

La cascata delle Marmore: uno straordinario scenario per artisti di ogni tempo prodotto dalla necessità di mitigare il rischio idraulico del Lacus Velinus

Marmore Falls: an extraordinary artificial setting for artists of all times resulting from the need of flood risk mitigation of Lacus Velinus

MADONNA SERGIO(*), GANDIN ANNA(**), NISIO STEFANIA(***),
VESSELLA FEDERICO(*)

RIASSUNTO - Lo straordinario scenario della cascata delle Marmore sita nei pressi di Terni, al confine tra Lazio e Umbria, rappresenta uno di quei rari casi in cui l'intervento dell'uomo è riuscito ad enfatizzare un paesaggio naturale. Essa, infatti, è il risultato di una serie di interventi idraulici volti a favorire il deflusso del fiume Velino nel Nera attraverso il naturale sbarramento che si è creato nel corso delle ultime migliaia di anni per l'accrescimento dei depositi carbonatici continentali (*calcareus tufa*) che sono probabilmente all'origine anche del nome "Marmore", visto che con il loro colore biancastro possono ricordare vagamente il marmo. Nonostante le sue origini in gran parte antropiche, il tumultuoso salto delle acque della cascata, alta complessivamente circa 165 m, ha ispirato artisti, letterati e uomini di scienza di ogni tempo. Recentemente è stato ipotizzato che persino lo stesso Leonardo da Vinci abbia visitato la cascata nel 1473 facendone uno schizzo, il suo famoso disegno "Paesaggio con fiume". La cascata rappresenta un punto di equilibrio tra forze modulate da fattori climatici ed antropici. Le acque del Velino, particolarmente ricche in carbonato di calcio a partire almeno dal Pleistocene medio hanno prodotto un'estesa e spesso placca di depositi carbonatici continentali (*calcareous tufa*) che hanno creato uno sbarramento naturale alla sua confluenza con il fiume Nera. Questo processo è stato controllato dalle fluttuazioni climatiche del Quaternario con alternanza di fasi costruttive, soprattutto in periodi caldi e secchi (in cui cresceva lo sbarramento ed il livello del sovrastante *Lacus Velinus*, che occupava la parte settentrionale e centrale della piana reatina), ed altre erosive, soprattutto in corrispondenza di periodi freddi ed umidi (in cui questi depositi venivano profondamente incisi e la

piana reatina si liberava in parte dalle acque). A partire dal 271 a.C. con l'apertura della Cava Curiana, ai fattori naturali si è aggiunto il tentativo di controllo da parte dell'uomo, volto oltre che a bonificare la Piana Reatina, portando alla scomparsa del *Lacus Velinus*, anche a limitare i danni delle disastrose esondazioni del fiume Velino. Questo intervento tuttavia ha trasferito il problema alla sottostante piana di Terni, favorendo le esondazioni del fiume Nera e generando il primo caso di disputa giudiziaria nella storia legata ad un'opera idraulica. L'analisi di *facies* dei *calcareous tufa*, profondamente carsificati che costituiscono la placca delle Marmore può dare non solo un contributo alla interpretazione degli iconemi geologici presenti nel disegno di Leonardo, ma più in generale aiutare a definire il quadro evolutivo di questo complesso sistema in cui ai processi naturali si sono sovrapposti quelli antropici.

PAROLE CHIAVE: Cascata delle Marmore, Leonardo, *Calcareous tufa*, sinkhole, rischio geologico.

ABSTRACT - The extraordinary scenery of Marmore waterfalls (near Terni, southwestern Umbria) is a rare emblematic case of the positive outcome of human action on a natural landscape. Marmore Waterfall is the result of several hydraulic interventions for improving the outflow of the Velino river into Nera river through the natural barrier originated in the last millennia by the development of continental carbonate deposits (*calcareous tufa*); which whitish colour and marble appearance is probably at the origin of the name "Marmore". Despite its artificial/anthropic origin, the spectacular leap of the waterfalls

(*) Università degli Studi della Tuscia Dipartimento DAFNE sermad@unitus.it; vessella@unitus.t;

(**)gandinanna@gmail.com;

(***) ISPRA - Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, V. Vitaliano Brancati 48, 00144 Roma;

about 165 m high, inspired artists and scientists of all times. According to a recent research, Leonardo da Vinci himself might have been there in 1473, making the popular drawing “Paesaggio con fiume”. Marmore waterfalls is a balancing point opposing forces driven by climatic and human factors. The waters of the Velino river, rich in calcium carbonate, produced a large and thick deposit of *calcareous tufa*, raising a natural barrier at the confluence with the Nera river. Such a process was modulated by climatic oscillations, with phases of construction during dry and hot periods, when the barrier grew up and the Lacus Velinus (which occupied the northern and the central part of the Rieti plain) partially drained, and phases of erosion during cold and wet periods (when the calcareous tufa were incised and the Rieti plain partially dried up). In 271 B.Ct the Romans opened the Curian trench, a man-made canal, aimed at diverting the stagnant waters towards the Marmore escarpment, reclaim the swampy Rieti plain and restrain the devastating floods of Velino river, but which in fact lead to the disappearance of the Lacus Velinus and transferred the problem of flood to the Nera river and the underlying Terni valley. What the Romans did gave rise to the first judicial dispute linked to a waterwork. The results of *facies analysis* of the deeply karstified, *calcareous tufa* of the Marmore plaque, might help to understand the geological components, and the evolutive framework of such a complex resulting from the interaction of natural and human processes.

KEY WORDS: calcareous tufa, cavities, Rieti, sinkhole, GIS, karst, geological hazard.

1. - INTRODUZIONE

Non vi è dubbio che l'acqua e le opere idrauliche siano stati uno dei tanti temi investigati da Leonardo Da Vinci. La capacità dell'acqua di modellare le forme del rilievo in particolare è stata magistralmente sintetizzata in una sua annotazione posta ai margini del Codice Atlantico ove scrive “*L'acqua disfa li monti e riempie le valle e vorrebbe ridurre la terra in perfetta spericità, s'ella potess?*”. Leonardo descrive in modo molto chiaro i processi sedimentari ed erosivi, attribuendo all'acqua il ruolo di principale agente geomorfologico, arrivando ad introdurre il concetto di rischio idrogeologico quando, sempre nel Codice Atlantico scrive “...*quante città, o quante terre, castella, e ville, e case ha consumate...*” L'interesse di Leonardo per le acque inoltre non era solo scientifico ma anche applicativo, Leonardo era un grande ingegnere delle acque, quindi, non è improbabile che abbia voluto

osservare di persona sia l'imponente spettacolo della cascata delle Marmore, sia l'opera idraulica realizzata nel 1422 (la Cava Reatina) che lo aveva prodotto. Non è nostro interesse entrare nel merito della controversa questione se Leonardo abbia o meno visitato realmente la Cascata delle Marmore e che la abbia voluta rappresentare nel suo celebre “Paesaggio con Fiume” del 1473 visto che esistono nell'ambito degli storici e dei critici dell'arte contrastanti interpretazioni a proposito di questo disegno. In questa sede vorremo limitarci semplicemente ad una analisi degli iconemi geologici presenti nel disegno evidenziando alcune singolari corrispondenze con gli elementi presenti nel paesaggio che circonda questa cascata che, per quanto di origine soprattutto antropica, ha da sempre stimolato l'immaginario di pittori, poeti e scrittori di ogni epoca, come testimoniano le migliaia di dipinti, disegni e stampe in cui essa è stata raffigurata.

2. - IL PAESAGGIO FISICO DELLA CASCATA DELLE MARMORE

La Cascata delle Marmore (sita nei pressi di Terni, al confine tra Lazio ed Umbria) come la conosciamo (Fig.1A) è il prodotto di una serie di interventi idraulici volti a favorire il deflusso del fiume Velino nel fiume Nera a partire dall'epoca romana sino ad arrivare ai primi decenni del Novecento (Fig.1B).

In base alle ricostruzioni paleogeografiche proposte negli ultimi decenni (CAVINATO *et alii*, 1989; BARBIERI & CAVINATO, 1992; BRUNAMONTE *et alii*, 1993 a,b; CARRARA *et alii*, 2004) sintetizzate in; GUERRIERI *et alii*, (2004), nel Pleistocene inferiore (Fig. 2B) una fase tettonica distensiva produsse la dislocazione tettonica orientata NE-SW che ribassava la valle del Paleo-Nera rispetto al bacino di Rieti. Quest'ultimo si era formato tra il Pliocene inferiore ed il Pleistocene inferiore (Fig. 2A) e costituiva un *semigraben* bordato verso Est da una faglia orientata NW-SE immergente verso SW, la cosiddetta “Faglia di Rieti” (CAVINATO *et alii*, 1989; CAVINATO & PAROTTO, 1992; MICHETTI *et alii*, 1995). Durante questa fase tettonica del Pleistocene inferiore il Paleo-Nera

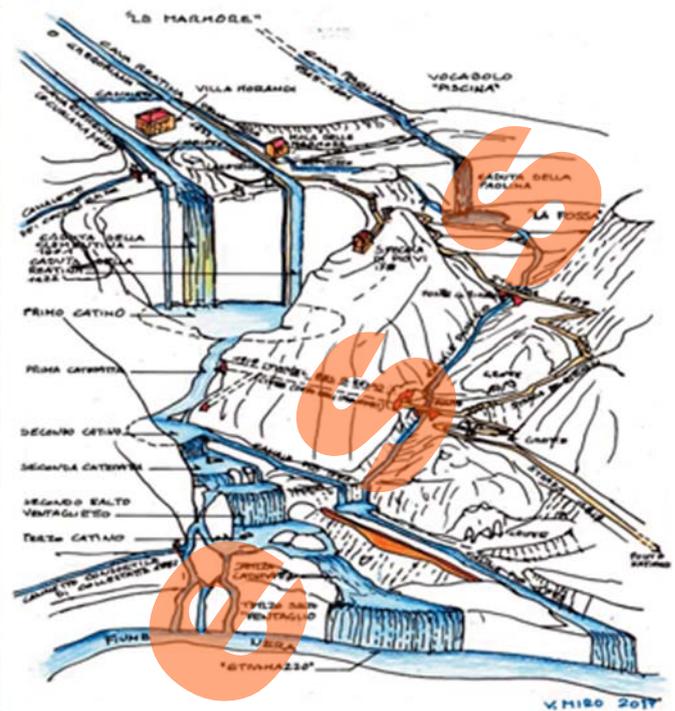


Fig.1 - Cascata delle Marmore: A) vista aerea B) ricostruzione del suo sistema idraulico (da VIRILI, 2017).
- Marmore Falls: A) aerial view B) reconstruction of its hydraulic system (from: VIRILI, 2017).

venne catturato e convogliato nella piana di Terni, ma il reticolo idrografico della piana reatina drenava verso SSE (Fig. 2B), quindi il Nera non riceveva ancora le acque del Paleo-Velino, che attraversava solo la parte meridionale della piana Reatina prima di defluire verso Sud. Il Velino venne a confluire nel Nera solo con la fase tettonica del Pleistocene Medio (Fig. 2C), responsabile dell'evoluzione del *half-graben* del bacino di Rieti in un *graben* di forma rettangolare, bordato su tutti e quattro i lati da faglie. Questa fase tettonica distensiva produsse due eventi fondamentali per il successivo sviluppo della Cascata delle Marmore: il ringiovanimento e l'inversione del reticolo idrografico e la migrazione del fiume Velino verso N-NW. (RAFFY, 1983; MICHETTI *et alii*, 1995) e lo sviluppo degli apparati Vulcanici ultramafici di Cupello e Polino (GRAGNANI, 1972; STOPPA & VILLA, 1991; LAURENZI *et alii*, 1994). Il Velino, dopo aver raccolto le acque degli altri corsi d'acqua che confluivano nel settore meridionale della piana (Salto Turano e Canetra), le immette verso NW nel Nera all'altezza delle Marmore. I rilievi circostanti la piana

reatina che alimentano il Velino, ed in particolare l'idrostruttura dei Monti Reatini, sono stati sollevati durante la fase di strutturazione della catena legata

