

Cartografia idrogeologica sperimentale nella valle del Torrente Canera (Rieti, Lazio)

*Experimental hydrogeological cartography
in the Canera Stream Basin (Rieti, Latium)*

MARTARELLI L. (*), PARIS F. (*), PETITTA M. (**),
RIVELLINO S. (**), SCALISE A.R. (*), SILVI A. (*)

RIASSUNTO - Le caratteristiche geologiche e idrogeologiche della valle del T. Canera, e in particolare la presenza, nelle aree dei rilievi carbonatici circostanti, di un acquifero presumibilmente in continuità idraulica con quello alluvionale, ne hanno suggerito l'utilizzazione come area d'interesse per la sperimentazione della "Guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia alla scala 1:50.000". Le indagini idrogeologiche di dettaglio eseguite hanno avuto lo scopo di chiarire lo schema di circolazione in un'area pedemontana al margine della struttura idrogeologica della Piana Reatina e di verificare l'applicabilità di metodologie d'indagine quantitativa classica (misure di portata seriate in alveo e osservazioni sui parametri chimico-fisici a scala mensile) a sottobacini idrografici in un contesto geologico tipico delle serie carbonatiche umbro-sabine interessate da intensa evoluzione plio-quadernaria.

Quelle indagini hanno confermato: a) che il margine orientale della dorsale dei Monti Sabini Settentrionali non presenta un affioramento della falda regionale basale; b) la presenza di elementi tettonici ad andamento complesso e di livelli a bassa permeabilità nella sequenza carbonatica che danno origine in corrispondenza di livelli di base locali a sorgenti di portata media che vanno dalle decine a

qualche centinaio di l/s; c) la discreta permeabilità dei depositi detritici ed eluvio-colluviali affioranti in corrispondenza delle rotture morfologiche che coincidono con i limiti tettonici e stratigrafici di permeabilità sopra citati, consente il travaso parziale della risorsa idrica sotterranea verso questi corpi detritici ed il loro successivo recapito nell'alveo del T. Canera; d) che il fondo valle alluvionale costituisce un acquifero locale caratterizzato da scambi con le acque superficiali variabili stagionalmente in quantità e direzione nel medio corso del T. Canera e generalmente diretti dal corso d'acqua verso la falda nel tratto più prossimo alla Piana Reatina.

In conclusione, è stata accertata l'esistenza di un non trascurabile flusso di base nella media e bassa valle del T. Canera (circa 100 l/s in fase di magra e 400 l/s in media) che rappresenta, quindi, una risorsa idrica rilevante, quantomeno ai fini del mantenimento di buone condizioni ambientali, in grado anche di attenuare le problematiche di carenza idrica e di scadimento della qualità delle acque del Fiume Turano nella Piana Reatina in periodi siccitosi.

PAROLE CHIAVE: Idrogeologia, Cartografia idrogeologica, Val Canera, Rieti.

(*) ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale- Servizio Geologico d'Italia/Dipartimento Difesa del Suolo
(**) Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

ABSTRACT - The hydrogeologic and geologic features of the Canera Stream Basin, and in particular the probable hydraulic connection between the bordering carbonatic reliefs and the alluvial aquifer, have suggested to select it for testing the Italian guidelines for the hydrogeological survey and mapping at the 1:50,000 scale. The study was aimed to define the groundwater flow outline in this piedmont area marginal to the hydrogeologic structure of the Rieti Plain and to verify the soundness of classical quantitative hydrogeologic methodologies (seriate stream gauging measurement and physical-chemical parameter collection, both monthly acquired) in this hydrologic sub-basin located in the context of the typical Umbro-Sabine carbonatic succession involved in an intense Plio-Quaternary evolution.

The main considerations achieved by this study are as follows: i) in the study area there are no springs related to the regional basal aquifer in the eastern margin of the northern Sabini Mts; ii) the occurrence of tectonic elements with complex trend and of low permeability layers in the carbonatic succession induce at different elevation local springs with some tents-hundreds l/s yields; iii) the fairly good permeability of the eluvial-colluvial and detritical deposits, cropping out in the zone of morphologic slope inclination variation covering permeability limit surfaces, allows the transfer of some amounts of the groundwater resource through them, toward the Canera stream; iv) the alluvial deposits constitute a local aquifer characterized by hydraulic exchange with surface water of variable amount and direction in the middle course of the Canera stream and generally from the stream towards the groundwater approaching the Rieti Plain.

On the whole, the base flow of the middle and low course of the Canera stream, (about 100 l/s in low regime and about 400 l/s in average) represents an important water resource, almost as much as is concerned with the environmental good status, also for the interesting aspects on the mitigation of water scarcity and quality degradation of the Turano River in the Rieti Plain during drought times.

KEY WORDS: Hydrogeology, Hydrogeological cartography, Canera Stream Basin, Rieti

1. - INTRODUZIONE

Nell'ambito di uno studio idrogeologico di un'area campione per la sperimentazione della "Carta Idrogeologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Guida al rilevamento e alla rappresentazione", (Quaderno SGN n.5, serie III, IPZS, Roma, 1995), è stata indagata una zona corrispondente all'immissione della valle del Torrente Canera in corrispondenza del bordo sud-occidentale della Piana Reatina.

Le caratteristiche geologiche e idrogeologiche generali della valle del T. Canera, e in particolare la presenza nelle aree dei rilievi carbonatici circostanti di un acquifero presumibilmente in continuità idraulica con quello alluvionale, hanno suggerito che essa potesse essere un'area d'interesse per indagini idrogeologiche di maggiore dettaglio. Tale area rappresenta un settore con bassa utilizzazione del territorio ai fini abitativi e in parte sede di specifiche attività agricole.

Le attività realizzate nell'ambito del presente lavoro hanno interessato la valle del T. Canera ed il settore SO della Piana Reatina, contribuendo ad approfondire le conoscenze idrogeologiche desumibili dagli studi precedenti (MANFREDINI, 1972; BONI *et alii*, 1986; BONI *et alii*, 1995).

Infine, per le elaborazioni cartografiche sono state utilizzate le norme previste dalla "Guida", che si è rivelata, con alcune modifiche non sostanziali, sufficientemente adeguata alle necessità attinenti alla rappresentazione delle situazioni idrogeologiche peculiari di quell'area.

2. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

2.1. - STRATIGRAFIA

La valle del T. Canera è collocata tra la propaggine settentrionale dei Monti Sabini e l'area a SO della Piana di Rieti. Il settore in studio è caratterizzato, così come tutta la successione sabina e quelle di transizione, da una serie stratigrafica con apporti carbonatici detritici variabili sia per composizione dei clasti sia per frequenza e modalità di deposizione (CIVITELLI *et alii*, 1986; CORDA & MARIOTTI, 1986; COSENTINO & PAROTTO, 1986; GALLUZZO & SANTANTONIO, 2002). Si tratta di una successione di termini calcareo-silico-marnosi interessata, a vari livelli, da notevoli quantità di materiale detritico, anche grossolano, qualitativamente e quantitativamente variabili spostandosi dalle zone più prossime alla piattaforma carbonatica laziale-abruzzese verso le aree interne del bacino.

La successione stratigrafica, dal basso verso l'alto, è caratterizzata dai seguenti termini litologici:

- calcari cristallini e brecciati neritici massivi del Calcare Massiccio (spessore non inferiore a 700 m, Liassico inferiore);
- alternanza di formazioni calcareo-silico-marnose pelagiche sottilmente stratificate (spessore totale variabile da 1300 a 1500 m nei Monti Sabini settentrionali) rappresentate da:
 - Corniola (calcari stratificati con marne argillose alla sommità, 200-300 m; Lias medio-superiore);
 - Rosso Ammonitico (marne e calcari marnosi, 50-100 m; Lias superiore-Dogger);
 - Marne ad Aptici/Diaspri (calcari marnosi con selce, 100-150 m; Dogger-Malm);
 - Maiolica (calcari a grana fine stratificati, 200-250 m; Cretacico inferiore);
 - Marne a Fucoidi (marne, calcari e calcari marnosi selciferi, potenza 50-100 m; Cretacico medio);
 - Scaglia Bianca e Scaglia Rossa (calcari marnosi selciferi, 200-300 m; Cretacico superiore-Eocene medio);

- Scaglia Cinerea (marne e calcari marnosi detritici con livelli argillosi, potenza 50-150 m; Eocene superiore-Miocene inferiore);

- Bisciario (calcari marnosi e marne calcaree con livelli marnoso-argillosi, spessore circa 100 m; Miocene inferiore-medio).

L'apporto calcareo-clastico non è particolarmente abbondante ed è sempre presente nella Corniola e nel Rosso Ammonitico. In quest'ultima formazione, calcareniti giallastre si alternano a peliti grigio-verdastre che possono anche essere predominanti ed arrivare a caratterizzare l'unità delle Marne del Serrone. Cospicui episodi di calcari detritici si rinvengono sia nei Calcari Granulari, sia nella parte alta dei Calcari Diasprigni/Diaspri al passaggio con la Maiolica, sia entro la Scaglia Bianca e la Scaglia Rossa. Le formazioni che chiudono la successione sono la Scaglia Cinerea e il Bisciario, che presentano facies più decisamente umbro-marchigiano; apporti detritici in quantità rilevanti sono stati rinvenuti solo entro la Scaglia Cinerea.

Tra i depositi recenti ed attuali si rinvengono, a chiusura della serie, sedimenti continentali di età da pleistocenica ad olocenica costituiti da: i) depositi fluvio-lacustri (alternanze di sedimenti da ghiaiosi ad argillosi con livelli torbosi, spessore variabile, massimo 200 m; Pleistocene); ii) depositi detritici antichi e recenti (detriti di falda e di versante, conoidi alluvionali e coperture eluvio-colluviali, spessore massimo qualche decina di metri; Pleistocene-Olocene); iii) depositi di ambiente da conoide alluvionale a fluvio-lacustre (conglomeratico-sabbiosi poligenici, spessore fino a 500 m; Pleistocene-Olocene); iv) depositi alluvionali (prevalentemente ciottoli e ghiaie calcaree in matrice limoso-argillosa, spessore massimo poche decine di metri; Olocene).

2.2. - TETTONICA

Nel settore dei Monti Sabini settentrionali, a SO di Rieti, è stata riconosciuta un'evidente superficie di sovrascorrimento (COSENTINO *et alii*, 1991) che, con andamento meridiano, decorre dal margine occidentale della conca reatina fino a Monte Tancia e a Salisano e, ancora più a S, si collega al *thrust* di Scandriglia-Roccagiovine nei Monti Lucretili (COSENTINO & PAROTTO, 1986). Si tratta di una superficie a pendenza variabile ed immersione verso ovest, che porta i termini corrispondenti alla Maiolica in sovrapposizione tettonica sui termini marnoso-argillosi della Scaglia Rossa e della Scaglia Cinerea. Quella superficie si ricollega a N con la "Linea della Valnerina" e, pertanto, rappresenta un elemento di una linea tettonica d'importanza regionale.

In posizione più interna, tra Contigliano e Cottanello (MANGANELLI & FARAMONDI, 1990), ad O della Val Canera, s'individua un'altra superficie di sovrascorrimento a debolissima pendenza ed immersione ad O, che porta in affioramento i termini inferiori della successione locale. Più ad O, GALLUZZO & SANTANTONIO (2002), hanno individuato e descritto la piattaforma carbonatica pelagica del Plateau Sabino, orientato circa N-S e separato dalle strutture precedenti dalla "Faglia Sabina", elemento tettonico con componente a scorrimento orizzontale (CALAMITA & PIERANTONI, 1996).

L'area in studio è stata sottoposta, pertanto, ad un'intensa tettonica traslativa sviluppata secondo un sistema di *thrust* variamente evoluti che hanno portato alla sovrapposizione di tre unità tettoniche ben distinte (MANGANELLI & FARAMONDI, 1990), costituite da spezzoni di serie via via più antichi da E ad O, ed a diverso grado di sovrapposizione reciproca, ed insieme vergenti verso un'avampaese orientale, rappresentato localmente dalla Val Canera o, più in generale, dalla Piana Reatina.

L'unità tettonica inferiore, o più orientale, del T. Canera è costituita dai termini più recenti, la Scaglia Cinerea ed il Bisciario, interessati da strutture plicative con vergenza ad E, poco osservabili in superficie perché coperti da depositi detritici (circa 10-15 m attraversati in perforazione) o alluvionali (e.g. Torrente Canera, Fosso della Mola).

L'unità tettonica mediana, costituita dalla Scaglia Rossa o dalla Maiolica, è sovrascorsa sulla precedente lungo una superficie immergente verso O con direzione meridiana. Questo sovrascorrimento, messo in evidenza da vari autori, prosegue per molti chilometri in corrispondenza del margine meridionale della stessa catena.

