

Localizzazione e problemi di stabilità dei siti rupestri dell'area pugliese

Damiano Grassi¹, Salvatore Grimaldi¹, Vincenzo Simeone²

¹Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia Applicata all'Ingegneria, Università degli Studi della Basilicata – via dell'Ateneo Lucano – Potenza, grassi@unibas.it, sgrimaldi@unibas.it

²Politecnico di Bari - Facoltà di Ingegneria di Taranto — Viale del Turismo 8, - 74100 Taranto, v.simeone@poliba.it (autore corrispondente)

Localization and stability problems in apulian rupestrian settlements

ABSTRACT: The large number of rupestrian settlement sited in Apulia region have had the possibility to born and to grow up also in order to the special geological and geomorphological habitat of the sites where are localised. Only in few area it is possible to have a rock that is at the same time compact, impermeable, ma easy to be dug and modelled in architectural forms Among the different Apulian sandstone only the Gravina Sandstone (Lower Pleistocene) has this sort of characters, so that the localization of large rupestrian settlement is strictly conditioned by the outcropping of this lithotype and by the geomorphological characters of the site. While some settlements appear to represent a sort of troglodytic metropolis, which extend for several kilometres and are articulated in a compact succession of overlapping levels (from 3 to 12) of numerous caves and cavities, other settlements resemble 'villages', made up of a limited number of caves located on the same subhorizontal level, sometimes only one or two caves. The first of these settlements, located in correspondence to the steep slopes of the gorges, are influenced by the fact that in Puglia these are located only there. The most simple settlements were founded on the 'lame' and on modest, subvertical fault planes and/or palaeocoastlines. These sites since their origin they have suffered for an intrinsic fragility related to their constructive technique and to the distribution of the empty zone dug in the rock masses. In this way the actual stability condition are strongly conditioned by the continuous modification of the state of stress in the sandstone rock masses; due to complex distribution and concentration of stresses in the rock as an effect of the excavation activity and of the load transmitted by the buildings. The sandstone rock has locally a low diagenesis degree and it is characterized by an high imbibitions coefficient. The detrimental micro-climate conditions has favoured chemical processes as decalcification of rock and biochemical corrosion processes; favouring loss of strength of sandstone and rock collapse and mutilations to the decorative and architectural elements. An important destabilization role is also played by rock joints due rarely to tectonic activity and more often to stress relief due the valley o to digging activity or to the applied loads. The relative movements between rocky blocks induce detrimental effect on the sites. An other detrimental effect is induced by the morphogenetic dynamics of the sub-vertical valley banks of the sites. These banks are affected by falls and toppling of rocky blocks and secondary by translation slide.

Key terms: rupestrian settlements, cultural heritage, stability, Apulia region

Termini chiave: insediamenti rupestri, beni culturali, stabilità, Puglia

Riassunto

Il gran numero di insediamenti rupestri presenti nella regione pugliese hanno avuto modo di impostarsi e svilupparsi grazie anche alle particolari condizioni geologiche e geomorfologiche dei siti. Solo in poche aree è possibile avere una così larga convergenza di specifiche caratteristiche litostratigrafiche, morfostrutturali ed idrogeologiche necessarie a consentire lo sviluppo di insediamenti rupestri. Era necessario avere una roccia compatta, resistente ed impermeabile, ma al tempo stesso facile da scavare e da modellare in forme architettoniche. Fra i diversi tipi di calcarenite presenti in Puglia la sola a possedere contemporaneamente questi diversi requisiti è la Calcarenite di Gravina (Pleistocene Inferiore), così che la

localizzazione e le caratteristiche urbanistico strutturali e di sviluppo degli insediamenti sono fortemente condizionati dagli affioramenti di questo litotipo e dalle caratteristiche geomorfologiche del sito.

Molti siti rupestri presentano fenomeni di instabilità diffusa che hanno portato alla distruzione di parte di essi. Diverse sono le cause che inducono fenomeni di instabilità in detti siti. Essi hanno sofferto di una intrinseca fragilità dovuta alla loro tecnica costruttiva ed allo stesso schema di impianto su più livelli che da luogo ad un sovrapporsi di pieni e di vuoti nell'ammasso roccioso che può dar luogo a significative concentrazioni di sforzi anche in conseguenza degli sforzi trasmessi dalle sovrastanti costruzioni in elevazione. Un importante ruolo nei fenomeni di instabilità è esercitato dai giunti tettonici e dai rilasci tensionali

connessi alla presenza di incisioni morfologiche ed all'attività di scavo. I giunti sono fra l'altro la via preferenziale di penetrazione dell'acqua all'interno dell'ammasso roccioso. La dinamica morfologica dei siti si estrinseca essenzialmente attraverso crolli e ribaltamenti e secondariamente con scoscendimenti. Da ultimo un ruolo on secondario viene esercitato dalla vegetazione. Le radici esercitano un'azione sia meccanica, che chimica di corrosione che favorisce l'infiltrazione dell'acqua.

1. Premessa

In nessun'altra regione dell'area mediterranea lo sviluppo degli insediamenti rupestri è stato così rilevante e persistente come in Puglia. Ciò è comprovato sia dalla larga diffusione e dal degli insediamenti rupestri sia dall'imponenza che taluni di essi hanno raggiunto sia dalla continuità temporale degli stessi che sono entrati a far parte integrante non solo dei centri storici medievali su di essi edificati ma perfino dell'attuale tessuto urbano.

