

SICILIA

Valerio Agnesi ¹, Tommaso Macaluso ¹, Giuliana Madonia ¹, Marcello Panzica La Manna ²

Riassunto

In Sicilia le rocce evaporitiche, ascrivibili alla Formazione Gessoso-Solfifera del Messiniano, sono variamente distribuite e affiorano in un'area di oltre 1.000 km². Gli studi sul carsismo dei gessi, iniziati fin dalla fine del 1800, hanno evidenziato la distribuzione geografica e il grande sviluppo areale delle morfologie carsiche epigee e ipogee che sono concentrate soprattutto nella Sicilia occidentale. Il carsismo si caratterizza per una notevole ricchezza e variabilità delle forme superficiali di piccole e grandi dimensioni e per il grande sviluppo delle cavità ipogee che in alcuni casi raggiungono dimensioni di numerose centinaia di metri. Viene fornita una descrizione dettagliata delle morfologie carsiche che caratterizzano le principali aree di affioramento delle evaporiti mettendo in risalto anche gli aspetti legati alla tutela di questi geositi.

Parole chiave: carsismo, gesso, grotta, dolina, Karren, Messiniano, Sicilia.

Abstract

Evaporitic rocks of the Gessoso-solfifera Formation dating back to the Messinian age, widely crop out in Sicily, covering an area extended for more than 1000 km². Studies on gypsum karst, started since late nineteenth century, showing relevant geographic distribution, development of epigeal and ipogean karstic morphologies, mostly detected in western Sicily. Karst is characterized by considerable abundance and variety of both small and large epigeal forms. Large caves are also present, some of which develop for several hundreds of meters. A detailed description of the karstic landforms set on the main evaporitic areas is given and topics concerning the protection of the geosites are also enhanced.

Key words: karst, gypsum, cave, doline, Karren, Messinian, Sicily.

Inquadramento geologico

In Sicilia affiorano le più complete ed estese successioni evaporitiche messiniane depositatesi nel Bacino del Mediterraneo.

Le rocce evaporitiche sono variamente distribuite, occupando in affioramento un'a-

rea di oltre 1.000 km², e mostrano una elevata diffusione soprattutto nella Sicilia occidentale ove sono presenti emergenze carsiche di notevole estensione ed interesse; di contro nella Sicilia orientale i gessi costituiscono affioramenti sparsi e di limitate estensioni areali, di modesto interesse per la morfogene-

¹ Dipartimento di Geologia e Geodesia – Corso Tukory,131 – 90134 Palermo

² Regione Siciliana - Assessorato Territorio e Ambiente, Via U. La Malfa, 169 – 90147 Palermo

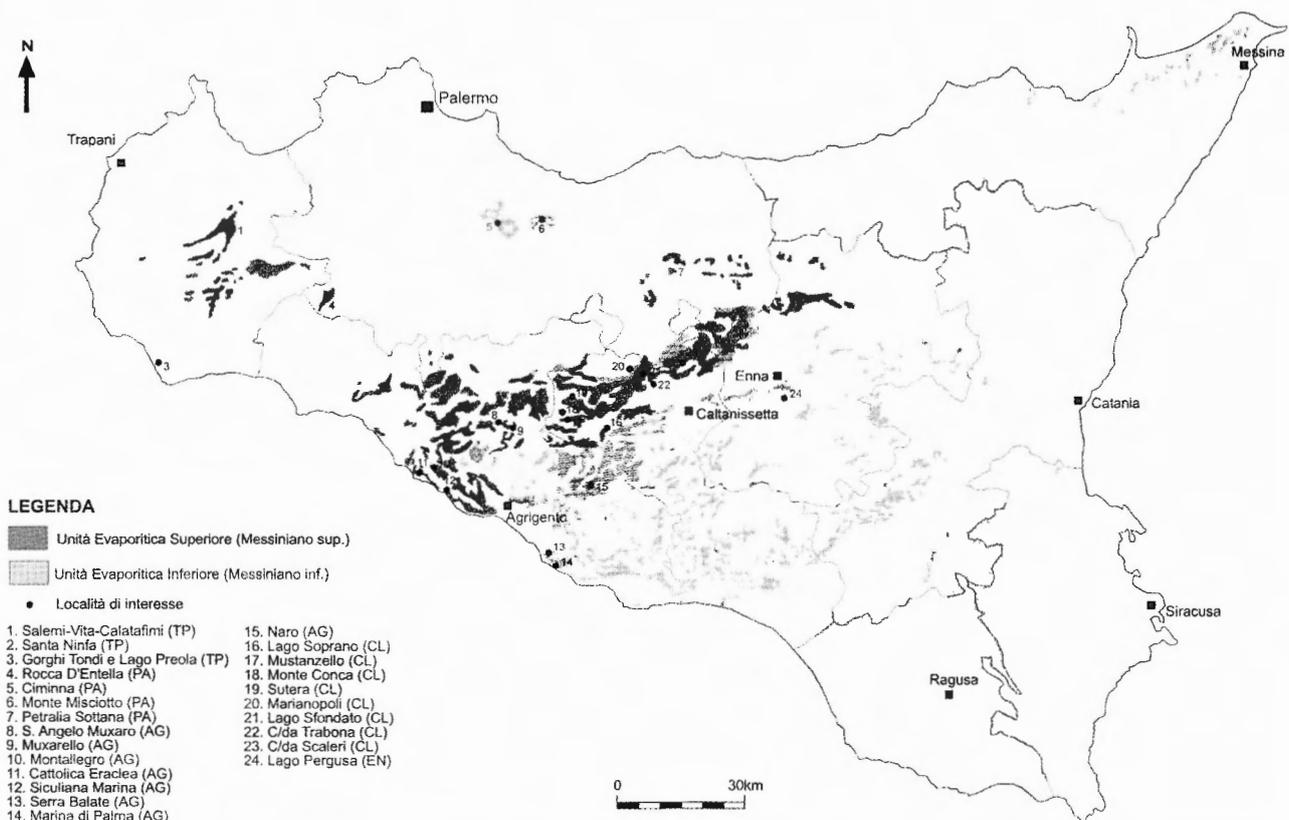


Fig. 1 - Localizzazione delle evaporiti e delle principali aree carsiche nei gessi della Sicilia.
Distribution of evaporites and of the main gypsum karst areas in Sicily.

si carsica (fig. 1).

I depositi evaporitici affioranti in Sicilia sono ascrivibili alla Formazione Gessoso-Solfifera che è data da una successione litologica composta da diatomiti, calcari evaporitici, gessi, sali ed intercalazioni varie di argille, marne e carbonati. Tale successione poggia, in discordanza, sui depositi pre-evaporitici di natura silico-clastica della Formazione Terravecchia (Tortoniano sup.-Messiniano inf.) ed è ricoperta, in discordanza, da calcilutiti e calcisiltiti pelagiche con calcareniti appartenenti all'unità dei "Trubi" (Pliocene inf.).

Dal punto di vista litostratigrafico la Formazione Gessoso-Solfifera si divide in due grandi unità evaporitiche descritte da DECIMA & WEZEL (1971) nella Sicilia centro-meridionale e riconosciute anche nella Sicilia settentrionale (BOMMARITO & CATALANO, 1973; CATALANO, 1986):

a) Unità evaporitica inferiore costituita da:
 1) tripoli, 2) calcari evaporitici, 3) gessi con

intercalazioni marnose, 4) sali passanti lateralmente e verso l'alto ad argille e gessi;

b) Unità evaporitica superiore formata da:
 1) gessi intercalati da livelli argillo-sabbiosi e carbonatico-gessosi, 2) calcari bioclastici passanti verso l'alto e lateralmente a gessi, 3) sabbie argillose (Arenazzolo) che chiudono la sedimentazione evaporitica.

Le evaporiti della Sicilia occidentale possono essere distinte, sulla base dei rapporti tra il substrato pre-evaporitico, le evaporiti stesse e i depositi di copertura in varie aree di affioramento (CATALANO, 1986):

1) area di Santa Ninfa-Salemi-Castelvetrano-Calatafimi. Il substrato è costituito dai depositi silico-clastici della Formazione Terravecchia; seguono depositi carbonatici delimitati verso l'alto da una superficie di erosione. I depositi successivi sono costituiti da carbonati dell'unità evaporitica superiore passando lateralmente a gessi e terminano con i "Trubi";

2) area di Ciminna-Monte Misciotto-Baucina-Sambuchi. I depositi pre-evaporitici sono costituiti da conglomerati, sabbie argillose e carbonati; seguono, discordanti, i calcari evaporitici, i gessi intercalati da una superficie di erosione e, quindi, marne argillose con croste carbonatiche e paleosuoli passanti lateralmente a gessi. La successione continua con l'unità evaporitica superiore rappresentata ancora da litofacies gessose e viene chiusa da una superficie di erosione cui segue la trasgressione dei "Trubi";

3) area di Petralia-Alimena-Nicosia. Il substrato pre-evaporitico è costituito da terreni silico-clastici e carbonatici delimitati verso l'alto da una superficie di erosione. Quindi si succedono calcari evaporitici, sali e depositi detritico-gessosi che corrispondono all'unità evaporitica superiore. Una superficie di discordanza separa questi materiali dai "Trubi";

4) area di Caltanissetta-Agrigento-Gela-Licata. Alla base della successione si osservano depositi silico-clastici che, verso l'alto, passano ad argille e marne troncate da una superficie di erosione non sempre riconoscibile. La sequenza evaporitica inizia con i tripoli e continua con i calcari evaporitici e i gessi interrotti da una superficie di discordanza. Riprende con i gessi e marne argillose dell'unità evaporitica superiore, separata dai "Trubi" da una successiva superficie di discordanza;

5) area di Siculiana-Cattolica Eraclea. In seguito a una deposizione di argille marnoso-sabbiose con intercalazione di calcareniti inizia la successione evaporitica con i tripoli e quindi i calcari evaporitici, i gessi e i sali. Una prima superficie di discordanza separa queste evaporiti da quelle dell'unità superiore costituite da gessi con intercalazioni argillo-marnose; la seconda regolarmente separa le evaporiti dai "Trubi".

Successivamente alla deposizione dei "Trubi", una fase tettonica ha interessato soprattutto i depositi tortoniani-infraplioce-

nici, producendovi sistemi di pieghe sinclinali e anticlinali a largo raggio aventi orientazioni E-W in prossimità del margine della catena e nell'area di Licata-Agrigento. Direzioni ENE e WSW si osservano nei settori centrali del Bacino di Caltanissetta; mentre nelle zone di Cattolica Eraclea, Agrigento e Ciminna le pieghe assumono direzione NW-SE (GHISSETTI & VEZZANI, 1982). Tali pieghe hanno determinato un sensibile raccorciamento dei bacini, reso ancora più evidente dalla generalizzata traslazione verso Sud che hanno subito le successioni presenti. A partire dal Pliocene medio si verificano movimenti verticali di senso variabile che, verso la fine di quest'epoca, mostrano una tendenza positiva che si protrarrà nel Pleistocene.

Breve storia delle esplorazioni e delle ricerche

Se si eccettuano le prime segnalazioni di CARLO GEMMELLARO (1850) e di SPATARO (1891) e le descrizioni di BALDACCIO (1886), è fra la fine del 1800 e i primi del 1900 che si può far risalire l'inizio degli studi di carattere geomorfologico sulle aree carsiche dei gessi della Sicilia; tali studi sono legati all'opera di Olinto Marinelli che fra il 1896 e il 1911 pubblica cinque lavori che trattano di particolari aspetti del carsismo delle evaporiti siciliane segnalando le principali aree di affioramento e le morfologie più vistose; di particolare interesse sono gli studi sulla genesi dei numerosi piccoli laghi siciliani, interpretati come doline di subsidenza in roccia.

Nel 1915 Mariano Gemmellaro studia l'altopiano gessoso a NE di Santa Ninfa, dove descrive accuratamente le forme carsiche ivi presenti; il lavoro di Gemmellaro, oltretutto arricchito da un ampio corredo iconografico, rappresenta il primo studio di carattere geologico che affronta in maniera organica l'analisi di un'area carsica nei gessi, formulando ipotesi sulla genesi ed evoluzione delle forme epi-

gee e sui circuiti carsici ipogei.

Le conoscenze acquisite fino a quel momento vengono compendiate da MARINELLI (1917) nella monografia "*Fenomeni carsici nelle regioni gessose d'Italia*" nella quale l'Autore fa il punto sullo stato delle conoscenze del fenomeno carsico nei gessi italiani. In Sicilia, che presenta la maggiore estensione areale dei gessi fra le regioni italiane, solo il 3% della superficie totale è interessata dai fenomeni carsici che sono distribuiti principalmente nell'area agrigentina e in quella trapanese.

