

ANALISI DI SITI ARCHEOLOGICI INQUADRATI NEL LORO CONTESTO TERRITORIALE: GLI INSEDIAMENTI PROTOSTORICI DEL BACINO DEL FIUME FIORA

Lo studio dei rapporti tra comunità e territorio circostante rappresenta un punto chiave nell'interpretazione delle scelte insediamentali; quindi, al fine di ottenere informazioni fondamentali sulle organizzazioni economica e sociale delle antiche popolazioni è necessario ricostruire il paesaggio, considerato come il risultato delle relazioni tra uomo ed ambiente. A questo scopo si segue un approccio multidisciplinare in cui alle informazioni provenienti dalle scienze umanistiche vengono affiancate quelle ricavate dalla geografia, geologia, geomorfologia, fisica, paleobotanica e non ultimo dal telerilevamento. I dati così raccolti possono essere analizzati in una forma integrata che permetta un'interpretazione più completa dei risultati ottenuti.

L'area presa in esame in questo lavoro corrisponde al bacino idrografico del fiume Fiora situato al confine tra il Lazio e la Toscana (PARMEGIANI, POSCOLIERI 1993). I "siti" considerati sono gli abitati pre-protostorici (dal Neolitico al Bronzo Finale) schedati nell'ambito del Progetto di ricerca diretto da Nuccia Negroni dell'Istituto di Archeologia dell'Università di Milano.

Dal punto di vista informatico lo scopo finale è quello di verificare le tecniche di analisi territoriale che vengono di norma applicate nelle indagini che studiano le relazioni tra uomo ed ambiente. In questa ottica si sono effettuate elaborazioni di dati, per lo più in forma "raster", da cui si sono ricavati tematismi sussidiari che, insieme a quelli originali, hanno permesso di creare, per tutti i siti, una tabella di parametri strettamente legati alla lettura del territorio; queste informazioni sono state aggiunte a quelle archeologiche.

Si sono utilizzati dati raster di tipo spettrale e morfologico e altri, di tipo vettoriale o puntuale, che descrivono gli assetti idrologico, idrogeologico e strutturale della zona.

I dati di base sono stati i seguenti: una sottoscena Landsat 4 Thematic Mapper (6 bande spettrali) ripresa il 22 gennaio 1983; i valori dell'Archivio della Quote Medie (CAROZZO *et al.* 1985), distribuito dal Servizio Geologico d'Italia, compresi tra le latitudini N 42° 25' e 42° 41' e le longitudini E 11° 33' e 11° 55'; le strutture idrologiche e idrogeologiche digitalizzate dalla Carta idrogeologica a scala 1:250.000 (BONI *et al.* 1988), redatta dalla Regione Lazio, e dalla Carta idrografica d'Italia a scala 1:250.000, pubblicata dal Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio nel 1904.

Dai valori dell'Archivio delle Quote Medie è stato ricavato, seguendo il grigliato geografico dei fogli dell'Istituto Geografico Militare, un Modello Digitale del Terreno (d'ora in poi indicato come DEM) che è stato a sua volta riportato in proiezione UTM con risoluzione del singolo pixel di 100 m. Dal

DEM si sono ottenute, tramite procedure Fortran appositamente sviluppate, cinque carte tematiche digitali (ONORATI *et al.* 1992): assetto altimetrico a livelli di grigio, acclività, esposizione, carta di deflusso delle acque meteoriche (valli) (Fig. 1) e codifica numerica dell'assetto morfologico. Queste carte sono il risultato dell'analisi di matrici estese 300x300 m (3x3 pixels) e su di esse sono stati georeferenziati i siti archeologici, secondo le rispettive coordinate geografiche. Si sono così ottenuti i seguenti parametri morfometrici: quota, acclività, esposizione, codice morfometrico, energia del rilievo (MARK 1975) e densità areale di drenaggio (FAIRFIELD, LAYMAIRE 1991). I primi quattro sono stati estratti dalle carte tematiche derivate dal DEM, gli ultimi due sono stati calcolati direttamente dal DEM per aree estese 1 kmq. intorno alla collocazione dei siti, ma non sono stati usati nel corso dall'analisi statistica qui presentata.

