

IL MONITORAGGIO CONTINUO DEI LIVELLI DI FALDA IN UMBRIA

acqua/quaderni/Arpa Umbria



agenzia regionale per la protezione ambientale

**Arpa Umbria - Agenzia regionale
per la protezione ambientale**

via Pievaiola (San Sisto) - Perugia
tel. 075 515961 - fax 075 51596235
www.arpa.umbria.it
arpa@arpa.umbria.it

Quaderni Arpa Umbria

Direttore scientifico

Giancarlo Marchetti

Direttore editoriale

Fabio Mariottini

Autore

Mirko Nucci - Responsabile del Servizio Reti Monitoraggio
Acque di Arpa Umbria

Foto

Mirko Nucci, Francesco Brunelli e Massimo Moriconi
- Archivio Arpa Umbria

Cura redazionale, grafica e impaginazione

Lcd, Firenze

Stampa

Petruzzi stampa, Città di Castello (PG)

Stampato su carta Free Life 100 da 120 g/mq

Eventuali duplicazioni, anche di parti della pubblicazione,
sono autorizzate a condizione che venga citata la fonte
©Copyright 2008 Arpa Umbria

Il monitoraggio continuo dei livelli di falda in Umbria

Mirko Nucci

Ringraziamenti

Questa pubblicazione nasce dalla volontà di illustrare l'attività svolta da Arpa Umbria nella gestione complessiva della rete piezometrica. Il lavoro non sarebbe potuto giungere a compimento senza la collaborazione di molti. Tra questi, l'autore desidera esprimere la propria riconoscenza alle Autorità d'Ambito dell'Umbria (ATO 1, ATO 2 e ATO 3), in

quanto proprietarie delle opere di prelievo, ai gestori (Umbra Acque, Valle Umbra Servizi e Servizio Idrico Integrato), nonché ai tecnici del Servizio Reti Monitoraggio Acque di Arpa Umbria, Francesco Brunelli, Diego Fortini e Massimo Moriconi, per il lavoro svolto nella gestione delle stazioni piezometriche e nel trattamento dei dati.

M.N.

Sommario

Presentazione	7
<i>Giancarlo Marchetti</i>	
1. Premessa	9
2. Descrizione sintetica del lavoro	11
3. Le stazioni piezometriche	13
3.1 Tipologia delle stazioni piezometriche	14
3.2 Apparati di misura	14
3.3 Apparati di acquisizione	15
3.4 Software di gestione del sistema	17
4. Procedure di validazione dei dati	19
4.1 Verifiche trimestrali in campo	19
4.2 Validazione settimanale dei dati	19
5. Prestazioni delle stazioni piezometriche	23
6. La rete piezometrica su scala regionale	29
7. Alta valle del Tevere	33
7.1 Caratteristiche geologiche	33
7.2 Caratteristiche idrogeologiche	33
7.3 Localizzazione delle stazioni piezometriche	34
7.4 Analisi dei dati	36
8. Media valle del Tevere	39
8.1 Caratteristiche geologiche	39
8.2 Caratteristiche idrogeologiche	39
8.3 Localizzazione delle stazioni piezometriche	40
8.4 Analisi dei dati	41
9. Valle Umbra	43
9.1 Caratteristiche geologiche	43
9.2 Caratteristiche idrogeologiche	43
9.3 Localizzazione delle stazioni piezometriche	44
9.4 Analisi dei dati	50

10. Conca Eugubina	57
10.1 Caratteristiche geologiche	57
10.2 Caratteristiche idrogeologiche	57
10.3 Localizzazione delle stazioni piezometriche	58
10.4 Analisi dei dati	58
11. Conca Ternana	61
11.1 Caratteristiche geologiche	61
11.2 Caratteristiche idrogeologiche	62
11.3 Localizzazione delle stazioni piezometriche	62
11.4 Analisi dei dati	65
12. Complesso vulcanico Vulsino	67
12.1 Caratteristiche geologiche	67
12.2 Caratteristiche idrogeologiche	67
12.3 Localizzazione delle stazioni piezometriche	67
12.4 Analisi dei dati	67
13. Acquiferi carbonatici	71
13.1 Sistema della Valnerina	71
13.1.1 Localizzazione delle stazioni piezometriche	72
13.1.2 Analisi dei dati	72
13.2 Sistema dell'Umbria nordorientale	74
13.2.1 Localizzazione delle stazioni piezometriche	74
13.2.2 Analisi dei dati	75
13.3 Sistema dei Monti Martani	76
13.3.1 Localizzazione delle stazioni piezometriche	76
13.3.2 Analisi dei dati	77
13.4 Sistema dei Monti di Narni e Amelia	77
13.4.1 Localizzazione delle stazioni piezometriche	77
13.4.2 Analisi dei dati	79
13.5 Unità del Monte Subasio	79
13.5.1 Localizzazione delle stazioni piezometriche	80
13.5.2 Analisi dei dati	80
13.6 Unità dei Monti Malbe-Tezio	82
13.6.1 Localizzazione delle stazioni piezometriche	82
13.6.2 Analisi dei dati	83
13.7 Unità dei Monti di Gubbio	83
13.7.1 Localizzazione delle stazioni piezometriche	84
13.7.2 Analisi dei dati	84
Bibliografia	87

Presentazione

Le acque sotterranee rappresentano, in Umbria, una risorsa strategica da salvaguardare e gestire nel modo migliore possibile, privilegiando il loro uso potabile nel rispetto comunque di altre potenzialità di utilizzo.

Negli ultimi decenni l'impegno della Regione per lo sviluppo della conoscenza degli acquiferi umbri è stato decisamente significativo; tra gli studi recentemente compiuti, particolare rilievo hanno quelli sulla vulnerabilità e sul controllo quantitativo sviluppati nell'ambito di un progetto interregionale finanziato sul finire degli anni novanta dal Ministero dell'Ambiente. Con tale progetto, denominato PRISMAS (*PRogetto Interregionale di Sorveglianza e Monitoraggio delle Acque Sotterranee*) la Regione Umbria ha messo in atto un piano di monitoraggio in continuo dei principali sistemi acquiferi per migliorarne la conoscenza puntuale al fine di supportare la gestione quantitativa delle risorse. A tale scopo sono state realizzate una dozzina di stazioni per il controllo in continuo delle portate delle principali sorgenti e una ventina di stazioni per il monitoraggio dei livelli di falda dei principali acquiferi alluvionali.

La gestione delle stazioni, nonché l'elaborazione dei dati acquisiti, sono state delegate all'Agenzia Regionale di Protezione Ambientale (Arpa Umbria) a partire dalla sua costituzione nel 2000.

In questi anni la rete di controllo, gestita dal Servizio Monitoraggio Acque del Dipartimento Provinciale di Perugia di Arpa, ha subito due sostanziali miglioramenti: una notevole espansione, grazie ad alcuni progetti finanziati con i pro-

grammi di emergenza idrica della Regione, che hanno portato quasi al raddoppio del numero delle sorgenti monitorate e delle stazioni piezometriche; in secondo luogo la certificazione di qualità del Servizio ai sensi della norma UNI EN ISO 9001-2000, che permette di avere un sistema ottimale di controllo, validazione e pubblicazione dei dati acquisiti sul sito internet di Arpa.

A distanza di tre anni dalla pubblicazione del primo quaderno Arpa sull'argomento, questo lavoro intende aggiornare, attraverso un'analisi accurata della rete piezometrica degli acquiferi regionali monitorati, il quadro delle conoscenze acquisite dall'Agenzia, divenuto ormai indispensabile per la tutela e il corretto sfruttamento del sistema idrogeologico della regione.

Quando si parla di tutela e corretto sfruttamento delle risorse è impossibile ignorare i risultati dell'ultimo rapporto IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) dell'UNEP, organismo delle Nazioni Unite che si occupa di ambiente, uscito a sei anni di distanza dal precedente. Le conclusioni dei 2500 scienziati che hanno contribuito alla redazione del rapporto sono decisamente inequivocabili sulle cause dei cambiamenti climatici e attribuiscono alle emissioni di gas serra l'origine del *global warming* (il riscaldamento globale); oltre a ciò sono decisamente più allarmanti, rispetto a quelle contenute nel rapporto precedente, sugli effetti che ci attendono, non ultima la carenza di risorse idriche da destinare all'uso potabile. Ciò rappresenta un motivo ulteriore per affermare che la conoscenza dell'an-

damento nel tempo delle nostre risorse idriche sia di fondamentale utilità agli organismi regionali che si occupano di programmare il loro utilizzo.

Particolare merito dell'ottima qualità dei risultati sin qui ottenuti va al dott. Mirko Nucci e ai suoi collaboratori del Servizio Reti Monitoraggio Acque di Arpa, sia per aver interpretato al meglio la

missione dell'Agenzia in questo ambito, sia per il lavoro quotidiano svolto per garantire la qualità dei dati rilevati, interpretarli e portarli a conoscenza dei soggetti istituzionali e della popolazione.

Giancarlo Marchetti
Responsabile Unità Operativa Tecnica

I. Premessa

Con il progetto PRISMAS Arpa Umbria ha gettato le basi per la realizzazione della rete piezometrica regionale. La rete, ampliata e ottimizzata con il progetto PIEZO, è costituita attualmente da 44 stazioni piezometriche che effettuano il monitoraggio continuo di 49 livelli di falda.

Nell'ambito del Progetto Interregionale PRISMAS (*Progetto Interregionale di Sorveglianza e Monitoraggio delle Acque Sotterranee*), la Regione Umbria ha messo in atto un piano per il monitoraggio continuo dei principali acquiferi del territorio umbro, per supportare la gestione quantitativa delle risorse partendo da una conoscenza più approfondita dei sistemi stessi. A questo scopo sono state realizzate 12 stazioni per il monitoraggio delle portate di alcune sorgenti di importanza regionale; inoltre sono state acquistate 22 stazioni per il monitoraggio continuo dei livelli di falda che Arpa Umbria, a partire dal gennaio 2001, ha installato in alcuni punti di specifico interesse. Numerose stazioni piezometriche sono state collocate in pozzi dismessi, situati nei principali acquiferi alluvionali umbri (Valle Umbra, Conca Eugubina, Conca Ternana, Media e Alta valle del Tevere) sia ai margini di aree di prelievo di importanza regionale, sia in zone non sottoposte a prelievi per uso potabile. Un numero inferiore di stazioni è stato riservato ad altre strutture idrogeologiche (Sistema dei Monti di Amelia e di Narni, Sistema della Valnerina, Unità dei Monti di Gubbio, Complesso vulcanico Vulsino) di particolare interesse. Per realizzare le stazioni piezometriche, sono stati stipulati accordi con le Autorità d'Ambito e con i Gestori dei punti di prelievo che hanno concesso ad Arpa Umbria, in comodato d'uso, i pozzi dismessi.

La rete piezometrica realizzata nell'ambito del progetto PRISMAS è stata ampliata nel corso del 2005 con nuovi punti di osservazione. Il progetto di ampliamento, denominato PIEZO (ampliamento e ottimizzazione della rete piezometrica regionale), è stato redatto nell'ambito del piano di emergenza idrica della Regione Umbria 2002-2003, primo stralcio (Ord. n. 126 del 26 novembre 2002).

Il progetto prevedeva la realizzazione di nuovi piezometri dedicati al monitoraggio del livello di falda, attrezzati con appositi strumenti di misura e acquisizione, a integrazione della rete esistente. Tali opere sono state realizzate sia in zone di tutela assoluta di campi pozzi, sia in terreni di proprietà privata.

Tutte le stazioni piezometriche installate nell'ambito dei progetti PRISMAS e PIEZO sono state inserite permanentemente nella rete di monitoraggio delle acque gestita da Arpa Umbria, diventandone parte integrante. La rete allo stato attuale è costituita da 110 stazioni di varie tipologie (chimico-fisiche, quantitative e piezometriche).

Lo sviluppo dei progetti, denominati rispettivamente CMSA (*Completamento monitoraggio sorgenti appenniniche umbre*) e MIPAR (*Monitoraggio dei punti di prelievo di importanza regionale*), porterà la rete di monitoraggio delle acque gestita da Arpa Umbria a essere costituita da un numero complessivo di 110 unità remote.

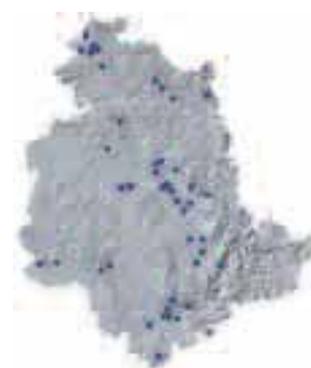


Fig. 1 - Localizzazione geografica delle stazioni piezometriche



2. Descrizione sintetica del lavoro

Le tecnologie utilizzate e i risultati ottenuti nella gestione delle 44 stazioni piezometriche. I dati acquisiti, distinti per acquifero, sono illustrati e commentati.

Questa monografia completa il lavoro di divulgazione delle attività svolte da Arpa Umbria nel campo del monitoraggio quantitativo delle acque sotterranee, iniziato con la pubblicazione intitolata *Il monitoraggio continuo delle sorgenti ombre* (Nucci M., *Quaderni Arpa Umbria*, 2004) e sintetizza i risultati della gestione complessiva delle 44 stazioni piezometriche da parte dal Servizio Reti Monitoraggio Acque dell'Agenzia. Saranno illustrate le tecnologie utilizzate, i risultati ottenuti e i problemi riscontrati, affinché l'esperienza maturata da Arpa Umbria possa costituire un valido ausilio nella realizzazione e nella gestione delle reti piezometriche.

Il capitolo successivo, a sfondo prevalentemente tecnico, contiene una descrizione dettagliata degli apparati di misura e di acquisizione utilizzati nelle stazioni, con particolare attenzione alle caratteristiche e ai principi di funzionamento delle sonde idrostatiche. Saranno illustrate le principali funzioni del software che gestisce in remoto la rete di monitoraggio delle acque, evidenziandone la flessibilità di utilizzo. Particolare attenzione è stata rivolta alle procedure di validazione, l'insieme dei passaggi indispensabili per convertire le misure acquisite (dati grezzi) in dati esenti da anomalie che ne possano pregiudicare la validità. Tali procedure, affinate nel tempo, derivano dall'esperienza maturata nella gestione pluriennale della rete; in assenza di una normativa nazionale che disciplini il processo di trattamento delle serie temporali derivate dal

monitoraggio continuo dei livelli piezometrici, le procedure di osservazione e di validazione dei dati sono state stabilite in base ad alcuni criteri interni, descritti nel *Cap. 4*. Infine, per concludere la prima parte del lavoro, saranno fornite alcune informazioni sulle "prestazioni" delle stazioni piezometriche, determinate con l'ausilio di appositi *indicatori di performance*.

La divulgazione dei dati acquisiti sarà preceduta da una sintetica descrizione di carattere bibliografico degli acquiferi umbri, associata all'inquadramento geografico delle singole stazioni di monitoraggio. I dati saranno illustrati in forma grafica e accorpati, ove possibile, per acquifero.

La rete di monitoraggio, di carattere regionale, non permette particolari elaborazioni dei dati acquisiti. L'elevato rapporto tra superficie osservata e numero di stazioni, associato alla particolare disomogeneità degli acquiferi monitorati, non consente di determinare informazioni di dettaglio quali gradienti idraulici, isopieze e andamenti locali delle linee di flusso. Ci limiteremo pertanto a osservazioni di carattere generale sull'andamento dei livelli di falda, fornendo, ove possibile, alcuni parametri statistici.

Le variazioni del livello di falda hanno un valore relativo, in quanto riferite al piano di campagna locale. Tuttavia, nel prossimo biennio, saranno determinate con precisione le quote assolute dei piezometri, così da poter riferire al livello del mare le piezometrie monitorate.



3. Le stazioni piezometriche

La rete piezometrica di Arpa Umbria è costituita da un numero finito di unità remote, controllate in modo centralizzato da un software di gestione. Le stazioni, distinte in tre tipologie, sono costituite da apparati di misura e di acquisizione, descritti accuratamente nelle componenti tecnologiche e nei principi di funzionamento.

Il sistema di monitoraggio delle acque strutturato da Arpa Umbria consente di gestire in remoto un numero indefinito di stazioni fisse, installate in loco. Il sistema è pilotato da un software di gestione che risiede in un server dell'Agenzia. Il software è dotato di numerose funzioni che consentono di aggiungere nuove unità di monitoraggio alla rete o eliminare/modificare le configurazioni delle stazioni esistenti; tali possibilità consentono facilmente di ridurre o ampliare il numero di unità remote gestite dal sistema, rendendolo estremamente flessibile alle esigenze dell'utente.

Nella *fig. 2* è illustrato lo schema tipico di una stazione per il monitoraggio del livello di falda, gestita in remoto. La stazione quantitativa tipo è strutturata in due sezioni distinte di *acquisizione* e di *misura*. La *sezione di acquisizione* è costituita da una carpenteria (metallica o in materiale isolante) che ospita tutte le apparecchiature

necessarie all'acquisizione e alla trasmissione dei dati (datalogger, modem GSM o tradizionale, dispositivo per lo spegnimento periodico del modem, protezioni contro le sovratensioni sulle linee in ingresso), opportunamente cablate e configurate. La *sezione di misura* è costituita essenzialmente da una sonda idrostatica che, interfacciata alla sezione di acquisizione, consente di misurare in continuo e memorizzare i livelli di falda.

I dati acquisiti dal datalogger con la cadenza impostata dall'utente vengono immagazzinati nella memoria del dispositivo e trasmessi periodicamente, via GSM o utilizzando un PC portatile, al software di gestione del sistema. I dati grezzi, opportunamente validati, sono trasferiti nel data warehouse dell'Agenzia e diffusi via internet al pubblico e ai soggetti interessati (Uffici regionali, Autorità d'Ambito, Gestori ecc.), con diverse modalità di accesso.

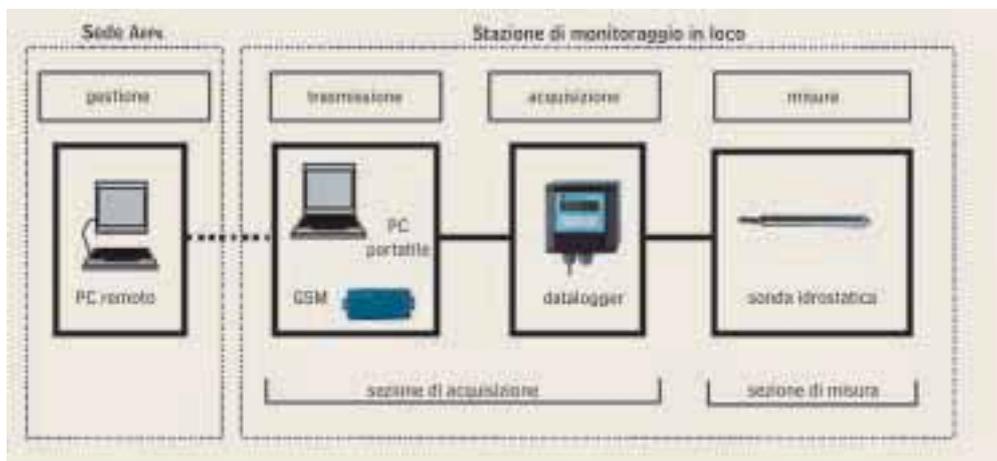


Fig. 2 - Schema esemplificativo del sistema di monitoraggio remoto dei livelli di falda gestito da Arpa Umbria

3.1 TIPOLOGIA DELLE STAZIONI PIEZOMETRICHE

Esistono tre tipologie di stazioni piezometriche, che differiscono essenzialmente per la fonte di alimentazione e il sistema di trasmissione dei dati. Il primo tipo è alimentato esclusivamente con tensione di rete, ed è utilizzato nelle aree in cui è presente l'energia elettrica (zone di tutela assoluta di punti di prelievo). Il secondo è alimentato da batterie ricaricabili, ed è utilizzato in tutte le aree sprovviste di tensione di rete; le dimensioni particolarmente ridotte delle carpenterie che ospitano batterie e acquirente consentono di installare l'intera stazione in un semplice bocca pozzo con diametro superiore a 35 cm.

Le prime due tipologie di stazioni differiscono essenzialmente per questi aspetti: la presenza del modem GSM e la cadenza di acquisizione. Il modem GSM comprometterebbe rapidamente la carica degli accumulatori, quindi le stazioni piezometriche alimentate a batteria ne sono sprovviste. Ciò comporta l'assenza della gestione remota e, di conseguenza, la necessità di effettuare manualmente la lettura dei dati acquisiti, mediante un PC portatile. La cadenza di acquisizione è stata impostata in modo tale da evitare l'alimentazione continua della sonda idrostatica che, altrimenti, esaurirebbe le batterie ricaricabili in meno di una settimana. È stato inserito un circuito temporizzatore programmabile che consente di alimentare la sonda idrostatica per soli 15 secondi al giorno, quanto basta per effettuare una lettura giornaliera. Ne consegue che, in questa tipologia di stazione, la cadenza di acquisizione del dato è minore delle altre (un dato ogni 24 ore anziché un dato ogni ora). In questa configurazione gli accumulatori possono funzionare per un periodo superiore a sei mesi dalla ricarica.

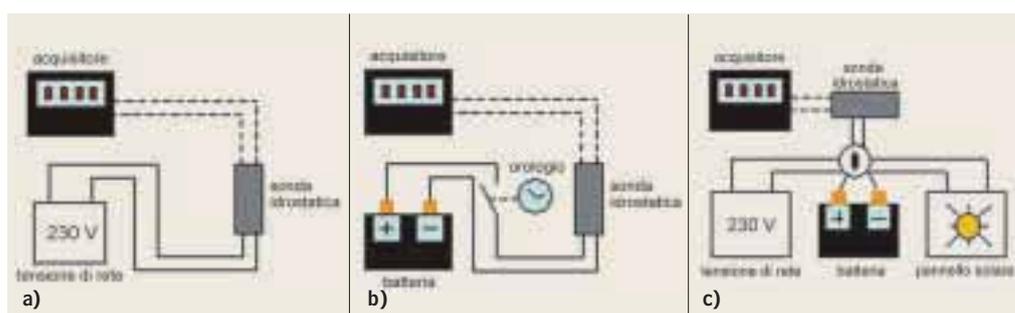
Il terzo tipo di stazione piezometrica è stato realizzato su specifiche richieste del Servizio Reti Monitoraggio Acque di Arpa

Umbria, nell'ambito dell'ampliamento della rete effettuato con il progetto PIEZO. Le nuove stazioni sono dotate di una batteria tampone che può essere alimentata sia con tensione di rete, sia con pannello solare, attraverso un semplice selettore manuale. Le stazioni così concepite possono essere utilizzate in ogni circostanza, senza il vincolo di una singola fonte di alimentazione. Possono essere usate provvisoriamente con pannelli solari, in attesa di una fornitura elettrica di rete, ed essere convertite rapidamente alla nuova alimentazione, senza modificare il cablaggio interno, attraverso un semplice comando manuale. Queste stazioni associano i vantaggi delle due tipologie precedentemente descritte: possono essere installate in aree sprovviste di alimentazione elettrica, consentendo comunque la gestione remota tramite GSM; inoltre, la presenza di una fonte di alimentazione durevole (pannello solare) consente il funzionamento continuo della sonda idrostatica e, di conseguenza, l'acquisizione oraria del dato.

3.2 APPARATI DI MISURA

Le stazioni piezometriche rilevano in continuo la profondità del livello di falda dal piano di campagna. In realtà, non è possibile misurare direttamente il livello, viste le grandi profondità della falda in alcuni punti di monitoraggio e, soprattutto, la non perfetta assialità delle perforazioni; tali fattori impediscono l'utilizzo di strumenti di tipo acustico e ottico (ultrasuoni, laser ecc.). Quindi sono state utilizzate delle sonde idrostatiche, immerse in falda, che misurano in continuo l'altezza della colonna d'acqua sovrastante. Le sonde idrostatiche sono trasduttori in grado di associare a una pressione idrostatica un segnale elettrico standard; sono dotate di diaframma ceramico che "trasferisce" l'effetto della pressione su un dispositivo elettronico in grado di modulare la corrente in uscita dalla sonda, gene-

Fig. 3 - a) Stazione piezometrica alimentata con tensione di rete
b) Stazione piezometrica alimentata con batterie ricaricabili
c) Stazione piezometrica con duplice alimentazione (pannelli solari e tensione di rete)



rando un segnale elettrico proporzionale alla pressione stessa, data dalla somma della pressione idrostatica della colonna d'acqua (P_{idro} di fig. 4) e della pressione della colonna d'aria sovrastante (P_{atm} di fig. 4).

Se la sonda dovesse considerare la somma delle due pressioni, commetterebbe un errore di misura non indifferente, visto che la pressione atmosferica è estremamente variabile in funzione della quota e delle condizioni atmosferiche. Pertanto le sonde idrostatiche utilizzate dal Servizio Reti Monitoraggio Acque sono dotate di compensazione automatica della pressione atmosferica. La compensazione viene realizzata con un tubicino di gomma, posto all'interno del cavo autoportante della sonda, che riporta sul retro del diaframma ceramico la pressione atmosferica e consente al dispositivo di effettuare una misura esente da errori.

La profondità di posa della sonda viene

determinata durante il fissaggio, ed è data dalla somma istantanea *colonna d'acqua + altezza bocca pozzo + profondità del livello di falda*, rilevabile con un freatimetro (fig. 5).

Il Servizio Reti Monitoraggio Acque utilizza sonde idrostatiche con campo di misura 0-2 bar oppure 0-3 bar, laddove le escursioni del livello di falda sono molto marcate, cui corrispondono rispettivamente 20 e 30 metri circa di colonna d'acqua. Le sonde utilizzate hanno una precisione dello 0,2% e una deriva a lungo termine dello 0,1% sul valore di fondo scala. Quindi l'errore massimo riferito a campi di misura di 0-2 bar e 0-3 bar corrisponde rispettivamente a 4 e 6 cm circa.

3.3 APPARATI DI ACQUISIZIONE

Per acquisire i dati monitorati sono stati utilizzati datalogger MINILOG-B a un canale analogico e un canale digitale, prodotti da Endress+Hauser. Gli acquirentori sono dotati di una memoria RAM con

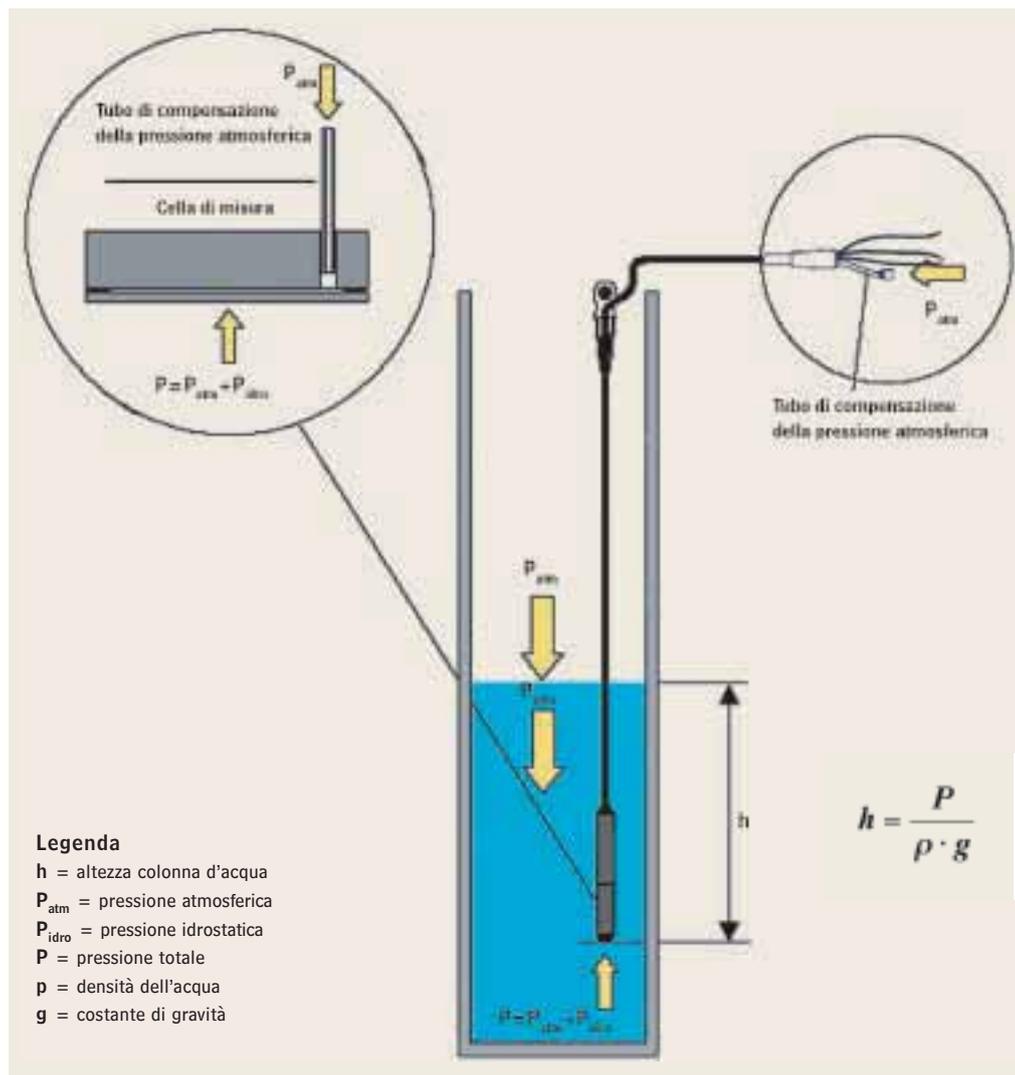


Fig. 4 - Principio di funzionamento delle sonde idrostatiche

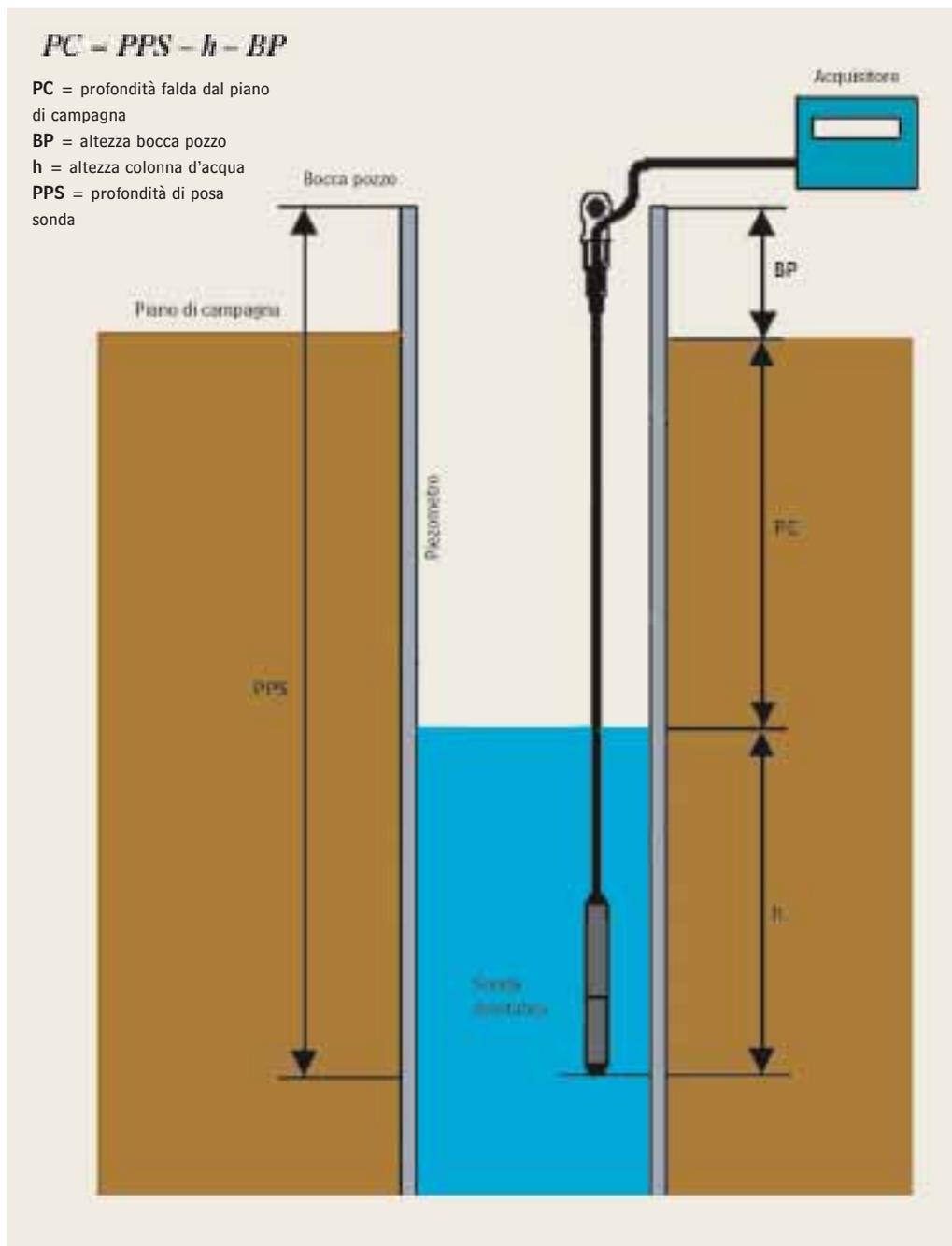


Fig. 5 - Determinazione della profondità del livello di falda dal piano di campagna (PC)

Fig. 6 - Funzioni principali del software di gestione del sistema



sovrascrizione di tipo circolare, che consente di stoccare dati per un periodo minimo di 12 mesi nella configurazione prevista da Arpa Umbria. Accettano segnali standard in ingresso in corrente (4-20 e 0-20 mA), in tensione (0-1 V), diretti per termometri RTD. Gli ingressi sono selezionabili tramite software. Il parametro monitorato è visibile in loco tramite display grafico. L'acquisitore adottato può essere configurato impostando limiti alti e bassi e memorizzare sempre o al superamento delle soglie impostate; comunica attraverso interfaccia seriale RS232, con possibilità di connessione diretta a PC o al modem GSM. Gli intervalli di acquisizione coprono il range 1"-24 h, con possibilità di registrare valori istantanei oppure valori minimi, medi e massimi all'interno dell'intervallo di acquisizione impostato.

