

# Σπήλαιο Πετραλώνων Χαλκιδικής: απόλυτες χρονολογήσεις ιζημάτων και ευρημάτων

## Δεδομένα στρωματογραφίας και σχετικών χρονολογήσεων

Δρ Νίκος Πουλιανός  
Ανθρωπολόγος

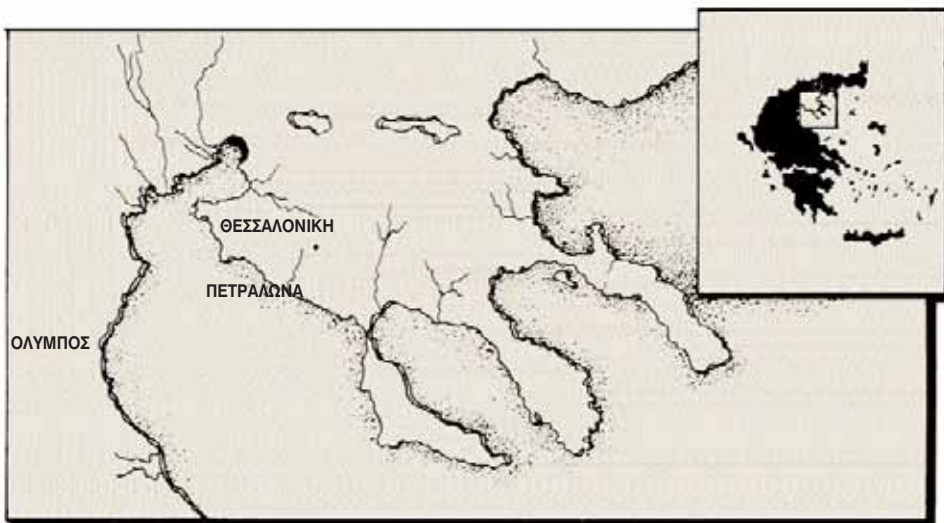
Στις 16 Σεπτεμβρίου 1960 βρέθηκε στο σπήλαιο Πετραλώνων ένα ανδρικό απολιθωμένο κρανίο, καλυμμένο με σταλαγμιτικό υλικό. Αρχικά η ηλικία του, μαζί με τα απολιθώματα της πανίδας, εκτιμήθηκε στην περίοδο του Άνω Πλειστοκαίνου (50-70.000 χρόνια Π.Σ.\*).<sup>1</sup> Με τις συστηματικές ανασκαφές του 1968, η ηλικία των ευρημάτων αναθεωρήθηκε από τον Α. Πουλιανό (1971) στα 0,5-0,8 εκατ. χρόνια, με βάση παλαιολιθικά και στρωματογραφικά στοιχεία.<sup>2</sup> Το 1971, ο ίδιος ερευνητής ίδρυσε την Ανθρωπολογική Εταιρεία Ελλάδος ([www.aee.gr](http://www.aee.gr)), έναν μη κερδοσκοπικό επιστημονικό φορέα, που ανέλαβε την πρωτοβουλία των ερευνών.

Συνοψίζοντας τα στρωματογραφικά δεδομένα (Α. Ρουλιανός 1982-2006, Ν. Ρουλιανός 1989, 1995, 1998) προκύπτει η εξής εικόνα: Στο βόρειο τμήμα του σπηλαίου έχουν αποκαλυφθεί 34 στρώματα, ενώ στο νοτιοδυτικό μόνο εκείνα κάτω από το 11ο. Περίπου 25 εκατοστά ψηλότερα από το σταλαγμιτικό δάπεδο του νότιου τμήματος, σε έναν μικρό θάλαμο που ονομάζεται Μαυσω-

λείο, βρέθηκε το ανθρώπινο κρανίο, συγκολλημένο στο ασβεστολιθικό τοίχωμα με μια σταλαγμιτική ράβδο, μήκους 3-4 εκ. Επομένως, ο Πετραλώνειος έζησε κατά τη διάρκεια του σχηματισμού του 11ου στρώματος (ή το πολύ του 14ου). Δύο είναι οι κύριες σταλαγμιτικές στρώσεις των ιζημάτων του σπηλαίου, οι οποίες έχουν συμβάλει στις απόλυτες χρονολογήσεις των ευρημάτων: το 1ο

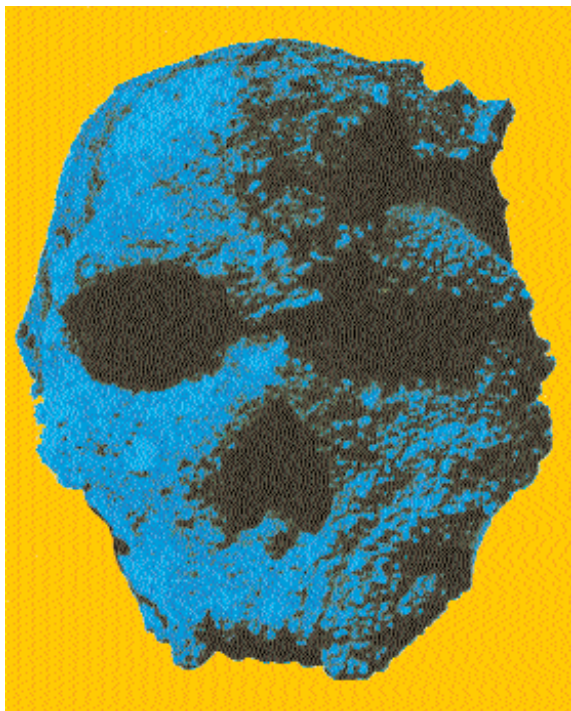
1. Το σπήλαιο Πετραλώνων απέναντι από τον Όλυμπο.

στρώμα (πάνω-πάνω) και το 10ο. Τα δεδομένα της πανίδας, αν και έχουν μεσολαβήσει κάποιες διαφορές,<sup>3</sup> επιβεβαίωσαν τελικά τις ηλικίες του Άρη Πουλιανού. Καθώς τα στοιχεία της βιοστρωματογραφίας είναι ήδη δημοσιευμένα από τον γράφοντα για το ελληνικό κοινό στο τεύχος 36 του περιοδικού *Αρχαιολογία* (1990), δεν αναπτύσσονται περαιτέρω στο παρόν άρθρο.



### Παλαιομαγνητισμός

Στην αλλαγή της πολικότητας του μαγνητικού πεδίου της Γης βασίζεται η αντίστοιχη μέθοδος χρονολόγησης, η οποία εφαρμόζεται ευρέως στην αρχαιομετρία. Τα πρώτα δύο αποτελέσματα έφτασαν ταχυδρομικά στην Αθήνα περίπου την ίδια περίοδο:<sup>4</sup> α) στις 25.5.1977, σε δείγματα που είχαν συλλέξει από τις Τομές Α και Γ, για αναλύσεις σε Ινστιτούτο του Εδιμβούργου, ο Σ. Παπαμαρινόπουλος, ο Α. Πουλιανός και ο συγ-



2. Το κρανίο του Αρχανθρώπου των Πετραλώνων τη μέρα που βρέθηκε, 16.9.1960.