La sottoscena Landsat Thematic Mapper (TM), utilizzata per ricavare i parametri spettrali, è stata trasformata in proiezione UTM, con risoluzione finale del pixel di 20 m (ONORATI *et al.* 1987) (Tav. III, a). Le sei bande spettrali sono state poi elaborate in forma di combinazione lineare, ricavando le cosiddette "Tasseled Caps Features" (CRIST, CICONE 1984; CRIST *et al.* 1986):

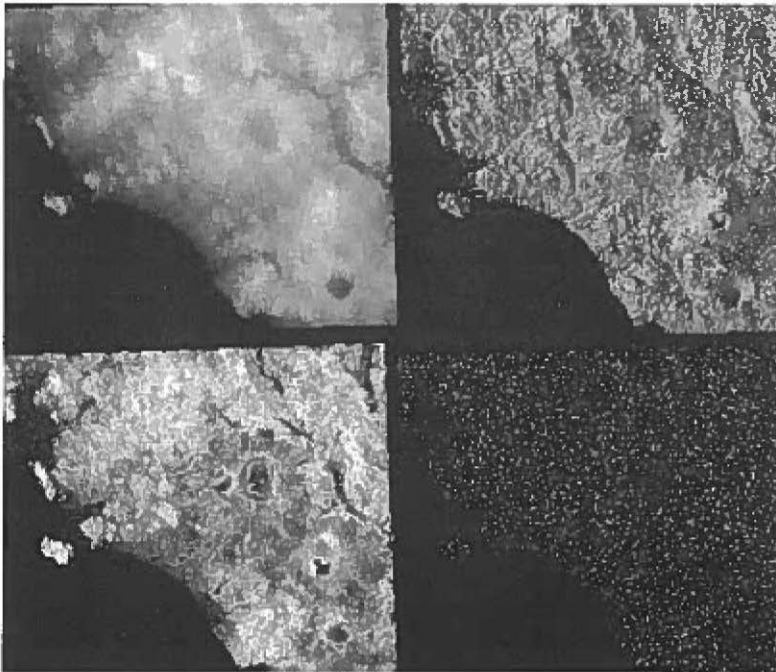


Fig. 1 – Quattro carte tematiche digitali ricavate dalla elaborazione del DEM: a = altimetria a livelli di grigio, b) esposizione, c) acclività, d) carta di deflusso delle acque meteoriche.

Brightness, Greenness e Wetness (rispettivamente luminosità, intensità di verde e umidità) (Fig. 2), che rappresentano parametri descrittivi delle proprietà fisiche del terreno. Dalle stesse bande TM sono stati calcolati i rapporti di differenze normalizzate delle bande 4-3 (NDVI = indice normalizzato di vegetazione, TUCKER 1979), 4-7 (HUGH-JONES *et al.* 1992) e 5-7 (MUSICK, PELLETIER 1986): questi ultimi due parametri sono stati utilizzati come indicatori di umidità.

I parametri spettrali descritti sono stati assegnati ai siti archeologici calcolando media e deviazione standard per finestre di 5x5 pixels, centrate sulla collocazione di ogni sito. Tale procedura ha uniformato le dimensioni areali di riferimento dei parametri spettrali a quelle dei parametri morfometrici, ottenendo anche in questo caso valori di 100x100 m.

L'ultimo aspetto esaminato è stato il rapporto tra siti e risorse idrologiche: si sono digitalizzate le due carte idrologiche già menzionate, ricavando dati vettoriali rappresentati da: aste fluviali, limite del bacino del fiume Fiora, sorgenti lineari e puntuali, coste di laghi e mari (Fig. 3), limiti delle unità idrogeologiche, isopieze, ed alcune strutture tettoniche (completate con lineazioni ricavate dall'analisi del DEM, FREDA *et al.* 1990).

I dati relativi a laghi, sorgenti e fiumi sono stati esaminati in rapporto alla distribuzione degli abitati del Bronzo nel bacino del Fiora. Per l'analisi successiva si sono utilizzate, come parametri, la distanza euclidea minima tra sito e struttura idrologica, quale principale variabile discriminante in relazione all'approvvigionamento idrico, e quella tra sito e corso d'acqua maggiore considerato come via di comunicazione (PARMEGIANI, POSCOLIERI 1994).

Un altro parametro è stato estratto dalle isopieze, linee di uguale altezza della falda acquifera rispetto al livello del mare: si è calcolata la profondità della falda stessa in corrispondenza del sito, tenendo anche conto della quota di quest'ultimo. Un'ulteriore informazione di tipo idrologico è stata ricavata dalle unità idrogeologiche, terreni caratterizzati da litologia e permeabilità omogenee, si è ottenuta così la descrizione dello stato di permeabilità e del tipo di terreno su cui il sito è collocato, mentre i lineamenti strutturali sono stati presi in esame perché ritenuti vie preferenziali di infiltrazione delle acque meteoriche.