L'unità tettonica superiore è costituita da Corniola, Marne del Serrone e Calcari Granulari, che rappresentano l'unità di Monte Macchia Porrara. Questa sequenza è sovrascorsa sulla monoclinale dell'unità intermedia ed è posta ad occidente della faglia Monte Macchia Cerro-S. Angelo-Colle Ladroni, arrestandosi in corrispondenza di quest'ultimo. Le diverse modalità d'avanzamento del fronte di questa struttura, osservate sui versanti di testata della Valle Santa Croce, sembrano imputabili all'inclinazione verso S del suo substrato.

I due versanti della valle del T. Canera (MANFREDINI & MANGANELLI, 1969; MANGANELLI & FARAMONDI, 1990), che scorre in direzione N verso la Piana Reatina, sono caratterizzati da due anticlinali rovesciate (successione inversa Bisciario, Scaglia Cinerea, Scaglia Rossa, Marne a Fucoidi,

Maiolica; piani assiali delle anticlinali nei versanti destro e sinistro, rispettivamente, nella Scaglia Rossa e nella Maiolica) con vergenza centripeta verso la linea di compluvio; l'affioramento del Bisciario nel fondovalle, comune ad ambedue le strutture, si estende per un paio di chilometri e la distanza fra gli affioramenti dei piani assiali delle due strutture è di circa quattro chilometri.

Successivamente alla fase di tettonica compressiva, l'area è stata sottoposta ad una fase distensiva (SERVA & SALVINI, 1976; SALVINI & VITTORI, 1982; CAVINATO & TOZZI, 1986).

3. - INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto idrogeologico della valle reatina, al cui margine sud-occidentale si inserisce la valle del T. Canera, è fortemente influenzato da quattro grandi emergenze della falda basale, di portata media molto elevata, alimentate da differenti strutture carbonatiche (fig. 1): a NE le sorgenti di S. Susanna, ubicate al contatto tra i Monti Reatini e la Piana Reatina ($5 \text{ m}^3/\text{s}$); ad E la Piana di S. Vittorino sede delle Sorgenti del Peschiera e di altre numerose emergenze, per un totale di circa $30 \text{ m}^3/\text{s}$ (BONI *et alii*, 1995); a S le sorgenti Le Capore, portata media $5 \text{ m}^3/\text{s}$, nella valle del T. Farfa; a NO le gole di Montoro-Stifone, sede dell'omonima sorgente lineare di portata media pari a $15 \text{ m}^3/\text{s}$ (BONI *et alii*, 1986).

Le maggiori strutture idrogeologiche (fig. 1) sono quindi rappresentate principalmente dagli acquiferi carbonatici, prevalentemente della Serie Umbro-Sabina, e comprendono i Monti Reatini, i Monti Giano-Nuria-Velino (di piattaforma carbonatica), la dorsale dei Monti Sabini Occidentali e quella dei Monti Sabini Settentrionali (M. Tancia-M. Pizzuto).

Con riferimento all'area indagata, la circolazione idrica sotterranea nei Monti Sabini Settentrionali è isolata da quella nei Monti Sabini Meridionali, a causa del sovrascorrimento del M. Tancia, che determina un limite a flusso nullo e, conseguentemente, la circolazione idrica sotterranea si sviluppa verso due recapiti differenti. Inoltre, il drenaggio della falda basale di questa dorsale è indirizzato verso le sorgenti delle Gole di Montoro-Stifone in Umbria, a nord-ovest dell'area in esame.

Ad un esame a scala di maggiore dettaglio, alle descritte strutture idrogeologiche delle dorsali carbonatiche si devono aggiungere quelle della Piana Reatina e dei depositi fluvio-lacustri antichi del Bacino di Rieti. Quest'ultima struttura, pur dotata di una discreta permeabilità, è sede di una circolazione idrica sotterranea frammentata, dove i livelli limoso-argillosi fungono spesso da limiti di

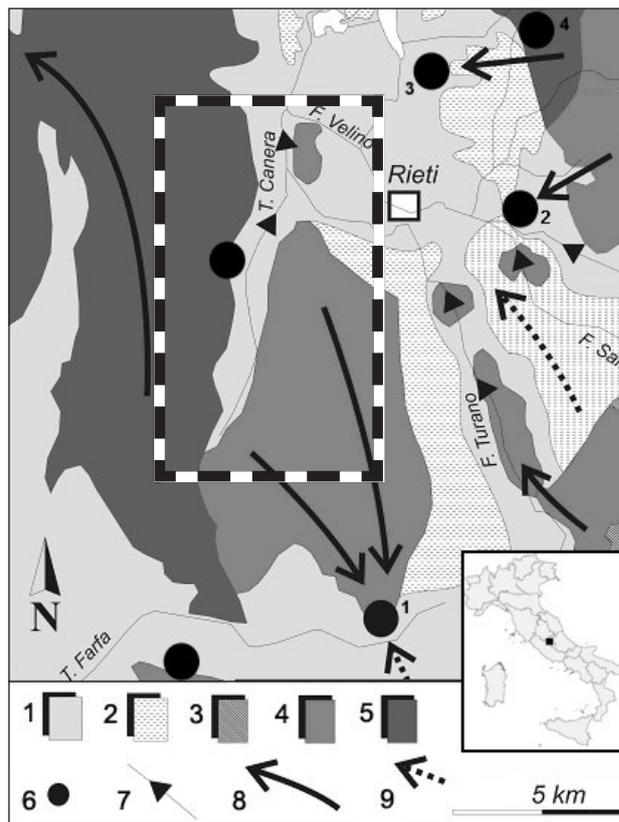


Fig. 1 - Schema idrogeologico dell'area reatina; il rettangolo individua l'area di studio. 1- Depositi fluvio-lacustri quaternari del bacino tiberino e reatino; 2- Depositi detritici e fluvio-lacustri antichi; 3- Depositi calcareo-marnosi cenozoici; 4- Depositi carbonatici meso-cenozoici in facies umbro-sabina; 5- Depositi carbonatici meso-cenozoici in facies umbra; 6- Sorgenti basali (il numero indica le più importanti: 1: Capore, 2: Cantaro, 3: Vicenna Riara, 4: S. Liberato); 7- Sorgenti lineari; 8- Direzione di flusso delle acque sotterranee; 9- Direzione di flusso delle acque sotterranee in strutture idrogeologiche non affioranti.

- Hydrogeologic sketch of the Rieti area; the rectangle shows the study area. 1- Quaternary fluvial-lacustrine deposits of the Tiber Valley and the Rieti Plain; 2- Old fluvial-lacustrine and detritic deposits; 3- Cenozoic calcareous-marly deposits; 4- Meso-Cenozoic carbonatic deposits of the Umbrian-Sabina facies; 5- Meso-Cenozoic carbonatic deposits of the Umbrian facies; 6- Basal springs (numbers indicate the most important: 1: Capore, 2: Cantaro, 3: Vicenna Riara, 4: S. Liberato); 7- Linear spring; 8- Groundwater flow direction; 9- Groundwater flow direction in not outcropping hydrogeologic structures.

permeabilità locali, dando luogo soltanto ad emergenze localizzate di portata ridotta (inferiore ai 10 l/s), molto spesso captate per uso potabile dai piccoli centri del reatino.

La Piana Reatina presenta una permeabilità media abbastanza ridotta, a causa della prevalenza di depositi limoso-argillosi. La presenza del substrato carbonatico umbro-sabino anche a minima profondità sul bordo occidentale, l'interdigitazione con i depositi detritici, le conoidi presenti soprattutto sul margine orientale ed, infine, lo scorrimento in superficie dei Fiumi Velino e Turano e del T. Canera, rendono complesso il suo ruolo idrogeologico. Nella Piana è stata identificata una falda freatica in equilibrio dinamico con i corsi d'acqua che la solcano, con cui sono scambiati notevoli quantitativi idrici, di entità variabile

nel tempo e nello spazio. Secondo MANFREDINI (1972), il deflusso sotterraneo nella struttura della Piana Reatina è stimabile in $1 \text{ m}^3/\text{s}$ ed il gradiente idraulico pari a $0,2\%$ indica una direzione delle acque da S verso N. Nel settore SO della Piana i rapporti tra acque superficiali, falda freatica e contributi laterali da acquiferi carbonatici sono evidenti ed, in questo rispetto, un ruolo fondamentale è svolto dal T. Canera e dal Fiume Turano; quest'ultimo riceve le acque del torrente suddetto prima di confluire nel Velino.

4. - COMPLESSI IDROGEOLOGICI

Nell'area oggetto di studio sono state identificate diverse associazioni litologiche che, sulla base di comuni caratteristiche idrogeologiche e di simile comportamento idrodinamico, possono essere raggruppate in complessi idrogeologici.

Sono stati distinti sette complessi, quattro relativi ai depositi di copertura recente ed attuale e tre al substrato meso-cenozoico. I complessi idrogeologici più recenti governano principalmente il recapito della risorsa idrica sotterranea e sono responsabili dei rapporti tra le acque superficiali e quelle sotterranee. Hanno quindi un importante ruolo idrodinamico e una limitata funzione di stoccaggio. I complessi idrogeologici dei depositi meso-cenozoici rappresentano l'acquifero e l'*aquiclude* della circolazione idrica sotterranea a scala regionale, costituendo rispettivamente il principale serbatoio in grado di immagazzinare oltre alle riserve regolatrici anche le cospicue riserve permanenti e il limite a flusso nullo della circolazione idrica. I valori d'infiltrazione efficace riportati nel presente lavoro sono basati sulle stime di BONI *et alii* (1986), applicate alla valle del Velino da BONI *et alii* (1995), secondo il criterio dell'analisi di bilancio idrogeologico su strutture idrogeologiche chiuse, a partire dalle portate erogate (BONI *et alii*, 1986).

I complessi idrogeologici riconosciuti sono quindi i seguenti (figura 2 e cartografia allegata in tasca di copertina):

- Complesso delle alluvioni del T. Canera (e del Fosso della Mola) (Olocene). È costituito da depositi a granulometria variabile, con prevalenza di ciottoli e ghiaie calcaree in matrice limoso-argillosa. Lo spessore massimo è di poche decine di metri. Data la discreta permeabilità, può ospitare falde freatiche, alimentate dalle acque di precipitazione e ruscellamento. Infiltrazione efficace: stimabile in $300 \text{ mm}/\text{anno}$. Grado di permeabilità relativa: medio.

- Complesso fluvio-lacustre della Piana Reatina (Olocene). È costituito da alternanze di sedimenti a granulometria variabile dalla ghiaia all'argilla, con prevalenza delle frazioni fini, con frequenti

intercalazioni di livelli torbosi nerastri e localmente livelli travertinosi. Lo spessore è variabile in funzione dell'articolazione del substrato (massimo 200 m). Costituisce un *aquitard*, presentando nel complesso una bassa permeabilità, ad eccezione delle intercalazioni ghiaiose sede di falde alimentate prevalentemente tramite travasi sotterranei. Infiltrazione efficace: estremamente limitata. Grado di permeabilità relativa: scarso.

- Complesso dei depositi detritici (Pleistocene-Olocene). Comprende i detriti di falda e di versante e le conoidi alluvionali antichi e recenti, talvolta cementati, e le coperture eluvio-colluviali. Nelle conoidi, la frazione grossolana (ghiaie calcaree e silicee) prevale nella zona apicale, mentre nella zona distale è prevalente la frazione sabbioso-limoso. La componente eluvio-colluviale presenta granulome-

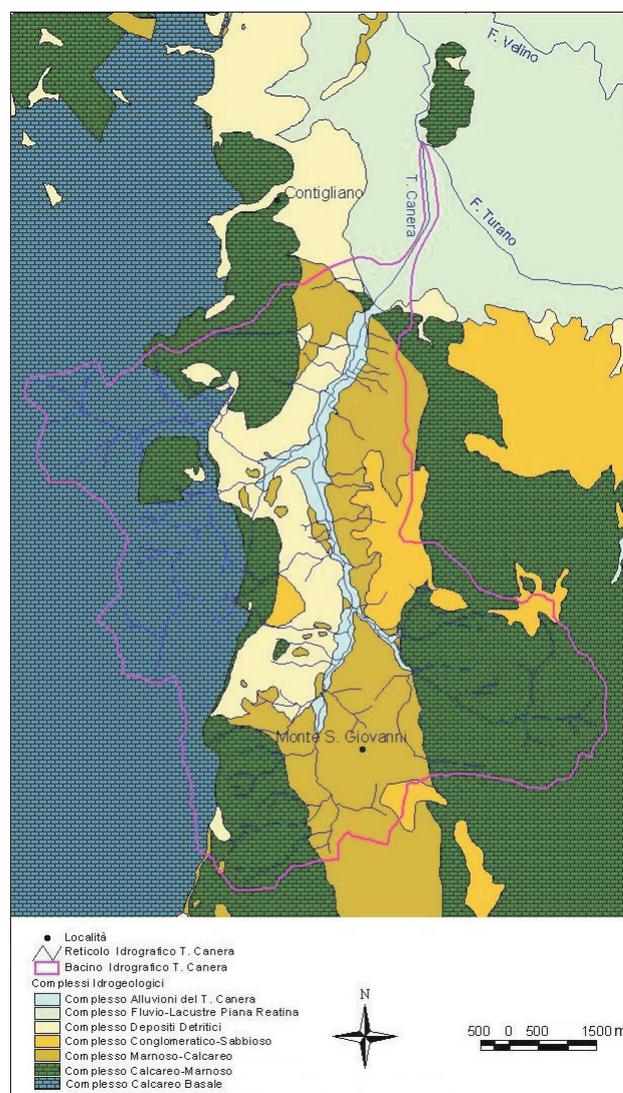


Fig. 2 - Carta schematica dei complessi idrogeologici definiti in base al grado di permeabilità relativa.

