

INDAGINI IDROGEOLOGICHE NELL'ALTA VALLE DEL FIUME COSA

FRANCO TERRAGNI (*)

L'area oggetto della ricerca si inserisce idrogeologicamente nel piu' ampio gruppo dei monti Simbruini, Ernici, M. Cairo, M. Camino, M. della Mainarde e di M. Cesima posto nel Lazio sud-orientale.

Questo complesso è costituito da una potente sequenza di calcari e calcari dolomitici con spessori di oltre 2000 metri ovunque fratturati e carsificati in grado di assorbire annualmente dai 750 a 1000 mm di acqua meteorica (Boni, Bono, Capelli, 1986).

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'Alta Valle del fiume Cosa è compresa tra i rilievi di M. Agnello, Campo Catino, M. Vermicano e Campovano a nord, La Monna ad est, l'abitato di Guarcino a sud ed il Fosso Trovalle ad ovest.

Il F. Cosa originato dal gruppo sorgentizio omonimo posto alla quota media di 1170 m slm, si sviluppa nel suo tratto iniziale con andamento NE-SW per poi piegare, dopo aver lambito l'abitato di Guarcino, verso sud ed abbandonare l'areale in oggetto di studio (Fig.1).

Il fiume originato dalle sorgenti omonime copre circa 5 km di percorso con un dislivello pari a 670 m incrementando la sua portata grazie al contributo di emergenze puntuali (Caporelle, S. Luca, Filette) lineari e all'apporto temporaneo o stagionale dei Fossi Vermicano, Terramuta, Valle dell'Agnello e Trovalle.

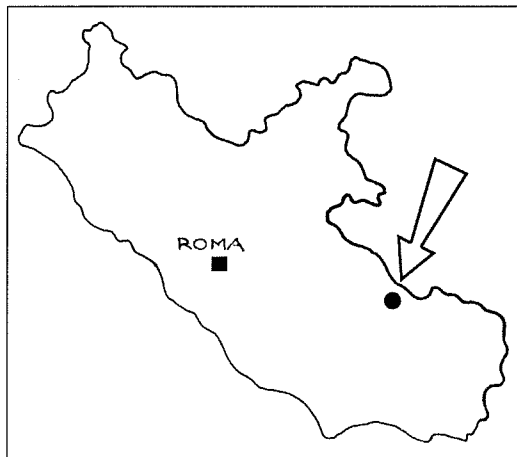


Fig. 1 - Ubicazione dell'area

(*) Circolo Speleologico Romano

Tra i rilievi maggiori si riconoscono M. Agnello (1912 m), M. Vermicano (1948 m) e La Monna (1952 m) mentre sul bordo dell'anfiteatro che segue il limite settentrionale del bacino si collocano due importanti campi carsici: Campo Catino e Campovano.

Il primo, posto circa a quota 1800 m slm, con una estensione di circa 1,2 kmq, costituisce una importante zona di assorbimento delle acque meteoriche che si infiltrano attraverso lo sviluppatissimo reticolo carsico sottostante, mentre il secondo, sensibilmente piu' limitato, si trova alla quota media di 1870 m slm e apparentemente sembra alimentare l'acquifero posto sulla sinistra del fiume.

INDAGINI IDROGEOLOGICHE

Le indagini con l'uso di traccianti sono state precedute da uno screening idrogeologico generale onde definire il numero e le caratteristiche qualitative e quantitative delle emergenze puntuali e lineari nonche' il loro rapporto con l'asta fluviale ed i manufatti antropici presenti in valle (impianti per la produzione di energia elettrica ed acquedotti).

Sorgenti: le emergenze puntuali

Si presentano di seguito le note sull'ubicazione (Fig. 10), la natura, il tipo di utilizzo ed i parametri chimico-fisici delle emergenze puntuali denominate:

- Sg. Vermicano
- Gruppo Sorgentizio Di Capo Cosa
- Sg. Del Tubo
- Gruppo Sorgentizio Di Caporelle
 - * Caporelle Alta
 - * Caporelle Bassa
- Sg. San Luca
- Sg. Filette
- Sg. Trovalle
- Sg. Ascendella (Le Campore)
- Sg. Dell'Innola
- Grotta Del Risorghiotto

Sorgente Vermicano

Itinerario

Da Guarcino si prende la strada comunale per Campo Catino fino al 13 km, in località Colle Pannunzio. Dal piazzale si imbocca la strada forestale posta a lato dell'osservatorio astronomico ed interdetta alla circolazione degli autoveicoli a causa di una sbarra trasversale alla carreggiata.

Dalla sbarra si percorre circa 1 km fino a giungere ad un bivio: mantenendosi sulla sinistra si sale per circa 500 m passando davanti all'ingresso dell'Abisso G. Gresele per poi giungere, alla fine della strada, all'impianto di captazione della sorgente (chiuso) ed al fontanile.

Descrizione

L'emergenza risulta captata per soddisfare il fabbisogno idrico delle strutture ricettive del comprensorio sciistico di Campo Catino. L'impianto di captazione permette nei mesi più piovosi un esubero di circa 2 l/s che si raccoglie in un abbeveratoio antistante. Parte delle acque provenienti dalla stessa falda sospesa emergono circa 10 m più in alto lungo il fosso.

La sorgente Vermicano si può considerare una sorgente perenne con portata variabile nell'arco dell'anno. Una misura di portata eseguita il 18/10/92 ha rilevato un esubero dal bottino di captazione di 2,1 l/s mentre non è stato possibile effettuare misure della portata captata.

La temperatura dell'acqua è risultata pari a 7°C (T aria: 4°C) mentre misure di conducibilità hanno rilevato valori di 205 µS/cm a 18°C.

Gruppo Sorgentizio Di Capo Cosa

Itinerario

Da Guarcino si percorre la strada forestale per Campo Catino fino al km 11, in località Campo Roccelle.

Dal tornante si abbandona l'asfalto per una strada forestale piuttosto malmessa che scende in direzione del thalweg. Dopo circa 1 km si raggiunge il sistema di captazione delle sorgenti.

Descrizione

Il Gruppo Sorgentizio denominato "Sorgenti del Fiume Cosa" o "Sorgenti di Capo Cosa" origina il fiume omonimo ad una quota media di 1170 m slm.

Le acque che emergono in sponda sinistra vengono a giorno a causa di un disturbo tettonico che sembra rappresentare un acquicludo per il bacino di alimentazione del Gruppo sorgentizio di Caporelle, posto sul versante destro del fosso.

Il sistema di captazione dell'acquifero è costituito da una serie di bottini e trincee drenanti in parte esplorabili e l'accesso alle due maggiori emergenze puntuali (B e C) avviene attraverso due differenti bottini chiusi da portoncini in ferro (Fig.2) Ogni singolo impianto di presa è provvisto di una bocca di sfioro per il rilascio di acqua in alveo. L'alimentazione dell'asta principale è comunque assicurata da numerose perdite laterali presenti anche in regimi idrologici di grande siccità.

Una misura di portata è stata effettuata 24/03/91 ha dato un valore complessivo delle diverse emergenze pari a 27 l/s a cui vanno aggiunti 35 l/s captati con regolarità a scopo idropotabile per un totale di 63 l/s

La temperatura è risultata di 6.1° (T aria 17.1°C) e la conducibilità di 242 µS/cm.

Le analisi microbiologiche effettuate dalla U.S.L. di Frosinone non hanno riscontrato tracce di inquinamento di tipo organico.

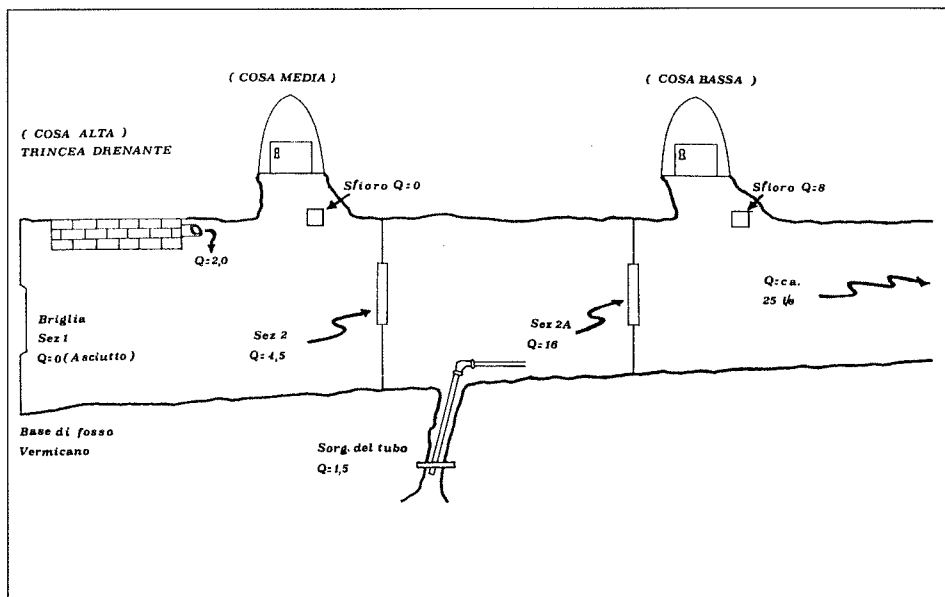


Fig. 2 - Schema dell'impianto di captazione del gruppo Sorgentizio Capo Cosa.

SORGENTE DEL TUBO

Itinerario

Da Guarcino si percorre la strada forestale per Campo Catino fino al km 11, in località Campo Roccelle.

Dal tornante si abbandona l'asfalto per una strada forestale piuttosto malmessa che scende in direzione del thalweg. Dopo circa 1 km si raggiunge il sistema di captazione delle sorgenti del fiume Cosa. L'emergenza è ubicata sul lato destro dell'alveo, poco a monte della captazione mediana del gruppo di Capo Cosa.

Descrizione

La sorgente denominata "sorgente del tubo" è costituita da un'emergenza puntuale ubicata circa un metro al di sopra del letto del fiume Cosa, sulla sua destra orografica (Fig.2). Oggetto di captazione in tempi passati, è riconoscibile da un tratto di tubazione usato per l'adduzione incastrato presso la scaturigine.