Segue un periodo caratterizzato da un sostanziale disinteresse verso la tematica in oggetto, con sporadiche segnalazioni di fenomeni carsici (FABIANI, 1932; CIPOLLA, 1934; TREVISAN & DI NAPOLI, 1937; CUMIN, 1953; SAIBENE, 1957).

Una ripresa degli studi e delle ricerche sul carsismo dei gessi si verifica agli inizi degli anni Ottanta quando numerosi ricercatori riprendono gli studi sia nelle aree carsiche individuate da Marinelli e Gemmellaro, sia in aree nuove. Un contributo importante viene dato dai diversi Gruppi speleologici che effettuano numerose campagne di esplorazione in svariate aree carsiche gessose siciliane.

MADONIA *et al.* (1983), nello studio delle aree carsiche presenti nella provincia di Palermo, individuano l'area di Ciminna-Monte Misciotto nella quale rilevano la presenza di numerose doline di grandi dimensioni e di cavità sotterranee, tra cui l'Inghiottitoio delle Serre di Ciminna.

Nel 1985, in prosecuzione del Simposio Internazionale sul Carsismo nelle Evaporiti, tenutosi a Bologna, alcuni ricercatori dell'Istituto di Geologia, in collaborazione con gli speleologi del CAI di Palermo, organizzano una seduta tematica dal titolo "Il Carsismo nelle Evaporiti in Sicilia", seguita da tre giornate di escursioni nella Sicilia centro-occidentale che vedono una larga partecipazione di studiosi e speleologi. È questa l'occasione per fornire un quadro generale sullo

stato delle conoscenze dei fenomeni carsici epigei nelle rocce evaporitiche della Sicilia, essenzialmente incentrato nella descrizione della distribuzione areale delle principali macroforme esistenti, delle conche lacustri originatesi per sprofondamento di cavità sotterranee nei gessi, nonché sulle numerose tipologie di Karren sviluppatasi su terreni gessosi e/o su affioramenti salini (AGNESI *et al.*, 1986). Inoltre viene tracciato un quadro delle conoscenze acquisite in circa dieci anni di esplorazioni speleologiche condotte su tali rocce, evidenziando i principali tipi di cavità, distinti in relazione ai meccanismi speleogenetici (MADONIA & PANZICA LA MANNA, 1986).

Negli anni 1986-87 la sezione di Carsologia del Gruppo Nazionale di Geografia fisica e Geomorfologia del CNR, quasi in una ideale continuità con gli studi di Mariano Gemmellaro, sceglie l'altopiano di Santa Ninfa quale area dove realizzare uno stage multidisciplinare. La ricerca vede impegnati per circa due anni numerosi ricercatori provenienti da diverse sedi universitarie italiane ed un folto gruppo di speleologi che conducono una campagna di rilevamento in tutta l'area; i risultati della ricerca sono compendiate nella monografia "I Gessi di Santa Ninfa" (AGNESI & MACALUSO, 1989).

Le recenti campagne speleologiche hanno permesso di ampliare le conoscenze sul carsismo ipogeo dell'area agrigentina, nissena e palermitana, con l'individuazione ed esplorazione di numerose cavità (BIANCONE *et al.*, 1994; BUFFA *et al.*, 1995; PANZICA LA MANNA, 1995; 1997; UNIONE SPELEOLOGICA PORDENONESE, 1995; IEMMOLO, 2000; VECCHIO, 2000).

Recenti studi sono stati condotti nella Grotta di Santa Ninfa allo scopo di fornire nuove conoscenze per la tutela e valorizzazione di tale area che dal 1995 è sede di una Riserva Naturale Integrale; in particolare, FAVARA *et al.* (2001) si sono occupati della modellizzazione della circolazione idrica sot-

terranea, attraverso la caratterizzazione chimica ed isotopica delle acque delle principali sorgenti e delle precipitazioni meteoriche. All'interno della Grotta viene inoltre avviato un monitoraggio dei parametri climatici ipogei nell'ambito di un programma di gestione compatibile della grotta (MADONIA, 2001).

Gli studi riguardanti le forme carsiche di piccole dimensioni portano alla pubblicazione dell'*Atlante dei Karren nelle Evaporiti della Sicilia* (MACALUSO *et al.*, 2001), una monografia, corredata da una ricca iconografia, che descrive in maniera compiuta la vasta gamma di forme di piccole dimensioni che caratterizzano gli affioramenti di rocce evaporitiche in Sicilia.

Il paesaggio carsico

I paesaggi carsici nelle evaporiti della Sicilia sono svariati, in relazione alla complessa storia evolutiva dei bacini evaporitici ed alle vicissitudini orogenetiche, morfogenetiche e climatico-ambientali subite (MACALUSO *et al.*, 2001). Dal punto di vista morfostrutturale i tipi più comuni sono:

- *altopiani*, corrispondenti a complessi tabulari, derivanti dall'esumazione erosiva delle serie sedimentarie deposte in bacini evaporitici in seguito al sollevamento di queste; per le serie evaporitiche, che in taluni casi mostrano di comportarsi come formazioni competenti di tipo rigido, si può essere realizzata una sorta di "inversione del rilievo";

- *dorsali monoclinali*, date da serie evaporitiche con caratteri di dorsali asimmetriche, influenzate dalla struttura tettonica;

- *rilievi a pieghe*, consistenti in un alternanza di dorsali anticlinali e di depressioni sinclinali che si generano ove le formazioni evaporitiche hanno un comportamento più plastico, spesso in relazione all'alternanza di livelli marnosi ed argillosi.

Nell'ambito di queste morfostrutture si possono distinguere diversi tipi di versante, talora con caratteri di transizione, quali: ver-

santi strutturali, versanti di frana, versanti di erosione e versanti di degradazione.

Da un punto di vista morfodinamico-ambientale possono essere distinti i seguenti tipi di paesaggi:

- a) *paesaggi collinari*, caratterizzati da versanti con pendenze variabili, da un'articolazione del rilievo piuttosto accentuata e da affioramenti rocciosi più o meno estesi. Le forme di soluzione prevalenti sulle superfici affioranti sono quelle legate al deflusso superficiale dell'acqua a partire dall'impatto delle gocce di pioggia, sino al ruscellamento diffuso ed a rivoli; forme di più grandi dimensioni, come doline e piccole valli cieche, sono determinate da "soluzione accelerata" e da erosione meccanica in corrispondenza di punti di infiltrazione e di vie di deflusso sotterraneo;

- b) *paesaggi fluviali* (fig. 2), caratterizzati da forme vallive scavate da corsi d'acqua i quali esercitano un'azione di incisione e talora di sottoescavazione, non soltanto di tipo meccanico, favorendo il crollo di blocchi sovrastanti; le forme risultanti sono spesso valli a forra, con pareti subverticali nella fascia inferiore dei versanti;



Fig. 2 - Valle incisa dal F. Salito; sono anche riconoscibili i grossi blocchi prodotti dai fenomeni di crollo dovuti a fenomeni di scalzamento alla base dei versanti.

Salito River down-cut valley; big fall blocks produced by fluvial undercutting are also recognisable.



Fig. 3 - Lago Soprano. Conca lacustre originata da fenomeni di collasso per suberosione dei gessi sottostanti (Serradifalco-CL foto di U. Sauro).

Lago Soprano. A lake hosted inside a collapse depression, induced by the solution of the underlying gypsum (Serradifalco-Caltanissetta; photo by Ugo Sauro).

c) *paesaggi lacustri* (fig. 3), caratterizzati da una conca chiusa che ospita un lago nella sua parte più depressa; il lago può favorire un allargamento del fondo della conca per una sorta di soluzione marginale, analogamente a quanto si verifica per i polje carsici;

d) *paesaggi costieri* marini, dove la concomitante azione dell'erosione meccanica del moto ondoso e della dissoluzione chimica determina nelle coste alte la formazione di caratteristici solchi di battente; frequenti sono i fenomeni di frana innescati dallo scalzamento al piede delle falesie che originano macereti di frana i cui blocchi vengono interessati da fenomeni di soluzione accelerata;

e) *paesaggi ipogei* che si trovano nell'ambito di cavità nel sottosuolo, in comunicazione con la superficie per circolazione di aria e/o di soluzioni acquose.

Le aree carsiche in gesso della Sicilia

Per una maggiore chiarezza espositiva le aree carsiche nei gessi della Sicilia sono state raggruppate con criteri di carattere geografico.

È bene precisare che, nonostante lo sviluppo che gli studi sul carsismo dei gessi in Sicilia hanno avuto in questi ultimi decenni, a

tutt'oggi ancora molte aree attendono di essere investigate in maniera compiuta. Pertanto la seguente descrizione fotografa la situazione delle attuali conoscenze che saranno sicuramente ampliate dalle ricerche future.

Sicilia occidentale - Valle del Belice

Santa Ninfa

L'area carsica di Santa Ninfa presenta un'estensione di circa 30 km² e, nelle grandi linee, costituisce un rilievo monoclinale di natura prevalentemente gessosa, dislocato da più sistemi di faglia in direzione E-W e N-S. L'area può essere schematicamente suddivisa in due distinti altopiani: l'altopiano settentrionale caratterizzato dalla presenza di rilievi gessosi allineati in direzione E-O e l'altopiano meridionale, separato dal precedente da una stretta fascia di terreni argillo-marnosi, contraddistinto da una maggiore omogeneità e da rilievi che non superano i 500 m di quota. Le precipitazioni medie annue ammontano a 633,2 mm, distribuite essenzialmente nella stagione invernale, e le temperature medie oscillano tra 11,8 e 21,1 °C.

In quest'area il complesso gessoso, poggiante sulle argille e marne della Formazione Terravecchia, è costituito da: marne diatomifere e gessose passanti verso l'alto a calcari silicei e gessosi; gessi selenitici a cristalli centimetrici e decimetrici, con intercalazioni di strati a cristalli minuti o a minute brecce gessose, organizzati in strati di spessore variabile, separati da sottili partimenti argillo-marnosi. Tale unità raggiunge uno spessore di circa 300 m e costituisce l'ossatura dei rilievi di Santa Ninfa, affiorando con maggiore estensione e continuità nella porzione settentrionale dell'area; ai gessi selenitici segue la sottounità gessarenitica (Messiniano sup.) potente circa 50 m, formata da arenarie e marne più o meno gessose; seguono marne e argille (Messiniano sup.) grigie e azzurre con sottili intercalazioni gesso-

so-argillitiche che separano i due altopiani (AGOSTINI & CUCCHI, 1989). I depositi post-evaporitici nell'area sono costituiti da calcari marnosi bianchi pelagici (Trubi) del Pliocene inf.-medio, affioranti essenzialmente nei settori meridionali dell'area, da un'alternanza di argille marnose e marne sabbiose (Formazione Marnoso Arenacea della Valle del Belice - Pliocene medio-sup.) e da calcareniti organogene, terminante verso l'alto con un conglomerato di regressione - Grande Terrazzo Superiore (Pleistocene sup.) presenti in lembi nella parte centro-occidentale dell'area.

Le forme di superficie

Il carsismo di superficie si manifesta essenzialmente con lo sviluppo di depressioni chiuse di medie e grandi dimensioni, valli cieche e depressioni con caratteri intermedi tra doline e valli cieche.

Tali forme si distribuiscono con maggiore densità nella parte settentrionale dell'Altopiano dove si distinguono: doline imbutiformi, con rapporti diametri-profondità mediamente bassi, caratterizzate dalla presenza di un inghiottitoio localizzato generalmente in posizione centrale; doline a ciotola e a piatto, con versanti a debole pendenza e con un fondo la cui morfologia è spesso modificata dall'intervento antropico o dai normali processi di riempimento; in queste depressioni non sempre è possibile individuare i punti di assorbimento delle acque poiché la presenza di depositi eluvio-colluviali ne maschera la presenza. Sono presenti depressioni dal perimetro irregolare, derivanti dalla coalescenza di più forme, caratterizzate dalla presenza di più punti depressi sul fondo. Si individuano, infine, depressioni chiuse localizzate lungo versanti con caratteri intermedi tra doline e valli cieche, contraddistinte da un inghiottitoio posto in corrispondenza della soglia gessosa posta più a valle. Le doline talora sono disposte secondo allineamenti preferenziali in cui

ogni depressione sembra essersi evoluta come conseguenza dell'apertura di un inghiottitoio alla fine di una valle cieca. La prima dolina che si è sviluppata è quella più a valle mentre l'ultima è quella più a monte, probabilmente in seguito ad una "retrocessione degli inghiottitoi". Aspetto caratteristico è quello per cui il profilo longitudinale lungo l'allineamento di doline presenta una pendenza generale contraria a quella originale della valle; cioè le altitudini medie del fondo delle doline decrescono a partire dalla dolina più vecchia (che è quella più a valle) verso la più giovane (che è quella più a monte) (AGNESI *et al.*, 1989; SAURO, 1995; 1997).

