

VI SESSIONE
VI SESSION

GEOMORFOLOGIA E PAESAGGIO
GEOMORPHOLOGY AND LANDSCAPE

Chairman: L. KARIS

The geomorphological approach to landscape assessment *Approccio geomorfologico nella valutazione del territorio*

PANIZZA M. (*)

RIASSUNTO – Vengono innanzitutto presentati alcuni concetti per la definizione di beni e risorse geomorfologici e degli attributi che conferiscono valore ai beni stessi, con particolare riguardo agli aspetti scientifici.

Sono illustrati i principi metodologici di una ricerca europea riguardante la Geomorfologia e la Valutazione d'Impatto Ambientale, con la precisazione dei diversi tipi di rischio e di impatto derivanti dai rapporti fra la Geomorfologia e un Progetto.

Infine viene sintetizzata una metodologia per la valutazione della qualità di una forma del terreno e della quantificazione degli eventuali impatti.

PAROLE CHIAVE: Geomorfologia, bene geomorfologico, Valutazione d'Impatto Ambientale.

ABSTRACT – First of all some concepts for the definition of geomorphological assets and resources, as well as the attributes which confer value to the assets themselves, are presented laying particular emphasis on the scientific aspects.

The methodological principles of a European research project on Geomorphology and Environmental Impact Assessment are illustrated, by defining the different types of risk and impact derived from the relationship between Geomorphology and a Project.

Finally a methodology for the evaluation of the quality of a landform and the quantification of the possible impacts is briefly discussed.

KEY WORDS: Geomorphology, Geomorphological Asset, Environmental Impact Assessment.

First of all I would like to present some concepts and methodological principles regarding the approach to landscape assessment.

If a landform is valuable it can be called *geomorphological asset* and, therefore, may also be a *geomorphological resource* if and when it is useful to man depending on economic, social and technological circumstances. For instance, a sea beach can acquire value and be considered as a geomorphological resource when utilised as a sea-side resort. Indeed, landforms are among the most widespread and spectacular natural non-biological assets: some of them have aroused interest because of their scenic appeal. However, scenic aspects are not the only attributes that make such landscape elements important, but it is also their cultural and scientific significance (PANIZZA & PIACENTE, 1993).

The attributes that may confer value to a geomorphological asset are: *cultural, socio-economic, scenic and scientific*.

From the cultural viewpoint, a geomorphological asset may belong to the world of art or to a cultural tradition; a geomorphological asset may also acquire socio-economic value if it can be utilised for the purpose of tourism or sports etc.; the scenic element may also be a geomorphological asset both in an intrinsic spectacular sense and because of its appeal to the environmental approach.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Modena - Largo S. Eugenia, 19 - 41100 Modena (Italy).

From a scientific standpoint and in the field of geomorphology, the importance of a natural asset may be considered according to four characters: as a model of geomorphological evolution, as an object used for educational purposes, as a paleogeomorphological example and when it is an ecological support. Each of these characters can assume a higher or lower value owing to its rareness; therefore a different level of interest can be ascribed to each of these: if local or regional or super-regional or world-wide.

The geomorphological approach, however, is based precisely on scientific knowledge of the natural resource, the perception of the laws regulating its evolution and an awareness of its significance for humanity. Therefore, this is a task that can only be performed by well trained geomorphologists who can accurately identify and evaluate those attributes.

According to these principles, I would like to present some main features of a European Union multinational project: "Geomorphology and Environmental Impact Assessment". The basic concepts of the research concern the relationships between *Environment* and *Man* (PANIZZA, 1992; 1996); where two main possibilities can be taken into account (fig. 1):

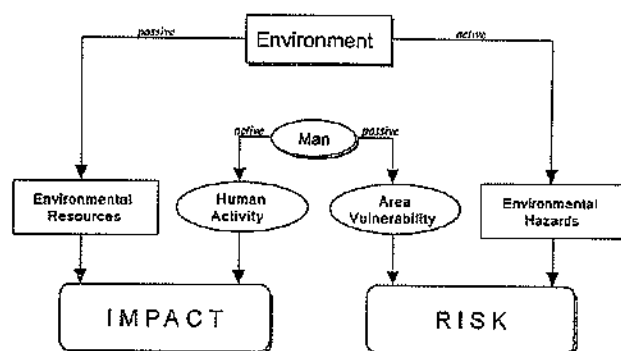


Fig. 1. – Relationships between Environment and Man.

– Relazione fra Ambiente e Uomo.

1 – *environmental resources* in relation to *human activity*, where the Geomorphological Environment is regarded as mainly passive in relation to Man (active); we define as *Impact* the consequences;

2 – *environmental hazards* in relation to *area vulnerability*, where the Environment is regarded as mainly active in relation to Man (passive); we can define as *Risk* the consequences.

The interferences of Geomorphology with a Project can be summarised in fig. 2 (CAVALLIN *et alii*, 1994). In particular some hazardous geomorphological processes may produce damage to the project, which is always characterised by specific vulnerability and cost: that is a *risk* for the project. On the contrary the effects on geomorphological assets, deriving from the implementation of the project, make up a *direct impact*. Beside these consequences, a project during its implementation, functioning and decommissioning may produce *induced hazards*, which did not exist in the area before the introduction of the project. These may give rise to three kinds of effects (fig. 2): *direct risk*, that can be delineated as the effect on the project of a hazard induced by the project to itself (reflexive action); *indirect risk*, that consists in a hazard induced by a project which damages the surrounding settlements; *indirect impact*, that refers to the effects of hazards induced by a project on geomorphological assets existing in areas surrounding the same project.

Finally, I would like to present a summary of a simplified methodology to assess quality of landforms and quantification of impacts (RIVAS *et alii*, 1995; PANIZZA *et alii*, 1996).

In order to evaluate direct impacts on landforms, it is necessary to assess the scientific quality of landforms:

$$Q = V \times C$$

where *Q* is scientific quality of each landform, *V* is intrinsic scientific value and *C* condition of preservation.

For each landform we can calculate the intrinsic value:

$$V = L_m \times M + L_e \times E + L_p \times P + L_s \times S$$

where *M* (and *m*), *E* (and *e*), *P* (and *p*), *S* (and *s*) are the four characters of the landform (model of geomorphological evolution, etc.); in the equation they are (usually) equal to 1, except if we elect to emphasize one of them (then > 1) or to disregard (then < 1). *L* is the level of interest (considering the rarity of the landform) and particularly with the following weights: worldwide = 1, super-regional = 0.75, regional = 0.5, local = 0.25, no interest = 0.

The condition of preservation (*C*) of a landform is connected to its conditions at the survey moment and can be quantified as $0 < C < 1$.

The degree of damage (*D*) to a landform can be calculated as a consequence of the implementation of a project and its value should be considered in a continuous range between 0 and 1. For example: 0 = cha-

characteristics of the landform destroyed; 0.25 = several human activities which damage characteristics of the landform; 0.5 = deteriorated through some human activities which hide part of the features; 0.75 = some deterioration which loss of some minor elements; 1 = no damage, well preserved.

The *direct impact* on a landform (I) can be expressed in terms of reduction of scientific quality, as:

$$I = Q - Q \times D = Q \times (1 - D)$$

The *total direct impact* on landscape can be calculated as the summation of the direct impacts on each landform considered as geomorphological asset in the studied area.

Other relevant parameters to be taken into account are *visibility* and *reversibility*, which are, in the case of landscape, directly related to mitigation procedures.

REFERENCES

- CAVALLIN A., MARCHETTI M., PANIZZA M. & SOLDATI M. (1994) - *The role of Geomorphology in Environmental Impact Assessment*. *Geomorphology*, 9: 143-153.
- PANIZZA M. (1992) - *Geomorfologia*. pp. 397, Pitagora ed., Bologna.
- PANIZZA M. (1996) - *Environmental Geomorphology*. pp. 270, Elsevier ed., Amsterdam.
- PANIZZA M., MARCHETTI M. & PATRONO A. (1996) - *A proposal for a simplified method for assessing impacts on landforms*. In: PANIZZA et alii (Eds.): *Geomorphological analysis and evaluation in Environmental Impact Assessment*, *ITC Journ.*, 4: 1995, 324.
- PANIZZA M. & PIACENTE S. (1993) - *Geomorphological assets evaluation*. *Z. Geomorph. N.F., Suppl.*, 87: 13-18.
- RIVAS V., RIX K., FRANCES E., CENDRERO A. & BRUNSDEN D. (1995) - *The use of indicators for the assessment of environmental impacts on geomorphological features*. In: MARCHETTI et alii (Eds.): *Geomorphology and Environmental Impact Assessment*. *Quad. Geodin. Alp. e Quatern.*, 3: 157-180.

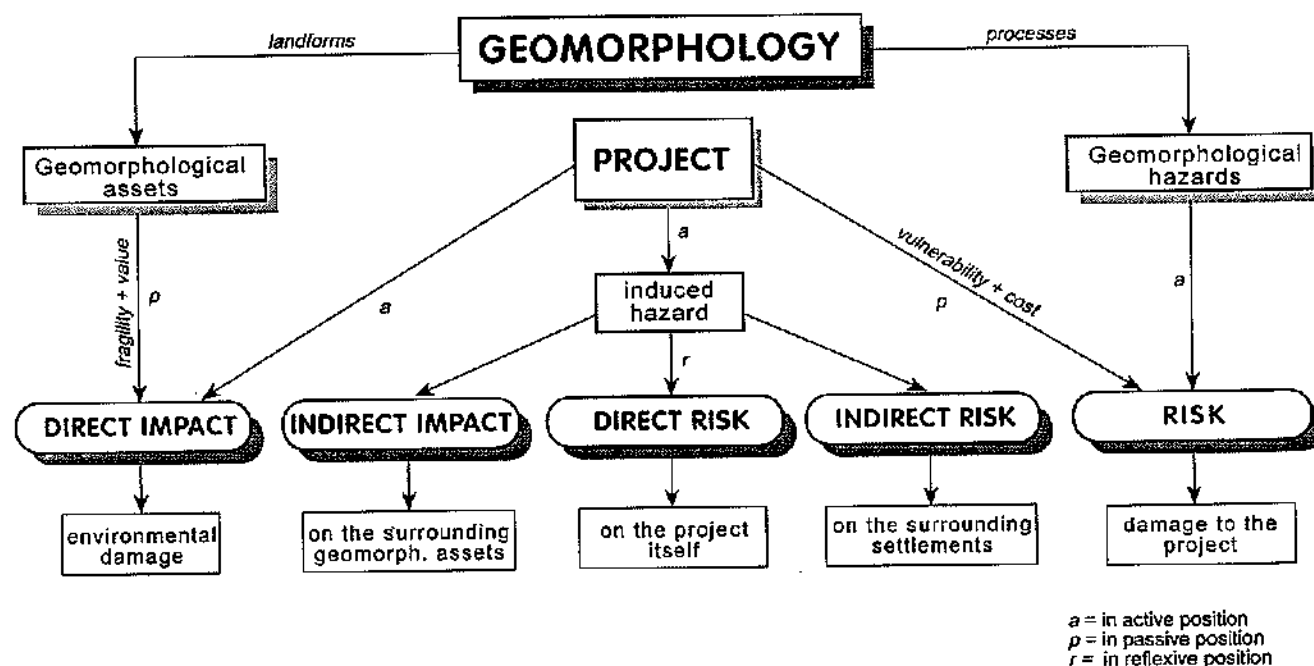


Fig. 2. — Conceptual and methodological scheme regarding the role of Geomorphology (landforms and processes) for the EIA of a project.

— Schema concettuale e metodologico riguardante il ruolo della Geomorfologia (paesaggi e processi) per la VLA di un progetto.

Il gruppo Velino-Ocre-Sirente (Appennino Abruzzese): un geotopo da proteggere

The Velino-Ocre-Sirente group (Abruzzese Appennine): a geological site to protect

CASSOLI A. (*) & RUGGERI A. (**)

RIASSUNTO – Vengono descritti alcuni ed importanti geotopi di origine glaciale e carsica presenti nel Gruppo montuoso Velino-Ocre-Sirente (Appennino Abruzzese): tali geotopi sono rappresentati da circhi glaciali, valli ad U, morene di fondo, laterali e frontali, massi erratici, rocce montonate e, per quanto riguarda la parte carsica, polje, doline, inghiottitoi, grotte. Poichè l'area, nonostante l'istituzione di Parchi e Riserve nazionali e regionali, è sottoposta a forte pressione antropica per la presenza in zona di alcune importanti stazioni sciistiche, che hanno già provocato l'alterazione e la distruzione di alcuni geotopi, sarebbe necessario adottare un programma di valorizzazione, conoscenza e protezione di tali emergenze geomorfologiche.

PAROLE CHIAVE: Glacialismo quaternario, carsismo, Italia centrale, Appennino abruzzese.

ABSTRACT – Some important geological sites of glacial and karst origin found in the Velino-Ocre-Sirente mountainous group are described: these geological beauties are represented by glacial cirques, U-shaped valleys, ground and frontal moraines, erratic boulders, "montonate" rocks and with regard to the karst type, polje, dolines, insurgences, grottoes. In spite of the establishment of national and regional parks and natural reserves, the above described area is under a strong antropic pressure mostly due to the presence in the area of important skiing resorts, which have already altered and destroyed some geological sites. Thus it would be necessary to adopt a plan aimed at improving, rediscovering and protecting such geomorphological emergencies.

KEY WORDS: Quaternary glacialism, karst, Central Italy, Abruzzese Appennine.

(*) Studio Tecnico Guado - Via Mascagni, 1 - 27052 Salice Terme (PV).

(**) Via delle Fossette, 4 - 00040 Rocca Priora - Roma.

1. – INTRODUZIONE

L'importanza di tutelare le bellezze faunistiche, botaniche e paesaggistiche è ormai un fatto acquisito presso la gran parte dell'opinione pubblica, mentre minore importanza viene invece dedicata alla protezione del patrimonio geologico e geomorfologico, anche se esso costituisce una delle principali componenti del paesaggio.

In questa nota si descrivono, appunto, alcuni importanti geotopi esistenti nel gruppo montuoso Velino-Ocre-Sirente (Appennino Abruzzese).

Questi massicci si trovano nella porzione sud occidentale della catena appenninica abruzzese, al confine tra Lazio e Abruzzo, e sono caratterizzati da un intrico di creste, valli, altipiani e cime tra le quali spicca per altitudine il M. Velino, che con i suoi 2487 m è inferiore solamente al Gran Sasso e alla Maiella. Esso costituisce anche il massiccio principale del gruppo, composto da una serie di catene, la principale e più alta delle quali è quella che collega le cime del Sevice, Velino e Cafornia. Altri allineamenti montuosi sono formati dalle Montagne della Duchessa (a NO) e dai Monti della Magnola (a SE).

Verso Nord, due altipiani, il Piano di Pezza e quello di Campo Felice, separano il Gruppo del Velino dal massiccio del Monte d'Ocre, la cui catena è allungata in direzione appenninica. Ad Est c'è il Gruppo del Sirente, separato da quello del Velino dalla lunga faglia, che delimita l'Altopiano delle Rocche.

Questo interessante e vasto complesso di rilievi montuosi, di altipiani e di valli è stato interessato nell'Era Quaternaria da grandiosi fenomeni glaciali (CREMA, 1919a, 1919b; SUTER, 1935; SEGRE, 1956; FEDERICI, 1979; CASSOLI *et alii*, 1988), le cui testimonianze rimaste meritano di essere considerate dei veri e propri geotopi, e, conseguentemente, di essere protette e valorizzate.

2. – CENNI STRATIGRAFICI

Geologicamente il Gruppo Velino-Ocre-Sirente è caratterizzato dalla predominanza di sedimenti mesozoici carbonatici in facies di piattaforma appartenenti alla serie Laziale Abruzzese: sono praticamente rappresentati tutti i periodi geologici a partire dal Giurassico fino al Quaternario, a parte la lacuna stratigrafica fra Cretacico superiore e Miocene inferiore, caratteristica della regione in esame.

L'area, tra la fine del Cretacico e il Miocene inferiore, emerse lasciando come testimonianza solo degli

orizzonti bauxitici, dando luogo alla nota lacuna stratigrafica della Laziale Abruzzese. La ripresa dell'ingressione marina è caratterizzata da formazioni mioceniche calcaree, anche con macrofossili, che nel Miocene superiore diventano prettamente arenacee, dando vita alle potenti serie molassiche dovute alle correnti di torbida che si manifestavano a causa della progressiva emersione dei rilievi. La serie stratigrafica prosegue con depositi continentali costituiti da brecce plioceniche e termina con i depositi morenici rissiani e wurmiani e gli accumuli fluviali e palustri del Quaternario superiore.

L'abbondante ed estesa presenza di litotipi calcarei ha permesso l'istaurarsi di alcuni processi geomorfici particolari legati al fenomeno del carsismo: conche e piani carsici, doline, inghiottitoi e le altre forme del carsismo, assieme alle forme glaciali, sono, quindi, diffusamente presenti nel massiccio Velino-Ocre-Sirente.

3. – LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE DELLE FORME GLACIALI

Per una migliore descrizione delle forme glaciali presenti, l'intero gruppo Velino-Ocre-Sirente è stato suddiviso in una serie di aree geografiche minori, ognuna delle quali con proprie caratteristiche geomorfologiche glaciali (fig. 1). Tratteremo tuttavia solo di quelle che riteniamo più interessanti ovvero di quelle del Monte Velino con le Valli Majelama e Teve, del Piano della Duchessa e il Vallone del Cieco, del Piano di Campo Felice e la Valle Morretano-Giumenta e del Piano di Pezza e il Campo di Rovere.

3.1. – IL MONTE VELINO CON LE VALLI MAJELAMA E TEVE

Il M. Velino è caratterizzato dalla presenza di due imponenti valloni di Majelama (a SE) e di Teve (a NW) profondamente incisi da ghiacciai; numerosi elementi morfologici, infatti, mostrano chiaramente che queste valli sono state in passato occupate da ghiacciai, come i numerosi circhi glaciali in quella che era la zona d'accumulo e i depositi morenici che arrivano fin oltre lo sbocco delle valli nelle pianure antistanti.

Per quel che riguarda la Valle Majelama, l'alta valle, che fungeva da bacino di raccolta ed alimentazione della lingua glaciale, è dominata dalla presenza di cinque circhi glaciali, di cui due nella zona di Cimata Fossa dei Cavalli (versante esposto a E-NE), altri due sui versanti orientali del M. il Bicchero e di Colle del-

l'Orso, e infine un'altro, appena accennato, in corrispondenza del Colle del Bicchero, tutti a quote comprese tra i 2000 e i 2200 m. Davanti a questi circhi è generalmente ben evidente la soglia glaciale.

Scendendo lungo la Valle Majelama si incontrano tre ben distinti depositi morenici, caratterizzati da clasti calcarei smussati e levigati, di granulometria eterogenea, privi di stratificazione di cui quello più esteso occupa l'area situata di fronte alla soglia dei circhi glaciali, chiusa verso valle da un vallo morenico a forma di ferro di cavallo (1750 m). Il secondo deposito morenico ha la forma di un rilievo allungato (1600 m), mentre il terzo, interpretabile come una morena terminale, si trova principalmente oltre lo sbocco di Valle Majelama (1150 m) ed è costituito da almeno due collinette a dorso di cetaceo allungate N-S, caratterizzate dalla presenza di massi erratici.

Un'altra testimonianza glaciale particolarmente significativa è ubicata nel punto di confluenza tra la Valle Majelama e una valle secondaria, la Valle della Genzana; si rileva tra le due valli un dislivello di circa 100 m, interpretabile come un gradino glaciale che permette di ritenere la Valle della Genzana, la quale a monte ha un grosso bacino di raccolta, come una valle sospesa. Analogamente alla Valle Majelama, anche la Valle di Teve fu occupata da un ghiacciaio come è testimoniato dagli imponenti circhi, dai depositi morenici e dalle rocce montonate presenti e dalla sezione trasversale ad U della valle. Nella parte alta della Valle di Teve si individuano tre grandiosi circhi, ognuno dei quali corrispondente ai versanti NE dei monti Caforina, Velino e Sevice, tra 2300 e 2400 m; particolarmente spettacolare è quello del M. Sevice, con una forma ad arco semicircolare perfetta.

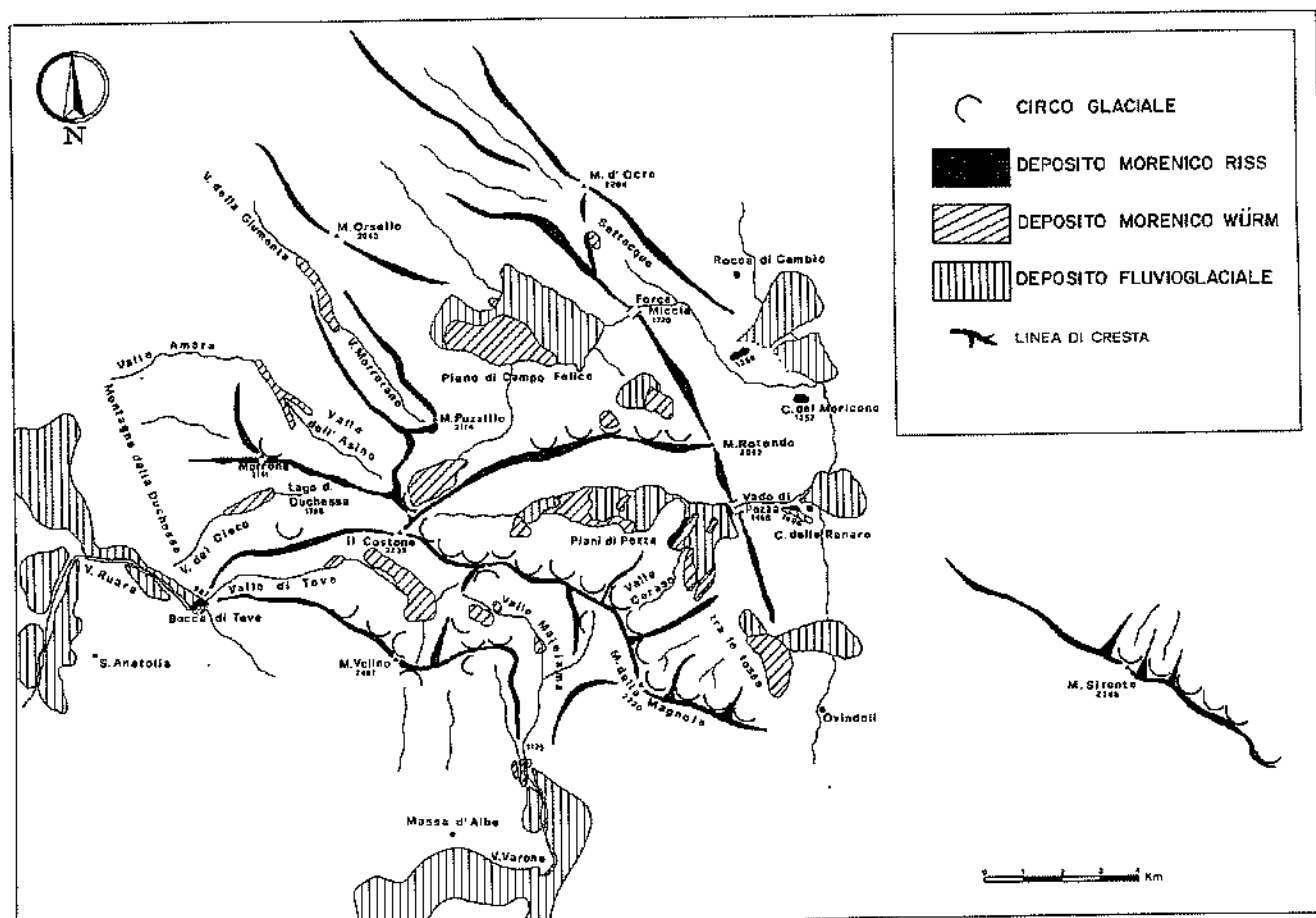


Fig. 1. — Carta dei depositi e della morfologia glaciale nel Gruppo Velino-Ocre-Sirente.

— Map of the glacial sediments and glacial morphology in the Velino-Ocre-Sirente Group.

Sempre nella testata della valle si apre un quarto circo glaciale di minori dimensioni, sul versante W del M. il Bicchero, mentre un quinto ed ultimo circo si colloca sulla parete N del M. Sevice, interessando direttamente la valle e non più la zona di testata. Quest'ultima, nota come Capo di Teve, è caratterizzata da una notevole coltre di depositi morenici, che si presentano sotto forma di collinette arrotondate a dorso di cetaceo, alte fino a 15-20 m, prive di stratificazione o classazione granulometrica. Si tratta di morene di fondo, che dalla base dei circhi arrivano con continuità fino a 1600 m e saltuariamente si spingono nella valle fino a 1450 m.

Altri depositi morenici affiorano a Bocca di Teve (987 m), alla confluenza della Valle di Teve con il Vallone della Ruara; essi costituiscono una collinetta che raggiunge 1017 m di quota, caratterizzata da materiale eterogeneo e caotico con presenza di grossi massi calcarei, probabilmente di origine erratica.

3.2. — IL PIANO DELLA DUCHESSA E IL VALLONE DEL CIECO

Il Piano della Duchessa è un bacino di circa 4 kmq collocato tra il Murolungo e il M. Morrone, caratterizzato dalla presenza del Lago della Duchessa. L'intero Piano della Duchessa fu probabilmente interessato da una glaciazione d'altopiano con accumulo di ghiaccio, ma con scorrimento glaciale nullo o molto ridotto; infatti mentre il Piano non presenta depositi morenici, questi si incontrano invece a valle del lago, in direzione del Vallone del Cieco, che fino a 1550 m è interamente coperto da dossi morenici (morene di fondo) di varie dimensioni, a dorso di cetaceo, parallele alla direzione della valle; sui depositi morenici spiccano massi erratici, che raggiungono anche 2 m di lunghezza.

Nell'area è presente un solo circo, nel versante N del Murolungo, compreso tra 2000 e 2150 m, da cui prendeva origine la lingua glaciale del Vallone del Cieco.

3.3. — IL PIANO DI CAMPO FELICE E LA VALLE MORRETANO-GIUMENTA

Il Piano di Campo Felice è un ampio bacino carsico di circa 10 kmq che separa il gruppo del M. Velino a Sud, dal M. d'Ocre a Nord. Lungo le creste che circondano il Piano si riconoscono almeno sei circhi glaciali: di questi il più evidente è quello indicato come Fossa del Puzzillo (a circa 2000 m), sul versante N-NE

del Costone-Vena Stellante. Da qui si originava un'imponente lingua glaciale lunga 7 km, che, percorrendo la Valle del Puzzillo - Valle Leona (interamente coperta da dossi morenici disposti caoticamente e da rocce montonate calcaree arrotondate dal passaggio del ghiacciaio), arrivava al Piano di Campo Felice dando luogo ad un'enorme apparato morenico frontale, che si estende ad Ovest fino alla Camardosa; si tratta del più vasto accumulo morenico esistente in tutta l'area Velino-Ocre-Sirente, con una lunghezza di 3,5 km ed una larghezza massima di 1,5 km con disposizione complessiva a semicerchio e concavità a S-SW. I valli morenici, con altezza media di 10-15 m, sono costituiti da ciottoli calcarei smussati con presenza di numerosi massi erratici, anche di grosse dimensioni.

Gli altri circhi glaciali che contribuivano anch'essi a questo notevole accumulo morenico sono tutti esposti a N-NE (Punta dell'Azzocchio, Valle dell'Azzocchio, Valle dei Nibbi, Colle del Nibbio, M. Rotondo) con quote di fondo dei circhi di circa 1700 m.

Situata a Nord della Valle del Puzzillo si trova la Valle Morretano-Giumenta, ove è possibile incontrare dei valli morenici allungati longitudinalmente alla valle a partire da 1650 m fino a 1400 m: alla testata della valle non sono presenti circhi, per cui è pensabile che la formazione della lingua glaciale che la ricopriva fosse favorita dall'esposizione e dalla morfologia della valle stessa, stretta e incassata.

3.4. — IL PIANO DI PEZZA E IL CAMPO DI ROVERE

Il Piano di Pezza è un bacino intermontano di 5 kmq, di origine tettonico-carsica, ubicato tra il M. Velino - M. della Magnola e il Piano di Campo Felice. Numerose sono in esso le tracce lasciate dai ghiacciai pleistocenici, sia sotto forma di circhi glaciali che di accumuli morenici.

Per quanto riguarda i primi, l'intero versante Nord del Colle dell'Orso e del Costone della Cerasa è costellato da ben sette circhi, tutti ben delineati e di rilevanti dimensioni. Partendo da Colle dell'Orso, in successione, il primo circo (a circa 2000 m) è sul versante NE del Costone - Vena Stellante - Colle dell'Orso; contigui a questo se ne trovano altri tre, in rapida successione. Tutti questi circhi originavano lingue di ghiaccio che confluivano in un unico bacino di raccolta presso Capo Pezza, cosparso di collinette moreniche disposte irregolarmente.

Gli altri tre circhi glaciali del bacino di Pezza prendono origine dai versanti settentrionali di Capo Pezza (1975 m) e del Costone della Cerasa (ai piedi di questo

bel circo si riconoscono due cordoni morenici concentrici con concavità verso monte) e da quello più orientale dello stesso Costone della Cerasa (si tratta di un circo gradonato alla base del quale si trovano anche qui due valli moreniche simili al precedente).

I depositi morenici affioranti nel Piano di Pezza si presentano come cordoni più o meno isolati con forma allungata oppure hanno l'aspetto di valli arcuate, frontali ai circhi.

Nel tratto terminale del Piano di Pezza confluisce all'interno del bacino una valle secondaria, quella del Ceraso, alla cui testata sono presenti due circhi glaciali, impostati sul versante NE dei Monti della Magiola. La lingua glaciale che occupava la valle ha originato dei depositi morenici, che si riconoscono a partire da 1525 m sotto forma di cordoni morenici, disposti parallelamente alla valle, oltre ad alcune collinette moreniche e alla parte restante dell'arco morenico frontale (lungo circa 800 m), che, a forma di vallo, è rialzato rispetto all'attuale quota del Piano di Pezza di 30/40 m.

Il Piano di Pezza comunica con il Campo di Rovere e più in generale con l'Altopiano delle Rocche, mediante uno stretto valico, indicato come Vado di Pezza (1468 m). In questa zona numerose sono le tracce del passaggio della lingua glaciale: evidenti morene di fondo più o meno cementate e profilo ad U del Vado molto svasato; d'altronde non solo i ghiacciai del Piano di Pezza, ma anche quelli della Valle del Ceraso fuoriuscivano dal Vado, come è testimoniato anche dal deposito morenico del Colle delle Renare. In questo colle affiora un deposito morenico di circa sei metri di spessore, costituito da ciottoli calcarei immersi in un'abbondantissima matrice ghiaioso sabbiosa.

4. - LE FORME CARSICHE

Poiché il gruppo Velino-Ocre-Sirente è essenzialmente costituito da rocce calcaree, numerose sono le morfologie carsiche presenti quali polje, doline, inghiottitoi, campi solcati (PFEFFER, 1967).

Anche se l'attuale configurazione del paesaggio è stata determinata dalle fenomenologie glaciali passate, non si può trascurare l'importanza che hanno rivestito i processi di dissoluzione carsica che si sono successivamente sovrapposti a quelli glaciali e ai quali è peraltro imputabile la cancellazione di alcune tracce glaciali, quali levigature e strie.

Tra le morfologie carsiche più vistose si segnalano in particolare le ampie conche, un tempo sede di antichi laghi, che vengono localmente indicate con il nome

di Piani; si tratta di depressioni più o meno pianeggianti, prive in genere di idrografia superficiale, paragonabili ai polje del Carso. Tra questi Piani si possono citare quelli di Campo Felice, di Pezza, di Ovindoli e l'Altopiano delle Rocche; è molto probabile che all'origine di questi piani abbia contribuito anche la tettonica. Altri geotipi carsici della zona sono la Grotta dell'Oro alla base della parete NE del Murolungo, il Pozzo Caldaio presso Rocca di Cambio (un grosso inghiottitoio nel quale finiscono le acque del Rio Gamberale, che fuoriescono nella Valle dell'Aterno attraverso l'antro di Stiffe) e il Lago della Duchessa, la cui curiosa forma ad otto rende possibile l'ipotesi di un'origine per unione di due doline.

