



IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO CASTEL GIORGIO (TR)

ALLEGATO 2

STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N.4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI



GEOTERMIA ITALIA S.p.a.

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA "CASTEL GIORGIO" COMUNE DI CASTEL GIORGIO (TR)

STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N.4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI

RELAZIONE

Scala: -		Commessa: 0 5 3 1 2	Codice file: 0 5 3 1 2 B 0 1	Prog. □ □ □	Foglio: □ □ DI □ □	Rev: □
-------------	--	------------------------	---------------------------------	----------------	-----------------------	-----------



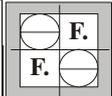
GEOTECNA Studio Associato
Viale Venere, 57 - 05018 Orvieto (TR)
tel +39 0763 344669
fax +39 0763 391352

GEOL. Fabrizio Maria FRANCESCONI
GEOL. Stefano FRATINI
BIOL. Daniela LANZI
DOTT. NAT. Enrico LADI



Committente:
ITW&LKW
GEOTERMIA ITALIA S.p.a.

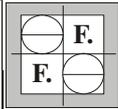
Revisione	Data	Oggetto	Redatto	Approvato	Autorizzato
1	Agosto 2013	REVISIONE			
0	Luglio 2012	EMISSIONE			

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag di 39		
Committente: ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>			<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1		05312B01		

INDICE

1. PREMESSA		pag. 2
1.1. Modifiche progettuali		
1.2. Elaborati		
2. AREA DI STUDIO		pag. 3
3. I POZZI PER ACQUA		pag. 4
4. PORTATE DI ESERCIZIO E VOLUMI ESTRATTI		pag. 7
5. ASSETTO GEOLOGICO		pag. 8
5.1. Carta Geologica		
5.2. Tetto del substrato sedimentario		
5.3. Sezioni geologiche		
6. ASSETTO IDROGEOLOGICO		pag. 15
6.1. Piezometria		
6.2. Sezioni Idrogeologiche		
6.3. Spessore del saturo		
7. CARATTERISTICHE TECNICHE DEL POZZO PER ACQUA		pag. 18
7.1. Caratteristiche del pozzo tipo		
7.2. Dimensionamento del filtro a ponte		
7.3. Presenza di aree protette, parchi, piano regionale di tutela delle acque, etc		
7.3.1. Piano regolatore generale intercomunale		
7.3.2. Piano di tutela delle acque		
8. CONSIDERAZIONI SULLA COMPATIBILITÀ DELLE CAPTAZIONI PREVISTE CON IL BILANCIO IDRICO E CON IL QUADRO DI PORTATE DI CAPTAZIONE OPERANTI NELL'AREA		pag. 24
8.1. Compatibilità con il bilancio idrico		
8.1.1. Climatologia		
8.1.1.1. Precipitazioni		
8.1.1.2. Temperature		
8.1.2.1. Evapotraspirazione reale (Etr)		
8.1.2.2. Deflusso idrico totale (Dtot)		
8.1.2.3. Infiltrazione potenziale efficace (Ip)		
8.1.2.4. Risorsa rinnovabile disponibile		
8.2. Compatibilità con le portate di captazione ad uso idropotabile operanti nell'area		
8.2.1. Soluzione adottata		
8.2.2. Tipologia del modello utilizzato		
8.2.3. Implementazione del modello		
8.2.4. Stato Attuale -Calibrazione del modello		
8.2.5. Condizioni modificate- Emungimento contemporaneo dei pozzi P1....P4		
9. CENNI SUL PROTOCOLLO DI MONITORAGGIO		pag. 37
10. CONCLUSIONI		pag. 38

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 2 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

1. PREMESSA

La presente Relazione illustra i risultati dello **STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI**.

Il presente documento aggiorna e revisiona la precedente relazione, con i relativi elaborati, per tenere conto delle modifiche apportate al progetto dopo la loro presentazione.

Le indagini e gli studi sono stati eseguiti dallo Studio Associato GEOTECNA, su incarico della Società ITW & LKW Geotermia Italia SpA.

1.1. Modifiche progettuali

Sulla base delle indicazioni fornite dal committente, le modifiche apportate al progetto sono:

- ✓ nella postazione CG1 è previsto un ulteriore pozzo produttivo deviato;
- ✓ nella postazione CG3 è previsto un ulteriore pozzo produttivo deviato;
- ✓ la postazione CG3 resta adiacente alla centrale ma al confine S-E;
- ✓ la profondità verticale di tutti i pozzi produttivi passa da 1000 m a 1200 m ciò comporta due giorni di perforazione in più in media per ciascuno dei 5 pozzi produttivi;
- ✓ due pozzi reiniettivi (devianti) in più dalla postazione CG14 (in totale diventano 4).

1.2. Elaborati

Sono allegati alla presente relazione le seguenti tavole revisionate - REV. 01:

TAV. 01 Inquadramento territoriale a scala 1:50.000

TAV. 02 Carta Geologica a scala 1:10.000

TAV. 03 Carta del tetto del substrato sedimentario a scala 1:20.000

TAV. 04 Sezioni geologiche a scala 1:5000/1:25.000

TAV. 05 Carta Idrogeologica a scala 1:20.000

TAV. 06 Sezioni idrogeologiche a scala 1:5000/1:25.000

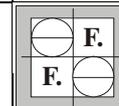
TAV. 07 Carta dello spessore del saturo a scala 1:20000

TAV. 08 Carta della infiltrazione efficace potenziale a scala 1:50.000

TAV. 09 Schema tipo del pozzo per acqua .

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 3 di 39
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352
	0	1	05312B01	



2. AREA DI STUDIO

L'area oggetto di studio interessa l'affioramento delle vulcaniti Vulsine ricadenti nella parte Sud-Occidentale della Regione Umbria (Fig. 2.1).

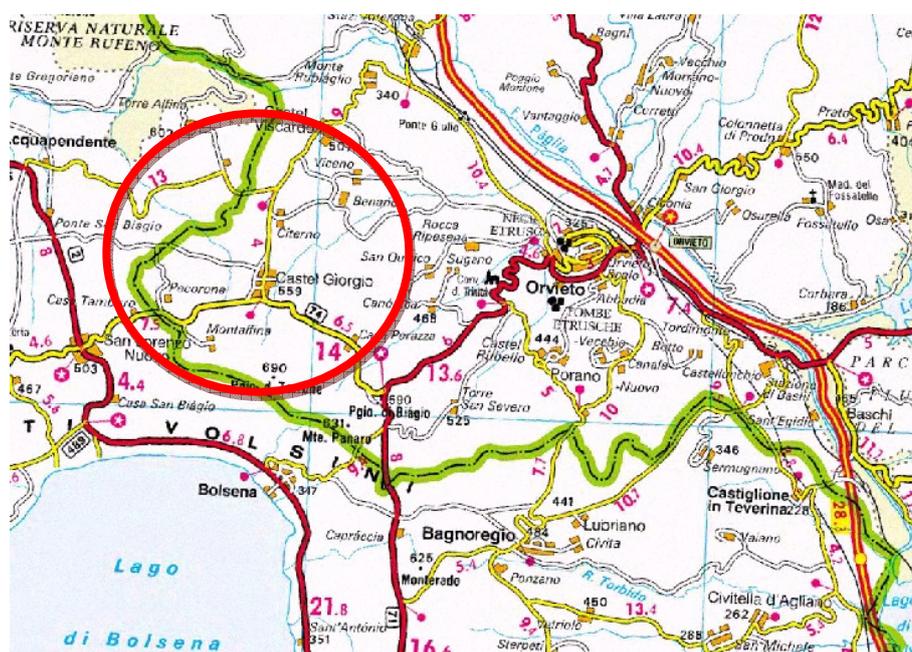


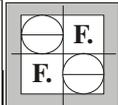
Fig. 2.1 Inquadramento territoriale

Il territorio preso in esame per il presente studio costituisce parte dell'altopiano dell'Alfina, ricompreso nel territorio del comune di Castel Giorgio, ed è posto a cavallo fra la Regione Umbria e la Regionale Lazio; presenta una morfologia sub pianeggiante, con quote variabili fra m. 450 slm, nella zona orientale, fino a m. 560 slm, nella parte meridionale, la quota media è intorno a m. 520 slm (TAV. 01 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE a scala 1:50.000) .

Il confine settentrionale dell'area di studio è definito dalla scarpata bordiera che rappresenta il limite di affioramento delle vulcaniti vulsine.

Il sistema idrografico è rappresentato da fossi il cui regime di flusso è prettamente stagionale, con scorrimento in alveo solo a seguito di copiose precipitazioni meteoriche. Il reticolo idrografico presenta andamento di tipo parallelo o sub-parallelo, in connessione con la diversa competenza (lave e piroclastiti) dei litotipi affioranti; la densità di drenaggio risulta generalmente bassa in conseguenza del fatto che prevale la infiltrazione.

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 4 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

3. I POZZI PER ACQUA

Il progetto di cui trattasi nella presente relazione riguarda la realizzazione di n. 4 pozzi, denominati P.1....P. 4, per emungere acqua dalla falda di base dell'acquifero vulcanico vulsino, da utilizzare per la perforazione dei pozzi geotermici.

L'ubicazione dei pozzi per acqua è stata modulata in modo tale che ciascuno di essi risulta posizionato in prossimità di un cantiere di perforazione dei pozzi geotermici.

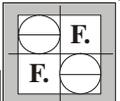
I pozzi per acqua sono in numero complessivo di quattro, uno per ciascun cantiere di perforazione, e sono ubicati ai margini delle postazioni di sonda per facilitare la gestione del prelievo stesso mediante pompa sommersa.

Nelle Figure che seguono sono riportate le planimetrie delle quattro postazioni di sonda.

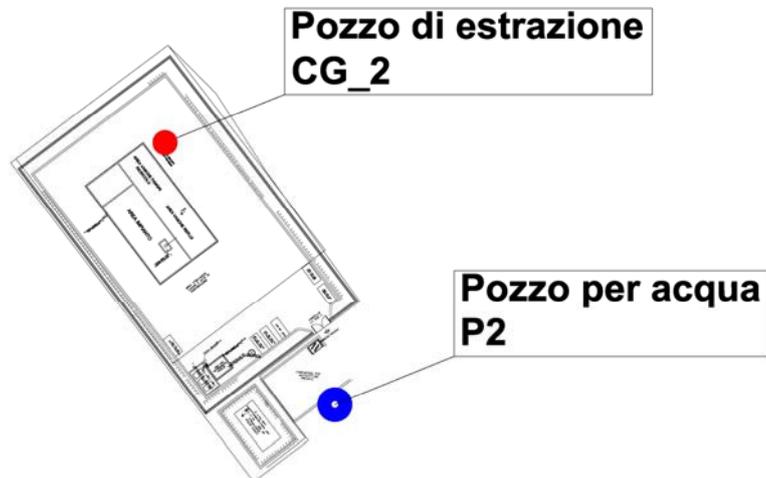
POSTAZIONE CG1



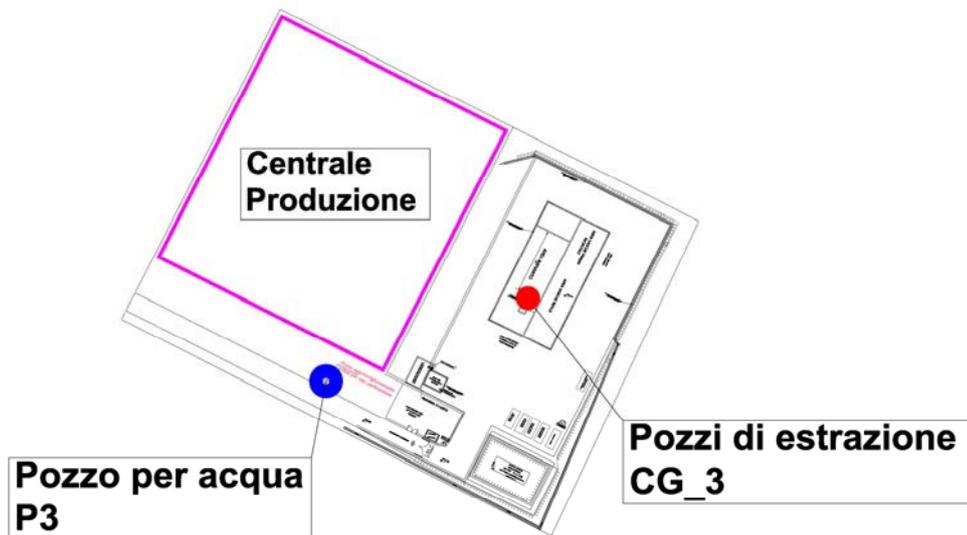
Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 5 di 39	
Committente: ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	Revisioni		File:	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

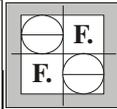
POSTAZIONE CG2



POSTAZIONE CG3



Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 6 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		



Nel caso che durante la perforazione dei pozzi geotermici di estrazione si verificassero condizioni di maggiore richiesta d'acqua rispetto a quella effettivamente prelevabile dal pozzo per acqua presente in cantiere, si provvederà a collegare la postazione interessata con una tubazione temporanea per prelevare acqua anche da un pozzo di una postazione limitrofa.

Secondo la committenza, tale rischio è decisamente inferiore nella perforazione dei pozzi di reiniezione, pertanto si prevede di effettuare il prelievo dal solo pozzo per acqua previsto in questo cantiere non potendo interconnettersi con gli altri per la eccessiva distanza, oltre 1 km.

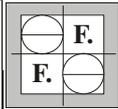
In tal modo, seguendo anche le nostre indicazioni, si è contenuto il numero dei pozzi per acqua allo stretto necessario, limitando gli effetti perturbativi delle perforazioni sulla struttura acquifera.

Lo studio ed il progetto dei pozzi per acqua segue le specifiche riportate nella O.P.G.R. del 26.11.2002 . n. 126, nella D.G.R n. 925 del 01.07.2003, nella modulistica della Provincia di Tr ed infine fa riferimento all'Allegato 3 della Delibera 4 febbraio 1977 del Comitato Dei Ministri per la Tutela delle Acque dall'Inquinamento (ex L. 319/76).

Nella redazione del presente lavoro si fa ampio riferimento alle INDAGINI E STUDI IDROGEOLOGICI DELL'ACQUIFERO VULCANICO VULSINO NEL TERRITORIO ORVIETANO eseguito dallo Studio Associato GEOTECNA (2010-2011) , su incarico della SII Servizio Idrico Integrato S.c.p.a.

L'iter autorizzativo dei nuovi pozzi e dello sfruttamento della risorsa si inquadra, e si contestualizza, nell'ambito della procedura di VIA regionale.

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 7 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

La progettazione dei pozzi di presa ha tenuto in debita considerazione sia le questioni di carattere quantitativo, relazionate alle necessità di approvvigionamento dei cantieri di perforazione dei pozzi geotermici, nonché agli effetti attesi sul sistema acquifero tenendo conto di captare una sola falda.

Per la realizzazione dei nuovi pozzi saranno adottati i più prudenziali criteri tecnico-progettuali e costruttivi al fine di ottimizzare la resa idraulica delle opere ed evitare che il circuito della falda di base possa essere messo in comunicazione con la falda sospesa, notoriamente ricca di Al.

4. PORTATE DI ESERCIZIO E VOLUMI ESTRATTI

L'esercizio di questi pozzi è limitato alla durata dell'attività del cantiere di perforazione dei pozzi geotermici; al termine del loro utilizzo i pozzi per acqua saranno smantellati e sigillati in via permanente; qualora si ponga la necessità del mantenimento di alcuni di essi, sarà comunicato all'autorità competente.

Sulla base delle indicazioni fornite dal committente, il fabbisogno di acqua risulta essere il seguente:

Realizzazione N. 5 Pozzi geotermici di estrazione

Durata della perforazione : cadauno 32 giorni circa, per complessivi 160 gg. circa.