Nell'altopiano settentrionale la densità delle doline è elevata. Esse, infatti, occupano l'intera superficie costituendo dei complessi ad alveare del tipo "honeycomb karst". I contorni di ciascuna depressione sono a contatto con quelli delle depressioni contigue, formando un sistema di dorsali a maglie poligonali che nell'insieme ricorda certi tipi di "carso tropicale", dai quali tuttavia si discosta per la maggiore variabilità nei parametri dimensionali, nelle asimmetrie dei versanti e nelle dissimmetrie dei bacini.

Spesso tra i vari sistemi di doline si ergono dei piccoli dossi gessosi conici o piramidali interpretati come forme di erosione selettiva (AGNESI *et alii*, 1989). Sulle sommità di alcuni di questi rilievi infatti, esistono ancora piccole placche di Trubi o di calcare evaporitico, che hanno esercitato un'azione protettiva nei confronti dei gessi sottostanti.

Le valli cieche presenti in questo settore, anche se non molto numerose, sono impostate interamente su terreni gessosi e sono caratterizzate da un fondo arrotondato riempito da materiale alluvionale. La distribuzione e l'orientazione di queste valli sono influenzate dalla presenza di piani di discontinuità strutturali, essendo localizzate lungo le fasce contigue agli orli delle scarpate che dislocano l'Altopiano e in corrispondenza di sistemi di frattura sub-paralleli al versante tettonico set-

tentrionale.

Nell'Altopiano meridionale la densità delle depressioni chiuse è decisamente minore. Si tratta per lo più di doline di piccole e medie dimensioni a fondo piatto. Prevalgono, di contro, le valli cieche il cui sviluppo è condizionato dalla presenza della fascia di terreni argillosi, localizzata tra l'Altopiano settentrionale e quello meridionale, che favorisce lo sviluppo del deflusso superficiale. I corsi d'acqua, infatti, si originano e scorrono per un lungo tratto nella porzione argillosa settentrionale in direzione N-S, per incarsi al contatto con l'unità gessosa posta più a Sud.

In questo settore particolare importanza riveste la Valle del Biviere; questa, inizialmente, è incisa sui terreni argillosi e, dopo un breve tratto in direzione N-S, si imposta sull'unità gessosa con una direzione E-W, parallelamente al sistema di faglie che smembrano l'Altopiano. Il corso d'acqua, in corrispondenza dei terreni gessosi, incide una stretta valle a V che a tratti assume l'aspetto di una forra; nel tratto terminale si sviluppa un'ampia conca bordata da ripide pareti gessose alte fino a 50 m, alla base delle quali il corso d'acqua viene assorbito da un ampio inghiottitoio, originando un esteso sistema carsico ipo-

geo, la Grotta di Santa Ninfa (fig. 4).

In tutta l'area gli affioramenti gessosi sono interessati anche da Karren di diversa tipologia impostati su differenti litotipi gessosi. Infine sono stati ritrovati resti di colate concrezionali di natura carbonatica, in parte ancora ancorate al substrato gessoso, resti di grotte gessose ormai smantellate dai processi di soluzione, di cui sono rimasti solo piccoli lembi di concrezioni carbonatiche più resistenti ai processi di dissoluzione.

E' lecito ipotizzare che l'attuale assetto geomorfologico dell'area di Santa Ninfa sia stato raggiunto attraverso il succedersi di differenti fasi morfogenetiche, a partire dalla sua emersione avvenuta nel Pleistocene medio, che possono essere in tal modo identificate: a) una prima fase, di tipo fluviale, in cui si è instaurata una rete di drenaggio superficiale sulle originarie coperture poco permeabili e non carsificabili, controllata dalla pendenza generale dell'area e dalla presenza di vie di scorrimento preferenziale, quali sistemi di faglia e di frattura; b) una seconda fase prettamente carsica che è prevalsa nel momento in cui le coperture sono state erose, e che ha modificato radicalmente il paesaggio determinatosi nel corso del primo stadio (AGNESI *et al.*, 1989).



Fig. 4 - Valle cieca del Biviere. Alla base delle alte scarpate gessose che bordano l'omonima conca si apre l'inghiottitoio da cui prende origine la Grotta di Santa Ninfa.

Biviere blind valley. The sinkhole of Santa Ninfa cave develops at the base of the high gypsum scarps, surrounding the "Conca del Biviere".

Studi mirati alla valutazione dell'erosione chimica dei gessi hanno inoltre messo in evidenza che l'evoluzione del rilievo debba ritenersi veloce. Differenti metodi hanno infatti dato valori di abbassamento della superficie gessosa pari a 0,38 mm/anno (HS) (AGNESI *et al.*, 1989) e valori di 0,44 mm/anno (M.E.M).

Le grotte

Le attività di ricerca speleologica condotte negli anni '80 da gruppi speleologici siciliani e dalla Federazione Speleologica dell'Emilia Romagna, hanno permesso di delineare un quadro esaustivo delle caratteristiche del carsismo ipogeo di tale territorio. Nel corso di oltre un quinquennio di ricerche è stato possibile individuare oltre trenta cavità, molte delle quali sono state anche compiutamente esplorate e studiate (CHIESI *et al.*, 1989). Le caratteristiche delle grotte dell'area sono riconducibili alle più comuni tipologie di

cavità in gesso, legate quindi sia a fenomeni di scorrimento idrico che di fratturazione tettonica della roccia.

La cavità più importante, sia per le dimensioni che per i molteplici aspetti speleogenetici e morfologici che la caratterizzano, è la Grotta di Santa Ninfa (8000 SI/TP); si tratta di un sistema idrologico ipogeo completo (associato all'Inghiottitoio del Biviere, a monte – 8022 SI/TP) dello sviluppo complessivo di oltre 1350 m e un dislivello di circa 25 m. La grotta si sviluppa su due livelli principali, di cui quello inferiore risulta attivo con un corso d'acqua proveniente dall'inghiottitoio e che ritorna a giorno attraverso una risorgenza posta circa 20 m sotto l'attuale ingresso percorribile. In considerazione della differenziazione dei processi speleogenetici, nella cavità si riscontra una vasta gamma di morfologie, quali ad esempio le forme freatiche e paragenetiche, i meandri vadosi, gli ambienti di crollo. Rilevante anche la presen-

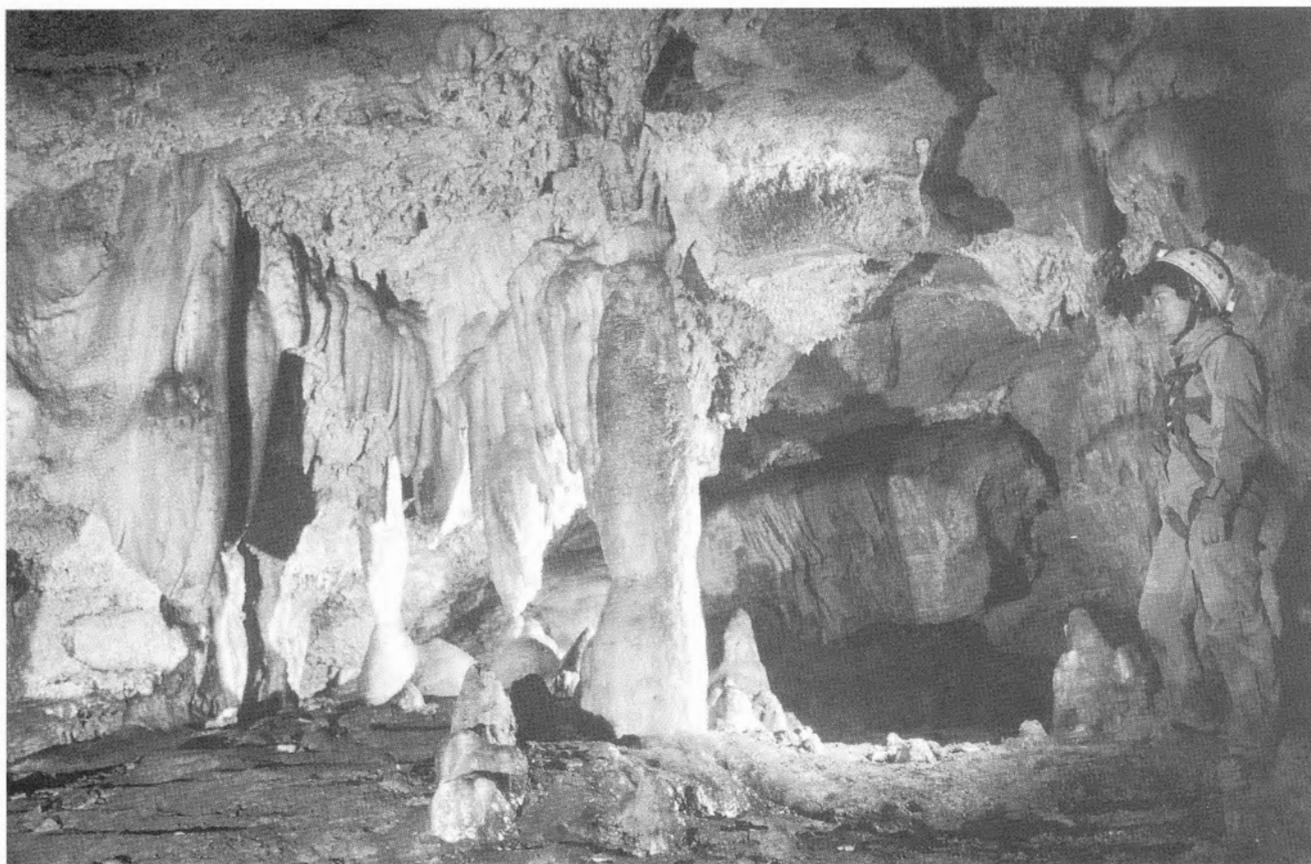


Fig. 5 - Concrezioni carbonatiche di grandi dimensioni nella parte finale del ramo inattivo (Foto di Francesco Liotti – Archivio R.N.I. “Grotta di Santa Ninfa”).

Large carbonatic speleothems in the terminal sector of the inactive gallery of the Santa Ninfa Cave (Photo by Francesco Liotti – Archive R.N.I. “Grotta di Santa Ninfa”).

za di depositi fisici (prevalentemente alluvionali) e chimici, essenzialmente carbonatici (fig. 5) e gessosi, la cui evoluzione, per questi ultimi, è condizionata anche dalla presenza di acque sulfuree.

Delle altre cavità dell'area vanno ricordate: La Grotta della Volpe Rossa (8007 SI/TP), inghiottitoio attivo posto al fondo di una dolina, con un pozzo di accesso di 25 m ed un successivo meandro inclinato lungo oltre 350 m; la Grotta di Pafuni (8019 SI/TP), risorgenza fossile testimoniante le fasi più antiche della carsificazione dell'area; la Grotta delle Eccentriche (8001 SI/TP), cavità impostata su sistemi sub-ortogonali di fratture connesse con movimenti gravitativi della placca di gesso sulle sottostanti argille.

Salemi-Vita-Calatafimi

Con questo nome viene indicata l'area carsica, localizzata a NW dell'Altopiano di Santa Ninfa, compresa tra l'abitato di Salemi e quello di Calatafimi. Tale area, estesa per circa 20 km², nelle grandi linee può essere assimilata ad una dorsale sinforme, orientata in direzione SW-NE, delimitata da due valli omoclinali. Le condizioni climatiche nell'area sono simili a quelle di S. Ninfa essendo le precipitazioni medie annuali pari a 638,5 mm, distribuite essenzialmente nel periodo invernale e solo il 3,5 % (22,1 mm) nei mesi estivi, e la temperatura media annua pari a 17,4 °C, con massime e minime rispettivamente di 21,7 °C e 13 °C.

Nell'area di Salemi-Vita-Calatafimi i depositi pre-evaporitici cominciano con le argille sabbiose, arenarie e conglomerati della Formazione Terravecchia (Tortoniano sup.-Messiniano inf.) cui seguono i calcari e le calcareniti organogene della Formazione Calcarea-Arenacea di Baucina (Messiniano inf.). La facies calcarea presenta a tetto e intercalate argille grigie fossilifere. Il complesso evaporitico (Messiniano sup.) è costituito da gesso selenitico massivo o organizzato in stra-

ti di spessore da decimetrico a metrico, separati da intercalazioni argillo-marnose, più o meno spesse. I depositi post-evaporitici in quest'area sono rappresentati da Calcari a Congerie (Messiniano sup.) di ambiente lacustre, a *Melanopsis* e *Dreysena*, cui seguono calcari marnosi del Pliocene inferiore-medio (Trubi) (BOMMARITO *et al.*, 1992a; 1992b). Dal punto di vista strutturale, l'area è contraddistinta da una sinclinale ad andamento SW-NE, fagliata e ripiegata in strutture minori.