Tutti questi parametri hanno dato luogo ad una tabella di valori relativi agli abitati pre-protostorici; si è così creata una base dati territoriale da interpretare in funzione del rapporto tra assetto paleoambientale del bacino del Fiora, durante le varie fasi dell'età del Bronzo, e le scelte insediamentali delle popolazioni ivi stanziate.

L'insieme dei dati è stato analizzato statisticamente, in forma univariata e multivariata: tramite la prima elaborazione si sono identificati i rapporti di correlazione tra tutti i parametri, con la seconda si è effettuata, sulla base del metodo gerarchico di cluster analisi "average linkage-weighted pair group" (SOKAL, SNEATH 1963), una classificazione degli abitati per gruppi omogenei considerando separatamente i parametri spettrali, morfometrici e morfo-idrologici.

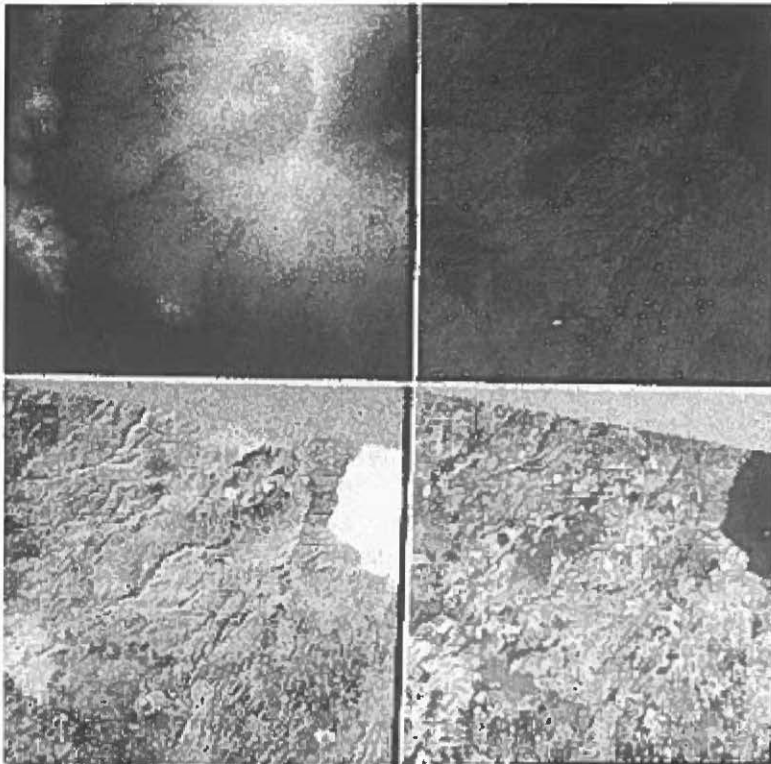


Fig. 2 – DEM (a) e immagini delle 3 Tasseled Cap Features derivate dai dati TM: b) Brightness, c) Wetness, d) Grenness.

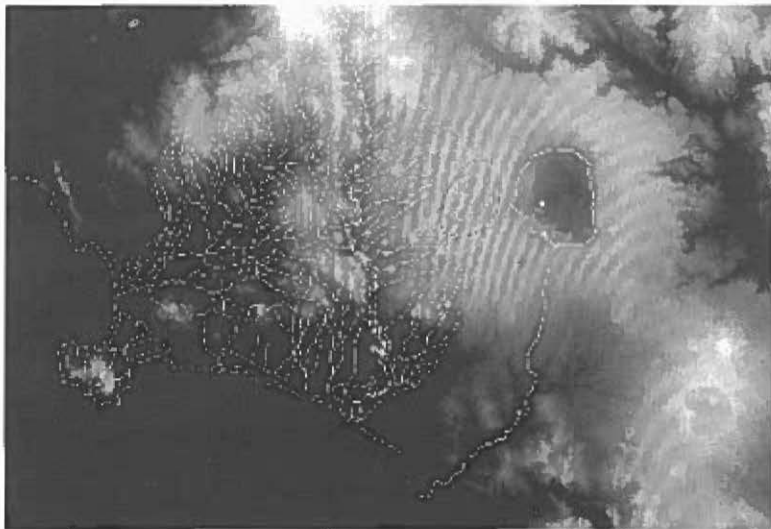


Fig. 3 – DEM con sovrapposti gli abitati e le strutture idrologiche digitalizzate dalla Carta idrografica del 1904.

