

ANTONIO CIMINO¹, ROSARIO ABBATE², ANTONINO OIENI³

¹ Dipartimento di Fisica e Tecnologie Relative dell'Università di Palermo
viale delle Scienze, Edificio 18, 90128 Palermo (e-mail: cimino@unipa.it)

² Circolo Legambiente "Messina"
via dei Verdi, 58 - 98100 Messina (e-mail: rosarioabbate@virgilio.it)

³ Geologo professionista
via Nazario Sauro n. 7, 98070 Castel di Tusa (Me) (e-mail: oieniantonino@estranet.it)

I GEOMORFOSITI DELL'AREA PEDEMONTANA DEI MONTI BILLIEMI (PALERMO): CONTRIBUTI IDROGEOLOGICI E GEOFISICI

SUMMARY

The Mesozoic carbonatic relieves surrounding the Palermo Plain are characterized by notable morphologic structures that belong to the cultural heritage of Sicily. These shapes, relevant to the eustatic Pleistocene oscillations and modelled by the sea, are represented by terraces, seacliffs, wave-cut notches, old shores, karst cavities. They can be considered, for their conformation and appreciable state of conservation, among the most important morphologic outlines in Sicily.

Important karst evidences occur in the foothills of the Billiemi mountainous range, West of the Palermo Plain. The *Montagnola di Santa Rosalia* is a carbonatic isolated block, encircled by steep rock walls; it is recognizable for the wide and marked sea terrace, delimited by high and very sharp seacliffs in which various cavities are developed. The *Contrada Petrazzi* shows also interesting karst features, with the *Grotta della Molara* and the *Grotta del Coniglio Morto*. The *Falesia di Malatacca-Benfratelli*, in the Northern sector of the Billiemi mounts, is characterized by a group of cavities, notably degraded by the human intervention. The whole studied area, remarkably interested by noteworthy morphologic, paleontological and archaeological structures, assumes an important role for the history and the development of the geological and historical events of the Palermo Plain (*Conca d'Oro*). Consequently, in this sector of the town, the *Montagnola di Santa Rosalia* and the *Falesia di Malatacca-Benfratelli* could be classified like *geomorphosites*, namely typical localities with relevant geomorphological features.

In the last twenty years, the activity of rock quarries and the indiscriminate and wild expansion of the peripheries have interested, almost incessantly, the coastal as well as the hilly zones of Palermo. As an example, the presence of a great pit has abruptly interrupted the morphologic continuity of the *Montagnola di Santa*

Rosalia and the *Falesia di Malatacca-Benfratelli*, the protection of which is urgent. This has contributed to hinder the opportune creation of a larger entire area of inestimable naturalistic value. Only the *Contrada Petrazzi* is now protected, by moreover constituting a safeguard example for the above mentioned ruined areas, that appear unfortunately directed towards a dramatic destiny of irreversible degradation. The here discussed localities are included in a research project on the aquifer vulnerability and pollution danger of groundwaters, recently launched out in the metropolitan area of Palermo. Integrated methodologies have contributed to recognize in the investigated area a high hydrogeological risk, completing the deterioration picture of this part of the Palermo area.

INTRODUZIONE

I recenti studi sul rischio idrogeologico d'inquinamento eseguiti nell'area metropolitana di Palermo hanno evidenziato come buona parte del territorio urbanizzato sia sede di un grave deterioramento delle falde idriche, certamente conseguente all'alta vulnerabilità degli acquiferi e alla crescente diffusione di potenziali sorgenti di pericolo di contaminazione delle acque sotterranee. È stato proprio grazie a queste ricerche, cui particolari indagini geofisiche hanno dato un'essenziale integrazione, che è stato possibile eseguire una vera e propria zonazione della Piana di Palermo in settori dove le condizioni dell'ambiente sotterraneo risultavano più o meno a repentaglio.

Di recente, il Dipartimento Regionale Urbanistica dell'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana (D.D.G. 558 del 29/07/2002) ha approvato la nuova *Variante Generale* al P.R.G. di Palermo, la quale vincola in modo definitivo come “ *cose immobili che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale o di singolarità geologica*” (L. 490/99, art. 139 1.a) alcuni siti di interesse speleologico e/o paleontologico (L.R. 77/80) non ricadenti all'interno di aree protette, tra cui anche i luoghi esaminati in questa nota. Per WIMBLEDON *et al.* (1995), “un geosito può essere ogni località, area o territorio dove sia possibile definire un interesse geologico o geomorfologico per la conservazione”. In considerazione del fatto che, tra i fattori geologici e paesaggistici più significativi, sono senz'altro da annoverarsi quelli geomorfologici, che ormai costituiscono beni culturali di grande valenza per la loro spettacolarità, alcuni ricercatori italiani propongono il termine *geomorfosito* per indicare tutti quei geositi in cui il fenomeno morfologico è preminente nell'origine e nell'evoluzione del fenomeno.

Negli ultimi anni, anche in Sicilia sono stati realizzati studi sui geositi (BONFIGLIO *et al.*, 2001). Tra queste località, sono anche da annoverare settori della fascia pedemontana attorno al capoluogo siciliano, pertinenti ai rilievi carbonatici del gruppo montuoso di Billiemi ed, in particolare, al suo versante E. In questi siti, che contornano a W la Piana di Palermo, si sviluppano numerose strutture speleologiche e morfologiche di modellamento marino che, per il loro stato di con-

servazione e conformazione, possono essere considerate di rilevanza scientifica. Per la loro funzione di modello storico e per lo stesso sviluppo degli eventi geomorfologici della *Conca d'Oro*, esse rappresentano senz'altro beni di straordinario interesse culturale, per cui possono essere a pieno titolo considerati *geomorfositi*.

È da rilevare che il capoluogo siciliano, negli ultimi decenni, è stato interessato da un'indiscriminata attività antropica e da una selvaggia espansione edilizia, sia nelle zone costiere pianeggianti, sia in quelle collinari, causando sovente la parziale o totale distruzione anche di questi antichi morfotipi litorali. Nel dettaglio, trattasi della *Montagnola di Santa Rosalia*, della *Contrada Petrazzi* e della *Contrada Malatacca-Bentratelli*, siti caratterizzati da notevoli strutture morfologiche di modellamento marino e carsico, quali grotte e falesie. Qui diverse attività produttive - tra cui molte illegali - sembrano purtroppo minacciare le falesie e le grotte. Malauguratamente, allo stesso modo di numerose altre realtà presenti nelle tante aree metropolitane costiere del Mezzogiorno d'Italia, le risorse ambientali ed i beni culturali subiscono pesantemente le conseguenze del generale e irrazionale sfruttamento del territorio, spesso senza alcun tentativo di recupero da parte degli enti responsabili. Una conferma è data dai risultati dei recenti studi sul rischio idrogeologico degli acquiferi nell'area metropolitana di Palermo, i quali hanno dimostrato - anche attraverso indagini di parametri d'interesse geofisico - che la zona oggetto di questa nota, oltre ad essere considerata altamente vulnerabile per la contaminazione degli acquiferi, presenta una scadente *qualità di base* delle acque sotterranee, le quali si presentano ivi diffusamente degradate. È da aggiungere che sono già state utilmente impiegate metodologie geofisiche per la descrizione di cavità naturali ed artificiali, fornendo uno strumento d'agevole integrazione con le classiche discipline d'esplorazione di beni culturali, quali grotte e ambienti sotterranei d'interesse archeologico (CIMINO *et al.*, 1990).

La presente nota si propone, quindi, di descrivere in dettaglio i citati geomorfositi, riportando anche alcuni studi idrogeologici e geofisici volti alla caratterizzazione del loro stato di rischio ambientale e fornendo, altresì, alcuni suggerimenti per la loro tutela. Gli Autori della presente nota intendono quindi richiamare l'attenzione sull'elevato rischio idrogeologico d'inquinamento cui è sottoposta gran parte dell'area di Palermo, con valori significativamente alti pure in corrispondenza delle falde dei monti che la circondano: questo, nonostante i processi di ricarica e diluizione delle acque sotterranee attraverso il reticolato carsico e di fratturazioni delle limitrofe formazioni calcareo-dolomitiche.