- Hydrogeologic complex sketch map defined on the basis of the relative permeability degree.

tria prevalentemente sabbioso-limosa con inclusi clastici centimetrici. Affiora nelle zone di raccordo tra i rilievi e le aree depresse, dove può raggiungere spessori di qualche decina di metri. Dotato di discreta permeabilità, può ospitare falde a deflusso sotterraneo rapido e di rilevanza locale, principalmente per travaso dagli acquiferi carbonatici.

Infiltrazione efficace: variabile tra 200 e 400 mm/anno. Grado di permeabilità relativa: medio.

- Complesso conglomeratico-sabbioso (Pliocene superiore-Pleistocene). Conglomerati poligenici cementati e stratificati, sabbie ed argille sabbiose. È stato deposto in un ambiente da conoide alluvionale a fluvio-lacustre. Ha uno spessore fino a 500 m e ospita acquiferi d'importanza locale. Infiltrazione efficace inferiore ai 200 mm/anno. Grado di permeabilità relativa: scarso.

- Complesso marnoso-calcareo (Eocene superiore-Miocene medio). Comprende la Scaglia Cinerea (marne e calcari marnosi detritici con livelli argillosi, potenza 50-150 m) ed il Bisciario (calcari marnosi e marne calcaree con livelli marnoso-argillosi, spessore circa 100 m). Lo spessore complessivo è prossimo ai 300 m. Costituisce l'*aquiclude* degli acquiferi carbonatici meso-cenozoici e la sua notevole estensione in affioramento determina un limite di permeabilità netto che separa la circolazione nel substrato carbonatico da quella nei complessi detritico-alluvionali.

Infiltrazione efficace: inferiore a 200 mm/anno. Grado di permeabilità relativa: scarso.

- Complesso calcareo-marnoso (Cretacico medio-Eocene medio). È costituito dalle Marne a Fucoidi (marne, calcari e calcari marnosi selciferi, potenza 50-100 m) e da Scaglia Bianca e Scaglia Rossa (calcari marnosi selciferi, 200-300 m). Lo spessore complessivo è di circa 400 m. È presente in affioramento sulle dorsali montuose, costituisce l'acquifero carbonatico superiore della zona esaminata. È sede di una rilevante circolazione idrica sotterranea. Ha permeabilità molto elevata per fratturazione e carsismo; gli intervalli marnosi possono costituire localmente il livello di base per falde locali e sospese. Infiltrazione efficace stimabile in 500-600 mm/anno per i termini carbonatici. Grado di permeabilità relativa: medio.

- Complesso calcareo basale (Liassico inferiore-Cretacico inferiore). Include il Calcere Massiccio (calcari cristallini e brecciati, potenza 500-700 m), Corniola (calcari stratificati con marne argillose alla sommità, 200-300 m), Rosso Ammonitico (marne e calcari marnosi, 50-100 m), Marne ad Aptici/Diaspri (calcari marnosi con selce, 100-150 m) e Maiolica (calcari a grana fine stratificati, 200-250 m). Maiolica e Calcere Massiccio sono state incluse nello stesso com-

plesso poiché le formazioni del Rosso Ammonitico e delle Marne ad Aptici/Diaspri svolgono in quest'area un limitato ruolo di separazione idraulica rispetto ad altri settori limitrofi interessati dalla Serie Umbro-Marchigiana "tipica" (cfr. ad es. BONI *et alii* 1986, 1995). È sede di processi carsici ed ospita un esteso acquifero basale. Infiltrazione efficace: superiore ai 600 mm/anno nei termini carbonatici, notevolmente inferiore nei termini marnosi. Grado di permeabilità relativa: alto.

5. - DATI RACCOLTI

Inizialmente, sono stati acquisiti i dati geologici, idrologici e idrogeologici disponibili in letteratura, relativi a studi precedenti, e sono state raccolte presso l'ex-Ufficio Compartimentale di Roma del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN) le informazioni disponibili relative alle stazioni in località Rieti (pluvio-termo-idrometrica; misurazioni relative alla vecchia stazione di Rieti Città ed alla stazione di Rieti Ponte Nuovo), Poggio Mirteto (pluvio-termometrica) e Contigliano (pluviometrica). Le suddette stazioni hanno fornito dati per un periodo complessivo dal 1921 al 2004 (ANNALI IDROLOGICI, 1921-2004), ma purtroppo, non tutte e tre sono state attive ininterrottamente durante quest'intervallo. Durante la presente indagine (2003-2004) ha funzionato solo la stazione di Rieti Ponte Nuovo. Nella tabella 1 sono riassunti i principali parametri misurati dalle stazioni SIMN.

Successivamente, è stato condotto un censimento delle sorgenti situate nell'area di studio, e realizzata una rete di controllo per la misura delle portate (tra luglio 2003 e dicembre 2004) in sezioni lungo l'alveo del T. Canera (disposte in serie con intervallo di circa 2 km), del F. Turano e dei principali corsi d'acqua alimentati da sorgenti. La localizzazione delle sezioni di misura è riportata in figura 3, mentre le relative sigle di riferimento ed

Tab. 1 - *Principali parametri relativi alle stazioni termo-pluviometriche SIMN dell'area di studio.*

- Main parameters of the SIMN thermo-pluviometric control stations available in the study area.

Nome	STAZIONI		TEMPERATURE			PRECIPITAZIONI TOTALI		
	Quota (m s.l.m.)	Anni di osservazione	Medie annue	Max	Min	Medie annue	Max	Min
Rieti	402	1951-2004 1921-2004	13,3	30,4	0,0	1109	1676	551
Contigliano	448	1951-1982	--	--	--	1488	2269	941
Poggio Mirteto	242	1951-1999	14,9	31,0	2,5	928	1479	578

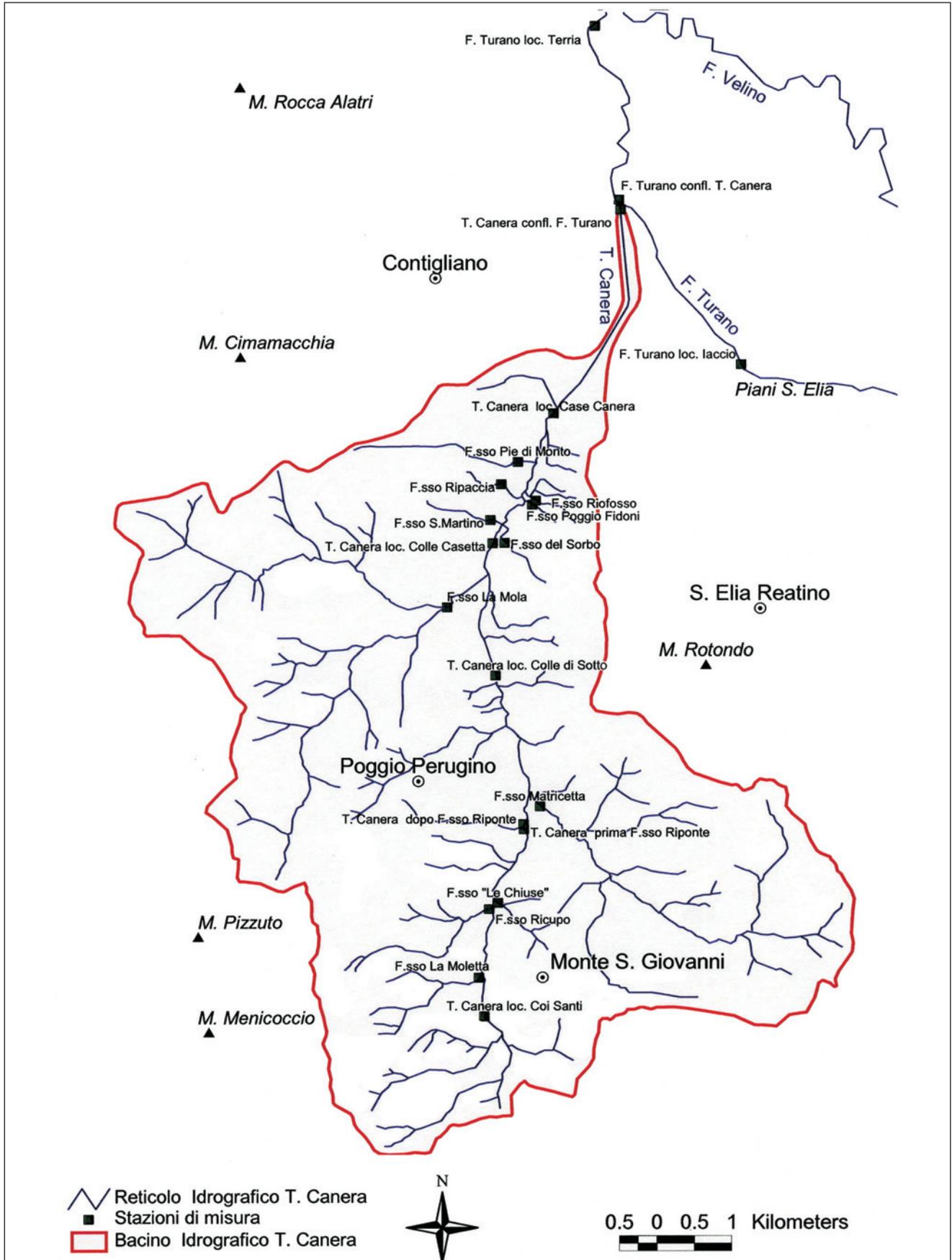


Fig. 3 - Carta dell'ubicazione delle stazioni di misura di portata lungo l'alveo del T. Canera e dei suoi principali fossi tributari.
 - Stream gauging station location map along the Canera stream and its main tributary watercourse.

informazioni aggiuntive sono consultabili nelle tabelle 2a e 2b. Nelle sezioni C8 e C6 (prima e dopo Fosso Riponte) le misure sono state effettuate dal giugno 2004 al dicembre 2004, mentre nelle successive sei sezioni sono state condotte durante l'intero periodo.

Sono state anche condotte analisi *in situ* di temperatura, conducibilità elettrica e pH delle acque.

Nelle tabelle 2 e 3 sono riportati, rispettivamente, i dati di portata fluviale e delle determinazioni chimico-fisiche *in situ* rilevati nelle sezioni di misura monitorate.

5.1. - IL SISTEMA INFORMATIVO GEOGRAFICO

È stata operata la selezione, l'elaborazione, l'archiviazione e l'organizzazione delle informazioni raccolte per la realizzazione di un GIS dedicato. I dati sono stati elaborati con il *software* MS-Excel e quindi estratti in formato dbf per essere importati in un GIS gestito con il *software* ESRI-Arcview 3.1. Le misure di portata in alveo sono state elaborate ed archiviate per mezzo dell'applicativo *Software* Q v.2 della *Quantum Hydrometrie*.

In particolare, con il *software* GIS sono state deli-

Tab. 2a - *Dati relativi alle sezioni di misura di portata in alveo della rete di monitoraggio relative al T. Canera, ai suoi corsi tributari principali ed al F. Turano.*

- Stream gauging measurement data collected at the monitoring stations along the Canera stream, its main tributary streams and Turano River.