I risultati dell'elaborazione statistica multivariata dei parametri spettrali sono stati interpretati in funzione dei valori delle Tasseled Cap Features (luminosità, intensità di verde e umidità), considerati parametri indipendenti dal contesto specifico della scena. L'analisi ha riguardato 46 abitati (Fig. 4), esclusi quelli dell'area di Vulci perché fuori dalla sottoscena Landsat. Due siti si sono separati nettamente, mentre gli altri si sono suddivisi in due grandi gruppi: il primo è caratterizzato da terreni con riflettività medio-alta, percentuale di vegetazione medio-bassa e umidità variabile, il secondo invece presenta delle caratteristiche più definite, suoli per lo più scuri (a bassa riflettività e vegetazione scarsa) e molto umidi. Questo secondo sottocluster è omogeneo anche dal punto di vista archeologico: comprende il 32% degli abitati del Bronzo Finale.

I due abitati al di fuori delle due grandi classi sono caratterizzati, Poggio Olivastro (n. 137) da valori di intensità di verde e di umidità molto bassi, ed elevata riflettività (si tratta di un abitato disturbato da una cava moderna), Poggi del Mulino (n. 230A) da una percentuale altissima di vegetazione, alta riflettività e valori medio-alti di umidità. Esaminando la distribuzione dei siti in un grafico tridimensionale che riporta i valori delle tre Tasseled Cap Features, si nota che le quattro classi esaminate si dispongono in maniera nettamente distinta, in particolare nei valori della Brightness (Fig. 5).

Prima di analizzare i risultati della classificazione morfometrica, per una migliore definizione delle caratteristiche geo-morfologiche dell'area su cui è situato l'abitato, si è messa a punto una procedura che esamina, a partire dal DEM, l'assetto altimetrico circostante, per una superficie utile di 300x300 m. Si è ottenuta così una codifica "morfometrica digitale" che ha permesso una immediata lettura del paesaggio, fornendo una semplice classificazione morfologica del terreno attorno al sito (picco, vallecola, cresta, circo, terrazzi, ecc.; LEE 1994).

Lo schema della procedura è il seguente: dal punto centrale (corrispondente alla collocazione del sito) si considerano gli otto punti circostanti, lungo le direttrici della rosa dei venti. A partire dall'angolo NO, in senso orario, si definisce un codice "numerico" corrispondente alle otto direzioni citate, dove l'1, indica differenze positive o nulle di quota tra il punto centrale e quello circostante, e lo "0" le differenze negative. La codifica binaria a otto bit di questo codice ha permesso di creare una carta tematica (Tav. III, b) sulla quale sono stati collocati i siti secondo i risultati della classificazione dei parametri morfo-idrologici e morfometrici.

Questi ultimi (Fig. 6) mostrano come la quota sia la variabile discriminante nell'applicazione della cluster analisi agli abitati protostorici che si distribuiscono in due gruppi principali. Il primo comprende soltanto siti con quote al di sopra di 400 metri, mentre il secondo, che appare più articolato, è costituito da due gruppi suddivisi a loro volta in due sottogruppi, uno comprendente abitati situati per lo più tra le quote tra 50 e 200 metri, l'altro

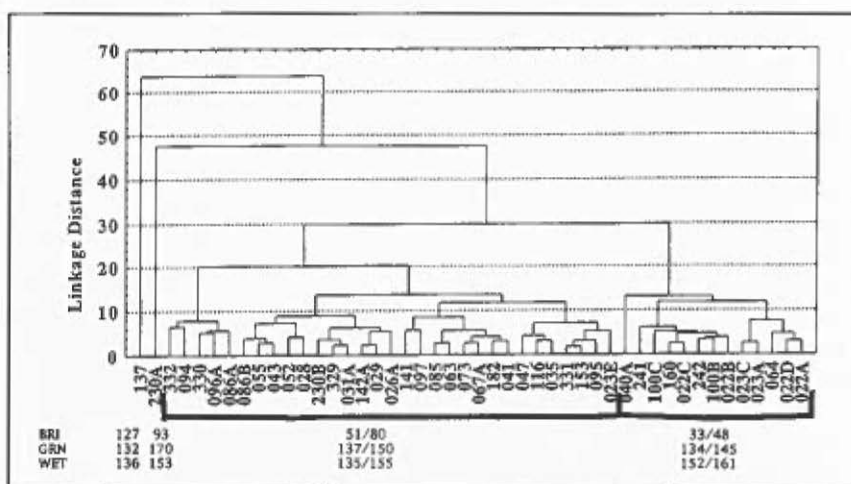


Fig. 4 - Dendrogramma che mostra la suddivisione in gruppi risultante dall'applicazione della cluster analisi alle 6 bande spettrali TM.