CENNI GEOMORFOLOGICI

La zona investigata, che è compresa nel territorio comunale di Palermo, ricade nel Foglio 249 II NO a scala 1:25.000 dell'Istituto Geografico Militare. La *Montagnola di Santa Rosalia* si trova nel settore più meridionale dei Monti Billiemi: è un rilievo carbonatico di modesta estensione caratterizzato, nella sua porzione

meridionale e orientale, da un'irregolare falesia che in alto termina, all'incirca a quota 161 m, con un caratteristico terrazzo di modellamento marino. A circa un chilometro di distanza in direzione N, dopo una cava di pietrisco, seguono le contrade *Petrazzi* e *Malatacca-Benfattratelli*, che si estendono a monte degli abitati periferici palermitani rispettivamente di *Cruillas* e di *San Lorenzo*.

Il territorio in esame è geologicamente compreso nella regione definita in letteratura come *Monti di Palermo*. Questo complesso, unitario per la collocazione geografica e le peculiarità geologiche, è composto da una struttura a falde di ricoprimento che ha trascinato sedimenti, appartenenti in origine a diverse aree paleogeografiche, ad un contatto diretto o ad accavallarsi tra loro. Nel dettaglio, i rilievi dei Monti Billiemi sono costituiti prevalentemente da terreni carbonatici mesozoici derivanti dalla deformazione della *Piattaforma Carbonatica Panormide* (CATALANO *et al.*, 1982), mentre il loro settore orientale pedemontano, con l'area pianeggiante di *Contrada Castellana*, sono caratterizzati rispettivamente dal *Flysch Numidico* e dalle alluvioni antiche di età olocenica. Le calcareniti bioclastiche pleistoceniche, che rappresentano il litotipo più diffuso della Piana di Palermo, si sviluppano estesamente alla base degli irti rilievi (Fig. 1).

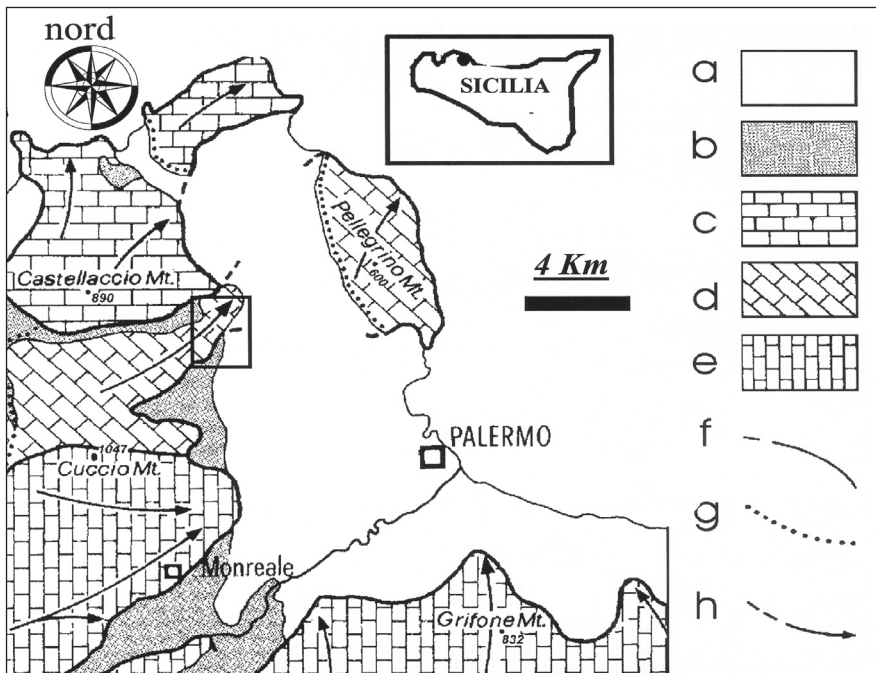


Fig. 1 - Schema di sintesi geologico e idrostrutturale della Piana di Palermo. a: calcareniti e sabbie (*Pliocene-Quaternario*); b: *Flysch Numidico* (*Terziario*); c, d, e: calcari e dolomie (*Mesozoico*): della *Piattaforma Panormide* (c), della scarpata della *Piattaforma Panormide* (d), del *Bacino Imerese* (e); f: principali linee tettoniche; g: probabili spartiacque sotterranei; h: principali direzioni di scorrimento delle acque sotterranee (da CIMINO and ANDOLINA, 2002a). L'area in studio è compresa nel riquadro ombreggiato.

Molti dei sistemi montuosi che delimitano la pianura quaternaria di Palermo mostrano numerose tracce morfologiche (*terrazzi, falesie, solchi di battente, grotte, marmitte, ecc.*), le quali documentano la presenza di antiche linee di riva attestanti le diverse fasi di emersione della regione. La Sicilia, infatti, durante il Pleistocene, era in gran parte sommersa e sede di un'energica attività di sedimentazione marina. Questi morfotipi costieri, che per le peculiari condizioni di conservazione e conformazione possono essere stimati tra i maggiori dell'intera isola, risultano dominanti lungo la base dell'intera falesia, corrispondente all'incirca alla linea di riva di quota 90-100 m. In base alle attuali conoscenze sul Quaternario della Sicilia Occidentale, è verosimile che queste linee di riva siano di età post-siciliana, periodo in cui le principali vicissitudini tettoniche dell'isola sono sostanzialmente esaurite ed in cui inizia un'articolata fase di sollevamenti - anche molto rapidi - che raggiungono, e a volte superano, il metro per mille anni (ABBATE, 1981; CATALANO *et al.*, 1982).

Negli affioramenti carbonatici dell'area in esame, il carsismo epigeo è essenzialmente rappresentato dalla presenza di diffusi *karren* liberi, semilibri o coperti (scannellature, vaschette, solchi, crepacci, fori). Più in generale, nei terreni derivanti dalla deformazione della Piattaforma Panormide, si possono riconoscere e classificare vari tipi di cavità: una prima tipologia è caratterizzata da grotte la cui morfologia è espressamente connessa alle vicende tettoniche, ed in cui le discontinuità primarie (*faglie e diaclasi*) danno luogo alle principali direttrici speleogenetiche; una seconda tipologia è evidenziata da grotte (Fig. 2 e Tab. 1), nelle quali la morfologia carsica ha quasi del tutto obliterato le primarie morfologie tettoniche (ABBATE *et al.*, 1989). Nell'area investigata tutte le cavità, eccezion fatta per la *Grotta Biondo* tipi-

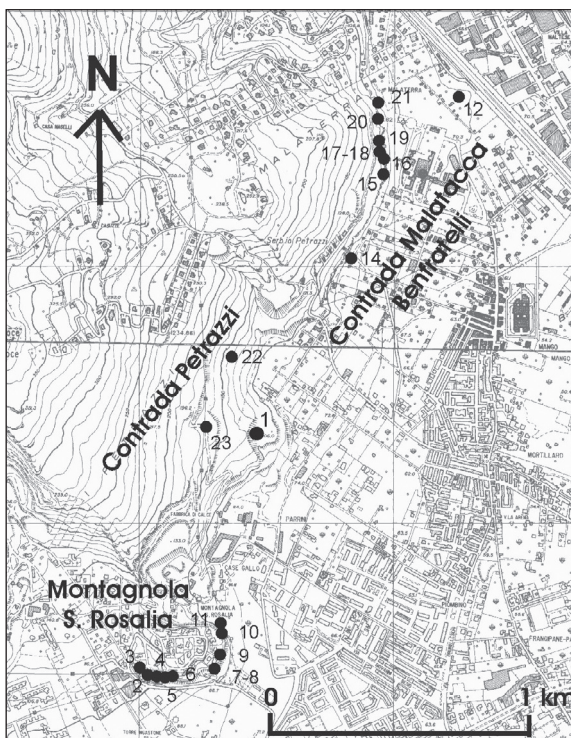


Fig. 2 - Stralcio topografico (vedi riquadro in Fig. 1) con l'ubicazione delle grotte ricadenti nei tre geomorfositi dell'area in esame, con riferimento alla Tab. 1.