Fornitura di picco	: 70 mc/h	(20 l/s c.a)
Periodo di fornitura di picco	: 9 giorni	
Fornitura media	: 10 mc/h	(2.8 l/s c.a)
Periodo di fornitura media	: 25 giorni	

Volume estratto

$$(5 \times 9 \times 24 \times 70) + (5 \times 25 \times 24 \times 10) = 75.600 + 30.000 = 105.600 \text{ mc}$$

Realizzazione N. 4 Pozzi geotermici di reiniezione

Durata della perforazione : cadauno 50 giorni circa, per complessivi 200 gg. circa

Fornitura di picco	: 50 mc/h	(13.9 l/s c.a)
Periodo di fornitura di picco	: 10 giorni	
Fornitura media	: 10 mc/h	(2.8 l/s c.a)
Periodo di fornitura media	: 40 giorni	

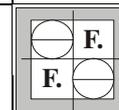
Volume estratto

$$(4 \times 10 \times 24 \times 50) + (4 \times 40 \times 24 \times 10) = 48.000 + 38.400 = 86.400 \text{ mc}$$

Pertanto, l'emungimento di acqua dall'acquifero di base risulta complessivamente dell'ordine di $105.600 \text{ mc} + 86.400 \text{ mc} = 192.000 \text{ mc}$ ossia 0.2 Mm^3 :

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 8 di 39
Committente: ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	Revisioni		File:	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352
	0	1	05312B01	



5. ASSETTO GEOLOGICO

Le vulcaniti affioranti costituiscono l'estrema propaggine nord-orientale del grande Distretto Vulcanico Vulsino (circa 2300 Km²), il più settentrionale fra i numerosi apparati costituenti la Provincia Magmatica Romana alcalino - potassica della provincia Comagmatica Romana (Fig. 4.1).

L'attività del distretto vulsino si è sviluppata attraverso più fasi o complessi vulcanici principali: il Paleobolsena, il Bolsena, il Montefiascone, il Latera ed il Neobolsena (NAPPI *et alii*, 1995, NAPPI *et alii*, 1998, NAPPI *et alii*, 2004), con meccanismi e scenari eruttivi molteplici (NAPPI *et alii*, 1995, NAPPI *et alii*, 1998, NAPPI *et alii*, 2004), accomunati dalla ciclica riproposizione delle stesse dinamiche eruttive:

- attività effusiva o stromboliana iniziale;
- attività pliniana con deposizione di prodotti di ricaduta come pomici e ignimbriti;
- collassi calderici;
- attività idromagmatica.

Si tratta di una prevalente attività subarea, a carattere areale, principalmente di natura esplosiva (DE RITA, 1993, De RITA *et alii*, 1993), riferibile ad un intervallo di tempo compreso fra 600.00 e 225.000 anni circa.

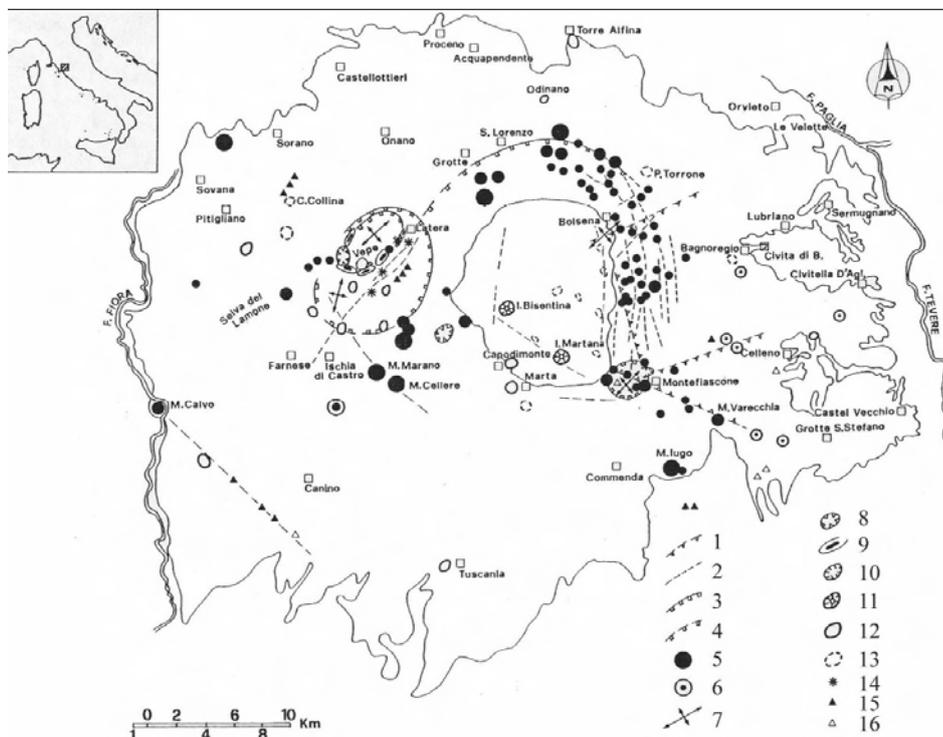
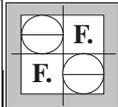


Fig. 4.1 - Carta strutturale del Distretto Vulcanico Vulsino (da NAPPI *et alii*, 1991 modificata). 1 - faglie profonde; 2 - faglie; 3 - recinti calderici; 4 - recinti calderici sepolti; 5 - coni di scorie; 6 - coni di scorie sepolti; 7 - eruzioni esplosive centrali; 8 - maar; 9 - strutture domiformi; 10 - crateri d'esplosione; 11 - attività surtseyana; 12 - centri eruttivi; 13 - centri eruttivi sepolti; 14 - attività fumarolica; 15 - sorgenti termali; 16 - sorgenti minerali.

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
------------------	-------------------	--------------	--------------	--------------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 9 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

Le vulcaniti presentano spessori complessivi che variano da qualche decina di metri, presso il margine settentrionale della struttura in esame, alle centinaia di metri, nelle zone interne; poggiano su un substrato sedimentario costituito dall'alto verso il basso da:

- sedimenti post-orogenici argilloso-sabbioso e localmente anche conglomeratici Plio-pleistocenici, in trasgressione sulle formazioni più antiche affioranti ai margini orientali dell'area vulsina, che vanno a formare il riempimento del graben del Paglia;
- flysch alloctoni di età cretacico-oligocenica ("Liguridi"), costituite da alternanze di argille, marne, calcari marnosi e sequenze arenacee.

Su gran parte dell'area di studio compresa nel territorio umbro la coltre vulcanica poggia direttamente sulle formazioni plioceniche, mentre nella parte nord-occidentale laziale, sono le formazioni delle Liguridi a costituire il substrato.

Per la descrizione dei depositi vulcanici e sedimentari si è fatto riferimento ai contenuti della Carta Geologica ed Idrogeologica dell'Orvietano e della catena Amerina (Regione Umbria 2006) a scala 1:10.000, ed è stata utilizzata la legenda geologica contenuta nel *Manuale per il rilevamento geologico ed idrogeologico della catena Amerina e dell'apparato Vulsino* redatto dalla Commissione Scientifica.

Nella CARTA GEOLOGICA – TAV. 02 , modificata e revisionata in base a nuovi rilevamenti condotti dallo Studio GEOTECNA, sono riportate le opere in progetto, fra cui i pozzi di emungimento per l'acqua di perforazione dei pozzi geotermici, le tracce delle sezioni geologiche-idrogeologiche , le curve di livello del tetto del substrato sedimentario e sono altresì individuate le principali dislocazioni vulcano-tettoniche tratte dal lavoro " DRAINAGE PATTERN AND TECTONICS IN SOME VOLCANIC AREA OF LATIUM C.Caputo ed altri, 1993. Fig. 4.2

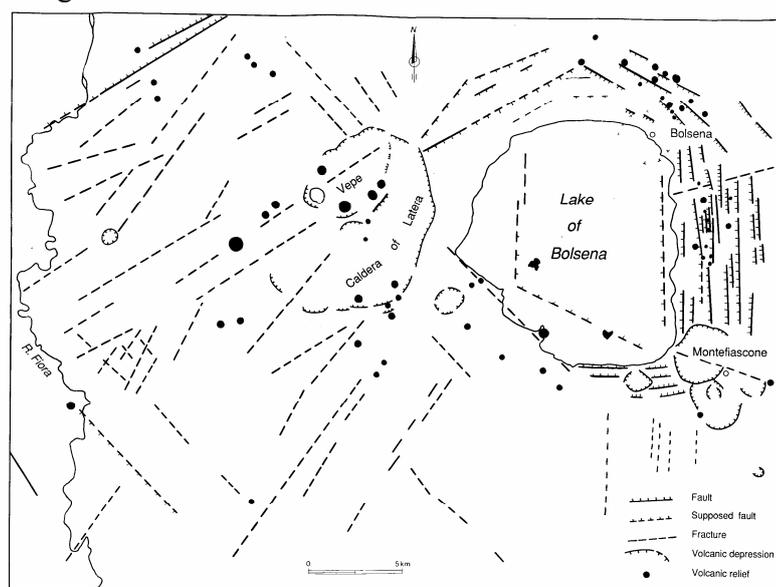
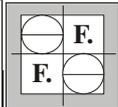


Fig. 4.2: Monti Vulsini: carta delle forme vulcaniche e delle principali direzioni tettoniche desunte da indizi morfologici (C.Caputo ed all. 1989 Ankara)

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 10 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

Considerate le finalità del presente studio, nel corso dei rilevamenti condotti si è accentrata l'attenzione sulle caratteristiche idrogeologiche dei materiali, analizzando le formazioni, anche se appartenenti a centri di attività differenti, in relazione alla granulometria, al grado di addensamento e di fratturazione dei litotipi.

5.1. Carta Geologica

La successione vulcanica e vulcanoclastica del SuperSintema dei Monti Vulsini, si compone del Sintema di Sugano e del Sintema di Orvieto, quest'ultimo distinto nel Sub Sintema di Canonica-Torre S. Severo e nel Sub Sintema di Montalfina-Castel Giorgio (CARTA GEOLOGICA -TAV. 02); solamente quest'ultimo Sub Sintema risulta presente nell'area in esame.

Le formazioni sedimentarie sono pertinenti il Sintema Chiani Tevere –Sub Sistema di Alviano; nella parte settentrionale dell'area in esame si ritrovano affioramenti di calcari marnosi, marne ed argilliti del complesso delle Unità Alloctone, in facies Ligure, pertinenti la Formazione di S. Fiora (Cretaceo inf) .

Nella legenda, riportata in carta, sono descritte le varie litofacies che compongono i diversi Sistemi/Subsintemi riprendendo, come detto, la descrizione della cartografia regionale.

Il **Sintema Chiani Tevere – Subsintema di Alviano** comprende le seguenti litofacies, riferibili al Pleistocene inf ?:

ALVc : limi argillosi e argille limose giallastre con sfumature grigio-azzurre;

ALVb : argille limose di colore grigiastro a luoghi marnose;

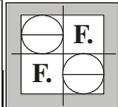
ALVa : sabbie e sabbie limose con livelli e strati argillosi con orizzonti conglomeratici

Di queste litofacies, solamente la ALVa è presente in carta in quanto si ritrova in affioramento nella fascia compresa fra il T.Romealla e l'abitato di Castel Viscardo ed è solo marginalmente interessata dal ricoprimento delle vulcaniti; infatti le stratigrafie dei sondaggi profondi, che hanno attraversato tutto il ricoprimento vulcanico, hanno evidenziato che la litofacies ALVb costituisce il substrato dell' acquifero vulsino, insieme alla formazione di S.Fiora.

Sintema di Orvieto - Subsintema di Montalfina Castelgiorgio E' costituita dalla Formazione di Pod. Sambuco (*ps*) rappresentata da una successione piroclastica stratificata con alternanza di tufi fini e lapilli tuff costituiti da pomice o scorie; all'interno della formazione sono intercalate colate laviche e scorie dei centri eruttivi di Poggio del Torrone (*pt, pt1*), colate laviche di Castel Giorgio (*cg*) e colate laviche di Case Perazza (*cp, cp1*) ; nella zona fra Castel Giorgio/Case Perazza i ritrovano associate alle lave scorie varicolori, brandelli lavici e lapilli poco coerenti dello spessore intorno a 20-30 m.

Coperture eluviali Si tratta di materiale a tessitura limoso argillosa debolmente sabbiosa, con piccole scorie e lapilli più o meno alterati derivanti dal disfacimento delle vulcaniti in posto che si ricoprono la gran parte dell'altopiano dell'Alfina, in zona Le Poie e nella vallecchia fra Castel Giorgio e Case Perazza, affioramenti minori si ritrovano nelle vallecchie di alcuni fossi; lo spessore è variabile fra pochi metri fino a circa 15-20 m ;

<i>Relazione</i>	<i>Commessa :</i>	05312	<i>Data:</i>	Agosto 2013
------------------	-------------------	-------	--------------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 11 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

Detriti di falda e/o di frana indifferenziato Depositi a granulometria variabile che si ritrovano ai piedi delle scarpate che definiscono il limite delle vulcaniti e lungo i versanti sottesi; si tratta di materiale generalmente proveniente dal crollo delle pareti vulcaniche.

5.2 Tetto del substrato sedimentario

In relazione ai dati acquisiti sia con il rilevamento di superficie che da stratigrafie di pozzi recentemente realizzati, che hanno attraversato il ricoprimento vulcanico, sulla base di informazioni bibliografiche (studi recenti e cartografie precedenti) e di una nuova interpretazione di alcuni SEV, calibrata sulle stratigrafie delle perforazioni, è stata rielaborata la configurazione del tetto del substrato sedimentario, che viene restituita tramite curve con equidistanza pari a 20 m (CARTA DEL TETTO DEL SUBSTRATO SEDIMENTARIO - TAV. 03).

Il substrato delle vulcaniti è rappresentato da argille limose di colore grigiastro a luoghi marnose (ALVb) che, nella parte nord-occidentale dell'altopiano dell'Alfina, si addossano a sedimenti flyschoidi pertinenti la Formazione di S. Fiora .

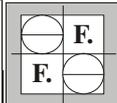
La sequenza terrigena neogenica ed il complesso flyschoidi, ricoprono, con uno spessore minimo dell'ordine di 600 m, il basamento carbonatico che, come noto, è sede di un importante acquifero geotermico.

La morfologia del tetto delle formazioni prevulcaniche (substrato) riflette l'assetto antecedente la deposizione delle prime vulcaniti, ed è risultante sia dei cicli erosivi che vi erano instaurati e sia degli eventi vulcano-tettonici che si sono verificati durante la messa in posto delle vulcaniti e che hanno determinato la formazione della grande depressione vulcano-tettonica di Bolsena .

La configurazione del substrato, unitamente alle caratteristiche di permeabilità dei vari complessi idrogeologici, sono i fattori che governano l'assetto idrogeologico dell'acquifero vulsino.

Nell'ambito dell'altopiano dell'Alfina si individua una profonda incisione orientata, dapprima, circa nord-sud e dall'abitato di Castel Giorgio, si biforca verso ovest e verso sud; le quote variano fra m. 380 slm , all'altezza di Pod. Montepeccio, fino a m. 300 slm a Sud di Castel Giorgio. Questa paleo-valle, sul margine sud-occidentale, è delimitata da due alti secondari del substrato, rispettivamente all'altezza di Pod. Acquaviva, quota m. 410 slm e di Pod. Poggio della Ruota (quota m. 415 slm); fra questi due alti si individua una zona di basso relativo, con minimo a quota m. 280 slm circa, in zona Case Bruciate. La geometria di questa paleo-valle condiziona il deflusso della falda di base; la parte più consistente afferrisce verso il settore centrale dell'area di studio, e trova recapito nelle sorgenti di Sugano e di Tione, la restante parte defluisce verso sud, in direzione della sorgente la Vena- S.Lorenzo Nuovo. Nel blocco diagramma di Fig. 4.3 si evidenzia l'assetto generale del tetto del substrato e la morfologia del piano di campagna; il settore in esame si colloca nella parte destra del blocco diagramma.

