

STUDIO GEOCHIMICO-ISOTOPICO DI UNA SERIE DI SORGENTI NELL'AREA DI SCILLATO (PALERMO)

ROCCO FAVARA, GAETANO DONGARRÀ, SERGIO HAUSER,

Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università, Via Archirafi 36, 90123 Palermo

ANTONIO LONGINELLI

Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università, Piazzale Europa 1, 34127 Trieste

RIASSUNTO. — Le sorgenti di Scillato (Palermo) che alimentano l'acquedotto del capoluogo sono state studiate dal punto di vista isotopico (misura dei rapporti $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) per un periodo di circa un anno e mezzo. I risultati ottenuti ed una serie di considerazioni idrologiche e geolitologiche portano a concludere che le sorgenti in questione sono alimentate da un acquifero con caratteristiche di un profondo circuito regionale, la cui zona di ricarica ha una quota media di 1500 metri circa ed è localizzabile, in linea di massima, sul massiccio delle Madonie. Tale acquifero alimenta, con ogni probabilità, anche le sorgenti di Cefalù e numerosissime altre sulle pendici del massiccio madonita. Un bilancio idrologico di tale massiccio porta tuttavia a concludere che l'area in esame sembra insufficiente ad alimentare tutte le sorgenti ad essa attribuite. È probabile che l'area di alimentazione dell'acquifero principale si estenda anche ad aree diverse del massiccio delle Madonie.

ABSTRACT. — The main aqueduct of Palermo is fed by four springs located near the town of Scillato. Monthly samples from these springs have been studied for their $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ratios over a period of some 18 months. The results obtained, along with hydrological and geolithological evidence, lead to the conclusion that the studied springs are fed by a deep aquifer with a regional extent whose recharge area has a mean elevation of about 1500 meters above sea level. This area may be located in the nearby Madonie massif. The main aquifer probably feeds also a number of other springs located both in the Madonia area and outside this area, at Cefalù, along the northern coast of Sicily, E of Palermo. In fact, these springs show exactly the same oxygen isotopic composition found in the case of the Scillato springs and behave like these springs from the hydrological point of view. However, a hydrological budget of the Madonie area indicates that the input from meteoric waters, extended to all the permeable outcropping formations is insufficient to balance the overall output which is at least 50 % larger than the computed input. It

follows that the recharge area must be extended to other sections of the Madonie massif, perhaps even to outcropping formations with a low permeability, where severe tectonic activity caused a close net of deep fractures, and/or to areas E of the Madonie.

Premessa

La Sicilia viene spesso, erroneamente, considerata come un'area a clima sostanzialmente semi-arido mentre invece la media annuale delle precipitazioni sull'isola non si discosta da quella del Tirreno e dell'Italia centro-settentrionale. Il problema maggiore è rappresentato da una poco favorevole distribuzione stagionale delle piogge (il semestre estivo è un periodo quasi privo di precipitazioni di una certa entità), da una poco favorevole situazione geologica dell'area centro-meridionale dell'isola e dal mancato sfruttamento delle risorse idriche esistenti la cui potenzialità è utilizzata solo in piccola parte. Questo studio è stato iniziato con lo scopo principale di ottenere informazioni quantitative di tipo geochimico-isotopico su quattro sorgenti di notevole portata ubicate nell'area di Scillato (Palermo) e che attualmente alimentano l'acquedotto del capoluogo. Tale studio ha coperto un periodo di circa un anno e mezzo e le conclusioni che è stato possibile trarre dai dati ottenuti consentono di sviluppare una serie di considerazioni il cui interesse va ben oltre quello che inizialmente poteva essere lo scopo di questa indagine.

Misure effettuate e loro scopo

Le sorgenti di Scillato rientrano nella tavoletta 259 I SE della carta 1:25.000 dell'I.G.M. e sono situate alla base della monoclinale che dal monte Fanusi si immerge verso l'abitato di Scillato. Tali sorgenti sono state campionate con frequenza mensile nel periodo che va dal settembre 1977 al marzo 1979. Su ogni campione è stata effettuata la misura della composizione isotopica dell'ossigeno ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) secondo il metodo realizzato da EPSTEIN e MAYEDA (1953). Le determinazioni isotopiche sono state effettuate con uno spettrometro di massa Varian Mat 250 e la deviazione standard dei risultati, comprensiva sia della preparazione chimica che della misura strumentale, è dell'ordine di $\pm 0,1$ per mille (1σ).

