



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**

**ΠΡΑΚΤΙΚΑ**

**2<sup>ΟΥ</sup> ΣΥΜΠΟΣΙΟΥ ARC-RNT**

**ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ**

**ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ Ν. ΖΑΧΑΡΙΑΣ**



**ΕΚΔΟΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΑΡΧΑΙΟΜΕΤΡΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ: ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ  
ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΩΝ ΑΓΑΘΩΝ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΣΧΟΛΗ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

**ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2012**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗ

Τον Οκτώβριο του 2010, 65 εγγεγραμμένοι σύνεδροι παρουσίασαν 50 πρωτότυπες εργασίες στη διάρκεια του 2<sup>ου</sup> Συμποσίου *ARCH\_RNT - Αρχαιολογική Έρευνα και Νέες Τεχνολογίες* που διοργανώθηκε και φιλοξενήθηκε από το *Εργαστήριο Αρχαιομετρίας* του Τμήματος Ιστορίας, Αρχαιολογίας και Διαχείρισης Πολιτισμικών Αγαθών του Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, στη Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών και Πολιτισμικών Σπουδών της Καλαμάτας..

Ο τόμος περιέχει 26 εργασίες οι οποίες υποβλήθηκαν για κρίση και έκδοση στα Πρακτικά του Συμποσίου. Οι εργασίες αναφέρονται στο σύνολο των θεματικών της σύγχρονης αρχαιολογικής έρευνας και συγκεκριμένα στις γεωφυσικές διασκοπήσεις, τις εφαρμογές των ΓΠΣ και υπολογιστικών συστημάτων, τις απόλυτες χρονολογήσεις, τον χαρακτηρισμό και τις αναλύσεις αντικειμένων και υλικών της πολιτιστικής κληρονομιάς, στις σύγχρονες προσεγγίσεις της επιστήμης της συντήρησης, ανάδειξης και προστασίας. Με αυτή την σειρά εμφανίζονται στα περιεχόμενα του τόμου.

Από τη θέση αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη της Επιστημονικής Επιτροπής για την συμβολή τους στην κρίση των εργασιών αλλά, και σημαντικά, τα μέλη της Γραμματειακής Υποστήριξης, Μ. Παπαγεωργίου και Μ. Καπαρού για την ενεργό και άοκνη συμβολή τους έως την τελική μορφοποίησή τους.

Ο επιμελητής και πρόεδρος της Οργανωτικής Επιτροπής

Επίκουρος Καθηγητής Νίκος Ζαχαριάς

## **ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

---

<b>ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗ ΣΤΟ ΛΟΦΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΝΟΤΙΑ ΤΗΣ ΣΠΑΡΤΗΣ</b> <b>GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS AT AGIOS VASSILEIOS HILL SOUTH OF SPARTA</b> G.N. TSOKAS , A. STAMPOLIDIS, BORIS DI FIORE, A. VASSILOGAMVROU .....	ΣΕΛ. 11
<b>ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗ ΣΕ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΗ ΘΕΣΗ ΣΤΟ ΧΙΛΙΟΜΟΔΙ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ</b> <b>GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS AT AN ARCHEOLOGICAL SITE IN CHILIOMODI OF</b> <b>CORINTH PREFECTURE</b> Γ.Ν. ΤΣΟΚΑΣ , Γ. ΒΑΡΓΕΜΕΖΗΣ, Α. ΣΤΑΜΠΟΛΙΔΗΣ, Η. ΦΙΚΟΣ, Π. ΤΣΟΥΡΛΟΣ, Ε. ΚΟΡΚΑ .....	ΣΕΛ.27
<b>ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΣΚΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ: ΜΙΑ ΝΕΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΗΝ</b> <b>ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗ-</b> <b>ΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ</b> Σ. ΤΣΙΠΙΔΗΣ, Μ. ΚΑΤΣΙΑΝΗΣ, Κ. ΚΩΤΣΑΚΗΣ, Α. ΚΟΥΣΟΥΛΑΚΟΥ .....	ΣΕΛ.49
<b>ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ</b> <b>ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΚΑΙ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΑΙ-</b> <b>ΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ</b> Γ. ΣΤΑΜΑΤΗΣ .....	ΣΕΛ.57
<b>ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΜΕΣΣΗΝΗ:</b> <b>ΟΙ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΔΕΣΚΛΗΠΕΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΝΑΚΤΟΡΟΥ ΤΟΥ ΝΕΣΤΟΡΑ</b> Μ. ΜΠΑΡΔΑΝΗ, Ι. ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΥ .....	ΣΕΛ.67
<b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΤΑ ΝΕΩΤΕΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ</b> Α. ΚΑΡΑΛΗ .....	ΣΕΛ. 79
<b>APPLICATION OF ARCHAEO-ENVIRONMENTAL METHODS FOR THE DETECTION</b> <b>OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC CHANGES IN MESSENA</b> L. KARALI, C. SALIARI, E. SPYROPOULOU.....	ΣΕΛ.85
<b>THE CONTRIBUTION OF NEW TECHNOLOGIES IN ARCHAEOLOGY: GOALS &amp; ISSUES</b> D. TSIAFAKI .....	ΣΕΛ.93
<b>Η ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΣΤΗΝ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ</b> <b>ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ</b> Β. ΚΟΚΛΑ, Α. ΨΑΡΡΟΥ, Β. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ .....	ΣΕΛ.99
<b>METHODS AND TOOLS FOR THE STUDY OF ARTIFICIAL ILLUMINATION IN ANTIQUI-</b> <b>TY</b> D. MOULOU, N. BISKETZIS, CH. TSELONIS, D. EGGLEZOS, O. FILIPPOPOULOU, F.V.TOPALIS.....	ΣΕΛ.107
<b>ΜΙΑ ΑΠΛΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΦΩΤΑΥΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑΞΥ 77<sup>0</sup>K</b> <b>ΚΑΙ 300<sup>0</sup>K</b> Γ. ΚΙΤΗΣ .....	ΣΕΛ. 115