<i>Relazione</i>	<i>Commessa :</i>	05312	<i>Data:</i>	Agosto 2013
------------------	-------------------	-------	--------------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 12 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

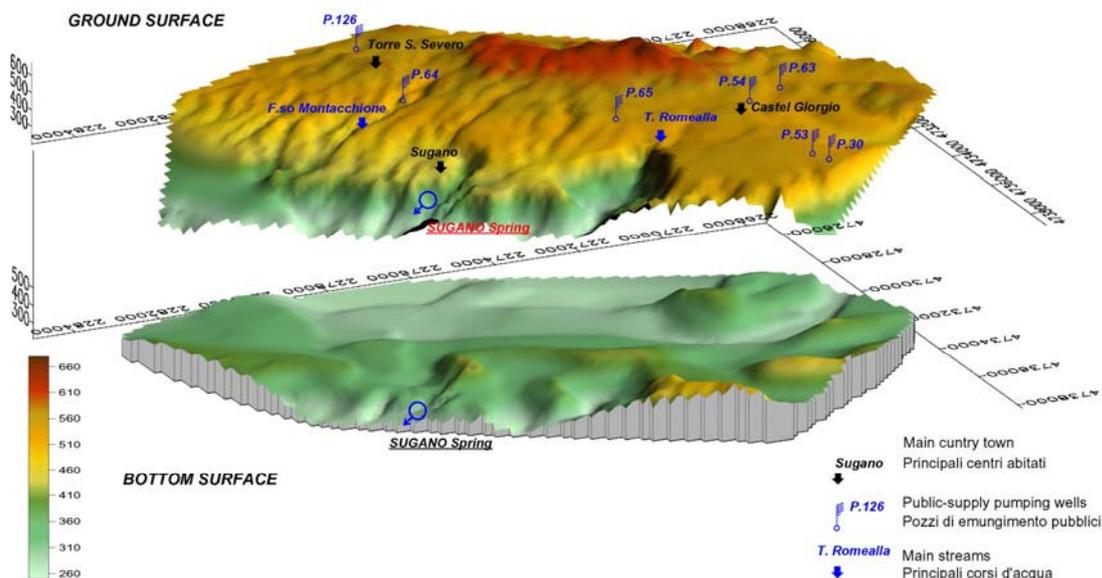


Fig. 4.3 Blocco diagramma del tetto del substrato sedimentario (bottom surface) e configurazione del p.c. (round surface)

5.4. Sezioni geologiche

Definito l'andamento del substrato sedimentario, tenendo conto della distribuzione degli affioramenti e dei rapporti fra le varie formazioni rappresentate nella Carta Geologica si è passati alla elaborazione di n° 3 Sezioni Geologiche inedite (SEZIONI GEOLOGICHE - TAV. 04 a scala 1:5000/1:25.000) , che tagliano la struttura vulcanica in esame da Est ad Ovest e da Nord e Sud; queste costituiscono il passaggio indispensabile per la esplicitazione dei rapporti sia verticali che laterali tra i diversi corpi litologici costituenti la successione dei depositi vulcanici.

La redazione delle sezioni complete, così definite in quanto interessano l'intero spessore del ricoprimento vulcanico fino al substrato sedimentario, è risultata piuttosto complessa in quanto le informazioni riguardanti i dati stratigrafici davano solo delle indicazioni generiche riguardo la litologia (esame dei cuttings); anche la reinterpretazione di alcuni SEV, sebbene supportata da nuove stratigrafie, ha presentato dei margini di indeterminazione dovuti all'alternanza di strati a resistività variabile ed alla attribuzione dei valori delle resistività reali. Si riportano, a titolo esemplificativo, alcune delle stratigrafie utilizzate per la taratura dei S.E.V.

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR
STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER
L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI
GEOTERMICI

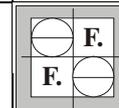
Pag
13 di 39

Committente:
ITW&LKW GEOTERMIA
ITALIA SpA

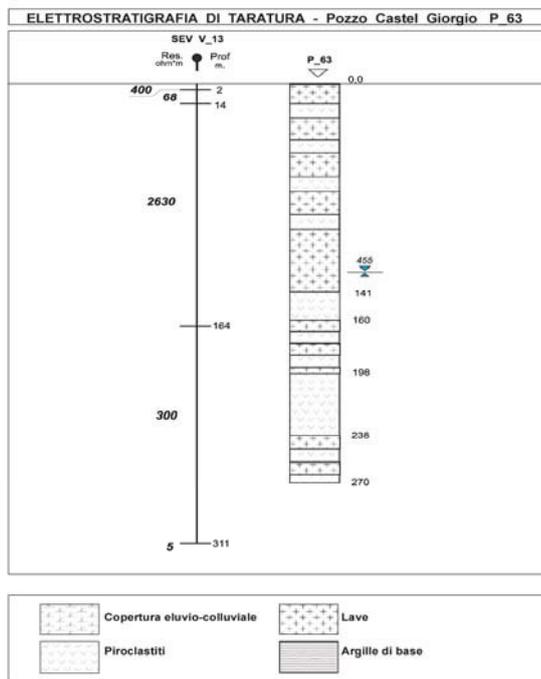
Revisioni

File:

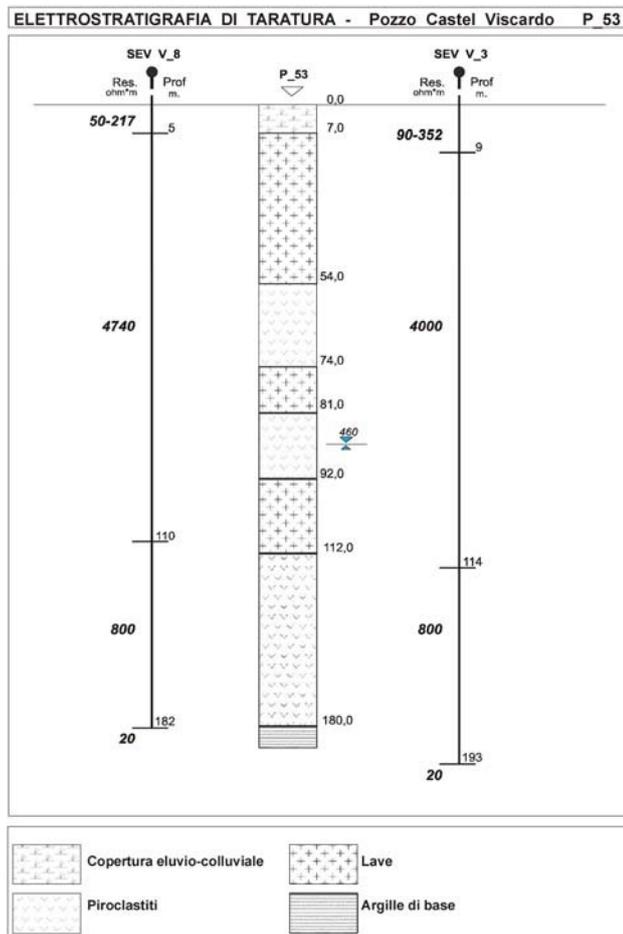
GEOTECNA studio associato
Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr)
tel +39 0763 344669
fax +39 0763 391352

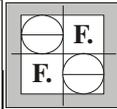


0	1				05312B01
----------	----------	--	--	--	-----------------



Note:
P. 63 : è il pozzo della Regione Umbria OV4A



IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 14 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

In generale, i diagrammi dei S.E.V. mostrano la sovrapposizione di un ricoprimento resistente, con resistività normalmente comprese fra 200 e 2500/5000 ohm * m, corrispondente alle formazioni vulcaniche, ed un substrato conduttore identificabile con il basamento sedimentario, con resistività comprese fra 50 e 5 ohm * m. In genere, le colate laviche più resistive risultano più abbondanti nella parte più prossima alla superficie mentre le coltri piroclastiche, meno resistive, prevalgono in profondità, a diretto contatto con il substrato conduttore.

Nel ricoprimento vulcanico, gli intervalli di resistività più elevati indicherebbero il forte sviluppo di lave o di tufi compatti, prevalentemente asciutti o con il livello statico piuttosto profondo.

Tutto ciò premesso, il metodico lavoro di correlazione ed analisi di tutte le informazioni/dati disponibili, mediate dall'esperienza, ha portato alla redazione delle Sezioni che si ritengono adeguatamente rappresentative della distribuzione dei diversi corpi litologici.

Le sezioni denominate F-F', M-M' sono orientate circa in direzione meridiana, invece la sezione I-I' taglia la struttura circa da est verso ovest, ed intercetta le altre due; ovviamente la disposizione della traccia delle sezioni è stata vincolata in corrispondenza dei punti per i quali erano disponibili dati stratigrafici, SEV ed affioramenti significativi; inoltre la Sezione M-M' è quella che intercetta anche alcuni dei nuovi pozzi per acqua e quindi consente di definire la colonna stratigrafica che si prevede di intercettare con tali perforazioni.

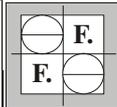
Le sezioni consentono di apprezzare la complessa evoluzione del Distretto Vulcano, che ha determinato la messa in posto di un rilevante spessore di vulcaniti rappresentati da alternanze tra piroclastiti prevalenti e lave intercalate il cui spessore varia da poche decine di metri, fino ad alcune centinaia di metri, procedendo verso meridione e verso occidente. Il quadro complessivo che emerge dalla ricostruzione in profondità, della distribuzione dei diversi corpi litologici, evidenzia una notevole articolazione dei rapporti tra i termini pertinenti i diversi complessi litologici.

Alla base della sequenza vulcanica sono prevalenti i depositi piroclastici di caduta il cui spessore raggiunge valori anche superiori a 100 m (ps), a testimonianza dell'esistenza di una paleomorfologia del substrato anche piuttosto articolata. Nella parte alta risultano prevalenti le colate laviche, seppur contraddistinte da una ridotta continuità laterale tanto che, in grande, presentano un andamento lenticolare, talora con connessione (sovrapposizione diretta delle diverse colate), specialmente per quanto riguarda i termini pertinenti i depositi lavici e scorie di Case Perazza (cp1) che presentano una netta differenziazione, essendo alternate a fasi esplosive che hanno portato alla messa in posto di episodi piroclastici. Nella parte alta della serie prevalgono le colate laviche di Castel Giorgio, continue sull'area, con spessori che raggiungono anche i 50-60 m.

Come detto, la Sez. M-M' interseca alcuni dei nuovi i pozzi per acqua in progetto, e specificatamente i pozzi P.3 e P.4 ubicati, rispettivamente in prossimità della centrale di produzione e della postazione del pozzo di reiniezione - CG14; tale sezione permette quindi di apprezzare l'entità dello spessore del ricoprimento vulcanico e la geometria delle unità litostratigrafiche che saranno intercettate dalle perforazioni.

In corrispondenza dei pozzi P.1 e P.2, previsti, rispettivamente, in corrispondenza della postazione del pozzo di produzione CG1 - posto limitofamente al pozzo geotermico

<i>Relazione</i>	<i>Commessa :</i>	05312	<i>Data:</i>	Agosto 2013
------------------	-------------------	-------	--------------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 15 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

ENEL Alfina 4, ed in prossimità della postazione CG2, le vulcaniti presentano una potenza variabile tra m 175 in prossimità del pozzo P.1 con quota del substrato a circa m 350 slm, e di m 155 in corrispondenza del pozzo P2, dove si individua la porzione sud-occidentale di un alto del substrato, posto a quota m 380 slm. Per quanto riguarda i pozzi P.3 e P.4, ricadenti, rispettivamente in prossimità della centrale di produzione e nella zona dell'Alfina 14, si prevede uno spessore rispettivamente di circa 195 m e 235 m. La colonna stratigrafica che si ritiene rappresentativa per tutte le verticali di perforazione, partendo dall'alto, può essere rappresentata da uno spessore di 30-40 m di lave cui segue, a meno di qualche minore intercalazione lavica, il ricoprimento piroclastico che poggia direttamente sul substrato rappresentato da argille limose Pleistoceniche.

Nella Sez. I-I', all'altezza della vallecchia a sud di Castel Giorgio (V58), in base all'analisi della distribuzione dei diversi corpi litologici, la dislocazione vulcano-tettonica ha favorito la risalita dei prodotti eruttivi.

6. ASSETTO IDROGEOLOGICO

Le caratteristiche idrogeologiche dell'area di studio sono state definite sulla base di un approfondito rilevamento che ha permesso di reinterpretare e dettagliare i dati acquisiti nel corso dei precedenti studi, portando alla elaborazione della CARTA IDROGEOLOGICA - TAV. 05, ed alla redazione di SEZIONI IDROGEOLOGICHE - TAV 06, inedite.

Nella Carta Idrogeologica viene riportata la distribuzione delle idroisoipse medie attribuibili alla falda di base e dei complessi idrogeologici, ciascuno dei quali raggruppa le formazioni tra loro omogenee per quanto riguarda il grado di permeabilità relativa (attitudine ad assorbire ed immagazzinare le acque meteoriche), stimato in base alle caratteristiche petrografiche e tessiture, valutate in sede di rilevamento; di ciascun complesso idrogeologico vengono descritte, nella legenda della carta, le principali caratteristiche.

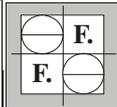
In totale sono stati considerati n° 14 pozzi attribuibili alla falda di base variamente miscelata con quella sospesa (i.e. P.29 tenore di Al= 970 ug/l).

L'acquifero vulcanico Vulsino costituisce un piccolo lembo dell'esteso affioramento che si ritrova nella Regione Lazio; esso, sul margine nord-orientale, è definito dal limite di affioramento delle vulcaniti che si affacciano sulla valle del F.Paglia, sugli altri lati trova continuità con le vulcaniti affioranti nella Regione Lazio.

Il serbatoio è costituito dalla alternanza tra piroclastiti, prevalenti, e lave intercalate, ed è chiuso alla base da un consistente spessore di sedimenti argillosi e marginalmente flyschoidi, caratterizzati da una permeabilità relativa molto bassa, la cui paleomorfologia condiziona, localmente, gli assi di flusso.

Nell'ambito della suddetta sequenza multistrato, il cui spessore varia da poche decine di metri, nella parte settentrionale ed orientale, fino ad alcune centinaia di metri procedendo verso meridione e verso occidente, si ritrovano livelli discontinui a bassa permeabilità (aquitardi), costituiti da episodi cineritici, paleosuoli con diffusa argillificazione o lave compatte

<i>Relazione</i>	<i>Commessa :</i>	<i>05312</i>	<i>Data:</i>	<i>Agosto 2013</i>
------------------	-------------------	--------------	--------------	--------------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 16 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

che, su base locale, possono costituire il letto di circolazioni superficiali, sospese, discontinue, di contenuta potenza e bassa produttività, le cui manifestazioni sono costituite da piccole sorgenti localizzate a quote elevate lungo i margini dell'acquifero o, talora, anche all'interno dello stesso, nelle vallecole dei fossi; le acque di queste circuitazioni sospese risultano opalescenti o lattescenti in quanto ricche di sospensioni colloidali di Al e basso tenore di As. Nella zona in esame è probabile la presenza di circuitazioni sospese a profondità variabili fra m. 60 e m. 100 di profondità dal p.c.

La circuitazione di maggiore rilievo è quella di base, che alimenta numerose sorgenti, con portate che talora superano anche i 100 l/s (Sorgenti di Sugano); questa falda costituisce il principale corpo idrico presente nell'acquifero vulsino ricadente nel territorio regionale. Questa circolazione idrica di base interessa una sequenza di complessi con grado di permeabilità variabile e, a grande scala, può essere considerata unica, con basso tenore di Al ed As elevato con significativa stratificazione chimica. E' utile ricordare che anche le acque che scaturiscono a quote riferibili alla falda di base sono miscelate, in diverse frazioni, con quelle della falda sospesa.

