

Riscontri delle oscillazioni eustatiche Flandriane nelle acque profonde degli acquiferi Salentini (Puglia)

Giuseppe Cesareo Calò¹, Roccaldo Tinelli^{2*}, Donato Lucrezio³, Mario Stani⁴

¹Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Politecnico di Bari, calogiusep@tiscali.it

²Autore corrispondente. Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Politecnico di Bari, Via Orabona, 4 – 70125 Bari
FAX: 080 5963675 r.tinelli@poliba.it

³Geologo, Geoambiente srl, Via B. Ravenna 4, 73100 – Lecce, geoambientesrl@tiscali.it

⁴Geologo, Via Sozzy Carafa 72, 73100 – Lecce,

Evidences of Flandrian sea variations in the deep waters of Salentine Aquifer (South Apulia - Italy)

ABSTRACT: Scientific bibliography is rich of papers pertinent to the hydrogeological features of Salentine Peninsula. But some exceptions, the previous hydrogeological studies have mainly concerned sweet waters and their relationship with seawater of continental intrusion. Never really faced, a characterization of seawater should be very interesting on account of sea-level variations which have affected the Salentine Peninsula during last 20000 years. Beginning from a local and detailed stratigraphic reconstructions of Lower Salento, in the belt included between S. Pietro in Lama and S. Foca, on the basis of structural features and stratigraphic correlations, an area is been recognized which should have likely preserved proofs of local hydrogeological evolutions. On the basis of thermo-salinity logs and chemical analysis of deep seawater samples, the following investigation have highlighted the presence of two anomalous areas in comparison with current hydrogeological condition. In fact under post-cretaceous coverage of Lizzanello area, there are not seawaters, according to hydrostatic equilibrium, but there are brackish waters in a transition zone that is larger than 60 meters. This situation can be interpreted only with presence of sweet waters that have been trapped inside structural elements faulted at different highs by tectonics, as consequence of sea level going up. On the other hand in the neighbouring area of Vernole, the more depth of calcareous bedrock causes the exclusive finding of seawaters under post-cretaceous coverage: the age of this waters can be supposed as the same of flandrian transgression beginning.

Key terms: sea level rise; Holocene; groundwater; Salentine Peninsula

Termini chiave: risalita del livello mare; Olocene; falda; Penisola Salentina

Riassunto

La letteratura scientifica sulla idrogeologia della Penisola Salentina costituisce ormai un corpus bibliografico copioso. Salvo poche eccezioni, tuttavia, gli studi idrogeologici si sono prevalentemente interessati delle acque dolci e dei loro rapporti con quelle marine di intrusione continentale, senza mai affrontare concretamente la caratterizzazione di queste ultime; caratterizzazione che, invece, sarebbe di estremo interesse in considerazione delle oscillazioni eustatiche che hanno interessato la Penisola salentina negli ultimi 20.000 anni.

Partendo, quindi, da una puntuale e dettagliata ricostruzione stratigrafica del Basso Salento si è individuata nella fascia compresa fra S. Pietro in Lama e S. Foca l'area che, per caratteristiche strutturali e rapporti stratigrafici, avrebbe potuto eventualmente conservare testimonianze ancora riscontrabili delle evoluzioni subite dall'idrologia sotterranea.

La successiva indagine, basata sui carotaggi termosalinometrici e le analisi chimiche dei campioni delle

acque marine profonde, ha evidenziato la presenza di due zone anomale in confronto con la situazione idrogeologica attuale. Infatti, al di sotto della coltre post-cretacea nell'area di Lizzanello, invece della presenza di acque marine, come detterebbe l'equilibrio idrostatico, si rinvengono acque salmastre che originano una zona di transizione ampia più di 60 metri; situazione giustificabile solo con la presenza di acque dolci rimaste intrappolate, per la risalita del livello marino, fra gli elementi strutturali dislocati a varie altezze dai movimenti tettonici.

Nella limitrofa zona di Vernole, di contro, la maggior profondità del basamento calcareo fa sì che, al di sotto della coltre post-cretacea, si rinvengano esclusivamente acque marine la cui datazione, pertanto, non può che essere ipotizzata coeva con l'inizio della trasgressione flandriana.

Premessa

Salvo poche eccezioni (Calò e Tinelli, 1995), gli studi idrogeologici inerenti la Penisola Salentina hanno indagato prevalentemente le acque dolci ed il loro rapporto con

quelle marine di intrusione continentale (Cotecchia, 1977; Calò *et al.*, 1992; Tavolini *et al.*, 1985) senza mai interessarsi concretamente ad una caratterizzazione di queste ultime; caratterizzazione che, invece, sarebbe di estremo interesse in considerazione delle oscillazioni eustatiche che hanno interessato la Penisola Salentina negli ultimi 20.000 anni, in virtù delle quali è acclarata una risalita del livello di oltre 100 metri (Fig.1).