Le forme di superficie

Le forme carsiche che si sviluppano in quest'area sono fortemente condizionate dalle caratteristiche litologiche e strutturali qui presenti. Le coperture sovrastanti le unità gessose (Calcari a Congerie e Trubi) sono ancora ben conservate, affiorando in maniera estesa e con elevati spessori. Queste condizioni hanno permesso lo sviluppo sia di un carso esposto, laddove i terreni di copertura sono stati completamente erosi, sia di un carso di interstrato, sviluppatosi cioè al di sotto di una copertura di sedimenti che si sono depositi prima della carsificazione. Le caratteristiche strutturali hanno favorito, inoltre, lo sviluppo di numerose forme, tipiche di un paesaggio fluvio-carsico, legate all'azione concomitante dei processi carsici e di quelli fluviali.

Tra le forme carsiche di grandi dimensioni, si riconoscono principalmente doline e valli cieche con peculiarità differenti, in relazione al tipo di litologia in cui si sviluppano, a seconda che si tratti dei litotipi gessosi, dei terreni di copertura ovvero a contatto tra unità carsificabili e non.

Sui terreni evaporitici si generano essenzialmente doline di soluzione normale a fondo piatto, a ciotola e doline di versante. Le doline a piatto e a ciotola sono di piccole dimensioni avendo mediamente un diametro di circa 100 m ed una profondità massima di circa 50 m. Quelle di versante, presentano



Fig. 6 - Gorgo delle Sanguisughe. Depressione di subsidenza in roccia impostata su Calcari a Congerie (Messiniano sup.).

Gorgo delle Sanguisughe. Subsidence depression set on "Calcari a Congerie" (Upper Messinian).

un'asimmetria dei versanti, sono caratterizzate da dimensioni maggiori avendo diametri che raggiungono anche i 500 m ed una profondità massima intorno ai 50 m. A luoghi, le doline sono allineate secondo direzioni preferenziali, presentano un fondo con quota decrescente da monte verso valle e una soglia di separazione di modeste dimensioni.

Nella parte centrale dell'area, in prossimità dell'abitato di Vita, le forme carsiche si impostano sui calcari marnosi appartenenti all'unità dei Trubi. Si tratta di doline dal contorno mal definito, caratterizzate da versanti a debole pendenza, dall'assenza di un inghiottitoio e da un rapporto diametro/profondità elevato. Nell'area sono presenti anche depressioni impostate sui Calcari a Congerie sovrastanti i gessi, che presentano dimensioni maggiori rispetto a quelle delle doline precedentemente descritte. Tra le forme che si sviluppano su tale unità si distingue il Gorgo delle Sanguisughe (fig. 6), descritto per la prima volta nel 1910 da Olinto Marinelli. Si tratta di una depressione chiusa che mostra un diametro medio di 450 m ed una profondità massima di 50 m. È caratterizzata da versanti concavi poco acclivi interrotti da scarpate di modesta entità e da un fondo piatto, in parte occupato da un piccolo specchio d'acqua formatosi per l'occlusione della rete di fessurazione da parte di materiale impermeabile non solubile (MARINELLI, 1910; AGNESI *et al.*,

1986). Le depressioni che si sviluppano sui terreni di copertura delle unità gessose (Calcari a Congerie e Trubi) possono essere considerate delle doline di subsidenza in roccia. Nella genesi di tali cavità si ammette l'esistenza di un drenaggio sotterraneo, attraverso la fitta rete di fessurazione (interessante sia i Trubi sia i Calcari a Congerie) che ha determinato una sub-erosione dei gessi e una subsidenza delle unità sovrastanti. La maggiore profondità delle doline impostate sui Calcari a Congerie si deve al fatto che questa unità è caratterizzata da un grado di carsificazione, seppur basso, che non caratterizza i Trubi. Di conseguenza, nella formazione di tali depressioni si può considerare l'azione concomitante dei processi di sub-erosione dei gessi e secondariamente dei processi di corrosione che interessano i Calcari a Congerie.

Nell'area di Salemi-Vita-Calatafimi la presenza di intercalazioni marnose all'interno dell'unità gessosa, a luoghi rilevanti, e di terreni non carsificabili, unitamente all'assetto strutturale qui presente, permette ai processi fluviali di svolgere un ruolo determinante nella genesi ed evoluzione delle forme carsiche. In tutta l'area infatti, sono ben sviluppate le valli cieche e le depressioni con carattere intermedio tra dolina e valle cieca, impostate a contatto tra l'unità gessosa e le unità non carsificabili. La maggior parte delle valli cieche è distribuita nella parte meridionale e cen-



Fig. 7 - Valli cieche impostate lungo il fianco della sinforme terminanti in corrispondenza del nucleo gessoso.
Blind valleys set on along the synform flank, ending to the gypsum fold-core.

trale dell'area. Si tratta di valli allogeniche che presentano una direzione preferenziale di scorrimento SE-NW e NW-SE, in accordo con le caratteristiche strutturali dell'area. I corsi d'acqua si originano, infatti, in corrispondenza dei terreni a grado di carsificazione basso o nullo lungo i fianchi della sinclinale, per terminare in corrispondenza del nucleo gessoso (fig. 7).

Infine, bisogna rilevare che l'intervento antropico ha modificato pesantemente le caratteristiche originarie delle forme presenti: il fondo della maggior parte delle depressioni e gli inghiottitoi vengono riempiti per aumentare la superficie coltivabile; le doline, talora, sono utilizzate per il deposito temporaneo di inerti provenienti da cave; anche i versanti delle depressioni vengono ampiamente modificati per creare superfici a minore pendenza sfruttabili per la coltivazione.

Quest'area è stata soggetta al processo di inversione del rilievo, fenomeno piuttosto comune nelle rocce evaporitiche.

Le grotte

Nell'area in esame sono segnalate numerose cavità, coincidenti in genere con inghiottitoi

posti al fondo di doline e valli cieche. Le esplorazioni sono state fino ad oggi frammentarie e non hanno quindi permesso la compiuta conoscenza del fenomeno carsico ipogeo.

La cavità meglio conosciuta è l'Inghiottoio di Rocca Mondura (MADONIA & PANZICA LA MANNA, 1986), con sviluppo di 130 m e dislivello di 74 m, che si apre sul fondo di una dolina ad imbuto sulla sommità dell'omonimo rilievo gessoso, in comune di Salemi. La parte alta della cavità, dopo i primi brevi pozzi di accesso, è caratterizzata da una galleria su piano inclinato di circa 30° impostata lungo i piani di stratificazione, che ne condizionano la morfologia del soffitto. La grotta prosegue poi con un pozzo cascata di 16 m di dislivello, articolato in due salti, e successivamente con una stretta galleria rettilinea, caratterizzata da notevoli depositi alluvionali che ne nascondono completamente le pareti di roccia. L'andamento planimetrico è dato dalla successione di due rami sub-ortogonali di pari lunghezza, con direzioni NW-SE e NE-SW.

Altri inghiottitoi, solo parzialmente esplorati, sono ubicati in C.da Baronìa e C.da Le Marge.



Fig. 8 - Stalattiti monocristalline deviate dalla verticale per la presenza di correnti d'aria (Foto di Ezio Fiorenza - Archivio R.N.I. "Grotta di Entella").

Mono-crystalline stalactites whose direction has been deviated by air current (Photo by Ezio Fiorenza - Archive R.N.I. "Grotta di Entella").

Rocca di Entella

L'area della Rocca di Entella è localizzata nella Valle dell'alto Belice, nel settore nord-occidentale dei Monti Sicani, ed è limitata al rilievo isolato di Rocca di Entella. Si tratta di un rilievo monoclinale di natura gessosa che deve la sua importanza alla presenza della Grotta di Entella, una delle cavità maggiormente sviluppate della Sicilia.

Le forme di superficie

Il carsismo di superficie si esplica esclusivamente sulla sommità del rilievo con lo sviluppo di piccole doline di soluzione e di qualche dolina aperta, essendo state smantellate le soglie gessose da movimenti gravitativi di versante che interessano la Rocca. Abbastanza diffuse sono le forme di piccole dimensioni che si impostano sia sulle unità gessose sia sui calcari evaporitici affioranti nelle parti sommitali del rilievo.

Le grotte

La cavità più significativa dell'area è la Grotta di Entella (310 SI/PA), ubicata alla base della parete occidentale dell'omonima Rocca. La grotta è costituita da tre livelli caratterizzati da processi evolutivi differenzia-

ti, con morfologie riconducibili a fasi freatiche, di scorrimento vadoso, paragenetiche e di crollo. Le parti superiori, più vicine alle aree di alimentazione esterne e riconoscibili nelle doline del pianoro sommitale del rilievo, si caratterizzano per la presenza di notevoli spessori di depositi alluvionali reincisi. Nella parte mediana del ramo superiore sono presenti speleotemi carbonatici e gessosi; questi ultimi sono rappresentati da stalattiti monocristalline deviate dalla verticale per la presenza di correnti d'aria (fig. 8). Nella zona più a monte del livello superiore si individua un camino di circa 40 m di altezza che si spinge fino a pochi metri dalla superficie esterna. L'andamento della grotta è complessivamente rettilineo, in direzione NW-SE, con tratti meandriformi. Il collegamento tra i differenti livelli è costituito da pozzi cascata, che si sono evoluti nel tempo anche per crolli successivi. L'attuale ingresso costituiva la risorgenza, ora fossile, del sistema ipogeo che si sviluppa per circa 600 m, con un dislivello complessivo di 58 m.

Sicilia nord-occidentale

Bacino di Ciminna

Il Bacino di Ciminna rappresenta un bacino intramontano all'interno della catena sici-

liana localizzato tra i Monti di Palermo, ad Ovest, e il gruppo montuoso delle Madonie, ad Est. Nelle grandi linee si suddivide in tre strutture sinclinaliche di diverse dimensioni: il Bacino di Ciminna s.s., che costituisce la struttura di maggiori dimensioni, il Sub-bacino di Sambuchi e il Sub-bacino di Pizzo Bosco che possono essere considerati le due estensioni laterali orientali del Bacino di Ciminna s.s. (LO CICERO *et al.*, 1997).

Bacino di Ciminna s.s.

Nel Bacino di Ciminna s.s. la successione stratigrafica comincia con i depositi silico-clastici della Formazione Terravecchia (Tortoniano sup.-Messiniano inf.), cui segue una successione argillosa a *Turboratalita multiloba* (Messiniano inf.) e, talora in eteropia, i calcari di scogliera della Formazione calcareo-arenacea di Baucina (Messiniano inf.). Segue il complesso evaporitico (Messiniano inf.) suddivisibile in tre unità litostratigrafiche (LO CICERO *et al.*, 1997; CONTINO, com. pers.): a) *complesso evaporitico misto* (spesso da 60 a 200 m) costituito da un membro basale, formato da argille gessose talvolta bituminose, stromatoliti algali e gesso selenitico massivo con filamenti algali, su cui poggia in discordanza un membro intermedio, dato da una ripetizione ciclica di gessi stromatolitici e carbonati evaporitici laminati, gesso selenitico in livelli stratificati e gesso selenitico massivo e/o ben stratificato, su cui giace in discordanza un membro superiore costituito da torbiditi gessose gradate e laminate. Una superficie di erosione taglia al tetto l'intera successione; segue un livello argilloso a *Turboratalita multiloba* (Messiniano inf.) che separa il complesso misto dai depositi del *ciclo evaporitico inferiore* "Gessi di Cattolica Auct." caratterizzato da strati e banchi di gessi macrocristallini, talvolta separati da sottili livelli di marne gessose, e da gessi massivi. A luoghi sono presenti livelli di carbonati evaporitici o di laminati algali. La terza unità litostratigrafica è rappresentata dai

depositi del *ciclo evaporitico superiore* "Gessi di Pasquasia Auct." costituito da gessareniti e gessopeliti, argille e marne con a luoghi intercalazioni di conglomerati polimitici (fanglomerati). In discordanza sull'intero complesso evaporitico giacciono i Trubi (Pliocene inf.) che, nella parte orientale del Bacino, sono ricoperti da marne argillose spesso sabbiose (Pliocene inferiore) contenenti una microfaua a foraminiferi planctonici.

