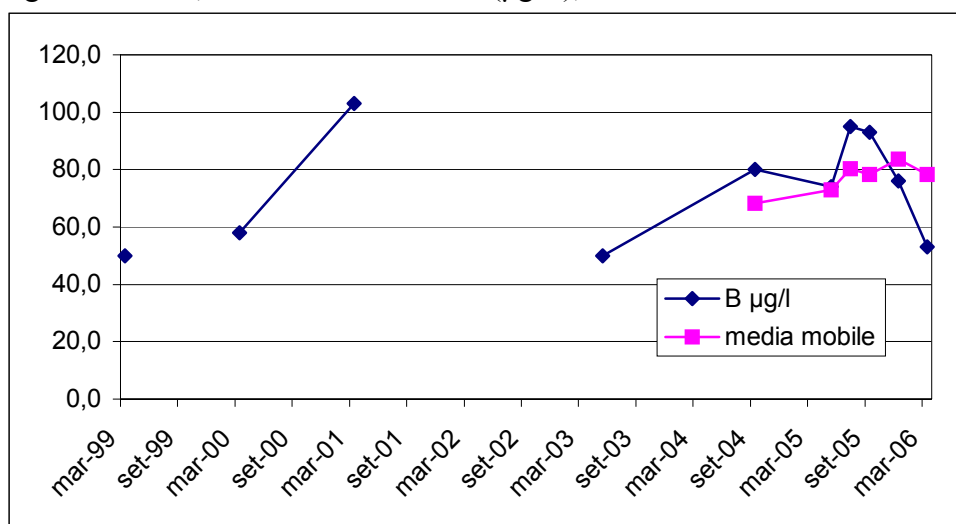
Sono disponibili 10 dati. Il periodo di campionamento va dal marzo 1999 a marzo 2006, i dati sono distribuiti normalmente, presentano un valore medio di 73 $\mu\text{g/L}$ e un'elevata variabilità (CV 27%).

Tabella 2

B $\mu\text{g/l}$		B $\mu\text{g/l}$
50	Numero dati	10
58	Media (xm)	73
103	Varianza	391
50	Scarto tipo (s)	20
80	CV%	27
74		
95	Minimo	50
93	Massimo	103
76	Escursione (Range)	53
53	Mediana	75
	Indice di asimmetria	0,146794
	Indice di curtosi	-1,53793
	Distribuzione normale col test Shapiro-Wilks 5%	SI
	Presenza di dati anomali col test Dixon - 5%	NO

In tutto il periodo considerato (7 anni) la concentrazione di boro si presenta stabile senza alcuna tendenza significativa all'incremento o alla diminuzione, ($n = 10$; $p = 0,05$; r calcolato = 0,2890, r tabulato 0,6319; correlazione non significativa).

Figura 2 - Boro, andamento dei valori ($\mu\text{g/L}$), media mobile.



Conducibilità

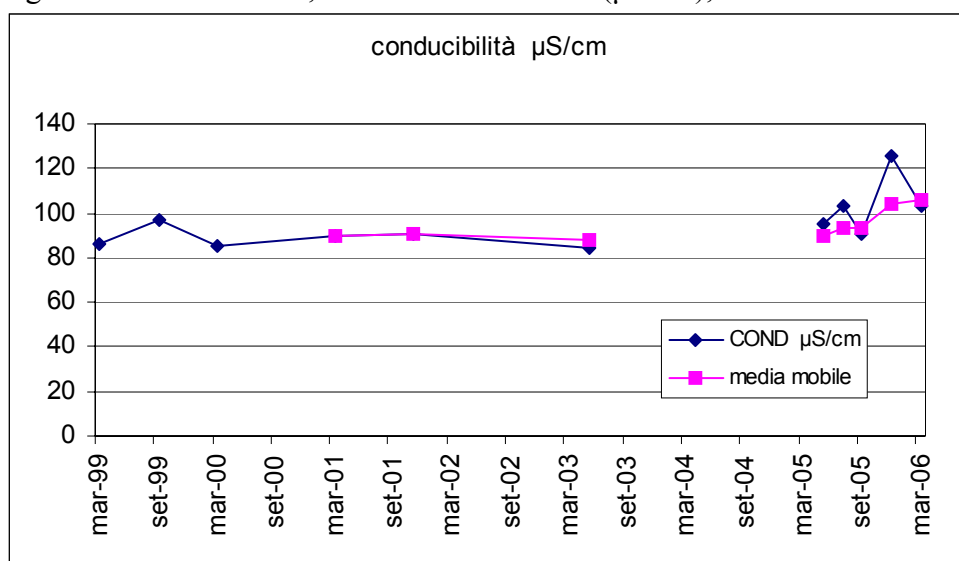
Sono disponibili 11 dati. Il periodo di campionamento va dal marzo 1999 a marzo 2006, i dati non sono distribuiti normalmente, presentano un valore mediano di 91 $\mu\text{S}/\text{cm}$. È presente un valore anomalo.

Tabella 3

conducibilità $\mu\text{S}/\text{cm}$		conducibilità $\mu\text{S}/\text{cm}$
86	Numero dati	11
97	Media (xm)	96
85	Varianza	144
90	Scarto tipo (s)	12
91	CV%	12,56755
84		
95	Minimo	84
103	Massimo	126
91	Escursione (Range)	42
126	Mediana	91
103	Indice di asimmetria	1,788045
	Indice di curtosi	3,835944
	Distribuzione normale col test Shapiro-Wilks 5%	NO
	Presenza di dati anomali col test Dixon - 5%	SI

La tendenza della serie di dati (compreso il valore anomalo) non è trattabile mediante il test di Cox e Stuart (adatto per serie maggiori di 12 valori); il trend è stato elaborato mediante il test di Daniels che si basa sul calcolo del coefficiente ρ (rho) di Spearman. Questo ha evidenziato un incremento significativo della conducibilità ($n = 11$, ρ calcolato = 0,628, ρ tabulato = 0,536, $p = 0,05$).

Figura 3 - Conducibilità, andamento dei valori ($\mu\text{S}/\text{cm}$), media mobile.



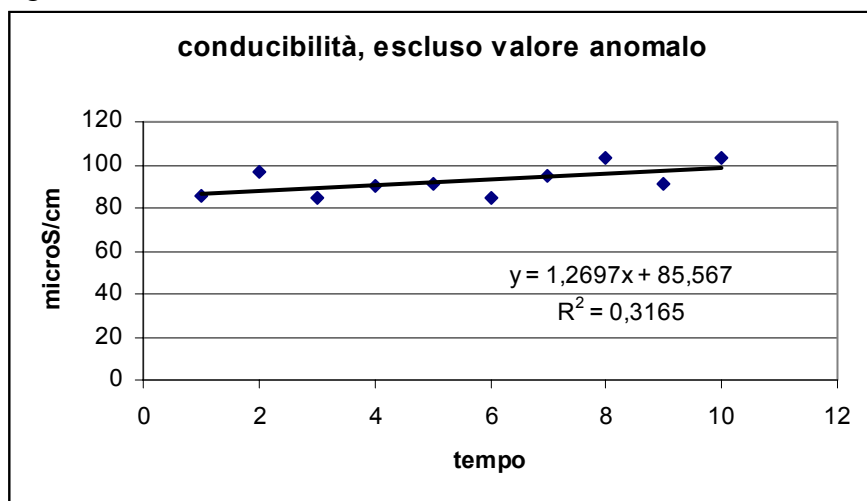
Scartato il valore anomalo sono disponibili 10 dati (tab 5). I dati sono distribuiti normalmente, presentano un valore medio di 93 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e una variabilità bassa (CV 7 %).

Tabella 4

conducibilità		conducibilità	
$\mu\text{S}/\text{cm}$		$\mu\text{S}/\text{cm}$	
86	Numero dati		10
97	Media (xm)		93
85	Varianza		47
90	Scarto tipo (s)		7
91	CV%		7
85			
95	Minimo		85
103	Massimo		103
91	Escursione (Range)		19
103	Mediana		91
	Indice di asimmetria		0,49108
	Indice di curtosi		-0,97338
	Distribuzione normale	SI	
	col test Shapiro-Wilks		
	5%		
	Presenza di dati anomali	NO	
	col test Dixon - 5%		

La tendenza di questa nuova serie di dati è illustrata in fig. 4. L'incremento nel tempo, calcolato secondo la statistica parametrica, risulta non significativo ($n = 10$; $p = 0,05$; r calcolato = 0,5626, r tabulato 0,6319).

Figura 4 – Conducibilità senza valore anomalo, andamento dei valori ($\mu\text{S}/\text{cm}$), linea di tendenza.



L'andamento appare contrastato se lo si tratta mediante la statistica non parametrica (trend in crescita significativo) oppure mediante la statistica parametrica (assenza di incremento significativo); dovendo comunque prendere una decisione è ragionevole adottare l'indicazione della statistica non parametrica la quale utilizza tutti i dati disponibili (anche i valori anomali).

pH

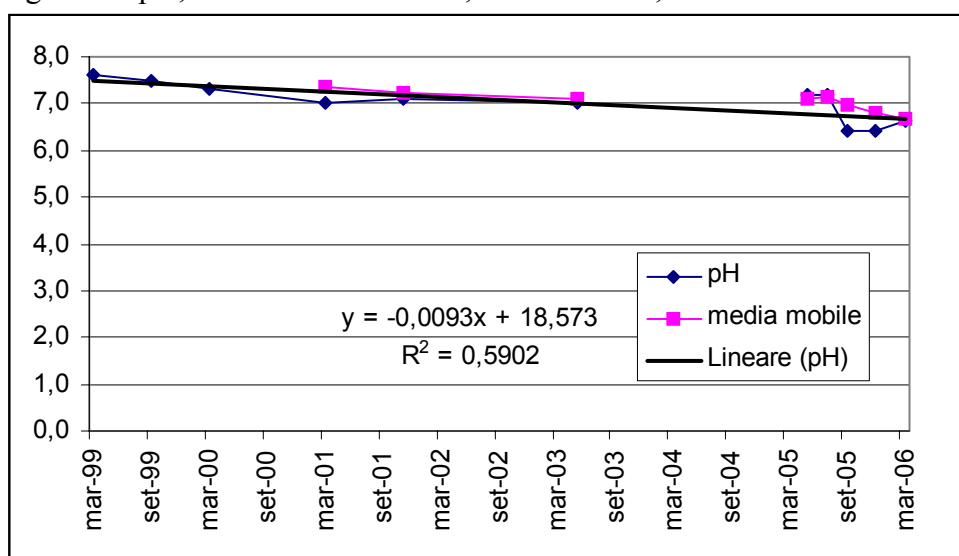
Sono disponibili 12 dati. Il periodo di campionamento va dal marzo 1999 a marzo 2006 i dati sono distribuiti normalmente, presentano un valore medio di 7,0 µg/L e una bassa variabilità (CV 6 %).

Tabella 5

pH		pH
7,6	Numero dati	11
7,5	Media (xm)	7,0
7,3	Varianza	0,2
7,0	Scarto tipo (s)	0,4
7,1	CV%	6
7,0		
7,2	Minimo	6,4
7,2	Massimo	7,6
6,4	Escursione (Range)	1,2
6,4	Mediana	7,12
6,6	Indice di asimmetria	-0,48085
	Indice di curtosi	-0,71193
	Distribuzione normale	SI
	col test Shapiro-Wilks 5%	
	Presenza di dati anomali	NO
	col test Dixon - 5%	

La tendenza della serie di dati è illustrata in fig. 5. La riduzione del pH nel tempo, calcolato secondo la statistica parametrica, risulta significativa ($n = 11$; $p = 0,05$; r calcolato = 0,7682, r tabulato 0,6021).

Figura 5 – pH, andamento dei valori, media mobile, linea di tendenza.



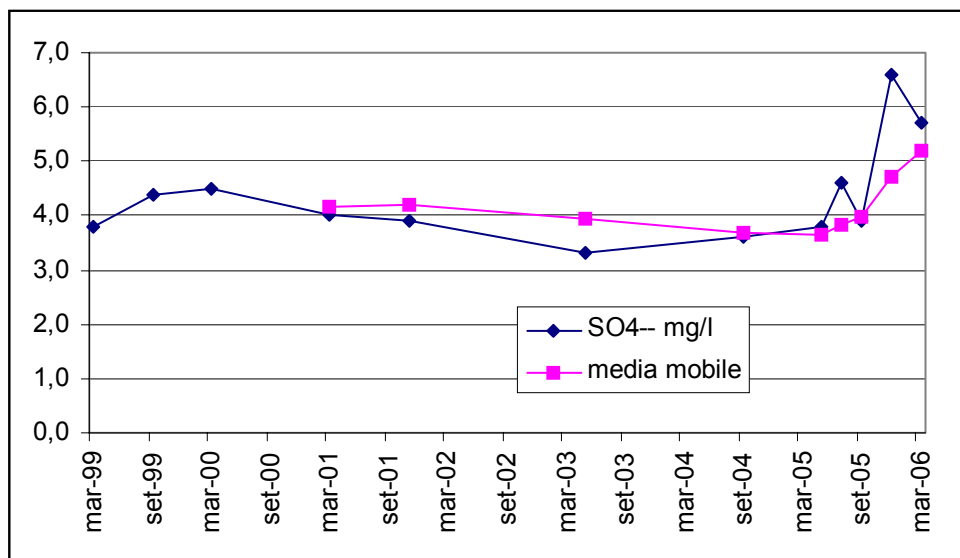
Solfati

Sono disponibili 12 dati che non risultano distribuiti normalmente, il valore mediano è 4 mg/L, la variabilità è elevata.