Tab. 1 - Elenco catastale delle principali cavità del settore orientale dei Monti Billiemi (Palermo) (MANNINO, 1986; MESSANA and PANZICA LA.MANNA, 1994; MANNINO and ZAVA, 1994).

N. Catasto PA N.	Nome	Località	Tavoletta I.G.M.	Coordinate geografiche		Coordinate Gauss-Boaga		Quota (m s.l.m.)	Sviluppo (m)
				Longitudine	Latitudine	N	E		
1	53 Grotta della Molara	Contrada Petrazzi	249 II NO	00°51'10" E	38°08'45" N	4223423,0	2371476,6	90	100
2	125 Grotta dei Porci	Montagnola S. Rosalia	249 II NO	00°50'53" E	38°08'11" N	4222382,5	2371043,6	100	30
3	126 Grotticina	Montagnola S. Rosalia	249 II NO	00°50'51" E	38°08'12" N	4222414,3	2370995,4	110	13
4	135 Tana	Montagnola S. Rosalia	249 II NO	00°50'54" E	38°08'11" N	4222382,1	2371088,0	125	7
5	136 Grotta del Bovide	Montagnola S. Rosalia	249 II NO	00°50'55" E	38°08'11" N	4222381,6	2371092,3	125	6
6	137 Riparo delle Vacche	Montagnola S. Rosalia	249 II NO	00°50'56" E	38°08'11" N	4222381,2	2371116,6	125	18
7	139 Grotticina	Montagnola S. Rosalia	249 II NO	00°51'03" E	38°08'12" N	4222408,9	2371287,6	125	12
8	140 Grotta Santa Rosalia	Montagnola S. Rosalia	249 II NO	00°51'03" E	38°08'12" N	4222408,9	2371287,6	100	53
9	141 Grotta dell'Olivella	Montagnola S. Rosalia	249 II NO	00°51'04" E	38°08'14" N	4222470,1	2371313,1	100	45
10	143 Grotta della Sorgente	Montagnola S. Rosalia	249 II NO	00°51'04" E	38°08'17" N	4222562,6	2371314,8	100	10
11	144 Fessura	Montagnola S. Rosalia	249 II NO	00°51'04" E	38°08'18" N	4222593,4	2371315,3	100	10
12	170 Grotta Biondo	Malatacca	249 II NO	00°51'41" E	38°09'26" N	4224673,1	2372254,2	70	165
13	171 Grotta di Mezzo	Malatacca	249 II NO	00°51'20" E	38°09'01" N	4223911,8	2371729,1	85	27
14	172 Grotta Parisi	Malatacca	249 II NO	00°51'24" E	38°09'05" N	4224033,3	2371828,7	85	5
15	173 Grotta Trabucco	Sanatorio Cervello	249 II NO	00°51'29" E	38°09'16" N	4224370,1	2371956,6	85	21
16	174 Riparo	Sanatorio Cervello	249 II NO	00°51'29" E	38°09'18" N	4224431,8	2371957,7	85	3
17	175 Grotta Benfratelli	Sanatorio Cervello	249 II NO	00°51'28" E	38°09'19" N	4224463,1	2371933,9	80	8
18	176 Grotticina in parete	Sanatorio Cervello	249 II NO	00°51'28" E	38°09'19" N	4224463,1	2371933,9	85	14
19	177 Fessura Malatacca	Malatacca	249 II NO	00°51'28" E	38°09'20" N	4224493,9	2371934,5	85	11
20	178 Grotta Tedesco	Malatacca	249 II NO	00°51'28" E	38°09'23" N	4224586,4	2371936,1	85	21
21	179 Grotta dei Porci	Malatacca	249 II NO	00°51'28" E	38°09'25" N	4224648,0	2371937,3	80	12
22	181 Grotta degli Spiriti	Contrada Petrazzi	249 II NO	00°51'05" E	38°08'52" N	4223641,0	2371358,8	130	90
23	182 Grotta dei Pietrazzi	Contrada Petrazzi	249 II NO	00°51'01" E	38°08'43" N	4223365,4	2371256,4	160	180

camente di origine carsica, sono state modellate dal mare. In base agli studi più recenti (CICOGLIA *et al.*, 2003), in riferimento alla loro genesi ed evoluzione, si distinguono le seguenti tipologie di cavità: *grotte continentali di ingressione marina*, a loro volta distinte in origine tettonica o carsica, e *grotte marine s.s.*

IL GEMORFOSITO MONTAGNOLA DI SANTA ROSALIA

La *Montagnola di Santa Rosalia* (in passato citata come *Montagnola di S. Elia*), che si alza isolata e delimitata da ripide pareti rocciose, anticamente era un piccolo promontorio, circondato da scoscese falesie per tre lati e dall'altro unito da un dolce pendio al retrostante costone di *Gibilformi*, che si contraddistingue per un ampio e marcato terrazzo marino che digrada verso E da una quota media di 150 m a quella di 120 m circa (Fig. 3).

Nelle falesie (Fig. 4), che si presentano strapiombanti e ben levigate, si sviluppano solchi di battente, fori praticati nella roccia da molluschi litofagi, marmite,



Fig. 3 - *Montagnola di Santa Rosalia*.

vaschette, varie microforme di corrosione e cavità di notevole interesse morfologico, paleontologico e archeologico. I solchi di battente, che hanno profondità ed altezze variabili da zona a zona, non sempre si presentano ben incisi: a volte sono addirittura assenti per la mancanza di pareti idonee al loro scolpimento, oppure cancellati dall'erosione delle acque dilavanti. In alcuni casi sulle pareti, che presentano un grado di ossidazione molto elevato, si possono osservare incrostazioni carbonatiche e travertinose originate dall'azione chimica delle acque successivamente all'emersione.



Fig. 4 - *Montagnola di Santa Rosalia*. Falesia e morfologie di erosione marina.

Anche sulla superficie del terrazzo marino della *Montagnola di Santa Rosalia* si sviluppavano interessanti fenomeni d'erosione marina e di carsismo epigeo, in parte obliterati dalle tante costruzioni residenziali. Il carsismo superficiale è qui rappresentato soprattutto da microforme (scannellature, vaschette di corrosione, fori di dissoluzione). Qui si aprono numerose grotte dall'andamento prevalentemente sub-orizzontale (Tab. 1), situate lungo fratture della roccia e correlate a direttrici tettoniche, grotte nelle quali l'erosione marina ha esercitato un ruolo primario nella formazione degli ambienti: ciò è attestato, in modo eloquente all'interno delle cavità, sia dai numerosi fori di organismi litofagi, sia dai ben marcati solchi di battente e dalla particolare levigatura delle pareti. Gli ambienti ipogei sono caratterizzati dall'assenza di circolazione d'acqua e di concrezioni; di norma, il pavimento è costituito alternativamente dalla roccia viva, da crostoni stalagmitici o da detriti rocciosi, mentre la presenza di depositi fossiliferi è limitata a due delle cavità esistenti.