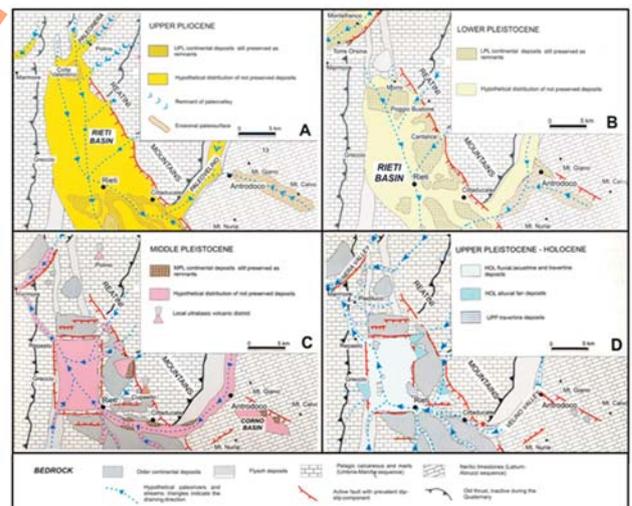


Fig. 2 - Ricostruzione schematica dell'evoluzione dell'area di studio nel: Pliocene sup. (Fig. 2A); Pleistocene inf. (Fig. 2B); Pleistocene medio (Fig. 2C); Pleistocene sup. Olocene (Fig. 2D) - da GUERRIERI *et alii* (2004) modificato.
- Schematic reconstruction of the evolution of the study area in: Upper Pliocene. (Fig. 2A); Lower Pleistocene (Fig. 2B); Middle Pleistocene (Fig. 2C); Upper Pleistocene Holocene (Fig.2D) - from GUERRIERI *et alii* (2004) modified.

all'evento del Messiniano inf., ma riattivati, fuori sequenza, durante il Messiniano terminale-Pliocene inferiore (CIPOLLARI & COSENTINO, 1992, 1995, 1996; COSENTINO & PAROTTO 1992; COSENTINO *et alii*, 2008). Data la natura prevalentemente calcarea delle successioni, l'esumazione della catena segna anche l'avvio dei fenomeni carsici, che sono una delle cause della forte mineralizzazione delle acque. È probabile che anche la risalita dei magmi lungo le profonde fa-

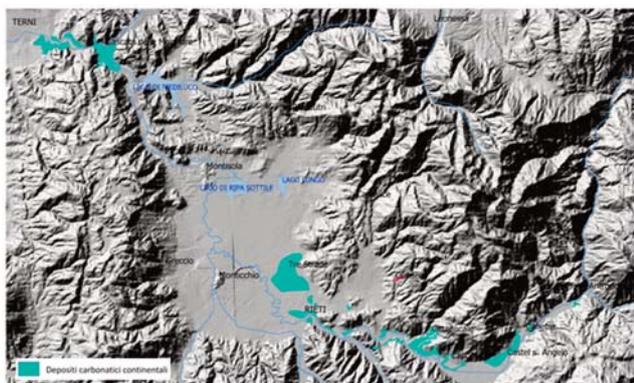


Fig. 3 - Distribuzione dei depositi carbonatici continentali lungo la Valle del Velino, nella piana reatina e nella Valle del Nera.

- Distribution of continental carbonate deposits along the Velino valley on the Rieti plain and in the Nera Valley.

glie che si sono aperte lungo la parte orientale della piana nel Pleistocene medio, possano aver contribuito a cambiare il chimismo delle acque della idrostruttura dei Monti Reatini, miscelando i fluidi idrotermali di origine profonda con le acque meteoriche provenienti dal circuito carsico superficiale, aumentandone la durezza e quindi favorendo la deposizione del carbonato di calcio. Ma attualmente non sono presenti emergenze che possano essere classificate come termominerali e dall'analisi delle facies di questi depositi, da sempre genericamente definiti come "travertini", non si evince alcun contributo da parte di sorgenti termominerali e quindi andrebbero tutti classificati come dei *calcareous tufa* (PEDLEY *et alii*, 2003; GANDIN & CAPEZZUOLI, 2008; CAPEZZUOLI *et alii*, 2008; RENAS-ABAD *et alii*, 2010), in quanto prodotti da acque mineralizzate fredde legate essenzialmente al circuito carsico, solo in parte miscelate con acque mineralizzate di origine endogena.

Lungo tutto il bordo sud-orientale dei Monti Reatini si creano quindi una serie di depositi carbonatici continentali nei punti in cui le acque sotterranee vanno ad immettersi nella Valle del Velino (Fig.3), direttamente o indirettamente già oggetto di prece-

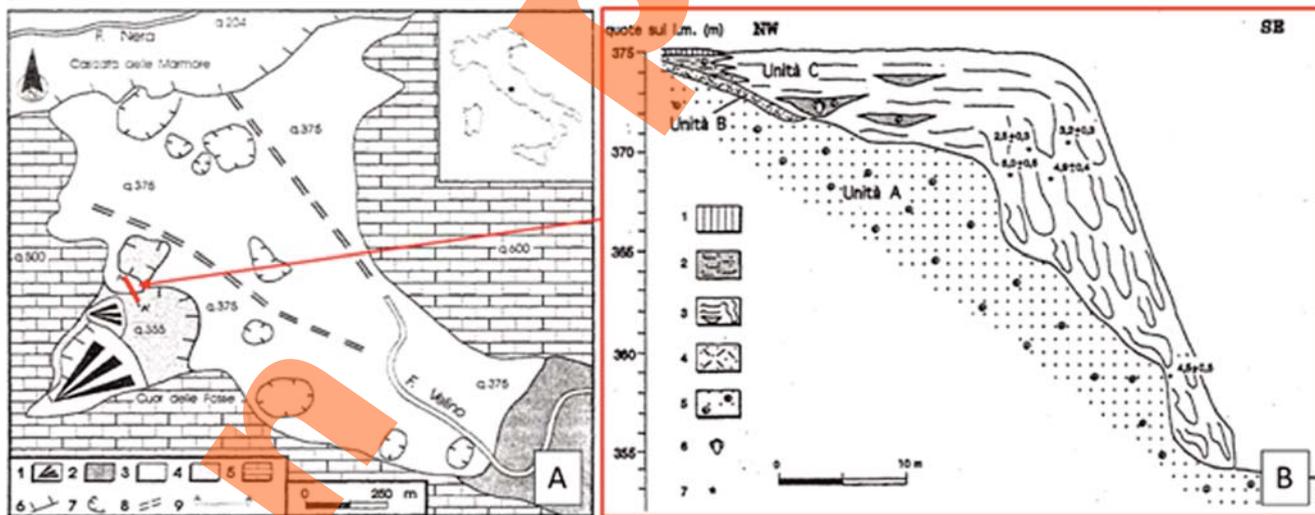


Fig. 4 - A) Schema geomorfologico dell'area delle Marmore: 1 - Conoidi alluvionali recenti; 2 - depositi alluvionali recenti del F. Velino; 3 - depositi carbonatici continentali; 4 - sabbie e limi calcarei lacustri (Olocene); 5 - substrato carbonatico cenozoico; 6 - orlo di scarpata; 7 - depressioni carsiche - sinkhole; 8 - principali canali antropici; 9 - traccia della sezione geologica di Fig. 4b. B) Sezione di Cuor delle Fosse. 1 - Suolo agrario; 2 - limi calcarei "ferrosi" dell'unità C - 3 - *calcareous tufa* in facies di gradinata di vasche e di cascata dell'unità C; 4 - orizzonte colluviale antropizzato (unità B) con reperti ceramici; 5 - sabbie e limi calcarei ricchi di molluschi dell'unità A; 6 - reperti archeologici; 7 - datazioni U/Th (ka B.P.). (DA CARRARA *et alii* 1995, modificato).

- A) Geomorphological sketch map of the Marmore area. 1 - Recent alluvial fan; 2 - recent alluvial deposits of the Velino river; 3 - outcropping part of the calcareous tufa plate; 4 - lacustrine calcareous tufa (Holocene); 5 - cenozoic carbonate substratum; 6 - scarp edge; 7 - karst depression - Sinkhole; 8 - main anthropic channels; 9 - geological profile of Fig.4B) "Cuor delle Fosse" section. 1 - Soil; 2 - terrigenous calcareous tufa of the C Unit; 3 - pool-gradine and waterfall calcareous tufa; 4 - colluvial anthropic horizon (B Unit) containing pottery fragments; 5 - calcareous sand and silt (calcareous tufa) rich in fresh-water mollusks of the A Unit; 6 - archeological remains; 7 - U/Th ages (ka B.P.). (After CARRARA *et alii*, 1995, modified).

denti studi. (BRUNAMONTE *et alii*, 1993a, b; CARRARA *et alii*, 1993, 1995; LORENZONI *et alii*, 1993; MICHETTI *et alii*, 1995; SOLIGO *et alii*, 2002; FERRELI *et alii*, 1993). MADONNA *et alii* (2020) preso in esame i *calcareous tufa* nell'area urbana di Rieti, mentre CARRARA *et alii* (1995) quelli posti nella parte più elevata del settore occidentale del pianoro delle Marmore, in località Cuor Delle Fosse (Fig. 4).

Il modello deposizionale *pool-gradine* and *waterfall* (*perched springline*) della sezione di Cuor delle Fosse (Fig. 4B), proposto da CARRARA *et alii* (1995), alimentato da acque sotterranee fortemente mineralizzate, che sgorgano da sorgenti poste alla base di un conoide, rappresenta una utile chiave interpretativa per sistemi simili presenti lungo la valle del Velino.

Tuttavia, non è applicabile al più esteso e complesso sistema deposizionale che si sviluppa in corrispondenza del dislivello morfologico di oltre 165 m che caratterizza l'immissione del Velino nel Nera, attraverso la cascata delle Marmore di cui il residuo pianoro retrostante la cascata rappresenta

solo una parte.

Secondo la nostra ricostruzione a partire da Pleistocene medio, lungo il bordo della cascata, la perdita di CO_2 , che permette la precipitazione del CaCO_3 , è legata essenzialmente a processi meccanici di vaporizzazione/degassamento in corrispondenza di salti d'acqua (Fig. 5), prodotti dalla violenta caduta delle acque.

Tali processi hanno favorito una rapida crescita dei *calcareous tufa*, con lo sviluppo di un ampio sistema deposizionale caratterizzato da *facies* di cascata (*perched springline*) al fronte di sistemi di vasche in progredazione con *facies* lacustri palustri nella zona interna, dove il deflusso delle acque è rallentato dalla crescita dei *barrage*. I sistemi di vasche sviluppano complessivamente forme a gradoni (*barrage*) in cui i depositi calcarei fini presentano stratificazione a basso angolo, parallela al pendio sono delimitati da depositi massivi biogeni che tendono ad aggradare verticalmente mentre tutto il sistema deposizionale progreda all'interno della Valle del Nera, dalla confluenza con il Velino fino allo sbocco nella piana di Terni (Fig. 6).

Questo sistema deposizionale era arrivato ad occupare in parte anche la terminazione della valle del Nera al suo sbocco nella piana di Terni, ed ha creato una serie di sbarramenti che, limitando il deflusso delle acque, hanno favorito l'impaludamento della piana reatina con la creazione di un primo ed esteso sistema lacustre. L'acqua che ristagnava sul pianoro a monte della cascata si è infiltrata all'interno dei depositi calcarei con la formazione di processi carsici di cui oggi permangono alcune forme o paleoforme (*solution sinkhole*). Caratteristica poi la *marmitta*, forma sub-circolare generata dalla pressione a vortice dell'acqua in caduta che si è ampliata nel tempo (Fig. 6).

Le fluttuazioni climatiche del Quaternario hanno rappresentato il principale fattore di controllo di questo sistema, con fasi di rapida aggradazione nei periodi caldi e secchi e fasi di erosione nei periodi più freddi ed umidi, culminate nella grande fase erosiva corrispondente all'ultimo acme glaciale ((Last Glacial Maximum - LGM) all'incirca tra i 22.000 ed i 18.000 anni fa. Durante l'LGM la caduta del livello eustatico di circa 120 m e la fortis-



Fig. 5 - Panoramica della Cascata delle Marmore: la perdita CO_2 che permette la deposizione del carbonato di calcio è legata essenzialmente a processi meccanici di vaporizzazione/degassazione in corrispondenza dei salti d'acqua.
- Overview of the Marmore Falls: the CO_2 , allowing the deposition of calcium carbonate, is essentially linked to mechanical processes of vaporization / degassing at the water jumps.