Posta alla quota di circa 1170 m slm, sembra avere carattere temporaneo e nessuna connessione con il più grande acquifero carsico presente nel versante destro della valle. La sorgente emerge da una stretta diaclasi con portata misurata di circa 1.5 l/s (24/03/91) che sembra rimanere costante anche durante regimi meteorici molto piovosi.

La temperatura è risultata pari a 6°C (T aria: 17.5°C) e la conducibilità uguale a 232 µS/cm.

GRUPPO SORGENTIZIO DI CAPORELLE

Itinerario

Prima di entrare a Guarcino percorrendo la strada provinciale che porta al paese, si segue la segnaletica turistica che indica la direzione per Fonte Filette. Giunti all'ex stabilimento di imbottigliamento lo si costeggia seguendo la strada bianca che porta al convento di San Luca. Da qui si prosegue risalendo l'alveo del fiume per circa 1 km fino ad arrivare ai bottini di captazione delle emergenze del gruppo.

Descrizione

Il Gruppo sorgentizio di Caporelle (Fig.3) si trova sulla destra orografica del F. Cosa alla quota media di 864 m slm ed attualmente e' quasi interamente captato a scopo idropotabile e per la produzione di energia elettrica. I due bottini inferiori (F1, F2) servono l'acquedotto di Guarcino mentre quelli superiori (F3, F4) sono gestiti dall'Ufficio Acquedotti di Frosinone ed alimentano la rete di distribuzione che serve alcuni centri circostanti (Torre Caietani, Trivigliano, Porciano, Vico nel Lazio e Fumone).

Le emergenze F1 e F2 erogano una portata media captata di circa 17 l/s con temperatura rispettivamente di 7.3 e 7°C (T aria 20.8°C) e salinità pari a 173 e 161 mg/l.

Le emergenze F3 e F4 sono racchiuse in bottini non ispezionabili e gli unici dati disponibili forniti dall'U.A.F. sono relativi alla portata in distribuzione complessivamente pari a 17 l/s.

L'esubero di queste sorgenti e' direttamente incondottato verso la centrale idroelettrica di S. Agnello attraverso un canale parzialmente a cielo aperto in cui si registra una portata pressoché costante pari a circa 330 l/s.

Dalle prove di colorazione effettuate nel giugno 1990, ambedue i gruppi si rivelano legati al circuito carsico a cui afferisce il Sistema Vermicano-Gresele.

SORGENTE DI SAN LUCA

Itinerario

Prima di entrare a Guarcino percorrendo la strada provinciale che porta al paese, si segue la segnaletica turistica che indica la direzione per Fonte Filette. Giunti all'ex stabilimento di imbottigliamento lo si costeggia seguendo la strada bianca che porta al convento di S. Luca. La sorgente, posta alle spalle del convento, e' raggiungibile risalendo l'alveo del F. Cosa per poche decine di metri.

Descrizione

Si tratta di una sorgente d'acqua conosciuta fin dai tempi piu' remoti tanto che alimentava ed alimenta tuttora il vicino monastero fondato tra il 520 ed il 530 d.C., secondo la tradizione e almeno intorno al 1000 d.C. secondo reperti archeologici rinvenuti nelle vicinanze.

L'acqua fuoriesce in destra della Valle del F. Cosa a circa 720 m slm dai calcari miocenici.

L'emergenza, della portata media valutabile intorno ai 10 l/s e' stata captata con una galleria lunga circa 4-5 metri.

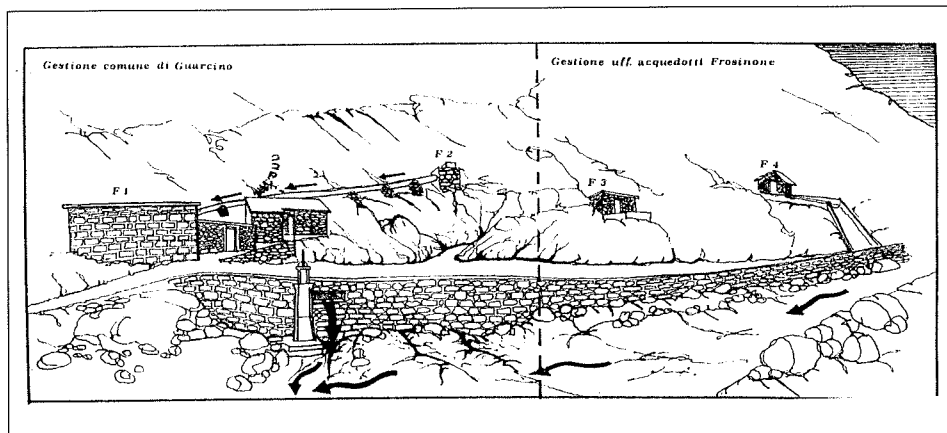


Fig. 3 - Schema dell'impianto di captazione del gruppo Sorgentizio Caporelle.

La Sorgente di San Luca e' compresa in un permesso di ricerca di 67 ha accordato con deliberazione della Giunta Regionale del Lazio il 10-4-1979.

Dati ottenuti da rilevazioni puntuali nell'arco di un ventennio indicano valori estremamente variabili verosimilmente imputabili a differenti condizioni idrologiche. La conducibilità varia tra 290 e 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$; la temperatura delle acque primaverili si attesta intorno a 8.7°C (T. aria 20°C).

SORGENTE DI FONTE FILETTE

Itinerario

Poco prima di raggiungere l'abitato di Guarcino si segue la segnalazione turistica che conduce all'interno della Valle del F. Cosa. Dopo circa 300 m si raggiunge una piazzola con una fontana centrale a forma di brocca. La sorgente che alimenta la fontana e' posta circa 50 m piu' in alto all'interno di un bottino di captazione chiuso da una porta in ferro e recintato. Al bottino si accede attraverso un sentiero che parte dal piazzaleto, bordeggiato da una siepe di bosso.

Descrizione

Si tratta di un'acqua oligominerale che scaturisce a quota 735 m slm da brecce poligeniche grossolanamente stratificate, affioranti sul versante sud-occidentale di M. La Forchetta in prossimità del contatto con calcari marnosi miocenici.

L'acqua, che si raccoglie in una cavità naturale alla base di una piccola rupe, viene incondottata verso la sottostante fontana pubblica.

La temperatura media storica sembra essere di 11-12°C mentre la portata inizialmente valutata in 0.2 l/s (1935), raggiunge attualmente i 2 l/s con variazioni stagionali anche sensibili.

Già facente parte di una concessione mineraria e fino a pochi anni fa imbottigliata per il commercio, e' attualmente compresa in una nuova concessione accordata con D.G.R. del 24-3-1980 per 30 anni.

SORGENTE TROVALLE

Itinerario

Giunti all'abitato di Guarcino si prosegue lungo la strada per Campo Catino fino al km 12. Da qui una strada forestale, interdetta alla circolazione a causa di una sbarra trasversale, si snoda per circa 2 km fino alla sorgente.

Questa emergenza e le seguenti Ascendella e Innola escluse dal contesto idrologico non vengono riportate nello schema.

Descrizione

L'emergenza posta a quota 1057 m slm alla testa del fosso omonimo, e' stata captata gi_ dall'inizio del secolo per alimentare l'abitato di Alatri ed alcuni abbeveratoi montani. La portata in distribuzione e' di circa 8 l/s (dati U.A.F.), ma un'osservazione diretta all'interno del bottino (19/1/91) ha permesso di misurare 25 l/s. Di questi, 20 risultavano captati ed i rimanenti 5 andavano ad alimentare il sottostante fontanile ed il primo tratto del fosso prima di infiltrarsi in modo progressivo.

La temperatura dell'acqua e' risultata pari a 7.6°C (T aria: 1°C) mentre la salinità pari a 192 mg/l.

SORGENTE ASCENDELLA

Itinerario

Da Guarcino si prosegue per Campo Catino fino al km 14 circa. In corrispondenza del ponticello posto a quota 1539 m slm si abbandona la strada salendo sulla destra per circa una decina di metri. Da qui l'acqua e' captata e incondottata verso il fontanile in località Campora (km 8) sul quale sono state effettuate le indagini.

Descrizione

Il fontanile ha una portata di 1,3 l/s, perenne e costante durante l'anno.

La conducibilità e' risultata pari a 212 µS/cm mentre la temperatura dell'acqua ha registrato valori intorno a 9.5°C (T. aria 7°C).

SORGENTE INNOLA

Itinerario

Da Guarcino si prosegue per Campo Catino fino alla località Colle Pannunzio. Da qui si prende la strada forestale a lato dell'osservatorio astronomico fino al primo bivio. Presa la carreggiabile che porta verso valle si prosegue fino ad intercettare un grosso ghiaione di fondo valle; percorso tutto in ghiaione fino alla sua estremità piu' depressa, si risale per pochi metri sul versante destro fino all'emergenza che scaturisce dal piano di calpestio.

Descrizione

La sorgente Innola e' stata visitata nel mese di ottobre. La scaturigine si presentava come una piccola pozza fangosa priva di qualsiasi scorrimento superficiale e non si e' ritenuto opportuno compiere rilevamenti chimico-fisici.

IDROCHIMICA

A compendio delle indagini idrogeologiche sono state effettuate analisi chimico-fisiche complete sulle acque di alcune sorgenti ubicate nella valle del fiume Cosa e su quelle circolanti all'interno della Grotta del Vermicano.

Dopo uno screening generale con analisi speditive su tutte le emergenze del settore, sono state isolate quelle piu' rappresentative procedendo cosi' con maggior dettaglio sui campioni prelevati simultaneamente presso i seguenti punti:

- Gruppo sorgentizio di Capocosa (C)
- Gruppo sorgentizio di Caporelle (F2)
- Sorgente del Tubo (K)
- Sorgente di San Luca (G)
- Grotta del Vermicano (V)

I diagrammi di Shoeller di Fig. 4 e 5 evidenziano piuttosto chiaramente le caratteristiche bicarbonato-calciche del complesso delle acque esaminate.

Nei due diversi diagrammi vengono raggruppate da una parte le sorgenti "alte" (Capocosa e Tubo) e dall'altra quelle "basse" (Caporelle e S. Luca) in collegamento con le acque del Vermicano.

Il gruppo di Capo Cosa registra dei valori standard in Ca^{++} , Mg^{++} e HCO_3^- per acque di questo tipo mentre la sorgente del Tubo, di portata esigua e posta sul versante opposto, sembra maggiormente legata ad un circuito piu' superficiale, perlopiu' dolomitico e legato a brevi tempi di residenza, mostrando un tenore nettamente minore in calcio e simile in magnesio.