In generale, è da evidenziare che l'ingresso a molte di queste grotte è impossibile o, comunque, reso estremamente difficoltoso. Questo perché le stesse aree demaniali in cui esse insistono sono state chiuse, nell'ultimo decennio, con recinzioni e cancelli (Fig. 5) ed occupate abusivamente per lo svolgimento di attività non autorizzate (pollai, depositi di materiale edile, ecc...). Fenomeni, questi, che sembrano costanti in molte cavità dell'isola non sottoposte a razionale tutela, qua-

si a conferma di una loro fruizione assolutamente casuale e con la prospettiva di un progressivo e definitivo abbandono delle stesse, con ardue possibilità di recupero. Tale quadro assolutamente sconsolante è definitivamente aggravato dall'assoluta contiguità al centro abitato, che contribuisce ad accelerare e rendere imminente la distruzione definitiva di questi morfotipi. Com'era lecito attendersi, quasi tutte le cavità sono prive del loro deposito antropozoico; nel *talus* sono state rinvenute parti d'ossa fossilizzate non determinabili, frammiste a sporadici frammenti di strumenti e schegge di selce e ossidiana, nonché a cocci di terracotta ad impasto e di ceramica (MANNINO, 1962, anche per il seguito).

Nel versante SE della *Montagnola di Santa Rosalia* è ubicata la *Grotta di S. Rosalia* (Si, PA 140),

un ambiente sotterraneo particolarmente ampio se confrontato con gli altri ipogei della zona: è infatti lungo 53 m, largo in media 10 m ed alto da 5 a 7 m. In questa grotta, la presenza di fossili di mammiferi è stata testimoniata da ALESSI (1833) con la scoperta di "Ossa dei Giganti". Successivi scavi (FABIANI, 1928; VAUFREY, 1929) hanno consentito di trovare resti di *Elephas mnaidriensis* e di *Hippopotamus pentland*.

Più ad W, a circa venti metri di distanza dalla *Grotta di S. Rosalia*, si apre la cosiddetta *Grotticina* (Si, PA 139), costituita da un corridoio lungo quasi 12 m ed alto circa 2 m, caratterizzato da un solco di battente che dalla parete sinistra si prolunga più o meno in continuità verso l'interno. Tra le due cavità, è da notare una piccola parete costituita da una tenace breccia rossa, in cui era tra l'altro visibile un dente di elefante, non estraibile a causa della forte cementazione. Sempre nello stesso versante, si aprono il *Riparo delle Vacche* (Si, PA 137) e la *Grotta del Bovide* (Si, PA 136): il primo presenta uno sviluppo complessivo di circa 18 m, mentre la seconda è costituita da un vano a pianta pressappoco circolare dal diametro di circa 4 m. Di recente, all'interno della *Grotta del Bovide* è stato possibile osservare una conca di acqua sporca, profonda all'incirca 40 cm, originata dalla percolazione di acque reflue verosimilmente provenienti da una villa ubicata in alto sul terrazzo marino. La *Grotta dell'Olivella* (Si, PA 141), che presenta uno sviluppo di circa



Fig. 5 - *Montagnola di Santa Rosalia*. Cancellone di ferro abusivo che impedisce l'accesso alla *Grotta di Santa Rosalia*.

45 m, è una delle due grotte più ampie presenti nella Montagnola. Nei depositi di questa cavità, nota sin dal 1859 (ANCA, 1860), sono stati segnalati frammenti di *Elephas (loxodon) africanus* (ANCA and GEMMELLARO, 1867), di *Elephas mnaidriensis* e di *Hippopotamus pentland* (FABIANI, 1928; VAUFREY, 1929).



Fig. 6 - Montagnola di Santa Rosalia. Incisioni parietali e figura di un ruminante del Paleolitico Superiore (*Grotta del Bovide*).

In quattro delle grotte della Montagnola sono state scoperte ben 266 incisioni parietali risalenti al Paleolitico Superiore, di cui 120 solo nella *Grotta di S. Rosalia*: si tratta di semplici linee, di norma verticali, eccezionalmente un po' sinuose, lunghe da qualche centimetro a 40 cm. Sempre in quest'ultima cavità, di recente, è stata segnalata la presenza di due figure antropomorfe dipinte con ocre rosse, verosimilmente di età neolitica. Nella *Grotta del Bovide* è inoltre rappresentata una figura del ruminante, raffigurato di profilo con la testa rivolta a sinistra; dell'animale resta solo una parte del profilo della testa e del dorso, in quanto il resto del corpo sembra sia andato distrutto per la rottura della roccia (Fig. 6).

Alla fine degli anni '70 sono venuti alla luce, nella *Grotta della Sorgente* (Si, PA 142), alcune probabili iscrizioni in caratteri punici e dei disegni a carbone raffiguranti un pesce ed un'imbarcazione.

IL GEOMORFOSITO CONTRADA PETRAZZI

Come detto, la *Contrada Petrazzi*, dove ricade la *Grotta della Molarà*, dista poco più di 1 km dal sito prima descritto. Le due aree sono separate da una cava di pietrisco: è incomprensibile come, tuttora, possano coesistere aree di pregevole valore naturalistico con un'attività di norma distruttrice dell'ambiente. Il carsismo superficiale è qui rappresentato soprattutto da abbondanti microforme, spesso ben incise e marcate. Per MANNINO (1975) quest'ambiente epigeo "è un paesaggio carsico spettacolare, forse il più bello dell'Isola: una selva di rocce aguzze, costolate, corrose; scogli di un mare salito fin quassù circa un milione di anni fa; è un monumento di selvaggia bellezza".

In *Contrada Petrazzi* si aprono, oltre alla *Grotta della Molarà* (Si, PA 53) propriamente detta, la *Grotta dei Pietrazzi* o *del Coniglio Morto* (Si, PA 182) e la *Grotta degli Spiriti* (Si, PA 181). La *Grotta della Molarà* (Fig. 7), ubicata all'incirca a quota 90 m, è composta nella parte iniziale da un vastissimo antro esterno

che si estende per un'ampia superficie di oltre 500 m², nelle cui lisce pareti sono incisi solchi di battenti e fori di litodomi. All'interno la cavità, che si presenta molta ricca di speleotemi, è formata da un unico e grande salone, alquanto articolato per la presenza di diverse frane e di un suolo ricco di argille fangose.



Fig. 7 - *Grotta della Molara*. Il vasto antro d'ingresso.

La *Grotta dei Pietrazzi*, che si apre a quota 160 m, è un ipogeo dall'andamento

prevalentemente orizzontale, riccamente e sfarzosamente concrezionato, che si suddivide in una sequenza di ambienti di crollo impostati su una spaccatura inclinata, cosparsi di grossi blocchi in assetto caotico (ANGELINI, 1999).

Gli ipogei dei *Petrazzi*, intorno agli anni '50/'60, rischiarono di essere completamente distrutti per i lavori di una limitrofa cava di pietrisco; in quegli anni, la sensibilizzazione da parte di speleologi locali contribuì provvidenzialmente all'emanazione del Decreto Presidenziale 18/6/1986, che dichiarava la *Grotta della Molara* di "notevole interesse pubblico" ed avviava l'iter per acquisirla al Demanio, simultaneamente vietando nel contiguo territorio qualsiasi attività estrattiva. Dal 1997 l'area è definitivamente tutelata con l'istituzione, da parte della Regione Siciliana, di un Riserva Naturale estesa 40,2 ha.

Profondi scavi, eseguiti nel 1968 e nel 1975 all'interno della *Grotta della Molara*, hanno messo in luce una serie di culture della preistoria siciliana che vanno dall'Età del Ferro agli inizi di quella del Bronzo; al fondo della trincea, a circa 6 m di profondità, è stato trovato un molare di individuo giovane di *Elephas mnai-driensis* (MANNINO, 1975). Nei livelli archeologici, in particolare, sono state scoperte tre sepolture ad inumazione del Mesolitico (V-VI millennio a.C.), con scheletri ben conservati, attribuibili dalle caratteristiche fisiche all'*Homo sapiens sapiens* del tipo europeo di *Cro Magnon*. Uno degli scheletri di quest'importante zona archeologica, che ne fanno una delle più antiche necropoli d'Italia, è stato sottoposto a datazione assoluta con il metodo della racemizzazione degli amminoacidi, offrendo l'indicativa età di 8.600 ± 100 anni.