L'assetto piezometrico della falda di base è controllato da uno spartiacque idrodinamico principale, soggetto a migrazioni di carattere stagionale, che separa i flussi fra il bacino del F.Paglia e quello del F.Marta/ Lago di Bolsena.

6.1. Piezometria

Nella CARTA IDROGEOLOGICA (TAV. 05) è riportato l'andamento della superficie piezometrica della falda di base con idroisopse tracciate con equidistanza di 10 m.

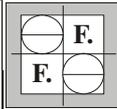
La ricostruzione piezometrica è stata resa difficoltosa dalla presenza di locali, anomali, innalzamenti del l.s. della falda di base, rispetto alla quota naturale, per effetto della presenza della falda sospesa veicolata in falda da pozzi mal condizionati.

Inoltre, la falda sospesa è interconnessa con quella di base sia attraverso le soluzioni di continuità dei materiali meno permeabili, che attraverso il flusso di drenanza.

Pur con obiettive difficoltà, la morfologia piezometrica risulta comunque significativa e rappresentativa del deflusso generale della falda di base. Detta piezometria è stata assunta come riferimento della situazione media, in condizione di equilibrio dell'acquifero, visto che nel tempo si sono registrate oscillazioni di modesta entità, come riscontrato con diverse campagne di misura effettuate nel tempo, senza che intervenissero modifiche significative del campo di moto.

La morfologia piezometrica in tal modo ricostruita, consente di evidenziare che il deflusso della falda di base è controllato da uno spartiacque idrodinamico principale, che separa i flussi fra il bacino del F.Paglia e quello del F.Marta/ Lago di Bolsena e che nel settore in esame presenta quote piezometriche comprese fra m. 480 e 450 slm. Lo spartiacque idrografico si pone molto più a sud di quello idrogeologico, circa all'altezza del confine regionale, ad indicare che gran parte del deflusso sotterraneo, diversamente da quello superficiale, drena verso il territorio della regione Lazio.

<i>Relazione</i>	<i>Commessa :</i>	<i>05312</i>	<i>Data:</i>	<i>Agosto 2013</i>
------------------	-------------------	--------------	--------------	--------------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 17 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

Va precisato che lo spartiacque idrodinamico principale, così come quelli secondari, sono soggetti a migrazioni di carattere stagionale in relazione al trend della ricarica, per cui la loro delimitazione, così come rappresentata, deve essere intesa come condizione media .

Per quanto riguarda i gradienti idraulici, la zona dell'altopiano dell'Alfina, e la parte centrale dell'acquifero, presentano valori bassi, variabili tra 0.5% e 1.2%, con valore medio attorno allo 0.8% ed incremento nella porzione marginale posta nell'ambito del settore SW (tra quota m 450 e m 440) dove si raggiungono valori massimi di circa il 2.5 %.

6.2. Sezioni Idrogeologiche

Le SEZIONI IDROGEOLOGICHE- TAV. 06, sono il risultato della elaborazione , in chiave idrogeologica, delle sezioni geologiche, avendo sostituito alle formazioni tra loro omogenee per quanto riguarda il grado di permeabilità, i rispettivi complessi idrogeologici, le cui caratteristiche sono illustrate nella legenda della carta.

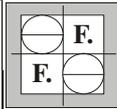
Si ricorda che le sezioni denominate F-F' e M-M' sono orientate circa in direzione meridiana, invece la sezione I-I' taglia la struttura circa da est verso ovest, ed intercetta tutte le altre; ovviamente la disposizione della traccia delle sezioni è stata vincolata in corrispondenza dei punti per i quali erano disponibili dati stratigrafici, SEV, affioramenti significativi ed inoltre la Sez. M-M' interseca, come detto, alcuni dei pozzi per acque in progetto.

La falda di base, satura, in prevalenza, il complesso piroclastico (*cps*), permeabile per porosità prevalente, che si ritrova direttamente sul substrato sedimentario; il rilevante spessore di questo complesso piroclastico determina la costituzione di notevoli volumi di acqua immagazzinata, che garantiscono una sostanziale stabilità dell'assetto piezometrico e modulano l'erogazione delle portate sorgive su base annua, anche nel caso di stagioni siccitose.

Oltre alla falda di base, è presente una circuitazione sospesa, discontinua, che si imposta prevalentemente nel complesso delle coltri eluviali (b2) ed anche nelle piroclastiti superiori, in relazione alla presenza di episodi cineritici, paleosuoli con diffusa argillificazione o lave compatte che, localmente, possono costituire il letto di questi flussi sospesi.

Come detto, la Sez. M-M' interseca i pozzi per acqua in progetto P.3 e P.4, e quindi consente di apprezzare la sequenza stratigrafica e l'entità dello spessore dell'acquifero vulcanico intercettato dalle verticali di perforazione come precedentemente illustrato. In corrispondenza di tali verticali, la falda di base pone il proprio l.s. , rispettivamente, intorno a 90 m di profondità, ed a 70 m di profondità. . In corrispondenza dei pozzi P.1 e P. 2, ubicati in prossimità delle postazioni dei pozzi di produzione CG1 e CG2 , il livello statico della falda di base viene a porsi a circa 60 m profondità da p.c., per ambedue le verticali di perforazione.

<i>Relazione</i>	<i>Commessa :</i>	05312	<i>Data:</i>	Agosto 2013
------------------	-------------------	-------	--------------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 18 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

6.3. Spessore del saturo

La CARTA DELLO SPESSORE DEL SATURO - TAV.07, è stata ricavata attraverso l'implementazione, tramite *software SURFER 9.0*, di una griglia costituita dai valori di quota delle idroisopse della falda di base ed una griglia costituita dai valori di quota del substrato sedimentario impermeabile.

Dalla differenza fra le quote del l.s. della falda e del substrato si è ricavata la distribuzione dei valori dello spessore del saturo che sono stati interpolati con la metodologia di kriging.

Considerati i bassi gradienti piezometrici, lo spessore del saturo riflette l'andamento del tetto del substrato impermeabile; pertanto le zone di alto relativo del substrato sono quelle dove si identificano gli spessori ridotti del saturo; è altresì evidente che nell'ambito della zona satura possono aversi anche orizzonti di materiale a permeabilità bassa e quindi da scarsamente produttivi a non produttivi.

In effetti, all'altezza della zona di Campo Cavallo, circa 600 m a ENE rispetto alla posizione del pozzo sulla postazione CG2, l'alto morfologico del substrato sedimentario impermeabile, riduce lo spessore del saturo fino a valori inferiori a 50m; di contro nella zona di ubicazione dei pozzi P.1 e P.2 il saturo presenta spessori variabili tra 120 e 90 ml; in corrispondenza delle zone in cui si ubicano i pozzi P.3 e P.4 lo spessore del saturo presenta valori compresi tra 120 e 160 mc.a.

7. CARATTERISTICHE TECNICHE DEL POZZO PER ACQUA

Il dimensionamento del pozzo tipo è fatto prendendo in considerazione la portata di picco di 20 l/s circa (70 mc/h).

In relazione allo schema concettuale di diffusione dell'Al (Fig. 6.1) i nuovi pozzi dovranno preferenzialmente presentare le caratteristiche Tipo A, ossia pozzi con parte filtrante nella parte bassa della falda di base che, in tali condizioni, può presentare un comportamento tipico delle falde semiconfiniate, in assenza o in presenza di falda sospesa debitamente isolata; caratteristiche chimiche attese: As relativamente elevato; Al basso.

<i>Relazione</i>	<i>Commessa :</i>	05312	<i>Data:</i>	Agosto 2013
------------------	-------------------	-------	--------------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 19 di 39			
Committente: ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	Revisioni		File:	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	<table border="1" style="width: 40px; height: 40px;"> <tr><td style="text-align: center;">F.</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">F.</td></tr> </table>	F.	F.
	F.						
F.							
0	1		05312B01				

**SCHEMA CONCETTUALE RELATIVO ALLA PRESENZA E
DIFFUSIONE DI ALLUMINIO E ARSENICO NELL'ACQUIFERO
VULCANICO VULSINO**

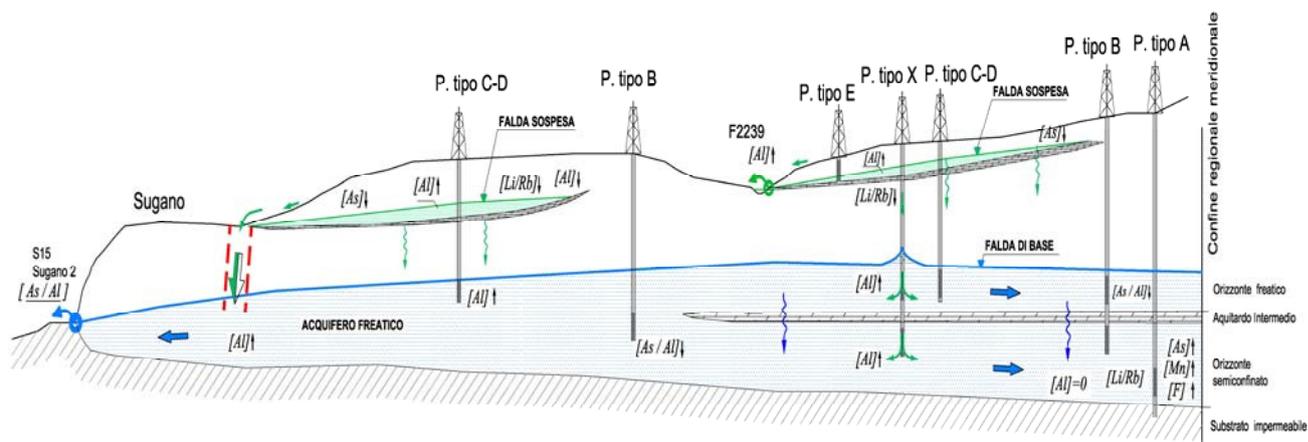


Fig. 6.1 Schema concettuale diffusione Al e As

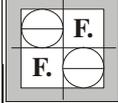
7.1. Caratteristiche del pozzo tipo

I pozzi per acqua saranno realizzati con il sistema a rotopercolazione con utilizzo del martello di fondo foro con circolazione d'aria e schiuma, metodo questo usualmente utilizzato per la realizzazione di pozzi per acqua anche ad uso idropotabile nell'ambito della struttura acquifera vulcanica .

Di seguito si illustrano le fasi lavorative previste per la realizzazione del c.d. pozzo tipo : SCHEMA TIPO DEL POZZO PER ACQUA - TAV. 09 .

1. Preparazione del cantiere, consistente nella realizzazione della piazzola in cui posizionare la macchina per la perforazione. Trasporto delle attrezzature e dei materiali occorrenti per l'esecuzione dei lavori, montaggio attrezzature.
2. Perforazione dell'avampozzo del diametro De 17" 1/2 (444 mm) fino alla profondità di 10 m circa, completato con una tubazione di rivestimento in acciaio al carbonio bitumato del diametro De 13" 3/8 (404 mm) spessore 9.5 mm, cementazione della intercapedine foro-tubo con boiaccia pura di cemento;
3. Perforazione del pozzo del diametro De = 13" 7/8 (352 mm), fino ad intestarsi per almeno 5-6 m nel substrato argilloso - con campionamento dei detriti di perforazione ad intervalli regolari di circa 5 m;
4. Rivestimento del pozzo con una tubazione in acciaio al carbonio bitumata, dotata di centralizzatori ogni 12 m circa, con saldatura testa-testa, De = 10" 3/4 (273 mm) - sp. 7 mm;
5. Filtri tipo a ponte con luce netta di passaggio di 2.00 mm, lunghezza complessiva 36,00 ml (v. dimensionamento);
6. Drenaggio della intercapedine foro-tubo con ghiaietto calibrato $\Phi = 5-10$ mm da fondo foro

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 20 di 39	
Committente: ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	Revisioni		File:	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

fino a m. 10 al di sotto del l.s. della falda di base; durante le operazioni di inghiaamento, con regolarità, si scandaglierà il pozzo per verificare che il rimpimento avvenga secondo lo schema prestabilito; uno strato di sabbia sarà messo in opera in testa al dreno allo scopo di impedire che la malta cementizia penetri nel dreno stesso ;

7. Pulizia e sviluppo del pozzo dapprima con sistema air-lift e quindi tramite pompaggio fino all'ottenimento di acqua chiara;

8. Sigillatura della intercapedine foro-tubazione tramite tampone di argilla bentonitica stabilizzata, dello spessore di m. 3.0.

9. Cementazione della intercapedine foro-tubazione fino a testa pozzo a partire almeno da 10 ml sotto il battente della falda di base, per impedire la miscelazione tra la falda superiore inquinata da Al ed i livelli acquiferi profondi ; la miscela cementizia, con aggiunta di un 2-3% di bentonite, sarà confezionata con mescolatore e verrà pompata, tramite tubazione dedicata, direttamente nella intercapedine del pozzo, nel tratto da sigillare, a partire dal fondo.

10. Esecuzione della prova a gradini di portata, con campionamento ed analisi delle acque.

11. Esecuzione della prova di portata di lunga durata per almeno 72 ore di pompaggio, alla portata di esercizio ricavata con la precedente prova a gradini.

E' stato previsto di realizzare i pozzi per acqua in modo da isolare la falda di base (quella di prelievo dell'acqua) dalla formazione sovrastante che ospita le falde sospese spesso caratterizzate da contenuto di alluminio e altri elementi in concentrazione non compatibile con la potabilità.

L'operazione prevede di isolare l'intercapedine tra tubo di produzione e foro a partire dai primi 10 metri della falda di base mediante un tappo di argilla e un tappo di cemento realizzato con malta pompata in risalita dal top del tappo di argilla fino a p.c.

Si tratta di un'operazione ordinaria, facilmente realizzabile dai perforatori e notoriamente efficace.

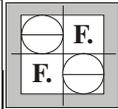
Con essa si realizza l'obiettivo di *sigillare* la parte di foro che intercetta la falda di base separandola nettamente dalla formazione di copertura che ospita le falde sospese.

In queste condizioni di pozzo, il pompaggio di acqua con pompa sommersa permetterà di prelevare solo acqua della falda di base. Analogamente, in condizioni statiche, non avverrà alcun travaso di acqua dalle falde sospese verso quella di base il cui grado di protezione naturale non viene ad essere minimamente modificato dalla perforazione.

7.2. Dimensionamento del filtro a ponte

Tipo di Filtro	a ponte
Apertura	h = 2.00 mm
Lunghezza	L= 4.00 mm
Spaziatura	b = 5.50 mm
Dimensione testa ponte	a = 20.00 mm
Tasso longitudinale	t = 45 mm

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
------------------	-------------------	--------------	--------------	--------------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 21 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

Coefficiente di apertura

$$F = (2 \times h \times a) / [t \times (L + b)]$$

$$F = (2 \times 2.00 \times 20.00) / [45 \times (4.00 + 5.50)] = 0.18$$

Portata

$$Q_f = \pi \times D \times F \times 0.03 \times 3600$$

dove:

Q_f = portata in mc/ora per metro lineare di filtro

D = diametro esterno del filtro in m

F = coefficiente di apertura

0.03 m/s velocità in ingresso dell'acqua

3600 s/h

$$Q_f = \pi \times 219.1 \times 0.18 \times 0.03 \times 3600 = 13.3 \text{ mc/h metro lineare}$$

Considerato un coefficiente di riduzione di 0.5, si ricava

$$Q_f = 13.3 \times 0.5 = 6.6 \text{ mc/h metro lineare}$$

Poiché, all'interno dell'acquifero, possono essere presenti orizzonti a bassa permeabilità, la quantità minima teorica di filtro necessaria per ottenere la portata richiesta è di 36.00 m.