I campioni sono stati raccolti (*) direttamente dai quattro bracci di captazione che costituiscono il complesso di Scillato, scavati in direzione E-O fino ad incontrare una faglia che scorre in direzione NO-SE e che, probabilmente, è la responsabile della venuta a giorno dell'acqua. Tali bracci vengono indicati con i nomi di Calabria, Golfone, Sussidiario alto e Sussidiario basso. Scopo diretto di queste misure era: 1) individuare, se possibile, la zona di alimentazione di queste sorgenti; 2) determinare la quota media dell'area di ricarica; 3) determinare la presumibile profondità del circuito o, quanto meno, inquadrare il circuito di alimentazione tra quelli di piccola, media o grande profondità.

Risultati ottenuti e discussione

I valori della composizione isotopica dell'ossigeno dei campioni prelevati dai quattro bracci delle sorgenti di Scillato sono, come si poteva prevedere, pressochè costanti nel tempo ed uguali l'uno rispetto all'altro, come si rileva dai dati riportati in tabella 1. Infatti, lo scarto massimo riscontrato fra i valori dei campioni dei diversi bracci, prelevati

TABELLA 1
Valori del $\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$ delle sorgenti di Scillato

	CALABRIA	GOLFONE	SUSSIDIARIO BASSO	SUSSIDIARIO ALTO	MEDIA
1977					
SET	-8,40	-8,37	—	-8,43	-8,40
OTT	-8,40	-8,41	-8,76	-8,81	-8,59
NOV	-8,51	-8,30	-8,70	-8,46	-8,49
DIC	-8,65	-8,49	-8,79	-8,82	-8,68
1978					
GEN	-8,66	-8,53	-8,79	-8,70	-8,67
FEB	-8,55	-8,52	-8,91	-8,85	-8,70
MAR	-8,42	-8,67	-8,81	-8,30	-8,50
APR	-8,80	-8,62	-8,31	-8,30	-8,54
MAG	—	-8,66	-8,53	-8,38	-8,52
GIU	-8,80	-8,75	-8,92	-8,88	-8,87
LUG	-8,50	-8,72	-8,89	-8,53	-8,71
AGO	-8,53	-8,36	-8,93	-8,52	-8,53
SET	-8,70	-8,61	-8,64	-8,65	-8,65
OTT	-8,81	-8,86	-8,49	-8,68	-8,71
NOV	-8,46	-8,53	-8,35	-8,42	-8,41
DIC	-8,34	-8,60	-8,84	-8,42	-8,55
1979					
GEN	-8,43	-8,48	—	-8,55	-8,49
FEB	-8,65	-8,50	-8,44	-8,22	-8,45
MAR	-8,97	-8,65	-8,62	-8,50	-8,68
MEDIA ANNUA	-8,57	-8,55	-8,63	-8,55	-8,58

nello stesso mese, è di circa 0,5‰, mentre l'intervallo totale dei valori misurati è di appena 0,75‰. Di conseguenza, nella discussione che segue, si sono prese in considerazione le medie aritmetiche dei quattro valori piuttosto che i valori stessi. Le differenze sono infatti così modeste che una trattativa fatta per ogni singola sorgente non avrebbe alcun senso.

Per un confronto tra i dati in questione ed i valori isotopici delle precipitazioni atmosferiche studiate nello stesso intervallo di tempo a Scillato (circa 400 metri s.l.m.) ed a Piano Battaglia (stazione pluviometrica a quota 1600 metri s.l.m. sul massiccio delle Madonie) tutti questi risultati vengono riportati graficamente in fig. 1. Risulta evidente che la spezzata relativa ai valori del $\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$ delle sorgenti è quasi completamente appiattita rispetto a quelle delle acque meteoriche di Scillato e Piano Battaglia. Ciò indica che ci troviamo in presenza di un circuito idrologico le cui caratteristiche sono tali da determinare una pressochè totale omogeneizzazione dei valori originari delle precipitazioni che lo alimentano, qualunque esse siano e qualunque sia la quota reale della

(*) Si ringrazia vivamente la Direzione degli impianti di Scillato per aver consentito il prelevamento dei campioni in questione e per aver fornito i dati relativi al regime delle sorgenti stesse per circa un trentennio.

zona di ricarica Tali caratteristiche si riscontrano sistematicamente nei circuiti idrologici profondi di tipo regionale nei quali la lunghezza del circuito e/o la dinamica della circolazione sono tali da determinare un mescolamento completo delle acque stagionali e quindi una completa omogeneizzazione isotopica.