Analogo discorso avviene per il secondo gruppo. Ai valori standard delle acque di Caporelle e S. Luca si contrappone il basso valore in Ca^{++} e Mg^{++} di quelle del Vermicano, percolanti nel solo tratto di testa del sistema ed ancora sottosature.

Per quanto riguarda Na^+ , K^+ , Cl^- e SO_4^{--} , le basse concentrazioni non rivelano anomalie tali da indicare elementi guida o traccianti naturali.

Nei grafici presentati di seguito come istogrammi di concentrazione, si assiste ad una diretta comparazione dei parametri per tutte le cinque stazioni di raccolta.

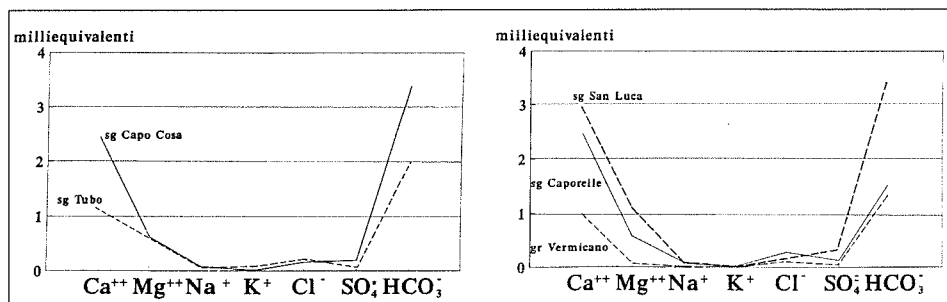


Fig. 4/5 - Diagramma di Shoeller relativo al chimismo delle emergenze Capo Cosa e Tubo.

Diagramma di Shoeller relativo al chimismo delle emergenze Caporelle, San Luca ed alle acque della Grotta del Vermicano.

Gli istogrammi di Fig.6 indicano il complesso dei campioni come appartenenti ad acque debolmente alcaline ($\text{pH} = 7.8$). La conducibilità specifica raggiunge valori intorno a $370 \mu\text{S}/\text{cm}$ per S. Luca (G) che rappresenta l'emergenza piu' bassa in quota; i grandi gruppi (C, F2) si attestano sui $300 \mu\text{S}/\text{cm}$ mentre, per i motivi già analizzati nei diagrammi di Shoeller, la sorgente del Tubo (K) e le acque della grotta del Vermicano (GV) mantengono valori di salinità molto bassi pari rispettivamente a 170 e $90 \mu\text{S}/\text{cm}$.

La durezza totale ricalca l'andamento della conducibilità con S. Luca che raggiunge i 20°F e le acque del Vermicano che non arrivano ai 5°F .

All'ossidabilità (secondo Kubel) i soli campioni che presentano valori apprezzabili sono quelli della Sg. del Tubo (2 mg/l) e della grotta ($2,5 \text{ mg/l}$).

I diagrammi di Fig.7 mostrano i valori degli ioni HCO_3^- , SO_4^{--} e Cl^- . L'andamento di tali elementi non sembra così lineare da poter azzardare delle ipotesi concrete, se non per l'elevato tenore in Cl^- relativo alle sorgenti di Caporelle che indurrebbe ad avanzare sospetti su un possibile inquinamento.

L'andamento di calcio, magnesio, sodio e potassio, già illustrato nei diagrammi di Shoeller viene riportato sottoforma di istogrammi in Fig.8.

Un'ultima indicazione si ricava dalla comparazione di Nitriti e Nitrati tra i diversi campioni (Fig.9). L'istogramma dei valori riferiti a NO_2^- di mostra segnali di inquinamento solo nelle acque dei campioni F2, G e GV inducendo ipotesi di appartenenza di questi allo stesso sistema.

PROVA DI PORTATA IN ALVEO E RILIEVO DEI PARAMETRI CHIMICO-FISICO

Le prove di portata sul Fiume Cosa (Fig.10) costituiscono un importante step per la comprensione sia del comportamento di tale corso d'acqua nei confronti della sua rete di alimentazione costituita da emergenze puntuali e diffuse, sia delle relazioni tra le acque superficiali e la falda carsica.

L'analisi quantitativa dei diversi tratti d'asta, accompagnata dai relativi parametri qualitativi (conducibilità e temperatura), indica infatti le zone dove piu' verosimilmente il corso d'acqua superficiale perde verso la falda di base o drena le acque di infiltrazione verso il suo alveo.

Campagna Q1 (23 dicembre 1990): settore compreso tra la sez.13 e la sez.6.

Campagna Q3 (19-20 gennaio 91): intera asta fluviale: sez.1 - sez. 13.

Campagna Q3 (10 febbraio 1991): sezioni 7-8.

Campagna Q1 - Settore tra sez. 13 e sez. 6.

Nella campagna in questione si è posta l'attenzione verso il settore piu' a valle dell'intero areale, cioè dalla sez. 13 (estremo di valle) fino alla sez. 6 (a monte delle sorgenti di Caporelle).

Considerata la sufficiente presenza di acqua per la misura in alveo con idromulinello a contatore, si è proceduto in tal modo per l'intero tratto indagato.

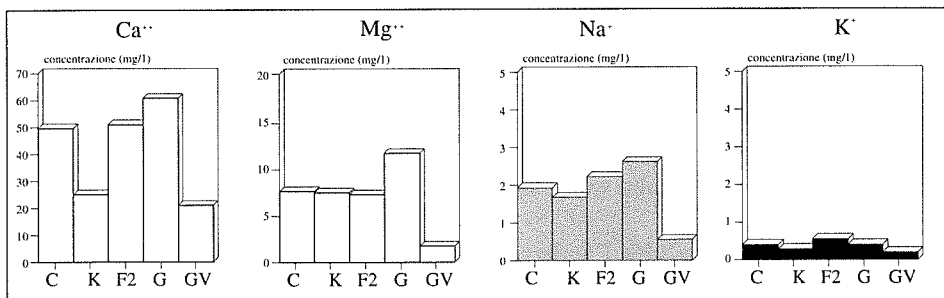


Fig. 6 - Istogrammi di concentrazione riferiti alle emergenze Capo Cosa (C), Tubo (K), Caporelle Bassa (F2), San Luca (G), Grotta del Vermicano (GV).

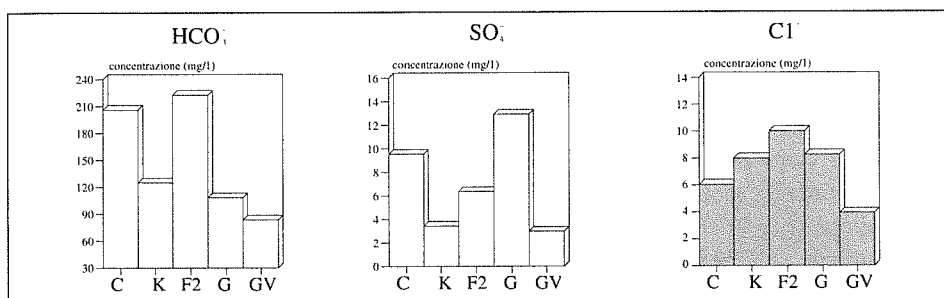


Fig. 7 - Istogrammi di concentrazione riferiti alle emergenze Capo Cosa (C), Tubo (K), Caporelle Bassa (F2), San Luca (G), Grotta del Vermicano (GV).

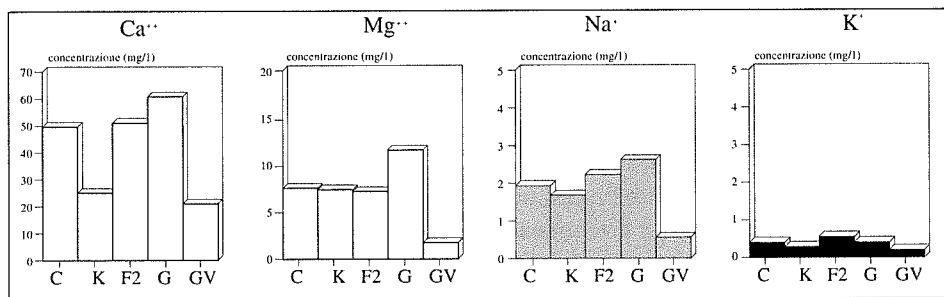


Fig. 8 - Istogrammi di concentrazione riferiti alle emergenze Capo Cosa (C), Tubo (K), Caporelle Bassa (F2), San Luca (G), Grotta del Vermicano (GV).

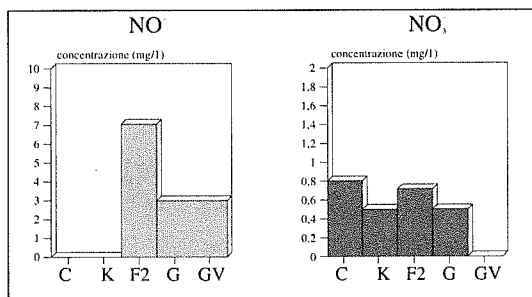


Fig. 9 - Istogrammi di concentrazione riferiti alle emergenze Capo Cosa (C), Tubo (K), Caporelle Bassa (F2), San Luca (G), Grotta del Vermicano (GV).

Sez. 13 (A valle della Centrale ENEL di Guarcino).

Tale stazione di misura risente quasi completamente dell'utilizzo di acqua per la produzione di energia elettrica da parte della Centrale ENEL di Guarcino.

Nella giornata del 23/12/1990 sono state misurate unicamente le perdite della paratoia che obbliga le acque provenienti dallo sbarramento di S. Agnello a continuare la corsa verso centrali di produzione più a valle.

$Q = 30 \text{ l/s}$; $T \text{ aria} : 8^{\circ}\text{C}$; $T \text{ acqua} : 6.8^{\circ}\text{C}$

Sez. 12 (A monte della Centrale ENEL di Guarcino).

Sezione ubicata subito a monte della centrale ENEL di Guarcino posta a valle dell'abitato omonimo.

Il fiume in questo tratto costeggia una serie di piccoli orti che comunque non attingono acqua dal fiume quasi permanentemente in secca.

