

PRIMI RISULTATI DI STRATIGRAFIA MAGNETICA SU ALCUNE FORMAZIONI CONTINENTALI DELL'ALTA VALLE DELL'ATERO (ITALIA CENTRALE)

P. Messina ⁽¹⁾, M. Moro ⁽²⁾ & F. Speranza ⁽²⁾

⁽¹⁾ Istituto di Ricerca sulla Tettonica Recente, CNR – Roma

⁽²⁾ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Roma

RIASSUNTO - Lo studio dei depositi continentali nelle zone di catena incontra notevoli difficoltà a causa della impossibilità di avere a disposizione riferimenti cronologici precisi. Al fine di migliorare le conoscenze sulla cronologia relativa dei depositi dell'alta valle dell'Aterno, sono stati campionati per analisi paleomagnetiche alcuni livelli relativi a quattro unità stratigrafiche continentali distinte. I risultati dei campionamenti, eseguiti in cinque siti, mostrano che due unità hanno polarità magnetica normale e due polarità inversa. La sedimentazione delle due unità stratigrafiche a polarità inversa dovrebbe essere avvenuta dunque nel Pleistocene inferiore tra 0,78 e 1,77 Ma. I rapporti stratigrafici e geometrici tra le unità a diversa polarità indicano che una delle due unità a polarità normale può essere attribuita ad un generico Pliocene mentre l'altra, più giovane di 0,78 Ma, è probabilmente di età meso-pleistocenica. Lo studio ha inoltre confermato che una caratteristica formazione di breccie ("breccie di Bisegna" di Bosi e Messina, 1990 e 1991) affiorante estesamente nell'Appennino centro-meridionale è da riferire cronologicamente al Pleistocene inferiore.

ABSTRACT - The Upper Aterno Valley is a wide tectonic depression, NW-SE oriented, consisting of a large plain valley floor and a system of deeply dissected carbonatic slopes. Within the valley floor, alluvial sediments have been deposited, locally terraced, whereas on the slopes breccias and debris deposits crop out.

No chronological data to constrain the age of the studied units are available, because the sediments do not contain materials suitable for biochronological valuation, as also occurs for most of the Central Apennine Pleistocene continental deposits.

To determine the chronology of the upper Aterno valley deposits, we paleomagnetically sampled four continental stratigraphic units (G, H, I and L) at five different sites. In each site we collected 10-15 samples, pushing plastic boxes into the clayey horizons or drilling cores with a portable drill in the calcareous cemented beds.

The two sites from I and H units show a reverse magnetic polarity, whereas the other two (from G and L units) show a normal polarity. Breccias (unit I) sampled at sites AA04 and AA05 show a reverse polarity and are attributed to the early Pleistocene (reverse Chrons C1r and C1r.1r, age between 780 and 1770 kyrs according to Cande and Kent, 1995). These breccias are correlated to the formation named "breccie di Bisegna" by Bosi and Messina (1990), that represents a reference element in the stratigraphic and evolutive setting of the whole Central and Southern Apennines. The fluvial deposits sampled at site AA03 from H unit belong to the same time interval and assume the same stratigraphic position compared to other relevant sedimentary episodes recognized in the Abruzzi intermountain basins.

As the stratigraphic unit L (site AA02) is more ancient than unit H and is characterized by normal polarity, we assume that unit L is older than 1770 kyrs and refer it to a generic Pliocene. Regarding unit G (site AA01), more recent than unit H, and characterized by normal polarity, we suppose that it has been deposited during the Brunhes normal Chron, and therefore that it is younger than 780 kyrs.

Information, coming from paleomagnetic data integrated with stratigraphic, morphological and tectonic features, could be used to define a more complete geological and tectonic Quaternary evolution of the upper Aterno valley.

1. INTRODUZIONE

Le successioni continentali che affiorano nell'alta valle del fiume Aterno, come del resto nella maggior parte della catena appenninica, sono costituite da sedimenti fluviali e lacustri (prevalentemente ghiaiosi o sabbioso-ghiaiosi), concentrati principalmente nelle conche intermontane, e da modeste estensioni di breccie che coprono localmente i versanti. Queste successioni sono caratterizzate dalla estrema scarsità di riferimenti cronologici, derivante sia dalla mancanza di reperti paleontologici significativi, sia dalle litologie che mal si prestano a datazioni radiometriche o geochemiche. Di regola le uniche datazioni possibili sono quelle fornite dal metodo del ^{14}C che ha notoriamente l'inconveniente di coprire soltanto gli ultimi 40.000 anni.