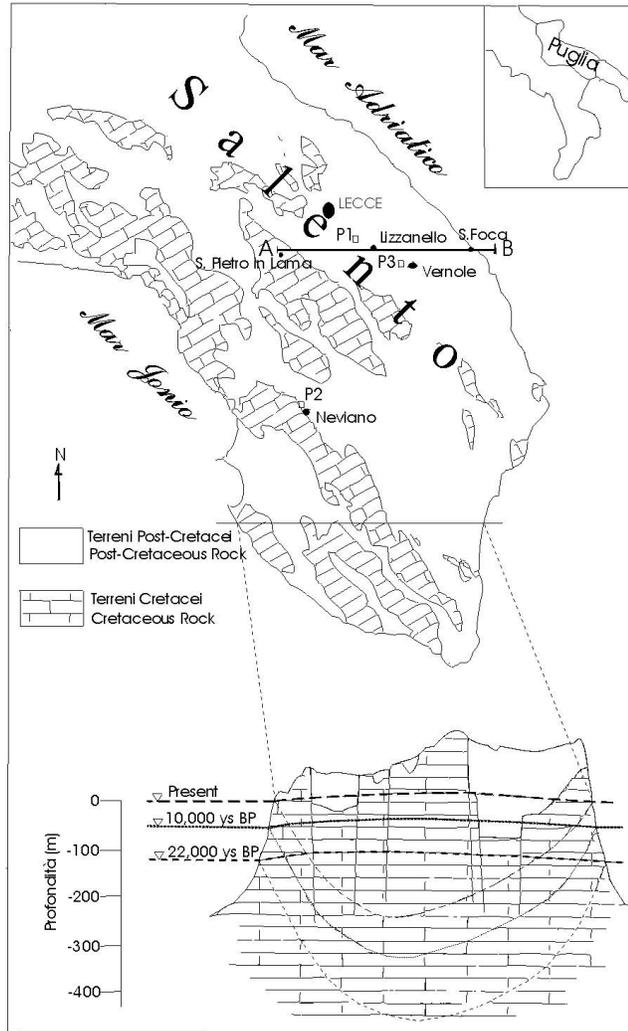


Figura 1 – Schema geologico del Basso Salento con l'evoluzione della falda profonda in relazione alle variazioni del livello del mare.

Geological sketch of Lower Salento and fluctuations of groundwater with sea-level variations.

Ritenendo scientificamente opportuno indagare in tale direzione, si è proceduto - in prima istanza - ad individuare quelle aree in cui le acque salate profonde potessero ancora eventualmente conservare tracce delle situazioni più remote mediante una puntuale e dettagliata ricostruzione stratigrafica del Basso Salento; fra le zone selezionate, si è scelta così l'area compresa nella fascia fra S. Pietro in Lama

e S. Foca (Fig. 1) che, per caratteristiche strutturali e rapporti stratigrafici, avrebbe potuto eventualmente conservare testimonianze ancora riscontrabili delle evoluzioni subite dall'idrologia sotterranea. Il successivo studio dei carotaggi termosalinometrici delle colonne idriche dei pozzi trivellati in tale area unitamente alle analisi chimiche sui campioni prelevati ci hanno permesso di individuare due situazioni sintomatiche dell'evoluzione temporale subita dall'idrogeologia del Salento durante la trasgressione flandriana.

Inquadramento geologico ed idrogeologico generale

La Penisola Salentina, che costituisce la propaggine più meridionale dell'avampata murgiana, presenta un assetto strutturale caratterizzato da uno stile tettonico disgiuntivo regolato da sistemi di faglie dirette ad orientazione appenninica ed anti-appenninica, ovvero con direzione rispettivamente NW-SE e NE-SW (Palmentola, 1987).

Le dislocazioni tettoniche hanno influenzato significativamente l'evoluzione paleogeografica del territorio salentino, delineando una serie di rilievi strutturali e depressioni tettoniche allungate secondo direttrici assiali NW-SE, cioè parallele al fronte appenninico.

Stratigraficamente, quest'area è caratterizzata, nelle sue linee essenziali, dalla presenza di un potente basamento carbonatico di età mesozoica (dello spessore di circa 6.000 metri), dislocato a quote altimetriche variabili e a luoghi ricoperto da coltri sedimentarie trasgressive di età compresa tra l'Eocene e il Quaternario. Lo spessore e la successione sequenziale della copertura sedimentaria post-mesozoica varia sensibilmente, da zona a zona, in funzione delle caratteristiche strutturali del basamento, ovvero della sua profondità di dislocazione.