5. - VALORIZZAZIONE DELL'AREA

Le bellezze geologico-morfologiche del gruppo Velino-Ocre-Sirente non sono particolarmente conosciute ed anche le iniziative che sono state intraprese per la salvaguardia generale dell'area hanno, soprattutto, un carattere naturalistico (BORTOLOTTI & PIERANTONI, 1989).

Nel luglio '87 con decreto dell'allora Ministro dell'Ambiente Pavan è stata istituita la Riserva Naturalistica Orientata del M. Velino, che si estende su una superficie di circa 4000 ha (comprendendo interamente il sottogruppo formato dalle maggiori vette del Velino e dalle Valli Majelama e Teve) per proteggere particolari endemismi faunistici e floristici. Successive sono l'istituzione del Parco Naturale Regionale Velino-Sirente da parte della Regione Abruzzo e della Riserva Naturale Regionale delle Montagne della Duchessa su decisione della Regione Lazio. Sempre dal punto di vista naturalistico si segnalano in zona alcuni biotopi quali il Piano di Ovindoli, l'Altopiano delle Rocche, le Gole di Celano e il M. Sirente.

La Legge Galasso (431/85), equiparando i piani paesistici a quelli territoriali con specifica considerazione dei valori paesistici ed ambientali, permette una parziale salvaguardia dei geotipi presenti nella zona, in particolare quando la legge (art. 1) specifica che sono sottoposti a vincolo paesaggistico «le montagne per la parte eccedente i 1200 m slm per la catena appenninica», «i ghiacciai e i circhi glaciali», «i parchi e le riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna di parchi». Questo è sicuramente un notevole passo avanti rispetto alla precedente Legge 1497/39, che prevedeva solamente la salvaguardia delle «cose immobili che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale o di singolarità geologica».

È da rilevare come nell'area, in particolare nella zona dell'Altopiano delle Rocche, della Magnola-Ovindoli e di Campo Felice, siano presenti attività che certamente hanno alterato e modificato irrimediabilmente il paesaggio. Infatti queste zone sono sedi di alcune tra le più note stazioni sciistiche del Centro-Sud, con impianti di risalita cui si è accompagnato un notevole incremento nell'edificazione di residence, alberghi e seconde case.

La presenza di emergenze geologiche e morfologiche non comuni può permettere all'area in questione un potenziale di sfruttamento turistico, che non sia limitato a quello sportivo invernale o naturalistico; d'altronde nell'area esiste anche un cospicuo patrimonio storico monumentale di notevole rilievo (la chiesa di S. Pietro a Massa d'Albe, l'isolata chiesa di S. Maria in Valle Porcianeta, il Castello di Celano, le rovine romane di Alba Fucens).

Nell'area, dato soprattutto il suo carattere montano, non esistono strutture capaci di valorizzare le singolarità geologiche presenti, che rimangono quindi ristrette ai soli conoscitori della materia. Al contrario, una più diffusa conoscenza di tali geotopi permetterebbe di sviluppare un turismo escursionistico stimolato non solo dalle caratteristiche «biologiche», ma anche da quelle «geologiche e geomorfologiche», anche mediante la creazione di percorsi geologici o glacialogici.

È quindi necessario sempre più, ormai, che l'attenzione alla salvaguardia in campo legislativo vada rivolta anche alle emergenze geologiche e geomorfologiche, che testimoniano le origini del paesaggio attuale e che, molte volte, inconsapevolmente, sono le ragioni essenziali della capacità d'attrazione di un luogo.

RINGRAZIAMENTI

Desideriamo ringraziare il Prof. ALBERTO MALATESTA, per gli utili consigli e il costante sostegno ricevuto e i colleghi D.ssa M. VITTORIA MOLARONI e Dott. CLAUDIO LODOLI che hanno contribuito alla raccolta dei dati.

BIBLIOGRAFIA

- BORTOLOTTI L. & PIERANTONI M.A. (1989) - *Il Monte Velino: i massi del Velino e del Sirente*. pp. 180, Ed. Abete, Roma.
- CASSOLI A., CORDA L., LODOLI C., MALATESTA A., MOLARONI M.V. & RUGGERI A. (1988) - *Il glacialismo quaternario del Gruppo Velino-Ocre-Sirente*. Mem. Soc. Geol. It., 35, (1986): 855-867, 5 figg., Roma.
- CREMA C. (1919) - *Tracce di vaste glaciazioni nei Monti della Duchessa*. Rend. R. Acc. Lincei, ser. 5, 28: 235-240, Roma.
- CREMA C. (1919) - *Il glacialismo nel gruppo del monte d'Ocre (Abruzzo aquilano)*. Boll. R. Soc. Geogr. Ital., fasc. 5-6: 323-326, Roma.
- FEDERICI P.R. (1979) - *On the Riss glaciation of the Apennines*. Zeitsch Geomorph. N.F., 23: 111-116.
- PFEFFER K.H. (1967) - *Beiträge zur Geomorphologie der Karstbecken im Bereich des Monte Velino (zentral Apennin)*. Frankfurter Geogr., 42: pp. 85, Francoforte.
- SEGRE A.G. (1956) - *Massi erratici nel gruppo del Velino*. L'Appennino, 3: 2-4, Roma.
- SUTER K. (1935) - *Die eiszeitliche Vergletscherung der Apenninen. 4, Velino-Ocre-Sirente*. Zeitschr. Gletscherk., 22: 142-162.

Problemi di conservazione dell'ambiente geomorfologico ed insediativo in sotterraneo della Cappadocia (Turchia)

Problems about the preservation of geomorphologic environment and underground settlements in Cappadocia (Turkey)

BURRI E. (*), MASSOLI-NOVELLI R. (*), PENSABENE G. (**) & PETITTA M. (*)

RIASSUNTO – Le particolari strutture geologiche naturali e insediative della Cappadocia («Camini delle Fate», ecc.), la cui genesi è connessa alla erodibilità dei depositi ignimbrici che affiorano in tutta la regione per circa 11.000 km², sono soggette ad una rapida degradazione, sia per cause naturali (erosione di acque meteoriche ed colica, sismicità) che per attività antropiche, principalmente dovute allo smantellamento volontario dei manufatti ipogei e ai rischi derivanti dalla massiccia invasione turistica. Per evitare la scomparsa di tali eccezionali monumenti geologici e insediativi si rende necessario un censimento, con catalogazione e monitoraggio ambientale, teso anche a valutare i limiti per i flussi turistici e le tecniche per il risanamento dei monumenti ipogei in pericolo.

PAROLE CHIAVE: Erosione, manufatti ipogei, Cappadocia.

ABSTRACT – Cappadocia, a wide geographic area of the Anatolic table-land, is characterized by ignimbric deposits extremely widespread (11.000 km²) but easy to be eroded.

This morphologic context is also characteristic of a remarkable variety of underground settlement, probably used as far back as the half of VII century A.D.

We can generally distinguish: wall settlements, cone settlements, underground cities and villages, underground churches. Economic activities, mostly agriculture, have been developed in the bottom valley and regarded four interconnected elements: terraced gardening, drainage of running waters, underground channels collecting groundwater, pigeon-house for guano.

This extraordinary patrimony undergoes remarkable degradation, due to several and different causes, i.e. natural factors and anthropic activities. Therefore, to check the irreversible degradation it is necessary: to start a census of the whole structures; to forbid or control the flow of people in the underground churches; to strengthen the areas which are more at risk, i.e. grouting the most dangerous rock fissures.

KEY WORDS: Erosion, underground settlements, Cappadocia.

(*) Dipartimento di Scienze Ambientali - Università dell'Aquila - Coppito - 67100 L'Aquila.

(**) Museo Civico di Storia Naturale di Lucca - 55100 Lucca.

1. – PREMESSA

La Cappadocia, ampia regione geografica localizzata nella parte centrale dell'Altopiano Anatolico, è caratterizzata da una morfologia tabulare, con altitudine media di circa 1000 m s.l.m., essenzialmente formata da materiali piroclastici di tipo ignimbrítico che coprono un'area estesa circa 11.000 km². La deposizione delle colate ignimbrítiche è comunemente attribuita a due distinte fasi: una neogenica, sviluppatasi in un arco di tempo compreso tra 11,6 e 2,7 Ma, ed una fase quaternaria compresa tra 0,2 e 0,1 Ma. I materiali depositi si presentano prevalentemente caotici, generalmente non saldati. Alternati alle ignimbriti si riscontrano sedimenti di tipo pliniano con deposizione ordinata e di *surge*. Il clima è connotato da elementi continentali e subdesertici con precipitazioni, anche nevose, intense nei mesi invernali e primaverili e minime nei mesi estivi; la temperatura, al contrario, cresce gradualmente da un minimo nel mese di gennaio sino ad un massimo del mese di luglio.

In questo contesto ambientale hanno interagito molteplici e diversificate dinamiche: quelle strutturali con i sistemi di faglie e fratture e quelle di degrado meteorico, nelle quali si sommano gli effetti erosivi dovuti alle precipitazioni (pioggia battente e ruscellamento diffuso), quelli corrasivi e quelli più genericamente termoclastici. Dalla concomitanza di questa attività morfologica sul ricordato contesto litologico, è scaturito un singolare paesaggio, in rapida evoluzione, definito da un sistema di valli ramificate e profondamente incise, da basse colline separate da ampi pianori strutturali e soprattutto da eccezionali morfologie da erosione, i ben noti pinnacoli o funghi o «Camini delle Fate» («Fairy Chimney»), tutti plasmatis nella tenera roccia ignimbrítica e definibili «siti geologici» di importanza internazionale. L'attività antropica, inoltre, ha marcato tutta l'area con decisione e carattere con la creazione di un sistema insediativo prevalentemente realizzato in ambiente sotterraneo, in una iniziale collocazione storica non ancora ben definita, ma che certamente si sviluppa nella metà del sec. VII d.C.

Questo immenso patrimonio archeologico, artistico e morfologico è da tempo soggetto ad un inarrestabile, e per certi versi irreversibile degrado. L'UNESCO, nel tentativo di arginare il fenomeno ha già dichiarato l'intera regione area d'interesse mondiale, promuovendo, di conseguenza, alcune opportune iniziative con lo scopo di arrestare il deterioramento in atto e restaurare le strutture di maggior valore artistico ed insediativo. Purtroppo in considerazione dell'ampiezza dell'area sarà possibile ottenere, nell'immediato,

solo risultati puntuali. Questa doverosa considerazione non esclude che gli interventi debbano essere comunque incisivi e di rapida attuazione, ma anzi ne rafforza l'importanza.

2. – CENNI GEOLOGICI

La storia geologica dell'area è caratterizzata soprattutto da una prolungata attività vulcanica, iniziata nell'Oligocene e terminata alcune migliaia di anni fa. L'attività esplosiva appare prevalente con emissioni da numerosi vulcani in parte sventrati e poi sepolti. La regione è oggi dominata dal più recente e meglio conservato Erciyes Dag, alto 3.916 m.

L'area d'interesse viene oggi definita «*Cappadocian Volcanic Province*» o CVP (TOPRAK *et alii*, 1994) e risulta ubicata all'interno della più vasta provincia vulcanica dell'Anatolia centrale; la regione morfologica corrisponde in gran parte all'antica provincia di Cesarea (Kaiser), importante centro in età imperiale (17 d.C. - 350 d.C.), anche se nel corso dei secoli tali limiti geografici hanno subito cospicue oscillazioni.

2.1. – I TUFI IGIMBRITICI

La deposizione delle colate ignimbrítiche è comunemente attribuita a due distinte fasi: una neogenica, sviluppata in un arco di tempo compreso tra 11,6 e 2,7 Ma, ed una quaternaria compresa tra 0,2 e 0,1 Ma (INNOCENTI *et alii*, 1975). Sono presenti molte altre rocce vulcaniche, con lave da medio-basiche ad acide, pomici, livelli cineritici ed altre, ma i tufi ignimbrítici risultano di gran lunga il tipo litoide più abbondante.

Le ignimbriti infatti ricoprono un'area di circa 11.000 km² con spessori fino a 400 m. Sono stati individuati otto centri eruttivi neogenici, quasi totalmente sventrati ed erosi; l'unico centro di emissione conservato è quello del Quaternario di Acigol, all'interno di una caldera (TEMEL, 1992; ERCAN *et alii*, 1994; LE PENNEC *et alii*, 1994). I livelli ignimbrítici si presentano di colore generalmente biancastro o rosato su tagli freschi, con patine grigie di Fe-Mn per termoestrazioni di tali elementi, da noi analizzati; si presentano più o meno compatti in funzione delle percentuali di materiale fuso esistente al momento della sedimentazione. Sono state distinte dieci unità stratigrafiche (PASQUARÉ *et alii*, 1988; SCHUMACHER *et alii*, 1990) ed una composizione chimica che è risultata essere in gran parte riolitica, con percentuali di SiO₂ variabili tra 68 e 76 %.

Le ignimbriti presentano un basso coefficiente di compressibilità (da noi misurato, circa 350 kg/cm^2), che si abbassa ulteriormente durante la stagione piovosa a causa della microporosità della roccia.

I pinnacoli debbono la loro origine alla presenza di un livello ignimbritico più compatto che ricopre livelli meno saldati e più teneri. L'azione erosiva dell'acqua lungo le miriadi di fratture, prodotte dall'intensa tettonica e sismicità, tende a separare e poi ad isolare i singoli pinnacoli, che resistono maggiormente all'erosione perché protetti dal «cappello» di roccia più compatta. Quando il cappello crolla, il cono ignimbritico tenero è condannato a una erosione in tempi brevi (fig. 1).

Per valutare adeguatamente l'erosione superficiale, estremamente significativa nell'area, sono state da noi installate delle particolari stazioni di misura in grado di consentire l'acquisizione di valori annuali. Ad un primo esame il fenomeno appare abbastanza consistente e quantificabile in $2,5 \text{ mm}$ annui. È bene, comunque, considerare ancora questa cifra come puramente indicativa; ulteriori misurazioni, su un campione più vasto di stazioni, permetteranno nell'immediato futuro di assumere valori più significativi.



Fig. 1. – Erosional evolution of ignimbrite pinnacles.

– *Evoluzione dei pinnacoli di ignimbrite.*

3. – INSEDIAMENTI

Il paesaggio geografico in Cappadocia può essere assimilato ad un sistema integrato ed interconnesso di molteplici elementi. È però necessario, per entrare nel merito dei problemi legati alla sua conservazione, scomporre forzatamente tale paesaggio in alcune grosse categorie, pur nella consapevolezza dei limiti imposti da questa scelta.

3.1. – STRUTTURE INSEDIATIVE

a) Villaggi a parete (GIOVANNINI, 1971; CUNEO, 1981; BIXIO, 1994): realizzati a scopo abitativo sono caratterizzati da unità indipendenti con vani sovrapposti, contigui e su vari livelli; a volte le unità sono tra loro intercomunicanti per mezzo di cunicoli o gallerie ad alta acclività e scalinate. I vani più esterni sono dotati di modeste aperture che si aprono sulle pareti a strapiombo.

b) Villaggi a cono: sono anche queste strutture insediative complesse realizzate all'interno dei pinnacoli, riuniti in gruppi, e noti come «*Peri Bacaları*» o «*Camini delle Fate*»; la parte sommitale, morfologicamente più resistente all'erosione, viene impiegata come naturale protezione dei vani sottostanti. Non sono infrequenti vani costruiti all'esterno come integrazione di quelli sotterranei.

c) Coni isolati: non sono infrequenti i nuclei abitativi, di minore estensione e complessità, scavati all'interno dei pinnacoli isolati.

d) Villaggi-castello: sono generalmente considerati varianti del villaggio a parete che utilizzano grandi torrioni naturali. La morfologia insediativa è simile a quella già descritta.

e) Chiese rupestri (DE JERPHANION, 1925-42; JOLIVET-LEVY, 1991): rappresentano forse l'aspetto più noto, e per certi versi vistoso, di tutta la regione. Siamo in presenza di luoghi di culto cristiani, in molti casi splendidamente affrescati, la cui unitarietà è spesso superata dalla presenza di molti nuclei diretti a creare insediamenti complessi, di tipo monastico, la cui organizzazione urbanistica riflette, nella tipologia, i canoni classici dei villaggi già descritti.

f) Città sotterranee: a differenza delle strutture definite «rupestri», le città sotterranee sono state realizzate, a più livelli, al di sotto del piano topografico. Lo schema progettuale ed insediativo è totalmente diverso ed è funzionale per una struttura pensata e realizzata essenzialmente per scopo difensivo. Gli accessi sotterranei sono minimi e ben occultati, i percorsi interni estremamente ramificati e difesi da un sistema di monoliti a sezione circolare denominate «porte macina». Si tratta senza dubbio delle strutture insediative più complesse, e caratterizzanti, della Cappadocia.

g) Villaggi sotterranei: siamo in presenza di strutture minori, scavate nelle ignimbriti di colline isolate e caratterizzate dalla presenza di uno/due livelli, difesi dalle citate «porte macina» ma poco articolati nella presenza ed interconnessione di vani ipogei. Molto frequentemente l'accesso ai vani sotterranei è consentito da una fascia di ambienti di servizio (ad esempio stalle) dalle quali si accede dall'esterno.

3.2. – STRUTTURE DI SERVIZIO

a) Canali di drenaggio (BURRI, 1995): le valli profondamente incise nelle ignimbriti più tenere sono state impiegate, e lo sono ancora, per coltivazioni terrazzate di tipo orticolo. L'elevata erosione dei versanti è controllata dalla creazione di un sistema di canali di drenaggio, essenzialmente realizzati in sotterraneo, ai quali è affidato il compito di convogliare le acque di scorrimento superficiale ed evitare l'abbattimento dei terrazzi. Nei tratti terminali, la portata e la velocità di erosione hanno cancellato completamente la morfologia artificiale originaria.

b) Canali di emunzione: per poter disporre, durante la stagione estiva, di adeguate risorse idriche sono state scavate brevi sezioni cunicolari con il compito di intercettare le falde idriche, anche se di modesta entità.

c) Cisterne: non sono dissimili da quelle in uso in tutta l'area mediterranea ed in più casi molti ambienti sono stati collegati tra loro.

d) Piccionaie ed alveari: la scarsa disponibilità di fertilizzanti nel terreno e la necessità di impiegarli per ottimizzare la resa delle coltivazioni, ha comportato la creazione di ampie strutture sotterranee con lo scopo di consentire l'alloggio e la riproduzione di questi volatili; il loro numero, lungo l'asse delle singole valli è notevole e non sono rari i casi di reimpiego, per questa funzione, di chiese rupestri, magazzini, ecc.

e) Magazzini: anche in questo caso si è in presenza di strutture tipiche e piuttosto comuni, anche quando a questa funzione sono stati adibiti vani sotterranei che in origine avevano altra funzione.

f) Tombe: la loro importanza deriva dai motivi decorativi che le caratterizza. Parecchi di questi siti sono comunque molto antichi e non sempre possono essere relazionati al più vasto e complesso fenomeno insediativo della Cappadocia.

4. – LE CAUSE DEL DEGRADO

La dichiarazione dell'UNESCO viene formulata nel tentativo di arginare il degrado abbastanza avanzato e diffuso in tutta l'area (BOWEN, 1987; 1990). A fronte di un patrimonio vasto e diversificato è stato necessario compiere scelte radicali che hanno privilegiato solo alcuni tra gli insediamenti sacri più rappresentativi. Purtroppo la necessità di rendere turisticamente fruibili questi siti ha inserito una nuova variabile, spesso non controllabile, nell'ampia casistica delle cause del degrado e che possono essere sinteticamente riassunte nel modo seguente.

4.1. – FATTORI NATURALI

Erosione: è responsabile del progressivo crollo di ampie porzioni dei canali di drenaggio e di emunzione; l'erosione tende anche ad interessare le parti più esposte delle chiese rupestri (fig. 2) e degli affreschi ivi contenuti. Sempre per i motivi climatici e litologici, la rapida evoluzione del paesaggio per erosione riguarda anche i versanti vallivi e i fondovalle non drenati. Ne risulta una morfologia in continua trasformazione, con l'erosione che procede da valle verso monte, allargando le valli e formando un fondovalle pianeggiante dove si depositano i materiali erosi dai versanti, in assenza di un'azione continua nel tempo delle acque incanalate. Anche questi fondovalle, dove si sviluppano le pratiche agricole, non sono comunque aree stabili, in quanto le acque dilavanti, concentrate in corsi d'acqua stagionali e effimeri, provvedono alla rimobilizzazione dei depositi.



Fig. 2. – Göreme: the exterior of Karanlık ignimbrite Church.

– Göreme: esterno della chiesa di Karanlık.

Al cospicuo trasporto solido, che avviene in contemporanea al passaggio delle acque incanalate, è dovuta una accelerazione negli effetti dinamici ed una progressiva obliterazione del vacuo dei canali.

Cause strutturali, sono essenzialmente di tre tipi:

- le fratture e le faglie appartenenti ai lineamenti tettonici che interessano le intere strutture vallive; tali sistemi sono da considerarsi in parte coevi alla messa in posto delle ignimbriti, in parte connessi alla attività tettonica successiva e anche contemporanea;

- le fratture innescate da cedimenti statici derivanti dallo scavo degli ambienti sotterranei o alla loro parziale demolizione mediante esplosivi; si tratta di sistemi di fratture che caratterizzano in particolare le volte e i passaggi degli ambienti ipogei;

- livelli litologici dotati di scarsa coesione e discontinuità stratigrafiche; lungo questi giunti di stratificazione si sviluppa un'erosione differenziale che contribuisce all'innescare di crolli parziali e inoltre può rappresentare una via preferenziale di scorrimento delle acque di infiltrazione, determinando ulteriori dissesti.

Come effetto di questi fattori, spesso concomitanti, si ha un progressivo crollo, ad iniziare dalle parti più esterne, con coinvolgimento delle aree interne dei manufatti sotterranei (fig. 3).

4.2. – FATTORI ANTROPICI

Demolizione per reimpiego di materiale: la necessità di provvedere al continuo ripristino dei terrazzi agrari per le coltivazioni orticole di fondo valle ha comportato la ricerca di materiali lapidei di idonea consistenza e, possibilmente, già sbozzati. Per questa ragione sono stati preferiti siti ipogei non più utilizzati ed in particolare, vista la differenza di religione, gli insediamenti rupestri cristiani. Così molte chiese sono state demolite, in varia misura, mediante esplosivi.

Utilizzazione diversificata dei siti: anche in questo caso sono state molto utilizzate le chiese rupestri, adibite quindi a piccionaie e magazzini.

Pressione turistica nelle valli: sono gli elementi nuovi del problema poiché una grande parte delle speranze per il progresso economico dell'area trovano riferimento nella valorizzazione turistica dei siti, ma nella fase di progettazione e di esecuzione non sono stati adeguatamente considerati due fattori, quali la scarsa consistenza del litotipo ed il contenimento della fruizione turistica in relazione all'ampiezza del sito. È opportuno ricordare come nello studio delle aree protette, o comunque delle aree da destinare a fruizione turistica, questi parametri siano adeguatamente e preventivamente ben considera-

ti. Nelle valli della Cappadocia, viceversa, ove attualmente vengono convogliate masse sempre maggiori di turisti (a piedi, in bicicletta, a cavallo o con mezzi meccanici), il degrado che si è immediatamente innescato progredisce a ritmi vertiginosi, proprio per le caratteristiche litologiche, che mal sopportano un eccessivo calpestio, unitamente all'impossibilità di controllare adeguatamente i siti di interesse artistico (con degrado di pitture soggette a vandalismo, con asportazione di porzioni anche piuttosto ampie).

Pressione turistica negli ambienti sotterranei: sono questi i tipici problemi già noti nelle analisi di impatto ambientale nella cavità naturali destinate alla fruizione turistica. Non sono diversi infatti i parametri da tenere in considerazione: umidità, temperatura, emissione di CO₂. A questi elementi occorre aggiungere anche il mancato controllo, in alcuni siti, sulle attività dei visitatori che tendono a deteriorare le pitture mediante le scritte, con corrosione dovuta agli annessi cutanei delle dita, sino all'asportazione.

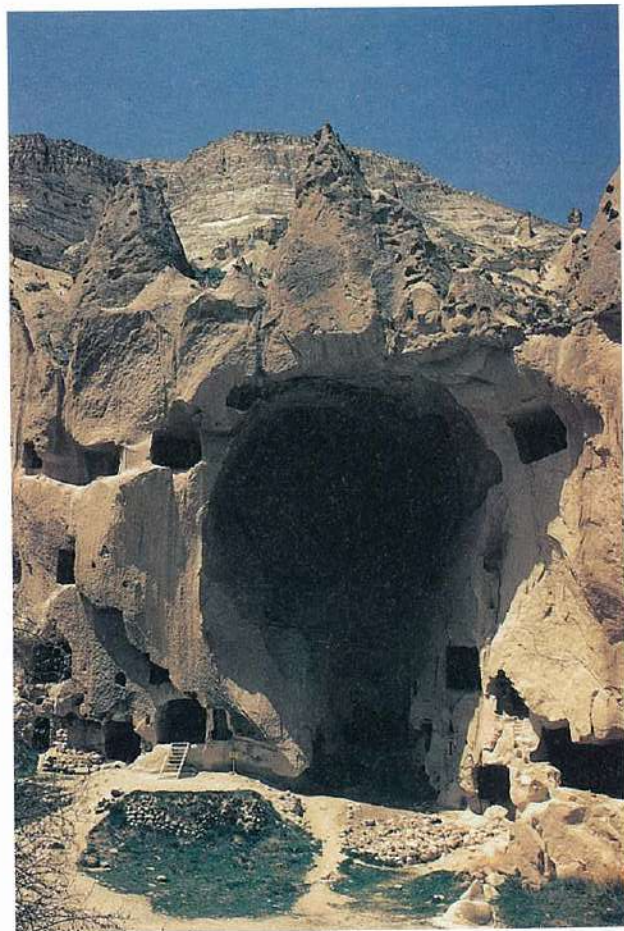


Fig. 3. – Göreme: fall problems in old underground settlements.

– Göreme: fenomeni di crollo negli antichi insediamenti sotterranei.

4. - CONCLUSIONI

Sulla base di quanto esposto, in particolare circa la situazione di rischio dei siti geologici più importanti (pinnacoli) e dei preziosi insediamenti, si ritiene che il degrado di tali monumenti geologici ed ipogei della Cappadocia possa essere almeno limitato mediante le seguenti iniziative:

a) censimento e catalogazione dei pinnacoli, degli insediamenti ipogei e delle chiese rupestri;

b) monitoraggio ambientale, di staticità strutturale e calcolo del limite di soglia per gli ambienti ipogei, con particolare riferimento alle chiese rupestri;

c) calcolo del limite di accettabilità dei sentieri ed i percorsi turistici all'interno delle valli ed emanazione di una normativa specifica atta a controllare il transito e le attività dei turisti;

d) programma di dettaglio per cementare, mediante opportuni collanti, le fratture più pericolose esistenti nei monumenti ipogei.

BIBLIOGRAFIA

- BIXIO R. (1994) - *Le città sotterranee della Cappadocia*. Le Scienze, 313: 34-43, Milano.
- BOWEN R. (1987) - *Geology and Conservation of Antiques Monuments in Turkey*, Environm. Geol., 9, (2):71-84, New York.
- BOWEN R. (1990) - *The Future of the Past at Goreme in Turkey*, Environm. Geol., 16, (1): 35-41, New York.
- BURRI E. (1995) - *Canalizzazioni sotterranee per il drenaggio e l'emungimento idrica nelle antiche e recenti attività agricole. Esempi comparati nell'Etruria Meridionale (Italia) ed in Cappadocia (Turchia)*. In: Atti del Conv. Geogr. Intern. «I Valori dell'Agricoltura nel Tempo e nello Spazio» (in stampa).
- CUNEO P. (1981) - *Urbanistica e ambiente architettonico della Cappadocia*. In: FONSECA C.D. (Ed.): «Le aree omogenee della Civiltà Rupestre nell'ambito dell'Impero Bizantino: La Cappadocia», 199-203, Congedo Ed., Galatina.
- DE JERPHANION G. (1925-1942) - *Une nouvelle province de l'art Byzantine. Les églises rupestres de Cappadoce*. Paris.
- ERCAN T., TURKECAN A. & KARABYIKOGLU M. (1994) - *Neogene and Quaternary Volcanics of Cappadocia*. Excursion Guide of International Volcanological Congress, IAVCEI Ankara 94, pp. 28. Ankara.
- GIOVANNINI L. (1971) - *Il territorio e gli ambienti rupestri*. In: AA.VV.: «Arte della Cappadocia», Les Editions Nagel, 67-80, Ginevra.
- INNOCENTI F., MAZZUOLI R., PASQUARÈ G., RADICATI DI BROZZO F. & VILLARI L. (1975) - *The Neogene calc-alkaline volcanism of Central Anatolia: geochronological data of Kaisery-Nidge area*. Geol. Mag., 112: 349-360.
- JOLIVET-LEVY C. (1991) - *Les églises byzantines de Cappadoce*, C.N.R.S., 1991, Paris.
- LE PENNEC J.L., TEMEL A., DRUITT T., FROGER J.L., AYDAR E., BOUR-DIER J.L., CAMUS G. & GUNDOGU M.N. (1994) - *The Neogene to Quaternary Ignimbritic Field of Cappadocia*. Excursion Guide of International Volcanological Congress, IAVCEI Ankara 94, pp. 29. Ankara.
- PASQUARÈ G., POLI S., VEZZOLI L. & ZANCHI A. (1988) - *Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia, Turkey*. In: «The origin and evolution of arcs», Tectonophysics, 146: 217-230.
- SCHUMACHER R., MUES U. & KOBERSKI U. (1992) - *Petrographical and geochemical aspects and K/Ar-dating of ignimbrites in Cappadocia, Turkey*. Abstract of the 6th Cong. of the Geol. Soc., Athens.
- TEMEL A. (1992) - *Kapadokya eksplosif volkanizmasının petrolijik ve jeokimyasal özellikleri*. PhD-thesis, Ankara.
- TOPRAK V., KELLER J. & SCHUMACHER R. (1994) - *Volcano-Tectonic Features of the Cappadocian Volcanic Province*. Excursion Guide of International Volcanological Congress, IAVCEI Ankara 94, pp. 58. Ankara.

Le grotte del tratto sotterraneo del fiume Bussento (Provincia di Salerno)

The caves in the underground stretch of Bussento river (Salerno province)

CERLESI E. (*), CERLESI F. (*), CERLESI L. (*), PIANTEDOSI M. (*)

RIASSUNTO - Tra i comuni montani di Caselle in Pittari e Morigerati, in provincia di Salerno (Campania), si snoda il percorso sotterraneo del Fiume Bussento, in un'area carsica. Nel 1982, a seguito di piogge torrenziali, si verificò una occlusione delle grotte, che, oltre a produrre un allagamento, per rigurgito, delle campagne a monte dell'inghiottitoio carsico, mise in pericolo di crollo la diga in terra dell'ENEL che sbarrava il lago artificiale di Sabetta. Le indagini svolte dagli Autori per scoprire il punto di arresto delle acque sotterranee e fare in modo di disostruire il canale sotterraneo portò anche alla scoperta di una serie di grotte di straordinaria bellezza, meritevoli di essere segnalate come geotopo di grande valore scientifico e didattico.

PAROLA CHIAVE: Grotte, geotipi, F. Bussento.

ABSTRACT - Among the mountain Mynicipalites of Caselle in Pittari and Morigerati, within the Province of Salerno (Campania), the subterranean course of the river Bussento, unwind in a Karstic area. In 1982 consequently to torrential rains, an obstruction of the caves occurred, which resulted in the inundation of the countryside uphill of the Karstic sinkhole, as well as endangering the dam on the artificial lake of Sabetta (in the ENEL settleland) of a possible collapse.

The survey carried out to discover the stopping point of the underground waters and attempt to unblock the subterranean river brought to the discovery of several caves of extraordinary interest, deserving to be reported as a geotope of great scientific and didactic value.

KEY WORDS: Caves, geotopes, Bussento River.

1. - INTRODUZIONE

In questa nota ci si riferisce alla galleria percorsa nel suo tratto sotterraneo dallo storico fiume Bussento, lunga 6 Km, sita in provincia montana del Salernitano, tra i Comuni di Caselle in Pittari e Morigerati. Il fiume per questo tratto scorre in un alveo che fa parte di un sistema di grotte carsiche, di cui poco si sapeva prima della ricerca illustrata in questa memoria.