γραφέας, και β) στις 15.5.1978, σε δείγματα που είχαν συλλέξει οι ανασκαφείς από την Τομή Β, για μελέτη από τον V. Bucha στο Γεωφυσικό Ινστιτούτο της Πράγας. Αρνητικά παλαιομαγνητικά δείγματα, ανεστραμμένα ως προς τη σημερινή πολικότητα, παρατηρήθηκαν κυρίως στα στρώματα 24/25 των Τομών Β και Γ. Άλλο ένα, λιγότερο ευδιάκριτο, εντοπίστηκε στο 11ο στρώμα της Τομής Β. Το 26ο στρώμα εμφανίζεται ξανά με κανονικό (θετικό) προσανατολισμό.

Στη συνέχεια, ο Παπαμαρινόπουλος (1978) δημοσίευσε ότι δεν παρατήρησε αρνητική πολικότητα στα πρώτα 16 στρώματα της Τομής Α, και αυτό, σύμφωνα με τον Α. Πουλιανό, οφείλεται πιθανόν στο γεγονός ότι τα αντίστοιχα ιζήματα ανασκάφηκαν πολλά χρόνια πριν από τη λήψη των δειγμάτων (δηλ. το 1968). Αντίθετα, δείγμα-

τα από αδιατάρακτο ίζημα του Μαυσωλείου (στρώματα 11-16) παρουσίασαν ασταθή παλαιομαγνητισμό, σε δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε από τον Α. Πουλιανό και τον Α. Latham (: προσωπική ανακοίνωση, Αύγουστος 1989). Αυτά τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με εκείνα που παρατηρήθηκαν από τον Bucha για το 11ο στρώμα της Τομής Β. Μια άλλη προσπάθεια να μετρηθεί ο παλαιομαγνητισμός των στρωμάτων 1-16 της Τομής Α, από τους Παπαμαρινόπουλο και λοιπούς (1987), έδωσε ξανά τα ίδια αποτελέσματα με αυτά του Παπαμαρινόπουλου (1978).<sup>5</sup>

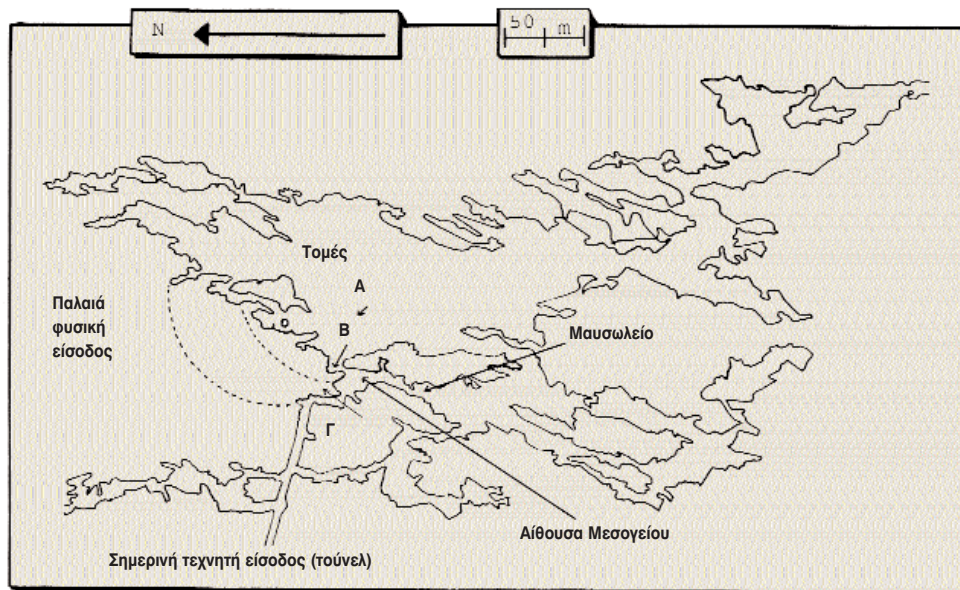
Η ανωτέρω παλαιομαγνητική «συμπεριφορά» μπορεί να ερμηνευθεί εναλλακτικά ως εξής: α) Τα στρώματα πάνω από το 11ο ανήκουν στην εποχή Brunhes και η ασταθής ενότητα των στρωμάτων 11-23 ανήκει στην αρχή της εποχής Matuyama, καθώς παρόμοια ακολουθία έχει παρατηρηθεί και σε άλλες θέσεις.<sup>6</sup> β) Η ασταθής ενότητα αντιπροσωπεύεται από τα στρώματα 19-23, στα οποία όμως είναι δυσχερής η εξαγωγή δεδομένων, λόγω της παρουσίας πολλής άμμου και γενικότερα δια-

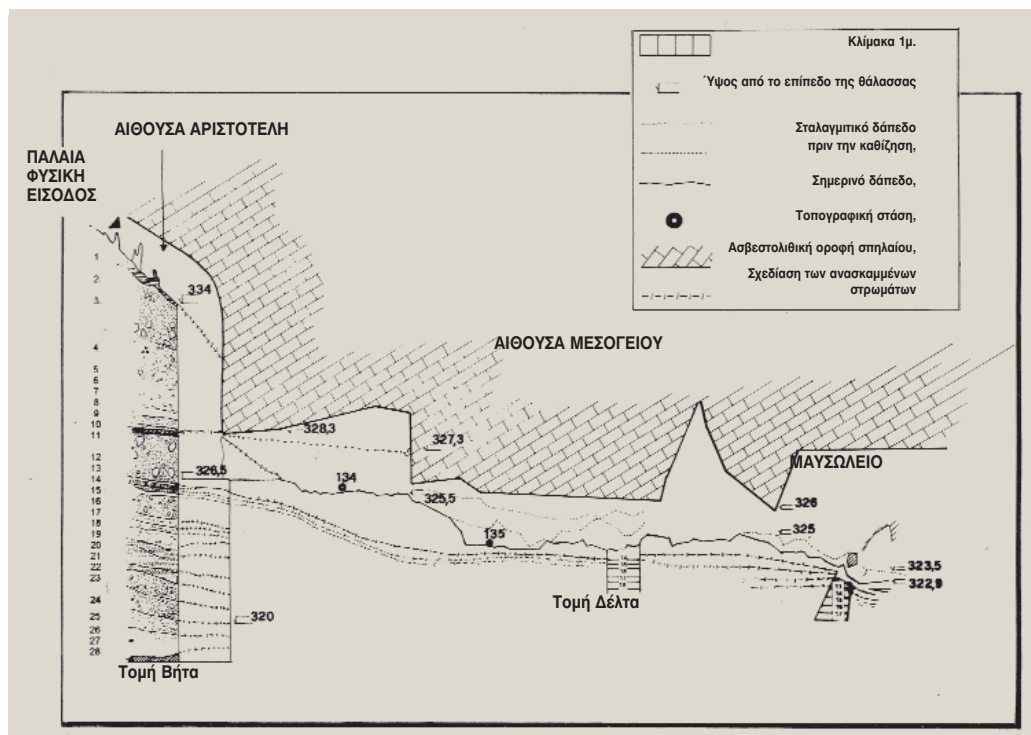
βρωμένων ιζημάτων. Αν η έντονα υγρή παλαιοϊκολογική ελαιοχώρια περίοδος, που αντανακλάται στα στρώματα 19-23, αφορά ένα παγκόσμιο φαινόμενο, παρόμοιες ερμηνευτικές δυσκολίες πρέπει να αναμένονται και σε άλλες θέσεις. Σύμφωνα πάντως με τα δεδομένα που προέρχονται από τα μικροθηλαστικά, τα στρώματα 24-25 αντιστοιχούν σε μια ηλικία 780.000 ετών και στο σύνορο των εποχών Brunhes/ Matuyama. Αναφορικά με την κανονική πολικότητα του 26ου στρώματος, παραμένει ανοιχτό ένα επιστημονικό ερώτημα, καθώς το στοιχείο αυτό δείχνει είτε το συμβάν Jaramillo (>900.000 ετών, που είχε υποστηρίξει αρχικά ο Παπαμαρινόπουλος),<sup>7</sup> είτε μια κανονική πολικότητα εντός της εποχής Matuyama.