- ΑΝΩΝΥΜΟ ΣΠΗΛΛΑΙΟ ΣΧΙΣΤΟΥ ΚΕΡΑΤΣΙΝΙΟΥ: ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΟΨΙΑΝΟΥ ΑΠΟ ΣΤΡΩΜΑΤΑ ΤΟΥ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΡΧΩΝ ΤΟΥ ΟΛΟΚΑΙΝΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ SIMS-SS**  
**ANONYMOUS CAVE OF SCHISTO AT KERATSINI: DATING OF OBSIDIAN SAMPLES ORIENTED FROM LATE PLEISTOCENE-EARLY HOLOCENE DEPOSITS WITH THE SIMS-SS METHOD**  
 F. MAVRIDIS, N. LASKARIS, A. PAPADEA, O. APOSTOLIKAS, K. TRANTALIDOU, G. KOTZAMANI, P. KARKANAS, Y. MANIATIS, I. LIRITZIS, L. KORMAZOPOULOU .....ΣΕΛ.121
- ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΓΥΑΛΙΝΩΝ ΧΑΝΤΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΑΛΑΤΙ ΤΟΥ ΝΕΣΤΟΡΑ ΣΤΗΝ ΠΥΛΟ ΜΕ ΦΘΟΡΙΣΜΟΜΕΤΡΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ**  
 J.M. MURPHY, K. ΠΟΛΥΚΡΕΤΗ, Β. ΚΑΝΤΑΡΕΛΟΥ, Α.Γ. ΚΑΡΥΔΑΣ.....ΣΕΛ. 133
- BIOARCHAEOLOGICAL EVIDENCE FOR SOCIAL DIFFERENTIATION IN THE HEALTH AND DIET OF MYCENAEAN PYLOS**  
 Α. ΡΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ, L.A. SCHEPARTZ, M.P. RICHARDS, E. MALAPANI .....ΣΕΛ.143
- ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΥΑΛΩΔΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΜΥΚΗΝΑΪΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΓΟΛΙΑΔΑ: ΠΡΩΤΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ**  
 Μ. ΚΑΠΑΡΟΥ, Ν. ΖΑΧΑΡΙΑΣ.....ΣΕΛ. 153
- ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΥΑΛΙΝΩΝ ΑΓΓΕΙΩΝ ΤΗΣ ΥΣΤΕΡΗΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑΣ: ΣΥΛΛΟΓΕΣ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ**  
 Μ. ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ, Ν. ΖΑΧΑΡΙΑΣ .....ΣΕΛ.163
- ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΩΝ ΧΡΩΣΤΙΚΩΝ ΑΡΧΑΪΚΗΣ ΚΕΡΑΜΙΚΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΗΒΑ. ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΕΞΑΚΡΙΒΩΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ**  
 Γ. ΜΑΣΤΡΟΘΕΟΔΩΡΟΣ, Ν. ΖΑΧΑΡΙΑΣ, Κ.Γ. ΜΠΕΛΤΣΙΟΣ, Β. ΑΡΑΒΑΝΤΙΝΟΣ, Κ. ΚΑΛΛΙΓΑ, Δ. ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ .....ΣΕΛ. 171
- NEW EVIDENCE ON ANCIENT MINING FROM LEKANI AND METAL PRODUCTION FROM AGHIOS ANTONIOS, THASOS**  
 S. PAPADOPOULOS, N. NERANTZIS .....ΣΕΛ. 177
- A STUDY OF ARTIFACTS OF SEMIPRECIUS STONES USING RAMAN SPECTROSCOPY**  
 ΤΗ. ΚΑΤΣΑΡΟΣ, Ε. ΜΕΡΑΜΒΕΛΙΟΤΑΚΙ, ΤΗ. ΓΑΝΕΤΣΟΣ, Ν. ΛΑΣΚΑΡΙΣ .....ΣΕΛ. 183
- ASSESSMENT OF CLEANING INTERVENTIONS ON MARBLE SURFACES USING A FUZZY MODEL**  
 Ε.Τ. ΔΕΛΕΓΟΥ, Μ. ΚΟΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΟΥ, C. ΚΙΡΑΝΟΥΔΙΣ, Α. ΜΟΡΟΠΟΥΛΟΥ.....ΣΕΛ. 189
- ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΕΠΙΔΑΠΕΔΙΩΝ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΡΩΜΑΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ**  
 Ι. ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗ, Β. ΠΑΧΤΑ.....ΣΕΛ. 199
- WORKING WITH EXCAVATED ORGANIC MATERIALS IN GREECE: PROBLEMS, APPROACHES, STRATEGIES**  
 Μ. ΜΕΡΤΖΑΝΙ .....ΣΕΛ. 207
- ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΘΥΡΡΕΙΟ ΑΙΤΩΛΟ-ΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ ΜΕ SEM-EDX**  
 Β. ΣΤΑΙΚΟΥ, Γ. ΦΑΚΟΡΕΛΛΗΣ.....ΣΕΛ. 213

**ΦΥΣΙΚΟ-ΧΗΜΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΘΡΑΥΣΜΑΤΩΝ ΕΛΕΦΑΝΤΟΔΟΝΤΟΥ ΤΗΣ  
ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΕΝΟΣ ΥΣΤΕΡΟΡΩΜΑΪΚΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΥ  
ΚΙΒΩΤΙΔΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΣΚΑΦΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΕΛΕΥΘΕΡΝΑΣ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ**  
Π. ΜΑΡΙΝΟΥ, Γ. ΦΑΚΟΡΕΛΛΗΣ, Σ. ΜΠΟΓΙΑΤΖΗΣ, ΑΙΚ. ΜΑΛΕΑ .....ΣΕΛ. 219

**ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΦΥΤΙΚΗΣ  
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ: ΚΑΛΑΘΙΑ, ΨΑΘΕΣ, ΣΧΟΙΝΙΑ**  
Α. ΠΑΓΑΝΟΥ, Μ. ΠΕΤΡΟΥ .....ΣΕΛ. 225

**Η ΧΡΗΣΗ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ  
ΕΝΥΔΡΟΥ ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΚΟΥ ΞΥΛΟΥ 7.000.000 ΕΤΩΝ**  
Μ. ΠΕΤΡΟΥ, Α. ΠΟΥΡΝΟΥ .....ΣΕΛ. 231



**ΑΝΩΝΥΜΟ ΣΠΗΛΛΑΙΟ ΣΧΙΣΤΟΥ ΚΕΡΑΤΣΙΝΙΟΥ:  
ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΟΨΙΑΝΟΥ ΑΠΟ ΣΤΡΩΜΑΤΑ  
ΤΟΥ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΡΧΩΝ ΤΟΥ  
ΟΛΟΚΑΙΝΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ SIMS-SS**

**ANONYMOUS CAVE OF SCHISTO AT KERATSINI: DATING OF  
OBSIDIAN SAMPLES ORIENTED FROM LATE  
PLEISTOCENE-EARLY HOLOCENE DEPOSITS WITH THE  
SIMS-SS METHOD**

F. Mavridis<sup>\*1</sup>, N. Laskaris<sup>2</sup>, A. Papadea<sup>3</sup>, O. Apostolikas<sup>1</sup>, K. Trantalidou<sup>1</sup>, G. Kotzamani<sup>1</sup>,  
P. Karkanas<sup>1</sup>, Y. Maniatis<sup>4</sup>, I. Liritzis<sup>2</sup>, L. Kormazopoulou<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Εφορεία Παλαιoανθρωπολογίας-Σπηλαιολογίας Ν. Ελλάδας, Υ.Π.ΑΙ.Θ.Π.Α.,  
Αρδηττού 34B, 11636, Αθήνα (fanismavridis@gmail.com)

<sup>2</sup> Εργαστήριο Αρχαιομετρίας, Τμήμα Μεσογειακών Σπουδών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου,  
Ρόδος, 85100, Ελλάδα

<sup>3</sup> Γραμματεία του Κεντρικού Αρχαιολογικού Συμβουλίου, Υ.Π.ΑΙ.Θ.Π.Α.,  
Μπουμπουλίνας 20-22, Αθήνα

<sup>4</sup> Εργαστήριο Αρχαιομετρίας, Ινστιτούτο Επιστήμης Υλικών, ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ,  
15310, Αγία Παρασκευή Αττικής

\* to Whom all correspondence should be addressed

**ABSTRACT**

Research at the anonymous Cave of Schisto in Keratsini, Attica begun in 2006 and continues in the form of a rescue excavation of the Ephorate of Palaeoanthropology – Speleology of the Greek Ministry of Culture. The cave served as a Sanctuary during Historical times, while its utilization extends up to Byzantine and even more recent years. In Prehistoric times, it was occupied during Late Neolithic I and II and also during Early Bronze Age II. Up until now, only a handful of shreds indicate that the cave was also used during the Middle Neolithic period. Of great importance are also the Upper Pleistocene/Early Holocene layers, according to the preliminary results of the typo-technological study of the lithic assemblages and the C<sub>14</sub> dating.

The following article intends to put forward a wide field of discussion and inter-

disciplinary approaches about the rare discovery of obsidian artifacts in layers that predate the Neolithic, a find that has great implications in the study of early seafaring in the Aegean Sea. The samples were dated using the SIMS-SS obsidian hydration method, which proves to be currently the most credential obsidian dating technique worldwide.

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η έρευνα στο ανώνυμο σπήλαιο Σχιστού Κερατσινίου ξεκίνησε το 2006 και συνεχίζεται ως σωστική έρευνα της Εφορείας Παλαιoανθρωπολογίας- Σπηλαιολογίας Ν. Ελλάδας του Υπουργείου Πολιτισμού. Σημαντικές πληροφορίες παρέχουν τα στρώματα του Ανώτερου Πλειστόκαινου-Πρώιμου Ολόκαινου, σύμφωνα με τα προκαταρκτικά στοιχεία της τυποτεχνολογικής μελέτης της λιθοτεχνίας και τα αποτελέσματα των ραδιοχρονολογή-

σεων (Μαυρίδης και Κορμαζοπούλου, 2009). Βρέθηκε επίσης κεραμική, η οποία χρονολογείται στη Μέση, Νεότερη Νεολιθική Ι και ΙΙ, όπως και στην Πρωτοχαλκή ΙΙ. Το σπήλαιο υπήρξε ιερό στους ιστορικούς χρόνους, ενώ ίχνη χρήσης του μαρτυρούνται και κατά τα βυζαντινά και νεότερα χρόνια.