Tabella 6

SO4 mg/L		SO4 mg/L
4	Numero dati	12
4	Media (xm)	4
4	Varianza	1
4	Scarto tipo (s)	1
4	CV%	22
3		
4	Minimo	3
4	Massimo	7
5	Escursione (Range)	3
4	Mediana	4
7	Indice di asimmetria	1,561129
6	Indice di curtosi	2,192309
	Distribuzione normale col test Shapiro-Wilks	NO
	5%	
	Presenza di dati anomali col test Dixon - 5%	NO

Figura 6 – Solfati (mg/L), andamento dei valori, media mobile



La tendenza della serie di dati è illustrata in fig. 6. L'incremento nel tempo, calcolato secondo la statistica non parametrica (test di Cox e Stuart), risulta non significativo; per $n = 12$, la probabilità $p = 0,656$, risulta superiore a $p = 0,05$, in tal modo non è possibile rifiutare l'ipotesi nulla (andamento costante nel tempo).

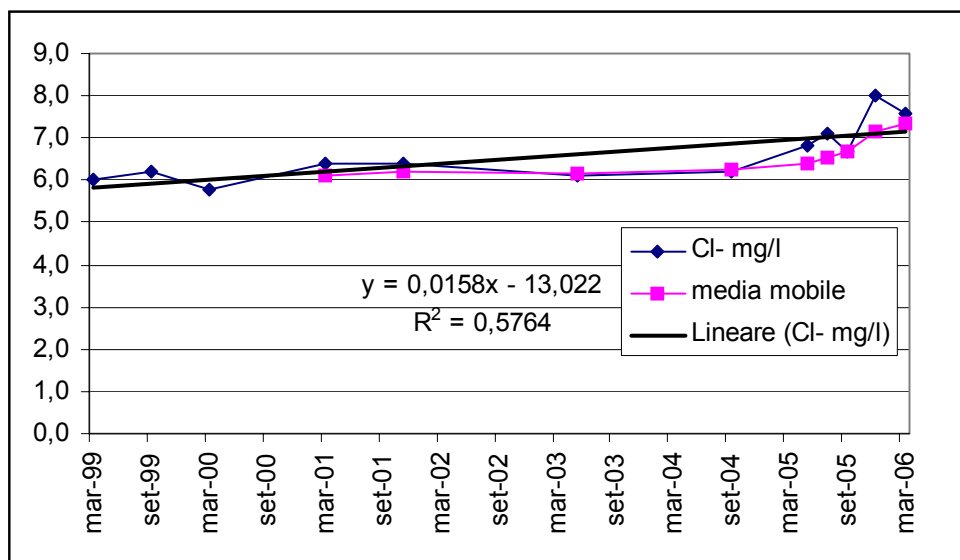
Cloruri

La serie è costituita da 12 dati distribuiti normalmente attorno al valore medio 7 mg/L; la variabilità è elevata (CV 10%).

Tabella 7

Cl mg/L		Cl mg/L
6	Numero dati	12
6	Media (xm)	7
6	Varianza	0,4
6	Scarto tipo (s)	0,7
6	CV%	10
6		
6	Minimo	6
7	Massimo	8
7	Escursione (Range)	2
7	Mediana	6
8	Indice di asimmetria	1,009257
8	Indice di curtosi	0,292609
	Distribuzione normale col test Shapiro-Wilks	SI
	5%	
	Presenza di dati anomali col test Dixon - 5%	NO

Figura 7 – Cloruri (mg/L), andamento dei valori, media mobile, linea di tendenza



L'incremento dei cloruri nel tempo, calcolato secondo la statistica parametrica, risulta significativo ($n = 12$; $p = 0,05$; r calcolato = 0,7592, r tabulato 0,5760).

MONITORAGGIO GALLERIA ALTA – SANTA FIORA

Arsenico

Sono disponibili 20 dati. L'elaborazione complessiva restituisce una popolazione di dati che non è distribuita normalmente. Questo significa che la variazione osservata non dipende soltanto da motivi casuali.

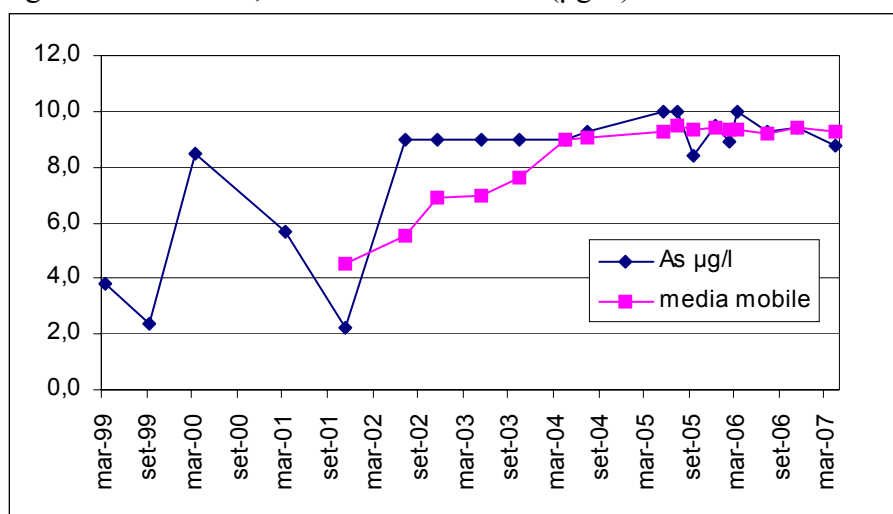
Tabella 8

As, µg/L		As, µg/L
3,8	Numero dati	20
2,4	Media (xm)	8,1
8,5	Varianza	6,0
5,7	Scarto tipo (s)	2,4
2,2	CV%	30
9,0		
9,0	Minimo	2,2
9,0	Massimo	10
9,0	Escursione (Range)	7,8
9,0	Mediana	9
9,3	Indice di asimmetria	-1,73031
10,0	Indice di curtosi	1,700578
10,0	Distribuzione normale col test Shapiro-Wilks	NO
8,4	5%	
9,5	Presenza di dati anomali	NO
8,9	col test Dixon - 5%	
10,0		
9,3		
9,4		
8,8		

L'andamento dei dati presenta un comportamento oscillante sino al 2002, che si stabilizza, successivamente, intorno ai valori più alti rilevati, così come evidenziato anche dall'andamento della media mobile (figura 8).

L'esame complessivo dell'andamento dei valori, elaborato mediante il test non parametrico di Cox e Stuart, dimostra che il trend in crescita non è significativo, anche se con un valore di probabilità $p=0,055$ molto vicino al limite di significatività ($p = 0,05$).

Figura 8 – Arsenico, andamento dei valori ($\mu\text{g/L}$) e media mobile



Dall'esame del grafico i dati risultano distribuiti in due serie temporali ben distinte, costituite dai primi 5 dati e dai successivi 15.

Tabella 9

As, prima serie $\mu\text{g/L}$	As, seconda serie $\mu\text{g/L}$		As, prima serie $\mu\text{g/L}$	As, seconda serie $\mu\text{g/L}$
3,8	9,0	Numero dati	5	15
2,4	9,0	Media (x_m)	4,5	9,2
8,5	9,0	Varianza	6,9	0,2
5,7	9,0	Scarto tipo (s)	2,6	0,5
2,2	9,0	CV%	58	5
	9,3			
	10,0	Minimo	2,2	8,4
	10,0	Massimo	8,5	10
	8,4	Escursione (Range)	6,3	1,6
	9,5	Mediana	3,8	9
	8,9	Indice di asimmetria	0,970929	0,429688
	10,0	Indice di curtosi	-0,07931	-0,32767
	9,3	Distribuzione normale	NO	SI
	9,4	col test Shapiro-Wilks 5%		
	8,8	Presenza di dati anomali	NO	NO
		col test Dixon - 5%		
Confronto fra 2 varianze - 5%				
		Gradi di libert�	4	14
		F calcolato	30,83482	
		F tabulato	3,112248	
		Test significativo:	SI	

I primi 5, corrispondenti a campioni prelevati dal marzo 1999 al novembre 2001, non sono distribuiti normalmente, presentano un valore mediano di $3,8 \mu\text{g/L}$ e un'elevata variabilit . I

successivi 15 dati, corrispondenti a campioni prelevati dal mese di luglio 2002 al mese di aprile 2007, sono distribuiti normalmente, presentano un valore medio di 9,2 µg/L e una variabilità molto contenuta (CV 5%). La concentrazione di arsenico, a partire dal luglio 2002, si presenta stabile senza alcuna tendenza significativa all'incremento o alla diminuzione ($n = 20$; $p = 0,05$; r calcolato = 0,1688, r tabulato 0,4438; assenza di correlazione significativa).

Le varianze delle due popolazioni di dati differiscono in maniera significativa (test di Bartlett 5%). Il confronto tra le due serie di dati, eseguito mediante il test non parametrico di Wilcoxon-Mann-Whitney, dimostra che differiscono in misura significativa ($p = 0,0029$).

La concentrazione di arsenico nell'acquifero che alimenta la galleria alta fino al 2001, pur con ampie oscillazioni, presentava un valore mediano di 3,8 µg/L; successivamente la concentrazione è aumentata in tempi brevi (inferiori all'anno) e, per cause non definite, si è stabilizzata subito dopo in un andamento regolare. Dopo il 2001 la variabilità intorno al valore medio di 9,2 µg/L si è molto ridotta ed è dovuta solo a motivi casuali. Da sottolineare che non risulta un incremento di arsenico progressivo (la progressione dei valori risulta infatti non significativa); è osservabile, invece, un salto piuttosto rapido, seguito da una immediata stabilizzazione.

Boro

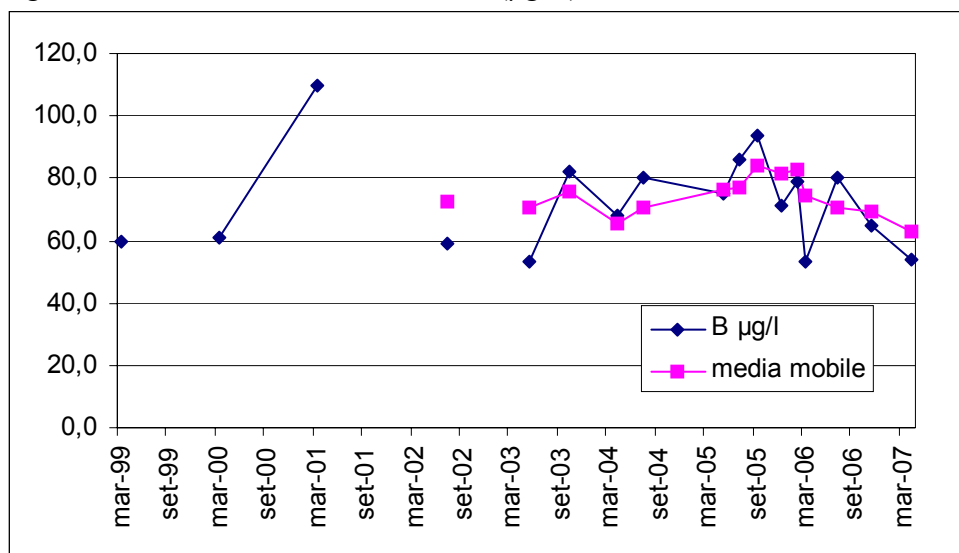
Considerando complessivamente i 17 dati del boro, questi si presentano distribuiti normalmente intorno al valore medio di 72 $\mu\text{g/L}$; la variabilità è elevata (CV 22%); sono assenti valori anomali.

A partire dal 1999 la concentrazione di boro si presenta stabile senza alcuna tendenza significativa all'incremento o alla diminuzione ($n = 17$; $p = 0,05$; r calcolato = 0,0794; r tabulato = 0,4821, assenza di correlazione significativa).