### Μέθοδος Ουρανίου – Θορίου (U/Th)

Το δείγμα 75022 είναι το πρώτο που χρονολογήθηκε το 1976 με τη μέθοδο U-234/Th-230, από τον καθηγητή H.P. Schwarcz.<sup>8</sup> Προέρχεται από το 1ο σταλαγματικό στρώμα της Τομής Α και η ηλικία του υπολογίστηκε γύρω στα 300.000

3. Σχεδιάγραμμα κάτοψης σπηλαίου Πετραλώνων, όπου σημειώνονται: η παλαιά φυσική είσοδος, η σημερινή τεχνητή είσοδος, καθώς και οι ανασκαφικές θέσεις που αναφέρονται στην παρουσία δημοσίευση.





έτη. Παραδόξως, ένα άλλο δείγμα προερχόμενο από το 10ο στρώμα της ίδιας Τομής βρέθηκε νεότερο (~ 200.000 ετών), παρόλο που θα έπρεπε να δείχνει παλαιότερης ηλικίας από το πρώτο δείγμα. Αυτή η «αντίφαση», αποτελεί ένα παράδειγμα των δυσκολιών και των ορίων των απόλυτων μεθόδων χρονολόγησης που χρησιμοποιούνται σε σπηλαιοαποθέσεις. Αναφορικά με το επιφανειακό σταλαγματικό υλικό του Μαυσωλείου, διαπιστώθηκε η τότε μέγιστη δυνατή εκτίμηση με τη μέθοδο αυτή, δηλ. γύρω στα 350.000 χρόνια.

Παραπέρα υλικό μελετήθηκε στη συνέχεια, με στόχο τη βελτίωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων, από τους Schwarcz και λοιπούς (1980). Τα δείγματα συλλέχθηκαν από τον H.P. Schwarcz, τον Γ. Λυριτζή και τους ανασκαφείς από το κατώτερο τμήμα μιας σταλαγματικής κολόνας της Τομής Α, και απέδωσε την ηλικία των 277.000+160.000 ή 277.000-70.000 χρόνια, παρουσιάζοντας μια συγκέντρωση 0,11 ppm ουρανίου. Ένα άλλο δείγμα έδειξε νεότερη χρονολόγηση, καθώς η αναλογία U-234/Th-230 ήταν 0.8 ppm, ενώ ένα τρίτο ξεπέρασε τις τιμές

ισορροπίας, δείχνοντας μια ηλικία πολύ πάνω από τα 350.000 χρόνια («infinite age»). Μια μικροτομή από το ανώτερο επίπεδο της ίδιας σταλαγματικής κολόνας, έδειξε την ηλικία των 69.000±21.000 ετών, ενώ άλλα δυο δείγματα, από παρακείμενους κίονες της Τομής Α, παρουσίασαν τιμές εξαιρετικά υψηλές (8.4 και 2.7 ppm). Σύμφωνα με τους συγγραφείς τα δείγματα αυτά περιέργως δεν φαίνονται χημικά διαταραγμένα, ενώ οι αβεβαιότητες των χρονολογικών αποτελεσμάτων αποδόθηκαν στην εν γένει μικρή περιεκτικότητα ουρανίου. Οι ίδιοι επεσήμαναν επίσης τη μεγάλη διακύμανση των ραδιοϊσοτόπων, παρόλο που τα δείγματα απείχαν μεταξύ τους μόλις 4 εκατοστά και προέρχονταν από το ίδιο σταλαγματικό στρώμα. Συμπέραναν λοιπόν ότι ήταν αδύνατον να εξαχθεί ένα αξιόπιστο αποτέλεσμα για τη μεσαία στρώση του 1ου σταλαγματικού στρώματος, ενώ το χαμηλότερο τμήμα του έδειχνε μια ηλικία που έφτανε τα όρια της μεθόδου, δηλαδή τα 350.000 έτη. Δείγματα από το 10ο στρώμα της Τομής Α έδειξαν ξανά μια ηλικία περίπου 200.000 χρόνων. Ένα άλλο δείγμα

**4. Σχεδιάγραμμα, σε κατακόρυφη τομή, των θαλάμων Μεσογείου – Μαυσωλείου, συνοδευόμενο με δεδομένα στρωματογραφίας.**

από το ίδιο στρώμα, το οποίο περιείχε πολύ μικρή συγκέντρωση ουρανίου, αντιστοιχούσε σε μόνο 140.000 έτη. Τα αποτελέσματα αυτά, όντας αντιφατικά μεταξύ τους από στρωματογραφική άποψη, οδήγησαν τους παραπάνω αρχαιότερες στο συμπέρασμα ότι η εκτιμώμενη ηλικία αυτού του στρώματος δεν είναι αντιπροσωπευτική της πραγματικής.