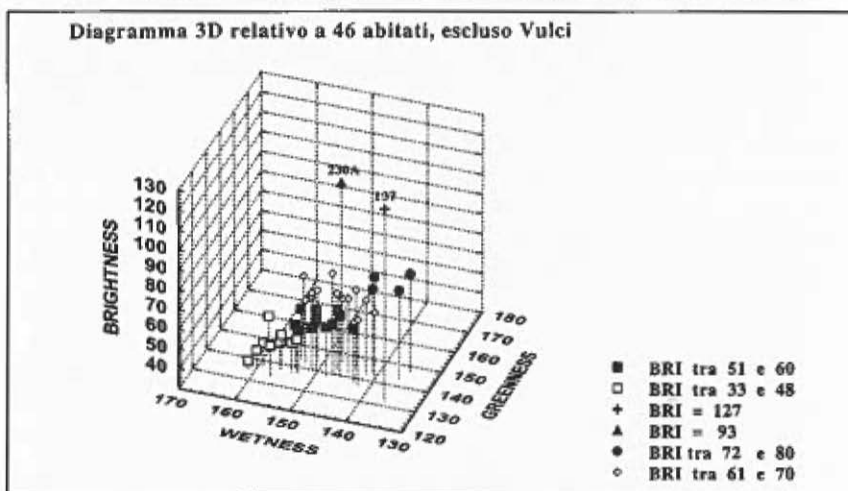


Fig. 5 - Diagramma tridimensionale che riporta, sui tre assi, i valori delle 3 Tasseled Cap Features.

abitati posti a quote tra 200 e 400 metri. Il diagramma tridimensionale (Fig. 7) evidenzia come la quota discrimini i diversi clusters; si notino i siti tra quota 57 e 204 metri con valori piuttosto bassi di acclività (quadrato bianco nel grafico).

Un aspetto più interessante (Fig. 8) è fornito dall'esame della cronologia degli abitati di alcune sottoclassi, che mostrano tre interessanti raggruppamenti del Bronzo Finale che sono posizionati a quote tra 57/176 m e 231/

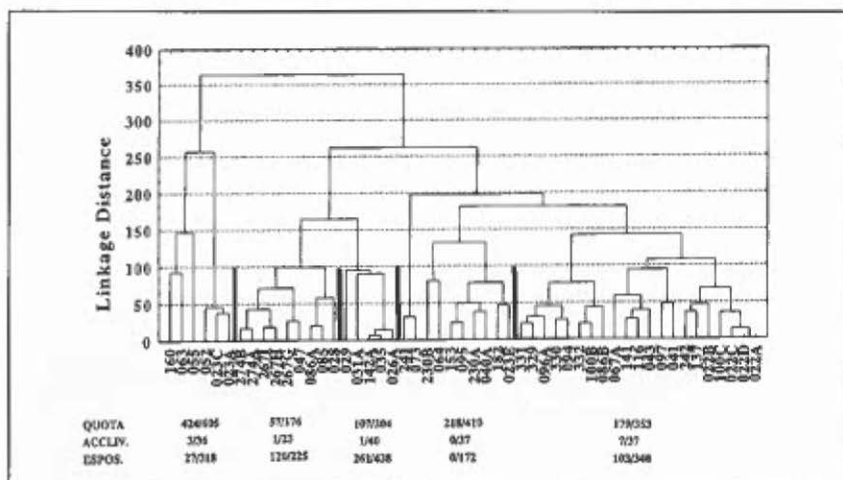


Fig. 6 - Dendrogramma che mostra la suddivisione in gruppi risultante dall'applicazione della cluster analisi ai 3 parametri morfometrici.