Quest'ultimo aspetto dimostra in maniera evidente che la Penisola Salentina ha subito, negli ultimi 60 milioni di anni, un'evoluzione paleogeografica differenziata decisamente più complessa rispetto a quella che ha interessato l'adiacente altopiano murgiano. Ciò deriva essenzialmente dal fatto che il Salento ha subito, durante tutto il Terziario ed il Quaternario, dei sollevamenti su scala regionale, di origine sia isostatica che tettonica, di entità significativamente inferiore rispetto a quelli della zona murgiana, risentendo quindi maggiormente gli effetti delle cicliche oscillazioni di quota del livello marino. Tale combinazione di fattori ha determinato un ciclico susseguirsi di ingressioni marine nelle zone topograficamente più depresse del Salento.

Le aree invase dal mare, di volta in volta differenti, hanno acquisito le caratteristiche di bacini di sedimentazione subsidenti e sono state, pertanto, interessate da vari e diversificati cicli deposizionali che hanno dato origine a numerose successioni sedimentarie, dalle caratteristiche lito-stratigrafiche e sequenziali variabili in funzione della batimetria e del grado di evoluzione dei singoli bacini (Fig. 2).

La variabilità litologica delle formazioni post-mesozoiche e, in particolare, il differente grado di permeabilità dei terreni che costituiscono i vari livelli stratigrafici, hanno, a loro volta, influito significativamente sull'assetto e sull'evoluzione idrogeologica del territorio salentino.

L'assetto idrogeologico generale di quest'area è caratterizzato dalla presenza di una potente falda profonda localizzata nelle formazioni calcareo-dolomitiche del basamento mesozoico, permeabili per fessurazione e

carsismo. Le acque dolci della falda profonda sono sostenute alla base direttamente dalle acque marine di invasione continentale, che si mantengono separate dalle prime in virtù della propria maggior densità, dando origine ad un fenomeno di stratificazione salina che, in condizioni di equilibrio idrogeologico, si mantiene abbastanza stabile.

Lo spessore della falda profonda ed i rapporti geometrici dell'interfaccia che separa le acque dolci da quelle salate segue, a grandi linee, la nota legge di Ghyben-Herzberg relativa agli acquiferi costieri.

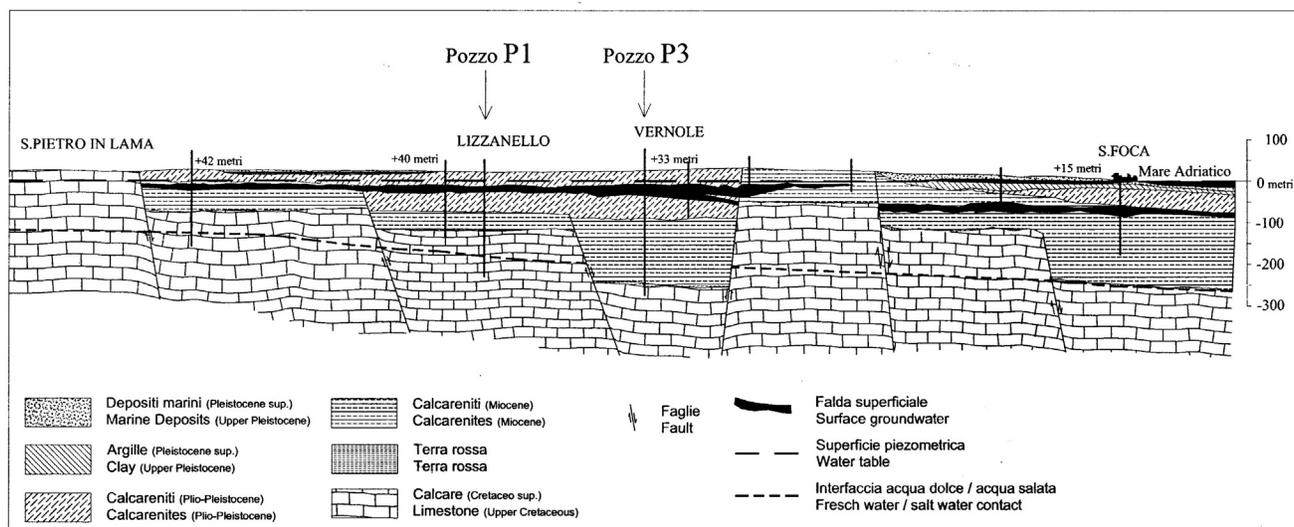


Figura 2 – Sezione idrogeologica AB
Hydrogeological section AB.