Sezione	Quota	sigla	Q (m ³ / s)																						
			m s.l.m.	dic. '95	lug. '02	sett. '02	nov. '02	mar. '03	giu. '03	lug. '03	sett. '03	ott. '03	nov. '03	dic. '03	genn. '04	mar. '04	apr. '04	magg. '04	giu. '04	lug. '04	sett. '04	ott. '04	nov. '04	dic. '04	
Canera loc. Coi Santi (km 8,5 S.P.46)	550	C8	0,058	0,003													0,020	0,011	secco	secco	0,015			0,028	
Canera prima del Fosso Riponte (km 6 S.P.46)	465	C6															0,069	0,025	0,005	0,004	0,030				0,116
Canera dopo del Fosso Riponte (km 6 S.P.46)	464	C6d															0,099	0,030	0,018	0,004	0,037				0,133
Canera loc. Colle di sotto (km 4 S.P.46)	435	C4	0,267	secco	0,180	0,310	0,308	secco	secco	secco	0,574	0,860	0,089	0,575	0,401	0,585	0,157	0,018	secco	secco	secco	0,052			0,147
Canera loc. Colle Casetta (km 2 S.P.46)	415	C2	0,441	secco	0,229	0,505	0,753	0,170	0,085	0,053	1,068	1,420	0,352	1,142	1,216	1,434	0,965	0,494	0,303	0,153	0,117	0,139			0,428
Canera loc. Case Canera (km 0 S.P. 46)	395	C0	0,484	0,087	0,264	0,521	0,752	0,167	0,050	0,013	1,856	1,356	0,418	1,367	1,136	1,490	0,913	0,526	0,320	0,152	0,128	0,133			0,374
Canera alla confluenza con il F. Turano	378	CCT			0,136		0,616	0,122	secco	secco	1,719	1,274	0,209	1,013	2,190	1,443	0,732	0,434	0,181	0,065	0,064	0,112			0,288
Fosso Matricetta	453	FMa															0,108	0,046	0,009	secco	secco				0,006
Fosso della Mola	438	FMo											0,168	0,380	0,617	0,700	0,643	0,431	0,252	0,142	0,101	0,077			0,115
Turano a Iaccio	380	TI						0,261	0,263	0,955	1,800	0,414	1,293	2,465			1,469	1,535	1,013	0,699	0,642				0,778
Turano dopo confluenza T. Canera	378	TCC						0,227	0,326	2,637	1,856	0,659	2,383	5,041			2,278	1,944	1,362	0,659	0,830				1,142
Turano a Terria	375	TT						0,260	0,196	2,792	<3,5	<3,5	<3,5	<3,5			<3,5	<3,5	<3,5	<3,5	<3,5				<3,5

Tab. 2b - *Dati relativi alle sezioni di misura di portata in alveo della rete di monitoraggio relative ai corsi tributari minori del T. Canera.*

- Stream gauging measurement data collected at the monitoring stations along the minor tributary watercourses of the Canera stream.

Sezione	Quota (m s.l.m.)	sigla	Q (m ³ / s)					
			mag-04	giu-04	lug-04	sett-04	ott-04	dic-04
Fosso Moletta	520	FMI				0,001	0,009	0,012
Fosso "Le Chiuse"	489	FLC	0,008	0,002	0,001	0,001	0,001	0,007
Fosso Ricupo	490	FRp	0,009	0,009	0,004	0,001	0,002	0,016
Fosso del Sorbo	422	FS	0,004	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
Fosso San Martino	420	FSM	0,001	0,001	secco	secco	secco	0,001
Fosso Poggio Fidoni	418	FPF	0,001	secco	secco	secco	secco	secco
Fosso Riofosso	418	FRf	0,006	0,002	secco	secco	secco	0,001
Fosso Ripaccia	418	FRc	0,004	0,004	0,004	0,001	0,002	0,001
Fosso Piè di Monte	415	FPM	0,001	secco	secco	secco	secco	secco

neate e georiferite le stazioni di misura di portata in alveo della rete di monitoraggio, le stazioni idrotermo-pluviometriche, i contorni del bacino idrografico del T. Canera ed i complessi idrogeologici definiti, attivando un collegamento tra tali elementi e le informazioni contenute nel *geodatabase*.

Inoltre, dalle informazioni residenti nel GIS è stato possibile calcolare direttamente alcuni degli elementi di base del bacino idrografico del T. Canera (e.g.: lunghezza dell'asta fluviale: 13,08 km; superficie totale del bacino: 51,18 km²; perimetro del bacino: 40,69 km).

6. - PRESENTAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Dall'analisi dei dati raccolti presso le stazioni di Rieti e Poggio Mirteto (termo-pluviometriche);

Tab. 3 - *Dati relativi alle determinazioni chimico-fisiche in situ delle sezioni della rete di monitoraggio.*
 - "In situ" physical chemical parameters of waters collected at the monitoring stations.

Sezione	quota (m s.l.m.)	sigla	parametro	mag-04	giu-04	lug-04	set-04	ott-04	nov-04	dic-04
Canera loc. Coi Santi (km 8,5 S.P.46)	550	C8	T _{H2O} (°C)	16,5	16,9			14,7		8,6
			pH	8,2	8,1	secco	secco	7,9		8,1
			CE (µS/cm)	463	456			538		485
Canera al Ponte Le Chiuse (km 7 S.P.46)	498	CLC	T _{H2O} (°C)				12,4	14,3		8,9
			pH				8,3	8,2		7,9
			CE µS/cm)				470	451		453
Canera prima del Fosso Riponte (km 6 S.P.46)	465	C6	T _{H2O} (°C)	14,7	16,7	18,7	14,8	15,6		8,3
			pH	8,1	8,0	8,0	8,2	8,0		8,0
			CE (µS/cm)	448	442	482	418	434		455
Canera dopo del Fosso Riponte (km 6 S.P.46)	464	C6d	T _{H2O} (°C)	14,7	17,5	18,4	14,4	16,2		8,6
			pH	8,1	8,1	8,0	8,2	8,0		8,0
			CE (µS/cm)	442	456	458	426	436		533
Canera loc. Colle di sotto (km 4 S.P.46)	435	C4	T _{H2O} (°C)	16,7	19,8				10,7	9,6
			pH	8,9	8,4	secco	secco	secco	8,2	8,0
			CE (µS/cm)	409	375				475	492
Canera loc. Colle Casetta (km 2 S.P.46)	415	C2	T _{H2O} (°C)	14,4	14,9	15,1	14,0	14,0	11,5	9,5
			pH	8,2	8,2	8,4	8,5	8,3	8,0	7,9
			CE (µS/cm)	602	330	324	590	344	421	432
Canera loc. Case Canera (km 0 S.P.46)	395	C0	T _{H2O} (°C)	16,4	16,2	17,5	14,7	16,3	11,6	9,8
			pH	8,3	8,3	8,4	8,7	8,4	8,4	8,1
			CE (µS/cm)	453	336	338	413	352	416	438
Canera alla confluenza con il F. Turano	378	CCT	T _{H2O} (°C)		18,0	15,4	12,6	18,6	13,0	10,8
			pH		8,4	8,6	8,5	8,3	8,4	8,1
			CE (µS/cm)		318	315	409	321	384	401
Turano dopo confluenza T. Canera	378	TCC	T _{H2O} (°C)		18,6	17,5	14,0	16,6		8,0
			pH		8,2	8,2	8,1	8,0		8,0
			CE (µS/cm)		442	474	514	486		435
Turano a Iaccio	380	TI	T _{H2O} (°C)		18,1	17,9	10,7	14,3		7,3
			pH		8,0	8,2	8,1	7,8		7,8
			CE (µS/cm)		510	515	601	510		528
Fosso Moletta	520	FMI	T _{H2O} (°C)				13,0	16,2		9,8
			pH				8,2	8,1		7,9
			CE (µS/cm)				508	430		415
Fosso "Le Chiuse"	498	FLC	T _{H2O} (°C)	16,4	16,6	18,1	12,8	14,6		8,6
			pH	8,0	7,8	7,4	7,7	7,8		7,9
			CE (µS/cm)	481	487	591	522	506		504
Fosso Ricupo	490	FRp	T _{H2O} (°C)				11,7	14,2		8,9
			pH				8,3	8,1		7,9
			CE (µS/cm)				396	452		465
Fosso Riponte	470	FRt	T _{H2O} (°C)		12,7					
			pH		8,3					
			CE (µS/cm)		566					
Fosso Matricetta	453	FMa	T _{H2O} (°C)	14,9	15,7	16,8				11,0
			pH	8,0	7,9	8,1				7,6
			CE (µS/cm)	429	423	463				534
Fosso della Mola	438	FMo	T _{H2O} (°C)	15,2	14,8	15,2	14,4	15,7	12,2	10,8
			pH	8,2	8,2	8,4	8,4	8,1	8,2	8,0
			CE (µS/cm)	334	297	317	375	340	357	354
Fosso del Sorbo	422	FS	T _{H2O} (°C)	18,8	20,1	15,4	11,2	15,2		9,1
			pH	8,3	8,2	8,5	8,5	8,3		8,2
			CE (µS/cm)	628	794	596	629	575		580
Fosso San Martino	420	FSM	T _{H2O} (°C)	17,1	21,0					11,3
			pH	8,2	8,0	secco	secco	secco		7,9
			CE (µS/cm)	432	546					556
Fosso Ripaccia	418	FRc	T _{H2O} (°C)	16,7	17,3	16,7	16,6	16,5		10,3
			pH	7,9	8,2	8,3	8,2	8,1		8,0
			CE (µS/cm)	324	402	368	415	423		541
Fosso Poggio Fidoni	418	FPF	T _{H2O} (°C)	21,6						
			pH	8,1	secco	secco	secco	secco		secco
			CE (µS/cm)	672						
Fosso Riofosso	418	FRf	T _{H2O} (°C)	16,1	17,5					10,0
			pH	8,1	8,1	secco	secco	secco		8,0
			CE (µS/cm)	522	690					511
Fosso Piè di Monte	415	FPM	T _{H2O} (°C)	19,3						
			pH	8,0	secco	secco	secco	secco		secco
			CE (µS/cm)	444						

ANNALI IDROLOGICI, 1921-2004) è stato possibile definire il valore minimo e massimo della media delle temperature mensili (fig. 4) e l'andamento delle temperature medie annuali (fig. 5), calcolate su tutti i dati disponibili nel periodo complessivo 1921-2004. In particolare, dalla figura 4 si evidenzia che mediamente il mese più freddo è gennaio (minima 1°C, massima 11°C), mentre il mese più caldo è agosto (minima 17°C, massima 33°C).

Ai fini della stima delle precipitazioni, l'area del bacino è stata suddivisa, con il metodo dei topoi e la definizione del "Reticolo di Thiessen", in tre zone d'influenza di ciascuna delle stazioni pluviometriche disponibili (Rieti, Poggio Mirteto, Contigliano; ANNALI IDROLOGICI, 1921-2004): i) una zona situata all'estremità meridionale dell'area studiata (circa 10% del totale del territorio del bacino idrografico del T. Canera) e relativa alla stazione di Poggio Mirteto; ii) una seconda zona anch'essa di limitata estensione (circa 10% del totale del territorio indagato) individuata a SE e relativa alla stazione di Rieti; iii) la restante parte del bacino, corrispondente a circa l'80% del totale del territorio indagato, relativo alla stazione di Contigliano. Sono state calcolate le precipitazioni medie annue e la variazione percentuale mensile delle precipitazioni rispetto alla media annua nel periodo complessivo 1951-2004. In particolare, le precipitazioni medie

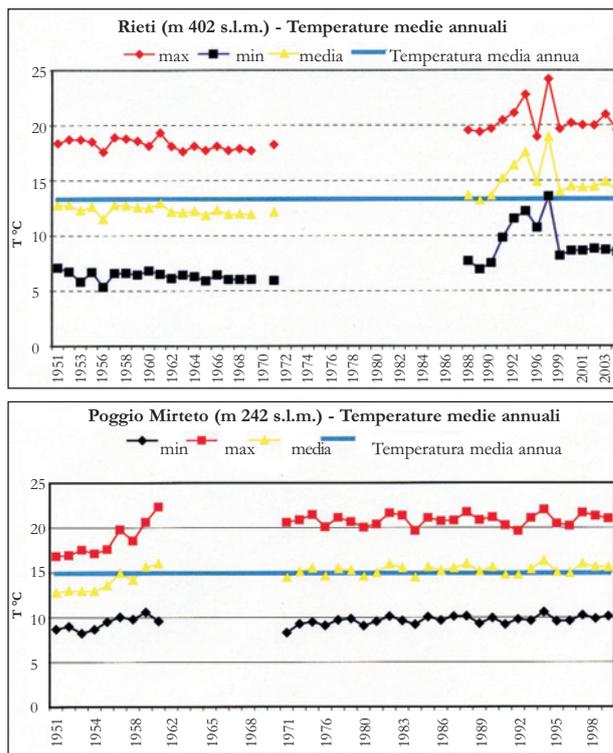


Fig. 5 - Temperature medie annuali (Rieti periodo 1921-2004; Poggio Mirteto 1951-1999).
-Annual mean atmospheric temperature (Rieti, 1921-2004); Poggio Mirteto, 1951-1999).

