

GIOVANNANGELA BERTORINO *, RAFAELE CABOI *, ANNA MARIA CAREDDA *,
GIORGIO CONTI-VECCHI *, LUCA FANFANI *, ANTONIO PALA **, PAOLA ZUDDAS **

CARATTERI IDROGEOCHIMICI DELLE ACQUE NATURALI DELLA SARDEGNA MERIDIONALE

2. LE ACQUE DEL SARRABUS E DEL CAMPIDANO DI CAGLIARI ***

RIASSUNTO. — Dall'esame dei caratteri chimici principali di 93 campioni (acque superficiali, sorgenti e pozzi) del Sarrabus e del Campidano di Cagliari si evidenziano tre zone con caratteristiche idrologiche diverse.

Nella zona montuosa del complesso paleozoico del Sarrabus le acque hanno circolazione sotterranea limitata e poco profonda. La salinità è inferiore a 0,5 g/l, sebbene l'effetto dello « spray marino » sia sensibile dove l'esposizione ai venti è maggiore. L'evoluzione, sempre modesta, può essere messa in relazione con l'acquisizione di $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ in un ambiente continuamente rifornito di CO_2 .

Nella zona costiera delle alluvioni del Sarrabus le acque hanno una circolazione più estesa e più profonda; ne risulta anche una salinità maggiore (0,5-1 g/l); la maturazione non raggiunge ancora la saturazione in calcite.

Nella zona collinare e pianeggiante del Campidano, caratterizzata da formazioni terziarie e quaternarie, l'infiltrazione locale e l'alimentazione dal massiccio paleozoico portano a falde continue caratterizzate da salinità molto variabili ma superiori a 1 g/l. Le acque raggiungono e superano la contemporanea saturazione in calcite e dolomite, il successivo arricchimento in solfato e cloruro e la precipitazione dei carbonati rappresentano l'evoluzione finale differenziata delle acque.

ABSTRACT. — From the study of the principal chemical characteristics of 93 samples (superficial waters, springs and wells) from Sarrabus and Campidano around Cagliari three areas with different hydrologic features are recognized.

In the mountainous area of Sarrabus paleozoic complex waters show restricted and superficial circulation. Salinity is lower than 0.5 g/l though the effect of « sea spray » is remarkable where exposure to the winds is high. The scarce metamorphism can be related to the enrichment of $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ in an environment continuously supplied with CO_2 .

In the coastal lands represented by Sarrabus alluvia, waters show larger and deeper circulation and consequently an higher salinity too (0.5-1 g/l); the evolution trend does not reach the saturation in calcite.

In the hilly and flat area of Campidano characterized by tertiary and quaternary formations, local infiltration and supply from the paleozoic massif originate extensive water-bearing strata with a wide range of salinity (higher than 1 g/l). Waters reach and exceed the contemporaneous saturation in calcite and dolomite; subsequent enrichment in sulphate and chloride and precipitation of carbonates represent the different final evolution of waters.

* Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Cagliari. ** Istituto di Geologia dell'Università di Cagliari. *** Lavoro eseguito col contributo del Ministero P.I.

Introduzione

La presente nota s'inquadra nell'ambito della ricerca sul chimismo delle acque della Sardegna meridionale, iniziata nel 1977 nell'Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Cagliari, tendente a definire i rapporti intercorrenti tra la composizione chimica delle acque stesse e la natura delle formazioni su cui scorrono od in cui circolano.

La zona scelta per la campagna idrogeochimica, effettuata nel periodo giugno-luglio 1978, comprende: il Sarrabus, parte della Trexenta, il Parteolla e il Campidano sud-orientale. Tale zona si salda a quella limitrofa presa in esame nella campagna precedente (BERTORINO et al., 1979).

Limiti territoriali e caratteri geomorfologici

I limiti del bacino idrografico sono stati tracciati sulla carta dell'IGM in scala 1/100.000 e passano per: stagno di Cagliari, est di Uta, Monastir, Dolianova, Bruncu Barraca, M.te Tronu, Bruncu Antoneddu, M.te Genis, Bruncu Adamu, M.te Casargius, Genna Argiolas, M.te Narba, M.te Nieddu-Mannu, S. Giovanni.

Quest'area ha una superficie di circa 1200 Km² e comprende, da ovest verso est i bacini di alimentazione dei seguenti corsi d'acqua, la maggior parte dei quali è caratterizzata da un regime torrentizio: Rio sa Nuchedda, Rio de Foxi, Rio su Pau, Flumini Cuba, Rio Geremeas, Rio Solanas, Rio Ruguru, Rio sa Picocca. Circa il 60 % dell'area in esame è costituito da rocce paleozoiche prevalentemente rappresentate da tipi granitoidi e, subordinatamente, da scisti e porfidi in ammassi. In generale si può affermare che a queste litofacies sono legate le maggiori elevazioni, le quali presentano morfologie piuttosto aspre ed accidentate con conseguenti indici di acclività tra i più marcati di tutta la zona. Queste formazioni sono interessate da un'intensa tettonica.

Morfologie collinari più dolci, rotondeggianti ed ondulate, sono da attribuirsi agli affioramenti miocenici del settore W. Questi, comprendenti anche i sedimenti prevalentemente calcarei, insieme con depositi quaternari tipo detrito di falda, alluvioni e sabbie costiere, rappresentano il restante 40 % dell'area investigata. In queste zone gli indici di acclività si abbassano sensibilmente fino a raggiungere valori nulli.

Caratteri geologici

La parte di territorio studiata con il presente lavoro ha, sotto l'aspetto geolitologico, molte affinità con quella del settore analizzato nel lavoro precedente.

Il basamento paleozoico è divisibile in due grandi unità strutturali: il settore sud, costituito dal batolite granitico del Sarrabus ed il settore nord rappresentato dal complesso sedimentario-vulcanico-metamorfico. In quest'ultima parte affiorano i terreni più antichi: le « Arenarie di San Vito », costituite da alternanze ritmiche

di strati arenacei e pelitici potenti circa 500 metri, precedentemente attribuite all'Ordoviciano inferiore e recentemente riferite, su basi paleontologiche, al Cambriano medio e superiore (BARCA et al., 1981) si rinvencono nei pressi di M.te Genis fino a M.te Casargius. A sud, sopra tale formazione segue un complesso vulcanico di età ordoviciana inferiore-media, costituito da potenti colate di porfidi quarziferi e subordinati livelli piroclastici (porfidi bianchi e porfidi grigi) (CALVINO, 1962; CALVINO, 1967), che costituiscono i rilievi di M.te Tronu, Bruncu Adamu, Rocca Arricelli e Genna Argiolas. Sopra i porfidi grigi sono state identificate tre formazioni: formazione di P.ta Serpeddì, potente 200-250 metri, costituita da siltiti, arenarie quarzose e subordinati conglomerati; formazione di Tuviois, 40-100 m di potenza, dove verso il basso prevalgono argilliti e siltiti e nella parte superiore marne e calcari; entrambe le formazioni sono riferite all'Ordoviciano superiore. Alla formazione di Tuviois segue in continuità il gruppo di Serra s'Illi potente circa 150 m, costituito da argilliti nere carboniose, arenarie, sottili livelli di liditi, siltiti e lenti calcaree in sommità, passanti dall'Ordoviciano superiore al Devoniano (Carbonifero inferiore?) (BARCA, DI GREGORIO, 1979).

Verso sud il complesso ora descritto viene a contatto con il batolite granitico sarrabese, costituito in gran parte da monzograniti e subordinatamente da granodioriti e leucograniti. Sono presenti anche rocce basiche; infatti presso Burcei e lungo la litoranea per Villasimius affiorano rocce gabbroidi anfiboliche, passanti marginalmente a facies tonalitiche, con abbondante biotite, nonché numerosi filoni porfirici, pegmatitici, apitici, quarzosi e lamprofirici intrusi nel granito (DI SIMPLICIO et al., 1974; BROZZU, MORBIDELLI, 1974).

Sui terreni paleozoici, quasi esclusivamente nel settore ovest si estendono rocce sedimentarie e vulcaniche del Terziario.

L'Eocene compare nel Sarrabus in sporadici affioramenti di estensione ridotta (Genna Araxili, Sedda de Planu) e la loro importanza è data dal fatto che dovrebbe trattarsi di residui lembi di erosione di una piattaforma che si estendeva dal Sarrabus al Gerrei (BARCA, DI GREGORIO, 1977 e 1978).

Nel settore collinare più occidentale affiora saltuariamente anche la « Formazione del Cixerri » anch'essa almeno in parte eocenica (PECORINI e POMESANO, 1969). Si tratta di una formazione di ambiente continentale costituita da un'alternanza di arenarie quarzose, conglomerati ed argille siltose violacee. La « Formazione del Cixerri » è ricoperta ed attraversata da lave e breccie andesitiche di età oligocenica. Le lave compaiono soprattutto nel M.te Oladri, nei pressi di Monastir (CAVINATO, 1935). Ad est di Monastir, sulle vulcaniti giace la « Formazione di Ussana », un complesso clastico in facies continentale, costituito da conglomerati, arenarie ed argille di colore rosso violaceo dell'Oligocene-Miocene inferiore. Seguono i depositi della trasgressione marina miocenica per uno spessore complessivo di almeno 600 metri, che dal basso verso l'alto così potremmo sintetizzare: — arenarie e conglomerati con potenti intercalazioni bioermali e biostromali; — serie marnoso-arenacea ben stratificata, aquitaniano-serravalliana, con intercalati talora tufi pomiceo-cineritico-feldspatici.

I terreni sopradescritti sono rinvenibili nel Campidano meridionale e nel Parteolla. A Cagliari la serie miocenica prosegue con un complesso di età tortoniana, costituito da calcari detritici organogeni (Pietraforte) sovrastanti a calcari marnoso-arenacei (Pietra Cantone).