Per soddisfare le originarie e primarie esigenze delle genti indigene e per la realizzazione tecnica di un così peculiare insediamento umano era necessario un particolare habitat fisico (litostratigrafico-geomorfologico-ambientale), non facilmente reperibile specie su vasta scala. Ciò peraltro spiega come in altre regioni il fenomeno rupestre, quantunque in vario modo e misura avvertito, non abbia avuto modo di esprimersi, quantomeno in forma diffusa e compiuta e in un così ampio arco di tempo. Nella stessa Puglia ha potuto estrinsecarsi in tutta la sua pienezza e sopravvivere senza soluzione di continuità per quasi più di 1500 anni, grazie ad un habitat fisico talmente ricettivo e ad un tempo singolare da essere riscontrabile solo in una modesta porzione del pur vasto territorio regionale. E' il caso di evidenziare che in più posti il popolamento rupestre medioevale si è inserito in un habitat rupestre ospitante insediamenti frequentati sin dalla preistoria.

L'esigenza rupestre è stata avvertita, essenzialmente come necessità di sopravvivenza e di libertà, a seguito del disfacimento dell'antichità classica e del suo centralismo. Per sfuggire alle scorrerie ed agli eserciti barbarici, alla persecuzione iconoclastica, nonché per consentire l'esercizio della nascente e sempre più pressante vocazione eremita (XI - X secolo), le popolazioni indigene furono costrette a disperdersi, occultarsi (quasi rintanarsi) in siti non agevolmente accessibili ed individuabili da lontano. A questo deve aggiungersi che a partire del V secolo si verificò un peggioramento delle condizioni climatiche disagiate, che congiuntamente all'innalzamento del livello medio marino favorì l'impaludamento delle aree costiere spingendo gli abitanti del territorio pugliese a trovare riparo in siti diversi. Trattandosi almeno originariamente di gente povera, necessitava poter ottenere unità abitative a costo minimo e, nel contempo, luoghi di culto non inferiori, per dignità architettonico-decorativa, a quelli edificati in superficie. Ciò portò alla nascita di insediamenti rupestri,

che hanno avuto modo di crescere e svilupparsi in quei siti dove l'habitat fisico si presentava particolarmente recettivo.

2. Cenni geologici e ripartizione geografica e caratteristiche degli insediamenti rupestri

La parte centro meridionale della regione pugliese è condizionata da rocce carbonatiche mesozoiche, formanti la Piattaforma Appula (Fig. 1). Questa è allungata in senso NW - SE ed è priva di soluzione di continuità. La sua porzione nord-occidentale, denominata Murgia, è un horst che verso NE digrada dolcemente verso il Mare Adriatico, mentre verso SW s'innalza bruscamente sull'Avanfossa Bradanica. Solo lungo il suo perimetro di norma è ricoperto da una stretta fascia di sedimenti quaternari (Fig. 1). Questa è assente lungo la porzione centro-settentrionale della fascia rivierasca. Detti sedimenti sono costituiti essenzialmente da calcareniti (essenzialmente Pleistocene inferiore), direttamente trasgressive sul Mesozoico, da argille, sabbie e conglomerati. Nel finitimo bassopiano del Salento la stessa piattaforma affiora con discontinuità, essendo ricoperta anche da vari tipi di calcareniti del Terziario, del Pleistocene Medio Superiore ed Oloceniche. Queste ultime sono di diverso tipo e riconducibili a brevi e più recenti cicli sedimentari, hanno: modesto spessore, struttura e tessitura molto variabile in breve spazio, un grado di diagenesi molto discontinuo e spesso incipiente. La piattaforma Apula ed il Salento hanno un paesaggio con elementi fisiografici modesti o appena abbozzati come talune altrettanto modeste scarpate, dovute a faglie e/o antiche linee di costa. Solo in corrispondenza del fianco sud-occidentale della piattaforma si ha una successione di strette e profonde (anche 200 m) forre, dai versanti subverticali e talora modellati da stretti terrazzi disposti a gradinata e ripartiti in più ordini (anche 7-8 ordini).

Solo in poche aree è possibile avere una larga convergenza di specifiche caratteristiche litostratigrafiche, morfostrutturali ed idrogeologiche necessarie a consentire lo sviluppo di insediamenti rupestri. Era necessario avere una roccia compatta, resistente ed impermeabile, ma al tempo stesso facile da scavare e da modellare in forme architettoniche. Necessitava che: l'ammasso roccioso ospitante risultasse innanzitutto competente e impermeabile; la roccia fosse tenera, in modo da consentire facilità e precisione di scavo, e dotata di grandi doti di lavorabilità e quindi si lasciasse agevolmente segare, scolpire, affrescare, ecc. Fra i diversi tipi di calcarenite presenti in Puglia la sola a possedere contemporaneamente questi diversi requisiti è la Calcarenite di Gravina (Pleistocene Inferiore), così che la localizzazione e le caratteristiche urbanistico strutturali e di sviluppo degli insediamenti sono fortemente condizionati dagli affioramenti di questo litotipo e dalle caratteristiche geomorfologiche del sito. Solo in talune aree salentine sono state interessate altri tipi di calcareniti eterogenee, dotate di più scadenti caratteristiche fisico-meccaniche. Il che giustifica la circostanza che nel Salento gli insediamenti

sono di limitata consistenza, atipici ed isolati. Ne consegue che: la ripartizione geografica e l'esatta ubicazione del singolo insediamento sono state imposte dalla presenza

della predetta calcarenite nonché dal locale grado di diagenesi della roccia e dallo spessore residuo del deposito (Fig. 1).