Tabella 10

B $\mu\text{g/l}$		B $\mu\text{g/l}$
60	Numero dati	17
61	Media (xm)	72
110	Varianza	247
59	Scarto tipo (s)	16
53	CV%	22
82		
68	Minimo	53
80	Massimo	110
75	Escursione (Range)	57
86	Mediana	71
94	Indice di asimmetria	0,752276
71	Indice di curtosi	0,443271
79	Distribuzione normale	SI
53	col test Shapiro-Wilks 5%	
80	Presenza di dati anomali	NO
65	col test Dixon - 5%	
54		

Figura 9 – Boro, andamento dei valori ($\mu\text{g/L}$) e media mobile



Conducibilità

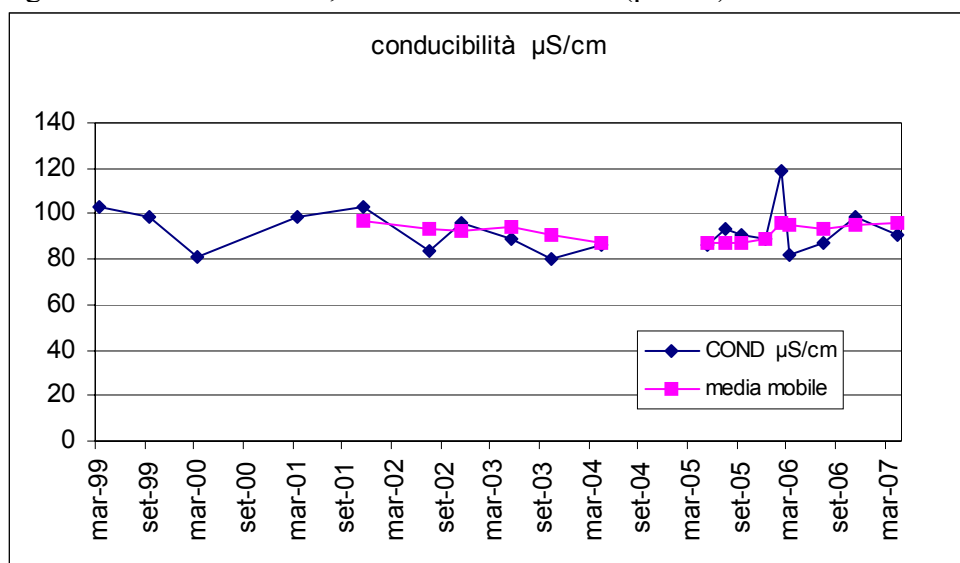
Considerando complessivamente i 19 dati del valore di conducibilità, questi risultano distribuiti normalmente, il valore medio corrisponde a 92 $\mu\text{S/cm}$, risulta una variabilità contenuta (CV 10 %), sono assenti valori anomali.

Tabella 11

conducibilità $\mu\text{S/cm}$		conducibilità $\mu\text{S/cm}$
103	Numero dati	19
99	Media (xm)	92
81	Varianza	93
99	Scarto tipo (s)	9,6
103	CV%	10
84		
96	Minimo	80
89	Massimo	119
80	Escursione (Range)	39
86	Mediana	91
86	Indice di asimmetria	1,096923
93	Indice di curtosi	1,690916
91	Distribuzione normale	SI
89	col test Shapiro-Wilks 5%	
119	Presenza di dati anomali	NO
82	col test Dixon - 5%	
87		
99		
91		

A partire dal 1999 il valore della conducibilità si presenta stabile senza alcuna tendenza significativa all'incremento o alla diminuzione ($n = 19$; $p = 0,05$; r calcolato = 0,1095; r tabulato = 0,4555, correlazione non significativa).

Figura 10 – Conducibilità, andamento dei valori ($\mu\text{S/cm}$) e media mobile



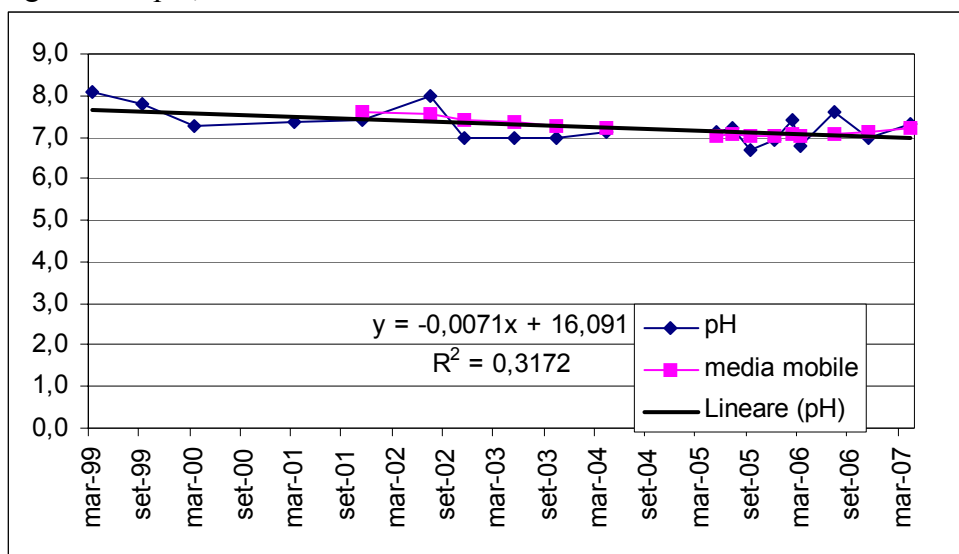
pH

Considerando complessivamente i 19 dati del pH, questi si presentano distribuiti normalmente, il valore medio corrisponde a 7,3, risulta una bassa variabilità (CV 5 %), sono assenti valori anomali. A partire dal 1999 il pH presenta un andamento tendente alla diminuzione anche se con un coefficiente di correlazione piuttosto basso ($n = 19$; $p = 0,05$; r calcolato = 0,4984; r tabulato = 0,4555, correlazione significativa).

Tabella 12

pH		pH
8,1	Numero dati	19
7,8	Media (xm)	7,3
7,3	Varianza	0,1
7,4	Scarto tipo (s)	0,4
7,4	CV%	5
8,0		
7,0	Minimo	6,7
7,0	Massimo	8,1
7,0	Escursione (Range)	1,4
7,1	Mediana	7,2
7,1	Indice di asimmetria	0,81315
7,2	Indice di curtosi	0,093726
6,7	Distribuzione normale	SI
6,9	col test Shapiro-Wilks 5%	
7,4	Presenza di dati anomali	NO
6,8	col test Dixon - 5%	
7,6		
7,0		
7,3		

Figura 11 – pH, andamento dei valori e media mobile



Solfati

Considerando complessivamente i 20 dati del valore dei solfati, questi non si presentano distribuiti normalmente, il valore mediano è 3,4 mg/L.

L'andamento, elaborato mediante il test non parametrico di Cox e Stuart, dimostra che il trend in crescita non è significativo, con un valore di probabilità $p=0,172$, superiore al massimo livello di probabilità ritenuto necessario per scartare l'ipotesi nulla ($p = 0,05$).

Tabella 13

SO4 mg/L		SO4 mg/L
3		20
4		3
4		0,2
3		0,5
3		14
3		
3		3
3		5
3		2
3		3
3		2,291497
3		7,528007
5	v. anomalo	NO
4		col test Shapiro-Wilks 5%
3		SI
4		col test Dixon - 5%
3		
3		
4		
3		

Il test di Dixon 5% ha consentito di individuare un valore anomalo che è stato scartato.

Figura 12 – Solfati, andamento dei valori (mg/L) e media mobile

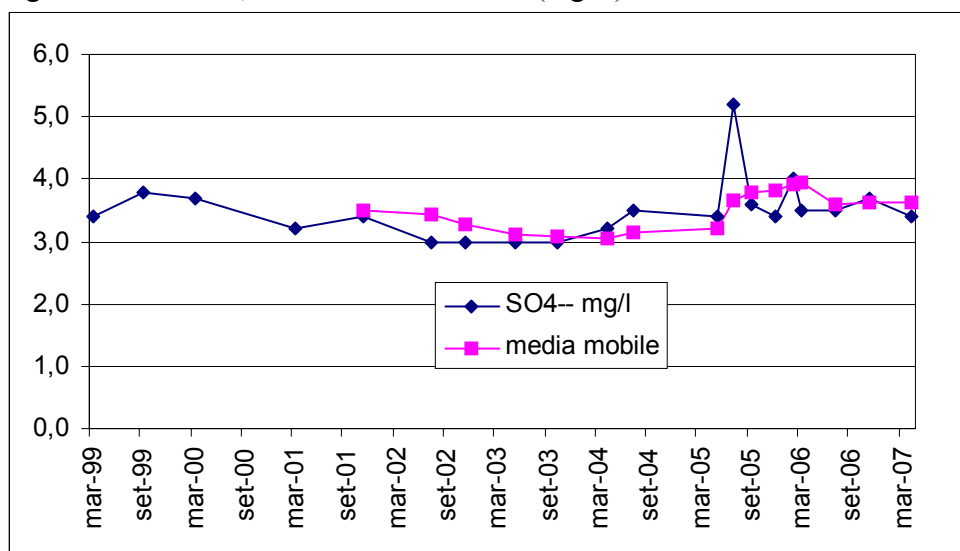


Tabella 14

Solfati mg/L		Solfati mg/L
3	Numero dati	19
4	Media (xm)	3
4	Varianza	0,08
3	Scarto tipo (s)	0,3
3	CV%	8
3		
3	Minimo	3
3	Massimo	4
3	Escursione (Range)	1
3	Mediana	3,4
3	Indice di asimmetria	0,129067
3	Indice di curtosi	-0,42681
4	Distribuzione normale	SI
3	col test Shapiro-Wilks 5%	
4	Presenza di dati anomali	NO
3	col test Dixon - 5%	
3		
4		
3		

Considerando complessivamente i 19 dati dei solfati, dopo aver scartato il valore anomalo, questi si presentano distribuiti normalmente, il valore medio corrisponde a 3 mg/L, la variabilità è contenuta (CV 8 %), sono assenti ulteriori valori anomali.

Anche la statistica parametrica, considerando la serie di dati distribuita normalmente, depone per un andamento della concentrazione dei solfati stabile, senza alcuna tendenza significativa all'incremento o alla diminuzione ($n = 19$; $p = 0,05$; r calcolato = 0,2506; r tabulato = 0,4555, assenza di correlazione significativa).

MONITORAGGIO SORGENTE ENTE – ARCIDOSSO

Arsenico

Metodo di analisi UNI EN ISO 17294-2:2005; ICP-MS Acque. Incertezza al valor medio $\pm 0,25$ $\mu\text{g/L}$. Sono disponibili 10 dati, la distribuzione non risulta normale, mediana 11,5 $\mu\text{g/L}$.

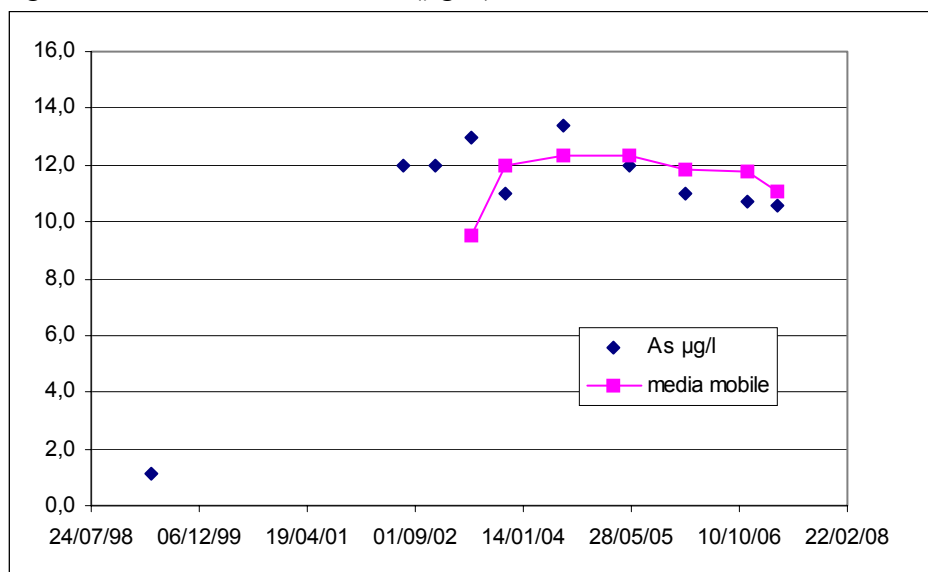
Tabella 16

As ug/L 1	As ug/L 2		As ug/L 1	As ug/L 2
1,1	val.anomalo	Numero dati	10	9
12,0	12	Media (xm)	10,7	11,7
12,0	12	Varianza	12,2	1,0
13,0	13	Scarto tipo (s)	3,5	1,0
11,0	11	CV%	33	8
13,4	13,4			
12,0	12	Minimo	1,1	10,6
11,0	11	Massimo	13,4	13,4
10,7	10,7	Escursione (Range)	12,3	2,8
10,6	10,6	Mediana	11,5	12
		Indice di asimmetria	-2,72936	0,496719
		Indice di curtosi	8,103452	-0,96739
		Distribuzione normale col test Shapiro-Wilks 5%	NO	SI
		Presenza di dati anomali col test Dixon - 5%	SI	NO

Con esclusione di un dato anomalo la distribuzione risulta normale, media 11,7 $\mu\text{g/L}$ e bassa variabilità (8%).

La tendenza valutata con tutti i dati disponibili, mediante la statistica non parametrica (calcolo coefficiente rho di Spearman), non presenta alcun andamento significativo (rho calcolato 0,1788 inferiore a rho tabulato 0,564 con $N = 10$ e $p = 0,05$). La tendenza valutata dopo l'esclusione del valore anomalo, mediante la statistica parametrica (calcolo coefficiente di correlazione r), non risulta significativa (r calcolato 0,5697 inferiore a r tabulato 0,6021, $n=10$; $p=0,05$).

Figura 14. Andamento arsenico ($\mu\text{g/L}$), media mobile



Boro

Metodo di analisi UNI EN ISO 17294-2:2005; ICP-MS Acque.

Incertezza al valor medio $\pm 5,0$ $\mu\text{g/L}$.