Le forme di superficie

In quest'area il carsismo si manifesta essenzialmente con lo sviluppo di forme superficiali; numerosi sono gli inghiottitoi, spesso presenti sul fondo delle doline, che fanno presupporre l'esistenza di un carsismo ipogeo ben sviluppato, tuttavia la maggior parte di essi è occluso sia da depositi colluviali sia da materiale messovi in posto dall'uomo e pertanto inaccessibili.

Tra le forme carsiche superficiali prevalgono depressioni di medie e grandi dimensioni che si impostano essenzialmente sui litotipi gessosi del corpo evaporitico inferiore (doline di soluzione) e secondariamente sui depositi fanglomeratici appartenenti al corpo evaporitico sup. (doline alluvionali). Sono state censite circa 120 depressioni, tra doline, doline aperte, valli cieche, forme con caratteri intermedi tra doline e valli cieche. Tali forme sono localizzate soprattutto nel settore meridionale del bacino dove sono allungate e allineate in direzione circa SW-NE, concordemente alla pendenza generale dei versanti, alla giacitura degli strati e alla direzione delle principali linee di discontinuità tettonica. Le depressioni chiuse sono essenzialmente doline a piatto e/o a ciotola, caratterizzate da un perimetro circolare o ellittico, da un diametro medio compreso tra 50 e 300 m, da versanti piuttosto acclivi e da una profondità variabile da qualche metro fino a circa 30 m, e doline asimmetriche di versante che mostrano una differenza significativa tra la massima profon-



Fig. 9 - Sistema complesso di doline. Alle quote superiori si sviluppano doline aperte comunicanti tra loro e caratterizzate da un fondo ricoperto dalla copertura permeabile messiniana. Tali doline si aprono su due grandi depressioni situate a quota inferiore (Serre di Ciminna).

Complex doline system. Opened interconnected dolines, develop at the high heights, partially filled by Messinian permeable deposits. The dolines are connected to two depressions developed below (Serre di Ciminna).

dità e la profondità minima, un versante più esteso sul lato a monte e un versante più stretto e generalmente più ripido sul lato a valle. Accanto alle forme chiuse in quest'area sono presenti diverse depressioni aperte che mostrano le stesse caratteristiche delle doline suddette, ma sono prive di una soglia perché ormai erosa. Tali conche risultano inoltre "sospese" su altre doline con le quali sono in collegamento mediante gradini, brusche rotture di pendenza e/o piccole incisioni (fig. 9). In merito alla presenza e disposizione delle doline aperte, si può ammettere che la loro origine è da legare al procedere nel tempo dei fenomeni di soluzione, e dei processi di erosione e di arretramento dei versanti l.s., che hanno progressivamente prodotto l'apertura di tali depressioni e la conseguente "cattura" da parte delle doline maggiori ai danni delle conche di minori dimensioni.

In tutte le tipologie di dolina fin qui descritte, il fondo è occupato da una coltre eluvio-colluviale o dai depositi fanglomeratici semipermeabili, presenti in lembi anche lungo i versanti.



Fig. 10 - Solchi arrotondati generatisi sotto coperture permeabili (Bacino di Ciminna).

Rundkarren developed under permeable covers (Ciminna Basin).

Tra le forme di grandi dimensioni va segnalata la presenza di numerose valli cieche, anche di notevole estensione.

Nel territorio del Bacino di Ciminna sono abbastanza diffuse le forme carsiche di piccole dimensioni di tipo Karren. In particolare, le forme meglio sviluppate sono i solchi di tipo coperto su gesso macrocristallino, disposti a formare estesi campi solcati (fig. 10), favoriti dalla presenza della copertura semipermeabi-



Fig. 11 - Colata concrezionale di natura carbonatica, relitto del pavimento di una grotta nei gessi oramai erosa (Bacino di Ciminna).

Carbonate flowstone, constituting a relict form of the floor of an eroded gypsum cave (Ciminna Basin).

le, e le candele che si sviluppano essenzialmente lungo le soglie ormai aperte che mettono in comunicazione due doline.

In diversi settori dell'area molte delle superfici gessose appaiono nude e sono interessate dalla presenza di forme legate alla "crosta di alterazione", quali bolle e sistemi di fratturazione poligonale. Infine, analogamente all'area di Santa Ninfa, sono stati ritrovati resti di depositi di grotta di natura carbonatica del tipo colata (fig. 11).

L'evoluzione geomorfologica del Bacino di Ciminna sembra essere stata condizionata dalla presenza al tetto della successione evaporitica dei depositi fanglomeratici, caratterizzati da una discreta permeabilità. Si può ipotizzare infatti che in questo ambiente i processi carsici abbiano agito in concomitanza con quelli fluviali; la presenza di una copertura permeabile avrebbe infatti favorito la soluzione dei gessi sottostanti, ancora prima della loro esposizione.

Contemporaneamente, mentre erano ancora attivi i processi fluviali si andavano delineando depressioni di tipo "cripto-doline" (secondo l'accezione di NICOD, 1996) con dimensioni via via crescenti da monte verso valle. Successivamente, in relazione all'erosione della copertura, le doline di maggiori dimensioni avrebbero operato una cattura nei confronti delle doline minori poste a monte,

causando l'apertura della soglia di separazione.

Le grotte

Nel territorio di Ciminna-Sambuchi possono essere individuate due aree di un certo interesse speleologico: il rilievo delle Serre di Ciminna (MADONIA & PANZICA LA MANNA, 1986) e il Monte Misciotto.

Nella prima area sono conosciute diverse cavità tettoniche, ubicate sulle pareti sud-occidentali delle Serre. Alcune di queste si sviluppano con andamento verticale, parallelo alle pareti e sono riconducibili a fenomeni di rilascio tensionale dell'ammasso gessoso. Tra le cavità di questo settore va ricordata la Grotta dell'Acqua Ammucciata (217 SI/PA) nella quale è presente un bacino idrico alimentato dalla falda.

Sulle aree sommitali delle Serre, tra gli inghiottitoi presenti quello di maggiore interesse speleologico è l'Inghiottitoio delle Serre (206 SI/PA). La grotta si apre al fondo di una dolina (fig. 12) con un pozzo di 12 m che immette in una vasta galleria ampliata anche per fenomeni di crollo; segue un tratto meandriforme lungo circa 85 m, impostato su due differenti direttrici NE-SW, in prosecuzione della sala iniziale e NW-SE. Oltre che da morfologie di scorrimento idrico in regime freati-



Fig. 12 - Ingresso dell'Inghiottitoio delle Serre.

Entrance of the "Inghiottitoio delle Serre".

co, la grotta è caratterizzata anche da notevoli speleotemi (stalattiti e macrocristallizzazioni) di gesso.

Nell'area del Monte Misciotto BUFFA *et al.* (1995) hanno individuato ed esplorato 13 cavità ubicate sia sulle aree sommitali di assorbimento che sulle pareti che bordano il rilievo. Si tratta di cavità di modesta importanza, alcune riconducibili geneticamente a fenomeni tettonici, altre a scorrimento idrico. Tra queste ultime si citano la 250 SI/PA, paleorisorgenza dell'area, che si sviluppa per circa 220 m con due distinti rami ad andamento sub-orizzontale e presenta morfologie freatiche e vadose; la 255 SI/PA con funzione di inghiottitoio, avente andamento meandriforme e lunghezza complessiva di 35 m, caratteristica per i netti cambiamenti ortogonali di direzione che seguono discontinuità N-S ed E-W.

Sicilia centro-meridionale

L'area della Sicilia centro-meridionale comprende gli affioramenti gessosi ricadenti perlopiù nella provincia di Agrigento. Nonostante la grande diffusione delle rocce evaporitiche qui presenti, gli studi sul fenomeno carsico in quest'area sono a tutt'oggi purtroppo ancora poco numerosi. In particolare, le principali ricerche riguardano l'esplora-

zione e la descrizione di cavità sotterranee ubicate in diversi settori della provincia di Agrigento.

Le forme di superficie

Tra le aree più significative e maggiormente studiate, soprattutto dal punto di vista speleologico, si annovera l'area carsica compresa tra gli abitati di S. Angelo Muxaro e S. Elisabetta, localizzata a qualche decina di chilometri a NNW della città di Agrigento.

Contrariamente alle zone descritte precedentemente, tale area non costituisce un'unità morfocarsica dai limiti ben definiti essendo caratterizzata dalla presenza di numerosi rilievi isolati di natura gessosa, di quota compresa tra 200 e 650 m circa, che poggiano su un substrato prevalentemente argilloso. Le caratteristiche climatiche non si discostano di molto da quelle delle altre aree considerate: le precipitazioni medie annue ammontano a 559,3 mm di pioggia e la temperatura media annua è di 17,4 °C. La successione evaporitica è costituita da gessi selenitici e laminati con intercalazioni di marne gessose, sali (generalmente cloruri, talora affioranti localmente) passanti lateralmente a gessareniti e argille o a gessi macrocristallini e clastici; la serie gessosa poggia su un substrato argilloso del Tortonianiano inf.-sup. ed è ricoperta in discor-



Fig. 13 - Solchi a doccia legati all'azione degli spruzzi e dall'erosione prodotta dalla risacca del mare sulla scarpata costiera (Marina di Palma di Montechiaro – Foto di Ugo Sauro).

Runnels developed on a cliff, following to wave splashing and marine erosion (Marina di Palma di Montechiaro – Photo by Ugo Sauro).

danza dai Trubi. Nell'area sono presenti piccoli affioramenti di Tripoli e di Calcarea di base (Messiniano inf.).

Le forme superficiali di grandi dimensioni sono riconducibili a doline e valli cieche. Le prime sono essenzialmente doline di soluzione; presentano un contorno da circolare a ellittico, un diametro medio non troppo elevato e profondità di qualche decina di metri; si tratta perlopiù di forme a piatto e a ciotola che si ritrovano isolate o disposte in gruppi e allineate secondo direzioni preferenziali. A luoghi si ha la presenza di conche aperte da un lato a seguito dei processi di soluzione che ne hanno smantellato una delle soglie gessose. L'area di S. Angelo Muxaro, in relazione alla grande diffusione di terreni argillosi, è contraddistinta dalla presenza di numerose piccole valli cieche. Si tratta di valli allogeniche che spesso alimentano cavità sotterranee.

Nell'area compresa tra S. Angelo Muxaro e S. Elisabetta (C.da Muxarello) è presente un gruppo spettacolare di rilievi domiformi del tipo "megabolle", riuniti a formare una dorsale complessa, caratterizzati dalla presenza di una crosta di alterazione poligonale ben sviluppata (MACALUSO & SAURO, 1997; 1998; FERRARESE *et al.*, 2002).

Un altro settore in cui il carsismo mostra delle evidenze significative è rappresentato

dall'area costiera agrigentina, tra Cattolica Eraclea e Montallegro; questa è caratterizzata dalla presenza di numerose doline e da alcune depressioni chiuse o semichiuse di grandi dimensioni assimilabili a forme di tipo polje. La forma più significativa è "Il Pantano", un polje semiaperto a fondo piatto in cui si possono verificare ristagni di acqua anche nel periodo estivo. Tra le forme di grandi dimensioni in prossimità di Porto Empedocle si sviluppa una delle valli cieche di maggiore estensione presenti in Sicilia. Si tratta di una valle allogenica, impostata prevalentemente su terreni di natura argillosa, che presenta un bacino idrografico di oltre 8 km² e uno sviluppo di circa 3 km. La valle termina in corrispondenza di un inghiottitoio, Lo Sfondato, a valle del quale, dopo circa 1 km nella stessa direzione valliva si sviluppa una risorgenza, la Grotta delle Zubbie, probabilmente da ricollegare al sistema ipogeo precedente (AGNESI *et al.*, 1986).

In quest'area sono ben sviluppate anche le forme di piccole dimensioni del tipo Karren (MACALUSO & SAURO, 1996; MACALUSO *et al.*, 2001). Tra i siti maggiormente significativi si annovera l'area di Montallegro, dove si riconosce una vasta gamma di Karren di diversa tipologia e dimensioni impostati su gesso alabastrino, l'area di Siculiana Marina dove sono presenti forme del tipo "Pinnacle Karst" su gessi macrocristallini in parte ancora ricoperti da una copertura clastica permea-

bile, e l'area di Marina di Palma di Montechiaro, più a Sud-Est, caratterizzata dalla presenza di Karren costieri legati all'azione solvente e meccanica dell'acqua marina (fig. 13). In prossimità di quest'area a Serra Balate si riconosce un paesaggio in roccia nuda contraddistinto da numerose bolle che si sviluppano su un versante omoclinale di gesso macrocristallino.