Μια ερμηνεία για τα αποτελέσματα που αφορούν το 10ο στρώμα σχετίζεται με το γεγονός ότι αυτό έχει πιθανόν επηρεαστεί από πιο πρόσφατες σταλαγματιοροές (N. Roulianos 1995, 1998). Αυτές πρέπει να ακολούθησαν το ασβεστολιθικό τοίχωμα του σπηλαίου στην αίθουσα του Θεόφραστου, όπου βρίσκεται η Τομή Α, διεισδύοντας στο κενό ανάμεσα στα τοιχώματα και τα υπερκείμενα ιζήματα κατά τη διάρκεια επόμενων ξηρών περιόδων, οπότε συνέβη το φαινόμενο της συρρίκνωσης και καθίζησης των ιζημάτων (μια από τις βασικές αιτίες που το ανθρώπινο κρανίο βρέθηκε επικρεμάμενο επί του σταλαγματικού δαπέδου κατά ~ 25 εκ.).

Άλλα αποτελέσματα βασίστηκαν σε 22 δείγματα, που χρονολογήθηκαν αρχικά από τους Henning και λοιπούς (1980), με τη μέθοδο U-234/Th-230 (καθώς και με E.S.R., βλ. κατωτέρω). Η αρίθμηση των δειγμάτων ακολουθεί τη σειρά με την οποία συλλέχθηκαν. Σε γενικές γραμμές, τα δείγματα από το 1ο στρώμα δείχνουν διάφορες ηλικίες από 65.000 έως πάνω από 350.000 χρόνια. Η τελευταία χρονολόγηση αποδόθηκε επίσης και για το δάπεδο του Μαυσωλείου, εκτίμηση που αντιπροσωπεύει ένα «συμβιβασμό», ανάμεσα σε ηλικίες πιο πρόσφατων σταλαγματικών σχηματισμών και το όριο της μεθόδου. Τα δείγματα πάντως 4, 5, 11, 13 και 17, τα οποία αντιστοιχούν στα στρώμα-

τα 11-16/20, παρουσιάζουν έντονα παρόμοια αναλογία ισotόπων, δείχνοντας ότι οι μεταξύ τους ηλικίες είναι κοντινές, γεγονός που συμβαδίζει με τα βιοστρωματογραφικά δεδομένα.

Ο Λυριτζής (1980) προσπάθησε να προεκτείνει το όριο των 350.000 ετών, μετρώντας τις αναλογίες Th-230/Th-232 και U-234/U-238, επισημαίνοντας ταυτόχρονα ότι τα στατιστικά σφάλματα μπορούσαν να φτάσουν ακόμα και το 1 σίγμα. Τα αποτελέσματα του έλληνα αρχαιομέτρη μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

α) Το 1ο στρώμα παρουσιάζει ηλικίες μεταξύ 75.000 και περισσότερα από 350.000 έτη.

β) Το ενδιάμεσο τμήμα του 10ου στρώματος της Τομής Άλφα έδειξε μια μέση ηλικία περίπου 300.000 χρόνων, εμφανίζοντας μια κατά παρέκταση μέγιστη εκτίμηση στα 750.000 έτη.

γ) Το άνω και μέσο τμήμα του σταλαγματικού δαπέδου του Μουσουλίου αποκάλυψε μια ηλικία μεταξύ 154.000 και 250.000, ενώ το κατώτερο μεταξύ 400.000 και 650.000 ετών. Το άνω μέρος του σταλαγματικού δαπέδου από την παρακαίμενη «αίθουσα της Μεσογείου», υπολογίστηκε περίπου στα 159.000 χρόνια, ενώ το μέσον του στρώματος μεταξύ 350.000 και 600.000 ετών.

Εδώ πρέπει να επισημανθεί η μεγάλη ταύτιση των τιμών που σχετίζονται τόσο με τη χημική σύνθεση, όσο και τη χρονολογική εκτίμηση των σταλαγματικών δαπέδων, σε αμφότερες τις αίθουσες του Μουσουλίου και της Μεσογείου, επιβεβαιώνοντας τις στρωματογραφικές διαπιστώσεις του Α. Πουλιανού.

Ο Λυριτζής παρατήρησε επίσης ένα κενό στο σχηματισμό του ασβεστίτη μεταξύ 200.000 και 350.000 ετών, που απέδωσε στις κλιματικές αλλαγές αυτής της περιόδου και τα στάδια 6-10 των

Shackleton και Opdyke (1976). Επιπλέον διακρίβωσε ότι η δημιουργία του 1ου και του 10ου στρώματος συντελέστηκε κυρίως κατά τη διάρκεια των 70.000, 170.000-200.000, 350.000, 450.000 και 650.000 ετών Π.Σ. Η ανακάλυψη αυτή είναι πολύ σημαντική για την παλαιοοικολογία, την παλαιοανθρωπολογία και την παλαιοντολογία, γιατί δείχνει τις κύριες υγρές περιόδους της Γης τα τελευταία 650.000 χρόνια, κατά τις οποίες, τουλάχιστον στη Μεσόγειο, ευνοήθηκε ο σχηματισμός μεγάλης ποσότητας σταλαγματικού υλικού.

Το δάπεδο του Μουσουλίου, που συναποτελείται από δύο κυρίως σταλαγματικά στρώματα (δηλ. το 1ο και το 10ο), έδειξε ξανά ηλικίες μεταξύ 280.000 και 600.000 ετών, επικεντρώνοντας στον μέσο τους όρο των 450.000 χρόνων.<sup>9</sup>

Για τις προαναφερόμενες χρονολογήσεις, είναι δυνατόν να παρατεθεί ένα υποθετικό παράδειγμα σχετικά με την εναπόθεση ευρημάτων στα διάφορα σταλαγματικά στρώματα: Έστω ότι ένα απολίθωμα μόλις διαπερνά το σταλαγματικό δάπεδο των 600.000 ετών και επικαλύπτεται από ένα άλλο ηλικίας 450.000 ή ακόμα και ένα τρίτο 200.000 ετών. Εάν για την ηλικία του ευρήματος υποδειχθεί η μέση τιμή του σταλαγματικού υλικού που το επικαλύπτει, δηλ. των 300.000 περίπου ετών, τότε η χρονολόγηση είναι λανθασμένη, όπως και αν θεωρούνταν 450.000 ή μόνο 200.000 ετών. Αντίθετα η ορθή ηλικία πρέπει να βασιστεί στη στρωματογραφική του θέση, η οποία χρονολογικά αντιστοιχεί σε πάνω από 600.000 χρόνια.