Utilizzando l'equazione di Dupuit-Thiem, si ha che la portata del pozzo singolo in falda artesianica risulta dalla seguente equazione:

$$Q = 2 \pi T \Delta / \ln (R/r)$$

dove:

Q = portata di emungimento (mc/s)

T = trasmissività dell'acquifero (mq/s)

Δ = depressione alla distanza r dal pozzo (m)

R = raggio di influenza del pozzo (m)

r = raggio del pozzo (m)

Poiché la depressione misurata ad ogni punto ad un dato tempo durante l'emungimento è direttamente proporzionale alla portata, ciò equivale a dire che $\Delta = BQ$, essendo la costante

$$B = \ln (R/r) / 2 \pi T$$

Con riferimento alle prove a gradini di portata eseguite su altri pozzi presenti in zona, si è ricavato $B = 140$ e di conseguenza, considerando $Q = 0.020$ mc/s, risulta un abbassamento $\Delta = 140 \times 0.020 = 2.80$ m; a questo si devono aggiungere gli effetti aggiuntivi derivanti dall'opera di captazione che in base a pregresse esperienze possono essere dell'ordine di una decina di metri circa.

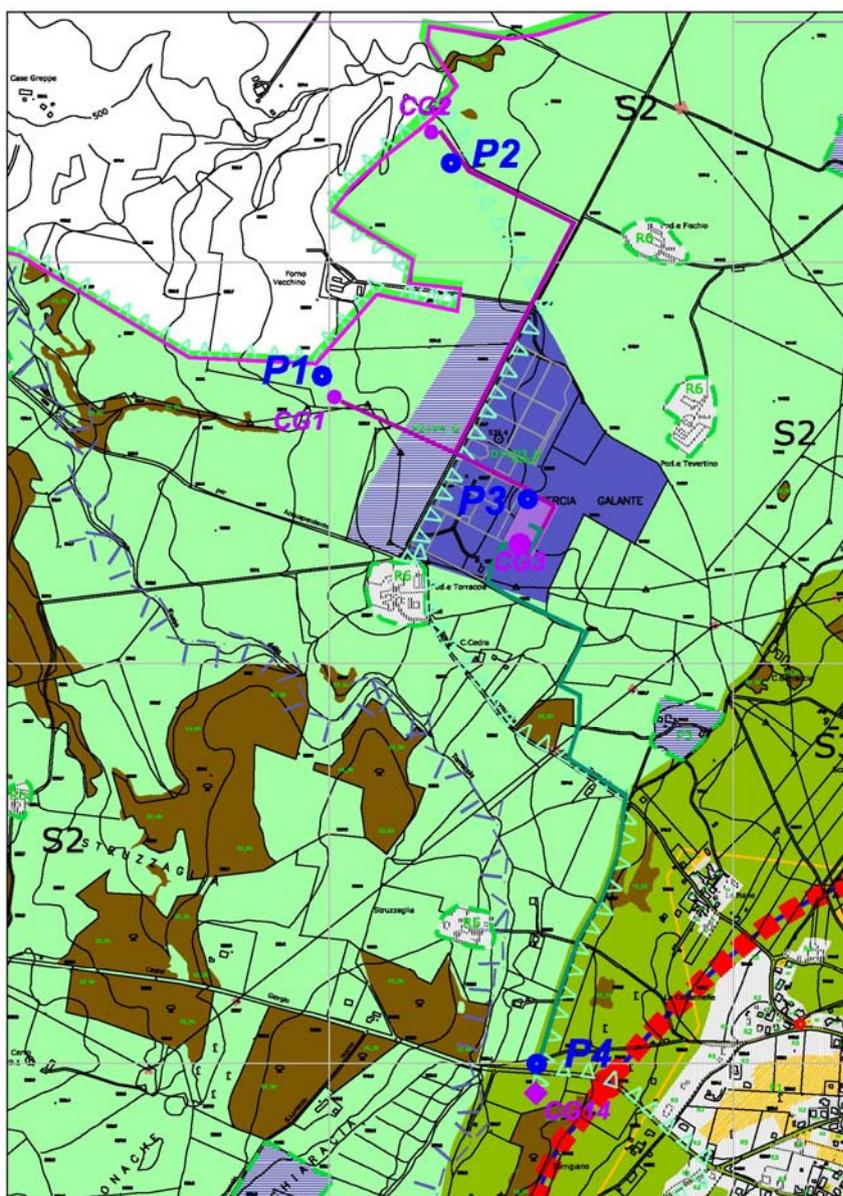
Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 22 di 39					
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	<table border="1" style="width: 40px; height: 40px;"> <tr><td style="text-align: center;">○</td><td style="text-align: center;">F.</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">F.</td><td style="text-align: center;">○</td></tr> </table>	○	F.	F.	○
	○	F.							
F.	○								
0	1		05312B01						

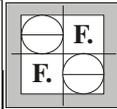
7.3. Presenza di aree protette, parchi, piano regionale di tutela delle acque, etc

7.3.1. Piano regolatore generale intercomunale

Nel vigente PRG.I , i pozzi in progetto non ricadono in aree tutelate e/o parchi; i pozzi P1 e P2 ricadono in area sottoposta a vincolo idrogeologico.



Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 23 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

Delimitazioni e vincoli di rispetto		Limiti amministrativi
		Fascia di rispetto cimiteriale
		Limite vincolo idrogeologico
		Fascia di rispetto dei corpi idrici (L.431/85)
		Limiti Ambiti di Trasformabilità Urbana (ATU)
		Limite di rispetto ambientale
		Area ricompresa nel dispositivo di vincolo ai sensi della L. 1497/39
		Limite del perimetro urbano del comune di Castel Giorgio adottato con variante del 30_11_2006

7.3.2. Piano di tutela delle acque

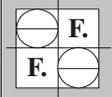
Sulla base dei dati di monitoraggio (attivo da pochi anni) non si evidenziano criticità di tipo quantitativo. L'acquifero mostra una scarsa variabilità delle portate delle sorgenti nonché dei livelli di falda, e una buona capacità di recupero a seguito di condizioni climatiche avverse. Considerando anche che l'acquifero è soggetto a prelievi per uso potabile e agricolo, in prima ipotesi, gli viene attribuita Classe B.

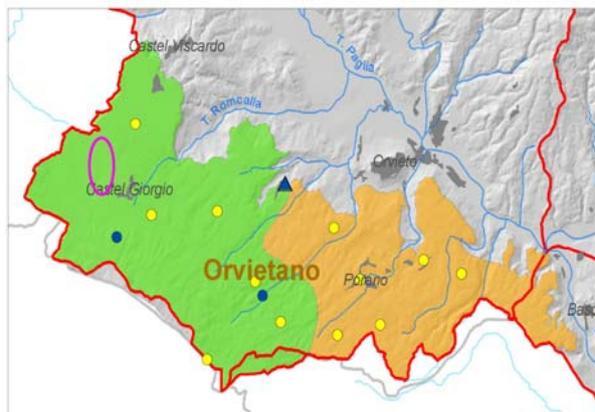
L'idrochimica delle acque è caratterizzata da una moderata compromissione per impatto antropico.

La presenza di punti in classe 0 è legata a processi naturali di interazione acqua-roccia, che portano, in particolare nel settore orientale a sud di orvieto, ad un arricchimento in elementi quali il ferro, tra i macrodescrittori, e arsenico e fluoruri tra gli addizionali, fino al superamento dei limiti di legge. Alla luce dei dati esaminati, al settore orientale a sud di Orvieto viene assegnato Stato di Qualità Ambientale Particolare per le sue caratteristiche idrochimiche naturalmente scadenti. Ai settori centrale e occidentale viene assegnato Stato di Qualità Ambientale Buono.

Considerato che l'acquifero è monitorato da un periodo di tempo molto breve, tale classificazione deve essere considerata preliminare e potrà essere confermata o modificata in base ai risultati dei prossimi monitoraggi.

<i>Relazione</i>	<i>Commessa :</i>	<i>05312</i>	<i>Data:</i>	<i>Agosto 2013</i>
------------------	-------------------	--------------	--------------	--------------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 24 di 39	
Committente: ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	Revisioni		File:	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		



Rete di monitoraggio acquiferi significativi

quantitativo in continuo

- piezometro
- ▲ sorgente

rete in discreto

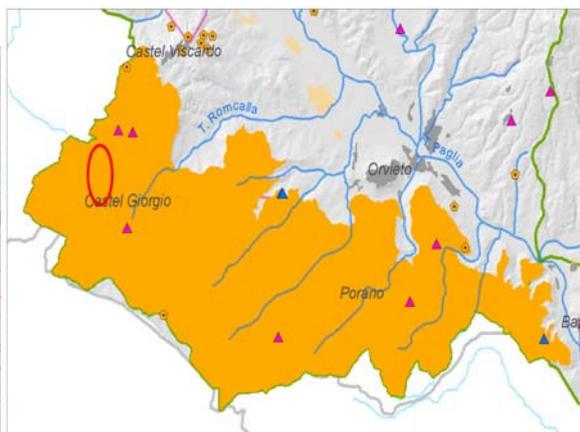
- pozzo
- ▲ sorgente

Stato ambientale dei corpi idrici sotterranei

buono

particolare

Area realizzazione pozzi per acqua da utilizzare per la perforazione dei pozzi geotermici



Punti di captazione degli acquedotti

- ▲ pozzo/campo pozzi
- ▲ sorgente

Aree in concessione acque minerali

Zone di protezione e di riserva

zone di protezione - acquiferi vulcanici

Centri di pericolo

- ★ Attività estrattive attive

Area realizzazione pozzi per acqua da utilizzare per la perforazione dei pozzi geotermici

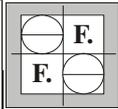
8. CONSIDERAZIONI SULLA COMPATIBILITÀ DELLE CAPTAZIONI PREVISTE CON IL BILANCIO IDRICO E CON IL QUADRO DI PORTATE DI CAPTAZIONE AD USO ACQUEDOTTISTICO OPERANTI NELL'AREA

8.1. Compatibilità con il bilancio idrico

Facendo riferimento al calcolo del bilancio idrogeologico redatto per lo studio del sistema acquifero vulsino – circa 100 Km² –, sono state stimate le risorse idriche medie annue rinnovabili nell'ambito dell'area di interesse ricadente nel sottobacino "E", estensione 11.5 Km² (v. TAV. 08 CARTA DELLA INFILTRAZIONE POTENZIALE).

Queste risorse costituiscono i volumi d'acqua disponibili (potenziale ricarica) che si possono emungere, in condizioni di equilibrio, con le captazioni già predisposte e con quelle

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 25 di 39		
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>			<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1		<i>05312B01</i>		

che si andranno a realizzare per l'approvvigionamento delle perforazioni dei pozzi geotermici, senza provocare squilibri al bacino idrologico naturale e quindi garantendo la permanenza del prelievo nel tempo.

8.1.1. Climatologia

Per l'inquadramento climatologico, utile ai fini della redazione del bilancio idrogeologico, sono stati elaborati i dati pluviometrici e termometrici delle stazioni del Servizio Idrografico e Mareografico d'Italia ricadenti nei territori immediatamente limitrofi all'area in studio, dato che non esistono stazioni al suo interno.

8.1.1.1. Precipitazioni

Per la stima dei quantitativi d'acqua di precipitazione (P) sono stati elaborati i dati del periodo 1970-2004, delle stazioni pluviometriche di:

Stazioni	quota m slm	Precipitazione mm/anno
Acquapendente	425	911.7
San Lorenzo Nuovo	503	1013
Orvieto	315	720.5
Bagnoregio	485	886

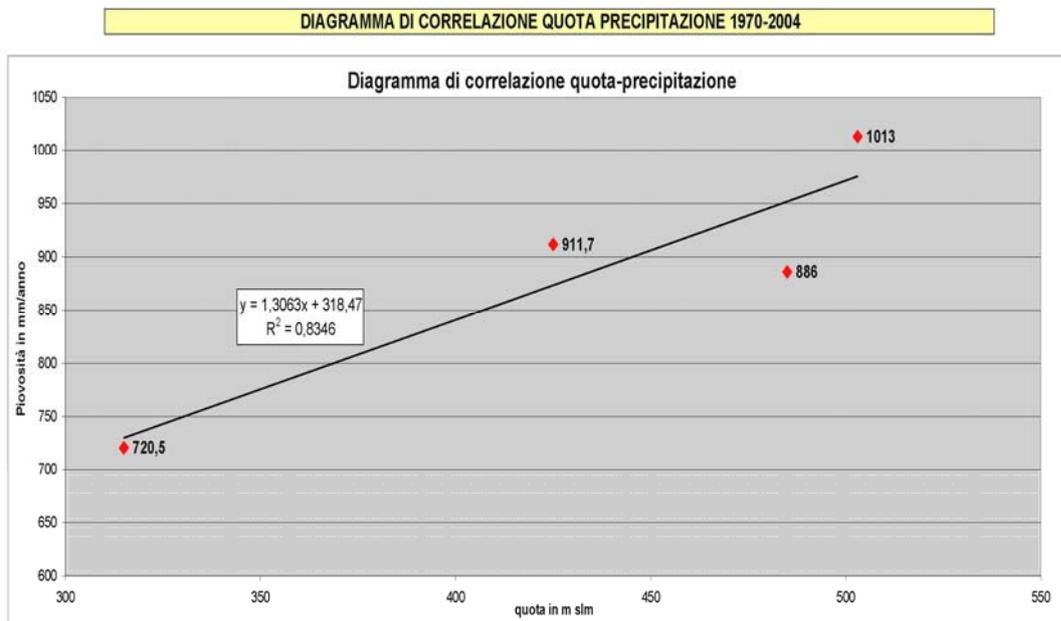
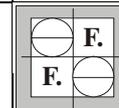
Tutte queste stazioni sono esterne all'area di studio, seppur molto prossime ad essa.

Per definire come la lama d'acqua si distribuisce sul terreno, si è utilizzata una metodologia che tiene conto della distribuzione degli afflussi per fasce altimetriche ; tale metodologia appare congrua in relazione al fatto che l'area di studio è caratterizzata da modeste variazioni altimetriche e da non grandi differenze della esposizione dei versanti.

Si riporta in Fig. 7.1. la relazione quota/precipitazione media annua riferita al periodo 1970-2004; la retta rappresentativa relativa al periodo è espressa dalla equazione $P = 1.3063 q + 318.47$ con coefficiente di correlazione $R^2 = 0.83$.

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 26 di 39
Committente: ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	Revisioni		File:	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352
	0	1	05312B01	



Precipitazioni medie annue periodo 1970-2004

Stazione Pluviometrica	Piovosità mm	Quota m slm
Bagnoregio	886	485
Acquapendente	911,7	425
Orvieto	720,5	315
S.Lorenzo Nuovo	1013	503

Fig. 7.1. Relazione quota/ piovosità media annua

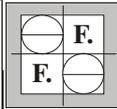
Per l'area in esame, la cui quota media è intorno a 520 m slm, ricavata dalla media ponderata quota/superficie delle fasce altimetriche, si stima un'altezza di pioggia di 1000 mm/anno circa.