Da queste circostanze emerge la necessità di tentare di ricavare indicazioni cronologiche con altri metodi, quali il paleomagnetismo, anche se in condizioni non ottimali soprattutto in relazione allo spessore delle unità per le quali sia accertata la continuità di sedimentazione.

In questa prospettiva sono state eseguite alcune determinazioni paleomagnetiche su diverse sezioni affioranti, delle quali era nota la posizione nella stratigrafia locale, accertata nell'ambito di uno studio (Bosi *et al.*, 2000; Moro *et al.*, 2001) finalizzato alla realizzazione di una carta geologica prototipale. Questo studio, integrando i dati litostratigrafici con quelli morfosequenziali, ha permesso di ricostruire una successione piuttosto dettagliata delle unità stratigrafiche e dei loro rapporti. I riferimenti cronologici dispo-

nibili si limitano a quelli ottenuti su alcune coltri detritiche con il metodo del ^{14}C ed a quelli stimati sulla base di correlazioni con altre successioni stratigrafiche riconosciute in aree circostanti.

2. QUADRO GEOLOGICO DELLE AREE DI CAMPIONAMENTO

Le sezioni campionate ricadono nella parte settentrionale della valle dell'Aterno nel tratto in cui si apre un'ampia depressione, orientata in direzione NW-SE, che tende verso Sud a congiungersi, attraverso la stretta di S. Vittorino, con la conca aquilana.

L'assetto geologico-strutturale relativo alla tettonica quaternaria evidenzia la presenza di un sistema en-echelon destro costituito dalle faglie del M. Marine e del M. Pettino (Galadini e Galli, 2000), la prima ad andamento NW-SE e la seconda ad andamento NW-SE ed E-W. Tali faglie, ritenute attive anche in tempi recenti (Basili *et al.*, 1997; Basili *et al.*, 1999.; Bosi, 1975; Blumetti, 1995; Blumetti *et al.*, 1996), presentano evidenze di movimento diretto ed obliquo sinistro ed interessano anche depositi del Pleistocene superiore.

In quest'area la successione stratigrafica è formata da numerose unità costituite da sedimenti fluviali, lacustri e da depositi di versante che poggiano su rocce carbonatiche della successione meso-cenozoica laziale-abruzzese e su depositi terrigeni miocenici. La successione, schematizzata nella figura 1, è costituita da nove unità stratigrafiche, incassate l'una nelle altre e separate tra loro da importanti superfici di erosione (Bosi *et al.*, 2000; Moro *et al.*, 2001).

Lo studio paleomagnetico è stato condotto su cinque siti distinti la cui ubicazione è indicata negli schemi geologici di figura 2.

Il primo sito (AA01) interessa l'unità stratigrafica G (figg. 1 e 2) costituita da depositi limoso-argillosi e sabbiosi ben stratificati. Essa rappresenta l'unità stratigrafica più recente tra quelle campionate in quanto poggia, attraverso una netta superficie di erosione, sia sull'unità H che sull'unità L. Il campionamento (12 campioni) ha interessato circa un metro di spessore dell'unità, con intervalli di 5-10 cm.

Il secondo sito (AA02) riguarda l'unità stratigrafica L che è la più antica affiorante nella zona studiata; essa è costituita da alternanze di livelli ghiaiosi con ciottoli arenacei e calcarei molto elaborati, livelli sabbioso-limosi di pochi decimetri di spessore e conglomerati ad elementi carbonatici poco elaborati. Gli strati si presentano deformati e generalmente basculati verso nord o nordest a causa dei movimenti della faglia bordiera del Monte Marine. Il campionamento (12 campioni) ha interessato circa un metro di spessore dell'unità, con intervalli di circa 5-10 cm.