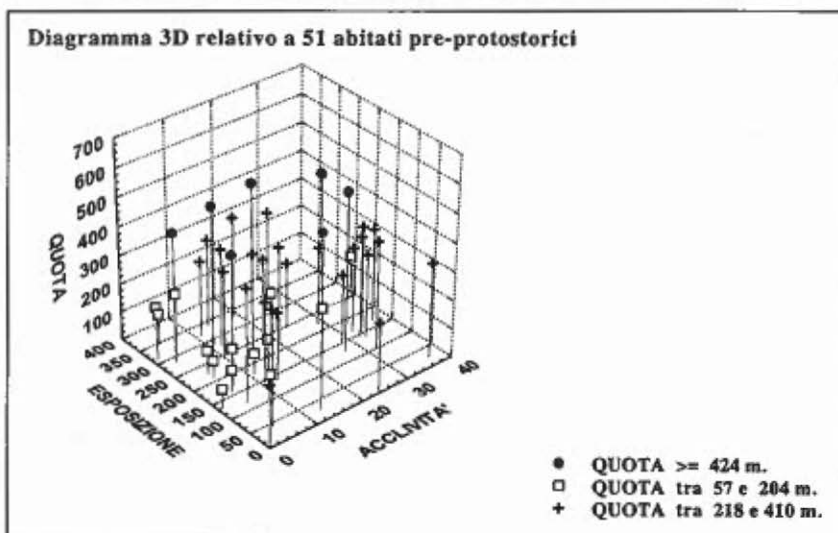


Fig. 7 - Diagramma tridimensionale che riporta, sui tre assi, i valori dei tre parametri morfometrici.

287 m ed uno con abitati del Bronzo Antico posti a quote tra 288/326 m.

Ai parametri morfometrici è stata aggiunta, per una successiva analisi, la distanza dalla fonte idrica più vicina (FARLEY *et al.* 1990). Si è ottenuta una redistribuzione dei siti in cui la quota perde l'assoluto fattore discriminante che viene ad essere parzialmente condiviso dalla distanza dall'acqua (Fig. 9).

Un interessante risultato è la netta separazione dell'abitato di Poggio

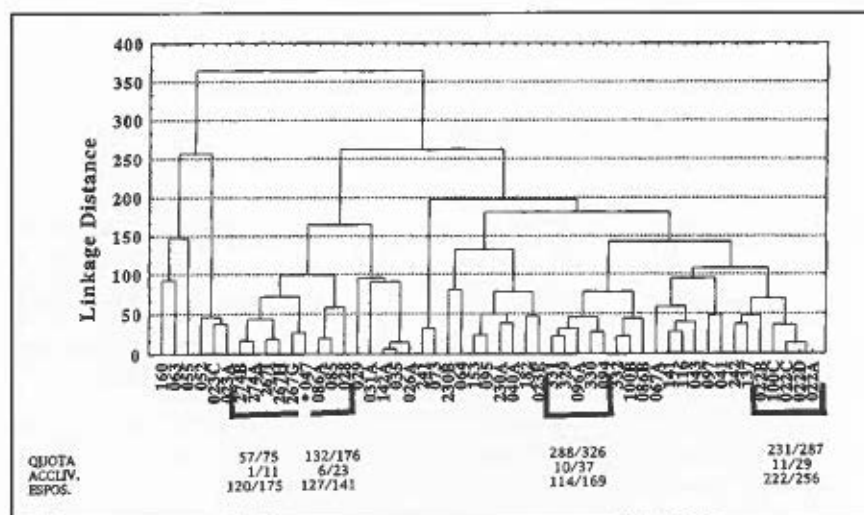


Fig. 8 - Dendrogramma, come da Fig. 6, con indicati i sottogruppi degli abitati cronologicamente omogenei.