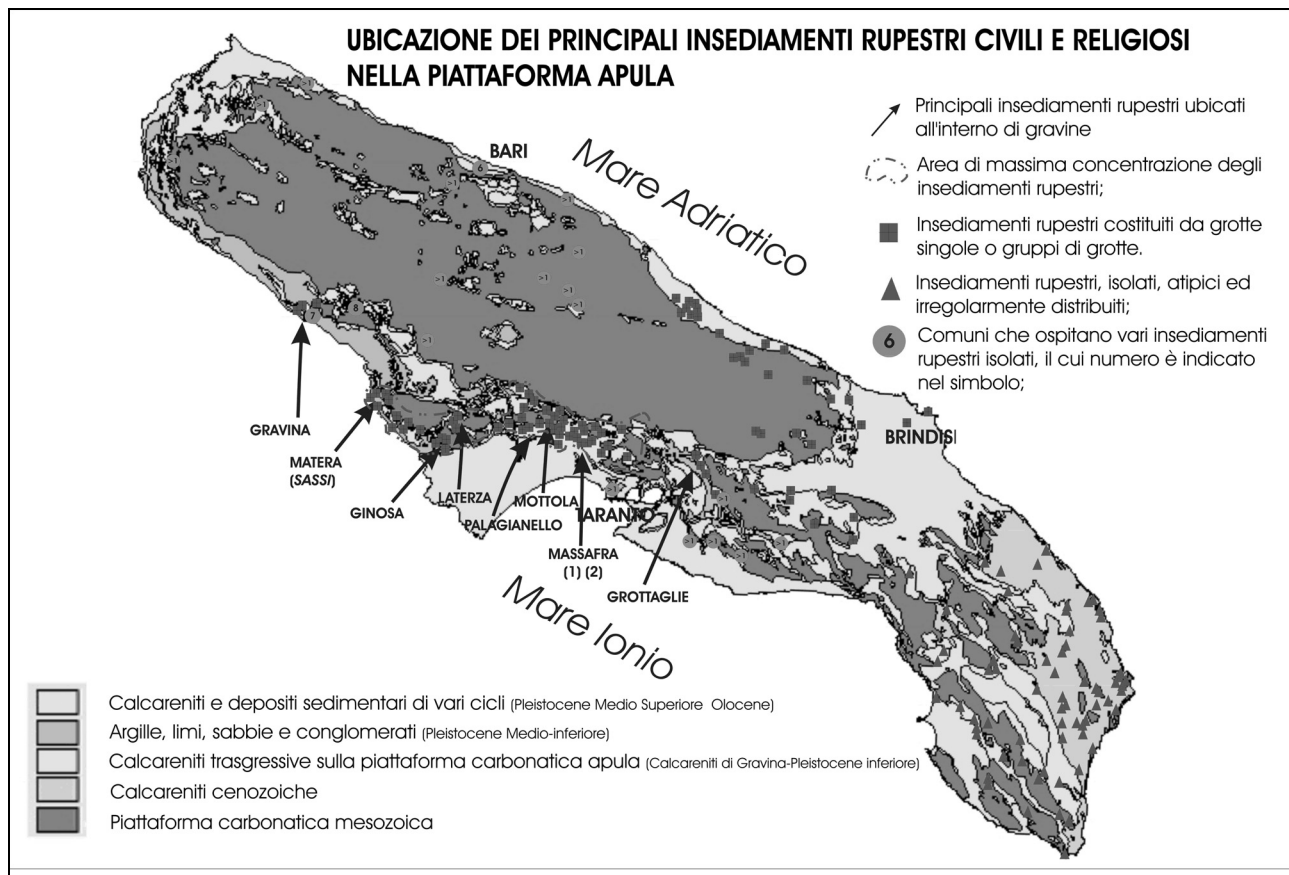


Figura 1. Principali insediamenti rupestri nella piattaforma Apula
Main rupestrian settlements in Apulian platform

La tipologia dell'impianto rupestre discende invece essenzialmente dalle caratteristiche morfologiche del sito e dallo spessore della roccia. Risulta pertanto evidente la misura in cui l'habitat fisico abbia: favorito la genesi e lo sviluppo di un gran numero di insediamenti; rigorosamente condizionato l'ubicazione, la distribuzione geografica, la concentrazione o la dispersione dei siti, nonché la logica dell'organizzazione "costruttiva" dei singoli impianti rupestri. E' stato possibile distinguere 5 distinte configurazioni morfologiche in cui gli insediamenti hanno avuto modo di nascere e svilupparsi (Fig. 2). Le gravine, gole strette e profonde senza (I) o con terrazzi morfologici (II), le lame (III), incisioni piatte e poco profonde, le antiche linee di costa (IV) ed infine le aree piatte con ipogei scavati per intero (V).