Il terzo sito (AA03) interessa l'unità stratigrafica H costituita da sedimenti prevalentemente ghiaiosi di ambiente fluviale, con clasti poco arrotondati e ciottoli immersi in una matrice sabbiosa fine. Agli orizzonti ghiaiosi sono intercalati livelli di sabbie fini e limi; sono anche presenti livelli ossidati probabilmente legati a variazioni del livello di falda. Questa unità poggia in discordanza angolare sull'unità L ed è coperta dall'unità G per mezzo una importante superficie di erosione. Nella zona di Cona della Croce questa forma-

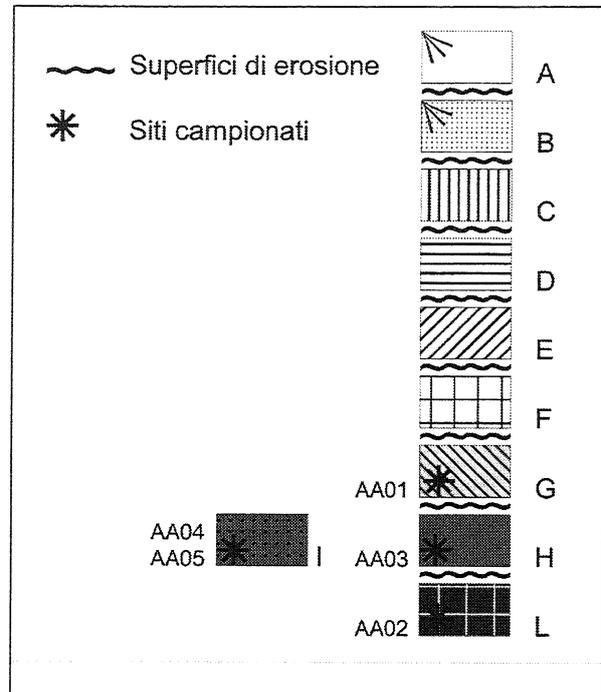


Figura 1. Unità stratigrafiche dell'alta valle dell'Aterno. A-L Unità stratigrafiche tratte da Bosi *et al.*, 2000 e da Moro *et al.*, 2001 modificate.

Figure 1. Stratigraphic units of the upper Aterno valley. A-L stratigraphic units from Bosi *et al.*, 2000 and Moro *et al.*, 2001 modified.

zione è inoltre coperta da una unità più recente, non cartografabile a causa dell'esigua estensione e dei piccoli spessori che la caratterizzano. Il campionamento (15 campioni) ha interessato gli orizzonti limoso-argillosi intercalati a livelli di ghiaie per uno spessore complessivo di circa dieci metri.

I campionamenti nei siti AA04 e AA05 hanno interessato una formazione di breccie estesamente affiorante nelle vicinanze del paese di S. Marco (I nelle figg. 1 e 2), ben stratificate costituite da clasti calcarei a spigoli vivi immersi in una matrice calcarea spesso di colore rosa. Sulla base di caratteristiche litologiche, sedimentologiche e giaciture questa formazione era stata tentativamente correlata con le "breccie mortadella" di Demangeot (1965), con le "breccie di Bisegna" di Bosi e Messina (1990 e 1991) e con le "breccie di Fonte Vedice" (Bertini e Bosi, 1993) riferibili al Pleistocene inferiore, anche sulla base dei dati paleomagnetici riportati in D'Agostino *et al.* (1997). Il campionamento (11 campioni per ogni sito) ha interessato circa due metri di spessore dell'unità, con intervalli di circa 20 cm.

3. ANALISI PALEOMAGNETICA

In ognuno dei cinque siti sono stati prelevati 11-15 campioni in livelli stratigrafici distinti, così da poter rilevare un'eventuale inversione di polarità magnetica. I siti AA01, AA02, AA03 sono stati campionati infiggendo nei livelli argillosi scatoline in plexiglas di 2 cm