Siamo in un territorio gestito dall'omonima Comunità montana del Bussento e dalla Regione Campania, e per il quale alcune associazioni ambientaliste hanno, di recente, chiesto la protezione, per una larga fascia attorno allo sviluppo sotterraneo del fiume. Nel 1982, a seguito di forti piogge torrenziali, si verificò una occlusione del percorso sotterraneo del fiume; il rigurgito oltre a produrre un allagamento delle campagne a monte dell'inghiottitoio carsico attraverso il quale le acque del Bussento si inabissano nel sottosuolo, mise in pericolo di crollo la diga in terra dell'ENEL, che sbarrava il lago artificiale di Sabetta.

Le indagini si sviluppano sia per localizzare la occlusione del percorso sotterraneo del fiume che per conoscere la topografia dello stesso percorso.

Tali indagini furono eseguite con tecniche della geofisica e si conclusero con una perlustrazione delle

(*) Via dell'Annunziata, 23 - (00147) Roma.

grotte, avviata dai due estremi. In una prima fase si penetrò nel sistema di grotte attraverso l'inghiottitoio ubicato nei pressi di Caselle in Pittari (fig. 1): si riuscì a raggiungere, innanzitutto, mediante un canotto, il punto di occlusione, costituito da uno stretto «lamina-toio», fatto di una lunga fessura tra due strati della roccia calcarea, attorno a cui si ammassavano tronchi, ramaglie, foglie e altro vario materiale leggero, trasportati dalla furia delle acque. Si provvide allora, alla meglio, a liberare un varco che si dimostrò sufficiente per un primo deflusso, cosa che, presto, assecondò l'empito di nuove acque, che completarono, naturalmente, l'opera nostra, producendo un più rapido deflusso.



Fig. 1. – L'inghiottitoio che costituisce, per la corrente del Fiume Bussento, l'ingresso al sistema di grotte carsiche, dalla parte del comune di Caselle in Pittari.

– The sinkhole forming, for the Bussento river stream, the access to the Karstic cave system, on the Caselle in Pittari side.



Fig. 2. – Una volta della galleria, nei pressi dell'inghiottitoio dell'immagine precedente

– One vault of the gallery near the sinkhole of the previous picture

Superato quest'ostacolo, provvedemmo a far defluire liberamente l'acqua, così da poter seguire, con gli stessi sistemi di prima, il serpeggiamento del fiume nel percorso sotterraneo, cosa che ci mise in condizione di tracciare su cartografia la linea sinuosa del fiume in tutto il suo sviluppo sotterraneo tra Caselle in Pittari e Morigerati.

Una volta risolto il problema dell'occlusione, fu attuata una seconda perlustrazione speleologica, penetrando nel sistema di grotte da valle, sotto l'abitato di Morigerati, per circa 600 metri.

Si accenna qui, a quanto potemmo vedere con i nostri occhi e fotografare durante le perlustrazioni: la grandiosità di fantasmagorici paesaggi interni, la misteriosa e variegata bellezza delle rocce calcaree, scavate dall'acqua di secoli, la presenza di murmuri ruscellamenti che, con cascatelle, terminano in tanti laghetti disposti a varie altezze, gli anfratti dalle configurazioni suggestive, le elevate cattedrali di vuoto, create dalle erosioni, con cento diverse bizzarrie di forme e colori (figg. 2, 3, 4, 5), tanto che è lecito affermare che si tratti di un geotopo meritevole di essere studiato e salvaguardato per i suoi aspetti scientifici e di rarità, oltre che didattici.

Per il terzo punto, si pone il tema culturale e sociale. Il complesso delle molteplici ed interessantissime constatazioni, ci ha fatto riflettere, anche, sull'enorme valore di tante meraviglie, portandoci alla convinzione che è tempo di combattere una forte battaglia, per la rinascita di queste lande di sottosviluppo in progressivo abbandono. E in occasione di questo Simposio potrebbe prendere avvio una prestigiosa e preziosa azione, per far conoscere queste grotte, cui faccia seguito il risanamento ambien-



Fig. 3. – I ricercatori subacquei lungo un tratto del percorso sotterraneo del Fiume Bussento

– The researchers along the subterranean course of the river Bussento



Fig. 4. – Una immagine del fiume sotterraneo, sopra un salto d'acqua

– *A picture of the subterranean river, above a waterfall*

tale-agricolo da un lato, e culturale-turistico-economico dall'altro.

Promozione essenziale per un territorio, depauperato, compromesso, ma pur sempre dal pittoresco ambiente rupestre, fatto anche di pianori coltivabili.

Un progresso che porterebbe, certamente, a uno sviluppo occupazionale nel terziario, con un processo, sia pure lento e graduale, ma costante a un concreto vantaggio per i giovani, da impiegare nei settori culturali, turistici, in tutte le infrastrutture che si renderanno via via necessarie.

Ne ha fatto seguito, da parte nostra, una indicazione di progetto, dedotta dai risultati della ricerca, per la valorizzazione corretta di questo bene, rimasta a tutto-
ra «inevasa».



Fig. 5. – Altre immagini del sistema di grotte carsiche lungo il quale si snoda il percorso sotterraneo del fiume Bussento

– *Other pictures of the Karstic cave system along the unwinding subterranean course of the river Bussento*

Per il quarto punto, ci piace ricordare, infine, la leggenda che riguarda il fiume Bussento del Salernitano, sfociante nel mare di Policastro Bussentino (e non del torrente Busento di Calabria, con immissione nel Crati a Cosenza, come erroneamente si è ritenuto per tanto tempo); leggenda davvero non tanto peregrina che ci dice infatti che in esso, deviandone per un po' le acque, venne sepolto Alarico re dei Visigoti, morto per improvvisa malaria. Leggenda rimata in una ballata di A. von Platen (ove viene indicato erroneamente il torrente) e tradotta dal Carducci: «cupi a notte canti suonano - da Cosenza sul Busento».

Ci limiteremo ad alcuni fugaci accenni, per due precise ragioni:

— perché è preminente e urgente porsi, a vantaggio di queste impoverite e desolate zone montane, il compito magnifico di vivificarle ed avvalorarle, affrontando l'elevata questione scientifico-culturale che queste grotte reclamano;

— perché abbiamo seguito, nelle ricerche di tipo archeologico, un consiglio del Prof. Ranuccio Bianchi Bandinelli: «non rivelare nuove conoscenze storico-archeologiche, sinché, in Italia, non verrà affrontato, con decisione illuminata e con la dovuta serietà e modestia, il problema della corretta ed incorruttibile difesa, esposizione e valorizzazione del grandissimo patrimonio culturale, ed in particolare archeologico; privilegio che l'Italia detiene in così grande misura. Dovranno, ad esempio, essere prima portati alla luce le migliaia di reperti dimenticati negli anonimi e polverosi magazzini! Si farebbe un torto ai posteri, dilapidando, oggi, tanta ricchezza celata, che essi, vivendo in giusti tempi, potrebbero ricercare, scoprire e meglio di noi apprezzare».

Crediamo che questo Simposio internazionale, istituito con lo scopo della conservazione del patrimonio geologico e ambientale a scala mondiale, sia la sede, più adatta e risonante, per compiere denunce di questo tipo e rappresenti il consesso, di gran lunga più autorevole per porre ed indicare, ai nostri «distratti» governanti, con la forza delle competenze multi-disciplinari che esso raccoglie ed esprime, i campi dove esercitare, con maggiore impegno e profitto, il loro dovere, di tutela, protezione e valorizzazione (anche per l'aspetto economico che esso sottende) dell'immenso patrimonio naturale e culturale della nostra Italia, di tanta sconfinata ricchezza, che non è, e non va dimenticato, soltanto nostra, ma di tutti i popoli che vivono su madre Terra.

BIBLIOGRAFIA

Acque dolci e sotterranee - Inventario dei dati raccolti dall'AGIP-ENI. Grafica Palombi (1972).

DESIO A. - *Geologia dell'Italia*. Edizioni UTET (1973).

OGNIBEN L., PAROTTO M. & PRATURLON A. - *Structural Model of Italy - Maps and explanatory notes*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma (1975).

ARTINI E. - *Le Rocce - Concetti e nozioni di petrografia*. Hoepli Editore (1979).

NORINELLI A. - *Elementi di Geofisica applicata*. I edizione. Editore Patron Bologna (1981).

Le zone umide, geotipi da salvaguardare di primaria importanza: i casi della Diaccia Botrona e del Tevere Farfa

The wetlands - geotypes of primary importance to protect: the examples of Diaccia Botrona and Tevere Farfa

CONTE M. (*), CAROCCI F. (**), VALPERGA DI MASINO C.E. (***)

RIASSUNTO - Mentre nella storia passata del nostro pianeta le zone umide, ampiamente presenti, hanno rappresentato elementi fondamentali della storia geologica e geomorfologica delle terre emerse, negli ultimi due millenni, in seguito alla continua e crescente pressione antropica, sono state ridotte inesorabilmente ad aree sempre più esigue.

Nonostante ciò, i lembi di zone umide sopravvissuti esercitano egualmente un'influenza determinante sulle dinamiche idrologiche, idrogeologiche, sedimentologiche e geomorfologiche di svariate regioni della terra.

Due casi recentemente studiati in Italia sono quelli della Diaccia Botrona (GR) e del Tevere-Farfa (RM); in entrambe le località si è riscontrato che le pressioni antropiche all'interno delle zone umide e nelle aree limitrofe hanno innescato una serie di disfunzioni sui cicli idrologici, idrogeologici e sedimentologici tali da compromettere l'efficienza delle dinamiche fisiche e chimiche peculiari delle zone umide stesse con ripercussioni sulla flora e la fauna.

PAROLE CHIAVE: Sedimentologia, Geopedologia, Geomorfologia, Idrogeologia.

ABSTRACT - Covering vast portions of the earth, the wetlands, during the remote past of our planet, were a fundamental element in the geological and geomorphological history of the emerging lands.

In the last two millenia, however, following continuous, ever increasing anthropical pressure, they have been inexorable reduced in size.

Nevertheless, the remaining patches of wetlands still have a determining influence on the hydrological, hydrogeological, sedimentological and geomorphological dynamics in many of the earth's regions.

Two examples recently studied in Italy are found in Diaccia Botrona (Grosseto) and Tevere-Farfa (Rome).

In both places, it was discovered that the anthropical pressure in the wetlands and bordering areas set off a malfunctioning of the hydrological, hydrogeological and sedimentological cycles to such an extent as to compromise the efficiency of the physical and chemical dynamics characteristic of the wetlands themselves.

This also had repercussions on the flora and fauna.

KEY WORDS: Sedimentology, Geopedology, Geomorphology, Hydrogeology.

1. - INTRODUZIONE

Il lavoro qui esposto testimonia l'importanza che anche le zone umide possono avere come geotipi. Nel caso specifico si parlerà delle aree della Diaccia Botrona in provincia di Grosseto e del Tevere-Farfa in provincia di Roma. Infatti gli equilibri idraulici peculiari di questi ambienti sono annoverati nel comma 3 dell'art. 1 della L. 394/91 fra gli elementi da sottoporre a tutela e conservare mentre le loro morfologie subaeree e subacquee in continua evoluzione, i loro eterogenei corpi sedimentari e i particolari suoli che si sviluppano sono elementi menzionati nell'elenco delle singolarità geologiche (ARNOLDUS A., GISOTTI G., MASSOLI-NOVELLI R. & ZARLENGA F., 1995). Inoltre i loro sedi-

(*) Località Roccafranca, 3 - C.A.P. 62022 Castelraimondo (MC)

(**) Via Ivanoe Bonomi, 157 - C.A.P. 00139 Roma

(***) Via Santa Costanza, 32 - C.A.P. 00198 Roma

menti oltre a registrare la passata evoluzione chimica e fisica di questi ambienti, spesso contengono la storia della vita delle terre emerse, della specie umana e delle sue culture. Il drastico aumento della popolazione umana con la conseguente richiesta, sempre crescente, di risorse, avvenuti nell'ultimo millennio, ha causato una drastica riduzione delle aree umide.

Le due aree qui menzionate oltre che costituire ormai una tipologia rara per quanto concerne i processi di formazione, presentano peculiari caratteristiche di rappresentatività ed una buona accessibilità e fruibilità: sono entrambe considerate zone umide di importanza internazionale in quanto inserite nella Shadow list of Ramsar Sites

2. - LA ZONA UMIDA DELLA DIACCIA BOTRONA

2.1. - INQUADRAMENTO DELL'AREA

L'area della Diaccia Botrona copre una superficie di 29 km² nella pianura di Grosseto e si presenta come un ambiente di transizione fra terra ferma e mare. Il perimetro dell'area oggetto di studio è definito dal mare a sud, dal centro abitato di Castiglione della Pescaia e dal fiume Bruna ad ovest, sempre dal fiume Bruna a nord e da un argine detto Argine Affacciato ad est. Detta area è suddivisibile in tre zone, quella prettamente costiera, costituita da una fascia di cordoni litoranei sabbiosi appartenenti al lato destro della cuspide dell'estuario del fiume Ombrone, il Padule di Castiglione, che occupa la porzione ovest della Diaccia Botrona, ed il Padule Aperto, che occupa quella est; entrambe le ultime due hanno una morfologia tipicamente pianeggiante.

L'attuale piana di Grosseto deve la sua origine al riempimento, da parte dei sedimenti portati dai fiumi, di un golfo marino rimasto tale fino al Pleistocene Superiore - Olocene inferiore, riempimento che iniziò con la formazione di barre sommerse che col tempo emersero con allineamento in direzione SE-NW fino a formare un vero e proprio tombolo. Il bacino lagunare subiva nel frattempo un progressivo interrimento da parte dei fiumi che vi sfociavano. Tra questi il fiume Ombrone che, ad un certo punto della sua storia, tagliò il tombolo sfociando così a mare; da quanto risulta dalle testimonianze di Plinio il Vecchio questo fenomeno era già avvenuto nel I secolo d.C.

Il lago-laguna andò progressivamente interrendosi da nord verso sud e da est verso ovest, per cause naturali legate all'apporto dei fiumi finché, intorno al XIV -

XV secolo quando occupava un'area di circa 50 km², fu totalmente riempito mediante successive colmate di bonifica che gli hanno conferito l'aspetto attuale.

Di seguito verranno descritte le singolarità geologiche per le quali la zona umida della Diaccia Botrona è da considerarsi un bene geologico da salvaguardare.

2.2. - IL CORDONE LITORANEO

Quest'area è di facile accesso e fruibilità in quanto attraversata longitudinalmente dalla Strada Statale N. 322. Ciò, in assenza di adeguate misure di salvaguardia, comporta anche un elevato rischio di danneggiamento delle singolarità geologiche presenti.

Il cordone litoraneo è costituito da una fascia di cordoni sabbiosi che separa il Padule di Castiglione ed il Padule Aperto dal mare costituiti, nel tratto interessato allo studio, da sabbia a granulometria media proveniente, per quanto riguarda la zona più interna, dai fiumi che sfociavano nel golfo-laguna, mentre per quella esterna e tutt'ora in avanzamento verso il mare, dal fiume Ombrone. Questi sedimenti sono stati trasportati e rilasciati dalle correnti litoranee e dal moto ondoso, rimossi dal vento e rideposti a formare un deposito di duna continentale a densità media, a tratti parzialmente cementato e con una morfologia rialzata rispetto a quella dei paduli retrostanti.

Dall'analisi effettuata mediante le foto aeree e dal rilevamento di campagna, è risultato un avanzamento verso mare della costa sempre più marcato man mano ci si avvicina alla foce del fiume Ombrone, tranne in un piccolo tratto compreso fra le opere di difesa longitudinali emergenti in prossimità di Castiglione della Pescaia e la località di "Forte delle Marze" dove il litorale subisce un leggero arretramento. Mentre per le paleodune dei cordoni interni gli agenti esogeni e antropici hanno cancellato le testimonianze delle loro modalità di accrescimento ed evoluzione, imponendo una morfologia abbastanza uniforme con un'elevazione media di 2,5 m s.l.m., sulla restante fascia situata tra la Strada Statale N. 322 ed il mare si è osservata una situazione differente. Qui, infatti, sono state riscontrate tracce più evidenti della storia evolutiva delle dune: l'andamento altimetrico medio è di 3,0 m s.l.m. ed è inoltre presente un cordone dunare, subparallelo alla S.S. N. 322, con un'elevazione media di 6,0 m s.l.m. e quote massime di 8,0 m s.l.m. divergente dalla linea di costa procedendo verso SE. Cordoni dunari attivi in crescita verso il mare sono presenti fra quello subparallelo alla S.S. N. 322 ed il mare stesso, costituendo una fascia sabbiosa che si allarga sempre di più avvicinando

nandosi alla foce del fiume Ombrone divergendo da quelle più interne. Perciò la fascia di cordone litoraneo compresa fra la Strada statale N. 322 ed il mare risulta un elemento geomorfologico e sedimentario abbastanza conservato che necessita di essere salvaguardato da possibili interventi antropici distruttivi, purtroppo in parte già avvenuti. Inoltre su questi cordoni dunari sono stati notati suoli particolari a tessitura marcata: sabbiosa, scheletro assente, reazione sub-alcina tendente a divenire col tempo sub-acida per dilavamento delle basi, una bassa capacità di ritenzione idrica ed una discreta salinità. Sia sulle dune prive o quasi di vegetazione che su quelle colonizzate dalle piante e arbusti il suolo resta ad uno stadio evolutivo iniziale a causa dell'erosione e del trasporto eolico nel primo caso e del ruscellamento nel secondo; quest'ultimo accumula nelle depressioni interdunari materiali argillosi, limo-argillosi e resti vegetali con parziali fenomeni di torbificazione ed una tendenza evolutiva del suolo verso tipi idromorfi.

Da un punto di vista idrogeologico, i depositi sabbiosi in oggetto costituiscono il serbatoio di una falda freatica che presenta continuità idraulica verso terra con quella dei paduli e verso mare con le sabbie marine. L'esistenza di questa falda, alimentata dalle sole acque piovane e galleggiante sulle acque salmastre di provenienza marina, è di vitale importanza per l'ecosistema locale presente sul cordone litoraneo, formato da pineta e da macchia mediterranea. Dall'analisi del bilancio idrogeologico e da quanto rilevato direttamente, le attuali portate emunte non intaccano in maniera significativa la riserva d'acqua dolce della duna anche se nelle aree subito prospicienti le opere di captazione sono visibili fenomeni di degradazione della coltre vegetale. Si consideri inoltre che i vari insediamenti antropici presenti sul cordone litoraneo tendono a diminuire la percentuale di superficie in grado di infiltrare l'acqua piovana. Comunque un'ulteriore accentuazione delle interferenze antropiche rischierebbe di compromettere in maniera irreversibile tale singolare equilibrio idrogeologico.

2.3. – IL PADULE DI CASTIGLIONE

Viene preso in considerazione solamente il Padule di Castiglione in quanto nel Padule Aperto a causa della forte pressione antropica legata all'agricoltura sono assenti le micromorfologie legate alle dinamiche naturali che invece si riscontrano nel Padule di Castiglione. Questa area che copre una superficie di 9 km² si colloca geograficamente fra il cordone litoraneo

a sud-ovest, il fiume Bruna a ovest e a nord e il Padule Aperto, ad est. La stratigrafia ottenuta in base a dati provenienti dalla perforazione di pozzi per la captazione delle acque, da sondaggi e da una campagna geofisica effettuata negli anni 80, evidenzia, procedendo dall'alto verso il basso, la presenza di 4-5 m di sedimenti limo-argillosi e argillosi depositi con le colmate di bonifica effettuate tra il XVI sec. e la prima metà del XIX sec. sovrastanti uno spessore variabile, a seconda dei punti, dai 30 m e i 75 m di sabbie fini e medie con lenti limo-argillose e corpi di sabbie più grossolane, molto probabilmente isopici con i depositi di conoide posti allo sbocco della piana di Grosseto. Alla base di questo potente corpo sabbio-limoso indagini geofisiche hanno rilevato un basamento con caratteristiche simili a quelle della "Formazione del Macigno".

La superficie del padule, che rappresenta anche il tetto dei sedimenti limo-argillosi originati dalle colmate di bonifica, evidenzia ondulazioni appena percettibili con dislivelli che, a meno di alcune eccezioni, non superano 0,6 m. ed è attraversata da una rete di canali, di cui alcuni arginati e utilizzati in passato per le colmate di bonifica. Attualmente solo uno di questi canali è in grado di immettere acqua dolce nel padule.

Anche se da un punto di vista puramente morfodinamico il Padule di Castiglione è una zona stabile in quanto sia i corsi d'acqua che il mare non sono in grado di innescare processi di evoluzione geomorfologica su media e grande scala, sono da considerare alcune singolarità quali i lenti scorrimenti idrici, originati dagli apporti meteorici stagionali, verso le aree più depresse dove si accumulano le particelle più fini che, insieme alla sostanza organica, innescano processi di torbificazione. Questi accumuli sono visibili facilmente camminando attraverso l'area del Padule. Si consideri che tali processi sono attivi da quando sono terminate le colmate di bonifica e cioè dalla prima metà del XIX secolo ad oggi. Conseguenza di tutto ciò è la formazione di suoli di tipo idromorfo con caratteristiche variabili in base al rapporto fra tempi di imbibizione ed areazione ed alla durata, qualità e quantità degli apporti idrici che possono variare a seconda che prevalga la presenza dell'acqua della falda salmastra o di quella dolce di origine meteorica derivante dalle portate del Canale della Molla o Collettore. Questi suoli presentano un profilo tipo A-B-C con un orizzonte Bg con colorazione variabile da grigio-bluastro a rossastro a seconda della durata dell'imbibizione con presenza più o meno rilevante di torba a seconda che si trovino in zone più o meno rilevate.

Lo studio idrogeologico ha messo in evidenza la presenza di una falda salmastra alimentata sia dagli

apporti dei canali e dei fossi di bonifica che dal mare. Questa falda ha un livello piezometrico medio oscillante fra - 0,7 m e + 0,5 m rispetto al livello del mare, con direzione di deflusso ed un debole gradiente verso quest'ultimo; i pompaggi d'acqua, soprattutto in estate, deprimono la piezometrica fino a 13 m di profondità dal piano campagna. Sotto la falda salmastra è stata individuata una falda di acqua dolce confinata nei corpi di sabbie più grossolane e alimentata dalle falde delle conoidi che sboccano nella piana di Grosseto.

2.4. - CONCLUSIONI

Attualmente sono in atto varie misure di salvaguardia della Diaccia Botrona che tutelano gli elementi e le dinamiche geomorfologiche ed idrogeologiche in quanto supporto imprescindibile per la sopravvivenza dei peculiari biotopi vegetali ed animali e non in quanto singolarità morfologiche, morfodinamiche, geopedologiche ed idrogeologiche da salvaguardare e valorizzare.

In particolare l'utilizzo eccessivo della risorsa acqua rischia di compromettere in maniera irreversibile il complesso e singolare equilibrio idrogeologico esistente fra gli acquiferi del Padule di Castiglione, quello del cordone litoraneo ed il cuneo di acqua marina.

3. - LA ZONA UMIDA DEL TEVERE-FARFA

3.1. - INQUADRAMENTO DELLA ZONA UMIDA DEL TEVERE-FARFA

Peculiarità di questa zona umida è la sua origine antropica dovuta alla costruzione della diga di Nazzano, effettuata nel 1956 dall' ENEL lungo il corso del fiume Tevere, 1,5 km a valle della foce del torrente Farfa, per la produzione di energia elettrica. Quest'area, costituita dagli specchi d'acqua del bacino di Nazzano, del torrente Farfa e del fiume Tevere, occupa una superficie di 3,5 km², ed è situata nel territorio dei Comuni di Nazzano e Torrita Tiberina, in provincia di Roma. Agli inizi degli anni ottanta è stata istituita dalla Regione Lazio la "Riserva Naturale del Tevere-Farfa" in quanto gli specchi d'acqua erano utilizzati dall'avifauna acquatica come luogo di sosta e nidificazione tanto da farla annoverare fra le zone umide di importanza internazionale. L'area tutt'ora gode di una buona fruibilità interna in quanto sono stati realizzati sentieri, camminamenti e luoghi di sosta.

3.2. - SINGOLARITÀ GEOMORFOLOGICHE E SEDIMENTARIE DELLA ZONA UMIDA

Il motivo per cui questa zona umida viene segnalata per le singolarità geologiche risiede nel fatto che la creazione del bacino in concomitanza con lo sviluppo di attività antropiche lungo l'alveo del torrente Farfa, quali attività di cava e lavaggio di inerti, prelievi e rilasci di acqua da parte dell'ENEL per il funzionamento di due centrali idroelettriche, hanno innescato una serie di processi morfodinamici e sedimentari che nell'arco di pochi decenni hanno provocato un aumento del carico solido del piccolo corso d'acqua; ciò ha portato ad un progressivo interrimento di alcune zone del bacino, una generale diminuzione della profondità dei fondali, formazione di isole, barre, delta e pianure alluvionali.

Si consideri che nel tempo intercorso fra la costituzione del bacino di Nazzano e lo studio dell'area effettuato dal sottoscritto nel 1993, si sono depositati, in una parte delle aree invase dalle acque in seguito all'innalzamento del livello del Tevere, da 1.500.000 a 2.000.000 di metri cubi di sedimenti di natura limo-sabbiosa. Questi fini materiali clastici si sono concentrati principalmente in due grandi corpi sedimentari, uno davanti alla foce del torrente Farfa, arretrata di circa 1 km in seguito alla costituzione del bacino di Nazzano, l'altro subito a valle di questa, sui bassi fondali presenti sulla sinistra orografica dell'antico alveo del fiume Tevere.

Nel primo caso si tratta di un delta che è progradato nel tempo, lasciandosi alle spalle una piccola pianura alluvionale ormai di circa 1 km di lunghezza, sulla quale il torrente Farfa tutt'ora divaga durante le piene rilasciando i sedimenti più fini. Percorrendo questa pianura alluvionale non antropizzata e su cui si sta instaurando un bosco igrofilo, si possono notare tutte le morfologie tipiche di questo ambiente di sedimentazione: canali e ventagli di rotta, canali di deflusso totalmente o parzialmente abbandonati riattivati a volte in concomitanza di piene eccezionali con relative barre e cordoni, piccoli acquitrini, ripples originati dalle acque di tracimazione, piccole plaghe di materiali organici e limo-argillosi in cui sono attivi processi di torbificazione.

Nel secondo caso mentre la foce del Farfa si avvicinava sempre di più all'alveo sommerso del fiume Tevere precedente alla creazione del bacino, le sue acque cariche di sedimenti venivano deviate verso valle dal flusso della corrente proveniente dal Tevere ed erano costrette a rilasciare il loro carico solido sui fondali di recente sommersione situati in sponda sinistra

del bacino di Nazzano; a ciò contribuiva la leggera curvatura verso sinistra dell'alveo del Tevere subito a monte della confluenza col Farfa. Il risultato di questo fenomeno nel tempo è stato l'emersione di isole, con forma allungata in direzione del flusso del Tevere, disposte a metà della larghezza del bacino. Queste sono lambite, in riva destra, dall'alveo profondo del Tevere e collegate da uno specchio d'acqua profondo non più di 20 cm alla sponda sinistra del bacino ed alla nuova foce del Farfa. Questo basso fondale è solcato da alcuni canali con profondità non superiore al 1,4 m; uno collega l'attuale foce emersa del Farfa con il vecchio alveo sommerso del Tevere, un secondo si diparte dalla metà di quest'ultimo e si unisce alla foce di un alveo semiabbandonato del Farfa mentre un terzo attraversa longitudinalmente il basso fondale fra le isole e la sponda sinistra del bacino. Attualmente i canali risultano in fase erosiva. Infatti durante lo studio dell'area si è analizzato anche lo stato delle attività antropiche lungo l'alveo del Farfa e si è notato che le cave non lavavano più gli inerti nelle acque del torrente da 3-4 anni mentre gli emungimenti erano stati dimezzati. Ciò aveva instaurato un prevalente regime erosivo sui corpi sedimentari, parzialmente rilevabile anche sulle morfologie della piana alluvionale. Di tutta questa massa sedimentaria in continua evoluzione delle relative morfologie che la delimitano, sono direttamente visibili isole e isolotti e, da alcuni punti di osservazione situati su sponde alte prospicienti lo specchio d'acqua tipo il "Casale della Mola", si intravedono alcuni dei canali che solcano la superficie sommersa del corpo sedimentario. Ma una visione più ampia e interessante si riesce ad avere in concomitanza dell'abbassamento di alcuni metri del livello del lago di Nazzano in seguito a interventi di mantenimento della diga a valle: sono così visibili molte morfologie solitamente sommerse quali barre, canali, ripples da corrente mentre lungo le sponde in erosione, normalmente sommerse, affiorano sezioni di strutture sedimentarie quali laminazioni da corrente.

3.3. - CONCLUSIONI

Da quanto detto emerge come l'uomo, anche se involontariamente, abbia creato una sorta di grande laboratorio in cui sono attivi processi geomorfologici e sedimentari che evolvono in tempi molto rapidi per cui ricadenti in un periodo di osservazione rientrante nell'arco della vita media di un individuo. La presenza di infrastrutture per il pubblico legate al fruimento della zona umida in quanto luogo di sosta e nidificazione di molte specie dell'avifauna acquatica consente un'osservazione ravvicinata anche dei fenomeni sopra descritti.

Purtroppo a livello gestionale non si è ancora valorizzato questo aspetto naturale dell'area. Anzi ultimamente i fenomeni sopra descritti sono stati portati sul banco degli imputati in quanto ritenuti responsabili del mutamento di alcune situazioni naturali, esistenti appena costituito il bacino di Nazzano, ritenute favorevoli per la conservazione del potenziale faunistico dell'area.

BIBLIOGRAFIA

- A.R.D.E.A. (1991) - *Studio per la valorizzazione della Riserva Naturale Tevere-Farfa*. ENEL.
- ARNOLDUS A., GISOTTI G., MASSOLI-NOVELLI R. & ZARLENGA F. (1995) - *I beni culturali a carattere geologico: i geotopi. Un approccio culturale al problema*. Geol. tec. & amb., 4: 35-47, Roma.
- AA.VV. (1978) - *Indagini sull'inquinamento del Fiume Tevere*. Istituto di Ricerca sulle Acque, CNR, Quaderno 27.
- AA.VV. (anni 75-82) - *Le zone umide dei comprensori di bonifica della Toscana, Lazio, Umbria e Sardegna*. Ist. Tecnica e propaganda agraria.
- BARTOLINI C. (1982) - *Studi di geomorfologia costiera: VII-dinamica evolutiva del litorale di Castiglion della Pescaia*. Boll. Soc. Geo. It., 101, pagg 173-210.
- BARTOLINI C., PRANZINI E., LUPA PALMIERI E. & CAPUTO C. (1977) - *Studi di geomorfologia costiera: IV-l'erosione del litorale di Follonica*. Boll. Soc. Geo. It., 96, (1.): 87-116.
- BONELLI (1987) - *Riserva naturale di Nazzano Tevere-Farfa*. Univ. degli studi di Pavia.
- CASTO L. & ZARLENGA F. (a cura di) (1992) - *I beni culturali a carattere geologico nella media valle del Tevere*. ENEA-Regione Lazio.
- FERRARI G. A., MAGALDI D. & RASPI A. (1970) - *Osservazioni micro-morfologiche e sedimentologiche su alcuni paleosoli nei dintorni di Grosseto*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Serie A., 77: 231-259.
- GE.T.A.S. S.r.l. (1983) - *Studio di fattibilità di un impianto di itticoltura a Padule Diaccia-Rapporto geologico*. Comune di Grosseto.
- GE.T.A.S. S.r.l. (1984) - *Studio di fattibilità di un impianto di itticoltura a Padule Diaccia-Valutazioni idrogeologiche della pianura grossetana per l'approvvigionamento idrico dell'impianto*. Comune di Grosseto.
- GISOTTI G. & TINELLI A. (1983) - *Zone umide, un patrimonio scientifico, economico, sociale*. Gen.rur., 12: 19-34.
- MAZZANTI R. (1983) - *Il punto sul quaternario della fascia costiera e del Pargipelago di Toscana*. Boll. Soc. Geo. It., 102: 419-556.
- MAXIA (1947) - *Un singolare fenomeno di erosione nella Sabina Occidentale, il Ponte Sfondato sul Torrente Farfa*.