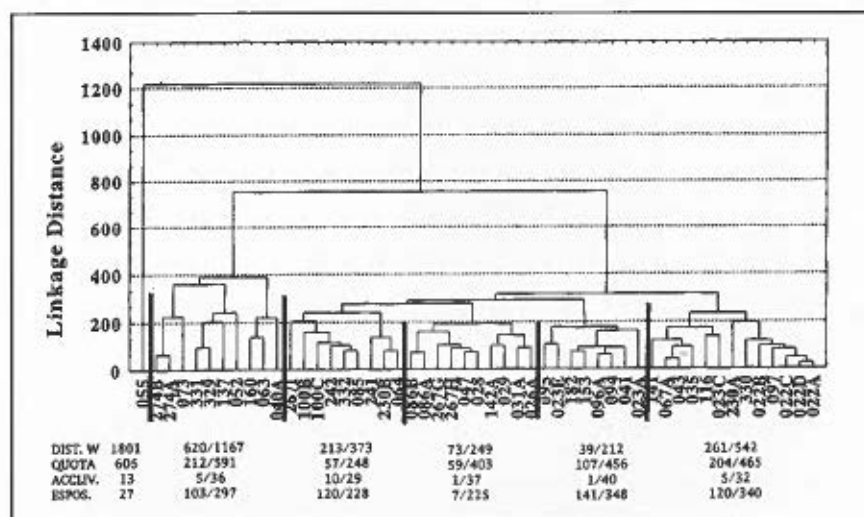


Fig. 9 - Dendrogramma che mostra la suddivisione in gruppi risultante dall'applicazione della cluster analisi ai tre parametri morfometrici e alla distanza dalla fonte idrica più vicina.

Evangelista (n. 055) che presenta sia la quota più alta che la maggiore distanza dall'acqua. Anche in questo caso si sono formati tre raggruppamenti di abitati del Bronzo Finale, in cui la distanza dall'acqua sembra essere il parametro discriminante.

Dall'esame delle unità idrogeologiche attribuite ad ogni sito e considerando i risultati dell'elaborazione statistica dei parametri morfometrici (dal n. 097 al 022A, escluso il n. 137 che è un abitato eneolitico) si può notare che gli abitati del Bronzo Finale, che formano l'ultimo raggruppamento risultante dalla classificazione morfometrica (Fig. 6), sono impostati su terreni del complesso delle piroclastiti plio-pleistoceniche caratterizzate da buona permeabilità con presenza di falde anche notevoli ed estese negli edifici vulcanici. Questi siti sono stati controllati anche dal punto di vista spettrale e si è notato che presentano tutti valori elevati della Tasseled Cap Feature Wetness (da 150 a 160, tipico dei terreni umidi).

Possiamo concludere che, anche se gli abitati considerati non si raggruppano sempre in cluster cronologicamente omogenei, si è notata, in tutte le classificazioni ottenute (spettrale, morfometrica e morfo-idrologica), la separazione di sottoclassi con abitati sia del Bronzo Antico ma, ancor più, di sottogruppi di abitati del Bronzo Finale.

NEDA PARMEGIANI

Istituto per gli Studi Micenei ed Egeo-Anatolici
CNR - Roma

MAURIZIO POSCOLIERI

Istituto di Astrofisica Spaziale
CNR - Frascati, Roma

BIBLIOGRAFIA

- BONI C., BONO P., CAPPELLI G. 1988, *Carta idrogeologica del territorio della Regione Lazio*, Regione Lazio e Dipartimento Scienze della Terra dell'Università "La Sapienza", Roma.
- CARROZZO M.T., CHIRENTI A., LUZIO D., MARGIOTTA C., QUARTA T., TUNDO A.M., ZUANNI F. 1985, *Data base of Mean Height values for the whole Italian landmass and surrounding areas: determining and statistical analysis*, «Bollettino Geodesia di Scienze Affiliate», 44, 1, 37-56.
- CRIST E.P., CICONE R.C. 1984, *A physically based transformation of Thematic Mapper Data - The TM Tasseled Cap*, «IEEE Transaction on Geosciences and Remote Sensing», GE-22, 3, 256-263.
- CRIST E.P., LAURIN R., CICONE R.C. 1986, *Vegetation and soils information contained in Transformed Thematic Mapper Data*, in *Atti IGARSS'86 Symposium*, Zurigo, ESA SP-254, 1465-1470.
- FAIRFIELD J., LAYMAIRE P. 1991, *Drainage network from Grid Digital Elevation Model*, «Water Resources», 17, 5, 709-717.
- FARLEY J.A., LIMP W.F., LOCKHART J. 1990, *The archaeologist's workbench: integrating GIS, remote sensing, EDA and database management*, in K.M.S. ALLEN, S.W. GREEN, E.B.W. ZUBROW (edd.), *Interpreting Space: GIS and Archaeology*, Londra, Taylor and Francis, 141-164.
- FREDA C., PALLADINO D., PIGNATTI S., TRIGILA R., ONORATI G., POSCOLIERI M. 1990, *Volcano-tectonic scenario of Mt. Vulsini (Central Italy) from Landsat-MSS Images and digital elevation data*, «ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing», 45, 316-328.