Il Pliocene è rappresentato, immediatamente a nord di Cagliari dalla « Formazione di Samassi », costituita da argille, marne, siltiti calcareo-arenacee e conglomerati fluvio-lacustri. Pure al Pliocene, con ogni probabilità risalgono le manifestazioni vulcaniche recenti del Capo Ferrato, di natura trachitica o trachibasaltica (BECCALUVA et al., 1977) sulla costa tirrenica del Sarrabus.

Il Quaternario è rappresentato in massima parte da depositi alluvionali o detritici di pendio e subordinatamente marini (« Panchina Tirreniana »). Le coltri alluvionali più antiche generalmente terrazzate e più o meno ferrettizzate, a clasti di rocce paleozoiche, sono diffuse nelle pianure costiere del Sarrabus e nei dintorni di Cagliari. Le alluvioni più recenti, per lo più sciolte, ma anch'esse a clasti di rocce paleozoiche, in prevalenza occupano invece i fondivalle dei principali corsi d'acqua del settore.

In fig. 1 è riportata la carta geologica schematica della zona in studio; in essa sia il complesso paleozoico metamorfico-sedimentario, che quello granitoide, con tutte le sue differenziazioni, vengono unificati in due soli tipi, in quanto non si sono potute distinguere diverse caratteristiche nell'interazione acqua-roccia.

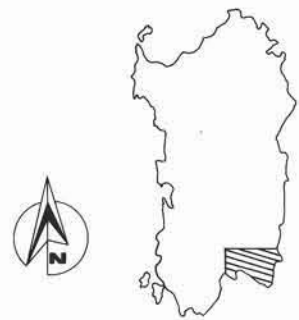
Caratteri climatici e idrogeologici

Dal punto di vista climatologico, l'area considerata è piuttosto composita; si passa infatti, da un clima sub-umido nelle parti altimetricamente più elevate, ad un clima sub-arido nelle zone di pianura. Le temperature massime variano dai 15° ai 25° C, mentre le minime sono generalmente contenute tra i 6° e i 14° C.

I massimi di piovosità si raggiungono nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio, mentre i minimi sono riscontrabili in luglio-agosto. Le precipitazioni medie annue variano da un minimo di 500 mm in tutta la zona costiera, compresa tra Cagliari e Capo Ferrato, ad un massimo di 1000 mm annui nel gruppo montuoso dei Sette Fratelli, Punta Serpeddi, M.te Genis.

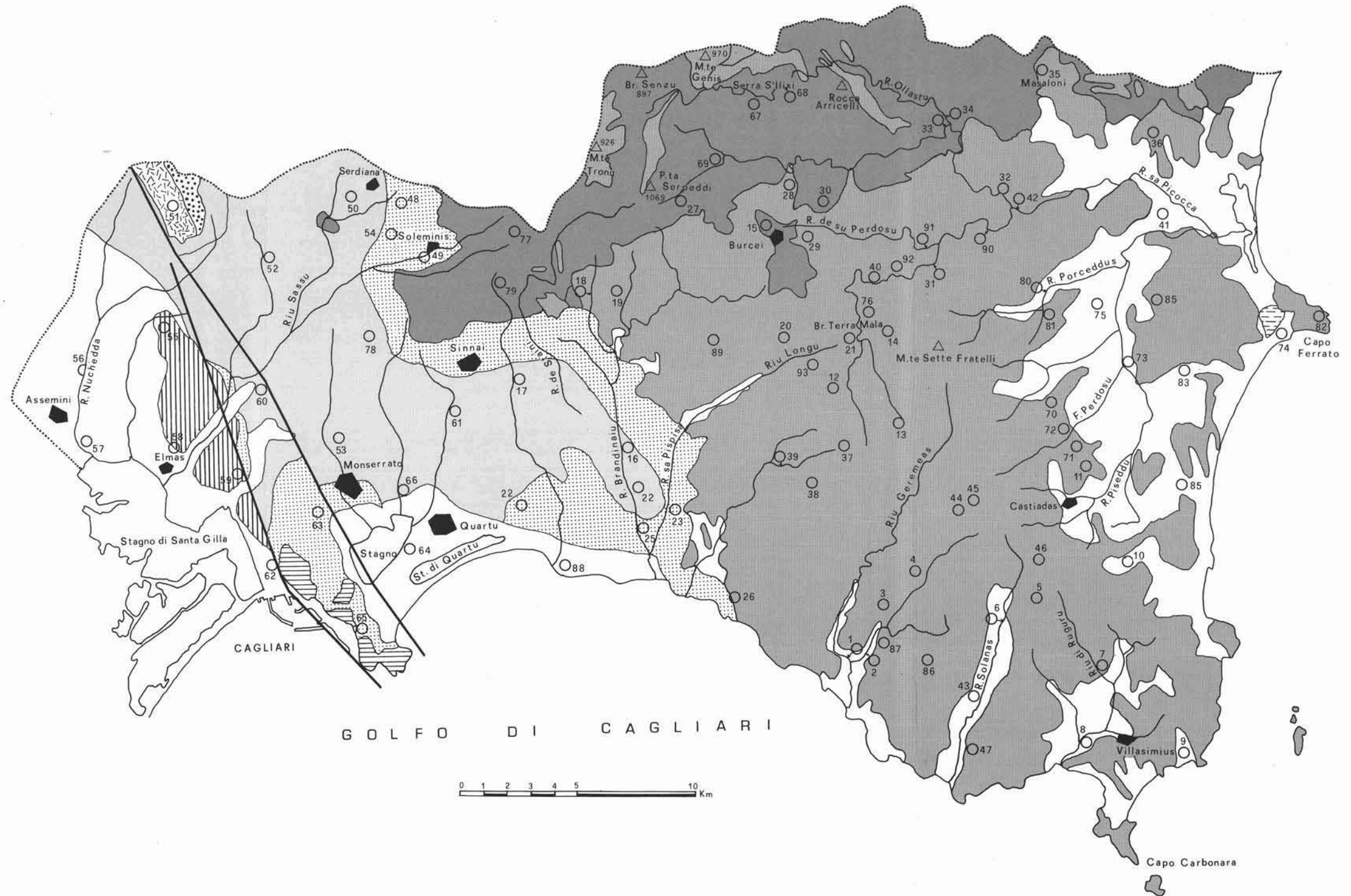
L'idrologia è rappresentata da numerosi corsi d'acqua a regime torrentizio, i

Fig. 1. — Carta geologica schematica del Sarrabus e del Campidano di Cagliari. — *Legenda:* 1 = Depositi alluvionali quaternari e recenti. 2 = Vulcaniti alcaline di Capo Ferrato. 3 = Formazione di Samassi (Pliocene). 4 = Calcari del Miocene superiore-medio. 5 = Marne del Miocene medio. 6 = Conglomerati e arenarie del Miocene medio-inferiore. 7 = Andesiti e breccie andesitiche (Oligocene). 8 = Formazione del Cixerri (Eocene). 9 = Complesso granitoide ercinico con sue differenziazioni, porfidi ercinici e caledoniani in ammassi e filoni. 10 = Complesso paleozoico sedimentario-metamorfico. 11 = Punti d'acqua studiati. 12 = Corso d'acqua. 13 = Limiti della zona. 14 = Linee strutturali principali.



LEGENDA

- | | | | |
|----|--|----|--|
| 1 | | 6 | |
| 2 | | 7 | |
| 3 | | 8 | |
| 4 | | 9 | |
| 5 | | 10 | |
| 11 | | 13 | |
| 12 | | 14 | |



cui deflussi primaverili-estivi sono praticamente nulli; fanno eccezione il Rio Picozza e il Rio Ollastu, che vantano portate più cospicue. Le sorgenti sono numerose, talora a carattere temporaneo, e localizzate prevalentemente nelle zone occupate dai massicci paleozoici.

La modalità di circolazione delle acque sotterranee assume aspetti differenti all'interno dell'area presa in considerazione, dati i diversi valori di permeabilità attribuibili alla grande eterogeneità litologica esistente.

Il 60 % circa del territorio è rappresentato, come descritto in precedenza, da graniti, scisti e subordinatamente da arenarie, conglomerati e porfidi in ammassi; dal punto di vista idrogeologico le rocce granitiche ed i porfidi consentono una discreta percolazione in quanto interessate da un fitto sistema di diaclasi; le rocce scistose mostrano invece notevoli variazioni di permeabilità dovute all'alternanza di zone che non hanno subito eventi tettonici e zone intensamente tettonizzate in cui la roccia è fratturata. Altro elemento importante per la circolazione delle acque sotterranee nelle rocce paleozoiche è dato dalla presenza di sistemi filoniani; infatti in corrispondenza di questi ultimi si ha in genere una più marcata percolazione, sia lungo le salbande, che lungo le fratture coniugate della frattura principale ospitante il filone.

Il restante 40 % della regione è rappresentato da sedimenti miocenici, pliocenici e quaternari. Il Miocene, nella zona presa in considerazione, è costituito, come già detto, da una serie marnoso-arenacea, da arenarie e sabbie. La serie marnosa costituisce lo strato impermeabile di numerose falde acquifere, mentre le arenarie e le sabbie sono buone rocce serbatoio nelle quali l'acquifero assume un aspetto continuo. Tuttavia nelle zone in cui il Miocene è trasgressivo sul Paleozoico, a S e ad W dei complessi montuosi dei Sette Fratelli e di Punta Serpeddi, sotto i depositi argillosi-marnosi impermeabili si rinvengono depositi arenaceo-conglomeratici di buona permeabilità, con una potenza che in taluni punti raggiunge i 100 m. Tale complesso è sede di una importante falda artesianica, la cui zona di alimentazione è localizzata lungo i contatti Miocene-Paleozoico (PALA, 1978).

Per quanto riguarda il Pliocene esso è costituito, come già accennato, dalla «Formazione di Samassi». Questa formazione è da considerarsi prevalentemente impermeabile, anche se in alcune zone del Campidano si sono ritrovate falde sospese a volte con carattere di artesianità.