Il datalogger effettua una lettura al secondo del parametro monitorato, poi, con cadenza oraria, memorizza il valore minimo, massimo e medio dell'ora. La cadenza di memorizzazione è impostabile dall'utente. A nostro giudizio, una cadenza oraria consente di ottenere informazioni di grande dettaglio sulle variazioni del livello di falda, senza eccedere nella quantità di dati, per avere una gestione snella e contenere le spese telefoniche di trasmissione. Per quanto riguarda le stazioni piezometriche alimentate a batteria, l'acquisitore è programmato per registrare un valore istantaneo ogni 24 ore; l'acquisizione istantanea del dato è sincronizzata con un circuito temporizzato che alimenta la sonda per soli 15 secondi al giorno, limitando l'utilizzo delle batterie al minimo indispensabile.

3.4 SOFTWARE DI GESTIONE DEL SISTEMA

Il software di gestione del sistema risiede nel server di acquisizione dell'Agenzia, dotato di una linea telefonica in ingresso. Lo stesso programma, installato nei PC desktop collegati in rete, consente di

accedere al sistema come *client* dalle varie postazioni di lavoro.

Il software consente di comunicare direttamente con tutte le stazioni dislocate nel territorio. Si possono leggere i dati registrati nella memoria ciclica dei datalogger e modificare in remoto le configurazioni delle stazioni (cadenza di acquisizione, ora, data, parametri per la comunicazione seriale, calcoli statistici, unità di misura, valori di fondo scala, filtri, soglie, attivazione di relais, integrazioni ecc.). Si possono impostare delle soglie minime e/o massime per ogni grandezza monitorata, al di sotto o al di sopra delle quali la stazione può inviare un messaggio di allarme a uno o più numeri telefonici prestabiliti. Il software è dotato di un database in cui sono memorizzati i dati grezzi, le configurazioni delle singole stazioni e gli eventi anomali registrati nel funzionamento ordinario delle unità remote, come la mancanza e il ritorno della tensione di rete. I dati grezzi acquisiti possono essere visualizzati in forma grafica e in forma tabulare, scegliendo l'intervallo di tempo da rappresentare. Infine, i dati possono essere esportati nei formati più comuni. Questa possibilità è indispensabile nella fase validazione e archiviazione definitiva nella banca dati dell'Agenzia.

Il software consente di impostare una procedura automatica di lettura dei dati immagazzinati nella memoria delle stazioni che compongono la rete; dopo alcuni tentativi si è giunti a una configurazione del sistema automatico di lettura che garantisce un buon compromesso tra affidabilità della trasmissione e frequenza delle chiamate. Tale configurazione è stata ottimizzata in funzione della capacità di immagazzinamento del datalogger, della quantità dei dati trasmessi, della velocità del datalogger nel trasferire serialmente le informazioni e del mezzo di comunicazione usato; il trasferimento via GSM è più lento nella trasmissione dei dati e la comunicazione, di solito, è meno affidabile della rete telefonica.



4. Procedure di validazione dei dati

Il dato grezzo acquisito dal sistema, prima di essere utilizzato per qualsiasi tipo di elaborazione, deve essere opportunamente filtrato e trattato. Le procedure di validazione consentono di epurare il dato grezzo dai disturbi temporanei che ne pregiudicano la validità.

Le procedure di validazione dei dati possono essere distinte in due fasi: la prima è costituita da tutte le operazioni periodiche di manutenzione ordinaria effettuate in campo, volte alla verifica del corretto funzionamento delle apparecchiature di monitoraggio; la seconda consiste in una procedura di elaborazione delle serie temporali che, a partire dai dati "grezzi", permette di ottenere dati esenti da errori, divulgabili al pubblico.

4.1 VERIFICHE TRIMESTRALI IN CAMPO

Le operazioni di verifica sono effettuate con cadenza trimestrale; consistono essenzialmente in una verifica freaticometrica in campo, per riscontrare la corretta misura effettuata dalla sonda idrostatica. Tale dispositivo, per quanto stabile, può subire nel tempo una piccola deriva nella misura effettuata; se trascurata, essa può indurre errori sensibili nella misura del battente idrostatico e, di conseguenza della profondità del livello di falda. La verifica viene effettuata misurando, con l'ausilio di un freaticometro, la profondità effettiva del livello di falda; questo valore viene confrontato con quanto rilevato istantaneamente dalla stazione piezometrica, sottraendo alla *profondità di posa della sonda* la *colonna d'acqua misurata* e l'*altezza del bocca pozzo* (fig. 5). Se non vi è corrispondenza tra la misura freaticometrica e il dato rilevato istantaneamente dalla stazione, si procede a un "riposizionamento simulato" della sonda, fissando una nuova profondità di posa (PPS di fig. 5) e azzerando in tal modo ogni errore di deriva. Nel caso di acquiferi in pressione con

potenziale idraulico superiore al piano di campagna, la misura comparativa del livello piezometrico viene effettuata utilizzando un'asta graduata componibile, dotata di bolla di allineamento, associata a un tubicino trasparente collegato al bocca pozzo in pressione (fig. 7).

Eseguendo le verifiche con cadenza trimestrale, si contengono gli errori di misura; le correzioni da effettuare sono minime e i tipici "gradini" nelle serie di dati, non imputabili a variazioni effettive del livello di falda, sono praticamente trascurabili.

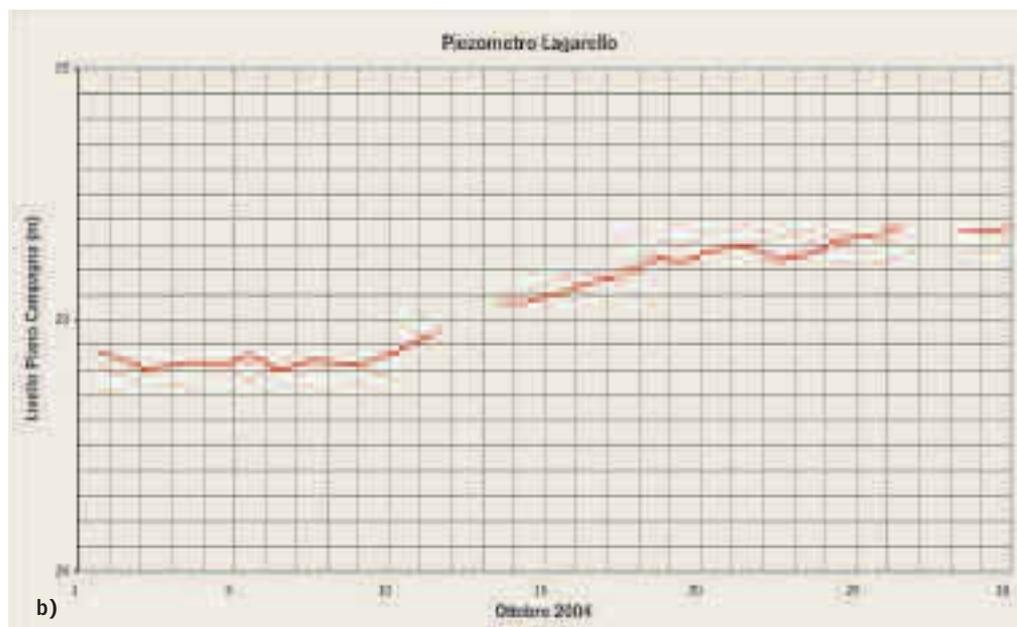
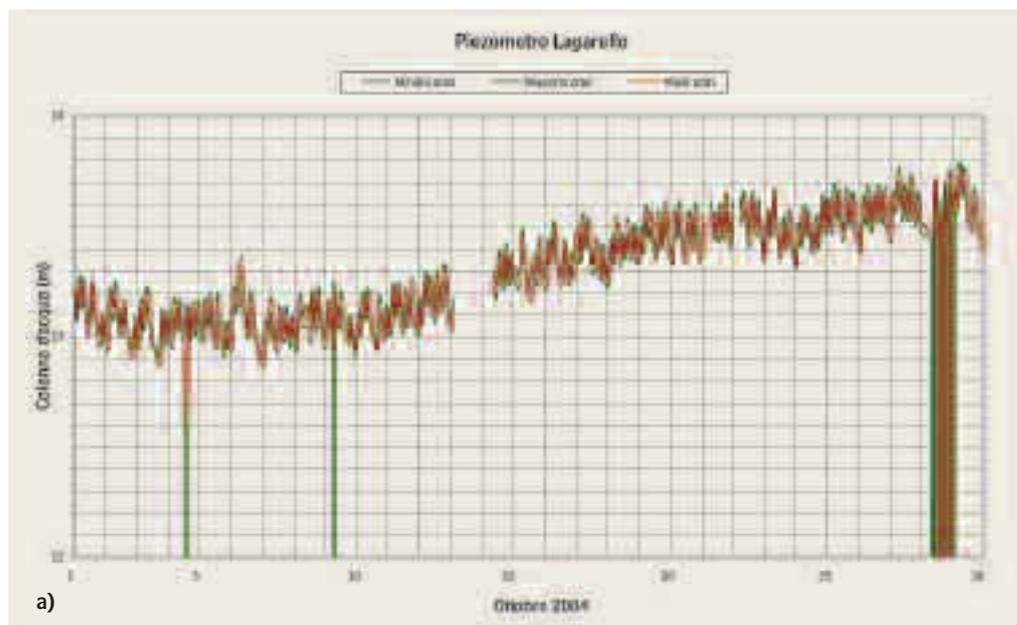
4.2 VALIDAZIONE SETTIMANALE DEI DATI

Per descrivere la seconda fase delle procedure di validazione, è necessaria una premessa: i datalogger sono stati programmati per acquisire i dati minimi, medi e massimi nell'intervallo di un'ora; le medie orarie sono utilizzate come "dato grezzo" per le elaborazioni successive, mentre i valori orari minimi e massimi sono particolarmente utili nella fase di validazione dei dati (fig. 8) che precede l'archiviazione definitiva nel data warehouse di Arpa Umbria.

Osservando simultaneamente le serie di valori orari minimi, medi e massimi, è possibile verificare la veridicità del dato per determinarne la validità. L'osservazione congiunta dei valori orari minimi e massimi fornisce informazioni importanti sullo stato di funzionamento della stazione piezometrica. In fig. 9 è rappresentata una serie di dati orari "grezzi". Il grafico illustra i valori orari minimi, medi e massimi rilevati dalla stazione piezome-



Fig. 7 - Determinazione del livello piezometrico in una falda con potenziale idraulico superiore al piano di campagna. Al bocca pozzo in pressione (a) viene collegato idraulicamente un capillare trasparente attraverso un apposito raccordo. Il livello dell'acqua nel capillare viene misurato con un'asta tubolare centimetrata, dotata di bolla di allineamento (b)



Figg. 8a e 8b - Serie di dati relativi alla stazione piezometrica di Lagarello (Terni). Valori "grezzi" della colonna d'acqua, in forma di valori orari minimi, medi e massimi. Le due lacune di dati sono dovute rispettivamente a una mancanza della tensione di rete e ad alcune manovre esercitate dal gestore, nel corso delle quali è stata estratta ripetutamente la sonda idrostatica dal piezometro

trica di Lagarello, nel comune di Terni. L'osservazione delle sole medie orarie non avrebbe consentito di rilevare l'anomalia delle ore otto, dovuta all'estrazione momentanea della sonda idrostatica dal piezometro. L'esame congiunto dei valori minimi, medi e massimi, invece, permette un riscontro pressoché immediato dell'andamento anomalo della serie. Per questo motivo, l'osservazione sistematica dei valori minimi e massimi è parte integrante delle procedure di validazione dei dati. Tali procedure prevedono l'esportazione settimanale delle serie di dati (medie orarie) in formato testo e l'elaborazione delle stesse con un programma in

Visual Basic appositamente realizzato dal Servizio Reti Monitoraggio Acque, denominato VALRW2000-R6, che determina, su scelta dell'operatore, la media giornaliera, la mediana, la media interquartile. Il programma analizza il file, ne visualizza l'interno e consente di rimuovere i dati anomali, riscontrati nell'osservazione congiunta dei valori orari minimi, medi e massimi.

Le procedure di validazione adottate prima del 1 gennaio 2005 prevedevano la rimozione dei dati orari anomali e il calcolo della media giornaliera sui valori residui. Se il disturbo che aveva provocato l'errore era persistente (oltre 18-24 ore

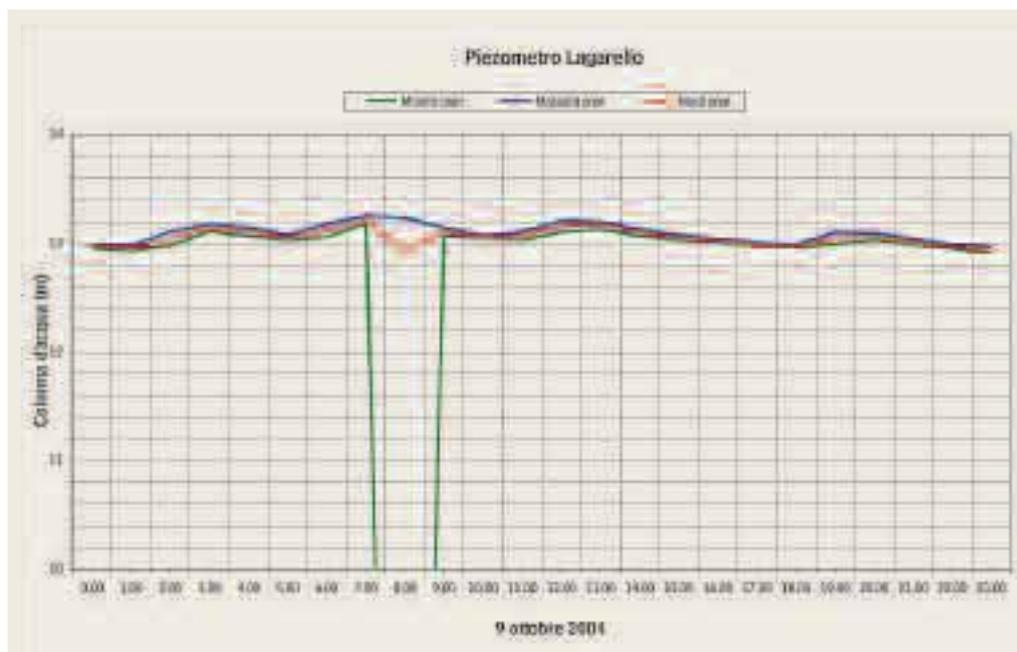


Fig. 9 - Serie di dati orari "grezzi" relativi alla colonna d'acqua misurata dalla stazione piezometrica di Lagarelo (Terni). L'osservazione delle sole medie orarie non avrebbe consentito di riscontrare l'anomalia delle ore otto, dovuta all'estrazione momentanea della sonda idrostatica dal piezometro

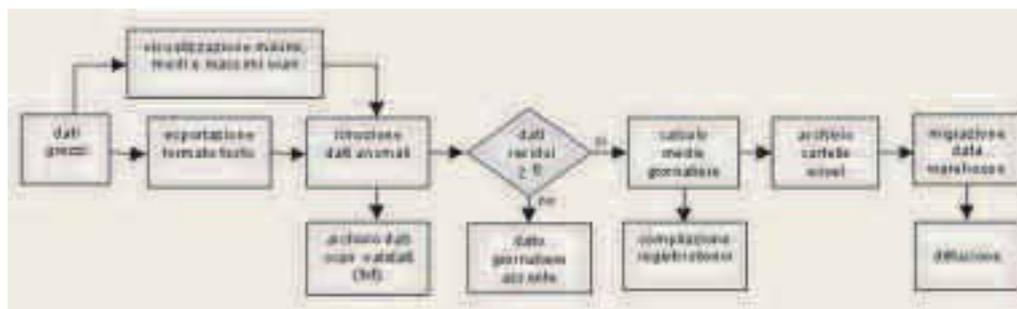


Fig. 10 - Procedura di validazione dei dati piezometrici adottata fino al 31 dicembre 2004

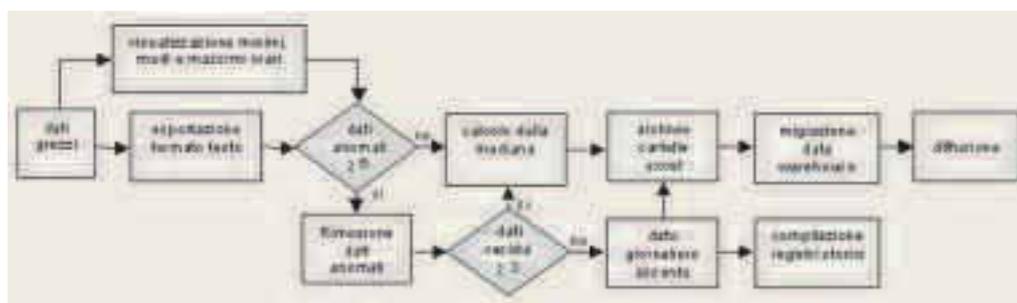


Fig. 11 - Nuova procedura di validazione dei dati piezometrici, con la quale si determina il valore giornaliero attraverso la mediana anziché la media aritmetica sui valori residui

nel giorno in esame), il dato giornaliero veniva invalidato, in quanto i dati validi residui erano ritenuti non sufficientemente significativi ai fini della media giornaliera. Se il disturbo non era persistente (meno di 18 ore nel giorno in esame), la serie di dati, valida almeno per il 25% del tempo di osservazione, era ritenuta comunque significativa. In questo caso si procedeva alla determinazione della media giornaliera su un numero ridotto di dati, escludendo dal calcolo i valori errati (fig. 10).

Dal 1 gennaio 2005 il Servizio Reti Monitoraggio Acque ha messo a punto nuovi criteri di validazione dei livelli pie-

zometrici. Tale revisione è stata dettata dall'esigenza di snellire le procedure per contrarre i tempi esecuzione, visto il crescente numero di stazioni da gestire, conservando comunque un alto standard qualitativo dei dati forniti. La nuova procedura prevede la determinazione del valore giornaliero non più tramite la media aritmetica sui valori orari residui, ma attraverso il calcolo della mediana (fig. 11). La mediana, definita come la modalità assunta dall'unità che occupa la posizione centrale della serie ordinata (nel nostro caso la serie ordinata è rappresentata dalle 24 medie orarie del giorno in esame, ordinate in modo crescente), costituisce un operatore matema-

tico più "robusto" della media aritmetica, in quanto è rappresentativo della distribuzione ordinata anche in presenza di valori anomali. I caratteristici "picchi" che costituiscono il 90% delle anomalie transitorie, si dispongono ai margini della serie ordinata e il loro peso nella determinazione del valore giornaliero è praticamente nullo, senza esercitare alcun "taglio" manuale dei dati orari. Ovviamente, è necessaria l'osservazione preliminare della serie per verificare che il numero di dati orari anomali non sia tanto alto da condizionare anche la mediana.

La revisione della procedura è stata estesa anche al numero minimo rappresentativo di dati orari per determinare il valore giornaliero; riteniamo che un'osservazione minima di tre ore al giorno, vista la particolare inerzia nelle variazioni dei livelli di falda, possa essere significativa ai fini della determinazione del valore giornaliero. Con la nuova procedura, sono stati ridotti drasticamente i tempi necessari al personale del Servizio Reti Monitoraggio Acque per validare i dati piezometrici ed è stato contestualmente mantenuto un alto standard qualitativo dei dati forniti.

Il software VALRW2000-R6 ordina automaticamente la serie dei valori orari in ordine crescente, attraverso la tecnica *bubble-sort*, e determina la mediana, fornendo all'utente il numero di dati orari (per giorno) utilizzati nel calcolo.

Si ritiene che il valore giornaliero sia il dato più "fruibile" per eventuali elaborazioni (caratterizzazione idrogeologica degli acquiferi, realizzazione di modelli, elaborazioni statistiche ecc.). In ogni caso, per studi particolareggiati di massimo dettaglio, anche i dati orari, dopo la procedura di validazione, sono conservati in file in formato testo. I valori giornalieri, invece, sono archiviati in apposite cartelle di Excel, che costituiscono la "base di appoggio" per la diffusione dei dati via internet e la migrazione automatica nel data warehouse dell'Agenzia. In Excel viene determinata automaticamente la profondità del livello di falda dal piano di campagna, a partire dalle colonne d'acqua monitorate, note le profondità di posa delle sonde e le altezze dei bocca pozzi (PC, h, PPS, BP di *fig. 5*).

La procedura è completata con la compilazione di un apposito registro, dove sono tracciate tutte le operazioni di validazione. Nel registro, per ogni stazione di monitoraggio, sono annotati i valori giornalieri mancanti, la causa dell'assenza del dato e la firma del tecnico che ha eseguito la procedura di validazione.

Questo documento, unito ai registri di manutenzione delle singole stazioni e agli archivi dei dati grezzi, costituisce la memoria "storica" della rete di monitoraggio gestita dal Servizio Reti Monitoraggio Acque di Arpa Umbria.

5. Prestazioni delle stazioni piezometriche

Le stazioni piezometriche sono sottoposte a un controllo di performance che individua il rendimento delle stazioni stesse, basato sul numero di dati effettivamente prodotti rispetto al numero massimo di dati producibili. Sono illustrati gli indici specifici e generici che consentono di monitorare nel tempo l'andamento delle prestazioni dell'intera rete piezometrica.

Il Servizio Reti Monitoraggio Acque ha ottenuto la certificazione ISO 9001 per alcune delle attività esercitate. Non è stato possibile estendere subito la certificazione a tutte le attività, sia per l'impegno del personale nella contestuale fase di espansione della rete, sia per le difficoltà legate alla mancanza di riferimenti "esterni" nel processo iniziale di messa a punto delle procedure e di preparazione della documentazione (non vi è, a oggi, un servizio analogo certificato). In accordo con la Direzione Generale si è deciso così di procedere alla certificazione di una parte delle attività svolte dal Servizio, ovvero il monitoraggio quantitativo delle acque sotterranee (portate sorgive e livelli piezometrici).

Per monitorare e migliorare nel tempo le prestazioni del Servizio Reti Monitoraggio Acque, è emersa la necessità di individuare un indice sintetico che potesse descrivere lo stato delle attività svolte. La "qualità" del dato è garantita dal rispetto delle procedure operative che regolano la manutenzione ordinaria della strumentazione (tarature e verifiche in campo) e dalla correttezza del processo settimanale di validazione. Pertanto si è deciso di effettuare un *controllo di performance* di carattere "quantitativo", basato sul numero di dati effettivamente prodotti dal Servizio rispetto al numero massimo di dati producibili. In altre parole, il controllo contempla i dati giornalieri prodotti nell'anno rispetto al totale producibile.

Dal punto di vista matematico, l'indicatore è esprimibile come:

$$I_p = N_p \cdot 100 / N_t$$

dove:

I_p è l'indicatore di performance;

N_p rappresenta il numero di valori giornalieri prodotti;

N_t è il numero di valori giornalieri totali, e rappresenta la percentuale dei dati prodotti rispetto a quelli potenzialmente producibili.

Va sottolineato che l'indicatore di performance identificato è rappresentativo non soltanto della funzionalità del servizio, ma anche di una serie di fattori "esterni" che concorrono di fatto all'efficienza del servizio, pur non essendo a esso imputabili; la gestione delle stazioni necessita della continua interazione con i gestori del punto di prelievo, proprietari di alcune stazioni di monitoraggio, e con le Autorità d'Ambito, proprietarie dei siti. Talvolta gli interventi sulle apparecchiature sono condizionati dalla disponibilità dei soggetti citati. Inoltre, il corretto funzionamento delle apparecchiature (e di conseguenza il rischio di guasto) dipende da cause esterne quali eventi atmosferici, blackout, azioni del gestore sui propri impianti che invalidano i dati acquisiti, furti o manomissioni delle apparecchiature e altre situazioni non prevedibili.

Le prestazioni delle stazioni piezometriche sono state analizzate singolarmente ed espresse in forma grafica attraverso il numero di dati prodotti e non prodotti (figg. 12-18); sono stati poi determinati ed evidenziati gli indicatori di performance relativi al periodo 2001-2007 (fig. 19).

Gli indicatori specifici consentono di verificare le prestazioni delle singole sta-

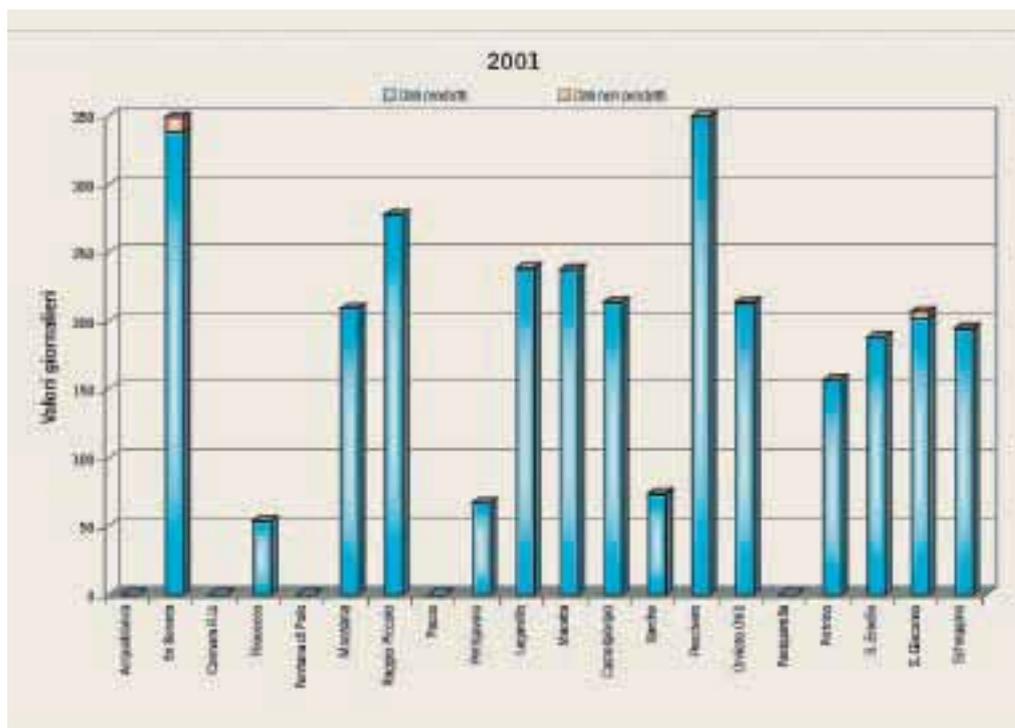


Fig. 12 - Livelli piezometrici relativi all'anno 2001. Rappresentazioni grafiche delle quantità di dati prodotti e di dati non prodotti, distinti per stazione

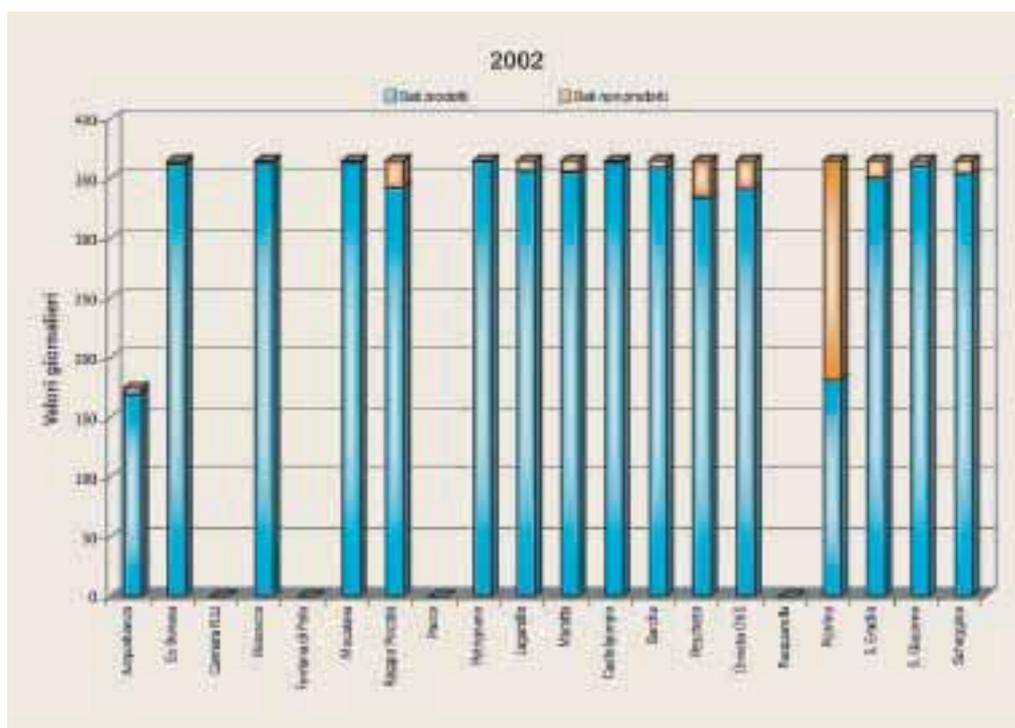


Fig. 13 - Livelli piezometrici relativi all'anno 2002. Rappresentazioni grafiche delle quantità di dati prodotti e di dati non prodotti, distinti per stazione

zioni, evidenziando dove sono concentrati i problemi che hanno caratterizzato le maggiori carenze di dati; gli indicatori generici, invece, consentono di monitorare nel tempo l'andamento delle prestazioni dell'intera rete piezometrica.

