

Costruzione di un modello idrogeologico del corpo idrico "Piana di Barcellona-Milazzo" (Sicilia Settentrionale) sulla base di dati geofisici e stratigrafici.

Patrizia Capizzi (^{a,b}), Raffaele Martorana (^b), Ludovico Albano(^a), Alessandro Bonfardeci (^a), Nunzio Costa (^a), Antonina Lisa Gagliano (^a), Rocco Favara (^a).

(^a) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo, Via Ugo La Malfa, n. 153, tel. +39 0916809281 Fax: + 39 0916890965 E-mail: direzione.pa@ingv.it

(^b) Dipartimento DiSTeM, Università di Palermo Via Archirafi, 22 90123 PALERMO (PA) Tel. +3909123862103 - Fax +3909123860555 dipartimento.distem@unipa.it

Introduzione

Il Dipartimento Regionale Siciliano delle Acque e dei Rifiuti (DAR) ha attivato un accordo di collaborazione con l'INGV di Palermo per la definizione dei modelli concettuali dei corpi idrici sotterranei inclusi nei bacini idrogeologici dei Monti Peloritani, dei Monti Nebrodi e degli Iblei-Ragusano.

Per essere definiti correttamente, i modelli concettuali necessitano di una serie di conoscenze, che partono da una semplice descrizione qualitativa delle caratteristiche geologiche e idrogeologiche fino a descrizioni quantitative complesse (compresa la modellizzazione) sulla struttura idrogeologica. Ciò accade per fasi successive e secondo processi iterativi che portano a un progressivo affinamento della conoscenza del comportamento delle falde acquifere.

In questo contesto, è stato analizzato in dettaglio il corpo idrico sotterraneo della "piana di Barcellona-Milazzo", attraverso numerose indagini geofisiche integrate con dati stratigrafici.

Inquadramento geologico

L'area di studio si trova all'interno del complesso dei Monti Peloritani, nella parte nord-orientale della Sicilia (Italia). In particolare, questo complesso rappresenta un elemento importante della *Sicilian Fold and Thrust Belt* (SFTB; Catalano et al., 2013a-b; Gasparo Morticelli et al., 2015), ampiamente affiorante nella parte settentrionale dell'isola. Inoltre, il complesso dei Monti Peloritani rappresenta il settore più elevato della SFTB, sovrapposto tettonicamente al complesso Sicilide, affiorante nei monti Nebrodi adiacenti. Dal punto di vista stratigrafico-strutturale, l'edificio dei Monti Peloritani è costituito da unità tettoniche vergenti verso S-SE, sovrapposte l'una sull'altra, costituite da uno spesso basamento cristallino e da una copertura sedimentaria meso-cenozoica (Giunta e Nigro, 1999; Bello, 2000; Lentini, 2000; Lentini e Carbone, 2014; Basilone, 2018; Cangemi et al., 2018). In particolare, l'area di studio (Fig. 1) è caratterizzata da:

- le Unità dell'Aspromonte e di Mandanici, che costituiscono il basamento metamorfico paleozoico ed il principale elemento geologico del complesso Peloritano;
- i depositi sinorogenici della Formazione di Capo d'Orlando (Oligocene sup. – Miocene inf.), che ricoprono in discordanza le unità metamorfiche;
- l'Unità delle Argille Scagliose Antisicilidi (Cretaceo Sup.), che sovrascorre sopra i terreni della Formazione di Capo d'Orlando ed è a sua volta ricoperta dalle Calcareniti di Floresta (Burdigaliano-Langhiano);
- la successione sedimentaria post-orogenica (dal Miocene medio al Pleistocene tardivo), compresi numerosi depositi terrigeni, evaporitici e marini.

Il corpo idrico sotterraneo della "piana di Barcellona-Milazzo"

Il corpo idrico sotterraneo della "piana di Barcellona-Milazzo" (BMP) è stato identificato nel settore costiero tra il comune di Oliveri, a ovest, e Capo Rasocolmo, ad est. Comprende anche diversi fiumi che nascono più a sud in corrispondenza della dorsale dei Peloritani e sfociano nell'ampia pianura alluvionale di Barcellona-Milazzo (Fig. 1 in alto). Dal punto di vista strutturale, il BMP rappresenta un'ampia depressione tettonica generata da un ampio sistema di faglie, prevalentemente orientato NO-SE e NE-SO (Nigro e Sulli, 1995). Questa depressione tettonica risulta riempita dai depositi marini e alluvionali dell'Olocene, che raggiungono il loro massimo spessore nel settore compreso tra i fiumi Mela e Corriolo (Ferrara, 1999; Cangemi et al., 2018).