Anche nel caso di rilascio delle acque da parte del canale adduttore di S. Agnello in un impluvio posto in sinistra, l'intero settore risulta fortemente drenante ed il flusso idrico non sembra essere in grado di raggiungere la stazione di misura terminale.

Alveo asciutto.

$Q = 0 \text{ l/s}$

Sez. 11 (A valle di Fonte Filette).

Alveo asciutto.

Constatata l'impossibilità di effettuare misure all'interno del bottino di captazione della sorgente Filette ci si è limitati a misurare l'esigua portata delle fontanelle sul piazzale e di quella a ridosso del muro pari complessivamente a circa 0.2 l/s .

La stazione di misura è posta a valle di Fonte Filette, in prossimità della strada che conduce al convento di S. Luca.

La sezione d'alveo risulta perennemente asciutta a causa della completa derivazione delle acque per la produzione di energia elettrica in prossimità della centrale ENEL di S. Agnello.

Anche in caso di totale rilascio in alveo della sorgente di S. Luca e di Filette il tratto d'alveo in prossimità della sezione al di là di eccezionali eventi di piena, appare sempre in secca.

$Q = 0 \text{ l/s}$

Sez. 10 (A monte di Fonte Filette).

Alveo asciutto.

$Q = 0 \text{ l/s}$

Sez. 9 (A valle della presa di S. Agnello).

La totalità delle acque è derivata dallo sbarramento di S. Agnello in direzione centrale di Guarcino (attraverso il canale a mezza costa 9A - 9B). In alveo troviamo solo le acque della sorgente di S. Luca, posta in destra subito sotto la traversa in calcestruzzo.

La totalità di queste acque tenderà ad infiltrarsi ben prima della stazione di misura susseguente.

$Q = 0 \text{ l/s}$

Sez. 9A (Canale S. Agnello - Sez. di monte).

La sezione di misura e' posta all'inizio del canale di derivazione in sinistra che porta tutta l'acqua dell'alveo e quella turbinata e rimessa in circolo dalla centralina ENEL di S. Agnello verso la centrale di Guarcino.

Il Canale ha forma regolare e corre in quota, a tratti a cielo aperto ed a tratti in condotta. Si individua cosi' un sistema laterale che potrebbe influenzare, in caso di perdite e relative infiltrazioni nel bacino di alimentazione, la qualita' delle acque della Fonte Filette che emerge sotto di esso. In seguito verra' considerata questa possibile perdita con misure effettuate all'inizio ed alla fine del canale (Sez. 9A e Sez. 9B).

$Q = 330 \text{ l/s}$; $T \text{ aria} : 8.4^{\circ}\text{C}$; $T \text{ acqua} : 7^{\circ}\text{C}$

Sez. 8 (A monte della presa di S. Agnello).

La stazione di misura gode nella stagione piovosa delle acque di sfioro delle sorgenti di Caporelle e probabilmente del drenaggio diffuso in alveo.

Si raggiunge dopo qualche decina di metri dalla presa risalendo fino al filo spinato con paletti verdi che delimita la proprieta' dell'ente elettrico.

La stessa sezione e' stata spostata in seguito in corrispondenza dello stramazzo che convoglia direttamente le acque del fiume nel canale di derivazione ENEL.

Nel tentativo di meglio definire il parziale contributo dell'asta verso il canale e le caratteristiche apparentemente drenanti del tratto, si e' proceduto nei mesi di gennaio e febbraio ad ulteriori operazioni di misura.

Sez. 7 (A valle delle Sg. Caporelle).

Stazione di misura subito a valle del gruppo di emergenze puntuali di Caporelle.

In stagioni di grosse precipitazioni e' piuttosto difficile definire gli sfiori e le perdite delle singole sorgenti a causa di impianti di captazione ed incondottamento in parte rinnovati, ma ancora nel complesso fatiscenti.

La sezione raccoglie comunque tutte le acque di sfioro del gruppo, dando l'immagine dell'esubero di una sola grossa sorgente.

$Q \sim 314 \text{ l/s}$; $T \text{ aria} : 3,1^{\circ}\text{C}$; $T \text{ acqua} : 6.8^{\circ}\text{C}$.

Sez. 6 (A monte delle Sg. di Caporelle)

A monte delle sorgenti di Caporelle e' posto uno sbarramento in calcestruzzo che contiene la totalita' delle acque derivandole verso un canale in muratura in destra.

Il canale alimenta probabilmente la vasca di carico in prossimita' dell'eremo di S. Agnello la cui acqua e' destinata alla Centrale ENEL omonima.

La portata si rileva comunque trascurabile se confrontata con il drenaggio considerato come puntuale del gruppo di Caporelle subito piu' a valle e a quello apparentemente diffuso in alveo della sezione seguente.

$Q \sim 5 \text{ l/s}$; $T \text{ aria} : 3.1^{\circ}\text{C}$; $T \text{ acqua} : 5.8^{\circ}\text{C}$

CAMPAGNA Q2 - Settore tra Sez. 1 e Sez. 13.

Nei giorni 19 e 20/01/1991 e' proseguita la campagna di portata lungo l'intera asta del fiume Cosa.

Il mese di gennaio si e' rivelato scarsamente piovoso con precipitazioni mensili intorno agli 11 mm, concentrate nella prima metà del mese e per lo piu' a carattere nevoso al di sopra dei 1600 m di quota.

La fase dello scioglimento delle nevi non e' in questa zona legata ad un ben definito periodo; nel mese di gennaio assistiamo ad un progressivo scioglimento del manto nevoso che ricaricando la falda vivacizza il tono delle portate alle sorgenti.

Escludendo tale costante afflusso in rete, le misure effettuate nella giornata del 20 non pare abbiano risentito delle deboli ed isolate precipitazioni piu' prossime, registrate nei giorni 14 (5,2 mm) e 16 gennaio (0,6 mm).

La relativa esiguità di acque in alveo ha permesso di utilizzare per le misure di portata, sia la combinazione secchio graduato e cronometro che idromulinello con contatore. Sono inoltre state rilevate: temperatura aria, temperatura acqua e conducibilità.

Sez. 1 (Base fosso Vermicano).

La stazione di misura 1 e' posta alla base del fosso del Vermicano in corrispondenza di una briglia in calcestruzzo per il contenimento dei regimi di piena.

La sezione dovrebbe raccogliere le acque di ruscellamento provenienti dagli impluvi posti a monte delle sorgenti del F. Cosa.

$Q = 0$ l/s

Sez. A (Sfioro Cosa Alta).

Si tratta di una misura sulla portata in esubero della sorgente captata denominata Cosa Alta. La stazione di misura e' ubicata presso l'emergenza puntuale posta a pochi metri a valle della briglia, sulla sinistra dell'alveo.

$Q = 2$ l/s; T aria : -1°C ; Conducibilità (18°C) : $211 \mu\text{S/cm}$.

T acqua : 5.7°C ; Salinità (20°C) : 170 mg/l .

Sez. B (Sfioro Cosa Media).

L'emergenza dell'acqua di esubero avviene attraverso una piccola finestra posta sulla sinistra dell'alveo, qualche metro al di sotto del bottino di captazione.

$Q = 0$ l/s

Sez. 2 (A valle della Sg. Cosa Media).

Stazione di misura a valle della bocca di sfioro della Sg. Cosa Media. Posta a qualche decina di metri dall'emergenza di Cosa Alta, registra un sensibile incremento delle acque in alveo, dovuto evidentemente a drenaggio lineare.

$Q = 4,5$ l/s; T aria : -1°C ; T. acqua : 5.7°C

Conducibilità (18°C) : $211 \mu\text{S/cm}$; Salinità (20°C) : 170 mg/l

Sez. K (Sorgente del Tubo).

Si tratta della prima emergenza in destra dell'alveo del F. Cosa.

Ben riconoscibile per la presenza di un tubo che una volta (ora e' spezzato in piu' punti) captava le acque direttamente dalla scaturigine, sembra essere l'unica emergenza in destra nel tratto "base del fosso Vermicano - Sorgenti Caporelle". Non ci sono elementi sufficienti per definire il carattere perenne o temporaneo dell'emergenza.

Q = 1,5 l/s; T aria : - 0.2°C; T acqua : 5.8°C

Conducibilità (18°C) : 180 µS/cm; Salinità (20°C) : 145 mg/l

Sez. C. (Sfioro Cosa Bassa).

Sezione che misura la portata in esubero della sorgente Cosa Bassa.

Si tratta del secondo bottino ispezionabile della serie delle sorgenti del F. Cosa (emergenze in sinistra), ed e' in realtà il terzo impianto di captazione dopo la trincea drenante di Cosa Alta (non ispezionabile) ed il bottino di Cosa Media (porta metallica).

Lo sfioro fuoriesce come in Cosa Media da una finestra posta sull'alveo a quota inferiore rispetto alla base del bottino.

Q = 8 l/s; T aria : 2°C; T acqua : 5.5°C

Conducibilità (18°C) : 203 µS/cm; Salinità (20°C) : 163 mg/l

Sez. 3 (Tra Cosa Bassa e Risorghiotto).

Stazione di misura non facile da identificare per la mancanza di evidenti punti di riferimento, ma comunque marcata con vernice azzurra.

Dovrebbe contraddistinguere circa il punto limite di crescita della portata in alveo. Registra infatti una portata costante rispetto alla sommatoria delle sezioni "2A e C" (Qtot: 24 l/s) poste piu' a monte.

Costanti rimangono anche, escludendo cosi' una possibilità combinata di drenaggio e perdita nello stesso tratto, temperatura dell'acqua (4,5°C - 4°C) e conducibilità (180 µS/cm - 184 µS/cm).

Q = 27 l/s; T aria : 3°C; T acqua : 4°C

Conducibilità (18°C) : 184 µS/cm; Salinità (20°C): 148 mg/l

Sez. 4 (A monte del Risorghiotto).

Sezione in alveo a monte della grotta del Risorghiotto.

Tale sezione di misura si imponeva nel complesso delle indagini per quantificare l'evidente diminuzione dell'acqua in questo tratto di fiume, che va addirittura in secca durante la stagione estiva.

In questo periodo, pur essendo lontani da un regime di piena, l'acqua scorre nell'asta fluviale denunciando un sensibile decremento rispetto alla sezione di misura precedente (circa 12 l/s in meno). Temperatura e conducibilità rimangono pressoché costanti.