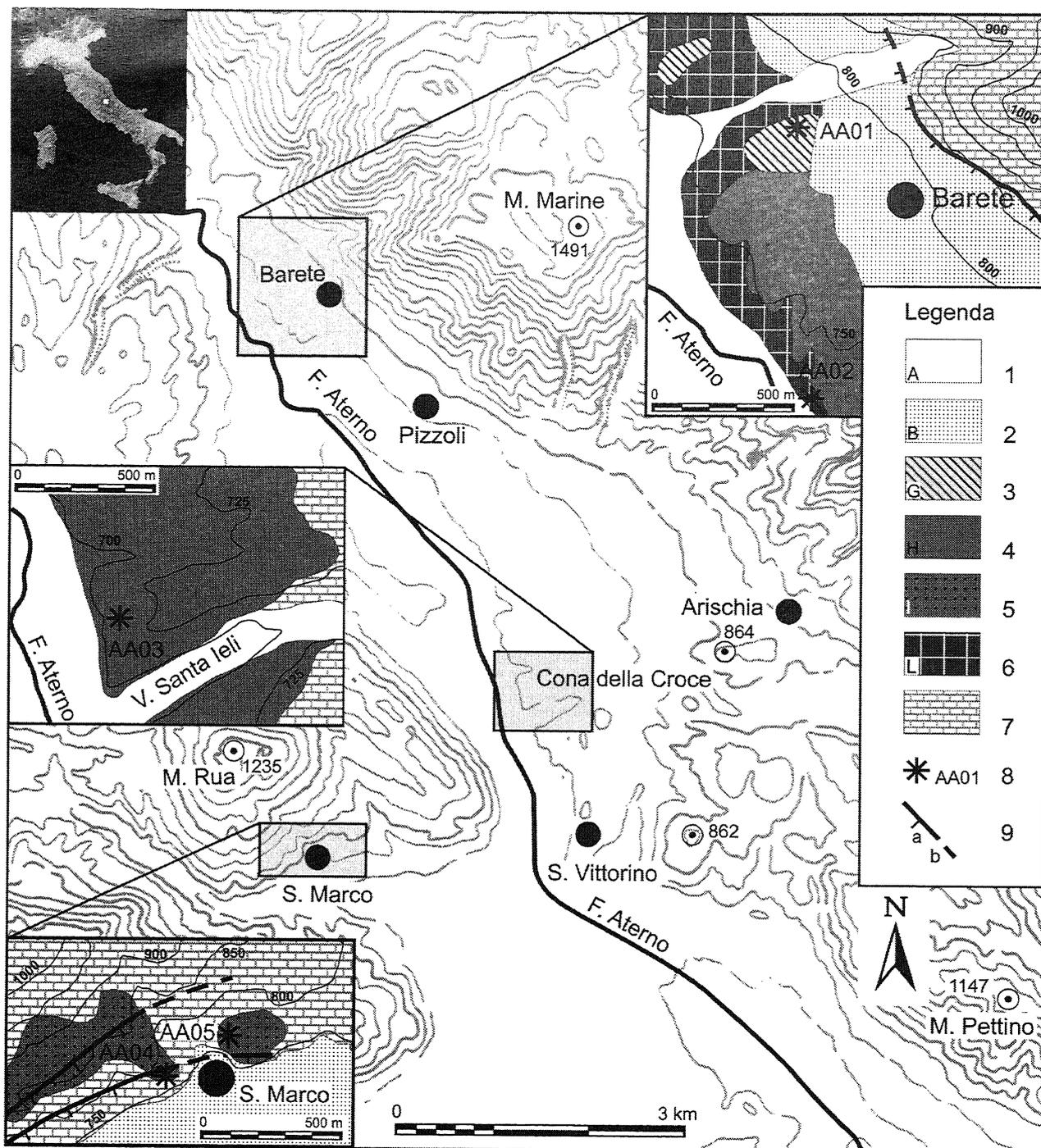


Figura 2. Localizzazione ed inquadramento geologico dei siti campionati. 1, sedimenti fluviali sabbioso-ghiaiosi; 2, depositi di versante e coltri colluviali; 3, sedimenti fluviali limoso-sabbiosi; 4, sedimenti fluviali prevalentemente ghiaiosi; 5, breccie calcaree di versante; 6, sedimenti fluviali ghiaioso-sabbioso-limosi; 7, successione carbonatica; 8, siti campionati; 9, faglia diretta (a) e suo probabile prolungamento (b); i trattini indicano la parte ribassata. Le lettere nelle caselle fanno riferimento alle unità stratigrafiche della figura 1.