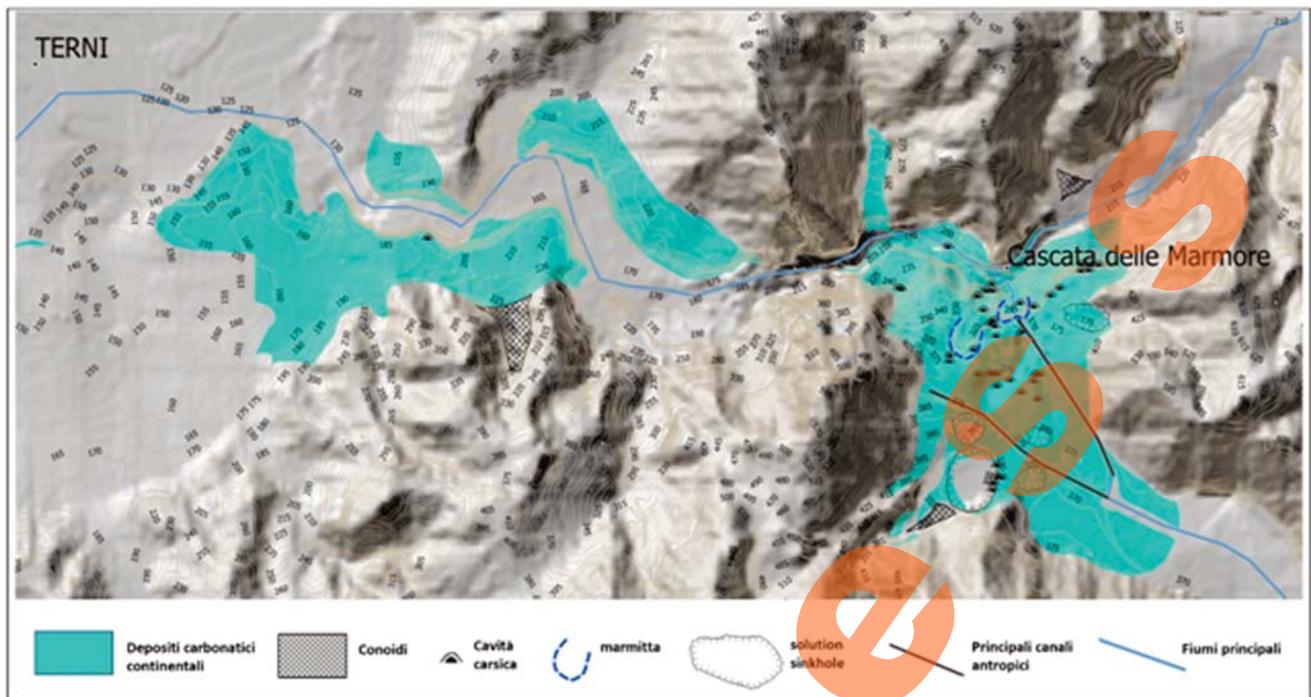


Fig 6 - Carta geomorfologica semplificata della parte terminale della Val Nerina che mette in evidenza i depositi carbonatici continentali (Pleistocene medio-Olocene) ed i relativi fenomeni carsici che li interessano (grotte e sinkhole).

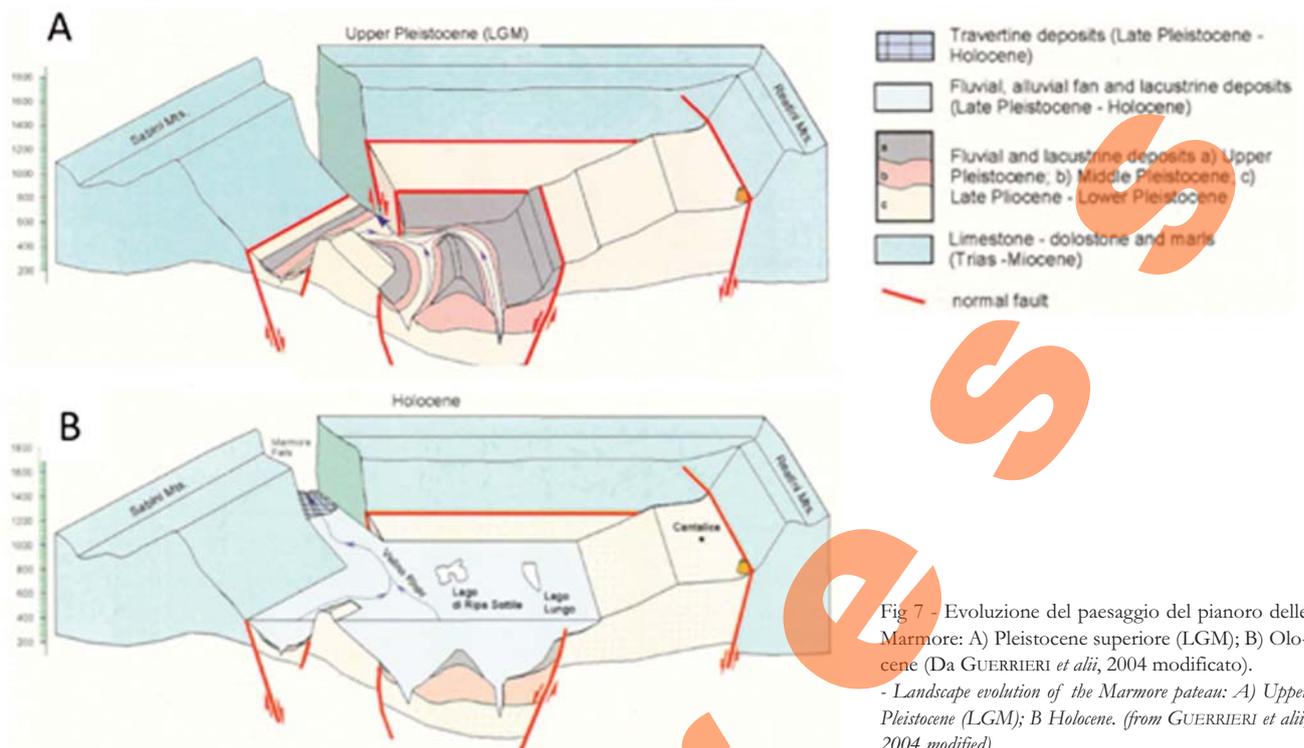
- Simplified geomorphological map of the terminal part of the Val Nerina. The continental carbonate deposits (Middle Pleistocene-Holocene) and the related karst phenomena that affect them (caves and sinkholes) are shown.

sima fase di erosione regressiva che ha caratterizzato in modo diretto o indiretto tutti i principali corsi d'acqua, ha portato allo smantellamento quasi completo della soglia delle Marmore (GUERRIERI *et alii*, 2004). Secondo la nostra interpretazione questa fase erosiva ha inciso tutto il primo sistema deposizionale che si era creato in corrispondenza delle Marmore (Fig. 7), smantellando in alcuni punti le *facies* di cascata presenti al suo fronte arrivando ad erodere anche i depositi in *facies* lacustre e palustre posti nella sua parte più interna.

La placca di *calcareous tufa* delle Marmore è quindi in gran parte composta dai resti di questo antico sistema deposizionale che si era formato tra il Pleistocene medio ed il Pleistocene superiore che è stato eroso ed è ormai inattivo ed interessato da estesi fenomeni carsici. Infatti, sono state segnalate in questa area oltre 300 cavità per circa 900 m complessivi di condotti. Tra di esse spicca il complesso delle Grotte dei Campaccio. Lo sviluppo delle cavità è favorito sia dai peculiari meccanismi di for-

mazione dei *calcareous tufa* in *facies* di *perched springline*, che portano allo sviluppo di cavità singenetiche, sia dalla presenza di importanti discontinuità strutturali. Tra le cavità carsiche presenti sul pianoro delle Marmore spiccano alcune ampie depressioni dal fondo pianeggiante, localmente chiamate "fosse" o "pozzi", limitate da pareti verticali (25-30 m); sia arealmente che altimetricamente le dimensioni di queste forme, intensamente concrezionate, sono dell'ordine di decine o centinaia di metri. Tra esse spiccano la Fossa Tiberiana o Cuor di Fosse e la Fossa o Pozzo PIANCIANI.

Quando nel Pleistocene superiore è ripresa la fase costruttiva, essa è avvenuta non solo al margine della placca calcarea delle Marmore, ma anche nei sistemi di cavità carsiche che si erano create al suo interno, in cui venivano presumibilmente convogliate gran parte delle acque. Questo è dimostrato dal fatto che le ampie e profonde depressioni carsiche o "fosse" (Fig. 6) presenti entro il pianoro delle Marmore mostrano *facies* di cascata lungo i loro bordi prodotte



dalla deposizione di *calcareous tufa* olocenici (CARRARA *et alii*, 1995), e che analoghe *facies* legate ad un veloce scorrimento ed alla degassazione delle acque sono presenti anche all'interno di alcune delle cavità carsiche censite lungo il bordo del pianoro (nella Fig. 6 sono riportate solo le principali).

Dopo la fase erosiva dell'LGM nel Pleistocene superiore, la produzione dei *calcareous tufa* in corrispondenza della soglia delle Marmore porta ad alterne fasi di alluvionamento della Piana Reatina controllate essenzialmente dalle fluttuazioni climatiche (Fig. 8). Avremo quindi fasi di sviluppo dei primi bacini lacustri olocenici nella parte settentrionale della Piana Reatina connesse alla crescita dello sbarramento della soglia delle Marmore in corrispondenza di periodi secchi ed aridi e fasi erosive di smantellamento del sistema dei barrage carbonatici durante i periodi freddi ed umidi, in cui il potere incrostante delle acque si riduceva anche a causa della diluizione delle acque del circuito carsico, dovuta ai maggiori apporti del ruscellamento superficiale. Naturalmente non vi è un diretto rapporto di correlazione tra eventi climatici, sviluppo/erosione dello

sbarramento dei *calcareous tufa* delle Marmore e livello dei laghi nella piana reatina. Il sistema ha una sua resilienza e tempi di risposta che possono dipendere da altri fattori oltre che dal controllo climatico. Complessivamente in corrispondenza dei periodi secchi ed aridi si verificavano prevalenti fasi di crescita dello sbarramento della soglia delle Marmore e quindi sviluppo dei primi bacini lacustri olocenici nella parte settentrionale della Piana Reatina. Al contrario durante i periodi freddi ed umidi, in cui il potere incrostante delle acque si riduceva (anche a causa della diluizione delle acque del circuito carsico, dovuta ai maggiori apporti del ruscellamento superficiale), prevalevano le fasi erosive, con lo smantellamento del sistema dei barrage carbonatici con conseguente aumento del deflusso e quindi riduzione della estensione delle zone lacustri-palustri nella piana reatina.

Pertanto, gli schemi proposti sono molto indicativi ed andrebbero sempre confermati da vincoli archeologici. Si fa quindi riferimento alle ricostruzioni di CAMERIERI & MATTIOLI (2014) per ulteriori approfondimenti su questo argomento.

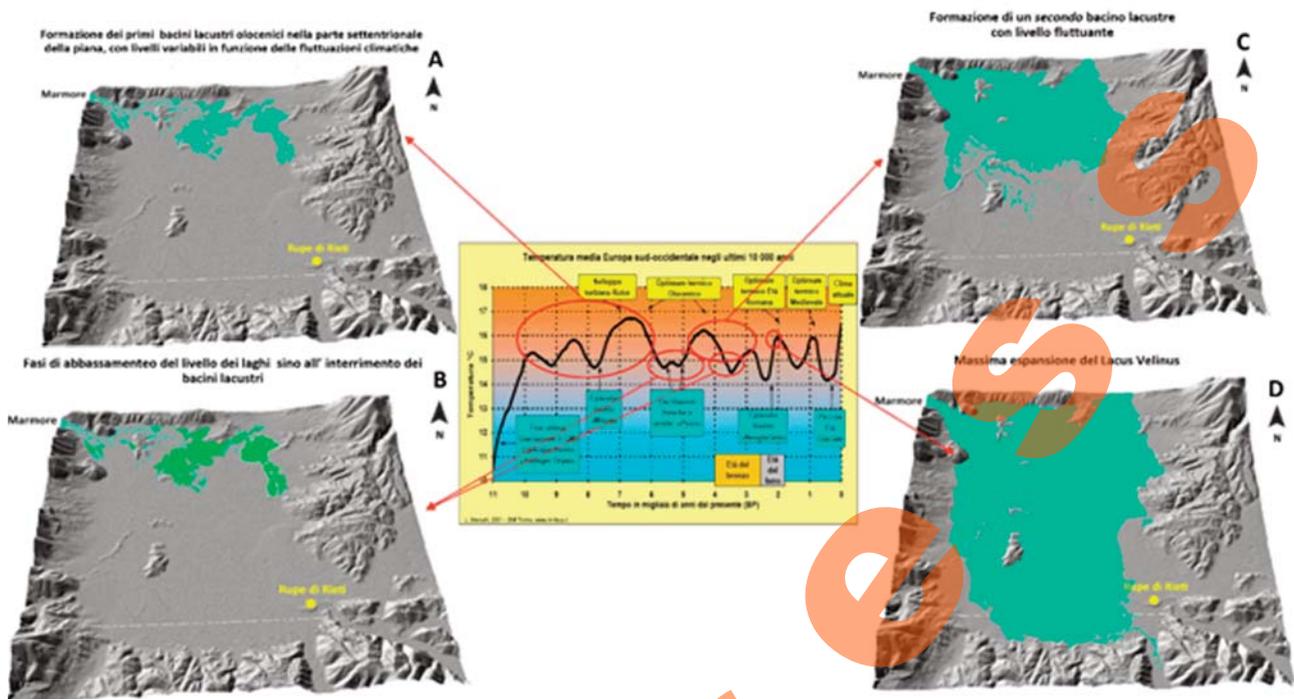


Fig 8 - Schema delle principali fasi evolutive dei bacini lacustri nella piana retina dall'inizio dell'Olocene sino al III secolo a. C., elaborata su un modello digitale del terreno (DTM) e possibile correlazione con i principali eventi climatici.