Το κείμενο που ακολουθεί έχει ως σκοπό να θέσει σε ένα ευρύτερο πλαίσιο συζήτησης και διεπιστημονικής προσέγγισης, με αφορμή τα αποτελέσματα της ανασκαφής του Σχιστού, την παρουσία του οψιανού σε στρώματα που προηγούνται της Νεολιθικής, εύρημα με σημαντικές παραμέτρους για τη μελέτη της πρώιμης ναυσιπλοΐας στο Αιγαίο.

Τα δείγματα χρονολογήθηκαν με τη μέθοδο ενυδάτωσης οψιανού SIMS-SS, την πλέον αξιόπιστη στο είδος της παγκοσμίως. Η νέα αυτή μεθοδολογία βασίζεται στη λύση μιας διαφορικής εξίσωσης, που περιγράφει το φυσικοχημικό μοντέλο της διάχυσης. Για την ακριβή μέτρηση της κατατομής των μορίων του ύδατος με το βάθος διάχυσης απαιτείται η χρήση πυρηνικής μεθόδου ανάλυσης (SIMS), αφού οι οπτικές μικροσκοπικές δεν επαρκούν. Η μέθοδος ενυδάτωσης οψιανού SIMS-SS έχει εξελιχθεί σημαντικά τόσο σε τεχνολογικό όσο και σε μεθοδολογικό επίπεδο, περιλαμβάνοντας τόσο κριτήρια αξιολόγησης των δειγμάτων όσο και της κατατομής του νερού.

## **Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗΣ SIMS-SS ΚΑΙ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΟ ΣΠΗΛΑΙΟ ΣΧΙΣΤΟΥ**

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία βασίζεται στο φαινόμενο εκείνο της διάχυσης ύδατος που προέρχεται από το περιβάλλον (υγρασία), στο εσωτερικό του οψιανού, σχηματίζοντας έτσι ένα ενυδατωμένο στρώμα μορίων ύδατος, το πάχος του οποίου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως α) το χρόνο που διαρκεί η διείσδυση του νερού στο εσωτερικό του οψιανού, β) την θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος ταφής και γ) την ιδιαίτερη φυσικοχημική δομή του. Πιο απλά, όσο διαρκεί η διάχυση τόσο μεγαλύτερη είναι και η ηλικία του. Ωστόσο σαν φαινόμενο δεν είναι τόσο απλό δεδομένου ότι η διάχυση εξαρτάται από έναν συντελεστή του οποίου το

μέγεθος είναι μεταβλητό (Friedman and Smith, 1960; Friedman and Long, 1976). Ο υπολογισμός της ηλικίας (Liritzis and Diakostamatiou, 2002; Liritzis, 2006) προκύπτει από την λύση μιας διαφορικής εξίσωσης, η οποία περιγράφει το φυσικοχημικό μοντέλο της διάχυσης. Το κυριότερο χαρακτηριστικό της είναι η αξιοποίηση της ύπαρξης ενός κορεσμένου επιφανειακού στρώματος που παρουσιάζεται σε ένα καθορισμένο βάθος διάχυσης (Liritzis et al., 2004).

Για την ακριβή μέτρηση της κατατομής των μορίων ύδατος με το βάθος διάχυσης απαιτείται η χρήση της πυρηνικής μεθόδου ανάλυσης SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry – Φασματοσκοπία Μάζας Δευτερογενών Ιόντων).

Η μεταφορά του νερού από το εξωτερικό περιβάλλον μέσα στον οψιανό γίνεται με δύο μηχανισμούς. Ο πρώτος μηχανισμός οδηγεί στη μεταφορά μάζας από το εξωτερικό περιβάλλον (περιβαλλοντική υγρασία) προς τα εξωτερικά στρώματα του οψιανού. Ο δεύτερος μηχανισμός οδηγεί στην μεταφορά των μορίων του νερού από τα εξωτερικά στρώματα προς το εσωτερικό. Η μεταφορά μορίων με τον πρώτο μηχανισμό είναι γρηγορότερη από αυτή με τον δεύτερο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τον κορεσμό ενός στρώματος της επιφάνειας του οψιανού στα πρώτα 1-3μm. Αυτό σημαίνει ότι είναι ένα στρώμα αυξανόμενο βάθους αλλά σταθερής συγκέντρωσης (για το διαχεόμενο νερό).

Βασικό αποτέλεσμα της διάχυσης του νερού μέσα στον οψιανό είναι ο σχηματισμός μιας σιγμοειδούς καμπύλης (σχήματος S) για το προφίλ της συγκέντρωσης σε συνάρτηση με το βάθος (Crank 1975; Anovitz et al., 1999; Stevenson et al., 2001).

Η μέθοδος SIMS (Secondary Ion Mass Spectroscopy) βασίζεται στην φασματοσκοπική ανάλυση δευτερογενών ιόντων που εκλύονται από ένα δείγμα, όταν αυτό βομβαρδιστεί από μία ακτίνα πρωτογενών ιόντων. Η μέθοδος αυτή μπορεί να αναλύσει μεταβολές στη συγκέντρωση, που υπάρχουν σε απόσταση λίγων νανόμετρων, για ένα μεγάλο φάσμα χημικών στοιχείων και σε βάθη που κυμαίνονται από δεκάδες νανόμετρα ως αρκετά μικρόμετρα (Gillen et al., 1998). Το βάθος για

κάθε μέτρηση μπορεί να διαφέρει σημαντικά, με καθοριστικό παράγοντα τα χαρακτηριστικά της ακτίνας των πρωτογενών ιόντων. Η συγκέντρωση του νερού εκφράζεται με τη μορφή ατόμων υδρογόνου ανά κυβικό εκατοστό (H+/cc). Η μέθοδος είναι μη καταστροφική δεδομένου ότι η αποφλοίωση της επιφάνειας του δείγματος λαμβάνει χώρα σε λίγα μόνο μικρόμετρα και προς το παρόν, αποτελεί τον καλύτερο τρόπο για την απόκτηση του προφίλ κατανομής του νερού μέσα στον οψιανό.

Η μέθοδος χρονολόγησης SIMS-SS (Secondary Ion Mass Spectrometry – Saturation Surface) βασίζεται στη μοντελοποίηση της κατανομής του νερού μέσα στον οψιανό. Κύριο στοιχείο της είναι η μελέτη και η ανάλυση των παραμέτρων του στρώματος κορεσμού (Liritzis et al., 2004; 2005; Liritzis, 2006). Αναλυτικότερα, το σιγμοειδές προφίλ μοντελοποιείται από ένα πολυώνυμο 3<sup>ου</sup> βαθμού το οποίο μετά αξιοποιείται για την εύρεση του συντελεστή διάχυσης (D) του νερού μέσα στον οψιανό. Η εύρεση του συντελεστή διάχυσης βασίζεται στην επίλυση του 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> νόμου του Fick. Για την τελική επίλυση των εξισώσεων ορίζεται μια αρχική συνθήκη που είναι η ενδογενής συγκέντρωση (Ci) του νερού μέσα στο δείγμα και μια οριακή που είναι η συγκέντρωση κατά την στιγμή της ισορροπίας, δηλαδή του στρώματος κορεσμού (Cs). Βασικό σημείο στην εύρεση της ηλικίας του τέχνηργου είναι η εύρεση του συντελεστή  $e^k$  που αφορά στην σχέση του συντελεστή διάχυσης με την συγκέντρωση του διαχυμένου νερού μέσα στον οψιανό. Η τιμή αυτού του συντελεστή παράγεται από την σύγκριση της κατανομής του νερού (σε αδιάστατο γράφημα) με μια ομάδα από αδιάστατες θεωρητικές καμπύλες αναφοράς του Crank (Crank, 1975). Τελικό στάδιο στη χρονολόγηση είναι η εφαρμογή όλων των προαναφερθέντων παραμέτρων (Xs και Cs: ενδογενής συγκέντρωση νερού,  $e^k$ , D) στην εξίσωση ηλικίας (Liritzis, 2006; Liritzis and Laskaris 2009).