Q = 15 l/s; T aria : 3°C; T acqua : 3.5°C

Conducibilità (18°C) : 180 µS/cm; Salinità (20°C) : 145 mg/l

Sez. 4A (Emergente dal Risorghiotto).

Grotta posta sulla destra dell'alveo a circa 20 m dal fondovalle.

L'interesse di una prova di portata allo sbocco di tale grotta e' legato all'andamento generale del flusso in questo tratto del fiume, infatti a partire dalla Sez. 3 la portata in alveo diminuisce fino a stabilizzarsi verso la Sez. 5.

Il sifone iniziale purtroppo inibisce una misura quantitativa del corso d'acqua interno e quindi l'esplorazione, effettuata peraltro nel mese di luglio 1989.

Il flusso d'acqua che si incontra oltre il secondo sifone, tende a scorrere verso l'interno della grotta in contrasto con l'aspetto morfologico e l'ubicazione della stessa, piu' simile a quello di una cavità emergente.

Nonostante la portata di circa 15 l/s a monte (durante la stagione asciutta l'acqua e' completamente assente in questo tratto), dalla grotta non c'e' fuoriuscita di acqua ne' si sente, una volta calatisi in prossimità del primo sifone, rumore di scorrimento.

$$Q = 0 \text{ l/s}$$

Sez. 5 (Tra Risorghiotto e Caporelle).

Stazione posta subito a valle della grotta.

Il flusso sembra stabilizzarsi dopo il drenaggio del tratto precedente verso la falda. La portata rispetto alla sezione a monte della grotta ($Q = 15 \text{ l/s}$) appare dimezzata pur non individuandosi evidenti assorbimenti puntuali.

$$Q = 7.5 \text{ l/s}; T \text{ aria} : 3^{\circ}\text{C}; T \text{ acqua} : 3.5^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Conducibilità (18}^{\circ}\text{C)} : \mu\text{S/cm}; \text{Salinità (20}^{\circ}\text{C)} : 145 \text{ mg/l}$$

Sez. 6 (A monte delle Sg. Caporelle).

La sezione di misura rimane immutata rispetto alla campagna del mese di dicembre, cosi' come l'andamento generale della portata.

$$Q = 4.5 \text{ l/s}; T \text{ aria} : -1^{\circ}\text{C}; T \text{ acqua} : 5.7^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Conducibilità (18}^{\circ}\text{C)} = 211 \mu\text{S/cm}; \text{Salinità (20}^{\circ}\text{C)} = 170 \text{ mg/l}$$

Sez. 7 (A valle delle Sg. Caporelle).

La sezione di misura rimane immutata rispetto alla campagna del mese di dicembre. E' evidente un netto calo delle portate ($Q \text{ 23/12/90} = 314 \text{ l/s.}$) che sembra dovuto alla deviazione di gran parte delle acque di esubero verso la vasca di carico di S. Agnello.

$$Q = 25 \text{ l/s}; T \text{ aria} : 3.5^{\circ}\text{C}; T \text{ acqua} : 5.7^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Conducibilità (18}^{\circ}\text{C)} : 218 \mu\text{S/cm}; \text{Salinità (20}^{\circ}\text{C)} : 176 \text{ mg/l}$$

Sez. 8 (A monte della presa S. Agnello).

Stazione di misura approntata questa volta all'interno del sistema di presa di S. Agnello. L'acqua scorre attraverso uno stramazzo di cemento, sbarrato da una griglia in ferro, per alimentare il canale di gronda che porta direttamente alla centrale elettrica di Guarcino. La portata cosi' deviata, rappresenta una porzione minima, (~10%) di quella che scorre nel canale regolato da un sistema di prese poste piu' a monte.

L'acqua scomparsa piu' a monte, unita a parte dell'esubero delle sorgenti di Caporelle (in corrispondenza della Sez.6), viene infatti turbinata nella centralina di S. Agnello riemergendo sulla sinistra dell'alveo; poco piu' avanti si mescola con quella misurata alla sezione 8 che rappresenta tutta l'acqua del fiume per essere poi incanalata verso la Centrale ENEL di Guarcino.

$$Q = 34 \text{ l/s}; T \text{ aria} : 3.5^{\circ}\text{C}; T \text{ acqua} : 5.8^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Conducibilità (18}^{\circ}\text{C)} : 223 \mu\text{S/cm}; \text{Salinità (20}^{\circ}\text{C)} : 179 \text{ mg/l}$$

Sez. 9 (A valle della presa di S. Agnello).

Dallo sbarramento dell'impianto di S. Agnello non tracima nulla per via del

basso livello raggiunto dall'invaso; lo sfioro dell'invaso era comunque risultato assente anche 15 giorni prima, in regime nettamente piu' vivace (380 l/s).

L'acqua che compare in alveo a valle dello sbarramento proviene da parte dell'esubero della sorgente di S. Luca posta sulla destra dell'alveo e captata, ma momentaneamente non utilizzata.

$$Q = 0 \text{ l/s}$$

Sez. 9A (Canale S. Agnello - Sez. di Monte).

Stazione di misura posta all'imbocco del canale in quota che convoglia le acque dell'invaso della centrale di S. Agnello verso il pozzo di carico posto sopra la centrale elettrica ENEL di Guarcino. Il canale riceve acqua sia dall'alveo che dalla centralina di trasformazione di S. Agnello.

Il flusso sembra costante nel tempo avendo registrato anche 15 giorni prima la stessa portata nonostante la portata della Sez. 8 nettamente diversa (Q 23/12/90 ~380 l/s; Q 20/1/91 ~35 l/s).

La sezione si mantiene rettangolare per tutto il canale con dimensioni della superficie bagnata di circa 0,85 x 0,70 m.

$Q = 335 \text{ l/s}$; T aria : 3°C ; T acqua : 5.8°C

Conducibilità (18°C): $215 \mu\text{S/cm}$; Salinità (20°C): 173 mg/l

Sez. 9B (Canale S. Agnello - Sez. di Valle).

Sezione per il controllo delle perdite sul canale, con particolare attenzione in corrispondenza del bottino di F.te Filette, posto a quota inferiore. Ipotesi su filtrazioni di parte di queste acque si erano formulate in seguito alle recenti analisi microbiologiche che registravano contaminazioni della fonte da parte di acque superficiali.

Tale sezione di misura e' posta una decina di metri all'uscita del secondo tratto in condotta, superate appunto le sorgenti di Filette. Il confronto tra le portate delle sezioni 9A e 9B non rileva comunque alcuna perdita.

$Q = 340 \text{ l/s}$; T aria : 3°C ; T acqua : 5.8°C

Conducibilità (18°C): $216 \mu\text{S/cm}$; Salinità (20°C): 174 mg/l

Sez. G (Sorgente di S. Luca)

Stazione di misura che considera la portata complessiva della sorgente, essendo infatti questa frammentata e derivata verso emergenze differenti.

La scaturigine si trova all'interno di un bottino posto sulla destra dell'alveo sotto la presa di S. Agnello; da questo l'acqua sfiora direttamente (G2, G3, G4) o raggiunge attraverso tubazioni il convento omonimo (G1, G5).

G.1) Cassoni in prossimità del convento di S. Luca.

L'acqua dalla sorgente geologica raggiunge il convento riempiendo i cassoni dell'acqua posti a ridosso dello stesso e sfiorando dagli appositi sbocchi.

$Q \sim 4.5 \text{ l/s}$; T aria : 0.8°C ; T acqua : 8.3°C

G.2) Tubo a pipa arancione posto in prossimità dello sbarramento di S. Agnello.

$Q \sim 2 \text{ l/s}$; T aria : 0.8°C ; T acqua: 8.3°C (h 10.00)

G.3) Tubo sotto il bottino di captazione.

$Q \sim 1 \text{ l/s}$

G. 4) Perdita diffusa alla base del bottino

$Q \sim 3 \text{ l/s}$

G.5) Sistema di fontanelle all'interno del convento. Il sistema ad acqua fluente percorre una serie di fontanelle e laghetti attraverso il giardino del convento per giungere alla base dello stesso in una vasca posta a lato del cancello di ingresso.

$Q \sim 1.5 \text{ l/s}$; T aria: 7.2°C ; T acqua: 7.8°C (h 14.00)

Conducibilità (18°C) : $221 \mu\text{S/cm}$; Salinità (20°C): 178 mg/l

$Q_{\text{tot}} = 12 \text{ l/s}$

Sez. 10 (A monte di F.te Filette) $Q = 0 \text{ l/s}$

Sez. 11 (A valle di F.te Filette) $Q = 0 \text{ l/s}$

Sez. 12 (A monte della Centrale ENEL di Guarcino) $Q = 0 \text{ l/s}$

Sez. 13 (A valle della Centrale ENEL di Guarcino)

Si misurano le perdite (trascurabili) della paratoia come descritto durante la campagna Q1 del 23/12/90

$Q \sim 20 \text{ l/s}$

Campagna Q3 - Tra Sez.7 e Sez.8

Il giorno 10 febbraio 1991 sono state ripetute alcune misure qualitative e quantitative atte a confermare l'esattezza dei valori già raccolti precedentemente.

In particolare si è posta l'attenzione sul tratto posto a valle delle Sorgenti di Caporelle per controllare le effettive caratteristiche drenanti dell'asta fluviale.

Sez. 7 (A valle delle Sg.ti Caporelle).

$Q \sim 12 \text{ l/s}$; T aria: 5.4°C ; T acqua: 6.9°C

Conducibilità (18°C) : $222 \mu\text{S/cm}$; Salinità (20°C) : 179 mg/l

Sez. 8 (A monte della presa di S. Agnello)

$Q \sim 23 \text{ l/s}$; T aria: 5.5°C ; T acqua: 6.8°C

Conducibilità (18°C): $231 \mu\text{S/cm}$; Salinità (20°C): 186 mg/l .

CONCLUSIONI

La campagna di indagini relativa alle prove di portata, condotte nei mesi di dicembre 1990 e gennaio e febbraio 1991, ha delineato in linee generali il comportamento dell'asta fluviale del F. Cosa in relazione a quello della falda che interessa il settore carbonatico indagato.

Si riassumono di seguito i risultati delle prove ed i dati qualitativi raccolti (temperatura e conducibilità) iniziando dalla sezione di testa "Sez.1" fino all'estrema di valle "Sez.13".