Le grotte

Il carsismo ipogeo della Sicilia centro-meridionale si sviluppa con molteplicità di forme, anche di notevole importanza dimensionale. La maggiore concentrazione delle cavità individuate si localizza nei territori che si estendono dal comune di Sant'Angelo Muxaro verso Est e Sud-Est fino ai comuni di Raffadali, Cattolica Eraclea, Montallegro.

In tali territori le cavità che rivestono maggiore importanza, sia per dimensioni che per complessità speleogenetica sono: la Grotta di Sant'Angelo Muxaro, la Grotta del Traforo di Montallegro, la Zubbia Camilleri e il Labirinto degli Istrici.

Grotta di Sant'Angelo Muxaro (2008 SI/AG) (PANZICA LA MANNA, 1995) – Si tratta di un inghiottitoio posto alla base della rupe su cui sorge l'omonimo abitato, che drena le acque di una valle cieca impostata sul substrato argilloso del Tortoniano. La cavità ha uno sviluppo complessivo di circa 1200 m ed un dislivello di 50 m. La prima parte si sviluppa su due livelli sovrapposti, di cui quello inferiore è attivo. Attraverso il livello superiore si perviene, all'interno della grotta, nel ramo medio-terminale nel quale confluiscono le acque provenienti dall'inghiottitoio esterno. Questo primo settore, specie nella parte dell'ingresso e del livello superiore, è caratterizzato prevalentemente da morfologie di crollo, che raggiungono proporzioni imponenti nell'antro di accesso, con blocchi anche di alcune decine di m³. Le parti attive sono invece

caratterizzate prevalentemente da morfologie freatiche (fig. 14), con soffitti a botte e laminatoi a sezione lenticolare. Nella parte mediana della grotta si innesta un pozzo che mette in comunicazione con l'esterno, in corrispondenza di una profonda dolina ad imbuto, situata a circa 300 m ad ESE dell'ingresso. L'andamento della grotta è prevalentemente meandriforme, con direzioni preferenziali ESE-WNW e NNE-SSW. Le acque del torrente sotterraneo che scompaiono alla fine della cavità attraverso un sifone impercorribile, ritornano a giorno attraverso una piccola grotta-risorgenza sul versante opposto del rilievo gessoso.

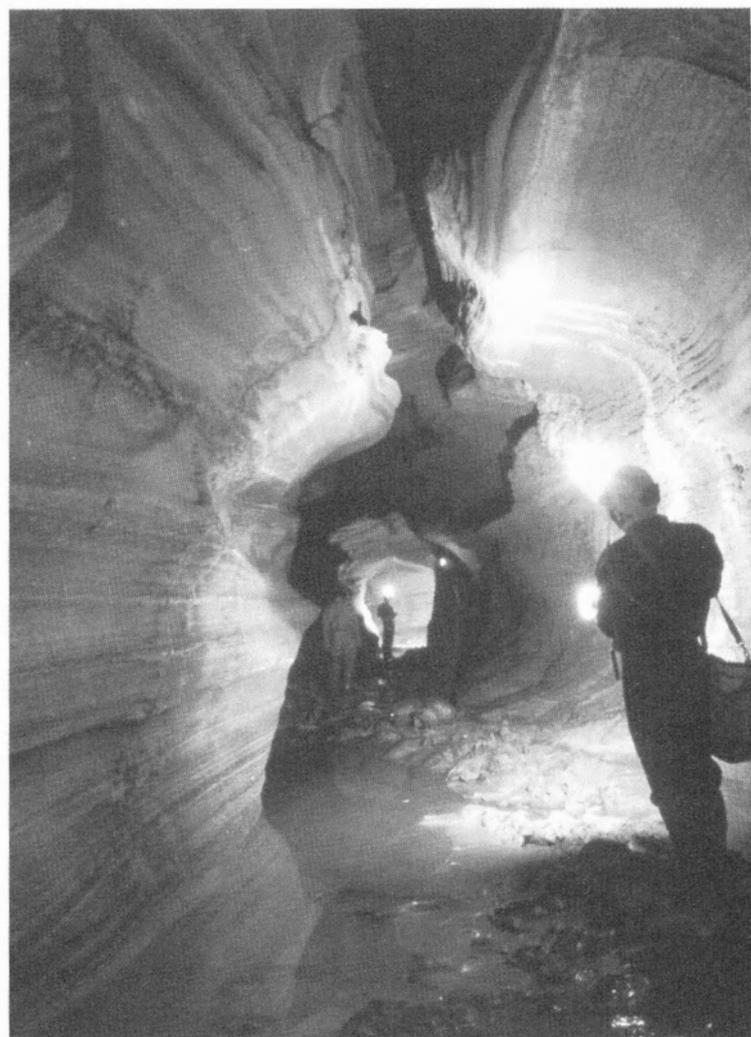


Fig. 14 - Galleria del ramo attivo mediano con evidenza della faglia che ha favorito lo sviluppo della cavità (Foto di Marco Sacchi).

Median gallery of the S. Angelo Muxaro Cave active branch; the fault which has influenced the development of the cave is recognisable (Photo by Marco Sacchi).

Nelle aree limitrofe alla Grotta di Sant'Angelo Muxaro va inoltre ricordato il sistema delle grotte del Vallone Ponte, costituito da una serie di cavità di attraversamento, sia attive che fossili, connesse all'evoluzione idrologica e morfologica dell'omonimo corso d'acqua.

Grotta del Traforo di Montallegro (VECCHIO, 2000). La cavità costituisce un sistema idrologico completo, inghiottitoio-risorgenza, interamente percorribile. La grotta si sviluppa su due livelli sovrapposti, dei quali l'inferiore, attivo, si percorre parzialmente solo nei pressi dell'inghiottitoio e della risorgenza. La parte percorribile interamente è quindi quella superiore, fossile, che presenta un andamento meandriforme con direzione variabile e morfologie freatiche. Lo sviluppo complessivo della cavità è di circa 360 m, con un dislivello di 26 m. In alcuni vani con morfologie di crollo si rileva anche la presenza di diverse forme di speleotemi calcitici.

Zubbia Camilleri (IEMMOLO, 2000). Si tratta di una cavità di recente scoperta ed esplorazione (1998), ubicata in Comune di Cattolica Eraclea (AG), che costituisce un traforo idrogeologico che drena le acque del torrente dell'Alvano. La grotta si articola su tre livelli, collegati da brevi pozzi (fig. 15) e raggiunge uno sviluppo complessivo di 1084 m, per un dislivello di 80 m. L'ingresso alto è costituito dall'inghiottitoio in cui si riversano le acque del torrente, la cavità si sviluppa quindi con un andamento planimetrico meandriforme generato dall'intersezione di due sistemi di discontinuità tettoniche ortogonali, SW-NE e SE-NW. Nel livello intermedio, che risulta il più esteso della grotta, si inseriscono dei camini che costituiscono ulteriori punti di alimentazione idrica dalla superficie. Attraverso il livello inferiore si perviene alla risorgenza del sistema

Sempre nel territorio della Sicilia centrale, ad Est della città di Agrigento, è stata di recente scoperta ed esplorata una interessante

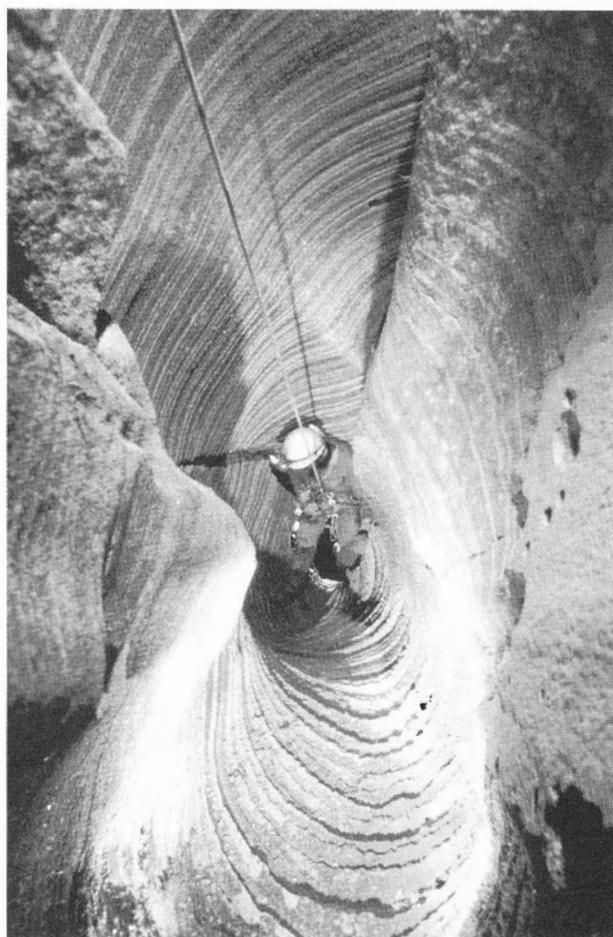


Fig. 15 - Pozzo da 15 m con evoluzione meandriforme che immette nella galleria inferiore attiva (Foto di Cesare Mangiagalli).

Pit 15 m deep, with meandering evolution, leading to the lower active gallery of the Zubbia Camilleri Cave (Photo by Cesare Mangiagalli).

cavità, denominata *Labirinto degli Istrici* (UNIONE SPELEOLOGICA PORDENONESE, dati inediti). È una grotta ad andamento prevalentemente orizzontale, meandriforme, dello sviluppo complessivo di circa 450 m e con dislivello di circa 30 m. È ubicata in territorio comunale di Naro (AG) in C.da Cianci la Vecchia. Si sviluppa all'interno e parallelamente all'asse di una *cuesta* in gessi macrocristallini, con stratificazione in banchi di spessore metrico. Si accede alla grotta attraverso uno scivolo tra massi di crollo ubicato nella parte di valle, nei pressi della risorgenza, non percorribile. La cavità si sviluppa quindi verso monte con frequenti cambiamenti di direzione della galleria, condizionata dall'intersezione di discontinuità NW-SE e NE-SW. Prevalgono le morfologie vadose, con tipiche sezioni a forra meandriforme, e di crollo, con

ampie sale e camini in collegamento con la superficie esterna. Notevole la presenza di concrezionamento gessoso con infiorescenze macrocristalline, croste e bolle microcristalline.

Cavità in miniera

Nell'area della Sicilia centro-meridionale sono segnalate anche cavità naturali intercettate nel corso delle lavorazioni minerarie per l'estrazione dello zolfo. Tra le più note e documentate vanno segnalate le cosiddette *zubbie* presenti nella Miniera Ciavolotta, in comune di Agrigento (MADONIA & PANZICA LA MANNA, 1986).

Si tratta di cavità ad andamento prevalentemente verticale, del volume di parecchie migliaia di m³ e con profondità di diverse decine di metri, poste al di sotto dell'attuale livello marino (tra circa -120 m a oltre -170 m). Queste cavità risultano parzialmente riempite da zolfo amorfo secondario, che durante le fasi di coltivazione mineraria è stato oggetto di sfruttamento per le caratteristiche di estrema purezza merceologica.

Altre segnalazioni (LA PORTA A., com. pers.), sempre nella provincia di Agrigento, sono riconducibili alla Miniera Cozzodisi in comune di Casteltermini, dove nel corso della coltivazione sono state individuate cavità naturali, impostate lungo discontinuità tettoniche e caratterizzate dalla presenza di macrocristallizzazioni di gesso selenitico di dimensioni pluri-metriche.

Sicilia centrale

Le aree carsiche della Sicilia centrale sono riconducibili agli affioramenti gessosi presenti nella provincia di Caltanissetta. Anche in questo caso, nonostante l'elevata diffusione delle rocce evaporitiche presenti, a tutt'oggi gli studi sul carsismo sono limitati.

Tra le zone più significative si riconosce l'area di Santa Caterina Villarmosa –



Fig. 16 - Solchi arrotondati su gessarenite. I solchi separano sistemi di dorsali sinuose che culminano in piccoli rilievi cupoliformi. Sui miniversanti si notano microrills alla stadio embrionale. S. Caterina Villarmosa – CL (Foto di Ugo Sauro).

Rounded runnels on arenitic gypsum. Starting from small dome-like structures, sinuous ridges originate downvalley. On the slopes, microrills are recognisable. S. Caterina Villarmosa – Caltanissetta (Photo by Ugo Sauro).

Marianopoli dove il carsismo di superficie si manifesta con lo sviluppo di numerose doline di piccole dimensioni e forme del tipo uvala, derivanti dalla coalescenza di più depressioni, ma soprattutto con lo sviluppo di una molteplicità di Karren, di diversa tipologia e dimensioni, che possono essere considerati unici in tutto il territorio siciliano (MACALUSO *et al.*, 2001). Gli esempi più spettacolari si rinvennero a C.da Scaleri e lungo la strada provinciale che collega S. Caterina Villarmosa e Marianopoli (fig. 16).