- Diagram of the main evolutionary stages of the lake in the Rieti Plain on a digital elevation model (DTM) and their correlation with the main climatic events, from the beginning of the Holocene until the third century BC.

3. - ANTICHE MAPPE CHE RAPPRESENTANO, IN MODO ARTISTICO, LE OPERE IDRAULICHE REALIZZATE PER TENTARE DI MITIGARE IL RISCHIO DI INONDAZIONE DELLA PIANA REATINA

Nel 271 a.C il primo tentativo di bonificare il *Lacus Velinus* venne attuato dal console romano Manio Curio Dentato con il taglio della cosiddetta "Cava Curiana" e la riorganizzazione dell'assetto idraulico di tutta la piana. L'intervento diede i frutti sperati tanto che dopo la bonifica Cicerone paragonerà la piana di Rieti alla favolosa *Temple della Tessaglia* per la sua fertilità definendola «Rosea» (Cic. Ep. ad Att. Lib.IV, lett XV). Tuttavia lo stesso Cicerone fu chiamato nel 54 a. C. a difendere i reatini in quanto *Interamna* (Terni) aveva chiamato in giudizio Reate (Rieti) per le alluvioni provocate nel suo territorio a seguito del taglio della Cava Curiana, chiedendone la chiusura. Cicerone difende i reatini, Aulo Pompeo i ternani (Cic., Pro Scaur., 12.27 - Tacito

Ann. 1,79) ma la questione si trascinò senza arrivare a nessun tipo di intervento. Il problema rimase insoluto generando continue tensioni, o veri conflitti, tra ternani e reatini ogni volta che il tasso di crescita dei depositi carbonatici continentali ostruiva il deflusso e rendeva necessari nuovi interventi. In epoca medioevale la Cava Curiana aveva perso quasi tutta la sua efficienza provocando nuovi alluvionamenti nella piana reatina. Nel 1422 venne quindi realizzata la Cava Reatina, con feroce opposizione da parte dei ternani che sfociò quasi in una vera guerra, scongiurata solo grazie all'intervento di Fortebraccio Da Montone. Le polemiche continuarono anche quando, nel 1546 venne inaugurato il Cavo Paolino o Farnesiano in onore di Papa Paolo III, o quando nel 1598 venne riattivato il Cavo Curiano che venne chiamato Cavo Clementino (sotto Papa Clemente VIII) ed infine nel 1793 quando venne completato il Canale Pio (sotto Papa Pio VI).

A partire dal XVI secolo sono state prodotte una serie di mappe e di disegni che rappresentano le



Fig. 9- Bartolomeo De Rocchi (XVI sec.), Topografia del Piano delle Marmore conservato al gabinetto disegni e stampe degli Uffizi, 1555 ca. pubblicato in R. Consiglio, Rieti. Evoluzione di una struttura urbana, Electa Napoli 1990, pp. 260 (Fig. 43).

- Bartolomeo Rocchi (16th century). Topography of Marmore plane stored at the Department of Prints and Drawings of Uffizi (ca. 1555). Published in R. Consiglio, Rieti. Evoluzione di una struttura urbana, Electa Napoli 1990, pp. 260 (Fig. 43).



Fig. 10 - Antonio Magini, Particolare della "Carta dell'Umbria o vero Ducato di Spoleto" dall'Atlante geografico d'Italia, pubblicato a Bologna nel 1620.
- Detail of "Carta dell'Umbria o vero Ducato di Spoleto" by Antonio Magini, from the Italian Geography Atlas published in Bologna in 1620.

opere idrauliche realizzate presso la cascata delle Marmore ed il territorio circostante, con una grande ricchezza di dettagli e tratti artistici, mappe di cui ci limitiamo a presentare solo alcuni significativi esempi. Tra di esse il più antico è probabilmente quello di Bartolomeo De Rocchi ascrivibile alla seconda metà del XVI secolo (VIRILI, 2017) conservato presso il gabinetto disegni e stampe degli Uffizi di Firenze (Fig. 9). Il disegno mostra il piano delle Marmore con la cava Reatina (1422) e la relativa caduta, distinta da quella della Curiana (271 a.C.) e da quella della Paolina (1546).

Molto bella è anche la carta dell'Umbria di Antonio Magini pubblicata nel 1650 (Fig. 10). In essa si vedono tutti e quattro i canali realizzati sino a quel tempo: la Cava Curiana (271 a.C.), la Cava Reatina (1422); il Cavo Paolino o Farnesiano del (1546) ed il Cavo Clementino (1598).

Tra le mappe prospettiche citiamo quella realizzata dalla Congregazione delle Acque del 1687, in cui la cascata delle Marmore è rappresentata anche in un piccolo schizzo posto alla base della mappa che rappresenta la valle del Fiume Nera (Fig. 11).

Tra le mappe realizzate verso la fine del XVIII secolo è di interesse per la ricchezza dei dettagli quella di Pietro Leone Bombelli (incisore) e Stefano Cabra (perito matematico giudiziale) del 1783 (Fig. 12a, b). che rappresenta anche il Cavo Clementino ma non il Canale Pio completato solo nel 1793.

4. - LA CASCATA DELLE MARMORE ED IL DISEGNO DI LEONARDO DEL 1473

Passando alle rappresentazioni artistiche in senso più stretto costituite da disegni, dipinti e incisioni va rilevato che solo dopo il taglio della Cava Reatina nel 1422 il flusso di acqua attraverso la cascata aumenta abbastanza da generare lo scenario che l'ha resa famosa nei secoli successivi. Ma del resto la possibilità che questo paesaggio venisse rappresentato in precedenza era molto scarsa non solo per la assenza di spettacolarità legato alla progressiva chiusura della Cava Curiana, ma anche perché nel Medio-evo, almeno fino a Giotto, il paesaggio è un elemento del

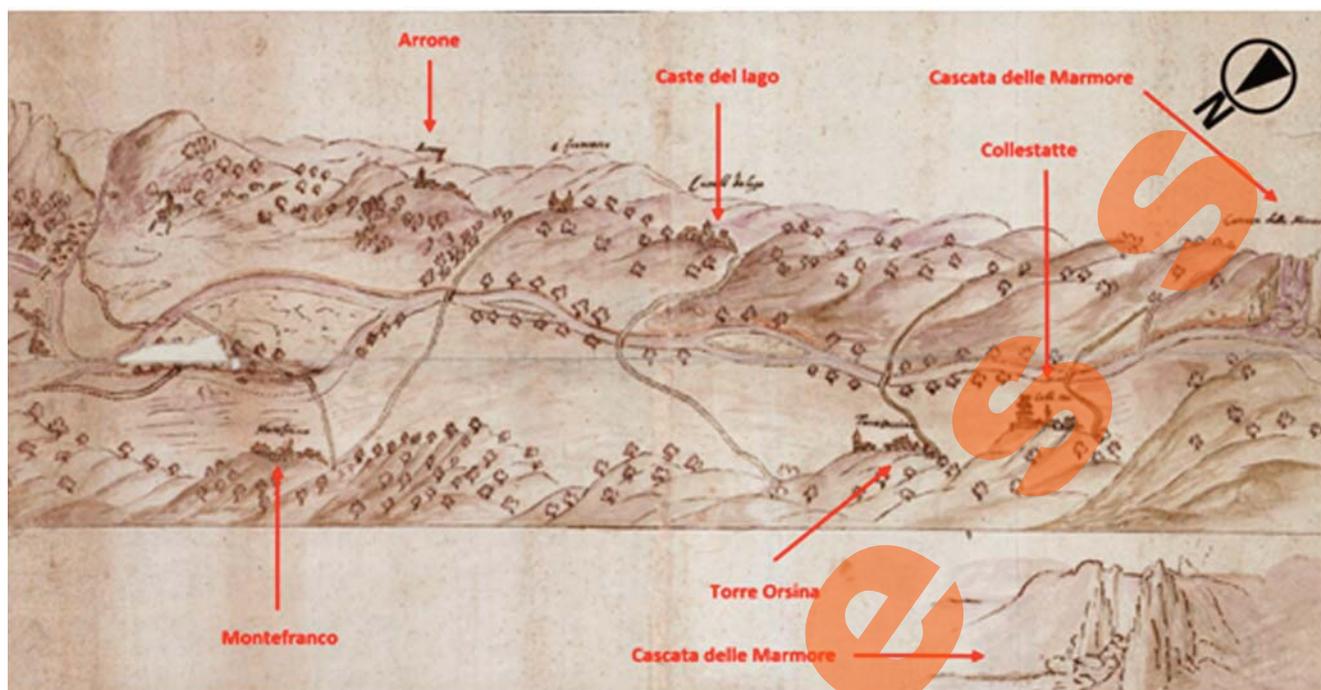


Fig. 11 - Congregazione delle Acque (1687) “N. 9. Corso del F. Nera dalle Marmore”; “Umbria-Nera”; “pianta della Nera dalle Marmore”. In rosso sono stati sovrapposti i moderni toponimi.

- *Waters Congregation (1687) “N.9 Corso del F. Nera dalle Marmore”; “Umbria-Nera”; “Plane of Nera river from Marmore”. Modern toponyms are overlapped in red.*

tutto marginale nelle rappresentazioni artistiche, uno sfondo che ha l'unico fine di riproporre delle ambientazioni in cui far svolgere le storie sacre. Il mondo terreno nel Medio evo era irrilevante ed anche gli elementi naturali presenti nelle opere d'arte assumono una funzione simbolica del tutto slegata dalla realtà. Nel Tredicesimo secolo la rivoluzione introdotta da Giotto si diffonde in tutta la penisola ed in modo particolare tra i pittori senesi come Ambrogio Lorenzetti nel suo famoso dipinto “Allegorie del buono e del cattivo governo” del 1338-1339. Ma è solo con il Rinascimento che il paesaggio e la natura incominciano ad assumere un ruolo di rilievo nelle rappresentazioni artistiche. Leonardo da Vinci (1452-1519), con la sua opera marca un fondamentale passaggio in questo processo evolutivo. Leonardo analizza i fenomeni naturali e li rappresenta in modo preciso, prospettico e dettagliato. Nei dipinti dei suoi paesaggi, introduce una tecnica di sfumatura, una sorta di velo che migliora l'effetto prospettico. Simulando l'opacità prodotta dalla atmosfera, questa tecnica rende più indistinti gli og-

getti lontani riproducendo quasi perfettamente quello che si può osservare nella realtà. Ma anche nei suoi disegni più schematici, Leonardo coglie sempre i tratti essenziali delle forme naturali dei rilievi o dei fenomeni che vuole rappresentare. Il suo famoso disegno “Paesaggio con Fiume” realizzato il 5 agosto 1473 ed oggi conservato al Gabinetto dei Disegni e delle Stampe (foglio 8P) delle Gallerie degli Uffizi è considerato tra i più precoci esempi di paesaggio puro nell'arte occidentale. Come quasi tutti gli altri disegni e dipinti di Leonardo (come, ad esempio, il paesaggio sullo sfondo del celebre ritratto della “Gioconda”), anche questo disegno ha portato studiosi e critici d'arte a “vivaci” controversie sorte dal tentativo di riconoscere l'esatto punto di vista dell'artista. Il “Paesaggio con fiume” è stato “storicamente” attribuito ad un paesaggio della Valdarno, visto che Leonardo disegnava soprattutto i luoghi a lui più noti e frequentati, come le montagne lucchesi o i dolci rilievi collinari della Toscana. In tempi più recente lo storico dell'arte e studioso di Leonardo Alessandro Vezzosi (VEZZOSI, 1996) ha

