An aerial photograph of a city, likely Rome, showing a wide river (the Tiber) flowing through the center. Several bridges cross the river, including the Ponte Sant'Angelo and the Ponte Milvio. The city buildings are visible on the banks, and there are large green spaces and parks. The entire image has a warm, orange-brown color cast.

I SESSIONE
I SESSION

GEOLOGIA - PALEONTOLOGIA
GEOLOGY - PALAENTOLOGY

Chairman: F. ZARLENGA

La Pietra di Bismantova, geotopo dell'Appennino di Reggio Emilia *La Pietra di Bismantova, geotype of Appennine of Reggio Emilia*

MERLINI A.V., MONELLI V. & MATTIOLI F. (*)

RIASSUNTO: La Pietra di Bismantova è costituita da una placca rocciosa calcarenitica tabulare a forma grosso modo romboidale, della superficie di circa 185.000 m², ed è delimitata lungo tutto il suo perimetro da pareti verticali, la cui altezza massima è di circa 115 metri. La rigida Formazione arenacea che spicca sulle sottostanti formazioni plastiche meno resistenti all'erosione meteorica, di natura prevalentemente pelitico-marnosa, appartiene alla successione Epiligure oligomiocenica di Ranzano-Bismantova; questa si è depositata su di un substrato in movimento rappresentato dalle Formazioni Liguri che sovrascorrevano sulle Formazioni della Serie Toscana.

La Pietra di Bismantova rappresenta un'unicità morfologica nell'Appennino Settentrionale, poiché altre simili rupi rocciose (S. Leo, S. Marino, Rocca Malatina), non presentano la sua forma tabulare a pareti verticali che delimitano un vasto pianoro sommitale, isolandolo dal resto del territorio. Da sempre essa rappresenta il simbolo ed il punto di riferimento primario di tutto l'Appennino Reggiano ed è meta di turismo familiare, escursionistico e sportivo, essendo una delle più apprezzate palestre alpinistiche del Nord-Italia.

Dalla Pietra di Bismantova si può osservare il ricchissimo patrimonio naturale offerto dalla zona circostante, in via di valorizzazione turistico-ambientale nel corso degli ultimi decenni con la realizzazione del Parco del Gigante (zona crinalica dell'Appennino Tosco-Emiliano, ricca tra l'altro di interessantissime forme relitte delle glaciazioni pleistoceniche) ed il progetto di un Parco Regionale che preservi la zona della Pietra ed i limitrofi Gessi Triassici, che affiorano estesamente lungo la valle del Fiume Secchia, formando una serie di rilievi ricchi di forme carsiche e di emergenze mineralogiche.

Testimonianze di un ricco passato storico, dagli insediamenti preistorici, di cui la necropoli di Campo Pianelli alla base della ripida parete della Pietra è un esempio, ai numerosi edifici risalenti alla dominazione di Matilde di Canossa, che

ebbe il suo centro in quest'area, rendono la montagna reggiana, anche in considerazione della vicinanza con la florida pianura padana, luogo di elezione per una offerta turistico-residenziale che sappia coniugare rispetto ambientale e sviluppo economico.

PAROLE CHIAVE: Geotopo, Geomorfologia, Biocalcarene, Erosione differenziale.

ABSTRACT: The Stone of Bismantova consists of a rocky plate which shows on the top a surface and its form is more or less similar to a big rhombus that covers a surface of 185.000 m². It is delimited, all around its perimeter, by vertical scarps and the highest drop corresponds to 115 metres. The rigid arenaceous formation, that stands out from the other below plastic formations, less meteoric erosionproof and consisted of marls and pelites, belongs to the Oligo-Miocenic series of Ranzano-Bismantova, this settled on a moving basement represented by Ligurian Formations which overthrust on formations of Tuscan Series.

The Stone of Bismantova represents the sole existing morphological exemplar in all Northern Appennine. Even if it shows other similar rocky cliffs (S.Leo, S.Marino, Rocca Malatina), anyone has the tabular form with vertical scarps that isolate a summit plateau, unique in its kind, as the Stone of Bismantove has.

The Stone has always been a symbol and a primary point of reference for all the Appennine of Reggio Emilia and it's a goal for familiar tourism, both excursion and sport, but in particular way because it's one of the most valued practice wall for rock climbing of Northern Italy.

From this panoramic point it can be observed the rich natural heritage of wildlife offered by the surrounding areas. These areas are going to increase their touristic and environmental value thanks to the realization of the "Parco del Gigante" ("Giant Park"), area of ridge of the Tuscan-

(*) GEOSTUDIO Geologi Associati - Via Franceschini, 26 - Castelnovo ne' Monti (RE)

Emilian Appennine, that is full of very interesting relict forms from ice age) and thanks to a Regional Project able to preserve the belt of Stone of Bismantova and the neighbouring Triassic Gysum, that appear on the surface along the River Secchia and that build a series of relieves full of Karst Formations and minereological emergences.

Testimonies of a rich historical past, from prehistorical settlement, of which the necropolis of Campo Pianelli at the base of the vertical scarp of Stone is an example, to the numerous buildings dated back to the Matilde of Canossa Age, make of mountains of Reggio Emilia, even considering the closeness to the Po plain, a place where the touristic and residential proposal will be able to unify the environmental respect and economic development.

KEY WORDS: Geotype, Geomorphology, Biocalcarenite, Differential erosion.

1. – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La Pietra di Bismantova è posta al centro dell'Appennino di Reggio Emilia, lungo lo spartiacque che separa le valli del fiume Enza e del fiume Secchia. Essa sovrasta l'abitato di Castelnovo ne' Monti (702 m s.l.m.), posto a circa 1,5 km in linea d'aria dal suo pianoro sommitale, che raggiunge

un'altezza massima di 1047 metri sul livello del mare. Castelnovo ne' Monti, il cui Comune conta 9635 abitanti (ISTAT 1991), è il maggior centro della montagna reggiana ed è collegato mediante la S.S. 63 a Reggio Emilia (45 km) ed a La Spezia (88 km) e mediante la S.S. 513 a Parma (62 km).

2. – LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

2.1. – GEOLOGIA

La geologia della media ed alta montagna dell'Appennino Tosco-Emiliano è caratterizzata dallo stile di ricoprimento dovuto al sovrascorrimento delle Unità Liguridi sulla Serie Toscana. Le più giovani Formazioni della Serie Toscana, (Arenarie mioceniche dell'Alto Appennino) formano i rilievi del crinale toско-emiliano, mentre le Formazioni delle Liguridi (cretaceo-miocene), sovrascorse sulla Serie Toscana in direzione nord-est, compaiono a quote inferiori.

La Pietra di Bismantova è costituita da una placca rocciosa calcarenitica, (fig. 1) relitto di una vasta ban-

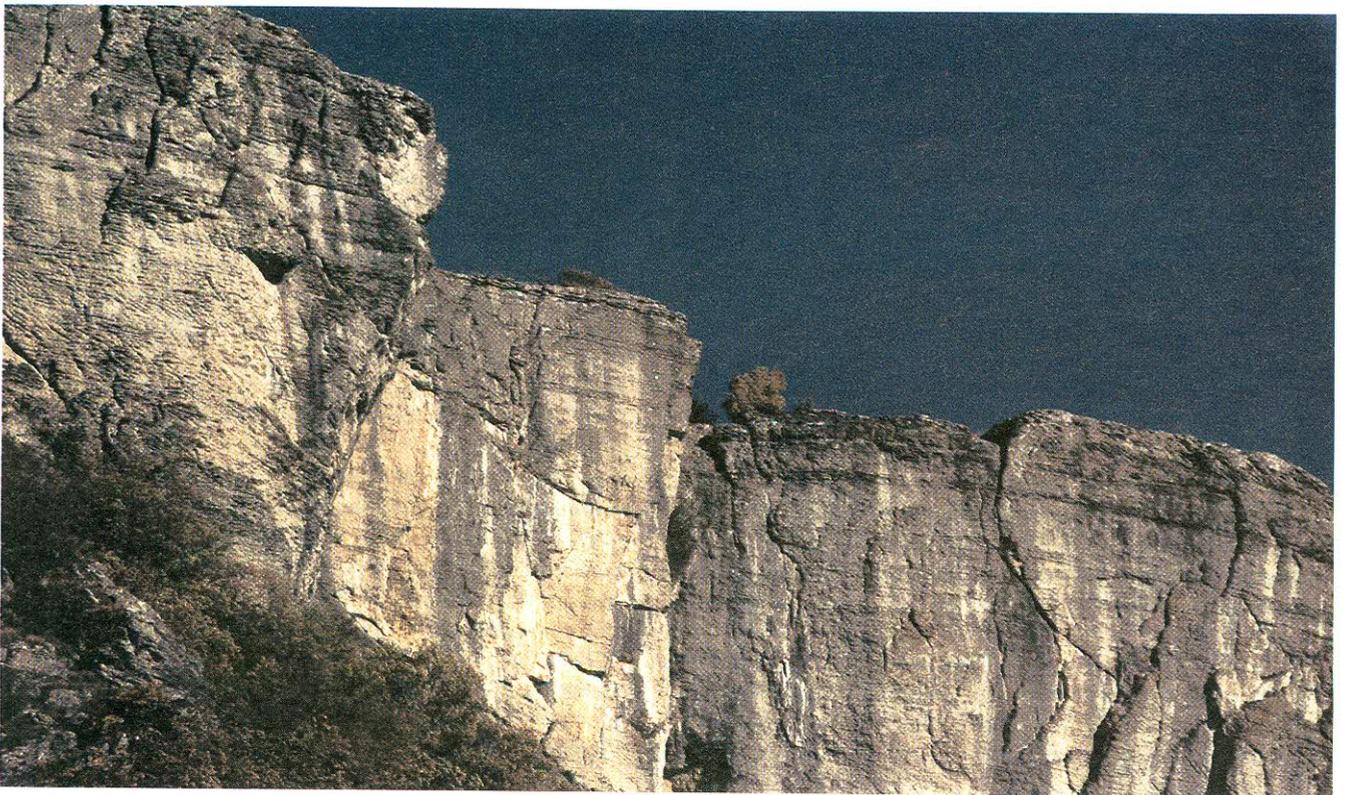


Fig. 1. – Particolare della Pietra di Bismantova, che mette in mostra la calcarenite

– Bismantova detail, which show the sandstone

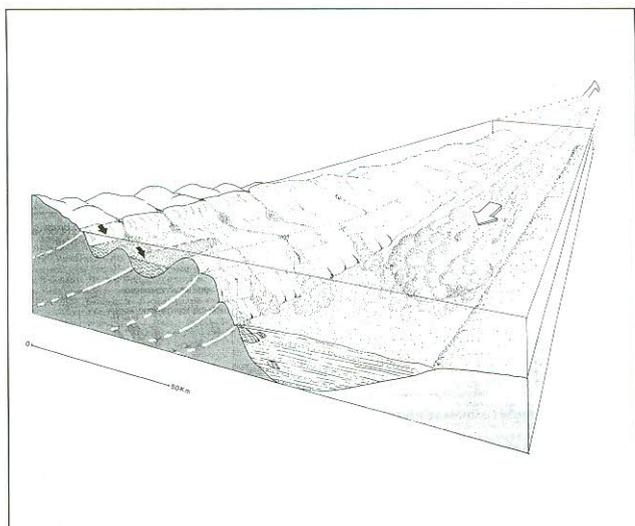


Fig. 2. – Paleambiente di formazione dell'Arenaria di Bismantova
– *Paleoenvironment of Bismantova sandstone*

cata arenacea progressivamente smantellata nel corso dei tempi geologici. Questa si è depositata in epoca miocenica su fondali bassi ed ossigenati, conseguentemente ricchi di vita: gli scheletri degli organismi presenti, continuamente rimaneggiati dal moto ondoso e mescolati a sabbie, venivano a formare depositi che sono poi stati in un secondo tempo cementati dai carbonati provenienti dagli scheletri stessi. La sedimentazione avveniva in un bacino impostato sulle Unità Liguridi in lento movimento verso N-E (bacini di sedimentazione oligo-miocenici o semiautoctono emiliano). La fig. 2 (ZANZUCCHI *et alii*, 1989) descrive il paleoambiente di formazione dell'Arenaria di Bismantova e rende ragione della sua attuale posizione geografica e stratigrafica in rapporto a quella delle altre Unità precedentemente citate.

Le *Arenarie dell'alto Appennino* si depositarono in una fossa stretta ed allungata mediante correnti di torbida provenienti da nord (secondo la direzione della freccia bianca)

Ad occidente si aveva un'imponente struttura costituita da un substrato piegato e fratturato (Unità Liguridi, in colore grigio scuro). Su di esso andavano deponendosi, entro bacini minori (bacini galleggianti, frecce nere) le Arenarie e Marne della successione Ranzano-Bismantova: le Arenarie di Bismantova sono quindi coeve delle Arenarie dell'alto Appennino Reggiano. Tale complessa struttura veniva sospinta verso la fossa di sedimentazione delle Arenarie dell'alto Appennino che venne così nel tempo progressivamente ricoperta da essa.

2.2. – GEOMORFOLOGIA

La Pietra di Bismantova può essere considerata come una placca rigida che galleggia sui sottostanti materiali a comportamento plastico (fig. 3). La loro diversa risposta al processo erosivo determina la morfologia superficiale al contorno della Pietra. La stessa verticalità delle sue pareti è dovuta al fatto che i materiali pelitici sottostanti sono più rapidamente erosi e provocano lo scalzamento della base delle pareti, causando frane di crollo. Di conseguenza le pareti arretrano parallele a se stesse. Il progressivo fenomeno di frantumazione della Pietra ha in passato portato al dislocamento verticale ed al successivo scivolamento verso valle di giganteschi blocchi arenacei (fig. 4). Questo fenomeno è stato attivo soprattutto durante le ultime glaciazioni, mentre al momento attuale si può considerare praticamente inattivo. Del resto, anche attorno alla rupe sono visibili depositi e conformazioni superficiali originatesi sotto condizioni climatiche differenti da quelle attuali. Ne sono un esempio le



Fig. 3. – La Pietra di Bismantova, una placca rigida che galleggia sui sottostanti materiali a comportamento plastico
– *Stone of Bismantova, a rigid rocky plate which floats to the plastic materials*

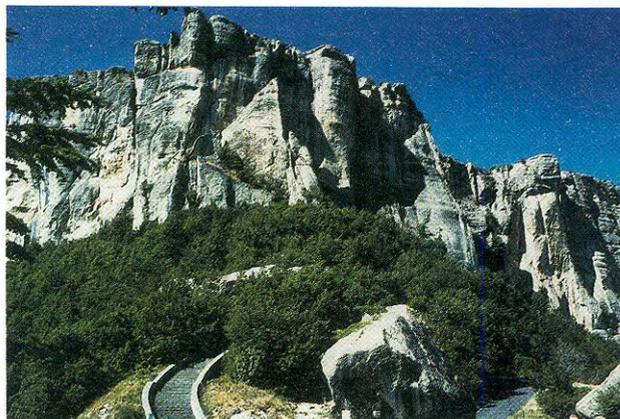


Fig. 4. – Giganteschi blocchi arenacei franati ai piedi della parete
– *Huge arenaceous blocks collapsed at the foot of slope*

grandi falde detritiche inglobanti massi di notevoli dimensioni e gli estesi depositi detritici da geliflusso che si protendono anche per chilometri dalle pareti della Pietra (località di Fontana Cornia, Bondolo e Casale). L'area circostante la Pietra è quindi caratterizzata in gran parte da forme determinatesi durante le ultime glaciazioni pleistoceniche, quando le condizioni climatiche periglaciali rendevano estremamente aggressive le azioni di acqua e gelo e non consentivano l'esistenza di estese coperture vegetali. Permangono attivi fenomeni di limitato crioclastismo sulle pareti della Pietra, che portano al crollo di massi di modeste dimensioni nelle stagioni primaverili ed autunnali e movimenti franosi lungo le pendici argillose, non paragonabili per entità ai giganteschi movimenti pleistocenici, ormai stabilizzatisi. Le diaclasi e faglie che pervadono il corpo arenaceo ne favoriscono la degradazione crioclastica in superficie, ma il suo aspetto complessivo rimane comunque quello di un blocco a stratificazione massiccia, maldefinita, apparentemente sub-orizzontale (fig. 1 e 4).

3. – CARATTERI STORICO-AMBIENTALI

3.1. – CENNI STORICI

La Pietra di Bismantova può essere descritta come un altopiano di forma grosso modo romboidale, della superficie di circa 185 ettari, posto all'altezza media di circa 1000 m.s.l.m., delimitato da scarpate verticali che raggiungono l'altezza massima di 115 metri e lo isolano dal resto del territorio circostante. La sua forma estremamente particolare la rende visibile da grande distanza e ne fa un punto di riferimento geografico importante per gli abitanti della montagna reggiana. Essa ha attirato la presenza dell'uomo già dagli albori della preistoria, che ne hanno fatto di volta in volta un rifugio dalle invasioni esterne, un punto strategico di controllo del territorio circostante, un luogo di culto. La necropoli eneolitica di Campo Pianelli, ai piedi della parte settentrionale della Pietra, è la maggiore testimonianza del più antico passato di quest'area (CATARSI & DALL'AGLIO, 1978).

La storia della Pietra è legata a quella di tutta la montagna reggiana dove si trovano tracce della dominazione Romana e Bizantina; è comunque del Medio Evo, con la dominazione di Matilde di Canossa, che si rinvengono le tracce storiche più interessanti. Nella collina e montagna reggiana erano ubicate infatti le residenze abituali della Contessa ed esse costituivano il centro dei suoi possedimenti, come testimoniano i

Castelli di Carpineti e Canossa ed i borghi costruiti allora ed in parte ancora esistenti. Non sono poi da trascurare le testimonianze architettoniche più recenti, che tramandano le vicissitudini ed i modi di vita delle popolazioni locali, legati alla agricoltura ma aperti all'influenza dei grandi eventi storici che comunque li coinvolgevano.

3.2. – PECULIARITÀ AMBIENTALI

L'impatto visivo che offre la Pietra di Bismantova a chi la osservi nelle sue innumerevoli prospettive (fig. 5) rappresenta sicuramente il suo tratto fondamentale e caratterizzante e la rende un geotopo unico ed evidente. A conferma di quanto detto basti citare l'impressione che ne ebbe Dante, che così scrive nella Divina Commedia:

*“Vassi in Sanleo e discendesi in Noli
montasi su Bismantova in cacume
con esso i piè; ma qui convien ch'om voli;
(Purgatorio IV 25, 27)*

La Pietra riveste importanza anche da un punto di vista paleontologico ed ambientale in senso lato: è ricchissima di resti fossili, soprattutto echinidi, molluschi e denti di squalo; presenta una grande varietà vegetazionale, dovuta al brusco scarto altimetrico ed alla differente esposizione alla luce del sole; la fauna locale trova nella Pietra un rifugio naturale e molte specie di rapaci nidificano lungo le sue pareti. Questo solo per citare le sue principali peculiarità ambientali, tutte derivanti, in modo più o meno diretto, dalla sua particolare conformazione fisica.