Le prove di portata correlate tra loro si riferiscono al giorno 19 gennaio 1991, quando non specificato accanto al valore in litri/secondo.

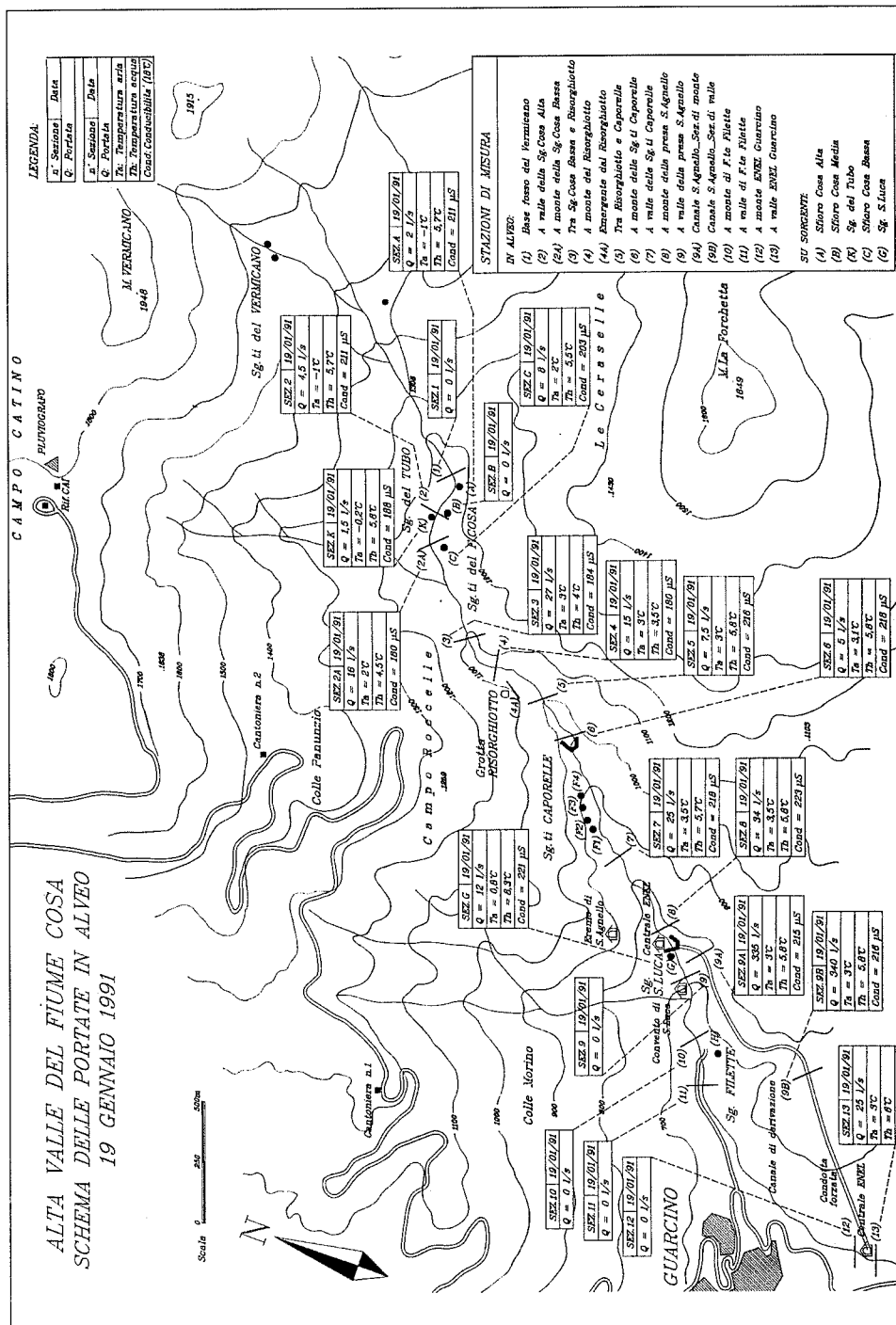


Fig. 10 - Alta Valle del F. Cosa. Schema delle porte in alveo del 19 gennaio 1991 e ubicazione delle sorgenti puntuali.

Il quadro meteorologico che sovrintende il complesso delle misure viene brevemente riassunto come segue grazie alla registrazione dei dati pluviometrici attraverso un pluviografo appositamente installato nella zona di Campo Catino (m 1800 slm).

Il mese di gennaio si è rivelato scarsamente piovoso con precipitazione mensile intorno agli 11 mm, concentrate nella prima metà del mese e per lo più a carattere nevoso al di sopra dei 1600 m di quota.

La fase dello scioglimento delle nevi è in questa zona legata ad un ben definito periodo; nel mese di gennaio assistiamo ad una progressiva liquefazione del manto nevoso che ricaricando la falda vivacizza il tono delle portate alle emergenze. Escludendo tale costante afflusso in rete, le misure effettuate nella giornata del 20 dello stesso mese non sembrano risentire delle deboli ed isolate precipitazioni più prossime registrate nei giorni 14 (5.2 mm) e 16 gennaio (0,6 mm)

Il sistema di monitoraggio del F. Cosa inizia a monte del corso d'acqua con una stazione di testa (Sez.1) intesa a raccogliere il contributo dei fossi che convogliano le acque di ruscellamento nell'asta principale del fiume.

Tale evento si verifica unicamente in regime di forti precipitazioni mentre, dopo l'esaurimento dell'ondata di piena la sezione "1" registra portata nulla.

Inizia quindi dal versante di sinistra un consistente drenaggio in alveo, in parte sfruttato per uso potabile (sorgenti del F. Cosa: $Q_{tot} = 40$ l/s) ed in parte rilasciato in alveo ($Q = 10$ l/s); un sensibile contributo drena invece in modo diffuso per qualche decina di metri.

L'acqua in esubero dalle emergenze captate è misurata dalle sezioni A (2 l/s) e C (8 l/s), mentre l'evidente incremento in alveo si misura in Sez. 2 (4,5 l/s), Sez. 2A (16 l/s) e Sez. 3 (27 l/s).

I parametri qualitativi evidenziano una certa omogeneità tra emergenze puntuali ed alveo sia per la distanza ravvicinata delle campionature, sia soprattutto, per il forte drenaggio diffuso in alveo (cfr. Fig. 10).

In sponda destra troviamo una sola emergenza puntuale (K) di scarso rilievo quantitativo ($Q = 1,5$ l/s) denominata sorgente del Tubo per via di una rudimentale captazione abbandonata che la identifica.

Oltre la stazione di misura 3 entriamo in un settore d'asta perdente in falda.

In questo tratto di fiume compreso tra le sezioni 3 e 5 si riscontra una progressiva e consistente perdita (Sez. 3: $Q = 27$ l/s; Sez. 4: $Q = 15$ l/s; Sez. 5: $Q = 7,5$ l/s).

Parametri interessanti in questo tratto sono l'assenza di significative infiltrazioni puntuali lungo l'alveo e la presenza in sponda destra di un elemento idrologicamente importante quale la Grotta del Risorgiotto (Catasto Regione del Lazio: n. La 1033). Nell'estate 1989 si è proceduto, dopo lo svuotamento di due sifoni iniziali, all'esplorazione della grotta, giungendo ad un piccolo ramo attivo che conduceva ad un ennesimo sifone. Non è noto il comportamento della grotta in regime di piena.

Il segmento compreso tra Sez. 5 e Sez. 6 non evidenzia accentuate variazioni se il flusso in alveo è registrato in periodi di precipitazioni normali (Sez. 5: $Q \sim 7$ l/s), la sezione seguente misura circa la stessa portata (Sez. 6: $Q \sim 7$ l/s) mentre in regime di magra, l'acqua totalmente scomparsa in Sez. 5 ricompare debolmente una volta in Sez. 6 (osservazione estate 1989). Si ritiene quindi il tratto in questione debolmente drenante.

Nel tratto 6-7 siamo in presenza delle sorgenti del gruppo Caporelle.

Il gruppo e' amministrativamente diviso in due distinti settori: i bottini a monte (F4, F3) gestiti dall'Ufficio Acquedotti di Frosinone e quelli piu' a valle (F2, F1) gestiti direttamente dal Comune di Guarcino.

Apparentemente le emergenze F4, F3 sono soggette a regimi di secca in periodi particolarmente siccitosi (Uff. Acquedotti - FR.), mentre a Guarcino pare non ci siano mai stati problemi di razionamento d'acqua. Questo porterebbe a dedurre che, considerando la quota circa uguale per tutte le emergenze, i due gruppi sono soggetti a sistemi di alimentazione differente.

Il tratto d'asta compreso tra le sezioni di misura 7 e 8 a ha rivelato in tutte le misure effettuate caratteristiche di significativo drenaggio della falda in alveo.

Un incremento del 17% (dicembre) e del 48% (febbraio) evidenzia la presenza di emergenze lineari a proseguire il già notevole contributo in asta offerto dalle emergenze puntuali del Gruppo Caporelle.

A monte della Sez. 9 sulla sinistra dell'invaso di S. Agnello parte una derivazione parzialmente a cielo aperto e parzialmente in galleria che va ad alimentare la centrale ENEL di Guarcino. L'alimentazione del canale e' data in parte dallo sbarramento posto in alveo e parte e' probabilmente rilasciata dalla centralina di S. Agnello dopo essere stata turbinata.

Alle estremità del canale sono state eseguite prove di portata (Sez. 9A e Sez. 9B) per individuare eventuali infiltrazioni verso la sorgente geologica di F.te Filette già risultata positiva alle analisi microbiologiche. La portata in partenza ed in arrivo del canale risulta costante nel tempo ($Q = 340$ l/s) ed indipendente dal regime del fiume.

La sezione 9 misura il rilascio in alveo dell'invaso della Centrale ENEL di S. Agnello ed escludendo particolari eventi di piena, risulta sempre asciutta.

L'acqua che si trova a valle dello sbarramento proviene dallo sfioro di una sorgente captata in destra (Sez. G: $Q = 12$ l/s) che alimenta il convento di S. Luca posto piu' a valle e che da questo prende il nome.

Si tratta di poca acqua che trova diverse uscite dal bottino di captazione e che si infiltra totalmente in poche decine di metri.