Con detta chiave di lettura trova, tra l'altro, risposta la circostanza che: mentre alcuni impianti si presentano come una sorta di metropoli trogloditiche, sviluppantisi anche per alcuni chilometri ed articolantisi mediante un serrato susseguirsi e sovrapporsi su più livelli (da 3 a 12 livelli,

peraltro variabili anche in uno stesso sito) di innumerevoli grotte e cavità varie, quelli ubicati in siti di tipologia II. Per contro altri insediamenti ora sono riconducibili a "villaggi", formati da un numero più o meno limitato di grotte (da 7-8 fino a oltre 50 grotte) tutte posizionate su uno stesso piano suborizzontale ora addirittura si identificano solo con una o due grotte (siti di tipologia III o IV). Gli impianti più imponenti ed articolati, in cui il fenomeno rupestre ha avuto modo di estrinsecarsi per un lungo periodo di tempo, di essere coevo e coesistente, fino ai nostri giorni, con gli insediamenti in costruito, sono ubicati unicamente sul bordo sud-occidentale dell'horst carbonatico (Fig. 1): Gravina di Puglia, dei Sassi di Matera, di Ginosà, di Petruscio, di Palagianello, massacrà in un habitat geomorfologico di tipo II. Altrove, dove l'habitat geomorfologico non era altrettanto favorevole, gli insediamenti sia civili che religiosi (quasi sempre di limitata consistenza e del tutto isolati) sono sparsi, polverizzati su un vasto territorio e non hanno costituito un fenomeno così duraturo e persistente. Le relative maggiori concentrazioni si hanno nella fascia

rivierasca Monopoli-Fasano, in quella Salentina ed a Sud-Ovest di Otranto. Gli insediamenti sono stati facilitati dalla presenza di incisioni morfologiche come le “lame” poco profonde (tipologia III) o da modesti piani subverticali di faglia e/o di antiche linee di costa (tipologia IV). Infine i siti

rappresentati da singole o da un numero limitato di grotte ipogee, interamente scavate sono stati realizzati specie là dove (nei dintorni di Bari e nel Salento) la morfologia è tabulare e quindi scavando la roccia non più in senso orizzontale bensì in profondità (Tipologia V).

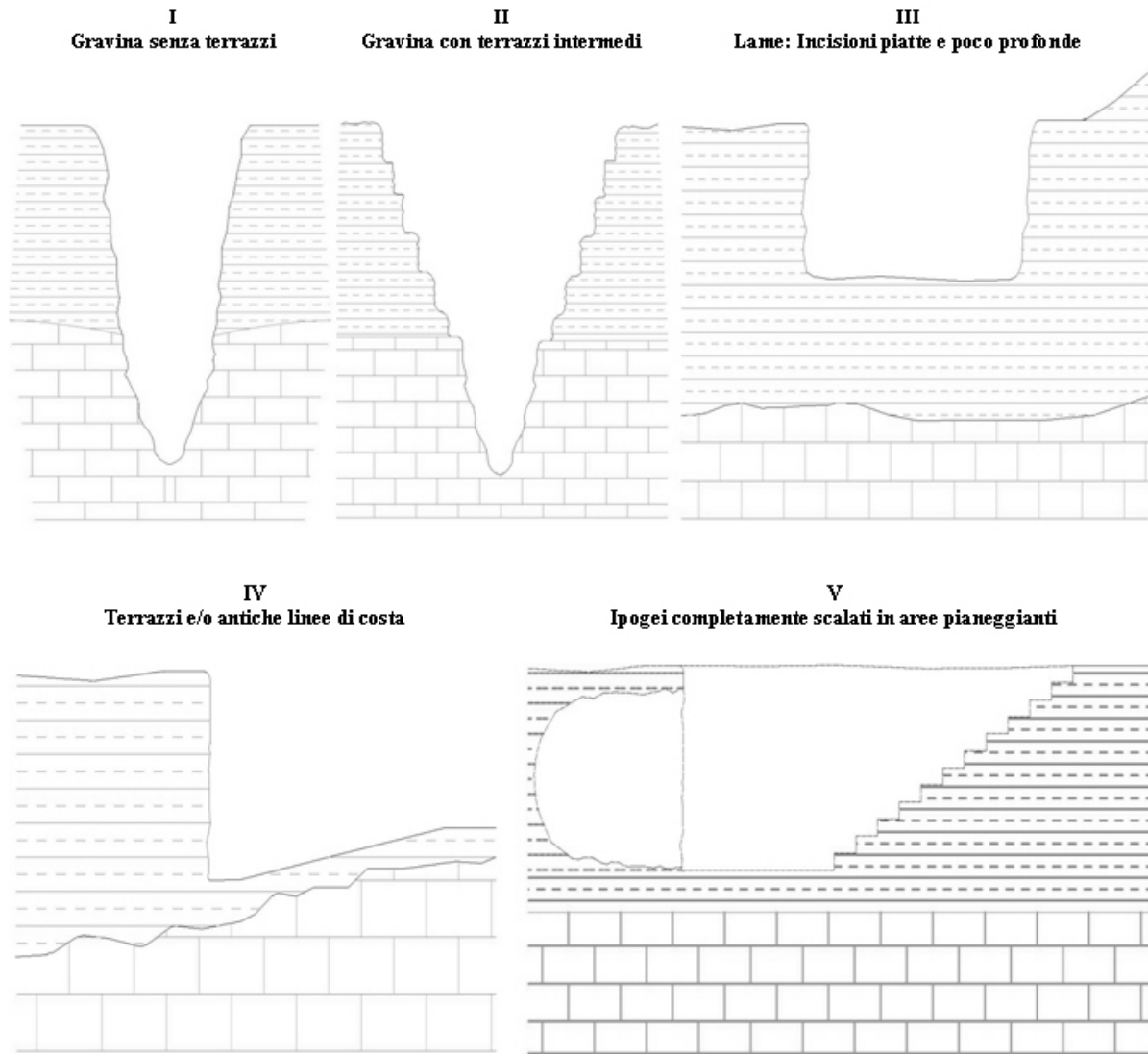


Figura 2. Schemi geomorfologici dei siti interessati da insediamenti rupestri
Geomorphological schemes of rupestrian settlements site