Il Quaternario, che come visto, è costituito da alluvioni continentali antiche, da alluvioni fluviali e da coperture detritiche più recenti, da un punto di vista idrogeologico riveste una certa importanza in quanto sede di estese falde freatiche. Siccome nel Campidano la potenza del Quaternario può raggiungere diverse decine di metri, è possibile riscontrare la presenza di più falde sovrapposte.

Impostazione della campagna, metodiche analitiche e presentazione dei dati

Nell'area in studio sono stati raccolti complessivamente 93 campioni d'acqua. Questi 93 campioni, a seconda delle caratteristiche del punto d'acqua e dei terreni interessati, sono stati distinti in acque superficiali, sorgenti e pozzi del complesso paleozoico e relative alluvioni (suddividendo i terreni in complesso sedimentario-metamorfico, complesso granitoide ed alluvioni del Sarrabus), sorgenti e pozzi del complesso sedimentario terziario-quadernario, incluso un campione di acqua sorgiva prelevato nelle vulcaniti oligoceniche.

Diciannove campioni sono rappresentativi di acque superficiali, per i restanti 74 si è operato secondo una maglia omogenea di circa 6 campioni ogni 100 Km², in modo da rispettare anche una certa proporzionalità tra l'estensione degli affioramenti dei diversi tipi litoidi ed il numero dei punti d'acqua prelevati su di essi.

I campioni risultano così suddivisi: 48 (39 sorgenti e 9 pozzi) nel complesso paleozoico e relative alluvioni, 26 (5 sorgenti e 21 pozzi) nelle formazioni terziarie-quadernarie. L'ubicazione dei punti d'acqua campionati è riportata in fig. 1.

In campagna, come di consueto, sono state effettuate le misure della portata, temperatura, pH e conducibilità e le determinazioni del bicarbonato, calcio e calcio+magnesio. In laboratorio è stata effettuata l'analisi completa, seguendo le metodiche descritte precedentemente (BERTORINO et al., 1979). Sono stati inoltre determinati silice ed ione fluoruro, i cui risultati saranno discussi in lavori successivi.

I dati analitici sono riportati nelle tabelle 1, 2 e 3 dove vengono indicati il numero del campione, il tipo d'acqua, la portata per le sorgenti e le acque superficiali espressa in classi secondo IPPOLITO et al. (1975), la temperatura in °C, il pH, la salinità totale come somma dei cationi e degli anioni dosati espressa in mg/l, la concentrazione delle specie ioniche determinate espresse in meq/l. Vengono inoltre riportati: il $\log PCO_2$ misurato in atmosfere e gli indici di saturazione della calcite $SI_c = \log (a_{Ca^{2+}} \cdot a_{CO_3^{2-}}) / K_c$, della dolomite $SI_d = \log (a_{Ca^{2+}} \cdot a_{Mg^{2+}} \cdot a_{CO_3^{2-}}^2) / K_d$, del gesso $SI_g = \log (a_{Ca^{2+}} \cdot a_{SO_4^{2-}}) / K_g$.

Le attività delle specie disciolte, la pressione parziale della CO_2 , gli indici di saturazione per i diversi minerali sono stati calcolati mediante il programma WATEQ (TRUEDELL, JONES, 1974); nel calcolo delle attività si è tenuto conto dell'effetto dovuto alle « coppie di ioni ».

Acque superficiali

I corsi d'acqua analizzati sono in totale 19; 17 di essi, a monte del punto di campionamento, scorrono esclusivamente su terreni paleozoici o sui loro prodotti di disfacimento mentre per gli altri due un tratto significativo del percorso si svolge su terreni terziari (23: Rio Pispisa e 24: Rio Corongiu, riportati in fondo alla tabella 1). L'esiguo numero di acque superficiali campionate in questi terreni è dovuto al fatto che in pianura i corsi d'acqua d'estate sono in regime di secca

e/o inquinati da scarichi fognari. I campioni 68 e 34 appartengono allo stesso corso d'acqua campionato in due punti diversi.

Escludendo i due campioni 23 e 24, un esame della tabella n. 1 mostra come la salinità sia in generale molto scarsa, compresa tra 119 e 272 mg/l e il chimismo abbastanza omogeneo.

Tra gli anioni risulta predominante il contributo del cloro, rispetto al bicarbonato, mentre il tenore in solfato è sempre modesto, ed apparentemente non influenzato dalla salinità.

TABELLA 1
Acque superficiali

Camp. n°	tipo acqua	classe port.	temp. °C	cond. mS/cm	pH	sal.tot. mg/l	Ca meq/l	Mg meq/l	Na meq/l	K meq/l	HCO ₃ meq/l	SO ₄ meq/l	Cl meq/l	LogPCO ₂	SI _c	SI _d	SI _g
1	sup.	4	18	0.34	7.2	222	1.0	0.7	1.6	0.03	1.2	0.5	1.7	-2.39	-1.17	-2.50	-2.47
2	sup.	4	19	0.38	7.6	233	1.0	0.8	1.7	0.03	1.3	0.4	1.8	-2.80	-0.77	-1.63	-2.56
6	sup.	4	18	0.35	7.6	237	1.1	0.6	1.7	0.03	1.5	0.5	1.5	-2.70	-0.64	-1.52	-2.46
18	sup.	5	16	0.47	7.0	269	0.6	1.0	2.7	0.04	0.8	0.6	2.8	-2.37	-1.77	-3.36	-2.56
31	sup.	6	16	0.24	7.8	118	0.7	0.3	0.9	0.03	0.9	0.2	0.8	-3.10	-0.83	-2.05	-2.93
33	sup.	4	24	0.36	8.0	151	0.8	0.5	1.1	0.04	0.7	0.5	1.1	-3.36	-0.67	-1.41	-2.64
34	sup.	4	24	0.36	7.5	167	0.7	0.6	1.2	0.04	0.8	0.7	1.1	-2.84	-1.14	-2.29	-2.48
39	sup.	5	19	0.45	8.1	272	1.1	0.8	2.0	0.03	1.7	0.4	1.9	-3.14	-0.08	-0.27	-2.49
42	sup.	4	25	0.36	8.3	163	0.7	0.4	1.3	0.04	0.9	0.3	1.2	-3.57	-0.25	-0.59	-2.81
68	sup.	4	23	0.20	7.1	121	0.5	0.4	0.9	0.04	0.6	0.3	0.9	-2.55	-1.79	-3.60	-2.90
71	sup.	5	17	0.40	7.9	258	1.4	0.7	1.6	0.02	1.7	0.5	1.5	-2.95	-0.20	-0.72	-2.29
76	sup.	5	20	0.24	6.9	173	0.8	0.5	1.2	0.03	0.9	0.3	1.4	-2.19	-1.61	-3.44	-2.64
80	sup.	5	22	0.38	7.7	163	0.7	0.5	1.3	0.04	0.7	0.4	1.3	-3.07	-0.95	-2.02	-2.63
90	sup.	6	24	0.38	7.3	246	1.2	0.8	1.6	0.05	1.7	0.3	1.6	-2.30	-0.75	-1.62	-2.66
91	sup.	5	22	0.31	7.9	190	0.9	0.5	1.5	0.05	1.0	0.4	1.4	-3.14	-0.52	-1.23	-2.58
92	sup.	5	22	0.21	7.4	124	0.4	0.3	1.0	0.03	0.6	0.4	0.9	-2.85	-1.54	-3.18	-2.83
93	sup.	6	22	0.41	7.5	261	1.2	0.8	1.7	0.02	1.7	0.5	1.7	-2.51	-0.59	-1.32	-2.40
23	sup.	5	23	1.20	8.1	798	3.7	3.1	5.8	0.11	3.6	1.6	7.1	-2.83	0.66	1.31	-1.69
24	sup.	5	23	0.91	8.4	609	2.4	2.2	5.0	0.05	2.6	1.4	5.4	-3.30	0.63	1.28	-1.80

Tra i cationi prevale decisamente il sodio che appare legato stechiometricamente al cloruro; il contenuto in calcio, se si esclude il campione 18, è sempre superiore a quello del magnesio.

I campioni 23 e 24, com'era prevedibile, dati i terreni che attraversano, presentano salinità decisamente superiori: in essi si accentua ulteriormente il contenuto in cloruro come effetto della lisciviazione di rocce sedimentarie di formazione marina.

Il particolare chimismo delle acque superficiali del Sarrabus è evidenziato nel diagramma di Piper di fig. 2.

Data la notevole uniformità nella salinità e nel chimismo, i campioni sono strettamente raggruppati sia nei diagrammi triangolari che in quello centrale. I punti d'acqua si trovano tutti al limite tra il campo dei solfato-cloruri alcalini e alcalino-terrosi con un rapporto $Cl/HCO_3 \approx 1,5$; il contributo alla bassa salinità del carbonato alcalino-terroso, derivante dall'interazione con la roccia, è sempre modesto, comunque crescente via via che procede la pur debole maturazione. Questo

incremento, comunque, non è mai tale da spostare il chimismo delle acque sul campo dei bicarbonati di calcio e magnesio, come avveniva invece nel Gerrei. È evidente quindi come, nel Sarrabus — a causa della minore distanza dal mare e della maggiore estensione di superfici granitiche generalmente prive di vegetazione — sul chimismo delle acque superficiali sia maggiore l'influenza del cloruro di sodio, depositato sulle rocce dai forti venti come precipitazione secca e successivamente dilavato dalle acque.