Le formazioni post-mesozoiche, che sormontano il basamento nelle zone in cui esso è dislocato tettonicamente, ospitano, a loro volta, altre falde di spessore, rilevanza ed estensione minore (dette superficiali), localizzate all'interno di orizzonti stratigrafici permeabili e sostenuti alla base, ma spesso anche confinati al tetto, da terreni pressoché impermeabili.

Tale assetto stratigrafico, al di là dell'influenza esercitata sulle caratteristiche idrogeologiche del territorio, ha sicuramente determinato anche una risposta differenziale e disomogenea della falda profonda nei confronti delle oscillazioni di quota del livello marino.

A tale proposito, occorre rammentare che i risultati di numerose ricerche condotte negli ultimi anni (Alessio *et al.*, 1994; Cotecchia *et al.*, 1969; Milliman e Emery, 1968; Mosetti e Purga, 1991) con il fine di ricostruire le oscillazioni di quota del livello marino durante il Pleistocene e l'Olocene, pur nella diversità degli approcci e delle metodologie di indagine adottate e dei contesti geografici indagati, concordano su un dato essenziale: negli ultimi 20.000 anni il livello marino, pur con alcune occasionali oscillazioni, si è innalzato progressivamente di quota producendo un'escursione complessiva di oltre 100 metri (Fig. 1).

Nel caso della Penisola Salentina, circondata dal mare su tre lati, tale innalzamento ha provocato una migrazione verticale della falda profonda localizzata all'interno del basamento calcareo mesozoico.

Durante la sua risalita, il livello di falda ha però incontrato, in alcune zone del Salento, dei terreni impermeabili (appartenenti alla copertura sedimentarie post-mesozoica) che ne hanno bloccato la migrazione. Ciò ha localmente determinato delle situazioni particolari che contribuiscono a rendere più complesso e diversificato l'assetto idrogeologico di questo territorio.

Sulla scorta, quindi, di queste considerazioni generali e di una ricostruzione dell'assetto strutturale del Basso Salento, attraverso numerose e dettagliate sezioni geologiche, si è individuata nell'area compresa fra S. Pietro in Lama e S. Foca (Fig. 1) quella più idonea a caratterizzare e descrivere le diverse situazioni idrogeologiche della falda profonda salentina, direttamente conseguenti ad altrettante differenti risposte dell'acquifero carbonatico mesozoico alla risalita del livello medio marino.

L'assetto geologico dell'area compresa tra S. Pietro in Lama e S. Foca (Fig. 2) comprende tutti gli elementi tipici e ricorrenti nell'ambito del territorio salentino, ovvero si caratterizza come una successione di strutture tipo Horst-

Graben con profondità di dislocamento variabile.

Infatti, il basamento calcareo mesozoico, affiorante nella zona di S. Pietro in Lama, manifesta, procedendo verso est, un ribassamento tettonico progressivo con profondità massime di dislocamento (che si registrano in prossimità di Vernole) dell'ordine di circa 250 metri sotto il l.m.m.. Subito ad est di Vernole si rinviene invece un altro rilievo strutturale, con le rocce del basamento che risalgono senza

però affiorare. Ancora più ad est, procedendo verso il litorale adriatico, il basamento risulta nuovamente ribassato nel sottosuolo secondo uno schema tettonico "a gradini", ovvero con profondità di dislocazione crescente procedendo in direzione del mare. Ovunque, questi rilassamenti sono stati colmati da successioni sedimentarie differenti, da zona a zona, sia sotto il profilo cronologico che litologico.

P1 - Lizzanello - Quota p.c. 36 metri s.l.m.m.			P2 - Neviano - Quota p.c. 97 metri s.l.m.m.			P3 - Vernole - Quota p.c. 34 metri s.l.m.m.		
Quote l.m.m. (m)	Strati grafia	Descrizione litologica	Quote l.m.m. (m)	Strati grafia	Descrizione litologica	Quote l.m.m. (m)	Strati grafia	Descrizione litologica
15		Calcareniti organ. a grana medio-grossol.			Limi sabbioso-argillosi ed argille grigio-azzurre.			Sabbie calcaree concr. e calcareniti grossolane irregolar. cementate.
		Calcareniti compatte a granulometria fine.	+64			+26		
-22			+39		Calcareniti organ. con livelli calciruditeici e calcari bioclastici fossiliferi.	-61		Calcareniti tenere a granulometria medio-fine.
-29		Calcareniti ben cem.	+34		Terra rossa.			Calciruditeici organ. su livello conglom. di 5 m.
		Calcareniti compatte a granulometria fine.				-84		Marne sabbiose grigie
						-96		
-60		Calcareniti marnose a grana fine, con livelli glauconitici verdastri.			Calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola.	-187		Calcareniti organ. con livelli calciruditeici e calcari bioclastici.
								Calcareniti marnose a grana fine con livelli glauconitici verdastri.
-104								
		Calcari microcristallini e calcari dolomitici.				-240		Calcari microcristallini biancastri.
-134			-133			-266		