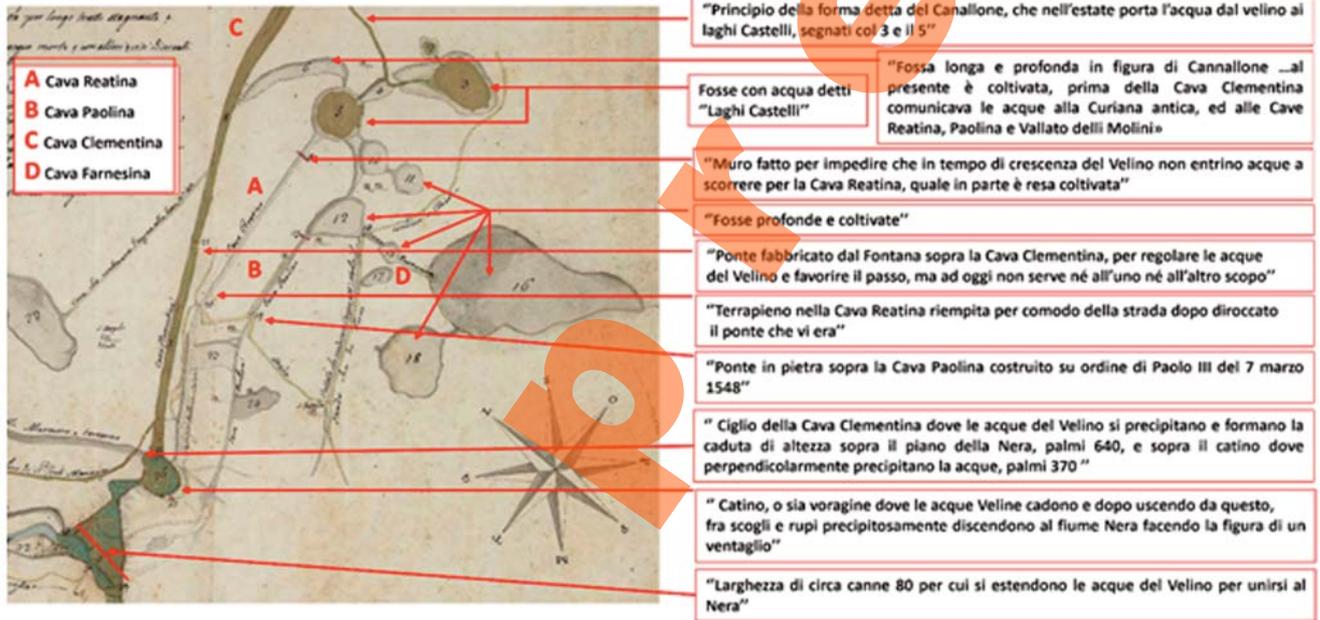


Fig. 12 - a) Congregazione delle Acque (1687) Parte della Pianta Generale della Confluenza della Nera col Velino "N. 9. Corso del F. Nera dalle Marmore"; b) dettaglio della mappa precedente in cui sono riportate le originali descrizioni delle opere.
- Part of the General Plan of Velino and Nera confluence "N.9 Corso del F. Nera dalle Marmore" by Waters Congregation (1687); detail of the same map with the trascription of the original descriptions.

ipotizzato che questo disegno (Fig. 13) rappresenti un paesaggio della Valdinievole e del Padule di Fucecchio con uno dei castelli del Montalbano arroccato lungo i fianchi della valle presente sul lato sinistro del disegno.

Ma nel 2016, un altro critico d'arte Luca Tomio ha suggerito che possa trattarsi di un disegno composito con la Cascata delle Marmore nella parte destra e la Valle di Terni con Papigno, l'altura di

Colleluna ed i Monti Martani sulla sinistra (Fig. 14). Ipotesi ritenuta "verosimile" anche dal noto critico d'arte Vittorio Sgarbi, da una accurata analisi fatta da Miro Virili (VIRILI, 2017) e da una ricerca fatta con tecniche forensi dall'Opificio delle Pietre dure di Firenze. Quest'ultimo dopo una richiesta nata da una intuizione di Pino Benedetti del Centro studi Leonardo in Valtiberina ha certificato nel 2018 la presenza nel disegno di due tipi di inchiostro a di-



Fig. 13 - Il "Paesaggio con fiume", disegno realizzato da Leonardo da Vinci (1452-1519), il 5 agosto 1473, oggi conservato al Gabinetto dei Disegni e delle Stampe (foglio 8P) delle Gallerie degli Uffizi è considerato tra i più precoci esempi di paesaggio puro nell'arte occidentale. da (https://commons.wikimedia.org/wiki/category:Arno_Valley_landscape_by_Leonardo).
 - The "Landscape with a river". Drawing of Leonardo Da Vinci (1452-1519) dated 5th of August 1473, now kept at the Department of Prints and Drawings of Uffizi (sheet 8P). It is considered one of the first examples of pure landscape of the Western art. Source: https://commons.wikimedia.org/wiki/category:Arno_Valley_landscape_by_Leonardo.

mostrazione che si tratta di un paesaggio composito, realizzato in due tempi successivi sullo stesso foglio.

Naturalmente in tutte queste ipotesi esistono elementi di criticità che lasciano sospeso il giudizio su quale paesaggio sia stato realmente rappresentato da Leonardo in questo suo dipinto. Mancano ad esempio documenti storici che attestino che il giovane Leonardo nel 1473 sia stato effettivamente presente nel territorio di Terni per realizzare il disegno. È tuttavia possibile che Leonardo, che non solo era un grande artista ed un uomo di scienza, ma anche un grande ingegnere delle acque, abbia avuto notizia sia del taglio della Cava Reatina del 1422 sia anche dei successivi interventi fatti nel 1460 per eseguire lavori di manutenzione e di ampliamento della Cava Curiana e di quella Reatina. Quindi anche se non si può provare con certezza non si può nemmeno escludere che Leonardo abbia voluto verificare di persona lo stato dei luoghi dove erano state realizzata questa

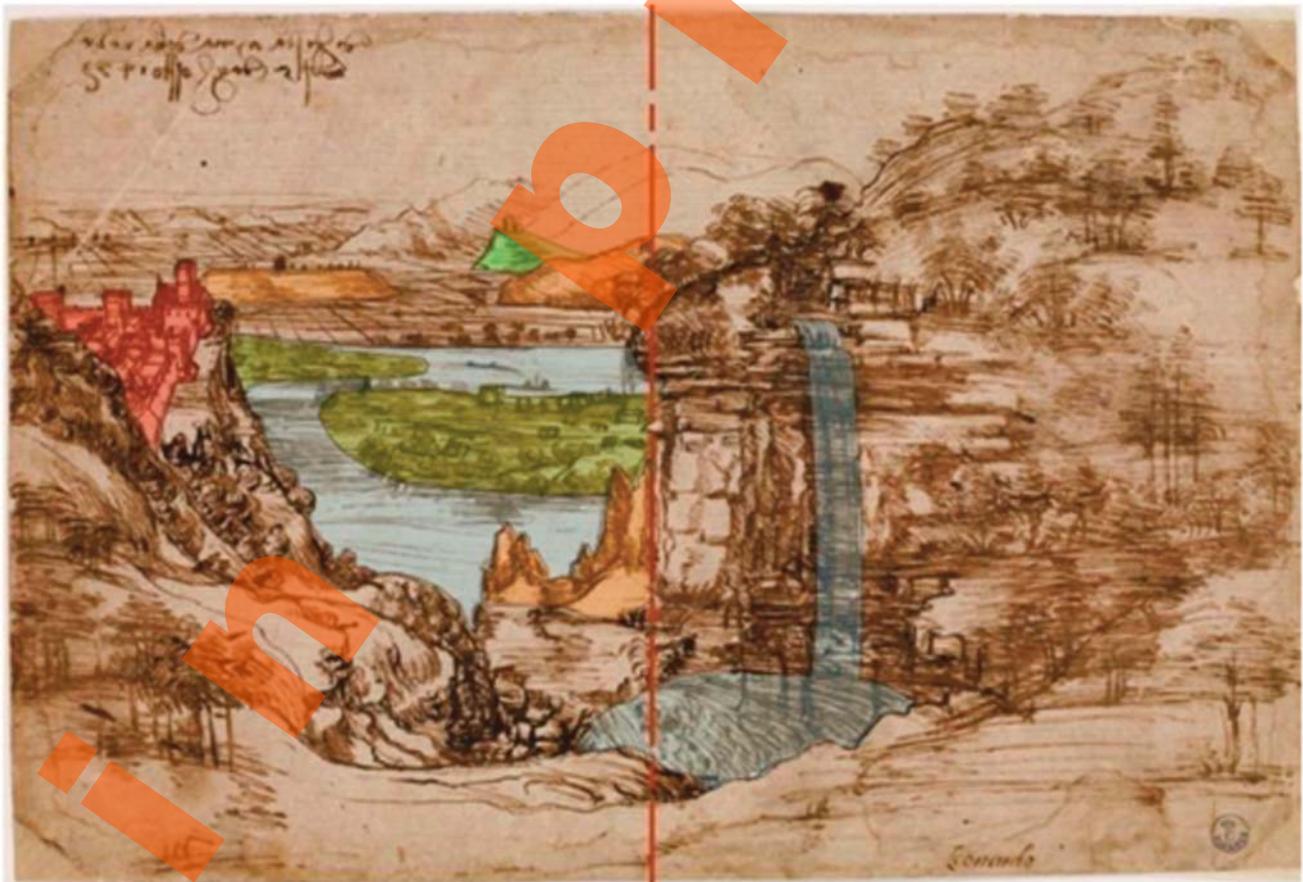


Fig. 14 - Individuazione degli iconemi nel disegno di Leonardo la linea rossa tratteggiata separa i due punti di vista - Da VIRILI 2017.
 - Identification of iconic elements on the Leonardo's drawing. Dotted red line divides two observation points (From VIRILI 2017).

opera tenendo conto anche dello scalpore che avevano provocato, visto che erano all'origine di aspre contese tra reatini e ternani.

Il metodo proposto da VIRILI (2017) per l'analisi del disegno parte dalla individuazione su di esso di alcuni "iconemi" (Fig. 14), una sorta di "unità elementari di percezione", cercandone quindi una corrispondenza nei paesaggi effettivamente presenti nel territorio ternano. Rimandiamo al dettagliato studio di questo Autore la discussione degli iconemi "antropici" presenti nel disegno, mentre vogliamo soffermarci su alcuni "iconemi geologici" la cui analisi

potrebbe portare qualche ulteriore contributo alla discussione in atto. Per quanto riguarda la parte destra del disegno (quella che si potrebbe osservare dal punto 1 dello schema di Fig. 15), come rileva VIRILI 2017, la cascata rappresentata non è quella attuale in cui le acque fuoriescono dalla Cava Clementina (che non era ancora stata scavata al tempo di Leonardo) ma la Cava Reatina. Nel disegno si può osservare all'estremità della rupe un secondo e più limitato flusso d'acqua che potrebbe corrispondere alla Cava Curiana.