8.1.1.2. Temperature

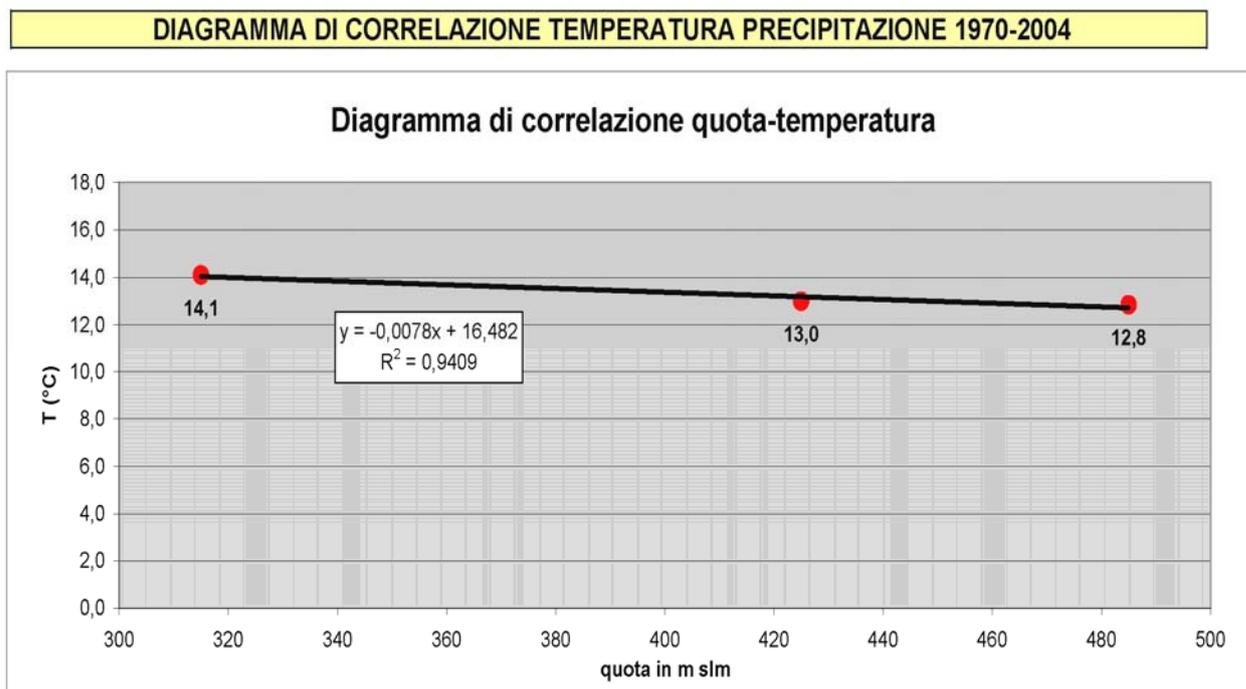
Per quanto concerne i dati di temperatura si è fatto riferimento alle registrazioni delle stazioni termometriche di Acquapendente, Orvieto, Bagnoregio nel periodo di riferimento 1970-2004.

Stazioni	quota m slm	Temperatura media (°C)
Acquapendente	425	13
Orvieto	315	14.1
Bagnoregio	485	12.8

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
------------------	-------------------	--------------	--------------	--------------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 27 di 39	
Committente: ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	Revisioni		File:	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

Analogamente a quanto effettuato per gli afflussi meteorici , anche sui dati di temperatura è stata effettuata un'analisi di regressione, su base mensile e quindi ricavata, per ognuna delle fasce altimetriche, le temperature medie mensili scalate sulla quota (Fig. 7.2.).



Temperature medie annue periodo 1970-2004

Stazione Termometrica	Temperatura °C	Quota m slm
Acquapendente	13,0	425
Orvieto	14,1	315
Bagnoregio	12,8	485

Fig. 7.2. Relazione quota/ temperatura media annua

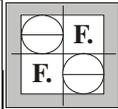
Per la quota media del bacino si ottiene una temperatura di : $(-0.0078 * 520) + (16.482) = 12.4 \text{ } ^\circ\text{C}$; il gradiente termico risulta $-0.78 \text{ } ^\circ\text{C}$ ogni 100 m di quota, leggermente superiore a quello medio italiano ($-0.6 \text{ } ^\circ\text{C}$ ogni 100 m di quota).

8.1.2. Bilancio idrogeologico

Mediante il calcolo del bilancio idrogeologico sono state stimate le risorse idriche medie annue rinnovabili dell'area oggetto di studio (sottobacino E Area = 11.5 Km²).

Queste risorse costituiscono i volumi d'acqua disponibili (potenziale ricarica) che si possono emungere, in condizioni di equilibrio, con le captazioni già predisposte e con quelle

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 28 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

che si andranno a realizzare per l'approvvigionamento idropotabile, senza provocare squilibri al bacino idrologico naturale e quindi garantendo la permanenza del prelievo nel tempo.

Quindi, l'equazione del bilancio idrogeologico per il dominio in questione risulta essere :

$$P+Et= (Etr + R+ Ip)+ Et$$

dove:

P = afflussi ;

Etr = evapotraspirazione reale;

R = ruscellamento;

Ip = infiltrazione potenziale efficace ;

Et = portate entranti per travaso da aree esterne.

Il deflusso sotterraneo totale risulterà espresso con l'equazione:

$$Ip + Et = Us+Up+Ut$$

dove:

Ip = infiltrazione efficace potenziale

Et = portate entranti per travaso da aree esterne

Ut = travasi verso aree esterne al dominio

Us= portate sorgive

Up = emungimento da pozzi

Poiché il bilancio è stato elaborato su un periodo di tempo sufficientemente lungo (34 anni), si può ammettere una variazione delle riserve idriche sotterranee uguale a zero, e quindi l'infiltrazione potenziale presunta (Ip) rappresenta, all'equilibrio del sistema, la potenzialità idrica sotterranea che può essere associata alle risorse idriche rinnovabili, le uniche che è possibile sfruttare senza il rischio di modificare gli equilibri idrogeologici del sistema

8.1.2.1. Evapotraspirazione reale (Etr)

La stima della evapotraspirazione reale è stata effettuata con la metodologia proposta da Thornthwaite & Mather (1957), una delle più note e largamente usate in idrogeologia, sebbene non risulti di immediata attuazione come la formula del Turc, perché una vasta casistica la propone come affidabile anche per svariati ambienti climatici (in particolare, per quelli delle zone temperate).

Con il metodo di Thornthwaite & Mather si calcola, dapprima, l'evapotraspirazione potenziale mensile (Epi), intendendo con questo termine la quantità d'acqua che evaporerebbe nel caso in cui, superficialmente, ve ne fosse sempre una disponibilità sufficiente; detto calcolo è fondato sulla relazione sperimentale esistente tra Epi e la corrispondente temperatura (ti).

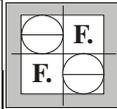
L'equazione che fornisce Epi in mm, è la seguente:

$$Epi = K [16 (10 ti/I) A]$$

dove:

Epi = evapotraspirazione potenziale media mensile in mm

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 29 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

K = coefficiente di correlazione di latitudine riferito al mese i-mo pari al rapporto tra le ore diurne (n. 12) e la metà delle ore giornaliere

t_i = temperatura media dell'aria riferita al mese i-mo (in °C)

$A = 0.49239 + 1.792 \cdot 10^{-5} I - 771 \cdot 10^{-7} I^2 + 675 \cdot 10^{-9} I^3$

I = Indice termico annuale , pari alla sommatoria degli indici mensili (i) dei dodici mesi dell'anno : $i = (t_i / 5)^{1.514}$

K = coefficiente che tiene conto delle ore di insolazione media mensile ed è funzione esclusiva della latitudine e del mese (in pratica, è il rapporto tra le ore diurne e la metà delle ore giornaliere).

L'evapotraspirazione potenziale media annua (Ep) è stata ottenuta come somma dei singoli valori mensili.

8.1.2.2. Deflusso idrico totale (Dtot)

Dalla differenza fra la Precipitazione e l'Evapotraspirazione reale si determina il deflusso idrico totale presunto (Dtot) o precipitazione efficace , ovvero la lama media di acqua che da origine al ruscellamento e all'infiltrazione, mediante l'equazione:

$$Dtot = P - Etr = Ip + R$$

dove:

Dtot = deflusso idrico totale

P = precipitazione

Etr = evapotraspirazione

Ip = infiltrazione potenziale

R = ruscellamento superficiale

Esso rappresenta la potenzialità idrica totale del territorio esaminato, quindi il massimo volume d'acqua (superficiale e sotterranea) teoricamente utilizzabile.

8.1.2.3. Infiltrazione potenziale efficace (Ip)

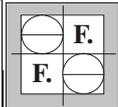
Per la stima di Ip (infiltrazione potenziale efficace), mancando dati idrometrici con cui stimare il ruscellamento, si è applicata la procedura indiretta basata sui coefficienti di infiltrazione potenziale (c.i.p.) pertinenti i diversi complessi idrogeologici affioranti nell'area in esame.

Tali coefficienti esprimono la percentuale di acqua del deflusso totale/precipitazione efficace Dtot (mm/anno) che potenzialmente si infila nel sottosuolo e, per differenza, la percentuale di acqua che ruscella, in base alla relazione:

$$Ip = Dtot * c.i.p. = (P - Etr) * c.i.p.$$

dove:

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 30 di 39	
Committente: ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	Revisioni		File:	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

Ip = infiltrazione efficace presunta, così denominata in quanto viene valutata per differenza tra gli apporti idrici dovuti alle precipitazioni e le perdite per evapotraspirazione e per ruscellamento

Per la scelta dei valori dei coefficienti di infiltrazione (c.i.p.) di ciascuno complesso idrogeologico, si è fatto riferimento ai valori riportati in bibliografia [Celico, 1987] ed all'esperienza. Poiché questo parametro varia in funzione della litologia, della morfologia e dell'entità delle precipitazioni, sono state ricercate le caratteristiche specifiche per ogni zona in grado di influenzare il valore del c.i.p. specifico e, sulla base delle quali, è stata effettuata una ponderazione del valore da adottare.

Con questa elaborazione sono stati ricavati i coefficienti di infiltrazione potenziale per ogni "cella" di 1 Km² che, moltiplicati per il valore della precipitazione efficace specifico della stessa cella, ha permesso di determinare la "grid" dell'infiltrazione efficace che è rappresentata in TAV. 08 CARTA DELLE INFILTRAZIONE POTENZIALE.

Pur avendo riscontrato una buona attendibilità nella procedura seguita, si rimarca il fatto che la valutazione dell'entità della infiltrazione e del ruscellamento non deriva da misurazioni dirette, quindi i risultati raggiunti devono essere considerati solo indicativi di valori medi della struttura .

La Tabella 10.1 consente di valutare, nel dettaglio, i risultati del bilancio idrogeologico.

BILANCIO COMPLESSIVO **P+Et = Etr+Ip+Ro+Et**
Ip+Et=Us+Up+Ut

SOTTOBACINO	SUPERFICIE	PRECIPITAZIONI (P)			EVAPOTRASPIRAZIONE (Etr)			
	km ²	mm/anno	Mm ³ /anno	l/s	mm/anno	Mm ³ /anno	l/s	% P
E Sorgente La Vena - S. Lorenzo (ricompreso nell'ambito del territorio della Regione Umbria)	11.5	1026	11.8	375	619	7.1	226	60

DEFLUSSO TOTALE (Dtot)				RUSCELLAMENTO (Ro)			
mm/anno	Mm ³ /anno	l/s	% P	mm/anno	Mm ³ /anno	l/s	% P
407	4.7	149	40	162	1.9	59	16

INFILTRAZIONE EFFICACE (Ip)				
mm/anno	Mm ³ /anno	l/s	% P	l/s Km ²
244	2.8	89	24	7.7

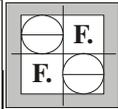
PORTATE ENTRANTI (Et) da zona esterna alla Regione Umbria		Sup : 3 km ² c.a
Mm ³ /anno	l/s	
0.73	23.1	

PORTATE USCENTI (Ut)	
Mm ³ /anno	l/s
3.54	112.4

PRELIEVO DA POZZI (Up)	
Mm ³ /anno	l/s
0.001	0.02

Tab. 10.1 Bilancio idrogeologico

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
------------------	-------------------	-------	--------------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 31 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

8.1.2.4. Risorsa rinnovabile disponibile

Il serbatoio acquifero del sottobacino “ E” in esame è alimentato dalla ricarica meteorica $I_p = 2.8 \text{ Mm}^3/\text{anno}$, oltre ad un contributo entrante dal settore nord dallo stesso acquifero ricadente nella Regione Lazio, per il quale si è stimata una portata complessiva di $0.73 \text{ Mm}^3/\text{anno}$; i prelievi attualmente in essere nel sottobacino in esame risultano trascurabili ai fini del bilancio.

La quantità di acqua che è necessario prelevare dalla falda, da utilizzare per la perforazione dei pozzi geotermici e nel progetto in genere, determinando il consumo previsto, risulta dell'ordine di 0.2 Mm^3 .

Tale fabbisogno, in termini volumetrici, è stato confrontato con la ricarica media annua della falda nell'ambito del sottobacino “ E”, che ammonta a $3.5 \text{ Mm}^3/\text{anno}$ ($2.8 \text{ Mm}^3/\text{anno} + 0.73 \text{ Mm}^3/\text{anno}$); dal confronto emerge che il consumo equivale a circa il 6% della risorsa rinnovabile media annua, frazione che può essere ritenuta assolutamente ininfluenza anche nei riguardi di altre utilizzazioni di acqua della stessa falda.

Infatti, la predetta ricarica costituisce la risorsa rinnovabile media annua, che rappresenta i volumi d'acqua disponibili (potenziale ricarica) che si possono emungere, in condizioni di equilibrio, con le captazioni già predisposte e con quelle che si andranno a realizzare per l'approvvigionamento idropotabile, senza provocare squilibri al bacino idrologico naturale e quindi garantendo la permanenza del prelievo nel tempo.

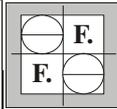
Peraltro, visto che la durata della estrazione di risorsa risulta limitata alle attività di realizzazione dei pozzi geotermici, che si dovrebbe completare in circa 1 anno, si perviene alla conclusione che l'emungimento non determina significative ripercussioni sugli equilibri del sistema acquifero locale.

8.2. Compatibilità con le portate di captazione ad uso idropotabile operanti nell'area

Le valutazioni di potenziale interferenza tra il prelievo di acqua destinata al progetto e le opere di presa ad uso acquedottistico presenti nell'area, ha riguardato i pozzi in gestione a Sii Scpa ed anche il pozzo di Pod. Alfina, quest'ultimo ricadente nel territorio della Regione Lazio, in prossimità della postazione CG1.

Il raggio di influenza non è altro che l'area sottesa dal pozzo in pompaggio in cui si sviluppa il cono di emungimento, e si determina un abbassamento misurabile della falda che induce, a sua volta, un abbassamento incrementale su altre captazioni che ricadono in detto areale.

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 32 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

8.2.1. Soluzione adottata

Al fine di apprezzare gli effetti indotti dal pompaggio dei pozzi di emungimento (P1, P2 P3 e P4) asserviti alle diverse piazzole di perforazione geotermica (CG1, CG2, CG3, CG14) sulle captazioni destinate ad uso pubblico acquedottistico, è stato implementato un modello di simulazione di flusso della falda.

Si è ricorsi, in questa sede, ad un approccio di tipo modellistico in ragione della necessità di quantificare gli eventuali effetti indotti dalla presenza di diversi punti di emungimento che potevano avere una sovrapposizione di effetti sulle captazioni idropotabili pubbliche presenti nell'area.

La presenza di una falda connotata da flusso non nullo, e da una certa variabilità dei gradienti idraulici determina infatti una certa complessità nella individuazione della zona di richiamo idrico per l'alimentazione del punto di emungimento, fortemente influenzata dalla direzione di flusso della falda dove si assiste ad una sommatoria degli effetti diversa in relazione alle diverse condizioni di carico presenti a monte ed a valle della captazione medesima (una soluzione di tipo analitico di tale problematica risulta illustrata da BEAR 1979, dove si evidenzia che la zona di richiamo si imposta lungo una generatrice parabolica la cui ampiezza degli assi risulta influenzata dalla Trasmissività, dal gradiente idrico e dalla portata di emungimento); anche in questo caso la presenza di eventuali disomogeneità in uno o più parametri determina delle distorsioni rispetto ad una condizione di flusso uniforme in acquifero omogeneo.