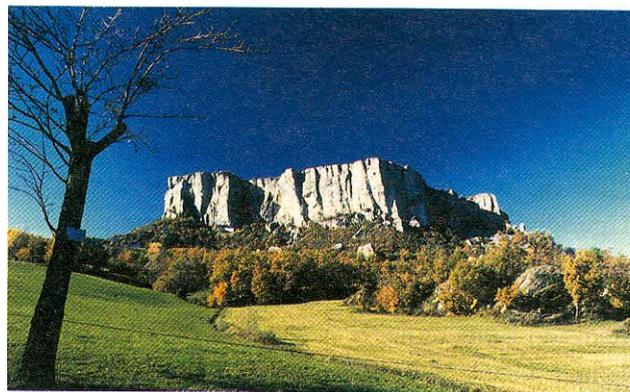


Fig. 5. – Il richiamo paesaggistico della Pietra di Bismantova è notevole da molti punti di vista

– *The appeal of Stone of Bismantova landscape is remarkable by a great number of lookout-points*

Esiste inoltre un aspetto di grande valore: la Pietra è un terrazzo naturale dal quale si può ammirare la ricchezza ambientale che la circonda. Dal suo pianoro sommitale si può osservare gran parte dell'Appennino Reggiano: le cime del crinale Tosco-Emiliano si stagliano all'orizzonte, il Monte Cusna ed il Ventasso sorgono imponenti in primo piano. Dalla Pietra si può osservare il corso del Fiume Secchia là dove esso incide con un fenomeno di antecedenza le masse diapiriche della Formazione gessosa Triassica di Burano (fig. 6), che costituiscono una realtà geologico-ambientale unica nel suo genere. È estremamente suggestivo vedere da vicino le pareti verticali di materiale evaporitico che arrivano a superare anche i 100 metri di altezza, oppure le cavità carsiche al loro interno con la ricchezza mineralogica e le unicità botaniche e faunistiche che le contraddistinguono. Osservando dalla Pietra le più alte cime del crinale Tosco-Emiliano si possono considerare possibili itinerari lungo i numerosi sentieri che attraversano la zona protetta del Parco del Gigante (Parco Regionale dell'Alto Appennino Reggiano) e che collegano il versante emiliano con quello ligure e toscano, dalle Alpi Apuane fino al Tirreno. Nella zona di Parco si è immersi in una natura praticamente intatta, ricca di biotopi e geotopi di grande interesse, perlopiù legati alle numerose forme relitte delle glaciazioni pleistoceniche (fig. 7).

Per un'area che intenda valorizzare il proprio bene ambientale in funzione di uno sfruttamento turistico, la Pietra di Bismantova rappresenta il belvedere ideale, dal quale già transitano cospicui flussi turistici, dal quale iniziare una ricognizione generale ed operare una scelta di itinerari che portino alla scoperta delle bellezze dell'Appennino Reggiano.

4. – SALVAGUARDIA E VALORIZZAZIONE

La Pietra di Bismantova è un interessante caso utile per considerazioni volte ad individuare corrette politiche di salvaguardia e valorizzazione dei geotopi e dei beni ambientali in genere. Essa è attualmente tutelata dal Piano Paesaggistico dell'Emilia Romagna ed è oggetto con la vicina zona dei Gessi Triassici di un progetto di Parco Regionale. Il Piano Territoriale dell'Emilia Romagna, il cui compito è quello di «progettazione e governo degli assetti del territorio e di raccordo tra la pianificazione territoriale ed i processi di sviluppo economico-sociali della regione» ha individuato come valenza fondamentale di quest'area, da sfruttare per il miglioramento socio-economico della popolazione residente, la sua bellezza naturale. Essa va quindi salvaguardata, oltre che come bene ambientale

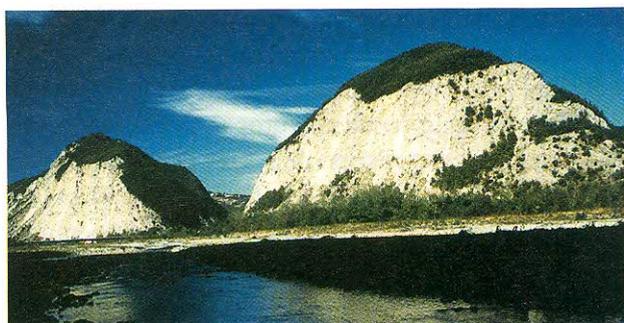


Fig. 6. – La formazione gessosa Triassica di Burano
– *Triassic gypsum formation of Burano*



Fig. 7. – Forme glaciali visibili nel parco nel Parco del Gigante
– *Glacial forms in Giant Park*

patrimonio di tutta la comunità nazionale ed in fin dei conti di tutta l'umanità, come da Legge 431/85, anche in funzione delle benefiche ricadute che detta opera di salvaguardia ha sulla popolazione residente. Del resto questa esigenza è non solo opportuna, ma nel caso in oggetto necessaria.

La Pietra è infatti posta al centro di un territorio che vive drammaticamente il problema del degrado idrogeologico: esso si aggrava in modo sempre più preoccupante e si ripercuote anche sulle aree di pianura che vengono periodicamente inondate. La corretta difesa del suolo montano, unitamente al controllo del regime idraulico dei fiumi nei fondovalle, sembra essere l'unica risposta razionale alla risoluzione di questa annosa e dolorosa questione. Per far questo, in un territorio in delicato equilibrio con le attività antropiche qual'è quello della montagna reggiana, è necessaria la presenza dell'uomo. Perché gli attuali abitanti decidano di rimanere in montagna, devono esistere prospettive di vita dignitosa in aree disagiate da molti punti di vista. Queste si possono realizzare coniugando la manutenzione delle bellezze naturali locali con il cor-

retto uso del territorio, sfruttando e coordinando tutte le indicazioni e possibilità espresse da diverse normative (Legge sulla difesa del suolo, Legge 183/89, Legge 431/85, varie leggi statali ed europee per la salvaguardia ambientale e lo sviluppo delle aree depresse) al fine di creare un nuovo tipo di economia montana basata fondamentalmente sull'offerta turistica. L'Appennino Reggiano è, su questa linea, in condizione privilegiata rispetto ad altre aree montane, data la sua vicinanza al ricco bacino padano ed alla preesistenza di una florida economia agricola basata sulla produzione del Parmigiano-Reggiano, che ben si coniugherebbe con una politica di salvaguardia ambientale. È quindi un attendibile banco di prova di questi indirizzi di sviluppo che, sulla carta, sono già stati approvati in sede statale e regionale, mostra altresì alcune problematiche legate alla non corretta realizzazione di questa politica di sviluppo. Fino ad ora, infatti, le politiche concrete di protezione ambientale, sono state indirizzate, in contrasto con gli indirizzi programmatici, quasi esclusivamente alla creazione di vincoli ed impedimenti che non hanno frenato lo spopolamento delle aree più depresse, favorendone il degrado fisico; d'altra parte le zone più felici da un punto di vista economico tendono ad uno sfruttamento senza vincoli delle risorse e minacciano da vicino le grosse ricchezze ambientali presenti (per es. pressione edilizia sull'area circostante la Pietra di Bismantova, tentativi di insediare cave di inerti e di gesso nella valle dei Gessi Triassici). Il rischio che corrono le strategie per il mantenimento delle bellezze naturali è quello di contrastare tendenze economiche locali, senza riuscire a creare nuove attività che le sostituiscano: così il valore ambientale viene vissuto dai residenti come disvalore e nello stesso tempo la popolazione locale è la sola che possa attuare una corretta politica di protezione ambientale. Il territorio circostante la Pietra di Bismantova ben si adatterebbe ad una strategia globale di mantenimento delle valenze ambientali locali integrata con le attività eco-

nomiche presenti, anzi a sussidio e rinforzo di esse. Esso è in delicato equilibrio con le pratiche agricole dirette alla produzione di foraggio. Allorché i terreni vengono abbandonati dalla pratica agricola, spesso si hanno repentine degradazioni del suolo, quando i boschi non vengono più governati l'acqua scorre incontrollata e durante le piene detriti di origine vegetale ostruiscono i canali. Favorire un'attività agricola mirante a limitare tali danni fa da naturale supporto ad una offerta turistica; interrompere lo spopolamento delle zone più depresse è fattore favorevole anche all'economia delle aree più forti della montagna, con le loro attività commerciali ed artigianali. È qui che il cerchio si chiude e che anche una zona economicamente «forte» come quella che gravita nelle vicinanze della Pietra ha interesse che i suoi gioielli ambientali non vengano svenduti per portare avanti attività di corto respiro e di basso profilo economico, che comportano oltre tutto il deterioramento della qualità generale della vita di chi abita questi luoghi. In quest'ottica la presenza di un corretto modello di sviluppo intorno alla Pietra, unanimemente riconosciuta da tutti come una bellezza naturale e sentita come un piume tutelare dai montanari, può svolgere un grande ruolo di educazione a stili di vita più rispettosi dell'ambiente ed essere un esempio di salvaguardia e valorizzazione del bene ambientale.

BIBLIOGRAFIA

- ZANZUCCHI G. (1989) - *Arenarie oligo-mioceniche del alto Appennino*. In DIP. SC. TERRA UNIV. PARMA «*Dal crinale al Po. Geologia e morfologia del territorio reggiano*». pp. 35-38, fig. 26, Comune di Reggio Emilia.
- CATARSI M. & DALL'AGLIO P.L. (1978) - *La necropoli Protovillanoviana di Campo Pianelli di Bismantova*. pp. 153, Reggio Emilia

The protection of the new reference section of the Frasnian/Famennian boundary at Senzeille (Dinant basin, Belgium)

La protezione della nuova sezione di riferimento del limite Frasniano/Famenniano a Senzeille (bacino del Dinant, Belgio)

CASIER J.G. & BULTYNCK P. (*)

ABSTRACT - The Frasnian/Famennian boundary (± 367 Ma; Late Devonian) was defined in the last century in the northern flank of a railway cutting close the village of Senzeille. In 1976, this cutting was buried during the construction of a national road and in 1993 a new reference section was excavated. This is important for the study of the Late Devonian mass extinction and particularly for the study of faunal recovery from this event. This reference section is now protected.

KEY WORDS: Protection, Frasnian/Famennian boundary, Senzeille, Belgium.

RIASSUNTO - Il confine Frasniano/Famenniano (± 367 Ma, tardo Devoniano) è stato definito nel secolo scorso nel lato settentrionale di una trincea ferroviaria, vicino al villaggio di Senzeille. Nel 1976, questa trincea è stata seppellita durante la costruzione di una strada nazionale e nel 1993 è stata scavata una nuova sezione di riferimento. Il tutto è importante per lo studio dell'estinzione di massa del tardo Devoniano e in particolare per lo studio della ricostruzione della fauna di questo evento. Ora questa sezione di riferimento è protetta.

PAROLE CHIAVE: Protezione, limite Frasniano/Famenniano, Senzeille, Belgio.

1. - INTRODUCTION

The Late Devonian mass extinction is one of the five largest occurring during the Phanerozoic. This extinction took place 367 Ma ago close to the

Frasnian/Famennian boundary and probably 75 % of all species were wiped out during this event in lower latitude areas. Recent studies demonstrate that the Late Devonian mass extinction is probably related to a sea level fluctuation, to the influx of oxygen-depleted waters onto the shelf, to a climatic change and maybe to one or several cataclysmic events (for further information on the Late Devonian mass extinction, consult MCGHEE, 1996).

The southern part of Belgium is the type area for the Frasnian and Famennian stages and their boundary was fixed in the last century in a railway cutting, 1500 m south of the village of Senzeille (fig. 1). GOSSELET (1877; 1888), a French geology Professor at the University of Lille, defined the Frasnian/Famennian boundary in the northern flank of this cutting at the base of his unit H, close to the base of the Senzeille Shales, in fact where he observed the recovery of the megafauna from the Late Devonian mass extinction.

The northern flank of the railway cutting of Senzeille has been described in detail by SARTENAER (1960), who summarized the range of rhynchonellid brachiopod zones which he had established earlier. This section was obviously the stratotype for the earliest Famennian formation: the Senzeille Formation.

(*) Department of Palaeontology, Royal Belgian Institute of Natural Sciences - Vautier Street, 29 - B-1000 Brussels - Belgium

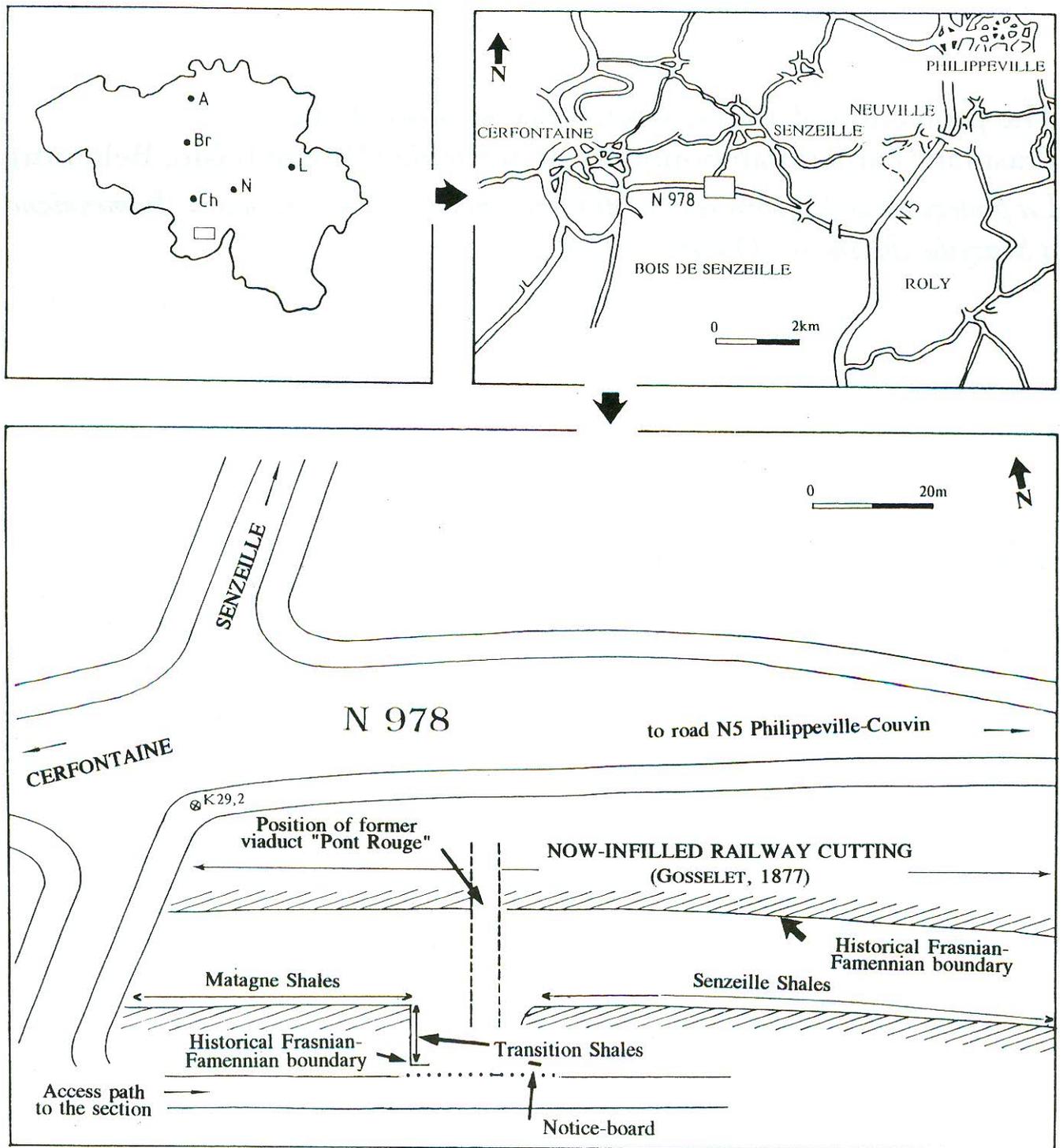


Fig. 1. – The Frasnian/Famennian boundary at Senzeille: location of the former stratotype section and of the new reference section (Southern border of the Dinant Basin, Belgium)

– Il limite Frasniano/Famenniano a Senzeille: posizione della precedente sezione dello stratotipo e della nuova sezione di riferimento (confine meridionale del Bacino di Dinant, Belgio)

2. – THE INFILLING OF THE SENZEILLE RAILWAY CUTTING

In 1976, the railway cutting of Senzeille was partially filled in by spoil during the construction of the N978 road and the northern face of the cutting was totally buried. This infilling was not an essential part of the construction of the road but at the time there was little interest in the conservation of the geological heritage in Belgium. Nevertheless, the Geological Survey of Belgium arranged the preservation of the southern face of the cutting and set up a notice-board, visible from the new road. Unfortunately, this reference section was incomplete and exposed neither the Frasnian/Famennian boundary of GOSSELET nor the base of the Senzeille Shales. This was principally because the beds at this level had been very disturbed during the construction of the former “Pont Rouge” bridge. Partly for this reason and also because the Senzeille section is in the neritic facies, and limestones for conodont studies are scarce in the uppermost Frasnian - lowest Famennian, the Subcommittee on Devonian Stratigraphy recommended that a new Frasnian/Famennian boundary Global Stratotype Section and Point (GSSP) should be in the upper quarry of Coumiac in Montagne Noire, Southern France (KLAPPER *et alii*, 1993). This proposal was approved by the International Commission on Stratigraphy (ICS) and the International Union of Geological Sciences (IUGS) in 1993 (*Ibid.*).

In late 1988 - early 1989 the Royal Belgian Institute of Natural Sciences undertook the digging of two complementary cuttings exposing the missing part of the original succession, for the study of the late Devonian mass extinction and especially for the study of ostracods, conodonts, acritarchs and chitinozoans (CASIER, 1989; 1992; BULTYNCK & MARTIN, 1995).

Unfortunately, in 1993 the reference section preserved by the Geological Survey of Belgium and the two research cuttings of the Royal Belgian Institute of Natural Sciences were illegally filled in by 5,000 m³ of rocks coming from a canalization scheme in the vicinity of Senzeille.

3. – THE NEW REFERENCE SECTION

In 1994, the Royal Belgian Institute of Natural Sciences, the Municipality of Cerfontaine, the Department of Water and Forests (belonging to the Walloon Ministry of Environment) and an association of municipalities (INASEP), decided to restore the



Fig. 2. – The new reference section of the Frasnian/Famennian boundary at Senzeille. View from the access path

– La nuova sezione di riferimento del limite Frasniano/Famenniano a Senzeille. Vista dal sentiero di accesso

Senzeille section. The contractor who had infilled the original site was responsible for this restoration.

The work began in the summer of 1995 and about 1,200 m³ of rocks were excavated. Now, the section is enclosed (fig. 2) and from this day onwards the access to the new Senzeille section will be facilitated by the Municipal House of Cerfontaine or by the Department of Palaeontology at the Royal Belgian Institute of Natural Sciences.

The new protected section is certainly one of the best reference section world-wide for the study of the Late Devonian mass extinction in the neritic facies, and particularly for the study of the faunal recovery. The section exposes: 1. the top of the Matagne black Shales which are deposited under hypoxic conditions responsible for the disappearance of reefal activity in the Dinant Basin; 2. the so-called transitional shales with the renewal of the fauna after the hypoxic event; 3. the base of the typical Senzeille Shales.

The historical Frasnian/Famennian boundary is exposed once again, but the position of the new boundary is controversial (CASIER, 1992; BULTYNCK & MARTIN, 1995). In the global stratotype section and point (GSSP) at Coumiac in Montagne Noire, the boundary corresponds to the base of the Lower *Palmatolepis triangularis* conodont Zone (KLAPPER *et alii*, 1993). This boundary is fixed immediately below the beds in which the fauna and immediately above a bed of grey coarse-grained dolomitic limestone correlated with the Upper Kellwasser Limestone of Germany (BECKER *et alii*, 1989). This bed was deposited under hypoxic conditions and was responsible for the disappearance of numerous species at Coumiac. At Senzeille several meters separate the beginning of the recovery of the ostracod fauna from the Late

Devonian mass extinction (passage from the Myodocopid ecotype to the Eifelian ecotype of ostracods at the base of the so-called transition-shales) and the first occurrence of conodonts indicating the Lower *Palmatolepis triangularis* Zone. This problem is linked to the condensed succession in the new GSSP at Coumiac (CASIER, 1992). Recent sedimentological studies confirm that the Coumiac section is highly condensed: hard-grounds are abundant in this section (PREAT, oral commun., May 1996).

The Senzeille section is located in a natural area where the original aspect of the surface of the ground cannot be altered. But experience demonstrates that this protection is insufficient. For this reason the Royal Belgian Institute of Natural Sciences and the Municipality of Cerfontaine begin now the procedure for the recognition of the Senzeille section as a geological monument.