IL GEMORFOSITO MALATACCA-BENFRATELLI

A N di Contrada Petrazzi e ad una quota media di 80-85 m, si sviluppa la *Falesia di Malatacca-Benfratelli*, che presenta mediamente un'altezza di 20 m ed in cui si

aprono nove piccole cavità di modellamento marino, descritte da MANNINO and ZAVA (1994, *anche per il seguito*). Anche in questa falesia, che per tutta la sua lunghezza è sovrastata da un terrazzo marino, si sviluppano singolari morfologie d'erosione marina. Nel *talus* della *Grotta di Mezzo* (Si, PA 171), che si apre a quota 82 m e si sviluppa per circa 27 m, attualmente del tutto svuotato del deposito antropozoico, nel 1831 l'abate Domenico Scinà raccolse resti di ippopotamo; recentemente, in queste cavità sono state rinvenute ossa umane e frammenti ceramici del IV secolo a.C.

La *Grotta Benfratelli* (Si, PA 175), che si apre al margine di un'antica e piccola cava di calcare, è lunga appena 8 m e presenta dei lembi di terra rossa che nella parete di fondo raggiungono anche 1,4 m di altezza. La cavità, conosciuta sin dal 1830 ed oggetto d'indagine da parte di diversi studiosi (SCINÀ, 1831; PENTLAND, 1832; ANCA and GEMMELLARO, 1867; VAUFREY, 1929), ha fornito resti di elefante, ippopotamo, orso, bue, cervo, capra e antilope. Anche la cosiddetta *Fessura Malatacca* (Si, PA 177), dall'ingresso a profilo all'incirca quadrato che introduce in un ambiente concrezionato di origine tettonica, ha restituito numerosi reperti fossiliferi di età pleistocenica. Tutta l'area è attorniata da diverse strutture urbanistiche (strade, ville, manufatti di varia natura, reticolati, muri), che di fatto limitano l'ingresso al sito e ne compromettono la corretta fruizione.

Sempre nella stessa zona, ma in sedimenti calcarei che si estendono in pianura, si apre la *Grotta Biondo* o *Grotta dello Zubbio* (Si, PA 170). La cavità, conosciuta dal 1743 e riapparsa nel 1974 durante la costruzione dell'autostrada Palermo - Mazara del Vallo, è costituita da un unico ambiente che si sviluppa per 165 m in senso prevalentemente orizzontale (MANNINO, 2002). La grotta, che all'interno si presenta incredibilmente ricca di concrezioni, rischiava di essere distrutta dalle opere viarie sopra citate, ma provvidenzialmente è stata sottoposta a tutela come *bene naturale* dalla Regione Siciliana e definitivamente acquisita al Pubblico Demanio.

CONTRIBUTI INTEGRATI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMBIENTALE NEL SETTORE PEDEMONTANO DEI MONTI BILLIEMI

Da quanto sopra esposto sulle condizioni di degrado in questa fascia pedemontana orientale dei Monti Billiemi, si è visto come risorse culturali e ambientali di tale pregio siano sottoposte ad elevato rischio per quanto riguarda la loro stessa sopravvivenza. Si sono addirittura osservate, all'interno delle stesse cavità, acque luride, verosimilmente per l'estesa urbanizzazione al di sopra di esse. Non è, pertanto, da meravigliare se anche le acque sotterranee in tali settori pedemontani possono essere coinvolte nel complessivo processo d'inquinamento ambientale. È, del resto, oramai ben noto come l'intensa antropizzazione dell'intera fascia metropolitana del Palermitano, allo stesso modo della gran parte delle aree costiere della nostra penisola, si sia molto accresciuta in questi ultimi decenni, con un irragionevole sfruttamento degli acquiferi. Quello di Palermo può essere definito peraltro un esempio significativo di abbandono delle

risorse idriche più pregiate, quelle sotterranee, ormai oggetto di un pesante deterioramento. Si è anche assistito, però, ad una loro parziale ricarica nel tempo e ad un lento ritorno ai livelli di contaminazione preesistenti (ANDOLINA *et al.*, 2003), rendendone quanto mai attuale la riconsiderazione per usi anche non convenzionali.

Il contributo della cartografia di vulnerabilità e di qualità delle acque sotterranee

Il rischio d'inquinamento delle risorse idriche sotterranee (R.I.S.) dell'intera Piana di Palermo ha ricevuto numerosi contributi, come testimoniato, ad esempio, dalla mappa di vulnerabilità intrinseca SINTACS (Fig. 8) (CIMINO *et al.*, 2000), la quale evidenzia l'alto grado che questo importante elemento di pianificazione territoriale assume proprio nell'area dei Monti Billiemi (nel riquadro in figura). SINTACS, com'è noto (CIVITA and DE MAIO, 2000), è un sistema che prende in considerazione un gruppo di fattori strettamente condizionanti, anche se in varia misura, la vulnerabilità di un acquifero all'inquinamento. A questi elementi, tutti d'evidente e rigorosa pertinenza idrogeologica, vengono assegnati punteggi e pesi dipendenti dalla loro valenza nel territorio indagato. È significativo come anche nell'area in esame le R.I.S. possano ritenersi ugualmente deteriorabili, pur

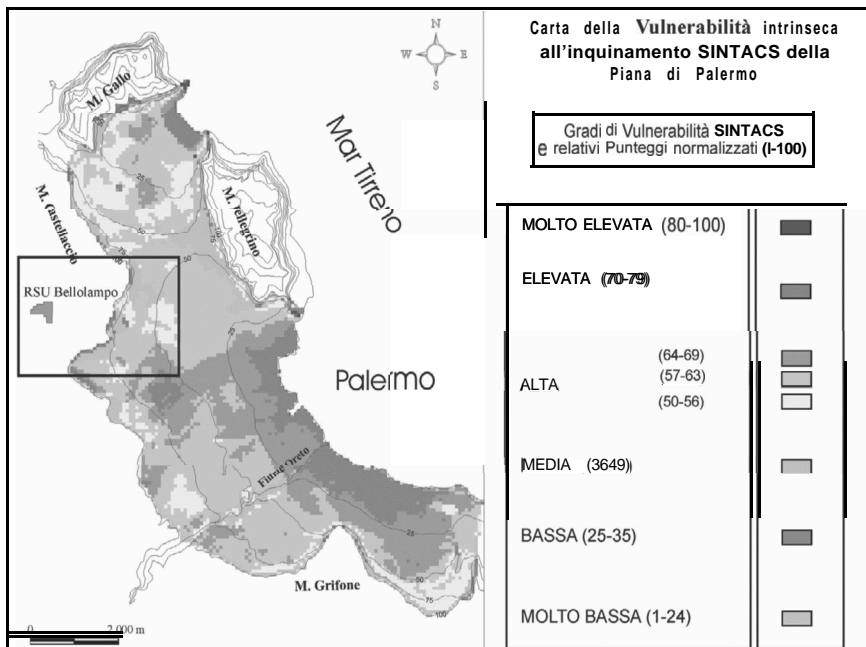


Fig. 8 Carta della vulnerabilità intrinseca SINTACS per la Piana di Palermo (CIMINO *et al.*, 2000). Nel riquadro è messa in evidenza l'area di Billiemi.

in presenza di importanti ricariche da monte. A conferma di ciò, la loro *qualità di base*, cartografata in più fasi successive (ADORNI *et al.* 1997; ANDOLINA *et al.*, 2001) per rappresentare l'evoluzione dello *stato di salute* delle falde idriche dell'intera Piana di Palermo, consente proprio di classificare qui le acque sotterranee come generalmente scadenti (Fig. 9).