Nel primo anno di funzionamento si sono ottenute performance totali prossime al 100% (fig. 19a). Nei due anni successivi, le prestazioni complessive sono calate sensibilmente, portandosi a valori

di poco superiori al 94% (figg. 19b-19c). Va sottolineato che nel 2002 quasi tutti i problemi sono concentrati in un'unica stazione (Pistrino). Il 2004 è caratterizzato da un sensibile calo di performance, dovuto a particolari problematiche che hanno interessato le parti elettroniche di tutti gli acquisitori, sottoposte a un invecchiamento inaspettato di alcune componenti (fig. 19d). Nel 2005, dopo aver sostituito le componenti elettroniche

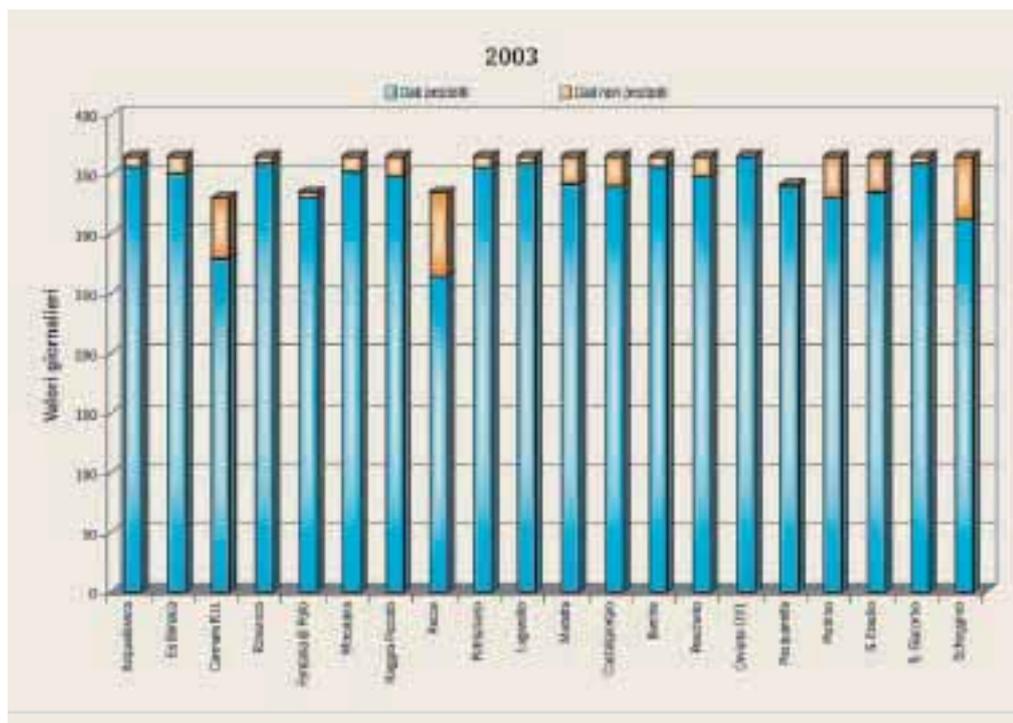


Fig. 14 - Livelli piezometrici relativi all'anno 2003. Rappresentazioni grafiche delle quantità di dati prodotti e di dati non prodotti, distinti per stazione

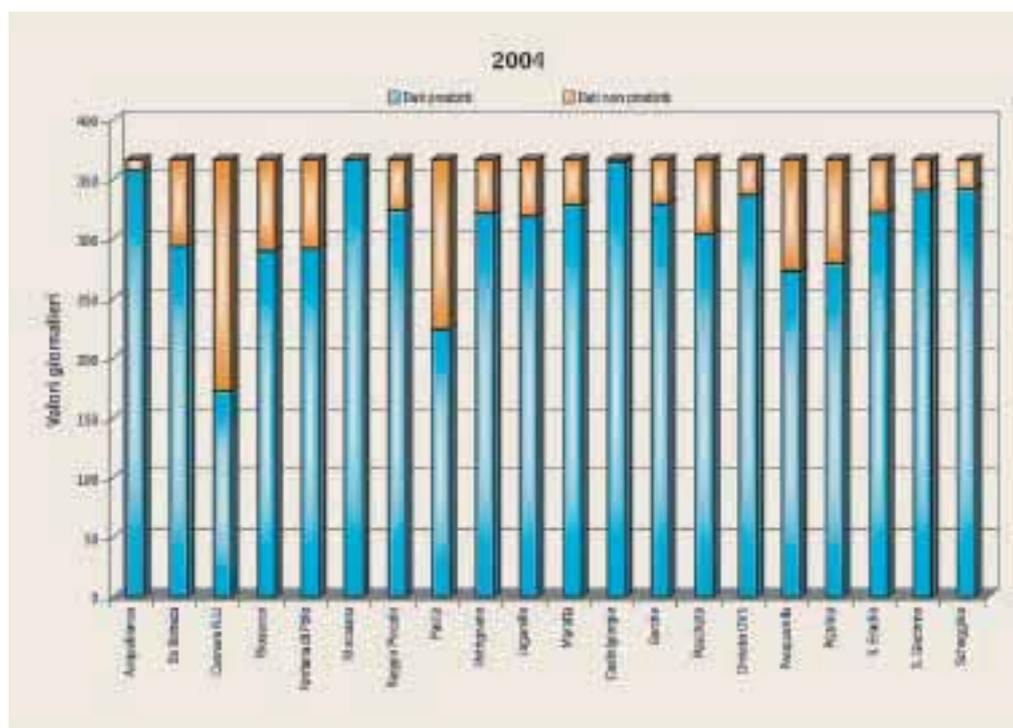


Fig. 15 - Livelli piezometrici relativi all'anno 2004. Rappresentazioni grafiche delle quantità di dati prodotti e di dati non prodotti, distinti per stazione

danneggiate, le prestazioni della rete piezometrica sono salite di nuovo oltre il 92% (fig. 19e).

L'andamento temporale dell'indicatore di performance può essere spiegato con un ottimo inizio dovuto alla "freschezza" delle componenti elettroniche che ha garantito un funzionamento ottimale. Va considerato anche il numero limitato di stazioni di monitoraggio attivate nel 2001, che ha facilitato gli interventi di

manutenzione straordinaria da parte del Servizio Reti Monitoraggio Acque. Poi, il progressivo invecchiamento delle apparecchiature, sostenuto dalle particolari condizioni di posa (umidità, escursioni termiche ecc.), ha provocato alcuni malfunzionamenti, culminati con la sostituzione delle componenti elettroniche degli acquisitori. Successivamente si è di nuovo tornati a prestazioni ottimali. Nel 2006, grazie all'inserimento in rete delle nuove



Fig. 18 - Livelli piezometrici relativi all'anno 2007. Rappresentazioni grafiche delle quantità di dati prodotti e di dati non prodotti, distinti per stazione

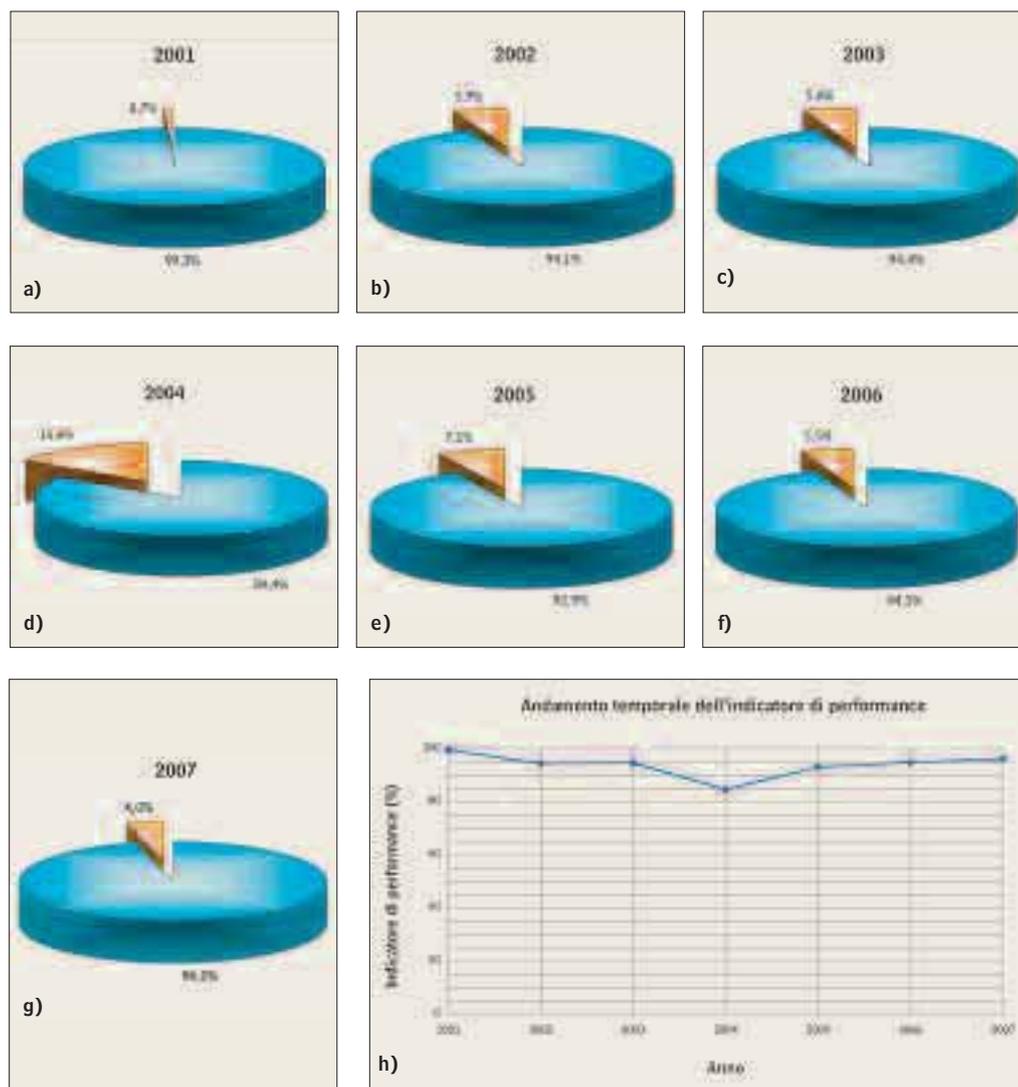


Fig. 19 - Indicatore di performance delle stazioni piezometriche, relativo al periodo 2001-2007 e andamento temporale dello stesso indicatore

Fig. 20 - Indicatore di correzione dei dati relativi alla rete piezometrica per il triennio 2005-2007

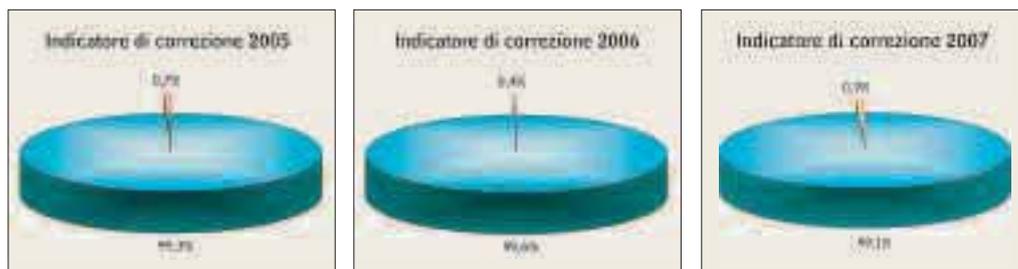
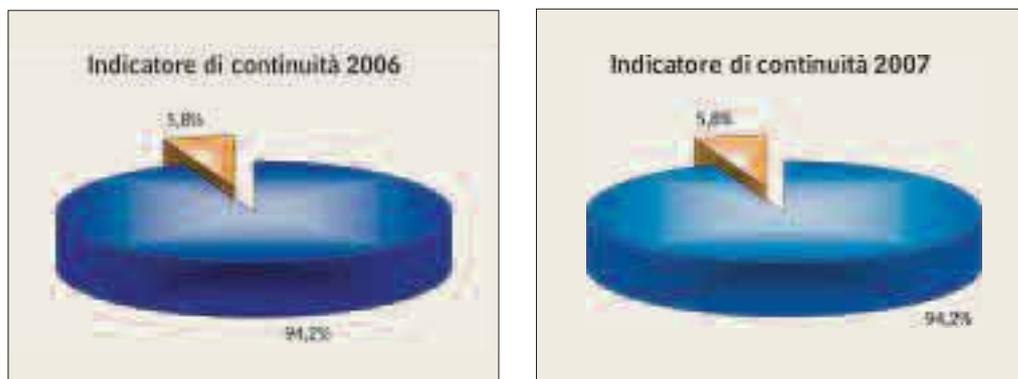


Fig. 21 - Indicatore di continuità relativo alla rete piezometrica per il biennio 2006-2007



munque, vi è la possibilità di intervenire sui dati già diffusi attraverso il sito internet, modificandoli e/o invalidandoli in funzione di quanto sopra esposto. In tal caso, il Servizio Reti Monitoraggio Acque provvede alla diffusione dei dati corretti, segnalando agli utenti le modifiche apportate. Queste operazioni di correzione sono oggetto di un secondo indicatore, denominato *indicatore di correzione* (fig. 20), che esprime il rapporto percentuale tra il numero di dati corretti e il numero di dati totali. Questo indicatore non rappresenta una performance e non è utilizzato per porre obiettivi di miglioramento: è semplicemente un indicatore statistico dell'attività svolta dal servizio:

$$I_c = N_c \cdot 100 / N_t$$

dove:

I_c è l'indicatore di correzione;
 N_c rappresenta il numero di valori giornalieri corretti dopo la diffusione;
 N_t è il numero totale di valori giornalieri.

L'indicatore di correzione è stato inserito nei parametri di controllo dell'attività svolta dal servizio a partire dall'anno 2005 (fig. 20).

Il processo di validazione e diffusione dei dati, effettuato con cadenza settimanale, consente agli utenti di disporre sempre di dati aggiornati. Tuttavia, in condizioni particolari quali ferie, malattie e impegni gravosi del personale del servizio, il processo settimanale di validazione e diffusione potrebbe essere ritardato oppure non effettuato. Per valutare tali mancanze è stato identificato un terzo indicatore, denominato *indicatore di continuità*, che esprime il rapporto percentuale tra le settimane in cui il processo di validazione è stato effettuato in ritardo (o non è stato effettuato) e il numero totale di settimane (fig. 21). Questo indicatore, introdotto nel 2006, esprime di fatto una performance del servizio, ma non viene utilizzato per porre obiettivi di miglioramento.

$$I_{cnt} = N_{sn} \cdot 100 / N_t$$

dove:

I_{cnt} è l'indicatore di continuità;
 N_{sn} rappresenta il numero di settimane in cui il processo di validazione e diffusione è stato effettuato in ritardo o non è stato effettuato;
 N_t è il numero di settimane dell'anno.

6. La rete piezometrica su scala regionale

La rete piezometrica regionale, realizzata in due tempi, è costituita da 44 stazioni che monitorano in continuo 49 livelli di falda. In futuro sono previsti piccoli ampliamenti in nuove zone di ricerca, localizzate nell'Umbria nordorientale.

La rete piezometrica gestita dal Servizio Reti Monitoraggio Acque di Arpa Umbria è stata realizzata in due fasi distinte, legate a due progetti di interesse interregionale (PRISMAS) e regionale (PIEZO). Nella prima fase sono state acquistate 13 stazioni piezometriche alimentate con tensione di rete e 10 alimentate a batteria, da ubicare in piezometri esistenti. La mancanza di fondi per l'escavazione di nuovi piezometri appositamente dedicati al monitoraggio del livello di falda ha portato a un inevitabile compromesso nella scelta dei punti del reticolo. Inizialmente sono stati identificati, su scala regionale, i pozzi esistenti dismessi dai gestori dei punti di prelievo in quanto non produttivi o non più consoni alle esigenze dei gestori stessi (diametro insufficiente, scarsa produttività ecc.). Successivamente è stato selezionato un numero ristretto di pozzi di importanza strategica per il monitoraggio su scala regionale, verificando contestualmente il buono stato di conservazione dell'opera. Il numero di perforazioni selezionate è stato ulteriormente ridotto in funzione delle condizioni "logistiche" del punto di monitoraggio, vale a dire la presenza della tensione di rete, del segnale GSM, di infrastrutture in grado di ospitare le stazioni piezometriche e dell'accessibilità. Infine sono state raccolte, ove possibile, tutte le informazioni tecniche relative ai pozzi (diametro, profondità, ubicazione della superficie filtrante) e all'acquifero (stratigrafia, prove di portata, studi di dettaglio), per completare il quadro conoscitivo dei punti di monitoraggio selezionati, al fine di appurarne

definitivamente la significatività. Terminata la fase preliminare di identificazione dei punti, si è passati all'installazione delle apparecchiature di monitoraggio e all'inserimento permanente delle stazioni nella rete di Arpa Umbria.

La scelta dei punti può sembrare discutibile, in quanto non si è potuto procedere alla ricerca capillare dei luoghi di maggiore interesse. In realtà, il numero di pozzi dismessi significativi ai fini del monitoraggio piezometrico e nel contempo idonei a ospitare le apparecchiature necessarie era sufficiente a coprire le esigenze iniziali; inoltre, vi era la consapevolezza che quanto effettuato nell'ambito del progetto PRISMAS sarebbe stato soltanto il primo passo verso la realizzazione della rete piezometrica regionale. In quest'ottica, le lacune del reticolo derivate dal numero limitato di stazioni acquistate e di pozzi esistenti utilizzabili sarebbero state colmate nella fase successiva di ampliamento.

Il progetto PIEZO è stato formulato allo scopo di ampliare e ottimizzare la rete piezometrica esistente. Il progetto prevedeva la realizzazione di nuovi piezometri sia in aree di prelievo di importanza regionale, sia in aree non disturbate. Alcune perforazioni (Valle del Nese, Rocca San Zenone) sono state realizzate in zone "inesplorate", per verificare la presenza di risorse idrogeologiche sfruttabili nel prossimo futuro. Nelle aree caratterizzate da falde sovrapposte con diverse caratteristiche idrauliche (falda freatica e falda in pressione), sono stati realizzati due piezometri, opportunamente cemen-

Fig. 22 - Rete piezometrica regionale gestita dal Servizio Reti Monitoraggio Acque di Arpa Umbria. Le stazioni indicate in giallo sono state realizzate nell'ambito del progetto PRISMAS, quelle indicate in rosso sono state realizzate nell'ambito del progetto PIEZO. I punti di monitoraggio contrassegnati in blu, realizzati originariamente nell'ambito del progetto PRISMAS, sono stati modificati con l'escavazione di nuovi piezometri. Le stazioni in verde sono state realizzate dal gestore Umbra Acque e concesse in uso ad Arpa Umbria

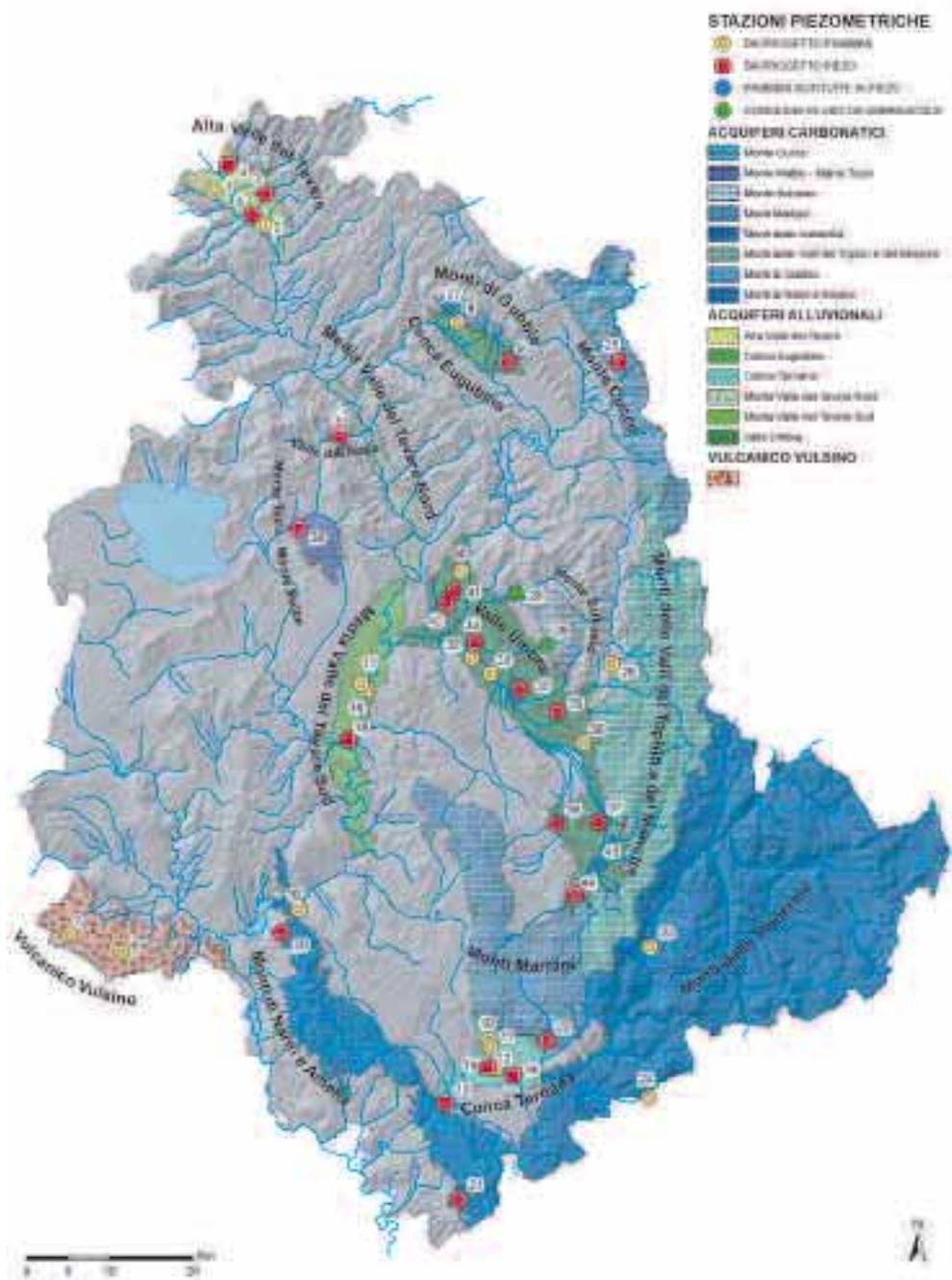


Fig. 23 - Bocca pozzo per falde con potenziale idraulico superiore al piano di campagna

tati, per consentire il monitoraggio distinto dei due acquiferi. Laddove le falde in pressione erano caratterizzate da un potenziale idraulico superiore al piano di campagna, sono stati costruiti appositi bocca pozzi a tenuta (fig. 23).

Tali bocca pozzi, costruiti su specifiche di Arpa Umbria, sono dotati di un rubinetto per effettuare il prelievo di campioni e consentono di alloggiare la sonda piezometrica attraverso un raccordo in pressione; inoltre sono forniti di un apposito supporto a tenuta stagna per effettuare verifiche

freatimetriche, qualora il potenziale idraulico, nei periodi estivi, sia inferiore al piano di campagna. In questo modo ogni piezometro può essere utilizzato sia per il monitoraggio continuo del livello di falda, sia per il monitoraggio periodico (discreto) della qualità delle acque.

Infine sono state aggiunte alla rete esistente due nuove stazioni piezometriche, alimentate con pannello solare, realizzate dal gestore Umbra Acque e concesse in uso ad Arpa Umbria, localizzate nell'Unità del monte Subasio.

Tab. 1 - Elenco delle stazioni che compongono la rete piezometrica gestita da Arpa Umbria

n.	Acquifero	Stazione piezometrica	Comune	Coord. Gauss-Boaga		Livelli monitorati
				X	Y	
◆ 1	Alta Valle del Tevere	Pistrino	Citerna	2289432	4821418	1
◆ 2		Riosecco	Città di Castello	2295424	4817394	1
◆ 3		Cerbara	San Giustino	2295604	4821117	2
◆ 4		San Giustino	San Giustino	2291133	4824733	2
◆ 5		Piosina	Città di Castello	2294030	4818624	1
◆ 6	Complesso Vulcanico	Orvieto (OV1)	Orvieto	2278276	4728953	1
◆ 7	Vulsino	Castel Giorgio (OV4A)	Castel Giorgio	2272109	4731100	1
◆ 8	Conca Eugubina	Raggio	Gubbio	2318778	4805561	1
◆ 9		Gubbio	Gubbio	2324766	4800663	1
◆ 10	Conca Ternana	Fontana di Polo	Terni	2322611	4718307	1
◆ 11		Lagarello	Terni	2322712	4717598	1
◆ 12		Maratta	Terni	2323460	4714949	1
◆ 13		Argentello	Narni	2317325	4710719	1
◆ 14		Cospea	Terni	2325565	4714110	1
◆ 15	Maratta Cerasola	Terni	2322512	4715040	1	
◆ 16	Media Valle del Tevere	Pescheto di Deruta	Deruta	2307980	4760926	1
◆ 17		Barche di Deruta	Deruta	2307203	4761687	1
◆ 18		Marsciano	Marsciano	2305631	4754885	1
◆ 19	Sistema dei monti di Narni e Amelia	Pasquarella	Baschi	2299677	4734267	1
◆ 20		Ponte Argentario	Baschi	2297677	4731387	1
◆ 21	Calvi	Calvi	2318944	4699057	1	
◆ 22	Sistema dei M. Martani	Rocca San Zenone	Terni	2329543	4718226	1
◆ 23	Sistema della Valnerina	Scheggino	Scheggino	2342029	4729674	1
◆ 24		Pacce	Morro Reatino	2341869	4711378	1
◆ 25	Sistema dell'Umbria nord-orientale	Valle del Sodo	Sigillo	2338234	4800654	1
◆ 26		Acquabianca	Foligno	—	—	1
◆ 27	Unità dei M. di Gubbio	Mocaiana	Gubbio	2318060	4807079	1
◆ 28	Unità del Monte Subasio	Valle del Tescio	Assisi	2325804	4772637	1
◆ 29		Valle del Renaro	Assisi	2329541	4766349	1
◆ 30	Unità di Monte Malbe	Migiana	Corciano	2299699	4780485	1
◆ 31	- Monte Tezio	Valle Nese	Umbertide	2304565	4791703	1
◆ 32	Valle Umbra - Acquifero artesiano di Cannara	Cannara R.U.	Cannara	2320502	4764791	1
◆ 33		Cannara Ex Bonaca	Cannara	2322840	4762899	1
◆ 34		Cannara C.P.	Cannara	2320852	4766676	1
◆ 35	Torre Acquadino	Spello	2326303	4760935	1	
◆ 36	Valle Umbra	Castel Ritaldi	Castel Ritaldi	2330680	4744584	1
◆ 37	- Acq. confinato Azzano	Pissignano	Campello sul Clitunno	2335743	4744856	1
◆ 38	Valle Umbra	Sant'Eraclio	Foligno	2334034	4754502	1
◆ 39	- Settore di Foligno	Fiamenga	Foligno	2330791	4758175	1
◆ 40	Valle Umbra - Settore di Petrignano di Assisi	Petrignano scuola	Assisi	2319285	4775364	1
◆ 41		Petrignano C.P.	Assisi	2318360	4772855	2
◆ 42		Cipresso	Bastia	2317424	4771319	2
◆ 43	Valle Umbra	San Giacomo di Spoleto	Spoleto	2335823	4739696	2
◆ 44	- Settore Spoleto	San Nicolò	Spoleto	2332976	4736033	

◆ stazioni realizzate nell'ambito del progetto PRISMAS.

◆ stazioni realizzate nell'ambito del progetto PIEZO.

◆ punti di monitoraggio realizzati originariamente nell'ambito del progetto PRISMAS e successivamente modificati con l'escavazione di nuovi piezometri.