The natural laboratory of the Calderone Glacier in the Gran Sasso d'Italia Mountain group: a geosite to know, to protect and to manage

Il laboratorio naturale del Ghiacciaio del Calderone nel gruppo montuoso del Gran Sasso d'Italia: un geotopo da conoscere, proteggere e valorizzare

D'OREFICE M. (*), GRAZIANI R. (**), PECCI M. (**), SILVESTRI F. (**) & SMIRAGLIA C. (***)

ABSTRACT – The Calderone Glacier represents not only a “case study” but also a “geo-site”, interesting as a model of geomorphological evolution, as a didactic example, as a palaeoenvironmental and palaeoglaciological evidence. So the aim of the research activities is the knowledge of the glacier and the interaction with human activities and, at the same time, its better valorization in the new “Gran Sasso and Laga National Park”: authors think that a good way could be the realization of a glaciological route and a center of information, if possible at Franchetti Hut of Alpine Club of Italy, like many already realized in the Alps.

KEY WORDS: Rarity and scientific value, glaciology, Calderone Glacier, Central Apennine.

RIASSUNTO – Il ghiacciaio del Calderone nel Gruppo montuoso del Gran Sasso d'Italia rappresenta già al momento attuale un bene protetto dalla legge italiana 8 Agosto 1985 n. 431, art. 1, come ogni ghiacciaio e circo glaciale in Italia. Il Calderone rappresenta anche un elemento unico, centrale, rappresentativo ed estremamente labile nell'ambiente mediterraneo. La sua singolarità non è solo dal punto di vista scientifico ed ambientale, ma anche storico, culturale ed alpinistico. Infatti negli ultimi anni l'interesse per l'attuale fase di riduzione («totale» a detta delle prime pagine dei giornali locali) è stato maggiore nei ricercatori stranieri - specialmente Inglesi, Giapponesi e Svedesi - che non Italiani. Per tutte queste ragioni e soprattutto per l'alto valore scientifico e per le possibili ricadute applicative, il DIPIA (Dipartimento Insediamenti Produttivi e Impatto Ambientale) dell'ISPESL (Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro) promuove a partire dal 1996, dopo una fase speri-

mentale iniziata nel 1995, un insieme di ricerche multidisciplinari, finalizzate alla conoscenza del «laboratorio naturale del Ghiacciaio del Calderone» e alla valutazione degli effetti delle attività antropiche sui cambiamenti locali e globali. Infatti un piccolo ghiacciaio al centro dell'area mediterranea rappresenta un potente, sensibile ed accurato indicatore degli effetti dell'inquinamento industriale e di origine antropica in generale e delle variazioni climatiche collegate. Sono state sino ad ora e verranno ancora utilizzate molte risorse economiche ed umane (in collaborazione con il Servizio Geologico del Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, il Comitato Glaciologico Italiano, le Università di Milano e Pescara) per lo studio del Calderone, l'unico apparato rimasto in attività negli Appennini dopo le glaciazioni quaternarie ed il più meridionale d'Europa (42°28'15" latitudine Nord). Il Calderone rappresenta quindi non solo un «caso di studio», ma anche un «geotopo», interessante come modello di evoluzione geomorfologica, come esempio didattico, come evidenza paleoambientale e paleoglaciological. In questa prospettiva gli obiettivi finali delle attività di ricerca sono rappresentati dalla conoscenza del ghiacciaio e delle sue interazioni con le attività umane, e, allo stesso tempo, la sua migliore valorizzazione nel «Parco nazionale del Gran Sasso e della Laga» di recente istituzione. Gli autori ritengono che una «via sostenibile» possa essere rappresentata dalla realizzazione di un sentiero glaciologico e dalla creazione di un centro di informazione scientifico-divulgativa, se possibile presso il Rifugio Franchetti del Club Alpino Italiano, a somiglianza di molti realizzati nelle Alpi.

PAROLE CHIAVE: rarità e valore scientifico, glaciologia, Ghiacciaio del Calderone, Appennino Centrale.

(*) National Geological Survey - Via Curtatone, 3 - 00187 Rome (Italy).

(**) ISPESL - DIPIA (Department of Industrial Settlements and Environmental Impact) - Via Urbana, 167 - 00184 Rome (Italy).

(***) University of Milan - Department of Earth Sciences - Via Mangiagalli, 34 - 20133 Milano (Italy).

1. – INTRODUCTION

The Calderone Glacier in the Gran Sasso d'Italia Mountain Group, Abruzzo – Central Italy – (fig. 1) represents, nowadays, already a property bound for the landscape by the Italian law 8 August 1985 n. 431, art. 1, like every glacier and glacial cirque of Italy. In figure 2 temporary Sofia lake is shown, it represents a rarity in the unicity of the Glacier: the lake is generated (TONINI, 1963) by the big amount of water rich in sediments, coming from melted snow, only in the beginning of the summer. The Calderone also represents an unique element, central, representative and extremely failing in the Mediterranean environment. Its singleness is not only from the environmental and scientific point of view, but by the historical, mountaineering-cultural too. In fact in last years the interest for the actual reduction phase ("total" in 1990, according to the first page of local newspapers) is more in foreigner researcher – especially English, Japanese and Swedish – than in Italian ones. For all these reasons and above all for the high scientific value and for the possible applications, the Department of Industrial Settlements and Environmental Impact of ISPESL promote, starting from 1996, after a training phase during 1995, a set of multidisciplinary researches, aiming at the knowledge of «the natural laboratory of Calderone Glacier» and to the assessment of the effects of human pollution on local and global change. In fact a little glacier in center-Mediterranean area is a powerful, sensitive and accurate indicator of the human and industrial pollution effects and related climatic variations. Many economic and human resources, in co-operation with Geological Survey of Italy (Department for National Technical Surveys), Italian Glaciological Committee and Universities of Milan and Pescara, will be taken up for the study of Calderone, the only residual apparatus from quaternary glaciation in Apennines and the southern in Europe ($42^{\circ}28'15''$ latitude North).

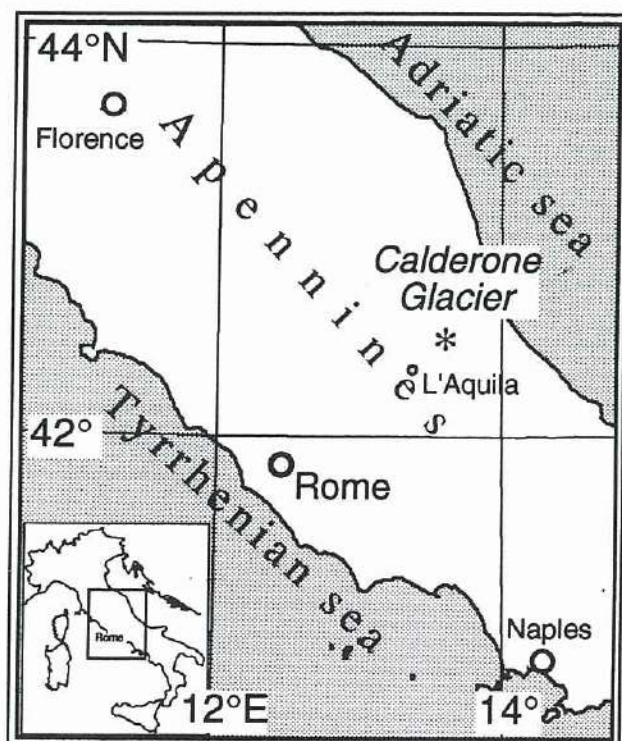


Fig. 1. – Localization of the Calderone Glacier.

– Ubicazione del Ghiacciaio del Calderone.



Fig. 2. – Lower part of Calderone Glacier with Sofia Lake (June 1994).

– Settore inferiore del Ghiacciaio del Calderone con il laghetto Sofia (Gingno 1994).

disciplinary researches, aiming at the knowledge of «the natural laboratory of Calderone Glacier» and to the assessment of the effects of human pollution on local and global change. In fact a little glacier in center-Mediterranean area is a powerful, sensitive and accurate indicator of the human and industrial pollution effects and related climatic variations. Many economic and human resources, in co-operation with Geological Survey of Italy (Department for National Technical Surveys), Italian Glaciological Committee and Universities of Milan and Pescara, will be taken up for the study of Calderone, the only residual apparatus from quaternary glaciation in Apennines and the southern in Europe ($42^{\circ}28'15''$ latitude North).

2. – STATE OF THE ART IN THE KNOWLEDGE OF THE CALDERONE GLACIER

In figure 3 a synthesis of the past and present activities is pointed out. One of the most important aim of the research is the realization of thematic inventories of available data (above all historic and photographs), of historic series of meteorological data (DI FILIPPO *et alii*, *in press*) and the management of georeferable data on a dedicated GIS. To have a general view of the content of data collection in figure 4 a trend of the monthly average rainfall in the last century in Teramo (one of the more than fifteen meteorological data point studied in the area) is shown. In figures 5 e 6 some of the many available reports of data elaboration in GIS environment are drawn: they

respectively represent a distribution of altitude classes along the Calderone and a calculated difference in snow surveyed thickness between June 1995 and June 1994 (D'OREFICE *et alii*, 1995).

In conclusion a remark about geophysical data; until 1994 a VES – Vertical Electrical Sounding – (SMIRAGLIA & VEGGETTI, 1992) and a Georadar Test (FIUCCI *et alii*, in press) were carried out in the lower part of the Glacier to survey the total thickness of debris covered ice, ranging between about 10 meters (SMIRAGLIA & VEGGETTI, 1992) and about 20 meters (FIUCCI *et alii*, in press).

3. – DEVELOPMENT OF PLANNED ACTIVITIES

The program of future activities is summarized in the flow chart of figure 7, also including Scientific institution involved: about this topic Authors may anticipate that in the end of spring 1996 glaciologic and geomorphologic monitoring started, as well as the

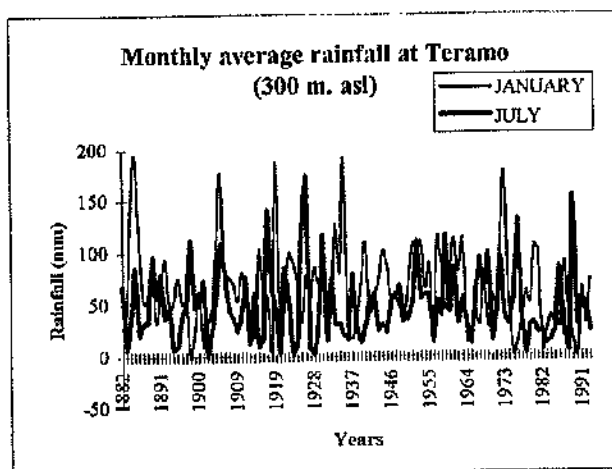


Fig. 4. – An example of report of rainfall data elaboration showing the monthly average rainfall in the last century at Teramo.

– Un esempio di restituzione delle elaborazioni sui dati di piovosità che mostra le piogge medie mensili nell'ultimo secolo a Teramo.

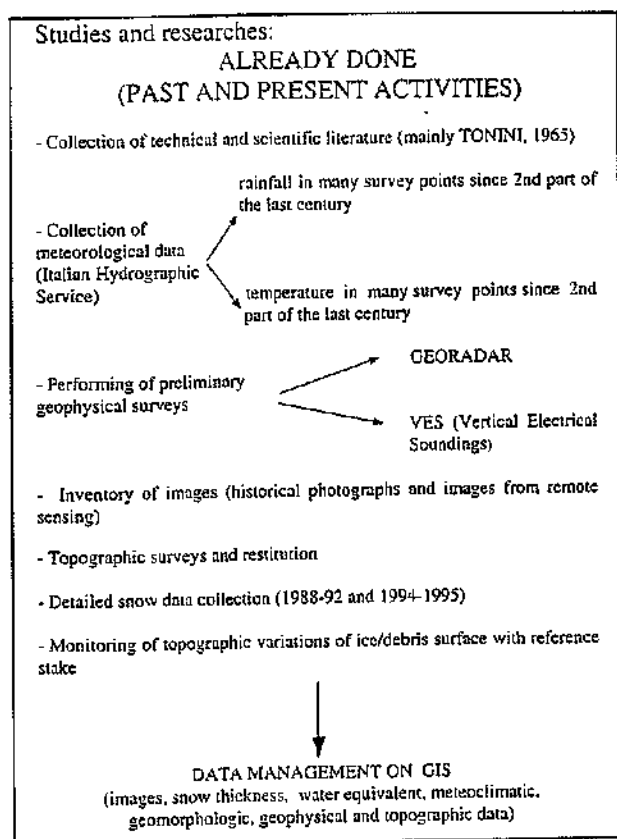


Fig. 3. – Synthesis of past and present activities carried out in "Calderone area".

– Sintesi delle attività passate ed attuali svolte nell'area del Calderone.

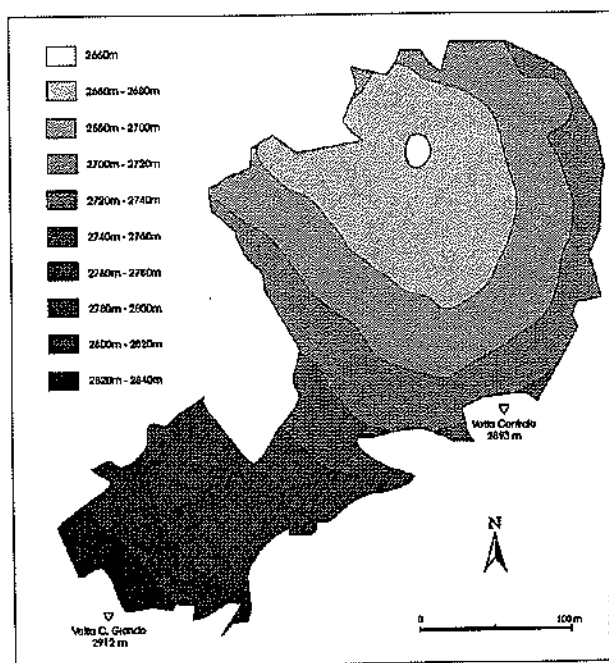


Fig. 5. – Distribution of altitude classes along the Calderone Glacier.

– Distribuzione delle fasce altimetriche della superficie del Ghiacciaio del Calderone.

reconstruction of historic series of meteoroclimatic parameters and data collection, elaboration and management on GIS continued.

Starting from the end of summer 1996 chemical (water/ice and atmosphere) monitoring together with remote sensing analysis would be carried out, while

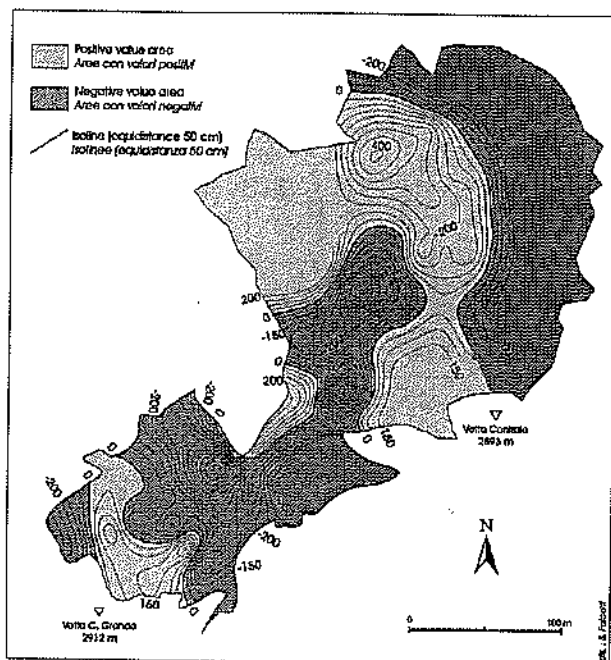


Fig. 6. – Calculated difference in snow surveyed thickness (in cm) between June 1994 and June 1995.

– Differenze degli spessori di neve (in cm) rilevati in Giugno 1994 e Giugno 1995, calcolati ed interpolati su GIS.

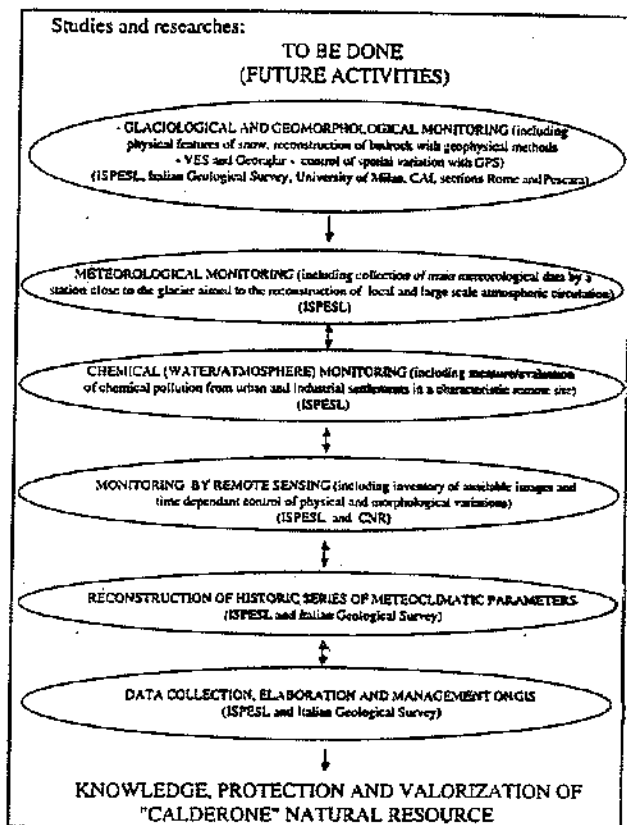


Fig. 7. – Flow chart showing the program of future activities.

– Diagramma di flusso riguardante lo sviluppo delle attività future.

starting from summer 1997 meteorological monitoring would be performed, depending on the installation of a complete data point probably at «C. Franchetti Hut», close to the Glacier.

4. – THE PROPOSED PROJECT FOR THE VALORIZATION OF CALDERONE GLACIER NATURAL RESOURCE INTO GRAN SASSO AND LAGA NATIONAL PARK

The development of the project could follow the steps summarized in figure 8.

The collection of scientific, cultural and didactic material started many years ago and it is nowadays keeping on, aimed at the creation of an «information center», if possible at «C. Franchetti hub» of Italian Alpine Club.

An hypothesis of «glaciologic and geomorphologic route» is drawn in figure 9; the track could reach the

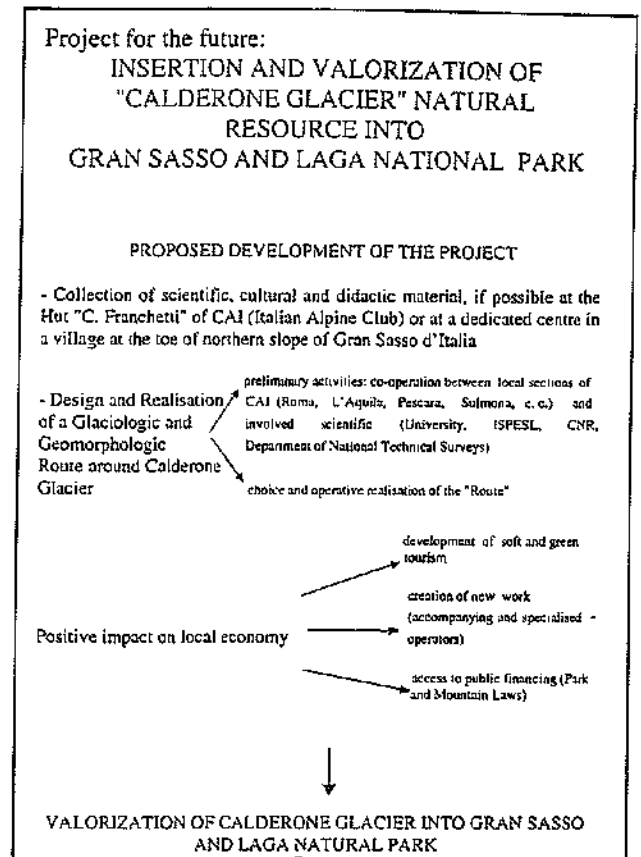


Fig. 8. – Development of the proposed Project of valorization of the Calderone Glacier.

– Articolazione della proposta di Progetto per la valorizzazione del Ghiacciaio del Calderone.

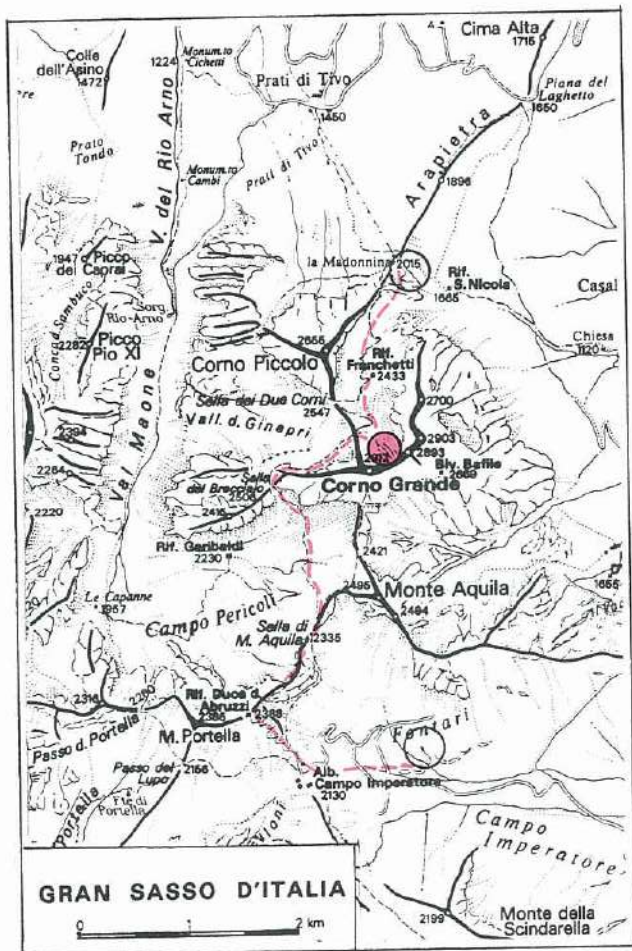


Fig. 9. - The proposal of "glaciologic and geomorphologic route" (redrawn from GRAZZINI & ABBATE, 1992).

- Proposta di «sentiero glaciologico e geomorfologico (ridisegnato da GRAZZINI & ABBATE, 1992).

most significant morpho-evidences of past, recent and present glacial and periglacial activity, realizing an unique north-south crossing into the mountain group. In particular the track could start from the upper station of the chair-lift, crossing the «Vallone delle Cornacchie» with its fall and moraine deposits as far as «Sella dei due corni» with clear evidences of paleo glacial morfostructures. After a stop at «CAI C. Franchetti hut» (about two hours from the starting point), proposed as an information point, the track could carry on to reach the Calderone Glacier, to have a visit on active and past glacial and periglacial morphology (about three hours). After the most important visit the track could continue to have a general view of the area passing through «Passo del Cannone-Conca degli invalidi» (interesting from active periglacial and gravitative phenomena), reaching Campo Pericoli (interesting for glacial morphology), stopping at «CAI Duca degli Abruzzi hut» (interesting for the view and for the presence

of gravitative phenomena) and ending at Campo Imperatore (interesting above all for glacial and tectonic activity). The whole route could be covered in about eight hours, with no particular alpinistic difficulties, but with mountaineering equipment (shoes and clothes).

Authors think that such an operation could induce positive effects on local economy, as synthetically described in the last step of figure 8.

BIBLIOGRAPHY

- DI FILIPPO G., D'OREFICE M., GRAZZINI R., PECCI M., SILVESTRI F. & SMIRAGLIA C. - *Il ghiacciaio del Calderone del Gran Sasso d'Italia: contributo alla conoscenza, alla gestione ed alla conservazione del sistema naturale*. VII Congresso Nazionale Società Italiana di Ecologia, Napoli 11-14 Settembre 1996, 2 figg. (in press).
- D'OREFICE M., LEDONNE L., PECCI M., SMIRAGLIA C. & VENTURA R. - *Nuovi dati sull'alimentazione nevosa del Ghiacciaio del Calderone (Gran Sasso d'Italia - Appennino Centrale)*. Atti Conv. «Cento anni di ricerca glaciologica in Italia», Torino 19-20 ottobre 1995, Geogr. Fis. e Din. Quat., **18**, (1): 1 fig., 2 tabb. (in press).
- FIUCCI A., GIGANTE B., ROSSI C., SMIRAGLIA C. & VEGGETTI O. - *Ghiacciaio del Calderone (Gran Sasso d'Italia). Determinazione dello spessore e della morfologia del substrato mediante radio-echo sounding*. Geogr. Fis. e Din. Quat. (in press).
- GELLATLY A. F., SMIRAGLIA C., GROVE J. M. & LATHAM R. (1994) - *Recent variations of Ghiacciaio del Calderone, Abruzzi, Italy*. Jour. of Glaciol., **40**, (136): 486-490, 3 figg., 1 tab.
- GRAZZINI L. & ABBATE P. (1992) - *Gran Sasso d'Italia*. Guida dei Monti d'Italia, Club Alpino Italiano e Touring Club Italiano, Milano.
- IAHS-UNEP-UNESCO (1993). *Fluctuations of Glaciers 1985-1990*. World Glacier Monitoring Service, **6**, Zurich.
- TONINI D. (1963) - *Il Ghiacciaio del Calderone del Gran Sasso d'Italia*. Boll. Com. Glac. It., ser. 2, **10**, (1963): 71-135, 32 figg., 10 tabb., Torino.

I calanchi di Atri (Abruzzo): un dissesto da combattere o un bene geologico da preservare?

The badlands of Atri (Abruzzo, central Italy): an accident to fight or a geologic good to preserve?

CROVATO C. (*) & GRAUSO S. (*)

RIASSUNTO - Al pari delle altre categorie di geotopi altrove riconosciute, i calanchi vanno interpretati e visti come una testimonianza della lenta azione dei processi morfogenetici che si è esplicata attraverso il complesso intreccio delle dinamiche geologiche e climatiche succedutesi nell'arco di centinaia di migliaia di anni. Il loro significato assume ancora più importanza se si considerano i calanchi come forme di erosione «residuali», in quanto sviluppatasi sotto condizioni climatiche più aride delle attuali. Soprattutto nel caso di Atri, dove essi costituiscono il tratto morfologico più evidente e di grande effetto scenico, i calanchi andrebbero quindi considerati come un bene geologico da preservare, per ciò che rappresentano come storia naturale e come attrattiva paesaggistica. Ciò non contrasta, del resto, con l'esigenza di mantenere sotto controllo il processo erosivo che, a lungo andare, potrebbe minacciare le opere dell'uomo, soprattutto quelle di carattere storico di cui Atri è ricca. Una scelta oculata dei metodi di intervento, soprattutto se si adottano le moderne tecniche di ingegneria naturalistica, può infatti consentire di mitigare la dinamica erosiva senza produrre impatti negativi sull'integrità del paesaggio naturale.

PAROLE CHIAVE: Calanchi, Atri, Italia Centrale

ABSTRACT - As the others categories of geotopes recognized elsewhere, badlands have to be interpreted and seen as a witness of the slow action of morphogenetic processes which have been acting through the complex combination of geological and climatic dynamics occurred within the time of hundred thousands of years. Their significance assume more importance if we consider badlands as residual forms, because they were developed under climatic conditions dryer than present. Mostly in the case of Atri, where they represent the most evident and impressive landscape, badlands should be considered as a geologic good to preserve, for that they represent as natural history and landscape attraction. This does not contrast with the need to maintain under control the ero-

sive process that, by time, could undermine the man works, mainly those of hystorical relevance which Atri is rich with. A wise choice of reclamation methods as, for instance, those provided by the modern techniques of naturalistic engineering, permits to mitigate the erosive dynamics without producing negative impacts on the integrity of natural landscape.

KEY WORDS: Badlands, Atri, Central Italy

1. - INTRODUZIONE

Le colline argillose di Atri, comprese fra il Gran Sasso ed il litorale di Pineto sul mare Adriatico, presentano una morfologia di particolare spettacolarità e bellezza: le cosiddette «Bolge», nome dato ai calanchi dagli abitanti del luogo, per risaltarne l'aspetto tormentato ed il carattere quasi «infernale» del paesaggio. Nel settore citato, in effetti, i calanchi costituiscono il tratto morfologico più evidente e di grande effetto scenico ma, d'altra parte, essi rappresentano anche una minaccia per infrastrutture viarie ed abitazioni, dovuta all'incedere del processo erosivo legato a queste forme. Per tale motivo i calanchi, oltre che costituire una forte attrattiva turistica, rappresentano anche una fonte di rischio con la quale la popolazione locale convive quotidianamente. Il dilemma che si pone, dunque, è: bisogna arrestare, con ogni mezzo possibile, questo pericoloso fenomeno di erosione o è necessario piuttosto preservare il paesaggio così creato e valorizzarne gli aspetti turistico-naturalistici?

(*) ENEA, Centro Ricerche Casaccia - Dipartimento Ambiente - Via Anguillarese, 301 - 00060 S.Maria di Galeria - Roma

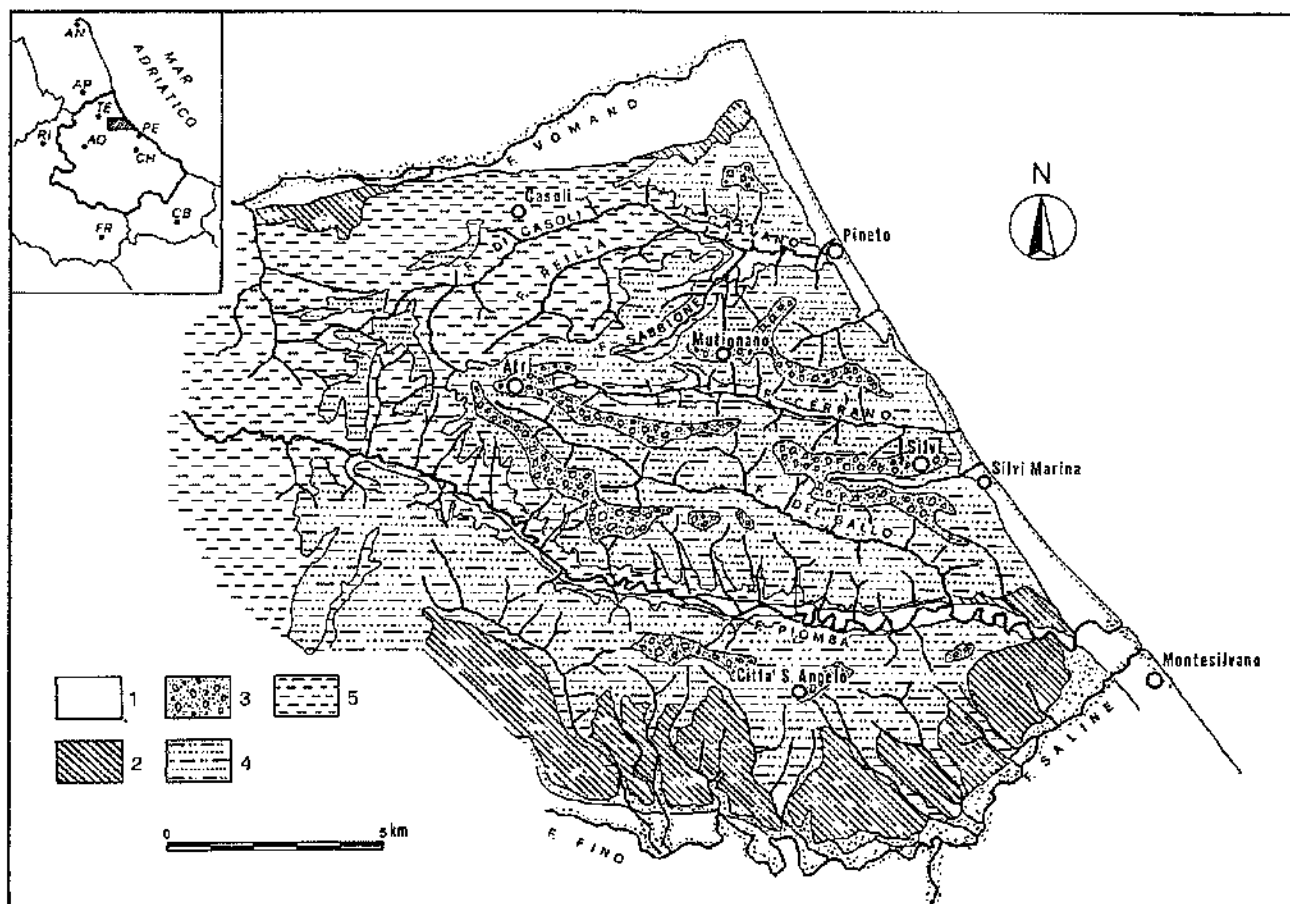


Fig. 1. – Ubicazione geografica e schema geologico: 1) alluvioni attuali e recenti, depositi di spiaggia attuali e recenti (Olocene); 2) alluvioni antiche terrazzate (Olocene); 3) conglomerati e sabbie di ambiente costiero (Pleistocene sup.); 4) alternanze di argille marnose e sabbie (Pleistocene inf.); 5) argille marnose sormontate da limi e sabbie (Pliocene medio-sup.); 6) faglie.