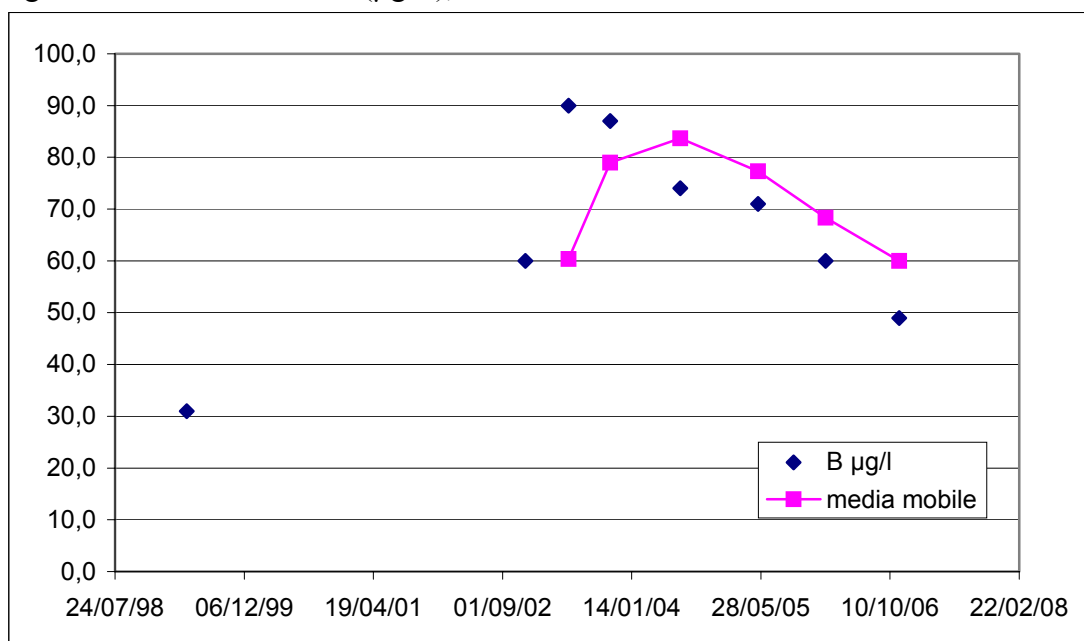
Sono disponibili 8 dati, distribuiti normalmente, nessun valore anomalo; media 65 mg/L, variabilità elevata (CV 30%).

Tabella 17

B $\mu\text{g/L}$		B $\mu\text{g/L}$
31	Numero dati	8
60	Media (xm)	65
90	Varianza	384
87	Scarto tipo (s)	20
74	CV%	30
71		
60	Minimo	31
49	Massimo	90
	Escursione (Range)	59
	Mediana	65
	Indice di asimmetria	-0,4671
	Indice di curtosi	-0,124
	Distribuzione normale	SI
	col test Shapiro-Wilks 5%	
	Presenza di dati anomali	NO
	col test Dixon - 5%	

In tutto il periodo considerato (8 anni) la concentrazione di boro si presenta stabile senza alcuna tendenza significativa all'incremento o alla diminuzione, ($n = 8$; $p = 0,05$; r calcolato = 0,3153, r tabulato 0,7067; correlazione non significativa).

Figura 15. Andamento boro ($\mu\text{g/L}$), media mobile.



Conducibilità

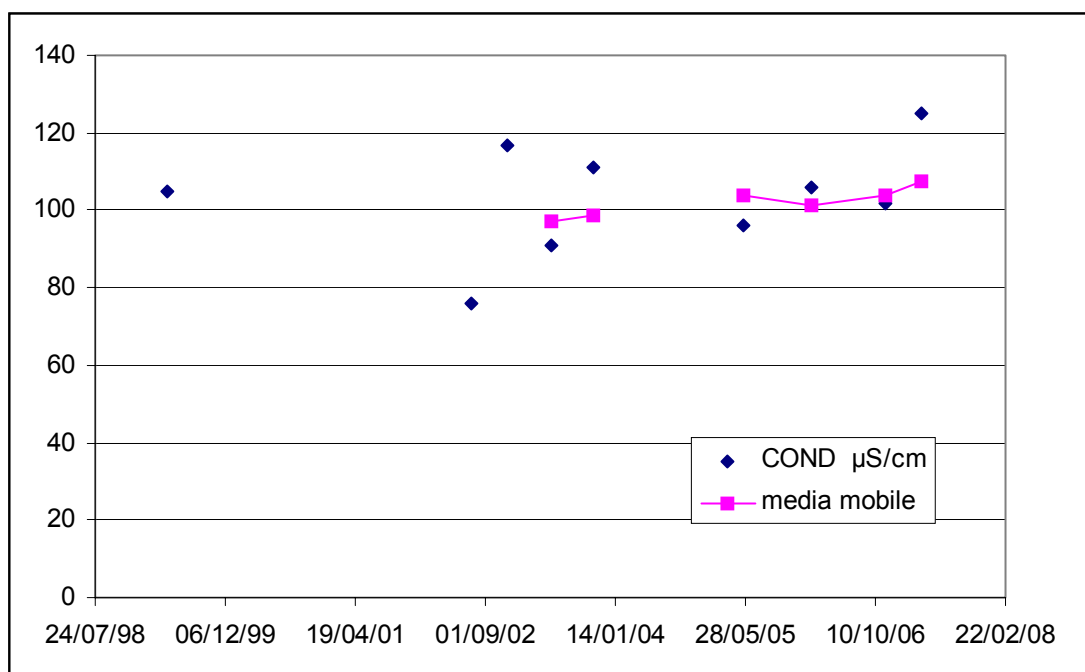
Sono disponibili 9 dati, la distribuzione non è normale, valore mediano 105 $\mu\text{S}/\text{cm}$, variabilità modesta.

Tabella 18

conducibilità $\mu\text{S}/\text{cm}$		conducibilità $\mu\text{S}/\text{cm}$
105	Numero dati	9
76	Media (xm)	103
117	Varianza	210
91	Scarto tipo (s)	14
111	CV%	14
96		
106	Minimo	76
102	Massimo	125
125	Escursione (Range)	49
	Mediana	105
	Indice di asimmetria	-0,472097241
	Indice di curtosi	0,526562806
	Distribuzione normale col test Shapiro-Wilks 5%	NO
	Presenza di dati anomali col test Dixon - 5%	NO

Nel periodo considerato la conducibilità si presenta stabile senza alcuna tendenza significativa all'incremento o alla diminuzione. La significatività è stata valutata secondo la statistica non parametrica (calcolo del coefficiente rho di Spearman: $n = 9$; $p = 0,05$; rho Spearman calcolato = 0,37, rho Spearman tabulato 0,60; correlazione non significativa).

Figura 16. Andamento conducibilità ($\mu\text{S}/\text{cm}$), media mobile.



pH

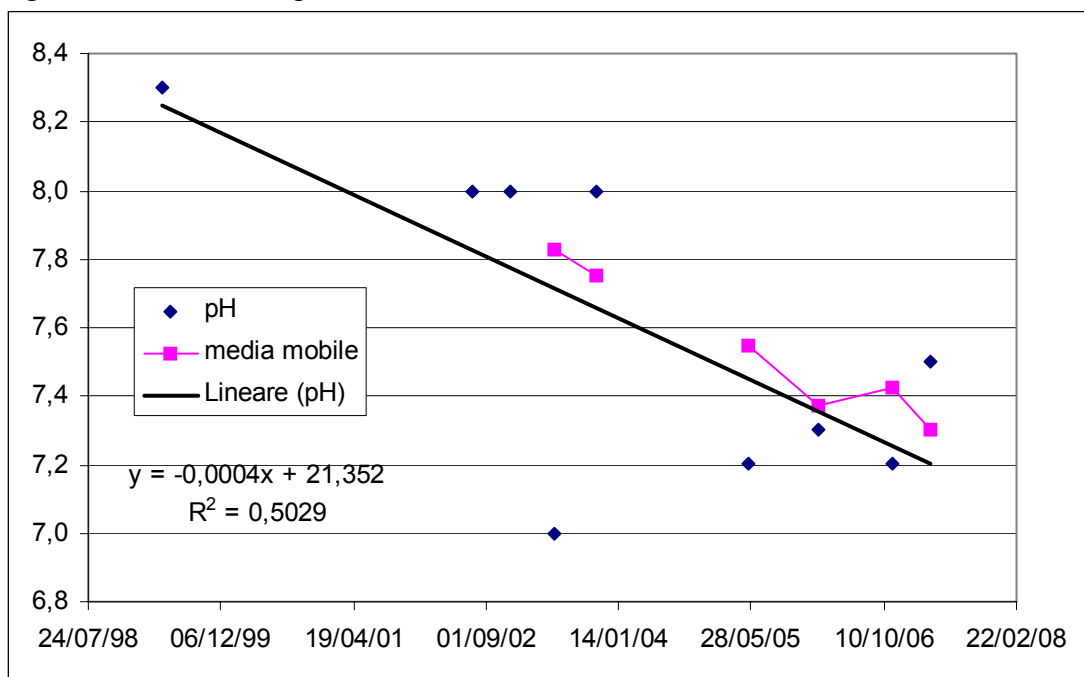
La serie è composta da 9 dati, distribuiti normalmente, valore medio 7,6, variabilità contenuta (CV 6,1%).

Tabella 19

pH		pH
8,3	Numero dati	9,0
8,0	Media (xm)	7,6
8,0	Varianza	0,2
7,0	Scarto tipo (s)	0,5
8,0	CV%	6,1
7,2		
7,3	Minimo	7,0
7,2	Massimo	8,3
7,5	Escursione (Range)	1,3
	Mediana	7,5
	Indice di asimmetria	0,164610286
	Indice di curtosi	-1,769309456
	Distribuzione normale	SI
	col test Shapiro-Wilks 5%	
	Presenza di dati anomali	NO
	col test Dixon - 5%	

Nel periodo considerato il pH tende a diminuire in misura significativa ($n = 9$; $p = 0,05$; r calcolato = 0,7091, r tabulato 0,6664; correlazione significativa).

Figura 17. Andamento pH, media mobile e linea di tendenza.



Solfati

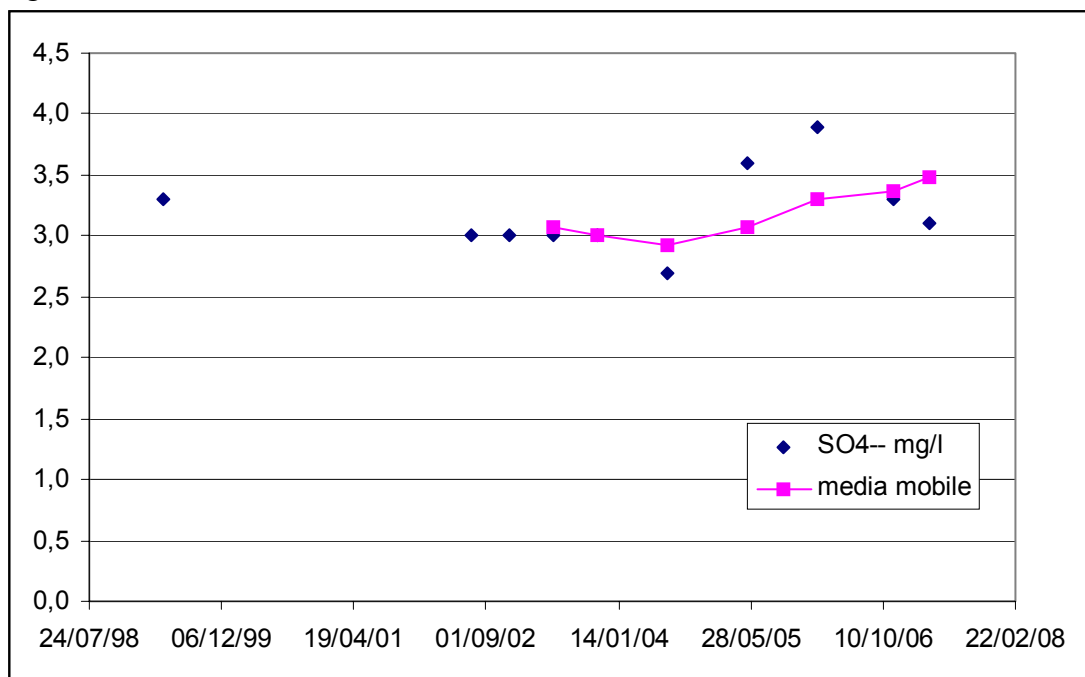
La serie è composta da 10 dati, distribuiti normalmente attorno al valore medio di 3 mg/L, con una variabilità contenuta (CV 10,9%).

Tabella 20

solfati mg/L		solfati mg/L
3	Numero dati	10
3	Media (xm)	3
3	Varianza	0,1
3	Scarto tipo (s)	0,3
3	CV%	11
3		
4	Minimo	3
4	Massimo	4
3	Escursione (Range)	1,2
3	Mediana	3
	Indice di asimmetria	0,936091208
	Indice di curtosi	0,812493292
	Distribuzione normale	SI
	col test Shapiro-Wilks 5%	
	Presenza di dati anomali	NO
	col test Dixon - 5%	

Nel periodo considerato la concentrazione di solfati non presenta alcun andamento significativo in crescita o diminuzione ($n = 10$; $p = 0,05$; r calcolato = 0,26, r tabulato 0,6319; correlazione non significativa).

Figura 18. Andamento solfati, media mobile.