Η ακρίβεια της ηλικίας εξαρτάται από την ακρίβεια της μέτρησης του προφίλ με την τεχνική SIMS και την ακρίβεια των παραμέτρων, ενώ το σφάλμα της ηλικίας υπολογίζεται στο πλαίσιο διεθνών κανόνων για την

αναπαράγωγή του σφάλματος (Taylor's rules/error propagation).

Η μέθοδος SIMS-SS περιλαμβάνει μια σειρά από κριτήρια με τα οποία καθορίζεται η καταλληλότητα των δειγμάτων. Αυτά τα κριτήρια εφαρμόζονται πριν από την πραγματοποίηση της μέτρησης με την τεχνική SIMS αλλά και κατά τη διάρκεια της, προκειμένου να φανεί αν το προς εξέταση δείγμα θα δώσει ηλικία και κατά πόσο αυτή είναι αξιόπιστη. Τα κριτήρια αυτά περιλαμβάνουν τον έλεγχο του δείγματος με ΗΜΣ (SEM) και Μικροσκοπία Ατομικής Δύναμης (AFM) (Liritzis et al., 2008a,b; Laskaris, 2010). Η τεχνική βασίζεται σε μια σειρά από βήματα που πρέπει να γίνουν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας της μέτρησης με SIMS. Αυτά τα βήματα, που περιλαμβάνονται στο αντίστοιχο λογισμικό (Liritzis et al., 2005), εξασφαλίζουν ότι η υπολογιζόμενη ηλικία είναι απολύτως ασφαλή.

Τόσο τα κριτήρια καταλληλότητας όσο και τα οχτώ κύρια βήματα της μεθόδου έχουν εφαρμοσθεί σε πάνω από ογδόντα δείγματα από όλο τον κόσμο, προερχόμενα από διαφορετικές πηγές οψιανού και για ηλικίες από 25 χρόνια έως 30.000 χρόνια ΠΣ. Η σύγκριση με τις αρχαιολογικά αναμενόμενες ηλικίες έχει αποδείξει ότι η μέθοδος είναι αξιόπιστη (Liritzis and Laskaris, 2009; Laskaris, 2010).

Η επιλογή των δύο δειγμάτων για χρονολόγηση έγινε λόγω της ανεύρεσης του πρώτου στα βαθύτερα στρώματα της ανασκαφής (ήταν και το μοναδικό παράδειγμα οψιανού από τα στρώματα αυτά) και της ιδιαιτερότητας του τύπου στην περίπτωση του δεύτερου (βλ. στη συνέχεια). Στο πρώτο δείγμα (Δείγμα-1) αρχικά εφαρμόστηκε η μέθοδος φασματοσκοπίας μάζας δευτερογενών ιόντων (SIMS) για την μέτρηση του στρώματος ενυδάτωσης. Το στρώμα ενυδάτωσης βρέθηκε να έχει βάθος 6,2μm. Σύμφωνα με τα κριτήρια της μεθόδου χρονολόγησης SIMS-SS κατά την ώρα της μέτρησης του προφίλ ενυδάτωσης (προφίλ υδρογόνου - H) πραγματοποιήθηκε και η μέτρηση του προφίλ των στοιχείων άνθρακα (C) και φθορίου (F), καθώς η μορφή της κατανομής τους σε συνάρτηση με το βάθος μας δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την ποιότητα της μέτρησης. Σε ιδανικές περι-

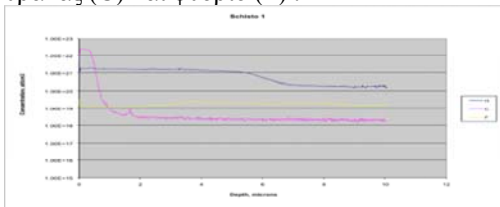
πτώσεις η συγκέντρωση του φθορίου σε συνάρτηση με το βάθος είναι σταθερή και αμετάβλητη, ενώ του άνθρακα είναι μια σταθερή εκθετικά φθίνουσα καμπύλη.

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 1 η κατανομή του φθορίου δεν παραμένει σταθερή αλλά μεταβάλλεται συνεχώς, στοιχείο που αποτελεί ένδειξη ότι η επιφάνεια είναι γεμάτη με μικρο-κρυσταλλικά εγκλείσματα. Από τη μελέτη της κατανομής του άνθρακα σε συνάρτηση με το βάθος προκύπτει ότι από την επιφάνεια και για βάθος 0,5μm υπάρχει αυξημένη συγκέντρωση ανθρακούχων ενώσεων (π.χ. υπολείμματα μικρο-οργανισμών), ενώ σε βάθος 1,9μm εντοπίζεται εγκλείσμα πιθανότατα δολομίτη. Από την γενικότερη αξιολόγηση φαίνεται ότι το δείγμα είναι κατάλληλο για χρονολόγηση.

Η χρονολόγηση με την μέθοδο SIMS-SS βασίστηκε στην μοντελοποίηση του προφίλ υδρογόνου (H) και η ηλικία του δείγματος υπολογίστηκε στα  $14539 \pm 1280$  ΠΣ ή στα  $12539 \pm 1280$  π.Χ.

Οι διαταραχές στο προφίλ του φθορίου καθώς και η μικρο-διαταραχή στο προφίλ του άνθρακα (~1,9μm), όπως αναφέρθηκε, αντιπροσωπεύουν μια ελαφρώς ανομοιογενή επιφάνεια, κάτι που δικαιολογεί το σχετικά μεγάλο σφάλμα των  $\pm 1280$  χρόνων.

**Πίνακας 1.** Ανάλυση με την τεχνική SIMS του προφίλ ενυδάτωσης του Δείγματος 1. Έχουν μετρηθεί τα στοιχεία υδρογόνο (H), άνθρακας (C) και φθόριο (F).



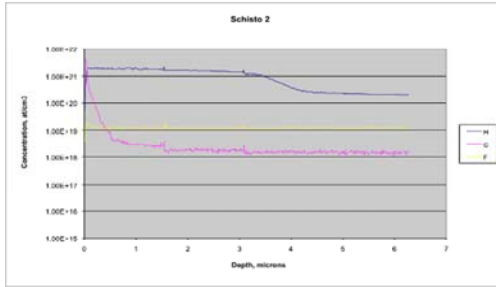
Στο δεύτερο δείγμα (Δείγμα-2) (Εικ. 1) αρχικά εφαρμόστηκε η μέθοδος Φασματοσκοπίας Ακτίνων Χ Φθορισμού, με την οποία αποδείχθηκε ότι προέρχεται από τον Αδάμαντα της Μήλου.



**Εικ. 1.** Το Δείγμα 2.

Έπειτα εφαρμόστηκε η τεχνική της Φασματοσκοπίας Μάζας Δευτερογενών Ιόντων (SIMS) για την μέτρηση του στρώματος ενυδάτωσης. Το στρώμα ενυδάτωσης βρέθηκε να έχει βάθος ~4μm. Σύμφωνα με τα κριτήρια της μεθόδου χρονολόγησης SIMS-SS, κατά τη διάρκεια της μέτρησης του προφίλ ενυδάτωσης (προφίλ υδρογόνου - H) πραγματοποιήθηκε και μέτρηση του προφίλ των στοιχείων άνθρακα (C) και φθορίου (F), καθώς η μορφή της κατανομής τους σε συνάρτηση με το βάθος μας δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την ποιότητα της μέτρησης. Σε ιδανικές περιπτώσεις, η συγκέντρωση του φθορίου σε συνάρτηση με το βάθος είναι σταθερή και αμετάβλητη, ενώ του άνθρακα είναι μία σταθερή εκθετικά φθίνουσα καμπύλη.