Tornando ora ai valori isotopici ottenuti per le sorgenti di Scillato, possiamo calcolare il valore medio relativo ad un anno di osservazioni. Tenendo conto del fatto che, normalmente, nei circuiti idrologici (ed a maggior ragione in circuiti profondi di tipo regionale) non si verificano fenomeni tali da determinare frazionamenti isotopici di una qual-

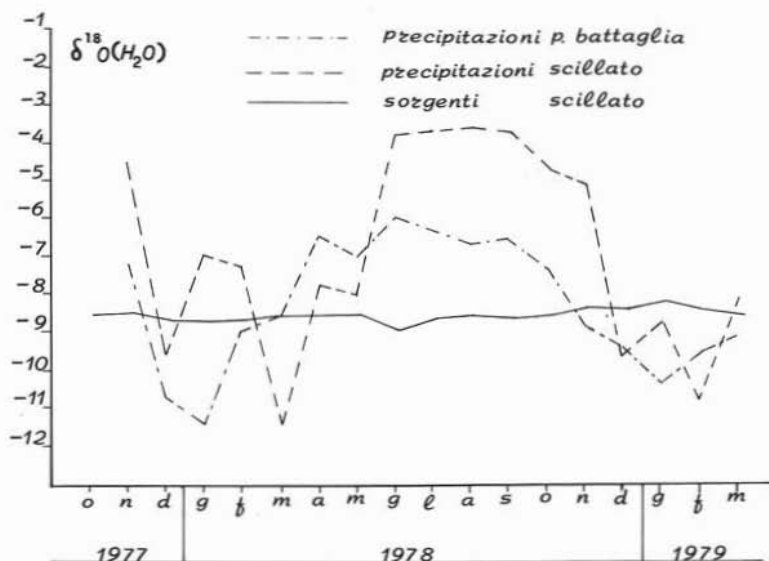


Fig. 1. — Composizione isotopica dell'ossigeno (valori medi mensili) nell'acqua delle precipitazioni atmosferiche a Scillato ed a Piano Battaglia (Madonie) (spezzata a tratteggio) e nell'acqua delle sorgenti di Scillato (spezzata a tratto continuo).

Che il circuito di alimentazione sia di rilevante entità è confermato anche da altri dati non isotopici relativi alla portata mensile delle sorgenti negli ultimi 28 anni ed ai valori medi delle precipitazioni in zona verificatesi nello stesso arco di tempo e relativi ad otto stazioni pluviometriche situate nell'area delle Madonie (fig. 2). L'andamento delle curve riportate è tale da consentire di rilevare uno sfasamento tra i valori massimi e minimi delle curve stesse corrispondente a circa quattro mesi. Tale sfasamento si riferisce, ovviamente, al tempo necessario perchè, a valle del circuito, si faccia risentire una variazione di carico che si verifica nella zona di alimentazione del circuito stesso. Un ritardo di tale ordine di grandezza è pienamente compatibile con analoghi valori rilevati per circuiti idrologici di rilevante entità.

che entità, tale valore deve essere indicativo della composizione isotopica media ponderata delle precipitazioni che hanno alimentato il circuito e quindi della quota media sul livello del mare del bacino di alimentazione. Come è noto infatti, la composizione isotopica delle precipitazioni varia al variare della quota media sul livello del mare a causa dei gradienti verticali di temperatura che, nel caso della Sicilia (HAUSER et alii, 1980) determinano gradienti isotopici verticali di circa 0,2‰ ogni cento metri. Il valore medio annuo delle sorgenti di Scillato è -8,6‰ (SMOW). Sulla base dei dati pluviometrici riportati nella nota sopra citata e del gradiente isotopico verticale, a tale valore corrisponde una quota media del bacino di ricarica di circa 1500 m s.l.m.. Tale dato consente di effettuare alcune elementari considerazioni.