Sembra quindi abbastanza verosimile la corri-

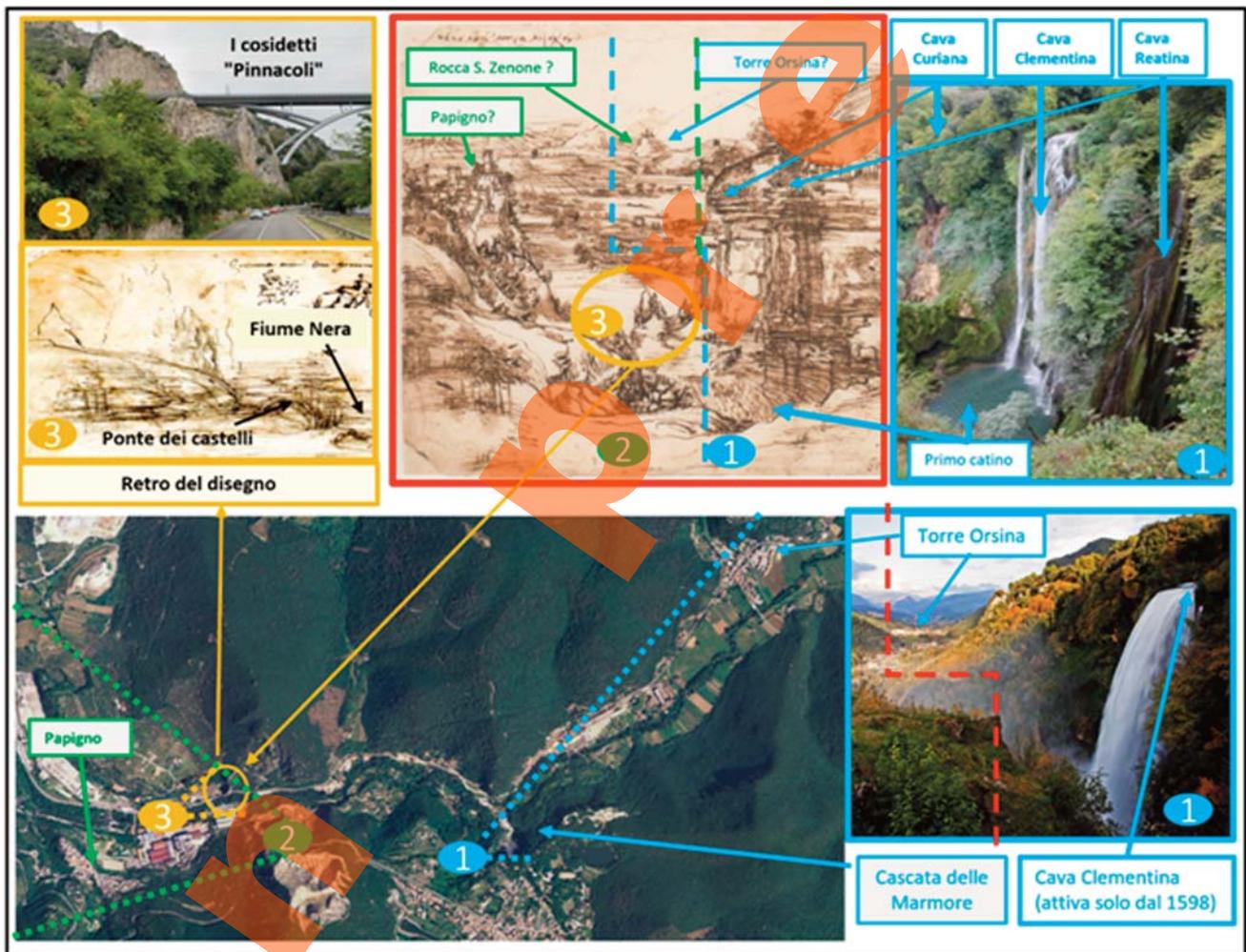


Fig. 15 - I principali elementi geologici presenti nel "Paesaggio con fiume" di Leonardo Da Vinci del 1473 – I numeri 1 e 2 individuano i due punti di vista utilizzati da Leonardo per comporre il disegno, il numero 3 il punto di vista utilizzato per effettuare lo schizzo presente sul retro. Solo le visuali 1 e 3 contengono elementi geologici, rispettivamente: 1) La cascata che si sviluppa su calcareous tufa ben stratificati del Pleistocene medio-Olocene; 3) I cosiddetti "Pinnacoli", particolari forme erosive su calcari mesozoici molto tettonizzati. La visuale 2 contiene solo iconemi antropici, pertanto per essi e per gli altri elementi simili presenti nel disegno si fa riferimento a VIRILI (2017).

- Main geological elements in the drawing "Landscape with a river" of Leonardo Da Vinci (1473). Numbers 1 and 2 show the observation points used by Leonardo to compose the drawing; number 3 is the observation point to realize the sketch on the overleaf. Points 1 and 3 have geological elements, namely: Marmore Falls developed on Pleistocene-middle Holocene calcareous tufa (Point 1), and the so called "Pinnacoli", particular erosive shapes on Mesozoic limestones well tectonized. Point 2 has only anthropic elements better described in VIRILI (2017).

spondenza tra il disegno di Leonardo ed il sistema di opere idrauliche attivo al 1473. L'elemento di maggior interesse in questa parte del disegno in ogni caso è la dettagliata rappresentazione delle rocce che costituiscono la rupe, dalla cui sommità scaturisce la cascata (Fig. 16). Partendo dalla base si può osservare che si tratta di una successione ben stratificata con strati sub orizzontali. Per i primi 3/5 circa, dello spessore complessivo, gli strati sembrano essere molto spessi, massivi ma con sistemi di fratture subverticali ben spaziate che tendono ad isolare dei grandi blocchi. Vi è quindi una parte corrispondente a poco più di 1/5 della successione costituita da strati molti più sottili e con una stratificazione più irregolare e discontinua, sempre sub orizzontale, ma con un accenno di inclinazione verso valle (ovvero verso N). La restante parte della successione è composta da depositi non stratificati con forme un po' più arrotondate sulle quali sembra fluire dell'altra acqua (presumibilmente proveniente dal residuo flusso la Cava Curiana citata in precedenza). Attualmente la crescita della vegeta-

zione e la sovrapposizione di elementi della *facies* di cascata dei *calcareous tufa* tuttora in formazione non permette più l'osservazione dettagliata di strati che, tuttavia nell'insieme presentano litofacies molto simili a quelle dei coevi dei *calcareous tufa* della rupe dell'acropoli romana di Rieti (Fig. 16 B e C).

Se il disegno rappresenta effettivamente la Cascata delle Marmore è estremamente interessante notare che lo schema geologico proposto da Leonardo descrive perfettamente la successione di ambiente lacustre-palustre che un tempo affiorava ben oltre l'attuale soglia delle Marmore spingendosi all'interno della Valnerina (Fig. 6), resti di un più ampio sistema deposizionale, di ambiente lacustre-palustre che prima dell'ultimo LGM si estendeva sino allo sbocco nella piana di Terni, con *facies* simili a quelle che possono essere osservate oggi nei *calcareous tufa* di Rieti (MADONNA *et alii*, 2020). Tale sistema deposizionale che si era formato a partire dal Pleistocene medio, è stato profondamente inciso durante l'ultimo LGM (Fig. 7). Quindi la successione

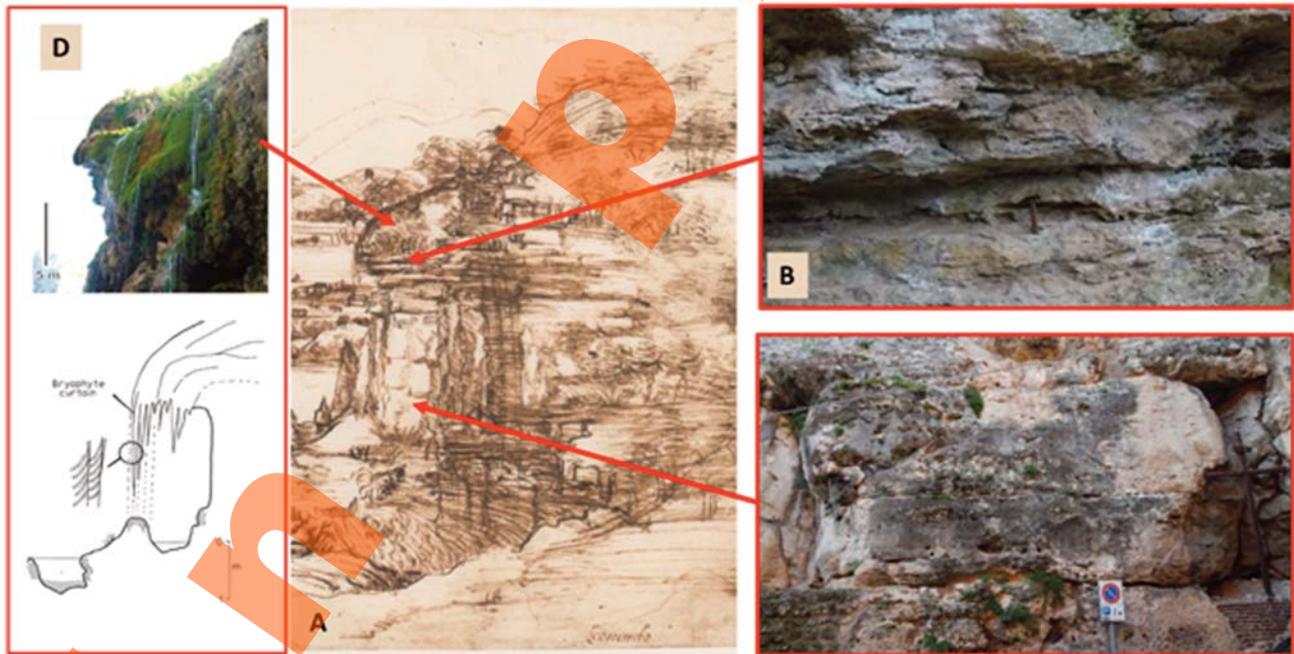


Fig. 16 - A) particolare della rappresentazione degli strati nel “Paesaggio con fiume “di Leonardo Da Vinci del 1473 - B); C) Esempi di due litofacies nei *calcareous tufa* affioranti nella rupe di Rieti molto simili a quelle disegnate da Leonardo per i *calcareous tufa* della cascata delle Marmore; D) *calcareous tufa* in formazione su un fronte di cascata attivo con rivoli di acqua scorrente e pendenti di briofite (Da OZKUL *et alii* 2010) e con relativo schema che mostra le relazioni tra le cortine pendenti di briofite e le stromatoliti che si formano nelle aree di caduta e di scorrimento delle acque prossime alla cascata (da PEDLEY *et alii* 2003).

- A) detail of the representation of the strata in Leonardo Da Vinci's “Landscape with a river” of 1473 - B); C) Examples of two lithofacies in the *calcareous tufa* outcropping in the Rieti cliff very similar to those drawn by Leonardo for the *calcareous tufa* of the Marmore waterfall; D) *calcareous tufa* on active waterfall front accompanied by overhanging bryophyte (moss) curtains and pouring water column (from OZKUL *et alii* 2010), and related cross-section view showing relationships between active bryophyte curtain and stromatolites in the splash and flow areas proximal to the cascade. (from PEDLEY *et alii* 2003).

raffigurata nel disegno rappresenta i resti erosi della parte interna del sistema di vasche e laghetti in cui la bassa velocità del flusso permetteva la deposizione di fanghi calcarei che hanno dato origine a una litofacies compatta a granulometria fine, localizzata prevalentemente nella parte bassa della successione raffigurata nel disegno (Fig.16 C) su cui si è sviluppata una successione sempre di ambiente lacustrepalustre, ma caratterizzata da un maggior idrodinamismo che porta allo sviluppo di una vegetazione acquatica rigogliosa da cui derivano le *facies* fitoermali e fitoclastiche con strati lenticolari molto porosi, più sottili ed irregolari (Fig. 16 B).

La parte superiore della successione, che, potrebbe rappresentare le unità oloceniche, è costituita da corpi calcarei non stratificati che localmente presentano associazioni comparabili a quelle di *facies* di cascata (*perched springline*); sono composte da strutture cristalline abiotiche, analoghe a quelle degli speleotemi (tipo stalattiti/stalagmiti) e da corpi essenzialmente biocostruiti: fitoermali (colonie di batteri/stromatoliti); microalghe; muschi e macrofite acquatiche) e fitoclastici.

Il secondo elemento di carattere geologico e geomorfologico da considerare è costituito dalle singolari forme erosive presenti in destra idrografica del fiume Nera all'altezza dell'antico Ponte dei Castelli, i cosiddetti "pinnacoli" (Fig. 15) al punto tale che non solo li ha rappresentati nella parte centrale del disegno, ma anche in uno schizzo fatto sul retro e ripreso da un diverso punto di vista (Fig. 15), si tratta in questo caso di depositi carbonatici mesozoici (formazione del Calcarea Massiccio), intensamente tettonizzati, che debbono la loro singolare forma a *cuspidi* ad una particolare combinazione di fattori strutturali associata a processi erosivi (*carsismo*).

5. - LA CASCATA DELLE MARMORE ED IL GRAN TOUR

A partire dal Seicento la cascata diviene una delle tappe del Grand Tour compiuto per completare la formazione di gentiluomini ed intellettuali di tutta

Europa. Divennero quindi molto richieste immagini stampe e dipinti che riproducessero le tappe dei loro viaggi come una sorta di *souvenir*. Alla Cascata delle Marmore viene riconosciuta non solo una importante valenza "estetica", ma anche un tributo al lavoro ed all'ingegno delle molte generazioni di architetti ingegneri e semplici operai che avevano reso possibile un simile spettacolo. La cosiddetta "Opera della Cascata" diviene una sorta di enorme monumento, una grande impresa di architettura idraulica a cui rendere tributo al pari dei grandi anfiteatri, terme o ponti romani o altre grandiose opere di architettura di cui il nostro paese è pieno. Tra il Settecento e l'Ottocento il paesaggio della cascata diviene oggetto di visita e soggetto dei pittori e artisti europei che transitavano da o per Roma e che quasi mai mancavano di raggiungere la Cascata delle Marmore per dipingere "*en plain air*" lo straordinario spettacolo della caduta del Velino nella valle del Nera. In questo periodo, gran parte degli intellettuali europei visitano la cascata raccontandola nei loro diari e nei loro libri o nelle loro poesie. Sono stati realizzati forse decine di migliaia di quadri ad opera di artisti maggiori o minori dispersi in quasi tutti i paesi del mondo. Fare una selezione attraverso queste opere è veramente impossibile.