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2, η κατανομή του φθορίου παραμένει σταθερή, ενώ αυτή του άνθρακα σε σχέση με το βάθος είναι η αναμενόμενη, χωρίς ιδιαίτερες ανωμαλίες. Και στις δύο κατανομές παρατηρήθηκαν δύο διαταραχές σε βάθη 1,5 και 3μm αντίστοιχα. Οι διαταραχές αυτές πιθανότατα οφείλονται σε ανομοιομορφία του εσωτερικού της επιφάνειας, όπου πιθανότατα η ύπαρξη κάποιου μικρο-εγκλείσματος επηρέασε στιγμιαία την μέτρηση με την τεχνική SIMS. Από τη γενικότερη αξιολόγηση φαίνεται ότι το δείγμα είναι κατάλληλο για χρονολόγηση.



**Πίνακας 2.** Ανάλυση με την τεχνική SIMS του προφίλ ενυδάτωσης του Δείγματος 2. Έχουν μετρηθεί τα στοιχεία υδρογόνο (H), άνθρακας (C) και φθόριο (F) .

Η χρονολόγηση με την μέθοδο SIMS-SS βασίστηκε στην μοντελοποίηση του προφίλ υδρογόνου (H) και η ηλικία του δείγματος υπολογίστηκε στα  $9533 \pm 1198$  ΠΣ ή στα  $7533 \pm 1280$  π.Χ.

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του προφίλ υδρογόνου διαπιστώθηκαν διαταραχές στα ίδια βάθη, όπως συνέβη και στην περίπτωση των προφίλ φθορίου και άνθρακα. Πριν την τελική χρονολόγηση οι δυο αυτές διαταραχές εξομαλύνθηκαν απο το πρόγραμμα, σύμφωνα με τις αρχές της μεθόδου χρονολόγησης SIMS-SS. Κάποιες μικροδιαταραχές που καταγράφονται στην αρχή του προφίλ υδρογόνου και που εμφανίζονται και στο προφίλ του φθορίου είναι υπεύθυνες για το σχετικά μεγάλο σφάλμα των  $\pm 1198$  χρόνων.

## ΤΟ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΤΟ ΕΥΡΥΤΕΡΟ ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Το ανώνυμο σπήλαιο Σχιστού βρίσκεται εντός του βιομηχανικού πάρκου της περιοχής Σχιστού, σε ψηλό σημείο, με εποπτεία μεγάλου θαλάσσιου και χερσαίου χώρου (Μαυρίδης και Κορμαζοπούλου, 2009). Η είσοδος του σπηλαίου είναι ευρεία και τοξοειδής. Μία απότομη κατωφέρεια οδηγεί στην κύρια αίθουσα, διαστάσεων 70X15μ. (Εικ. 2).

Στην ανασκαφή των ετών 2006-2008 διανοίχθηκαν τομές στο βάθος του σπηλαίου, από τις οποίες προέρχονται κατά κύριο λόγο τα ευρήματα που χρονολογούνται πριν τη Νεολιθική περίοδο.

Τομές που διανοίχθηκαν σε άλλα σημεία, όπως η τομή 2, είχαν ως σκοπό τον έλεγχο της χρήσης του σπηλαίου κατά τη Νεολιθική και Πρωτοχαλκή. Τα στρώματα των φάσεων αυτών ήταν διαταραγμένα και είχαν διαβρωθεί από την έντονη δράση του νερού.

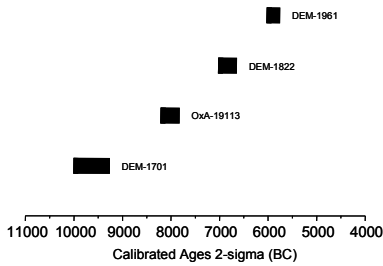


**Εικ. 2.** Το εσωτερικό του σπηλαίου.

Η στρωματογραφία του σπηλαίου έως το βάθος που έχει φτάσει η ανασκαφή έχει ως εξής:

Μετά την αφαίρεση της επιφανειακής επίχωσης, εντοπίστηκε παχύ στρώμα λατύπης, εξαιρετικά δύσκολο στην ανασκαφή. Πρόκειται για σαφώς διαταραγμένο στρώμα από το οποίο προήλθαν ευρήματα διαφόρων περιόδων. Επίσης, βρέθηκαν ελάχιστα δείγματα οψιανού στο σημείο επαφής της επιφανειακής με τις επόμενες επιχώσεις. Αμέσως πιο κάτω εντοπίστηκαν στρώματα φωτιάς και άλλα με πηλώδη υφή, που είχαν δημιουργηθεί πάνω σε εκείνα της 'προ-Νεολιθικής' φάσης του σπηλαίου, τα οποία και είχαν διαβρώσει. Τα βαθύτερα αυτά στρώματα περιγράφονται λεπτομερέστερα σε επόμενες παραγράφους.

Για να διαφανεί η χρονολογική σχέση των επαναλαμβανόμενων στρωμάτων της 'προ-Νεολιθικής' επίχωσης, τα οποία παρουσίαζαν ομοιότητες ως προς τη σύσταση και την υφή τους, αν δηλαδή ανήκουν σε ένα επεισόδιο ή σε περισσότερα, λήφθηκαν δείγματα άνθρακα για ραδιοχρονολόγηση. Τα έως τώρα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 (Μανιάτης 2009). Στην ανασκαφή του 2008 εντοπίστηκαν ακόμα βαθύτερα στρώματα, η μελέτη των οποίων δεν έχει ολοκληρωθεί.



**Πίνακας 3.** Οι διαθέσιμες ραδιοχρονολογήσεις (Γ. Μανιάτης)

Τα στρώματα από τα οποία απουσιάζει η κεραμική (προ-Νεολιθικά) διαχωρίζονται στρωματογραφικά με σαφήνεια από αυτά των άλλων προϊστορικών φάσεων. Αποτελούνται από λεπτές στρώσεις με μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανικά κατάλοιπα, οι οποίες εναλλάσσονται με συμπαγείς στρώσεις λατύπης (Εικ. 3).



**Εικ. 3.** Η στρωματογραφία των 'προ- Νεολιθικών' επιχώσεων (Φωτογραφία Π. Καρκάνας).

Τα ευρήματα περιλαμβάνουν οστά μεγάλων ζώων, πτηνών και άλλων κατηγοριών μικροπανίδας, καθώς και λίγα όστρεα με χαρακτηριστική την παρουσία λιθοτεχνίας πυριτόλιθου. Η μικρο-στρωματογραφική μελέτη δείχνει ότι τα σκούρα στρώματα αποτελούνταν κυρίως από γκουανό και περιορισμένη ποσότητα άνθρακα, ενώ τα στρώματα με

τις λατύπες δημιουργήθηκαν από την έντονη δράση του νερού. Τα στρώματα του γκουανό είχαν σφραγίσει αυτά των λατυπών, τα οποία περιείχαν τη λιθοτεχνία και τα οστά. Τα φυτικά κατάλοιπα βρέθηκαν στα στρώματα του γκουανό.

Η μελέτη των επιμέρους ευρημάτων του στρώματος (τομή 1, στρώμα 4, πάσα 11) από το οποίο προέρχεται το απόκρουσμα του οψιανού (Δείγμα-1) οδηγεί στην ίδια χρονολογική βαθμίδα, στο τέλος δηλαδή της Ανώτερης Παλαιολιθικής περιόδου, χωρίς την παρουσία κεραμικής ή εξημερωμένων οστών ζώων ή άλλων καταλοίπων που παραπέμπουν σε αναμοχλευμένες επιχώσεις. Στις ανώτερες μόνο στρώσεις της συγκεκριμένης προ-Νεολιθικής επίχωσης (και όχι του συγκεκριμένου στρώματος από το οποίο προέρχεται το δείγμα), οι οποίες είναι σε επαφή με τα στρώματα της Νεολιθικής περιόδου αποκαλύφθηκαν οστά εξημερωμένων ζώων, τα οποία παρουσιάζουν τελείως διαφορετική διατήρηση από εκείνα της Παλαιολιθικής περιόδου και αποτελούν σαφώς επιμολύνσεις.