Figura 3 – Stratigrafie schematiche dei pozzi P1, P2 e P3.
Lithologic log of wells P1, P2 and P3.

In linea generale, si tratta di depositi costituiti da sedimenti di origine marina, aventi età prevalentemente compresa tra il Miocene ed Quaternario.

La successione più antica, ovvero quella miocenica, è costituita da terreni in facies principalmente calcarenitica, con differenze litologiche significative tra la parte inferiore, costituita in assoluta prevalenza da calcareniti marnose a granulometria medio-fine (nota come "Pietra Leccese") e quella superiore, in cui si rinvencono anche livelli calciruditeici e calcarei. In particolare nella parte basale, la matrice fine diventa talmente abbondante da creare uno sottile livello, a contatto con il substrato calcareo, perfettamente impermeabile (Tadolini et al., 1985). La

successione affiora in corrispondenza del rilievo strutturale presente ad est di Vernole, mentre nelle zone adiacenti risulta ricoperta da terreni di età più recente. La potenza dei depositi miocenici, che varia sensibilmente in funzione delle condizioni di soggiacenza del basamento mesozoico, può raggiungere, in corrispondenza delle depressioni tettoniche più profonde, valori anche molto superiori ai 100 metri.

Sui terreni miocenici è presente un'altra unità, costituita da terreni di età pliocenica a prevalente composizione calcarenitica. Analogamente alla successione miocenica, anche i depositi pliocenici manifestano sensibili differenze litologiche tra la parte basale e quella sommitale. Infatti, nella parte superiore predominano i terreni sabbiosi alternati

o sostituiti da litofacies calcarenitiche a granulometria e grado di cementazione variabile sia in senso orizzontale che verticale mentre, nella parte basale, le calcareniti presentano una granulometria più fine, con abbondante matrice fine, fino a passare a vere e proprie marne argillose. Alla base della successione pliocenica è presente di norma un livello conglomeratico ("*Formazione di Leuca*") che nel pozzo P3 è stato rinvenuto alla profondità di -84 metri (Fig. 3). Come nel caso delle formazioni mioceniche, anche i depositi pliocenici manifestano una potenza complessiva estremamente variabile da luogo a luogo.

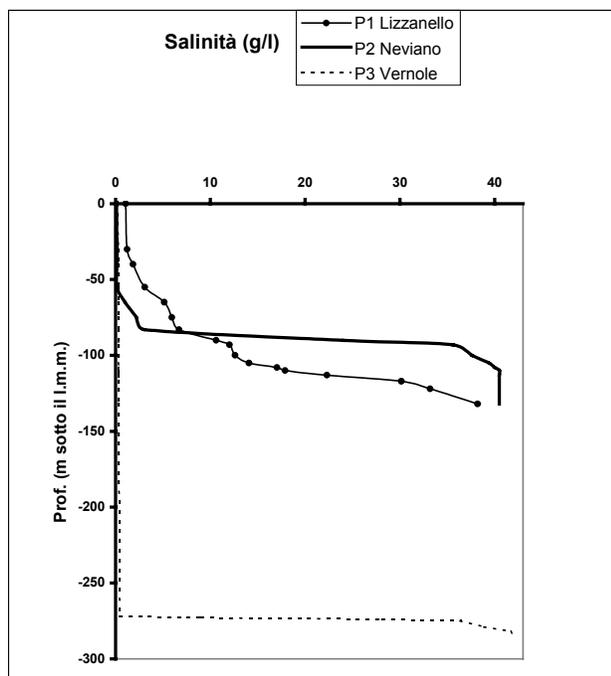


Figura 4 - Carotaggi salini nei pozzi P1, P2 e P3.
Salinity logs of wells P1, P2 and P3.

Ancora in trasgressione sui terreni pliocenici, oppure direttamente su quelli miocenici, possono infine essere rinvenute delle calcareniti a granulometria prevalentemente medio-grossolana ("*Calcareniti del Salento*"), di età Pleistocenica, stratigraficamente correlabili con alcuni dei depositi tipici della Fossa Bradanica ("*Calcarenite di Gravina*", "*Depositi Marini Terrazzati*").