◆ stazioni realizzate dal gestore Umbra Acque e concesse in uso ad Arpa Umbria.

Attualmente la rete piezometrica regionale è costituita da 44 stazioni che misurano in continuo 49 livelli di falda.

Nel prossimo futuro sono previsti piccoli ampliamenti in nuove zone di ricerca, localizzate nell'Umbria nordorientale.



7. Alta valle del Tevere

L'Alta valle del Tevere è un'ampia zona alluvionale di circa 130 km², ove sono collocate 5 stazioni piezometriche che misurano in continuo 7 livelli di falda. La rete piezometrica permette di rilevare l'esistenza di condizioni di variabilità stagionale differenziate tra il settore centrale (prossimo al fiume Tevere) e la fascia orientale.

L'Alta valle del Tevere è un'ampia zona alluvionale che si sviluppa da Montedoglio fino all'altezza di Città di Castello, per una superficie complessiva di circa 130 km², di cui soltanto il 60% ricade nel territorio umbro.

7.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Nel settore orientale dell'acquifero, i terreni che bordano i depositi alluvionali sono costituiti da formazioni flyschoidi della serie Umbro-Marchigiana e di quella Toscana s.l.; a nord-ovest, invece, si hanno terreni argilloso-calcarei, argillo-scistosi e metamorfici della serie ofiolitifera alloctona ligure. Nel settore occidentale, da Anghiari a Citerna, e in quello meridionale, all'altezza di Città di Castello, sono presenti depositi fluvio-lacustri.

I depositi alluvionali che costituiscono le rocce serbatoio dell'acquifero presentano una situazione piuttosto disomogenea. Il margine orientale, da San Sepolcro a Città di Castello, è costituito da alluvioni terrazzate antiche poste a una quota superiore (40-50 metri) dal letto attuale del fiume Tevere, con ampiezza massima localizzata a sud di San Giustino. Tale situazione è riscontrabile anche alla destra del Tevere, ma interessa porzioni ridotte.

Il settore centrale dell'acquifero è caratterizzato da una coltre di alluvioni con spessori massimi superiori a 100 metri.

A destra del Tevere, tra l'asta del fiume e il torrente Cerfone, le alluvioni sono prevalentemente ghiaiose e, nell'area di San Romano, raggiungono spessori massimi di circa 130 metri. Procedendo verso sud, si presentano ghiaie in matrice argil-

losa o alternate a livelli argillosi, con componente fine che diventa progressivamente più abbondante. Nell'area di confluenza del Cerfone nel Tevere la coltre ghiaiosa si riduce drasticamente a uno spessore massimo di 20 metri circa.

Alla sinistra del fiume, tra San Sepolcro e Selci, i depositi ghiaioso-sabbiosi hanno uno spessore ridotto. Le alluvioni terrazzate costituiscono una esigua copertura dei depositi del precedente ciclo sedimentario continentale (delta fluvio-lacustri) che a loro volta poggiano sul substrato costituito dalle formazioni marnose e arenacee mioceniche. In prossimità del torrente Afra si hanno i massimi spessori di terreni a granulometria grossolana, con spessori massimi di circa 80 metri.

Il settore meridionale della valle, fino a sud di Città di Castello, è costituito da alluvioni con spessori ridotti a granulometria più fine. I massimi spessori si osservano in prossimità dell'alveo del Tevere e non superano i 10 metri.

7.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'acquifero è stato oggetto di vari studi di carattere idrogeologico a partire dal 1973 (Idrotecneco RPA, 1974; Idrotecneco RPA, 1975) e, a seguire, negli anni 1979-81 (Idrogeocoop, 1980; Della Martera, 1980; Spadoni, 1981). Le principali attività di studio si sono svolte comunque negli anni 1991 e 1992-1993, rispettivamente nell'ambito del *Progetto finalizzato alla valutazione degli effetti nell'Alta valle del Tevere conseguenti all'esercizio dell'invaso di Montedoglio* (1991), promosso dalle regioni Umbria e Toscana con l'ausilio degli enti locali, e

Fig. 24 - Localizzazione geografica del piezometro Pistrino (Cartografia IGM, Foglio n. 131 - Tav. IV NE)



Fig. 25 - Localizzazione geografica dei piezometri Piosina e Riosecco (Cartografia IGM, Foglio n. 115 - Tav. II NO)



nella stesura della *Carta della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero dell'Alta valle del Tevere* (AA.VV., 1995), per opera dell'Unità Operativa 4.II del GNDICI-CNR, facente capo alla Regione Umbria.

Nell'area settentrionale dell'acquifero è stato riscontrato un asse di deflusso principale parallelo al fiume Tevere a ovest dell'attuale alveo; inoltre, è stata verificata l'esistenza di gradienti piuttosto diversi tra le porzioni centromeridionale, nordoccidentale e orientale.

Nella fascia centrale della valle la profondità della falda era mediamente inferiore a 10 metri dal piano di campagna, mentre nell'area a ovest di Sansepolcro si manteneva più superficiale per la presenza di strati argillosi che determinano la presenza di circuiti minori; nella zona della conoide del torrente Lama si raggiungevano valori di circa 20 metri.

Sono stati individuate piezometrie minori sia a margine della valle, sia nell'area compresa tra le conoidi dei torrenti Afra e Lama, legate alla presenza di circuiti minori con scarsi scambi con l'acquifero principale.

Le oscillazioni stagionali del livello di

falda erano nell'ordine di 2 metri nella porzione centrale dell'acquifero, in prossimità del fiume Tevere, e più marcate nel settore orientale della valle.

7.3 LOCALIZZAZIONE DELLE STAZIONI PIEZOMETRICHE

L'acquifero dell'Alta valle del Tevere è caratterizzato dalla presenza di 5 stazioni piezometriche poste in opera in tempi diversi.

La stazione di *Pistrino*, posta nella piazza centrale dell'omonimo paese, è stata attivata nel mese di luglio 2001 (fig. 24). È costituita da una sonda idrostatica a immersione con un campo di misura 0-2 bar, collegata a una stazione di acquisizione alimentata a batterie ricaricabili, provvista di un solo canale analogico (fig. 26).

Il piezometro denominato *Riosecco* è collocato nella periferia nord di Città di Castello, in un campo pozzi per uso potabile gestito da Umbra Acque (fig. 25). Il piezometro è stato ricavato da un pozzo in disuso.

La stazione piezometrica di *Piosina* è collocata a circa 150 metri da un pozzo emunto per uso potabile, gestito da Um-

bra Acque, ed è stata realizzata in un'area recintata adibita a sollevamento fognario (fig. 25). Il piezometro ha una profondità di perforazione di circa 50 metri dal piano di campagna ed è interamente rivestito.

La stazione di monitoraggio di *Riosecco*, alimentata con tensione di rete, è dotata di una sonda idrostatica con campo di misura 0-2 bar e di un apparato di acquisizione a un canale analogico (fig. 27). La stazione di *Piosina*, anch'essa alimentata con tensione di rete, è provvista di una sonda idrostatica con campo di misura 0-3 bar e di un apparato di acquisizione a due canali analogici (figg. 28-29).

Il punto di monitoraggio di *Cerbara* è collocato a circa 400 metri da un pozzo emunto in modo discontinuo per uso potabile, gestito da Umbra Acque (fig. 30). La

stazione è costituita da 2 piezometri finestrati a diverse quote che consentono di monitorare distintamente il livello della falda superficiale e di quelle più profonde. I due piezometri hanno una profondità di perforazione di circa 35 e 73 metri dal piano di campagna e sono interamente rivestiti.

La stazione di monitoraggio di *Cerbara*, alimentata con pannelli solari, è dotata di due sonde idrostatiche con campo di misura 0-3 bar e di un apparato di acquisizione a due canali analogici (fig. 31).

La stazione piezometrica di *San Giustino* è collocata a circa 400 metri da un pozzo per uso potabile, gestito da Umbra Acque (fig. 32). È costituita da 2 piezometri finestrati a diverse quote che consentono di monitorare distintamente il livello della



Fig. 26 - Stazione piezometrica di Pistrino

Fig. 27 - Stazione piezometrica di Riosecco



Fig. 28 - Stazione piezometrica di Piosina

Fig. 29 - Stazione piezometrica di Piosina: bocca pozzo



Fig. 30 - Localizzazione geografica del piezometro di Cerbara (Cartografia IGM, Foglio n. 115 - Tav. I SO)

falda superficiale e di quelle più profonde. I due piezometri hanno una profondità di perforazione di circa 42 e 72 metri dal piano di campagna e sono interamente rivestiti.

La stazione di monitoraggio di *San Giustino*, alimentata con pannelli solari, è dotata di due sonde idrostatiche con campo di misura 0-3 bar e di un apparato di acquisizione a due canali analogici.



Fig. 31 - Stazione piezometrica di Cerbara

7.4 ANALISI DEI DATI

I livelli piezometrici registrati dalle stazioni di *Pistrino* e *Riosecco*, poste rispettivamente sulla destra e sulla sinistra del fiume Tevere, mostrano una sostanziale omogeneità, con escursioni stagionali di poco superiori ai 2 metri. La stazione di *Piosina*, posta in prossimità della riva sinistra del fiume Tevere a nord di Città di Castello, mostra anch'essa un andamento molto simile, anche se il periodo di osservazione di pochi mesi non consente valutazioni sul medio-lungo termine (fig. 33). Le stazioni di *Cerbara* e *San Giustino*, di recente realizzazione, stanno evidenziando una marcata variabilità dei livelli di falda in entrambi i piezometri di cui sono



Fig. 32 - Localizzazione geografica del piezometro San Giustino (Cartografia IGM, Foglio n. 115 - Tav. III SE)

Fig. 33 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nell'Alta valle del Tevere



Tab. 2 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nell'alta valle del Tevere

Anno	Pistrino			Riosecco		
	min	med	max	min	med	max
2001	4,88*	5,29*	5,90*	4,72*	4,85*	4,95*
2002	3,57	4,87	5,68	3,99	4,89	5,36
2003	3,24	4,62	5,86	3,71	4,72	5,16
2004	2,78	4,32	5,22	3,05	4,40	4,93
2005	2,67	4,46	5,24	2,53	4,40	5,01
2006	2,71	4,54	5,22	3,11	4,54	5,15
2007	4,67	5,06	5,82	4,61	4,94	5,32

Anno	Cerbara Sup.			Cerbara prof.			Piosina			San Giustino Sup.			San Giustino Prof.		
	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max
2006	26,5*	28,4*	29,09*	26,6*	31,35*	33,83*	5,13*	5,26*	5,53*	6,22*	9,77*	10,96*	7,64*	11,36*	12,48*
2007	4,87	5,34	5,90	10,12	11,51	12,83	11,53	13,19	15,44	26,26	28,96	31,66	29,93	32,82	38,84

* Valori relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.

dotate (superficiale e profondo). La rete piezometrica rileva l'esistenza di condizioni di variabilità stagionale differenziate tra il settore centrale (prossimo al fiume Tevere) e la fascia orientale. Nel primo settore si osserva una sostanziale stabilità della superficie piezometrica; tale affermazione trova conferma nei limitati abbassamenti registrati nell'ambito della crisi idrica del biennio 2002-03. Nel secondo settore, nonostante il periodo di osservazione sia molto breve, si notano variazioni di maggiore rilievo; tale considerazione è confermata dai dati piezometrici pluriennali relativi al reticolo discreto, che indicano escursioni stagionali superiori ai 5 metri.

L'andamento variabile nei due settori è riconducibile alle diverse caratteristiche di alimentazione delle falde; in quello centrale alcuni dati pregressi hanno rilevato fasi critiche stagionali e pluriennali, attenuatesi con l'attivazione del bacino artificiale di Montedoglio sul Tevere, immediatamente a monte dell'acquifero (tab. 2). Attualmente dal bacino viene rilasciata costantemente in alveo una portata non inferiore a 1 m³/s, superiore alla portata naturale del fiume nei mesi di magra. Il rilascio controllato ha prodotto una stabilizzazione dei livelli di falda in tutta la fascia centrale dell'acquifero collegata idraulicamente al Tevere (Monografia 13 - allegato al Piano di Tutela delle Acque della regione Umbria, 2005).



8. Media valle del Tevere

La Media valle del Tevere ha un'estensione di circa 85 km² ed è caratterizzata da acquiferi di spessore ridotto con rapporti idraulici con il fiume Tevere limitati ad aree piuttosto ristrette.

Vi sono collocate 3 stazioni piezometriche che mostrano escursioni stagionali omogenee dei livelli di falda, limitate a circa due metri.

L'acquifero della Media valle del Tevere si estende da Città di Castello a Todi, per un'estensione di circa 85 km². Si sviluppa longitudinalmente all'asta del Tevere, con una larghezza media variabile da 3 km (tra Città di Castello e Ponte San Giovanni) a 4 km (tra Ponte San Giovanni e Todi).

8.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

L'acquifero si estende principalmente alla sinistra del fiume tra Umbertide e Ponte Valleceppi, e alla destra tra Torgiano e Pantalla. I depositi alluvionali del Tevere sono caratterizzati da spessori variabili. Fino a Umbertide le alluvioni presentano spessori limitati ad alcune decine di metri; nel tratto compreso tra Umbertide e Ponte Felcino i depositi ghiaiosi e sabbiosi sono alternati a banchi argillosi e limo-argillosi, fino a oltre 100 metri di profondità; da Ponte San Giovanni a Deruta si hanno depositi consistenti, superiori a 100 metri, che si riducono a 25-30 metri procedendo verso sud; infine, nei tratti compresi tra Ponte Felcino e Ponte San Giovanni, e tra Marsciano e Todi, i depositi alluvionali sono poco consistenti (alcune decine di metri).

Le alluvioni del Tevere sono bordate da terreni costituiti principalmente da depositi fluvio-lacustri a granulometria prevalentemente fine. Sono presenti anche paleostrutture deltizie a conglomerati e sabbie: le principali costituiscono il colle di Perugia e quello di Montemigiano (a nord-ovest di Umbertide).

Particolarmente importante è la presenza di litotipi flyschoidi miocenici che, caratterizzati da una bassa permeabilità,

possono determinare la presenza di falde minori. Tale fenomeno si rileva soprattutto lungo il margine destro del Tevere, da Monte Acuto a Ponte San Giovanni.

8.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

I primi dati di tipo idrogeologico sono riferibili alle attività condotte negli anni settanta su iniziativa della Regione Umbria (Idrotecnico RPA, 1974). Nell'ambito di questi studi, tra il 1974 e il 1975, è stato effettuato il censimento di 400 pozzi localizzati su tutta la valle, quasi tutti con profondità inferiore a 20 metri. Su di essi sono state eseguite 2 campagne di misure piezometriche. Ulteriori informazioni sulle caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero derivano da prove effettuate su pozzi pubblici ubicati nel tratto compreso tra Umbertide e Torgiano. Alla fine degli anni ottanta, nell'ambito del PUC (*Piano Urbanistico Comprensoriale*), il Comune di Perugia ha condotto un'indagine idrogeologica nel settore compreso tra Pierantonio e Deruta. Nel 1997, nell'ambito dello studio denominato *Carta di Vulnerabilità degli acquiferi della Media valle del Tevere - Indagini Idrogeologiche preliminari* (Peruzzi *et al.*, 1997), la Regione Umbria ha effettuato un'indagine idrogeologica sull'intera valle, prevedendo il censimento di 258 pozzi, un lago di falda e 9 sezioni di alvei superficiali per i quali è stata redatta una scheda monografica. I risultati degli studi mostrano una circolazione idrica all'interno dei depositi alluvionali condizionata dalla presenza di litotipi flyschoidi che fungono da barriere a bassa permeabilità e suddividono la

Media valle del Tevere in settori idrogeologici autonomi. In corrispondenza di Ponte San Giovanni, all'altezza di Perugia, vi è una soglia che divide la valle in due settori idrogeologici praticamente indipendenti: la Media valle del Tevere Nord e la Media valle del Tevere Sud.

Nella Media valle del Tevere Nord, il tratto compreso tra Città di Castello e Umbertide è caratterizzato dalla presenza di piccole falde rilevabili in seno all'esiguo spessore della coltre alluvionale. Tra Umbertide e Ponte Felcino sono presenti localmente acquiferi multifalda: nei pressi di Pierantonio si ritrovano falde confinate a profondità superiori a 100 metri, per l'alternanza di depositi ghiaiosi e consistenti banchi argillosi.

Nella Media valle del Tevere Sud vi sono circolazioni importanti solo nel tratto compreso tra Ponte San Giovanni e Deruta; procedendo verso sud, si hanno solo falde di modesta entità.

In linea di massima, le linee di flusso,

sia nella Media valle del Tevere Nord che nella Media valle del Tevere Sud, sono orientate perpendicolarmente al fiume. Vi sono alcune eccezioni, relative alla zona nord di Perugia (in prossimità degli affluenti orientali) e nell'area di Torgiano e Marsciano, dove il fiume Nestore accede alla valle del Tevere.

Le campagne effettuate tra il 1987 e il 1997 hanno mostrato profondità della falda comprese tra 6 e 7 metri, nella porzione settentrionale della Media valle del Tevere Sud, che si riducono a 2 metri nell'area di Santa Maria Rossa. Nei terreni fluvio-lacustri, invece, la profondità è mediamente compresa tra 10 e 30 metri circa.

8.3 LOCALIZZAZIONE DELLE STAZIONI PIEZOMETRICHE

L'acquifero della Media valle del Tevere è caratterizzato dalla presenza di 3 stazioni piezometriche, poste in opera in tempi diversi. Il piezometro denominato *Pescheto*

Fig. 34 - Localizzazione geografica dei piezometri Pescheto e Barche (Cartografia IGM, Foglio n. 130 - Tavoletta I NE)

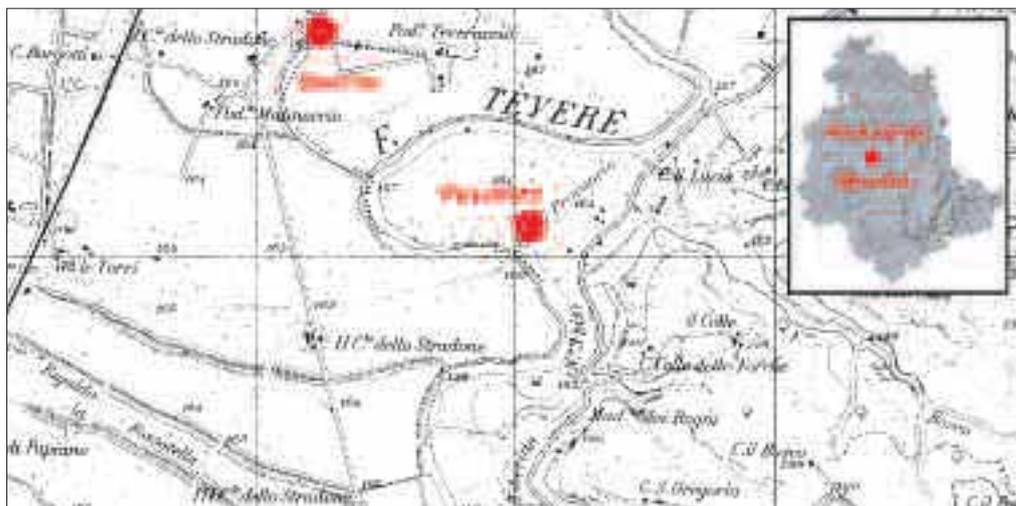


Fig. 35 - Localizzazione geografica del piezometro Marsciano (Cartografia IGM, Foglio n. 130 - Tavoletta I SE)



è collocato nel comune di Deruta, alla sinistra del fiume Tevere. Il piezometro denominato *Barche* è collocato nell'omonimo campo pozzi per uso potabile, ormai dismesso, gestito da Umbra Acque, nel comune di Deruta. Entrambi i piezometri sono ricavati da pozzi in disuso (fig. 34).

La stazione di monitoraggio di *Pescheto*, alimentata con batterie ricaricabili, è provvista di una sonda idrostatica con campo di misura 0-2 bar e di un apparato di acquisizione a un canale analogico. La stazione di *Barche*, alimentata con tensione di rete, è dotata di una sonda idrostatica con campo di misura 0-2 bar e di un apparato di acquisizione a un canale analogico.

Il piezometro di *Marsciano* è collocato a pochi chilometri dall'omonimo centro abitato (fig. 35). Ha una profondità di perforazione di circa 52 metri ed è rivestito fino alla profondità di 35 metri dal piano di campagna. La stazione di monitoraggio, alimentata con pannelli solari, è dotata di una sonda idrostatica con campo di misura 0-3 bar e di un apparato di acquisizione a due canali analogici (fig. 36).

8.4 ANALISI DEI DATI

La Media valle del Tevere è caratterizzata da acquiferi di spessore ridotto con rapporti idraulici con il fiume Tevere limitati ad aree piuttosto ristrette (fig. 37).

Fanno eccezione situazioni locali in corrispondenza di aree soggette a prelievi

particolarmente intensi, come l'area industriale di Ponte San Giovanni, dove però non è presente una stazione piezometrica in continuo.

Le stazioni di *Barche* e *Pescheto*, ubicate rispettivamente a destra e sinistra del fiume Tevere, hanno fornito una serie pluriennale di dati molto omogenei; le escursioni massime del livello di falda, nel complesso molto contenute, hanno superato i 2 metri solo nell'ambito delle precipitazioni straordinarie del dicembre



Fig. 36 - Stazione piezometrica di Marsciano

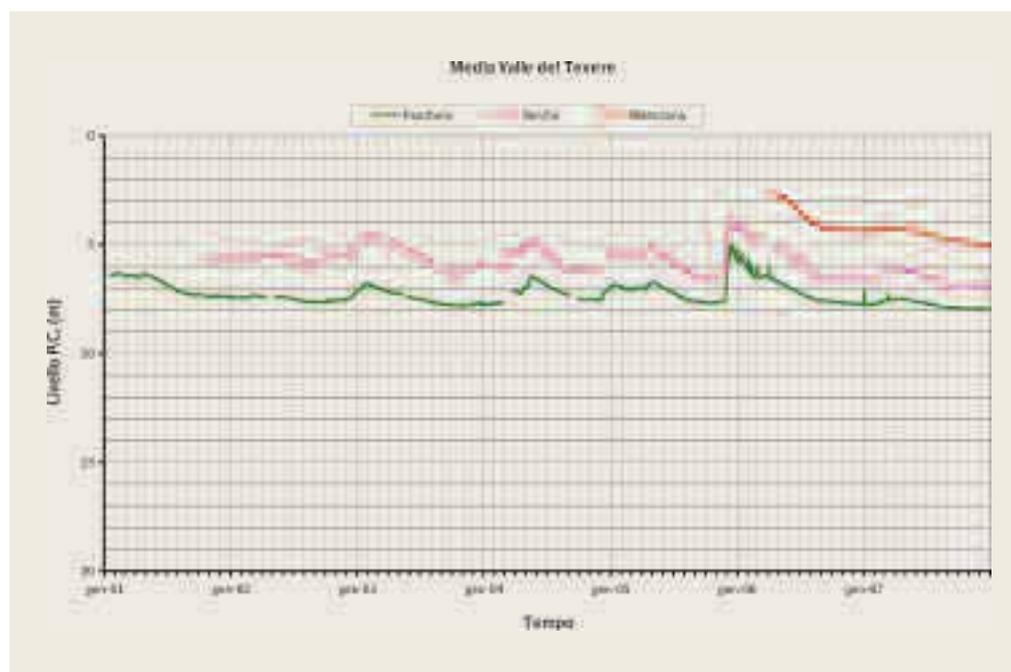


Fig. 37 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Media valle del Tevere

Tab. 3 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Media valle del Tevere

Anno	Pescheto			Barche			Marsciano		
	<i>min</i>	<i>med</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>med</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>med</i>	<i>max</i>
2001	6,31	6,90	7,44	5,60*	5,64*	5,69*			
2002	7,12	7,49	7,65	5,07	5,58	6,14			
2003	6,80	7,45	7,85	4,57	5,49	6,58			
2004	6,47	7,23	7,78	4,83	5,73	6,33			
2005	5,01	7,08	7,70	3,88	5,68	6,49			
2006	5,35	7,07	7,77	4,08	5,86	6,65	2,58*	3,83*	4,41*
2007	7,31	7,76	8,00	6,12	6,61	7,07	4,19	4,59	5,02

* Valori relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.

2005 che hanno portato all'esondazione del fiume. La stazione di *Marsciano*, ubicata circa 10 km a sud di *Barche*, mostra variazioni del livello piezometrico appa-

rentemente paragonabili alle serie precedentemente illustrate, ma il breve periodo di osservazione non permette valutazioni più precise (*tab. 3*).

9. Valle Umbra

La Valle Umbra ha un'estensione di circa 330 km².

Al suo interno possiamo distinguere un sistema acquifero freatico, divisibile in quattro settori, e due importanti acquiferi in pressione. Complessivamente vi sono state installate 13 stazioni piezometriche che effettuano il monitoraggio in continuo di 16 livelli di falda.

La Valle Umbra è compresa tra i rilievi occidentali dei Monti Martani e i massicci orientali del Monte Subasio-Monti di Foligno e Spoleto, e ha un'estensione di circa 330 km².

9.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

I principali corsi d'acqua della Valle Umbra sono il Marroggia a sud, il Topino nella porzione centrale e il Chiascio a nord. Il margine orientale è caratterizzato dalle formazioni carbonatiche mesozoiche della serie Umbro-Marchigiana, che sfumano verso i depositi alluvionali con l'interposizione di spesse coltri detritiche. Lungo il margine orientale, le formazioni flyschoidi cenozoiche si presentano solo in corrispondenza della struttura del Monte Subasio. Tali formazioni costituiscono invece i rilievi occidentali della valle e il letto dei depositi alluvionali.

La Valle Umbra può essere distinta in quattro settori, caratterizzati dalla presenza di depositi alluvionali con spessori compresi tra 100 e 200 metri.

Il settore meridionale è costituito dai depositi alluvionali del fiume Marroggia, posati su un substrato di origine fluvio-lacustre, posti in continuità idraulica con le conoidi detritiche del margine orientale.

Il settore centrale, localizzato all'altezza di Foligno, è caratterizzato dalla paleo-conoide del fiume Topino, costituita da depositi prevalentemente argillosi nell'area settentrionale e limosi nell'area meridionale.

Il terzo settore è ubicato in prossimità del margine orientale della valle, all'altezza di Cannara ed è costituito da una lunga e stretta fascia di depositi riconducibili al paleoalveo del fiume Topino, composti

essenzialmente da ghiaie e sabbie con intercalazioni irregolari di limi e argille, che diventano più consistenti lungo le aree marginali. I depositi permeabili presentano spessori che si assottigliano in direzione perpendicolare al fiume Topino e sono sovrastati da una copertura limo-argillosa con spessori variabili da 30 metri (nell'area settentrionale) a 15 metri (nell'area meridionale).

L'ultimo settore rappresenta la porzione settentrionale della Valle Umbra, alla destra del fiume Chiascio, costituito prevalentemente da depositi permeabili riconducibili al paleoalveo del fiume, con spessori superiori a 100 metri. I depositi ghiaiosi sono frequentemente intercalati a materiali fini di spessore variabile, caratterizzati da una bassa permeabilità.

9.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La valle, individuata sin dai primi anni settanta come area strategica per l'approvvigionamento potabile dell'Umbria, è stata oggetto di numerosi studi finalizzati a definire le potenzialità e le caratteristiche qualitative della risorsa idrica. Le indagini, per molti anni, sono state estese a tutta la valle alluvionale; successivamente sono state concentrate in specifiche zone significative dal punto di vista idrogeologico.

La Valle Umbra è caratterizzata da aree distinte dal punto di vista idraulico. Vi sono acquiferi freatici correlati ai principali corsi d'acqua (bacino del Marroggia a sud, conoide del Topino nella zona centrale e bacino del Chiascio a nord) e acquiferi confinati, presenti nella zona di Cannara, Torre Acquatino, Pissignano e nell'area compresa tra Trevi e Montefalco.

Nel settore meridionale, nell'area dei depositi del torrente Marroggia, si osservano gradienti piuttosto elevati che, procedendo verso nord, diminuiscono rapidamente. All'altezza delle sorgenti del Clitunno è presente una falda confinata dalle caratteristiche non note.

Il deflusso nella conoide del Topino è diretto verso nord, anche nel tratto all'altezza di Foligno in cui l'asta fluviale ha direzione NE-SW. Le acque che circolano nella conoide vanno ad alimentare l'acquifero artesiano di Cannara, fluendo al di sotto della copertura a bassa permeabilità.

All'altezza della confluenza del torrente Chiona, presso l'abitato di Bevagna, si hanno le prime evidenze di falda confinata. In quest'area il flusso sotterraneo si separa andando ad alimentare una falda epidermica freatica e una profonda in pressione. All'altezza di Cannara le piezometrie dei due acquiferi si differenziano in modo significativo.

L'attivazione del campo pozzi di Cannara, nell'estate del 1988, ha provocato abbassamenti consistenti del potenziale idraulico, culminati con la crisi idrica del 2003, quando i livelli piezometrici sono scesi a oltre 30 metri dal piano di campagna.

Nel settore settentrionale della valle i depositi permeabili del paleoalveo del fiume Chiascio ospitano l'acquifero di Petrignano, uno dei più importanti della regione. A nord di Petrignano l'acquifero ha uno spessore ridotto ed è in condizioni freatiche; dall'altezza del centro abitato, procedendo verso sud, l'acquifero presenta condizioni semiconfinato. Il campo pozzi di Petrignano, attivato nel 1975, ha prodotto una depressione che, nel tempo, si è ampliata soprattutto nell'area meridionale della valle.

In sintesi, possiamo distinguere nella Valle Umbra un sistema acquifero freatico (divisibile in alcuni settori) e un importante acquifero in pressione che ha sede nell'area di Cannara. Va inoltre considerato un altro acquifero in pressione, localizzato a sud-ovest di Trevi, nella zona di Azzano, di cui non si hanno informazioni storiche rilevanti.

Nel sistema freatico possono essere individuati quattro settori caratterizzati dalla presenza di depositi permeabili con spessori compresi tra 100 e 200 metri, sede di acquiferi particolarmente impor-

tanti (*Monografia 13 - allegato al Piano di Tutela delle Acque della regione Umbria, 2005*):

- a) settore di Petrignano d'Assisi, dove l'acquifero ha sede nei paleo-depositi permeabili dei fiumi Chiascio e Tescio; lo spartiacque che divide il bacino del fiume Chiascio da quello del fiume Topino viene considerato limite meridionale del settore;
- b) settore tra Assisi e Spello, dove la falda, nella sua porzione occidentale, è sovrapposta all'acquifero artesiano di Cannara;
- c) settore di Foligno, nella zona centrale della valle, dove l'acquifero ha sede nei depositi della paleo-conoide del fiume Topino;
- d) settore di Spoleto, nella porzione meridionale della valle, dove l'acquifero si insedia nei depositi del fiume Marroggia, in contatto idraulico con le conoidi detritiche del margine orientale.