#### **Θερμοφωταύγεια (Thermoluminescence - TL)**

Σε ιδανικές περιπτώσεις και για υλικά σχετικά πρόσφατα, το στατιστικό λάθος αυτής της μεθόδου

κυμαίνεται γύρω στο 10%. Πέρα από τα 300.000 χρόνια, το αντίστοιχο σφάλμα αυξάνει σημαντικά. Σύμφωνα με τον Ikeya (1977), η ελάχιστη ηλικία που δείχνει αυτή η μέθοδος για τον επιφανειακό σταλαγματή της Τομής Α-1 είναι τα 250.000 χρόνια. Η ίδια μέθοδος εφαρμόστηκε από τον Λυριτζή (1980) σε πυριτιούχο άμμο, ενσωματωμένη σε καμένη άργιλο του 4ου στρώματος. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια μέγιστη τιμή 670.000-700.000 χρόνια. Ο Λυριτζής δεν θεώρησε αυτό το αποτέλεσμα αντιπροσωπευτικό της πραγματικής ηλικίας, καθώς η καύση δείχνει να έχει συντελεστεί μόνο στους 250° C και όχι στους 400° C, μειώνοντας τη δυνατότητα εξαγωγής πιο ασφαλών συμπερασμάτων. Έτσι, υπέδειξε τη χρονολόγηση των 300.000-350.000 ετών ως πιο πιθανή, με την πρόσθετη αιτιολογία ότι αυτή η ηλικία προκύπτει συνήθως για το ανώτερο (1ο) σταλαγματικό στρώμα, το οποίο κείται πλησιέστερα στο 4ο. Η γνώμη του συγγραφέα του παρόντος άρθρου ωστόσο είναι πως για πρώτη φορά αποκαλύφθηκε, με μια μέθοδο απόλυτης χρονολόγησης, ότι το 4ο στρώμα πλησιάζει την ηλικία των αρχών του Μέσου Πλειστόκαινου, γεγονός που ανταποκρίνεται, όπως προαναφέρθηκε, στα βιοστρωματογραφικά δεδομένα.

#### **Ανίχνευση Ιχνών Σχάσης (Fission Track Detection)**

Η χρονολόγηση, με αυτή τη μέθοδο, σταλαγματικού υλικού από την Τομή Α δεν απέδωσε αξιόπιστα αποτελέσματα. Αυτό, σύμφωνα με τον Ikeya (1977), οφείλεται ξανά στο γεγονός ότι η συγκέντρωση U-238 είναι πολύ χαμηλή (0,12 ppm), τιμή πολύ κατώτερη από τη φασματογραφία ακτινών γ του Ra-226 (0,57 ppm). Ο ίδιος μελε-

τητής υπέθεσε ότι αυτή η διαφορά μπορεί να οφείλεται σε ραδόνιο που δεν προέρχεται από το ουράνιο, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι το σταλαγμιτικό υλικό του σπηλαίου Πετραλώνων θα μπορούσε να χρονολογηθεί με τη μέθοδο των Ιχνών Σχάσης, μόνο αν είχε ηλικία μεγαλύτερη από 3 εκατ. έτη.

### Συντονισμός Ηλεκτρονικής Στροφορμής (E.S.R.)

Η μέθοδος E.S.R. (Electron Spin Resonance) ανακαλύφθηκε από τον Ikeya στο πανεπιστήμιο Jamaguci της Ιαπωνίας.<sup>10</sup> Αρχικά εφαρμόστηκε σε μια διατομή από τη βάση ενός σταλαγμιτικού κίονα της Τομής A-1 (Ikeya 1977). Το κεντρικό μέρος του δείγματος είχε λευκό χρώμα, ενώ το υπόλοιπο, προς την περιφέρεια, καστανό. Το σημείο επαφής τους υπολογίστηκε στα 68.000 χρόνια, με μια αύξηση 0,2 μικροχλιοστά ανά έτος. Υποθέτοντας ότι ο ρυθμός αυτής της αύξησης ήταν σταθερός, εκτιμήθηκε η ελάχιστη ηλικία των 250.000 ετών για την κεντρική περιοχή του σταλαγμίτη. Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν σε σταλαγμιτικά δείγματα του σπηλαίου Akiyoshi της Ιαπωνίας, γεγονός που οδήγησε τον Ιάπωνα ερευνητή στο συμπέρασμα ότι πριν από 68.000 χρόνια συνέβη μια παγκόσμια κλιματική αλλαγή στα επίπεδα της υγρασίας (πρβλ. προαναφερόμενα συμπεράσματα Λυριτζής 1980).

Για τον υπολογισμό της ηλικίας με E.S.R., αναγκαίες ήταν οι ακριβείς μετρήσεις της ετήσιας ραδιενεργού δόσης. Το 1977 η παράμετρος αυτή μετρήθηκε εισάγοντας ευαίσθητες κάψουλες φωσφόρου και CaSO<sub>4</sub> (Tm) σε ιζήματα του σπηλαίου Πετραλώνων. Αυτές οι κάψουλες έδειξαν την εξωτερική δόση των 50 mrad/έτος, ενώ η συ-

νολική ετήσια δόση υπολογίστηκε στα 200 mrad/έτος. Επιπλέον ο Ikeya (1978) χρονολόγησε άλλο ένα δείγμα από την επιφάνεια της Τομής A, το οποίο απέδωσε μια ηλικία 340.000 χρόνια Π.Σ., με βάση την ετήσια συνολική δόση πάλι των 0,2 rad/έτος και εξωτερική δόση των 87 ( $\pm$  20) mrad/έτος.

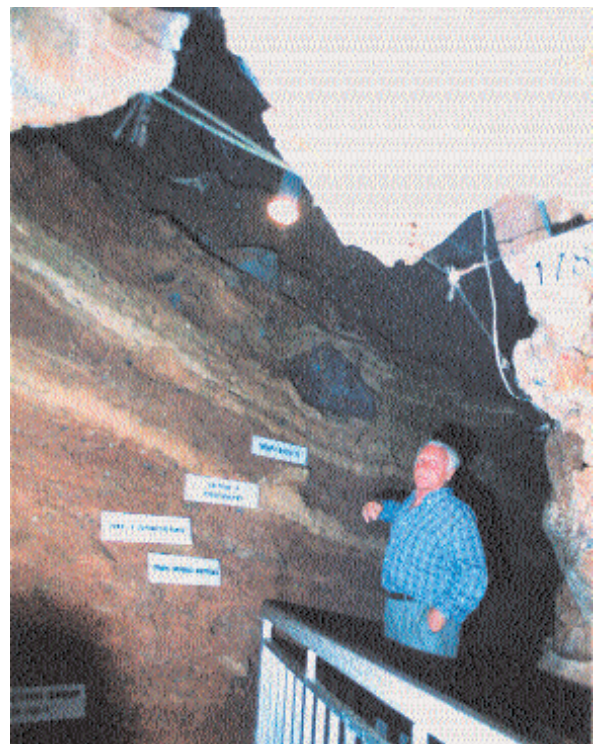
Στη συνέχεια, οι Ikeya και Α. Πουλιανός (1979) παρουσίασαν χρονολογήσεις στάχτης προσκολλημένης σε σταλαγμιτικό υλικό, προερχόμενης από τα στρώματα 23-24 της Τομής Γ. Θεωρητικά το σταλαγμιτικό υλικό επηρεάστηκε από την ίδια φωτιά που παρήγαγε τις στάχτες. Η αρχαιομετρική δόση (πριν από την έκθεση των δειγμάτων σε ακτινοβολία) είχε υπολογιστεί σε περίπου 210-230 Krad. Θεωρώντας την ετήσια δόση στα 0,2-0,3 rad/έτος, υπολογίστηκε η απόλυτη ηλικία των 0,7 έως 1 εκατ. ετών. Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι οι στάχτες ακτινοβολούν περισσότερο από τους σταλαγμίτες. Έτσι η τιμή της μέσης ετήσιας δόσης των 0,2 rad/έτος θα μπορούσε στην πραγματικότητα να είναι υψηλότερη κατά 0,1 rad/έτος ή ακόμα και η μισή (δηλ. 0,3 ή 0,1 rad/έτος αντίστοιχα), επηρεάζοντας προφανώς σε μεγάλο βαθμό τις εκτιμώμενες χρονολογήσεις.