BIBLIOGRAPHY

- BECKER R., FEIST R., FLAYS G., HOUSE M. & KLAPPER G. (1989) - *Frasnian-Famennian extinction events in the Devonian at Coumiac, southern France*. C. r. Acad. des Sc., **309**: 259-266, 2 figg, Paris.
- BULTYNCK P. & MARTIN F. (1995) - *Assessment of an old stratotype: the Frasnian/Famennian boundary at Senzeille, Southern Belgium*. Bull. Inst. roy. Sc. nat. Belgique, Sc. de la Terre, **65**: 5-34, 3 figg, 3 tabb., 9 pl., Bruxelles.
- CASIER J.-G. (1989) - *Paléocologie des Ostracodes au niveau de la limite des étages Frasnien et Famennien, à Senzeilles*. Bull. Inst. roy. Sc. nat. Belgique, Sc. de la Terre, **59**: 79-93, 3 figg, 2 tabb., 3 pl., Bruxelles.
- CASIER J.-G. (1992) - *Description et étude des Ostracodes de deux tranchées traversant la limite historique Frasnien-Famennien dans la localité-type*. Bull. Inst. roy. Sc. nat. Belgique, Sc. de la Terre, **62**: 109-119, 3 figg, 2 tabb., Bruxelles.
- GOSSELET J. (1877) - *Quelques documents pour l'étude des Schistes de Famenne*. Ann. Soc. géol. du Nord, **4**: 303-320, 2 pl., Lille.
- GOSSELET J. (1888) - *L'Ardenne*. Mém. pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France, Ministère de Travaux Publics, pp. 881, 244 figg, 27 pl., Paris.
- KLAPPER G., FEIST R., BECKER T. & HOUSE M. (1994) - *Definition of the Frasnian/Famennian stage boundary*. Episodes, **16**, (4): 433-441, 7 figg, Nottingham.
- MCGHEE G. (1996) - *The Late Devonian Mass Extinction. The Frasnian/Famennian crisis*. Columbia University Press. pp. 303, 91 figg, 11 tabb., New York.
- SARTENAER P. (1960) - *Visage 1960 de la "tranchée de Senzeilles" (partie famennienne)*. Bull. Soc. belge Géol., Paléontol., Hydrol., **68**: 430-442, 1 fig, 3 pl., Bruxelles.

The Tor Marancia area (south-east of Rome): an urban geotope showing the geological evolution of the Roman territory

L'area di Tor Marancia (sud-est di Roma): un geotopo urbano prezioso testimone dell'evoluzione geologica della Campagna Romana

DE RITA D. (*), MORICI C. (**) & ROSA C. (***)

ABSTRACT - The Tor Marancia area is located in the south-eastern part of Rome, between the Ardeatina, Grottaperfetta and Sartorio streets. This small area, some km², has geological and morphological rarities and natural beauties that would be subject to protection according to Italian and U.E. legislations. Here, exposed in natural and artificial outcrops, almost the complete stratigraphy of the ancient and more explosive activity of the Alban Hills Volcanic District (less than 30 km south of Rome). The morphology of this small area is typical of the Campagna Romana as it was before the 60s, 70s and 80s and strong urbanization. It is possible to recognize the original ignimbritic plateaus separated by small valleys and cut by several quarries. The exposed stratigraphy shows several pyroclastic flow deposits, emplaced during the Pleistocene, overlying ancient plateaus with a well developed palaeosol on the top, and in some cases filling palaeovalleys: the last were cut through the more ancient volcanic products during glacial low-stand periods of sea level during glaciation in the Quaternary. Based on the observation of the dips of the flow deposits, we can reconstruct the drainage network evolution of the Campagna Romana from 0.5 M.y. until the present. Furthermore, the Tor Marancia area could be a field laboratory where it is possible to study the relationships between urbanization processes and an area as yet unaffected by these processes.

KEY WORDS: Geotopes, Stratigraphy, Rome.

RIASSUNTO - L'area di Tor Marancia si trova nella zona sud-orientale della città di Roma, tra la Via Ardeatina la Via di

Grotta Perfetta e Via Sartorio. Questa piccola area in pochi km² racchiude peculiarità geologiche e morfologiche e bellezze naturalistiche che potrebbero essere preservate secondo la legislazione italiana e dell'Unione Europea. In quest'area infatti, attraverso affioramenti naturali ed artificiali è possibile osservare quasi per intero la stratigrafia della fase esplosiva più importante del Distretto Vulcanico dei Colli Albani (localizzato circa 30 km a SE di Roma): la Fase Tuscolano-Artemisia. Inoltre, la morfologia tipica della Campagna Romana nella prima metà di questo secolo, costituita da plateau ignimbritici separati da piccole valli ed interessati sporadicamente da cave di pozzolana, si è conservata in questa piccola area nonostante la forte urbanizzazione subita dal territorio circostante negli ultimi trenta anni. La stratigrafia esposta nei numerosi eccellenti affioramenti illustra l'evoluzione geologica e morfologica subita dall'area in concomitanza con l'attività vulcanica del Distretto Albano nel corso del Pleistocene medio superiore. Eruzioni esplosive con deposizione di colate piroclastiche si alternavano ad episodi di intensa erosione, conferendo al paesaggio un'aspetto sostanzialmente pianeggiante interrotto saltuariamente da alcune valli particolarmente incise. Osservando la giacitura dei depositi piroclastici ed i loro reciproci rapporti è così possibile ricostruire in quest'area l'evoluzione del reticolo idrografico negli ultimi 500.000 anni. L'area di Tor Marancia, quasi completamente circondata da aree urbanizzate, può inoltre essere proficuamente utilizzata come laboratorio per lo studio delle relazioni tra i processi di urbanizzazione ed i loro effetti sull'ambiente naturale.

PAROLE CHIAVE: Geotopi, Stratigrafia, Roma.

(*) Dipartimento di Scienze Geologiche - Terza Università di Roma - Via Ostiense, 169 - 00154 Roma

(**) Via Tazio Nuvolari - 00142 Roma

(***) Fondazione Ing. C.M. Lerici - Via Veneto, 108 - 00187 Roma



Fig. 1. – Panoramic view of the Tor Marancia area. In the quarry front the quite complete Alban pyroclastic sequence is visible. In the background the Cecilia Metella Mausoleum in the Ancient Appia natural Park is present.

– *Panoramica dell'area di Tor Marancia. In primo piano sono visibili i principali affioramenti delle sequenze piroclastiche albane. Sullo sfondo la Tomba di Cecilia Metella nel Parco dell'Appia Antica.*

1. – INTRODUCTION

The Tor Marancia area is located in the south-eastern part of Rome, close to the ancient Appia natural park (fig. 1). It is a small green area, limited by the Grottaperfetta, Ardeatina and Sartorio streets, almost completely encircled by a wide urbanization. This small area presents several natural resources of great natural, geological, biological and archaeological interest which need to be legally protected. From a geological point of view, its “morphological and geological

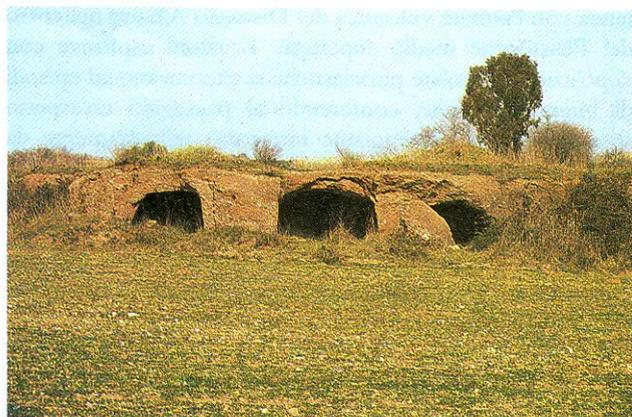


Fig. 2. – Galleries mined in the “pozzolanelle” ignimbrite. Similar structures are frequent in the Tor Marancia area, particularly in those sectors intensively exploited by mining in the Roman and in the Middle Ages.

– *Cavità scavate nelle «pozzolanelle». Simili ipogei sono frequenti nell'area di Tor Marancia, in particolare nei settori sfruttati dalle cave in sotterraneo.*

heritage” and its “natural beauties of geological-morphological characteristics” should be protected according to the L. “29 Giugno 1939”, n. 1497, R.D. “3 Giugno 1940” n. 1357 and DPR “24 Luglio 1977” n. 616.

The geological interest is represented by several sections exposed in the quarries opened by the Romans (as stone mines) and then enlarged during the Middle Ages until very recent time (fig. 2, 3). The stratigraphic sequences exposed in the quarries (fig. 4 e 5), are correlated with those of natural outcrops, allowed VERRI (1893; 1898; 1902) to define the stratigraphy of the most ancient and explosive phase of the Alban Hills volcano: the Tuscolano -Artemisio Phase (DE RITA *et alii*, 1988; DE RITA *et alii*, 1995). This stratigraphy is at present still valid even if the genetic origin of the deposits is differently interpreted. The area, then, represents a historical document of great value and, in addition, it is one of the rare places where inside few Km², it is possible to reconstruct the peculiar relationships among subsequent volcanic units and to have an idea of the morphology of the Campagna Romana before urbanization.

The Tor Marancia area, in fact, even if subjected to a strong degradation due to the vicinity of densely populated areas, retains the principal morphological characteristics typical of the Campagna Romana landscape. These are strongly dependent on the subsequent transformations that the landscape suffered during the Quaternary, changed due to climatic controlled glacio-eustatic variations of sea level. Periods

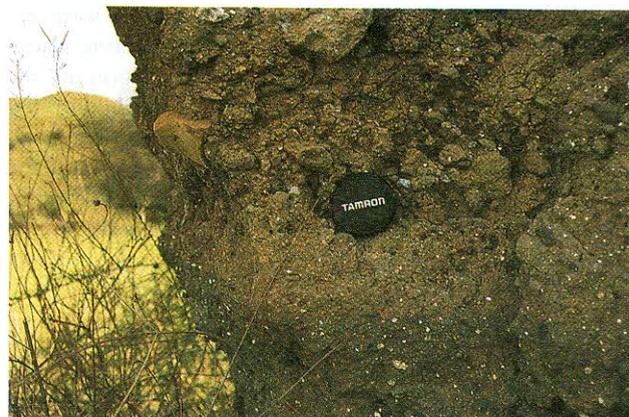


Fig. 3. – Ancient quarry detritus. From bottom to the top: the “pozzolanelle” pyroclastic deposit (grey) and, above a sharp contact, the detritus in which a sherd is present.

– *Riperti antropici in un'area di cava sfruttata sin dall'epoca romana. È visibile, dal basso verso l'alto, il passaggio netto tra il deposito piroclastico in posto (grigio scuro) e la coltre dei riperti, all'interno della quale è evidente un frammento di ceramica (sulla sinistra).*

of strong erosion caused the deep excavation of valleys, which were subsequently filled by the huge emplacement of pyroclastic materials from the Alban Hill volcano. Recent studies (DE RITA *et alii*, 1994) have provided evidence that the main explosive pyroclastic flow units of the Alban Hills volcano filled valleys which had been deeply eroded during sea level low-stands. In some cases, the erosion was so strong as to cut the valley to form a canyon, filled, then, by the younger pyroclastic flows. From the analyses of the stratigraphic contacts between the explosive flow deposits exposed in the Tor Marancia area it is possible to reconstruct the morphological evolution of the Roman periphery. From the moment at which the Plio-Pleistocene sea left it, and it becomes part of the continental environment, until today when the major modification to the landscape are produced, sometimes dramatically, by Man's activities.

2. – GEOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE AREA

The Tor Marancia area (fig. 6) is morphologically flat, similar to an extended plateau, whose altitudes are between 40-50 m a.s.l. It is crossed by the small river course of Tor Carbone (at the present partially culnetted) and another small stream which splits the area into three, morphologically equivalent (NW trending) parts. The north-eastern sector contains most of the quarries, in part worked underground during the Roman Age.

The most ancient stratigraphic unit is the "pozzolane rosse". This unit outcrops in the north-eastern part of Tor Marancia area, where it was mined by the Romans. In the rest of the area it is visible only inside deeply eroded valleys. The "pozzolane rosse" is a pyroclastic rock, probably deriving from more than one flow. The deposit is characterised by the presence of red scoria in a loose ashy matrix, volcanic (both lava and olocrystalline) and sedimentary rock clasts (thermometa-morphosed). Locally structure pipes are evident. To the "pozzolane rosse" unit an age of about 0.46 M.y. has been attributed, which is the radiometric age of a lava flow at its top in the Vallerano locality. In the Tor Marancia area, the top of the unit is eroded and covered by a deposit of reworked scoria clasts. This last deposit is named the "Conglomerato giallo" (FORNASERI *et alii*, 1963) and it was emplaced during a period of strong erosion due to a fall in base level due to glacio-eustatic causes. It shows many lithological and sedimentological characteristics of lahar or debris

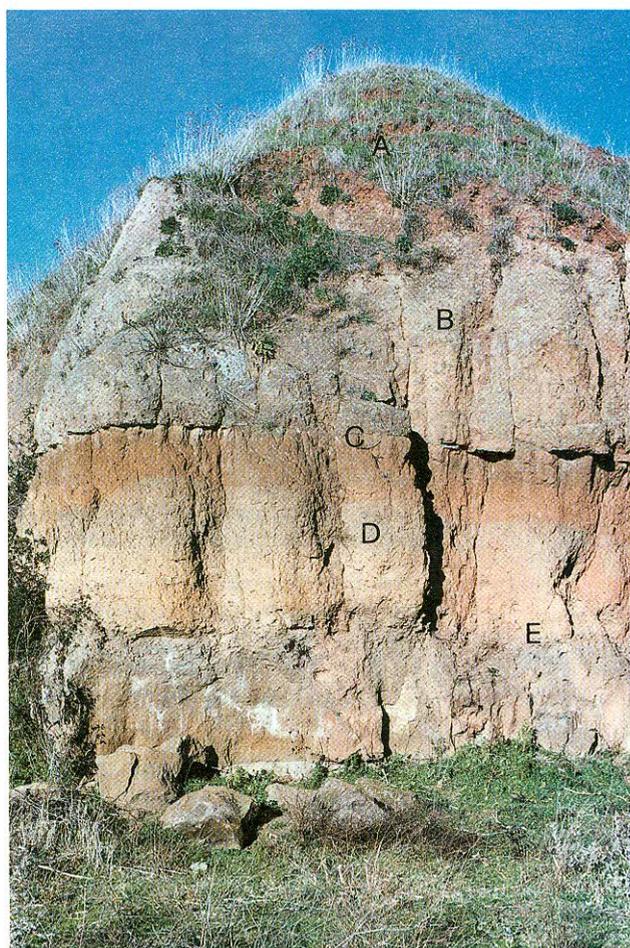


Fig. 4. – Front of a big quarry in which is possible to observe the volcanic succession. A) quarrying detritus; B) "Pozzolanelle" or "Tufo di Villa Senni" ignimbrite: it ranges from an unconsolidated ("pozzolanelle") to consolidated ("Tufo di villa Senni") massive block and scoria flow deposit; C) paleosol; D) pyroclastic colluvium; E) "pozzolane nere" ignimbrite: a pyroclastic flow deposit consisting of a relatively fines-poor aggregate of millimetre- to decimetre-sized black scoria clasts, containing lava, holocrystalline and thermo-metamorphosed sedimentary inclusions; a fine-grained basal layer overlies a fines-poor, crystal- and lithic-rich ground layer; in the lower part of the outcrop, the top of the "pozzolane rosse" ignimbrite is present.

– Fronte di cava abbandonato nel quale è possibile osservare (in parte) la sequenza stratigrafica delle piroclastiti albane. (A) materiale di riporto; (B) «pozzolanelle» o «Tufo di Villa Senni»: deposito di colata piroclastica scoriaacea da non consolidata («pozzolanelle») a consolidata («Tufo di Villa Senni»), contenente litici lavici ed olocristallini (Italite); (C) paleosuolo arrossato, ricco in resti vegetali; (D) deposito colluviale (piroclastite alterata); (E) «pozzolane nere»: deposito da colata piroclastica scoriaacea, a matrice cineritica, contenente litici lavici, olocristallini e sedimentari termometamorfosati; alla base è presente un livello ricco in frazione cineritica a contatto a sua volta con un caratteristico livello basale ricco in cristalli e litici e povero in frazione cineritica; alla base dell'affioramento è presente il tetto delle «pozzolane rosse», un altro deposito da colata piroclastica massivo ed a matrice scoriaacea.

flows. In the Tor Marancia area these aspects are very well visible and comprehensible: in fact, being defined by the valley margin, which pounded the flow, the unit is not present everywhere: it correlates laterally with paleosols and/or erosion surfaces.



Fig. 5. – Panoramic view of the main quarry front: on the Top the piles of quarry spoil; in the lower part of the quarry outcrop an ancient gallery for mining of pozzolanas is visible.

– *Panoramica del fronte di cava principale (ora abbandonata) in cui sono visibili in alto zone di accumulo del materiale estratto (terreno di riporto) e inferiormente è visibile una antica galleria scavata per l'estrazione in sotterraneo delle pozzolanelle.*

On the “pozzolane rosse” and on the “conglomerato giallo” (when present) the “pozzolane nere” is present. In the Tor Marancia area the base of this unit, generally rarely visible, is very well exposed. It has a well sorted level of lapilli (ground layer) covered by an

ashy level with very few sedimentary clasts. The “pozzolane nere” ignimbrite is lithologically very similar to that of the “pozzolane rosse”, from which is different only in the colour of the scoria and the presence of sanidine phenocrysts. The lithological similarity of these two units has often caused confusion, and the two have been often mistaken for each other, especially where the exposures did not allow the recognition of the erosive level which separates them. In this respect, the stratigraphic sections of the Tor Marancia area constitute an excellent example, as the two units are here separated by a well developed palaeosol. Recent studies (TRIGILA *et alii*, 1995) on samples collected from the two units near the Tor Marancia area yield evidence that the two eruptions were produced by different magmas which are genetically connected and linked by differentiation processes; both could have been generated by the same deep magma chamber, located between 7 and 4 km. This information is

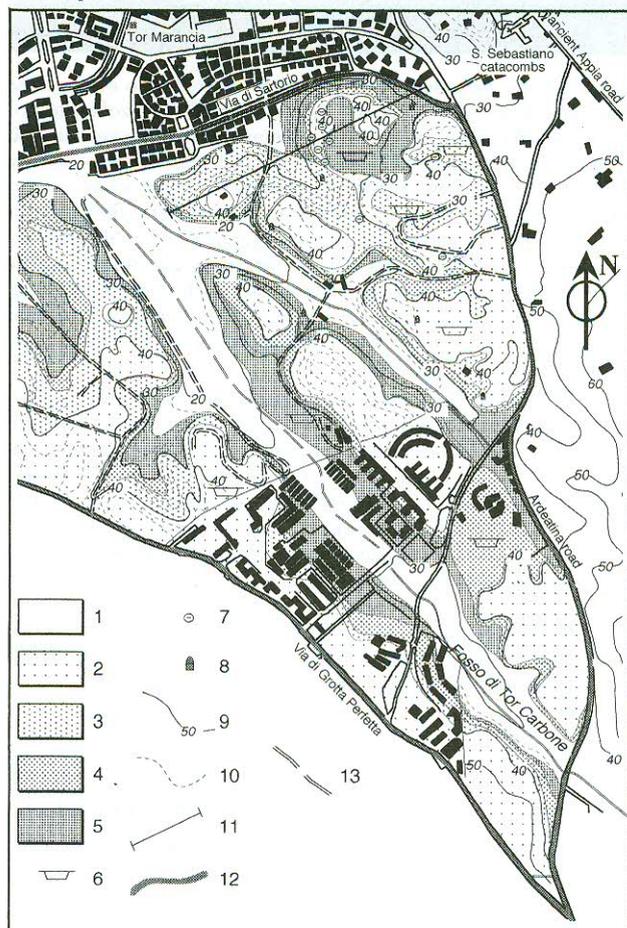


Fig. 6. – Geological schematic map of the Tor Marancia area. 1) Olocenic alluvium; 2) “Pozzolanelle” or “Tufo di Villa Senni” ignimbrite; 3) “Tufo lionato” ignimbrite; 4) “pozzolane nere” ignimbrite; 5) “pozzolane rosse” ignimbrite; 6) closed quarries; 7) sink-holes; 8) galleries; 9) contour lines in meters a.s.l. (every 10 meters); 10) contour lines in meters a.s.l. (every 2 meters); 11) geological cross-section; 12) examined area boundaries; 13) piped course of the Fosso di Tor Carbone.