Considerazioni

I risultati del monitoraggio chimico e chimico fisico della Galleria Bassa e Galleria Alta delle sorgenti del Fiora, e della sorgente Ente di Arcidosso, relativamente al periodo 1999-2006, sono stati elaborati con procedura statistica con lo scopo di evidenziare, in maniera oggettiva, la presenza di andamenti in crescita o in diminuzione.

I risultati sono sintetizzati nella tabella seguente.

parametro	Andamento Galleria Bassa periodo 1999 - 2006	Andamento Galleria Alta periodo 1999 - 2006	Andamento sorgente Ente periodo 1999 - 2006
arsenico	incremento	rapido incremento registrato tra due misure a distanza di circa un anno tra settembre 2001 e luglio 2002. Subito dopo il parametro ha presentato un andamento stazionario fino ad oggi.	stazionario
boro	stazionario	stazionario	stazionario
conducibilità	incremento	stazionario	stazionario
pH	diminuzione	diminuzione	diminuzione
solfati	stazionario	stazionario	stazionario
cloruri	incremento	incremento	incremento

È necessario ricordare che le considerazioni riportate nel presente lavoro dipendono da procedure statistiche esclusivamente rivolte a valutare la semplice correlazione tra ciascun parametro considerato ed il tempo; nei calcoli non sono considerati altri fattori presenti “al contorno”, quali, ad esempio, la variabilità delle portate, la ricarica delle falde, la piovosità.

Le indicazioni che si ottengono devono essere considerate soltanto una razionale presentazione dei dati da intendersi esclusivamente come base per le indispensabili valutazioni geochemiche ed idrogeologiche che dovranno consentire una più accurata definizione delle eventuali dinamiche in atto all'interno dell'acquifero capaci di determinare gli andamenti dei parametri presi in esame.

Acquifero	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata
Nome	Gall.Bassa	Gall.Bassa	Gall.Bassa	Gall.Bassa	Gall.Bassa	Gall.Bassa	Gall.Bassa	Gall.Bassa	Gall.Bassa	Gall.Bassa	Gall.Bassa	Gall.Bassa
PROT	1187	5255	1203	746	4247	1911	4555	2480	4048	5283	6171	987
DATA	23/03/99	29/09/99	22/03/00	22/03/01	07/11/01	14/05/03	23/09/04	17/05/05	22/07/05	28/09/05	01/12/05	09/03/06
pH	7,6	7,5	7,3	7,0	7,1	7,0		7,2	7,2	6,4	6,4	6,6
COND μS/cm	86	97	85	90	91	84		95	103	91	126	103
HCO ₃ mg/l						51,2		43,6				
NH ₄ mg/l	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1		0,02		<0,1			<0,1	
NO ₂ mg/l	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05		<0,05		<0,05				
NO ₃ mg/l	2,1	1,7	1,8	2,2	2,0	1,7	1,8	2,1	<1	1,0	3,6	2,5
Cl ⁻ mg/l	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	8	8
SO ₄ ⁻ mg/l	4	4	4	4	4	3	4	4	5	4	7	6
P tot mg/l	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5							
Na mg/l	6,7	6,6	6,5	6,3	6,5	6,3	6,9	6,6	6,6	6,9	7,9	7,4
K mg/l	3,1	3,0	3,0	2,8	3,2	3,0	3,2	3,0	2,9	2,9	3,6	3,3
Mg mg/l	2,1	2,1	1,7	1,5	2,0	2,0	2,4	2,4	2,4	2,5	3,2	3,0
Ca mg/l	7,9	9,7	7,2	7,1	8,0	7,5	8,3	9,3	9,9	9,6	14,0	17,0
Durezza °F	2,8	3,3	2,5	2,4	2,8							
Al μg/l	<10			13,0		<20		28				
As μg/l	4,5	2,2	6,5	5,3	2,7	9,0	6,2	9,5	10,0	8,5	9,6	9,0
B μg/l	50		58	103		50	80	74	95	93	76	53

Acquifero	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata
Nome	Gall.Alta	Gall.Alta	Gall.Alta	Gall.Alta	G.Alta	Gall.Alta	Gall.Alta	Gall.Alta	Gall.Alta	Gall.Alta	Gall.Alta	Gall.Alta
PROT	1186	5254	1202	745	4246	2730	5302	1912	5376	1422	2992	2479
DATA	23/03/99	29/09/99	22/03/00	22/03/01	07/11/01	09/07/02	28/11/02	14/05/03	30/10/03	16/04/04	20/07/04	17/05/05
pH	8,1	7,8	7,3	7,4	7,4	8,0	7,0	7,0	7,0	7,1		7,1
COND μ S/cm	103	99	81	99	103	84	96	89	80	86		86
HCO ₃ mg/l						46,0	49,0	55,0	44,0			46,7
NH ₄ mg/l	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1		0,0	0,0	<2		<2		<0,1
NO ₂ mg/l	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05
NO ₃ mg/l	1,2	1,1	1,2	1,3	1,4	2,0	2,0	1,0	1,0	1,2	1,2	<1
Cl ⁻ mg/l	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
SO ₄ ²⁻ mg/l	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
P tot mg/l	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5							
Na mg/l	6,4	6,2	6,2	6,0	6,2	6,0	6,0	6,0	6,0	5,9	6,2	6,2
K mg/l	2,9	2,7	2,7	2,6	3,0	3,0	3,0	2,7	3,0	2,5	2,6	2,6
Mg mg/l	2,1	2,1	1,6	1,4	1,9	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	1,8	2,3
Ca mg/l	13,5	10,9	6,6	10,5	11,6	8,0	8,0	7,0	7,0	7,5	7,7	8,3
Durezza °F	4,2	3,6	2,3	3,2	3,7							
Al μ g/l	<10		102,0	35,0			15,0	60,0	40,0	38,0		23,0
As μ g/l	3,8	2,4	8,5	5,7	2,2	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,3	10,0
B μ g/l	60		61	110		59		53	82	68	80	75

Acquifero	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata
Nome	Gall.Alta	Gall.Alta	Gall.Alta	Gall.Alta	Gall.Alta	Gall.Alta	Gall.Alta	Gall.Alta
PROT	4047	5282	6172	399	986	3223	5638	1225
DATA	22/07/05	28/09/05	01/12/05	02/02/06	09/03/06	05/07/06	15/11/06	03/04/07
pH	7,2	6,7	6,9	7,4	6,8	7,6	7,0	7,3
COND μ S/cm	93	91	88,9	119	82	87	99	91
HCO ₃ mg/l			42,1	45,0			66,0	67,0
NH ₄ mg/l			<0,1	<0,1			<0,1	<0,1
NO ₂ mg/l			<0,05	<0,05			<0,05	<0,05
NO ₃ mg/l	<1	<1	1,4	1,5	1,1	1,3	1,3	1,3
Cl ⁻ mg/l	7	6	6	6	6	6	6	7
SO ₄ ⁻ mg/l	5	4	3	4	3	3	4	3
P tot mg/l								
Na mg/l	6,4	6,4	6,5	6,4	6,4	6,4	6,1	6,0
K mg/l	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,6	2,5	2,5
Mg mg/l	2,2	2,4	2,3	2,7	2,6	2,4	2,1	2,0
Ca mg/l	12,5	8,8	8,5	16,0	16,0	9,1	12,0	7,6
Durezza °F								
Al μ g/l			<7	90,0			31,0	55,0
As μ g/l	10,0	8,4	9,5	8,9	10,0	9,3	9,4	8,8
B μ g/l	86	94	71	79	53	80	65	54

Acquifero	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata	Amiata
Nome	Ente	S Ente	S Ente	S Ente	S Ente	S Ente	S Ente	S Ente	S Ente	S Ente
PROT	1773	2731	5303	1909	5327	2991	2477	401	5640	1227
DATA	28/04/99	09/07/02	28/11/02	14/05/03	23/10/03	20/07/04	17/05/05	02/02/06	15/11/06	03/04/07
pH	8,3	8	8	7	8		7,2	7,3	7,2	7,5
COND μS/cm	105	76	117	91	111		96	106	102	125
HCO ₃ mg/l		49	61	59	59		22	95	29	62
NH ₄ mg/l	<0,5	0	0		0		0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO ₂ mg/l	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NO ₃ mg/l	0,7	1	1		1	<1	<1	1,3	3,4	1,5
Cl ⁻ mg/l	6	7	7	6	8	7	8	7	8	7
SO ₄ ⁻ mg/l	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3
P tot mg/l	<5									
Na mg/l	7,1	7	7	7	7	7	6,9	6,9	6,5	6,5
K mg/l	2,6	3	3	3	4	2,4	2,7	2,8	2,6	2,7
Mg mg/l	2,5	3	2	2	2	2,2	2,4	2,7	2,2	2,2
Ca mg/l	12,0	9	8	8	9	15	8,4	14	8,1	7,9
Durezza °F	4,0									
Al μg/l	<10	30		34	37		21	110	41	65
As μg/l	1,1	12,0	12,0	13,0	11,0	13,4	12,0	11,0	10,7	10,6
B μg/l	31		60	90	87	74	71	60	49	

5 marzo 2008

SORGENTI DEL MONTE AMIATA

RESOCONTO DEL CONTROLLO STRAORDINARIO ARPAT DEL 26 febbraio 2008 E REPORT DEI DATI STORICI DEL MONITORAGGIO 2002 – 2007

Premessa	Pag. 1
Risultati del controllo straordinario	Pag. 2
Tabelle dei risultati analitici	Allegato 1

Premessa

La Regione Toscana, a seguito di notizie allarmistiche diffuse circa i rischi imminenti dovuti alla continuazione dell'attività geotermica sull'Amiata, ha chiesto all'Università di Siena di fornire in tempi rapidissimi una valutazione circa la sussistenza di tali rischi, al fine di adottare, se del caso, i provvedimenti conseguenti.

L'Università di Siena, ai fini della valutazione, ha ritenuto necessario acquisire dati recenti sullo stato di qualità dell'acquifero freatico ad uso potabile dell'Amiata, proponendo un controllo straordinario delle principali sorgenti già oggetto di monitoraggio da parte ARPAT.

L'Assessore alla tutela ambientale ed all'energia della Regione Toscana ha chiesto la collaborazione di ARPAT per l'esecuzione di un controllo qualitativo straordinario delle principali sorgenti amiatine.

In data 26 febbraio 2008 i dipartimenti provinciali ARPAT di Grosseto e Siena hanno eseguito il controllo straordinario dello stato di qualità dell'acquifero freatico dell'Amiata, prelevando campioni di acqua dai 10 punti della rete di monitoraggio (8 sorgenti e 2 pozzi), localizzati lungo la circonferenza del monte Amiata, che sono costantemente monitorati fin dal 2002 con periodicità semestrale.



I punti di prelievo che compongono la rete di monitoraggio sono:

- sorgente GALLERIA ALTA, Comune di Santa Fiora (GR);
- sorgente GALLERIA BASSA, Comune di Santa Fiora (GR);
- sorgente ENTE, Comune di Arcidosso (GR);
- sorgente CROGNOLO, Comune di Castel del Piano (GR);
- sorgente BURLANA, Comune di Seggiano (GR);
- sorgente ERMICCILOLO, Comune di Castiglione d'Orcia (SI);
- pozzo PIAN DEI RENAI, Comune di Abbadia San Salvatore (SI);
- pozzo ACQUA GIALLA, Comune di Abbadia San Salvatore (SI);
- sorgente GALLERIA DRENANTE, Comune di Piancastagnaio (SI);
- sorgente VENA VECCHIA, Comune di Piancastagnaio (SI).

Per brevità di trattazione, il resoconto non riporta l'elenco completo dei metodi di prova utilizzati dai laboratori dei due dipartimenti per l'esecuzione delle misure chimico-fisiche, comunque indicati in altre pubblicazioni.

Risultati del controllo straordinario

I risultati delle misure chimico-fisiche eseguite sui campioni prelevati in occasione del controllo straordinario dai 10 punti della rete di monitoraggio dell'acquifero freatico dell'Amiata sono riportati nelle tabelle allegate, ognuna riferita allo specifico punto della rete. Le tabelle riportano anche i dati conseguiti nei precedenti controlli (periodo 2002÷2007) e, per i punti di prelievo presenti nel territorio senese, quelli della prima campagna di misura del 2008, svolta il 22.01.2008.

Considerati i tempi rapidissimi entro cui far pervenire alla Regione Toscana ed all'Università di Siena i risultati del controllo straordinario, nel presente resoconto non sono riportate valutazioni né analisi statistiche. Per i risultati dei punti di prelievo il confronto con i dati pregressi è comunque reso disponibile attraverso la presentazione dei valori assunti dai singoli parametri nel periodo 2002÷2008¹.

ARPAT si riserva di completare l'elaborazione statistica per l'intero set di dati per valutare la correlazione "parametro - tempo", come già fatto per le tre sorgenti di Arcidosso e Santa Fiora, eventualmente ampliando i dati disponibili attraverso una ricerca di dati pregressi presso gli archivi delle strutture di controllo.

I dati di seguito riportati costituiscono pertanto una rappresentazione semplificata dei dati disponibili, da intendersi esclusivamente come base per le indispensabili successive valutazioni geochimiche ed idrogeologiche.

¹ Non sono riportati al momento gli indicatori statistici pertinenti.