In relazione alle locali condizioni della struttura idrogeologica caratterizzante il sito, si è pertanto resa necessaria la ricerca di una formulazione di tipo modellistico in grado di permettere una delineazione della zona di richiamo e quindi di stimare le interferenze con le captazioni esistenti, in condizioni relativamente più complesse rispetto a quelle di applicabilità delle relazioni utilizzabili in acquiferi omogenei con flusso uniforme.

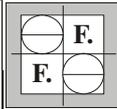
8.2.2. Tipologia del modello utilizzato

Al fine di individuare le deformazioni indotte dal pompaggio, si è fatto ricorso ad un modello matematico di tipo analitico implementato tramite software **WhAEM** V. 3.2.1 (U.S. EPA 2007).

Tale modellazione si imposta sul Metodo degli Elementi Analitici (Strack e Haitjema, 1981) che rappresentano le singole caratteristiche della struttura idrogeologica dell'acquifero analizzato; tale metodo risolve l'equazione del flusso ricorrendo alla approssimazione di Dupuit-Forchheimer che trascura la resistenza verticale al flusso rendendo costante il potenziale idrico lungo ogni singola verticale.

Essendo basato sulla sovrapposizione di diverse funzioni analitiche, rappresentate ognuna da una caratteristica idrogeologica dell'acquifero, il modello permette di identificare aree connotate da diverse caratteristiche (i.e. valori di permeabilità, porosità, quota del

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 33 di 39		
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>			<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1		05312B01		

substrato , condizioni di ricarica etc) risultando uno strumento relativamente flessibile in grado di permettere il raggiungimento di soluzioni anche in strutture relativamente complesse, seppur impostate su un singolo strato saturo.

Inoltre, il software utilizzato, permettendo la gestione del particle tracking, permette la delineazione delle aree di richiamo, calcolate in funzione della velocità effettiva, data dal rapporto della velocità darcyana e della porosità effettiva, per assegnato intervallo temporale. In tal modo risulta possibile individuare eventuali sovrapposizioni dirette delle aree di influenza delle diverse captazioni attive nell'ambito del dominio. Infine, risultando possibile l'apposizione di pozzi di osservazione, costituiti da punti d'acqua a potenziale noto, risulta possibile sia verificare la calibrazione del modello implementato e sia, una volta impostati pozzi di osservazione in corrispondenza di potenziali punti bersaglio (i.e. pozzi ad uso idropotabile potenzialmente soggetti ad interferenza) si possono evidenziare eventuali variazioni del livello idrico dell'acquifero al fine di mettere in luce la entità delle interferenze indotte dal pompaggio presso i pozzi in progetto.

8.2.3. Implementazione del modello

Il quadro complessivo dei dati ha reso possibile la formulazione di un modello idrogeologico concettuale semplificato della circolazione idrica sotterranea , in cui il grado di rappresentatività si ritiene adeguato e di sufficiente dettaglio per stimare le potenziali interferenze, obiettivo del presente studio.

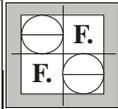
In Figura viene riportato il Modello Concettuale , che compendia le caratteristiche significative dell'acquifero in esame; viene altresì indicata l'ubicazione dei nuovi pozzo P1...P4 , dei pozzi di approvvigionamento acquedottistico denominati con le seguenti sigle: P.53 CASTEL VISCARDO, P54 CASTEL GIORGIO, P.T. ALFINA.

Innanzitutto sono stati inseriti i valori di default del modello su cui sovra impostare, successivamente, le diverse aree a caratteristiche peculiari (Inhomogenities), tali valori risultano rappresentati da una quota di substrato fissa, posta arbitrariamente a m 350 slm, ed uno spessore del saturo di 150 m, una porosità efficace di 0.15 ed una conducibilità idraulica di 4 m/g ($4.62 \cdot 10^{-5}$ m/s).

Inoltre sono stati inseriti i valori del potenziale idrico in ingresso, pari ad una quota di m 480 slm, lungo la idroisoipsa di pari valore posta nel settore settentrionale dell'area in cui si imposta il dominio del modello; inoltre è stato inserito un potenziale di uscita posto a quota 440 slm, in corrispondenza della medesima idroisoipsa.

Su tale configurazione sono state successivamente inserite le c.d. disomogeneità rappresentate sia da fasce connotate da quote del substrato differenziate, congruentemente con le isobate del tetto del substrato medesimo calcolate precedentemente, ed una ampia zona, di estensione analoga al dominio del modello, connotata da condizioni di ricarica analoghe a quelle calcolate per l'area in esame (244 mm/anno = 0.00068 m/g).

<i>Relazione</i>	<i>Commessa :</i>	05312	<i>Data:</i>	Agosto 2013
------------------	-------------------	-------	--------------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR				Pag 34 di 39		
STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI						
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>			<i>File:</i>		
	0	1			05312B01	

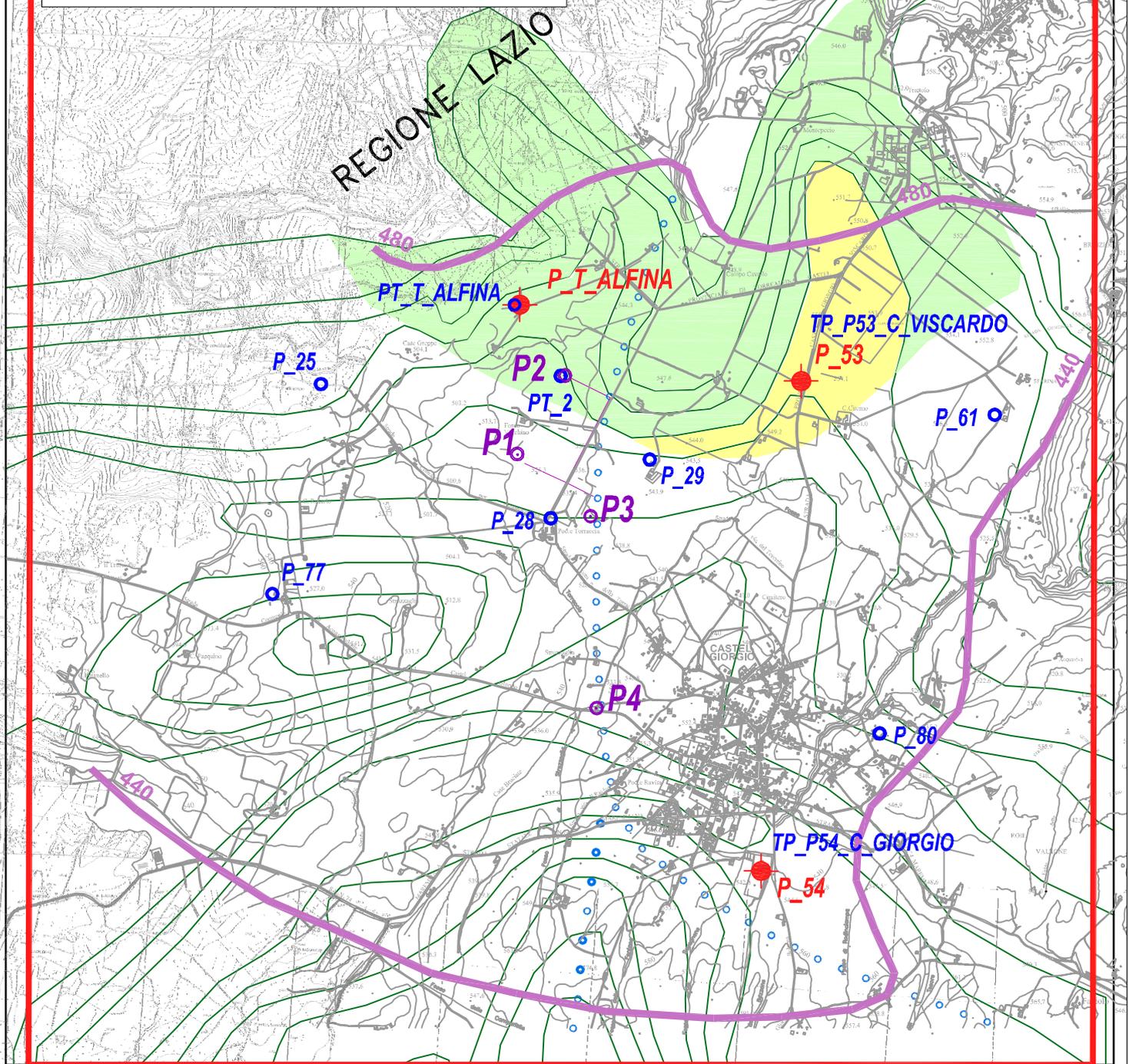
Sono stati inseriti diversi punti di osservazione, sia in corrispondenza di punti d'acqua a potenziale noto e sia punti fittizi in corrispondenza sia di uno dei pozzi in progetto e sia dei pozzi idropotabili ad uso acquedottistico .

I pozzi idropotabili ad uso acquedottistico sono stati inseriti con portate equivalenti pari a $Q= 5$ l/s, mentre per i pozzi in progetto, nella condizione attuale si è assunta una portata nulla, mentre nelle condizioni operative (Stato Modificato) si è fatto riferimento ad una portata unitaria $Q= 20$ l/s (1728 mc/giorno) .

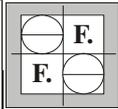
In corrispondenza dei pozzi ad uso idropotabile sono stati inseriti gruppi di particelle disposte radialmente attorno al pozzo, tramite cui evidenziare, attraverso un processo di tracking, la zona di richiamo per un intervallo di tempo assegnato la cui durata è stata assunta pari a 365 giorni

<i>Relazione</i>	<i>Commessa :</i>	05312	<i>Data:</i>	Agosto 2013
------------------	-------------------	-------	--------------	-------------

MODELLO CONCETTUALE



-  Zone a quota substrato differenziata (passo 20m) e K di default (K=4 m/g)
-  Zone a K modificata (K=10 m/g)
-  Zone a K modificata (K=6 m/g)
-  Condizioni al contorno - carico costante
-  Pozzi di emungimento in progetto a servizio delle postazioni
-  Pozzi ad uso acquedottistico (Portata equivalente=5 l/s)
-  Pozzi di osservazione (test point)
-  Zona di ricarica meteorica efficace (RCH=244 mm/year = 0.00068 m/g)
-  Spartiacque idrogeologico

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 35 di 39		
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>			<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1		05312B01		

8.2.4. Stato Attuale -Calibrazione del modello

Il processo di calibrazione è consistito nel cercare i valori di conducibilità idraulica che consentono di ottenere una distribuzione dei carichi piezometrici, in corrispondenza dei pozzi di osservazione, ed una morfologia piezometrica, coerenti con quelli ricavati con i dati di campagna.

I primi run del modello eseguiti con la configurazione iniziale sopra descritta hanno evidenziato condizioni di calibrazione connotate da scarti troppo elevati tra i potenziali osservati e quelli modellati.

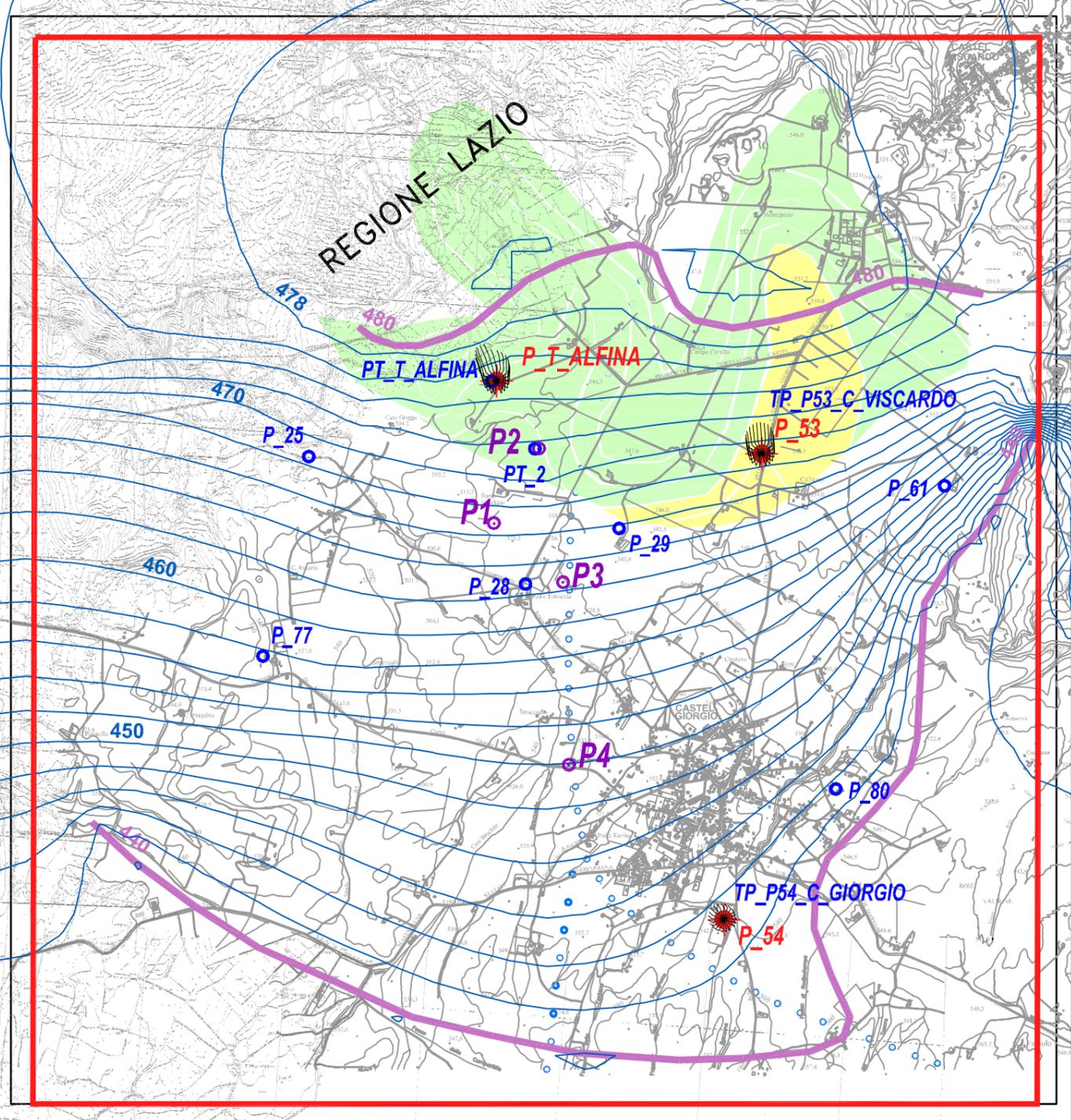
Pertanto sono state inserite aree di disomogeneità connotate da diversi valori della permeabilità; per valori di permeabilità $K=6$ m/g e $K=10$ m/g è stata raggiunta una accettabile corrispondenza tra le altezze piezometriche calcolate e quelle misurate nei pozzi di osservazione; il diagramma scatter di confronto tra i valori piezometrici misurati e quelli calcolati evidenzia uno scostamento compreso fra 2.6 m e 4.5 m circa.

Gli errori residui si ritengono accettabili considerata la estensione dell'area modellata, lo spessore del saturo, mediamente intorno a 100 m, e la complessità della struttura del serbatoio acquifero .