Figure 2. Geological framework and localization of the sampled sites. 1, sandy-gravel fluvial sediments; 2, colluvial and slope deposits; 3, silty-sandy fluvial sediments; 4, gravel fluvial sediments; 5, slope calcareous breccias; 6, gravel-sand-silty fluvial sediments; 7, carbonatic succession; 8, sampled sites; 9, normal fault (a) and its probable extension (b); hatching on downthrown side. Stratigraphic units in figure 1 are represented by letters inside the frames.

di lato, orientate tramite una bussola. I siti AA04 ed AA05, costituiti da breccie calcaree cementate, sono stati campionati realizzando cilindri (o "carote") di roccia tramite un perforatore a punta diamantata raffreddato ad acqua, e successivamente orientando cia-

scuna carota in situ.

I campioni prelevati dai siti AA04-AA05 sono stati tagliati in laboratorio in cilindri standard di 2,5x2,2 cm. La magnetizzazione di tutti i campioni è stata in seguito misurata con un magnetometro criogenico 2G

nella stanza schermata del laboratorio di paleomagnetismo della sede di Roma dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. E' stata ovunque effettuata una smagnetizzazione per campo magnetico alternato tramite tre bobine disposte in serie con il magnetometro. Per ogni campione sono state effettuate 10-15 tappe di smagnetizzazione, con tappe di 5 mT fino a

20 mT, ed in seguito di 10 mT fino a 100 mT, massimo valore di campo usato per la smagnetizzazione.

Tutti i campioni sono risultati quasi completamente smagnetizzati a 80-100 mT (Figura 3), mostrando che la magnetizzazione rimanente è portata da un minerale a bassa coercitività, probabilmente magnetite. Dopo l'eliminazione di una magnetizza-