Πιο συγκεκριμένα, η πανίδα παραπέμπει σε θέσεις του τέλους της Ανώτερης Παλαιολιθικής. Υπάρχει σαφής διαφοροποίηση τόσο ως προς τον αριθμό των ειδών, όσο και ως προς την εκμετάλλυσή τους μεταξύ του Ολόκαινου και του Πλειστόκαινου.

Τα δε φυτικά κατάλοιπα του συγκεκριμένου στρώματος δείχνουν επίσης αντιστοιχίες με την Ανώτερη Παλαιολιθική και τη Μεσολιθική του σπηλαίου Φράγγχι (Hansen, 1991), με την παρουσία σε άγρια μορφή οσπρίων, δημητριακών, φρούτων και καρπών, καθώς και άλλων στοιχείων της άγριας χλωρίδας (Κοτζαμάνη 2010). Τα φυτικά κατάλοιπα δεν παρουσιάζουν επιμολύνσεις και προκύπτει ότι πρόκειται για σύνολο που προηγείται της Νεολιθικής.

Όσον αφορά στη λιθοτεχνία, η οποία προέρχεται από το συγκεκριμένο στρώμα, χρονολογείται επίσης σε μία φάση του τέλους του Πλειστόκαινου, χωρίς την παρουσία στοιχείων από άλλες φάσεις.

Πιο συγκεκριμένα, στα λίθινα τέχνηρα της πάσας 11 του στρώματος 4 της τομής 1 από την οποία προέρχονται το χρονολογημένο απολέπισμα του οψιανού (Δείγμα 1)

είναι αριθμητικά περιορισμένη. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την εφαρμογή του νεροκόσκινου σε μέρος μόνο της επίχωσης, που αφαιρέθηκε από την εν λόγω πάσα, θέτουν συγκεκριμένους περιορισμούς σε ότι αφορά στην αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος που μελετήθηκε. Για το λόγο αυτό η καταγραφή των χαρακτηριστικών του χρειάζεται περαιτέρω επιβεβαίωση.

Οι πρώτες ύλες, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν κατά κύριο λόγο, είναι διάφορες ποικιλίες πυριτόλιθου με τις καφέ-κοκκινωπές αποχρώσεις να κυριαρχούν. Ο χαλαζιάς εκπροσωπείται σε ελάχιστο ποσοστό με την μορφή θραυσμένων αποκρουσμάτων, αλλά και μικρολιθικών εργαλείων. Οι φολίδες αποτελούν την κύρια ομάδα των αποκρουσμάτων. Οι μικρολεπίδες, οι λεπίδες και οι μικροφολίδες εκπροσωπούνται σε μικρότερα ποσοστά.

Αναγνωρίστηκαν δέκα συνολικά εργαλεία, τα οποία εκπροσωπούνται από τους εξής τύπους:

- 1) τρία μικρολεπιδικά με ράχη
- 2) δύο ξέστρα: ένα πλευρικό και ένα ονυχόμορφο
- 3) δύο σύνθετα εργαλεία: ένα ξέστρο σε φολίδα με επεξεργασία και μια κλακτόνια εγκοπή σε φολίδα με επεξεργασία
- 4) μία εγκοπή επεξεργασμένη (*retouchée*) σε φολίδα
- 5) έναν οπέα σε φολίδα
- 6) μία μικροφολίδα με επεξεργασία

Η τεχνική της μικρογλυφίδας επιβεβαιώνεται από ένα παράδειγμα. Δεν αποκαλύφθηκαν γεωμετρικοί ή μη γεωμετρικοί μικρόλιθοι.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, επιβεβαιώνεται η αποσπασματικότητα των πληροφοριών που μπορούμε να εξάγουμε από το υπό μελέτη σύνολο. Η κατάταξή του στο τέλος της Ανώτερης Παλαιολιθικής περιόδου επιβεβαιώνεται από τις χρονολογήσεις (η αρχαιότερη έως τώρα ραδιοχρονολόγηση προέρχεται από το ίδιο στρώμα, βλ. Πίνακα 3), αλλά και από την παρουσία χαρακτηριστικών τύπων ή τεχνικών, όπως τα μικρολεπιδικά εργαλεία, το ονυχόμορφο ξέστρο, η τεχνική της μικρογλυφίδας. Είναι γεγονός ότι η περιστασιακή απόσπαση λεπίδων/μικρολεπίδων από πυρήνες φολίδων καταγράφεται τόσο στο σπήλαιο του Σχιστού όσο στη φάση IV και V

του σπηλαίου Φράγγχι. Οι τελευταίες χρονολογήθηκαν στα 12540±180 BP (αρχή της φάσης) και στα 11240±140 BP (τέλος της φάσης) αντίστοιχα (Perlès, 1987). Ονυχόμορφα ξέστρα εμφανίζονται τόσο στη φάση V όσο και στη φάση VI (10880±160 – 10260±110 BP) του ίδιου σπηλαίου (Perlès, 1987). Η τεχνική της μικρογλυφίδας θεωρείται ότι χαρακτηρίζει τις λιθοτεχνίες του τέλους της Ανώτερης Παλαιολιθικής περιόδου στην Ελλάδα (Galanidou, 2003), όπως εκείνες στις φάσεις IV, V, VI του σπηλαίου Φράγγχι (Perlès, 1987), στο σπήλαιο 4 στην Κλεισούρα (Galanidou, 2003), στις φάσεις IIIβ και IV της βραχσοκεπής Μπούλα (Kotjamboroulou *et al.* 1999). Αντίθετα, απουσιάζει από εκείνες της Μεσολιθικής περιόδου, όπως από τις φάσεις VII, VIII, IX του σπηλαίου Φράγγχι (Perlès, 1990), από το σπήλαιο 1 στην Κλεισούρα (Koumouzelis *et al.* 2003), από το στρώμα Δ στο Σιδάρι (Sordinas, 2003) και από το σπήλαιο της Θεόπετρας (Adam 1999).

Το δεύτερο δείγμα (Δείγμα-2) που χρονολογήθηκε, προέρχεται από την πάσα 8 του στρώματος 3 της τομής 2. Πρόκειται για διαταραγμένο στρώμα στο οποίο, εκτός από τα λίθινα τέχνηρα που περιγράφονται στη συνέχεια, βρέθηκαν όστρακα νεολιθικής κεραμικής και οστά ζώων.

Βρέθηκαν συνολικά επτά λίθινα τέχνηρα. Ο πυριτόλιθος εκπροσωπείται μόνο από μια καμμένη φολίδα. Για τα υπόλοιπα έξι, μια λεπίδα και πέντε εργαλεία, έχει χρησιμοποιηθεί ο οψιανός. Επελέγη για χρονολόγηση, λόγω της ιδιαιτερότητας του τύπου του, ένα κυκλικό ξέστρο σε φολίδα με περιμετρική ανάστροφη δευτερογενή επεξεργασία. Τα υπόλοιπα εργαλεία αντιπροσωπεύονται από τους παρακάτω τύπους:

- 1) Λεπίδα με δευτερογενή επεξεργασία
- 2) Εγκοπή σε λεπίδα
- 3) Σύνθετο εργαλείο σε φολίδα. Αποτελείται από οδοντωτό, γλυφίδα και κλακτόνια εγκοπή
- 4) Κολόβωση σε λεπίδα

Με εξαίρεση τη φολίδα του καμμένου πυριτόλιθου και το ξέστρο, όλα τα υπόλοιπα λίθινα είναι θραυσμένα. Οι λεπίδες είναι πολύ καλής κατασκευής, με παράλληλα άκρα και νευρώσεις σε ένα παράδειγμα. Πρόκειται για

νεολιθική λιθοτεχνία, η οποία, όμως, είναι πολύ αποσπασματική.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ανασκαφικό πρόγραμμα του Σχιστού προσπάθησε να εξετάσει περαιτέρω τα ευρήματα, με τη μόνη διαθέσιμη απόλυτη χρονολογική μέθοδο που διατίθεται, αυτή της ενυδάτωσης οψιανού. Για την μέθοδο που μέχρι πρόσφατα ήταν σχεδόν πειραματική, έγινε προσπάθεια να θεσπιστούν συγκεκριμένα κριτήρια για την παραγωγή όσο το δυνατόν ασφαλέστερων αποτελεσμάτων. Σημειώνεται ότι θα ήταν χρήσιμο να επεκταθεί σε ευρήματα από άλλες θέσεις και να συνδυαστεί με άλλες μεθόδους απόλυτης χρονολόγησης.