Le sezioni 10, 11 e 12 risultano in secca in ogni periodo dell'anno; la sezione 10 non e' raggiunta dalle acque di esubero della Sorgente di S. Luca che si infiltrano gradualmente in poche decine di metri mentre la Sez. 12 non e' interessata minimamente da Fonte Filette (contributo della fontana del parco $Q = 0.2$ l/s).

La sezione terminale 13, dipende completamente dal comportamento del sistema ad acqua fluente atto alla produzione di energia elettrica tra le centrali ENEL di S. Agnello e Guarcino.

Se le paratoie dell'invaso di Guarcino permettono il rilascio in alveo, la Sez. 13 misura la portata registrata nel canale adduttore (Sez. 9B); se invece le paratoie dell'invaso rimangono chiuse, il flusso viene direttamente deviato verso le centrali di valle mentre la portata in alveo e' inversamente proporzionale alla buona tenuta delle paratoie stesse.

Per quanto riguarda le variazioni di conducibilità elettrica in alveo, le indicazioni che si riescono a trarre sono di scarso rilievo.

La conducibilità non raggiunge i $230 \mu\text{S}/\text{cm}$ a 18°C caratterizzando le acque come "oligominerali"; la correlazione tra resistività e mineralizzazione le raggruppa inoltre nel complesso delle "acque a mineralizzazione poco accentuata".

L'istogramma delle variazioni di salinità inoltre non evidenzia grosse disomogeneità di concentrazione lungo l'alveo raggruppando i valori in un intervallo compreso tra i 145 e 180 mg/l.

INDAGINI CON L'USO DI TRACCIANTI COLORATI

Per la definizione dei punti di emergenza delle acque del circuito veloce appartenenti al sistema carsico ipogeo Vermicano-Gresele sono state sviluppate indagini con l'uso di traccianti colorati (fluoresceina sodica). Il programma si è avvalso dei dati ricavati dal censimento delle emergenze puntuali del bacino idrografico del F. Cosa e dal nutrito numero di prove di portata in alveo che ha permesso di accertare la presenza di emergenze lineari o diffuse. In tal modo sono stati identificate le seguenti zone di possibile recapito superficiale per il tracciante (Fig. 11):

- zona sorgentizia di Capo Cosa (emergenze in sinistra A, B e C);
- sorgente del Tubo (piccola emergenza in destra);
- settore in alveo tra le stazioni di misura 5 e 6;
- area sorgentizia di Caporelle;
- settore in alveo tra le stazioni 7 e 8;
- sorgente di S. Luca (emergenza in destra).

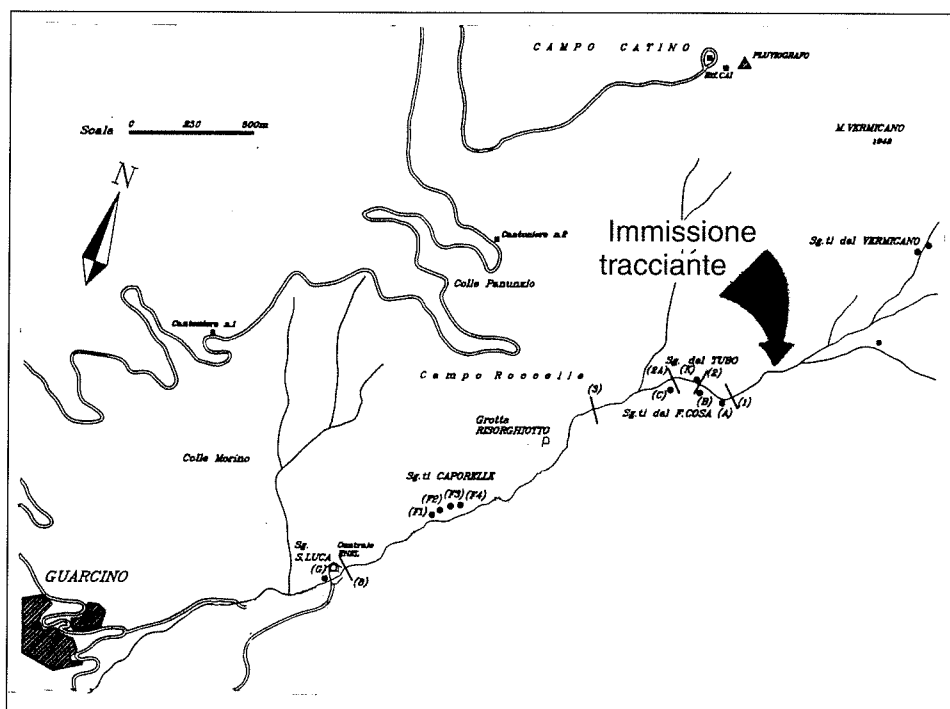


Fig. 11 - Alta Valle del F. Cosa. Schema delle indagini con l'uso di traccianti colorati.

Considerato il perdurare del manto nevoso in quota (Campo Catino), si è deciso di attendere il completo scioglimento delle nevi, ormai molto vicino al periodo iniziale della stagione di magra (giugno). Tali condizioni meteorologiche, oltre a facilitare la progressione degli speleologi durante il percorso di avvicinamento al punto di immissione della soluzione, avrebbero anche inibito fenomeni di diffidenza ipogea con possibile dispersione di tracciante.

La colorazione delle acque ha visto impegnati piccoli gruppi di persone operanti in modo simultaneo. Il marcamento vero e proprio è stato effettuato da una squadra di quattro speleologi scesi nell'Abisso Vermicano fino alla profondità di circa 430 m dalla quota dell'ingresso. Alle ore 20.00 del 1 giugno 1991, sono stati versati nell'affluente principale con portata di circa 35 l/s, 150 grammi di fluoresceina sodica opportunamente diluita in soluzione idroalcolica. La valutazione sul quantitativo di soluto da impiegare è stata effettuata in base ad una serie di esperienze analoghe, alla distanza massima dei presunti recapiti ed alla prossimità di opere di captazione a scopo idropotabile (Zona sorgentizia di Capo Cosa). All'esterno gruppi di captori sono stati posizionati precedentemente all'immissione del tracciante nelle zone di possibile emergenza. Dalle ore 22.00 dello stesso giorno è stato prelevato un campione ogni due ore fino alle ore 16.00 del giorno seguente (2 giugno 1990). Un captore per ogni stazione veniva abbandonato in loco per una raccolta a scansione periodica in caso di riscontro negativo delle serie prelevate.

I campioni trattati in laboratorio sono stati analizzati con uno spettrometro a luminescenza Perkin Elmer modello "LS50" dotato di lampada a scarica di Xenon equivalente a 20 KW per 8 sec. di durata mentre i dati acquisiti sono stati controllati dal software "Fluorescence Data Manager".

Individuata una lettura di fluorescenza nulla pari a 10 unità per la taratura dello strumento si è proceduto all'analisi dei preparati provenienti dai campioni prelevati ogni due ore. I risultati delle analisi (Fig. 12) sono stati restituiti graficamente con la costruzione di curve cumulative relative ad ogni stazione di raccolta (Fig. 13). Il grafico indica un riscontro negativo per i campioni prelevati entro otto ore (h 4.00 del 2/6) dal momento dell'immissione del tracciante nel corso d'acqua sotterraneo. Dopo circa 10 ore i campioni relativi alla zona sorgentizia di Capo Cosa e la parte alta del fiume danno risultati negativi all'esame fluorimetrico; le emergenze alte del gruppo di Caporelle evidenziano un forte segnale positivo (valore indicativo: 1850), quelle basse risultano anch'esse positive, ma con assorbimento minore (260), il settore drenante di valle appare solo contaminato dal tracciante ruscellante in alveo (30) ed i valori della sorgente di S. Luca non dimostrano una chiara partecipazione alla circolazione delle grandi sorgenti.

I campioni raccolti dopo 12 ore delineano meglio la situazione. Il gruppo di Caporelle risponde in modo eccezionalmente positivo toccando l'asintoto dell'assorbimento sia con le sorgenti alte (8700) che con quelle basse (5000). Il settore drenante di valle (sezione 8) non propone conferme sulla presenza di sorgenti lineari legate al sistema di Caporelle mantenendo un aspetto da "contaminato" (300), mentre la Sg. San Luca indica deboli segnali di allacciamento al sistema (45), forse per la presenza di condotti o fessure distributarie (Williams, 1972) o per inquinamento da acque superficiali drenanti in falda. Di seguito i campioni non rilasciano più sor-

Giorno	Ora	Sg. Caporelle ALTA	Sg. Caporelle BASSA	Sez. 8	Sg. S. Luca
1 giugno	22	—	—	—	—
"	24	—	—	—	—
2 giugno	2	—	—	—	—
"	4	—	—	—	—
"	6	1850	260	30	25
"	8	8700	5000	300	45
"	11	7400	5000	500	46
"	14	6600	5300	900	49
"	16	7800	3600	1000	50

Fig. 12 - Tabella dei valori di fluorescenza dei campioni.

prese. Tutto il settore a monte (sezione 3, zona di Capo Cosa A, B, C e Sg. del Tubo), rimane negativo, le curve cumulative delle sorgenti di Caporelle Alta e Bassa iniziano debolmente a calare, la "sezione B" continua a catturare le acque contaminate emerse piu' a monte mentre San Luca si stabilizza su valori mediocrementemente positivi (50).

I campioni delle ore successive mostrano il normale decorso dell'esaurimento dell'onda colorata che ha toccato il culmine dopo circa 12 ore dall'immissione. I captori delle sorgenti di Caporelle mostrano valori leggermente minori di quelli osservati durante la fase asintotica della curva di concentrazione, forse per la perdita di tracciante dovuta all'azione meccanica del flusso sul captore (acqua-granulo, granulo-granulo).