Sulla base di numerose analisi e interpretazioni di dati geofisici e geologici, è stata realizzata una sezione geologica lungo la piana alluvionale Barcellona-Milazzo, parallela alla costa (Fig. 1 in basso). I dati geofisici si riferiscono a diversi sondaggi elettrici verticali (S.E.V.), derivati dai rapporti delle indagini CASMEZ e misure sismiche passive (metodo HVSR). Allo stesso tempo, i dati di pozzo forniti dal DRAR (Dipartimento Regionale Acque e Rifiuti), geologi locali e derivati dallo studio di Ferrara (1999), sono stati usati per ricostruire il modello geologico dell'area e per calibrare i dati geofisici. La ricostruzione dello spessore dei depositi marini e alluvionali rappresenta il requisito fondamentale per costruire il modello concettuale di circolazione delle acque sotterranee nella piana di Barcellona-Milazzo.

Modello geofisico e idrologico del corpo idrico sotterraneo della "piana di Barcellona-Milazzo"

Per la ricostruzione del modello del sottosuolo del corpo idrico, sono stati rielaborati e reinterpretati 466 sondaggi elettrici verticali e 72 sezioni sismiche a rifrazione, acquisiti negli anni '70 e '80 (rapporti di indagini CASMEZ). Questi dati sono stati integrati con 50 sondaggi HVSR e 85 pozzi.

Tutti i sondaggi elettrici verticali (SEV) sono stati scansionati e digitalizzati e attraverso l'uso di semplici script Matlab, i dati sono stati riorganizzati in formato ASCII e organizzati in database diversi per ciascun settore cartografico. Le inversioni dei SEV sono state eseguite con il metodo dei minimi quadrati di Gauss-Newton, utilizzando il software ZondIP1D. Le inversioni sono state eseguite cercando di limitare le eterogeneità laterali e usando i dati

stratigrafici dei pozzi come vincoli, dove possibile. Nelle aree caratterizzate da andamenti geologici quasi regolari, è stato utilizzato un algoritmo di inversione 1.5D, in cui lo strato più profondo è stato considerato quasi orizzontale, mentre la parte superiore della sezione ammette variazioni laterali più nitide. In considerazione di ciò, i SEV adiacenti sono stati invertiti a gruppi di almeno tre simultaneamente, attribuendo i pesi maggiori ai punti centrali della curva per il calcolo della discrepanza.