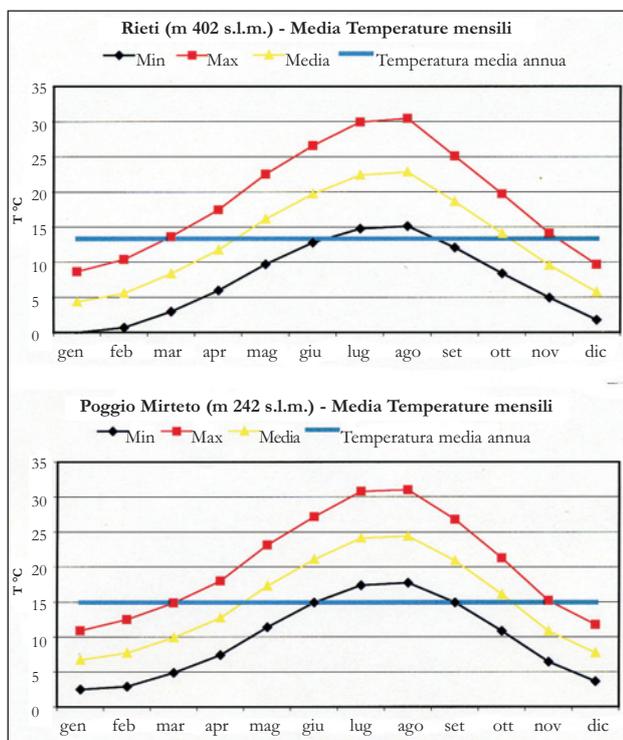


Fig. 4 - Medie delle temperature massime e minime mensili (Rieti, periodo 1921-2004; Poggio Mirteto, 1951-1999).
- Mean values of the maximum and minimum monthly atmospheric temperature (Rieti, 1921-2004); Poggio Mirteto, 1951-1999).

annue variano da un minimo di 900 mm della stazione di Poggio Mirteto, ai 1100 mm della stazione di Rieti, fino ad un massimo di 1500 mm registrato alla stazione di Contigliano (figg. 6, 7). Nella figura 8 è invece rappresentata la distribuzione totale mensile delle precipitazioni dal 1921 al 2004. Le precipitazioni massime sono state riscontrate nei mesi di novembre-dicembre, le minime in luglio.

Riguardo al periodo della presente indagine (giugno 2003-dicembre 2004), nella figura 9 è stato confrontato l'andamento delle precipitazioni mensili cumulate rilevate nella stazione di Rieti Ponte Nuovo con le portate mensili del T. Canera nella sezione campione CCT. È possibile rilevare in generale una corrispondenza dei massimi e minimi dei valori della portata rispetto a quelli delle precipitazioni, verosimilmente per la diffusa presenza di terreni con permeabilità medio-bassa nel bacino idrografico, con la conseguente forte incidenza del ruscellamento delle acque meteoriche.

Nei paragrafi seguenti saranno, inoltre, evidenziate le principali caratteristiche idrogeologiche dell'area di studio, illustrati i principali risultati delle misure di portata acquisite mensilmente nella rete di controllo, e discusse le informazioni ottenute dalla distribuzione dei valori dei parametri chimico-fisici acquisiti. In particolare, saranno definite le variazioni stagionali delle portate superficiali del bacino idrografico ed evidenziato il contributo delle acque

sotterranee residenti negli acquiferi dei rilievi carbonatici marginali verso le acque di ruscellamento. L'insieme delle informazioni idrogeologiche ed idrochimiche raccolte, infine, ha permesso di definire un quadro del campo di flusso delle acque sotterranee e, quindi, di illustrare i risultati più rilevanti tramite grafici e cartografia adeguati.

6.1. - RAPPORTI TRA EVOLUZIONE STRUTTURALE E CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

Lo studio dell'evoluzione geologico-strutturale (e.g., COSENTINO *et alii*, 1991; MICHETTI *et alii*, 1993; GUERRIERI *et alii*, 2004) ha suggerito alcune conside-

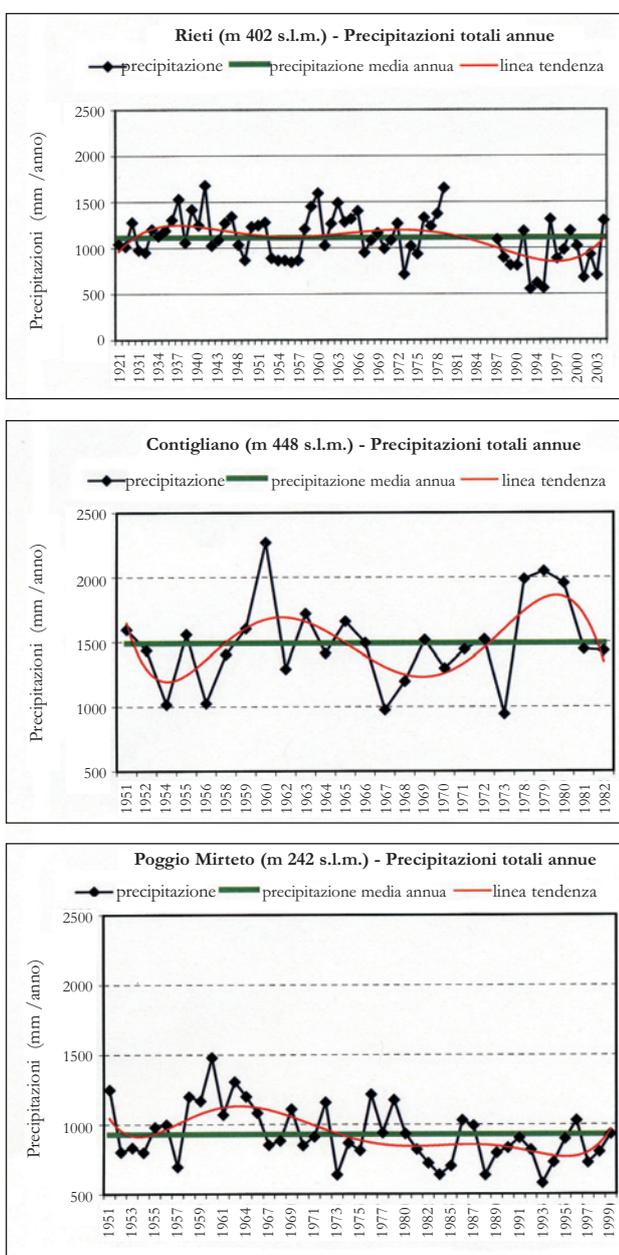


Fig. 6 - Precipitazioni totali annue (periodo complessivo 1921-2004) e loro linea di tendenza (in rosso).
 - Cumulative annual rainfall (whole period 1921-2004) and its trend curve (red).

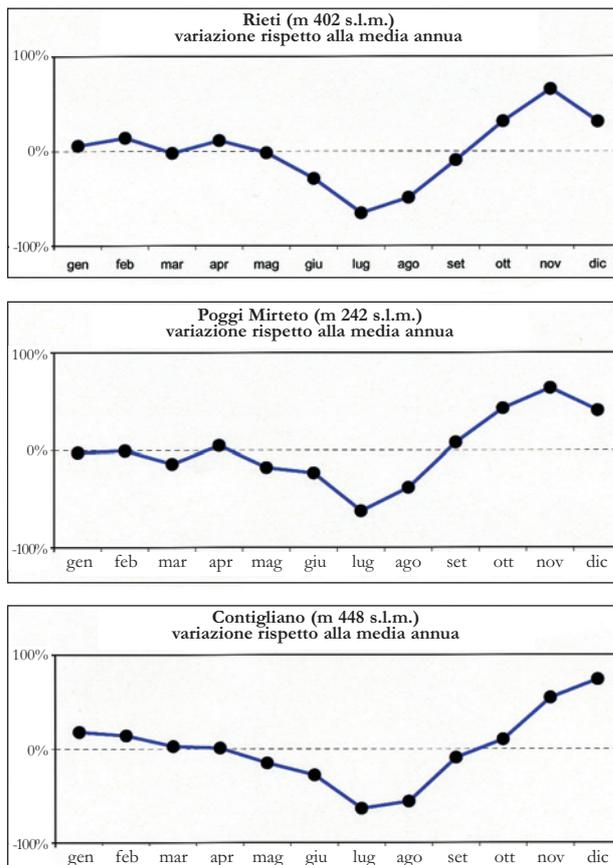


Fig. 7 - Variazione percentuale mensile delle precipitazioni rispetto alla media annua calcolata su tutti i dati disponibili.
 - Monthly percentage variation of rainfall with respect to its annual mean calculated on the basis of the whole available monitoring periods.

razioni preliminari, oltre che riguardo alla configurazione delle strutture idrogeologiche dei grandi acquiferi carbonatici precedentemente definita, anche per quanto attiene alle caratteristiche delle direttrici di flusso e dei punti di recapito delle falde. Infatti, è possibile notare che (vedi cartografia allegata): a) le principali emergenze idriche dell'area di studio si trovano in corrispondenza del sovrascorrimento lungo il margine orientale dei Monti Sabini Settentrionali (es. Sorgente Le Mole, Fonte Comacchie, Fonte Lopa); b) le perdite in alveo nel tratto terminale del T. Canera avvengono nella Piana Reatina, a partire dal punto d'incontro dei sistemi di faglie dirette plio-quaternarie che bordano la Piana stessa nei margini occidentale e meridionale.

Infine, la tettonica sembra avere anche controllato l'impostazione in superficie del reticolo idrografico principale.

6.2. - RAPPORTI TRA ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Sono stati realizzati schemi mensili con il calcolo del bilancio delle portate fluviali lungo l'asta del T. Canera, ottenuti sottraendo il contri-

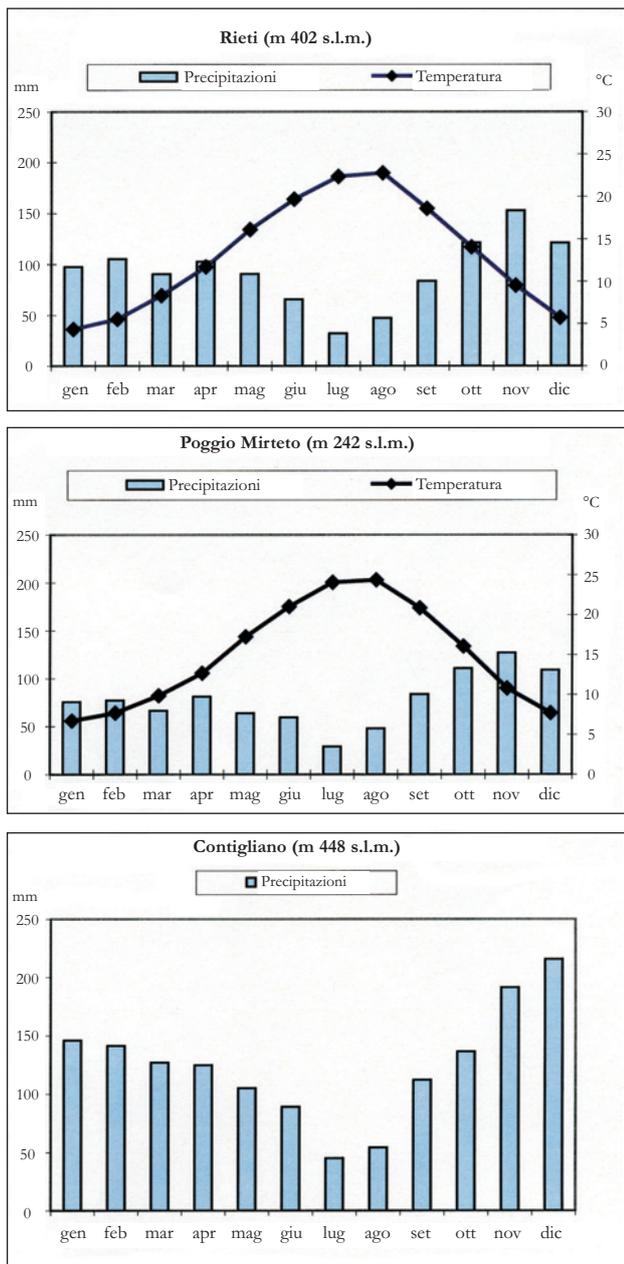


Fig. 8 - Precipitazione e temperatura medie totali mensili calcolate su tutti i dati disponibili.
- Rainfall and atmospheric temperature monthly total means calculated on the basis of the whole available monitoring periods.

buto dei fossi tributari alla portata di deflusso superficiale in corrispondenza delle sezioni di misura. Nella tabella 4 è rappresentata la situazione del mese di settembre 2004, che contraddistingue un periodo di massima magra.