Non sono molte, in Sicilia, le zone la cui quota media sia dell'ordine di quella sopra riportata. D'altra parte, non sembra neppure il caso di prendere in considerazione, da questo punto di vista, il complesso dell'Etna per cui ci si deve limitare a prendere in esame i complessi montuosi della Sicilia settentrionale. In tale zona solo le Madonie ed i Nebrodi superano con una certa larghezza la quota di 1500 metri ma, nel caso

carsici che, ovviamente, favoriscono la percolazione delle acque superficiali ed il loro convogliamento nel sottosuolo, grazie anche all'estesa tettonizzazione delle formazioni interessate. Ciò è evidenziato dal fatto che, sui complessi montuosi sopra citati, non esiste un reticolo idrografico superficiale ma tutta una serie di strutture tipiche del carsismo esogeno, quali inghiottitoi, doline, uvala e karren.

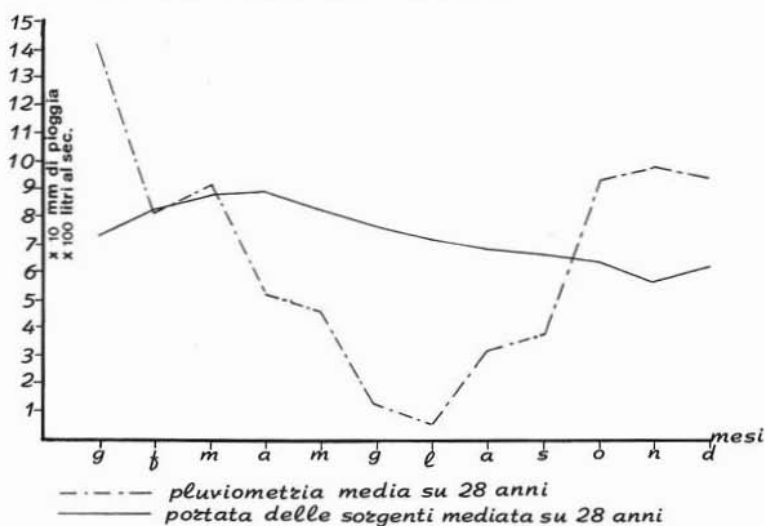


Fig. 2. — Valori medi mensili nella piovosità sul massiccio delle Madonie e portata media mensile delle sorgenti di Scillato.

dei Nebrodi, le aree a quota maggiore di 1500 metri sono assai più limitate che non nelle Madonie. Di conseguenza, almeno in prima istanza, si potrebbe identificare, come area di alimentazione delle sorgenti di Scillato, la zona più elevata del complesso madonita che giunge fino a quote dell'ordine di 2000 metri.

Tale ipotesi sembra verosimile anche perchè, nelle Madonie, proprio in corrispondenza delle quote più elevate, si hanno estesi affioramenti di formazioni calcaree e calcareo-dolomitiche. Infatti, nel complesso « Antenna piccola, Monte dei Cervi » affiorano formazioni calcareo-dolomitiche del complesso basale e sedimenti in facies di bacino Imerese mentre nel complesso « Antenna Grande, Pizzo Carbonara » affiorano i sedimenti alloctoni riferibili alla piattaforma Panormide.

Questi litotipi, grazie alle loro caratteristiche, sono interessati da estesi fenomeni

Il complesso Panormide e quello Basale sono separati da una serie di litotipi considerati impermeabili dal punto di vista idrologico e costituiti, dal basso, dalla formazione Caltavuturo e dalle argille di Portella Colla, a tetto del complesso Basale, in contatto tettonico con il flysch Carnico posto alla base del complesso Panormide. Ciò potrebbe far pensare ad una separazione delle circolazioni sotterranee relative alle due unità stratigrafico-strutturali. In realtà ciò sembra alquanto improbabile a causa dell'intensa tettonizzazione dell'area madonita, tettonizzazione che interessa le formazioni anche in profondità.

Recentemente (BADALAMENTI et alii, 1982) sono stati pubblicati i risultati di uno studio geochimico-isotopico condotto sulle sorgenti di Cefalù (Palermo). Si tratta di sorgenti con portate elevatissime (molte centinaia di litri al secondo) che sgorgano quasi al livello del mare nella omonima cittadina ad Est di Palermo. La composizione isotopica media

($\delta^{18}\text{O}$) di tali acque è risultata di $-8,51$ mentre lo stesso valore, calcolato per le sorgenti di Scillato, è $-8,58$. È lecito quindi concludere che, essendo le due acque in questione isotopicamente pressochè identiche e dovendo quindi essere pressochè identiche le quote medie delle aree di ricarica, è quanto meno assai probabile che le due serie di sorgenti possano venir alimentate dallo stesso acquifero, grosso modo localizzabile, come già accennato, in una vasta area del sottosuolo madonita.