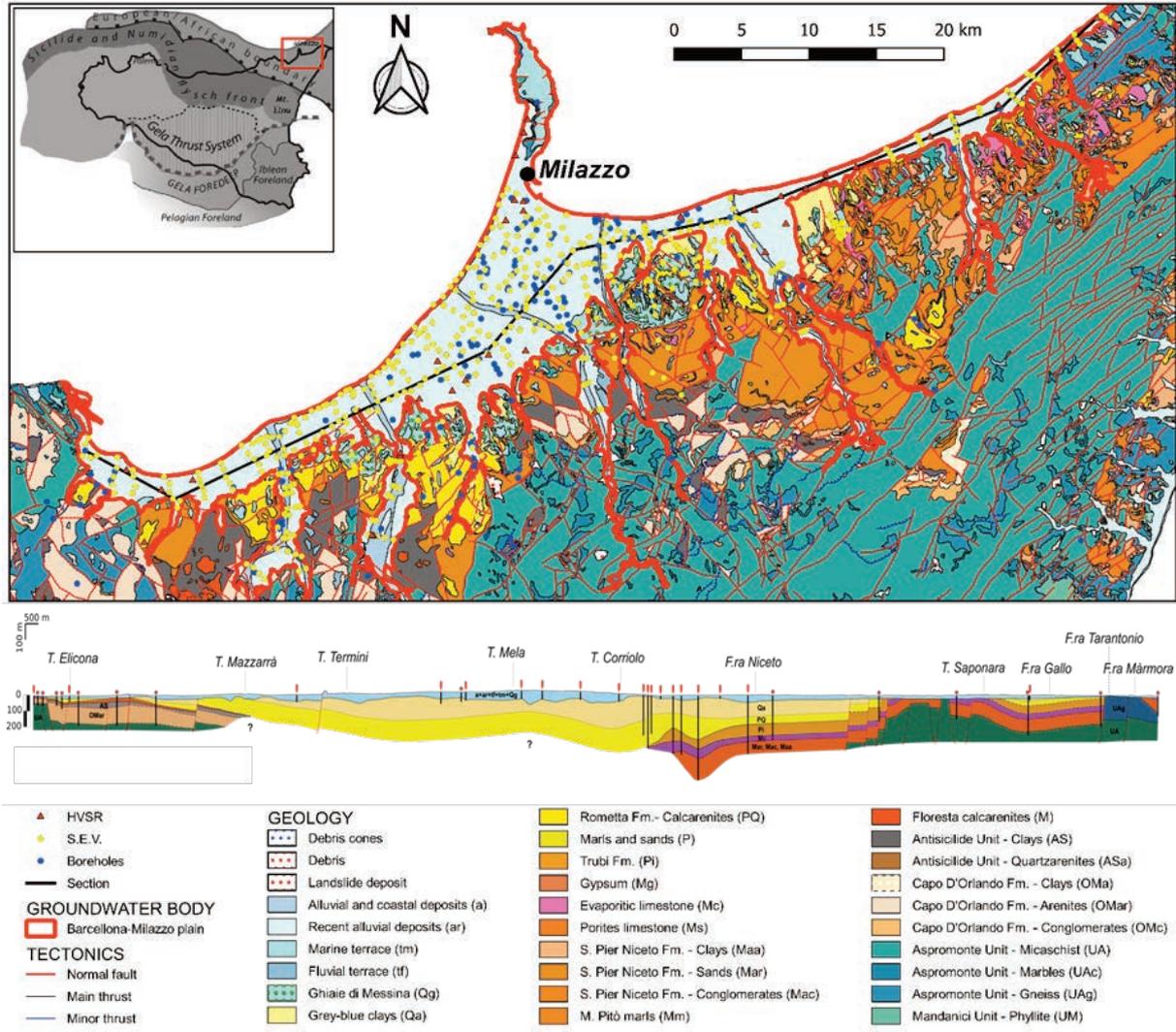


Figura 1 - In alto: Carta geologica dell'area che riporta l'assetto stratigrafico tettonico del complesso dei monti Peloritani (da Lentini, 2000). In basso: sezione geologica nella piana di Barcellona-Milazzo. La scala verticale della sezione è esagerata rispetto a quella orizzontale con un rapporto pari a 5:1.

Il software ZondIP1D ha permesso di ottenere alcune sezioni preliminari di resistività, utili per ottenere l'interpretazione geologica e tracciare sezioni geologiche esplicative. Inoltre, i modelli inversi 1D della resistività elettrica sono stati interpolati, usando il software Voxler (Golden Software), per ottenere una rappresentazione 3D della resistività elettrica (Fig. 2), limitata superiormente dal D.E.M. e inferiormente dalla profondità di indagine raggiunta.