Il contributo delle acque sotterranee al deflusso superficiale è molto variabile lungo il corso del T. Canera. La quantità di acque sotterranee convogliate verso il reticolo superficiale è scarsa (da nulla a circa 10 l/s per km lineare, rispettivamente in condizioni di magra e di morbida) nell'alto

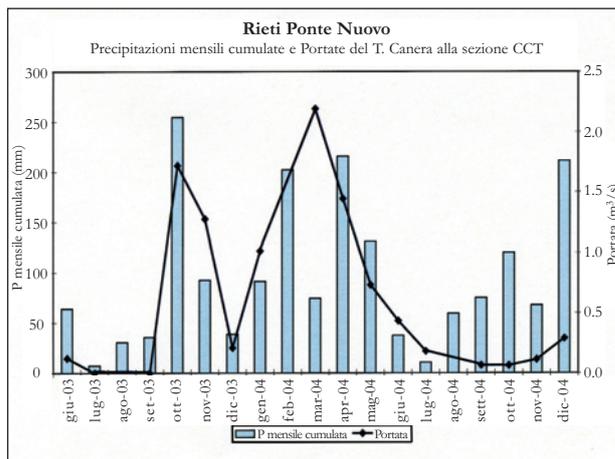


Fig. 9 - Precipitazioni mensili cumulate alla stazione pluviometrica di Rieti Ponte Nuovo e portate del T. Canera alla confluenza nel F. Turano (sezione di misura CCT) nel periodo d'indagine (giugno 2003-dicembre 2004). È evidente l'anomalia nel marzo 2004 tra l'andamento dei valori dei due grafici, dovuta alla bassa piovosità di questo mese rispetto a febbraio ed aprile, ma con precipitazioni concentrate appena prima del giorno in cui è stata effettuata la misura di portata in alveo. Al contrario, nel periodo agosto-dicembre 2004, le esigue portate in alveo misurate rispetto alle piogge relativamente abbondanti, sono dovute alla distanza delle date di effettuazione delle misure delle portate fluviali rispetto ai brevi periodi di intensa precipitazione.
- Cumulative monthly rainfall at the Rieti Ponte Nuovo pluviometric station and discharge along the Canera stream next to the Turano River confluence (CCT station) during the field survey period (June 2003-December 2004). The evident discrepancy between the trends of the two kinds of diagrams in March 2004 is due to the low rainfall amount occurred in this month respect to the next February and April, and to its occurrence just before the field measurement time. On the contrary, during August-December 2004, the scarce measured stream discharges, respect to the relatively abundant rainfall amounts, are due to the distance in time of the stream monitoring dates respect to the intense precipitations occurred within small periods.

corso del torrente, dove affiorano le formazioni della Scaglia Cinerea e del Bisciario, costituenti il complesso idrogeologico marnoso-calcareo, e non sono state rinvenute sorgenti rilevanti.

Al contrario, scambi idrici significativi (da 5 a 90 l/s per km lineare, rispettivamente in magra e in morbida) sono stati riscontrati durante tutte le campagne mensili di misura nel medio corso del torrente, dove depositi detritici di conoide e di versante (complesso detritico) sono in continuità idraulica con i depositi carbonatici (complessi calcareo e calcareo-marnoso).

Infine, è stato evidenziato che nel basso corso del torrente le acque superficiali generalmente alimentano la falda (diminuzione del deflusso in alveo compreso tra -90 e -400 l/s per km lineare, rispettivamente in magra e in morbida). Ciò è imputabile alla complessità della situazione idrogeologica locale, ed in particolare alla presenza della transizione tra i depositi della piana alluvionale del T. Canera e quelli della struttura idrogeologica della Piana Reatina. Le acque raccolte nel T. Canera sono pertanto progressivamente trasferite nell'acquifero alluvionale della Piana Reatina.

Tab. 4 - Risultati della campagna di misure di portata in alveo effettuate durante settembre 2004 (m^3/s), rappresentative delle condizioni di massima magra.

- Results of the stream gauging field survey carried out during September 2004 (m^3/s), indicative of the local low regime conditions.

Stazione di misura e sigla		Corsi d'acqua secondari	Fosso La Mola	Torrente Canera	Fiume Turano	Drenaggio/ Perdita
1	Canera al km 8.5 della S.P. n. 46 (loc. Coi Santi) C8			0,000		
2	Fosso La Moletta FMI	0,002		0,002		
3	Fosso Le Chiuse FLC + Fosso Ricupo FRp	0,003		0,003		
4	Canera dopo confluenza dei fossi 2+3 (calcolato: 1+2+3)			-----		
5	Canera al km 6 della S.P. n. 46 (prima di Fosso Riponte) C6			0,004		
	Calcolo scambio idrico: 5-4 (tra C8 e C6)					-0,001
6	Canera al km 6 della S.P. n. 46 (dopo Fosso Riponte) C6d			0,005		
7	Fosso Riponte (calcolato: 6-5) FRt			-----		
8	Fosso Matricetta Fma	0,000		0,000		
9	Canera dopo confluenza del Fosso Matricetta (calcolato: 6+8)			-----		
10	Canera al km 4 della S.P. n. 46 C4			0,005		
	Calcolo scambio idrico: 10-9 (tra C6 e C4)					-0,005
11	Fosso La Mola Fmo		0,142	0,142		
12	Canera dopo confluenza del fosso 11 (calcolato: 10+11)			-----		
13	Canera al km 2 della S.P. n. 46 C2			0,142		
	Calcolo scambio idrico: 13-12 (tra C4 e C2)					0,011
14	Fosso S.Martino FSM + Fosso Ripaccia FRc + Fosso Piè di Monte FPM	0,001		0,001		
15	Fosso del Sorbo FS + Fosso Poggio Fidoni FPF + Fosso Riofosso FRf	0,001		0,001		
16	Canera dopo confluenza dei fossi 14+15 (calcolato: 13+14+15)			-----		
17	Canera al km 0 della S.P. n. 46 C0			0,155		
	Calcolo scambio idrico: 17-16 (tra C2 e C0)					-0,003
18	Canera alla confluenza con il Turano CCT			0,065		
	Calcolo scambio idrico: 18-17 (tra CCT e C0)					-0,087
19	Turano a Iaccio TI				0,699	
20	Turano dopo confluenza del Canera TCC				0,659	
21	Canera alla confluenza con il Turano (18)				0,065	
22	Turano prima confluenza del Canera (calcolato: 21-22)				-----	
	Calcolo scambio idrico: 22-19 (tra TI e TCC)					-0,105

6.3. - RUOLO DEI CORSI D'ACQUA TRIBUTARI

La figura 10, che illustra le variazioni della portata del T. Canera lungo il suo alveo da monte a valle (dalla sezione C8 alla CCT), riporta con delle linee spezzate l'insieme delle portate misurate nello stesso periodo. Un rilevante contributo alla portata superficiale del T. Canera è rappresentato dalle acque convogliate da alcuni fossi tributari ali-

mentati da sorgenti presenti nel bacino idrografico del torrente. L'apporto più cospicuo proviene dal Fosso della Mola (portata 80-500 l/s tra luglio 2003 e dicembre 2004; tra le sezioni C4 e C2) che è alimentato da sorgenti connesse all'acquifero fortemente produttivo dei rilievi carbonatici, che sono in continuità idraulica con i depositi detritici in sinistra idrografica della valle del T. Canera e, ulteriormente, con la rispettiva piana alluvionale.

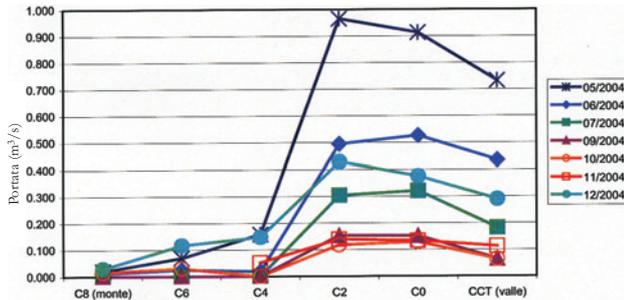


Fig. 10 - Variazioni della portata in alveo in funzione della posizione lungo l'asta torrentizia del Canera a partire dalla sezione a monte (stazione C8) fino a quella alla confluenza nel F. Turano (CCT).

- Stream discharge variations with respect to the position along the river course starting from the upstream station (C8) to that next to the Turano River confluence (CCT).

D'importanza subordinata alla portata del T. Canera è invece il contributo del Fosso Matricetta (da nullo a circa 50 l/s; tra sezioni C8 e C6), poiché esso è connesso all'acquifero scarsamente produttivo ospitato nelle formazioni sabbioso-giaiose e marnose/marnoso-sabbiose ricorrenti in destra idrografica della valle del T. Canera.

6.4. - VARIAZIONI DI PORTATA NEL TEMPO

La figura 11 rappresenta la variazione di portata rispetto al tempo per le quattro stazioni di misura ritenute più significative nel bacino idrografico del T. Canera (dalla sezione C4, a monte, fino a CCT, a valle).

Dagli idrogrammi è stato possibile evidenziare che nel periodo indagato (giugno 2003-dicembre 2004) si sono succeduti:

- un periodo di massima magra tra luglio e settembre (portata nulla, 75, 50 e 25 l/s procedendo dalla sezione a monte fino alla confluenza con il F. Turano);
- un periodo di magra relativa in dicembre (100, 350, 400 e 200 l/s);
- due periodi di morbida di differente importanza relativa in ottobre-novembre (850, 1400, 1850 e 1700 l/s) e in gennaio-aprile (600, 1400, 1450 e 2200 l/s).

Nelle sezioni situate nell'alto corso del T. Canera si notano andamenti tra loro molto simili, con un periodo di massima magra con portata nulla nel luglio-settembre 2004.

Prendendo in esame i dati relativi alle portate fluviali durante la fase di esaurimento, da maggio 2004 ad ottobre 2004, relativamente al tratto fluviale ove si è registrato l'aumento di portata dovuto alla confluenza della sorgente Le Mole e al suo relativo drenaggio in alveo, è possibile ricostruire la curva di esaurimento della risorsa idrica sotterranea relativa. Il contributo delle acque sot-

terranee in questo tratto fluviale può essere ragionevolmente stimato sottraendo alla portata misurata a valle (sezione C2) la portata misurata a monte (sezione C4) dove non sono presenti contributi sorgivi e tutte le acque possono essere ricondotte a ruscellamento. L'esame della curva di esaurimento (fig. 12), relativa al periodo maggio-ottobre 2004, consente di ricavare un coefficiente di MAILLET (1905) α pari a $-0,0133$. Tale valore consente di ipotizzare che, anche in periodi di magra estrema, ipotizzando l'assenza di pioggia per 180 giorni, il Torrente Canera potrebbe comunque contare su un flusso di base minimo di circa 75 l/s.

Riguardo al Fiume Turano, nel tratto studiato sono stati osservati simili andamenti stagionali seppure, ovviamente, con valori di portata più consistenti (da 300-700 l/s in magra a 850-2500 l/s in morbida).

6.5. - DETERMINAZIONI CHIMICO-FISICHE *IN SITU*

Contestualmente alla misura mensile della portata in alveo, tra giugno 2004 e dicembre 2004 le indagini sono state integrate dall'esecuzione *in situ* di analisi di temperatura, conducibilità elettrica e pH delle acque.

Il grafico di figura 13 mostra l'andamento della temperatura delle acque campionate nelle stazioni di misura delle portate in alveo rispetto al tempo (giugno-dicembre 2004). Si nota una generale diminuzione di questo parametro da valori estivi di 15-20°C a valori invernali di 7-11°C in accordo con la tendenza della temperatura atmosferica (estate 17-33°C; inverno 1-11°C) nei vari mesi. È però d'interesse la presenza di valori minimi relativi di temperatura nella quasi totalità delle acque analizzate in settembre, dovuti alla predominanza in alveo, durante le condizioni di massima magra di questo mese, di acque del flusso di base alimentato dal drenaggio di acque sotterranee aventi temperature verosimilmente più basse di quelle estive e più elevate di quelle invernali riscontrate per le acque di scorrimento superficiale.