ALLEGATO 1

TABELLE DEI RISULTATI ANALITICI

Sorgente Ermicciolo

NOME	SORGENTE ERMICCIOLO															
PROV.	SI															
COMUNE	CASTIGLIONE D'ORCIA															
CODICE	MAT-S045	MAT-S045	MAT-S045	MAT-S045	MAT-S045	UNI-RM	MAT-S045	MAT-S045	MAT-S045	MAT-S045	MAT-S045	MAT-S045	MAT-S045	MAT-S045	MAT-S045	MAT-S045
DATA	31/07/02	24/01/03	10/04/03	11/11/03	06/05/04	03/11/04	26/11/04	01/06/05	07/12/05	25/07/06	24/10/06	03/04/07	20/09/07	22/01/08	26/02/08	
Temperatura °C	8,8	8,7	8,8	8,9	7,8		7,8	8,3	7,8	8,8	8,1	7,8	7,8	7,9	7,8	
pH	7,66	7,4	7,69	6,91	7,3		6,82	6,76	7,14	7,2	6,9	6,9	6,7	7,2	6,9	
Conducib. µS/cm	95	79	93	95,3	87,8		85	84	102	87,4	83,1	84,1	91,9	91,6	92,2	
Pot. Redox mV							238	40	182	212		311				245
Durezza °F	3,3	2,6	3	2,4	2,9		2,6	3,9	2,5	2,8	4,5	2,9	2,6	2,9	2,7	
HCO ₃ ⁻ mg/l	36,6	36,6	30,51	48,8	42,7		51,87	42,7	42	42,7	54,9	48,8	42,7	48,8	54,9	
NH ₄ ⁺ mg/l	<0,05	0,22	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
NO ₃ ⁻ mg/l	<0,5	0,92	<0,5	0,95	1	1,2	0,8	0,95	1,2	1,2	1,1	1	1,1	1,2	1,3	
NO ₂ ⁻ mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
F mg/l	0,094	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
Cl mg/l	6,9	6,1	5,4	6,1	6,5	5,8	6,9	6,4	6,7	6,8	7,1	6,6	6,5	6,9	6,4	
SO ₄ ⁻ mg/l	12,7	4,1	9,3	3,5	4,9	3,4	3,7	3,8	4,6	3	4,6	3,5	3,9	4,8	3,8	
Na mg/l	5,6	5,6	5,4	5,7	5,7	5,3	5,7	8,5	5,4	5,4	5,7	5,8	5,3	5,7	5,6	
K mg/l	1,8	3	3,2	3,2	3,3	3	3,7	5,6	4,3	3,4	2,9	3,3	3,2	3,3	3,5	
Mg mg/l	3,3	2,1	2,1	1,9	2,3	1,5	2,2	3,2	1,9	1,9	2,2	1,9	2	1,8	1,9	
Ca mg/l	7,6	6,8	8,6	6,6	7,7	14,3	6,9	10,4	6,8	8	14,6	8,6	7,1	8,5	7,9	
Al µg/l							<10	26	13	<10	11	56	5,0	8,9	10	
Sb µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<1	<5	<5			<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Ag µg/l												<0,5	<0,1		0,07	
As µg/l	<4	<4	5	<4	12	6,4	4,4	7	5,1	4,4	5,5	4,6	3,9	4,3	4,8	
Ba µg/l											<1			0,5	0,9	
Be µg/l											0,54	<0,05	0,06	0,04	0,05	
B µg/l						70					62	39	56	62	66	
Cd µg/l							<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Co µg/l											0,72	<0,1	<0,1	<0,05	<0,1	
Cr tot. µg/l		<1					<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	0,66	0,5	0,7	
Fe µg/l						200					154	44	5,6	7,5	12	
Fe disc. µg/l	<10	18	321	<10	<10		<10	<10	20	16	25		<10			
Li µg/l												14	12		16	
Mn µg/l		1,8	0,007	<1	<1	4,5	1,84	3,4	<1	<1		0,63	0,64	0,8	0,6	
Hg µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	
Ni µg/l	<3	<3	<3	<3	<4		<4	<4	<2	<2	<2	<0,5	<0,5	0,5	<0,5	
Pb µg/l		<2					<2	<2	<2	<2	<2	<0,1	0,12	0,4	0,6	
Cu µg/l		<2					5	<2	<2	<2	2,2	<0,5	0,61	1,9	0,5	
Se µg/l						5	<0,5	<0,5			0,65	<0,5	1,1	<0,5	<0,5	
Tl µg/l												<0,5	<0,1		<0,1	
V µg/l											0,25	0,8	0,62	0,5	0,8	
Zn µg/l							<100	<100	<100	<100	9,8	<0,1	3,6	10	3	

Pozzo Pian dei Renai

NOVE	POZZO PIAN DEI RENAI														
PROV.	SI														
COMUNE	ABBADIA SAN SALVATORE														
CODICE	MAT-P350	MAT-P350	MAT-P350	MAT-P350	MAT-P350	UNI-RM	MAT-P350	MAT-P350	MAT-P350	MAT-P350	MAT-P350	MAT-P350	MAT-P350	MAT-P350	MAT-P350
DATA	31/07/02	24/01/03	10/04/03	11/11/03	06/05/04	03/11/04	26/11/04	01/06/05	07/12/05	25/07/06	24/10/06	03/04/07	20/09/07	22/01/08	26/02/08
Temperatura °C	8,5	10,8	10,7	10,7	9,3		9,8	10	9,7	10,4	10,2	9,9	9,8	9,7	9,7
pH	7,18	7,2	7,15	6,84	6,9		6,46	6,65	7,14	6,8	6,8	6,7	6,6	7,0	7,0
Conducib. µS/cm	104	103	101,7	99,4	100,8		98	94	106	96	102,6	97,1	90,0	92,8	104,8
Pot. Redox mV							125	56	98	15		175			86
Durezza °F	2,6	3,1	3,3	3	3,3		3,2	4,7	2,9	3,1	4,5	3,0	3,1	3,2	3,1
HCO ₃ mg/l	30,5	36,6	36,61	42,7	36,6		73,22	42,7	48	36,6	48,8	42,7	30,5	42,7	54,9
NH ₄ ⁺ mg/l	<0,05	0,24	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1
NO ₃ ⁻ mg/l	1,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
NO ₂ mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
F mg/l	<0,2	<0,2	0,234	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cl mg/l	7	5,7	6,3	5,7	6	5,3	6,4	5,8	6	6,2	6,6	5,9	5,9	6,2	5,8
SO ₄ ⁻ mg/l	3,8	11,5	12,2	11,8	12	11,4	12,1	12	14,3	11,3	22,4	12,2	13,0	12,1	11,8
Na mg/l	5,2	5,8	6,1	5,9	5,7	5,5	6	9,1	5,7	5,6	6	6,2	5,8	6,2	5,8
K mg/l	3,1	1,6	2,2	1,8	1,9	1,7	2,4	2,8	2,5	2	1,8	1,9	1,8	2,0	2,0
Mg mg/l	2	3,2	3,7	3,1	3,4	2	3,5	4,9	2,9	3,1	3,9	2,9	3,3	3,0	3,0
Ca mg/l	7	7	7,2	6,9	7,5	19	7,2	10,7	6,8	7,1	11,5	7,3	7,1	7,9	7,3
Al µg/l							<10	<10	16	25,8	7,4	54	2,7	5,2	16
Sb µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<1	<5	<5			0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ag µg/l												<0,5	<0,1		0,05
As µg/l	12	7,3	13	11,1	5,1	12	9,8	15,4	14	11	23	10,8	10	18	11,2
Ba µg/l											1			1	1,9
Be µg/l											0,57	0,07	0,08	0,09	0,08
B µg/l						79					61	39	49	58	61
Cd µg/l							<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,07	<0,05	<0,05	<0,05
Co µg/l											3,1	0,94	0,92	1,1	0,9
Cr tot. µg/l		<1					<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	0,7
Fe µg/l						1420					2959	1065	1445	1768	1153
Fe disc. µg/l	840	1264	1848	1300	1300		990	1222	968	954	1057		1116		
Li µg/l												12	10		13
Mn µg/l		35	70	50,6	58	67	28,3	95,5	38	5	69	58	53	58	59
Hg µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5
Ni µg/l	<3	<3	<3	<3	2		2	2	<2	5,2	7,4	1,9	1,8	3,2	2,4
Pb µg/l		<2					<2	<2	<2	<2	2	0,19	<0,1	1,7	0,5
Cu µg/l		<2					<2	<2	6,7	6,6	7,2	3,9	<0,5	3,5	2,3
Se µg/l						<2	<0,5	<0,5			2,6	<0,5	0,62	<0,5	<0,5
Tl µg/l												<0,5	<0,1		<0,1
V µg/l											0,25	0,2	0,10	<0,05	0,16
Zn µg/l							<100	<100	<100	<100	39	24	12	26	19

Pozzo Acqua Gialla

NOME	POZZO ACQUA GIALLA														
PROV.	SI														
COMUNE	ABBADIA SAN SALVATORE														
CODICE	MAT-S044	MAT-S044	MAT-S044	MAT-S044	MAT-S044	UNI-FRM	MAT-S044	MAT-S044	MAT-S044	MAT-S044	MAT-S044	MAT-S044	MAT-S044	MAT-S044	MAT-S044
DATA	06/06/02	07/11/02	10/04/03	11/11/03	06/05/04	03/11/04	26/11/04	01/06/05	07/12/05	25/07/06	24/10/06	03/04/07	20/09/07	22/01/08	26/02/08
Temperatura °C	8,3	10,2	10,4	10,5	9,3		9,5	10	9	10,3	9,8	9,5	9,6	9,4	9,7
pH		7,26	7,08	6,75	6,8		6,64	6,49	6,79	6,6	6,6	6,7	7,0	6,9	7,0
Conducib. µS/cm	66	80	72,1	72,3	71,7		72	70	78	68	69,3	64,5	69,6	67,0	83,3
Pot. Redox mV							192	120	178	129			265		158
Durezza °F	1,3	2	2	1,8	2,1		1,9	3,1	1,8	1,9	2,5	2,4	2,0	2,0	1,9
HCO ₃ mg/l	18,3	42,7	30,51	30,5	24,4		36,61	30,5	30	79,3	42,7	24,4	30,5	36,6	30,5
NH ₄ ⁺ mg/l	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1
NO ₃ mg/l	0,5	<0,5	0,57	<0,5	<0,5	<1	<0,5	<0,5	0,59	0,94	<0,5	1,0	0,5	0,7	0,7
NO ₂ mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
F 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	<0,2	<0,2	<0,2
Cl mg/l	4,9	5	5,5	5,1	5,3	5	5,6	5,2	5,2	5,7	3,4	5,4	5,2	5,5	5,1
SO ₄ mg/l	9,04	9,3	9,3	9,2	9,1	8,1	9,4	10,2	11	8,8	8,9	9,6	9,5	8,7	8,4
Na mg/l	4,48	4,6	4,7	4,7	4,8	4,5	4,8	7,6	4,5	4,4	4,7	4,6	4,9	5,0	4,7
K mg/l	2,74	2,3	2,8	2,6	2,7	2,6	3,3	4,7	3,3	2,7	2,4	2,8	2,8	2,8	3,0
Mg mg/l	1,53	1,6	1,8	1,4	1,8	1	1,7	2,7	1,4	1,5	1,9	1,8	1,5	1,3	1,3
Ca mg/l	2,56	5,4	5,1	5	5,6	17	4,7	7,9	4,9	5,1	6,8	6,9	5,6	6,0	5,5
Al µg/l							<10	22	31	30,1	21	76	22	20	25
Sb µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<1	<5	<5			<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ag µg/l												<0,5	<0,1		<0,05
As µg/l	32,5	32	30,2	30,5	25,5	28	27,5	35	26,5	28,9	30	30	26	28	25
Ba µg/l											1,9			0,7	28
Be µg/l											0,55	<0,05	0,06	0,1	0,06
B µg/l						71					60	38	50	63	61
Cd µg/l							<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,05	0,11	<0,05	<0,05
Co µg/l											0,63	0,12	0,12	0,11	0,1
Cr tot. µg/l							<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	0,94	<0,5	0,5
Fe µg/l						120					129	133	113	70	109
Fe disc. µg/l	107	155	170	169	120		90	145	87	103	77	69			
Li µg/l												12	10		13
Mn µg/l	7,2	6	8	3,8	2,7	6,4	2,56	12,4	4,2	3,9	4,6	5,7	5,4	5,4	6
Hg µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5
Ni µg/l	<3	<3	3	<3	<4		<4	<4	<2	<2	<2	1,4	0,89	2	0,8
Pb µg/l							<2	<2	<2	<2	<2	<0,1	0,27	0,5	0,2
Cu µg/l							<2	<2	<2	<2	<2	1,4	0,77	0,8	<0,5
Se µg/l						<2	<0,5	<0,5			2	<0,5	0,69	0,5	<0,5
Tl µg/l												<0,5	<0,1		<0,1
V µg/l											1,9	2,1	1,9	1,7	2
Zn µg/l							<100	<100	<100	<100	5,9	<0,1	5,2	7	4,3