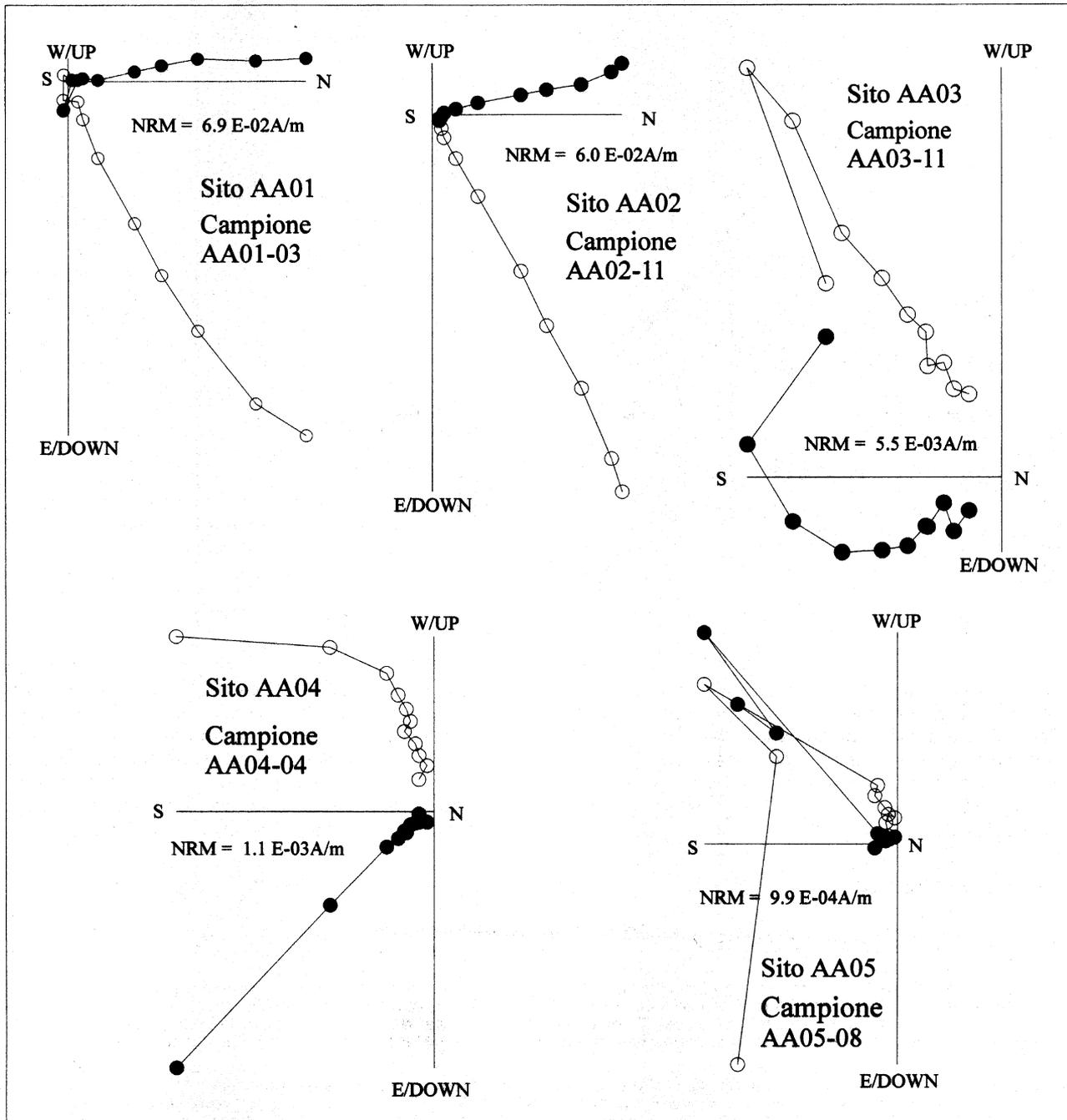


Figura 3. Diagrammi vettoriali tipici di dati ottenuti tramite smagnetizzazione per campo magnetico alternato, rappresentati in coordinate geografiche. Ogni diagramma proviene da un sito differente. I cerchi pieni rappresentano una proiezione su di un piano orizzontale, i cerchi vuoti su di un piano verticale. NRM, magnetizzazione rimanente naturale.

Figure 3. Vector diagrams of typical alternating magnetic field demagnetization data, geographic coordinates. Each diagram is relative of a sample coming from a different site. Open and solid symbols represent projections on the vertical and horizontal planes, respectively. NRM, natural remanent magnetization.

Direzioni medie dopo la correzione secondo la giacitura (eccetto AA04 e AA05)

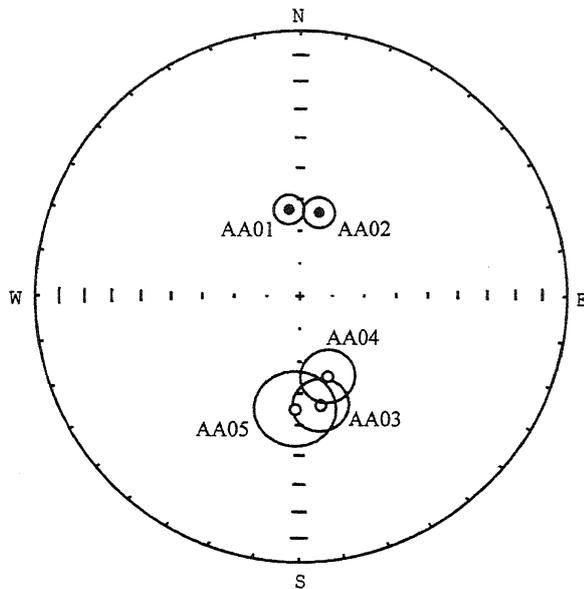


Figura 4. Proiezione equiareale delle direzioni paleomagnetiche medie. I cerchi pieni rappresentano una proiezione sull'emisfero inferiore, i cerchi vuoti sull'emisfero superiore. Le ellissi attorno ai cerchi rappresentano la proiezione del cono di confidenza (α_{95}) attorno alle direzioni paleomagnetiche medie.

Figure 4. Equal-area projection of the site-mean paleomagnetic directions. Open (solid) symbols represent projection onto upper (lower) hemisphere. Open ellipses are the projections of the α_{95} cones about the mean directions.

zione viscosa a circa 20 mT, in tutti i siti è stata osservata una magnetizzazione caratteristica ben definita (Figura 3). Le direzioni paleomagnetiche medie dei siti sono mostrate in Figura 4 e listate nel dettaglio nella Tavola 1. Tali direzioni medie sono ovunque ben definite, con un cono di confidenza (α_{95}) sempre $\leq 12^\circ$ ed in due siti $< 5^\circ$.