Per quanto concerne le caratteristiche dell’impianto insediativi degli insediamenti più importanti, che a prima vista si presenta come un suggestivo disordine, va innanzi tutto precisato che esse solo apparentemente sembrano essere il frutto di una “urbanistica” scriteriata e spregiudicata. In realtà esse discendono da una ben precisa e collaudata tecnica di realizzazione, che è rimasta inalterata nel tempo e che si è ovunque avvalsa di risoluzioni oculute, anche se sempre mediate. Infatti sia le scelte di organizzazione funzionale e distributiva delle unità abitative e dei percorsi sia le specifiche soluzioni ingegneristiche e

architettoniche sono state dettate dalla forzata esigenza di sfruttare al massimo e con la minima spesa quanto il sito era di per sé in grado di offrire. La subverticalità dei versanti vallivi ben si prestavano come “suolo edificatorio verticale”, mentre gli stretti terrazzi fluviali disposti a gradinata (talora opportunamente integrati mediante tagli e colmate) suggerivano e consentivano (sempre a basso costo) all’insediamento di svilupparsi anche in senso verticale, secondo una serrata sovrapposizione di livelli o piani (al pari di un edificio) (Fig. 3 e 4).



Figura 3. Palagianello (TA) - Insediamento rupestre sviluppato su più livelli corrispondenti ad antichi terrazzi
Rupestrian settlement developed on different levels of ancient terraces

Il numero di questi varia sensibilmente da un sito all'altro, in ragione del numero dei terrazzi e dello spessore di roccia disponibile (ad esempio, si passa dai 3-4 livelli dell'insediamento nella Gravina San Marco di Massafra 1, ai 7-8 nella Gravina Madonna delle Grazie di Massafra 2, ai 3-12 dei Sassi di Matera, ecc.). I collegamenti e talora anche l'accessibilità alle singole grotte non sempre sono agevoli; di norma trattasi di percorsi e gradinate, scavati nella roccia e talora assecondanti modeste linee di impluvio normali o trasversali alla forra. Non di rado, però, l'accesso ad un livello di grotte è possibile solo mediante scale di corda o a

pioli. Ciò accade nelle forre prive di terrazzi fluviali con versanti subverticali (Tipologia I). Ma la caratteristica più peculiare dell'insediamento rupestre è riconducibile al fatto che esso offre una singolare "architettura in negativo". Questa è stata ottenuta: scavando l'ammasso roccioso in modo da ottenere un risultato simile a quello proprio degli schemi formali dell'architettura costruita; riproducendo nel sito rupestre le strutture insediative e "viarie", gli schemi architettonici, ecc. propri dei coevi e spesso coesistenti centri urbani edificati.

Se detta sorta di architettura rappresenta l'elemento più caratterizzante del centro rupestre, la coesistenza rupestre-edificato costituisce un unicum. Infatti sopra, a fianco ed in seno alla maggior parte dei principali insediamenti rupestri (quelli di Gravina, dei Sassi, di Ginosa, di Palagianello e di Massafra) sono andati ad innestarsi, armonicamente e senza soluzione di continuità, agglomerati urbani edificati e perfino strutture castellane (come quelle di Massafra, X-XI secolo, di Ginosa e di Palagianello). La compenetrazione e la perfetta osmosi tra i diversi tipi di manufatti hanno fatto sì che l'insieme rupestre-edificato non si sia mai spento, concrescendo in simbiosi. Addirittura è accaduto che, l'intero insediamento rupestre medievale è entrato a far parte integrante degli attuali abitati, costituendone il centro storico. Anche a causa di ciò parte di alcuni insediamenti (Matera, Mottola, Palagianello, Ginosa, Massafra sono stati abitati fino a qualche decina di anni fa 20-30 anni fa; ed ancora oggi alcune chiese sono luoghi di culto e di pellegrinaggio attivo ed alcune grotte sono adibite a cantine, stalle depositi, ecc..