Sulla base di tale supposta correlazione tra i due gruppi di sorgenti e considerando che sulle pendici delle Madonie esiste, tra quota 1000 e quota 1500 circa, un elevato numero di sorgenti la cui alimentazione è senz'altro da attribuire allo stesso massiccio delle Madonie, sembra opportuno verificare se le potenziali aree di ricarica del rilievo madonita siano sufficienti ad alimentare un così elevato numero di sorgenti. Si è quindi calcolato un bilancio idrologico di massima, considerando come deflusso la somma delle portate delle sorgenti attribuibili alle Madonie e come afflusso il valore delle precipitazioni atmosferiche moltiplicato per un opportuno coefficiente, variabile da zona a zona, in relazione alle diverse caratteristiche delle formazioni afficranti, alla vegetazione esistente (e quindi all'entità della evapotraspirazione), ecc.. Sono state prese in considerazione particolarmente le aree calcaree per le quali si possono calcolare valori piuttosto elevati di infiltrazione efficace. Infatti, gli affioramenti di flysch Numidico, costituiti da orizzonti quarzarenitici alternati a strati piuttosto potenti di sedimenti argillosi, sono da considerare poco permeabili come confermato dall'esistenza in queste aree di un buon reticolo idrografico superficiale. Nella categoria dei terreni poco permeabili vanno incluse anche le formazioni argillose del complesso basale, del postorogeno e del complesso Sicilide per cui, in prima approssimazione, per un bilancio di massima, tutti questi terreni non vengono presi in considerazione.

La copertura calcareo-dolomitica si estende per un'area di circa 105 km^2 nelle zone di Pizzo Carbonara, Pizzo di Pilo, Monte dei Cervi e Monte Quacella, situata ad una quota di oltre 1000 metri. In tali aree abbiamo

TABELLA 2
Apporto idrologico medio nell'area studiata

Zona studiata	Superf. (km ²)	Pioggie (mm/anno)	Infiltr. eff. (mm/anno)	Volume H ₂ O (litri/sec.)
Pizzo Carbonara	36	1070	749	855
Pizzo di Pilo	13	823	700	288
Monte dei Cervi	40	1070	642	813
Monte Quacella	16	1110	500	253
Totale generale				2209

tenuto conto della piovosità media calcolata in base ai dati relativi ad un periodo di osservazioni pluviometriche di 28 anni aumentando del 30 % i valori medi della piovosità per le zone più elevate, oltre 1600 metri; inoltre, abbiamo tenuto conto delle caratteristiche morfologiche superficiali ed abbiamo quindi calcolato le perdite probabili per evapotraspirazione secondo i criteri elaborati dal TURC (1954) e le successive modifiche del SANTORO (1970), tenendo conto delle considerazioni svolte per terreni carsici da diversi autori che si sono occupati di bilanci idrologici in aree con analoghe caratteristiche (CIVITA, 1975), ecc..

Dividendo l'area studiata nelle quattro zone sopra citate e tenendo conto dei vari calcoli effettuati, un bilancio idrologico di massima si può sintetizzare come riportato in tabella 2. Per valutare il deflusso dell'area in esame, in relazione a questo tipo di bilancio di massima, abbiamo sommato le portate delle sorgenti madonite per le quali è stato possibile reperire dati attendibili. Si deve comunque tener conto del fatto che il numero delle sorgenti computate, circa 150, è largamente inferiore rispetto a quello delle sorgenti realmente esistenti sulle pendici delle Madonie e valutabili, tra piccole e grandi, a non meno di 200-250. La portata delle sorgenti di Cefalù, secondo i dati ottenuti, è dell'ordine di 1000 litri al secondo. Tuttavia, foto all'infrarosso dello specchio di mare antistante Cefalù (COUSTEAU, 1973) hanno evidenziato la presenza di imponenti sorgenti sottomarine di acqua dolce la cui portata dovrebbe essere, secondo una stima molto conservativa, almeno dell'ordine di 700-800 litri/secondo. Il totale dei deflussi per le aree considerate (in litri/secondo) afferenti al rilievo madonita, può essere così riassunto:

Isnello	41
Castelbuono	43
Gangi	9
Petralia Sott.	220
Petralia Sopr.	44
Polizzi Generosa	443
Collesano	95
Geraci Siculo	27
Scillato	744
Cefalù	1800

Il totale complessivo ammonta quindi a 3466 litri/secondo. Il valore computato per gli apporti dell'acquifero era di 2209 litri/secondo con un bilancio negativo di ben 1257 litri/secondo.