Sorgente Galleria Drenante

NOME	SORGENTE GALLERIA DRENANTE														
PROV.	SI														
COMUNE	PIANCASTAGNAIO														
CODICE	MAT-S050	MAT-S050	MAT-S050	MAT-S050	MAT-S050	MAT-S050	MAT-S050	MAT-S050	MAT-S050	MAT-S050	MAT-S050	MAT-S050	MAT-S050	MAT-S050	MAT-S050
DATA	06/06/02	07/11/02	18/06/03	11/11/03	06/05/04	26/11/04	01/06/05	07/12/05	25/07/06	24/10/06	19/04/07	20/09/07	22/01/08	26/02/08	
Temperatura °C		13,9	15	14,2	12,9	13,4	14,1	12,4	15,4	13,8	13,4	13,4	13,1	13,0	
pH		7,08	7,44	6,63	6,8	7,15	6,91	7,12	6,8	6,7	6,7	7,2	6,9	7,0	
Conducib. µS/cm	108	124	134,2	139,9	162,7	129	154	183	114,1	115,3	106,7	127,7	116,6	131,1	
Pot. Redox mV						238	40	182	212			270		224	
Durezza °F	3	3,6	3,4	2,7	5,4	4,1	5,7	5,4	3,2	3,1	3,1	3,9	3,3	3,2	
HCO ₃ ⁻ mg/l	48,8	69,6	48,8	61,02	61,02	91,53	61	73	54,9	54,9	42,7	48,8	54,9	48,8	
NH ₄ ⁺ mg/l	<0,05		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	
NO ₃ ⁻ mg/l	3,7	5,3	6,1	2,7	8,9	5,3	5,2	9,4	3,3	4,1	4,3	3,9	5,0	4,8	
NO ₂ ⁻ mg/l	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
F ⁻ mg/l	0,17	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
Cl ⁻ mg/l	7,25	8,3	9,2	7,4	10,1	9,2	10,3	9,6	8,1	9	8,4	8,1	9,3	9,5	
SO ₄ ⁻ mg/l	6,7	7,8	8,1	5,3	13	8,5	9,8	13,7	6,9	8,1	7,4	8,5	8,2	7,6	
Na mg/l	7,47	7,9	8	7,2	8,9	8,2	15,5	7,7	7,4	7,7	7,6	8,6	8,2	7,9	
K mg/l	4,81	5,6	5,2	4,4	5,7	6,1	11	6,2	5,2	4,7	5,2	5,7	5,2	6,6	
Mg mg/l	2,15	2,6	2,5	2	3,3	2,7	4,1	2,7	2,3	2,3	2,4	2,4	2,2	2,2	
Ca mg/l	8,51	10,4	9,7	7,4	16,1	12,1	16,2	17,3	9	8,7	8,4	11,6	9,8	7,9	
Al µg/l						<10	128	30	25,4	17	27	7,9	13	9	
Sb µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5			0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Ag µg/l											<0,1	<0,1		<0,05	
As µg/l	7,5	8,7	7,4	7,2	9,2	7,7	14,4	7,8	8,3	9,8	7,1	7,2	6,4	8,1	
Ba µg/l										2	22		1,6	2	
Be µg/l										0,65	<0,05	0,12	0,09	0,13	
B µg/l										70	55	67	64	79	
Cd µg/l						<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,05	0,05	<0,05	0,17	
Co µg/l										0,58	<0,1	<0,1	<0,05	<0,1	
Cr tot. µg/l						<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	1,3	
Fe µg/l										43	25	7,6	10	15	
Fe disc. µg/l	<10	38	<10	<10	19	<10	24	24	13	<10	<10				
Li µg/l											17	18		21	
Mn µg/l	3,1	2,3	<1	<1	<1	<1	160,1	9	2,8	1,6	3	1,2	0,6	0,8	
Hg µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Ni µg/l	<3	<3	<3	<3	<4	<4	<4	<2	<2	3	<0,5	<0,5	<0,5	1	
Pb µg/l			<2			<2	<2	<2	<2	0,14	<0,1	<0,1	2,6	0,15	
Cu µg/l						<2	<2	11,8	<2	3,6	<0,5	3,7	1,8	10	
Se µg/l						<0,5	<0,5			1,7	0,8	<0,5	<0,5	0,5	
Tl µg/l											<0,1	0,10		0,13	
V µg/l										1,6	1,3	1,4	0,7	1,4	
Zn µg/l						<100	<100	<100	<100	8,6	<0,1	4,0	3,3	5	

Sorgente Vena Vecchia

NOME	SORGENTE VENA VECCHIA													
PROV.	SI													
COMUNE	PIANCASTAGNAIO													
CODICE	MAT-S049	MAT-S049	MAT-S049	MAT-S049	MAT-S049	MAT-S049	MAT-S049	MAT-S049	MAT-S049	MAT-S049	MAT-S049	MAT-S049	MAT-S049	MAT-S049
DATA	07/11/02	18/06/03	11/11/03	06/05/04	26/11/04	01/06/05	07/12/05	25/07/06	24/10/06	19/04/07	20/09/07	22/01/08	26/02/08	
Temperatura °C	13,8	14,3	14,1	12,9	13,2	13,5	13	14,1	13,5	13,1	13,8	12,7	13,1	
pH	6,85	7,35	6,65	6,9	6,88	6,78	7,12	6,8	6,9	6,8	7,0	6,9	7,0	
Conducib. µS/cm	99	110,8	105,8	108,5	104	103	119	102,8	101,3	93,8	112,6	97,9	109	
Pot. Redox mV					223	103	191	181			275		261	
Durezza °F	2,7	4	3,7	3	1,1	4,4	2,7	2,7	2,8	2,8	4,2	2,8	2,8	
HCO ₃ ⁻ mg/l	79,3	54,9	48,8	36,6	54,92	48,8	48	42,7	54,9	36,6	54,9	48,8	61,02	
NH ₄ ⁺ mg/l	0,025	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
NO ₃ ⁻ mg/l	2,3	2,7	6,8	3,1	2,1	2,7	3,3	2,1	0,25	2,5	2,6	3,2	2,6	
NO ₂ ⁻ mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	
F 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	< 0,2	
Cl mg/l	7,3	8,4	8,6	8	7,1	7,5	8,9	7,7	4,8	7,6	7,7	7,7	7,4	
SO ₄ ⁻ mg/l	5,1	6,2	8,9	6,2	4,9	6,1	7,4	5,2	3	5,4	8,2	5,8	5,3	
Na mg/l	7	7,5	8,2	7,5	2,9	11	7,2	7	7	6,9	8,6	7,5	7,1	
K mg/l	4,9	4,3	5,2	4,6	2,3	7,7	5,6	4,8	4,2	4,5	5,4	4,7	5,0	
Mg mg/l	2,1	2,5	2,5	2,4	0,9	3,6	2	2,1	2,1	2,2	2,6	1,8	1,9	
Ca mg/l	7,3	12,1	10,9	8,1	3	11,6	7,6	7,6	7,9	7,7	12,6	8,0	8,0	
Al µg/l					< 10	< 10	94	14,4	2,5	16	2,9	3,0	23	
Sb µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5			0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
Ag µg/l										< 0,1	< 0,1		< 0,05	
As µg/l	7,8	6,7	6,7	8,9	7	11,5	9	7,8	9,6	7,0	6,8	7,7	7,7	
Ba µg/l									0,64	14		0,7	0,8	
Be µg/l									0,14	0,06	0,12	0,16	0,3	
B µg/l									70	52	62	76	88	
Cd µg/l					< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Co µg/l									0,56	< 0,1	< 0,1	< 0,05	< 0,1	
Cr tot. µg/l					< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
Fe µg/l									9,9	8,2	1,9	9,1	40	
Fe disc. µg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	14	< 10	28	< 10				
Li µg/l										16	16		19	
Mn µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2	< 1	5,1	1,2	0,5	0,22	0,4	0,6	
Hg µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 2	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
Ni µg/l	5,6	4,5	< 3	< 4	< 4	< 4	< 2	< 2	< 2	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
Pb µg/l		< 2			< 2	< 2	< 2	< 2	0,05	< 0,1	< 0,1	0,2	0,2	
Cu µg/l					< 2	< 2	12,2	2,8	1	1,7	< 0,5	0,7	< 0,5	
Se µg/l					< 0,5	< 0,5			1,05	0,8	< 0,5	0,7	< 0,5	
Tl µg/l										< 0,1	< 0,1		< 0,1	
V µg/l									1,1	1,3	1,2	1,1	1,1	
Zn µg/l					< 100	< 100	< 100	< 100	2,7	105	< 0,5	3,0	3,6	

NOME	SORGENTE GALLERIA ALTA								
PROV.	GR								
COMUNE	SANTA FIORA								
CODICE	MAT-S020	MAT-S020	MAT-S020	MAT-S020	UNI-RM	UNI-RM	MAT-S020	MAT-S020	MAT-S020
DATA	09/07/02	28/11/02	14/05/03	30/10/03	16/04/04	20/07/04	17/05/05	22/07/05	28/09/05
TEMP °C	12	12	7	11	10,9		11,7	11,8	13,2
pH	8,0	7,0	7,0	7,0	7,1		7,1	7,2	6,7
COND µS/cm	84	96	89	80	86		86	93	91
DUR °F									
HCO ₃ mg/l	46	49	55	44			46,7		
NH ₄ mg/l			<0,02		<0,02		<0,1		
NO ₃ mg/l	2	2	1	1	1,2	1,2	<1	<1	<1
NO ₂ mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05		
F mg/l	<0,2	0,21	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
CL ⁻ mg/l	6	6	6	6	6,2	6,2	6,5	6,6	6,3
SO ₄ ⁻ mg/l	3	3	3	3	3,2	3,5	3,4	5,2	3,6
Na mg/l	6	6	6	6	5,9	6,2	6,2	6,4	6,4
K mg/l	3	3	2,7	3	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6
Mg mg/l	2	2	1,9	2	2	1,8	2,3	2,2	2,4
Ca mg/l	8	8	7	7	7,5	7,7	8,3	12,5	8,8
Al µg/l		15	60	40	38		23		
Sb µg/l	<1	<1	<1	1,2	<1	<1	<1	<1	<1
Ag µg/l									
As µg/l	9	9	9	9	9	9,3	10	10	8,4
Ba µg/l	<10	<10	<5	<20					
Be µg/l	0	<5	<5	<5	<0,1		1		
B µg/l	59		53	82	68	80	75	86	94
Cd µg/l	<1	<1	<1	<1	1,1		<0,5		
Co µg/l					0,6		0,76		
Cr µg/l	<5	<5	<5	<6	2,6		<1		
Fe µg/l	61	<50	80	<20	19	55	55	<1	25
Li µg/l									
Mn µg/l	<5	<5	100	<5	<0,5	1,2	2,1	0,7	1
Hg µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,1		<0,1
Ni µg/l	<5	<5	<5	<5	3,4		<1		
Pb µg/l	<5	<5	<5	<15	<4		<4		
Cu µg/l	<2	<2	3	<5	<1,3		9,1		
Se µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	<0,5	<2	<1	<1
Tl µg/l									
V µg/l	<5	<5	<5	<5	1,8		2,3		
Zn µg/l	15	31	17	31	4,5		102		



NOME	SORGENTE GALLERIA ALTA								
PROV.	GR								
COMUNE	SANTA FIORA								
CODICE	UNI-RM	MAT-S020	UNI-RM	UNI-RM	MAT-S020	MAT-S020	MAT-S020	MAT-S020	MAT-S020
DATA	01/12/05	02/02/06	09/03/06	05/07/06	15/11/06	03/04/07	14/06/07	09/10/07	26/02/08
TEMP °C	11,3	12,1	10,9	12,3	11,3	11,3		12,4	11,1
pH	6,9	7,4	6,8	7,6	7,0	7,3	7,9	7,2	7,1
COND µS/cm	89	119	82	87	99	91	84	105	97
DUR °F									33
HCO ₃ mg/l	42,1	45			66	67	37,1	37	55
NH ₄ mg/l	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO ₃ mg/l	1,4	1,5	1,1	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3	1
NO ₂ mg/l	<0,05	<0,05			<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
F mg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
CL ⁻ mg/l	6,2	6,2	6,2	6,2	6,5	6,6	6,5	6,3	6,2
SO ₄ ⁻ mg/l	3,4	4	3,5	3,5	3,7	3,4	3,5	2,4	3,2
Na mg/l	6,5	6,4	6,4	6,4	6,1	6	6	6,6	6,7
K mg/l	2,7	2,7	2,7	2,6	2,5	2,5	2,5	2,8	2,9
Mg mg/l	2,3	2,7	2,6	2,4	2,1	2	2,1	2,4	2,5
Ca mg/l	8,5	16	16	9,1	12	7,6	11,3	8,8	9
Al µg/l	<7	90			31	55	<0,1	7,8	8
Sb µg/l	<1	<1	0,8	<0,5	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ag µg/l						<0,5			<0,05
As µg/l	9,5	8,9	10	9,3	9,4	8,8	7,8	9,1	9
Ba µg/l							<0,5		<0,5
Be µg/l	<0,1	<0,1			<0,1	<0,05	0,06	<0,05	0,07
B µg/l	71	79	53	80	65	54	54	71	81
Cd µg/l	<0,5	1,5			<0,5	0,07	<0,05	0,05	<0,05
Co µg/l	<0,5	<0,5			<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cr µg/l	<0,5	<1			1,1	<0,5	<0,5	2,7	1,7
Fe µg/l	5,5	84	44	154	38	4,9	9,4	12	13
Li µg/l						16			16
Mn µg/l	1,3	3,6	2,5		12,7	0,18	1,4	0,56	0,4
Hg µg/l	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ni µg/l	<1	<1			<1	0,68	<0,5	3,6	<0,5
Pb µg/l	1,5	20			<4	0,29	7	1,2	0,16
Cu µg/l	1,5	3,9			1,8	3,3	0,9	12	<0,5
Se µg/l	<1	<2	<1	<0,5	<2	<0,5	0,68	0,83	<0,5
Tl µg/l						<0,5		<0,1	<0,1
V µg/l	1,7	1,7			1,7	1,8	1,2	2	1,6
Zn µg/l	40	61			36	14	28	39	5,5