Έτσι, μια μεγάλη διακύμανση των τιμών παρατηρήθηκε ξανά πάνω στο ίδιο πρακτικά δείγμα. Κατά τον Ikeya (1980), αυτή η διακύμανση πιθανόν οφείλεται στη διαφορετική περιεκτικότητα ραδιονουκλεοτιδίων στα δείγματα, που επηρεάζει ταυτόχρονα τις τιμές της ετήσιας δόσης. Η εμφανιζόμενη έλλειψη ανθρακικής καθαρότητας στο σταλαγμιτικό υλικό, η οποία με τη σειρά της πιθανόν οφείλεται στην πορώδη δομή του και σε διαδικασίες ανακρυστάλλωσης, οδήγησε τον Ikeya να υποδείξει την ανάγκη περισσότερων μετρήσεων

και σχετικών ερευνών. Όσον αφορά το 10ο σταλαγμιτικό στρώμα της Τομής Β, ο ίδιος ερευνητής θεώρησε την ηλικία των 670.000 ετών σαν την πιο πιθανή.

Περαιτέρω E.S.R. αποτελέσματα παρουσίασαν οι προαναφερόμενοι Henning και λοιποί (1980) καθώς και οι Henning και λοιποί (1981). Στο τελευταίο άρθρο χρησιμοποιήθηκαν πέντε δείγματα, από τα οποία τρία (b, d, e) είχαν ήδη χρονολογηθεί με τη μέθοδο U/Th από τους Henning και λοιπούς το 1980, γεγονός που ο Καρακωστόνιγλου<sup>11</sup> επέκρινε σε επίπεδο επαγγελματικής ηθικής. Καθώς οι Henning και λοιποί (1981) δεν αναφέρουν την ακριβή θέση προέλευσης αυτών των δειγμάτων (b, d, e), μια σύγκριση της χημικής τους σύνθεσης, με βάση τους Henning και λοιπούς (1980), δείχνει ότι ανήκουν στο νοτιότερο προαναφερθέν τμήμα του σπηλαίου (Αίθουσα Μεσογειού-Μαυσωλείου). Αναλυτικά τα πέντε δείγματα είναι: α) Ασβεστίτης επικάλυψης του ανθρώπινου κρανίου, ο οποίος χρονολογήθηκε στα 200.000 χρό-

5. Ο ανασκαφέας του σπηλαίου Πετραλώνων Άρης Ν. Πουλιανός μπροστά στην Τομή Β. Οι λευκές κουκκίδες φανερώνουν τα σημεία δειγματοληψίας για παλαιομαγνητισμό.



νια, ηλικία που κατά τους Henning και λοιπούς (1981) είναι η ελάχιστη δυνατή του ανθρώπου των Πετραλώνων.

β) Το ανώτερο στρώμα του σταλαγμιτικού δαπέδου (Μεσογειού - Μαυρωλείου), έδωσε, όπως και σε άλλες περιπτώσεις, μια ηλικία γύρω στα 200.000 χρόνια.

γ) Οστέινα τμήματα (τεμάχια-«fragments») του ανθρώπινου κρανίου, τα οποία αποσπάστηκαν μαζί με σταλαγμιτικό υλικό κατά τον καθαρισμό του, χρονολογήθηκαν στα 127.000 έτη (ελάχιστη τιμή 100.000 και μέγιστη 160.000 χρόνια). Πρέπει ωστόσο να επισημανθεί ότι δυστυχώς δεν αναφέρεται η ποσότητα (βάρος) των απομακρυσμένων οστέινων τεμαχίων που χρησιμοποιήθηκε και πιθανότατα καταστράφηκε.

δ) Δείγμα ασβεστίτη προερχόμενο 3-4 χλστ. κάτω από το δείγμα b, χρονολογήθηκε στα 200.000 έτη, ηλικία που σύμφωνα με τους Henning και λοιπούς (1981) θα έπρεπε να θεωρηθεί η μέγιστη για τον ανθρωπίδη (αν και δεν δίνεται καμία σχετική επεξήγηση). Από καθαρά στρωματογραφική άποψη, αυτή η χρονολόγηση δείχνει αντιθέτως την ελάχιστη ηλικία, ενώ για τους ίδιους λόγους η ενδεικτικά μέγιστη εξασφαλίζεται από το επόμενο δείγμα e.

ε) Δείγμα ασβεστίτη που προέρχεται 30-40 χλστ. κάτω από το δείγμα b, ηλικίας  $650 \pm 280.000$  ετών. Είναι προφανές ότι ορισμένες χρονολογήσεις (δείγματα c, d) των Henning και λοιπών (1981) δείχνουν νεότερες ηλικίες από αυτές «προηγούμενων» ερευνητών (συμπεριλαμβανομένων εκείνων των Henning και λοιπών, 1980).

Μια συζήτηση για τις διάφορες οπτικές αυτών των χρονολογήσεων έλαβε χώρα το 1982 στο περιοδικό *Nature*, τχ. 299:

Σύμφωνα με τον Ikeya, η ανωτέρω ασυμφωνία στις χρονολογή-

σεις, οφείλεται στη διαφορετική θεώρηση της συνολικής ετήσιας δόσης ακτινοβολίας που έχουν δεχθεί τα δείγματα. Έτσι λ.χ., θεωρώντας διπλάσια την εξωτερική ετήσια δόση, προκύπτει υποδιπλασιασμένη η εκτίμηση της απόλυτης ηλικίας. Ο ίδιος ερευνητής επεσήμανε επίσης ότι η μέθοδος E.S.R. είχε τελειοποιηθεί από την εποχή των πρώτων χρονολογήσεων, συζητώντας ταυτόχρονα και την επίδραση του ραδονίου στα δείγματα. Η ηλικία των 600.000-700.000 ετών για τον Πετραλώνειο, βασισμένη ακόμα και στα αποτελέσματα για την εσωτερική δόση των Henning και λοιπών (1981) –επί των οστών του κρανίου– έδειχνε ως η πιο αντιπροσωπευτική και πολύ κοντινή με αυτή που είχε προσδιορίσει ο Ikeya με τον Miki (1981) για τον άνθρωπο από το Mauert της Γερμανίας (βλ. επίσης Ikeya 1990a, b).