I corsi d'acqua interagiscono con le falde solo in alcuni tratti: ciò avviene per il Chiascio nel percorso iniziale in Valle Umbra, per il Topino nella conoide di Foligno, per il Marroggia e gli altri affluenti nel settore meridionale.

9.3 LOCALIZZAZIONE DELLE STAZIONI PIEZOMETRICHE

L'acquifero della Valle Umbra è caratterizzato dalla presenza di 13 stazioni piezometriche, poste in opera in tempi diversi.

La stazione piezometrica di *Petrignano Campo Pozzi* è collocata all'interno dell'omonimo campo pozzi, gestito da Umbra Acque (*fig. 38*), ed è costituita da 2 piezometri finestrati a diverse quote che consentono di monitorare distintamente il livello della falda superficiale e di quelle più profonde. I due piezometri (*fig. 40*) hanno una profondità di perforazione di circa 90 e 50 metri e sono rivestiti rispettivamente fino alla profondità di 88 e 45 metri dal piano di campagna.

La stazione di *Cipresso* è situata nell'abitato dell'omonimo paese (*fig. 38*), ed è costituita da 2 piezometri finestrati a diverse quote (*fig. 41*). I due piezometri hanno profondità di perforazione di circa 90 e 42 metri e sono rivestiti rispettivamente fino alla profondità di 64 e 37 metri dal piano campagna. Entrambe le stazioni di monitoraggio, alimentate con tensione di rete, sono dotate di sonde idrostatiche con campo di misura 0-3 bar e di apparati di acquisizione a due canali analogici.



Fig. 38 - Localizzazione geografica dei piezometri Petignano Campo Pozzi e Cipresso (Cartografia IGM, Foglio n. 123 - Tavola III SO)



Fig. 39 - Localizzazione geografica dei piezometri Petignano Scuola (Cartografia IGM, Foglio n. 123 - Tavola III NO)



Fig. 40 - Stazione piezometrica di Petignano Campo Pozzi



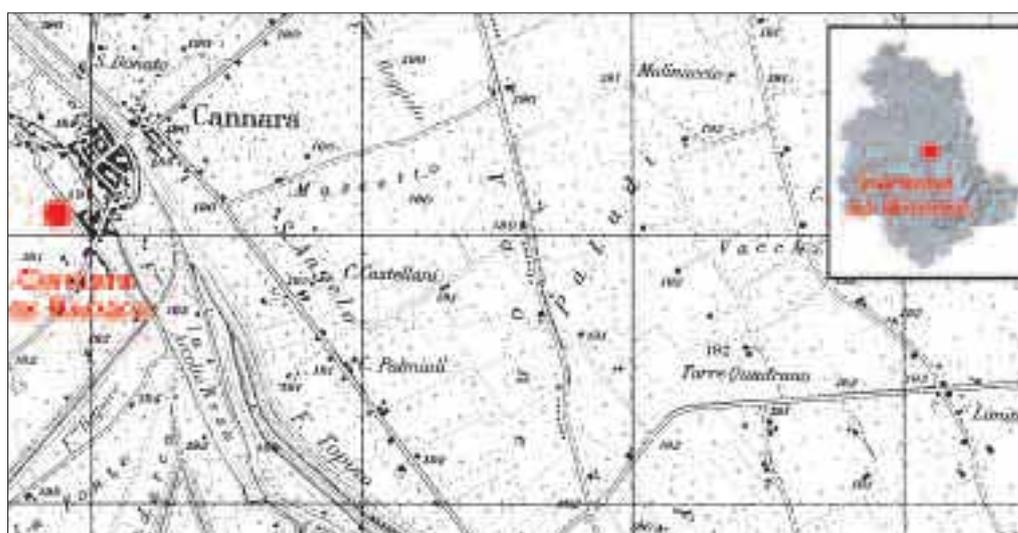
Fig. 41 - Stazione piezometrica di Cipresso

Il piezometro denominato *Petignano Scuola* è collocato nell'omonimo centro abitato (fig. 39), nel cortile di una scuola, ed è ricavato da un vecchio pozzo in disuso. La stazione di monitoraggio, alimentata con tensione di rete, è dotata di una sonda idrostatica con campo di misura 0-2 bar e di un apparato di acquisizione a un canale analogico.

Fig. 42 - Localizzazione geografica del piezometro Cannara Campo Pozzi (Cartografia IGM, Foglio n. 123 - Tavola III SO)



Fig. 43 - Localizzazione geografica del piezometro Cannara ex Bonaca (Cartografia IGM, Foglio n. 131 - Tavola IV NE)



La stazione piezometrica di *Cannara Campo Pozzi* è collocata all'interno dell'omonimo campo pozzi, gestito da Umbra Acque (fig. 42). Il piezometro effettua il monitoraggio dell'acquifero artesiano di Cannara: ha una profondità di perforazione di circa 102 metri ed è interamente rivestito per l'intera profondità. La stazione di monitoraggio, alimentata con tensione di rete, è dotata di una sonda idrostatica con campo di misura 0-3 bar e di un apparato di acquisizione a due canali analogici.

Il piezometro denominato *Cannara ex Bonaca* è collocato ai margini del campo pozzi di Cannara, gestito da Umbra Acque, che attinge dall'omonimo acquifero confinato (fig. 43). Il piezometro è stato ricavato da un pozzo in disuso. La stazione di monitoraggio, alimentata con tensione di rete, è provvista di una sonda idrostatica con campo di misura 0-2 bar e

di un apparato di acquisizione a un canale analogico.

Il piezometro di *Cannara Regione Umbria*, collocato nel campo pozzi di Cannara (fig. 44), è stato ricavato da un pozzo in disuso. La stazione di monitoraggio, alimentata con tensione di rete, è dotata di una sonda idrostatica con campo di misura 0-3 bar e di un apparato di acquisizione a un canale analogico.

Il piezometro denominato *Torre Acquaticino* è collocato nella zona di tutela assoluta Pozzo Le Gorghe, nel comune di Spello, gestito da Valle Umbra Servizi (fig. 45). Ha una profondità di perforazione di circa 81 metri ed è rivestito fino alla profondità di 75 metri dal piano di campagna. La falda monitorata presenta un potenziale idraulico stagionalmente superiore al piano di campagna. Per consentire il monitoraggio piezometrico ed evitare nel contempo la fuoriuscita di acqua, è



Fig. 44 - Localizzazione geografica del piezometro Cannara Regione Umbria (Cartografia IGM, Foglio n. 123 - Tavola III SO)

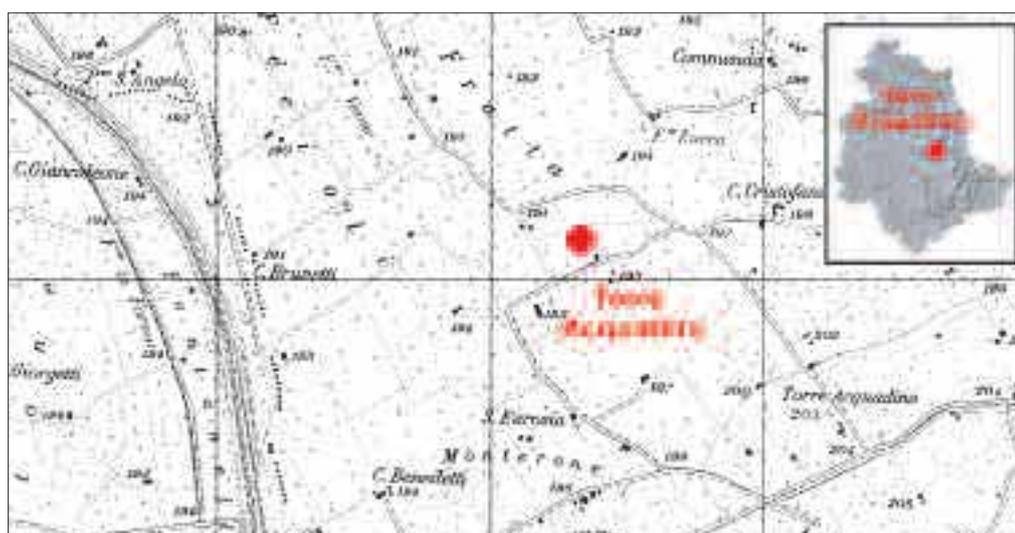


Fig. 45 - Localizzazione geografica del piezometro Torre Acquato (Cartografia IGM, Foglio n. 131 - Tavoletta IV NE)

stato realizzato un apposito bocca pozzo a tenuta stagna, che ospita la sonda idrostatica (campo di misura 0-3 bar). La stazione di acquisizione, a due canali analogici, è alimentata con tensione di rete.

Il piezometro di *Fiamenga* è collocato ad alcune centinaia di metri dal pozzo Santo Pietro I, gestito da Valle Umbra Servizi, nella periferia di Foligno (fig. 46). La stazione di monitoraggio, alimentata con pannello solare, è dotata di una sonda idrostatica con campo di misura 0-3 bar e di un apparato di acquisizione a due canali analogici (fig. 48).

Il piezometro denominato *Sant'Eraclio* è situato nella zona industriale dell'omonimo abitato, nel comune di Foligno (fig. 47) ed è ricavato da un vecchio pozzo in disuso. La stazione di monitoraggio, alimentata con batterie ricaricabili, è provvista di una sonda idrostatica con campo di misura 0-2 bar e di un appa-

to di acquisizione a un canale analogico (fig. 49).

Il piezometro di *Pissignano* si trova nel comune di Campello sul Clitunno (fig. 50). Ubicato nell'acquifero della Valle Umbra, ha una profondità di perforazione di circa 80 metri, dove la falda confinata presenta un potenziale idraulico stagionalmente superiore al piano di campagna, ed è rivestito fino alla profondità di 61 metri. Per consentire il monitoraggio piezometrico ed evitare nel contempo la fuoriuscita di acqua, è stato realizzato un apposito bocca pozzo a tenuta stagna, che ospita la sonda idrostatica (campo di misura 0-3 bar). La stazione di acquisizione, a due canali analogici, è alimentata con pannello solare (fig. 52).

Il piezometro denominato *Castel Ritaldi* è collocato a ridosso del campo pozzi Fontenido, nel comune di Castel Ritaldi (fig. 51). Ha una profondità di perforazione di 81

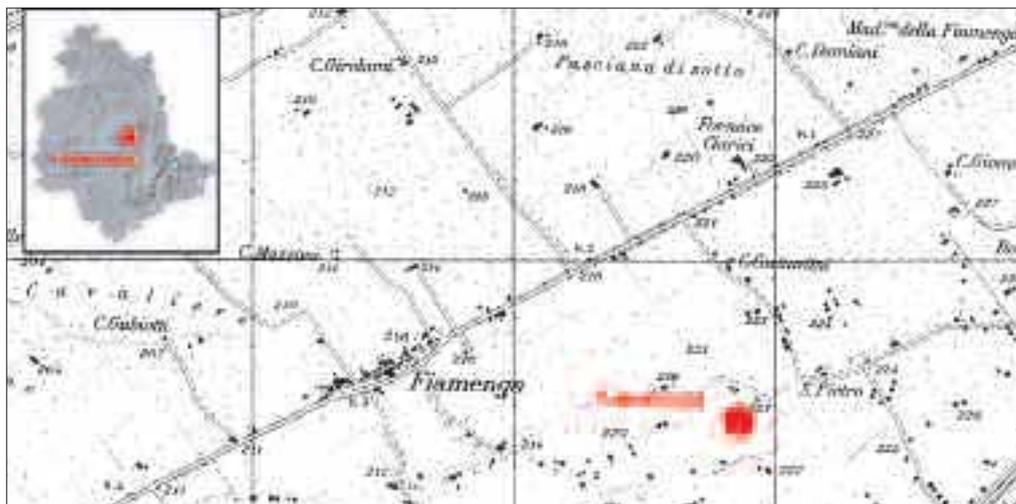


Fig. 46 - Localizzazione geografica del piezometro Fiamenga (Cartografia IGM, Foglio n. 131 - Tavola IV NE)



Fig. 47 - Localizzazione geografica del piezometro Sant'Eraclio (Cartografia IGM, Foglio n. 131 - Tavola I NO)

Fig. 48 - Stazione piezometrica di Fiamenga



Fig. 49 - Stazione piezometrica di Sant'Eraclio



metri ed è rivestito fino a 75 metri di profondità. Durante le fasi di perforazione sono emerse numerose difficoltà legate alla mescolanza di acque di scarsa qualità con le acque emunte dal campo pozzi. Alcuni interventi di cementazione selettiva del piezometro hanno consentito di sanare la situazione, ma hanno contestualmente impedito l'avviamento della stazione di monitoraggio. La stazione di monitoraggio, alimentata con pannello solare, è dotata di una sonda idrostatica con campo di misura 0-3 bar e di un apparato di acquisizione a due canali analogici (fig. 53).



Fig. 50 - Localizzazione geografica del piezometro Pissignano (Cartografia IGM, Foglio n. 131 - Tavola II NO)



Fig. 51 - Localizzazione geografica del piezometro Castel Ritaldi (Cartografia IGM, Foglio n. 131 - Tavola III NE)

La stazione piezometrica di *San Giacomo* è collocata a circa 150 metri dai due pozzi emunti saltuariamente per uso potabile, gestiti da Valle Umbra Servizi (fig. 55), ed è costituita da 2 piezometri finestrati a diverse quote che consentono di monitorare distintamente il livello della falda superficiale e di quelle più profonde. I due piezometri hanno una profondità di perforazione di 105 e 34 metri, e sono rivestiti rispettivamente fino a una profondità di 101 e 30 metri dal piano di campagna. Fino al mese di maggio 2006, la stazione piezometrica era collocata in uno dei pozzi sopra menzionati, ma il pompaggio saltuario degli stessi impediva un monitoraggio corretto del livello di falda nel periodo estivo.

La stazione di *San Giacomo* originariamente era costituita da una sonda idrostatica (campo di misura 0-2 bar) alimentata da batterie ricaricabili e da un apparato di acquisizione a un canale analogico. Successivamente, dopo la realizza-



Fig. 52 - Stazione piezometrica di Pissignano

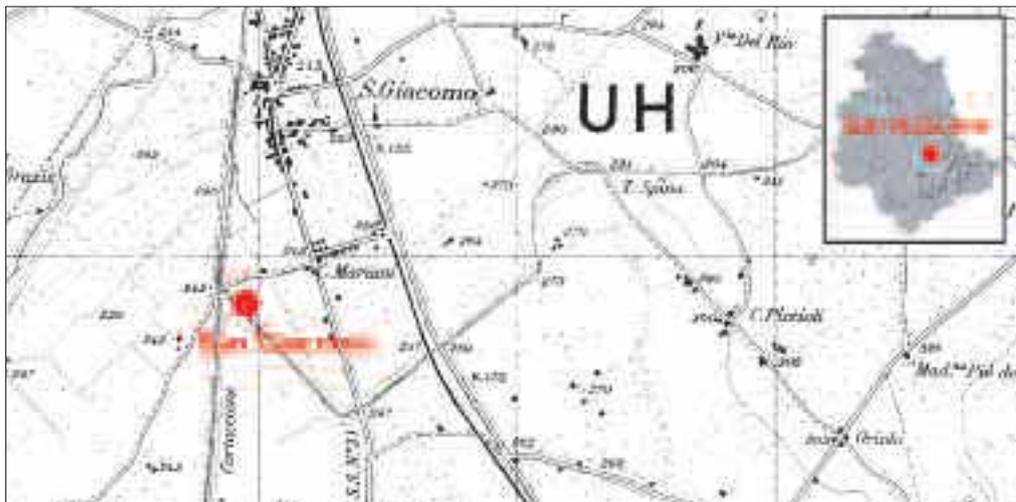


Fig. 53 - Stazione piezometrica di Castel Ritaldi



Fig. 54 - Stazione piezometrica di San Giacomo di Spoleto

Fig. 55 - Localizzazione geografica del piezometro San Giacomo (Cartografia IGM, Foglio n. 131 - Tavola II NO)



zione dei due piezometri, è stata trasformata in una stazione, alimentata con pannello solare, dotata di due sonde idrostatiche (campo misura 0-3 bar) e di un apparato di acquisizione a due canali analogici (fig. 54).

Il piezometro denominato *San Nicolò* è collocato all'interno dell'omonimo campo pozzi, nel Comune di Spoleto, gestito da Valle Umbra Servizi (fig. 56). È stato ricavato da un vecchio pozzo in disuso. La stazione, alimentata con tensione di rete, è dotata di una sonda idrostatica con campo di misura 0-3 bar e di un apparato di acquisizione a due canali analogici (fig. 57).

9.4 ANALISI DEI DATI

Nel settore di *Petrignano di Assisi* ha sede un importante campo pozzi gestito da Umbra Acque che ha portato, negli anni successivi all'attivazione dell'area di prelievo, alla modifica delle isopieze e, di conseguenza, del deflusso sotterraneo. Le piezometrie rilevate nelle campagne di monitoraggio discreto negli anni 1998-2003 evidenziano escursioni del livello di falda superiori a 5 metri e un evidente trend negativo (*Monografia 13 - allegato al Piano di Tutela delle Acque della regione Umbria, 2005*).

I livelli piezometrici rilevati nel settore sono profondamente condizionati dai prelievi esercitati dal gestore. L'utilizzo del campo pozzi è influenzato dalla disponibi-



Fig. 56 - Localizzazione geografica del piezometro San Nicolò (Cartografia IGM, Foglio n. 131 - Tavola II NO)

lità di acqua captata dalle sorgenti appenniniche di Bagnara e San Giovenale; quando la disponibilità diminuisce per la recessione estiva dei sistemi sorgivi, il gestore aumenta il prelievo dal campo pozzi. L'incremento dei prelievi porta a un marcato abbassamento del livello di falda, particolarmente evidente nel piezometro denominato *Petrignano Scuola*, ubicato in prossimità dell'area più depressa dell'acquifero. La stazione di monitoraggio, attivata nel 2001, mostra escursioni stagionali di circa 6 metri e una variazione massima pluriennale di poco superiore a 9 metri.

Nel corso del 2006 sono state realizzate due nuove stazioni, ciascuna delle quali rileva il livello di falda in due piezometri aventi diverse profondità. La stazione denominata *Petrignano Campo Pozzi* è ubicata in posizione baricentrica rispetto al campo pozzi, nell'area più depressa dell'acquifero. La stazione di *Cipresso* è posta nella porzione sudoccidentale dell'acquifero stesso. Tutte le stazioni mostrano un andamento analogo del livello di falda, con escursioni leggermente mitigate nell'area di Cipresso (fig. 58 e tab. 4).

Vista l'importanza strategica dell'area di prelievo, è stato realizzato, con finanziamento del Piano di emergenza idrica della Regione Umbria 2002-2003, un modello matematico per la definizione degli elementi idraulici e delle interazioni con le acque superficiali.

Nel settore di Foligno, in corrispondenza della conoide del fiume Topino, si rilevano fluttuazioni piuttosto contenute. La stazione di *Sant'Eraclio*, realizzata nel 2001, posta immediatamente a sud di Foligno, è caratterizzata da variazioni stagionali massime di circa 2 metri. La stazione di *Fiamenga*, posta immediatamente a est di Foli-

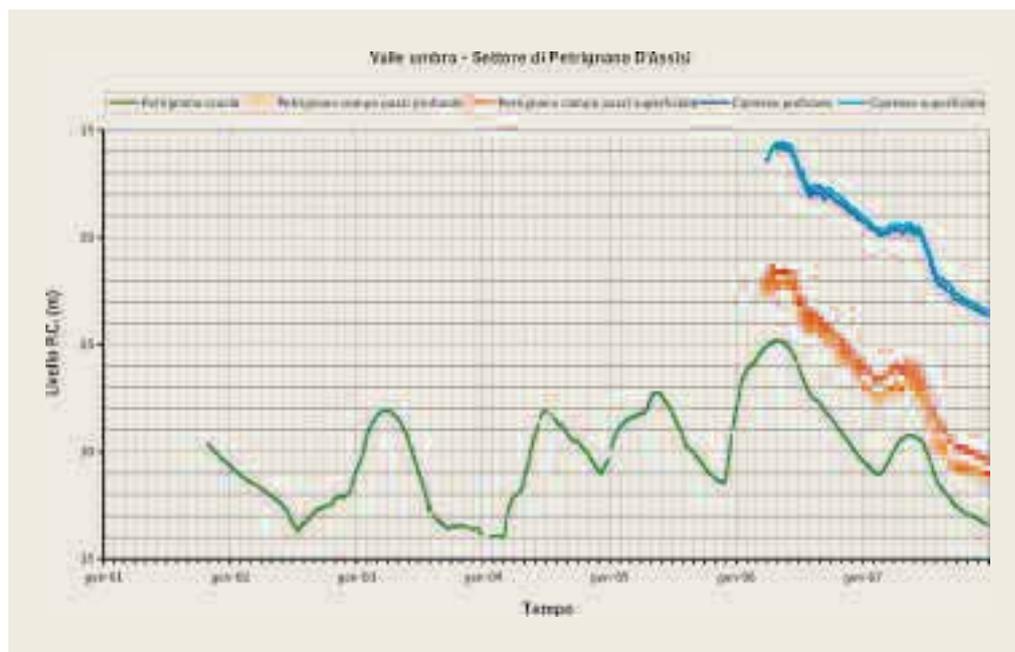


Fig. 57 - Stazione piezometrica di San Nicolò

gno, è stata realizzata in prossimità di una zona di prelievo per uso potabile (pozzi Santo Pietro I e Santo Pietro 2), in un piezometro esistente. Le escursioni del livello di falda registrate dalla stazione di Fiamenga sono più consistenti, ma il breve periodo di osservazione non permette valutazioni più precise (fig. 59 e tab. 5).

Il settore di Spoleto è monitorato in continuo attraverso due stazioni piezometriche. La stazione di *San Giacomo*, posta a nord di Spoleto, è caratterizzata da una serie di dati pluriennali condizionati dalla sporadica riattivazione del pozzo dismesso, utilizzato da Arpa Umbria come piezometro. I dati alterati sono facilmente individuabili e solo nell'ambito della crisi

Fig. 58 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Valle Umbra - settore di Petrignano di Assisi



Tab. 4 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Valle Umbra - settore di Petrignano di Assisi

Anno	Petrignano Scuola			Petrignano C.P. sup.			Petrignano C.P. prof.			Cipresso sup.			Cipresso prof.		
	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max
2001	29,59*	30,18*	30,69*												
2002	30,74	32,19	33,70												
2003	28,06	31,10	33,81												
2004	28,09	30,61	34,00												
2005	27,22	29,19	31,47												
2006	24,79	27,06	30,47	21,32*	23,46*	26,06*	21,50*	24,06*	26,92*	15,54*	17,25*	19,04*	15,72*	17,50*	19,32*
2007	29,19	31,19	33,39	25,72	27,89	30,44	26,27	28,75	31,21	19,01	20,98	23,46	19,24	21,26	23,65

* I valori contrassegnati con asterisco sono relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.

idrica del 2002-2003 occultano parzialmente l'andamento reale del livello di falda. Comunque si possono riscontrare variazioni stagionali massime inferiori a 6 metri, con variazione complessiva nel periodo di osservazione (poco meno di 6 anni) di circa 9 metri. Nel 2006 sono stati scavati due piezometri con diverse profondità di perforazione, dove è stata inserita una stazione di monitoraggio che ha sostituito di fatto quella esistente. Il piezometro profondo, distante circa 150 metri dal pozzo precedentemente utilizzato per il monitoraggio, rileva repentini abbassamenti del livello di falda imputabili alla riattivazione sporadica del vecchio pozzo (fig. 60 e tab. 6).

La stazione di *San Nicolò*, posta immediatamente a nord-ovest di Spoleto in un'area di prelievo per uso potabile, registra escursioni del livello di falda piuttosto

consistenti, ma il breve periodo di osservazione non permette valutazioni più precise.

L'acquifero artesianico di Cannara è sede di un campo pozzi per uso potabile gestito da Umbra Acque. Il campo pozzi è stato attivato nel 1990 e ha condizionato pesantemente l'andamento del potenziale idraulico nel tempo. Dati storici evidenziano che, all'inizio degli anni settanta, il potenziale idraulico superava i 10 metri dal piano di campagna nell'area attualmente utilizzata dal campo pozzi. La disponibilità di acqua senza necessità di pompaggio ha favorito il proliferare di piccoli pozzi a uso domestico e irriguo che hanno abbassato il potenziale idraulico di oltre 8 metri, sin dalla fine degli anni ottanta. L'attivazione del campo pozzi, con prelievi crescenti nel tempo fino a superare i 300 l/s nei periodi di emergen-



Fig. 59 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Valle Umbra - settore Foligno

Tab. 5 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Valle Umbra - settore di Foligno

Anno	Fiamenga			Sant'Eracleo		
	min	med	max	min	med	max
2001				5,67*	6,04*	6,29*
2002				6,26	6,87	7,32
2003				5,97	6,70	7,37
2004				5,52	6,28	7,27
2005				5,18	5,67	6,22
2006	13,55*	15,64*	16,97*	5,17	5,78	6,41
2007	16,92	17,82	19,08	6,37	7,03	7,61

* I valori contrassegnati con asterisco sono relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.

za idrica, ha indotto una depressione considerevole nell'acquifero, fino a portarlo alla soglia delle condizioni freatiche.

Portando il potenziale idraulico al di sotto del tetto dell'acquifero confinato, si potrebbe innescare l'inversione dei carichi idraulici rispetto alla falda freatica superficiale, favorendo l'arrivo in profondità dei carichi inquinanti; tale considerazione ha portato il gestore a ridurre i prelievi nei periodi di scarsa necessità, interrompendo il trend negativo e favorendo un leggero recupero del potenziale idraulico. Tale azione è stata parzialmente vanificata nel 2007, quando la carenza di precipitazioni ha portato a un nuovo incremento dei prelievi (fig. 61 e tab. 7).

La stazione di Cannara ex Bonaca, posta al margine del campo pozzi, indica oscillazioni stagionali nell'ordine di 3-4 metri; dopo un trend negativo, registrato nel-

l'ambito della crisi idrica del 2002-2003, si riscontra un discreto recupero del potenziale idraulico fino a valori prossimi al periodo iniziale di osservazione. Poi, nel 2007, la nuova crisi idrica ha portato il livello di falda a oltre 10 m dal piano campagna.

Le stazioni di Cannara R.U. e Cannara C.P., poste nel contesto della vasta area di prelievo, mostrano variazioni più significative del livello di falda e risentono in modo diretto degli incrementi/decrementi delle portate emunte.

In particolare, la stazione denominata Cannara R.U. è stata realizzata utilizzando un pozzo temporaneamente dismesso che, nel mese di luglio 2007, è stato riattivato dal gestore per fronteggiare la crisi idrica; i dati registrati successivamente alla riattivazione del pozzo sono pertanto riferibili ai livelli dinamici.

Fig. 60 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Valle Umbra - settore Spoleto



Tab. 6 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Valle Umbra - settore di Spoleto

Anno	San Giacomo Dism.			San Giacomo sup.			San Giacomo prof.			San Nicolò		
	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max
2001	4,42*	6,59*	7,84*									
2002	7,67	10,17	12,97									
2003	8,36	9,97	13,58									
2004	6,27	8,05	13,52									
2005	4,37	5,75	7,03									
2006	3,35*	3,69*	4,60*	1,07*	3,69*	6,90*	2,93*	4,66*	7,26*	1,32*	3,43*	4,46*
2007				5,47	8,05	11,85	7,23	10,21	13,58	3,35	4,74	7,32

* I valori contrassegnati con asterisco sono relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.

Tab. 7 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Valle Umbra - acquifero artesiano di Cannara

Anno	Cannara R.U.			Cannara ex Bonaca			Cannara C.P.			Torre Acquatino		
	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max
2001				5,48	7,38	9,09						
2002				8,95	9,66	11,08						
2003	29,56*	31,14*	32,66*	7,94	9,26	10,41						
2004	26,87	29,11	31,21	6,19	8,13	10,03						
2005	21,22	25,23	29,21	5,10	6,60	8,07						
2006	20,46	24,14	29,17	5,12	6,32	7,82	3,44*	5,47*	8,95*	-0,15*	0,00*	0,14*
2007	21,47	29,92	39,65	5,99	8,16	10,37	4,27	5,87	8,62	-0,58	0,38	0,91

* I valori contrassegnati con asterisco sono relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.

Tab. 8 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Valle Umbra - acquifero artesiano zona di Azzano

Anno	Castel Ritaldi			Pissignano		
	min	med	max	min	med	max
2006	-	-	-	-1,57*	-1,10*	-0,66*
2007	1,81*	4,52*	9,02*	-1,12	-0,84	-0,56

* I valori contrassegnati con asterisco sono relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.