Η επέκταση της ανασκαφής, η συστηματική χρήση του νεροκόσκινου και η περαιτέρω διεπιστημονική προσέγγιση της αρχαιολογικής έρευνας στο σπήλαιο αναμένεται να δώσουν μια σαφέστερη εικόνα των φάσεων χρήσης του, να φωτίσουν την προβληματική περίοδο της μετάβασης από το Πλειστόκαινο στο Ολόκαινο, όπως και τις διαδικασίες, οι οποίες επέφεραν την αρχή της αγροτικής οικονομίας στο Αιγαίο.

Με βάση τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν και τη συζήτηση που προηγήθηκε, μπορούμε να συνοψίσουμε τις παραμέτρους που συνηγορούν υπέρ ή κατά της παρουσίας του οψιανού σε στρώματα του τέλους του Πλειστόκαινου και των αρχών του Ολόκαινου στο ανώνυμο σπήλαιο Σχιστού Κερατσινίου:

A) Υπέρ:

1) Η μεγάλη απόσταση (0,75-1,40μ. περίπου ανάλογα με την κλίση των επιχώσεων) του στρώματος που περιείχε το απόκρουσμα του οψιανού (Δείγμα-1) από τις μεταγενέστερες επιχώσεις. Τα αμέσως ανώτερα στρώματα της συγκεκριμένης επίχωσης είναι, επίσης, 'προ-Νεολιθικά'.

2) Τα ευρήματα από την πάσα 11 του στρώματος 4 της τομής 1 (λίθινα, οστά ζώων, φυτικά κατάλοιπα) δίνουν την εικόνα ενός 'καθαρού' αρχαιολογικού περιβάλλοντος, χωρίς επιμολύνσεις. Οστά εξημερωμένης πανίδας υπάρχουν στα ανώτερα στρώματα της 'προ-Νεολιθικής' επίχωσης. Έχουν όμως, διαφορετική διατήρηση από αυτά των φάσεων του

τέλους του Πλειστοκαινού και των αρχών του Ολόκαινου.

Επομένως, η παρουσία τους στις στρώσεις που είναι σε επαφή με τα νεολιθικά στρώματα είναι αποτέλεσμα διατάραξης των επιχώσεων. Με βάση τα παραπάνω, στοιχεία επιμολύνσης προερχόμενα από τις ανώτερες στρώσεις θα εντοπιζόνταν αμέσως, κατά τη διάρκεια της μελέτης των ευρημάτων. Ομοίως το δείγμα των σπόρων παραπέμπει σαφώς σε σύνολο 'προ-Νεολιθικό', χωρίς καμμία παρουσία εξημερωμένων ειδών.

3) Υπάρχει σχετική συμφωνία των ραδιοχρονολογήσεων με αυτές της ενυδάτωσης οψιανού.

4) Από τη γεωλογική μελέτη που βρίσκεται σε εξέλιξη καθίσταται πιθανό τα στρώματα των λατυπών, που περιείχαν και τα περισσότερα ευρήματα, να έχουν σφραγιστεί από το γκουανό, οπότε και μειώνεται η πιθανότητα αναμοχλεύσεων.

5) Έχει επιχειρηθεί χρονολόγηση με την ίδια μέθοδο σε οψιανούς και άλλων θέσεων και τα αποτελέσματα είναι, επίσης, σε συμφωνία με τα υπόλοιπα χρονολογικά στοιχεία, ενισχύοντας περαιτέρω την αξιοπιστία της μεθόδου.

6) Η διαφοροποίηση που παρατηρείται ως προς τις

ραδιοχρονολογήσεις από το κατώτερο στρώμα προς το ανώτερο (βλ. Πίνακα 3), αν και δεν επιβεβαιώνεται από αντίστοιχες διαφοροποιήσεις στη λιθοτεχνία, είναι σε σχετική αντιστοιχία με τα αποτελέσματα της ενυδάτωσης.

7) Η παρουσία οψιανού σε στρώματα του τέλους του Πλειστόκαινου και των αρχών του Ολόκαινου στο σπήλαιο Σχιστού δεν είναι η μοναδική. Φαίνεται ότι επιβεβαιώνεται και η εμφάνιση οψιανού στο σπήλαιο Φράγγι σε αντίστοιχη φάση (φάση VI) (Perlès 1987), η οποία έχει γίνει ευρέως αποδεκτή, χωρίς να έχει εφαρμοστεί η τεχνική της ενυδάτωσης στα ίδια τα λίθινα τέχνεργα.

8) Η λιθοτεχνία, που αποκαλύφθηκε μαζί με το απόκρουσμα (Δείγμα-1), έχει διατηρηθεί σε πολύ καλή κατάσταση, με κόψεις ακμαίες. Τα παραπάνω υποδεικνύουν ότι δεν έχουν ανακυλιστεί ιδιαίτερα.

B) Κατά:

1) Η έντονη κατωφέρεια και η δράση του νερού που είναι σημαντικός παράγοντας αναμόχλευσης των επιχώσεων.

2) Τα δύο δείγματα είναι μεμονωμένα. Το δεύτερο δείγμα επιλέχθηκε για χρονολόγηση μόνο με βάση τα τυπο-τεχνολογικά του χαρακτηριστικά (ξέστρο με περιμετρικό *retouche*). Προέρχεται από στρώμα αναμοχλευμένο, στο οποίο τα υπόλοιπα εργαλεία είναι νεολιθικά, με μικρή εκπροσώπηση του πυριτόλιθου.

3) Το απόκρουσμα (Δείγμα-1) δεν εκπροσωπεί συγκεκριμένο χρονολογικό τύπο.

4) Έχει ανασκαφεί μικρή επιφάνεια. Γι' αυτό το λόγο τα στρωματογραφικά στοιχεία δεν είναι απολύτως σαφή. Επιπλέον, τα λίθινα εργαλεία είναι ελάχιστα.

5) Παρά το γεγονός ότι οι ραδιοχρονολογήσεις δείχνουν διαφοροποίηση από τα κατώτερα στα ανώτερα στρώματα, από το τέλος της 11<sup>ης</sup> στο δεύτερο μισό της 7<sup>ης</sup> χιλιετίας, τα ευρήματα δεν υποστηρίζουν μέχρι τώρα αυτές τις διαφοροποιήσεις.

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο να δώσει το έναυσμα για την περαιτέρω διεπιστημονική διερεύνηση του ζητήματος της πρώιμης χρήσης του θαλάσσιου και παράκτιου χώρου του Αιγαίου και της παρουσίας του οψιανού σε στρώματα που προηγούνται της παραγωγικής οικονομίας. Στην περίπτωση του Σχιστού σχεδιάζεται η επανάληψη της χρονολόγησης των ίδιων λίθινων τέχνεργων, όπως και η εφαρμογή της μεθόδου σε άλλους οψιανούς με καθαρά νεολιθικά χαρακτηριστικά από το στρώμα που περιείχε το εργαλείο (Δείγμα-2).

Τα ευρήματα του Σχιστού ενισχύουν την εικόνα μιας φάσης με κοινά χαρακτηριστικά ως προς τις στρατηγικές εκμετάλλευσης των πλουτοπαραγωγικών πηγών, στις οποίες μπορεί να περιλαμβάνεται και η χρήση του οψιανού.