A solo titolo di esempio tra i dipinti a cavallo tra il XVII ed il XVIII secolo troviamo quelli di Philipp Peter Roos, detto Rosa da Tivoli (1655-1706) Fig. 17A o quello di Giovan Battista Busiri (1698-1752) Fig. 17B.



Fig. 17 - Rappresentazioni della cascata delle Marmore in alcuni dipinti a cavallo del XVII-XVIII secolo A) Roos, Philipp Peter detto Rosa da Tivoli (1655-1706); B) Giovan Battista Busiri (1698-1752).

- *Paintings of Marmore Falls of 17th-18th century. A) Philipp Peter Roos, called Rosa da Tivoli (1655-1706); B) Giovan Battista Busiri (1698-1752).*



Fig. 18 - Rappresentazioni della cascata delle Marmore in alcuni dipinti della seconda metà del XVIII secolo A) Jacob Philipp Hackert del 1772; B) Carlo Labruzzi del 1779.

- *Paintings of Marmore Falls of the second half of 18th century: Jacob Philipp Hackert (1772); B) Carlo Labruzzi (1779).*



Fig. 19 - Rappresentazioni della cascata delle Marmore in alcune stampe del XVIII secolo: A) Louis-François Cassas (1780). B) Filippo Hackert (disegnatore) e Carlo Antonini (litografo) (1799).

- *Printings of Marmore Falls of the late 18th century: A) Louis-François Cassas (1780), B) Filippo Hackert (designer) and Carlo Antonini (lithographer) (1799).*



Fig. 20 - Paesaggio ideale con Ponte di Augusto e Cascata delle Marmore - Jean Victor Bertin (1819). A destra, la reale distanza tra i due elementi principali del dipinto.

- *Ideal landscape with Augustus' Bridge and Marmore Falls - Jean Victor Bertin (1819). On the right, the real distance between the two elements of the painting.*

Tra i dipinti del XVIII secolo troviamo quello di Jacob Philipp Hackert del 1772 o quello di Carlo Labruzzi del 1779. (Fig. 18)

Nel XVIII secolo sono molto comuni anche le stampe che rappresentano la Cascata delle Marmore come quella di Louis-François Cassas del 1780 o quella di Jacob Philip Hackert del 1799 che in questo caso fa il disegnatore di una litografia incisa da Carlo Antonini. (Fig. 19).

In ogni caso non è infrequente che degli artisti decidano di realizzare dei paesaggi compositi come quello del disegno di Leonardo del 1473. Sempre come tema la cascata delle Marmore, Jean Victor Bertin nel 1819 dipinse un quadro con rappresentato sia il Ponte di Augusto che la Cascata delle Marmore, due elementi che non possono nella realtà coesistere sia per problemi di prospettiva che di distanza (Fig. 20).

6. - CONCLUSIONI

La cascata delle Marmore rappresenta uno spettacolare esempio di grandi opere idrauliche che si sono susseguite per oltre due millenni a partire dalla riuscita opera di bonifica del console romano Curio Dentato del 271 a.C. sino ai vari tentativi fatti ad

opera dello Stato Pontificio dal 1422, con la Cava Reatina sino al 1793, con il Canale Pio, per cercare di regimare le acque del Velino che periodicamente inondavano la omonima piana. Il *Lacus Velinus* che occupava gran parte della piana reatina, prima della bonifica di Curio Dentato, si era prodotto a causa di un fenomeno naturale legato alla crescita degli sbarramenti originatisi dall'accumulo dei depositi carbonatici continentali (*calcareous tufa*) in corrispondenza della soglia delle Marmore ove il Velino si immette nel Nera. Ma il caso della Cascata delle Marmore è emblematico perché ogni volta che si cercava di risolvere un problema a monte, modificando l'assetto idraulico del territorio, inevitabilmente si creava un nuovo problema a valle. La contesa tra gli abitanti della antica Terni (*Interamna Nabartium*), che lamentavano i danni prodotti dalle inondazioni causate dal Velino che confluiva nel Nera a causa della Cava Curiana, e quelli della antica Reate (reatini), per i quali quell'opera idraulica era essenziale, è stato il primo caso di controversia nata da un rischio idraulico portata in un tribunale. Forse anche grazie alla difesa di Cicerone i reatini riuscirono a far sì che nulla si decidesse e la contesa si trascinò nel corso dei secoli generando in alcuni casi anche conflitti armati tra le due popolazioni. Con l'apertura della Cava Reatina del 1422 ed i successivi interventi di manutenzione del 1660 il conflitto tra reatini e ternani si riaccese violentemente e si evitò una guerra solo grazie all'intervento di Fortebraccio da Montone. È verosimile che la notizia di queste vicende siano giunte al giovane Leonardo da Vinci inducendolo a vedere con i propri occhi quella grande opera di ingegneria idraulica all'origine dei conflitti. Non ci sono prove storiche della visita di Leonardo alla cascata delle Marmore, ma da quando nel 2016 Luca Tomio provò a dimostrare che il suo celebre "Paesaggio con fiume" del 1473 in realtà era un disegno composito che rappresentava anche la Cascata delle Marmore, sostenuto anche dal famoso critico d'arte Vittorio Sgarbi, si è aperto un grande dibattito che ha visto contrapposti critici d'arte, storici e studiosi di Leonardo. Questioni di questo tipo difficilmente possono trovare delle soluzioni definitive, ma in questo

studio sono stati messi in evidenza gli "iconemi geologici" presenti nel disegno, verosimilmente coerenti con il territorio circostante la cascata. Si rimanda al lavoro di VIRILI (2017), per una completa trattazione di tutti gli altri elementi antropici riconoscibili nel paesaggio.

Per quanto riguarda gli aspetti geologici abbiamo evidenziato il perfetto schema geologico di Leonardo in questo disegno, che ha riprodotto fedelmente la successione che affiora lungo la scarpata che borda il primo salto della cascata delle Marmore. Questa successione è costituita da depositi carbonatici continentali (*calcareous tufa*) a stratificazione suborizzontale, depositatisi tra il Pleistocene medio ed il Pleistocene superiore, in un ambiente lacustre-palustre a bassa energia, posto a monte di un sistema in progradazione con vasche, gradini e *facies* di cascata. Questi depositi erano arrivati ad estendersi entro la Valnerina dalla confluenza con Velino sin quasi allo sbocco nella piana ternana. Durante l'PLGM sono stati profondamente incisi erosi e carsificati. Su di essi durante l'Olocene si è depositata una nuova successione costituita sempre da *calcareous tufa*, ma molto porosi e poco o mal stratificati in quanto la *facies* prevalente è quella di cascata. Il disegno di Leonardo è perfettamente coerente con il modello deposizionale che abbiamo sviluppato per spiegare l'organizzazione di questa successione. Leonardo inoltre deve essere stato molto colpito dalle singolari forme erosive presenti in destra idrografica del Nera all'altezza dell'antico Ponte dei Castelli, i cosiddetti "pinnacoli", al punto tale che non solo li rappresenta nel disegno, ma anche in uno schizzo nel suo retro fatto da un diverso punto di vista. Si tratta in questo caso di depositi carbonatici mesozoici (formazione del Calcarea Massiccio), intensamente tettonizzati, che debbono la loro singolare forma a cuspidate ad una particolare combinazione di fattori strutturali associata a processi erosivi (carsismo). Il controverso caso del disegno di Leonardo del 1473 rappresenta solo uno delle decine di migliaia di rappresentazioni che sono state fatte della cascata delle Marmore. A partire dal XVII secolo diviene una tappa fissa del Grand Tour, sia per lo straordinario spettacolo che il tumultuoso salto delle

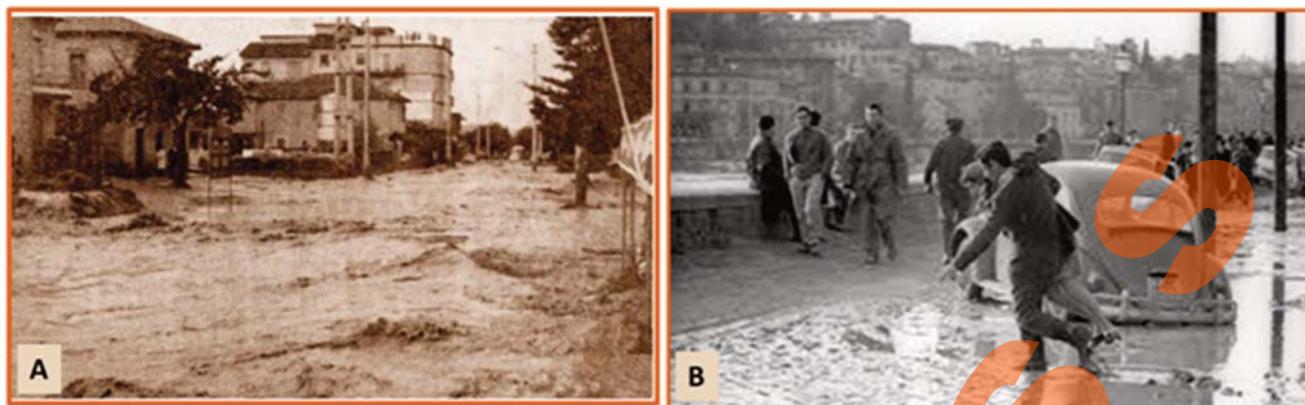


Fig. 21 - A) Alluvione di Terni del 1965; B) Alluvione di Rieti del 1966.
- Flooding in Terni in 1965; B) Flooding in Rieti in 1966.

acque offriva per complessivi 165m, sia per ammirare le grandi opere idrauliche che nel corso dei secoli l'avevano resa possibile, la cosiddetta "Opera delle Marmore". Nella limitata selezione di opere che sono state portate ad esempio ci sono anche altri paesaggi compositi come quello di Bertin, Jean Victor nel quale si fanno coesistere elementi che si trovano in posizioni incompatibili tra di loro come il Ponte di Augusto e la Cascata delle Marmore. Le dispute tra ternani e reatini terminarono solo verso la fine dell'Ottocento, quando quello che era stato per millenni un problema, l'acqua, diviene una grande risorsa per la industrializzazione. Nel 1890 venne realizzata una importante opera di captazione delle acque lungo il Cavo Curiano (circa 5mc/sec) che dopo un percorso di circa 6.600m di condotte forniva energia idraulica alla società SAFFAT (acciaierie ed altoforni di Terni) divenuta poi Soc. Terni.

Nei primi anni del Novecento altre industrie ottennero concessioni per l'uso dell'acqua del Velino con conseguente diminuzione del flusso della cascata.

Nel 1924 si costituì il consorzio del Velino e la Soc. Terni ottenne una concessione per utilizzare le acque del Nera ed in parte del Velino (attraverso il lago di Piediluco), per alimentare la centrale idroelettrica di Galleto. Questo rese praticamente inattiva per lunghi anni la cascata fino alla entrata in vigore di un decreto che stabiliva un numero minimo di ore di apertura della cascata.

Nel 1962 tutti gli impianti passarono di proprietà all'ENEL.

Nonostante tutti gli interventi fatti per regimare le acque attraverso la cascata delle Marmore esiste ancora la possibilità che si verifichino alluvioni sia nella piana reatina che in quella ternana (Fig. 21). Esistono inoltre altri fattori di pericolosità associati in modo diretto o indiretto all'area delle Marmore ed in particolare la possibilità che si verifichino frane lungo le pareti della scarpata, tenendo conto che alcune aree sono state già interessate da grandi interventi di stabilizzazione. Possibilità che si verifichino frane in grado di provocare sbarramenti lungo il corso del Nera con pericolo di alluvioni. Possibilità che si verifichino fenomeni di sprofondamento (sinkhole) nel pianoro delle Marmore a causa della presenza di estesi fenomeni carsici ed infine possibilità che si verifichino forti terremoti vista la sua collocazione prossima alle parti più interne e più sismiche della catena appenninica.