Situazione idrogeologica

Come già accennato, a parte la presenza di formazioni calcaree ampiamente interessate da fenomeni carsici, le intense fratturazioni del complesso madonita favoriscono l'infiltrazione e la percolazione delle acque in profondità. La formazione argillosa in sandwich tra il complesso basale e quello Panormide non dovrebbe rappresentare un vero diaframma di separazione tra i circuiti relativi alle due unità stratigrafico-strutturali. Infatti, diverse faglie che interessano entrambe le formazioni hanno rigetti ben superiori ai 300 metri di potenza delle formazioni affioranti a Portella Colla che costituiscono appunto il diaframma di separazione. Dalle sezioni pubblicate da GRASSO et alii (1978) si dovrebbe concludere che tra la presunta zona di alimentazione e le sorgenti di Scillato esista una continuità litologica di rocce calcareo-dolomitiche. La stessa continuità litologica sembra potersi attribuire alla sezione compresa tra le Madonie e Cefalù. Gli stessi Autori dislocano la Panormide anche sotto una zona a circa 25 km ad Ovest di Pizzo Carbonara, presso Castel di Lucio. Ciò sarebbe confermato anche da dati ottenuti dall'AGIP ed interpretati da MANGANO et alii (1970) che, in corrispondenza di un sondaggio effettuato presso Mistretta, individuano il tetto della Panormide a 725 metri sotto il livello del mare.

Tenendo conto di tali considerazioni è lecito ipotizzare la presenza di un vasto bacino sotterraneo impostato principalmente su ter-

reni carbonatici che, secondo questa interpretazione, sono attribuibili essenzialmente all'unità stratigrafico-strutturale Panormide. È ovvio, sulla base di quanto sopra esposto, che l'estensione di tale bacino supera di gran lunga la pura e semplice estensione dei maggiori affioramenti calcarei comprendendo aree con modesti affioramenti o addirittura prive di affioramenti calcarei ma che, in qualche modo, portano il loro contributo, forse, come già ripetutamente ricordato, a causa della intensa tettonizzazione delle varie formazioni, ad un acquifero di potenzialità particolarmente elevata.

È doveroso, a questo punto, rilevare che le conclusioni di GRASSO et alii (1978) non sono condivise da CATALANO et alii (1982) nel senso che, secondo tali Autori, non esisterebbe la continuità dell'unità Panormide. Senza voler entrare nel merito del problema strutturale sollevato da queste differenti considerazioni, alla luce dei dati isotopici ottenuti sulle acque di Scillato e Cefalù, si ritiene di poter supporre, a prescindere dall'appartenenza dei litotipi alle varie unità stratigrafico-strutturali, una continuità di rocce permeabili (per tettonizzazione o per qualsiasi altro motivo) sulle quali si imposta il bacino ipotizzato. Le dimensioni del bacino stesso e forse anche alcune sue caratteristiche litologiche (livelli teoricamente impermeabili e solo parzialmente pervii per fratturazione) giustificerebbero pienamente alcuni risultati, quali ad esempio l'entità degli sfasamenti cronologici tra massimi di piovosità e di portata e la notevolissima uniformità dei dati isotopici delle sorgenti di Scillato e Cefalù. Infatti, almeno la prima di tali caratteristiche non si accorderebbe molto bene con l'esistenza di un circuito di tipo esclusivamente carsico nel quale i tempi in questione risultano normalmente assai più ridotti.

È ovvio che è necessario attribuire nuove aree di alimentazione a tale bacino, aree che potrebbero localizzarsi in parte nella stessa area madonita ed in parte nelle aree limitrofe, probabilmente ad Est del massiccio delle Madonie. Sarà inoltre opportuno rivedere in dettaglio la potenzialità di alimentazione delle aree a quota maggiore con rilevazioni quanto più possibile accurate in quanto il contributo delle precipitazioni nevose (pur troppo difficilmente rilevabile con precisione

e, per di più, largamente variabile nel tempo) potrebbe risultare mediamente maggiore sia rispetto ai dati in nostro possesso, sia rispetto alle valutazioni precedentemente esposte.