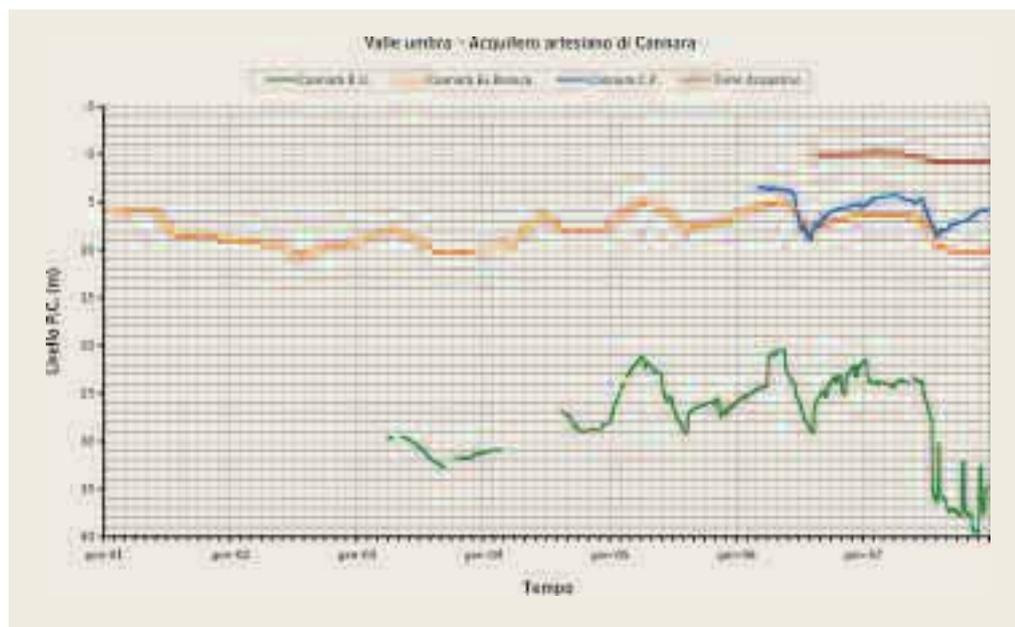


Fig. 61 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Valle Umbra - acquifero artesiano di Cannara

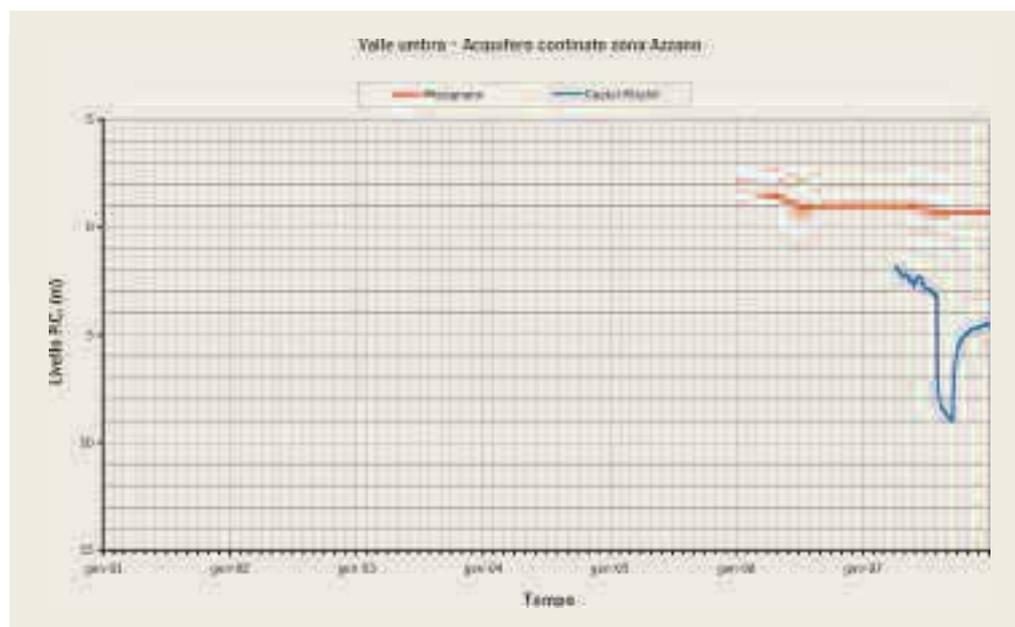


Fig. 62 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Valle Umbra - acquifero artesiano zona di Azzano

Il piezometro di *Torre Acquato*, posizionato in una zona più vicina all'area di alimentazione dell'acquifero artesiano (paleo-conoide del Topino) mostra potenziali idraulici stagionalmente superiori al piano campagna; comunque, il periodo di osservazione non è sufficientemente lungo per effettuare osservazioni di maggior dettaglio .

L'acquifero artesiano nella zona di Azzano è confermato dalla presenza di alcuni pozzi a uso irriguo che garantiscono la fuoriuscita spontanea di acqua al di sopra del piano di campagna. Non vi sono, allo stato attuale, serie storiche di dati piezometrici e informazioni significative di carattere stratigrafico che con-

sentano una definizione particolareggiata dell'acquifero (fig. 62 e tab. 8); vi sono solo alcune ipotesi sulla zona di alimentazione (paleo-conoide del Marroggia) che dovranno essere accertate con ulteriori studi in campo.

Arpa Umbria ha realizzato due stazioni piezometriche che costituiscono un primo valido approccio allo studio dell'acquifero confinato.

La stazione di *Pissignano* è stata realizzata in un'area utilizzata a fini agricoli, a pochi chilometri dall'omonimo centro abitato, ove non erano disponibili informazioni di carattere stratigrafico. La perforazione ha evidenziato la presenza di sottili livelli permeabili (ghiaie) alternati

a banchi di argille, sottostanti una coltre iniziale di oltre 25 metri di sedimenti argillosi.

La stazione di *Castel Ritaldi* è posizionata a ovest della precedente, ai margini di un'area di prelievo. Anche in questo caso non vi erano informazioni strati-

grafiche sulle vecchie perforazioni del campo pozzi. La stazione, attivata nell'aprile 2007, mostra livelli di falda profondamente condizionati dal funzionamento del campo pozzi adiacente. Non vi sono ancora dati sufficienti per dare informazioni di maggior dettaglio.

10. Conca Eugubina

L'acquifero della Conca Eugubina ha una superficie di circa 80 km², ove sono collocate 2 stazioni piezometriche. I forti prelievi per uso potabile portano ad abbassamenti stagionali molto accentuati del livello di falda, che hanno superato i 22 metri nel periodo della crisi idrica (2002-2003).

L'acquifero della Conca Eugubina, situato nell'omonima valle, ha una superficie di circa 80 km² ed è delimitato a nord-ovest dai Monti di Gubbio e a sud-est da un'ampia fascia collinare.

10.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

La Conca Eugubina è chiusa a nord-ovest dalla struttura dei Monti di Gubbio, caratterizzata dalle formazioni calcaree e marnose della serie Umbro-Marchigiana.

Il resto della Conca è delimitato dalla formazione della Marnoso-arenacea costituita da marne con intercalazione di orizzonti arenacei e calcarenitici. Tale formazione rappresenta il substrato dei depositi continentali che colmano la Conca Eugubina.

I depositi detritico-alluvionali a ridosso dei rilievi calcarei hanno uno spessore superiore ai 200 metri che decresce verso valle, dove si intercalano ai depositi fluvio-lacustri più fini.

I depositi alluvionali sono stati distinti in tre zone. La prima zona, di natura ghiaiosa, corrisponde alla fascia a ridosso delle coltri detritiche dove sono presenti cospicui orizzonti grossolani, originatisi dal rimaneggiamento in ambiente fluviale dei detriti di falda. Lo spessore dei depositi è compreso tra 60 e 100 metri. La seconda zona, di costituzione sabbioso-limosa, si protende verso sud-est, lungo il confine orientale della conca, in una fascia prossima ai rilievi marnoso-arenacei, ed è caratterizzata da spessori medi di circa 20 metri. La terza zona è situata nel settore meridionale della conca; è rappresentata dalla valle del Chiascio, costi-

tuita da depositi alluvionali a granulometria variabile poggiati sul substrato marnoso-arenaceo, con spessori massimi di circa 50 metri.

10.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Nel settore occidentale e nordoccidentale di Gubbio, il flusso principale converge verso la zona di Raggio. Nel settore orientale e sudorientale di Gubbio il flusso principale è diretto verso sud, ad alimentare il torrente Saonda. Al contatto con i depositi fluvio-lacustri si ha emergenza della falda.

Nella piana alluvionale del Chiascio il flusso principale è diretto sempre verso sud.

Nel settore sudoccidentale e meridionale della Conca Eugubina, nelle zone in cui si hanno depositi fluvio-lacustri, l'andamento della superficie piezometrica non è ben definibile.

La presenza del campo pozzi di Raggio, i cui prelievi sono stati incrementati nell'ultimo decennio, ha modificato l'andamento delle linee di flusso principali del settore settentrionale della conca che, fino al 1974, erano indirizzate verso le aste fluviali dei torrenti Saonda e Assino.

L'acquifero alluvionale viene alimentato principalmente dalla struttura calcarea dei Monti di Gubbio, attraverso la fascia detritica pedemontana. Un contributo non significativo è fornito dai rilievi marnoso-arenacei, le cui caratteristiche geolitologiche favoriscono la formazione di falde di modesta entità, localizzate negli strati arenacei e calcarenitici, che sfociano in piccole sorgenti di carattere stagionale.



Fig. 63 - Localizzazione geografica del piezometro Raggio (Cartografia IGM, Foglio n. 116 - Tavola III SO)



Fig. 64 - Stazione piezometrica di Raggio



Fig. 65 - Stazione piezometrica di Gubbio

10.3 LOCALIZZAZIONE DELLE STAZIONI PIEZOMETRICHE

L'acquifero della Conca Eugubina è caratterizzato dalla presenza di 2 stazioni piezometriche, realizzate in tempi diversi. Il piezometro denominato *Raggio* è collocato ad alcune centinaia di metri dall'omonimo campo pozzi per uso potabile, gestito da Umbra Acque, nel comune di Gubbio (fig. 63). È stato ricavato da un pozzo in disuso, scavato nella fascia detritica pedemontana. La stazione di monitoraggio, alimentata con tensione di rete, è dotata di una sonda idrostatica con campo di misura 0-2 bar e di un apparato di acquisizione a un canale analogico (fig. 64).

Il piezometro di *Gubbio* è ubicato nella periferia della città di Gubbio (fig. 66). Ha una profondità di perforazione di circa 53 metri ed è interamente rivestito. La

stazione di monitoraggio, alimentata con pannello solare, è dotata di una sonda idrostatica con campo di misura 0-3 bar e di un apparato di acquisizione a due canali analogici (fig. 65).

10.4 ANALISI DEI DATI

I dati piezometrici della stazione *Raggio*, situata nella fascia pedemontana dei Monti di Gubbio, mostrano un andamento pesantemente influenzato dai forti prelievi per uso idropotabile che, associati alle scarse precipitazioni nel periodo della crisi idrica, hanno portato ad abbassamenti molto accentuati del livello di falda (oltre 20 metri). Negli anni successivi, grazie alle consistenti piogge che hanno caratterizzato le ultime stagioni invernali, il livello di falda si è nuovamente portato alle quote rilevate precedentemente alla



Fig. 66 - Localizzazione geografica del piezometro Gubbio (Cartografia IGM, Foglio n. 123 - Tavola IV NE)

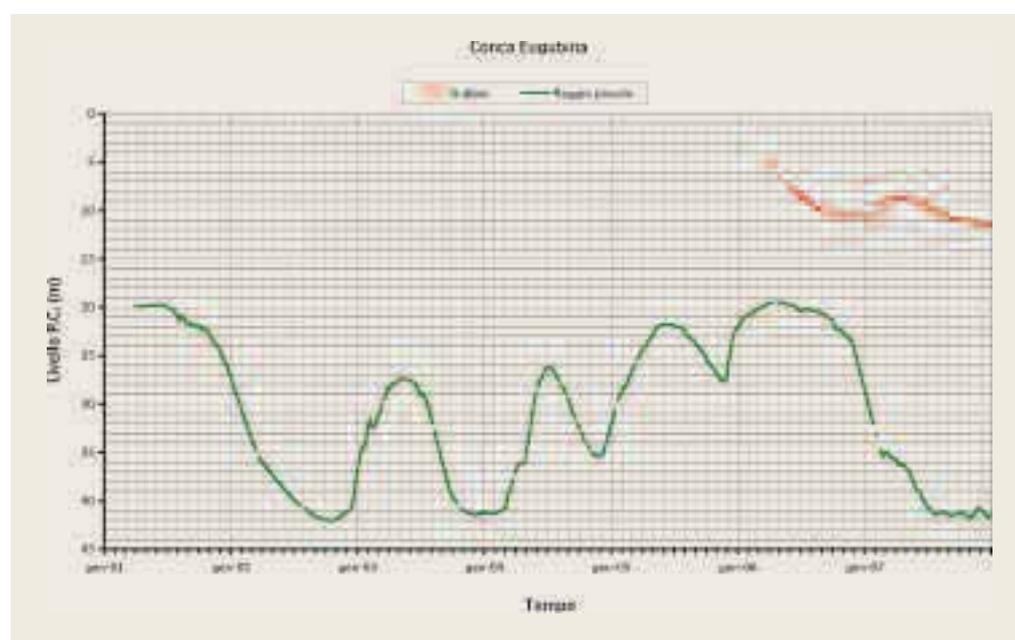


Fig. 67 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Conca Eugubina

Tab. 9 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Conca Eugubina

Anno	Gubbio			Raggio		
	min	med	max	min	med	max
2001				19,75*	21,70*	27,60*
2002				27,79	38,09	42,10
2003				27,34	33,51	41,49
2004				26,17	33,64	41,34
2005				21,75	24,53	31,81
2006	5,10*	9,36*	10,77*	19,44	21,30	28,81
2007	8,55	10,08	11,40	28,94	38,88	41,77

* I valori contrassegnati con asterisco sono relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.

crisi idrica, per poi tornare oltre i 40 metri nel 2007 (fig. 67 e tab. 9). Un analogo andamento è stato rilevato dalla stazione piezometrica di Mocaiana, posta nell'ac-

quifero calcareo dei Monti di Gubbio (v. § 13.7.2). Nel 2006 è stata attivata la stazione piezometrica di Gubbio, posizionata nella zona centrale della Conca Eugubina.



II. Conca Ternana

La Conca Ternana ha un'estensione di circa 100 km². Al suo interno sono collocate 6 stazioni piezometriche, poste sia nella pianura alluvionale, ove l'idrogeologia è condizionata dagli scambi idraulici con il fiume Nera, sia nella fascia pedemontana dei Monti Martani.

La Conca Ternana ha un'estensione di circa 100 km². Dal punto di vista morfologico, l'area è caratterizzata da una zona alluvionale pianeggiante, raccordata ai rilievi calcarei circostanti da una fascia al contorno a debole acclività. Il fiume Nera, che attraversa la Conca Ternana da nord-est a sud-ovest, rappresenta il corso d'acqua principale.

11.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

La Conca Ternana può essere suddivisa in diversi settori, in base allo spessore delle alluvioni, alla natura della copertura e al tipo di substrato.

Il settore orientale, all'altezza di Terni, è caratterizzato da un letto di ghiaie di circa 30 metri di spessore, che si riduce progressivamente procedendo verso est, sovrastato da una copertura sabbiosa e limosa di circa 10 metri di spessore. Le ghiaie poggiano su un'alternanza di terreni conglomeratici e limo-argillosi consolidati che raggiungono i 120-130 metri di profondità e costituiscono la paleoconoide del Nera. I calcari rosati della Scaglia s.l. costituiscono il substrato roccioso. Potenzialmente tale settore ospita tre acquiferi sovrapposti; il più superficiale nei depositi alluvionali, il secondo nei terreni conglomeratici e il più profondo nel substrato calcareo della Scaglia s.l. Nella porzione occidentale di questo settore, nei pressi di Cospea, i depositi conglomeratici della paleoconoide si interdigitano ai terreni argillosi dei depositi fluvio-lacustri.

Il settore meridionale, localizzato a sud della città di Terni, è caratterizzato dalla

presenza di alluvioni terrazzate, costituite da sabbie, limi sabbiosi e limi argillosi che raggiungono circa 120 metri di profondità e poggiano su conglomerati.

Nel settore centrale della conca la copertura, costituita essenzialmente da sabbie, non è continua e, dove presente, è caratterizzata da un spessore piuttosto ridotto. Al di sotto si trovano le ghiaie con spessori superiori a 30 metri, che tendono a diminuire nei pressi di Colleluna. Al loro interno, nell'area compresa tra Maratta e Cerasola, si rinviene un livello argilloso piuttosto continuo, il cui spessore varia tra 3 e 6 metri. In questo settore, al di sotto delle ghiaie, si trovano terreni limo-argillosi.

Nel settore settentrionale della Conca Ternana lo spessore delle coltre alluvionale è compreso tra 10 e 15 metri. A nord le alluvioni sono intercalate al detrito di falda della fascia pedemontana dei Monti Martani. In questo settore il substrato è costituito da terreni fluvio-lacustri prevalentemente fini.

Il settore occidentale della Conca Ternana può essere suddiviso in due parti distinte. La prima è caratterizzata dalla presenza dei depositi ghiaiosi del fiume Nera, con spessori inferiori a 20 metri; la seconda, localizzata alla destra idrografica del fiume, è rappresentata dalla conoide del torrente Caldaro, costituita prevalentemente da depositi argillosi terrazzati con spessore inferiore a 10 metri, poggianti sulle alluvioni del Nera. In tutto il settore occidentale il substrato è formato dai depositi fluvio-lacustri argillosi.

Il detrito di falda è localizzato nel set-

tore settentrionale della Conca Ternana, nella fascia pedemontana dei Monti Martani. Lo spessore della coltre detritica è superiore a 50 metri, in prossimità della struttura calcarea, e diminuisce verso l'interno della conca, diventando molto esiguo. Al passaggio con le alluvioni il detrito di falda è costituito prevalentemente da terre rosse e ciottoli calcarei, a cui si associano livelli di ghiaie e sabbie, derivanti dal rimaneggiamento dei detriti in ambiente fluviale. Il detrito poggia su litotipi fini e conglomeratici fluvio-lacustri, all'interno dei quali si rinvengono consistenti banchi di travertino; il detrito non è sede di un acquifero significativo. La falda principale è invece ospitata nei travertini sottostanti. Pertanto il ruolo primario delle coltri detritiche è di consentire l'infiltrazione in falda degli afflussi meteorici.

Fatta eccezione per la zona di affioramento dei detriti, l'area valliva è circondata da colline in cui affiorano depositi di tipo fluvio-lacustre.

11.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Dati idrogeologici relativi alla Conca Ternana sono stati raccolti dal Servizio Idrografico dello Stato, in collaborazione con il Servizio Geologico d'Italia, il Comune di Narni, il Comune di Sangemini, la Regione Umbria, il Compartimento ANAS di Perugia, l'ASM Terni, il Consorzio Idrico dell'Amerino e la Comunità Montana di Terni. Ulteriori dati sono contenuti nel volume *Le acque sotterranee in Umbria* (AA.VV., 1991). Nel 1992 sono state avviate numerose campagne di monitoraggio che hanno portato alla realizzazione della *Carta della vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi della Conca Ternana* e alla stesura di una monografia (AA.VV., 1995).

Le misure freatiche eseguite hanno permesso di definire l'andamento della superficie piezometrica e le variazioni dello spessore del non saturo, di individuare le principali linee di flusso e di effettuare una differenziazione settoriale della Conca Ternana sulla base dei gradienti idraulici. Sono stati così individuati tre distinti settori: la piana alluvionale del Nera, la fascia pedemontana dei Martani e le aree collinari occidentale e meridionale. Il primo settore è caratterizzato da bassi gradienti idraulici. Il flusso principale è diretto da est a ovest, e il livello di falda decresce lungo la stessa direttrice, passando da 25 metri di

profondità nella parte orientale della Conca Ternana a meno di 5 metri nella parte occidentale, a eccezione della conoide del torrente Caldaro, dove lo spessore del non saturo supera i 10 metri.

Nella fascia pedemontana i gradienti idraulici sono superiori, soprattutto nella zona orientale, con profondità del livello di falda che decrescono procedendo verso sud; la falda confinata presente nei travertini è alimentata prevalentemente dal detrito di falda e solo secondariamente dalle contigue strutture carbonatiche.

Le aree collinari, infine, sono caratterizzate da gradienti idraulici medio-elevati. La profondità del livello di falda varia in funzione della stratigrafia locale, con massimi localizzati in presenza di litotipi conglomeratici. Le misure freatiche, effettuate nel corso delle campagne di monitoraggio, hanno rilevato oscillazioni dei livelli piezometrici piuttosto contenute; variazioni significative sono riconducibili localmente a prelievi per uso idropotabile e industriale.

11.3 LOCALIZZAZIONE DELLE STAZIONI PIEZOMETRICHE

L'acquifero della Conca Ternana è caratterizzato dalla presenza di 6 stazioni piezometriche, realizzate in tempi diversi. Il piezometro denominato *Fontana di Polo* è collocato nell'omonimo campo pozzi, gestito dal Servizio Idrico Integrato, nel Comune di Terni. Il piezometro di *Lagarrello* è ubicato nella zona di tutela assoluta di un pozzo emunto per uso potabile, a circa 700 metri dal campo pozzi sopra menzionato (fig. 68).

La stazione di *Fontana di Polo*, alimentata con tensione di rete, è costituita da una sonda idrostatica con campo di misura 0-2 bar e da un apparato di acquisizione a un canale analogico. La stazione era posta inizialmente in un piezometro ai margini del campo pozzi (fig. 70); dopo un lungo periodo di osservazione dei dati si è potuto constatare che il livello freatico registrato nel piezometro non seguiva l'andamento effettivo della falda da cui attingono i pozzi emunti, fatto che generava dei dubbi sulla continuità idraulica del piezometro stesso con l'acquifero interessato. Si è pertanto deciso di spostare la stazione piezometrica in un pozzo in disuso, posto all'interno dell'area di prelievo, dove le variazioni registrate sembrano coerenti con il reale andamento della falda freatica.

La stazione di *Lagarello*, alimentata con tensione di rete, è costituita da una sonda idrostatica con campo di misura 0-2 bar e da un apparato di acquisizione a un canale analogico (fig. 71).

Il piezometro denominato *Maratta* è collocato in un campo pozzi dismesso, nel Comune di Terni, alla destra del fiume Nera. Il piezometro di *Cerasola* è situato all'interno dell'omonimo campo pozzi gestito dal Servizio Idrico Integrato, nella zona industriale di Maratta, anch'esso alla destra del fiume Nera; ha una profondità di perforazione di circa 30 metri ed è rivestito fino alla profondità di 20 metri dal piano

di campagna. Il piezometro denominato *Cospea* è collocato all'interno dell'omonimo campo pozzi, nella periferia di Terni, alla sinistra del fiume Nera (fig. 69); ha una profondità di perforazione di circa 64 metri ed è rivestito fino alla profondità di 35 metri dal piano di campagna.

La stazione di monitoraggio di *Maratta* è costituita da una sonda idrostatica a immersione e da una stazione di acquisizione a un canale analogico, alimentata con tensione di rete (fig. 74). Le stazioni di *Cospea* e *Cerasola* invece sono alimentate da pannello solare e hanno un apparato di acquisizione a due canali analogici (figg. 72-73).

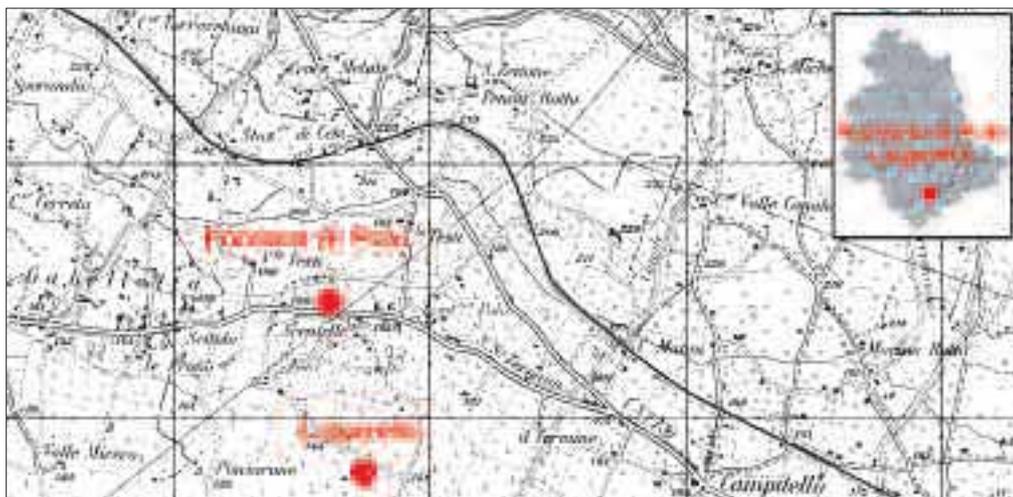


Fig. 68 - Localizzazione geografica dei piezometri Fontana di Polo e Lagarello (Cartografia IGM, Foglio n. 138 - Tavola IV NE)



Fig. 69 - Localizzazione geografica dei piezometri Maratta, Cerasola e Cospea (Cartografia IGM, Foglio n. 138 - Tavola IV SE)



Fig. 70 - Particolare del piezometro esterno di Fontana di Polo e della sonda idrostatica

Fig. 71 - Lagarello, stazione di acquisizione

Il piezometro di *Argentello* è collocato all'interno dell'omonimo campo pozzi, nel comune di Narni (fig. 76), gestito dal Servizio Idrico Integrato. Ha una profondità di perforazione di circa 63 metri ed è rivestito fino alla profondità

di 45 metri dal piano di campagna. La stazione di monitoraggio è costituita da una sonda idrostatica a immersione, e da una stazione di acquisizione a due canali analogici, alimentata con tensione di rete (fig. 75).



Fig. 72 - Stazione piezometrica di Cospea

Fig. 73 - Stazione piezometrica di Cerasola

Fig. 74 - Stazione di acquisizione di Maratta



Fig. 75 - Stazione piezometrica di Argentello



Fig. 76 - Localizzazione geografica del piezometro Argentello (Cartografia IGM, Foglio n. 138 - Tavola IV SO)



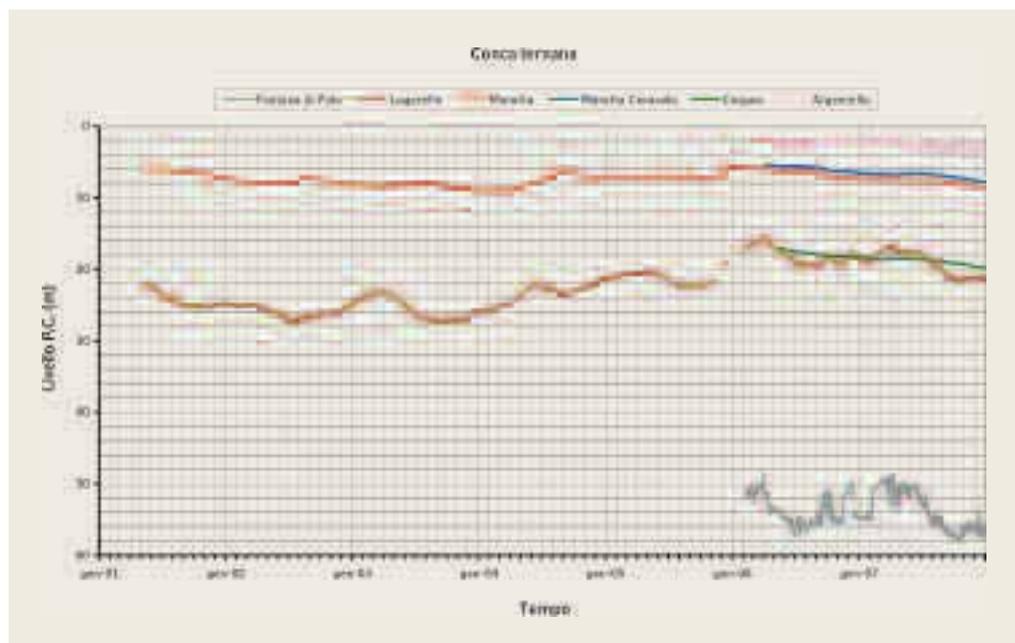


Fig. 77 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Conca Ternana

Tab. 10 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nella Conca Ternana

Anno	Fontana di Polo			Lagarello			Maratta			Cerasola			Cospaia			Argentello		
	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max
2001				21,90*	24,33*	25,51*	5,94*	6,46*	7,22*									
2002				24,65	25,95	27,46	7,24	7,77	8,35									
2003				23,09	25,50	27,40	7,82	8,29	8,86									
2004				21,18	23,50	25,88	6,01	7,65	9,22									
2005				19,04	21,40	22,65	5,55	6,97	7,47									
2006	48,42*	53,67*	57,35*	15,41	18,11	19,69	5,50	6,48	7,32	5,39*	5,88*	6,55*	17,03*	17,88*	18,39*	1,28*	2,03*	3,21*
2007	48,71	53,75	58,44	16,75	19,19	22,01	7,28	7,77	8,58	6,53	6,93	7,78	18,32	18,88	19,89	1,46	2,58	4,26

* I valori contrassegnati con asterisco sono relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.

11.4 ANALISI DEI DATI

La rete piezometrica in continuo effettua il monitoraggio del livello di falda sia nella pianura alluvionale, sia nella fascia pedemontana dei Monti Martani.

Nella pianura alluvionale, l'idrogeologia è condizionata dagli scambi idraulici con il fiume Nera. Le stazioni piezometriche di Maratta e Cerasola sono ubicate alla destra del fiume, la stazione di Cospaia alla sua sinistra. I livelli di falda monitorati da queste stazioni sono rappresentativi dell'acquifero ospitato nella porzione centrale della valle. I dati rilevati dalla stazione di Maratta, attiva dall'anno 2001, mostrano variazioni contenute del livello di falda, con un leggero trend decrescente fino all'inverno 2004 e una successiva lenta risalita e un nuovo trend decrescente a

partire dal gennaio 2006 (fig. 77 e tab. 10).

L'area pedemontana dei Monti Martani è caratterizzata da un intenso sfruttamento a fini potabili. Le stazioni di Lagarello e Fontana di Polo, ubicate nei travertini della fascia pedemontana, mostrano una maggiore variabilità stagionale del livello di falda. Quella di Fontana di Polo, in particolare, essendo situata all'interno dell'omonimo campo pozzi, mostra variazioni profondamente condizionate dalle condizioni di pompaggio. La stazione di Argentello, collocata ai margini dell'omonimo campo pozzi è rappresentativa dell'estrema porzione nordoccidentale della Conca Ternana; le variazioni registrate sembrano piuttosto contenute, ma il breve periodo di osservazione non consente valutazioni più precise.



12. Complesso vulcanico Vulsino

Il complesso vulcanico Vulsino ha una superficie complessiva di circa 500 km², ed è caratterizzato dalla presenza di due stazioni piezometriche. I dati acquisiti mostrano una scarsa sensibilità ai periodi siccitosi e, comunque, una buona capacità di recupero del sistema.

Il Complesso vulcanico Vulsino è localizzato nell'area compresa tra Orvieto, Castelgiorgio e Bolsena, per una superficie complessiva di circa 500 km².

12.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

L'acquifero è costituito da una sequenza di depositi piroclastici e colate laviche, con permeabilità differenziate in funzione della porosità e del grado di fratturazione, sovrapposta a un basamento sedimentario formato prevalentemente dai terreni argillosi pliocenici a bassa permeabilità. I depositi vulcanici sono costituiti essenzialmente da una sequenza di strati di lapilli, scorie e cineriti, più o meno addensate e cementate, con livelli pedogenizzati e colate di lava leucitico-tefritica. Lo spessore dei depositi vulcanici può superare localmente i 300 metri.