Discussione dei carotaggi termosalini

Da quanto esposto emerge chiaramente che l'intera Penisola salentina si è sempre caratterizzata come un'enorme acquifero costiero e come tale soggetto alla classica legge dell'equilibrio di Ghyben-Herzberg fra le acque dolci e quelle marine di intrusione continentale. Legge che, allo stato attuale, è ben espressa dal carotaggio termo-salino (Figg. 4 e 5) della colonna idrica del pozzo P2, in località Neviano, che mostra i caratteri tipici di tale equilibrio:

- una zona di diffusione abbastanza contenuta di circa 20-

30 metri, che separa nettamente le acque dolci da quelle salate;

- una discreta coincidenza fra la profondità reale dell'interfaccia (a quota -105 m) e quella ipotizzabile in relazione al carico idrostatico, stimata a quota -100 metri;
- una elevata congruità della chimica delle acque marine di intrusione continentale con quella delle acque del mare di riferimento, in questo caso il mar Jonio.

Quest'ultimo aspetto è ben visualizzato nel diagramma di Schoeller di Fig. 6 che evidenzia la perfetta coincidenza delle concentrazioni degli elementi di origine marina, in uno con il prevedibile maggior contenuto di calcio e bicarbonato nelle acque marine di intrusione continentale.

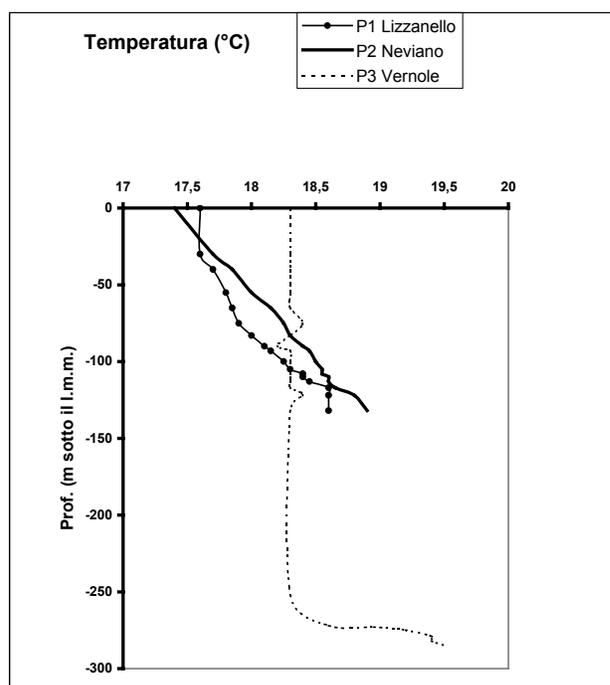


Figura 5 - Carotaggi termici nei pozzi P1, P2 e P3.
Temperature logs of wells P1, P2 and P3.

Passando a considerare il pozzo P3, presso Vernole, dalla sezione geologica di Fig. 2 si rileva come esso incida nell'ambito di un Graben molto profondo, il cui basamento calcareo si rinviene ad una profondità media di circa 260 metri al di sotto dell'attuale livello mare, e come i terreni miocenici soprastanti siano perfettamente isolati dai calcari da un livello di argille impermeabile. Questo fa sì che anche i corpi idrici contenuti nelle due formazioni si siano mantenuti perfettamente distinti fra di loro, come testimonia ampiamente il carotaggio termosalino (Figg. 4 e 5), caratterizzato - in corrispondenza del passaggio fra due corpi - da un netto salto sia della salinità che della temperatura.

L'intera colonna idrica contenuta nelle formazioni mioceniche, infatti, presenta contenuti salini bassissimi,

denotando così l'assenza di qualsiasi forma di inquinamento salino non solo dal basso ma anche lateralmente; in pratica, le formazioni mioceniche sono contenute in un catino perfettamente impermeabilizzato su tutta la superficie. Di contro, appena superato il letto argilloso di tale catino, ci si imbatte bruscamente in acque salate il cui tenore salino supera, nel giro di pochi metri, i 40 g/l con una temperatura di 19.5°C. Inoltre, il confronto con le acque del mar Adriatico (Fig. 7), a fronte di una elevata congruità degli elementi di origine marina, denota un contenuto di calcio più che doppio, indice inequivocabile di una lunga permanenza di tali acque a contatto con le rocce carbonatiche.