Ο Α. Πουλιανός εστίασε την προσοχή στη στρωματογραφική και πολιτισμική θέση του Αρχανθρώπου των Πετραλώνων, που μαζί με τη μελέτη των υπολειμμάτων σαρκοβόρων και της δοσιμετρίας, έδειξαν την ηλικία του τέλους του Κάτω

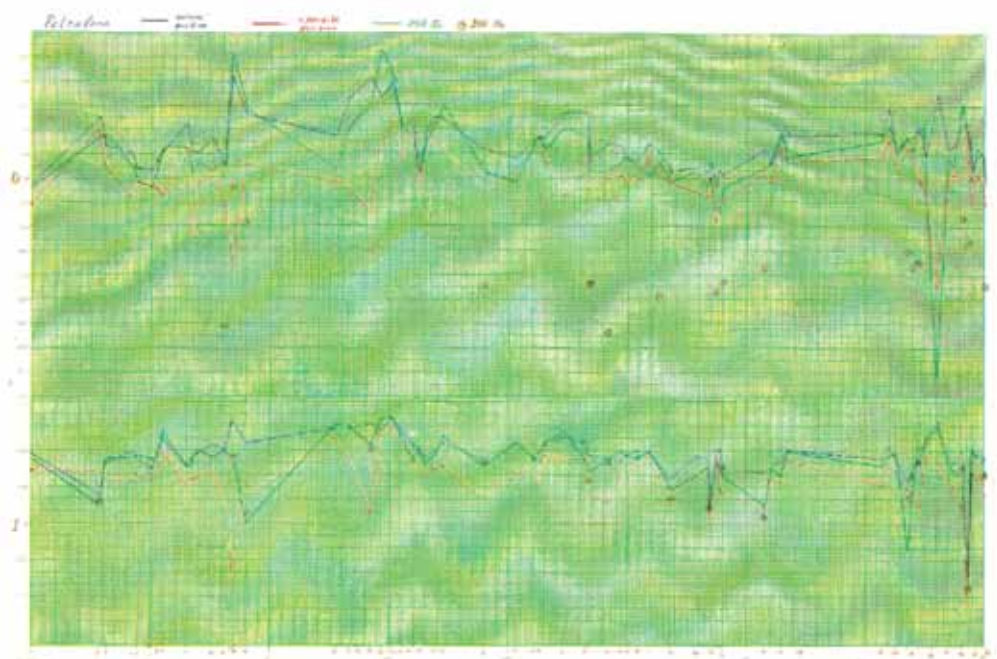
Πλειστόκαινου (~700.000 χρόνια). Ο Λυριτζής παρατήρησε ότι είχε επίσης βρει νεότερες ηλικίες, αλλά μόνο στα ανώτερα τμήματα των σταλαγμιτικών αποθέσεων του Μαυρωλείου.

Ο Kurt n, σε επιστολή που δεν δημοσιεύθηκε, αλλά κοινοποιήθηκε στην Αθήνα, τόνισε ότι ο ασβεστίτης που καλύπτει το ανθρώπινο κρανίο (δείγμα a, 200.000 ετών) δεν μπορεί να είναι παλαιότερος του ίδιου του κρανίου (δείγμα c, 127.000 ετών), καθώς είναι προφανές ότι αυτό δεν μπορεί να «παρεισέφρησε» σε αρχαιότερο σταλαγμιτικό υλικό, σε σχέση με την εποχή που έζησε ο Πετραλώνειος άνθρωπος.

Οι Henning και λοιποί (1981), στο ίδιο (299) τεύχος του *Nature* (1982), σε μια απάντηση, η οποία ουσιαστικά δεν αντιμετώπιζε τις ανωτέρω επισημάνσεις των Ikeya, Roulianos, Liritzis και Kurt n, και που μπορεί να θεωρηθεί ακόμα και ως αποπροσανατολιστική, έγραψαν τα εξής:

1) Ότι «ο Sickenberg (1964) ταξινόμησε την πανίδα των Πετραλώνων στη Riss/Wurm περίοδο» (περίπου στα 50.000-70.000 έτη).

**6. Διαγράμματα που αφορούν τον παλαιομαγνητισμό, από το Γεωφυσικό Ινστιτούτο της Πράγας (από Πουλιανό 1980).**



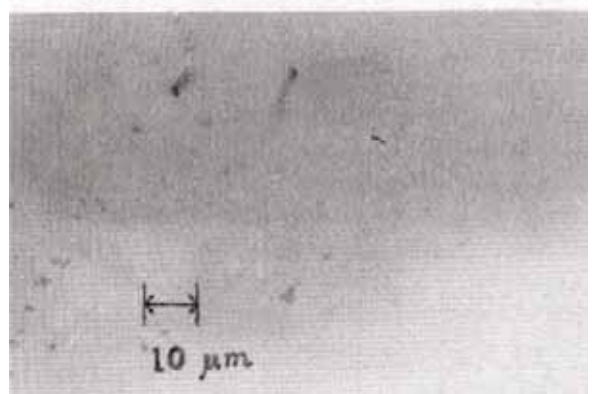
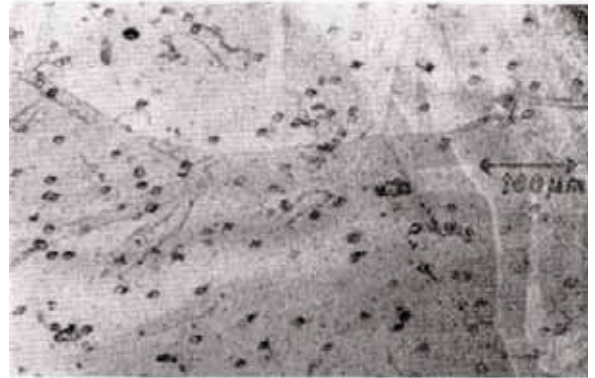
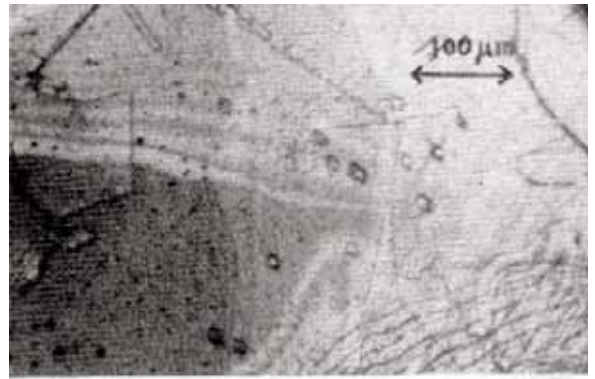
Παραλείπεται όμως στην απάντηση των Henning και λοιπών (1982) το γεγονός ότι το 1971 ο Sickenberg αναθεώρησε τις αρχικές εκτιμήσεις που είχε κάνει το 1964, καταλήγοντας στην ηλικία της Biharia περίοδο (600.000-700.000 ετών), και ότι αυτή η διόρθωση οφειλόταν στις ανακοινώσεις επί των ανασκαφικών συμπερασμάτων του Άρη Πουλιανού το 1968 και 1971. Είναι βέβαια προφανές, ότι επιλεγμένες βιβλιογραφικές αναφορές δεν προσφέρουν τίποτα το εποικοδομητικό, για την απόκτηση μιας συνολικής εικόνας επί των επιστημονικών δεδομένων.