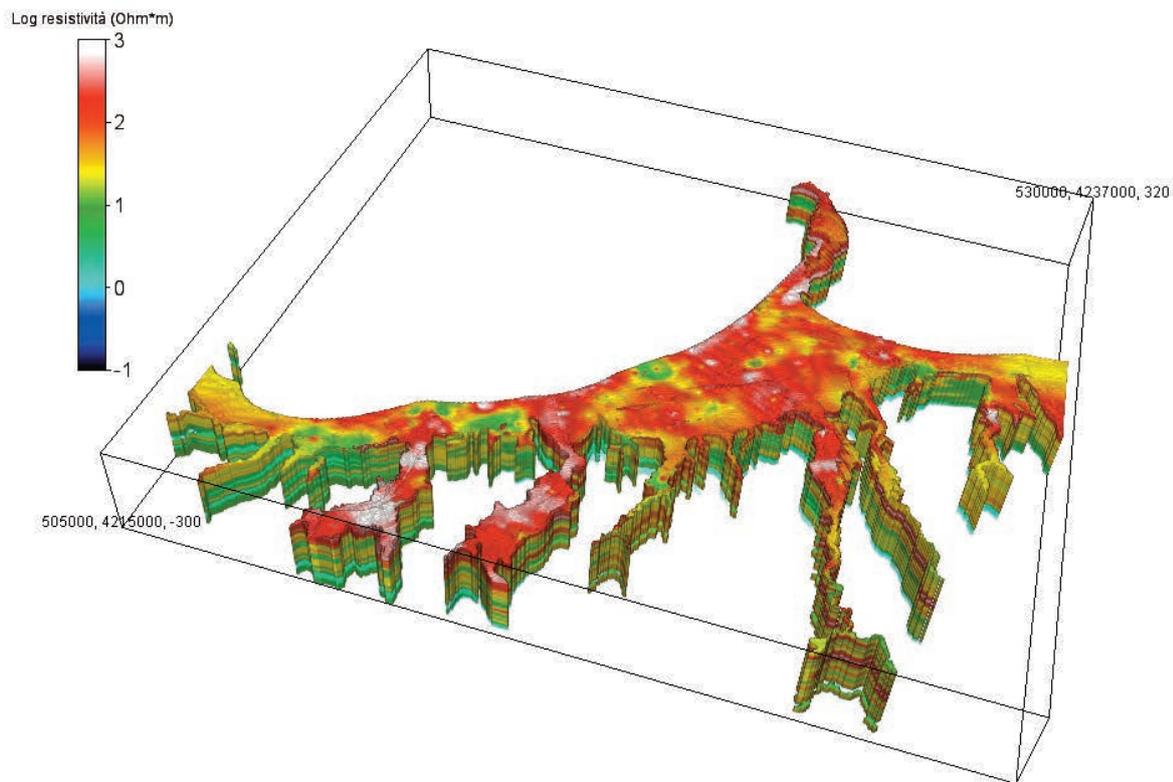


Figure 2 – Modello 3D di resistività elettrica del corpo idrico.

Infine, l'interpretazione geologica di ogni SEV, unita ai dati HVSR e sezioni sismiche di rifrazione sono state integrate con 85 pozzi per ottenere le mappe bidimensionali della profondità dei più importanti livelli stratigrafici. In particolare, è stata ricostruita la superficie delle alluvioni a contatto con il substrato argilloso, che delimita in profondità il corpo idrico (Figura 3). Questo ha permesso di avere una stima del volume del corpo idrico pari a $1,13 * 10^{10} \text{ m}^3$ e di calcolare il modello idrologico. Per eseguire il modello idrologico del corpo idrico sotterraneo della "piana di Barcellona-Milazzo" è stato utilizzato il software MODFLOW.

Solo una porzione del corpo idrico della piana di Barcellona-Milazzo è stata considerata per il calcolo del modello numerico di flusso (Figura 4). L'area è stata discretizzata attraverso una griglia regolare 50 m x 50 m. Lo strato inferiore è stato ottenuto dalla modellizzazione dei dati geofisici. La superficie topologica è stata utilizzata come strato superiore. L'area circostante è stata considerata come area a flusso nullo, mentre la conduttività dell'area considerata è stata considerata in base ai dati di letteratura. La ricarica (piogge) è stata calcolata utilizzando una combinazione di Qgis e strumenti statistici che consentono la correzione delle precipitazioni su una media anno idrologico contro altezza, latitudine e longitudine. Il modello matematico ottenuto è stata infine validato grazie alle quote della superficie piezometrica disponibili dai dati di pozzo.