- HUGH-JONES M., BARRE N., NELSON G., EHNES K., WARNER J., GARVIN J., GARRIS G. 1992, *Landsat-TM identification of Amblyomma variegatum (Acari: Ixodidae) habitats in Guadeloupe*, «Remote Sensing and Environment», 40, 43-55.
- LEE J. 1994, *Digital analysis of watershed inclusion and topographic features on Digital Elevation Models*, in *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 60, 4, 451-456.
- MARK D.M. 1975, *Geomorphometric parameters: a review and evaluation*, «Geographiska Annaler», 57A, 165-177.
- MUSICK H.B., PELLETIER R.E. 1986, *Response of some thematic mapper band ratios in soil water content*, «Photogrammetry Engineering Remote Sensing», 52, 1661-1668.
- ONORATI G., POSCOLIERI M., SALVI S., TRIGILA R. 1987, *Use of TM Landsat data as a support to classical ground-based methodologies in the investigation of a volcanic site in central Italy: the Caldera of Latera*, in *Atti IGARSS'87 Symposium*, Ann Arbor (Mi-USA), 1173-1178.
- ONORATI G., POSCOLIERI M., VENTURA R., CHIARINI V., CRUCILLA U. 1992, *The Digital Elevation Model of Italy for geomorphology and structural geology*, «CATENA», 19, 147-178.
- PARMEGIANI N., POSCOLIERI M. 1993, *Study of pre-protolithic sites, identified in the area between the Bolsena Lake and the Albegna river (Italy), based on the analysis of selected environmental parameters*, in *Atti International Symposium Operationalization of Remote Sensing*, Enschede (Olanda), 225-235.
- PARMEGIANI N., POSCOLIERI M. 1994, *Appraisal of the interactions between pre-protolithic settlements and hydrological hydrogeological features in a large area of southern Etruria*, in R. VAUGHAN (ed.), *Remote Sensing from Research to Operational Applications in the New Europe*, in *Atti 13th EARSeL Symposium*, Dundee (GB), Budapest, Springer-Verlag, 209-216.
- PARMEGIANI N., POSCOLIERI M. (in corso di stampa), *Analisi dei rapporti tra risorse idrologiche e siti archeologici nel bacino del fiume Fiora*, in *Atti del III Incontro di Studi: Preistoria e Protostoria in Etruria (Manciano-Farnese (Italia))*, maggio 1995.
- SOKAL R.R., SNEATH P.H.A. 1963, *Principles of Numerical Taxonomy*, S. Francisco e Londra, Freeman.
- SU Z., NEUMANN P., FETT W., SCHUMMAN A. SCHULTZ G.A. 1992, *Application of Remote Sensing and Geographical Information System in Hydrological Modeling*, «EARSeL Advances in Remote Sensing», 1, 3-VII, 180-185.
- TUCKER C.J. 1979, *Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation*, «Remote Sensing and Environment», 8, 127-150.

ABSTRACT

Relationships between communities, inhabiting the Fiora river basin during the Bronze Age, and surrounding land have been examined to give more insight into their settlement location choices, on the basis of landscape analysis methods adopted in environmental studies.

By processing Landsat TM and elevation (raster) data and water related (vector) data (all georeferenced to a UTM grid), respectively spectral (the six TM bands values), morphometric (elevation, aspect and slope and so on) and hydrological (water distance from the sites and others) parameters have been derived for about 50 settlements detected in the study area. These parameters have been statistically analyzed, by separately processing the spectral, the morphometric and the morpho-hydrological ones by using a hierarchical cluster analysis method. The spectral data classification has yielded, except for two peculiar sites, two main groups, one characterized by intermediate reflectivity, medium-low vegetation percent and variable moisture; the other, more defined, with mostly dark and very humid soils, including also 32% of the Final Bronze settlements.

The classification of the morphometric parameters has stressed the elevation to be the discriminating variable, obtaining two main clusters: the former, including sites located above 400 m; the latter, splitted into two subclusters, one with sites between 50 and 200 m, the other between 200 and 400 m. Among the subclasses, three exhibit sites belonging to the Final Bronze Age, one includes sites of the Early Bronze Age. Therefore, the classification of the morpho-hydrological parameters shows that both elevation and water distance appear discriminating. The highest values of these two variables characterize a single site, clearly separated after cluster analysis application, which, by the way, again yielded three subgroups belonging to the Final Bronze Age.