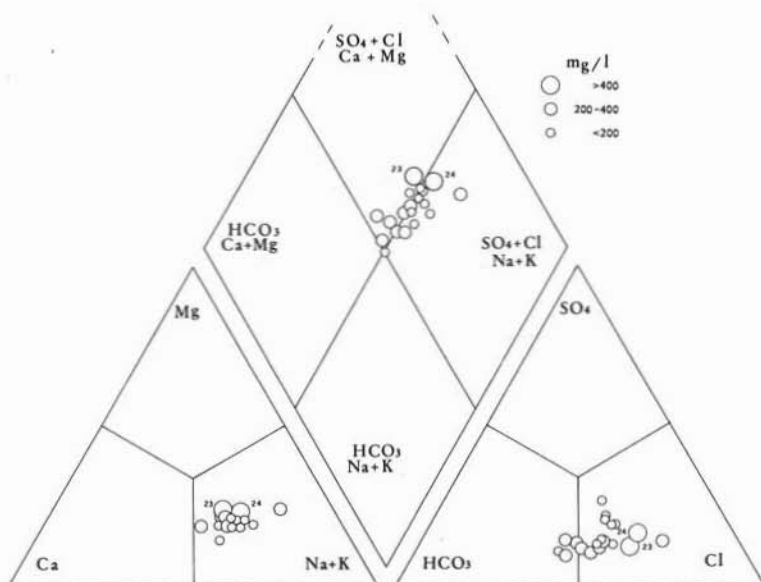


Fig. 2. — Diagramma di Piper delle acque superficiali (nei diagrammi triangolari non sono graficamente rappresentabili tutti i campioni).

Acque del complesso Paleozoico e delle sue alluvioni

Dei 48 punti d'acqua appartenenti a questo gruppo, 7 sono stati prelevati nel complesso sedimentario-metamorfico paleozoico nelle zone più elevate del Sarrabus, 27 su rocce di tipo granitoidi particolarmente rappresentate nella zona in studio, i restanti 14 sulle alluvioni quaternarie del Sarrabus, molto estese nelle zone pianeggianti e costituite quasi esclusivamente da detriti di rocce paleozoiche. Ci è sembrato opportuno trattare questi ultimi campioni insieme con quelli del complesso Paleozoico per il loro chimismo simile, chimismo che invece si differenzia notevolmente da quello delle acque campionate nelle formazioni sedimentarie terziario-quaternarie del Campidano.

Nella tabella 2 sono elencati i dati analitici relativi ai tre gruppi di campioni di acque, separati tra di loro da un leggero stacco. In calce alla tabella sono riportati i tre campioni che sono stati esclusi dalle elaborazioni per il loro

TABELLA 2
Acque del complesso paleozoico e delle sue alluvioni

Camp. n°	tipo acqua	classe port.	temp. °C	cond. mS/cm	pH	sal.tot. mg/l	Ca meq/l	Mg meq/l	Na meq/l	K meq/l	HCO ₃ meq/l	SO ₄ meq/l	Cl meq/l	LogPCO ₂	Si _c	Si _d	Si _g
15	sorg.	6	14	0.25	6.3	133	0.6	0.3	1.0	0.03	1.0	0.2	0.7	-1.60	-2.41	-5.09	-3.03
27	sorg.	6	12	0.20	6.8	111	0.3	0.4	0.9	0.04	0.5	0.2	1.0	-2.39	-2.44	-4.89	-3.25
30	sorg.	5	17	0.26	6.3	164	0.8	0.5	0.9	0.03	1.3	0.2	0.8	-1.45	-2.08	-4.42	-2.89
67	sorg.	6	14	0.52	7.1	377	3.0	1.1	1.1	0.03	2.8	1.5	0.9	-1.96	-0.54	-1.53	-1.62
69	sorg.	7	15	0.13	6.9	80	0.3	0.2	0.7	0.01	0.3	0.4	0.4	-2.70	-2.60	-5.34	-2.97
77	sorg.	7	19	0.38	7.1	216	0.5	0.9	1.9	0.03	0.9	0.5	2.0	-2.40	-1.66	-3.08	-2.73
79	sorg.	7	19	0.48	7.2	256	0.6	1.1	2.4	0.05	0.7	0.5	3.0	-2.60	-1.63	-2.97	-2.72
4	sorg.	7	20	0.52	7.1	311	1.2	0.8	2.7	0.04	1.6	0.5	2.6	-2.15	-1.06	-2.26	-2.43
5	sorg.	6	18	0.30	7.2	194	0.9	0.6	1.5	0.03	1.2	0.3	1.3	-2.38	-1.21	-2.61	-2.69
7	sorg.	5	17	0.50	6.7	383	1.6	1.1	2.9	0.04	2.1	1.1	2.5	-1.66	-1.29	-2.75	-2.01
11	sorg.	7	17	0.61	7.3	458	2.4	1.6	3.2	0.06	2.3	1.0	3.6	-2.23	-0.50	-1.18	-1.93
12	sorg.	7	13	0.29	6.8	174	0.8	0.5	1.4	0.02	1.0	0.3	1.2	-2.10	-1.79	-3.82	-2.69
13	sorg.	5	13	0.13	6.8	84	0.3	0.2	0.7	0.02	0.4	0.2	0.6	-2.46	-2.52	-5.39	-3.24
14	sorg.	6	17	0.39	7.5	241	1.1	0.7	1.8	0.03	1.3	0.4	1.9	-2.66	-0.81	-1.79	-2.48
19	sorg.	7	16	0.79	6.8	521	1.9	2.1	3.6	0.05	3.0	1.0	4.0	-1.62	-1.01	-1.99	-2.04
20	sorg.	6	17	0.36	6.5	269	1.4	0.8	1.5	0.02	2.1	0.5	1.3	-1.45	-1.50	-3.27	-2.36
21	sorg.	6	16	0.27	6.8	194	0.9	0.5	1.3	0.02	1.4	0.3	1.1	-1.93	-1.54	-3.39	-2.67
28	sorg.	6	15	0.16	6.8	109	0.3	0.3	0.9	0.06	0.7	0.2	0.7	-2.23	-2.25	-4.63	-3.20
29	sorg.	6	15	0.23	6.5	153	0.5	0.3	1.3	0.02	1.1	0.2	0.9	-1.74	-2.18	-4.59	-3.02
32	sorg.	7	17	0.20	6.1	122	0.5	0.2	1.0	0.04	0.7	0.3	0.7	-1.51	-2.72	-5.82	-2.88
35	sorg.	6	17	0.51	6.8	328	2.1	1.0	1.7	0.03	1.7	1.6	1.5	-1.85	-1.16	-2.65	-1.72
36	sorg.	6	20	0.62	6.9	406	1.8	1.6	2.8	0.04	2.2	0.7	3.3	-1.82	-0.98	-1.99	-2.17
37	sorg.	6	14	0.26	7.1	157	0.8	0.4	1.1	0.03	1.2	0.3	0.7	-2.31	-1.39	-3.14	-2.78
38	sorg.	7	15	0.43	8.0	274	1.2	0.7	2.0	0.04	1.9	0.5	1.5	-3.02	-0.14	-0.57	-2.37
40	sorg.	7	14	0.21	6.8	138	0.5	0.5	1.0	0.03	1.0	0.2	0.8	-2.10	-1.96	-4.02	-2.97
44	sorg.	6	14	0.23	6.3	131	0.5	0.4	1.1	0.03	0.6	0.3	1.2	-1.83	-2.73	-5.57	-2.97
45	sorg.	6	12	0.22	6.2	127	0.6	0.4	1.0	0.02	0.7	0.2	1.0	-1.68	-2.70	-5.62	-2.94
46	sorg.	7	14	0.34	7.8	230	1.0	0.6	1.8	0.04	1.5	0.4	1.4	-2.92	-0.52	-1.28	-2.56
72	sorg.	6	18	0.76	6.4	402	2.1	1.7	2.3	0.03	2.1	0.6	3.4	-1.34	-1.44	-2.97	-2.16
81	sorg.	7	20	0.42	6.4	291	1.4	0.8	1.9	0.04	2.1	0.6	1.4	-1.33	-1.57	-3.33	-2.60
84	pozzo	-	17	0.94	5.9	473	2.8	2.2	3.8	0.04	1.3	1.3	4.5	-1.08	-2.10	-4.31	-1.78
87	sorg.	6	16	0.55	6.4	332	1.4	1.1	2.5	0.05	1.8	0.6	2.6	-1.43	-1.70	-3.54	-2.29
89	sorg.	7	20	0.76	6.7	405	1.3	1.0	4.2	0.07	1.0	1.1	4.2	-1.96	-1.67	-3.42	-2.07
3	sorg.	6	17	0.92	7.8	745	3.5	2.6	5.0	0.07	4.7	1.2	5.1	-2.44	0.41	0.67	-1.79
8	pozzo	-	17	1.00	6.9	705	2.7	2.5	5.8	0.06	3.0	2.0	5.8	-1.73	-0.79	-1.63	-1.67
9	pozzo	-	17	1.19	6.7	834	2.6	2.3	7.5	0.09	4.2	1.6	6.9	-1.38	-0.88	-1.82	-1.80
10	sorg.	6	16	0.60	6.6	580	3.1	1.9	3.7	0.04	3.4	1.0	4.3	-1.36	-0.94	-2.11	-1.86
41	pozzo	-	18	0.59	6.6	337	1.4	1.2	2.6	0.09	1.5	0.8	2.9	-1.70	-1.56	-3.19	-2.20
43	pozzo	-	17	0.69	9.1	461	2.2	1.3	3.1	0.35	2.7	1.6	2.1	-4.05	1.21	2.19	-1.77
70	sorg.	6	19	0.44	6.4	282	1.3	0.8	1.9	0.03	1.6	0.6	2.0	-1.46	-1.73	-3.64	-2.29
73	sorg.	6	18	0.47	6.6	289	1.4	0.9	1.8	0.03	1.7	0.6	2.0	-1.64	-1.49	-3.15	-2.26
75	pozzo	-	20	1.23	6.6	680	4.7	3.4	4.0	0.08	3.2	1.3	5.4	-1.38	-0.79	-1.70	-1.66
83	sorg.	6	19	0.84	7.2	500	3.0	1.6	3.4	0.05	2.3	1.0	4.3	-2.12	-0.49	-1.23	-1.86
85	pozzo	-	18	0.78	6.8	517	2.4	1.7	3.9	0.02	2.7	0.9	4.1	-1.65	-0.92	-2.00	-1.97
86	sorg.	7	17	1.40	6.9	894	5.0	3.5	5.2	0.06	5.2	1.4	6.9	-1.50	-0.32	-0.81	-1.64
82	sorg.	7	18	4.70	6.3	2830	11.6	12.8	23.8	0.12	1.9	4.9	42.7	-1.39	-1.26	-2.47	-1.18
74	pozzo	-	20	2.63	6.4	1630	7.9	7.6	13.1	0.08	3.7	3.0	20.2	-1.16	-0.87	-1.74	-1.35
47	pozzo	-	20	2.40	7.4	1488	5.3	5.1	14.4	0.15	5.0	2.5	16.1	-2.02	0.12	0.25	-1.52

chimismo anomalo (salinità maggiore di 1500 mg/l), legato probabilmente ad inquinamento con acqua di mare.