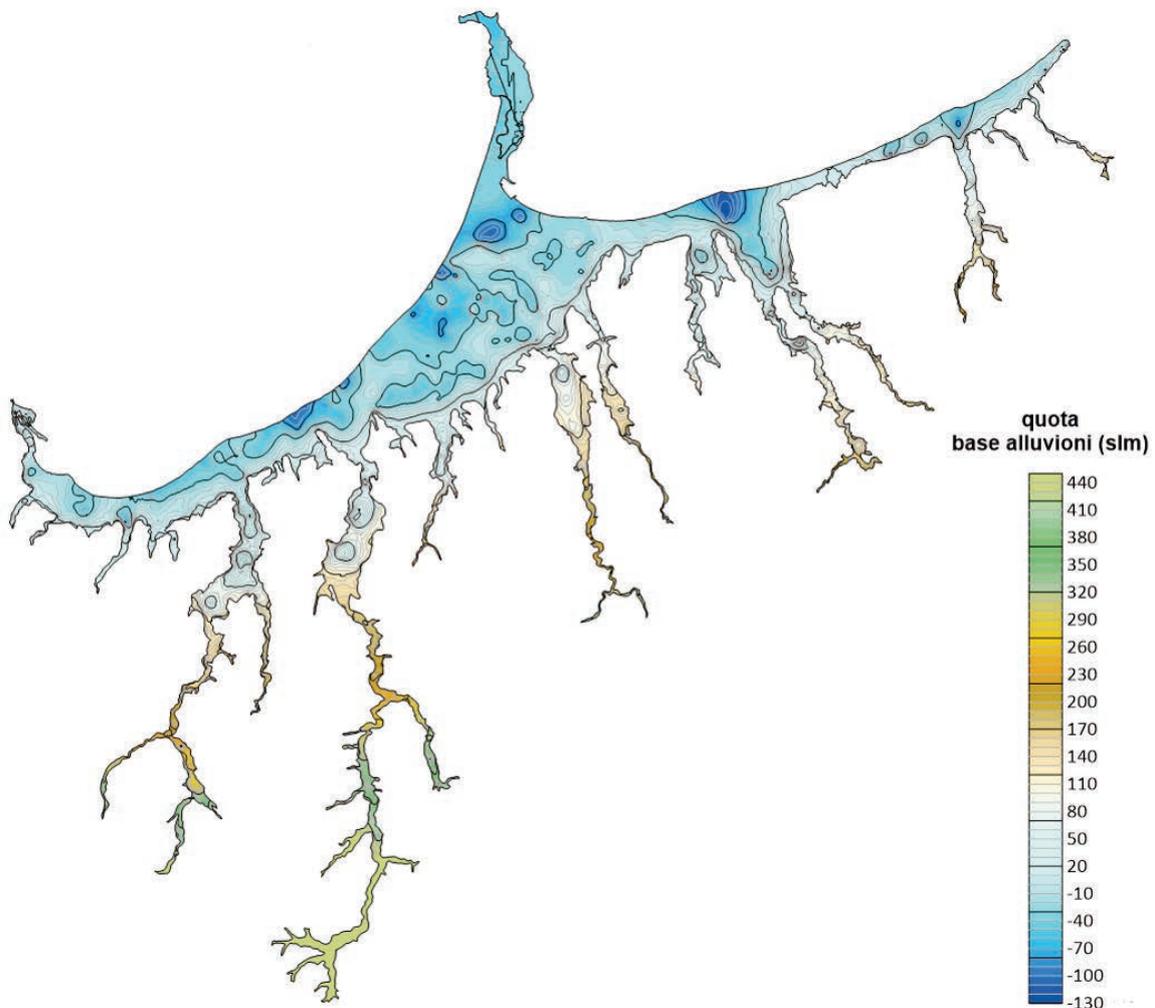


Figura 3 – Superficie di contatto tra le alluvioni e il substrato argilloso, che delimita in profondità il corpo idrico.

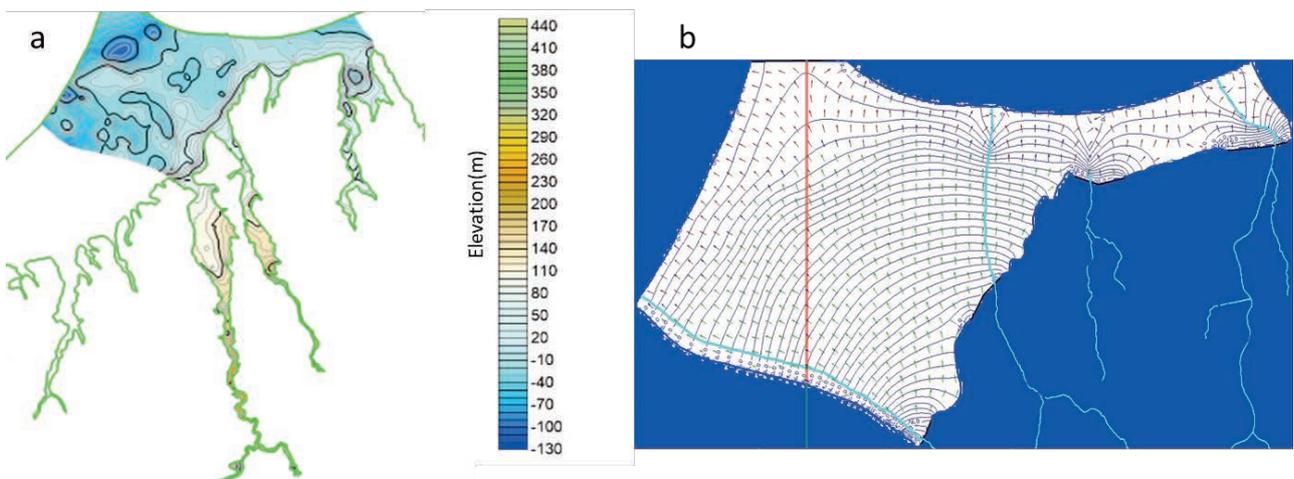


Figure 4 – Quota del substrato argilloso di una porzione del corpo idrico (a sinistra) dove è stato calcolato il modello numerico di flusso (a destra).