BIBLIOGRAFIA

- ARENAS-ABAD, ARENAS-ABAD C., VAZQUEZ-URBEZ M., PARDO-TIRAPU G. & SANCHO-MARCEN C. (2010) - *Fluvial and associated carbonate deposits. In: Developments in Sedimentology: Carbonates in Continental Settings: Facies, Environments and Processes* (Eds A.M. Alonso-Zarza and L.H. Tanner), 133-pp. 175. Elsevier, Amsterdam.
- BARBERI R. & CAVINATO G.P. (1992) - *Analisi sedimentologiche ed evoluzione paleogeografica del settore meridionale del bacino di Rieti (Appennino Centrale)*. Studi Geol. Camerti, Volume Speciale 1992 (1), 39-53
- BRUNAMONTE F., CARRARA C., CAVINATO G.P., FERRELLI L., SERVA L., MICHETTI A.M. & RAGLIONE M. (1993b) - *La*

- conca di Rieti*. In: Convegno AIQUA “Le Conche Intermontane, Caratteristiche Stratigrafiche, Sedimentologiche, Strutturali ed Aspetti Applicativi - Guida all’escursione Le Conche intermontane dell’Appennino Laziale-Abruzzese”. Il Quaternario, **6**(2) 1993, 396-402.
- BRUNAMONTE F., MICHETTI A.M., SERVA L. & VITTORI E. (1993a) - *Seismic hazard evaluation in Central Italy: preliminary results of the Rieti Basin Project*. Annali di geofisica, **XXXVI** (1), 253-262.
- CAMERIERI P. & MATTIOLI T. (2014). - *Archeologia e modificazioni ambientali lungo il corso del fiume Velino*. Mem. Descr. Carta Geol. d’It. **XCVI**, pp. 169-188.
- CAMERIERI P. (2009) - *La ricerca della forma del catasto antico di Reate nella pianura di Rosea*. in: divus Vespasianus, “Il Bimilenario dei Flavi”. reate e l’Ager reatinus, Catalogo della Mostra, pp. 39-48, Rieti.
- CAMERIERI P., DE SANTIS A. & MATTIOLI T. (2009) - *La limitatio dell’Ager reatinus. Paradigma del rapporto tra agrimensura e pastorizia, viabilità e assetto idrogeologico del territorio*. Convegno internazionale “Sistemi centuriali e opere di assetto agrario tra età romana e primo medioevo. Aspetti metodologici, ricostruttivi e interpretativi”, Borgoricco (Padova) – Lugo (Ravenna), 10-12 settembre 2009.
- CAPELLI G., PETITTA M. & SALVATI R. (2000) - *Relationships between catastrophic subsidence hazards and groundwater in the Velino Valley (Central Italy)*. Proceedings SISOLS 2000, Ravenna, Italy, September 2000, 123-135.
- CAPEZZUOLI E., GANDIN A. & SANDRELLI F. (2008) *Evidence of associated deposition of travertine and calcareous tufa in the Quaternary carbonates of Valdelsa Basin (Tuscany)*. Ital. J. Quatern. Sci., **21**, 113 - 124.
- CAPEZZUOLI E., GANDIN A. & SANDRELLI F. (2010) - *Calcareous tufa as indicators of climatic variability: a case from the Southern Tuscany (Italy)*. In: *Tufas, Speleothems and Stromatolites: Unravelling the Physical and Microbial Controls* (Eds M. PEDLEY and M. ROGERSON), Geol. Soc. London Spec. Publ., 336, 263-281.
- CARRARA C., BRUNAMONTE F., FERRELLI L., LORENZONI P., MARGHERITI L., MICHETTI A.M., RAGLIONE M., ROSATI M. & SERVA L. (1992) - *I terrazzi della medio-bassa valle del F. Velino*. In: FARABOLLINI P., INVERNIZZI C., PIZZI A., CAVINATO G.P. & MICCADEI E. (eds.): *Evoluzione geomorfologica e tettonica quaternaria dell’Appennino centro-meridionale*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. 1992/1: 39-53, Camerino.
- CARRARA C., ESU D. & FERRELLI L. (1995) - *Lo sbarramento di travertino delle Marmore (Bacino di Rieti, Italia Centrale): aspetti geomorfologici, faunistici ed ambientali*. Il Quaternario, **8**(1), 111-118.
- CARRARA C., FERRELLI L., GUERRIERI L. & SERVA L. (2004) - *The Rieti intermountain basin and S. Francesco d’Assisi*. Field Trip Guidebook D07 - 32nd International Geological Congress Florence APAT.
- CAVINATO G.P. & PAROTTO M. (1992) - *Evoluzione tettonica e paleogeografica della Conca di Rieti (Appennino centrale)*. Mem. Soc. Geol. It., **45**, 608-609.
- CAVINATO G.P., CHIARETTI F., COSENTINO D. & SERVA L. (1989) - *Caratteri geologico-strutturali del margine orientale della Conca di Rieti*. Boll. Soc. Geol. It., **108**, 207-218.
- CIPOLLARI P. & COSENTINO D. (1992) - *La linea Olevano-Antrdoco: contributo del/a biostratigrafia alla sua caratterizzazione cinematica*. In: TOZZI M., CAVINATO G.P. & PAROTTO M. (eds.): *Studi preliminari all’acquisizione dati del profilo CROP 11 Civitavecchia-Vasto*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. 1991/2: 143-149 Camerino.
- CIPOLLARI P. & COSENTINO D. (1995) - *Miocene unconformities in central Apennines: geodynamic significance and sedimentary basin evolution*. Tectonophysics, **252**: 375-389.
- CIPOLLARI P. & COSENTINO D. (1996) - *Miocene tectono-sedimentary events and geodynamic evolution of the central Apennines (Italy)*. Notes et Mém. Servo géol. Maroc, **387**: 163-176.
- COSENTINO D. & PAROTTO M. (1992) - *La struttura a falde della Sabina (Appennino centrale)*. In: TOZZI M., CAVINATO G.P. & PAROTTO M. (eds.) - *Studi preliminari all’acquisizione dati del profilo CROP II Civitavecchia-Vasto*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. 1991/2: 381-387, Camerino.
- COSENTINO D., MICCADEI E., BARBERI R., BASILICI G., CIPOLLARI P., PAROTTO M. & PIACENTINI T. (2008) - *Note illustrative della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000 foglio 357 Cittaducale*. APAT (Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi tecnici). Organo Cartografico dello Stato. Roma Tre, Roma 144 pp.
- FERRELLI L., BRUNAMONTE F., FILIPPI G., MARGHERITI L. & MICHETTI A.M. (1992) - *Riconoscimento di un livello lacustre della prima età del ferro nel bacino di Rieti e possibili implicazioni neotettoniche*. In: FARABOLLINI P., INVERNIZZI C., PIZZI A., CAVINATO G.P. & MICCADEI E. (eds.): *Evoluzione geomorfologica e tettonica quaternaria dell’Appennino centro-meridionale*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. 1992/1: 127-135, Camerino.
- FERRELLI L., PAROTTO M. & SERVA L. (1990) - *Evoluzione del reticolo idrografico nella piana di Rieti negli ultimi 4000 anni*. Mem. Soc. Geol. It. **45**, 901-910.
- FORD T. D. & PEDLEY H.M. (1996) - *A review of tufa and travertine deposits of the world*. Earth Sci. Rev. **41**, 117-175.
- GANDIN A. (2013) - *Classificazione genetica, caratteri petrologici distintivi e valori isotopici correlati di calcari incrostanti depositi da acque scorrenti (Travertini - Calcareous Tufa - Speleotemi)*. Rend. Online Società Geologica Italiana, Vol. **27**. 10-30. Roma.
- GANDIN A. & CAPEZZUOLI E. (2008) *Travertine versus Calcareous tufa: distinctive petrologic features and stable isotope signatures*. Ital. J. Quatern. Sci., **21**, 125-136
- GRAGNANI R. (1972). *Le vulcaniti melilitiche di Cupaello (Rieti)*. Rend. Soc. Min. It., **28**, 165-189.
- GUERRIERI L., BRUNAMONTE F., COMERCI V., FERRELLI L., MICHETTI A.M., POMPILI R. & SERVA L. (2004) - *Geologic map of continental deposits in the Rieti Basin (Central Apennines)*. In: G. PASQUARÈ & C. VENTURINI (Eds.): “Mapping geology in Italy”. APAT-Servizio Geologico d’Italia, 123-130. S.EL.CA, Firenze.
- LAURENZI M., STOPPA F. & VILLA I. (1994). *Eventi ignei monogenici e depositi piroclastici nel distretto ultra-alcalino umbro-laziale*

- (ULUD): *revisione, aggiornamento e comparazione dei dati cronologici*. Abstracts Volume, 77° Italian Geological Society Summer Meeting, *Plinius* **12**: 61-65.
- LEGGIO T. & SERVA L. (1991) - *La bonifica della piana di Rieti dall'età romana al medioevo*. ENEA Notiz. Sicur. Prot. 25- 26, 61-70.
- LORENZETTI R. (1990) - *Lacus Velinus. La bonifica dell'agro reatino dall'antico Lacus Velinus alla riorganizzazione del territorio*. Regione Lazio. Ed. Franco Maria Ricci, Milano.
- LORENZONI P., RAGLIONE M., BRUNAMONTE F., MICHETTI A.M. & PENNACCHIONI M. (1993) - *Stratigrafia dei depositi di versante tardo-quadernari del Bacino di Rieti: la sezione de "La Casetta"*. In: FARABOLLINI P., INVERNIZZI C., PIZZI A., CAVINATO G.P. & MICCADEI E. (eds.): *Evoluzione geomorfologica e tettonica quaternaria dell'Appennino centro-meridionale*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. 1992/1: 145-153, Camerino.
- MADONNA S., NISIO S. & GANDIN A. (2020) - *Le cavità nascoste nei "calcareous tufa" del sottosuolo di Rieti*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. **107** (2020), pp. 357-382.
- MARCHELLO F., BRUNAMONTE F., CARDARELLI E., GUERRIERI L., MARGHERITI L., MICHETTI A.M. & SERVA L. (1997) - *Ricostruzione dell'evoluzione ambientale della soglia del bacino di Rieti attraverso indagini geologiche e geofisiche*. Atti del Convegno F.I.S.T., Geitalia 1997, 1° Forum Italiano di Scienze della Terra, Bellaria 1-9 Ottobre 1997, **2**: 249-250.
- MECCHIA G., MECCHIA M., PIRO M. & BARBATI M. (2003) - *Le Grotte del Lazio - I fenomeni carsici elementi della biodiversità*. Regione Lazio Assessorato Ambiente - Agenzia Regionale per i Parchi ARP. SYSTEMCART SRL. Roma.
- MICHETTI A.M., BRUNAMONTE F., SERVA L. & WHITNEY R.A. (1995) - *Seismic hazard assesment from paleoseismological evidence in the Rieti Region (Central Italy)*. SERVA L. & SLEMMONS D.B. (Editors), Association of Engineering Geologists, "Perspectives in Paleoseismology" Spec. Publ. No. **6**.
- ÖZKUL M., GÖKGÖZ A & HORVATINČIĆ N. (2010) - *Depositional properties and geochemistry of Holocene perched springline tufa deposits and associated spring waters: a case study from the Denizli Province, Western Turkey*. Geological Society, London, Special Publications Volume **336**(1):245-262
- PEDLEY H.M. (1990) - *Classification and environmental models of cool freshwater tufas*. Sedim. Geol., **68**,143-154.
- PEDLEY M., GONZALEZ MARTIN J.A., ORDONEZ DELGADO S. & GARCIA DEL CURA M.A. (2003) - *Sedimentology of Quaternary perched springline and paludal tufas: criteria for recognition, with examples from Guadalupe Province, Spain*. Sedimentology, **23**, 50-44.
- RAFFY J. (1983) - *Le versant tyrrhénien de l'Apennin Central: Étude géomorphologique*. Paris, CNRS, p.705.
- SOLIGO M., TUCCIMEI P., BARBERI R., DELITALA M.C., MICCADEI E. & TADDEUCCI A. (2002) - *U/Th dating of freshwater travertine from Middle Velino Valley (Central Italy): paleoclimatic and geological implications*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology **184**, 147-161.
- STOPPA F. & VILLA L.M. (1991) - *Primi dati cronologici del distretto ultra-alcino umbro-laziale*. Abstracts Volume, Workshop "Evoluzione dei bacini Neogenici e loro rapporti con il magmatismo Plio-Quaternario nell'area Tosco-Laziale", Pisa 12-13 June 1991,54.
- VIRILI M. (2017) - *Leonardo e la Cascata delle Marmore. Il paesaggio della valle di Terni. nel XV secolo*. Memoria storica - rivista del centro studi storici di Terni, nuova serie n. 50/51 anno XXVI edizioni Thyrus.