– *Carta geologica schematica dell'area di Tor Marancia. 1) Alluvioni oloceniche; 2) «Pozzolanelle» o «Tufo di Villa Senni»; 3) «Tufo lionato»; 4) «pozzolane nere»; 5) «pozzolane rosse»; 6) cave abbandonate; 7) cavità da sprofondamento; 8) gallerie; 9) isoipse in metri s.l.m. (equidistanza 10 metri); 10) isoipse in metri s.l.m. (equidistanza 2 metri); 11) traccia della sezione geologica; 12) limite dell'area in esame; 13) tratto incondottato del Fosso di Tor Carbone.*

of great interest for the problem of the existence of a magma chamber below the Alban Hills volcano and for evaluating the volcanic risk in the area. This is relevant because the last explosive volcanic activity of the Alban Hills District is relatively recent, being dated at less than 20.000 years ago (MERCIER, 1993). In addition, the central part of the volcano has been uplifted, during the last 25-30 years, and it has been affected by shallow earthquakes during the last 10 years (AMATO & CHIARABBA, 1995; AMATO *et alii*, 1994).

The top of "pozzolane nere" unit is eroded and locally deeply excavated, within these valleys is often present the product of subsequent explosion, the so-called "tufo lionato" or "tufo litoide". The correlations between the natural and artificial exposures of the Tor Marancia area allow an analysis of the type of emplacement of the "tufo lionato". Here, in fact, this tuff is valley pounded. For this reason it is not present in the Mediaeval quarries, which were excavated on the flanks of the ancient valleys. The presence of the "tufo lionato" indicates the location of the palaeovalleys which pre-existed the eruptive phase emplacing the tuff (fig. 7). The different topographic levels at which the tuff outcrops and the deepening of its underlying surface allow the evaluation of the entire erosive phase that excavated the valleys. In addition, the irregular morphology pre-existing the emplacement of the tuff, allows explanation of its lateral facies variations. In fact, the flow was emplaced with different sedimentological and lithological characteristics depending on whether it was

emplaced inside the valleys or on the tops of the hills. The present morphology indicates that after the emplacement of the "tufo lionato" a morphological inversion occurred, and the present valleys are excavated at the margins of the ancient ones. The "tufo lionato", in fact, presents a peculiar high level of lithification due to zeolitization of its ashy vitric matrix; because of this character the "tufo lionato" has been quarried as building stone. The "tufo lionato" is covered by the "pozzolanelle" or "tufo di Villa Senni", which is another pyroclastic flow deposit emplaced during the same eruption which produced the "tufo lionato". The "Tufo di Villa Senni" is massive and loose, almost totally constituted by scoria and free crystals of leucite. It forms the present planar upper surface morphology of the Tor Marancia area. This unit has been dated at about 0.33 M.y. (RADICATI DI BROZOLO *et alii*, 1981) and it is considered responsible for the collapse of the central part of the Alban Hills volcano at the end of the Tuscolano-Artemisio phase.

3. - CONCLUDING REMARKS

The Tor Marancia area represents one of the more excellent examples of the Campagna Romana landscape before urbanization: a very gently rolling area similar to a plateau, due to the superposition of subsequent pyroclastic flow units, locally deeply eroded with typical flat bottomed valleys.

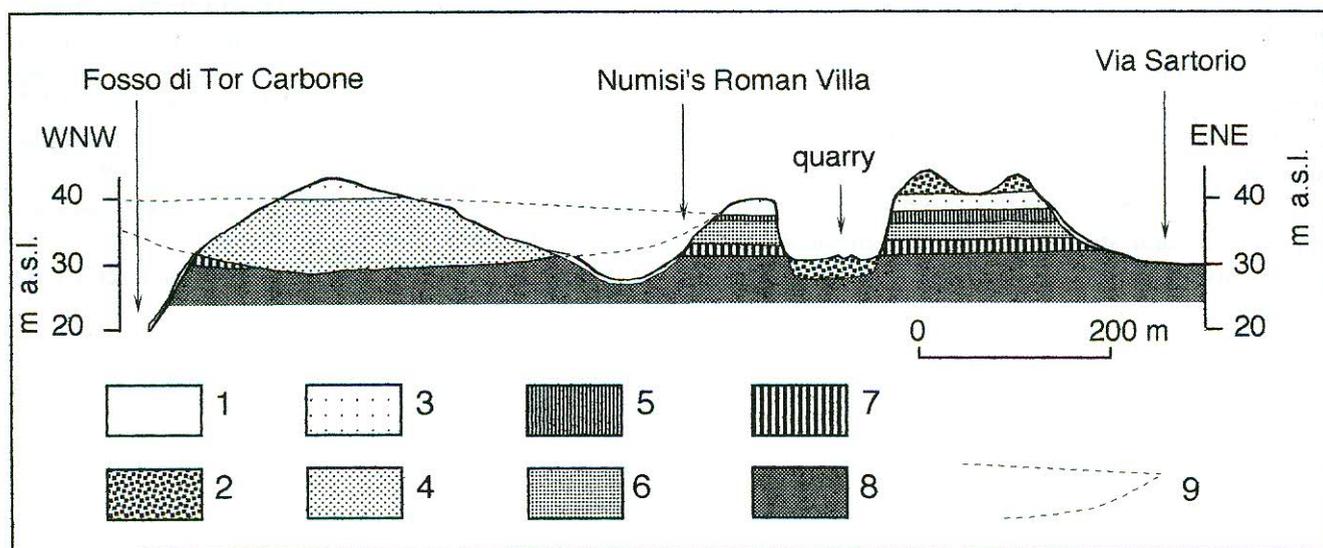


Fig. 7. - Geological cross-section. 1) colluvial deposits; 2) quarry spoil; 3) "pozzolanelle" or "Tufo di Villa Senni" ignimbrite; 4) "Tufo lionato" ignimbrite; 5) palaeosol and colluvial deposits; 6) "pozzolane nere" ignimbrite; 7) palaeosol and colluvial deposits; 8) "pozzolane rosse" ignimbrite.

- Sezione geologica. 1) depositi colluviali; 2) terreni di riporto di cava; 3) «pozzolanelle» o «Tufo di Villa Senni»; 4) «Tufo lionato»; 5) paleosuolo e depositi colluviali; 6) «pozzolane nere»; 7) paleosuolo e depositi colluviali; 8) «pozzolane rosse».

The stratigraphical relationship between the pyroclastic flows and their lithological and sedimentological characteristics allows reconstruction of the geology and the morphological evolution of the Tor Marancia area through time. The exposed stratigraphy represents an ideal datum-point and the area can be utilized as a natural scientific laboratory to analyze and to evaluate the volcanic risk of Rome city. In addition, it could also represent a unique educational opportunity for the public to learn about the processes and products of explosive eruptions and about the morphological evolution of an area subjected to period of strong erosion and deposition in a volcanic environment.

Furthermore, the Tor Marancia area, could be also protected by using the "29 Giugno 1939" n. 1497 law safeguarding natural heritage having a particular scientific interest. To this is connected the necessity to preserve stratigraphic sections which have historical and practical value. These sections constitute one of the few examples of the complete stratigraphy of the ancient and highly explosive activity of the Alban Hills volcano. This volcano is at the present considered quiescent, but recent studies (AMATO & CHIARABBA, 1995) indicate that the central part of the volcano has been subjected to uplift during the last 30 years; the low intensity seismic activity which has been registered in the same sector during the last 10 years can be related to these events.

The opportunity to foster the natural morphological evolution of this area, in order to be able to verify the effects of the erosive and depositional processes on a landscape typical of the Campagna Romana through time. The area could represent a laboratory for natural observations, and for the scientific examination of arguments concerning the environment.

The utility of preserving the quarries as a source of supply of natural stone for repairing archaeological monuments of Rome. In fact the pyroclastic flow

deposits have been quarried from the Roman Age as building stones of many public and private architectural structures. These quarries could be used in the future for the same original materials.

BIBLIOGRAPHY

- AMATO A. & CHIARABBA C. (1995) - *Recent uplift of the Alban Hills volcano (Italy), evidence for a magmatic inflation?*. Geophys. Res. Lett.: in press.
- AMATO A., CHIARABBA C., COCCO M., DI BONA M. & SELVAGGI G. (1994) - *The 1989-1990 seismic swarm in the Alban Hills volcanic area, Central Italy*. J. Volcanol. Geotherm. Res., **61**: 225-237.
- DE RITA D., FACCENNA C., FUNICIELLO R. & ROSA C. (1995) - *Stratigraphy and volcano-tectonics*. In: Trigila R. (ed) "The Volcano of the Alban Hills": 33-71.
- DE RITA D., FUNICIELLO R. & PAROTTO M. (1988) - *Carta Geologica del Complesso Vulcanico dei Colli Albani*. C.N.R., Roma.
- DE RITA D., MILLI S., ROSA C., ZARLENGA F. & CAVINATO G.P. (1994) - *Catastrophic eruptions and eustatic cycles: example of Latium Volcanoes*. In: "Large explosive eruptions" International Symposium, Rome, 24-25 May 1993. Atti dei Convegni Lincei, **112**: 135-142.
- FORNASERI M., SCHERILLO A. & VENTRIGLIA U. (1963) - *La regione vulcanica dei Colli Albani. Vulcano Laziale*. C.N.R., Roma.
- MERCIER N. (1993) - *The thermoluminescence dating technique: applications and possibilities*. Symposium "Quaternary stratigraphy in volcanic areas", Rome, september 20-22, 1993, Abstracts.
- RADICATI DI BROZOLO F., HUNEKE J.C., PAPANASTASSIOU D.A. & WASSERBURG G.J. (1981) - $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and Rb/Sr age determinations on Quaternary volcanic rocks. EPSL, **53**: 445-456.
- TRIGILA R., AGOSTA E., CURRADO C., DE BENEDETTI A.A., FREDA C., GAETA M., PALLADINO D.M. & ROSA C. (1995) - *Petrology*. In: Trigila R. (ed) "The Volcano of the Alban Hills": 95-165.
- VERRI A. (1893) - *Note per la storia del Vulcano Laziale (rilievo circostante al gruppo dei crateri)*. Boll. Soc. Geol. It., **12** (1): 39-80.
- VERRI A. (1898) - *Osservazioni sulla successione delle rocce vulcaniche nella Campagna Romana*. Boll. Soc. Geol. It., **17**: 121-122.
- VERRI A. (1902) - *Sul Vulcano Laziale*. Boll. Soc. Geol. It., **21**: 411-412.

Durmitor - A geological opened book

Durmitor - Un libro aperto di geologia

MILOVANOVIC D. (*), ZLOKOLICA-MANDIC M. (**), MANDIC M. (**) & LJESEVIC M. (***)

ABSTRACT - Durmitor mountain is situated in northwest Montenegro, in the region between the Tara and Piva canyons. It is composed mostly of carbonate rocks of Middle Triassic up to Paleogene age. Besides numerous and attractive glacial erosion forms and extensive moraines, Durmitor contains plenty of underground and surface karstic phenomena, and also characteristic structural reliefs. In this wonderful area there are eighteen glacial lakes.

The Durmitor mountain was announced as a national park in 1952; included in world ecological reserves by UNESCO in 1977 and, together with Tara canyon assigned world natural heritage status in 1980.

KEY WORDS: glacial lakes, folds, karst.

RIASSUNTO - Il monte Durmitor è situato nel Montenegro nord-occidentale, nella regione tra i canyons Tara e Piva. Esso è composto prevalentemente da carbonati di età compresa fra il Paleogene ed il Trias medio. Oltre a numerose ed interessanti forme di erosione glaciale ed estese morene, il monte Durmitor ospita numerosi fenomeni carsici superficiali e sotterranei, ed anche caratteristici rilievi strutturali. In questa bellissima area sono presenti anche diciotto laghi glaciali.

Il monte Durmitor è stato classificato parco naturale nel 1952, è stato incluso tra le riserve ecologiche mondiali dall'UNESCO nel 1977 e, insieme con il canyon Tara, è stato iscritto nel patrimonio naturale mondiale nel 1980.

PAROLE CHIAVE: laghi glaciali, pieghe, carsismo.

Durmitor mountain is situated in the northwest Montenegro, 130 km north of the capital Podgorica, occupying approximately 200 km². It is embraced by the wonderful frame of the Tara and Piva canyons and elongated southward and eastward to the Sinjajevina mountain.

Within the small space, created by intensive tectonics, glacial and karst erosion, a mountain region of fantastic shapes is formed, which a capable walker going along foothills, could overcome in a day.

The highest peak is Bobotov Kuk (2522 m), while 48 summits are as high as 2000 m (CEROVIC, 1991). Mountain peaks and ranges are divided by deeply cut glacial and river valleys.

Durmitor belongs to the outer Dinarides. It is composed mostly of carbonate and pelitic rocks of Middle Triassic up to Paleogene age (BEŠIC, 1980). In its central part Triassic and Jurassic reef limestones are widespread. During the Pleistocene numerous cirques were formed, from which separate glaciers spread in various directions through widened glacial valleys (CVIJIC, 1921; MAROVIC & MARKOVIC, 1972).

The specific peculiarity of Durmitor is the presence of mountain lakes, which are exclusively of glacial origin. There are 18 beautiful lakes, which are rightfully called "gorske oci", meaning mountain eyes, because of their crystalline pure water. A specific plant

(*) Faculty of Mining and Geology - 11000 Belgrade - Džušina 7 - Yugoslavia

(**) Geozavod - 11000 Belgrade - Karadjordjeva 48 - Yugoslavia

(***) Faculty of Geography - 11000 Belgrade - Studentski trg 3/3 - Yugoslavia

association inhabits this microenvironment, dominated by yellow water lilies. The largest lake is Crno jezero ("Black lake") (fig. 1), which is unique through its hydrological and geohydrological properties - bifurcation, underground springs and estavelas.

Besides numerous and attractive glacial erosion forms and extensive moraines, Durmitor is unique in its instructive structural relief (BEŠIĆ, 1983).

The western and southwestern part of the mountain are built of Upper Cretaceous flysh deposits, which are clearly distinguished from surrounding Mesozoic carbonate rocks. Intensive tectonics overthrust Triassic and Jurassic sediments above younger Cretaceous deposits, along a fault surface which is more than 1000 m long.

The specific lithological composition of flysh deposits has enabled the formation of very attractive plastic deformations, with plenty of isoclinal, fanned and overturned folds, together with tension fissures.

The southern part of the mountain, composed of massive carbonate rocks, contains plenty of surface and underground karstic phenomena. The intensive karstification is enabled by large thickness and horizontal to subhorizontal position of the Cretaceous limestones, as well as specific climatic conditions. This is the region of the classical karst development; it belongs to the Dinaric holokarst, to its southeastern part, the so-called Herzegovina-Montenegrin karst area, which is one of the most karstified regions in the world.

The locality of Bolj is one of the most attractive places in the southern part of Durmitor, where practically all karst shape forms are developed. It is almost inaccessible and waterless, inhabited solely by a stunted sort of pine.

The most frequent surface karst forms are lapies. Depending on limestone composition and structure, and directions of water flow, there are several types of lapies. The most numerous are formed on horizontal surfaces or gentle slopes of carbonate layers. On massive limestone slopes "wall lapies" are formed.

"Meander lapies" are especially attractive. They are formed in the higher parts of the mountain, where the snow cover lasts longer. Meltwater circulation erodes limestone in a specific way, producing groups of lapies which remind the viewer of river meanders. Some of them appear like true canyons in small scale. Other exceptional karst microforms appear, like natural bridges, which represent uneroded part of the rock between lapies.

Chemical dissolution of water, followed by corrosive attack of mosses and lichens on flat surfaces; has



Fig. 1. – Durmitor, veduta dalla cima più alta - Bobotov Kuk verso il lago Nero.

– Durmitor, view from the highest peak - Bobotov Kuk to Black lake.

formed specific karst shapes called "kamenice". These are rounded, shallow forms, up to 2 m in diameter, frequently filled with soil and new plant association.

Subsurface karst forms are also present, like caves and shafts. At the locality of "Vjetrena Brda" (windy hills) there is one of the deepest shafts in the Balkan peninsula (887.5 m).

Walking through Durmitor's landscapes and enjoying them, we are witnesses of geological processes which happened in this region. At last we can read book written in the stone, feel that we are part of the nature to which we belong, and that is the reason why we have to prote

REFERENCES

- BEŠIĆ Z. (1980) - *Geologija Crne Gore, Stratigrafija i facijalni sastav Crne Gore, knj. 1, sv. 2*. Posebna izdanja CANU, **9**, Odjeljenje prirodnih nauka, **8**: pp. 380, Titograd.
- BEŠIĆ Z. (1983) - *Geologija Crne Gore, Geotektonika i paleogeografija Crne Gore, knj. III*. Posebna izdanja CANU, **16**, Odjeljenje prirodnih nauka, **10**: pp. 212, Titograd.
- CEROVIC B. (1991) - *Durmitor i kanjon Tare*. pp. 160, NACIONALNI PARK DURMITOR, Beograd.
- CVIJIC J. (1921) - *Ledeno doba u Prokletijama i okolnim planinama*. Glas SKA, **93**: 1, razred, **39**: 1-50, Beograd.
- MAROVIC M. & MARKOVIC M. (1972) - *Glacijalna morfologija šire oblasti Durmitora*. Geol. an. Balk. poluostrva, **37**, 2: 37-48, Beograd.

Assessment of some geological sites on the Island of Fernando De Noronha, Northeastern Brazil

Valutazione di alcuni siti geologici nell'Isola di Fernando De Noronha, nel nord-est del Brasile

EEROLA T.T. (*)

ABSTRACT - Fernando de Noronha is an island with an inactive volcano (12-1.8 Ma) in the Atlantic Ocean, 350 km off the coast of northeastern Brazil. The island is popular with tourists, although the number of visitors has been limited in order to protect the fragile ecosystem of the island. There are several geologically interesting sites which could attract and give information to tourists about the processes that generated the island. In cooperation with the WWF (Brazil and Finland), FINNIDA, Brazilian Environmental Agency and Fundação Pró-Tamar, the Geological Survey of Finland made a preliminary assessment of geological sites of scientific and educational interest in the area of the National Marine Park, on the western side of the island, in 1995. The localities with the greatest potential for geological sites are the Baía do Sancho and Baía dos Porcos on the northern side and Ponta do Capim Açú and Praia do Leão on the southern side of the island. Conservation and educational measures are recommended for all these sites. The measures could be implemented by the implementation of interpretative principles, involving also biology, the installation of an appropriate infrastructure and a permanent exhibition concerning the nature of the island.

KEY WORDS: Brazil, Fernando de Noronha, geosites

RIASSUNTO - Fernando de Noronha è un'isola con un vulcano inattivo (12-1.8 Ma), situata nell'Oceano Atlantico, ad una distanza di 350 km dalle coste nord-orientali del Brasile. L'isola è molto nota ai turisti, sebbene il numero dei visitatori sia stato limitato al fine di proteggere il fragile ecosistema dell'isola. Ci sono parecchi siti geologicamente interessanti

che potrebbero attirare il turista e fornirgli informazioni circa il processo che generò l'isola stessa. In collaborazione con il WWF (del Brasile e della Finlandia), della FINNIDA, dell'Agenzia Brasiliana per l'Ambiente e della Fondazione Pró-Tamar, il Servizio Geologico della Finlandia ha realizzato nel 1995 una valutazione preliminare dei siti di interesse per la scienza e l'istruzione nell'area del Parco Nazionale Marino, nella parte occidentale dell'isola. Le località con le maggiori potenzialità circa i siti geologici sono la Baía do Sancho e la Baía dos Porcos nella parte settentrionale e la Ponta do Capim Açú e la Praia do Leão nella parte meridionale dell'isola. Vengono raccomandati per tutti questi siti dei provvedimenti in materia di conservazione e di informazione. Questi provvedimenti potrebbero essere attuati con l'implementazione di principi interpretativi che coinvolgono anche la biologia e con la realizzazione di appropriate infrastrutture e di una mostra permanente riguardante la natura dell'isola.