– Key-map and geological scheme: 1) present and recent alluvial deposits, present and recent beach deposits (Holocene); 2) old terraced alluvial deposits (Holocene); 3) coastal environment conglomerate and sand (upper Pleistocene); 4) marly clay and sand (lower Pleistocene); 5) marly clay, silt and sand (middle-upper Pliocene); 6) faults.

Nel caso specifico di Atri, ci troviamo di fronte ad un'opera della natura di notevoli dimensioni, che come tale viene qui riportato come caso emblematico della coesistenza dell'uomo con i processi evolutivi del paesaggio terrestre. Non bisogna dimenticare tuttavia i più famosi calanchi del territorio senese e quelli altrettanto interessanti della provincia di Matera. Le aree citate, insieme con la fascia argillosa periadriatica compresa grosso modo fra il fiume Foglia ed il fiume Fortore, sono le aree geografiche del territorio italiano che danno luogo a tale morfologia.

2. – CARATTERI GEOMORFOLOGICI E COMPOSIZIONALI

Dal punto di vista geomorfologico, l'area in oggetto (fig. 1) ricade nella fascia pedeappenninica adriatico-abruzzese costituita da una serie di rilievi collinari da

arenaceo-marnosi ad argilloso-sabbiosi, che si elevano fra la catena appenninica carbonatica e la linea di costa. Le colline di Atri, in particolare, sorgono in corrispondenza del passaggio Pliocene-Pleistocene. Esse sono costituite quindi da terreni derivanti dalla sedimentazione sottile avvenuta nella fossa subsidente descritta in CRESCENTI *et alii* (1980), CASNEDI (1986) e CASNEDI & CRESCENTI (1986), cui fanno seguito depositi via via più grossolani facenti capo alla regressione ed alla chiusura del bacino di sedimentazione, avvenuta con il sollevamento tettonico quaternario. Nell'ampio affioramento offerto dall'erosione calanchiva ad W di Atri (fig. 2), l'insieme dei terreni costituenti la successione plio-pleistocenica presenta una giacitura quasi uniforme con immersione verso NE e debole pendenza (intorno ai 10°). I terreni interessati dall'erosione calanchiva sono sia quelli appartenenti al Pliocene medio-superiore, ma soprattutto quelli relativi alle

facies pelitiche infra-pleistoceniche. In queste ultime sono attestati gli apparati calanchivi più ampi e spettacolari, come quelli di Colle della Giustizia. Il regime di precipitazioni, registrato alla stazione idrometeorologica di Atri, è caratterizzato da una piovosità non elevata (media annua: circa 800 mm.) e concentrata nel semestre invernale-primaverile cui fa seguito la stagione estiva secca, caratterizzata da una precipitazione media su scala mensile inferiore ai 33 mm. Le condizioni pluviometriche generali, con la presenza di una lunga stagione secca, sono quindi tali da favorire quei fenomeni di aridità del suolo e di fessurazione superficiale che sono particolarmente accentuati sulle superfici argillose esposte verso i quadranti meridionali e che ne condizionano in maniera determinante la stabilità. Questa è affetta sia dall'erosione superficiale da parte delle acque di ruscellamento che dalle conseguenze dell'infiltrazione idrica attraverso le fessure di essiccazione. Quest'ultima determina una circolazione ipodermica che tende a saturare gli orizzonti superficiali, fino alla profondità massima raggiunta dalle fenditure del terreno (dai 30 ai 60 cm), innescando così movimenti gravitativi che spesso assumono modalità di colate di fango. A loro volta, mettendo a nudo il substrato, i movimenti gravitativi favoriscono l'innescare ed il procedere dell'erosione lineare sulle superfici di neoformazione dando così luogo all'impostazione di proto-calanchi che possono successivamente evolvere in calanchi veri e propri (fig. 3). La morfogenesi calanchiva viene altresì sviluppata anche per effetto dell'erosione al piede dei versanti operata dai corsi d'acqua (fig. 4) e non va sottovalutata l'azione dovuta al transito degli animali da pascolo lungo i percorsi abituali dalle stalle ai prati e viceversa (fig. 5).



Fig. 2. – I calanchi del Fosso del Casale, a ovest dell'abitato di Atri (in alto nella foto).

– *Badlands in the Fosso del Casale stream, west of Atri town (up in the picture).*

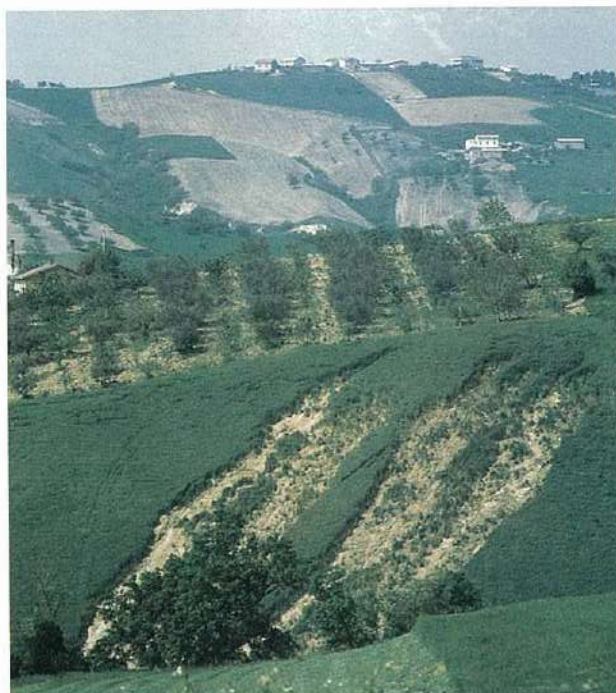


Fig. 3. – Frane tipo scivolamenti traslativi-colate che determinano la messa a nudo del substrato e l'innescare dell'erosione lineare (protocolanchi).

– *Landslides type translational slides-mudflows, which lay bare the substratum determining the start of linear erosion (proto-badlands).*

Analisi sedimentologiche e geotecniche effettuate nell'ambito di una ricerca riguardante l'erosione del suolo sui versanti argillosi circostanti la città di Atri (ANSELMi *et alii*, 1994; GRAUSO, 1994), hanno permesso di classificare i materiali interessati dalla morfogenesi calanchiva come marne argillose, sotto l'aspetto litologico, quindi come limi argillosi, dal punto di vista granulometrico, ed infine come limi argillosi di bassa plasticità, non attivi e dotati di elevata consistenza, dal punto di vista geotecnico. Sotto l'aspetto mineralogico, gli stessi materiali sono risultati composti prevalentemente da minerali non argillosi, con prevalenza della calcite rispetto ad altri minerali come quarzo, dolomite, feldspati e minerali pesanti. Tra i minerali argillosi prevalgono le argille micacee: l'illite predomina sulla smectite, meno rilevante è la presenza di clorite e caolinite; valori più elevati di smectite si riscontrano nei campioni provenienti da calanchi classificabili di tipo «B». Questi ultimi corrispondono a morfotipi nei quali il processo erosivo dominante è rappresentato da movimenti di massa di tipo scivolamento sia traslazionale che rotazionale. Tali tipi di calanchi sono contraddistinti da valleciole relativamente ampie e a fondo concavo, con dispiuvi dal profilo non eccessivamente affi-



Fig. 4. – Calanchi sviluppatisi in conseguenza dell'erosione di sponda lungo un torrente nei dintorni di Atri.

– *Badlands developed in consequence of bank-erosion along a stream in the surrounding of Atri.*

lato e presenza di una vegetazione meno rada rispetto ai calanchi cosiddetti di tipo «A», caratterizzati invece da solchi profondamente incisi separati da creste molto affilate ed assenza di vegetazione. In questi ultimi, che nel territorio in esame sono di gran lunga prevalenti rispetto ai primi, il processo erosivo dominante è rappresentato dall'erosione lineare. L'elemento che determina il prevalere delle une o delle altre forme, è dato fondamentalmente dal carattere compositivo. I terreni presenti nel settore a morfologia di tipo «B» sono infatti dotati di maggiore plasticità e caratterizzati da un maggiore tenore di smectite. La più accentuata plasticità e la maggiore espandibilità dei materiali concorrono, in questo caso, a caratterizzare l'evoluzione di tali morfotipi, controllata quasi esclusivamente da fenomeni gravitativi.

Riguardo alla distribuzione degli apparati calanchivi, questa risulta prevalere sui versanti orientati verso i quadranti meridionali. A fronte di questa impostazione generale, è possibile tuttavia riconoscere, sui versanti esposti a settentrione, delle forme, sia attive

che inattive, costituite da calanchi parzialmente o totalmente inerbiti. La presenza di tali forme confermerebbe quanto affermato da RODOLFI & FRASCATI (1979), i quali considerano i calanchi come forme di erosione «residuali» in quanto sviluppatasi sotto condizioni climatiche più aride delle attuali. In quelle condizioni i calanchi sarebbero stati uniformemente distribuiti su tutti i versanti argillosi, indipendentemente dall'esposizione; il mutamento climatico in senso «umido» che ha portato alle attuali condizioni, caratterizzate tuttavia da un forte contrasto stagionale, avrebbe determinato l'obliterazione dei calanchi sui versanti esposti a nord ed il mantenimento dei soli apparati calanchivi esposti verso i quadranti meridionali.

3. – I CALANCHI COME BENE GEOLOGICO

L'ipotesi dei calanchi come forme residuali conferisce ancora maggiore significato ai calanchi che, al pari delle altre categorie di geotopi altrove riconosciute,

vanno così interpretati e visti come una testimonianza della lenta azione dei processi morfogenetici, esplicitata attraverso il complesso intreccio delle dinamiche geologiche e climatiche succedutesi nell'arco di centinaia di migliaia di anni. Per ciò che rappresentano come storia naturale e come attrattiva paesaggistica (fig. 6), i calanchi andrebbero quindi considerati come un bene geologico da preservare. D'altra parte, non si può trascurare l'esigenza di mantenere sotto controllo il processo erosivo che nel caso riportato, anche se ad oggi non minaccia direttamente le opere di carattere storico di cui Atri è ricca, interessa sicuramente più da vicino le infrastrutture viarie secondarie che collegano fra loro paesi e frazioni nonché le strade interpoderali che corrono lungo le dorsali i cui fianchi vengono incisi e lentamente sgretolati dall'arretrare delle testate calanchive. In realtà, i calanchi, come del resto qualsiasi altra forma o processo geodinamico, diventano una fonte di rischio solo quando essi interagiscono con le attività e le opere dell'uomo. D'altro canto le forze della natura non sempre si possono contrastare efficacemente, ma spesso danno luogo a processi per i quali a poco o nulla valgono tecniche e soluzioni ingegneristiche che finiscono solo per gravare sui bilanci pubblici senza risultati pratici. Questo vuol dire che sarebbe buona norma, in sede di pianificazione, tenere conto della presenza di certi processi nel territorio e soprattutto della loro tendenza evolutiva evitando, se possibile, di inserire elementi di interferenza in un contesto così problematico.

Ciò che si intende sottolineare in questa nota è che quindi l'adozione di tecniche mitigatorie debba senz'altro avvenire in quelle porzioni di territorio ove, stante l'esigenza dell'uso antropico, la morfogenesi dei calanchi sia allo stadio iniziale e/o sia tale da permettere un'azione di recupero che abbia buone probabilità di successo; mentre, nel caso di apparati calanchivi di notevoli dimensioni che caratterizzano profondamente i versanti e per i quali ogni intervento sarebbe inutile o fortemente lesivo dell'integrità paesaggistica, la politica più corretta è quella di puro e semplice rispetto dei processi naturali. A tale scopo, senza dover ricorrere ad interventi di tipo invasivo, come il ripristino dei profili morfologici, indicato solo in aree specifiche che, per estensione e volumi coinvolti, si prestino a tali interventi e che riguardino, per esempio, importanti vie di comunicazione o agglomerati urbani, sarebbe sufficiente l'adozione di quelle tecniche che permettono almeno di rallentare, se non di arrestare, il processo calanchivo. Questo è possibile soprattutto agendo sulla tendenza retrograda dei cigli principali dei calanchi, provvedendo alla realizzazione di manti di



Fig. 5. – Erosione del suolo prodotta dal calpestio da parte degli animali da pascolo.

– *Soil-erosion produced by flock trampling.*



Fig. 6. – Piramide di terra, spettacolare esempio di erosione selettiva, nell'anfiteatro calanchivo ad ovest di Colle della Giustizia.

– *Earth pyramid, a spectacular example of differential erosion, in the badland valley west of Colle della Giustizia.*

protezione e di drenaggi a monte della zona di testata. Altre azioni, effettuate per esempio con l'adozione delle moderne tecniche di ingegneria naturalistica, con le quali si utilizzano materiali naturali (pietra, legname, materiale vegetale vivo), a protezione dei versanti e delle principali linee di deflusso, possono altresì consentire di mitigare la dinamica erosiva e stabilizzare i versanti, senza produrre impatti negativi sull'integrità del paesaggio naturale. Ottimi risultati sono già stati raggiunti e documentati in aree soprattutto dell'arco alpino (AA. VV., 1991), quindi in ambienti diversi da quello qui descritto, ma che lasciano comunque ben sperare sull'applicabilità di certe tecniche anche sui ripidi versanti argillosi. Soprattutto la tecnica che prevede la messa a dimora di specie erbose e/o arbustive

adatte all'ambiente semi-arido dei calanchi, integrata con opere in legname e/o con la stesura di georeti o stuoie a protezione delle prime fasi di crescita, può avere buone probabilità di successo.

Ma c'è un altro aspetto da considerare parlando di calanchi come bene geologico da preservare: la tendenza ad utilizzare queste porzioni di territorio, che l'uomo non riesce a sfruttare e che come tali sono considerate inutili (da cui il termine di «cattive terre», *badlands* degli americani), come pattumiera. Nel caso di Atri, gli scritti hanno potuto constatare la presenza di oggetti dismessi gettati nell'impluvio del fosso del Casale, ad ovest del Colle della Giustizia. Ciò non sorprende, vista la scarsa sensibilità ambientale generalmente dimostrata un po' dappertutto nel nostro Paese. Ma se si comprende che l'ambiente naturale, ed in particolare quello peculiarmente selvaggio costituito dai calanchi, è come un libro aperto da studiare e conservare gelosamente, si possono intuire anche le grandi potenzialità che esso offre in termini economici. L'istituzione di un parco dei calanchi, sulla falsariga di quello più famoso del South Dakota negli U.S.A., attraverso la conservazione e la valorizzazione del paesaggio naturale, può infatti costituire una possibilità di lavoro per i giovani, incrementando il flusso turistico e quindi il gettito economico. Del resto, le stesse tecniche sistematorie naturalistiche, cui si è fatto cenno, implicano conseguenze positive sull'occupazione, oltre che nella fase di realizzazione, anche nelle fasi successive, almeno fino al raggiungimento di un adeguato sviluppo della vegetazione. È infatti comunque necessaria un'azione di manutenzione

e controllo, successivamente alla realizzazione dell'opera, soprattutto in occasione di eventi meteorici di particolare intensità che possono minarne l'integrità (LUCHETTA & ANDRICH, 1995).

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. (1991) - *Atti del Convegno «Ingegneria Naturalistica: materiali e metodi», 24 maggio 1991, Lucca*. In: ACER, 6/1991: 25-47, Milano.
- ANSELMi B., CROVATO C., D'ANGELO L. & GRAUSO S. (1994) - *I calanchi di Atri (Abruzzo): caratteri mineralogici, geotecnici e geomorfologici*. Il Quaternario, 7, (1): 145-158, Napoli.
- CASNEDI R. (1986) - *Effetti della subsidenza sulla geometria di corpi terrigeni nel Pliocene inferiore abruzzese*. Mem. Soc. Geol. It., 35: 157-162, Roma.
- CASNEDI R. & CRESCENTI U. (1986) - *Generalità sul Plio-Pleistocene del bacino abruzzese*. 73° Congresso della Soc. Geol. It. - Studi geologici Camerti (num. speciale): 11-18, Camerino.
- CRESCENTI U., D'AMATO C., BALDUZZI A. & TONNA M. (1980) - *Il Plio-Pleistocene nel sottosuolo Abruzzese-Marchigiano tra Ascoli Piceno e Pescara*. Geol. Romana, 19: 63-84, Roma.
- GRAUSO S. (1994) - *Confronto di metodi per la valutazione dell'erosione del suolo. Sintesi delle ricerche condotte dall'ENEA in alcune aree sperimentali dell'Abruzzo*. ENEA RT/AMB/94/17: pp. 42, Roma.
- LUCHETTA A. & ANDRICH A. (1995) - *Sistemazione di un versante in fiana*. Verde Ambiente, 2: 47-50, Roma.
- RODOLFI G. & FRASCATI F. (1979) - *Cartografia di base per la programmazione degli interventi in aree marginali (area rappresentativa dell'Alta Valdera)*. Memorie illustrative della carta geomorfologica. Ann. Ist. Sper. Studio e Difesa del Suolo, 10: Firenze.

Proposta di un parco naturale geomorfologico in Basilicata *Proposal for the establishment of a geomorphological natural park in Basilicata*

MASIELLO D. (*) & LASCARO G. (**)

RIASSUNTO - I risultati preliminari ottenuti dallo studio morfologico dell'area a NE del Bacino di Sant'Arcangelo, hanno fornito lo spunto per la valorizzazione dei geotopi attraverso la proposta di istituzione di un parco naturale geomorfologico al fine di rendere fruibili beni di interesse scientifico, didattico e paesaggistico. Il Bacino di Sant'Arcangelo, strutturalmente definito come un bacino di piggyback (CALDARA *et alii* 1988a, 1988b) è colmato da potenti successioni terrigene di età pliopleistocenica riferibili a quattro cicli sedimentari rappresentanti uno o più sistemi deposizionali (PIERI P., SABATO L., LOIACONO F., MARINO M. 1994). Il sincronismo tra sedimentazione e tettonica segna la storia del bacino, ed è documentato da una serie di importanti forme strutturali. Nella descrizione del paesaggio sono stati individuati diversi morfotipi distinti in forme strutturali, forme di erosione e di accumulo legate alla gravità e forme di erosione e di accumulo fluviale. In tale quadro si propone l'osservazione dell'anticlinale sinsedimentaria costituita dai conglomerati di conoide alluvionale del ciclo di San Lorenzo (Alianello) o del torrione formato per diaclasi nell'unità conglomeratica del ciclo dell'Agri, ma non solo dei singoli morfotipi, ma anche di tematiche geomorfologiche; un esempio è lo spettacolare paesaggio dei calanchi che con le sue forme scolpite nelle argille, è elemento di interesse scientifico e un puro godimento estetico per il visitatore occasionale.

PAROLE CHIAVE: Piggyback basin, Plio-Pleistocene, cicli sedimentari, anticlinale

ABSTRACT - The preliminary result of the morphological study of the area in the north-east of the Sant'Arcangelo Basin, have lead to the institution of a geomorphological natural park which will highlight the "geotopes" of scientific, didactic and scenic interest. The Sant'Arcangelo Basin structurally known as a piggyback basin (CALDARA *et alii* 1988a, 1988b) is filled with massive, terrigenous Pliopleistocene successions made up of four sedimentary

cycles representing one or more depositional system (PIERI P., SABATO L., LOIACONO F., MARINO M. 1994).

The synchronism between tectonics and sedimentation tells the history of the Basin and is documented by a series of structural formations. In describing the landscape, several different morphotypes were noted: structural formations, erosion and accumulation formations. We propose to study either the synsedimentary anticline formed by the conglomerates of the alluvial cone of the San Lorenzo cycle (Alianello) or the tower formed by diaclysis in the sandy-conglomeratic unit of the Agri cycle. The study includes not only single morphotypes but also geomorphologic thematic, such as the spectacular "Calanchi" landscape, with its forms "carved" in clay, an element of scientific interest as well as a genuine pleasure to behold for the occasional visitor.

KEY WORDS: Piggyback basin, Plio-Pleistocene, sedimentary cycles, anticline

1. - INTRODUZIONE

L'idea di istituire un parco geomorfologico nella zona di Aliano (MT), nasce dalla convinzione e dalla necessità di tutelare il patrimonio naturale presente in Basilicata ai fini scientifici, didattici e turistici. L'istituzione del Parco rappresenta il primo passo concreto verso la salvaguardia e la valorizzazione dell'immenso patrimonio paesaggistico e naturalistico legato alle bellezze naturali, ai beni archeologici, folcloristici e culturali dell'area. Una gestione attiva ed equilibrata del territorio volta ad assicurare:

- la salvaguardia e la conservazione degli ambienti naturali, degli ecosistemi più stabili, dei biotopi di più rilevante interesse, degli aspetti geomorfologici più caratteristici;

(*) Via Torino, 13 - 75022 Irsina (MT - Italy)

(**) Viale Europa, 15 - 75100 Matera (Italy)

– il rilancio delle attività agro-silvo-pastorali di conduzione dei terreni agricoli e dei pascoli del Parco, e la riscoperta delle attività artigianali;

– la incentivazione di attività economiche innovative finalizzate ad un incremento del turismo, quello rispettoso dell'ambiente e delle tradizioni, con l'adeguamento delle strutture ricettive, dando impulsi alla utilizzazione di fabbricati esistenti o ad una attività emergente quale l'agriturismo;

– l'organizzazione di attività di ricerca scientifica e di divulgazione a carattere didattico-educativo per una valorizzazione e riscoperta degli aspetti qualitativi del territorio.

Un esempio di tutela e di conservazione della natura e nello stesso tempo una programmazione economica che offrirebbe soluzioni concrete per il rilancio dei settori tradizionali, primi tra tutti l'agricoltura e l'artigianato, o di nuove figure professionali: la guida naturalistica, l'educatore ambientale. Nella nostra cultura, la salvaguardia di determinate specie vegetali e popolazioni animali spesso riveste un ruolo importante che supera l'interesse per i beni inanimati, ad esempio rocce e suoli, che vengono presi in minore considerazione, sia per un obiettivo minore interesse da parte del pubblico, che per l'effettiva difficoltà, o non immediatezza, nella comprensione. E' importante però tenere conto che tali risorse, non rinnovabili e testimonianza di età lontane, costituiscono una delle componenti essenziali del paesaggio, per cui diventa necessario inserire, negli itinerari turistici e soprattutto in quelli agrituristici, accanto alle componenti del territorio di cui fruire, la componente geologica e geomorfologica.

2. – INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Aliano, situata tra il fiume Agri e l'affluente Sauro, è parte integrante di quel paesaggio calanchivo che caratterizza l'estremità orientale del bacino di S.Arcangelo. Quest'ultimo, strutturalmente definito come piggyback basin (CALDARA *et alii*, 1988) si colloca in un'area interna rispetto al fronte più avanzato dell'Appennino meridionale, per cui poggia interamente su terreni pre-pliocenici ancora in traslazione durante le fasi di riempimento del bacino stesso. L'aspetto strutturale del bacino, permette di definire i principali caratteri paleogeografici rappresentati da un'area di sedimentazione poco profonda delimitata a ovest e a sud da alti rilievi corrispondenti agli attuali M.Raparo, M.Alpi, e M.Pollino e sul lato orientale parzialmente confinata da una dorsale sommersa, l'attuale Stigliano-Montegiordano, che solo nel Pleistocene medio, solle-

vandosi, la separò dalla Fossa Bradanica. In tal modo appare evidente che la parte settentrionale del bacino era alimentata sia dai quadranti occidentali che da quelli settentrionali con un riempimento proceduto da ovest verso est attraverso più fasi sedimentarie. Non meno importanti sono stati gli eventi tettonici che, verificatisi contemporaneamente alla sedimentazione, hanno determinato un'avanzamento verso ENE del substrato alloctono e successive deformazioni nei depositi, soprattutto lungo il bordo occidentale, producendo discordanze di tipo sintettonico.

2.1 – CENNI BIBLIOGRAFICI

Negli anni '60, a seguito dei lavori di aggiornamento della Carta Geologica d'Italia, studi, in prevalenza di tipo stratigrafico, permettono di distinguere due successioni di età diversa (VEZZANI, 1966; 1967a; 1967b; 1968; LENTINI 1967; 1968; 1969; OGNIBEN 1969a; 1969b; LENTINI & VEZZANI 1974). La prima, spesso fino a 1450 m, è caratterizzata da più unità: conglomerati e sabbie basali, argille marnose, sabbie e conglomerati sommitali, di età inframesopliocenica (Ciclo di Caliendo - VEZZANI 1966) i cui termini, depositatisi in un bacino molto ampio, poggiano in discordanza sui terreni prepliocenici. La seconda successione, databile Pliocene superiore-Calabrian (VEZZANI 1967a; OGNIBEN 1969a), poggia in discordanza sulla precedente ed è caratterizzata da una potente unità di argille marnose grigio-azzurre passante eteropicamente verso W ad una unità sabbioso-siltosa (Sabbie di Aliano), che a sua volta è in eteropia con una unità sabbioso-conglomeratica (Conglomerato di Castro-nuovo). Nel 1988, CALDARA *et alii*, distinguono all'interno della seconda successione di VEZZANI (1967) quattro successioni sedimentarie discordanti l'una sull'altra. Gli eventi tettonici sinsedimentari, hanno condizionato la deposizione delle varie successioni; in particolare la presenza di una importante piega anticlinale con asse Guardia Perticara-Alianello, ha determinato la separazione di due zone, una orientale ed una occidentale. La prima successione, che caratterizza il settore occidentale, è costituita da due unità stratigrafiche composte rispettivamente da sabbie e conglomerati. La seconda, anch'essa nel settore occidentale, è costituita da conglomerati, spessi fino a 100 m, passanti lateralmente e superiormente ad argille ricche di livelli siltosi e fittamente stratificati. La terza successione si rinvia nel settore orientale ed è rappresentata in prevalenza da argille-siltose sabbie e conglomerati. La quarta successione è costituita da conglomerati in gia-

citura orizzontale con matrice argillosa. Un quadro stratigrafico che meglio caratterizza i sedimenti affioranti nella parte settentrionale del bacino di S. Arcangelo, è stato proposto da studi recenti (PIERI P., SABATO L., LOIACONO F., MARINO M., 1994). Sono state individuate quattro «sequenze deposizionali», definite cicli, di età compresa tra il Pliocene superiore e il Pleistocene medio. Ogni ciclo, spesso parecchie centinaia di metri, rappresenta un «sistema deposizionale» (alluvionale, marino-deltizio, lacustre) all'interno del quale si sono distinte tre unità litostratigrafiche corrispondenti a differenti elementi deposizionali. I° ciclo (ciclo di Caliendo). È la formazione più antica, in contatto discordante sulle formazioni pre-plioceniche, costituita da tre unità: Conglomerati e Sabbie, Pli^2_{cs} ; Argille marnose, Pli^2_a ; Sabbie e Conglomerati, Pli^2_{sc} per uno spessore totale di circa 1000 m. Si sviluppa da ovest verso est con una tipica geometria a cuneo. II ciclo (ciclo dell'Agri). È costituito da tre unità: Argille siltose, $Pli^2-Pli^1_a$; Sabbie, $Pli^2-Pli^1_s$; Conglomerati, $Pli^2-Pli^1_{cg}$ disposte a cuneo e in discordanza sintettonica sul sottostante ciclo. III ciclo (ciclo del Sauro). Si sviluppa nell'area più orientale del bacino. È costituito da tre unità: Argille siltose, Pli^{1-2}_a ; Sabbie, Pli^{1-2}_s ; Conglomerati Pli^{1-2}_{cg} . IV ciclo (ciclo S. Lorenzo). Tali depositi, affioranti in un'area piuttosto ristretta allungata in direzione NW-SE, sono costituiti da tre unità: Conglomerati Pli^1_{cg} , Argille siltose Pli^1_a , Conglomerati Pli^1_{cg} .

3. - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Per quanto concerne le caratteristiche geomorfologiche dell'area, si distinguono diversi morfotipi:

forme strutturali rappresentate da monoclini, pieghe e scarpate di faglia orientate principalmente in direzione NW-SE;

forme di erosione, calanchi e biancane, che caratterizzano in particolare i terreni argillosi della zona ad est di Aliano;

forme di denudazione, nicchie di distacco di frane, riscontrate essenzialmente nell'ambito dei terreni sabbioso-conglomeratici e *forme di accumulo*, corpi di frana, falde di detrito, presenti principalmente lungo le valli fluviali, conoidi alluvionali e terrazzi.

3.1 - MORFOTIPI

L'evoluzione geologica, il clima, le caratteristiche litostratigrafiche, sono le cause principali di diversi morfotipi presenti nell'area in esame.

3.1.1 - *Forme strutturali legate a processi tettonici*

Nella parte settentrionale del Bacino di Sant'Arcangelo sono ben riconoscibili alcuni elementi stratigrafici e tettonici, che permettono una ricostruzione geologica e paleogeografica della intera area. Le forme legate ad azioni tettoniche sono numerose, ma in questo lavoro saranno prese in considerazione solo quelle di maggiore rilevanza scientifica, paesaggistica ed educativa. Nella valle del Sauro sono riconoscibili tipiche forme strutturali; in località Fontana la Farna (sinistra orografica del T. Sauro), è riconoscibile una faglia inversa che mette in contatto l'unità più bassa del ciclo di Caliendo con l'unità prepliocenica. Questa faglia è legata principalmente agli avanzamenti verso ENE dei terreni prepliocenici determinando una serie di deformazioni in corrispondenza del bordo occidentale del bacino. L'anticlinale Guardia Perticara-Alianello, orientata in senso appenninico, è visibile lungo il versante sinistro del Torrente Sauro in prossimità del fosso Piscia Forno. Questa struttura, che si è formata nel bacino nel Pliocene superiore, ha costituito gradualmente un alto morfostrutturale responsabile della separazione di due nuove aree di sedimentazione: una interna e una esterna. La prima, isolata dal mare, è sede dei depositi continentali del ciclo di San Lorenzo (Pleistocene inferiore); la seconda, collegata con il bacino dalla Fossa Bradanica, è caratterizzata dalla presenza di sedimenti di *fan delta* appartenenti al ciclo del Sauro (Pleistocene inferiore - Pleistocene medio basale).

Una ulteriore conferma di tettonica sinsedimentaria (ben osservabile in sinistra del Torrente in località fosso della Gruma-fosso della Rocca) è evidenziata dal rapporto tra due sequenze deposizionali: il ciclo dell'Agri e il ciclo del Sauro. Sull'affioramento si nota la discordanza angolare sintettonica che distingue i due cicli, le inclinazioni decrescenti e il trend regressivo del ciclo inferiore. Il ciclo del Sauro inizia con l'unità conglomeratica più spessa, discordante, al contatto con l'unità sabbiosa del ciclo dell'Agri. Sempre lungo la valle del fiume Sauro, sono evidenti le due faglie distensive (faglia di Guardia Perticara-Alianello, faglia del Sauro) la cui attività ha favorito il sollevamento della dorsale Stigliano-Montegiordano. Sul versante destro del T. Sauro in località Mancosa, una serie di allineamenti in direzione NW-SE, individuati essenzialmente sulla base di indizi di carattere morfologico (tratti rettilinei di corsi d'acqua con relativi gradini morfologici) sono rappresentativi di faglie dirette con rigetto di modesta entità che hanno dislocato i terreni sabbiosi del ciclo del Sauro. Anche lungo la valle del



Fig. 1. – Anticlinale sinsedimentaria nei depositi conglomeratici del «Ciclo di S. Lorenzo» lungo il F. Agri (Alianello).

– *Synsedimentary anticline in the conglomeratic deposits of "S. Lorenzo cycle" along Agri river (Alianello).*

Fiume Agri sono presenti caratteristiche forme strutturali. Vale la pena ricordare, per la sua fruibilità didattica, l'anticlinale sinsedimentaria costituita dai conglomerati di conoide alluvionale del ciclo di S. Lorenzo (Alianello) (fig. 1). In località Murgia di S. Oronzo, in destra orografica del Fiume, è inoltre ben visibile una forma di erosione a torrione prodottasi nella formazione conglomeratico-sabbiosa del ciclo dell'Agri, dovuta probabilmente all'azione criotermoclastica che ha amplificato la diaclasi preesistente (fig. 2). A Nord-Est di Aliano, sono ben riconoscibili una serie di rilievi a struttura monoclinale tipo «cuesta», separati da solchi fluviali; modellati sui terreni argilloso-sabbiosi del ciclo del Sauro, sono allungati in direzione W-E con strati ad immersione a N e NE. I versanti più inclinati, esposti a mezzogiorno, sono stati interessati da processi di erosione che hanno dato luogo alla formazione di tipiche forme calanchive.