Tutte le acque del complesso Paleozoico sono poco saline (80 mg/l - 894 mg/l). Si osserva in generale che l'anione prevalente è il cloro, ad eccezione di alcune acque, tra le meno saline, in cui prevale il bicarbonato; il contenuto in solfato è sempre molto modesto ed abbastanza costante nei tre gruppi, se si eccettuano i campioni 35 e 67. Tra i cationi si ha di norma una netta prevalenza del sodio, seguito dal calcio o dal magnesio; infatti il rapporto Ca/Mg, generalmente maggiore di 1, in alcuni casi è prossimo o inferiore all'unità.

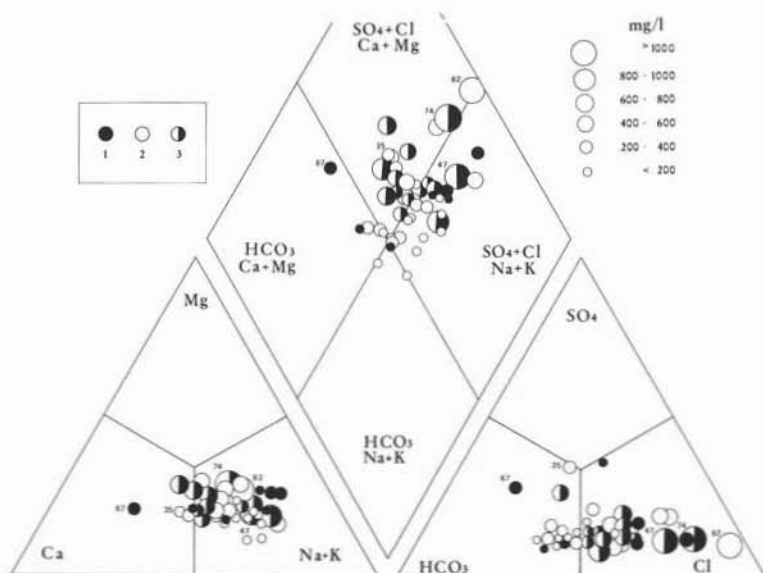


Fig. 3. — Diagramma di Piper delle acque del complesso paleozoico e delle alluvioni del Sarrabus. — 1 = acque delle formazioni metamorfico-sedimentarie. 2 = acque dei graniti e dei porfidi. 3 = acque delle alluvioni del Sarrabus.

Nella figura 3 è riportato il diagramma di Piper relativo ai tre gruppi di campioni distinti per tipo e salinità come da legenda; come si può vedere non si riscontrano notevoli differenze fra i campioni prelevati nei diversi tipi litologici.

Le acque a salinità minore si trovano in parte raggruppate al centro del diagramma ed in esse il bicarbonato è l'anione prevalente, in parte sono invece localizzate nel campo dei solfato-cloruri alcalini. Il chimismo delle prime, campionate in zone molto interne, coperte da vegetazione e protette dall'azione dei venti, è legato prevalentemente al contributo del bicarbonato di calcio derivante dall'interazione delle acque del suolo, contenenti CO_2 , con le rocce. Nell'altro gruppo di acque, campionate invece in zone molto elevate ed esposte ai venti, l'effetto prevalente sulla composizione chimica è lo « spray marino », come si può notare dal

rapporto Cl/HCO_3 che in questo caso è compreso tra 1,2 e 2,1. Si tratta in entrambi i casi di acque che devono la loro debole salinità ad una circolazione limitata e superficiale, la cui emergenza, sempre sotto forma di sorgenti, avviene in corrispondenza di zone molto fratturate o di discontinuità litoidi.

Tra i campioni a salinità intermedia fanno eccezione i campioni 35 e 67; il primo, prelevato a valle della miniera di Masaloni, si trova nel Piper nel campo dei solfato-cloruri alcalino-terrosi a causa del notevole contenuto in solfati derivante dall'ossidazione di solfuri metallici; il secondo invece, prelevato nella miniera di Serra s'Ilixi, deve la sua posizione nel grafico alla interazione sia con la calcite della mineralizzazione che con i livelli calcarei presenti nella zona (ARGIOLAS, 1980).

Con l'aumentare della salinità alcuni campioni mantengono più o meno gli stessi rapporti tra i vari ioni, altri invece si spostano verso il campo dei solfato-cloruri alcalino-terrosi. Tutti questi campioni più salini risultano infatti prevalentemente localizzati o su graniti abbondantemente arenitizzati, o su piane alluvionali dove l'interazione delle acque con le rocce più alterate e permeabili diventa maggiore, e la circolazione idrica è più marcata.

Comunque, tutte le acque del complesso Paleozoico e delle alluvioni del Sarrabus pur presentando basso metamorfismo, mostrano una graduale maturazione; infatti le acque a salinità bassissima del complesso metamorfico e dei graniti mostrano penetrando nelle alluvioni granitiche un sensibile arricchimento salino dovuto ad un incremento generale del contributo dei singoli ioni, in conseguenza sia di una più marcata interazione acqua-roccia sia di una maggiore influenza dello « spray marino » data la minore distanza dal mare.

Acque delle formazioni Terziario-quadernarie del settore occidentale

Viene considerato in questo paragrafo un gruppo di 26 campioni (in massima parte pozzi) prelevati su terreni piuttosto eterogenei dal punto di vista litologico; si passa infatti da facies conglomeratico-arenacee del Miocene inferiore, originatesi a spese delle formazioni paleozoiche, a quelle marnoso-argillose del Miocene medio superiore. Alcuni campioni inoltre, sono stati prelevati su sedimenti continentali pliocenici (Form. di Samassi) o sulle alluvioni quadernarie di potenza variabile, che ricoprono in gran parte i terreni miocenici. Un solo punto d'acqua (n.° 51) risulta campionato sulle vulcaniti oligoceniche.

La diversità delle formazioni interessate al campionamento si riflette naturalmente sull'eterogeneità del chimismo delle acque, come si può osservare dai dati analitici riportati in tabella 3.

L'intervallo di salinità è ampio, compreso tra 620 e 7500 mg/l. In generale il cloro è l'anione più abbondante, solo in alcuni casi prevalgono il bicarbonato o il solfato. Tra i cationi il più abbondante è il sodio; il contenuto in calcio e magnesio è comunque piuttosto alto.

L'evoluzione nel chimismo di queste acque è messa in evidenza nel diagramma di Piper, fig. 4. Come già osservato nel precedente lavoro da acque meno saline

TABELLA 3
Acque delle formazioni terziario-quaternarie

Camp.	tipo	classe	temp.	cond.	pH	sal.tot.	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	SO ₄	Cl	LogPCO ₂	Si _c	Si _d	Si _g
n°	acqua	port.	°C	mS/cm		mg/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l				
16	pozzo	-	19	6.98	7.2	5515	14.4	14.4	61.8	0.29	7.9	18.6	63.4	-1.71	0.13	0.28	-0.84
17	pozzo	-	20	1.29	7.5	1011	1.7	1.8	10.8	0.20	5.7	1.7	7.3	-2.03	-0.10	-0.16	-1.98
22	pozzo	-	17	5.07	6.9	3745	23.0	11.9	24.4	2.40	9.5	14.1	35.1	-1.32	0.21	0.14	-0.59
25	pozzo	-	18	1.99	6.7	1200	7.2	5.7	8.4	0.14	2.8	3.9	12.1	-1.58	-0.71	-1.51	-1.17
26	pozzo	-	20	3.24	7.1	2208	10.9	10.6	15.4	0.18	7.5	3.3	24.8	-1.57	0.20	0.42	-1.28
48	sorg.	6	17	1.20	7.3	909	4.5	4.1	5.0	0.10	6.1	2.1	5.0	-1.83	0.09	0.13	-1.52
49	sorg.	6	17	1.06	7.4	825	4.5	4.0	3.7	0.10	6.1	1.8	3.9	-1.93	0.20	0.35	-1.56
50	sorg.	6	19	2.26	7.9	1989	11.1	7.2	11.5	0.21	6.6	17.5	4.3	-2.43	0.89	1.63	-0.53
52	sorg.	5	20	5.28	6.8	4628	25.9	17.1	28.6	0.52	8.6	39.1	23.2	-1.26	0.04	-0.06	-0.25
53	pozzo	-	17	7.00	7.2	7458	26.9	31.9	63.5	0.52	7.2	46.0	68.0	-1.81	0.16	0.39	-0.46
54	pozzo	-	17	0.83	7.4	619	3.4	2.2	3.5	0.07	3.9	1.8	3.3	-2.11	-0.06	-0.33	-1.59
55	pozzo	-	20	1.74	7.5	1372	2.9	1.8	15.3	0.21	8.6	3.3	7.2	-1.87	0.23	0.29	-1.57
56	pozzo	-	19	0.49	6.9	689	4.0	2.5	4.4	0.06	4.0	2.6	3.0	-1.59	-0.48	-1.15	-1.41
57	pozzo	-	18	1.61	7.0	1171	7.1	3.4	8.1	0.24	7.0	2.2	7.2	-1.47	0.02	-0.28	-1.38
58	pozzo	-	20	5.86	6.9	4090	16.4	17.1	35.2	0.79	7.9	9.1	50.8	-1.39	-0.01	0.04	-0.97
59	pozzo	-	18	3.95	7.2	2822	8.1	12.0	24.7	1.10	9.9	8.4	25.0	-1.57	0.20	0.58	-1.08
60	pozzo	-	17	3.60	7.1	2419	20.8	8.1	12.4	0.05	5.1	13.6	18.4	-1.77	0.20	-0.01	-0.47
61	pozzo	-	21	3.83	7.9	2687	1.3	1.2	37.6	0.18	9.9	7.2	23.4	-2.23	0.20	0.40	-1.81
62	pozzo	-	18	1.46	7.9	1035	4.6	2.5	8.0	0.75	5.8	3.5	5.0	-2.45	0.66	1.06	-1.31
63	pozzo	-	17	2.49	7.0	1860	10.7	4.8	11.5	2.40	8.1	9.8	7.8	-1.44	0.13	-0.11	-0.72
64	pozzo	-	18	3.02	7.5	1872	5.5	3.5	20.4	0.72	4.8	3.3	22.4	-2.16	0.16	0.12	-1.43
65	pozzo	-	19	2.42	7.1	1561	7.9	5.1	12.7	0.76	6.2	3.6	13.2	-1.63	0.06	-0.06	-1.22
66	pozzo	-	18	7.80	7.0	5849	24.1	27.6	49.0	0.92	7.1	22.0	66.9	-1.58	0.03	0.14	-0.66
78	pozzo	-	21	5.52	7.7	4167	11.2	13.1	42.4	0.03	8.6	22.1	35.0	-2.14	0.66	1.44	-0.75
88	pozzo	-	18	1.88	7.5	1353	2.7	2.3	15.1	0.28	6.4	4.5	8.7	-2.01	0.04	0.01	-1.47
51	sorg.	7	16	0.87	7.5	800	2.7	3.2	5.2	0.08	6.9	1.4	2.7	-1.97	0.15	0.34	-1.84