PAROLE CHIAVE: Brasile, Fernando de Noronha, geotopi

1. - INTRODUCTION

Fernando de Noronha is a volcanic island in the Atlantic Ocean, 350 km off the coast of northeastern Brazil (fig. 1): volcanic activity is now extinct. The island was created by volcanic eruptions between 12-1.8 Ma (CORDANI, 1970). Two formations are recognized (fig. 1): the Remédios Formation - a basal pyroclastic unit containing intrusions of the "Central Igneous

(*) Geological Survey of Finland, FIN-02150 ESPOO, toni.eerola@gsf.fi

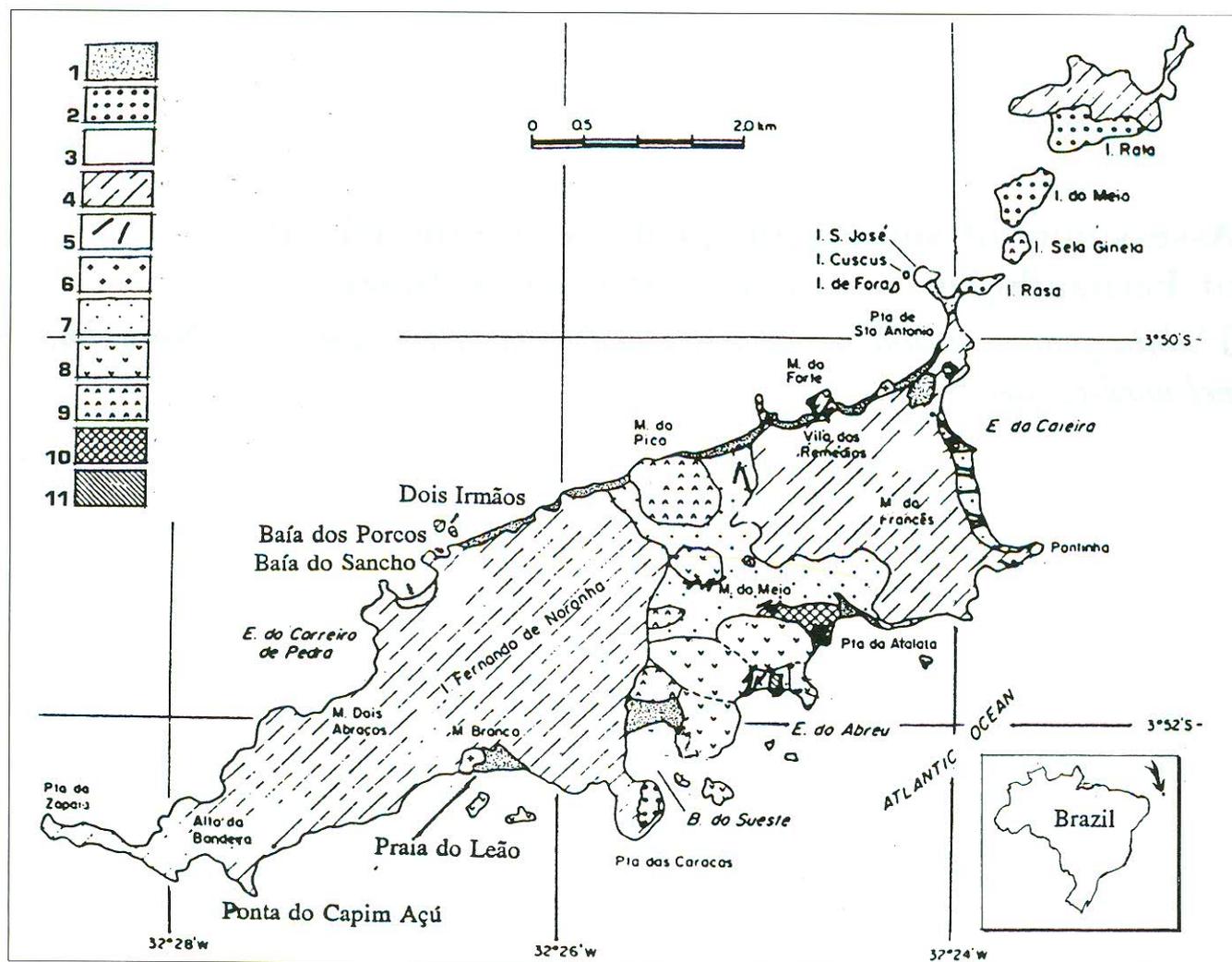


Fig. 1. – Simplified schematic geological map of the Fernando de Noronha Archipelago (after ULBRICH *et alii*, 1994)

- 1 - Beach and dune deposits
- 2 - Quaternary aeolian sandstones and phosphate deposits
- 3 - basanites (San José B. Sancho)
- 4 - ankaratrites (flows and pyroclastic rocks)
- 5 - Dikes
- 6 - Trachyte domes
- 7 - Tuffs, breccias, agglomerates
- 8 - Aphyric phonolites
- 9 - Porphiritic phonolites
- 10 - Essexite porphyric
- 11 - Alkali basalts (E. Abreu)

– *Mappa geologica schematica semplificata dell'Arcipelago Fernando de Noronha (da Ulbrich et alii, 1994)*

- 1 - Depositi di spiaggia e di dune
- 2 - Arenarie quaternarie di origine eolica e depositi fosfatici
- 3 - Basaniti
- 4 - Ankaratriti (rocce di flusso e pirolastiche)
- 5 - Dicchi
- 6 - Domi trachitici
- 7 - Tufo, breccie, conglomerati
- 8 - Fonoliti aphyrici
- 9 - Fonoliti porfirici
- 10 - Essexite fosforica
- 11 - Basalti alcalini

Complex”, and the Quixaba Formation, consisting of lava flows and rare dykes (ALMEIDA, 1955; ULBRICH *et alii*, 1994). There are also carbonate sands, beach terraces, algal reefs, sand and gravel beaches and recent aeolian dunes (ALMEIDA, 1955; GORINI & DE CARVALHO, 1984).

Fernando de Noronha is popular with tourists, although the number of visitors has been limited in order to protect the fragile ecosystem of the island. There are several geologically interesting sites and routes dealing with geology. Geological sites could be attractive to visitors of all ages (DE ASSIS & DE SILVA FILHO, 1994), providing them with information about the processes that generated the island.

In cooperation with the WWF Brazil, WWF Finland, FINNIDA, Brazilian Environmental Agency (IBAMA), Administration of Fernando de Noronha, University of São Paulo and Fundação Pró-Tamar, the Geological Survey of Finland made a preliminary assessment of geological and biological sites of scientific and educational interest in the area of the National Marine Park (PARNAMAR), on the western side of the island, in 1995. The assessment was a preliminary contribution to the multidisciplinary Sustainable Development Project of the Fernando de Noronha Archipelago.

Some of the geological sites assessed for educational and conservation purposes are presented in this article. Recommendations for further actions are also given.

2. – CHARACTERISTICS OF SELECTED GEOLOGICAL SITES

The localities with the greatest potential as educational geological sites are the Baía do Sancho and Baía dos Porcos on the northern side and Ponta do Capim Açú and Praia do Leão on the southern side of the island (fig. 1). There are, however, others that were not assessed in this preliminary study (M. ULBRICH, pers. comm. 1996).

2.1. – THE BAIÁ DO SANCHO AND BAIÁ DOS PORCOS

The Baía do Sancho has a beautiful beach and displays a fault scarp and the remnants of pillow lavas (Fig. 2). The trail from Baía do Sancho to Baía dos Porcos shows contacts between ankaratritic lava flows



Fig. 2. – Remnants of pillow lavas in the Baía do Sancho (photo by the author).

– Resti di lave a cuscino nella Baía do Sancho (foto dell'autore).

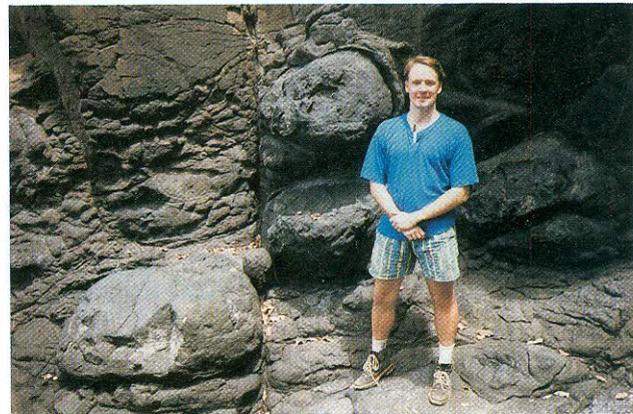


Fig. 3. – Weathering features in the form of spheroidal foliation in the Baía dos Porcos (photo by Sylvia Mitraud).

– Foliazione sferoidale dovuta all'alterazione meteorica nella Baía dos Porcos (foto di Sylvia Mitraud).

and pyroclastics of the Quixaba Formation, individual layers varying in thickness between 20 cm and several meters. Baía dos Porcos exhibits dark-green, spheroidal exfoliation weathering features (fig. 3) and a rocky beach. There is also a beautiful view to two volcanic islands with columnar joints, the Dois Irmãos (fig. 4). Volcanic, tectonic, and weathering processes could be studied here.

2.2. – PONTA DO CAPIM AÇÚ

The region around Ponta do Capim Açú (fig. 5) is one of the most complete geological sites on the whole island. It consists of well exposed and stratified pyroclastic deposits that alternate cyclically with anka-

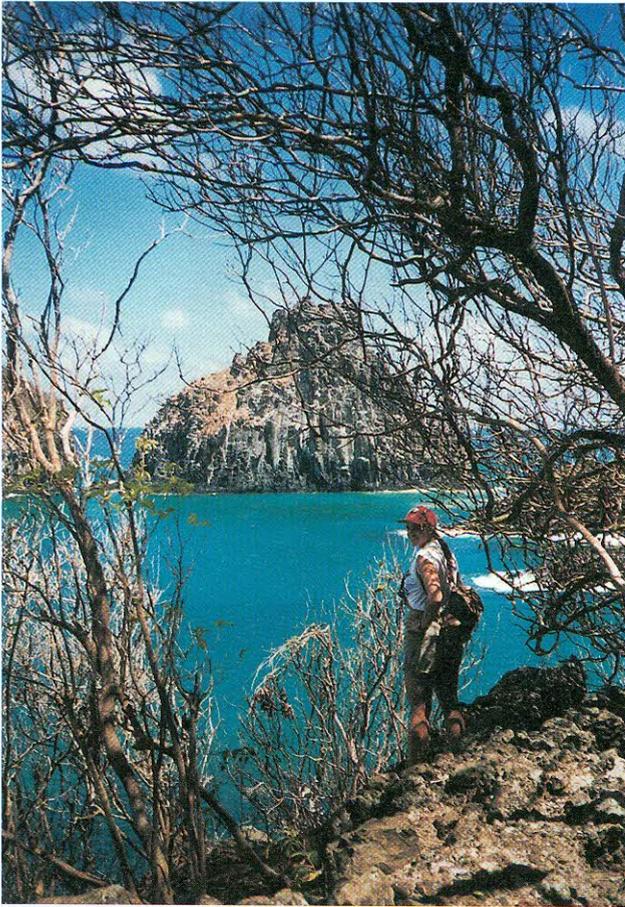


Fig. 4. – The passage from the Baía do Sancho to Baía dos Porcos, with the view to columnar jointing on the Dois Irmãos Islands (photo by the author).

– Il passaggio dalla Baía do Sancho alla Baía dos Porcos, con la vista della fratturazione colonnare delle Isole Dois Irmãos (foto dell'autore).

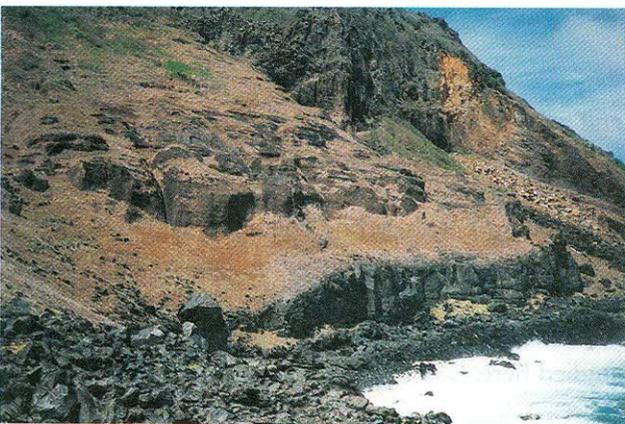


Fig. 5. – The Ponta do Capim Açú: in the center, from the base to the top: marine erosion, alternation of pyroclastics with ankaratritic lava flows and pyroclastic deposits intruded by dyke (Quixaba Formation). To the right, recent rockslide deposit. (Photo by the author).

– La Ponta do Capim Açú: al centro, dal basso verso l'alto: erosione marina, alternanza di piroclastiti con flussi di lava ankaratritica e depositi piroclastici intrusi da dicchi (Formazione Quixaba). A destra, deposito recente dovuto a frana in roccia. (foto dell'autore).

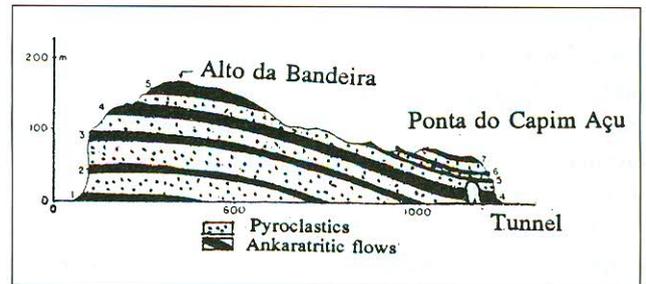


Fig. 6. – Schematic representation of the western part of the island, showing the alternation of ankaratritic lava flows (indicated by numbers) and pyroclastics and the tunnel caused by marine erosion (after CORDANI, 1970).

– Rappresentazione schematica della parte occidentale dell'isola, che mostra l'alternanza di flussi di lava ankaratritica (indicati dai numeri) e piroclastiti e il tunnel causato dall'erosione marina (da CORDANI, 1970).

ratritic lava flows of the Quixaba Formation (ALMEIDA, 1955; CORDANI, 1970, fig. 6), intruded by a dyke (fig 5). There are also erosional features, including a large marine tunnel (Figs. 6, 7), natural pools, as well as a recent rockslide deposit (fig. 5). The interpretation of stratigraphy, volcanic and gravitational processes and marine erosion are recommended for this locality.

2.3. – PRAIA DO LEAO

Praia do Leão has an observation point providing a view over a large beach. The beach has a trachytic intrusion (Morro Branco), a mafic dyke emerging from the sand, an ancient beach terrace, algal reefs (fig. 8) and aeolian dunes. The main purpose of interpretation here is to show different types of intrusion, the effect of sea-level change and diverse processes that influence the dynamics of beach formation and sedimentary processes.

2.4. – OTHER POSSIBLE SITES

Other potential sites lie on the eastern side of the island, which must also be assessed. Enseada da Caieira includes pyroclastic deposits, dykes, erosional features (Buraco da Raquel) and a view of the ancient volcano, Morro do Francês (ALMEIDA, 1955; ULBRICH *et alii*, 1994). The most conspicuous geomorphological feature of the island is the phonolitic neck of Morro do Pico (fig. 9) on the northern side of the island (GORINI & DE CARVALHO, 1984).

3. – CONCLUSIONS

Conservation and educational measures are recommended for all these sites. The measures could be supplied by the application of interpretative principles (e.g. BADMAN, 1994; WILKINS, 1995), the installation of an appropriate infrastructure and a permanent exhibition on the nature of the island, promoting geotourism. The purpose is to show the evolutionary history of the island, integrating it with human impact.

The importance of geological education of the general public has been recently recognized internationally (e.g. IUGS, 1994). Environmental interpretation and trails are potential tools to be used in the dissemination of geoscience information, geotope conservation, environmental education and nature protection, channeling tourism to designated areas of the park, avoiding impact in more sensitive areas and promoting sustainable tourism (e.g. EEROLA & ÖHBERG, 1995). These methods must be adapted to local needs and conditions in strict cooperation with local people (EEROLA, 1994), administration and non-governmental organizations, keeping in mind that public awareness of geosciences is vital for environmental protection (COORAY, 1988) and conservation of geological heritage (PISTOTNIK, 1989).

Acknowledgements

The author wish to thanks SYLVIA MITRAUD (Brazilian WWF), CLAUDIO BELLINI, TAISI SANCHEZ (Fundação Pró-Tamar/IBAMA) and PARNAMAR personnel for logi-



Fig. 7. – View to the marine cave, formed by erosion in pyroclastic deposit. (Photo by the author).

– Vista della grotta marina causata dall'erosione nel deposito piroclastico. (foto dell'autore).

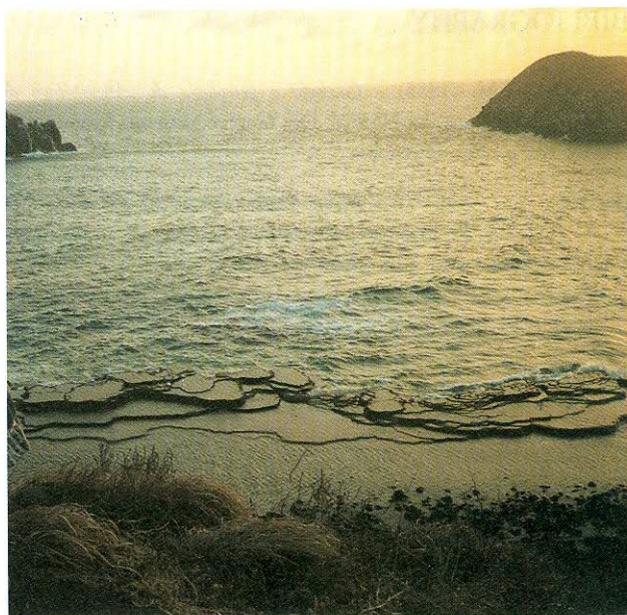


Fig. 8. – Coral reefs in the Praia do Leão. (Photo by the author).

– Barriera corallina nella Praia do Leão. (foto dell'autore).

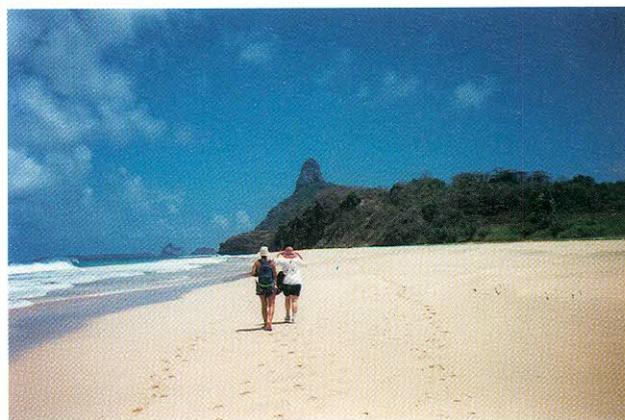


Fig. 9. – The nephelinitic neck of the Morro do Pico, the most conspicuous geomorphological feature of the Fernando de Noronha Island, viewed from the Praia da Quixaba. (Photo by the author).

– Il neck nefelinitico del Morro do Pico, la più notevole caratteristica geomorfologica dell'isola di Fernando de Noronha, visto dalla Praia da Quixaba. (foto dell'autore).

stic support and guidance on the island and MABEL ULBRICH (University of São Paulo) for discussions and providing information concerning the geology. Comments on manuscript by Veli Suominen and Tapio Kananaja (Geological Survey of Finland) were welcomed. The work was supported by the WWF Finland (for which the author wishes to thank LASSI KARIVALO and MERI SAARNILAHTI) and the Geological Survey of Finland. Dr. PETER SORJONEN-WARD is acknowledged for revision of English language.