3.1.2 – *Forme di versante di denudazione e accumulo dovute alla gravità*

Le valli del F. Agri e del T. Sauro sono per la maggior parte caratterizzate da un fondovalle piatto e piuttosto largo delimitato da versanti mediamente inclinati in corrispondenza dei quali si manifestano fenomeni di denudazione di varia natura. Le forme maggiormente diffuse, che caratterizzano essenzialmente la zona occidentale dell'area, interessando le parti più elevate dei rilievi, sono quelle legate ai movimenti di massa (frane da crollo, scorrimento e colamento). La tipologia e la ubicazione dei dissesti sono strettamente connesse con la natura litologica e la giacitura dei terreni affioranti nel territorio. Le sommità piate dei

rilievi, costituiti da conglomerato poligenico del ciclo dell'Agri, sono caratterizzate da orli che mostrano in più punti delle rientranze, grosso modo semicirculari, dovute probabilmente al distacco di frane da crollo la cui superficie di rottura di solito si presenta piatta e verticale. Anche nella zona di Aliano, le sabbie del ciclo del Sauro, per i loro caratteri di elevata permeabilità e scarso grado di cementazione, sono facilmente erodibili e predisposte a particolari tipi di dissesto. Sui versanti in cui sono evidenti testate di strato, a reggipoggio con pareti alte e ripide soggette di solito a frane per crollo, più intense nei periodi di alta piovosità, esse appaiono caratterizzate da superfici di distacco nette, subverticali piane o conformate a vanga e soggette a movimenti di scoscendimento rotazionale o traslazionale secondo il grado di coesione del materiale sciolto. Gli effetti morfologicamente più vistosi che interessano le sabbie e le argille del ciclo dell'Agri, sono connessi con le frane di scoscendimento le cui cause sono da ricercare nelle infiltrazioni delle acque piovane o

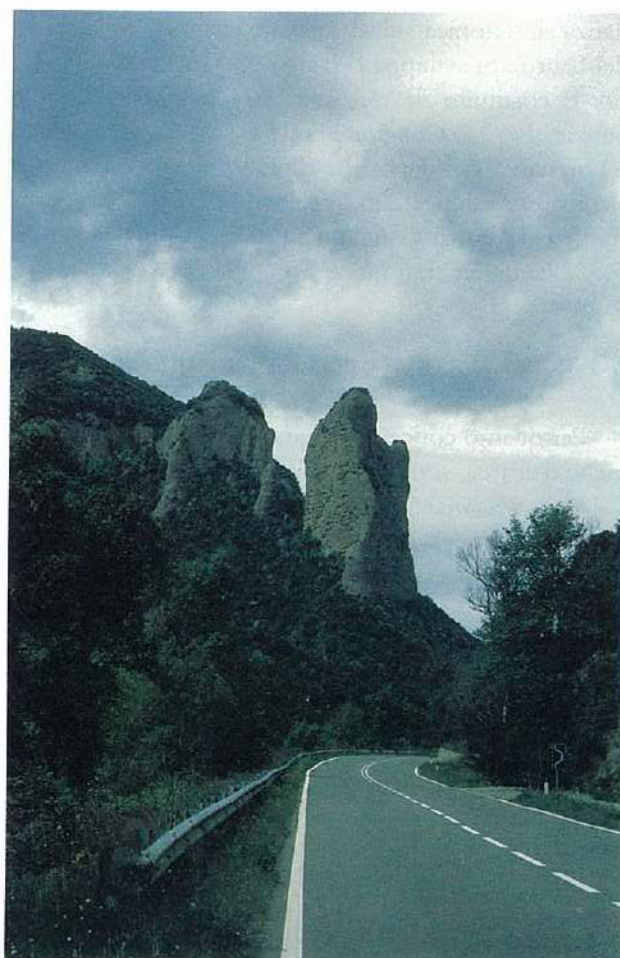


Fig. 2. – Forma di erosione a torrione lungo il F. Agri in località Murgia di S. Oronzo.

– *Tower shaped erosion along Agri river near the Murgia di S. Oronzo.*



Fig. 3. – Veduta panoramica di un paesaggio calanchivo a est di Aliano nei terreni argillosi del Ciclo del Sauro.

– View of “Calanchi” landscape east of Aliano in the clayey terrains of “S. Lorenzo cycle”.



Fig. 4. – Veduta panoramica di un paesaggio a biancane a sud - est di Aliano nei terreni argillosi del Ciclo del Sauro.

– View of “Biancane” landscape south-east of Aliano in the clayey terrains of “S. Lorenzo cycle”.

nelle azioni dirette e indirette dei sismi. Un esempio di frane di questo tipo sono quelle osservabili in località Balzo del Corvo. Le forme di accumulo legate a processi di denudazione caratterizzano le aree antistanti le nicchie di distacco di frana. Questi depositi in alcune zone sono stati per la maggior parte erosi, in altre si rinvergono poco modificati. Le superfici dei versanti a debole e media pendenza si presentano, a luoghi, variamente ondulate verso il fondovalle; a monte si possono osservare delle piccole scarpate. Tale fenomeno è legato a processi di umidificazione ed essiccazione che inducono ad una perdita di coesione e ad un aumento di peso dei terreni che tendono quindi a muoversi lentamente verso valle sotto l'azione della gravità (Mass. Colucci).

3.1.3 – Forme fluviali di erosione e di accumulo

L'abitato di Aliano, posto alla quota media di 535 m, presenta pianta allungata da NW a SE, la parte meridionale che è anche la più antica, sorge sull'ormai strettissimo crinale che separa le testate di due profonde incisioni vallive: il Fosso Lago a ovest e il Fosso Guardatore a est. A nord dell'abitato sui versanti dei rilievi argillosi si intercalano strati siltoso-sabbiosi. Qui i versanti si presentano con una superficie spezzata in due segmenti con differente inclinazione in funzione delle caratteristiche meccaniche e strutturali dei litotipi. Nel settore orientale le sabbie francamente argillose, disposte a reggipoggio ed aventi una esposizione grosso modo a mezzogiorno (a SW, a S e a SE), danno luogo alla formazione di tipiche forme: i calanchi.

In tale area, si possono distinguere due ambienti morfologici principali, caratterizzati da una diversa distribuzione delle forme d'erosione:

– rilievi ad alta energia, costituiti da argille cui si intercalano a luoghi livelli o strati sabbiosi con il caratteristico paesaggio a calanchi, soggetto ad erosione lineare che dà luogo ad incisioni tra loro ravvicinate e separate da sottili creste strette e profonde costituite da balze a lama di coltello (fig. 3).

– nei rilievi ad energia medio-bassa, formati da sole argille, l'evoluzione dei calanchi, dopo un generale arretramento degli interfluvii e una frammentazione trasversale delle creste ha portato, là dove l'evoluzione delle forme del terreno è più avanzata, alla formazione di rilievi residui in forma di gobbe tondeggianti: le biancane (località Frattine di Capobianco) (fig. 4).

Rappresentano piccoli rilievi tondeggianti con drenaggio a sviluppo radiale e con un diverso grado di maturità legato alla forma geometrica: quelle più simmetriche rappresentate da forme più piccole, sono le più mature; invece, quelle asimmetriche risultano meno evolute. Tali forme sono di altezze e diametri variabile, nelle zone più basse sono spesso coperte sulla sommità da vegetazione erbacea.

In definitiva, la formazione dei calanchi è favorita oltre che dalla litologia, dal clima mediterraneo a forte contrasto stagionale umido-arido, dall'esposizione dei versanti (essenzialmente a sud), e dalla mancanza di copertura vegetale, ma, anche dalle caratteristiche strutturali (i versanti a reggipoggio mostrano più frequentemente, di quelli a franapoggio, una evoluzione di tipo calanchivo). Inoltre, recenti studi sui calanchi in Basilicata, mostrano come i caratteri chimici, mineralogici e fisico meccanici propri dei terreni argillosi rivestono una particolare importanza sulla morfogenesi calanchiva. Altre forme di erosione, riconoscibili nelle sabbie gialle del ciclo del Sauro, sono rappresentate dalle cosiddette piramidi di terra, forme però destinate in breve tempo ad essere demolite dagli agenti esogeni.

Le forme di accumulo fluviale, sono particolarmente evidenti lungo il F. Agri, tra Missanello e Alianello. Infatti, in destra orografica del fiume, sono stati individuati due ordini di terrazzi, riferibili a distinti episodi di accumulo. Il terrazzo di primo ordine si rinvia a quota 270 m circa, quello di secondo ordine a quota 240 m. I depositi alluvionali presenti sono rappresentati da superfici subpianeggianti, leggermente inclinate verso l'alveo e limitate verso il fondovalle da ripide scarpate modellate nelle alluvioni. In sinistra orografica, lungo il fondovalle dell'Agri, allo sbocco di alcuni fossi che incidono il versante, si osservano delle conoidi alluvionali con pendenza lieve, a contatto tra loro.

4. - CONCLUSIONI

Lo studio condotto nel Bacino di Sant'Arcangelo, ha avuto come scopo il censimento dei beni culturali a carattere geologico (forme strutturali) e geomorfologico (forme di denudazione e forme fluviali), di valenza locale.

Questo patrimonio, paesaggistico e naturalistico, va salvaguardato non soltanto perchè testimonianza di età lontane, ma anche perchè fonte di incentivazione di attività economiche finalizzate ad un incremento di un turismo rispettoso dell'ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- BOENZI F., PALMENTOLA G. & VALDUGA A. (1976) - *Caratteri geomorfologici dell'area del Foglio «Viterbo»*. - Boll. Soc. Geol. It., 95, Roma.
- CAGGIANELLI A., DELLINO P., SABATO L., (1992) - *Depositi lacustri infra-pleistocenici con intercalazioni vulcanoclastiche (Bacino di Sant'Arcangelo, Basilicata)*. Il Quaternario, (5) 1, 123-132, Napoli.
- CALDARA M., LOIACONO F., MORLOTTI E., PIERI P. & SABATO L. (1988a) - *Caratteri geologici e paleoambientali dei depositi plio-pleistocenici del Bacino di Sant'Arcangelo (parte settentrionale); Italia meridionale*. Atti 74° Congr. Naz. S.G.I., Sorrento, 13-17 Settembre 1988, B, 51-58, Benevento.
- CALDARA M., LOIACONO F., MORLOTTI E., PIERI P. & SABATO L. (1988b) - *I depositi plio-pleistocenici della parte nord del Bacino di Sant'Arcangelo (Appennino Lucano): caratteri geologici e paleoambientali*. Mem. Soc. Geol. It., 41: 391-410, Roma.
- CALDARA M., LOIACONO F., MORLOTTI E., PIERI P. & SABATO L. (1989) - *I depositi plio-pleistocenici della parte nord del Bacino di Sant'Arcangelo (Appennino Lucano): caratteri geologici e paleoambientali*. Not. Gruppo Inf. Sed. 4: 13-15, Bologna.
- Carta geomorfologica d'Italia 1:50000. Guida al rilevamento. (1994). Servizio geologico nazionale. Quaderni serie III, volume 4.
- CARBONE S., CATALANO S., LAZZARI S., LENTINI F. & MONACO C. (1991) - *Presentazione della Carta Geologica del Bacino del Fiume Agri (Basilicata)*. Mem. Soc. Geol. It., 47: 129-143, Roma.
- CASTIGLIONE G. B. (1979) - *Geomorfologia*. UTET.
- Comunità Montana Terminio - Cervialto (1979) - *Parco regionale dei Monti Picentini*, Montella.
- DEL PRETE M., BENTIVENGA M., COPPOLA L., RENDELLI H., (1992) - *Aspetti evolutivi dei reticoli calanchivi a sud di Pisticci*. Convegno Nazionale Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, Viterbo, in corso di stampa.
- DEL PRETE M., (1994) - *Aspetti evolutivi dei versanti in Argille subappennine dell'avanfossa Bradanica*. Estratto della Rivista di Agronomia anno XXVIII- n. 4.
- GISOTTI G., (1971) - *L'intervento del geologo nell'ambito dei Parchi Nazionali e delle Riserve Naturali, elementi dell'assetto territoriale*. Atti del 2° Convegno Nazionale di studi sui problemi della Geologia Applicata, Genova. Associazione Nazionale Geologi Italiani.
- GISOTTI G., (1987) - *Il paesaggio geologico come risorsa agrituristica: il caso del Pollino*. Genio Rurale, n. 2, feb. Edagricole Bologna.
- GISOTTI G., (1988) - *Principi di geopedologia*. Calderini.
- GISOTTI G., BRUSCHI S., - *Valutare l'ambiente. Guida agli studi di impatto ambientale*. La Nuova Italia Scientifica.
- GUERRICCHIO A., MELIDORO G., (1979) - *Contributo alle conoscenze sull'origine dei calanchi nelle Argille grigio-azzurre Calabrianne della Lucania*. Annali della facoltà di Ingegneria dell'Università di Bari. Nuova serie Vol. IV, 101-106, Bari.
- GUERRICCHIO A., MELIDORO G., (1981) - *Movimenti di massa pseudo-tettonici nell'Appennino dell'Italia Meridionale*. Geol. Appl. e Idrogeol. Vol. XVI, Bari.
- KAISER B. (1964) - *Studi sui terreni e sull'erosione del suolo in Lucania*. Ed. Montemurro, Matera.
- NEBOIT R. (1975) - *Plateaux et collines de Lucanie orientale et des Pouilles*. 714 pp, Librairie Honore Champion, Paris.
- OGNIBEN L., (1969a) - *Note illustrative del F° 211, «S. Arcangelo»*. Serv. Geol. D'It., 80 pp., Roma.
- PIERI P., SABATO L., LOIACONO F. (1993) - *Carta geologica del Bacino di Sant'Arcangelo (tra il Torrente Sauro e il Fiume Agri)*. Ed. Paternoster, Matera.
- PIERI P., SABATO L., LOIACONO F. & MARINO M. (1994) - *Il Bacino di Piggy Back di Sant'Arcangelo: evoluzione tettonica sedimentaria*. Boll. Soc. Geol. It., 465-481, Roma.
- Società Italiana di Geologia Ambientale - SIGEA (1994-1995): *I paesaggi geologici italiani*. Verde Ambiente, Roma.
- VITTORINI S. (1977) - *Osservazione sull'origine e sul ruolo di due forme di erosione nelle Argille: calanchi e biancane*. Boll. Soc. Geogr. It. Ser. 10: 6.

Un esempio di valutazione dei beni geomorfologici nelle Dolomiti di Fànes (Italia)

An example of geomorphological assets evaluation in the Fànes Dolomites (Italy)

MARCHETTI M. (*) & VEZZANI A. (*)

RIASSUNTO - Viene presentato un esempio di valutazione dei beni geomorfologici nelle Dolomiti di Fànes. Nell'area affiora parte della successione mesozoica delle Dolomiti e la morfologia è principalmente connessa a sistemi climatici glaciali e periglaciali oltre che alle relazioni con la struttura geologica. Le ricerche in atto per la valutazione dei beni geomorfologici implicano l'assegnazione di un livello di interesse significativo per quelle forme classificabili come beni. Sul M. Parei ad esempio affiora un conglomerato particolarmente significativo per la ricostruzione cronologica delle ultime fasi della tettonica Alpina; esso infatti, datato da un'associazione a microfaune all'Oligocene superiore - Miocene inferiore, è interposto tra sovrascorrimenti dinarici e sudalpini. La grande estensione di rocce calcaree mostra diffusi fenomeni carsici e, in prossimità di uno spartiacque, una parete, interamente scolpita dalle acque di fusione dei ghiacciai, rappresenta un chiaro esempio di bene geomorfologico. Altri beni sono rappresentati da un deposito glaciale nel Vallone di Rudo e da forme che costituiscono indizi di attività tettonica.

PAROLE CHIAVE: Geomorfologia, valutazione d'impatto ambientale, beni geomorfologici, Dolomiti, Italia settentrionale

ABSTRACT - An example of a procedure to evaluate the geomorphological assets in the Fànes Dolomites is presented. In the studied area the Mesozoic series of the Dolomites partially outcrops. The morphology of the area is principally due to the glacial and periglacial systems and to the geological structure. The studies in progress for the assessment of the geomorphological assets imply the attribution of a specific level of interest to those forms which have a significant scientific character. In example, a particularly significant conglomerate outcrops at M. Parei which is important for the chronological reconstruction of the last Alpine tectonic phases. The conglomerate, characterised by a Upper

Oligocene - Lower Miocene microfaunas, lies between two different dinaric and sudAlpine thrusts. A large karstic modelled limestone surface, characterised also by a wall modelled by ice-melting water erosion, is considered as a geomorphological asset. Other examples of geomorphological assets are represented by a glacial deposit in the Rudo Valley and by several forms which act tectonic activity.

KEY WORDS: Geomorphology, environmental impact assessment, geomorphological assets, Dolomites, northern Italy

1. - INTRODUZIONE

Questo lavoro rientra in una più generale ricerca a carattere europeo che ha tra i propri scopi quello di definire un percorso metodologico, sufficientemente generale, per il riconoscimento e la classificazione dei beni geomorfologici e per una valutazione degli impatti che essi possono subire dall'azione antropica. Secondo questa metodologia (PANIZZA, 1995, 1996) nella valutazione di un bene geomorfologico gli attributi che possono conferirgli un valore sono essenzialmente di tipo scientifico, culturale, socio economico e scenico. Dal punto di vista scientifico il bene geomorfologico può essere importante secondo quattro valenze: come modello di evoluzione geomorfologica, come oggetto di esemplarità didattica, come testimonianza paleogeomorfologica o per la valenza ecologica. Al bene dev'essere poi assegnato un valore qualitativo a seconda del suo grado di interesse, basato sul criterio della rarità, da mondiale a non significativo.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Modena - Largo S. Eufemia, 19 - 41100 Modena (Italy)

Questa metodologia di valutazione è esprimibile mediante tabelle che indicano numericamente il bene e le valutazioni precedenti (PANIZZA *et alii*, 1996). Nell'area indagata sono state condotte indagini di tipo geomorfologico che hanno permesso la redazione della relativa carta geomorfologica di dettaglio a scala 1:10.000 e l'individuazione di forme e depositi classificabili come beni geomorfologici, successivamente illustrati su una specifica carta dei beni.

2. - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO

L'area studiata si trova al confine tra il Veneto e il Trentino - Alto Adige, precisamente tra le province di Belluno e di Bolzano. Essa appartiene alle Dolomiti di Fanes limitata a N dall'Alpe di Sennes, ad E dal Torrente Boite, a S dalla parte settentrionale del Gruppo delle Tofane, e ad W dall'Alpe di Fanes Piccola. L'aspetto caratteristico dell'area è un paesaggio a vasti altipiani non superiori ai 2500 m di altitudine; idrograficamente è compresa in zona di spartiacque tra il bacino del Fiume Piave e quello del Fiume Adige; essendo in gran parte costituita da litologie a composizione calcarea, la rete idrografica è scarsa con evidenti indizi di circolazione sotterranea.

Geologicamente nell'area affiora parte della successione mesozoica delle Dolomiti, dai sedimenti di piana marina costiera della Formazione di Raibl e di Dolomia principale, a quelli di banco tropicale sommerso dei calcari grigi, fino a sedimenti di mare profondo come il Rosso Ammonitico e il Biancone (MUTSCHLECHNER, 1932; OGILVIE GORDON, 1934). Un conglomerato di ambiente litorale marino datato per un'associazione a microfaune all'Oligocene superiore-Miocene inferiore (CROS, 1966) è presente su M. Parei di Fanes Grande; esso è particolarmente importante in quanto poggia sui sovrascorrimenti ovest-vergenti paleogenici della deformazione dinarica ed è a sua volta ricoperto da un sovrascorrimento sud-vergente della deformazione sudalpina di età neogenica (DOGLIONI & STORPAES, 1990). La varietà di formazioni litologicamente diverse ha creato una morfologia selettiva dai forti contrasti. Lo stile tettonico è dato da una serie di disturbi per faglia, diretti soprattutto da WNW a ESE e ad andamento sinuoso.

La morfologia è varia, in parte connessa a sistemi climatici glaciali e periglaciali, in parte, come già detto, alle relazioni con la struttura geologica. La morfogenesi glaciale ha modellato le valli, scavato circhi di dimensioni anche notevoli (ad esempio il circo di Col Bechei - Croda

del Becco nel versante esposto a NNW che ha un diametro di circa 1500 m) e lasciato ingenti depositi glaciali; secondo BEVILAQUA (1953) questi sono attribuibili agli stadi di Gschnitz (tardo Würm). Attualmente i processi più attivi sono quelli dovuti principalmente alla gravità e conseguentemente i depositi più estesi sono costituiti da conii detritici, falde detritiche e frane di crollo, non mancano tuttavia tracce di reptazione e depositi colluviali.

L'idrografia attuale è scarsa e difficilmente sembra coincidere con quella che ha originato le valli. È probabile che in epoca pre Quaternaria ci fosse una rete torrentizia molto efficiente impostata sui terreni terziari; quando l'erosione produsse il denudamento delle sottostanti successioni calcaree mesozoiche allora le acque cominciarono a divagare e a disperdersi in inghiottitoi carsici. L'aumento di deflusso sotterraneo produsse un calo di portata nel reticolo superficiale e conseguentemente anche un calo della capacità erosiva delle acque superficiali e quindi la conservazione di una morfologia ad altipiani.

Le morfologie fluviali non sono dunque particolarmente rilevanti e i depositi sono limitati a qualche cono alluvionale e ad un solo terrazzo. Sono da citare alcuni depositi palustri per lo più a monte di sbarramenti morenici e tre laghi la cui origine sembra legata sia al carsismo che al glacialismo.

3. - BENI GEOMORFOLOGICI

La metodologia adottata per la valutazione dei beni geomorfologici prevede la cartografia geomorfologica di dettaglio dell'area ed il riconoscimento secondo le modalità indicate da PANIZZA (1995), (1996); PANIZZA *et alii* (1996) della qualità del paesaggio, ottenuta come prodotto del valore per il grado di conservazione dello stesso.

In riferimento alla metodologia per la valutazione dei beni geomorfologici sopra menzionata, nell'area si possono distinguere alcuni esempi di beni con diverse valenze scientifiche.

3.1. - CONGLOMERATO

Una grande testimonianza paleogeografica è data dal conglomerato di Monte Parei (fig. 1), da tempo noto in letteratura (MOJSISOVICS, 1879; KOBER, 1908; MUTSCHLECHNER, 1932; OGILVIE GORDON, 1934; CITA & PASQUARÉ, 1959; CROS, 1966, 1978; LEONARDI *et alii*, 1967; DOGLIONI & BOSELLINI, 1987; BOSELLINI, 1989; DOGLIONI & STORPAES, 1990; PANIZZA & DIBONA, 1990); esso è particolarmente interessante



Fig. 1. – Il maggior affioramento del Conglomerato al Monte Parei di Fànes Grande. È particolarmente evidente la stratificazione.

– *The greatest outcrop of Conglomerate at Mount Parei di Fànes Grande. On the slope is clearly in evidence the conglomerate stratification.*



Fig. 2. – Parete calcarea interessata da fenomeni carsici lungo la strada tra il Rifugio Fànes e il Passo di Limo.

– *Karstic phenomena on the limestone along the road between Rifugio Fànes and Limo Pass.*

per la ricostruzione cronologica delle ultime fasi della tettonica Alpina, infatti sutura sovrascorrimenti ovest-vergenti Dinarici ed è ricoperto da quelli sud-vergenti Sudalpini. Poggia sui calcari liassici piegati, ma a luoghi i calcari sovrascorrono sul conglomerato. Tale evoluzione tettonica è osservabile nella parete S di Col Bechei e Monte Parei. Questo conglomerato è costituito da un insieme cementato di ciottoli poligenici da sub-arrotondati ad arrotondati, passante ad un'arenaria grossolana; litologicamente costituito da dolomie, calcari, frammenti di rocce metamorfiche e cristalline, ben stratificato e con uno spessore intorno ai 60-70 m; la genesi è litorale marina di fan-delta (PANIZZA & DIBONA, 1990). Sopra di esso si rinvencono lembi di un suolo di problematica interpretazione e apparentemente antico; dal dilavamento di questo suolo provengono ghiaie e ciottoli di quarzo (diametro da qualche mm a dieci cm) concentratisi per colluvio in avvallamenti e zone pianeggianti. L'area di Col Bechei sembra esser stata interessata da una pedogenesi riferibile a condizioni climatiche caldo-umide (né glaciali, né interglaciali data l'alta quota) e quindi ad epoche mioplioceniche o al massimo pleistoceniche iniziali, avvenuta a quote inferiori (il tasso di sollevamento della regione è infatti di circa di un mm/anno). Risulta quindi problematico spiegare la presenza di questo suolo su superfici esposte nel tempo a condizioni sfavorevoli in ambiente sia glaciale che interglaciale; le ipotesi più accreditate sono legate ai processi gravitativi (seppellimento del suolo ad opera di detriti di falda o frana) o a movimenti tettonici (sovrascorrimento) che ne avrebbero di fatto provocato il seppellimento. Nel caso della seconda ipotesi, se dimostrata, il sovrascorrimento indicherebbe attività tettonica recente.

3.2. – FORME CARSICHE

La generale povertà del reticolo idrografico è dovuta alla grande estensione degli affioramenti di rocce calcaree che provocano diffusi fenomeni carsici. Questi costituiscono ottimi esempi didattici di macro e microforme soprattutto sul piano circostante Lago Verde. Particolarmente adatta a fini didattici è la parete calcarea a valle del Passo di Limo (fig. 2) in prossimità dello spartiacque, interamente scolpita da solchi di dissoluzione carsica poco incisi, regolari e rettilinei nel senso della pendenza, evidentemente connessi alle acque di fusione dei ghiacciai e da fessure isoorientate più profonde e irregolari da imputarsi alla permanenza di cunei di ghiaccio nella preesistente fratturazione (BEVILACQUA, 1953; PANIZZA & DI BONA, 1990).

3.3. – FORME E DEPOSITI GLACIALI

Nel Vallone di Rudo si rinviene un imponente deposito glaciale che va da Lago Piciodél fin quasi a Rifugio Pederu. I depositi glaciali riempiono interamente il fondo della valle e, a tratti, alcuni dossi morenici sono cartografabili in continuità con le porzioni prossimali dei con di detrito. La morfologia del deposito è piuttosto irregolare, a dossi e avvallamenti di varie e notevoli dimensioni, dell'ordine anche di una centinaia di metri. Nei depositi si possono individuare almeno due grosse doline riprodotte e, particolarmente evidenti dalle fotoaeree alcuni archi morenici. Questi ultimi costituiscono un sistema a tre sbarramenti che nell'insieme individuano l'evoluzione del fronte glaciale: nell'arco più esterno si ha un unico sistema vallivo di fusione dei due singoli fronti prove-

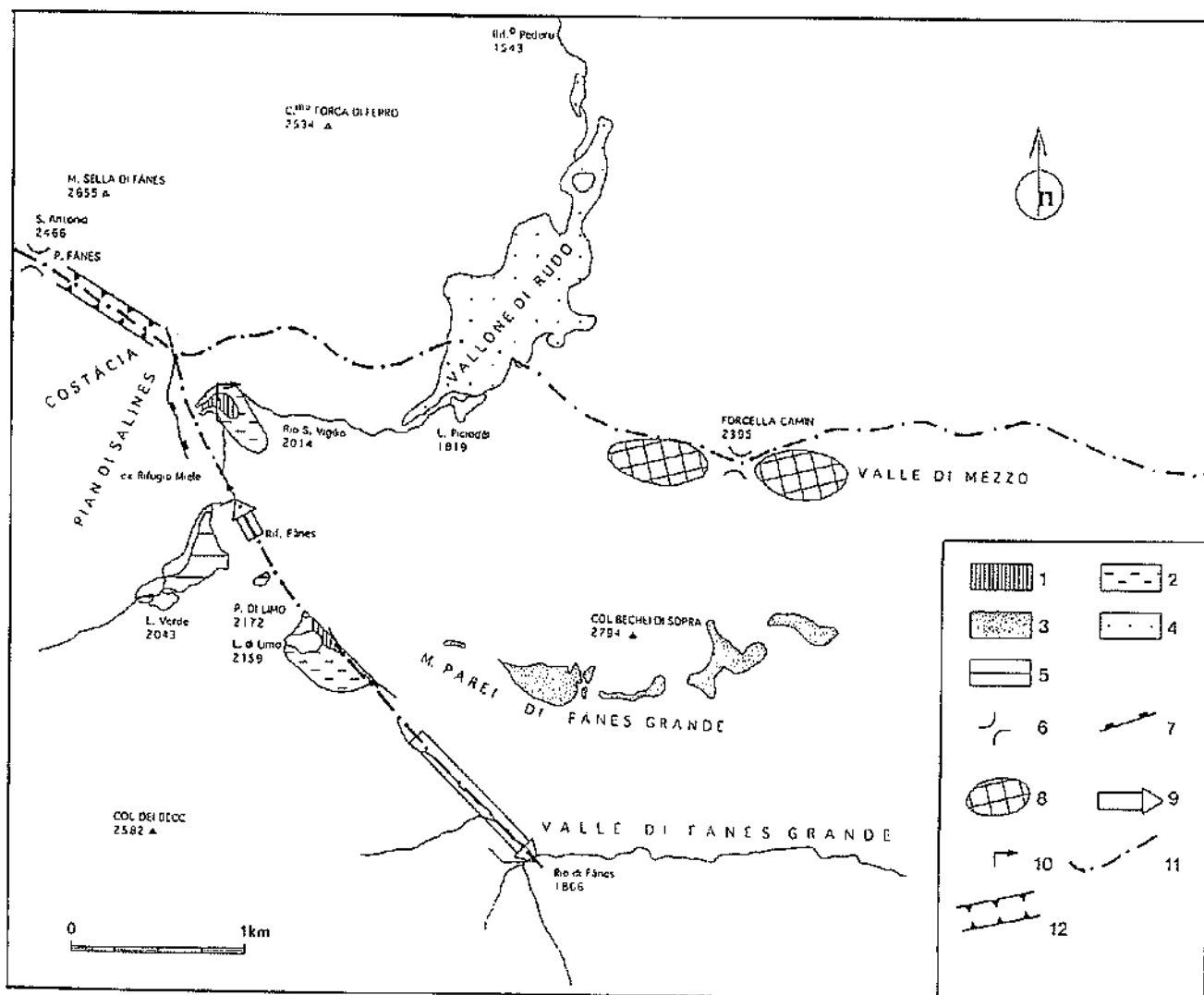


Fig. 3. — Schizzo dei beni geomorfologici nelle Dolomiti di Fanes. Legenda: 1) Biancone; 2) Rosso Ammonitico; 3) Conglomerato di M. Parei; 4) deposito morenico; 5) forma carsica; 6) sella; 7) scarpata; 8) area con forme particolari e/o allineate; 9) corso d'acqua rettilineo; 10) gomito fluviale; 11) lineamento tettonico; 12) evidente elemento tettonico.

— Schematic map of geomorphological assets in the Dolomiti di Fanes. Legend: 1) Biancone (formation); 2) Rosso Ammonitico (formation); 3) M. Parei conglomerate; 4) moraine deposit; 5) karst form; 6) saddle; 7) scarp; 8) area with particular recurrent and/or aligned forms; 9) linear river; 10) river bend; 11) tectonic lineament; 12) evident tectonic element.

nienti da Forca di Ferro e soprattutto da Fanes; nel secondo e nel terzo arco s'intravede un avvicinamento dei fronti verso i reciproci versanti di provenienza. A monte del deposito si è formato un laghetto la cui origine è chiaramente dovuta allo sbarramento più elevato e che attualmente appare in estinzione per l'apporto detritico dai versanti.

Per la quota a cui giungono i singoli archi rispetto alle linee di cresta dei bacini alimentatori, il sistema s'inserisce secondo BEVILAQUA (1953) nello schema degli stadi di Gschnitz (tardo Würm). Questo deposito morenico può essere considerato un bene geomorfologico perché testimonianza paleogeomorfologica di un sistema morfoclimatico di tipo glaciale (dif-

ferente quindi dall'attuale), perché esempio dell'evoluzione geomorfologica della lingua glaciale da un unico sistema vallivo di fusione a due a causa del progressivo ritiro dei fronti sui versanti.