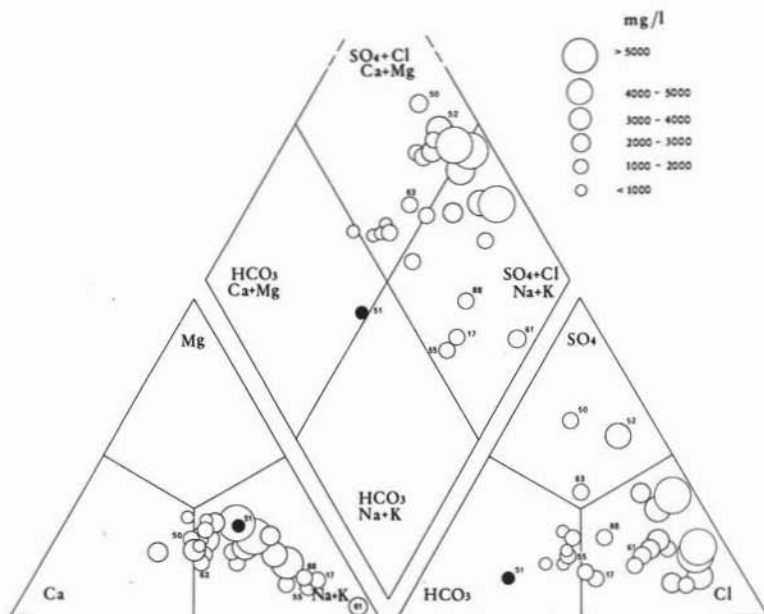


Fig. 4. — Diagramma di Piper delle acque delle formazioni terziario-quaternarie.

in cui il bicarbonato è l'anione prevalente, localizzate al centro del diagramma, si passa verso termini a cloruro-solfati alcalini e alcalino-terrosi con una prevalenza del cloruro, ad eccezione dei campioni 50, 52 e 63 a solfati prevalenti. Valori percentualmente elevati di solfati sono riscontrabili anche in altri campioni prelevati in prossimità dei 3 precedentemente citati; tale caratteristica è probabilmente da mettere in relazione con la presenza di livelli marnosi ricchi di solfuri di ferro in corrispondenza di antichi stagni, ora colmati.

Staccati da questa linea evolutiva per il prevalere del sodio tra i cationi e del bicarbonato sui solfati (entrambi subordinati al cloro tra gli anioni) si trovano i campioni 17, 55 e 88, con un contenuto salino di circa 1000-1300 mg/l; analogo comportamento presenta il campione 61, la cui salinità è però doppia rispetto ai campioni precedenti. È da notare che i campioni 17 e 61 sono dei pozzi artesiani profondi circa 100 m.

Evoluzione del chimismo delle acque nell'area in studio

Per una migliore comprensione della maturazione delle acque durante la loro circolazione sotterranea, tutti i campioni analizzati sono stati riportati su un diagramma quadrangolare di Piper e su tale diagramma, è stata tracciata una retta nella direzione di maggior addensamento dei campioni opportunamente pesati in base alla salinità; tale retta, che ha per estremi i valori $(\text{SO}_4 + \text{Cl}) = 50$, $(\text{Na} + \text{K}) = 37$ e $(\text{SO}_4 + \text{Cl}) = 13$, $(\text{Na} + \text{K}) = 0$, costituisce la base del grafico triangolare di fig. 5, mentre sull'altezza del triangolo è riportata la scala delle salinità espresse in mg/l. Tale grafico rappresenta la cosiddetta sezione di Piper.

Le acque circolanti nelle formazioni paleozoiche con salinità sino a 500 mg/l non vengono riportate e si trovano nel grafico in una zona che partendo dall'apice si sposta al centro del triangolo a causa di un bilanciato acquisto di bicarbonati e solfato-cloruri. Nel campo di salinità comprese tra 500 e 1000 mg/l ritroviamo sia le acque « paleozoiche » più mature, cioè quelle circolanti nelle alluvioni del Sarrabus, sia quelle che affiorano nella fascia arenacea di contatto tra il Paleozoico e il Miocene.

La successiva interazione all'interno di rocce marnoso-argillose sicuramente più lisciviabili delle rocce paleozoiche cristalline, porta ad un deciso spostamento dei campioni verso il lato sinistro del diagramma, in seguito ad un notevole arricchimento in solfati e cloruri fino a raggiungere la salinità massima di 7458 mg/l.

Partendo dalla considerazione che la maturazione delle acque avvenga gradualmente in funzione sia della durata del loro percorso sotterraneo sia della composizione delle rocce che le ospitano si è cercato di vedere con quale modalità e fino a che punto vengano disciolti i vari sali.

Particolare attenzione è stata perciò dedicata allo studio degli equilibri delle varie specie carbonatiche e del gesso, partendo dal presupposto che nelle rocce paleozoiche la maturazione avvenga quasi esclusivamente per acquisizione di ioni alcalino-terrosi da parte di acque rese aggressive dalla CO_2 dei suoli, e che nelle

rocce sedimentarie, questa maturazione, legata inizialmente alle specie carbonatiche, si evolve verso un arricchimento, talora molto rilevante, in solfati e cloruri. Non sono stati ovviamente presi in considerazione gli equilibri dei cloruri data la loro alta solubilità.

Dallo studio di tali equilibri sono stati esclusi i campioni 43, 47, 74 e 82; il primo per il suo pH elevato dovuto probabilmente ad inquinamento organico, gli altri perchè come già detto, miscelati con acqua di mare.

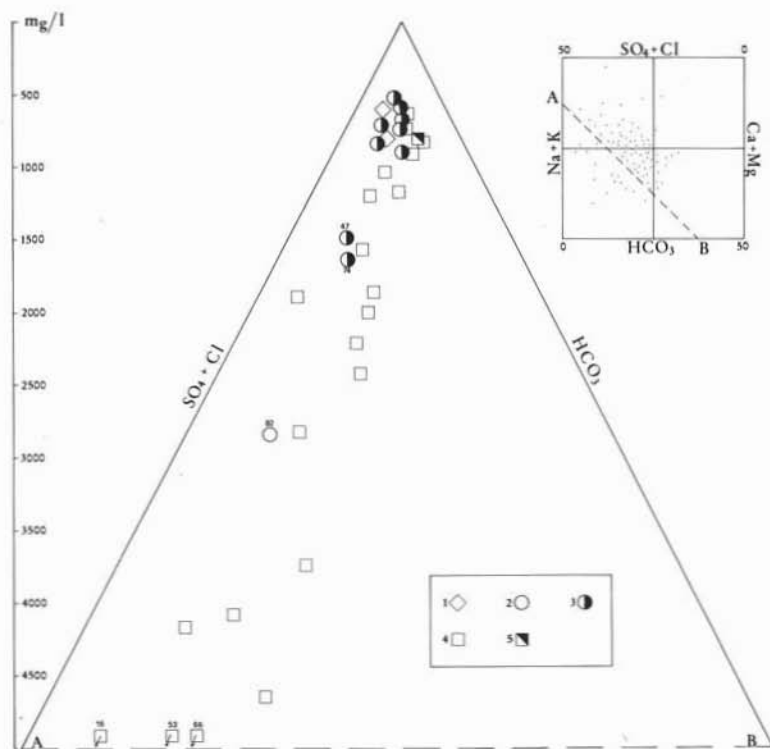


Fig. 5. — Evoluzione complessiva delle acque nella zona in studio. — 1 = acque superficiali. 2 = acque del complesso paleozoico. 3 = acque delle alluvioni del Sarrabus. 4 = acque delle formazioni sedimentarie terziario-quaternarie. 5 = acque delle vulcaniti.

In fig. 6 è riportato il diagramma di equilibrio della calcite; le due rette sono state tracciate utilizzando la relativa costante di equilibrio a 15 e 25° C.

Assumendo l'equilibrio in un intervallo $\log K_c \pm 0,25$, la maggior parte delle acque superficiali risulta sottosatura in calcite, quattro di esse sono in equilibrio e due sono decisamente sovrasature.