BIBLIOGRAPHY

- ALMEIDA F.F.M. (1955) - *Geologia e petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha*. DNPM, Div. Geol. e Mineral., Monografia 13: 181 p., Rio de Janeiro.
- BADMAN, T. (1994) - *Interpreting Earth sciences for the public*. In: O'Halloran, D., Green, C. Harley, M., Stanley, M., and Knill, J. (eds.) Geological and landscape conservation. The Malvern International Conference 1993. Proceedings, The Geological Society of London. p. 429-432, Oxford.
- COORAY, G. 1988 - *Geosciences in development: A critical comment*. Episodes, 11 (2): 123-128. London.
- CORDANI, U.G. (1970) - *Idade do vulcanismo no Oceano Atlântico Sul*. Bol. Inst. Geoc. Astron., USP, 1: 9-75, São Paulo
- DE ASSIS, H.M.B. & DE SILVA FILHO, M.A. (1994) - *Turismo geocientífico. Uma viagem no tempo*. Sistema de Informações para a Gestão Territorial da Região Metropolitana de Recife - Projeto SINGRE. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Sér. Publ. Esp. 1: 20 p., Recife.
- EEROLA, T.T. (1994) - *Problemas da divulgação e popularização de geociências no Brasil*. Rev. Bras. Geoc. 24 (4): (in Press).
- EEROLA, T.T. & ÖHBERG, J. (1995) - *Some methods used in public geoscience education in Finland*. In: Autio, S. (ed.) Geological Survey of Finland Current Research 1993-1994. Geol. Surv. Finland Spec. Paper 20: 56-65, Espoo.
- GORINI, M.A. & DE CARVALHO, J.C. 1984 - *Geologia da margem continental interior brasileira e do fundo oceânico adjacente*. In: Schobbenhaus, C., De Almeida Campos, D., Derze, G.R. & Asmus, H.E. (eds.) Geologia do Brasil. Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente, incluindo depósitos minerais, Escala 1:2.500.000. DNPM, pp. 273-489. Brasília.
- IUGS (INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES) (1994) - *Geological education materials for the year +2000 and beyond*. Episodes, 17 (3): 79, London.
- PISTOTNIK, U. (1992) - *Educational aspects of geotope conservation*. NINA Utredning 41: 32-34, Trondheim.
- ULBRICH, M.N.C.; MARÍNGOLO, V.; RUBERTI, E. (1994) - *The geochemistry of alkaline volcanic-subvolcanic rocks from the Brazilian Fernando de Noronha Archipelago, southern Atlantic Ocean*. Geochim. Brasil., 8 (1): 21-39, Sao Paulo.
- WILKINS, J. (1995) - *"Volcanic Park" - a proposed RIGS igneous geology trail in North Wales*. Earth Herit., 4: 9-12, Peterborough.

The fossil forest of Dunarobba (Terni - central Italy) *La foresta fossile di Dunarobba (Terni - Italia centrale)*

BRONDI A. (*) & BRONDI F. (**)

ABSTRACT - The fossil forest of Dunarobba was discovered some years ago in a working clay quarry. Some tens of tree trunks were brought to light. The host rock is a lacustrine clay. As to the size, the single trunk remnants mostly exceed 2 m in diameter and 8 m or more in height. Fallen logs 30 m long are reported in the region of the discovery. The age of the host rock is late Pliocene.

The fossil forest represents an extraordinary case from many points of view:

- the trunks maintain their original position in life, they are in fact still vertically planted, rooted and spaced according to their ancient natural distribution;
- no other example of such remarkable number of fossil trees in physiological position is known in the world literature;
- in spite of the quite long period of burial the trunks are still made of wood; the lignitification process seems not to have been initiated;
- the original ligneous structure is perfectly preserved.

The botanical classification of the trees would indicate tropical species no longer living in Europe.

KEY WORDS: fossil forest, lacustrine environment, Tiber Basin.

RIASSUNTO - La foresta fossile di Dunarobba fu scoperta alcuni anni fa in una cava di argilla in coltivazione. Alcune decine di tronchi d'albero furono portati alla luce. La roccia ospite è un'argilla lacustre. Riguardo alle dimensioni, i resti dei singoli tronchi possono superare il diametro di 2 metri e gli 8 e più in altezza. Tronchi caduti di 30 metri di lunghezza sono stati riportati alla luce nella regione della scoperta.

L'età della roccia ospite risale al Pliocene superiore.

La foresta fossile rappresenta un caso straordinario da molti punti di vista:

- i tronchi mantengono l'originaria posizione di vita, sono cioè impiantati circa verticalmente, radicati e spazati secondo la primitiva distribuzione;
- nessun altro esempio di un numero così elevato di alberi fossili in posizione fisiologica è noto nella letteratura mondiale;
- nonostante il periodo piuttosto lungo di seppellimento i tronchi sono tuttora costituiti di legno; il processo di lignitificazione non sembra essere praticamente iniziato.

La classificazione botanica indica specie tropicali non più viventi in Europa.

PAROLE CHIAVE: foresta fossile, ambiente lacustre, Bacino Tiberino.

(*) ENEA Dipartimento Ambiente - Via Anguillarese, 301 - 00060 Roma (Italy)

(**) Vicolo Silvestri, 2 - Roma (Italy)

1. – THE FOSSIL FOREST

The Fossil Forest of Dunarobba (BENVEGNÙ *et alii*, 1988; AMBROSETTI *et alii*, 1995), outcropping in two clay quarries exploited for bricks (figg. 1 e 2), represents a rare example of preservation, regarding both the wood structure, which appears as fresh, and the almost upright position of trees, still placed in their original life position. All the trunks lean some 10° towards the NE.

More than 50 trunks are distributed in an area of 3 hectares. They were buried and preserved within a clay bed 8 m thick.

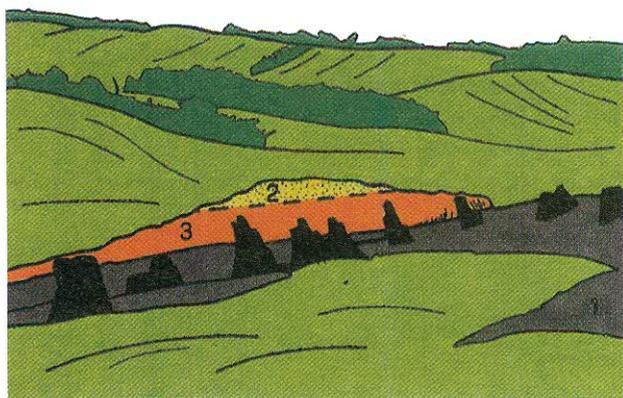
The present dimensions of the trunks range from 1.5 to 5 m in diameter and 2 to 8 m in height. For the living trees a height of 30 ÷ 38 m is estimated. The surrounding sediments contain remnants from large branches, up to 3 m long, to small leaves, perfectly preserved.

A rich terrestrial shelly fauna provides a further evidence of the continental characters of the local palaeoenvironment.

The palynological analysis identifies the trunks as belonging to the species *Taxodioxylon gypsaceum* only. This species, extinct during the Pliocene, had anatomical features similar to the present *Sequoia sempervirens*.



a



b

Fig. 1. – a) The fossil forest preserved by clay; b) Graphic: 1 - Clay, 2 - sand; 3 - Oxidized clay (Reproduced from BENVEGNÙ *et alii*, 1988).

– a) La foresta fossile conservata dalle argille; b) Schema grafico: 1 - Argilla, 2 - Sabbia, 3 - Argilla ossidata.

On the basis of the growth rings, the age of the upright tree trunks possibly attained 1000 or much more years.

A rich flora associated with the forest was present, as demonstrated by the pollen analyses, insisting on a good proportion of Tertiary species no longer present in the indigenous Italian flora, with a predominance of trees and shrubs relative to herbaceous plants. The pollen diagram indicates a climate warmer and more humid with respect to the present time.

2. – THE GEOLOGICAL CONTEXT

The host rock of the Dunarobba forest is part of the continental sedimentary sequence in an intermontane basin, the Tiber graben, extending for 1.800 square kilometers, located along the western border of the Apennine chain and developed on a Mesozoic carbonate basement. The basin formed as a consequence of the opening of the Tyrrhenian sea during the Late Miocene. The extensional tectonics caused the formation of grabens displaying a NW-SE development. Pliocene-Holocene deposits filling the graben show a maximum thickness of at least 600 m. Four lithostratigraphic units occur in the area between the towns of Marsciano and Terni. They correspond to:

- a complex lacustrine system (“Fosso Bianco” Formation: Middle-Late Pliocene);
- alluvial fan deposits (“Ponte Naia” Formation: Late Pliocene);
- fluvial/alluvial deposits (“Santa Maria di Ciciliano” Formation: Early Pleistocene);
- small, isolated lacustrine carbonate basins (“Acquasparta Formation”: Early Pleistocene).

3. – PALAEOENVIRONMENT AND PRESERVATIONAL FACTORS

The sedimentary sequence reported above indicates an environmental evolution from a lacustrine system to alluvial plain and small, shallow lakes. The oldest formation is evidence of a vast lake whose depositional facies varied from open lake environments to lacustrine margins and deltas.

The Fosso Bianco deposits, 250 m thick and discordantly overlying the pre-Pliocene units, is the host rock enclosing the fossil forest. The original environment corresponded to a coastal lacustrine wetland. Muds and subordinate lignites and sands



Fig. 2. – A fossil trunk in life position
(Reproduced from BENVENÙ et alii, 1988).

– *Un tronco fossile in posizione di vita.*

enclose the tree trunks, which are rooted and resting on dark bluish-grey silts, interpreted as little evolved and hydromorphic paleosols. Very fine sediments, displaying discontinuous undulation, cross and planar lamination, were deposited in an environment affected by weak waves, such as distal points of a delta system or small ponds on a wetland lacustrine coastline. Frequent lignite fragments testify to an important development of swamps. On the whole the area was subjected to repeated flooding, with the groundwater level located near or above the depositional plane for many months in the year. High subsidence velocity associated with slow and continuous sedimentation caused trunks to be buried still during their life. Root structures occurring along the side of the trunks may indeed testify to contemporary burial of the plants during the growing process. The occurrence of sideritic nodules, forming in freshly deposited sediments

under anaerobic conditions, indicates reducing conditions within the sediments in the ancient lacustrine environment.

The rising depositional surface gradually embedded the trunks within the host sediment rock. The persistent reducing environment and the isolation from oxidizing waters and atmosphere, because of enclosure in clay sediments, moved the preservational controlling factors for the perishable wood material. The remaining part, not protected by clay or embedded in sandy sediments, underwent oxidation and rapid destruction.

BIBLIOGRAPHY

- AMBROSETTI P., BASILICI G., CIANGHEROTTI A.D., CODIPIETRO G., CORONA E., ESU D., GIROTTI O., LO MONACO A., MENEGHINI M., PAGANELLI A. & ROMAGNOLI M. (1995) - *La foresta fossile di Dunarobba (Terni, Umbria, Italia Centrale): Contesto litostratigrafico, sedimentologico, palinologico, dendrocronologico e paleomalacologico*. Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, **8**: 465-508, Roma.
- BENVEGNÙ F., BRONDI A. & POLIZZANO C. (1988) - *Natural analogues and evidence of long-term isolation capacity of clays occurring in Italy*. Commissione delle Comunità Europee, Direktorat General Science, Ricerca e Sviluppo, EUR 11896 EN, Catalogo numero CD-NA-11896-EN-C, Lussemburgo.

Aspetti geologici e geomorfologici del Parco Regionale di Monte Orlando (Lazio meridionale, Italia)

Geological and geomorphological features in the protected regional site of Monte Orlando (southern Lazio, Italy)

VALENTE A. (*)

RIASSUNTO - Vengono messi in evidenza i principali caratteri geologici e geomorfologici del Parco Regionale di Monte Orlando nel Lazio meridionale. La valorizzazione di tali caratteri, peraltro ben esposti e quindi didatticamente significativi, risulta efficace in quanto strettamente connessa con altri caratteri biologici e storici presenti nell'area sottoposta a tutela. Quest'area si sviluppa su di un promontorio in cui affiora per circa 200 m una successione ben stratificata di calcari biancastri con rudiste del Cretaceo superiore, su cui si rinvengono livelli decimetrici di sabbie rossastre di origine eolica del Pleistocene medio-sup. Tali depositi si dispongono su tre lembi di superfici terrazzate rispettivamente tra 150 e 170 m s.l.m., ad una quota di circa 100 m s.l.m. ed intorno ai 60 m s.l.m., che sono state fatte risalire a stazionamenti del livello del mare ad essi precedenti. Altre forme di erosione, di gran lunga più recenti, si distinguono sulle falesie strutturali che delimitano meridionalmente l'area parco, quali incisioni, nicchie e cavità, quest'ultime anche di grandi dimensioni (es. Grotta del Turco). I solchi di battigia più evidenti risultano essere quelli posti a circa 5.30 m s.l.m. e quelli a 1.30 m s.l.m. da mettere in relazione con l'Eu-Tirreniano e il Neo-Tirreniano. Infine, si fa cenno ai suoli, tipicamente bruno-rossastri, poco evoluti e a profilo AC, che rappresentano un aspetto molto importante ai fini del mantenimento delle condizioni naturali del parco, dove si sono sviluppati in soli 54 ettari diversi stadi evolutivi della vegetazione mediterranea.

ABSTRACT - The main geological and geomorphological features of the regional protected site of Monte Orlando in the Southern Lazio are pointed out. The conservation of these features, well exposed and extremely didactic, results powerful because they are strictly connected to other components, such as biological and historical. This area is developed on a rocky headland, where a well stratified Upper Cretaceous calcareous succession outcrops for some 200 m. On these carbonatic rocks, decimetric levels of reddish eolian sands, Upper Pleistocene in age, are preserved. These sands covered relicts of terraced surfaces respectively between 150 and 170 m, at 100 m and at 60 m, referable to Lower-Middle Pleistocene sea level higher than the present one. Other morphological evidence, more recent than the relicts of marine terraces, are distinguishable on the structural cliff, which bordered the park, such as notches and caves, these latter can be reach great dimension (i.e. Grotta del Turco). The most evident emerged notches are at 5.30 m and at 1.30 m above the sea level, relative to Eu-Tyrrhenian and Neo-Tyrrhenian marine stages. At last, some brief notice about the soils, typically brown-reddish, scarcely evolved and generally with an AC profile, are outlined. They represent a very important feature in order to preserve the natural vegetation of the park, where several stages of mediterranean belt are developed.

PAROLE CHIAVE: Coste, Livello del mare, Quaternario, Lazio.

Key words: Coasts, Sea level, Quaternary, Lazio.

(*) Facoltà di Scienze M.M.F.F.N.N. - Università del Sannio - Benevento.

1. – INTRODUZIONE

Il Parco Regionale Urbano di Monte Orlando nel Comune di Gaeta (Lazio meridionale), istituito nel 1986 (L.R. n. 47 del 22.10.86), ha lo scopo di tutelare l'ambiente naturalistico e storico ricadente in un perimetro di soli 54 ettari (fig. 1). L'importanza di conservare un'area di così piccola estensione è nella presenza di vari livelli di sviluppo della macchia mediterranea e di una stratificazione integra di architetture militari dal XV secolo alla seconda guerra mondiale, oltre che di una serie di caratteri geologici e geomorfologici di particolare interesse scientifico e didattico.

La cittadina di Gaeta si è sviluppata almeno fino al secondo dopoguerra lungo uno degli ultimi promon-

tori che si incontrano nel tratto litoraneo del Lazio meridionale. Tale promontorio culmina con la cima di Monte Orlando (171 m s.l.m.), che rappresenta l'area sottoposta a tutela come Parco Regionale, e che risulta inserita quasi completamente nel tessuto urbano della cittadina laziale.

I limiti istituzionali del Parco, su cui sono stati eseguiti gli studi geologici e geomorfologici, descritti nei suoi elementi essenziali in questa nota, sono rappresentati a sud e a ovest da falesie, scenicamente stupende, che si affacciano nel Golfo di Gaeta (Mar Tirreno), a nord e ad est dal quartiere «storico» di S.Erasmo. A nord-ovest il limite è dato da un elemento fisiografico importante nel litorale di Gaeta quale la spiaggia di Serapo, nonché dalle residenze e dai servizi costruiti sulla zona retrostante (fig. 1).

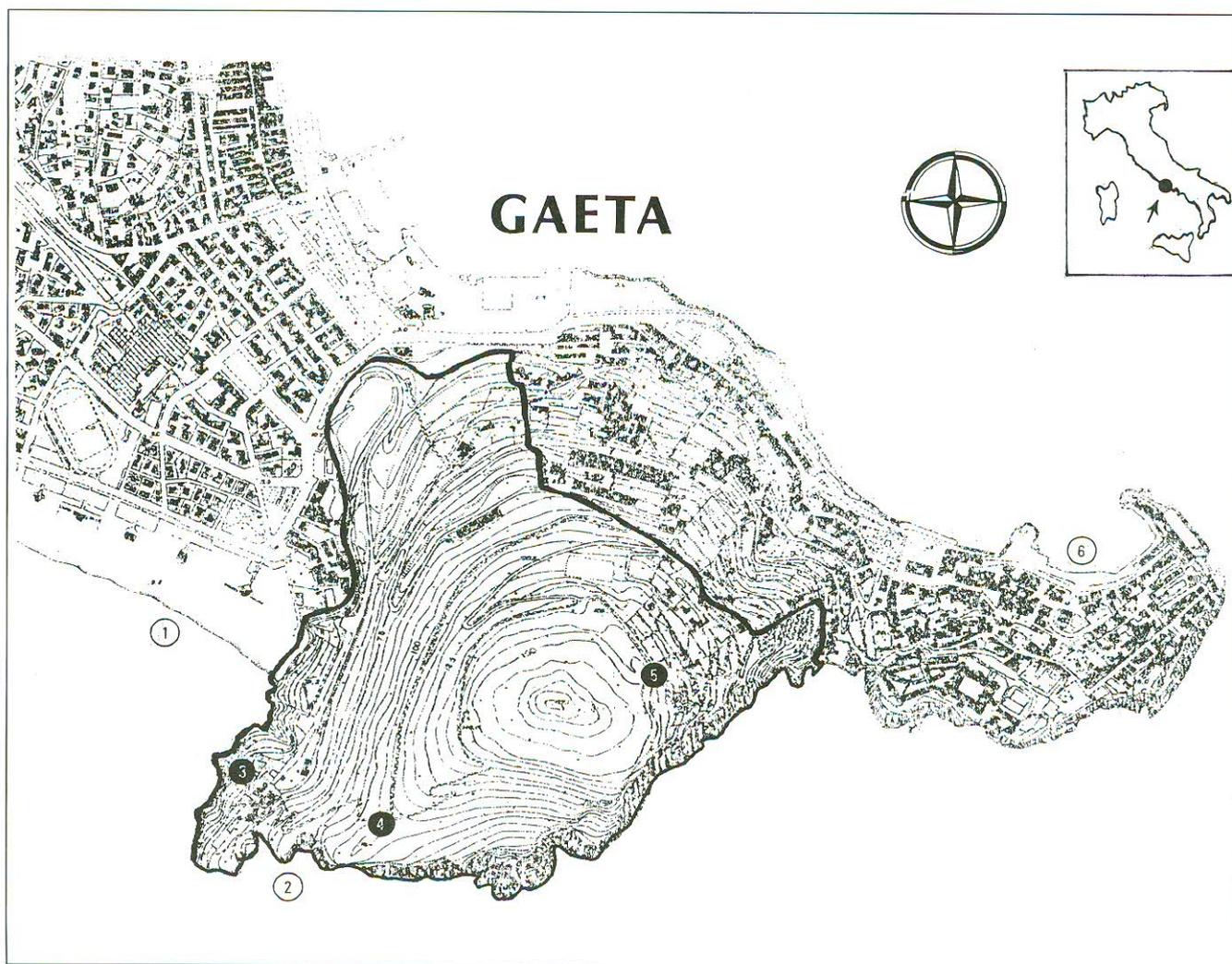


Fig. 1. – Ubicazione dell'area del Parco Regionale di Monte Orlando (la linea scura indica i limite dell'area istituzionale).
Luoghi riportati nel testo: 1. Spiaggia di Serapo; 2. Montagna Spaccata e Grotta del Turco (fig. 2); 3. Santuario della Trinità;
4. Carolina; 5. Torre di Orlando; 6. Quartiere storico S. Erasmo.

– Location of the Regional Park of Monte Orlando (the black line indicate the borders of the conservation area)

Il litorale di Gaeta, orientato NW/SE, piuttosto articolato con promontori e baie, presenta nel suo immediato entroterra il gruppo montuoso degli Aurunci, che raggiunge le quote più elevate, oltre 1500 m, a nord di Formia. La presenza di così imponenti rilievi in vicinanza del mare evidenzia un effetto schermante ai venti freddi settentrionali, che sono limitati per frequenza e durata nel tardo autunno e in inverno, facilitando così lo sviluppo di un clima caratterizzato dalla mitezza delle stagioni fredde e dall'aridità estiva (mesomediterraneo secondo la classificazione bioclimatica dell'UNESCO/FAO), che favorisce tra l'altro lo sviluppo delle particolari associazioni vegetali osservabili nell'area parco.

2. – CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Le caratteristiche litostratigrafiche del Parco di M.Orlando sono state evidenziate dal rilevamento di superficie esteso anche ad aree limitrofe.

Monte Orlando rappresenta il «prolungamento» verso il mare del sistema montuoso degli Aurunci, orientato NW/SE, e come tale risulta costituito quasi esclusivamente da calcari meso-cenozoici. Più in particolare, si osserva una successione di quasi 200 m, ben stratificata, immergente verso il quadrante nord-occidentale, di calcari micritici e granulari biancastri e nocciola, con intercalazioni di dolomie e banchi organogeni; non mancano interstrati di argille siltose verdastre e rossastre.

Sono state riconosciute diverse tessiture deposizionali: si passa da *grainstone* e *packstone*, presenti nella parte inferiore della successione, a *mudstone* e *wackestone*, diffuse nella restante parte. Oltre ai granuli carbonatici detritici si individuano peloidi (*fecal pellets*) ed oncoliti, a cui si associano in percentuali variabili grani di origine scheletrica. Questi ultimi sono rappresentati sia da foraminiferi bentonici ed alghe calcaree (*Dasycladacee*) che da macrofauna, quali le rudiste (*Hippuritidae* e *Radiolitidae*), che costituiscono addirittura due banchi con individui in posizione di crescita presenti alla base (falesia occidentale) e alla sommità della successione (Torre di Orlando); molto probabilmente nel primo banco compaiono organismi di scogliera, come i coralli. Tra le strutture sedimentarie si osservano frequentemente fenomeni di bioturbazione e pellettizzazione dei sedimenti, e più raramente laminazioni e stromatoliti algali. Il materiale più grossolano mostra talora gradazione, ma per lo più costituisce delle «nuvole» disperse nella matrice fangosa.

Queste caratteristiche tessiturali e macropaleontologiche si sviluppano verosimilmente durante il Cretaceo superiore (? Santoniano) in un ambiente di piattaforma carbonatica piuttosto ristretta con idrodinamismo medio basso, oscillante da un'area lagunare ad una supratidale. Il banco inferiore con le rudiste in posizione di vita, invece, individua un subambiente (subtidale) con idrodinamismo più accentuato, ovvero a zone marginali nell'ambito della piattaforma (SIRNA & CESTARI, 1989). I prodotti bioclastici provenienti da questa si distribuivano verso il largo, come testimoniano i depositi con tessiture tipo *grainstone* e *rudestone* e con strutture tipo *slumping*, probabilmente alla stessa altezza stratigrafica, osservabili al di fuori dell'area parco sulla falesia dell'estremità orientale del promontorio.

La successione analizzata dovrebbe essere compresa nella Formazione di Monte Acquaviva (CRESCENTI, 1969), o ad essa equivalente (ACCORDI & CARBONE, 1988), che affiora in vaste aree dell'Appennino centrale con spessori fino a 600 m. La sua età è compresa dal Cretaceo superiore al Paleocene.

Nelle aree occidentali dell'area parco ad una quota compresa tra 50 e 100 m, così come a quota ancora più elevate a circondare la cima di Monte Orlando si rinvengono sui calcari livelli di sabbie rossastre con spessori variabili da pochi a qualche decina di centimetri. Da un punto di vista granulometrico esse possono essere considerate sabbie fini ($0.250 < Mz < 0.125$ mm), da ben classate a moderatamente ben classate e con asimmetria prevalentemente positiva.

Analizzando la componente mineralogica si può affermare, a conferma dello studio eseguito da SINNO (1963), che il costituente dominante è dato dal quarzo (>65%). Esso si presenta ad un'analisi morfoscopica sia in granuli arrotondati con superfici smerigliate e ricoperte da una patina di pigmento rosso-giallastro, sia in granuli più fini a spigoli vivi o leggermente smusati e generalmente sprovvisti della patina dei primi. Una percentuale inferiore (circa il 10%), invece, è rappresentata dai pirosseni (gruppo delle augiti diopsidiche e diopsidiche), che si mostrano generalmente con cristalli a spigoli vivi. Percentuali bassissime (<1%) sono raggiunte dai seguenti minerali: magnetite titanifera, granati, miche, mentre sono presenti solo in tracce spinello, orneblenda, staurolite ed epidoto. Tra i minerali argillosi, molto importanti nella frazione più fine si ricorda la presenza soprattutto dell'illite, e subordinatamente della caolinite.

Lo spessore esiguo degli affioramenti ha permesso di fare poche osservazioni macroscopiche; comunque sia, sono piuttosto rari i cenni di stratificazione, men-

tre più diffuse sono le concrezioni secondarie e i livelli argillitici attribuibili a paleosuoli. Il colore rossastro dovuto alla patina di ossidi di ferro e manganese, unitamente al sedimento fine originatosi per pedogenesi conferisce ai livelli sabbiosi una certa compattezza, anche se in genere si disgregano con relativa facilità.

Questi depositi presentano delle analogie con le terre rosse mediterranee, ovvero ai residui insolubili delle rocce calcaree, ma considerando le caratteristiche granulometriche dei sedimenti, nonché la presenza di minerali pesanti e di origine vulcanica, si deve propendere per una loro origine eolica, a cui ha contribuito la dissoluzione del calcareo cretaceo. Inoltre, i cristalli a spigoli vivi di pirosseni, di chiara origine vulcanica e dei minerali pesanti potrebbero essere messi in relazione, ad un percorso breve, e quindi verosimilmente all'attività del Roccamonfina, mentre per il quarzo si deve pensare ad una provenienza diversa, che come ipotizzato da SINNO (1963) doveva essere piuttosto lontana data la lunga elaborazione in ambiente eolico. In definitiva, questi sedimenti sono riferibili ai sistemi dunari di età tardopleistocenica noti come «duna rossa antica» (BLANC, 1950; SEGRE, 1957; BERGOMI *et alii*, 1969). Secondo studi recenti eseguiti su sabbie affioranti a nord (Piana di Fondi) a queste confrontabili, esse si collocherebbero nel Pleistocene superiore e probabilmente in parte Pleistocene medio (ANTONIOLI *et alii*, 1990).

A luoghi nell'area parco sono stati rilevati sempre sui calcari diversi lembi di breccie di versante costituiti da elementi eterometrici calcarei immersi in una matrice argillosa rossastra fortemente saldante. La loro immersione mostra allineamenti con immersioni di pochi gradi secondo il pendio e alcuni di questi lembi proseguono sott'acqua come rilevato anche da ANTONIOLI & ROSSI (1991). Probabilmente questi ultimi sono correlabili con quelli descritti da BLANC & SEGRE (1947) verso nord lungo il litorale pontino, e interpretati da SEGRE (1949) come «lambi di breccia wurmiana sospesi sulla costa», mentre altri (bordo nord-occidentale) potrebbero essere più antichi e da assimilare a quelli che si trovano nella zona di S. Agostino, ovvero più a nord, al di sotto delle sabbie quarzoso-rossastre.

Per quanto riguarda la struttura del promontorio di Monte Orlando essa corrisponderebbe ad un'area ribassata delimitata ad ovest da una faglia con andamento N25 e a sud da un'altra con andamento N90, evidenziata anche dall'andamento delle batimetriche. La prima mette in contatto una formazione calcarea del Cretaceo inferiore con quella già descritta del Cretaceo superiore, la seconda costituisce la falesia

meridionale. Inoltre, l'estremità sud-occidentale si frantuma per la presenza di tre faglie con rigetto limitato orientate NNO-SSE, lungo le quali in maggior misura si è esplicata l'erosione marina, come dimostra la cavità detta Grotta del Turco sviluppatasi intorno ad una di queste (fig. 2). Tali fenditure, da cui il nome di Montagna Spaccata, sono piuttosto note, in quanto la tradizione popolare vuole che, piuttosto che a causa di fenomeni geologici siano state originate in seguito ad un terremoto avvenuto nello stesso istante della morte di Cristo, in realtà sono da ascrivere a movimenti tardo pleistocenici.

Si è avuto già modo di ricordare che i calcari presentano una buona stratificazione, le cui immersioni risultano verso il quadrante nord-occidentale, con inclinazioni di circa 20°, verso l'estremità nord-orientale, e inferiori ai 5° in quella sud-occidentale. La fratturazione è articolata in più sistemi, di cui i più importanti sono orientati secondo le direzioni di N90° e N150°, con inclinazioni che si avvicinano alla verticale; esse presentano aperture da pochi centimetri ad una decina di centimetri, generalmente riempite da suolo.

3. – CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il paesaggio costiero, in cui si inserisce il Parco di M. Orlando, mostra un motivo caratteristico: l'alternarsi di spiagge sabbiose (da nord-ovest a sud-est S. Agostino, Arenauta, Ariana e Serapo) dalla linea debolmente falcata, e a volte quasi diritta, con promontori, o comunque tratti di costa alta e rocciosa: Monte Orlando è uno di questi. Molto probabilmente, tale configurazione costiera è ereditata dalle ultime vicende geologiche subite, come ad esempio, le insenature, su cui si trovano le spiagge principali, coincidono per lo più con antiche faglie antiappenniniche.

L'agente «modificatore» dei litorali, invece, a medio e breve termine è rappresentato dal mare, che esplica per opera soprattutto del moto ondoso effetti prevalenti distruttivi. Si ricorda che la frequenza delle mareggiate in questo tratto costiero è compreso nel settore da sud-est a ovest, e può raggiungere il valore di 7 nella scala Beaufort. La notevole erosione meccanica, particolarmente efficace lungo le coste alte e rocciose, non solo per le caratteristiche fisiche (calcari ben stratificati e notevolmente fratturati), ma anche per la loro particolare esposizione ai flutti e per l'andamento delle batimetriche. ANTONIOLI & ROSSI (1991), infatti, hanno evidenziato come queste tendano ad avvicinarsi in prossimità dei promontori ed allontanarsi in corrispondenza delle insenature. Tale conformazione faci-



Fig. 2. – Falesia meridionale del promontorio di Monte Orlando. Sono evidenti le tracce delle faglie con andamento NNO-SSE su cui hanno agito pesantemente i processi morfogenetici, tanto da creare cavità di grandi dimensioni, come la Grotta del Turco (indicata con 1 nella figura).

– Southern cliff of the headland of Monte Orlando. Fault lines with NNW-SSE trend, on which morphogenetic processes hardly acted, so great cavities as Grotta del Turco are formed (in the photo it is indicated by 1).

lita la forte energia marina esplicata, e quindi l'abrasione delle coste, che non si è verificata sempre al livello del mare attuale. Infatti, durante gli ultimi due milioni di anni il livello è variato innumerevoli volte come può essere letto nelle diverse forme costiere relitte presenti nell'area in studio: lembi di spiagge dislocate a varie altezze, piattaforme di abrasione marina sollevate, solchi di battigia sovrapposti e così via. In particolare, si è già detto, degli affioramenti delle sabbie eoliche rossastre attribuite ad un deposito eolico, ovvero di spiaggia emersa tardopleistocenica, ora dislocato ad altezze superiori ai 50 m (fig. 3). Oltre a questi lembi dunari antichi presenti in maniera abbastanza continua tra la foce del Tevere ed il Golfo di Gaeta, sono presenti altri depositi e forme riferibili ad antichi livelli di stazionamento del mare.

I relitti più vecchi sono rappresentati dalle superfici terrazzate (fig. 3), ricostruibili anche in altri settori costieri tirrenici (ROMANO, 1992). Il lembo di «terrazzo» più antico è rappresentato dalla sommità di M.Orlando, e quindi posto ad un'altezza compresa tra 150 e 170 metri s.l.m. Questa superficie si raccorda con

classi di pendenza da leggermente a mediamente acclivi (fino al 30%) con la successiva, che è posta ad una quota di circa 100 m s.l.m. a sud-ovest della prima in una zona detta Carolina. L'ultimo lembo è presente intorno ai 60 m s.l.m. immediatamente a sud del Santuario della Trinità; il raccordo tra queste ultime due superfici è piuttosto acclive, oltre il 35%, e coincide parzialmente con una delle linee di faglie individuate all'estremità occidentale del promontorio. Tali superfici terrazzate, che non presentano depositi coevi, potrebbero essere fatte risalire a stazionamenti del livello del mare precedenti al Pleistocene medio-superiore, visto anche che i depositi che si trovano al di sopra risalgono a questo periodo (sabbie eoliche rossastre).

Altre forme di erosione, di gran lunga più recenti, si distinguono sulle falesie dell'area parco, quali incisioni, nicchie e cavità, quest'ultime anche di grandi dimensioni (Grotta del Turco). Le falesie presentano un'altezza variabile da meno di 50 m, ad ovest, ad oltre 100m, a sud, ed hanno praticamente un assetto verticale. Tale assetto è da mettere in relazione alle

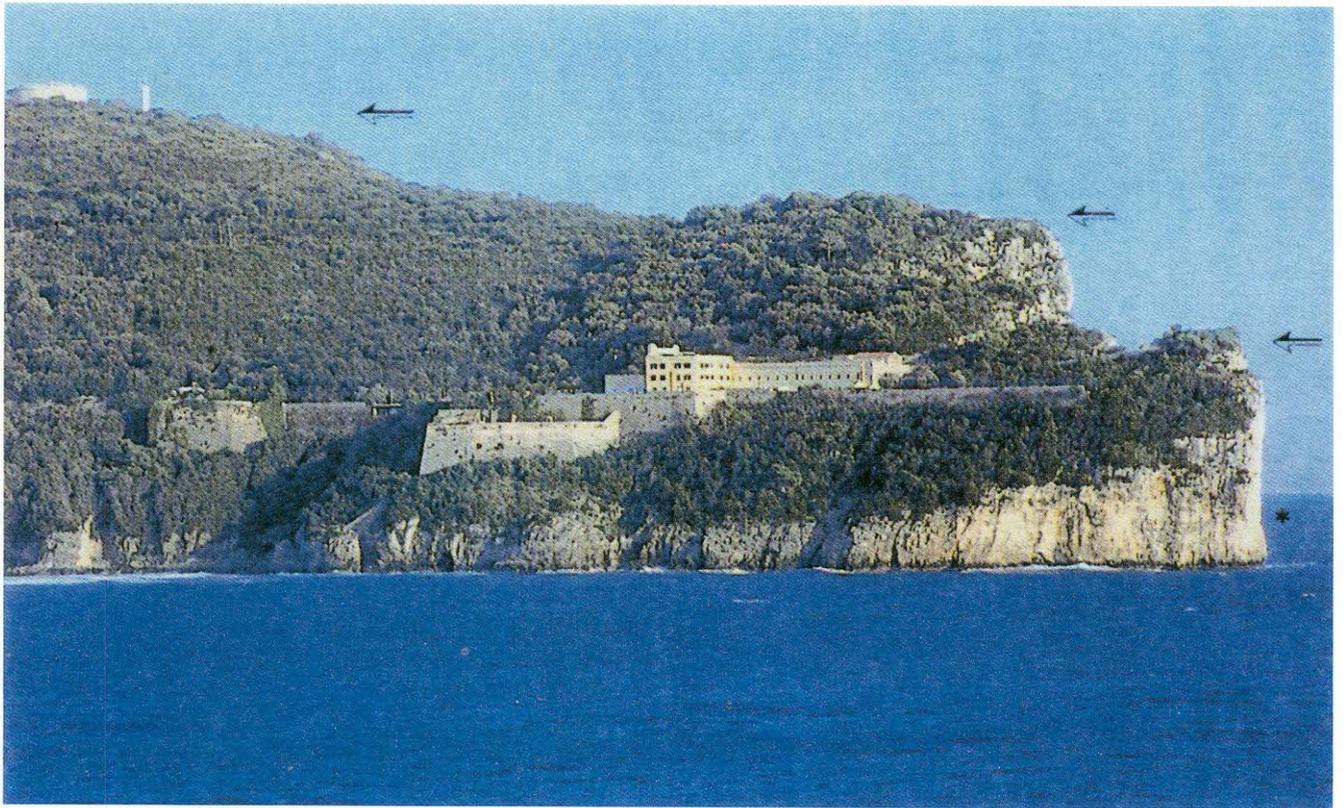


Fig. 3. – Falesia occidentale con indicazione dei lembi delle superficie terrazzate. L'asterisco sulla destra è posto alla quota del solco di battigia a +5.30.

– Western cliff with terraced surface. Asterisk (*) on the right is at +5.30 notch.

linee di dislocazione della serie mesozoica, di cui si è già detto, pertanto sono da considerare delle falesie strutturali. Quest'accezione è confermata dall'inesistenza del terrazzo di abrasione marina e dalla persistenza della falesia (BRANCACCIO, 1968) lungo la quale assumono particolare interesse i diversi solchi di battigia, segnalati anche nello studio di ANTONIOLI & ROSSI (1991), non sempre seguibili per tutta l'estensione della falesia a causa dell'erosione delle onde. I solchi più marcati, anche per la presenza di fori di Litodomi, risultano quello posto a circa 5.30 m s.l.m., e quello a 1.30 m s.l.m.

Al di sotto del solco superiore, inoltre, sulla falesia sud-orientale ad una quota di circa 4 m s.l.m., come già accennato tra i caratteri geologici, è presente un deposito clastico grossolano, ben cementato ed arrossato contenente numerosi gusci di *Ostrea* e *Glycymeris*. Tale deposito, che prosegue anche al di sotto del livello attuale del mare, è riferibile ad un livello del mare più basso verosimilmente durante il Würm (SEGRE 1949). Le datazioni recenti presentate da ANTONIOLI & ROSSI (1991) farebbero risalire questo deposito fossilifero, e il solco posto intorno a 5.30 m s.l.m. all'Eu-Tirreniano,

seppure leggermente ringiovanito rispetto ai dati riportati da HEARTY et al. (1986). È da ricordare che depositi e forme costiere riferite a questo livello si ritrovano a quote diverse lungo il litorale meridionale laziale: a 9.8 m s.l.m. al promontorio del Circeo e a quello di Monte D'Argento presso Scauri (OZER et alii, 1987), a -4 m dal livello del mare attuale presso la piana di Fondi (ANTONIOLI et alii, 1988), verosimilmente a causa di movimenti tettonici differenziati. La quota attribuita all'Eu-Tirreniano è a + 8 m, per cui nel caso di Monte Orlando il solco sarebbe stato ribassato.

Invece, i solchi rinvenuti a circa 1.3 m s.l.m. sulla falesia sono correlabili ad un deposito con fauna senegalese ritrovato alla medesima quota in uno dei promontori più a nord (Torre Capovento) da OZER et alii (1987) attribuito al Neo-Tirreniano.