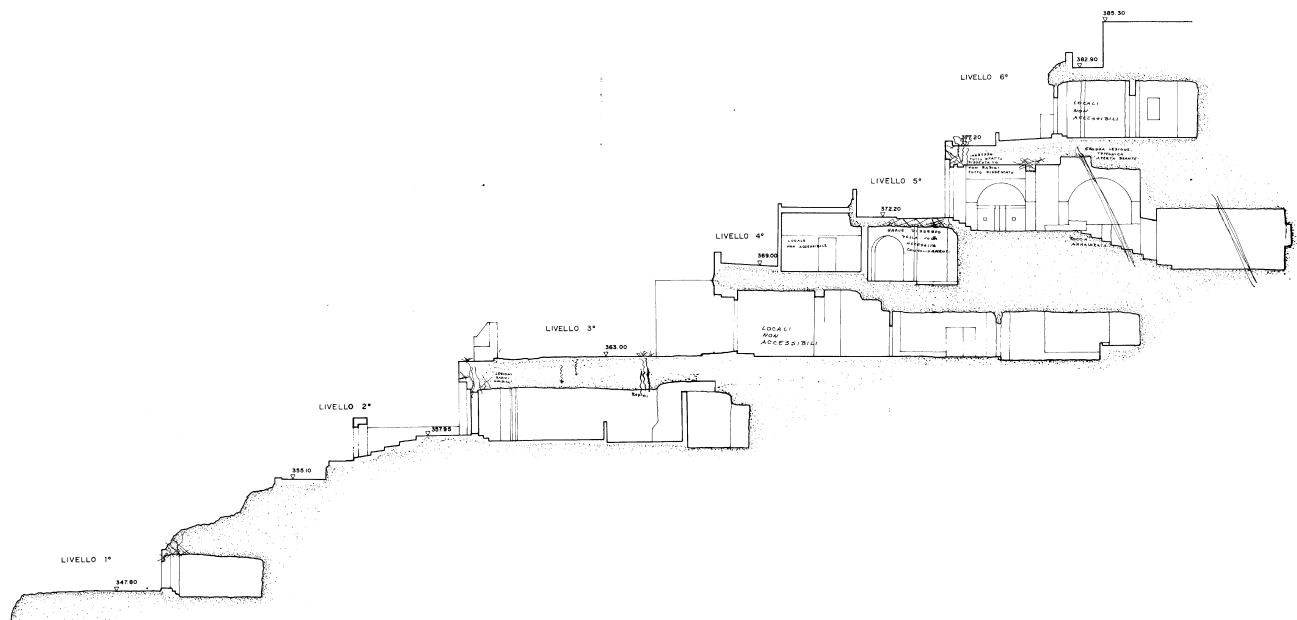


Figura 4. Matera - Insediamento rupestre sviluppato su più livelli corrispondenti ad antichi terrazzi
Rupestrian settlement developed on different levels of ancient terraces

3. Problematiche di stabilità e fenomeni di dissesto

Molti degli insediamenti rupestri studiati sono in condizioni di stabilità incerte ed alcuni sono stati totalmente o parzialmente distrutti. Quanto sopra è in parte dovuto che molte cause che danno luogo a fenomeni di instabilità che interessano le calcareniti quaternarie. Questi siti sin dalla loro origine hanno sofferto dell'intrinseca fragilità legata alle tecniche costruttive ed alla distribuzione dei diversi elementi costruttivi and all'irregolare susseguirsi di vuoti e di pieni, oltre che all'intrinseca variabilità delle caratteristiche geomeccaniche delle rocce impegnate, nonché dalla continua modificazione dello stato tensionale negli ammassi rocciosi indotta sia dagli scavi che dai carichi trasmessi dalle strutture in elevazione.

La resistenza meccanica delle calcareniti varia notevolmente da punto a punto in funzione del grado di diagenesi, dell'assortimento granulometrico e del grado di

saturazione. L'insieme delle fratture e delle discontinuità condiziona notevolmente il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso, specialmente dove l'acqua ha maggiore facilità di penetrazione riducendo le caratteristiche meccaniche della roccia. Un ruolo rilevante è giocato anche dai giunti originati dal rilascio tensionale dovuto al sollevamento tettonico, o all'approfondimento delle gravine e/o all'attività di scavo, congiuntamente a discontinuità sedimentarie. Le fratture hanno, in genere, uno sviluppo lineare ed in alcuni casi la roccia si presenta sminuzzata in frammenti di varie dimensioni immersi in una matrice sabbioso limosa a volte tenacemente ed a luoghi debolmente cementata. Inoltre molte discontinuità si sono prodotte o quanto meno allargate per "richiamo verso il vuoto" Accentuano lo stato di fratturazione dell'ammasso calcarenitico (Fig. 5), suddividendolo in blocchi potenzialmente instabili, che danno luogo a crolli e collassi.