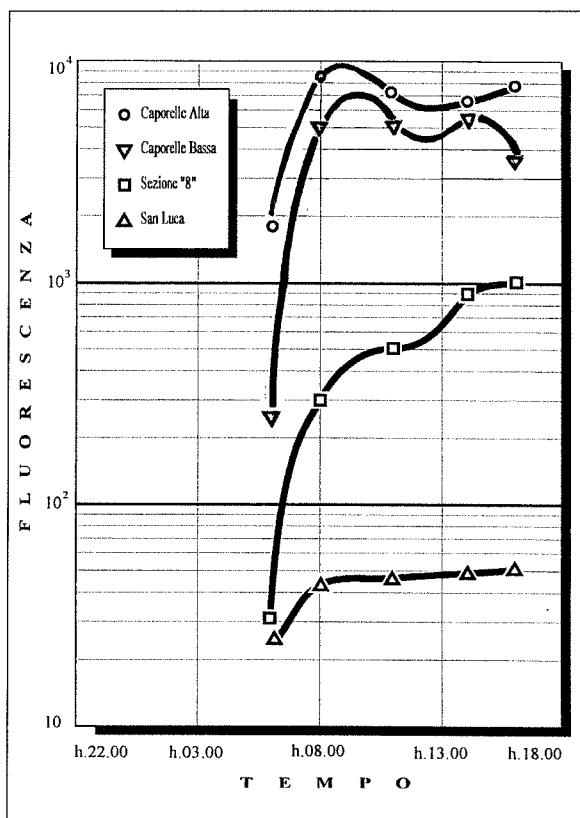


Fig. 13 - Curve di emissione interpolate dai valori di fluorescenza (fig. 12).

DISCUSSIONE

Le indagini con l'uso di traccianti colorati per la definizione delle linee di flusso dell'acquifero carsico rappresentano una fase estremamente importante per la tutela del territorio carbonatico indagato.

Constatato l'inquinamento delle acque di percolazione attraverso analisi microbiologiche dei campioni raccolti all'interno del sistema ipogeo (Di Russo e Simonelli, 1996), si è tentato di definire gli eventuali recapiti dell'inquinante ed i suoi tempi di propagazione ed esaurimento. Rimane in questa fase quasi totalmente sconosciuto lo sviluppo dei meccanismi di concentrazione e di input (Gunn, 1982), che conducono l'inquinante verso un condotto tributario del sistema. Motivi perlopiù pratici hanno consigliato l'immissione del tracciante nel condotto speleologicamente esplorabile di minor quota e maggior portata; in tale tributario principale della zona esplorata è stata immessa una soluzione idroalcolica con 150 gr di fluoresceina sodica opportunamente diluita in loco. All'esterno in seguito ad indagini preliminari sul comportamento delle acque di superficie, sono stati posizionati gruppi di fluorocaptori in potenziali punti di recapito delle acque ipogee. La raccolta periodica delle "trappole" ha permesso di definire l'emergenza delle acque del sistema presso il gruppo sorgentizio di Caporelle con una leggera diffluenza più a valle verso la sorgente di San Luca.

L'indagine così condotta ha permesso inoltre di definire la velocità media minima del circuito veloce per una portata alla sorgente Caporelle di circa 300 l/sec. La velocità del fronte dell'onda colorata circolante con un gradiente idraulico medio $i=0,152$ tra il punto di iniezione istantanea ed il primo recapito positivo distante circa 2 km è risultata pari a circa 200 m/h.

CONCLUSIONI

L'alto bacino del fiume Cosa si inserisce idrogeologicamente nel più complesso gruppo carbonatico che dai monti Simbruini a nord, si sviluppa in direzione appenninica attraverso i monti Ernici, M. Cairo, M. Camino, i monti delle Mainarde fino a M. Cesima.

Il ridotto bacino imbrifero considerato si può circoscrivere tra lo spartiacque meridionale dell'Alta Valle dell'Aniene ed il bacino endoreico di Campo Catino a nord, quello di Campovano e M. La Monna ad est, il Fosso Trovalle ad ovest e l'abitato di Guarcino e la valle del basso F. Cosa a sud.

Il complesso geologico è rappresentato da una potente serie carbonatica costituita da calcari e calcari dolomitici con spessori di oltre 2000 m, caratterizzata da intensa fratturazione e da uno sviluppatissimo fenomeno carsico.

Lo schema idrogeologico è interessato da una serie pressoché indisturbata (Agostini 1996) dai 1800 metri di Campo Catino fino alle sorgenti di Caporelle (quota 864 m slm).

Seguendo il corso del F. Cosa dalle incisioni più elevate si incontrano in regolare successione:

- *Unità Calcareea*, costituita da calcari micritici e detritici e brecce calcaree del Cretacico superiore. Formazione molto permeabile per fratturazione e carsismo, e' sede di importanti campi carsici (Campo Catino, Campovano) ed ospita i settori di input di imponenti sistemi ipogei (Vermicano-Gresele).

- *Unità Calcareo-Dolomitica superiore*, costituita da calcari e dolomie con marne ed argille verdi di interstrato del Cretacico inferiore e calcari lastroidi in giacitura discordante e/o lentiformi e dolomie del Giurassico superiore.

Molto permeabile per fratturazione e carsismo, puo' costituire una soglia di permeabilità rispetto ai calcari sovrastanti con i suoi livelli piu' dolomitici e marnosi. E' sede delle piu' importanti emergenze del bacino.

- *Unità Calcareo-Dolomitica inferiore* costituita in prevalenza da calcari oolitici e calcari dolomitici. Permeabile per fratturazione, non e' accertata la presenza di carsismo evoluto.

In quota i piani carsici sono ricoperti da uno spesso strato di suoli bruni misti a terre rosse che impermeabilizzano per temporanei periodi le intere forme (allagamento di Campo Catino).

Il maggior numero di emergenze si concentrano lungo il thalweg del fiume in forma di sorgenti puntuali isolate, raggruppate in gruppi sorgentizi o dislocate come emergenze lineari in alveo. Le emergenze piu' importanti (utilizzate anche a scopo idropotabile e per la produzione di energia elettrica) sono rappresentate dai gruppi sorgentizi di Capocosa e Caporelle caratterizzati da una salinità con valori medi intorno ai 200 mg/l, temperatura intorno ai 7°C e portate medie rispettive di 60 e 350 l/s.

Tra le emergenze puntuali minori, le sorgenti che rivestono un certo interesse per portata e/o qualità delle acque sono le sorgenti Trovalle, Vermicano, Filette, S. Luca e del Tubo, tutte caratterizzate da un'acqua di tipo bicarbonato-calcica a debole salinità e durezza crescente procedendo verso quote piu' basse.

Per quanto riguarda le sorgenti lineari, con prove di portata seriate sono state individuate due principali settori che incrementano in modo diffuso la portata in alveo. Il primo e' ubicato tra la grotta del Risorghiotto e lo sbarramento di S. Agnello; il secondo si puo' identificare tra il gruppo sorgentizio di Caporelle ed il convento di San Luca.

L'insieme di queste indagini preliminari ha permesso di intraprendere con una certa razionalità un'operazione di marcamento delle acque sotterranee circolanti all'interno del Sistema Gresele-Vermicano.

Le analisi dei campioni raccolti nelle possibili zone di recapito hanno determinato in modo generale le zone di alimentazione dei maggiori gruppi sorgentizi, i tempi di restituzione delle acque di infiltrazione e le possibilità di interfacciamento tra le diverse emergenze.

Il tracciante immesso nel sistema a circa 1200 m slm viene segnalato dopo circa 10 ore presso il gruppo sorgentizio di Caporelle ed in tracce presso la sorgente di S. Luca, mentre campioni costantemente negativi continuano ad essere rilevati presso il gruppo di Capocosa.

Dal complesso di tali indagini si accerta la presenza di un circuito veloce ben

sviluppato e sovrapposto alla falda in rete che attraversa il versante settentrionale del bacino.

Il circuito individuato come prosecuzione del sistema Gresele-Vermicano rappresenta il collettore tributario di più sistemi, privi per ora di accessi speleologici noti.

Tale collettore principale non sembra essere interessato da importanti "condotti distributari" se non per piccoli fenomeni di diffidenza che lo collegano alla sorgente di San Luca.

L'estrema vicinanza del sifone terminale del sistema Gresele-Vermicano alle sorgenti di Capocosa e l'apparente incomunicabilità tra i due soggetti geologici, presuppone una separazione dovuta non solo all'evoluzione del processo carsico, ma anche alla presenza di un acquicludo di tipo tettonico.

Il versante meridionale del bacino endoreico di Campo Catino rappresenta un limitato, ma determinante settore della zona di alimentazione delle sorgenti di Caporelle. La sua morfologia peneplanizzata (Terragni, 1995) e l'ubicazione prossima alla testata dei sistemi ipogei aumenta in modo esponenziale il rischio di trasmissione di inquinanti verso il gruppo sorgentizio.

Il gruppo di Capo Cosa, risulta nelle condizioni attuali isolato dal versante di Campo Catino, fungendo da recapito alle acque di infiltrazione del versante orientale della valle (M. La Forchetta, M. La Monna e Campovano).

RIASSUNTO

L'autore descrive il marcamento con traccianti colorati delle acque del circuito carsico incontrate a quote -430 nel sistema ipogeo Vermicano-Gresele (M.ti Ernici). I risultati hanno indicato la presenza di un condotto tributario con recapito presso il Gruppo Sorgentizio di Caporelle.

SUMMARY

The author describes the dye tracing of the water found at -430 in the Vermicano-Gresele karstic system (Ernici Mountains). The results have indicated the presence of a tributary conduit with identified emergences at the Caporelle Springs.

BIBLIOGRAFIA

- Agostini S., 1996 - Il contesto geologico e ambientale dei fenomeni carsici nei Monti Ernici con particolare riguardo al sistema ipogeo Gresele-Vermicano, *Notiziario del Circolo Speleologico Romano* (N.S.) 9-10.
- Boni C.F., Bono P., Capelli G., 1987 - Carta idrogeologica della regione Lazio, Reg.

Lazio - Un. Studi "La Sapienza".

Di Russo C., Simonelli S., 1996 - Monitoraggio microbiologico delle acque sorgive e sotterranee dell'Alta Valle del F. Cosa, Notiziario del Circolo Speleologico Romano, (N.S.), 8-10.

Gunn J., 1983 - Point-recharge of limestone aquifers - A model from New Zeland karst. V.T. Stringfield Symposium - Process in karst Hydrology J. Hydrol. 61: 19-29.

Terragni F., 1995 - Indagini idrogeologiche con traccianti colorati nella Grotta degli Urli (M.ti Simbruini sud-orientali). Notiziario del Circolo Speleologico Romano, (N.S.), n. 6-7, 1991-92.

Williams P.W., 1983. - The role of subcutaneous zone in karst hydrology. In: W. Back and P.E. La Moreaux (Quest Editors), V.T. Stringfield Symposium - Process in karst Hydrology. J. Hydrol., 62: 45-67.