NOME	GALLERIA BASSA										
PROV.	GR										
COMUNE	Santa Fiora										
CODICE	UNI-RM	UNI-RM	UNI-RM	UNI-RM	UNI-RM	UNI-RM	UNI-RM	UNI-RM	USL	MAT- nuovo	MAT- nuovo
DATA	14/05/03	23/09/04	17/05/05	22/07/05	28/09/05	28/09/05	01/12/05	09/03/06	14/06/07	09/10/07	26/02/08
TEMP °C	12,1		13,5	13,2	14,4	14,4	11,3	10,5		12,5	11,6
pH	7,0		7,2	7,2	6,4	6,4	6,4	6,6	7,8	7,0	7,2
COND µS/cm	85		95	103	91	91	126	103	80	112	79
DUR °F											35
HCO ₃ mg/l	51,2		43,6						31,4	30	48
NH ₄ mg/l	0,02		<0,1				<0,1		<0,1	<0,1	<0,1
NO ₃ mg/l	1,7	1,8	2,1	<1	1	1	3,6	2,5	1,8	1,5	1,3
NO ₂ mg/l	<0,05		<0,05						<0,05	<0,05	<0,05
F mg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
CL mg/l	6,1	6,2	6,8	7,1	6,7	6,7	8	7,6	6,9	6,8	6,6
SO ₄ mg/l	3,3	3,6	3,8	4,6	16	3,9	6,6	5,7	4	2,7	3,6
Na mg/l	6,3	6,9	6,6	6,6	6,9	6,9	7,9	7,4	6,4	6,9	7
K mg/l	3	3,2	3	2,9	2,9	2,9	3,6	3,3	2,8	3,1	3,2
Mg mg/l	2	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	3,2	3	2,2	2,4	2,5
Ca mg/l	7,5	8,3	9,3	9,9	9,6	9,6	14	17	8,9	9,3	9,7
Al µg/l	<20		28						<0,1	9,1	6,7
Sb µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ag µg/l											<0,05
As µg/l	9	6,2	9,5	10	8,5	8,5	9,6	9	7,8	8,6	8,9
Ba µg/l	<5								<0,5		0,5
Be µg/l	<5		1						<0,05	0,1	0,07
B µg/l	50	80	74	95	93	93	76	53	55	74	83
Cd µg/l	<1		<0,5						<0,05	<0,05	<0,05
Co µg/l			0,63						<0,1	<0,1	<0,1
Cr µg/l	<5		<1						<0,5	1,9	1,6
Fe µg/l	<50	60	35	72	26	26	6,7	71	12	20	35
Li µg/l											17
Mn µg/l	12,0	1,8	1,2	2,1	1,2	1,2	1,2	3,4	0,8	0,8	1,9
Hg µg/l	<0,05				<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1
Ni µg/l	<5		<1						<0,5	<0,5	1,6
Pb µg/l	<5		1,3						0,12	0,6	1,1
Cu µg/l	<2		2,6						0,57	3,2	<0,5
Se µg/l	<2	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	0,7	<0,5
Tl µg/l										<0,1	<0,1
V µg/l	<5		2,3						1,2	1,9	1,6
Zn µg/l	9		21						16	14	6

NOME	SORGENTE ENTE										
PROV.	GR										
COMUNE	ARCIDOSO										
CODICE	MAT-S010	MAT-S010	MAT-S010	MAT-S010	UNI-RM	MAT-S010	MAT-S010	MAT-S010	MAT-S010	MAT-S010	MAT-S010
DATA	09/07/02	28/11/02	14/05/03	23/10/03	20/07/04	17/05/05	02/02/06	15/11/06	03/04/07	09/10/07	26/02/08
TEMP °C	12	12	12	12		11,6	11	11,3	11,3	12	11,4
pH	8	8	7	8		7,2	7,3	7,2	7,5	7,5	7,4
COND µS/cm	76	117	91	111		96	106	102	125	114	80
DUR °F											36
HCO ₃ mg/l	49	61	59	59		22	95	29	62	48	55
NH ₄ mg/l						0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO ₃ mg/l	1	1		1	<1	<1	1,3	3,4	1,5	1	<1
NO ₂ mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
F mg/l	<0,2	0,21	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
CL mg/l	7	7	6	8	6,9	7,6	7,4	7,6	7,5	7	6,7
SO ₄ mg/l	3	3	3	3	2,7	3,6	3,9	3,3	3,1	1,7	2,4
Na mg/l	7	7	7	7	7	6,9	6,9	6,5	6,5	7,4	7,6
K mg/l	3	3	3	4	2,4	2,7	2,8	2,6	2,7	2,6	2,7
Mg mg/l	3	2	2	2	2,2	2,4	2,7	2,2	2,2	2,8	2,8
Ca mg/l	9	8	8	9	15	8,4	14	8,1	7,9	9,4	9,7
Al µg/l	30		34	37		21	110	41	65	16	5,5
Sb µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5
Ag µg/l									<0,5		<0,05
As µg/l	12	12	13	11	13,4	12	11	10,7	10,6	12	11,7
Ba µg/l	<10	<10	<5	<20							<0,5
Be µg/l		<5	<5	<5		0,95	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
B µg/l	64		60	90	87	74	71	60	49	83	89
Cd µg/l	<1	<1	<1	<1		<0,5	<0,1	<0,5	0,88	<0,05	<0,05
Co µg/l						0,53	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1
Cr µg/l	<5	<5	<5	<6		<1	<1	<1	<0,5	1,4	1,9
Fe µg/l	<50	<50	62	164	110	37	31	50	6,6	8,1	18
Li µg/l									16		19
Mn µg/l	<5	<5	35,0	<5	5,1	1,4	1,7	20,0	1,9	0,7	0,6
Hg µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
Ni µg/l	<5	<5	<5	<5		<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5
Pb µg/l	<5	<5	<5	<15		<4	1,2	<4	0,46	0,37	0,5
Cu µg/l	<2	<2	2	<5		1,9	7,1	5	1,1	2,8	1
Se µg/l	<2	<2	<2	<2	<0,5	<2	<0,5	<2	0,68	0,84	<0,5
Tl µg/l									<0,5	<0,1	<0,1
V µg/l	<5	<5	<5	<5		3,1	2,4	2,4	2,4	3,2	3
Zn µg/l	37	22	56	19		14	60	43	7,2	6,1	3,5

NOME	SORGENTE CROGNOLO 1									
PROV.	GR									
COMUNE	CASTEL DEL PIANO									
CODICE	MAT-S011	MAT-S011	MAT-S011	MAT-S011	MAT-S011	MAT-S011	MAT-S011	MAT-S011	MAT-S011	MAT-S011
DATA	09/07/02	11/12/02	22/05/03	22/12/03	22/07/05	25/08/06	15/11/06	03/04/07	09/10/07	26/02/08
TEMP °C	14	12	12	12	14	13	11,6	11,2	11,6	11,0
pH	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,7	6,9	7,6	7,2	7,7
COND µS/cm	83	110	97	76	142	136	97	206	113	90
DUR °F										45
HCO ₃ mg/l	44	46	43	44	36,6	77	73	37	44	55
NH ₄ mg/l					<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO ₃ mg/l	1	1		1	<1	<1	<1	1,7	<1	<1
NO ₂ mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
F mg/l	0,2	0,2	<0,2	<0,2	0,22	<0,2	<0,2	0,26	<0,2	<0,2
CL ⁻ mg/l	10	7	7	7	18	6,6	7	12	7,7	6,6
SO ₄ ⁻ mg/l	4	4	7	4	4	3,5	3,6	3,6	2,7	3,3
Na mg/l	7	7	6	7	6,4	6,5	6,3	6,2	7,3	6,9
K mg/l	7	3	3	3	14	2,9	2,8	8,1	3,3	3,2
Mg mg/l	3	2	2	2	2,6	2,6	2,3	2,2	2,7	2,7
Ca mg/l	8	8	8	7	8,3	14	7,8	7,4	8,6	16
Al µg/l				45	17	7	20	54	12	3,7
Sb µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5
Ag µg/l								<0,5		<0,05
As µg/l	12	12	12	11	14	15	12,1	12	13	12,6
Ba µg/l	<10	<20	<5	<20						<0,5
Be µg/l		<5	<5	<5	0,1	0,55	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
B µg/l	50	30	49	80	80	71	59	48	69	77
Cd µg/l	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	0,07	<0,05	<0,05
Co µg/l					<0,5	0,53	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1
Cr µg/l	<5	<5	<5	<6	1,1	<1	1,7	<0,5	4	1,6
Fe µg/l	<50	<50	22	22	<1	44	36	3,9	34	10
Li µg/l								15		17
Mn µg/l	<5	<5	82	<5	1,3	4	17	1,5	1,4	0,9
Hg µg/l	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,33	<0,1
Ni µg/l	<5	<5	<5	<5	<1	<1	<1	<0,5	0,99	<0,5
Pb µg/l	<5	<5	<5	<15	<4	<4	<4	0,54	0,59	0,8
Cu µg/l	<2	<2	<2	<5	3	4,3	3,2	3,5	1,8	<0,5
Se µg/l	<2	<5	<20	<2	<1	<2	<2	0,79	0,66	<0,5
Tl µg/l								<0,5	<0,1	<0,1
V µg/l	<5	<5	<5	<5	3,6	2,8	3,1	3,2	3,5	3,4
Zn µg/l	10		11	8	38	31	49	7,9	9,7	8

NOME	SORGENTE BURLANA									
PROV.	GR									
COMUNE	SEGGIANO									
CODICE	MAT-S021	MAT-S021	MAT-S021	MAT-S021	MAT-S021	MAT-S021	MAT-S021	MAT-S021	MAT-S021	MAT-S021
DATA	09/07/02	24/11/02	22/05/03	23/10/03	17/05/05	02/02/06	15/11/06	03/04/07	09/10/07	26/02/08
TEMP °C	12	11	11	11	10,9	10,7	11,9	10,6	11,1	11,2
pH	7,0	7,0	7,0	7,0	7,3	6,8	7,0	7,4	7,0	7,1
COND µS/cm	83	106	100	88	85	104	111	111	105	72
DUR °F										30
HCO ₃ mg/l	49	49	62	62	65,3	74	55	55	20	55
NH ₄ mg/l					<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO ₃ mg/l	1	1			<1	1	1,2	<1	1	<1
NO ₂ mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
F mg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
CL ⁻ mg/l	7	7	7	7	7,9	7,9	7,6	7,5	7,4	6,9
SO ₄ ⁻ mg/l	3	3	5	3	3,2	3,6	3,1	3	1,8	2,6
Na mg/l	7	7	6	7	6,4	6,9	7,1	6,2	7,1	7
K mg/l	3	3	3	3	3	3,1	2,4	2,9	3,3	3,3
Mg mg/l	2	2	1	1	1,6	1,9	2,4	1,4	1,8	1,8
Ca mg/l	8	8	7	7	7,9	14	11,2	7,5	12	9,1
Al µg/l				42	16	60	17	60	15	8
Sb µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5
Ag µg/l								<0,5		<0,05
As µg/l	6	6	5	5	6,1	5,6	10,3	5,5	5,6	5,6
Ba µg/l	<10	<10	<5	<20						<0,5
Be µg/l		<5	<5	<5		<0,1	<0,1	0,05	0,12	0,06
B µg/l	59		89	80	68	70	69	48	71	80
Cd µg/l	<1	<1	<1	<1	<0,5	0,1	<0,5	<0,05	<0,05	<0,05
Co µg/l					0,61	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1
Cr µg/l	<5	<5	<5	<6	<1	<1	1	<0,5	1,8	1,5
Fe µg/l	<50	<50	<20	<20	43	39	25	4,5	11	8
Li µg/l								14		15
Mn µg/l	<5	<5	6	<5	1,6	1,4	18	1,5	1,1	0,3
Hg µg/l	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ni µg/l	<5	<5	<5	<5	<1	<1	<1	<0,5	0,58	<0,5
Pb µg/l	<5	<5	<5	<15	<4	0,8	6,4	0,19	0,66	0,3
Cu µg/l	<2	<2	<2	<5	6,5	2,9	2,4	0,73	1	<0,5
Se µg/l	<2	<2	<20	<2	<1	<0,5	<2	<0,5	<0,5	<0,5
Tl µg/l								<0,5	<0,1	<0,1
V µg/l	<5	<5	<5	<5	1,9	1	2,8	1,1	1,3	1
Zn µg/l	14		12	10	63	32	45	5	8,6	2,7