I risultati ottenuti con queste determinazioni (fig.3 e 4) possono essere sintetizzati nel modo seguente:

- gli orizzonti campionati nei siti AA01 ed AA02 hanno rivelato una polarità magnetica normale;
- gli orizzonti campionati nei siti AA03, AA04, AA05 hanno rivelato una polarità inversa;
- le inclinazioni magnetiche dei siti AA04 ed AA05, campionati in brecce di pendio notevolmente clinostatificate, sono vicine a quella attesa (circa 60°) prima della correzione stratigrafica, mostrando che la clinostatificazione delle brecce è originaria.

CONCLUSIONI

L'utilizzo delle informazioni provenienti dall'analisi paleomagnetica effettuata, come d'altronde avviene per la maggior parte dei metodi di datazione, da sola non può ritenersi sufficiente per una sicura e precisa attribuzione cronologica delle unità campionate. Tuttavia, tenendo conto delle analogie tra la successione continentale di questa area dell'Abruzzo con quelle studiate nelle altre conche intermontane dell'Appennino centrale, riteniamo che questo lavoro possa fornire ulteriori informazioni riguardanti la cronologia degli eventi sedimentari succedutisi nell'area. In particolare viene confermata l'attribuzione al Pleistocene inferiore (Croni inversi C1r e C1r.1r, età tra 0,780 and 1,770 Ma secondo Cande e Kent, 1995) delle brecce (unità I) campionate ai siti AA04 e AA05. Questa attribuzione conferma la correlazione con quella caratteristica formazione denominata "brecce di Bisegna" da Bosi e Messina (1990) che costituisce un importante elemento di riferimento nel panorama stratigrafico ed evolutivo di tutto l'Appennino centro-meridionale. Nello stesso intervallo di tempo è da collocare anche l'unità H (sito AA03), che viene ad assumere la stessa posizione stratigrafica di altri importanti episodi sedimentari riconosciuti nei bacini intermontani abruzzesi come ad esempio la formazione di Cupoli nella conca del Fucino (Bosi *et al.*, 1995) e la formazione di Pescasseroli (Galadini e Messina, 1993) nel bacino omonimo.

Poiché l'unità stratigrafica L è più antica dell'unità H ed è caratterizzata da polarità normale, si può ipotizzare che essa sia più antica di 1,770 Ma (l'età dei

Tavola 1. Direzioni paleomagnetiche medie ottenute dai sedimenti dell'alta valle dell'Aterno

Sito	n	D (°)	I (°)	α_{95} (°)
AA01	12	352,6	63,1	4,6
AA02	14	12,8	63,6	4,8
AA03	12	168,9	-55,7	8,4
AA04	9	160,4	-63,9	8,3
AA05	6	182,1	-55,0	12,0

N = numero di campioni usati per calcolare la direzione media, D = declinazione magnetica, I = inclinazione magnetica (entrambe prima della correzione stratigrafica), α_{95} = cono di confidenza attorno alla direzione media.

limiti dei croni è riferita a Cande e Kent, 1995) e che sia quindi riferibile ad un generico Pliocene, in analogia con altre situazioni descritte nel bacino del Fucino e nella valle del Salto (Bertini e Bosi, 1976; Bertini *et al.*, 1986, Bosi *et al.*, 1995).

Per quanto riguarda l'unità G, più recente dell'unità H e caratterizzata da polarità normale, si può ipotizzare che si sia deposta durante il Crono normale Brunhes e sia quindi più giovane di 0,780 Ma.

La possibilità di avere un quadro cronologico più preciso e confrontabile con altri bacini permetterà, una volta acquisite tutte le conoscenze relative alle caratteristiche stratigrafiche, morfologiche e tettoniche, di definire in modo dettagliato il quadro relativo all'evoluzione geologica e tettonica dell'area dell'alto Aterno per quanto riguarda l'intervallo relativo al Quaternario.