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano tutti gli altri partecipanti ai lavori per la convenzione INGV-DAR per il loro contributo: Antonino Granata (DAR), Giuseppe Castrianni (DAR), Luigi Pasotti (DAR), Esterina Gagliano Candela (INGV-Palermo), Claudio Scaletta (INGV-Palermo), Madonia Paolo (INGV-Palermo), Marianna Cangemi (INGV-Palermo), Sabina Morici (INGV-Palermo), Sergio Bellomo (INGV-Palermo), Leo La Pica (INGV-Palermo), Marco Nicolosi (INGV-Palermo), Roberto Di Martino (INGV-Palermo), Maria Grazia Di Figlia (INGV-Palermo), Marcella Perricone (INGV-Palermo), Santino Pellerito (INGV-Palermo), Pietro Di Stefano (Università of Palermo), Pietro Renda (Università of Palermo).

Riferimenti bibliografici

Basilone, L. (2018), "Lithostratigraphy of Sicily", *1st ed.; Springer International Publishing: Berlin/Heidelberg, Germany*, 1-349. ISBN 978-3-319-73941-0.

Bello, M., Franchino, A., Merlini, S. (2000), "Structural model of Eastern Sicily", *Mem. Soc. Geol. Ital.* **55**, 61-70

Cangemi, M., Madonia, P., Albano, L., Bonfardeci, A., Di Figlia, M.G., Di Martino, R.M.R., Nicolosi, M., Favara, R. (2019), "Heavy Metal Concentrations in the Groundwater of the Barcellona-Milazzo Plain (Italy): Contributions from Geogenic and Anthropogenic Sources", *Int. J. Environ. Res. Public Health* **16**, 285.

Catalano, R., Agate, M., Avellone, G., Basilone, L., Gasparo Morticelli, M., Gugliotta, C., Sulli, A., Valenti, V., Gibilaro, C., Pierini, S., (2013a), "Walking along a crustal profile across the Sicily fold and thrust belt", *AAPG International Conference and Exhibition. Post Conference Field Trip Guide*, **5** (2.3), 1-213.

Catalano, R., Valenti, V., Albanese, C., Accaino, F., Sulli, A., Tinivella, U., Gasparo Morticelli, M., Zanolla, C., Giustiniani, M., (2013b), "Sicily's fold/thrust belt and slab rollback: The SI.RI.PRO. seismic crustal transect", *J. Geol. Soc., London*, **170**, 451-464.

Ferrara, V. (1999), "Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi: 14. Vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi dell'area Peloritana (Sicilia Nord-Orientale)", *Quaderni tecniche protezione ambientale, protezione Acque Sotterranee*, **66**, Ed. Pitagora.

Gasparo Morticelli, M., Valenti, V., Catalano, R., Sulli, A., Agate, M., Avellone, G., Albanese, C., Basilone, L., Gugliotta, C. (2015), "Deep controls on foreland basin system evolution along the Sicilian fold and thrust belt", *Bulletin de la Société géologique de France* **186** (4-5), 273-290.

Giunta, G., Nigro, F. (1999), "Tectono-sedimentary constraints to the Oligocene-to-Miocene evolution of the Peloritani thrust belt (NE Sicily)", *Tectonophysics*, **315**, 287-299.

Lentini F. (2000), "Carta Geologica della Provincia di Messina", scala 1:50.000, 3 fogli, S.EL.CA., Ed., Firenze.

Lentini, F., Carbone, S. (2014), "Geologia della Sicilia" – Geology of Sicily. *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.* **XCIV**, 7-414.

Nigro, F., Sulli, A. (1995), "Plio-Pleistocene extensional tectonics in the Western Peloritani area and its offshore (northeastern Sicily)", *Tectonophysics* **252**, 295-305.