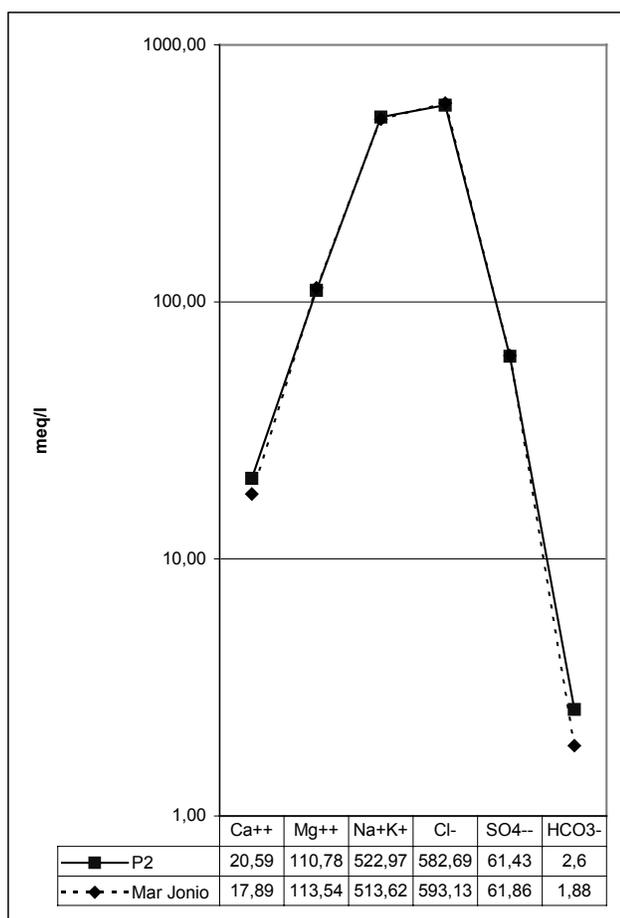


Figura 6 – Composizione chimica delle acque del mar Jonio e del pozzo P2 alla profondità di -125 metri.

Chemical composition of Jonian Sea and groundwater of P1, at depth -125 meters.

Considerando che nel momento di massima regressione il livello del mare è sceso fino a quota -120 m e che – anche con un carico idraulico di 3 m – l'interfaccia non sarebbe potuta scendere oltre quota – 240 m, se ne deduce che, al di sotto delle formazioni mioceniche, nella zona in esame ci sono sempre state acque marine di intrusione continentale; il che ci induce a ritenere che le acque presenti oltre tale

profondità siano molto vecchie e che proprio per la loro lunga permanenza, si siano caricate oltre misura di calcio.

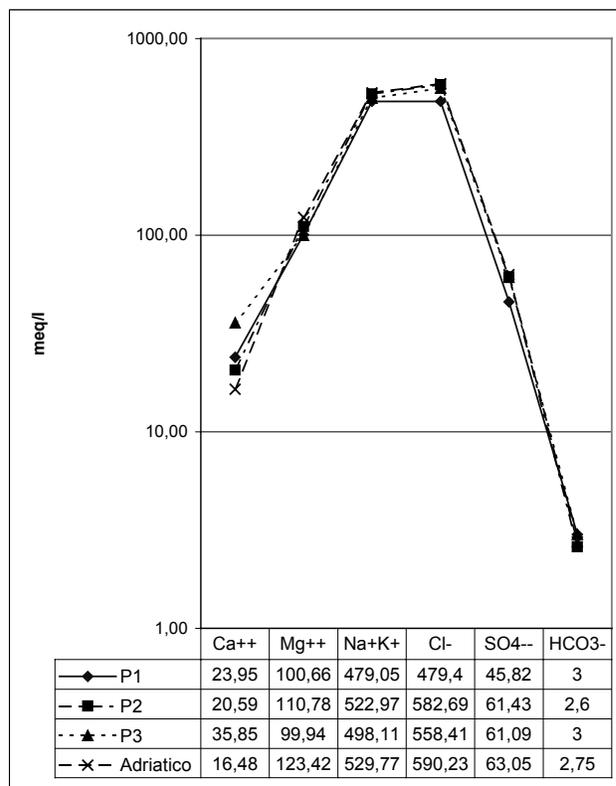


Figura 7 – Composizione chimica delle acque del mar Adriatico e dei pozzi P1, a quota -130 m, P2 a quota -125 m, e P3, a quota -275 m.

Chemical composition of Adriatic Sea and groundwater of P1, at depth -130 m, P2, at depth -130 m, and P3, at depth -275 m.