In un grafico che rappresenta la conducibilità elettrica ed il pH rispetto alla posizione relativa della stazione di campionamento lungo l'alveo del T. Canera da monte a valle (dalla sezione C8 alla CCT; fig. 14) è possibile notare che i valori dei due parametri rimangono sostanzialmente invariati tra la stazione C8 e C6d (conducibilità 440-490 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pH 8,0-8,1), mentre tendono rispettivamente a decrescere (conducibilità da 440 a 360 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e a crescere (pH da 8,2 a 8,4) tra le stazioni C4 e CCT. Ciò potrebbe essere

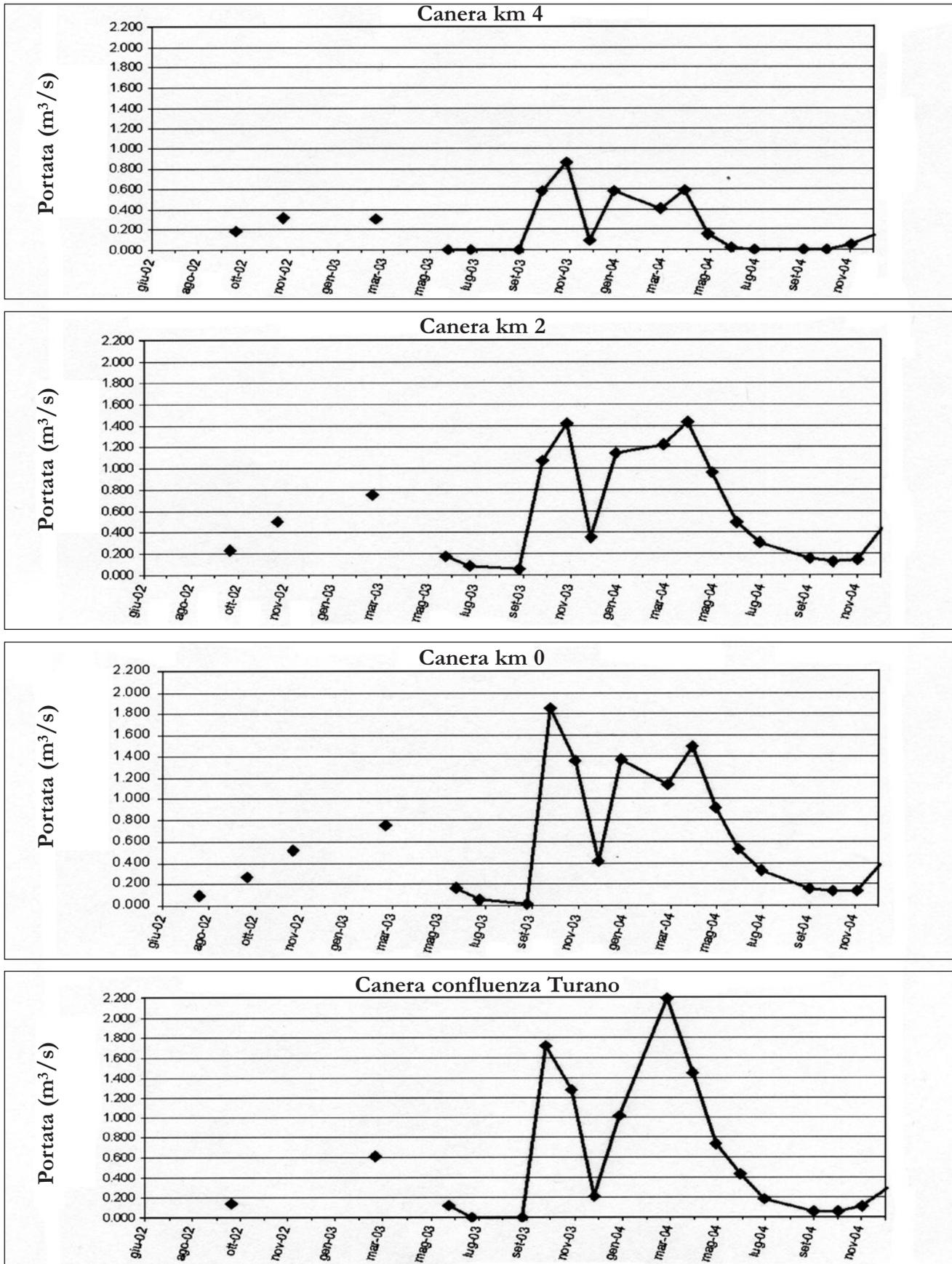


Fig. 11 - Variazioni della portata rispetto al tempo (periodo luglio 2003-dicembre 2004) nelle stazioni situate nel medio-basso corso del T. Canera.
 - Stream discharge variations with respect to time (July 2003-December 2004) in the control stations in the middle-down watercourse of the Canera stream.

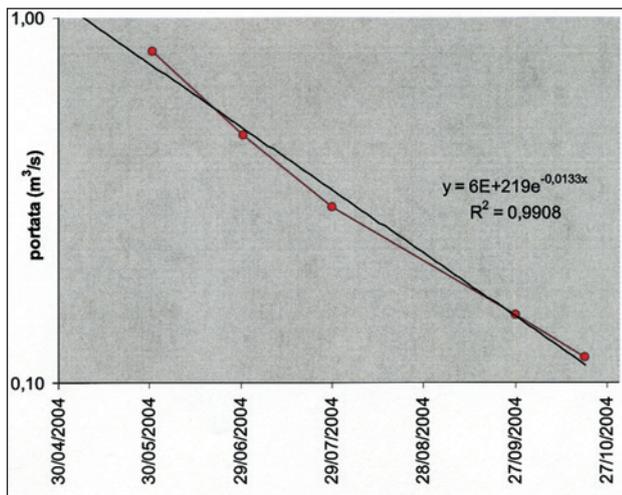


Fig. 12 - Retta di esaurimento del flusso di base del Torrente Canera. I punti sperimentali (in viola) ottenuti sottraendo la portata della sezione C4 a quella della sezione C2, sono stati interpolati con una curva esponenziale ad alto coefficiente di correlazione (0,99). Il coefficiente di MAILLET (1905) corrisponde all'esponente di e nell'equazione sul grafico. - Base flow depletion line of the Canera stream. The experimental values (violet) have been obtained by difference of the stream discharge of the C4 station to that of the C2 station and have been interpolated by an exponential curve with a high correlation coefficient (0,99). The MAILLET (1905) coefficient represents the exponential value of the e parameter in the equation reported in the plot.

messo in relazione al contributo di acque con più bassa conducibilità e pH relativamente più elevato, che hanno interagito con i litotipi dei complessi calcareo, calcareo-marnoso e detritico e che provengono sia direttamente dal drenaggio di falde idriche sotterranee, sia dal Fosso della Mola (conducibilità: 339 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pH: 8,2). Inoltre, le loro variazioni rispetto ai valori medi sono generalmente maggiori tra le stazioni C4 e CCT, proprio in considerazione del fatto che in questo settore ci possa essere un mescolamento di acque differenti dal punto di vista chimico-fisico.

Anche le caratteristiche chimico-fisiche delle acque dei fossi tributari in funzione della loro provenienza e/o interazione con i litotipi dei differenti complessi idrogeologici individuati (fig. 15) suggerisce che le acque derivate dai fossi che drenano esclusivamente i terreni del complesso marnoso-calcareo abbiano una conducibilità elettrica maggiore (520-680 $\mu\text{S}/\text{cm}$) rispetto a quelle che derivano anche dai litotipi dei complessi calcareo, calcareo-marnoso e detritico (340-570 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

6.6. - RAPPRESENTAZIONI CARTOGRAFICHE

La cartografia idrogeologica allegata in tasca di copertina (tav. V) rappresenta una sintesi delle informazioni sull'area in studio. Sono stati evidenziati, tra l'altro, il reticolo idrografico con l'indicazione dei tratti drenanti e disperdenti, le sezioni di

misura in alveo, le sorgenti, le tracce delle sezioni idrogeologiche, il perimetro del bacino idrografico del Torrente Canera, i complessi idrogeologici. Tale cartografia è stata redatta seguendo le indicazioni della Guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Quaderno SGN n. 5, Serie III, IPZS, Roma, 1995), e, pertanto, può costituire un valido contributo alla sperimentazione delle norme in essa previste.

In una situazione di particolare interesse, in quanto sede di scambi idrici tra acque sotterranee e superficiali, quale quella del versante sinistro del medio-corso del T. Canera, sono state condotte indagini di dettaglio per tentare la ricostruzione dei flussi idrodinamici in condizioni di magra e di morbida in corrispondenza del passaggio tra i complessi calcareo basale, calcareo-marnoso, dei depositi detritici e delle alluvioni. Nella sezione idrogeologica di figura 16 è possibile evidenziare la presenza di

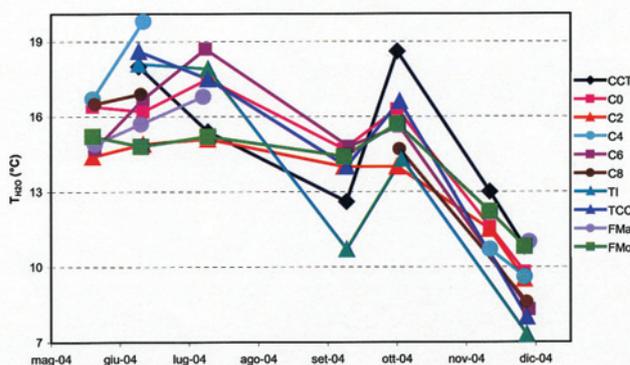


Fig. 13 - Grafico delle variazioni di temperatura delle acque rispetto al tempo nelle principali stazioni di misura di portata in alveo. Sezioni Canera (da monte a valle): C8, C6, C4, C2, C0, CCT. Sezioni Turano (da monte a valle): TI, TCC. Fossi: Fma: Matricetta; Fmo: Mola. - Water temperature variations with respect to time in the main stream gauging monitoring stations. Stations along the Canera stream (from up- to downstream): C8, C6, C4, C2, C0, CCT. Stations along the Turano stream (from up- to downstream): TI, TCC. Tributary streams: Fma: Matricetta; Fmo: Mola.

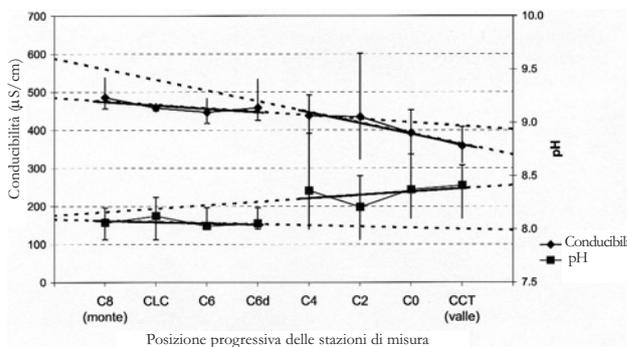


Fig. 14 - Variazioni della conducibilità e del pH delle acque in funzione della posizione delle stazioni di campionamento lungo l'asta torrentizia del Canera a partire da monte (stazione C8) alla confluenza nel F. Turano (CCT). - Electric conductivity and pH variations of the waters sampled at the Canera monitoring stations with respect to the position along the watercourse, starting from upstream (station C8) to next to the Turano River confluence (CCT).

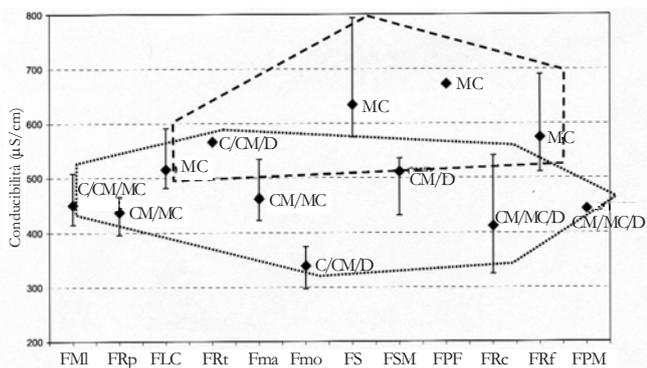


Fig. 15 - Grafico della conducibilità delle acque dei fossi tributari in funzione della loro posizione lungo l'asta torrentizia del Canera a partire da monte (FMI) verso valle (FPM) e della tipologia del complesso idrogeologico in cui le acque si originano e/o con cui hanno interagito. Fossi: FMI: Moletta, FRp: Ricupo; FLC: Le Chiuse; FRt: Riponte; Fma: Matricetta; Fmo: Mola; FS: Sorbo; FSM: S. Martino; FPF: Poggio Fidoni; FRc: Ripaccia; FRf: Riofosso; FPM: Piè di Monte. Complessi idrogeologici: C: calcareo basale, CM: calcareo-marnoso basale; MC: marnoso-calcareo; D: detritico.