Per quanto riguarda le numerose forme subacquee rilevate da ANTONIOLI & ROSSI, tra cui solchi di battente a -1.5 m, -7 m, -10/11 m, -18/21 m e -24/25 m (fig. 3), è bene citare che alcune di essi ben si accordano con le profondità di altri solchi descritti nel Tirreno (CINQUE & PUTIGNANO, 1992), e che esse sono riferibili a brevi stazionamenti del livello del mare avvenuti

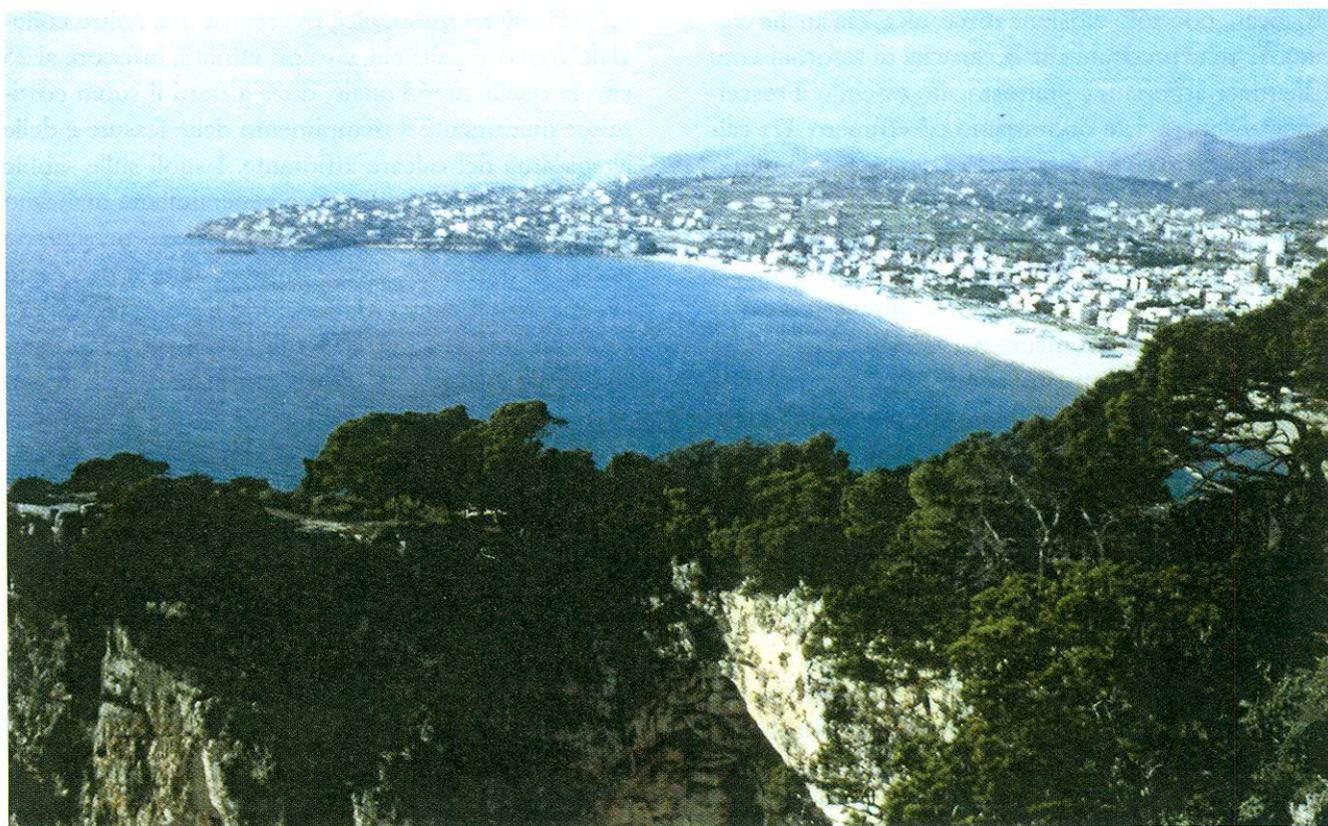


Fig. 4. – Estremità sud-occidentale del promontorio di Monte Orlando; è visibile sulla sinistra il lembo di terrazzo dei 60 m e sullo sfondo la Spiaggia di Serapo.

– South-western border of the headland of Monte Orlando; on the left is visible the relicts of the 60 m terrace and on the background the Serapo Beach.

durante gli ultimi stadi freddi (ANTONIOLI & FREZZOTTI, 1989).

Lungo il limite occidentale del Parco si trova la spiaggia di Serapo (fig. 4), che come le altre spiagge del litorale di Gaeta, è pressoché autonoma e alimentata soprattutto dal mare proveniente da Ponente. In particolare, il suo netto rientro rispetto alla linea costiera favorisce lo scarico su di essa dei sedimenti in transito (flusso detritico prevalente verso sud) a cui si aggiungono i tributari locali. Questa spiaggia è risultata in continua, seppure lenta progradazione, almeno fino al 1954, successivamente è cominciata un'inversione di tendenza, che solo in questi ultimissimi anni probabilmente si è stabilizzata.

La spiaggia di Serapo è lunga oltre 1.5 km e la larghezza varia da oltre 120 m ad est a meno di 50 m ad ovest. La pendenza del fondale antistante ad essa è di circa 0.4 % come si desume dalla cartografia dell'I.I.M. Dalla batimetria eseguita da ANTONIOLI & ROSSI (1991) risulta una spiaggia sommersa con un maggiore gradiente nelle aree prossime alla falesia occidentale di M.Orlando e via via minore allontanandosi da questa. Sempre nella spiaggia sommersa sono stati rilevati

almeno due ordini di barre, più continui nell'area centrale. La spiaggia emersa fortemente attrezzata non risulta ben definita nel limite superiore mancando completamente la fascia di duna. L'interfaccia tra il mare e la spiaggia emersa assume un profilo ondulato con cavi e sporgenze; tali forme ritmiche costiere sono conosciute come «sand waves».

La granulometria delle sabbie varia da sabbie fini (aree occidentali) a medie (aree orientali) con un buon assortimento. A luoghi si rileva la presenza di pomice fino a 5 cm. Per quanto riguarda i costituenti mineralogici predomina il quarzo (oltre il 50%), a cui segue la calcite (21%) e i minerali argillosi (illite e caolinite: >16%). Rispetto alle sabbie tardo pleistoceniche rilevate nell'area parco, si registra una percentuale inferiore dei minerali pesanti (pirosseno, magnetite, ecc.) e un aumento dei carbonati, chiaramente provenienti dall'erosione delle falesie litoranee. Inoltre, in morfoscopia non si osserva il pigmento rosso-giallastro sui granuli di quarzo.

Il mare con i suoi movimenti non rappresenta l'unico agente morfogenetico di questo territorio in quanto sono da considerare le acque piovane, capaci di

provocare non solo erosione meccanica, ma anche chimica. È bene precisare che la capacità di assorbimento delle rocce affioranti è piuttosto alto essendo il ruscellamento superficiale ridottissimo ed effimero. Da calcoli eseguiti sui complessi rocciosi circostanti l'infiltrazione efficace è pari a circa 700-900 mm annui, e considerando che le precipitazioni dell'area ammontano a poco più di 1000 mm annui si può dire che l'acqua si infila quasi del tutto nel sottosuolo attraverso i calcari. Questi risultano altamente permeabili a causa della stratificazione, ma soprattutto della fratturazione, che rende la roccia a luoghi del tutto disomogenea, e dei fenomeni carsici. Questi non solo hanno svolto un ruolo nello sviluppo delle cavità visibili lungo la falesia, ma sono intervenuti anche sul calcare in affioramento, come testimoniano le forme bucherellate ed irregolari e i solchi incisi (micro-lapiez) separati da creste sia arrotondate che taglienti presenti nell'area meridionale (ad es. dintorni della Carolina).

Per quanto riguarda i fenomeni di dilavamento e di erosione essi sono limitati nelle aree settentrionali e in quelle occidentali; nelle prime dove sono presenti gli spessori più alti dei prodotti del disfacimento meteorico, mentre nelle seconde dove affiorano i livelli sabbiosi rossastri, a causa della maggiore acclività e della differente permeabilità.

Infine, qualche cenno sul suolo che rappresenta un aspetto molto importante ai fini del mantenimento delle condizioni naturali del parco. Esso contribuisce in modo rilevante alle funzioni di nutrizione e supporto per la vegetazione naturale. Lo studio pedologico è stato eseguito con difficoltà data la forte alterazione causata dall'influsso pesante delle attività antropiche esplicate in tempi storici e recenti. È stato utilizzato per la descrizione dei suoli il sistema del SOIL SURVEY STAFF (1975), tenendo presente che si tratta di un'area caratterizzata da condizioni climatiche che consentono un regime xerico dei suoli ed un regime di temperatura del suolo termico.

L'aspetto generale dei suoli riflette molto chiaramente il substrato pedogenetico, che è costituito quasi esclusivamente da calcari; infatti, oltre che dai frammenti rocciosi più o meno diffusi sia in superficie che in profondità, è da evidenziare la presenza del residuo insolubile contenuto nel calcare stesso, da qui il colore bruno-rossiccio, anche a causa dell'elevato contenuto di sesquiossido di ferro, che caratterizza la maggior parte del territorio parco (suoli rossi mediterranei).

Lo spessore dei suoli presenta valori massimi di oltre il metro nelle aree occidentali sulle sabbie tardo-pleistoceniche e di circa 80 cm nelle aree settentrio-

nali sui calcari mesozoici, ovvero su una coltre colluviale argilloso-calcareo, e valori minimi, inferiore ai 25 cm, in quelle meridionale, dove a tratti il suolo costituisce unicamente il riempimento delle fessure e delle irregolarità del calcare affiorante. I suoli sulle sabbie hanno un aspetto uniforme e generalmente mancano di un orizzonte superficiale, tuttalpiù ne presentano uno di tipo ochrico, invece in profondità si trova uno sviluppato orizzonte argillico; i limiti di quest'ultimo sono irregolari da gradualmente a diffusi. I suoli sviluppati direttamente sui calcari, oltre ad essere meno profondi, si differenziano tra di loro per la presenza di materiali colluviali, i quali determinano un orizzonte argillico altrimenti assente. Al di sopra di questo orizzonte, o più diffusamente al di sopra del calcare più o meno alterato, si ritrova un orizzonte di tipo mollic, a sua volta sovrastato solo a luoghi da una lettiera organica derivata da piante e da animali (orizzonte organico). I profili del suolo recano «segni», specie negli orizzonti superficiali, di un pesante uso da parte dell'uomo. I limiti tra gli orizzonti sono generalmente chiari o abrupti e la transizione alla roccia è generalmente netta.

Tra i colori degli orizzonti prevalgono le tonalità del rosso con spostamenti sia verso il bruno che verso il giallo, fanno eccezione i colori scuri che presentano alcuni orizzonti superficiali dei suoli sui calcari, variabili dal marrone scuro ad un marrone nerastro; quest'ultimo colore si giustifica per l'abbondanza della sostanza organica. La composizione granulometrica è tendenzialmente argillosa, anche se non mancano specie se si considerano le porzioni più superficiali dei suoli sulle sabbie e nei dintorni di queste suoli equilibrati (da franco-argilloso sabbiosi ad argilloso sabbiosi) a franco sabbiosi (franco-sabbiosi nell'area occidentale). Circa la pietrosità essa oscilla tra i valori di 2 e 4, mentre la rocciosità è tale da rendere a luoghi difficile se non impossibile l'uso di macchine per lavorare il terreno (classi 3-5). I valori di pH sono stati determinati in acqua e sono prevalentemente debolmente alcalini, tranne per i suoli «colluviali» dell'area settentrionale leggermente acidi. Il drenaggio per i suoli calcari è normale superficialmente, mentre in profondità può essere più lento; un certo rallentamento si verifica anche per i suoli sabbiosi, ma per questi il drenaggio superficiale è piuttosto rapido, comunque sia nel complesso i suoli si presentano abbastanza ben drenati.

Per quanto riguarda una definizione dei tipi di suoli rilevati nell'area parco, è bene precisare che la maggior parte di questi risultano severamente erosi, rendendo la ricostruzione di profili tipo quantomai difficile;

comunque sia alcuni suoli sui calcari potrebbero essere rappresentati dai sottogruppi litici degli *Haploxeroll* (Mollisuoli), mentre i restanti dagli *Haploxeralf* (Alfisuoli).

Si ricorda che le caratteristiche rilevate trovano conferma nella carta dei suoli del Lazio meridionale, realizzata con il sistema FAO da SEVINK *et alii* (1984). Essi individuano, in particolare, rapide ed irregolari alternanze di suoli con contatto litico poco profondo e altri più profondi di tipo colluviale, con intercalazioni di materiale vulcanico, entrambi con un ben sviluppato orizzonte argillico colorato generalmente 5YR ("Complex of Chromic Luvisols e Lithosol").

4. – CONCLUSIONI

Lo studio dei caratteri geologici e geomorfologici del Parco Regionale Urbano di Monte Orlando nel Comune di Gaeta ha evidenziato numerosi aspetti naturali da salvaguardare perchè strettamente connessi con altre componenti, non solo naturali, dell'area.

L'attuale paesaggio non è altro che il risultato di processi naturali che hanno lasciato dei «testimoni» più o meno evidenti, che si riportano brevemente.

L'ambiente di piattaforma carbonatica, ovvero di mare poco profondo, in cui proliferavano numerosi organismi, nella fattispecie le rudiste, è ben rappresentato dalla successione dei calcari del Cretaceo superiore affiorante nell'area-parco. Questa successione non è che una piccola parte di quella più ampia affiorante nei Monti Aurunci occidentali. La frammentazione di questo dominio carbonatico, la cui esistenza va estesa come età dal Trias almeno fino all'Eocene, è avvenuta durante i movimenti orogenetici appenninici iniziati nel Miocene medio e proseguiti con minore intensità fino al Pleistocene medio-superiore. L'espressione di tali movimenti è dato dalle numerose faglie ad andamento appenninico ed antiappenninico che dissezionano questo territorio costiero e su cui hanno pesantemente agito i processi morfogenetici (BRANCACCIO *et alii*, 1991).

Un ambiente litoraneo, simile a quello odierno dell'area parco, può essere individuato probabilmente nell'intervallo Pleistocene inferiore-medio. Lo testimonia le superfici terrazzate, assimilate a terrazzi marini, posti a diverse altezze e su cui poggiano le sabbie eoliche rossastre del Pleistocene medio-superiore. Importante è da rilevare come tra i componenti principali di queste sabbie non manchino prodotti piroclastici provenienti verosimilmente dal vulcano di Roccamonfina. L'attività di questo apparato doveva

concludersi proprio in quel periodo anche attraverso fenomenologie esplosive (DE RITA *et alii*, 1988). Il promontorio di Monte Orlando costituito verosimilmente già dalla falesia odierna registrò negli ultimi centinaia di migliaia di anni le diverse variazioni del livello del mare, come si può osservare dai numerosi solchi di battigia, anche sommersi, visibili lungo la falesia.

Nell'area, che rimase emersa dopo l'ultima fase glaciale, cominciò a svilupparsi una vegetazione costituita da diversi stadi evolutivi. Ognuno di questi stadi oggi si caratterizza per le condizioni di soleggiamento diurno e di umidità, di ripidità del versante e di condizioni del substrato. Ad esempio, l'area del Parco che beneficia maggiormente del soleggiamento diurno, ovvero quella compresa tra le direzioni ESE e SO, presenta un suolo di spessore limitatissimo e quindi risulta affiorante a luoghi il calcare notevolmente fratturato con tracce evidenti di carsismo superficiale; la vegetazione che si sviluppa in quest'area arida, soleggiata e piuttosto acclive, è la gariga degradata. Invece nell'area settentrionale, poco acclive e dove si hanno i valori più bassi di soleggiamento annuo, si è sviluppato un suolo mediamente profondo con un orizzonte humificato e con una maggiore capacità di ritenuta idrica, tale da far impiantare un bosco con numerose specie arboree, tra cui il leccio. In altre aree con elementi omogenei sono risultate sviluppate gli stadi intermedi della vegetazione mediterranea quali la macchia e la gariga s.s. (MORALDO *et alii*, 1988).

L'ambiente fisico così caratterizzato, purtroppo è riuscito a conservarsi solo in parte dai continui e numerosi attacchi diretti ed indiretti operati dall'uomo nel corso dei secoli, pertanto se si vorrà preservare quanto è rimasto di naturale, e di conseguenza i monumenti storici presenti, sarà bene svolgere un'azione di tutela per quest'area di solo 54 ettari.

BIBLIOGRAFIA

- ACCORDI G. & CARBONE F. (1988) - *Sequenze carbonatiche meso-cenozoiche*. In: G. ACCORDI, F. CARBONE, G. CIVITELLI, L. CORDA, D. DE RITA, D. ESU, R. FUNICIELLO, T. KOTSAKIS, G. MARIOTTI & A. SPOSATO (Eds.). Note illustrative della Carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo ed aree limitrofe. C.N.R. Quad. de «La Ricerca Scientifica», **114**: 11-92.
- ANTONIOLI F., DAI PRA G. & HEARTY P.J. (1988) - *I sedimenti quaternari nella fascia costiera della Piana di Fondi (Lazio meridionale)*. Boll.Soc.Geol.It., **107**: 491-501.
- ANTONIOLI F. & FREZZOTTI M. (1989) - *I sedimenti tardo-pleistocenici ed olocenici compresi nella fascia tra Sabaudia e Sperlonga*. Mem.Soc.Geol.It., **42**: 321-334.

- ANTONIOLI F. & ROSSI L. (1991) - *Geomorfologia subacquea e costiera del litorale compreso tra Punta Stendardo e Torre S. Agostino (Gaeta). Un esempio di collaborazione tra geologia ed informatica*. Rapporto tecnico ENEA, 51 pp.
- BERGOMI C., CATENACCI V., CESTARI G., MANFREDINI M. & MANGANELLI V. (1969) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia: Foglio 171 - Gaeta e Vulcano di Roccamonfina*. Serv. Geologico d'Italia, 140 pp.
- BLANC A.C. (1950) - *Note illustrative per le escursioni della 54a riunione estiva. Le formazioni pleistoceniche del M. Circeo*. Boll. Soc. Geol. It., **69**.
- BLANC A.C. & SEGRE A.G. (1947) - *Nuovi giacimenti tirreniani e paleolitici sulla costiera tra Sperloga e Gaeta*. Historia Naturalis, **2**: 3-4.
- BRANCACCIO L. (1968) - *Genesi e caratteri delle forma costiere nella Penisola Sorrentina*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **77**: 247-274.
- BRANCACCIO L., CINQUE A., ROMANO P., ROSSKOPF C., RUSSO F., SANTANGELO N. & SANTO A. (1991) - *Geomorphology and neotectonic evolution of a sector of the Tyrrhenian flank of the southern Apennines (Region of Naples, Italy)*. Z. Geomorph., Suppl.-Bd **82**: 47-58.
- CINQUE A. & PUTIGNANO M.L. (1992) - *Geomorphology of the continental shelf around the Sorrento Peninsula*. Giorn. Geol., **54**: 115-125.
- CRESCENTI U. (1969) - *Biostratigrafia delle facies mesozoiche dell'Appennino centrale: correlazioni*. Geol. Romana, **7**: 15
- DE RITA D., FUNICIELLO R. & SPOSATO A. (1988) - *Complessi vulcanici*. In: G. ACCORDI, F. CARBONE, G. CIVITELLI, L. CORDA, D. DE RITA, D. ESU, R. FUNICIELLO, T. KOTSAKIS, G. MARIOTTI & A. SPOSATO (Eds). Note illustrative della Carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo ed aree limitrofe. C.N.R. Quad. de «La Ricerca Scientifica», **114**: 197-223.
- HEARTY P.J., MILLER G.H., STEARNS C.E. & SZABO B.J. (1986) - *Aminostratigraphy of quaternary shorelines in the Mediterranean basin*. Bull. Geol. Soc. Am., **97**: 850-858.
- MORALDO B., MINUTILLO F. & ROSSI W. (1990) - *Flora del Lazio meridionale*. Quaderni Acc. Naz. Lincei, **264**: 219-292.
- OZER A., DEMOULIN A. & DAI PRA G. (1987) - *Les indices morphologiques témoins de la stabilité tectonique de la bordure littorale du Lazio méridional (Italie)*. Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd. **63**: 103-117.
- ROMANO P. (1992) - *La distribuzione dei depositi marini pleistocenici lungo le coste della Campania. Stato delle conoscenze e prospettive di ricerca*. Studi Geologici Camerti, vol. spec., 265-269.
- SEGRE A.G. (1949) - *Tracce di morfologia subaerea sul fondo marino litoraneo del Lazio meridionale*. Historia Naturalis, **3**: 1-3.
- SEGRE A.G. (1957) - *Prima relazione sul rilevamento geologico del F.171*. Boll. Serv. Geol. It., **78**.
- SEWINK J., REMMELZWALL A. & SPARGEN O.C. (1984) - *The soils of southern Lazio and adjacent Campania*. Rapporto tecnico ENEA, 140 pp.
- SINNO R. (1963) - *Studio sulle terre rosse dell'Italia centrale e meridionale. La terra rossa di Gaeta*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **72**, 315-346.
- SIRNA M. & CESTARI R. (1989) - *Il Senoniano a rudiste (Hippuritacea) del settore sud-occidentale della piattaforma carbonatica laziale-abruzzese (Appennino centrale)*. Boll. Soc. Geol. It., **108**: 711-719.
- SOIL SURVEY STAFF (1975) - *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil survey*. U.S. Dept. Agric., Handbook n. **436**: 745 pp.