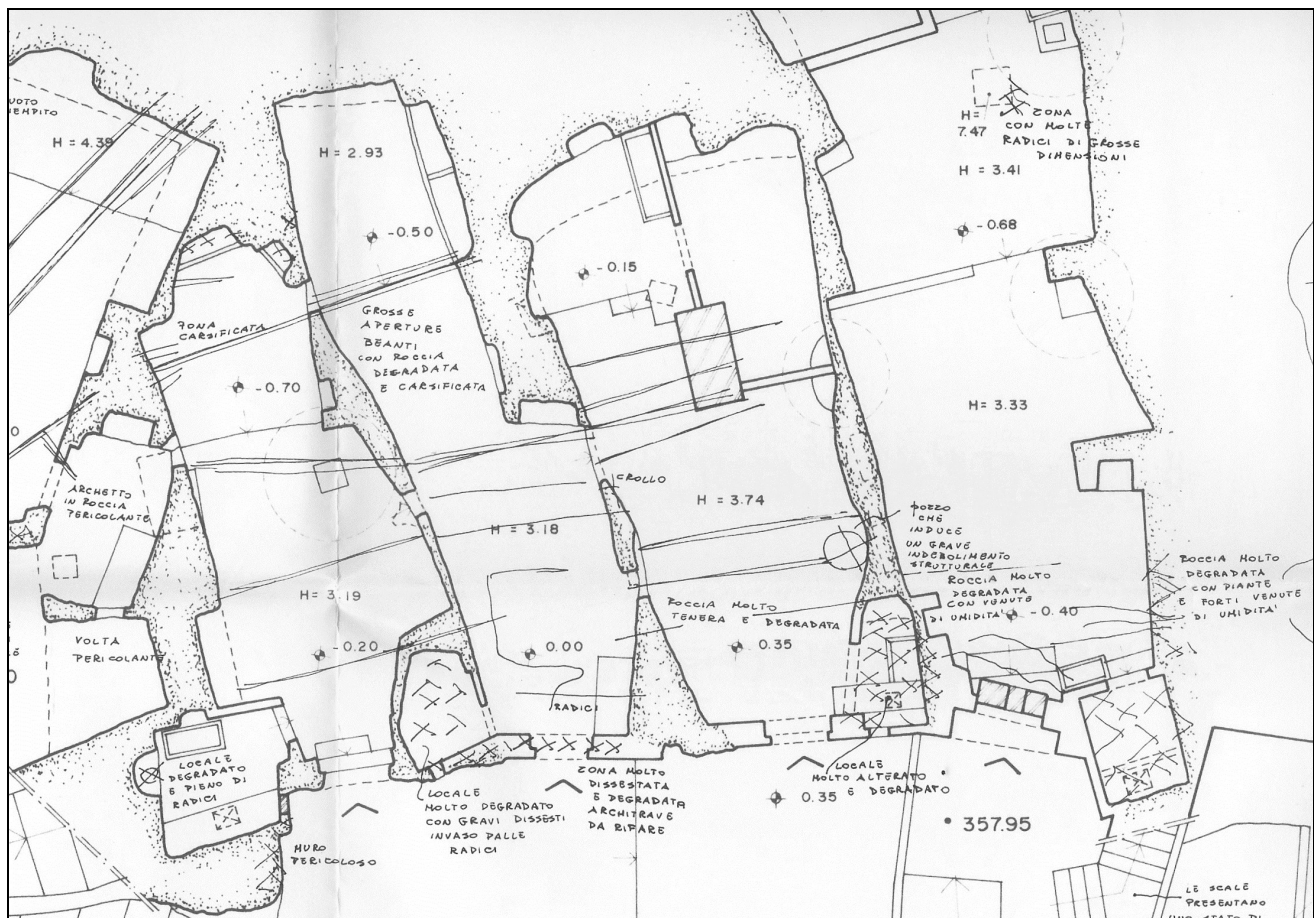


Figura 5. Planimetria di un gruppo di grotte con l'indicazione delle discontinuità rilevabili
Rock discontinuities in a group of grottoes

Il comportamento meccanico d'insieme dell'ammasso roccioso è fortemente condizionato sia dalla resistenza meccanica della roccia integra sia dalla presenza di giunti e discontinuità. La presenza di giunti e fratture costituisce

oltretutto una via preferenziale di infiltrazione per le acque meteoriche, che favoriscono i processi di alterazione e corrosione della roccia ed inducono un notevole decadimento delle caratteristiche meccaniche di

quest'ultima, favorendo fenomeni di fessurazione, decoesione, esfoliazione e polverizzazione che a volte portano al collasso di blocchi di roccia (Fig. 6) o addirittura di intere cavità o la perdita o la mutilazione di elementi storico artistici ed architettonici, favorite dalla concentrazione di sforzi.



Figura 6. Crollo di un blocco di roccia in una grotta
Fall down of a rock block in a grotto

Per altro non può non considerarsi che in tempi più recenti le piogge acide hanno favorito ed incrementato l'azione erosiva delle acque che si infiltrano nei giunti, che congiuntamente allo speciale microclima esistente in questi ipogei ha favorito i processi di decalcificazione della roccia e del cemento carbonatico.

Le sponde delle vallate in cui sono impostati gli insediamenti rupestri sono spesso interessate da crolli provocati da zone di minor diagenesi della calcareniti (Fig. 7 e 8). Dette zone, per un verso essendo più erodibili costituiscono una piccola cavità naturale che è poi stata facilmente ampliata, grazie alla buona scavabilità della roccia. Tuttavia il basso grado di diagenesi della roccia, rende la stessa poco resistente e facilmente soggetta a fenomeni di instabilità favorendo grandi crolli (Fig. 8); tanto da rendere difficile l'espansione dei siti fino a condizionare il loro abbandono, come probabilmente è accaduto nel caso della gravina di Petruscio. Altri tipi di dissesti che interessano i versanti vallivi sono ribaltamenti di blocchi disarticolati da giunti, e secondariamente scivolamenti traslazionali lungo giunti.

Da ultimo, fra le cause di dissesto e di degrado non può non considerarsi l'impatto della vegetazione, che, per la mancanza di manutenzione, ha avuto modo di svilupparsi. Le radici di piante di diverso tipo incuneano nelle

discontinuità della roccia ed esercitano una azione meccanica di divaricazione degli stessi che induce gravi forme di dissesto. Non a caso infatti le cavità più dissestate ed i versanti più instabili risultano interessati da una folla selva di radici. Queste esercitano oltre che un'azione di tipo meccanico sui giunti e sulle discontinuità, una vera e propria azione corrosiva di tipo chimico sulla roccia, favorendo fra l'altro anche la penetrazione delle acque meteoriche. Il fenomeno si presenta particolarmente pericoloso nelle cavità in roccia, in quanto le azioni combinate, di natura meccanica e chimica degli apparati radicali possono addirittura favorire dei veri e propri sfornellamenti di blocchi di roccia delimitati da delle discontinuità già potenzialmente instabili (Fig. 6).