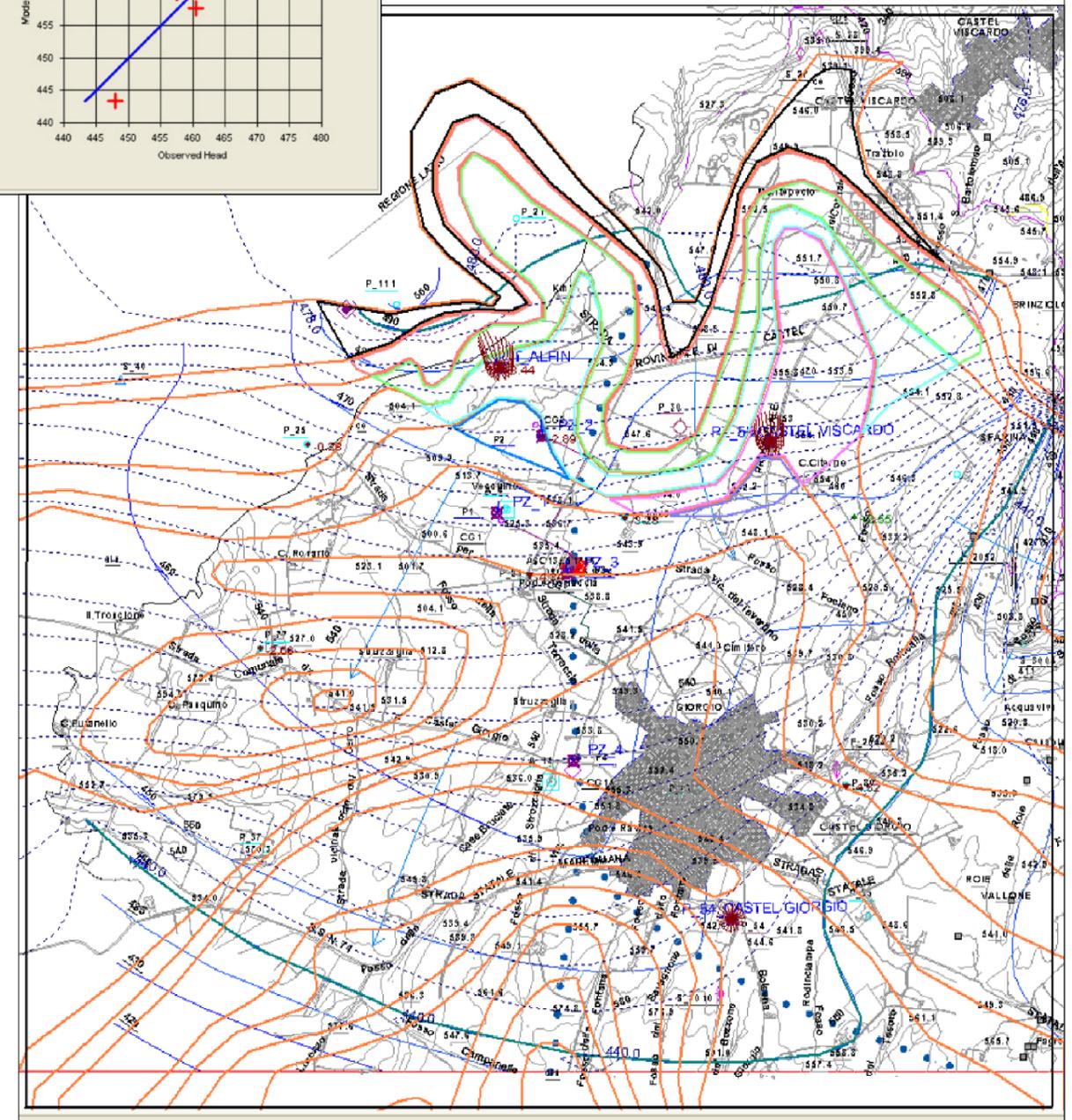
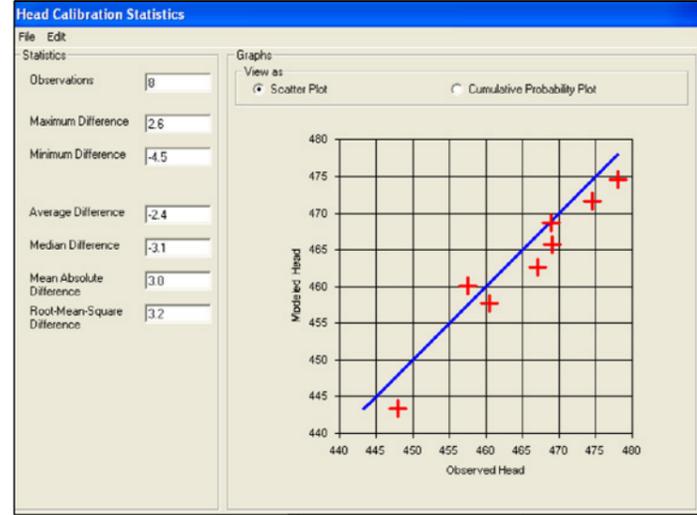
<i>Relazione</i>	<i>Commessa :</i>	05312	<i>Data:</i>	Agosto 2013
------------------	-------------------	-------	--------------	-------------

STATO ATTUALE

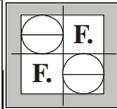
Configurazione di calibrazione



-  Zona a K modificata (K=10 m/g)
-  Zona a K modificata (K=6 m/g)
-  Condizioni al contorno - carico costante
-  Pozzi di emungimento in progetto a servizio delle postazioni
-  Pozzi ad uso acquedottistico (Portata equivalente=5 l/s)
-  Pozzi di osservazione (test point)
-  Zona di ricarica meteorica efficace (RCH=244 mm/year = 0.00068 m/g)
-  Isopiezometriche medie (equidistanza 2m)
-  Zona di richiamo (T=365 gg)
-  Sparti acque idrogeologico



Computational Results: Test Points							
Label	VID	ObsHead	ModelHead	Difference	X	Y	
TP_TALFINA	1349	478	474.5615	-3.43849999999998	2271006.04233715	4735727.53154673	
TP_PZ2	1372	474.5	471.6084	-2.89159999999998	2271298.19860497	4735248.16222112	
TP_53_C_VISCARDO	1696	465	468.4151	3.4151	2272884.0266563	4735211.59783756	
TP_P54_C_GIORGIO	1697	447	442.4946	-4.50540000000001	2272617.66559339	4731898.57675221	

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 36 di 39	
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>		<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1	05312B01		

8.2.5. Condizioni modificate- Emungimento contemporaneo dei pozzi P1....P4

Sul modello implementato e calibrato, sono state attivate le forzanti di sistema, costituite dalle portate di emungimento dei pozzi di progetto (P1,..,P4) con valore unitario $Q=20$ l/s.

Analogamente a quanto effettuato per i pozzi ad uso acquedottistico, anche in corrispondenza dei pozzi in progetto sono stati apposti gruppi di particelle radiali su cui effettuare il tracking per intervallo temporale analogo a quello dei pozzi idropotabili di 365 giorni che risulta, peraltro, abbondantemente superiore al periodo di effettivo emungimento stimato per i singoli pozzi.

I pozzi di progetto, al fine di enfatizzarne l'effetto, sono stati messi in emungimento in contemporanea.

I risultati della modellazione hanno messo in evidenza che le interferenze ricavate determinano modesti abbassamenti di livello come è stato possibile apprezzare nei punti di osservazione posti in corrispondenza dei pozzi idropotabili.

L'abbassamento del livello di falda indotto, viene calcolato confrontando i valori del potenziale calcolato (Head Model) sia nelle condizioni attuali (di calibrazione) che in quelle modificate, i cui valori tabellari sono riportati nelle figure relative alla condizione di calibrazione e di stato modificato.

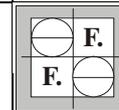
Tale confronto evidenzia i seguenti valori:

POZZO IDROPOTABILE	Potenziale Attuale	Potenziale Modificato	Abbassamento indotto
	<i>m. slm</i>	<i>m. slm</i>	<i>m</i>
Pozzo T. Alfina	474.56	472.94	-1.62
P.53- Castel Viscardo	468.42	467.50	-0.92
P.54 – Castel Giorgio	442.49	441.97	-0.52

A riguardo si tiene a precisare che lo spessore del saturo intercettato da questi pozzi ad uso idropotabile è dell'ordine delle decine di metri e quindi l'effetto di abbassamento indotto dalla interferenza con i coni di emungimento risulta del tutto trascurabile ; nella tabella che segue sono riportati i dati salienti dei pozzi in progetto (P1...P4) e dei pozzi di prelievo idropotabili.

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
-----------	------------	-------	-------	-------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI					Pag 37 di 39
Committente: ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	Revisioni			File:	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352
	0	1		05312B01	



ID. POZZO	QUOTA P.C. (m s.l.m.)	QUOTA L.S. FALDA DI BASE (m s.l.m.)	QUOTA TETTO DEL SUBSTRATO ARGILLOSO (m s.l.m.)	SPESSORE DEL SATURO (m) (L.S. FALDA DI BASE - TETTO DEL SUBSTRATO ARGILLOSO)	PROFONDITA' POZZO (m)
P1	525	468	352	116	175 (180)
P2	536	474	380	94	156 (160)
P3	538	468	342	126	194 (200)
P4	532	463	302	161	234 (240)
P53	552	465	372	93	
P54	541	446	288	158	

(200): profondità effettiva del pozzo considerando anche il fondello nel substrato argilloso

9. CENNI SUL PROTOCOLLO DI MONITORAGGIO

Le attività connesse al controllo delle acque della falda delle vulcaniti tramite i sistemi di monitoraggio ambientale, dovrebbero riguardare il circuito della falda di base.

La rete di punti d'acqua da sottoporre a determinazioni analitiche periodiche è costituita sia da pozzi esistenti (pubblici/privati) posti idrogeologicamente a monte ed a valle rispetto ai pozzi geotermici e sia, eventualmente, dai pozzi di prelievo delle acque da utilizzare per la perforazione, cui si può demandare funzione di piezometro di controllo delle caratteristiche quali-quantitative delle acque di falda.

I risultati acquisiti saranno resi pubblici e quindi affluiranno ad una banca dati accessibile.

Si prevedono i seguenti “valore soglia di guardia” ed il “valore soglia di attenzione” relativo al set di parametri che si intende sottoporre a monitoraggio periodico

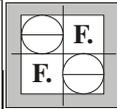
Il valore soglia di guardia per la concentrazione di un parametro è il valore limite minimo previsto dalla tabella 1 e 2 dell'allegato 5 parte IV del D.Lgs. 152/06 e dal D.Lgs 31/2001 .

Il valore soglia di attenzione per la concentrazione di un parametro è il 80% del suo valore soglia di guardia.

Partendo dal concetto che ciascun sito è dotato di determinate caratteristiche ambientali (nel caso specifico idrogeologiche, idrochimiche) di base, in funzione quindi delle potenzialità impattanti sul sistema del progetto, la implementazione della rete di monitoraggio e la determinazione del set di parametri da sottoporre a monitoraggio, potrà essere determinata a valle di una completa caratterizzazione chimica preventiva delle acque sia della falda sospesa che di quella di base. In questo modo i parametri, la periodicità delle determinazioni e le soglie di attenzione/guardia verranno definiti specificatamente per l'area in questione.

Il monitoraggio in continuo di un ristretto insieme di parametri è una fondamentale integrazione al controllo periodico. Per il monitoraggio in continuo si ritiene che l'insieme minimo di parametri da monitorare in tutti i pozzi in progetto debba essere costituito da:

Relazione	Commessa :	05312	Data:	Agosto 2013
------------------	-------------------	--------------	--------------	--------------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 38 di 39		
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>			<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1		<i>05312B01</i>		

- livello di falda
- temperatura entro il pozzo
- pH
- conducibilità elettrica

Per i controlli di sistema si farà riferimento ad uno specifico set di parametri previsti dal D.Lgs 31/2003 ed alla tabella 1 e 2 dell'allegato 5 parte IV del D.Lgs. 152/06 definiti in base alla campagna iniziale – tempo zero.

10. CONCLUSIONI

Il progetto comporta la realizzazione di n. 4 pozzi, denominati P.1...P. 4, per emungere acqua dalla falda di base dell'acquifero vulcanico vulsino, da utilizzare per la perforazione dei pozzi geotermici.

Sulla base delle indicazioni fornite dal committente riguardo le portate di esercizio ed i tempi di emungimento, si è stimato il fabbisogno di acqua che risulta essere, complessivamente, dell'ordine 0.2 Mm³. La redazione del bilancio idrogeologico ha permesso di stimare la ricarica media annua della falda nell'ambito del sottobacino interessato dai suddetti pozzi, che risulta ammontare a circa 3.5 Mm³/anno; pertanto l'incidenza del prelievo raggiunge appena il 6% della risorsa rinnovabile media annua.

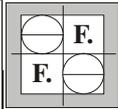
Tale prelievo risulta pertanto rappresentare una frazione assolutamente ininfluente considerato anche che la estrazione di risorsa risulta limitata nel tempo alla fase di attività di realizzazione dei pozzi geotermici, che si dovrebbe completare in circa 1 anno.

I pozzi sono stati dimensionati per una portata di picco di 20 l/s circa (70 mc/h); il progetto dei pozzi prevede il completo isolamento della falda di base da cui si intende effettuare il prelievo dell'acqua rispetto alla formazione sovrastante che ospita le falde sospese, spesso caratterizzate da elevate concentrazioni di alluminio e che, qualora non isolata potrebbe determinare veicolazioni degli stessi verso la falda di base. L'operazione di isolamento della intercapedine tra tubo di produzione e foro avverrà a partire da 10 metri al di sotto del livello statico della falda di base, e sarà effettuato mediante la realizzazione di un tappo di argilla e successiva cementazione con malta antiritiro pompata in risalita fino a p.c.

Si tratta di un'operazione ordinaria, facilmente realizzabile dai perforatori di pozzi per acqua e notoriamente efficace. In tal modo, l'emungimento di acqua con pompa sommersa permetterà di prelevare solo acqua della falda di base e, analogamente, in condizioni statiche, non si verificherà alcun travaso di acqua dalle falde sospese verso quella di base il cui grado di protezione naturale non viene ad essere, pertanto, minimamente modificato dalla perforazione.

Per stimare la potenziale interferenza tra le deformazioni indotte dall'emungimento per il prelievo di acqua destinata al progetto e le opere di presa ad uso acquedottistico presenti nell'area, si è ricorsi alla redazione di un modello matematico di tipo analitico implementato tramite software WhAEM V. 3.2.1 (U.S. EPA 2007). Sul modello implementato e calibrato

<i>Relazione</i>	<i>Commessa :</i>	<i>05312</i>	<i>Data:</i>	<i>Agosto 2013</i>
------------------	-------------------	--------------	--------------	--------------------

IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTEL GIORGIO-TR STUDIO IDROGEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DI N. 4 POZZI PER L'EMUNGIMENTO DI ACQUA DA UTILIZZARE PER LA PERFORAZIONE DEI POZZI GEOTERMICI				Pag 39 di 39		
<i>Committente:</i> ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SpA	<i>Revisioni</i>			<i>File:</i>	GEOTECNA studio associato Viale Venere,57 – 05018 orvieto (tr) tel +39 0763 344669 fax +39 0763 391352	
	0	1		05312B01		

sono state attivate le forzanti di sistema, costituite dalle portate di emungimento dei pozzi di progetto (P1,..,P4) con un valore di portata costante pari a $Q=20$ l/s che, al fine di enfatizzarne l'effetto, sono stati messi in emungimento in contemporanea. I risultati della elaborazione hanno messo in evidenza che si determinano modesti abbassamenti di livello nei pozzi idropotabili, con valori compresi fra m. 0.5 (pozzo P-54 Castel Giorgio) e m. 1.6 (pozzo T.Alfina). Visto lo spessore del saturo intercettato da questi pozzi ad uso idropotabile, variabile fra m.90 e m. 150, l'effetto dell'abbassamento indotto dalla interferenza con i coni di emungimento dei pozzi P1..P4 risulta del tutto marginale e può essere ritenuto ininfluenza rispetto alla produttività degli stessi .

<i>Relazione</i>	<i>Commessa :</i>	05312	<i>Data:</i>	Agosto 2013
------------------	-------------------	-------	--------------	-------------