Anche il pozzo P1, presso Lizzanello, incide in un'area il cui basamento calcareo risulta ribassato fino ad una quota media di – 105 metri, è contiguo al Graben di cui si è detto e, come questo, è caratterizzato da pareti e fondo del tutto impermeabili. Contrariamente a quanto visto prima, tuttavia, la stratigrafia termosalina si caratterizza per la presenza di una zona di transizione spropositatamente ampia (oltre 100 metri) che interessa totalmente l'intera colonna idrica; fenomeno che appare giustificabile solo come conseguenza di un reciproco inquinamento fra corpi idrici di acque dolci e salate di notevole dimensione, testimoniato anche dall'andamento lineare della stratigrafia termica. Rifacendoci all'evoluzione del livello del mare (Fig. 1), si può constatare come nella fase di maggior regressione, per almeno 10.000 anni, il basamento calcareo sia stato interessato dalla presenza dell'intera falda profonda; poi, man mano che il livello del mare risaliva, le acque dolci hanno finito col trovarsi intrappolate fra il letto impermeabile delle formazioni mioceniche e le acque marine di base, risultando possibile una loro fuga verso l'alto solo lateralmente verso l'interno della penisola. Confinata in tal modo, le acque dolci sono andate sempre

più in pressione e, anche in virtù del loro notevole volume, hanno attivato un forte fenomeno di diffusione con effetti di reciproca compenetrazione con le acque marine; ne consegue che, al di sotto dei terreni miocenici, invece di trovare acque salate come vorrebbe la legge dell'equilibrio idrostatico, si rinvenivano acque salmastre risultando confinate quelle marine ben oltre quota -150 metri. Costatazione che trova conferma anche nell'analisi chimica del campione prelevato a quota -125 m (Fig. 7); questo, infatti, calcio escluso, denota contenuti degli elementi maggiori tutti inferiori a quelli del mar Adriatico e del pozzo P2, mentre il contenuto del calcio, pur superiore a quello del mare, è molto più basso del valore riscontrato nel

pozzo P3; il che porta ancora a giustificare il tutto come conseguenza di un cospicuo miscelamento con acque dolci.

Conclusioni

Sulla base delle indagini condotte, in definitiva, si può ritenere a ragion veduta che l'ipotizzata presenza di acque di falda molto antiche, risalenti alle prime fasi della trasgressione flandriana, sia stata sufficientemente accertata e che tale riscontro, pertanto, sia meritevole di uno studio più ampio e dettagliato che estenda le indagini, oltre che alla chimica delle acque profonde, anche ai contenuti degli isotopi ambientali.

Bibliografia

- Alessio M., Allegri L., Antonioli F., Belluomini G., Improta S., Manfra L., Preite Martinez M. (1994) La curva di risalita del mare Tirreno negli ultimi 43 ka ricavata da datazioni su pleistotemi sommersi e dati archeologici. *Mem. Descr. Carta Geol. D'Italia*, LII, 261-276.
- Calò G.S., Gnoni R. e Stani M. (1992). Caratteri idrogeologici delle falde superficiali della Penisola Salentina e valutazione della vulnerabilità degli acquiferi. Amministrazione Provinciale di Lecce, Lecce.
- Calò G.S., Tinelli R., (1995). Systematic Hydrogeological Study of Hypothermal Spring (S. Cesarea Terme, Apulia), Italy. *Journal of Hydrology* 165 (1995) 185-205. Amsterdam, The Netherlands.
- Cotecchia V. (1977). Studies and investigations on Apulian groundwater and intruding seawater (Salento Peninsula). C.N.R. - Quaderni Istituto di Ricerca Sulle Acque, n. 20, Roma.
- Cotecchia V., Dai Pra G., Magri G. (1969). Oscillazioni tirreniane e oloceniche del livello del mare nel Golfo di Taranto, corrdate da datazioni col metodo del radiocarbonio. *Geol. Appl. Idrogeol.*, 6, 93-148.
- Milliman J.D., Emery K.O.(1968). Sea Levels during the Past 35,000 Years. *Science*, 162, 1121-1123.
- Mosetti F., Purga N., (1991). Mean sea-level evolution in the Mediterranean Sea. *Boll. Ocean. Teor. Appl.*, 9 (4), 305-344.
- Palmentola G.(1987). Lineamentigeologici e morfologici del Salento leccese. *Quad. Ric. Centro Studi Geotec. E d'Ing.*, 11, 7-23.
- Tadolini T., Calò G.S., Spizzico M. e Tinelli R. (1985). Caratterizzazione idrogeologica dei terreni post cretacei presenti nell'area di San Cesario di Lecce. V° Congr. Internazionale Acque Sotterranee. Taormina.