Analogo comportamento presentano le acque sotterranee campionate nel complesso paleozoico e nelle alluvioni del Sarrabus, solo alcuni campioni infatti raggiungono l'equilibrio o appaiono leggermente sovrasaturi. Le acque delle forma-

zioni terziario-quaternarie, notevolmente raggruppate, cadono in genere in una fascia leggermente al di sopra della linea teorica di equilibrio.

Come si osserva in fig. 7, i campioni presentano comportamento simile anche nei riguardi della dolomite (in questo caso si è assunto come intervallo d'equilibrio $\log K_d \pm 0,5$).

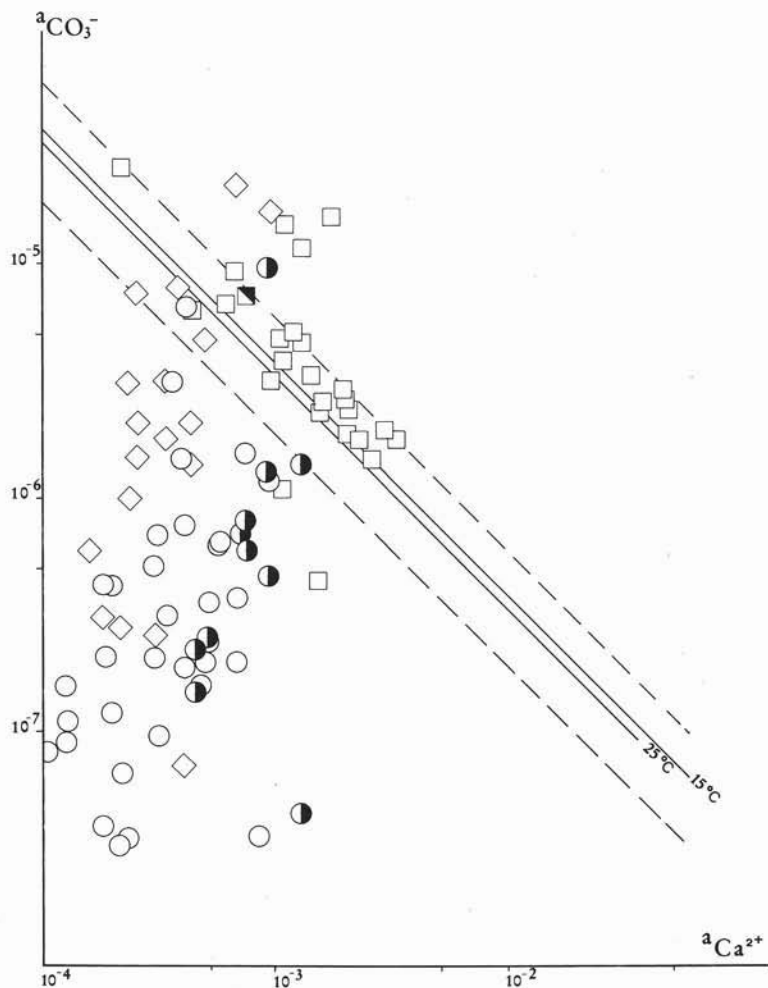


Fig. 6. — Diagramma di equilibrio della calcite.

Nella figura 8 è riportato il diagramma di equilibrio per il gesso. Si può notare come, nonostante gli elevati tenori in SO_4 delle acque del complesso sedimentario, solo alcuni di questi campioni si avvicinano all'equilibrio con detto minerale.

Nella fig. 9 vengono confrontati l'indice di saturazione ($\log IAP/K_s$) della calcite con quello della dolomite, la retta *A* rappresenta il luogo dei punti con

uguale valore di indici di saturazione per i due minerali; il punto di coordinate 0-0 rappresenta il contemporaneo equilibrio sia per la calcite che per la dolomite, mentre una stima più reale dell'equilibrio può essere rappresentata da un'espressione del tipo $\log K - \log IAP / \log K$ riferita a ciascun minerale e rappresentata nel grafico da una retta espressa dall'equazione $SI_e = 1/2 SI_d$ (retta B).

Dall'osservazione del grafico si ha un'ulteriore conferma di come la maturazione delle acque avvenga gradualmente con la saturazione prima in calcite e solo successivamente in dolomite; infatti i punti risultano prevalentemente alla sinistra della retta con pendenza 1/2.

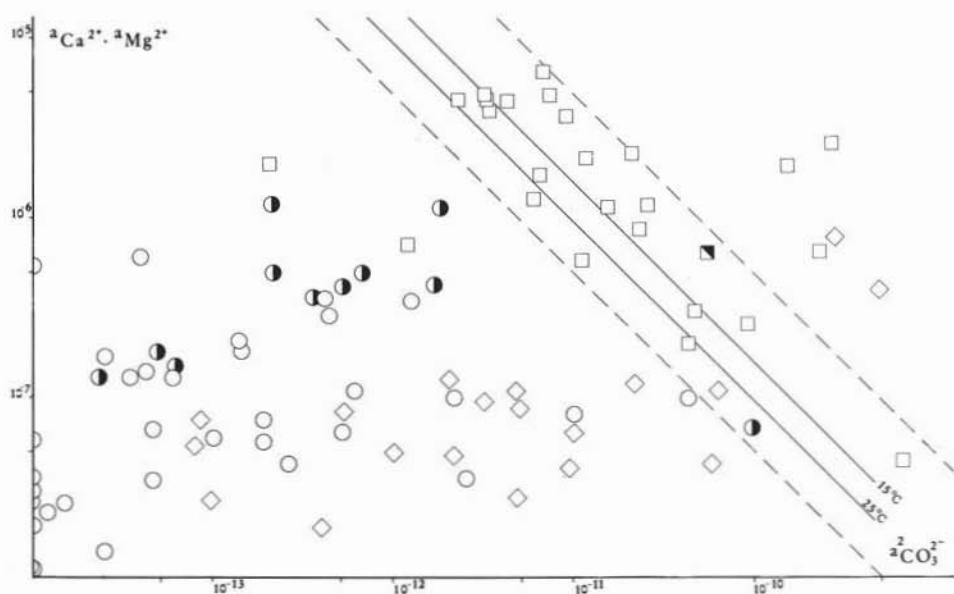


Fig. 7. — Diagramma di equilibrio della dolomite.

Nel grafico di fig. 10 viene messo a confronto il logaritmo della PCO_2 , espressa in atmosfere, con l'indice di saturazione della calcite, mentre in fig. 11 viene riportata in ordinate la concentrazione molare del bicarbonato ed in ascisse il pH; le 2 rette di saturazione per la calcite e la dolomite (a 15°C) in quest'ultimo grafico sono calcolate assumendo che il Ca, Mg e HCO_3^- derivino esclusivamente dalla dissoluzione della calcite o della dolomite, per cui vale rispettivamente $mCa^{2+} = 1/2 mHCO_3^-$ ed $mCa^{2+} = mMg^{2+} = 1/4 mHCO_3^-$ e la forza ionica della soluzione $IS = 1,5 m(HCO_3^-)$ (LANGMUIR, 1971; PITMAN, 1978).

Sulla base di tali grafici possiamo fare le seguenti considerazioni: le acque superficiali iniziano il loro percorso fortemente sottosature in calcite e con un valore di PCO_2 attorno a $10^{-2,5}$ atm, a causa della loro alimentazione da parte di acque sorgive o di acque piovane che hanno percolato nel suolo; col procedere verso valle la PCO_2 tende a diminuire ed a riequilibrarsi con la pressione atmo-

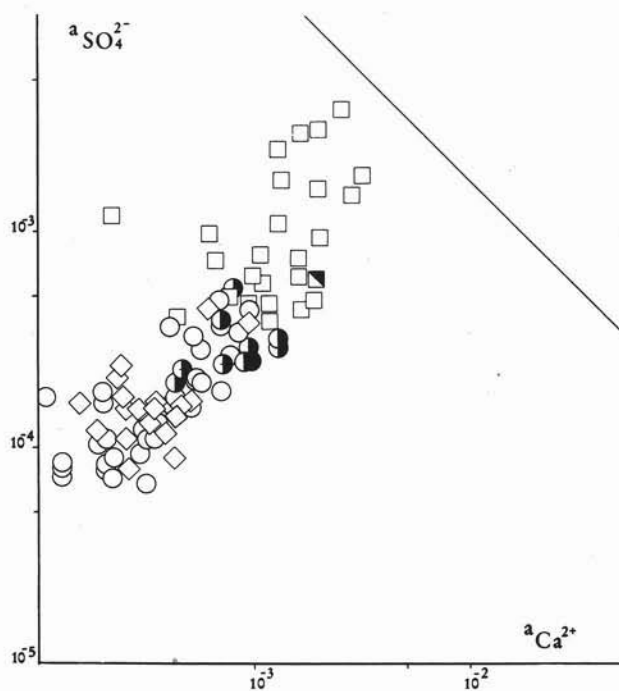


Fig. 8. — Diagramma di equilibrio del gesso.

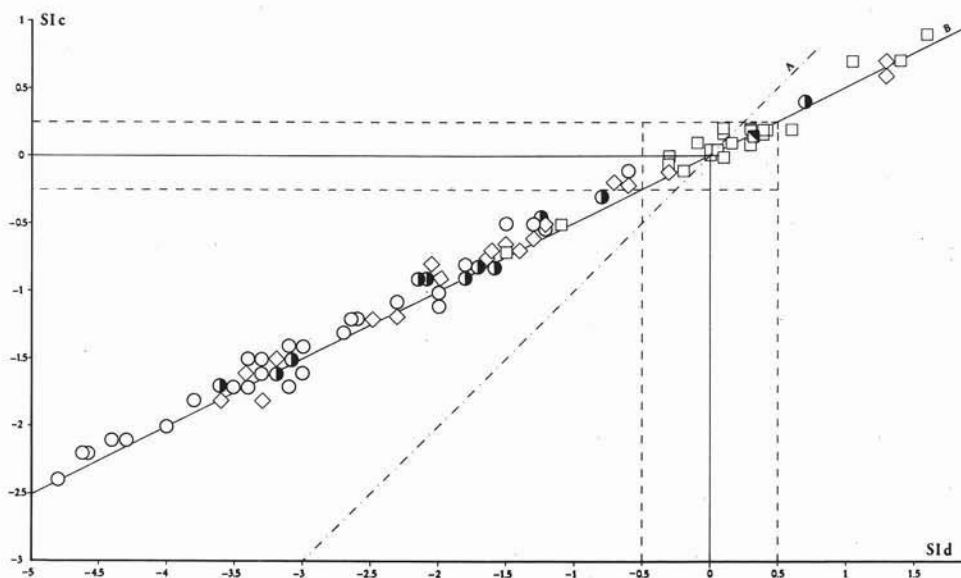


Fig. 9. — Indici di saturazione in calcite e dolomite.