3.4. — INDIZI DI ATTIVITÀ TETTONICA

Nell'area sono rappresentati numerosi esempi di indizi di attività neotettonica. Tra questi ve ne sono diversi che presentano un alto grado di esemplarità didattica; in particolare si devono citare gli indizi collegati alla faglia di Passo S. Antonio e a quella di Lago Limo (fig. 3).

3.4.1 – *Faglia di Passo S. Antonio*

Diversi indizi suggeriscono la presenza di un sovrascorrimento di gran sviluppo a direzione WNW-ESE:

- una sella molto marcata su Passo S. Antonio (Passo Fànes) a direzione NW-SE;
- un'evidente linea tettonica, perfettamente allineata alla sella suddetta verso SE, data dal troncamento della base della falda detritica proveniente dal M. Sella di Fànes contro il pianoro di Pian de Salines (Costàcia);
- il gomito ad angolo retto del Rio S. Vigilio che da una direzione meridiana passa ad una verso ESE;
- la sella di Forcella Camin che separa il Vallone di Rudo dalla Valle di Mezzo;
- le due falde detritiche con evidenze di ruscellamento concentrato, allineate e presenti ai lati della sella di Forcella Camin.

Il contatto di tale sovrascorrimento a grande rigetto, è particolarmente evidente a Passo S. Antonio dove il paesaggio carsico di Costàcia su Pian de Salines (calcarei grigi) è posto a contatto con le creste scabre e fortemente degradate della dolomia del M. Sella di Fànes (fig. 4). È visibile lo stesso contrasto a Forcella Camin. L'abbondanza della copertura detritica nella Valle del Piciodél e nella Valle di Mezzo è una conferma del carattere non attivo del movimento. Gli indizi sopra esposti sono da considerarsi situazioni utili a fini didattici per la esemplificazione di casi di morfoselezione dovuta alla tettonica con ruolo passivo.

3.4.2 – *Faglia di Lago Di Limo*

Numerosi indizi suggeriscono la presenza di un sovrascorrimento ad andamento NNW-SSE che da oriente di Pian di Salines si estende fino in Val di Fànes:

- una scarpata che costituisce il lato orientale di Pian di Salines, di circa duecento metri di altezza a direzione N-S, estesa pressappoco per mezzo chilometro;
- più a SE un gomito nell'idrografia del Rio di S. Vigilio che ne devia il corso da SW-NE a N-S;
- una scarpata, con orientamento NW-SE, sulle pendici occidentali di Col Bechei di Sopra (ad oriente di Lago di Limo);
- la presenza del Lago di Limo (fig. 5);
- un alveo rettilineo, orientato parallelamente alla scarpata che scende dal Lago di Limo verso la Val di Fànes Grande.

Tali indizi segnalano la presenza di una linea tettonica alquanto complessa; questa dalla Val di Fànes si dirige a NW verso il Lago di Limo e l'omonimo passo e prosegue nella stessa direzione fino alla scarpata di Pian di Salines a N dell'ex Rifugio Miele. All'altezza del Lago di Limo a seguito della presenza di questa faglia



Fig. 4. – In primo piano la superficie sommitale costituita dai Calcari liassici sotto Pian di Salines colonizzata dai pini cembri caratterizzata da conche di dissoluzione carsica. In secondo piano il M. Sella di Fànes costituito da Dolomia Principale caratterizzata da scabre e degradate creste. Tra i due rilievi è presente il contatto tettonico del Passo S. Antonio.

– In the foreground the liassic limestone of the top surface below Pian di Salines partially colonised by cembro pine and characterised by karstic depressions. In the background the "Dolomia Principale" formation at the M. Sella di Fànes which causes the rough peaks. The tectonic line of the Passo di S. Antonio lies between the two mounts.

inversa, si trovano a contatto i calcari grigi delle pendici di Col Bechei con il Rosso Ammonitico e il Biancone della conca del lago. A N dell'ex Rifugio Miele invece la linea di faglia ha un tracciato più rettilineo e la disposizione delle formazioni geologiche evidenzia la trascorrenza sinistra di quest'ultima. Considerato l'apparente rigetto del sovrascorrimento di Col Bechei - Col dei Becc si ipotizza per questa faglia una trascorrenza sinistra con un rigetto di circa un chilometro. Oppure un movimento con una componente a forbice con perno circa a metà della linea, che trasforma il meccanismo di faglia inversa presso il Lago di Limo in una faglia diretta a N dell'ex Rifugio Miele. La scarpata di Pian di Salines presenta nella parte superiore una doppia e blanda sinclinale e verso il basso pieghere a chevron a ulteriore testimonianza dell'attività dell'area.

Gli indizi che caratterizzano la linea tettonica rappresentano buoni esempi di evoluzione geomorfologica di forme in presenza di attività tettonica.

4. – IMPATTO SU UNA EX MULATTIERA DI GUERRA

L'area rientra nel Parco Naturale di Fànes-Sennes-Braies istituito dalla provincia autonoma di Bolzano e gode quindi dei privilegi riservati alle aree protette, fatta eccezione per un insolito servizio taxi che da



Fig. 5. – La conca del Lago di Limo vista dalle pendici occidentali di Col Becchi di Sopra.
Nella parte alta della foto la gradinata calcarea intorno al Parlamento delle Marmotte.

– *The depression of the Lake Limo from the western slope of Col Becchi di Sopra.*
In the upper side of the picture the flight of steps of the limestone near the "Parlamento delle Marmotte".

Rifugio Pederu arriva in Val di Fànès Grande passando per il Parlamento delle Marmotte (fig. 5) e il Passo di Limo. Tale servizio opera su di una strada bianca già mulattiera di guerra a sezione piuttosto ampia e a luoghi risistemata con varie opere di stabilizzazione: muretti di contenimento al piede dei versanti, gabionate che bloccano i detriti e cementazioni del piano stradale lungo le curve più acclivi. Il traffico è sostenuto da un servizio a pagamento di sette/otto piccoli bus fuoristrada privati che, in un periodo che va da giugno a settembre fanno la spola dal Rifugio Pederu a Rifugio Fànès per il trasporto dei turisti. Nelle giornate serene di luglio e agosto, si può notare il passaggio di un bus ogni due - tre minuti; è quindi possibile valutare l'interesse economico al mantenimento di tale servizio. Un altro servizio trasporti molto meno intenso è fornito dal rifugio Fànès a Cortina d'Ampezzo attraverso il Passo di Limo e la Val di Fànès Grande.

Il mantenimento di questi servizi di trasporto induce problemi che devono essere attentamente valutati in aree protette come quella del parco in oggetto. Oltre ai disagi concreti imposti dal traffico, come quelli legati al danno biologico per l'inquinamento acustico e atmosferico, si avverte infatti forte l'offesa alla memoria storica di un percorso di guerra (Prima Guerra Mondiale) che, anziché essere considerato e tutelato come una sorta di museo all'aperto (potrebbe essere attrezzata qualche trincea della grande guerra localizzata nelle immediate vicinanze della strada), non possiede neppure una targa che spieghi al turista che sta percorrendo una vecchia strada militare.

Questa pubblicazione è parte del progetto europeo «Human Capital and Mobility» (ERBCHRXCT930311): «Geomorphology and Environmental Impact Assessment: a network of researchers in the European Community», coordinatore Prof. M. PANIZZA, pubblicazione n. 50.

BIBLIOGRAFIA

- BEVILAQUA E. (1953) - *Aspetti morfologici della regione di Fanes*. Ist. Geogr. Univ. Padova, 3.
- BOSELLINI A. (1989) - *La storia geologica delle Dolomiti*. pp. 149, Dolomiti, S. Vito C.
- CITA M. B. & PASQUARÉ G. (1959) - *Studi stratigrafici sul sistema Cretaceo in Italia. Nota VI. Osservazioni micropaleontologiche sul Cretaceo delle Dolomiti*. Riv. Ital. Paleont. Stratigr., 65 (4): 385-444, 1 fig., 1 tab., Milano.
- CROS P. (1966) - *Age oligocène supérieur d'un poudingue du Monte Parzi dans les Dolomites centrales italiennes*. C.R. somm. Soc. Géol. France, 7: 250-252.
- CROS P. (1978) - *Interprétation des relations entre sédiments continentaux intrakarstiques et molasses littorales, oligo-miocène des Dolomites centrales italiennes*. Atti Cong. «Processi paleocarsici e neocarsici», 2-10, 3 figg., Napoli.
- DOGLIONI C. & BOSELLINI A. (1987) - *Eoalpine and mesoalpine tectonics in the Southern Alps*. Geol. Rund., 76 (3): 735-754, 18 figg., Stuttgart.
- DOGLIONI C. & STORPAES C. (1990) - *Polyphase deformation in the Col Bechei area (Dolomites - Northern Italy)*. Eclogae geol. Helv., 83 (3): 701-710, 6 figg., Basel.
- KOBER L. (1908) - *Das Dachsteinkalkegebirge zwischen Gader, Rienz und Boita*. Mitt. Geol. Ges., 1: 203-244, Wien.
- LEONARDI P. et alii (1967) - *Le Dolomiti. Geologia dei monti tra Isarco e Piave*. pp. 1025, Manfrini, Rovereto.
- MOJSISOVICS E. v. (1879) - *Die Dolomit - Riffe von Südtirol und Venetien. Beiträge zur Bildungsgeschichte der Alpen*. Wien.
- MUTSCHLECHNER G. (1932) - *Geologie der St. Vigil-Dolomiten*. Jahrb. Geol. Bundesanst., 82 (1-2): pp. 75, Wien.
- Ogilvie Gordon M.M. (1934) - *Geologie von Cortina d'Ampezzo und Cadore*. Jahrb. Geol. Bundesanst., 84 (1-4), pp. 59, Wien.
- PANIZZA M. (1995) - Introduction to a research methodology for environmental impact assessment. In: MARCHETTI M., PANIZZA M., SOLDATI M. & BARANI D. (Eds.): "Geomorphology and ELA". Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria, 3: 13-26, Milano.
- PANIZZA M. (1996) - *Environmental Geology*. Elsevier, (in stampa).
- PANIZZA M. & DIBONA D. (1990) - *Segnalazione di un suolo al Col Bechei (Dolomiti di Fanes) e suo possibile significato neotettonico*. Il Quaternario, 3 (1): 31-38, 10 figg.
- PANIZZA M., MARCHETTI M. & PATRONO A. (1996) - *A proposal for a simplified method for assessing impacts on landforms. Geomorphologic analysis and evaluation in environmental impact assessment*. ITC 32: 324, Enschede.

La spiaggia e la falesia di Chiaia di Luna (isola di Ponza): un geotopo con problemi di pericolosità geologica e di fruizione turistica

The beach and the cliff of Chiaia di Luna (Island of Ponza): a site of geological interest with problems of geological hazard and tourist use

D'ANGELO S. (*), GISOTTI G. (*) & LEMBO P. (*)

RIASSUNTO – L'isola di Ponza è costituita da rocce di origine vulcanica legate a due principali fasi eruttive, sottomarina la prima e subaerea la seconda, che si sono sviluppate dal Pliocene superiore fino al Pleistocene, cui corrispondono rispettivamente: formazioni ialoclastiche brecciate e microbrecciate, depostesi a diretto contatto con l'acqua del mare, e piroclastiti e lave trachitiche.

La spiaggia di Chiaia di Luna, oggetto della ricerca, è sovrastata da un'alta falesia di oltre 100 m, lunga circa 1 km, costituita dai prodotti vulcanici sopra descritti e soggetta a un forte dissesto idrogeologico che minaccia i fruitori della spiaggia sottostante.

Il richiamo che esercita Chiaia di Luna è dovuto non solo alla spiaggia, ma anche alla spettacolare falesia, il geotopo per l'appunto, al cui interesse scientifico si collega l'aspetto turistico: le due funzioni sono strettamente intrecciate. Poiché l'economia dell'isola è basata principalmente sul flusso turistico-balneare e l'obiettivo principale è quello di preservare la fruibilità del sito, ogni intervento di tutela naturalistica deve considerare, oltre che il mantenimento del naturale processo evolutivo, anche i problemi di incolumità degli utenti.

Attualmente sono state adottate alcune misure di mitigazione del rischio geologico che, a giudizio degli Autori, costituiscono solo una soluzione temporanea.

Nel contesto delineato, la segnalazione del sito di Chiaia di Luna come geotopo vuole essere un contributo alla valorizzazione e alla salvaguardia di un importante patrimonio geo-ambientale.

ABSTRACT – The island of Ponza is composed of volcanic rocks deriving from two main eruptive phases, submarine and subaerial respectively, which occurred in the late Pliocene to Pleistocene period. The breccia and microbreccia hyaloclastic formations belong to the first phase, and outcrop widely in the central and northern areas of the island; they are the result of the emplacement of eruptive materials laid down directly in the sea water. After this first phase which led to the emersion of the island, a second occurred connected with subaerial emplacement of pyroclastic rocks and trachytic lavas which outcrop in the southern area of the island.

A steep cliff, more than 100 m high and about 1 km long overlooks the Chiaia di Luna beach i.e. the subject of this note. This cliff is composed of submarine volcanic products of acid type, with microbreccia facies. Small lava fragments floating in a vitreous matrix prevail in the northern sector of the cliff, and a more compact massive layer with big scoria is present in the southern sector. A crateric structure (tuff-cone) filled with finely bedded white-greyish ash tuffs, which testify a subaerial eruptive phase of explosive type can be noticed in the middle of the cliff. The colour contrast of the volcanic products, the colour band architecture and the setting, as spectacular as a theatrical backdrop facing a wide bay, make this site a unique natural monument. The tall subvertical wall is, however, subject to strong geological instability that threatens the users of the underlying beach. The tuff-cone, composed of pyroclasts more or less weakly cemented, is subjected to periodical rock-falls or toppling slips, whilst at

PAROLE CHIAVE: Geomorfologia, geotopi, turismo.

(*) Servizio Geologico d'Italia - Via Curtatone, 3 - Roma.

the southern end of the cliff, near the entrance of a Roman gallery, wide-spread erosion prevails, so that the slope is furrowed by a small drainage channels along which loose scree moves and accumulates at the base of the cliff.

The appeal of Chiaia di Luna is not only due to the beach, but also to the spectacular cliff, that is the site of geological interest; it is clear that the two aspects, the scientific and the touristic one, are closely related, so that any preservation act for the cliff has to be balanced with planned preventative action against the landslides that put at risk the beach users' safety.

At present, some measures have been taken, in order to lower the geological hazard and to keep at least a portion of the Chiaia di Luna beach enjoyable. The measures consist in felling some already disjointed parts of the cliff, installing a wire-net near the Roman gallery to prevent rocks from falling and precluding access to zones of most risk. In the authors' opinion, these measures are only a palliative to the geomechanical stability and may represent an unreal security. Moreover, the Chiaia di Luna beach is almost exclusively fed by the materials that come from the dismantlement of the cliff, which are redistributed by the wave motion along the whole arc of the cove. The artificial blockage of the cliff would deprive the beach of its main feeding source, condemning it to a quick erosion and then to its gradual disappearance.

Nonetheless, because the island economy is mainly based on the sea-side tourism, the only option is to create an artificial beach by extending the existing one, in order to protect the current use of the site. Artificial beach accretion should come together with a submerged break-water that could help the accumulation and the preservation of the sand. In such a framework, the designation of the Chiaia di Luna site as a site of geological interest and proposing its conservation through a process of natural evolution is seen as a contribution to both planning and management of a geo-environmental asset.

KEY WORDS: Geomorphology, geosites, tourism.

1. - INTRODUZIONE

Nell'isola di Ponza (Lazio) la spiaggia di Chiaia di Luna e la soprastante falesia rappresentano uno dei tratti di costa più rilevanti, dal punto di vista paesaggistico, del Tirreno centrale.

L'aspetto geologico e geomorfologico del sito fa sì che esso possa rientrare a pieno titolo fra i geotopi che meritano di essere salvaguardati (ARNOLDUS HUYZENDVELD *et alii*, 1995), rivestendo anche un rilevante interesse turistico (fig. 1).

2. - ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELL'ISOLA DI PONZA

L'isola di Ponza è costituita da rocce di origine vulcanica legate alle fasi tettoniche che dalla fine del Mio-

cene hanno interessato l'area; esse poggiano su di un substrato sedimentario, non affiorante nell'isola, che rappresenta il lembo emerso di un alto strutturale della piattaforma continentale medio-tirrenica (DE RITA *et alii*, 1988).

Tali prodotti vulcanici sono legati a due principali fasi eruttive, sottomarina la prima e subaerea la seconda, che si sono sviluppate dal Pliocene superiore fino al Pleistocene (CONTE *et alii*, 1994).

Alla prima fase corrispondono le formazioni ialoclastiche brecciate e microbrecciate, che affiorano estesamente nelle aree centro-settentrionali dell'isola; esse rappresentano il prodotto della messa in posto di materiali magmatici depositi a diretto contatto con l'acqua del mare che, per essere stati sottoposti ad un rapido raffreddamento, risultano minutamente frantumati. Queste formazioni rappresentano la facies più diffusa; litologicamente sono costituite da una microbreccia di colore grigiastro, immersa in una matrice vetrosa, talora solcata da venature ocracee dovute alla venuta di fluidi idromagmatici.

Dopo questa prima fase, che ha portato all'emersione dell'isola, ne succede una seconda legata ad un'attività vulcanica subaerea, con la messa in posto di piroclastiti e lave trachitiche, affioranti nell'area meridionale (VEZZOLI, 1988).

Le sue coste hanno uno sviluppo di oltre 41 km; si presentano estremamente frastagliate e circondate da alte falesie a picco sul mare, la maggior parte delle quali raggiunge e supera altezze di un centinaio di metri.

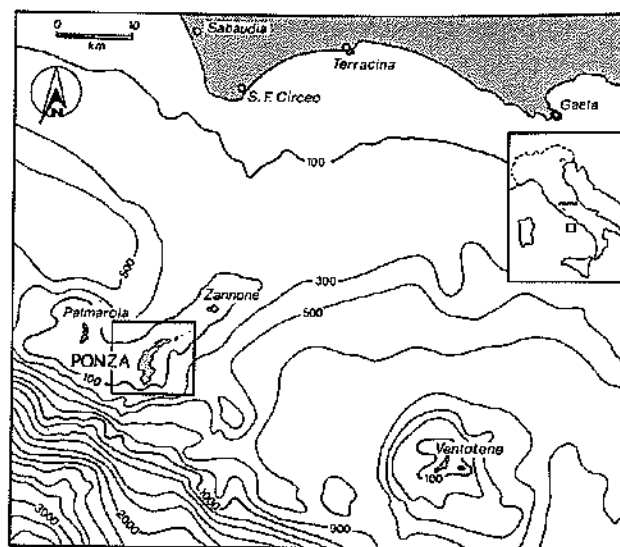


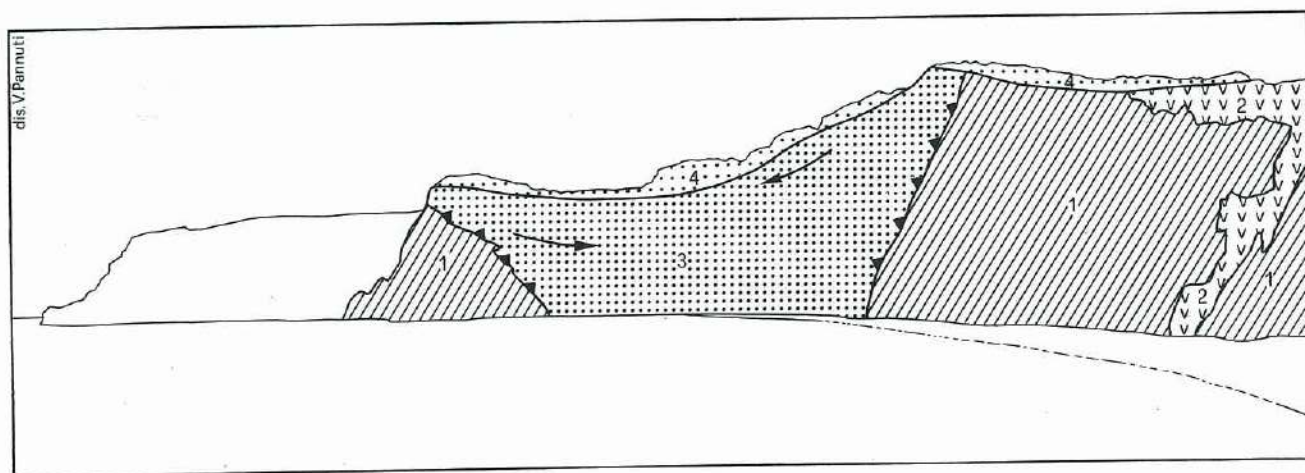
Fig. 1. - Ubicazione dell'area in esame.

- Location of the island of Ponza.

3. - LA SPIAGGIA E LA FALESIA DI CHIAIA DI LUNA: UN GEOTOPO EMBLEMATICO DELL' ARCIPELAGO PONTINO

La spiaggia di Chiaia di Luna è sovrastata da un'alta falesia di oltre 100 m, lunga circa 1 km (fig. 2).

Essa è costituita, nel settore Nord, dai prodotti vulcanici di ambiente sottomarino a carattere acido, riolitico-riodacitico, in facies microbrecciata, costituiti da frammenti lavici minuti immersi in una matrice vetrosa, determinati dal rapido raffreddamento del magma a diretto contatto con l'acqua del mare. Questa facies,



1



2



3



4



5



6

Fig. 2. - Schizzo geologico della falesia di Chiaia di Luna. 1) Facies brecciata e microbrecciata a cemento vetroso = ialoclastiti (unità sottomarina). 2) Ialoclastiti in facies lavica ossidianacea (unità sottomarina). 3) Prodotti idromagmatici del tuff-cone. Struttura craterica riempita da cineriti a stratificazione sottile in diretto contatto con le unità sottomarine in facies brecciata (unità subaerea). 4) Depositi continentali. 5) Faglie di collasso nel tuff-cone. 6) Inclinazione degli strati nelle cineriti. (da CARMASSI *et alii*, 1983).

- Geological sketch of Chiaia di Luna cliff. Submarine volcanic units, 1) Rhyolitic hyaloclastites with brecciated and microbrecciated facies. 2) Hyaloclastites with obsidianaceous facies. Subaerial volcanic unit, 3) Hydromagmatic tuff-cone. 4) Continental deposits. 5) Collapse faults within tuff-cone. 6) Dip gradient of the tuff-cone beds.

consolidandosi, ha isolato le successive venute di magma, che ha potuto raffreddarsi più lentamente, in facies sempre meno brecciate e più laviche; il settore Sud della spiaggia è infatti costituito da un bancone più compatto, con grosse scorie (BARBERI *et alii*, 1967). Fra le due facies descritte sono presenti delle fasce di alterazione idrotermale, di colore giallo-arancio, visibili nel settore meridionale del sito.

Verso il centro della spiaggia si riconosce una struttura craterica riempita da cineriti bianco-grigiastre, a stratificazione sottile (tuff-cone). Questi prodotti rappresentano una fase eruttiva di tipo esplosivo, subaereo, che ha determinato l'apertura e il collasso del cratere stesso.

Il contrasto di colorazione dei prodotti vulcanici, le strutture articolate che li mettono in contatto e l'imponente esposizione a mo' di scenografia teatrale a fronte di un'ampia baia, fanno di questo sito un monumento naturale unico.

4. – PERICOLOSITÀ GEOLOGICA DI CHIAIA DI LUNA

L'alta parete subverticale, lunga circa 1 km, è soggetta a continui dissesti che minacciano i fruitori della spiaggia sottostante; questa è larga in media 5 m e si assottiglia procedendo verso l'estremità Nord.

La tipologia dei dissesti è correlata essenzialmente alla litologia dei materiali affioranti.

Il tuff-cone, costituito da piroclastiti più o meno debolmente cementate, è soggetto a periodiche frane di crollo (falls) o di ribaltamento (topples). Il crollo avviene perché il versante tufaceo viene scalzato alla base dalle mareggiate, che raggiungono facilmente la parete a causa della esigua profondità della spiaggia. Il materiale, una volta abbattutosi sulla spiaggia, viene ripreso dall'azione del mare e ridistribuito lungo la spiaggia, sia quella emersa che quella sommersa.

Il ribaltamento è dovuto a forze che causano un momento ribaltante attorno a un punto di rotazione situato al di sotto del baricentro della massa interessata: il fenomeno evolve in un crollo. Sono state individuate nel tufo varie fenditure parallele alla parete, formatesi per erosione e per decompressione, che tendono a isolare prismi e poliedri anche di notevole dimensioni, alti fino a 4-5 m e dello spessore da qualche decimetro fino a oltre 1 m; vengono così a formarsi blocchi, «dame», che col procedere dei processi di degradazione risultano sempre più isolati dalla falesia finché non avviene il distacco (fig. 3). Questi stessi fenomeni avvengono nella contigua parete a Sud, costituita dalla

facies brecciata e microbrecciata (D'ANGELO *et alii*, 1995).

Nell'estremità meridionale, tra la fessura d'alimentazione colmata dalla facies lavica ossidianacea e l'imbocco della galleria romana, il materiale è più frammentato; pertanto vi prevale un fenomeno diffuso di erosione, per cui il versante, ripido ma non verticale, è solcato da piccoli canali di drenaggio lungo cui avvengono spostamenti gravitativi di materiale detritico, che si accumula ai piedi della falesia.

Il principale intervento di sistemazione idrogeologica operato fino alla data del sopralluogo riguarda quest'ultimo tratto della falesia: si tratta di una rete metallica paramassi, stesa dalla sommità del rilievo (che qui è più basso) fino alla base della falesia. Tale rete è peraltro soggetta a frequenti lacerazioni, dalle



Fig. 3. – Chiaia di Luna. Nell'immagine si nota un'ampia fessura con piano subparallelo alla parete, che nella sua evoluzione, sta isolando una lama di materiale destinata a staccarsi ed a precipitare sulla spiaggia sottostante.

– Large crack subparallel to the cliff: it isolates a block which will detach itself and crash down on the beach below.

quali fuoriesce il materiale accumulatosi in tasche della rete stessa (fig. 4).

5. – VALORE SCIENTIFICO, PAESAGGISTICO, STORICO-CULTURALE DEL SITO

Le isole dell'arcipelago pontino furono frequentate dall'uomo fin dall'età preistorica, e cioè dal neolitico, per l'estrazione, la lavorazione e lo smercio dell'ossidiana, materiale indispensabile per la produzione di lame e di utensili in generale.

Inoltre queste isole erano un punto d'approdo per gli antichi navigatori del Mediterraneo, a cominciare dai Fenici fino ai Romani.

Al tempo dei Romani, l'isola di Ponza venne trasformata in luogo d'esilio «dorato» per personaggi ritenuti pericolosi per gli equilibri politici dell'epoca imperiale.

Per rendere gradevole il soggiorno sull'isola, i Romani eseguirono notevoli lavori pubblici, tra cui acquedotti, impianti di acquacoltura («piscine»), gallerie per rendere accessibili via terra bracci di mare e spiagge. Notevole è il tunnel che collega l'insediamento principale, l'abitato di Ponza, con la più ampia spiaggia dell'intero arcipelago, Chiaia di Luna (DE ROSSI, 1993). È probabile che il tunnel citato avesse lo scopo di collegare il versante occidentale con quello orientale dell'isola per rendere agevole lo scalo dei natanti qualunque fosse il vento che spirava.



Fig. 4. – Chiaia di Luna. L'estremità meridionale della falesia, nei pressi dello sbocco della galleria di epoca romana, è frequentemente soggetta a distacchi di materiale lapideo; l'ingresso della galleria stata protetta da una rete metallica paramassi, che risulta lacerata in più punti in seguito all'accumulo di materiale crollato.

– Southern end of cliff, near the Roman tunnel, is often subject to rock falls; the entrance area was protected by a wire net which is torn up because of the collapsed material.

6. – ASPETTI LEGATI ALLA FRUIZIONE TURISTICA

L'importanza della spiaggia di Chiaia di Luna sotto l'aspetto turistico è dimostrata dal notevole e crescente afflusso di villeggianti estivi all'isola di Ponza e alla citata spiaggia; in particolare lo sfruttamento turistico della località rappresenta una fonte di reddito per alcuni operatori che svolgono la loro attività direttamente sul sito.

La spiaggia di Chiaia di Luna rappresenta una delle poche accessibili via terra e sicuramente la più nota, più estesa e maggiormente frequentata dai villeggianti. I fenomeni di dissesto che fin dall'antichità hanno colpito la falesia si sono manifestati anche in tempi recenti, mettendo a repentaglio l'incolumità dei bagnanti. Da quanto esposto nel capitolo 4, è evidente che sussiste, per i frequentatori di questa spiaggia, il pericolo di essere colpiti da materiali di svariate dimensioni che precipitano dall'alto della parete retrostante. In effetti questi distacchi avvengono e qualche volta delle persone sono state colpite, pur in modo non grave.

In questa situazione la Capitaneria di Porto di Ponza, responsabile dell'incolumità delle persone nell'ambito del demanio marittimo, all'indomani di un incidente che ha interessato un bagnante, ha preso un'iniziativa per limitare l'accesso alla spiaggia; viceversa il Comune di Ponza, in considerazione del fatto che la spiaggia di Chiaia di Luna è quella più frequentata dell'isola e che quindi riveste un'importante funzione turistica, ha contestato l'iniziativa suddetta cercando soluzioni alternative. Attualmente la spiaggia è parzialmente agibile e sono stati stanziati dei fondi per finanziare un progetto di bonifica di un tratto di parete dissestata.

In questo contesto il Servizio Geologico Nazionale, nell'ambito di una più ampia indagine sulla pericolosità delle coste alte sovrastanti le spiagge del Lazio, commissionata dal Ministero dei Trasporti e della Navigazione e dal Ministero dei Lavori Pubblici - Ufficio del Genio Civile per le Opere Marittime, ha eseguito uno studio preliminare sulla pericolosità delle coste alte dell'Arcipelago pontino e quindi anche di Chiaia di Luna.

7. – PROPOSTE DI GESTIONE

Il richiamo che esercita Chiaia di Luna è funzione non solo della spiaggia, ma anche della spettacolare falesia, il geotopo per l'appunto, al cui interesse scientifico si collega l'aspetto turistico; è evidente che le due funzioni sono strettamente intrecciate, per cui ogni

intervento di tutela naturalistica deve fare i conti con le progettate opere di bonifica e viceversa.

Attualmente, alla data del sopralluogo, sono state adottate dalle Autorità competenti alcune misure di mitigazione del rischio geologico per mantenere fruibile almeno una parte della spiaggia di Chiaia di Luna. Queste consistono nel distacco artificiale di alcune porzioni già disarticolate di falesia, nell'applicazione di reti paramassi nei pressi dell'imbocco della galleria di epoca romana e nel divieto di accesso nelle aree a maggior rischio.

A giudizio degli Autori, le misure prese rappresentano solo una temporanea soluzione dei problemi di stabilità geomeccanica e possono costituire una falsa sicurezza. Inoltre, la spiaggia di Chiaia di Luna è alimentata esclusivamente dal materiale proveniente dallo smantellamento della falesia, che viene ridistribuito dal moto ondoso lungo tutto l'arco dell'insenatura. Il blocco artificiale della falesia priverebbe la spiaggia della sua principale fonte di alimentazione, condannandola all'erosione accelerata e quindi alla graduale sparizione: infatti, una volta innescato tale processo, sarebbe molto difficile recuperare una situazione preesistente.

Prendendo in considerazione, dunque, il problema della pericolosità per i frequentatori della spiaggia, e quindi la possibilità di attenuare tale pericolo, gli Autori ritengono che il criterio di bonificare la falesia con metodi che impediscono il distacco di materiale dalla stessa, privi la spiaggia della sua principale fonte di alimentazione; in tal modo il rapido arretramento operato dall'azione delle onde, senza la possibilità di ripascimento da terra, rende sfavorevole il naturale bilancio sedimentario.