12.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Il principale studio idrogeologico dell'area è stato realizzato all'inizio degli anni novanta dalla Regione Umbria, nell'ambito del *Piano ottimale di utilizzazione delle risorse idriche della regione - Indagini geoidrologiche preliminari - Area vulcanica di Orvieto*. Successivamente sono state realizzate tre perforazioni esplorative che hanno consentito una definizione di maggior dettaglio delle potenzialità dell'acquifero vulcanico.

Le quote piezometriche sono situate intorno ai 500 metri s.l.m. all'altezza di Castelgiorgio, e decrescono al di sotto dei 300 metri in corrispondenza del bordo orientale della struttura. Le linee di drenaggio principali sono due, una verso la Valle del Paglia e l'altra verso il lago di

Bolsena. La profondità del livello di falda dal piano di campagna varia, a seconda delle zone, da alcune decine di metri a 100-150 metri.

Le perforazioni esplorative, raggiungendo il substrato impermeabile, hanno permesso di ricostruire nel dettaglio le caratteristiche idrogeologiche del sistema, evidenziando la presenza di più livelli acquiferi, il più superficiale dei quali di tipo freatico.

Le emergenze naturali di maggior interesse sono le sorgenti di Tione e Sugano.

12.3 LOCALIZZAZIONE DELLE STAZIONI PIEZOMETRICHE

L'acquifero Vulcanico Vulsino è caratterizzato dalla presenza di 2 stazioni piezometriche, realizzate nel mese di giugno 2001. Il piezometro denominato *Orvieto OV1* è collocato nel comune di Orvieto (*fig. 78*). La stazione di monitoraggio è costituita da una sonda idrostatica a immersione, e da una stazione di acquisizione a un canale analogico, alimentata con batteria ricaricabile (*fig. 80*).

Il piezometro di *Castelgiorgio OV4A* è ubicato a pochi chilometri dall'omonimo paese (*fig. 79*). La stazione di monitoraggio è costituita da una sonda idrostatica a immersione, e da una stazione di acquisizione a un canale analogico, alimentata con batteria ricaricabile (*fig. 81*).

12.4 ANALISI DEI DATI

La stazione piezometrica di *Castelgiorgio* capta la parte sommitale dell'acquifero, in prossimità dello spartiacque idrogeologi-

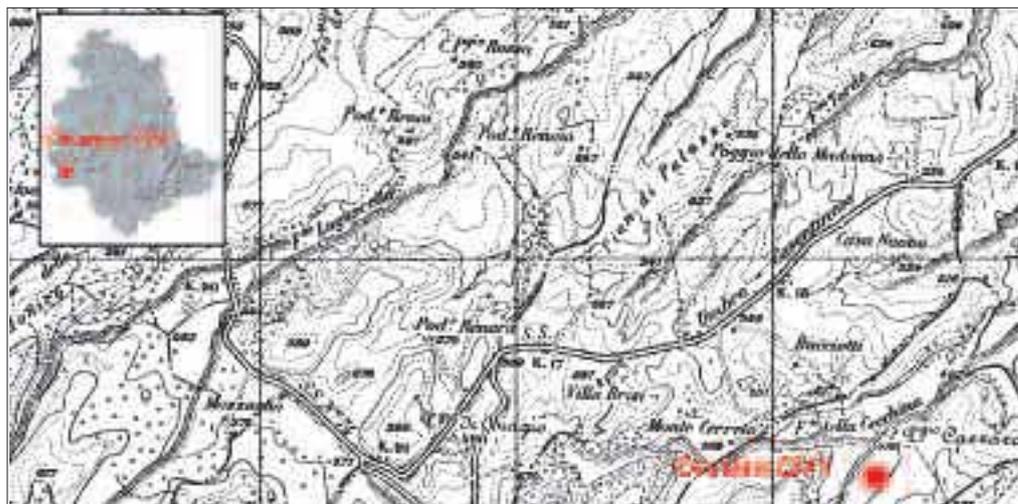


Fig. 78 - Localizzazione geografica del piezometro Orvieto OV1 (Cartografia IGM, Foglio n. 130 - Tavola III SO)

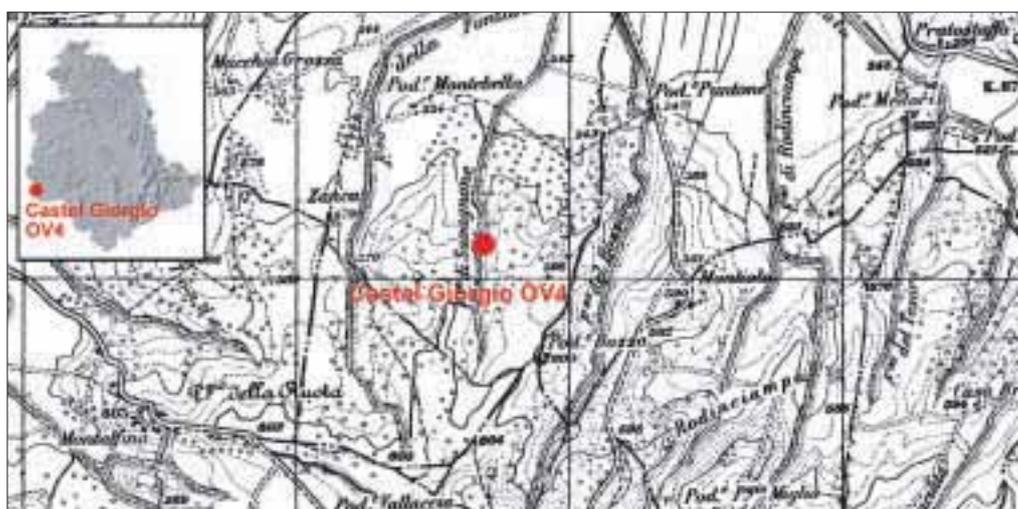


Fig. 79 - Localizzazione geografica del piezometro Castel Giorgio (Cartografia IGM, Foglio n. 130 - Tavola III SO)



Fig. 80 - Stazione piezometrica di Orvieto OV1



Fig. 81 - Stazione piezometrica di Castelgiorgio



Fig. 82 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nel Complesso vulcanico Vulsino

Tab. 11 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nel Complesso Vulcanico Vulsino

Anno	Castel Giorgio OV4A			Orvieto OVI		
	min	med	max	min	med	max
2001	121,66*	122,64*	123,85*	59,62*	59,73*	59,93*
2002	123,90	125,99	127,62	59,73	60,11	60,49
2003	125,54	126,63	127,99	60,18	60,45	60,76
2004	121,64	124,87	127,97	60,45	60,73	60,99
2005	119,44	120,67	121,86	59,49	59,97	60,68
2006	118,78	120,01	121,88	58,83	59,18	59,65
2007	120,84	123,39	125,62	58,73	59,06	59,37

* I valori contrassegnati con asterisco sono relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.

co. L'andamento pluriennale del livello di falda indica variazioni piuttosto marcate; in particolare, nel periodo giugno 2001-ottobre 2002 si ha un abbassamento di oltre 6 metri. Nel 2003 si ha un parziale recupero primaverile e, a partire dall'inverno 2004, si riscontra un trend positivo che porta nel 2005 a superare il livello piezometrico di inizio monitoraggio (fig. 82 e tab. 11).

La stazione di Orvieto, posta a monte della sorgente di Sugano, mostra variazioni più contenute. Nel periodo giugno

2001-febbraio 2004, in conseguenza delle condizioni di scarsa piovosità, si rileva un trend negativo con un abbassamento complessivo inferiore a 1 metro. Nel periodo successivo si osserva un progressivo recupero, fino a un nuovo cambio di tendenza a partire dal mese di giugno 2006.

Sulla base di questi dati non si riscontrano particolari criticità: l'acquifero mostra una scarsa sensibilità ai periodi siccitosi e, comunque, una buona capacità di recupero.



13. Acquiferi carbonatici

Gli acquiferi carbonatici umbri sono localizzati principalmente nelle dorsali montuose che occupano l'area orientale e meridionale della regione. I complessi carbonatici sono stati suddivisi in sette strutture idrogeologiche dove, nel complesso, sono state realizzate 13 stazioni piezometriche.

I principali rilievi carbonatici sono rappresentati dalle dorsali montuose che occupano l'area orientale e meridionale della regione. A sud caratterizzano l'intera Valnerina fino al Monte Vettore e si diramano, a ovest, nelle dorsali dei monti Martani e dei monti di Narni e Amelia. Strutture carbonatiche minori sono rappresentate da massicci isolati di limitata estensione che si elevano nella parte settentrionale e centrooccidentale della regione: i monti di Gubbio, la struttura di Monte Malbe-Monte Tezio e il Monte Subasio.

Le rocce carbonatiche presentano un'elevata capacità di assorbimento delle acque meteoriche, dovuta sia alla fratturazione secondaria, sia ai fenomeni carsici, che si accentua dove le condizioni morfologiche e strutturali ne favoriscono lo sviluppo. Tali caratteristiche rendono i rilievi carbonatici ottime aree di infiltrazione e potenziali serbatoi di acque sotterranee.

Le peculiarità litologiche e strutturali della serie Umbro-Marchigiana consentono una differenziazione in complessi idrogeologici che possono essere sede di importanti acquiferi.

Il primo complesso, costituito dalla serie carbonatica stratificata, è composto prevalentemente da calcari micritici, calcari marnosi stratificati e calcareniti e al suo interno comprende livelli marnoso-argillosi poco permeabili e potenti fino ad alcune decine di metri, che ne condizionano notevolmente le caratteristiche idrogeologiche. Lo spessore del complesso è molto variabile, da alcune centinaia

di metri nella serie completa, alla totale assenza, in quella ridotta.

Il secondo complesso è costituito da una formazione calcarea massiva composta da calcari micritici e granulari in grosse bancate, passanti localmente a calcari dolomitici e dolomie. Affiora frequentemente al nucleo delle anticlinali, dove si presenta intensamente fessurato e carsificato, con spessore variabile tra 500 e 800 metri, privo di intercalazioni pelitiche e molto fessurato. Questo complesso rappresenta un serbatoio di enorme potenzialità, esteso alla base della serie carbonatica stratificata. Al di sotto della serie carbonatica il substrato evaporitico triasico è ricco di solfati e cloruri che vengono lisciviati da acque di circolazione profonda; tale fenomeno, particolarmente evidente nell'Umbria sudoccidentale, non consente l'utilizzo per uso potabile di molte risorse idriche sotterranee.

I complessi carbonatici sono stati suddivisi in 7 strutture idrogeologiche distinte:

- Sistema della Valnerina;
- Sistema dell'Umbria nord-orientale (Spoleto-Scheggia);
- Sistema dei Monti Martani;
- Sistema dei Monti di Amelia e Narni;
- Unità di Monte Subasio;
- Unità di Monte Malbe-Monte Tezio;
- Unità dei Monti di Gubbio.

13.1 SISTEMA DELLA VALNERINA

Il Sistema della Valnerina è la più estesa e imponente struttura idrogeologica dell'Umbria. Si sviluppa tra la linea tettonica Ancona-Anzio e quella della Valnerina. La sua superficie, nel territorio

umbro, è di circa 1.100 km², ma la struttura ha una notevole estensione anche oltre i confini regionali.

L'intera dorsale è costituita prevalentemente da formazioni carbonatiche, interessate da una tettonica complessa. Il sistema è idraulicamente chiuso a sud-est dal sovrascorrimento della serie mesozoica umbra sui depositi torbiditici della Laga. Nella zona di Triponzo una faglia diretta ha portato il substrato triassico a ridosso della superficie topografica. In questo settore si è sviluppata un'intensa attività idrotermale (Terme di Triponzo).

13.1.1 Localizzazione delle stazioni piezometriche

Il piezometro denominato *Scheggino VN2* è collocato a circa due chilometri dall'omonimo paese, sulla sinistra del fiume Nera (fig. 83). La stazione di monitoraggio è costituita da una sonda idrostatica a immersione, e da una stazione di acquisi-

zione a un canale analogico, alimentata con batteria ricaricabile (fig. 85).

Il piezometro di *Pacce* è situato nel campo pozzi che attinge dalle riserve permanenti della sorgente di *Pacce*, nel comune di *Morro Reatino* (fig. 84). Ha una profondità di 25 metri dal piano di campagna. Il punto di prelievo è gestito da Servizio Idrico Integrato.

La stazione è costituita da una sonda idrostatica a immersione e da un acquirettore a quattro canali analogici. Essa effettua anche il monitoraggio del prelievo effettuato nel campo pozzi.

13.1.2 Analisi dei dati

Il piezometro di *Pacce* è ubicato al di fuori del territorio regionale umbro, ai margini del campo pozzi che attinge dalle riserve permanenti dell'omonima sorgente, captata per uso potabile. La gestione del punto di captazione prevede l'integrazione dell'acqua sorgiva con l'acqua emunta dai pozzi quando il contributo naturale



Fig. 83 - Localizzazione geografica del piezometro Scheggino VN2 (Cartografia IGM, Foglio n. 131 - Tavola II SO)



Fig. 84 - Localizzazione geografica del piezometro Pacce (Cartografia IGM, Foglio n. 138 - Tavola I SE)

scende al di sotto una determinata soglia. Il piezometro di Pacce, pertanto, monitora lo stato delle risorse permanenti del sistema.

Il regime della sorgente è influenzato dal prelievo forzato che grava sul sistema idrogeologico. Nei periodi di scarsa piovosità il prelievo dai pozzi, che può oltrepassare i 160 l/s, supera abbondantemente la capacità di ricarica del sistema. Talvolta il prelievo forzato impoverisce le risorse permanenti del sistema fino ad arrestare l'erogazione naturale di acqua. Il livello di falda ha subito un abbassamento notevole nel corso dell'emergenza idrica del 2002-2003 (oltre 10 metri), quando l'incremento dei prelievi dal sistema sorgivo ha causato l'esaurimento dell'erogazione naturale di acqua per circa 28 mesi. Dal maggio 2007 è iniziato un nuovo trend di abbassamento del livello di falda che ha portato a un esaurimento della sorgente (fig. 86 e tab. 12).

La stazione di Scheggino, posta a pochi

metri dal fiume Nera, mostra livelli di falda molto stabili. Anche in piena crisi idrica le oscillazioni stagionali sono contenute nell'ordine dei 50 centimetri. Il Sistema della Valnerina, infatti, è caratterizzato da un'elevata potenzialità idraulica ed è soggetto a prelievi che quasi sempre utilizzano le restituzioni naturali.



Fig. 85 - Stazione piezometrica di Scheggino

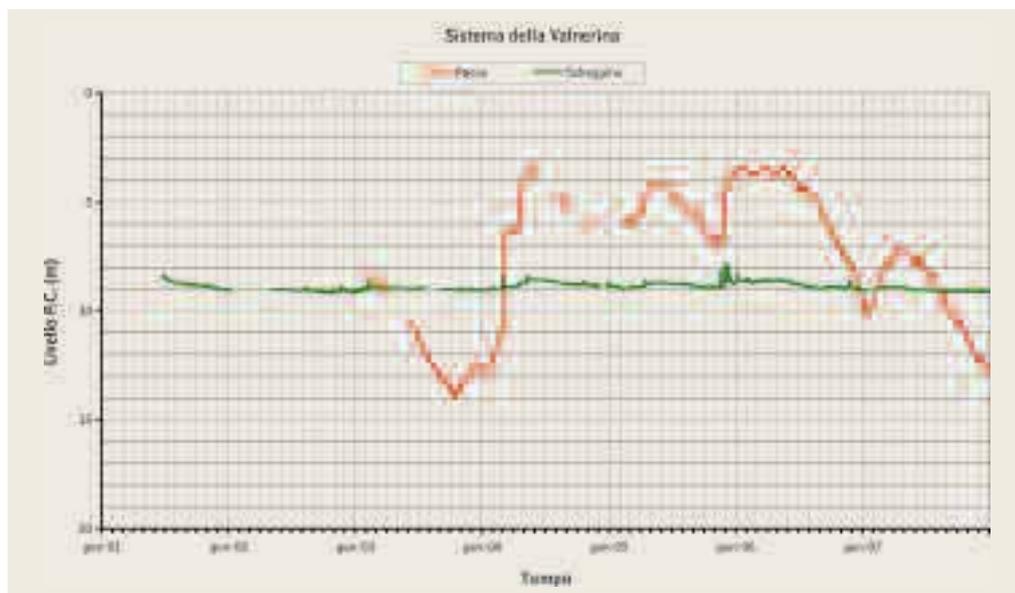


Fig. 86 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nel Sistema della Valnerina

Tab. 12 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nel Sistema della Valnerina

Anno	Scheggino VN2			Pacce		
	min	med	max	min	med	max
2001	8,39*	8,80*	9,05*			
2002	8,88	9,07	9,17			
2003	8,61	8,98	9,14	8,36*	11,71*	14,00*
2004	8,39	8,78	9,05	3,42	6,85	12,86
2005	7,81	8,80	9,01	3,66	5,31	6,92
2006	8,21	8,78	9,05	3,32	5,02	9,75
2007	8,88	9,04	9,15	7,12	9,36	12,71

* I valori contrassegnati con asterisco sono relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.

Fig. 87 - Localizzazione geografica del piezometro Valle del Sodo (Cartografia IGM, Foglio n. 116 - Tavola II SO)



Fig. 88 - Localizzazione geografica del piezometro Acquabianca (Cartografia IGM, Foglio n. 123 - Tavola II SO)



13.2 SISTEMA DELL'UMBRIA NORDORIENTALE

Il Sistema idrogeologico dell'Umbria nordorientale ha una superficie in territorio umbro di circa 700 km². A ovest il sistema è limitato da un motivo tettonico distensivo nella parte meridionale e dal passaggio stratigrafico a terreni a bassa permeabilità in quella settentrionale. A est, invece, si estende al di fuori dei limiti territoriali regionali dove è delimitato dal passaggio stratigrafico a terreni meno permeabili. All'interno della dorsale la presenza di livelli a bassa permeabilità a giacitura sub-verticale, sebbene interessati da un reticolo di faglie, ostacolano il flusso delle acque sotterranee verso la periferia del sistema, contribuendo a mantenere elevati i potenziali idraulici degli acquiferi.

13.2.1 Localizzazione delle stazioni piezometriche

Il piezometro denominato *Valle del Sodo* è collocato nell'omonima valle, in un'area di prelievo per uso potabile gestita da Umbra

Acque, nel comune di Sigillo (fig. 87). La falda monitorata presenta un potenziale idraulico stagionalmente superiore al piano di campagna. Per consentire il monitoraggio piezometrico ed evitare nel contempo la fuoriuscita di acqua, è stato realizzato un bocca pozzo a tenuta stagna, che ospita la sonda idrostatica. La stazione di acquisizione, a due canali analogici, è alimentata con pannello solare (fig. 89).

All'interno del Sistema dell'Umbria nordorientale sono stati individuati alcuni corpi idrici significativi di particolare importanza, come la Struttura dei Monti delle Valli del Topino e del Menotre, dove è ubicato il piezometro di *Acquabianca* che si trova nella zona di tutela assoluta dell'omonima sorgente, nel comune di Foligno, gestita da Valle Umbra Servizi (fig. 88). La stazione è costituita da una sonda idrostatica a immersione, e da un acquisitore a quattro canali analogici. Essa effettua anche il monitoraggio del prelievo dal sistema sorgivo e della portata naturale della sorgente stessa.

13.2.2 Analisi dei dati

La stazione di *Valle del Sodo*, di recente realizzazione, ha rilevato variazioni minime del livello di falda fino all'attivazione del pozzo adiacente, nell'agosto 2007. Terminato il periodo di pompaggio, il livello di falda è tornato a circa 1 metro dal piano campagna, dove sembra essersi stabilizzato (fig. 90).

Il piezometro di *Acquabianca* è ubicato a una decina di metri dal pozzo che attinge dalle riserve permanenti dell'omonima sorgente, captata per uso potabile. La gestione del punto di captazione prevede l'integrazione dell'acqua sorgiva con l'acqua emunta dal pozzo quando il contributo naturale scende al di sotto di una determinata soglia (fig. 91). Il piezometro



Fig. 89 - Stazione piezometrica di Valle del Sodo

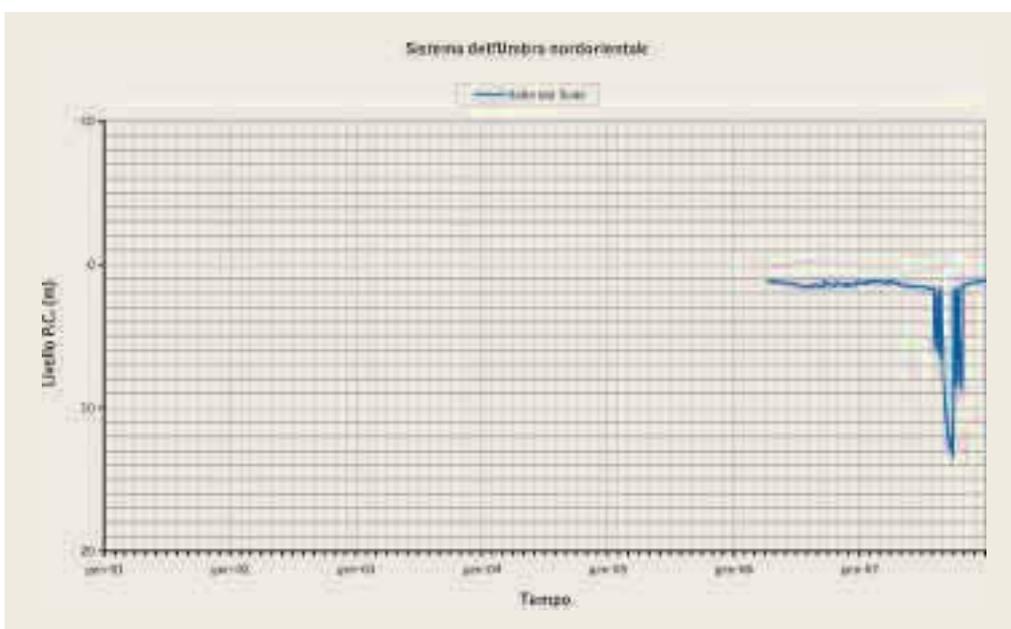


Fig. 90 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nel Sistema dell'Umbria nordorientale

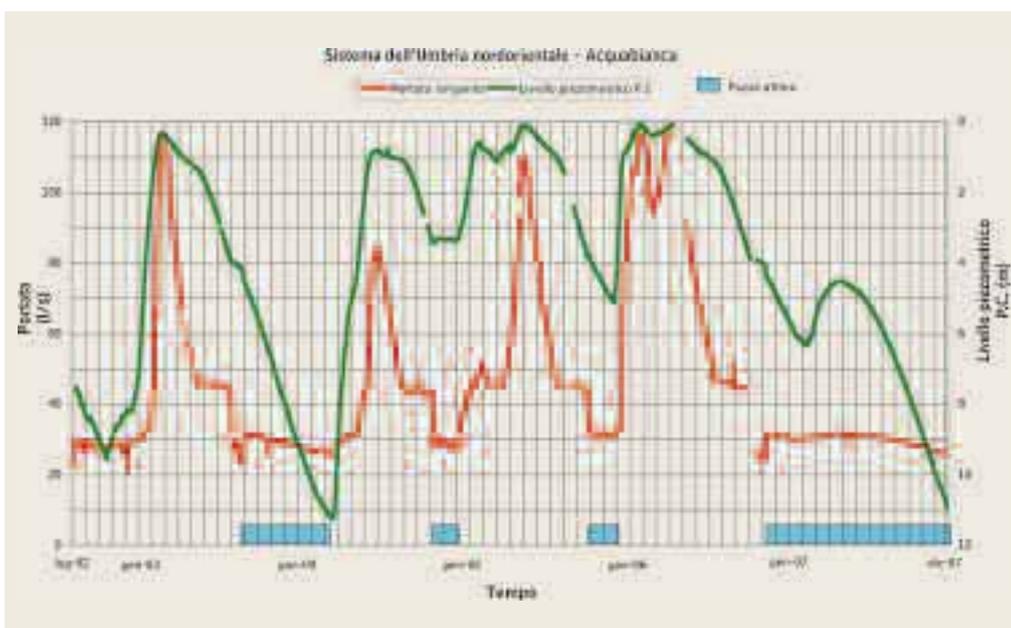


Fig. 91 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda e delle portate della sorgente Acquabianca, associati ai periodi di attivazione del pozzo

Tab. 13 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche del Sistema dell'Umbria N.O.

Anno	Valle del Sodo			Acquabianca		
	min	med	max	min	med	max
2001						
2002				1,94*	7,78*	9,58*
2003				0,33	4,31	10,14
2004				0,79	4,12	11,29
2005				0,11	1,75	5,12
2006	1,10*	1,38*	1,58*	0,04	1,95	5,65
2007	1,06	2,65	13,38	4,53	6,52	10,98

* I valori contrassegnati con asterisco sono relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.



Fig. 92 - Stazione piezometrica di Rocca San Zenone

Fig. 93 - Localizzazione geografica del piezometro Rocca San Zenone (Cartografia IGM, Foglio n. 138 - Tavola IV NE)



di Acquabianca, pertanto, monitora lo stato delle risorse permanenti del sistema.

In fase di morbida, il livello di falda, regolato dalla soglia di permeabilità della sorgente, si trova a pochi centimetri dal piano di campagna. Tuttavia, nei periodi siccitosi, l'attivazione del pozzo porta ad abbassamenti marcati del livello piezometrico (oltre 11 metri) (tab. 13).

13.3 SISTEMA DEI MONTI MARTANI

Il Sistema idrogeologico dei Monti Martani si estende per una superficie di circa 200 km². Può essere definito come emianticlinale a nucleo triassico che, verso est, evolve in una larga sinclinale con nucleo miocenico.

Il sistema è idraulicamente chiuso nel settore nordorientale dal passaggio stratigrafico con terreni a bassa permeabilità, mentre lungo il margine sudoccidentale è delimitato da un sistema tettonico distensivo. Al margine del sistema sono presenti

potenti depositi di travertino intercalati a depositi lacustri, che poggiano sulla struttura a quote superiori a 300 metri.

La struttura è priva di sorgenti con portate significative. Il livello di saturazione del serbatoio carbonatico si colloca al di sotto dei 200 metri s.l.m. L'acquifero principale, che satura il nucleo della struttura, è caratterizzato da acque naturalmente scadenti per eccessiva mineralizzazione. Presumibilmente l'acquifero drena a sud-ovest verso un livello di base posto nella struttura dei Monti di Narni e di Amelia, alimentando le grandi sorgenti delle gole del Nera.

13.3.1 Localizzazione delle stazioni piezometriche

Il piezometro denominato *Rocca San Zenone* è collocato nell'omonimo paese, in prossimità del fiume Serra (fig. 93). Ha una profondità di perforazione di circa 150 metri ed è rivestito fino alla profondità di

circa 50 metri. La stazione di monitoraggio è costituita da una sonda idrostatica a immersione, e da una stazione di acquisizione a due canali analogici, alimentata con pannello solare (fig. 92).

13.3.2 Analisi dei dati

Il piezometro di *Rocca San Zenone* è stato realizzato in litotipi calcarei fortemente tettonizzati che hanno dato luogo a fenomeni di ostruzione del foro. Durante l'escavazione, nonostante numerosi tentativi, non è stato possibile rivestire il piezometro per tutta la profondità di perforazione. La profondità utile per il monitoraggio è limitata a circa 49 metri, non sufficienti a coprire le notevoli escursioni del livello di falda (fig. 94 e tab. 14).

I dati acquisiti dalla stazione, realizzata recentemente, mostrano che il livello freatico, regolato presumibilmente dalla portata del Serra, può scendere e salire di decine di metri nell'arco di poche settimane, in funzione delle condizioni di piovosità.

13.4 SISTEMA DEI MONTI DI NARNI E AMELIA

Il Sistema idrogeologico dei monti di Narni e Amelia è costituito da una dorsale carbonatica che si estende su una superficie complessiva di circa 240 km² nel territorio umbro. La dorsale prosegue a sud-est nel Lazio, dove si raccorda con la struttura dei Monti Sabini.

Il sistema, caratterizzato da estesi affioramenti di calcare massiccio, costituisce un'ampia area di infiltrazione e

immagazzinamento di risorse idriche. Al nucleo della struttura si rinvencono i terreni della serie carbonatica umbra di età triassica. Il settore umbro è quasi interamente circondato da depositi plio-pleistocenici.

Il limite di permeabilità della struttura carbonatica è collocato a quote variabili tra 300 e 400 metri, a eccezione che nella zona di Narni, dove si abbassa fino a 75 metri s.l.m. Il fiume Nera solca trasversalmente la struttura carbonatica, incidendo profonde gole che assumono il ruolo di livello di base regionale. Esse drenano una portata presunta di 13 m³/s, erogata da un insieme di sorgenti localizzate e lineari (sorgenti di Stifone-Montoro). Tali acque sorgive sono caratterizzate da un'elevata salinità che ne pregiudica l'utilizzo a fini potabili.

13.4.1 Localizzazione delle stazioni piezometriche

Il piezometro denominato *Ponte Argentario* è collocato a pochi metri da un pozzo emunto per uso potabile, nel comune di Baschi (fig. 95), gestito dal Servizio Idrico

Tab. 14 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche del Sistema dei Monti Martani

Anno	Rocca San Zenone		
	min	med	max
2006	20,67*	34,93*	48,32*
2007	19,46	24,65	>45,22

* I valori contrassegnati con asterisco sono relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.