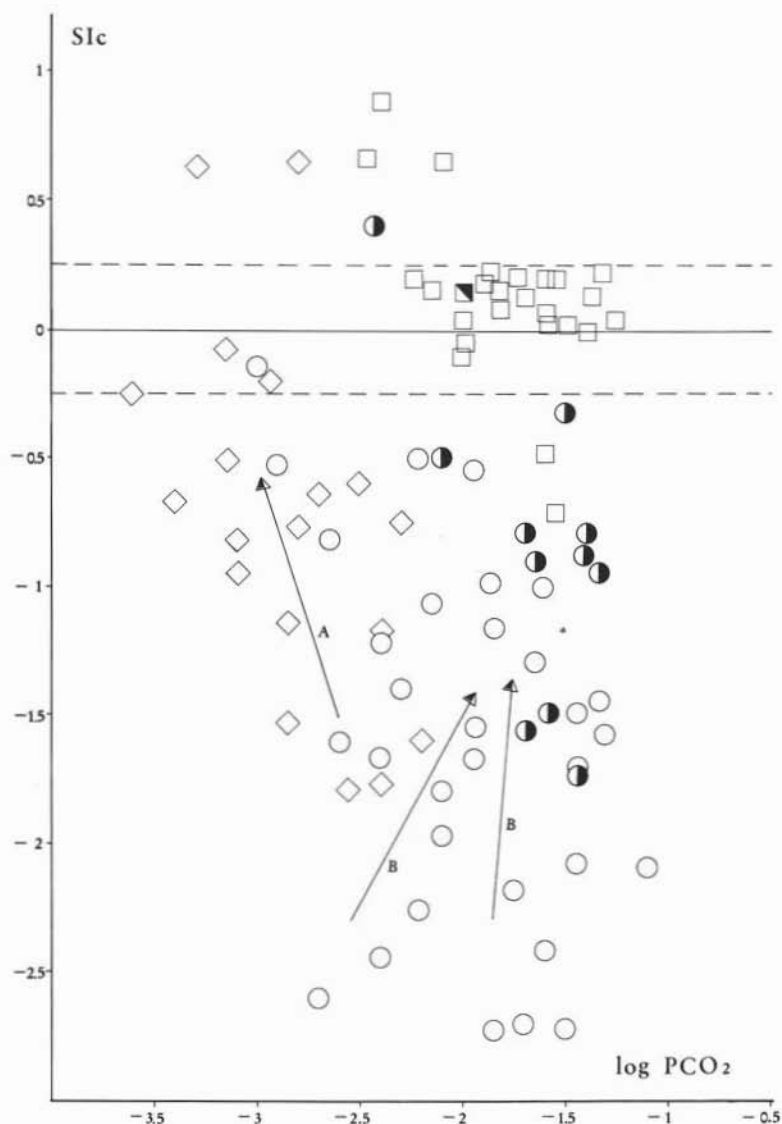


Fig. 10. — Indice di saturazione della calcite in funzione della pressione parziale di CO_2 .

sferica ($\log \text{PCO}_2 \text{ atm} = -3,5$), conseguentemente aumenta il pH e viene raggiunta la saturazione in carbonati alcalino-terrosi.

Le acque sotterranee del complesso paleozoico presentano invece un'intervallo di valori di PCO_2 piuttosto ampio compreso tra $10^{-1,2}$ e 10^{-3} atm, probabilmente in funzione del tipo di suolo attraversato o del maggiore o minore approfondimento; i valori inferiori sono confrontabili con quelli delle acque superficiali e corrispondono forse o a delle risorgive o ad acque campionate lontano dalla loro

Conclusioni

Nell'area in studio sono distinguibili tre zone con caratteristiche idrogeologiche diverse:

- a) zona montuosa del complesso paleozoico: le abbondanti precipitazioni non sono accompagnate da significative infiltrazioni: il sistema idrografico superficiale mostra un carattere torrentizio; la circolazione sotterranea è limitata. La maturazione è scarsa (salinità sempre inferiore a 500 mg/l) e nei termini meno evoluti l'effetto delle precipitazioni secche è predominante. L'evoluzione avviene secondo uno schema in cui si ha apporto continuo di CO₂;
- b) zona costiera delle alluvioni del Sarrabus originatesi a spese del complesso paleozoico: le modeste precipitazioni ma ancor più l'infiltrazione delle acque provenienti dai rilievi generano falde più o meno estese; la salinità è generalmente compresa tra 500 e 1000 mg/l. Talora è ben individuabile l'infiltrazione di acqua marina. Le acque sono ancora insature rispetto alla calcite;
- c) zona collinare e pianeggiante del Campidano caratterizzata da formazioni terziarie e quaternarie: falde continue a diversi livelli di profondità sono alimentate dalle acque del complesso paleozoico. La salinità assume valori molto diversi generalmente superiori ad 1 g/l. Le acque raggiungono e superano la saturazione in calcite e dolomite. Successivi apporti di solfati e cloruri e la precipitazione dei carbonati caratterizzano l'evoluzione finale differenziata delle acque freatiche.

Ringraziamenti. — Gli autori intendono ringraziare S. GIAQUINTO, G. PECORINI ed A. R. ZANZARI per gli utili suggerimenti forniti e le proficue discussioni, A. R. ZANZARI anche per l'elaborazione dei dati svolta presso il Centro di Calcolo Elettronico dell'Università di Perugia.

BIBLIOGRAFIA

- ARGIOLAS M. (1980) - *Tesi di laurea*. Università di Cagliari, Anno Accademico 1978-79.
- BARCA S., DI GREGORIO F. (1977) - *Arenaria fossilifera eocenica del Sarrabus (Sardegna sud-orientale)*. Boll. Soc. Geol. It., 96, 377-386.
- BARCA S., DI GREGORIO F. (1978) - *Nuovo affioramento eocenico nel Sarrabus-Gerrei (Sardegna sud-orientale)*. Boll. Soc. Geol. It., 97, 367-372.
- BARCA S., DI GREGORIO F. (1979) - *La successione ordoviciana-siluriana inferiore nel Sarrabus (Sardegna sud-orientale)*. Mem. Soc. Geol. It., 20, 189-202.
- BARCA S., DEL RIO M. e PITTAU DEMELIA P. (1981) - *Acrirarchs in the « Arenarie di S. Vito » of south-east Sardinia: stratigraphical and geological implications*. Boll. Soc. Geol. It. (in press).
- BECCALUVA L., DERIU M., MACIOTTA G., SAVELLI C., VENTURELLI G. (1977) - *Geochronology and magmatic characters of the Pliocene-Pleistocene volcanism in Sardinia (Italy)*. Bull. Volcan., 40, 1-16.
- BERTORINO G., CABOI R., CAREDDA A. M., CONTI-VECCHI G., FANFANI L., MASSOLI-NOVELLI R., ZUDDAS P. (1979) - *Caratteri idrogeochimici delle acque naturali della Sardegna Meridionale. 1 - Le acque del Gerrei e della Trexenta*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 35, 677-691.

- BROTZU P., MORBIDELLI L. (1974) - *Lineamenti petrografici e geostrutturali di un settore del Sarrabus meridionale (Sardegna sud-orientale)*. Atti Acc. Naz. Lincei, ser. 8, 12.
- CALVINO F. (1962) - *Lineamenti strutturali del Sarrabus-Gerrei*. Boll. Serv. Geol. d'Ital., 81, 489-556.
- CALVINO F. (1967) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, F.° 227: «Muravera»*. Soc. Coop. Tipogr., Padova.
- CAVINATO A. (1935) - *Studi petrografici sulla Sardegna sud-orientale*. Soc. Coop. Tipogr., Padova.
- DI SIMPLICIO P., FERRARA G., GHEZZO C., GUASPARRI G., PELLIZZER R., RICCI C., RITA F., SABATINI G. (1974) - *Il metamorfismo e il magmatismo paleozoico nella Sardegna*. Rend. Soc. It. Min. e Petr., 30, 979-1068.
- IPPOLITO F., NICOTERA P., LUCINI P., CIVITA M., DE RISO R. (1975) - *Geologia tecnica*. ISEDI, Milano.
- LANGMUIR D. (1971) - *The geochemistry of some carbonate ground waters in central Pennsylvania*. Geochim. Cosmochim. Acta, 35, 1023-1045.
- PALA A. (1978) - *Ricerche geo-idrologiche e idrochimiche sulle acque sotterranee del bacino del Rio Su Pau (Sardegna Meridionale)*. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, 209-245.
- PECORINI G., POMESANO CHERCHI A. (1969) - *Ricerche geologiche e biostratigrafiche sul Campidano meridionale (Sardegna)*. Mem. Soc. Geol. It., 8, 421-451.
- PITMAN J.I. (1978) - *Carbonate chemistry of groundwater from chalk, Givendale, East Yorkshire*. Geochim. Cosmochim. Acta, 42, 1885-1897.
- TRUESDELL A.H., JONES B.F. (1974) - *WATEQ, a computer program for calculating chemical equilibria of natural waters*. U.S. Geol. Surv. J. Res., 2, 233-248.