Conclusioni

Lo studio isotopico delle sorgenti di Scillato, tenuto conto della situazione geologica e tettonica della presunta area di alimentazione, ha permesso di giungere alle seguenti conclusioni:

1) la zona di ricarica dell'acquifero che alimenta le sorgenti di Scillato è individuabile in un'area del massiccio delle Madonie ad una quota media dell'ordine dei 1500 m;

2) lo sfasamento cronologico tra i periodi di massima (o minima) piovosità nell'area di ricarica ed i periodi di portata massima (o minima) alle sorgenti (circa quattro mesi) indica che il circuito di alimentazione non è interamente di tipo carsico, come potrebbe far pensare la notevole diffusione e potenza delle formazioni calcareo-dolomitiche chiaramente interessate da fenomeni carsici;

3) l'identità di composizione isotopica tra le sorgenti studiate e le sorgenti di Cefalù (oggetto di un precedente studio) porta a concludere che i due gruppi di sorgenti sono alimentati da uno stesso acquifero;

4) un primo bilancio idrologico di massima dell'area madonita porta tuttavia a concludere che tale area sembra insufficiente ad alimentare tutte le sorgenti ad essa attribuite;

5) le sorgenti in questione sono presumibilmente alimentate da un acquifero di grandissima estensione con tutte le caratteristiche di un ampio e profondo circuito regionale;

6) è assai probabile l'esistenza di una continuità o « quasi continuità » di litotipi tra le Madonie e Scillato e tra le Madonie e Cefalù. Col termine « quasi continuità » si intende che diaframmi di separazione costituiti da materiali teoricamente impermeabili non sono in realtà tali, probabilmente a causa dell'intensa tettonizzazione dell'area in questione;

7) è probabile che l'area di alimentazione dell'acquifero principale si estenda a superfici esterne al complesso madonita vero e proprio. Alternativamente, diventerebbe di notevole interesse una accurata valutazione degli apporti di acque meteoriche (precipitazioni nevose) delle aree a quote più elevate delle Madonie per la possibilità di afflussi ancora più elevati di quelli, valutati peraltro con notevole larghezza, del bilancio idrologico calcolato per questo studio.

Lavoro accettato per la stampa nell'agosto 1983

BIBLIOGRAFIA

- BADALAMENTI F., COCO B., DONGARRÀ G., HAUSER S., PARELLO F. (1982) - *Idrologia isotopica della Sicilia. Le sorgenti di Cefalù*. Rend. SIMP, 38, 795-802.
- CATALANO R., D'ARGENIO B. (1982) - *Guida alla geologia della Sicilia occidentale*.
- CIVITA M. (1975) - *Criteri di valutazione delle risorse idriche sotterranee in regioni carsiche*. Atti 3° Conv. Int. sulle acque sotterranee, 217-235.
- COUSTEAU J. (1980) - *Pianeta mare*, n. 3.
- EPSTEIN S., MAYEDA T. (1953) - *Variation of ^{18}O content of waters from natural sources*. Geochim. Cosmochim. Acta, 4, 213-224.
- GRASSO M., LENTINI F., VEZZANI L. (1978) - *Lineamenti stratigrafico-strutturali delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale)*. Geologica Rom., 17, 45-69.
- HAUSER S., DONGARRÀ G., FAVARA R., LONGINELLI A. (1980) - *Composizione isotopica delle piogge in Sicilia. Riferimenti di base per studi idrogeologici e relazioni con altre aree mediterranee*. Rend. SIMP, 36, 671-680.
- MANGANO F., MARCÈ A., MEIBECK M., OLIVE P., PRATELLI W. (1970) - *Idrologia isotopica, metodologia e prime applicazioni alle sorgenti Fiume e Bella (Madonie orientali)*. Riv. Min. Sic., 21, 124-126.
- SANTORO M. (1970) - *Applicabilità della formula del Turc per il calcolo dell'evapotraspirazione effettiva*. Svil. Agric., 49-61.
- TURC L. (1954) - *Le bilan d'eau des sols. Relations entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement*. Ann. Agric., 5, 4-24.