Un'altra area degna di nota è quella compresa fra i territori comunali di Campofranco,



Fig. 17 - Cupola interessata da una fitta rete di poligoni. C.da Mustanzello, Milena - CL.
Dome-like form affected by a close net of polygons. C.da Mustanzello, Milena - Caltanissetta.

Milena e Sutera, soprattutto per ciò che concerne le forme sotterranee. Le forme superficiali infatti sono poco numerose, tra queste si riconoscono due valli cieche, una delle quali drenante il sistema carsico di Monte Conca. In C.da Mustanzello, inoltre si sviluppa un insieme di forme del tipo bolle e "megabolle", alcune delle quali caratterizzate dalla presenza di cavità aperte sulla sommità e pertanto esplorabili (fig. 17).

Le grotte

Dal punto di vista speleologico l'area maggiormente esplorata della Sicilia centrale è compresa fra i territori comunali di Campofranco, Milena e Sutera. In questa zona sono state esplorate diverse cavità, spesso legate a fenomeni evolutivi e genetici prevalentemente tettonici. Le più caratteristiche di queste si rinvencono nel comprensorio di Monte Grande (CATELLANI, 1988) ed in alcuni casi contengono particolari speleotemi gessosi (CHIESI & FORTI, 1992).

Il sistema carsico di maggiore importanza speleologica è ubicato nel rilievo gessoso di Monte Conca, in comune di Campofranco, sulla sinistra idrografica del Fiume Gallo d'Oro. Si tratta di due cavità attive, l'Inghiottitoio e la Risorgenza (PANZICA LA MANNA, 1997).

L'Inghiottitoio di Monte Conca (3000 SI/CL) è costituito da due gallerie, una superiore ed una inferiore, collegate da una serie di 4 pozzi-cascata profondi rispettivamente 9, 12, 31 e 26 m. La galleria superiore è lunga

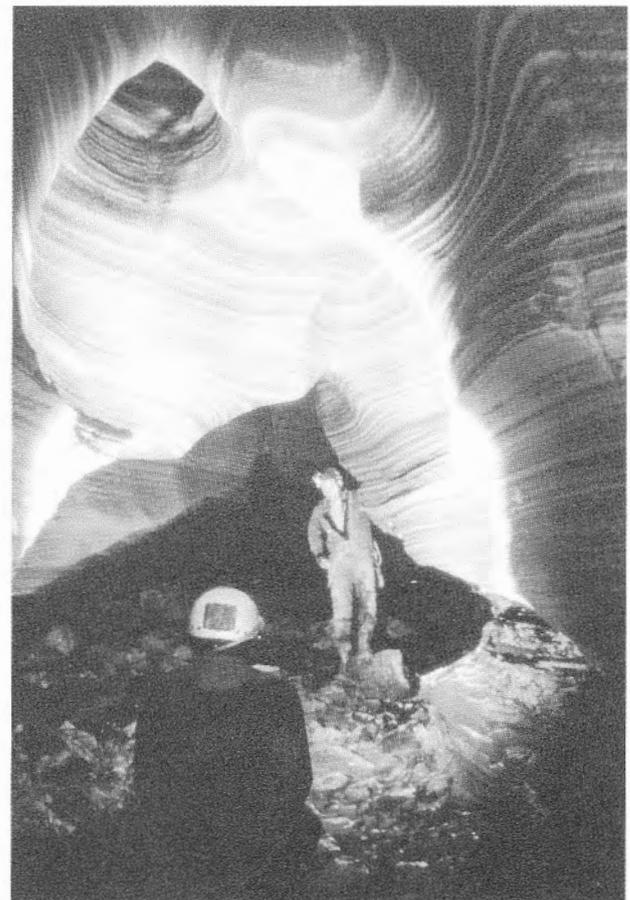


Fig. 18 - Galleria con cupole di eversione nella parte terminale della grotta (Foto di Mauro Chiesi).
Gallery with eversion cupolas in the terminal part of the Monte Conca Cave (Photo by Mauro Chiesi).

circa 100 m e si sviluppa verso Nord con andamento complessivamente rettilineo; la galleria inferiore, lunga circa 400 m ha un andamento meandriforme e sezioni trasversali molto variabili sia per dimensioni (da circa 1 m a oltre 10 m di altezza) che per morfologia (fig. 18). La galleria termina con l'abbassamento progressivo della volta ed il sifonamento del corso d'acqua che vi scorre.

Alla base del versante opposto del rilievo è ubicata la Risorgenza di Monte Conca (Grotta di Carlazzo – 3001 SI/CL), che si sviluppa per circa 250 m, con andamento orizzontale. Nella grotta sono riconoscibili due livelli sovrapposti, di cui quello interamente percorribile è quello superiore. Il livello inferiore risulta invece completamente allagato per la presenza del corso d'acqua proveniente dal soprastante Inghiottoio.

Area di Petralia-Alimena-Nicosia

Nel territorio di Petralia Sottana va ricordata la presenza della Grotta del Vecchiuzzo, ubicata sulla parete orientale del Cozzo Prangi. Si tratta di una risorgenza fossile ad andamento sub-orizzontale, dello sviluppo di

circa 100 m, impostata in un'alternanza di brecce gessose e gessareniti grossolane fetide per la presenza di bitume (MADONIA & PANZICA LA MANNA, 1986).

Le conche lacustri

In Sicilia sono presenti numerose conche lacustri, mediamente di piccole dimensioni, di natura carsica. Nella maggior parte dei casi si tratta di piccoli bacini impostati su terreni non carsificabili sovrastanti le unità gessose, originati da fenomeni di suberosione dei gessi e subsidenza delle formazioni non carsiche (MARINELLI, 1896, 1900, 1910; CIPOLLA, 1934; TREVISAN & DI NAPOLI, 1937; AGNESI *et al.*, 1986). Tali conche sono distribuite sia nelle aree di massima diffusione degli affioramenti gessosi sia nelle aree marginali. Tra i laghi di maggiore interesse si annoverano il Lago di Pergusa in prossimità di Enna, che con i suoi 1,83 km² di superficie costituisce il lago naturale di maggiori dimensioni della Sicilia, i Gorghi Tondi e il Lago Preola, nella Sicilia sud-occidentale, Lago Soprano, in prossimità di Caltanissetta, e Lago Sfondato, impostato su gessi e gessareniti messiniane,

Nome	Numero	Comune	Litologia	Quota ingresso (m s.l.m.)	Sviluppo (m)	Dislivello (m) -/+
Grotta di Santa Ninfa	8000 SI/TP	Santa Ninfa (TP)	Gesso macrocristallino	390	1350	25/0.0
Grotta di Sant'Angelo Muxaro	2008 SI/AG	Sant'Angelo Muxaro (AG)	Gesso macrocristallino	164	1176	50/0.0
Zubbia Camilleri		Cattolica Eraclea (AG)	Gesso macrocristallino	280	1084	80/0.0
Grotta di Entella	310 SI/PA	Contessa Entellina (PA)	Gesso macrocristallino	308	600	0.0/58
Inghiottoio di Monte Conca	3000 SI/CL	Campofranco (CL)	Gesso macrocristallino	273	520	108/0.0
Labirinto degli Istrici		Naro (AG)	Gesso macrocristallino	445	450	30/0.0
Grotta della Volpe Rossa	8007 SI/TP	Santa Ninfa (TP)	Gesso macrocristallino	452	371	67/0.0
Grotta del Traforo		Montallegro (AG)	Gesso macrocristallino	133	363	26/0.0
Grotta di Carlazzo (Risorg. di M. Conca)	3001 SI/CL	Campofranco (CL)	Gesso macrocristallino	150	250	0.0/4.0
Inghiottoio delle Serre	206 SI/PA 2	Ciminna (PA)	Gesso macrocristallino	696	120	20/0.0

Tab. 1- Elenco delle principali grotte nei gessi.
Principal gypsum caves in Sicily

Denominazione	Provincia	Caratteristica	Tipo di tutela	Ente gestore
Grotta di Sant'Angelo Muxaro	Agrigento	Cavità sotterranea attiva	R. N. I.	Legambiente
Contrada Scaleri	Caltanissetta	Affioramenti gessosi con Karren	R. N. I.	Provincia Regionale Caltanissetta
Lago Sfondato	Caltanissetta	Lago per fenomeni di suberosione	R. N. I.	Legambiente
Monte Conca	Caltanissetta	Sistema sotterraneo attivo	R. N. I.	CAI Sicilia
Lago Soprano	Caltanissetta	Lago per fenomeni di suberosione	R. N. O.	Provincia Regionale Caltanissetta
Grotta di Entella	Palermo	Cavità sotterranea	R. N. I.	CAI Sicilia
Serre di Ciminna	Palermo	Area con fenomeni epigei e ipogei	R. N. O.	Provincia Regionale Palermo
Grotta di Santa Ninfa	Trapani	Cavità sotterranea attiva	R. N. O.	Legambiente
Lago Preola e Gorgi Tondi	Trapani	Laghi per fenomeni di suberosione	R. N. I.	WWF
Lago di Pergusa	Enna	Laghi per fenomeni di suberosione	R. N. S.	Provincia Regionale Enna

Tab. 2 - Elenco delle Riserve Naturali in aree carsiche gessose.
Naturale Reserves in gypsum karst areas of Sicily

formatosi nel 1907 a seguito di un fenomeno di sprofondamento dovuto alla soluzione delle evaporiti sottostanti (CUMIN, 1953).

Nell'isola la formazione di alcuni bacini lacustri è legata in parte anche all'azione antropica; in tali bacini infatti la subsidenza delle formazioni sovrastanti le unità gessose è dovuta ai lavori di coltivazione di miniere localizzate nelle aree contermini, un esempio è dato dal piccolo lago prossimo alla miniera Trabona ormai dismessa (S. Caterina Villarmosa). Va segnalato che attualmente molti specchi lacustri non esistono più o comunque non presentano più la loro forma originaria, essendo stati pesantemente modificati dall'azione antropica.

Conservazione e valorizzazione

A seguito dell'emanazione di vari atti normativi comunitari, nazionali e regionali, i fenomeni carsici nei gessi della Sicilia sono soggetti a differenti forme dirette e indirette di tutela e valorizzazione. Da un lato, come conseguenza dell'imposizione di vincoli connessi con la tutela dei beni paesaggistici e archeologici, della istituzione di parchi regionali, della designazione di siti di importanza comunitaria di cui alla *Direttiva Habitat* (S.I.C.), le emergenze carsiche nei gessi, sia

superficiali che sotterranee, che ricadono in tali aree vincolate, possono godere indirettamente di regimi di tutela individuati per finalità di salvaguardia diverse da quelle specifiche riferibili al bene carsico.

A titolo di esempio va citata la Grotta del Vecchiuzzo, in territorio di Petralia Sottana, che risulta indirettamente tutelata in quanto ricadente all'interno del Parco Regionale delle Madonie ed inoltre sottoposta a vincolo archeologico per la presenza di reperti storici e preistorici. Importante è anche il ruolo di tutela indiretta svolto dalle normative riconducibili alla Direttiva europea Habitat, sia perché numerose aree carsiche della Sicilia ricadono all'interno dei citati S.I.C., sia perché molte cavità in gesso ospitano colonie di Chiroterri, animali protetti dalla stessa normativa comunitaria. A parte la tutela indiretta, in Sicilia riveste carattere di maggiore incisività la legge regionale 6 maggio 1981, n. 98 e successive modifiche ed integrazioni che, nell'ambito del Piano Regionale dei Parchi e delle Riserve Naturali, ha previsto l'istituzione di numerose riserve naturali specificatamente individuate anche per la protezione del fenomeno carsico nei gessi (tab. 2).

Queste aree protette riguardano emergenze carsiche sia superficiali che sotterranee.

L'istituzione delle aree protette legate a fenomeni di carsismo nei gessi comporta, oltre che la salvaguardia dei beni naturali, anche la valorizzazione degli stessi. Gli Enti gestori delle riserve, infatti, compatibilmente con le necessità di tutela e le caratteristiche di ogni singola area, promuovono diverse attività finalizzate alla fruizione eco-compatibile, alla didattica naturalistica, alla ricerca scientifica. In linea di massima le cavità godono di un regime di tutela "integrale", che consente esclusivamente interventi di carattere scientifico. In tale contesto viene pertanto ammesso soltanto un accesso guidato e contingentato, limitato alle zone di minore pericolo sia per gli escursionisti che per l'integrità ambientale, supportato, ove necessario, da specifiche indagini sulle dinamiche del microclima sotterraneo in relazione al transito dei gruppi di visitatori. Per quanto riguarda le aree esterne, sulle quali l'impatto dell'escursionismo è di minore rilevanza, l'istituzione del vincolo di riserva naturale contribuisce alla divulgazione e valorizzazione di fenomeni che in genere risultano poco conosciuti.