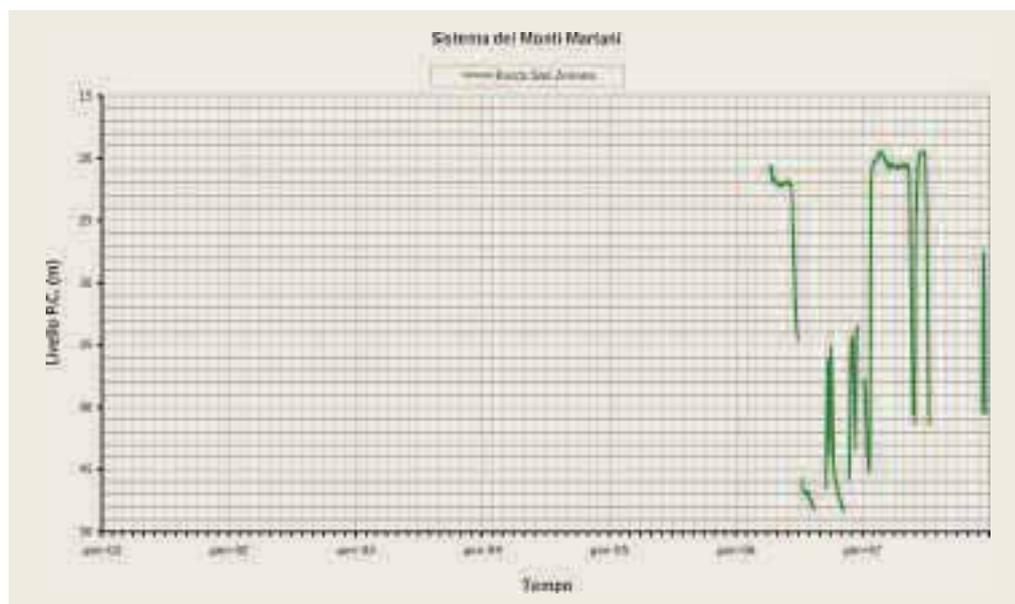


Fig. 94 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nel Sistema dei Monti Martani

Fig. 95 - Localizzazione geografica del piezometro Ponte Argentario (Cartografia IGM, Foglio n. 130 - Tavola II SO)



Fig. 96 - Localizzazione geografica del piezometro Pasquarella (Cartografia IGM, Foglio n. 130 - Tavola II SO)



Fig. 97 - Stazione piezometrica di Ponte Argentario



Fig. 98 - Stazione piezometrica di Calvi



Integrato. La stazione di monitoraggio è costituita da una sonda idrostatica a immersione, e da una stazione di acquisizione a due canali analogici, alimentata con tensione di rete (fig. 97).

Il piezometro di *Pasquarella* è collocato nell'omonimo campo pozzi, gestito da Umbra Acque, nel comune di Baschi. Ubicato nell'idrostruttura dei Monti di Narni e Amelia, è situato alla sinistra del fiume Tevere, poco prima dell'immissione nel

lago di Corbara (fig. 96). La stazione di monitoraggio è costituita da una sonda idrostatica a immersione, e da una stazione di acquisizione a un canale analogico, alimentata con batterie ricaricabili.

Il piezometro di *Calvi* è collocato a pochi chilometri dall'omonimo paese, in prossimità di un campo pozzi utilizzato per uso potabile, gestito dal Servizio Idrico Integrato (fig. 99). È stato ricavato da un vecchio pozzo in disuso, profondo

circa 300 metri. La stazione di monitoraggio è costituita da una sonda idrostatica a immersione, e da una stazione di acquisizione a due canali analogici, alimentata con pannello solare (fig. 98).

13.4.2 Analisi dei dati

Il piezometro di Pasquarella è ubicato al margine dell'omonimo campo pozzi, di recente realizzazione. La portata emunta dal campo pozzi, nell'ordine di 250 l/s, sembra influenzare in modo significativo la falda; la carenza di precipitazioni che ha caratterizzato il biennio 2006-2007 ha portato una diminuzione del livello di falda di circa 12 metri (fig. 100).

Il piezometro di Ponte Argentario è ubicato a sud-ovest del campo pozzi sopra menzionato, e monitora lo stesso acquifero della stazione di Pasquarella. I dati

mostrano una marcata stabilità del livello di falda; presumibilmente, la porzione "marginale" di acquifero interessata dal campo pozzi di Pasquarella risente maggiormente delle escursioni stagionali, a differenza della zona di Civitella del Lago, ove sorge il piezometro di Ponte Argentario (fig. 101 e tab. 15).

La stazione di Calvi, di recente realizzazione, mostra una certa variabilità del livello di falda. I prelievi effettuati nel campo pozzi adiacente al piezometro, nell'ordine di 20-30 l/s, contribuiscono ad accentuare le escursioni della superficie piezometrica. Non vi sono dati sufficienti per fornire ulteriori informazioni.

13.5 UNITÀ DEL MONTE SUBASIO

L'Unità del Monte Subasio si estende su una superficie di circa 48 km², ed è costi-



Fig. 99 - Localizzazione geografica del piezometro Calvi (Cartografia IGM, Foglio n. 138 - Tavola III NO)

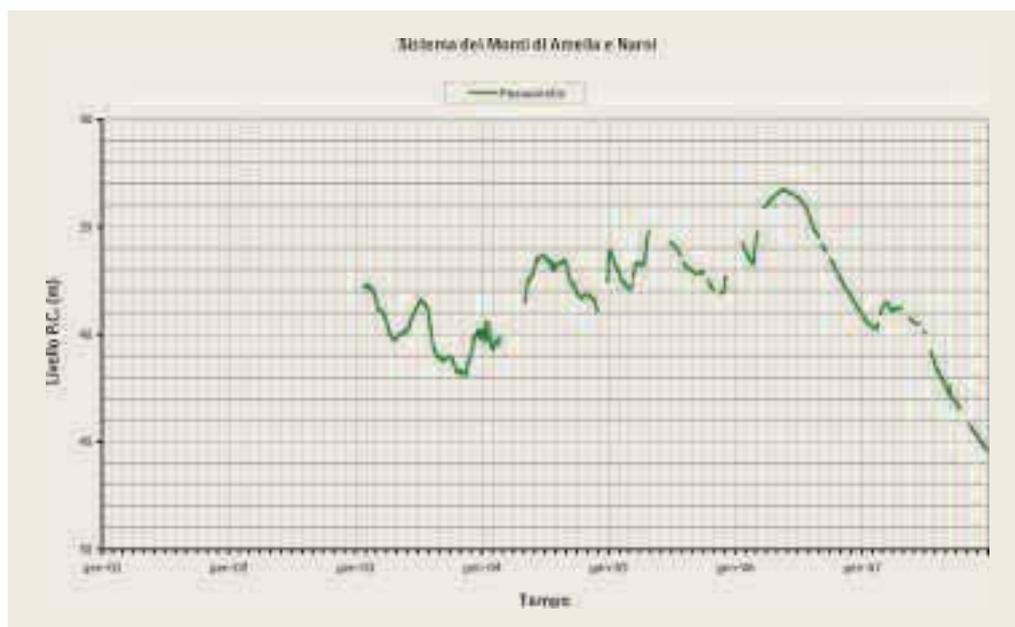
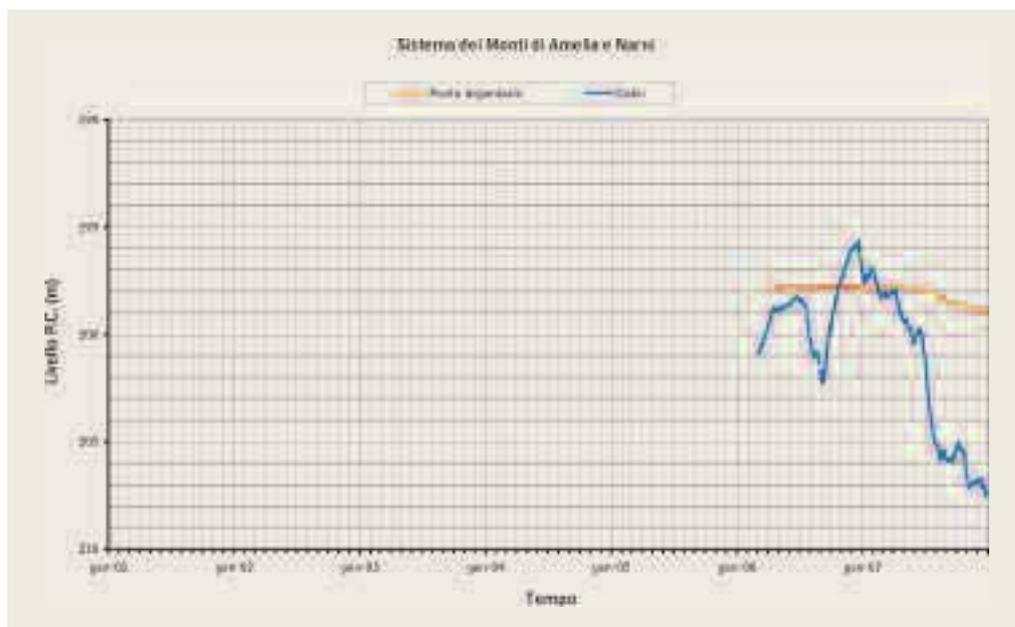


Fig. 100 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nel Sistema dei Monti di Amelia e Narni (Pasquarella)

Fig. 101 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nel Sistema dei Monti di Amelia e Narni (Ponte Argentario e Calvi)



Tab. 15 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nel Sistema dei monti di Amelia e Narni

Anno	Pasquarella			Ponte Argentario			Calvi		
	min	med	max	min	med	max	min	med	max
2001									
2002									
2003	37,65*	39,92*	41,92*						
2004	36,20	37,89	40,73						
2005	35,21	36,93	38,11						
2006	33,23	35,51	39,12	197,65*	197,84*	198,01*	195,65*	198,81*	202,30*
2007	38,52	41,22	45,48	197,71	198,19	199,26	196,88	202,28	207,53

* I valori contrassegnati con asterisco sono relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.

tuita da litotipi carbonatici mesozoici; il margine nordorientale è delimitato dal passaggio stratigrafico a depositi terrigeni a bassa permeabilità, mentre il margine sudoccidentale è delimitato da una faglia diretta. La struttura, saturata da un acquifero di fondo, è priva di sorgenti con portate significative, sia al suo interno, sia lungo i margini.

13.5.1 Localizzazione delle stazioni piezometriche

Il piezometro denominato *Valle del Tescio* è collocato lungo il corso dell'omonimo fiume, nel comune di Assisi (fig. 102). È stato realizzato dal gestore Umbra Acque, che ha concesso ad Arpa Umbria la gestione della stazione di monitoraggio ivi installata. Ha una profondità di perforazione di oltre 400 metri dal piano di campagna. La stazione di monitoraggio è costituita da una sonda idrostatica a immersione e da una stazione di acquisi-

zione a due canali analogici, alimentata con pannello solare (fig. 104).

Il piezometro di *Valle del Renaro* è collocato lungo il corso dell'omonimo torrente, al confine tra i comuni di Assisi e Spello (fig. 103). È stato realizzato dal gestore Umbra Acque, che ha concesso ad Arpa Umbria la gestione della stazione di monitoraggio ivi installata. Ha una profondità di perforazione di 264 metri dal piano di campagna. La stazione di monitoraggio è provvista di una sonda idrostatica a immersione e di una stazione di acquisizione a due canali analogici, alimentata con pannello solare (fig. 105).

13.5.2 Analisi dei dati

Il pozzo realizzato nella *Valle del Tescio* è situato all'estremo settentrionale della struttura del Monte Subasio, mentre il piezometro denominato *Valle del Renaro* è ubicato in una profonda incisione posta all'estremo meridionale della stessa struttura.

La stazione *Valle del Tescio* è caratterizzata da una maggiore variabilità dei livelli di falda (fig. 106 e tab. 16). Entrambe le stazioni sono state installate recentemente, e non vi sono dati sufficienti per fornire ulteriori informazioni.

Tab. 16 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche dell'Unità del Monte Subasio

Anno	Valle del Tescio			Valle del Renaro		
	min	med	max	min	med	max
2006	60,18*	64,60*	67,58*	177,06*	178,84*	181,33*
2007	56,98*	65,57*	78,33*	183,46	186,44	190,36

* I valori contrassegnati con asterisco sono relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.

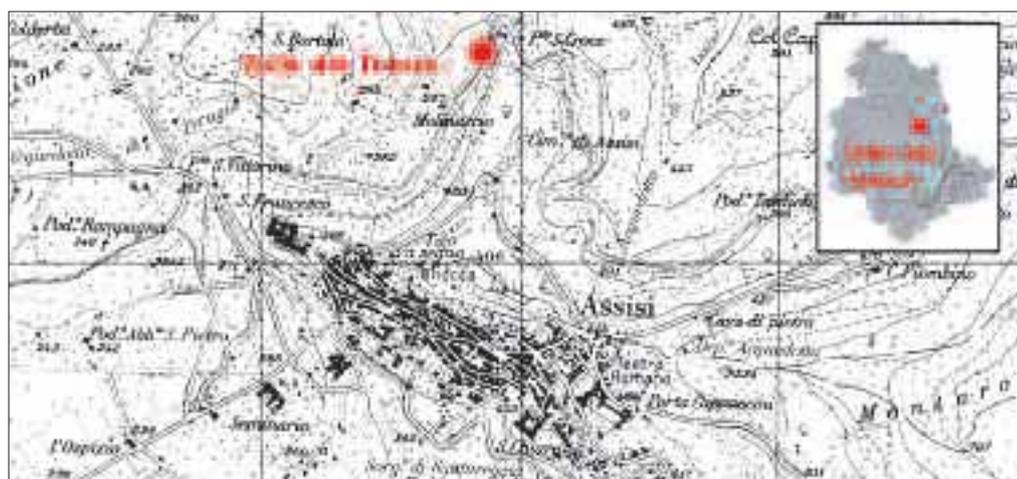


Fig. 102 - Localizzazione geografica del piezometro Valle del Tescio (Cartografia IGM, Foglio n. 123 - Tavola III SE)



Fig. 103 - Localizzazione geografica del piezometro Valle del Renaro (Cartografia IGM, Foglio n. 123 - Tavola III SE)



Fig. 104 - Stazione piezometrica Valle del Tescio



Fig. 105 - Stazione piezometrica di Valle del Renaro

Fig. 106 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nell'Unità del Monte Subasio

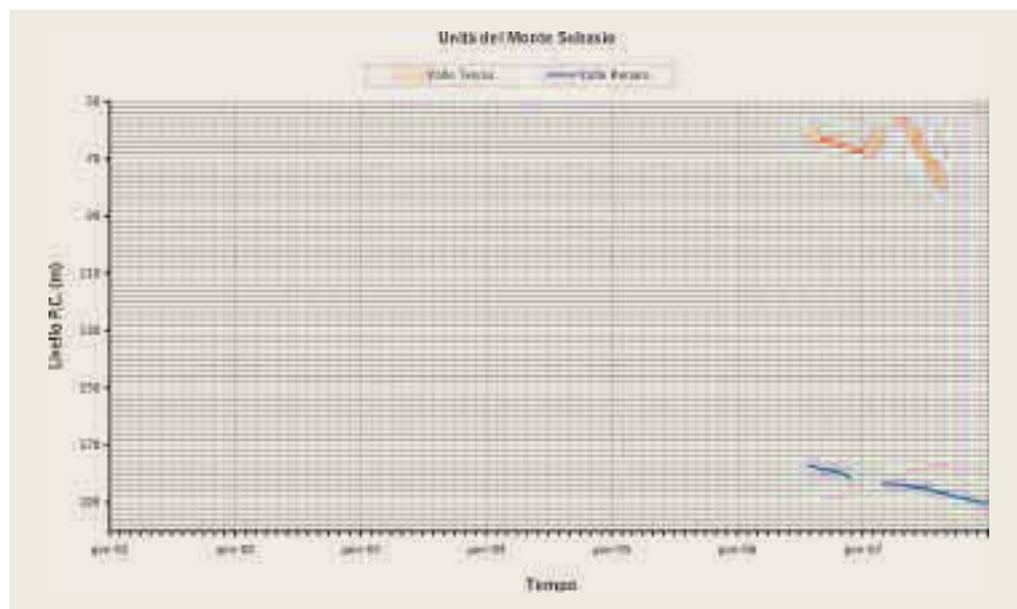


Fig. 107 - Localizzazione geografica del piezometro Valle del Nese (Cartografia IGM, Foglio n. 122 - Tavola I SE)



13.6 UNITÀ DEI MONTI MALBE-TEZIO

Le Unità dei monti Malbe-Tezio hanno una superficie complessiva di circa 60 km². Il Monte Malbe è formato prevalentemente da sedimenti carbonatici triassici e cretaci, circondati da depositi terrigeni. È probabile che la struttura carbonatica sia saturata da un acquifero di fondo, sebbene, sia al suo interno, sia alla periferia, non si rinvenivano sorgenti con portate significative.

Le strutture di Monte Tezio e Monte Acuto sono prevalentemente costituite da litotipi carbonatici del Cretaceo e sono delimitate da depositi terrigeni. Anche in qui non si hanno sorgenti significative.

13.6.1 Localizzazione delle stazioni piezometriche

Il piezometro denominato *Valle del Nese* è collocato nell'omonima valle, nei calcari

dell'Unità del monte Tezio (fig. 107). Il piezometro ha una profondità di perforazione di circa 156 metri ed è interamente rivestito. La stazione di monitoraggio è costituita da una sonda idrostatica a immersione, e da una stazione di acquisizione a due canali analogici, alimentata con pannello solare (fig. 109).

Il piezometro denominato *Migiana* è collocato a ridosso dell'omonimo paese, nel comune di Corciano, in un'area di prelievo per uso potabile gestita da Umbra Acque (fig. 108). Il piezometro è stato ricavato da un vecchio pozzo in disuso, profondo oltre 100 metri dal piano di campagna, ubicato nell'acquifero carbonatico dell'Unità di Monte Malbe. La stazione di monitoraggio è costituita da una sonda idrostatica a immersione, e da una stazione di acquisizione a due canali analogici, alimentata con pannello solare (fig. 110).

13.6.2 Analisi dei dati

Il piezometro di *Migiana* è collocato nell'area di un campo pozzi che preleva una portata media di circa 30 l/s dall'acquifero calcareo di Monte Malbe.

Il piezometro di *Valle del Nese* è collocato nell'omonima valle, in una zona non sfruttata a fini idropotabili, nei calcari del Monte Tezio. Entrambe le stazioni mostrano variazioni del livello di falda piuttosto marcate, ma non vi sono dati sufficienti per fornire ulteriori informazioni (fig. 111 e tab. 17).

13.7 UNITÀ DEI MONTI DI GUBBIO

L'Unità dei Monti di Gubbio è una piccola struttura carbonatica che si estende per circa 15 km².

Tab. 17 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nelle Unità di Monte Malbe e Tezio

Anno	Migiana			Valle del Nese		
	min	med	max	min	med	max
2006	53,99*	58,54*	62,63*	83,28*	87,65*	91,74*
2007	62,63	65,63	68,23	86,53	93,30	99,74

* I valori contrassegnati con asterisco sono relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.

La dorsale è costituita da un'anticlinale rovescia, all'interno della quale sono presenti litotipi calcarei e calcareo-marnosi. La struttura è delimitata da una faglia diretta (lungo il margine occidentale) e da formazioni a bassa permeabilità (lungo il margine orientale).



Fig. 108 - Localizzazione geografica del piezometro Migiana di Corciano (Cartografia IGM, Foglio n. 122 - Tavola II NO)



Fig. 109 - Stazione piezometrica di Valle del Nese



Fig. 110 - Stazione piezometrica di Migiana di Corciano

Fig. 111 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nelle Unità di Monte Tezio e Monte Malbe

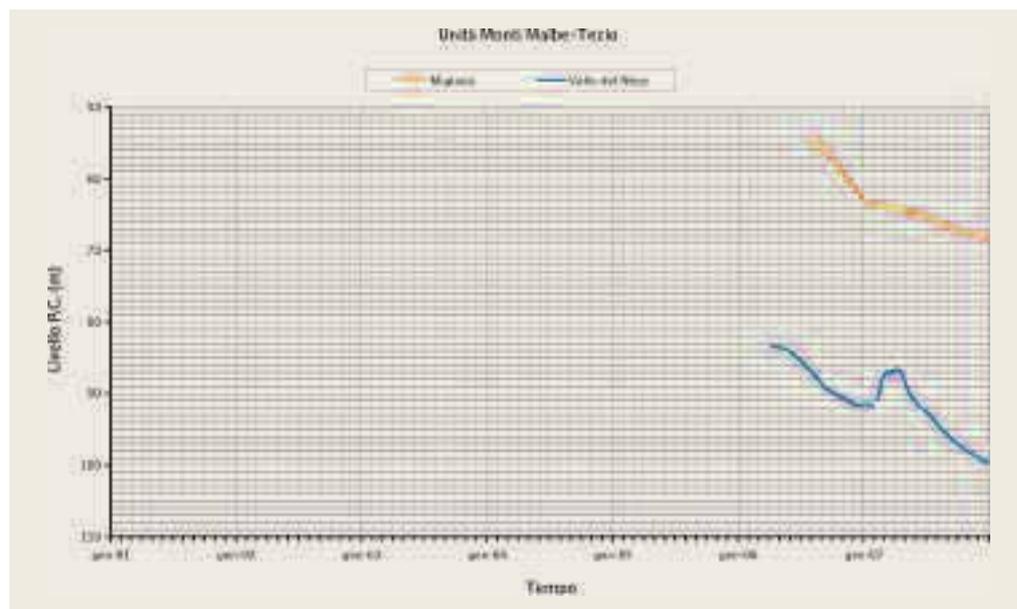


Fig. 112 - Localizzazione geografica del piezometro Mocaiana (Cartografia IGM, Foglio n. 116 - Tavola III SO)



All'interno della sequenza carbonatica sono presenti alcuni acquiferi localmente in contatto idraulico che alimentano la coltre detritica. Sono stati individuati quattro sottobacini sotterranei aventi circolazione parzialmente o completamente separata: un sottobacino settentrionale che riversa le sue acque nella valle dell'Assino e alimenta il campo pozzi di Mocaiana nel comune di Gubbio; un sottobacino che si estende dal Monte Focce al Monte Casamorcia e alimenta l'area del campo pozzi di Raggio; due sottobacini meridionali di minor estensione, caratterizzati da piccole sorgenti che alimentano la fascia detritica prospiciente.

13.7.1 Localizzazione delle stazioni piezometriche

Il piezometro denominato *Mocaiana* è collocato nella zona di tutela assoluta dell'o-

monimo campo pozzi, nel comune di Gubbio, gestito da Umbra Acque (fig. 112). Fino al mese di maggio 2005 era utilizzato un vecchio pozzo in disuso, posto a circa 8 metri di distanza dal pozzo in pompaggio. A partire dal maggio 2005 la sonda idrostatica è stata collocata in un nuovo piezometro, appositamente realizzato, posto in posizione baricentrica rispetto ai pozzi emunti. Il nuovo piezometro ha una profondità di escavazione di circa 120 metri.

La stazione è costituita da una sonda idrostatica a immersione, e da un acquirettore a sei canali analogici, che effettua anche il monitoraggio della componente captata dal campo pozzi.

13.7.2 Analisi dei dati

La stazione di *Mocaiana* mostra escursioni stagionali del livello di falda molto mar-

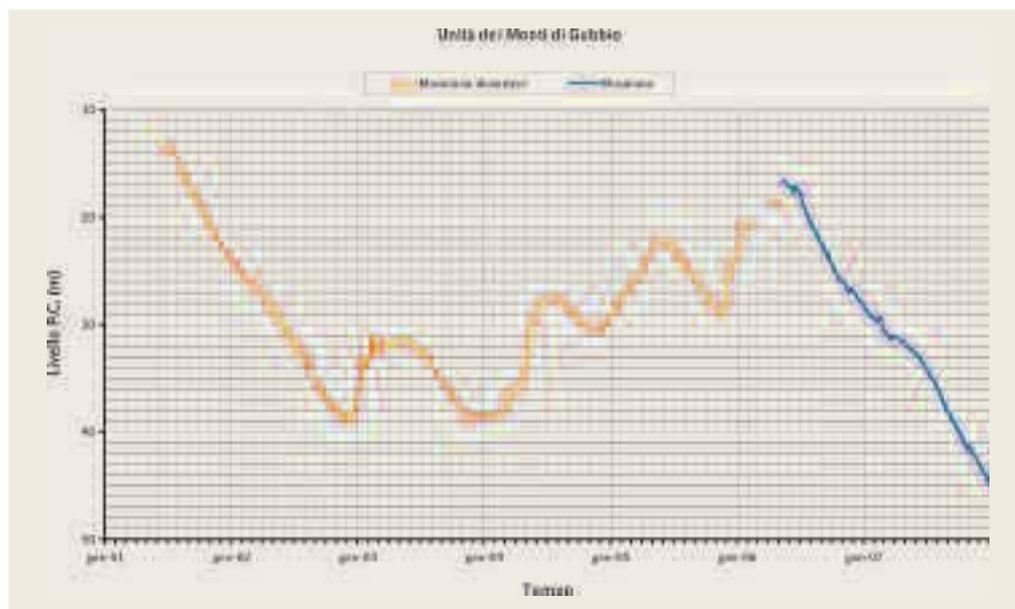


Fig. 113 - Andamento storico (valori giornalieri) dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nell'Unità dei Monti di Gubbio

cate. In particolare, durante la crisi idrica del 2002-2003, il livello piezometrico si è abbassato di oltre 25 metri. Dopo un parziale recupero effettuato nel triennio 2004-2006, il livello è sceso di oltre 28 metri in seguito alla nuova crisi idrica (fig. 113 e tab. 18).

Questo andamento è sintomatico dell'intera area dei Monti di Gubbio, dove l'entità dei prelievi incide pesantemente sul bilancio idrogeologico della struttura.

Tab. 18 - Valori dei livelli di falda registrati dalle stazioni piezometriche ubicate nell'Unità dei Monti di Gubbio

Anno	Mocaiana dismessa			Mocaiana		
	min	med	max	min	med	max
2001	12,90*	18,24*	23,99*			
2002	24,05	31,91	38,85			
2003	30,88	34,30	39,02			
2004	27,57	31,80	38,73			
2005	22,06	25,42	28,88			
2006	18,32	19,43	22,85	16,57*	22,53*	28,39*
2007	0,00	0,00	0,00	28,40	35,58	45,00

* I valori contrassegnati con asterisco sono relativi a un periodo di osservazione inferiore all'anno solare.



Bibliografia

- AA.VV. (1991) - *Progetto finalizzato alla valutazione degli effetti nell'Alta Valle del Tevere conseguenti all'esercizio dell'invaso di Montedoglio* - Regione Umbria, rapporto interno.
- AA.VV. (1995) - *Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi 10: La Conca Ternana*.
- BERETTA G.P., MARCHETTI G., MARTINELLI A., CREA R., FABIANI C., FRONDINI F., GIULIANO G., NUCCI M., PAGGI G., PERUZZI L. (2001) - *Il monitoraggio delle acque a scala regionale: approccio tradizionale e innovazione tecnologica applicata agli acquiferi dell'Umbria* - IGEA, n. 16.
- BONI C., BONO P., CAPELLI G. (1986) - *Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale*. Mem. Soc. Geol. It., Vol. 35.
- CHECCUCCI R., FRONDINI F., MARCHETTI G., MARTINELLI A., PERUZZI L. (1998) - *Il monitoraggio degli acquiferi umbri nell'ambito del Progetto Interregionale di Sorveglianza e Monitoraggio delle Acque Sotterranee (PRISMAS): aspetti tecnologici e gestionali*. Convegno "Nuove tecniche per l'acquisizione, il monitoraggio e l'elaborazione dei dati idrogeologici a fini ambientali", Geofluid 1998 Piacenza, 1 ottobre.
- CONVERSINI P., NOTO P., SABATINI P. (1977) - *Dati caratteristici dei corpi idrici presenti nel bacino del fiume Topino a nord di Foligno*, in "Documenti, studi, ricerche", Provincia di Perugia.
- DELLA MARTERA (1980) - *Studio degli acquiferi dell'Alta Val Tiberina*. Università di Urbino, tesi di laurea.
- ENDRESS + HAUSER (2000) - *Sonde idrostatiche FMX 167* - Manuale operativo.
- GIULIANO G., MARCHETTI G., MARTINELLI A., FRONDINI F. & PERUZZI L. (1999) - *Nuove procedure operative e strumentali sulla rete di monitoraggio delle acque sotterranee in Umbria*. In "Atti III Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee per il III Millennio", Parma 13-15 ottobre 1999, GNDICI-CNR, n. 2000, pp. 3139-3152.
- IGROGEOCOOP (1980) - *Situazione idrogeologica nell'Alta Valle del Tevere*. Regione Lazio, rapporto interno.
- IDROTECNECO - RPA (1974-1975) - *Ricerca operativa sulle acque sotterranee, I e II parte*. Regione Umbria, rapporto interno.
- LOTTI C. & ASSOCIATI (1991) - *Piano ottimale di utilizzazione delle risorse idriche della regione - Indagini geoidrologiche preliminari - Area vulcanica di Orvieto*. Regione Umbria, rapporto interno.
- MARCHESI G., MARTINI I. (1995) - *Carta della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero dell'Alta Valle del Tevere* - Unità Operativa 4.II del GNDICI-CNR, Regione Umbria.
- MARCHETTI G., MARTINELLI A., NUCCI M., GUIDI M., SCOZZARI A. (2000) - *La rete di Monitoraggio remoto delle sorgenti appenniniche umbre*. In "Atti del convegno Tecniche e metodologie avanzate di monitoraggio discreto e continuo delle acque sotterranee", Torino, 21 novembre 2000, IGEA n. 14.
- NUCCI M., FRONDINI F., GUIDI M., MARCHETTI G., SCOZZARI A., ZANZARI A.R. (2001) - *Il monitoraggio idrogeochimico finalizzato alla conoscenza delle interazioni tra eventi sismici e acque sotterranee* - Acque Sotterranee, fascicolo n. 73.
- NUCCI M. (2001) - *La rete di monitoraggio delle acque sotterranee in Umbria*. "V Conferenza Nazionale Agenzie Ambientali", Bologna 17-19 dicembre 2001, Abstract contenuti tecnici.
- NUCCI M., MARTINELLI A. (2003) - *Progetto PIEZO (ampliamento e ottimizzazione della rete piezometrica regionale)* - Piano di emergenza idrica della Regione Umbria, III stralcio.
- NUCCI M., NERI N. (2003) - *Progetto MIPAR (Monitoraggio dei punti di prelievo di importanza regionale)* - Piano di emergenza idrica della Regione Umbria, III stralcio.
- NUCCI M. (2004) - *Il monitoraggio continuo delle sorgenti umbre* - Quaderni Arpa Umbria.
- PERUZZI L., SANTUCCI A. (1997) - *Studio preliminare vulnerabilità degli acquiferi* - Regione Umbria, rapporto interno.
- SANTUCCI A. (2005) - *Monografia 13 - Allegato al Piano di Tutela delle Acque della Regione Umbria*.
- SPADONI M. (1981) - *Studio degli acquiferi dell'Alta Val Tiberina*. Università di Urbino, tesi di laurea.

Finito di stampare
nell'aprile 2008
a Città di Castello (PG)
da Petruzzi Stampa
per conto di Arpa Umbria