Η πρόσφατη έρευνα δείχνει ότι αυξάνονται οι ενδείξεις που συνηγορούν υπέρ της χρήσης του θαλάσσιου και παράκτιου χώρου του Αιγαίου πριν τη Νεολιθική περίοδο, καθώς φαίνεται ότι αποτελούσε ένα δυναμικό περιβάλλον στο οποίο ο άνθρωπος ανέπτυξε τις δραστηριότητές του από πολύ νωρίς. Η συγκέντρωση περισσότερων στοιχείων από τη

μελλοντική έρευνα με τη συστηματική ανασκαφή στρωματογραφημένων συνόλων, την λεπτομερή περιγραφή των τυπο-τεχνολογικών χαρακτηριστικών της λιθοτεχνίας, σε συνδυασμό με την εξαντλητική εφαρμογή των απόλυτων μεθόδων χρονολόγησης θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση των δυναμικών χρήσης του θαλάσσιου χώρου σε κάθε περίοδο χωριστά και 'οριζόντια' και όχι στο πλαίσιο μιας εξελικτικής αντίληψης για τη μελέτη του πολιτισμικού φαινομένου (Μαυρίδης, 2007(2009); Μαυρίδης και Κορμαζοπούλου, 2009).

## ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

Adam, E. (1999) Preliminary presentation of the Upper Palaeolithic and Mesolithic stone industries of Theopetra Cave, western Thessaly In *The Palaeolithic archaeology of Greece and adjacent areas, Proceedings of the ICOPAG Conference, Ioannina, September 1994*, G.N. Bailey, E. Adam, E. Panagopoulou, C. Perlès & K. Zachos (ed.), British School of Athens Studies 3, London, 266-70.

Anovitz, L.M., Elam, J.M., Riciputi, L.R. and Cole, D.R. (1999) The failure of obsidian hydration dating: sources, implications and new directions. *Journal of Archaeological Science*, vol. 26, 735-752.

Crank, J. (1975) *The mathematics of diffusion, 2nd edition*, Oxford Science Publication, Oxford University Press, Oxford.

Friedman, I. and Smith, R. (1960) A new dating method using obsidian. Part I the development of the method. *American Antiquity*, vol. 25, 476-522.

Friedman, I. and Long, W. (1976) Hydration rate of obsidian. *Science*, vol. 159, 347-352.

Galanidou, N. (2003) Re-assessing the Greek Mesolithic: the pertinence of the Markovits collections In *The Greek Mesolithic: Problems and Perspectives*, N. Galanidou and C. Perlès (ed.), British School at Athens Studies 10, London, 99-112.

Gillen, G., Lareau, R., Benett, J. and Stenie, F. (1998) *Secondary ion mass spectrometry: SIMS XI*, John Wiley & Sons, New York.

Hansen, J.M. (1991) *The palaeoethnobotany of Franchthi cave, Excavations at Franchthi*

- cave, Fasc. 7. Indiana University Press, Bloomington and Indianapolis.
- Κοτζαμάνη, Γ. (2010) *Από τη συλλογή στην καλλιέργεια: Αρχαιοβοτανική διερεύνηση των πρώιμων σταδίων εκμετάλλευσης των φυτών και της αρχής της γεωργίας στον Ελλαδικό χώρο (σπήλαιο Θεόπετρας, σπήλαιο Σχιστού, Σιδάρι, Ρεβένια)*. Διδ. Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Ιστορίας-Αρχαιολογίας [GR-2010-5538], <http://invenio.lib.auth.gr/collection/theses?In=en> <http://phdtheses.ekt.gr/eadd/?locale=en>
- Kotjabopoulou, E., E. Panagopoulou & E. Adam (1999) The Boila Rockshelter: Further evidence of human activity in the Voidomatis Gorge In *The Palaeolithic archaeology of Greece and adjacent areas, Proceedings of the ICOPAG Conference, Ioannina, September 1994*, G.N. Bailey, E. Adam, E. Panagopoulou, C. Perlès & K. Zachos (eds.), British School of Athens Studies 3, London, 197-210.
- Koumouzelis, M., Kozłowski, J. K. & Ginter, B. (2003) Mesolithic finds from Cave I in the Klisoura Gorge, Argolid, In *The Greek Mesolithic: Problems and Perspectives*, N. Galanidou and C Perlès (ed.), British School at Athens Studies 10, London, 113-122.
- Laskaris, N. (2010) *Application of spectroscopic and microscopic methods of analysis for the improvement of the obsidian hydration dating*, PhD thesis, University of the Aegean, Department of Mediterranean Studies (in Greek).
- Liritzis, I. and Diakostamatiou, M. (2002) Towards a new method of obsidian hydration dating with secondary ion mass spectrometry via a surface saturation layer approach. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, vol. 2, No 1, 3-20.
- Liritzis, I., Diakostamatiou, M., Stevenson, C.M., Novak, S.W. and Abdelrehim, I. (2004) The dating of hydrated obsidian surfaces by SIMS-SS. *Journal of Radioanalytical & Nuclear Chemistry*, vol. 261, No 1, 51-60, 2004.
- Liritzis, I., Ganetsos, Th. and Laskaris, N. (2005) Review and software assessment of the recent SIMS-SS obsidian hydration dating method. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, vol. 5, No 2, 75-91.
- Liritzis, I. (2006) SIMS-SS, A new obsidian hydration dating Method: Analysis and theoretical principles. *Archaeometry*, vol. 48, 533-547.
- Liritzis, I., Bonini, M. and Laskaris, N. (2008a) Obsidian hydration dating by SIMS-SS: Surface suitability criteria from atomic force microscopy. *Surface and Interface Analysis*, vol. 40, 458-463.
- Liritzis, I., Laskaris, N. and Bonini, M. (2008b) Nano- and micro-scale resolution in ancient obsidian artefact surfaces: The impact of AFM on the obsidian hydration dating by SIMS-SS. *Physica Status Solidi*, vol. (c) 5, No 12, 3704-3707.
- Liritzis, I. and Laskaris, N. (2009) Advances in obsidian hydration dating by secondary ion mass spectrometry: World examples. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, vol. 267, 144-150.
- Μανιάτης Ι. (2009) Απόλυτες χρονολογήσεις στο Ανώνυμο σπήλαιο Σχιστού Κερατσινίου. Η ανασκαφή των ετών 2006-2007. Τα πρώτα στοιχεία της έρευνας, Μαυρίδης, Φ. και Κορμαζοπούλου, Λ. (επιμ.) *Αρχαιολογικά Ανάλεκτα εξ Αθηνών*, vol. 40-41, 20-21.
- Μαυρίδης, Φ. και Κορμαζοπούλου, Λ. (2009) Ανώνυμο σπήλαιο Σχιστού Κερατσινίου. Η ανασκαφή των ετών 2006-2007. Τα πρώτα στοιχεία της έρευνας. *Αρχαιολογικά Ανάλεκτα εξ Αθηνών*, vol. 40-41, 13-23.
- Μαυρίδης, Φ. [2007 (2009)] *Ένα αρχιπέλαγος πολιτισμών. Η Νεολιθική περίοδος στα νησιά του Αιγαίου*. *Αρχαιολογικά δεδομένα, θεωρία, ερμηνεία*. Διδ. Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Ιστορίας-Αρχαιολογίας (Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης 2009). Παρουσίαση στο περιοδικό Αρχαιολογία και Τέχνες <http://www.arxaiologia.gr/site/content.php?artid=6379,22-2-2010>.
- Perlès, C. (1987) *Les industries lithiques taillées de Franchthi (Argolide, Grèce). Tome I: Présentation générale et industries paléolithiques. Excavations at Franchthi Cave, Greece, fasc. 3*. Bloomington, Indianapolis: Indiana University Press.
- Perlès, C. (1990) *Les industries lithiques taillées de Franchthi (Argolide, Grèce). Tome II: Les industries du Mésolithique et du Néolithique Initial. Excavations at Franchthi*

*Cave, Greece, fasc. 5.* Bloomington, Indianapolis: Indiana University Press.

Sordinas, A. (2003) The 'Sidarian': maritime Mesolithic non-geometric microliths in western Greece In *The Greek Mesolithic: Problems and Perspectives*, N. Galanidou and C. Perlès (ed.), British School at Athens Studies 10, London, 89-97.

Renfrew, C., Stevenson, C., Abdelrehim, I.M. and Novak, S.W. (2001) Infra-red photoacoustic and secondary ion mass spectroscopy measurements of obsidian hydration rims. *Journal of Archaeological Science*, vol. 28, 109-115.