- Electric conductivity plot of the waters sampled at the Canera tributary stream monitoring stations with respect to the position along the Canera watercourse, starting from upstream (station FMI) to downstream (FPM) and also considering the nature of the hydrogeologic complex which the waters have originated from and interacted with. Tributary streams: FMI: Moletta, FRp: Ricupo; FLC: Le Chiuse; FRt: Riponte; Fma: Matricetta; Fmo: Mola; FS: Sorbo; FSM: S. Martino; FPF: Poggio Fidoni; FRc: Ripaccia; FRf: Riofosso; FPM: Piè di Monte. Hydrogeologic complex nature: C: basal calcareous, CM: calcareous-marly; MC: marly-calcareous; D: detritic.

acque sotterranee fino al recapito, con conseguente parziale drenaggio in alveo, nel complesso delle alluvioni del T. Canera. Le differenti condizioni di quota piezometrica tra i periodi di magra e di morbida (con oscillazioni dell'ordine di qualche metro) spiegano la differente entità dello scambio idrico tra gli acquiferi dei complessi di tipo carbonatico basali e quello delle alluvioni (rispettivamente circa 0,011 e 0,173 m³/s in magra e in morbida nell'intervallo 2003-2004). Per completare il quadro idrodinamico, a questa situazione deve essere aggiunto il contributo delle acque provenienti dalle sorgenti a monte, che si originano nel complesso calcareo basale e che alimentano i fossi tributari del T. Canera, tra cui il più rappresentativo è il gruppo sorgivo Le Mole.

Nel tratto di monte del bacino idrografico del T. Canera, invece, l'affioramento a quota relativamente più elevata della superficie limite tra complesso calcareo-marnoso e complesso marnoso-calcareo rispetto alla quota piezometrica, è causa dell'assenza di travaso di acque verso il complesso alluvionale, e quindi dell'assenza di significativo drenaggio in alveo.

una superficie a flusso pressoché nullo tra l'acquifero dei complessi calcareo basale e calcareo-marnoso ed il complesso marnoso-calcareo scarsamente permeabile. Tale superficie è costituita da un piano di sovrascorrimento localmente sepolto sotto il complesso detritico. Si nota, inoltre, che è quest'ultimo a fungere da mezzo per il trasferimento delle

7. - CONCLUSIONI

Le indagini idrogeologiche di dettaglio eseguite nella valle del T. Canera hanno avuto lo scopo di chiarire lo schema di circolazione in un'area pedemontana al margine della struttura idrogeologica della Piana Reatina. Allo stesso tempo, le

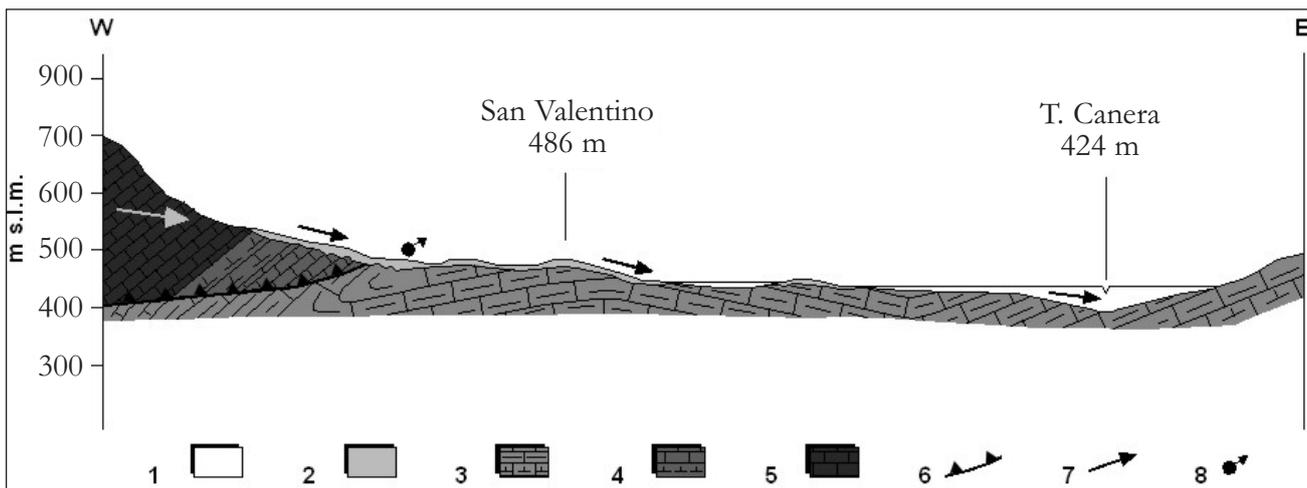


Fig. 16 - Sezione idrogeologica schematica dei rapporti tra acquiferi carbonatici sabini e valle del Torrente Canera. Si nota il ruolo di transfer idrico sotterraneo dei depositi detritici di copertura, sia in merito alla localizzazione (cerchio con freccia) della sorgente Le Mole, sia per il travaso di parte della risorsa idrica sotterranea verso l'alveo del Torrente Canera, sede di emergenze in alveo. 1- Complesso delle alluvioni del T. Canera; 2- Complesso dei depositi detritici; 3- Complesso marnoso-calcareo; 4- Complesso calcareo-marnoso; 5- Complesso calcareo basale; 6- sovrascorrimento; 7- direzione di flusso delle acque sotterranee; 8- sorgente.

- Hydrogeologic section sketch showing the relationships among the carbonatic aquifers of the Sabina succession and the Canera stream Valley deposits. It is apparent the groundwater transfer role of the detritic deposits evidenced by both the Le Mole Spring position (circle with arrow) and the conveying of a part of the groundwater resource toward the Canera stream course, which hosts minor springs. 1- Canera alluvial deposit complex; 2- Detritic deposit complex; 3- Marly-calcareous complex; 4- Calcareous-marly complex; 5- Basal calcareous complex; 6- thrust; 7- groundwater flow direction; 8- spring.

attività eseguite perseguivano l'obiettivo di verificare l'applicabilità di metodologie d'indagine idrogeologica quantitativa classica (misure di portata seriate in alveo e osservazioni sui parametri chimico-fisici), a scala mensile, a sottobacini idrografici in un contesto geologico tipico delle serie carbonatiche umbro-sabine interessate da intensa evoluzione plio-quadernaria.

I risultati ottenuti possono essere riassunti nei punti seguenti:

- è stato confermato che il margine orientale della dorsale dei Monti Sabini Settentrionali non presenta un affioramento della falda regionale basale, le cui direzioni di drenaggio sono esterne all'area esaminata;

- la presenza di elementi tettonici ad andamento complesso (*thrust*, faglie dirette) e di livelli a bassa permeabilità nella sequenza carbonatica determina, tuttavia, l'esistenza di limiti di permeabilità e conseguenti livelli di base locali, che danno origine a sorgenti localizzate di importanza non trascurabile (portata media dalle decine a qualche centinaio di litri al secondo);

- l'accumulo e il non trascurabile spessore dei depositi detritici ed eluvio-colluviali caratterizzati da una discreta permeabilità, in corrispondenza delle rotture morfologiche coincidenti con i limiti di permeabilità tettonici e stratigrafici presenti, consente il travaso parziale della risorsa idrica sotterranea verso questi corpi detritici ed il loro successivo recapito nel fondovalle, costituito dall'alveo del T. Canera;

- il fondovalle alluvionale, anche se di spessore limitato, costituisce un acquifero locale in grado di scambiare con le acque superficiali; tali scambi hanno direzione variabile stagionalmente nel medio corso del Canera e sono generalmente diretti dal corso d'acqua verso il sottosuolo nel tratto più prossimo alla Piana Reatina;

- nel caso del T. Canera, il contributo del gruppo sorgivo Le Mole, diretto e indiretto, nell'alveo fluviale (circa il 20% del contributo totale), è notevolmente variabile stagionalmente (da 100 a 700 l/s per il periodo di osservazione 2003-04);

- l'analisi del regime del flusso di base ha consentito di calcolare un coefficiente di esaurimento α (MAILLET, 1905) per le acque sotterranee del T. Canera pari a -0.0133.

In conclusione, è stata accertata l'esistenza di un non trascurabile flusso di base nella media e bassa valle del T. Canera, che in fase di magra non scende sotto 100 l/s ed in media si attesta sui 400 l/s e rappresenta, quindi, una risorsa idrica rilevante quantomeno ai fini del mantenimento di buone condizioni ambientali, molto probabilmente di classe elevata (da verificare ai sensi del

D.Lgs.152/06), ed in grado di attenuare le problematiche di carenza idrica e di scadimento della qualità delle acque del Fiume Turano nella Piana Reatina in periodi siccitosi.

Ringraziamenti

Si ringraziano il Dott. A. DEL BON e il Dott. E. D'ARMENTO per la collaborazione alle misure di portata eseguite dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Roma "La Sapienza". Si ringraziano altresì il Prof. M. VALLETTA e il Prof. F. BRUNAMONTE, incaricati della revisione del lavoro, per i preziosi e puntuali suggerimenti proposti.

BIBLIOGRAFIA

- ANNALI IDROLOGICI (1921 – 2004) – *Parte prima e parte seconda (Sezione di Roma)*. Servizio Idrografico, Ministero dei Lavori Pubblici / Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Presidenza del Consiglio dei Ministri. Roma.
- BONI C., BONO P. & CAPELLI G. (1986) - *Schema idrogeologico dell'Italia centrale*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 991-1012.
- BONI C., CAPELLI G. & PETITTA M. (1995) – *Carta idrogeologica dell'alta e media valle del Fiume Velino*. Univ. di Roma "La Sapienza" - Univ. di "Roma Tre" - Comunità Montana del Velino, Roma.
- CALAMITA F. & PIERANTONIO P.P. (1996) – *Modalità della strutturazione neogenica nell'Appennino Umbro-Sabino (Italia Centrale)*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. (1), 183-201.
- CAVINATO G.P. & TOZZI M. (1986) – *Studio strutturale del Monte Soratte*. Rend. Soc. Geol. It., **9**, 3-6.
- CIVITELLI G., CORDA L. & MARIOTTI G. (1986) – *Il bacino sabino: 1) fenomeni di risedimentazione nella serie di Osteria Tancia*. Boll. Soc. Geol. **105**, 41-63.
- CORDA L. & MARIOTTI G. (1986) – *Il bacino sabino: 2) sedimentologia e stratigrafia della serie calcarea e marnoso-spongolitica (Paleogene-Miocene)*. Mem. Soc. Geol. It. **35**, 33-47.
- COSENTINO D. & PAROTTO M. (1986) – *Assetto strutturale dei Monti Lucretili Settentrionali (Sabina): nuovi dati e schema tettonico preliminare*. Geol. Romana **25**, 73-90.
- COSENTINO D., SCOPPOLA C., SCROCCA D. & VECCHIA P. (1991) – *Stile strutturale dei Monti Reatini e dei Monti Sabini settentrionali (Appennino Centrale) a confronto*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. (2), 55-61.
- GALLUZZO F. & SANTANTONIO M. (2002) – *The Sabina Plateau: a new element in the Mesozoic palaeogeography of Central Apennines*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. Spec. (1), 561-588.
- MAILLET E. (1905) – *Essais d'hydraulique souterraine et fluviale*. Libr. Scient. Hermann, Paris.
- MANFREDINI M. (1972) - *Studio idrogeologico della Piana di Rieti*. Quad. Ist. Ric. Acque, CNR, **6**, 87-122.
- MANFREDINI M. & MANGANELLI V. (1969) - *Alcune considerazioni sulla tettonica dell'area di facies umbra*. Mem. Soc. Geol. It., **8**, 1015-1026.
- MANGANELLI V. & FARAMONDI S. (1990) - *Tettonica traslativa nei monti Sabini: L'area della valle di S. Croce (Contigliano, Rieti)*. Mem. Descr. della Carta Geol. d'It. **38**, 207-214.
- SALVINI F. & VITTORI E. (1982) – *Analisi strutturale della linea Olevano-Antrodoco-Posta (Ancona-Anzio Auct.): Metodologia di studio delle deformazioni fragili e presentazione del tratto meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., **24**, 337-355.
- SERVA L. & SALVINI F. (1976) - *Analisi statistiche delle deformazioni meccaniche in alcune strutture dell'appennino laziale*. Boll. Soc. Geol. It., **95**, 1219-1233.