Si ricorda che le cartografie presentate sono state elaborate in ambiente GIS a seguito di successivi censimenti di punti d'acqua e di redazione di *database* georeferenziati contenenti le informazioni idrogeologiche e geochimiche relative

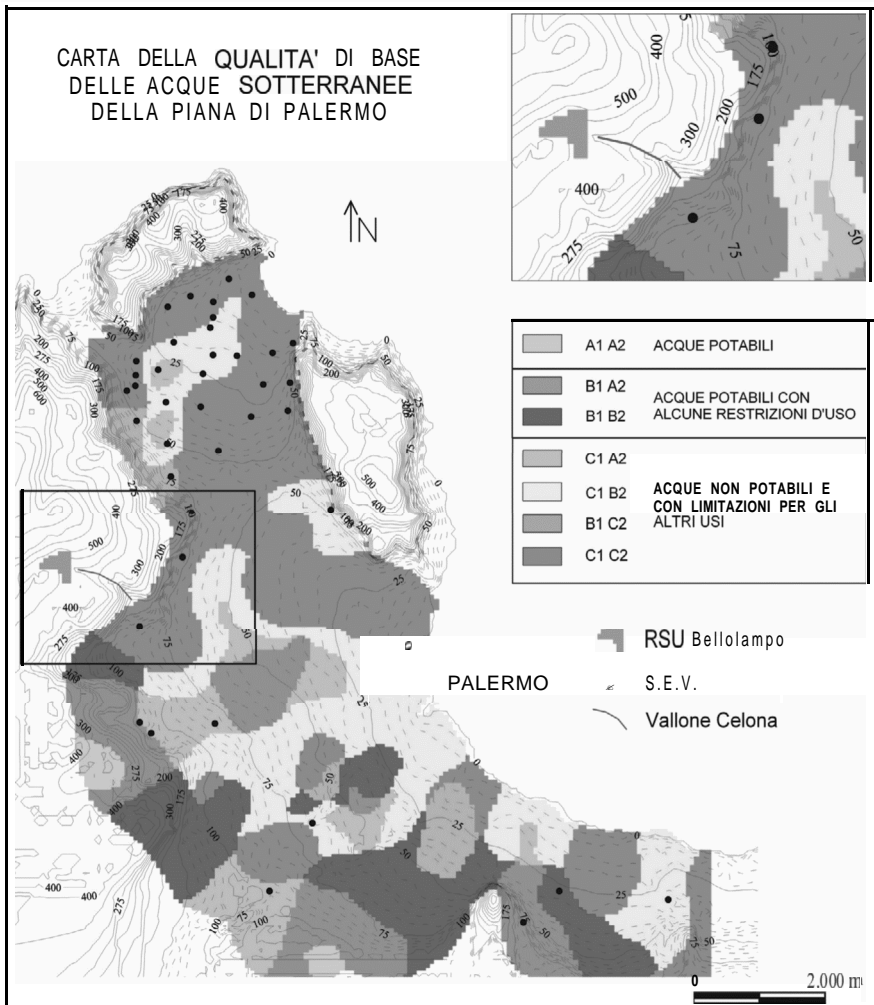


Fig. 9 Carta della qualità di base delle acque sotterranee della Piana di Palermo, secondo il DPR 236/88 (ADORNI *et al.*, 1997, *mod.*). Nel riquadro è ancora indicata l'area di Billiemi, assieme alla vicina discarica RSU di Bellolampo ed al canale Celona. Sono anche ubicati i sondaggi elettrici verticali.

a pozzi ed acque campionate. Queste, peraltro, sono state sottoposte ad analisi e adeguatamente rappresentate nelle mappe citate - seguendo peraltro i dettami delle legislazioni vigenti - con riferimento ad un gruppo di particolari parametri chimico-fisici. In particolare, sono stati presi in considerazione la durezza totale, la conducibilità, i tenori in solfati, cloruri e nitrati e la presenza di ferro, manganese e ammonio; parametri, questi, tutti particolarmente indicativi per una prima classificazione delle acque da utilizzare per scopi potabili, nonché per definire l'eventuale presenza di inquinanti. I relativi valori sono suddivisi in intervalli, definiti in base ai valori guida (*VG*) ed alla concentrazione massima ammissibile (*CMA*) stabiliti - come detto sopra - dalla legge.

Il contributo della geofisica

Un ruolo essenziale nella determinazione del rischio idrogeologico d'inquinamento nella Piana di Palermo è rappresentato dalla geofisica, che - attraverso la determinazione della distribuzione di parametri fisici caratterizzanti gli acquiferi quali la resistività apparente - ha integrato nell'intera piana le informazioni sulla soggiacenza, sulle caratteristiche litologiche della porzione non satura dell'acquifero e sulla stessa qualità delle R.I.S., parametri tutti implicati nel concetto di rischio idrogeologico all'inquinamento. In dettaglio, l'esecuzione di Sondaggi Elettrici Verticali (S.E.V., vedi Fig. 9), assieme alla loro interpretazione secondo modelli idrogeologici ben definiti, ha contribuito alla valutazione non soltanto dei citati parametri, ma anche delle complessive potenzialità e qualità degli acquiferi, in particolare nell'identificare i processi d'inquinamento della falda da intrusione marina e nel precisare le caratteristiche geometriche dell'acquifero superiore. È stato in più occasioni mostrato (CIMINO *et al.*, 1987) come la geofisica possa supplire alla carenza, per l'ineguale distribuzione dei punti d'acqua, di dati geometrici e litologici dell'acquifero. In questi casi, i procedimenti d'inversione dei diagrammi di resistività apparente hanno fornito notizie essenziali sulla soggiacenza, sulle porzioni satura e non satura dell'acquifero e, inoltre, sulla qualità delle R.I.S. come condizionata dai processi di sovrasfruttamento costiero e dalla conseguente intrusione marina.

Un esempio di quanto detto è rappresentato dalla prima cartografia di sintesi, prodotta per l'area di Palermo (CIMINO, 1990), con una serie di mappe tematiche e riassuntive della potenzialità degli acquiferi e della qualità delle R.I.S. Nel dettaglio, la zonazione in discorso, eseguita in ambiente GIS (CIMINO *et al.*, 1998), era pertinente alla distribuzione di un gruppo di parametri direttamente o indirettamente pertinenti al rischio idrogeologico: *inquinamento*, *spessore dell'acquifero* e *resistività apparente*. Quest'ultimo elemento è stato valutato e mappato grazie alla disponibilità dei numerosi S.E.V. eseguiti ed interpretati nell'area. In particolare, i valori di resistività apparente utilizzati nella corrispondente mappa corrispondevano a profondità d'indagine compatibili con la geometria dell'acquifero, sì da

essere influenzati sia dal fenomeno dell'intrusione marina, sia dalla presenza di un conduttivo sub-affiorante (in tal caso, le argille del *Flysch* Numidico, vedi Fig. 1). In entrambi i casi, le informazioni dedotte dalla variazione dei dati di resistività apparente erano simultaneamente riferibili sia allo spessore dell'acquifero, sia alle caratteristiche di qualità delle R.I.S.

DISCUSSIONE SUL RISCHIO D'INQUINAMENTO NELLA PORZIONE OCCIDENTALE DELLA PIANA DI PALERMO

Importanza certamente non secondaria è data - nella complessiva considerazione del rischio idrogeologico d'inquinamento - dai *centri di pericolo di contaminazione* delle R.I.S., più volte censiti nell'area di Palermo (CIMINO and ANDOLINA, 2002a; 2002b) ed inseriti nell'elaborazione della relativa cartografia di pericolo territoriale (*PT*) d'inquinamento. Anche l'area di Billiemi presenta punti di pericolo di potenziale (*ed effettiva*) contaminazione, collegati non soltanto alla già menzionata espansione edilizia, che ha coinvolto e distrutto - in definitiva - ambienti sub-aerei e sotterranei, ma anche alla vicina presenza della discarica controllata di RSU di Bellolampo. Nella fattispecie, l'intero territorio occupato dalla discarica rappresenta potenzialmente una sorgente di contaminazione areale integrata, in particolare attraverso le condotte carsiche interessanti questo settore occidentale dei Monti di Palermo che possono così *idroveicolare* gli inquinanti verso valle (CALVI *et al.*, 1999, *anche per il seguito*). In tal senso, per l'immediata vicinanza con la discarica di RSU, assume notevole importanza, sempre in località Bellolampo, il *canyon fluvio-carsico* del *Vallone Celona* (Fig. 9), le cui acque appaiono verosimilmente contaminate dal percolato della discarica.