Tuttavia, essendo l'economia dell'isola basata principalmente sul flusso turistico-balneare, non sembra eccessivo prendere in considerazione progetti a più ampio respiro, come la possibilità di realizzare una spiaggia artificiale sul profungamento di quella esistente. Il problema in questo caso risiede nella locale scarsità di materia prima, la sabbia, mentre la situazione morfologica si presenta favorevole, considerate le caratteristiche dell'insenatura e di alcune emergenze morfologiche dei fondali. Ad una prima analisi appare

quindi possibile la realizzazione di un ripascimento artificiale, accompagnato da una barriera soffolta, che agevoli l'accumulo e il mantenimento della sabbia. In questo caso si otterrebbe alla base della falesia una zona cuscinetto, da interdire al passaggio e alla fruizione, sulla quale i materiali staccati o crollati dall'alto potrebbero liberamente accumularsi, e contemporaneamente si realizzerebbe una spiaggia artificiale, un protendimento di quella naturale, che avrebbe come caposaldo, sul lato mare, l'ampio scoglio prospiciente, e che renderebbe meno aggredibile la falesia dall'azione delle forti mareggiate.

Nel contesto così delineato, la segnalazione del sito di Chiaia di Luna come geotopo e il mantenimento di quest'ultimo al suo naturale processo evolutivo vuole essere un contributo alla valorizzazione e alla salvaguardia di un importante patrimonio geo-ambientale.

BIBLIOGRAFIA

- ARNOLDUS HUYZENDEVELD A., GISOTTI G., MASSOLI-NOVELLI R., ZARLENGA F. (1995) - *I beni culturali a carattere geologico: i geotopi. Un approccio culturale al problema*. Geologia tecnica & ambientale 5: 35-47.
- BARBERI F., BORSI S., FERRARA G., INNOCENTI F. (1967) - *Contributo alla conoscenza vulcanologica e magmatologica delle Isole dell'Arcipelago Pontino*. Mem. Soc. Geol. It., 6: 581-606.
- CARMASSI M., DE RITA D., DI FILIPPO M., FUNICELLO R., SHERIDAN M.F. (1985) - *Geology and volcanic evolution of the Island of Ponza, Italy*. Geol. Rom., 22: 211-232.
- CONTE A.M. & SAVELLI C. (1994) - *Vulcanismo orogenico dell'isola di Ponza: violiti calcaree ed evoluzione trachiti-comenditi di serie sboschianita*. Mem. descr. carta geol. d'It. 49: 333-346.
- D'ANGELO S., GISOTTI G., LEMBO P. (1995) - *Indagine sulla stabilità delle coste alte delle isole di Ponza e Ventotene*. Relazione interna Serv. Geol. Naz.
- DE RITA D., FUNICELLO R., PANTOSTI D., SALVINI F., SPOSATO A., VELONÀ M. (1988) - *Geological and structural characteristics of the Pontine Islands (Italy) and implications with the evolution of the Tyrrhenian margin*. Mem. Soc. Geol. It. 107: 561-578.
- DE ROSSI G.M. (1993) - *Ponza, Palmarola, Zannone*. Guidotto Editore, Roma.
- VEZZOLI L. (1988) - *Attività esplosiva alcalina potassica pleistocenica dell'Isola di Ponza*. Bollettino GNV, 4: 584-599.

The Moraca Canyon in Montenegro *Il Canyon di Moraca in Montenegro*

ZIC J. (*), DIMITRIJEVIC V. (**), KNËEVIC S. (**) & MILOVANOVIC D. (**)

ABSTRACT – The Moraca river cuts its canyon in the central part of Montenegro, beginning from the Sinjajevina mountain foothill, and extending to the south between Maganik, Prekornica, Komovi and Zijevo mountains. In the lower part of its course the river flows through the broad Zeta plain and empties into Skadar Lake. The area is composed mainly of massive and layered Mesozoic limestones, its thickness more than 1000 m. Intensive and complex tectonic movements displaced and lifted these rocks, which were exposed to the erosion since Neogene, when the Moraca precursor began to cut its canyon. Climatic changes during Pleistocene enabled intensive production of the till, as well as its downstream transportation by glaciers and meltwaters. The enormous amount of clastic material filled its broad valley. In this specific material, fluvio-glacial by its origin, the river cuts in, making several levels of terraces, creating canyon in canyon.

KEY WORDS: Canyon, fluvio-glacial terraces, conglomerates.

RIASSUNTO – Il fiume Moraca ha scavato il suo canyon nella parte centrale del Montenegro, esso nasce dalle falde del monte Sinjajevina e si estende verso sud tra i monti Maganik, Prekornica, Komovi e Zijevo. Nella parte più bassa del suo corso il fiume scorre attraverso l'ampia pianura Zeta ed affluisce nel lago Skadar. L'area è composta prevalentemente da calcari massicci e stratificati del Mesozoico, con spessori di più di 1000 m. Movimenti tettonici intensi e complessi hanno spostato e sollevato queste rocce, che sono esposte all'erosione fin dal Neogene, quando il precursore del Moraca cominciò a scavare il suo canyon. Cambiamenti climatici nel Pleistocene influenzarono la massiccia produzione di materiale morenico, così come il suo trasporto a valle da parte dei ghiacciai e delle acque di fusione. L'enorme apporto di materiale clastico riempì la valle ampliata. In questo particolare materiale, di origine fluvio-glaciale, il fiume ha scavato, creando diversi livelli di terrazzamenti, formando un canyon nel canyon.

PAROLE CHIAVE: Canyon, terrazzi fluvio-glaciali, conglomerati.

(*) Institute of Technological Research - 81000 Podgorica - Cetinjski put bb (YU).

(**) Faculty of Mining and Geology - 11000 Belgrade - Džusina 7 (YU).

The complex valley of the Moraca river is situated in the central part of Montenegro, beginning from the Sinjajevina mountain foothill, extending to the south between Maganik and Prekornica mountains to the west, and Komovi and Zijevo to the east. In the lower part of its course river flows through broad Zeta plain and empties into Skadar Lake.

The most impressive and characteristic part of the course is the Platije canyon in the middle part of the river course.

The main river flow was predisposed already in Tertiary, and the most important geomorphological forms underwent only slight changes until today. The complexity of the canyon itself is the consequence of the geological composition of the area (BESIC, 1980).

The area is composed mainly of massive and layered Mesozoic limestones, with thickness of more than 1000 m. Flysch deposits Cretaceous in age are found too. Below these rocks are Paleozoic schists. Intensive and complex tectonic movements displaced and highly uplifted these rocks (BESIC, 1983). Since Neogene they were exposed to erosion, when the Moraca precursor began cutting its canyon.

The source area of the Moraca river, situated in high altitudes, is characterized by glacial relic forms. On the left side of the valley there is a single cirque, oriented toward the west, while on the right side cirques are numerous and variously oriented (CVIJIC, 1921; MILOJEVIC, 1955). The till deposited on the slopes is now covered with vegetation, and revealed only in ravines.

Climatic changes in the course of the Pleistocene epoch influenced intensive erosion and production of the till, as well as its downstream transportation by glaciers and meltwaters. The enormous amount of clastic material filled in broadened valley. In this specific material, fluvioglacial by its origin, the river cuts in, making several levels of terraces, and creating canyon in canyon.

The Moraca river drainage area covers large surface. Deep and narrow valley is surrounded by high mountain ranges. Many tributaries are mainly short and characterized by steep gradient. They contributed greatly in the accumulation of the clastic material.

The remains of fluvioglacial terraces are found even in the upper course of the river.

There are two well developed fluvioglacial terraces in the Platije canyon, 40 and 20 meters high. They are sporadically preserved, sometimes on the left, sometimes on the right side of the canyon (fig. 1).

Fluvioglacial deposits contain various rock debris: limestone and dolomites, gray and yellowish sandstones, breccias, schists and volcanic rocks.

The material varies considerably by its components size - from the fine-grained to the well rounded stones up to half meter in diameter. Sedimentological sequences of different grain size alternate and laterally diminish, mostly the cementation of pebbles formed compact conglomerates. Between the layers of conglomerates fine-grained sequences were often eroded and small caves were hollowed out on the canyon sides, which gave them unusual appearance.

This region attracted people since long time ago. Hidden by canyon sides, there is one of the most beautiful monuments of Medioeval architecture in Montenegro, the Mother of God Monastery, built in the XIIIth century. There are data on much earlier occupation. In the village of Bioce near the end of the Platije canyon there is a rock-shelter where archeological excavations were performed. Thousands of flint artifacts characteristic for the Middle Palaeolithic as well as the numerous remains of hunted animals were found (ZIZIC & SREJOVIC, 1987).

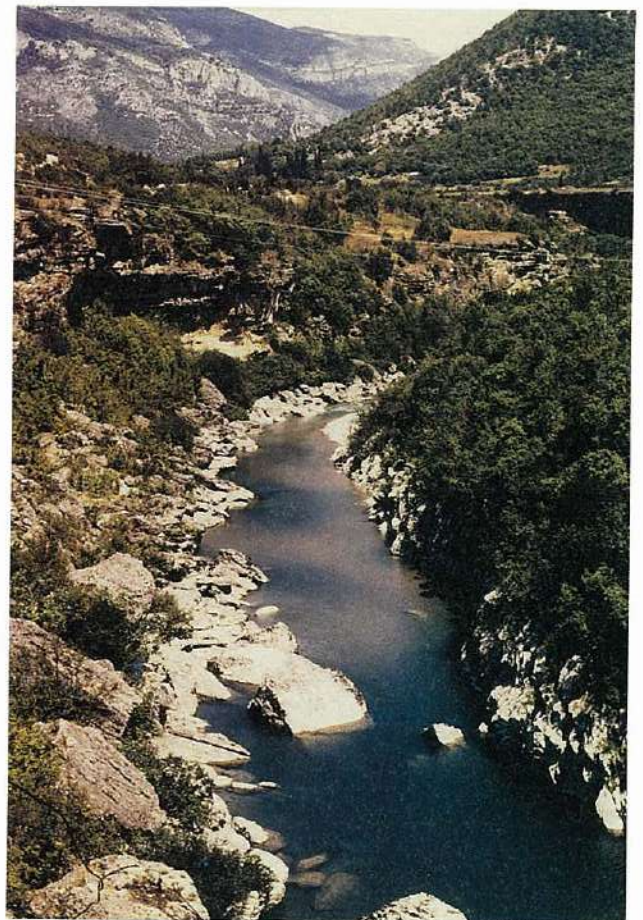


Fig. 1. - Fluvioglacial terraces in the Moraca Canyon.

- Terraggi fluvioglaciali in Canyon di Moraca.

Leaving the canyon, the river enters in the Zeta plain that, famous for its grapes plantation and vines, occupies the surface of few tens of square kilometers. It is composed of clastic sediments, mainly conglomerates, 20 m thick, which are of the same origin and composition as the fluvioglacial deposits of the terraces.

The variety of the erosive forms produced by the water and stone play, specific colouring of the light canyon sides emphasized by crystalline, pure, green and blue Moraca water, are beauties difficult to describe, but should be experienced and hence, protected.

Lately, the serious need for energy sources in Montenegro urged plans for building a dam in the Moraca river upper course. If this happen to become a reality, the Moraca canyon with of all its terraces, caves in the Mesozoic background, and the old monastery hidden by its sides, are going to vanish beneath the waters of the dam's lake. For society development the water and energy are necessary. Many experts are working on solving this serious problem, including geologists, although

the final decisions are in the hands of the Government. But the Nature has its lows, which geologists know and feel, and after their opinion it is for the benefit of the society not to destroy Moraca valley.

REFERENCES

- BESIC Z. (1980) - *Geologija Crne Gore, Stratigrafija i facijalni sastav Crne Gore, knj. I, sv. 2*. Posebna izdanja CANU, 9, Odjeljenje prirodnih nauka, 8: pp. 380, Titograd.
- BESIC Z. (1983) - *Geologija Crne Gore, Geotektonika i paleogeografija Crne Gore, knj. III*. Posebna izdanja CANU, 16, Odjeljenje prirodnih nauka, 10: pp. 212, Titograd.
- CVIJIC J. (1921) - *Ledeno doba u Prokletijama i okolnim planinama*. Glas SRA, 93, 1, razred, 39: 1-50, Beograd.
- MILOJEVIC B. (1955) - *Doline Tare, Pive i Morace, Geografska proučavanja*, pp. 84, Naučno društvo NR Crne Gore, Cetinje.
- ZIZIC O. & SREJONIC, D. (1987) - *Bioc - Paleolitsko nalazište*. Arheološki pregled, 36, Ljubljana.

Karstic nature protection in north Lithuania

Protezione della natura carsica nella Lituania settentrionale

LINCIUS A. (*)

ABSTRACT – The peculiarity of nature in North Lithuania is due to its sulphatic karst phenomena which include the Tatula Suite of Upper Devonian (about 70% of the vertical section in this suite consists of gypsum and gypseous dolomite). The aggressive surface water (sewage) infiltrates easily the thin cover of Quaternary and underlying bedrock because of the abundance of fracture, opened and widening sinkholes and deteriorate the quality of fresh underground water. The positive changes of the ecological situation in North Lithuania (Birpai and Pasvalys districts) have occurred due to decisions by the State agencies (1977, 1982, 1991, 1993) to promote the underground water protection from pollution, reduce the intensity of karst processes, bring the use of fertilizers and pesticides under strict control and improve farming by means of introducing clean ecologic (bioorganic) agriculture. So the activity of environmental protection is useful for the solution such regional problems as geological heritage conservation, pollution control, improvement of public health state and management in general.

KEY WORDS: Gypsum, karst, sinkhole, groundwater protection.

RIASSUNTO – La peculiarità della natura nella Lituania settentrionale è dovuta ai suoi fenomeni carsici in depositi solfatici, che includono la serie di Tatula del Devoniano Superiore (circa il 70% della sezione verticale della serie consiste di gesso e dolomia gessosa). Le acque di superficie, particolarmente aggressive, si infiltrano facilmente nella sottile copertura del Quaternario e negli altri strati sottostanti a causa dell'abbondanza di fratture e inghiottitoi, peggiorando la qualità delle acque dolci sotterranee. I positivi cambiamenti della situazione ecologica nella Lituania del Nord (distretti di Birpai e Pasvalys) sono avvenuti a causa delle decisioni delle agenzie statali (nel 1977, 1982, 1991, 1993) di promuovere la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento, ridurre l'intensità dei fenomeni carsici, tenere sotto stretto controllo l'utilizzo di fertilizzanti e pesticidi e migliorare le tecniche di coltivazione con l'introduzione di una agricoltura pulita ed ecologica (bioorganica). Così l'attività di protezione ambientale è utile sia per la soluzione di tali problemi regionali, come per la conservazione del patrimonio geologico, per il controllo dell'inquinamento, per il miglioramento dello stato della salute pubblica e per la pianificazione in genere.

PAROLE CHIAVE: Gesso, carsismo, inghiottitoio, protezione delle acque sotterranee.

(*) Institute of Geology - T. Devėnkos str. 13 - 2600 Vilnius (Lithuania).

1. - INTRODUCTION

In Northern Lithuania (in the area of the Mūša-Nemunėlis and Pėmgala undulating plains and Linkuva morainic ridge) the originality of nature is determined by its geological structure and the phenomena of sulphatic karst that, most likely, have their origins at the end of the Devonian period and prevail, with intervals, up to now (NARBUTAS, 1957; 1959; NARBUTAS & PRANAIS, 1960; JUODKAZIS *et alii*, 1992; TAMINSKAS, 1992). The processes are most active in the area of Birpai and Pasvalys administrative districts containing the valleys and watersheds of the Apašėia, Tatula, Juodupė, Mūša, Lėvuo and Svalia rivers. It is here, below the Quaternary cover, that the heterogeneous gypsiferous Tatula Suite, a formation of the Upper Devonian lagoonal rocks (D_{3tt}), occurs. Its base is formed by carbonaceous rocks - dolomite and marl - of the Kupiškis Suite (D_{3kp}). The Tatula Suite, dipping gently monoclinally at the angle of 10-15° towards west and north-west (only in places of tectonic ridges and depressions increasing up to 1-2°), splits upwards in the opposite direction and has a borderline with the lower part of Quaternary sediments or, in some places, with the still fragmentarily preserved remnants of the Ástras (D_{3ys}) and Pamūdis (D_{3pm}) Suites. Such a monoclinic occurrence was determined by tectonic forces, which manifested many times since the end of the Devonian period, and the main reason of its wedge-shaped tipping is the thrusts of continental glaciers in Pleistocene, during which a great part of the Devonian rocks - the Ástras and Pamūdis Suites overlaying rocks of the Tatula Suite and the upper part of the Nemunėlis Beds ($D_{3tt^{sm}}$) of the Tatula Suite were exarated. It appears that the gypsiferous rocks (the major part of them is the above mentioned Nemunėlis Beds), occurring in the uneven and slightly undulating and ridged pre-Quaternary substratum under the karsted landscape, stretch in an almost meridional direction - from NNE to SSW (fig. 1).

The thickness of the Quaternary (Pleistocene and Holocene) sedimentary cover, superimposing on Devonian rocks in the Birpai and Pasvalys administrative districts, varies from 0 to 25 m or, in most places, up to 10 m. The gypsiferous rocks, occurring in situ, are sometimes observed on the earth's surface too, e.g. in the outcrops of rivers valleys, the walls of karst sinkholes, where one can see a lot of hollows (swallow holes), formed in the upper part of gypsiferous rock mass because of dissolution, which are filled by relic karst sediments (debris, dolomitic meal) or blocked by morainic deposits.

In the karst region, the thickness of the Tatula Suite rocks, determined by boreholes, is from 0 to 47.6 m (in Deglėnai), where gypsum and gypsiferous dolomite make up about 70% of the section. They are distributed not only by thin (0.01-0.1 m) interbeds, lenses in dolomite and marl, but also by more compact layers up to 1-5 m thick. However, the rocks of the Tatula Suite are heavily broken up by lithogenic and tectonic fissures of different size. Such damaged places are subject to dissolution and suffosion processes, they join recurrent caverns and large broadened underground cavities forming winding caves in karsted beds, large enough to carry the streams of groundwater.

In cases when above laying rocks, after their cracked roof exceeds the critical limit of gravitational stress, begin to fall down into underground cavities (inherited or present), formed because of long-time solution of gypsum, on the earth's surface not only gradual ground depressions are often exposed but also rather suddenly appearing karst sinkholes - open sources for the absorption of surface water - which reach up to 15 m or more of depth in the first days of their appearance (VODZINSKAS, 1982; MARCINKIEVIUS & BUCEVIUOTI, 1991). The further evolution of sinkholes is different: even if they become shallow, some of them remain with steep slopes, like wells, others become flat and funnel-shaped afterwards (up to 50 m or more in diameter, mostly 10-25 m); they occur solitary or in groups and, eventually, join into chains or gully depressions and poljes. Depending on their depth and on the permeability of the ground deposited on the bottom, the underground water level sinkholes are dry (precipice) or filled with water - small lakes and swamps. These phenomena of active karst are abundant in the Northern Lithuanian landscape: more than 8,500 of karst sinkholes have been found in all, and e.g. in Karjimiškis and Kirkilai Reserves their density is more than 200 per km².

The karsted earth's surface and its changes caused by new openings hamper the economic activity in Northern Lithuania and cause damage to buildings, land-reclamation and hydrotechnical installations, and communications. On the other hand, life experience and scientific observations have already shown many times that in the territory of Lithuania, where karst phenomena occur, we are witnessing, more often and more clearly than anywhere else, the deterioration of ecological and hygienic conditions. Porosity and crackiness, which is particularly high in the rocks occurring near the earth's surface, karst phenomena and suffosion processes (washing-out of dolomitic meal under changing hydrodynamical conditions), abundance of

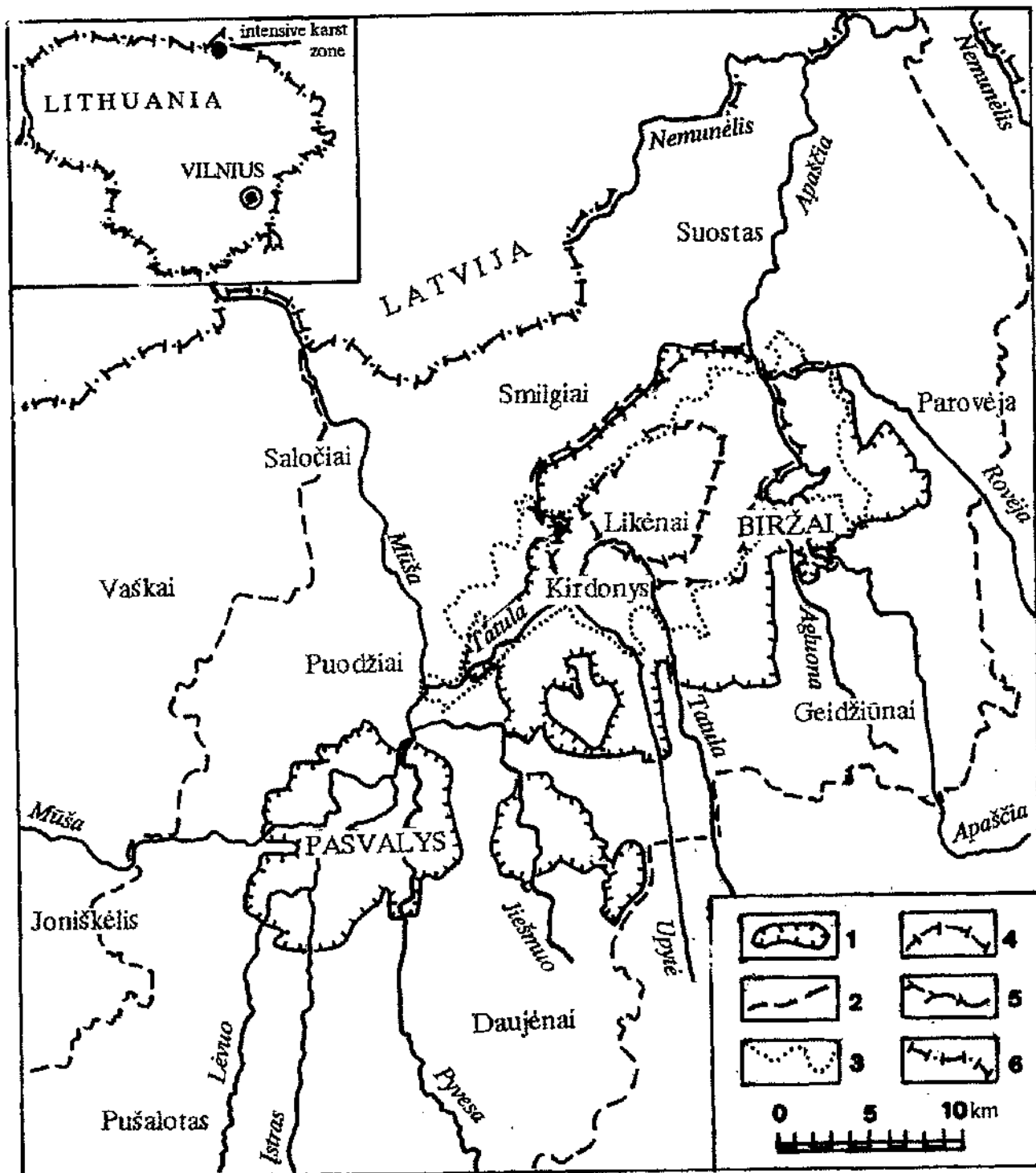


Figure 1. – The intensive sulphatic karst zone and the Birpai Regional Park in the karstic region of North Lithuania:
 1 - borders of the intensive karst zone; 2 - borders of the protective territory surrounding the intensive karst zone; 3 - borders of the Birpai Regional Park; 4 - borders of the 2nd protective territory around the health-resort of Likėnai; 5 - borders of the 3rd protective territory around the health-resort of Likėnai; 6 - frontiers of the Republic of Lithuania.

– La zona di intenso carsismo solfatico e il Parco Regionale di Birpai nella regione carsica del nord della Lituania:

1 - limiti della zona di intenso carsismo; 2 - limiti del territorio protetto a cavallo della zona di intenso carsismo; 3 - limiti del Parco Regionale di Birpai; 4 - limiti della seconda parte di territorio protetto intorno alla stazione climatica di Likėnai; 5 - limiti della terza parte di territorio protetto intorno alla stazione climatica di Likėnai; 6 - confini della Repubblica di Lituania.

precipice sinkholes, technogenic loads (including unsatisfactory land-reclamation designs and intensive extraction of underground water) have disturbed considerably the natural impermeability of the Quaternary and Devonian rock mass to fluids. It means that atmospheric precipitation and chemically and bacteriologically polluted surface water are able to infiltrate faster to deeper zones (within the limits of active circulation) where they spread through the underground hydrosphere and intensify the solution of gypsum due to their aggressiveness and circulation and depreciate the quality and sanitary conditions of fresh water extracted by tubular wells and boreholes for domestic purposes.

The development and improvement of environmental protection activities in North Lithuania for several decades have been based on the following general principles: 1) acknowledgement that the karsted nature is unique here; 2) realization of the necessity of keeping this area, especially vulnerable to technogenic disturbances, ecologically safe for people to live and work. The environmental activities are conducted in two general directions supported by the State: 1) intensifying the protection of naturally karsted landscapes and their valuable places from impoverishment and damage and 2) regulating the economic activity of people with a view to preventing pollutants from getting into the surface and underground hydrosphere of the karst region and reducing the speed of karst processes and the threat of further openings.

Since 1960 in the karst region of North Lithuania many monuments of nature (e.g. the Cow cave, Smardonė spring, Greenish spring), reserves (geological, hydrographical, landscape, botanical, zoological, etc.) have been established; their network is still being expanded and modified taking into account the suggestions of specialists and the present-day problems. The greatest impulse to the regulation of economic activity in the karsted territory has been given by the following State documents: decisions of the Council of Ministers of the LSSR "Concerning the measures of investigating karst phenomena and protecting underground water from pollution in the northern part of the Republic" (30.06.1977) and "Concerning the measures of protecting underground water from pollution and decreasing the intensity of karst processes in the northern part of the Republic" (18.01.1982); order of the Ministry of Agriculture "Guidelines of the expansion of agriculture, transportation, storage and use of mineral and organic fertilizers and pesticides in the zone of karst phenomena" (27.12.1982); decisions of the Government enacted after the restoration of independence of the Lithuanian Republic:

"Concerning the measures of improving the ecological situation of the karst region in North Lithuania" (24.12.1991) and "Concerning the program of protecting underground water from pollution and expanding ecologically clean agriculture in the zone of intensive karst" (17.09.1993). Indeed, these decisions are very important for they stimulate permanent and purposeful activities and attract more attention to the ecological situation of the karst region in North Lithuania and, particularly, to the improvement of the sanitary conditions of underground water.

The groundwater monitoring that has been functioning since 1965 (it was started in Likėnai) in the zone of the active circulation of underground water, has already become a reliable source of information helping to investigate, evaluate, control and forecast the fluctuations of the level and quality of underground water and, partly, the development of karst phenomena. It is expected that the new diversified monitoring of karst environment in North Lithuania that has been introduced since 1994, embracing atmosphere, vegetation, fauna, soil, surface and underground water and other spheres, would help accumulate still more exhaustive and objective data on the changes of the ecological situation in the whole karst region and choose the optimal means of protection with a view to avoiding the deterioration of the natural environment (LINČIUS & NARBUTAS, 1994).

In spite of the age-long indifference of society to the problems of nature protection and its persistent disregard of even elementary measures to be taken (in Soviet times many measures were suppressed, except production), we have already succeeded in overcoming the inertia of a considerable part of the officials and making them observe the regulations that take into account the specific features of the Lithuanian karst region. Efforts have been made to select and support the kinds of economic activity that improve the sensitive ecological state of such an environment (PAUKŠTYS, 1991; LIETUVOS RESPUBLIKOS PĖMĖS ŪKIO MINISTERIJA & KARSTINIO REGIONO FONDAS 'TATULA', 1993). In this sense, the standardization of agricultural expansion and specialization and the classification of land into four groups (the 4th group is of the strictest regime) taking into account the risk of ecological vulnerability of intensive karst territory, approved by the Government of the Lithuanian Republic in the end of 1991, is very important. The areas and boundaries of the whole zone of intensive karst in North Lithuania have been revised and established once again.

The Tatula Foundation, set up in 1993, and the decision of the Supreme Council of the Lithuanian

Republic concerning the establishment of the Biršai Regional Park (fig. 1), passed in September 24, 1992, have greatly promoted the ideas of nature protection in North Lithuania. In this park, including a major part of intensive karst areas, it is envisaged to create the legal conditions for the preservation and appropriate regulation of important objects of landscape in the karst region, both natural and recreational, as well as for the preservation of the biological diversity, the values of historical and ethnocultural heritage, the regulation of economic and recreational activities, while reducing the negative influence of karstic-suffusion phenomena and improving the life of the population. Until now some aspects of the activity of the Biršai Regional Park, its statute, administration, the functional structure of the territory (regulation of agriculture, industry, forests, supervision of reserves and other objects under protection, urbanization, recreation, agrotourism) and other problems, are in the planning stage. It is expected that after some years the Biršai Regional Park will start functioning smoothly and its administration will become a legal and exacting manager of many matters of nature protection in the karst region. However, the attractive projects of the State agencies, the institutions of local administration, public organizations and private persons, concerning the improvement of the ecological situation in the karst region would be implemented sooner, if enough funds were accumulated and assigned for this purpose and if environmental education were fostered. By the way, both the native residents and the visitors to these areas lack ecological education as well as information on the specific character of the karsted areas in Lithuania and their sensitivity to the disturbances of natural equilibrium.

However hard the implementation of ideas and projects of environmental protection may be, it is a rewarding undertaking. It shows that the persistent efforts of honest, civic-minded and intelligent specialists to find the best ways of preserving nature, controlling and stabilizing contemporary karst and suffusion phenomena, and improving the ecological aspects

of the environment may be partly crowned with success even under very unfavourable economic and political conditions of the transitional period Lithuania has not traversed yet after the restoration of its independence in 1990.

BIBLIOGRAPHY

- JUODKAZIS V. *et alii* (1992) - *Lietuvos karstas: hidrogeologija ir papėminių vandens apsauga*. Lietuvos aukštųjų mokyklų mokslo darbai, 13, Geologija. p.p. 190, 51 figg., 14 tabb., Vilnius.
- LIETUVOS RESPUBLICOS DĖMĖS ŪKIO MINISTERIJA & KARSTINIO REGIONO FONDAS "TATULA" (1993) - *Papėminių vandens apsaugos nuo užterdimo ir ekologiškai žvurių pėmdirbystės vystymo intensyvaus karsto zonoje tikėtinė prognozė*. p.p. 45, 15 tabb., Biršai.
- LINĖJUS A. & NARBUTAS V. (1994) - *Ėianrės Lietuvos karstinio regiono ekologinis pėpėdėiamumas ir monitoringo pėblemos*. Gelmių geologinio tyrimo, naudojimo ir apsaugos pėblemos Lietuvoje. Straipsnių rinkinys: 94-96, 1 fig., Vilnius.
- MARCINKĖVIČIUS V. & BUCVIČIUTĖ S. (1991) *Ėianrės Lietuvos sūfuzinio karsto raida*. Geografijos metraštis, 27, Gamtiniai procesai: 198-203, 5 figg., 1 tab., Vilnius.
- NARBUTAS V. (1957) - *Karstiniai reikėiniai ir gipso pėdėko pėrspektyvos Biršai-Pasvalio rajone*. Lietuvos TSR MA darbai, ser. B, 2: 77-93, 3 figg., 1 tab., Vilnius.
- NARBUTAS V. (1979) - *Lietuvos karstinio regiono geologiniai savitumai ir apsaugos pėblemos*. Geografinis metraštis, 17: 155-166, 3 figg., Vilnius.
- NARBUTAS V. & PRANAIS V. (1960) - *The present-day karst phenomena in the Devonian gypsum of Northern Lithuania*. Collectanea acta geographica Lituanica: 131-142, 1 fig., Vilnius.
- PAUKĖTYS B. (1991) - *Ūkinės veiklos reglamentavimas karstiniame rajone*. Lietuvos pėpėminės hidrosferos ištėkliai, rėpimas ir apsauga. Informacinis biuletėnis, 1990: 39-42, 1 fig., Vilnius.
- TAMINSKAS J. (1992) - *Investigations of karst hydrology in Lithuania*. Geography in Lithuania. A Collection of Papers offered to the 27th International Geographical Congress, Washington, USA, August, 1992: 93-98, 1 fig., Vilnius.
- VODZINSKAS E. (1982) - *Ėianrės Lietuvos karsto reikėmė dabartiniam rėfėjimui*. Geografinis metraštis, 20, Dabartiniai geomorfologiniai procesai: 168-177, 8 figg., Vilnius.