Ringraziamenti

Si ringraziano Marco Vattano e Giulia Casamento per la preziosa collaborazione.

Bibliografia

- AGNESI V., MACALUSO T. (a cura di), 1989 - *I gessi di Santa Ninfa (Trapani). Studio multidisciplinare di un'area carsica*. Mem. Ist. It. Spel., s. 2, n. 3, 202 pp.
- AGNESI V., MACALUSO T., PIPITONE G., 1986 - *Fenomeni carsici epigei nelle evaporiti della Sicilia*. Atti del Simp. Int. sul carsismo delle evaporiti, Palermo 27-30 ottobre 1985. Le Grotte d'Italia. Bologna, s. 4, vol. XIII, 1986, pp. 123-161.
- AGOSTINI S., CUCCHI F., 1989 - *Caratteristiche geologiche dell'area di S. Ninfa*. I gessi di Santa Ninfa (Trapani). Studio multidisciplinare di un'area carsica. Mem. Ist. It. Spel., s. 2, n. 3, pp. 15-21.
- ARUTA L., BUCCHERI G., 1971 - *Il Miocene preevaporitico in facies carbonatico-detritica dei dintorni di Baucina, Ventimiglia di Sicilia, Calatafimi (Sicilia)*. Riv. Min. Sic., vol. 130-132, pp.188-194.
- BALDACCI L., 1886 - *Descrizione geologica dell'Isola di Sicilia*. Mem. descr. Carta Geol. d'Italia, Roma.
- BIANCONE V., MESSANA E., PANZICA LA MANNA M., 1994 - *Carsismo ipogeo in aree gessose nei pressi di Agrigento (Sicilia centro-meridionale)*. Atti del 3° Conv. Reg. di Speleologia, Catania 8-11 dicembre 1994. Atti dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali, vol. 27, n. 348, pp. 477-506.
- BOMMARITO S., CATALANO R., 1973 - *Facies analysis of an evaporitic messinian sequence near Ciminna (Palermo, Sicily)*. Messinian Events in the Mediterranean. North Hollana, Amsterdam, pp. 172-177.
- BOMMARITO S., D'ANGELO U., VERNUCCIO S., 1992a - *Carta geologica della tavoletta Calatafimi (F. 257 I SE)*. Istituto di Geologia dell'Università di Palermo.
- BOMMARITO S., D'ANGELO U., VERNUCCIO S., 1992b - *Carta geologica della tavoletta Vita (F. 257 I SW)*. Istituto di Geologia dell'Università di Palermo.
- BUFFA V., CATALANO F., CUSIMANO R., 1995 - *Ricerche effettuate nei gessi di Monte Misciotto e Cozzo Bosco*. Atti del I° Conv. Reg. di Speleologia della Sicilia, Ragusa 14-16 dicembre 1990. Vol. 1, pp. 133-154.
- CATALANO R., 1979 - *Scogliere coralline messiniane in Sicilia. Modelli genetici ed implicazioni strutturali*. Lavori dell'Istituto di Geologia dell'Università di Palermo, vol. 18, pp. 1-21.
- CATALANO R., 1986 - *Le evaporiti messiniane. Loro ruolo nell'evoluzione geologica della Sicilia*. Atti del Simp. Int. sul carsismo delle evaporiti, Palermo 27-30 ottobre 1985. Le Grotte d'Italia. Bologna, s. 4, vol. XIII, 1986, pp. 109-122.
- CATELLANI C., 1988 - *I gessi di Milena*. Speleologia, Anno 9, n. 19, p. 57.
- CIPOLLA F., 1934 - *Nuovi contributi alla geologia e geografia fisica di Mazara del Vallo e suoi dintorni (Prov. di Trapani)*. Bollettino della Società di Scienze Naturali ed Economiche di Palermo, A. XV, v. 12, pp. 28-35.
- CHIESI M., FORTI P., PANZICA LA MANNA M., 1989 - *Le esplorazioni speleologiche nell'area carsica di S. Ninfa*. I gessi di Santa Ninfa (Trapani). Studio multidisciplinare di un'area carsica. Mem. Ist. It. Spel., s. 2, n. 3, pp. 85-92.
- CHIESI M., FORTI P., 1992 - *Le concrezioni e le mineralizzazioni della Grotta della Milocchite MG 2 (Milena - Caltanissetta)*. Mondo Sotterraneo, n.s., A. XVI, (1-2), pp. 29-38.
- CUMIN G., 1953 - *Il Laghetto "Lo Sfondato" nella Sicilia centrale*. Boll. Soc. Geogr. It., s. 8, vol. 6, pp. 107-211.
- DECIMA A., WEZEL F., 1971 - *Osservazioni sulle evaporiti siciliane della Sicilia centro meridionale*. Rivista Mineraria Siciliana, n. 130-132, pp. 172-187.
- FABIANI R., 1932 - *Per lo sviluppo della speleologia in Sicilia*. Il Naturalista Siciliano, n.s., vol. 1, pp. 223-224.
- FAVARA R., FRANCOFONTE S., GRASSA F., LOTTA M., PROIETTO F., RICCOBONO G., VALENZA M., 2001 - *Studio idrogeochimico degli acquiferi presenti nell'area della Riserva Naturale Grotta di Santa Ninfa*.

- Naturalista siciliano, s. 4, vol. 25, suppl. 2001, pp. 237-254.
- FERRARESE F., MACALUSO T., MADONIA G., PALMERI A., SAURO U., 2002 - *Solution and re-crystallization processes and associated landforms in gypsum outcrops of Sicily*. *Geomorphology*, vol. 49, pp. 25-43.
- GEMMELLARO M., 1915 - *Le doline della formazione gessosa a N.-E. di Santaninfa (Trapani)*. *Giornale di Scienze Naturali ed Economiche*, Palermo, vol. 31, pp.1-49+IV.
- GEMMELLARO C., 1850 - *Sul preteso vulcano di Montegrande presso Pietraperzia*. *Atti Acc. Gioenia*, vol. VII, pp. 143-154.
- GHISSETTI F., VEZZANI L., 1982 - *Evoluzione Neotettonica della Sicilia e Problematiche Relative*. CNR-PF "Geodinamica", Contributi Conclusivi alla Realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Roma.
- IEMMOLO A., 2000 - *Zubbia Camilleri, Cattolica Eraclea - Agrigento*. *Speleologia*, n. 42, pp. 49-53.
- LO CICERO G., DI STEFANO E., CATALANO R., AGATE M., CONTINO A., GRECO G., MAURO G., 1997 - *The Messinian Evaporitic Ciminna Basin Cyclical sedimentation and eustatic control in a transpressive tectonic setting*. Time scales and basin dynamics. Sicily, the adjacent Mediterranean and other natural laboratories. Field workshop in Western Sicily. Guidebook. 8th Workshop of the ILP Task Force "Origin of sedimentary basins", Palermo (Sicily) June 7-13 1997, pp.70-83.
- MACALUSO T., SAURO U., 1996 - *The Karren in evaporite rocks: a proposal of classification*. Karren landforms, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca, pp. 277-293.
- MACALUSO T., SAURO U., 1997 - *Weathering crust and Karren on exposed gypsum surfaces*. Gypsum Karst of the World. *Int. J. Speleol.*, vol. 25, s. 3-4, pp.115-126.
- MACALUSO T., SAURO U., 1998 - *Aspects of weathering and landforms evolution on gypsum slopes and ridges of Sicily*. *Suppl. Geogr. Fis. e Dinam. Quat.*, vol. III, T. 4, pp. 91-99.
- MACALUSO T., MADONIA G., PALMERI A., SAURO U., 2001 - *Atlante dei Karren nelle evaporiti della Sicilia*. Quaderni del Museo "G.G. Gemmellaro", n. 5, Dipartimento di Geologia e Geodesia, Università di Palermo, 143 pp.
- MADONIA P., 2001 - *Considerazioni preliminari sul monitoraggio di temperatura, umidità e concentrazione di CO₂ nell'atmosfera ipogea della Grotta di Santa Ninfa*. *Naturalista siciliano*, s. 4, vol. 25, suppl. 2001, pp. 255-269.
- MADONIA P., PANZICA M., VIVOLI P., 1983 - *Attuali conoscenze sul fenomeno carsico della provincia di Palermo*. *Atti del XIV Cong. Naz. di Speleologia*, Bologna 2-5 settembre 1982. *Le Grotte d'Italia*, s. 4, vol. 11, pp.183-194.
- MADONIA P., PANZICA LA MANNA M., 1986 - *Fenomeni carsici ipogei nelle evaporiti in Sicilia*. *Atti del Simp. Int. sul carsismo delle evaporiti*, Palermo 27-30 ottobre 1985. *Le Grotte d'Italia*. Bologna, s. 4, vol. 13, 1986, pp. 163-189.
- MARINELLI O., 1896 - *Alcune notizie sopra il lago di Pergusa in Sicilia*. *Rivista Geografica Italiana*, A. III, fasc. X, pp. 1-11 (estratto).
- MARINELLI O., 1899 - *Fenomeni analoghi a quelli carsici nei gessi della Sicilia*. *Atti del III Cong. Geografico Italiano*, Firenze 12-17 aprile 1898, pp.1-14 (estratto).
- MARINELLI O., 1900 - *Conche lacustri dovute a suberosioni nei gessi in Sicilia*. *Rivista Geografica Italiana*, A. VII, n. 5, pp. 273-285.
- MARINELLI O., 1910 - *Fenomeni carsici nei gessi nei dintorni di Calatafimi*. *Mondo Sotterraneo*, A. VII, n. 1-2, pp. 16-20.
- MARINELLI O., 1911 - *Per lo studio delle grotte e dei fenomeni carsici della Sicilia*. *Atti del VII Cong. Geografico Italiano*, Palermo 1911, pp.1-21 (estratto).
- MARINELLI O., 1917 - *Fenomeni carsici nelle regioni gessose d'Italia*. *Memorie Geografiche di Giotto Dainelli*, supp. a *Riv. Geog. It.*, n. 34, pp.263-416.
- NICOD J., 1976 - *Karst des Gypses et des évaporites associées*. *Annales de Géographie*, n. 471, pp. 513-554.
- PANZICA LA MANNA M., 1995 - *Il sistema carsico ipogeo di S. Angelo Muxaro (AG)*. *Atti del I° Conv. Reg. di Speleologia della Sicilia*, Ragusa 14-16 dicembre 1990. Vol. 1, pp.47-53.
- PANZICA LA MANNA M., 1997 - *Aspetti del fenomeno carsico sotterraneo nel territorio di Milena (CL)*. La Rosa, V. Dalle Capanne alle Robbe - La storia lunga di Milocca-Milena. Milena, Pro Loco, pp. 27-36 + 2 tav.
- SAURO U., 1995 - *Highlights on doline evolution*. Environmental effects on Karst Terrains; (homage to Laszlo Jackucs). *Acta Geograph. Szegediensis*, vol. 34, Univ. of Szeged, pp.107-121.
- SAURO U., 1997 - *Geomorphological aspects of gypsum karst area with special emphasis on exposed karst*. Gypsum Karst of the World. *Int. J. Speleol.*, s. 3-4, vol. 25, pp. 105-114.
- SAIBENE C., 1957 - *Note sul carsismo in Sicilia*. *Atti XVII Cong. Geogr. It.*, pp. 137-145.
- SPATARO D., 1891 - *Igiene delle Abitazioni. Igiene delle acque*. Hoepli. Milano.
- TREVISAN L., DI NAPOLI E., 1937 - *Tirreniano, Siciliano e Calabriano nella Sicilia sud-occidentale. Note di Stratigrafia, Paleontologia e Morfologia*. *Giornale di Scienze Naturali ed Economiche*, v. 39, memoria n. 8, p. 38.
- UNIONE SPELEOLOGICA PORDENONESE, 1995 - *Campagna speleologica Sicilia '90. Comune di Racalmuto - 31 agosto 9 settembre 1991*. *Atti del I° Conv. Reg. di Speleologia della Sicilia*, Ragusa 14-16 dicembre 1990. Vol. 1, pp. 54-65.
- VECCHIO E., 2000 - *Il sistema carsico ipogeo Grotta del Traforo di Montallegro (AG)*. *Atti del 3° Conv. di Speleologia della Sicilia*, Palermo 3-5 aprile 1998, pp.157-164.