Quanto detto si evince dalle concentrazioni dei costituenti delle acque del vallone stesso, valutate a seguito di analisi chimiche effettuate in occasione di un monitoraggio di un antico settore della discarica di RSU del Comune di Palermo, sempre nell'area di Bellolampo. Qui sono stati riscontrati tenori elevati per il piombo ($57,6 \mu\text{g/l}$), indicando per i nitrati un'origine legata ad un processo disgregativo della sostanza organica. Quest'ultima circostanza sembra confermata da un elevato valore di richiesta di O_2 ($\text{O}_2 \text{ Kubel } 71,25 \text{ mg/l}$) indicante una forte presenza di sostanze organiche nelle acque del *Vallone Celona*. Questa direttrice carsica, le cui acque si raccolgono a valle nel *Canale Passo di Rigano*, è quindi un importante *veicolatore* delle sostanze inquinanti provenienti dall'area della discarica che, assieme allo stesso canale, costituisce pertanto uno dei più importanti centri di pericolo d'inquinamento delle R.I.S. (*CDP*) dell'intera piana. In questo quadro vanno, inoltre, annoverati gli altri *CDP* costituiti dalle due grandi cave per l'estrazione di materiale lapideo presenti nell'area di Billiemi: la prima, presso *Monte Gibilforni*, a S dell'area in studio; la seconda, nelle pendici di *Cozzo S. Croce*, immediatamente a N del *Vallone Celona* e compresa tra i geomorfositi di *Montagnola di Santa Rosalia* e di *Contrada Petrazzi*.

La situazione ambientale dell'area pedemontana dei Monti Billiemi può essere utilmente confrontata con altre aree carbonatiche della Sicilia, pure caratterizzate da fenomenologie carsiche, nelle quali soltanto da pochi decenni le Amministrazioni Locali stanno intervenendo per la loro tutela. Nel riportare uno dei tanti casi in Sicilia, un esempio d'indubbio interesse scientifico e paesaggistico è dato dall'area carsica di Acquadolci (ME). In essa si apre la *Grotta di San Teodoro*, un'ampia cavità di modellamento marino che ha restituito importanti reperti paleontologici e archeologici. Il sito, che presenta pure un'elevata vulnerabilità all'inquinamento, in passato è stato vincolato dalla Sovrintendenza di Messina e di recente inserito tra le aree di protezione del Parco dei Nebrodi. Come per la fascia pedemontana dei Monti Billiemi, anche il territorio di Acquadolci è stato pure interessato da indagini idrogeologiche e geofisiche: campagne di S.E.V. (ABBATE *et al.*, 2003) hanno permesso di realizzare, tra l'altro, cartografie di resistività apparente, confermando - in prossimità della linea di costa e delle foci torrentizie - fenomeni di intrusione marina, come denunciato dal chimismo delle acque di falda. La raccolta dei dati idrogeologici e geofisici ha anche qui consentito la creazione di *database dinamici* informatizzati e la creazione di una cartografia GIS di vulnerabilità degli acquiferi dell'area (OIENI, 2004). In questa fase degli studi di rischio idrogeologico d'inquinamento in questo settore della regione dei Nebrodi, l'integrazione dei dati territoriali (idrogeologici, geochimici e geofisici) ha condotto verso un'idonea valutazione sia delle aree più o meno vulnerabili, sia della loro effettiva *vulnerazione*, assieme ad una migliore conoscenza idrogeologica di base dei settori in esame, confermando altresì la validità di questo tipo d'indagine nello studio dei geomorfositi e per la loro tutela.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il rischio integrato nell'area di Billiemi si presenta tra i più elevati dell'intera fascia pedemontana della Piana di Palermo, ponendo un unico, complessivo problema di recupero dell'ambiente. Le prospettive di risanamento hanno recentemente incontrato adeguate proposte, se pur parziali, a seguito proprio delle menzionate analisi delle acque sotterranee che, nei tempi successivi cui sono riferite, mostrano una diminuzione delle concentrazioni di alcuni contaminanti in settori dell'acquifero da anni abbandonati, avviati così ad un parziale miglioramento (ANDOLINA *et al.*, 2003).

Per i geomorfositi di elevato pregio di quest'area pedemontana dei Monti Billiemi, s'è visto come gli studi idrogeologici e geofisici abbiano contribuito a precisare l'alto rischio ambientale, in particolare nei confronti degli acquiferi. Questi settori richiedono ampi interventi di recupero, evidentemente in un'ottica di reciproco confronto tra la fruizione culturale e turistica e le vicine attività artigianali e industriali. Tra queste, per esempio, è da comprendere la cava *Petrazzi*, molto prossima all'omonima area di riserva, con un'attività estrattiva che verosimilmen-

te si protrarrà a lungo. È pur vero che la zona, dal punto di vista urbanistico, è normata come E2 (*verde agricolo*), con interventi di ripristino limitati alla conduzione agricola dei fondi ed azioni di bonifica da adottare contemporaneamente all'attività estrattiva, attraverso progetti di recupero ambientale. Risulta comunque evidente che per questi geomorfositi, sia per le aree di pertinenza, sia per quelle limitrofe ed, in ogni caso, sicuramente per quelle che ne consentono l'accessibilità, è necessario la demanializzazione dei terreni, come pure interventi di protezione da ogni forma di utilizzo distruttivo e inquinante, realizzando altresì itinerari lineari che valorizzino scientificamente e culturalmente i siti medesimi.

A conclusione di tutte le argomentazioni qui presentate, a parere degli Autori della presente nota i due geomorfositi di *Montagnola di Santa Rosalia* e di *Contra-da Malatacca-Bentratelli* potrebbero essere salvaguardati con l'istituzione di un grande *Parco Culturale Urbano*, che comprendesse anche la vicina Riserva Naturale Orientata *Grotta della Molara* e la *Grotta Biondo*. In ogni caso, è da specificare che la realizzazione di un parco urbano proprio in prossimità di uno dei luoghi della città più critici, sotto il profilo ambientale, ma anche sociale per la contiguità con le periferie degradate, è di sicuro un intervento molto complesso e di difficile attuazione. Ma questo costituirebbe certamente un primo significativo passo per la riqualificazione dell'intera area. Si concorda quindi con TUSA (2002), nel ritenere che è una sfida che vale la pena di affrontare in quanto “*anzi potrebbe essere un contributo minimo, ma valido al risanamento delle borgate in questione. Oltre a dotarle di spazi adeguatamente organizzati ed arredati, la sua gestione (del parco urbano, N.d.A.) potrebbe offrire alla disoccupazione del luogo occasione d'impegno (pulizia e manutenzione affidata a cooperative o comunità locali)*”. Questo perché il risanamento ambientale di questi territori passa essenzialmente dal coinvolgimento delle popolazioni indigene, le quali devono percepire l'attività di tutela come un momento di crescita e non di vessazione.

Solo in questo modo sarà possibile proteggere quelle aree naturalistiche, ancora intatte, dalla deturpazione e dal saccheggio compiuti da coloro che ancora si propongono, e non sono pochi, di consegnare il futuro ambientale dell'isola all'irregolarità e all'arbitrarietà.