BIBLIOGRAFIA

- Basili R., Bosi C. & Messina P. (1997). La tettonica Quaternaria dell'alta valle del F. Aterno (Appennino Centrale) desunta dall'analisi di successioni di superfici relitte. *Il Quaternario*, 10 (2), 621-624.
- Basili R., Bosi C. & Messina P. (1999). Paleo-landsurfaces and Tectonics in the Upper Aterno Valley (Central Apennines). *Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd.* 118, 17-25
- Bertini T. e Bosi C. (1976). Sedimenti continentali probabilmente pliocenici nella valle del Salto e nella conca del Fucino (Rieti-L'Aquila). *Boll. Soc. Geol. It.*, 95, (4), 767-801.
- Bertini T. e Bosi C. (1993). La tettonica quaternaria della conca di fossa (L'Aquila). *Il Quaternario*, 6(2), 293-314.
- Bertini T., Bosi C., Messina P. e Sposato A. (1986). Elementi di tettonica compressiva pliocenica nella zona di Borgo S. Pietro (Rieti). *Mem. Soc. Geol. It.*, 35, 547-553.
- Blumetti, A. M. (1995). Neotectonic Investigations and Evidence of Paleoseismicity in the Epicentral Area of the January-February 1703, Central Italy, Earthquakes. In: Serva, L. & Slemmons, D. B. (Eds.), A.E.G. Special Publication no. 6, Perspective in Paleoseismology, 83-100.
- Blumetti, A. M., Cavinato, G. P. & Tallini M. (1996). Evoluzione plio-quaternaria della Conca di l'Aquila-Scoppito: studio preliminare. *Il Quaternario*, 9 (1), 281-286
- Bosi C. (1975). Osservazioni preliminari su faglie probabilmente attive nell'Appennino centrale. *Boll. Soc. Geol. It.*, 94, 827-859.
- Bosi C. & Messina P. (1990). Elementi di stratigrafia neogenico-quaternaria tra il Fucino e la valle del Giovenco (L'Aquila). *Mem. Descr. Carta Geol. It.*, 38, 85-96.
- Bosi C. & Messina P. (1991). Ipotesi di correlazione fra successioni morfo-litostatigrafiche plio-pleistoceniche nell'Appennino laziale-abruzzese. *Studi Geologici Camerti, vol. speciale (1991/2), CROP* 11, 257-263.
- Bosi C., Galadini F. & Messina P. (1995). Stratigrafia plio-pleistocenica della conca del Fucino. *Il Quaternario*, 8(1), 83-94.
- Bosi C., Messina P. & Moro M. (2000). Carta geologica prototipale del Quaternario dell'alta Valle dell'Aterno (Aq). Incontro di Studio "Progetto Carte Prototipale". Bologna 27-28 Gennaio 2000, 20.
- Cande S. C. & Kent D. V. (1995). Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *J. Geophys. Res.* 100, 6093-6095.
- Demangeot J. (1965). *Géomorphologie des Abruzzes Adriatiques*. Centre Recherche et Documentation Cartographiques Memoires et Documents, Numero hors serie, 1-403, Paris.
- D'Agostino N., Speranza F. & Funicello R. (1997). Le Breccie Mortadella dell'Appennino Centrale: primi risultati di stratigrafia magnetica. *Il Quaternario*, 10 (2), 385-388.
- Galadini F. & Galli P. (2000). Active tectonics in the central Apennines (Italy) – input data for seismic hazard assessment. *Natural Hazard*, 22, 225-270.
- Galadini F. & Messina P. (1993). Stratigrafia dei depositi continentali, tettonica ed evoluzione geologica quaternaria dell'alta valle del Sangro (Abruzzo meridionale). *Boll. Soc. Geol. It.*, 112, 877-892.
- Moro M., Bosi C. and Messina P. (2001). A prototipe geological map of the quaternary of the upper Aterno valley (Central Italy). The Stephan Mueller Topical Conference of the European Geophysical Society, Quantitative Neotectonics And Seismic Hazard Assessment: New Integrated Approaches For Environmental Management, Balatonfüred (Ungheria), 22-26 Settembre 2001. Sessione Poster, 42.

Ms. ricevuto il 30 luglio 2001

Testo definitivo ricevuto il 16 ottobre 2001

Ms. received: July 30, 2001

Final text received: October 16, 2001