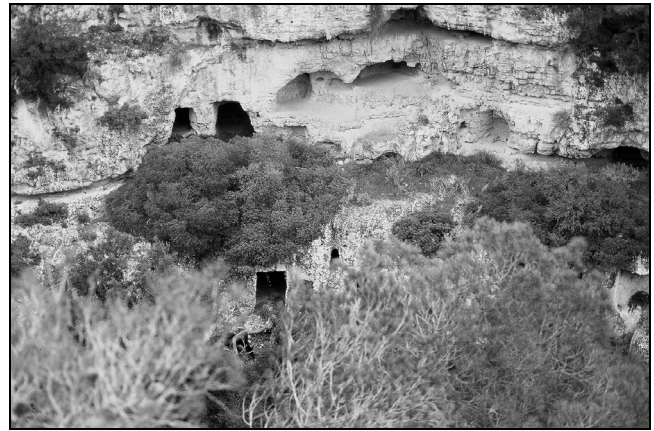


Figura 7. Zone con minor grado di diagenesi all'interno della gravina di Petruscio (TA) condizionanti crolli e dissesti
Falls and degradation phenomena conditioned by zone of sandstone with a low cementation degree



Figura 8. Fasano (BR) - Crolli lungo le sponde di Lama d'Antico condizionati da zone con minor grado di diagenesi
Falls along the banks of "lama d'Antico" controlled by zone of sandstone of low cementation

4. Conclusioni

La nascita degli insediamenti rupestri in Puglia, il loro sviluppo e la loro persistenza nei secoli è stata condizionata dal particolare habitat geologico e geomorfologico in cui si sono impostati. Solo dove le condizioni geologiche e geomorfologiche lo hanno consentito, come lungo il margine sudoccidentale della piattaforma Apula è stato possibile lo sviluppo di importanti insediamenti rupestri, che si sono poi integrati con il contesto urbano più recente, rappresentando un tutt'uno con quest'ultimo. Laddove le caratteristiche dell'habitat fisico non erano particolarmente favorevoli il fenomeno rupestre ha avuto uno sviluppo ed una persistenza molto più limitata.

Gli insediamenti rupestri soffrono di una intrinseca fragilità dovuta alle tecniche costruttive, che danno luogo ad un disordinato susseguirsi di vuoti e di pieni che originano concentrazioni di sforzi nell'ammasso roccioso, oltre che

alle caratteristiche intrinseche della roccia ed alla loro significativa variabilità, nonché alla presenza di giunti e discontinuità nella roccia che sono la via preferenziale di penetrazione dell'acqua all'interno dell'ammasso roccioso e condizionano i possibili cinematismi dei blocchi di roccia instabili. Gli insediamenti necessitano pertanto di una continua attenzione e manutenzione finalizzata a salvaguardarne la stabilità oltre che l'importante patrimonio storico artistico in essi contenuto.

Il presente lavoro è stato sviluppato nell'ambito del progetto finanziato con fondi P.R.I.N. 2004 *Fattori geologici morfo-strutturali e geomeccanici responsabili della nascita e della diffusione degli insediamenti rupestri medioevali in Puglia e Basilicata e delle attuali condizioni di stabilità degli stessi e di degrado delle opere architettoniche e pittoriche in essi presenti*, coordinatore nazionale Prof. Damiano Grassi

Bibliografia

Cotecchia V., Grassi D. (1975) Stato di conservazione dei "Sassi" di Matera (Basilicata), in rapporto alle condizioni geomorfologiche e geomeccaniche del territorio ed alle azioni antropiche *Geologia Applicata ed Idrogeologia*, vol. X parte I, 5-105

Cotecchia V., Grassi D. (1975) Aspetti geologici e geotecnica di alcuni centri rupestri medioevali della Puglia e della Lucania Atti III Convegno Internazionale sulle Civiltà Rupestri Medioevali nel Mezzogiorno d'Italia, Taranto

Cotecchia V., Grassi D. (1997) Incidenze geologico ambientali sull'ubicazione e sullo stato

di degrado degli insediamenti rupestri medioevali della Puglia e della Basilicata *Geologia Applicata ed Idrogeologia*, vol. XXXII 1-10

Grassi D. (2000). Cause responsabili della stabilità e del degrado di alcuni castelli e centri storici della Puglia *GEOBEN 2000 Cond. Geol e Geot. Conserv. Patrim. Storico Artistico*. pp. 135-146

Grassi D., Grimaldi S., Simeone V. (2004) On the causes of the instability affecting rupestrian urban centres of Apulia Region (Southern Italy) – 32° Intentional Geological Congress Firenze –

paper A32IGC9KF3 – Session T16.06 – Geoscience for Cultural Heritage – Natural hazard and cultural heritages

Grassi D., Grimaldi S., Simeone V. (2004) Widespread rupestrian phenomena and medieval rupestrian cultural heritage in Apulia Region – 32° Intentional Geological Congress Firenze – paper A32IGCYBTC – Session T17.01 – Geomorphological sites in a cultural integrated landscape.