BIBLIOGRAFIA

- ABBATE R., 1981 - *Conferma dell'esistenza di solchi di battente a Monte Gallo (Palermo)*. Il Naturalista Siciliano, S. IV, V, 1-2: 21-26.
- ABBATE R., CIMINO A., DONGARRA' G., 1989 - *Caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche degli acquiferi carsici del territorio di Carini (Palermo)*. Atti XV Congr. Naz. Speleologia, Castellana Grotte, 10-13 Settembre 1987: 281-300.
- ABBATE R., CAPPADONA IGNAZZITTO S., CIMINO A., DI PATTI C., ORECCHIO S., (2003) - *Indagini integrate per la valorizzazione delle risorse ambientali nell'area carbonatica di Monte San Fratello (Zona B del Parco dei Nebrodi)*. Thalassia Salentina, 26, Suppl.: 65-76.
- ADORNI G., BATTAGLIA M., BONFANTI P., CIMINO A., 1997 - *Classification and mapping of*

- base quality of Palermo Plain groundwaters (NW Sicily)*. In: "Groundwater in the Urban Environment", Vol. I: "Problems, Processes and Management", Ed. J. Chilton *et al.*: 279-283. A.A. Balkema, Rotterdam (The Netherlands).
- ALESSI G., 1833 - *Memoria sulle ossa fossili trovate in ogni tempo in Sicilia e recentemente a Siracusa, con osservazioni geologiche, storiche e filosofiche*. Atti Acc. Gioenia, S. 1, 7: 199-242.
- ANCA F., 1860 - *Note sur deux nouvelles grottes ossifères découvertes en Sicile en 1859*. Bulletin de la Société Géologique de France, S. 2, 17: 684-694.
- ANCA F., GEMMELLARO G.G., 1867 - *Monografia degli elefanti fossili della Sicilia*. Tipografia Lorscheider, Palermo: 89 pp.
- ANDOLINA F., CIMINO A., ORECCHIO S., Sambaturo S., 2001 - *La qualità delle acque sotterranee ed il pericolo di contaminazione nella valutazione del rischio idrogeologico: la Piana di Palermo*. Geologi di Sicilia, IX, 1: 3-10.
- ANDOLINA F., CIMINO A., ORECCHIO S., Sambaturo S., 2003 - *La qualità delle acque sotterranee in aree carsiche costiere del Palermitano e sua relazione con la vulnerabilità all'inquinamento*. Thalassia Salentina, 26, Suppl.: 77-86.
- ANGELINI A., 1999 - *Risorsa Ambiente. I Parchi, le Riserve, la Protezione della Natura in Sicilia*. Edizioni ARBOR, Palermo: 263 pp.
- BONFIGLIO L., TRIPODO A., TRISCARI M., 2001 - *Carta di prima attenzione dei geotopi (geositi) della Sicilia. Scala 1:250.000*. Convenzione Assessorato Ambiente e Territorio Regione Siciliana-Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Messina.
- CALVI F., CONTINO A., CUSIMANO G., DI CARA A., DI MAGGIO C., FRIAS FORCADA A., HAUSER S., PELLERITO S., 1999 - *Impact of the Palermo's urban solid waste disposal site on its surrounding aquifers. An hydrogeologic and hydrogeochemical approach*. Proceed. of the 2nd Symposium on protection of groundwater from pollution and seawater intrusion, Bari, September 27th - October 1st 1999: 225-239.
- CATALANO R., ABATE B., RENDA P., 1982 - *Carta geologica dei Monti di Palermo*. Istituto di Geologia dell'Università di Palermo.
- CICOGNA F., BIANCHI C. N., FERRARI G., FORTI P., 2003 - *Grotte Marine. Cinquant'anni di ricerche in Italia*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Roma: 505 pp.
- CIMINO A., 1990 - *Prime mappe di rischio idrogeologico per la Piana di Palermo*. Atti del "1^o Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee - Metodologie, Tecnologie e Obiettivi", Marano sul Panaro (Modena), 20-22 sett. 1990, III: 499-516.
- CIMINO A., DONGARRÀ G., ABBATE R., MARCHESE B., 1987 - *L'uso integrato di metodi geofisici e geochimici nello studio e controllo di acquiferi in aree costiere*. Mem. Soc. Geol. It., 37: 427-437.
- CIMINO A., ABBATE R., MANNINO G., 1990 - *Prime indagini geofisiche per la tutela di un'area archeologica del Palermitano*. Ambiente Salute Territorio, 4, 1: 20-25.
- CIMINO A., ABBATE R., MARINO F., 1998 - *Vulnerabilità degli acquiferi e rischio idrogeologico in aree carsiche della Sicilia Settentrionale*. Thalassia Salentina, 23 Suppl.: 57-68.
- CIMINO A., LO BRUTTO M., MARTORANA R., SCIORTINO A., 2000 - *Groundwater quality and aquifer vulnerability in the metropolitan area of Palermo*. Mem. Soc. Geol. It., 55: 463-471.
- CIMINO A., ANDOLINA F., 2002a - *The territorial contamination danger in the hydrogeological risk cartography of the Palermo plain*. Mem. Soc. Geol. It., 57: 561-568.
- CIMINO A., ANDOLINA F., 2002b. *L'esposizione all'inquinamento delle risorse idriche nella cartografia GIS di rischio idrogeologico della Piana di Palermo*. Atti dei Convegni Lincei, 181: 519-526.

- CIVITA M. & DE MAIO M., 2000. *Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico SINTACS R5*. Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale. Manuali di Protezione delle Acque Sotterranee, 72, Pitagora Editrice, Bologna: pp. 226.
- FABIANI R., 1928 - *Cenni sulle raccolte di Mammiferi Quaternari del Museo Geologico della R. Università di Palermo e sui risultati dei nuovi saggi esplorativi*. Boll. dell'Ass. Mineraria Siciliana, 4, 5: 25-34.
- MANNINO G., 1962 - *Nuove incisioni rupestri scoperte in Sicilia*. Rivista Scienze Preistoriche, XVII, 1-4: 147-159.
- MANNINO G., 1975 - *La Grotta della Molara. Appunti per un Parco Speleoarcheologico ai Pietrazzi*. Sicilia Archeologica, VII, 27: 47-57.
- MANNINO G., 1986 - *Le Grotte del Palermitano*. Quaderni del Museo Geologico "G.G. Gemmellaro" dell'Università di Palermo, II: 13-62.
- MANNINO G., 2002 - *La Grotta Biondo*. Atti del 4° Conv. di Speleologia della Sicilia, Custonaci (TP), 1-3 maggio 2002, Speleologia Iblea, 10: 213-216.
- MANNINO G., ZAVA B., 1994 - *Le Grotte della Falesia di Malatacca-Benfratelli (Palermo)*. Boll. Acc. Gioenia Scienze Naturali, 27, 348: 5-15.
- MESSANA E., PANZICA LA MANNA. M., 1994 - *Consistenza attuale del Catasto delle grotte della Sicilia*. Boll. Soc. Acc. Gioenia Sci. Nat., 27, 348: 373-376.
- OIENI A., 2004 - *Studio della vulnerabilità all'inquinamento nella piana costiera di Acquadolci: applicazione del sistema parametrico SINTACS R5*. Tesi di Laurea in Scienze Geologiche, Università degli Studi di Palermo, A.A. 2003-2004, Palermo: 139 pp. (non pubblicata).
- PENTLAND W., 1832 - *Note contenant la détermination des ossements fossiles des cavernes voisines de Palermo*. Ann. des Sc. Nat., 25: 208-210.
- SCINÀ D., 1831 - *Rapporto sulle ossa fossili di Mareddolce e degli altri contorni di Palermo*. Palermo.
- TUSA S., 2002 - *Le Grotte d'interesse preistorico della Sicilia Occidentale: passato e futuro*. Speleologia Iblea, 10: 377-284.
- VAUFREY R., 1929 - *Les éléphants nains des îles méditerranées et la question des isthmes pléistocènes*. Archives de l'Institut de Paléontologie Humaine, mémoire 6, Paris: 220 pp.
- WIMBLENDON W.A., BENTON M.J., BEVINS R.E., BLACK G.P., BRIDGLAND D.R., CLEAL C.J., COOPER R.G., MAY V.J., 1995 - *The development of a methodology for the selection of British Geological Sites for Conservation*. Part 1, Modern Geology, 20: 159-202.