2) Ότι «το μετακρανιακό υλικό που δημοσιεύτηκε από τον Α. Πουλιανό (1980), δεν ανήκει σε άνθρωπο» (αν και οι Henning και λοιποί 1981, δεν το είχαν μελετήσει) και κατηγόρησαν τον Α. Πουλιανό για αντίφαση, αφού: «το 1971, είχε δηλώσει ότι ο μετακρανιακός σκελετός είχε χαθεί για την επιστήμη».

Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι όταν το 1977 άρχισαν οι συστηματικές ανασκαφές στο Μαουσωλείο, για τη διακρίβωση της στρωματογραφίας του, προς έκπληξη των ανασκαφών, εκατοντάδες απολιθώματα, συνήθως σπασμένα, βρέθηκαν εγκαταλειμμένα ανάμεσα στα ιζήματα, τα οποία είχαν έντονα αναμοχλευτεί κατά τις επιφανειακές έρευνες του 1960 εκ μέρους καθηγητών του Α.Π.Θ. Τα απολιθώματα αυτά βρέθηκαν είτε επικαλυμμένα με σταλαγμιτικό υλικό είτε ελεύθερα. Για ορισμένα εκ των σπασμένων, ο Α. Πουλιανός (1980) διαπίστωσε ότι είναι ανθρώπινα, και στην αντίστοιχη δημοσίευση παραθέτει αναλυτικές έγχρωμες φωτογραφίες. Τα ίδια οστά τμήματα εξετάστηκαν περαιτέρω από τον ιατροδικαστή Π. Γιαμαρέλλο, ο οποίος επιβεβαίωσε ότι ήταν ανθρώπινα.<sup>12</sup> Κατά τη διάρκεια της προαναφερθείσας παράνομης, αλλά και βίαιης, αποβολής της Αν-

θρωπολογικής Εταιρείας Ελλάδος από τις έρευνες της στο σπηλαιο Πετραλώνων, τα έτη 1983-1997, τα συγκεκριμένα ευρήματα εκλάπησαν (όπως και άλλα αντικείμενα: απολιθώματα, παλαιολιθικές στάχτες, ανασκαφικά ημερολόγια), ενώ ο χώρος φυλασσόταν από υπαλλήλους που το 1998 προσλήφθηκαν στο Υπουργείο Πολιτισμού. Παρά τις σχετικές καταγγελίες, ουδεμία μέχρι στιγμής έρευνα προχώρησε εκ μέρους των αρμοδίων κρατικών υπηρεσιών και παραμένει άγνωστη η τύχη αυτών των ευρημάτων. Στο αναμοχλευμένο ιζημα του Μαουσωλείου, μαζί με τα διάφορα (σπασμένα ή μη) απολιθώματα, εγκαταλείφθηκε και μια ηλεκτρική μπαταρία του 1960, η οποία συγκαταλέγεται σήμερα ανάμεσα στις συλλογές του Ανθρωπολογικού Μουσείου του σπηλαίου. Το γεγονός αυτό επαληθεύει τον απρόσεκτο τρόπο συλλογής υλικών το έτος που ανακαλύφθηκε το ανθρώπινο κρανίο. Σύμφωνα με γραπτή δήλωση ενώπιον συμβολαιογράφου από τον μακαρίτη Χρήστο Σαρρηγιαννίδη (τον άνθρωπο που βρήκε το κρανίο, καθώς και έμπειρο εργάτη ανασκαφών), διάφορα μετακρανιακά ανθρώπινα οστά συλλέχθηκαν και μεταφέρθηκαν στο Παν/μιο Θεσσαλονίκης, ενώ άλλα έσπασαν ή διαλύθηκαν επί τόπου κατά το 1960. Έτσι, με βάση τα παραπάνω, αληθεύει ότι, τουλάχιστον κατά το μεγαλύτερο μέρος, τα μετακρανιακά οστά χάθηκαν για την επιστήμη, ενώ οι σημερινές προσπάθειες εστιάζονται στην ανάκτηση όσο το δυνατόν περισσότερων απολεσθέντων πληροφοριών.

3) Ότι «το χρονολογικά πιο πρόσφατο καφετί (πολύ λεπτό) στρώμα σταλαγμιτικού υλικού (δείγμα c), είναι σε άμεση επαφή με το κρανίο, που σημαίνει ότι η ηλικία του είναι 100.000-160.000 ετών». Ένας τέτοιος ισχυρισμός μπορεί

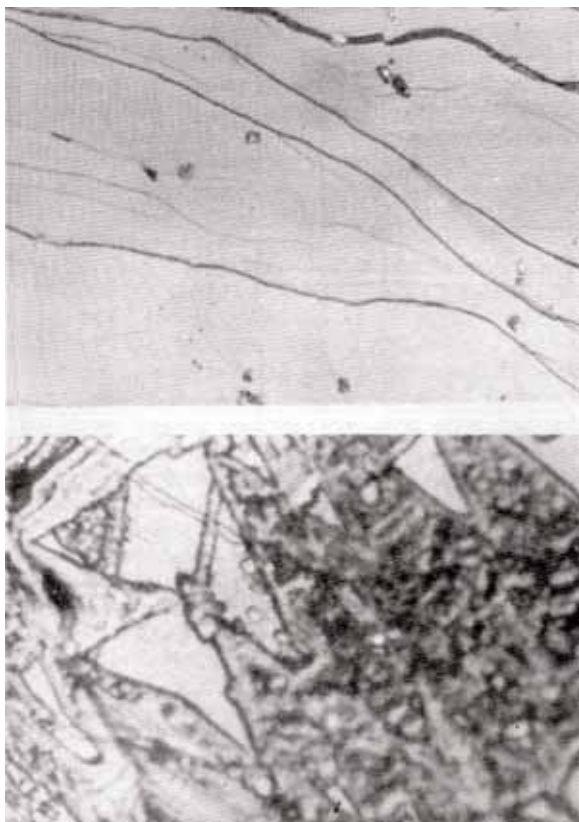


7. Ίχνη σχάσης σε σταλαγμιτικό υλικό του σπηλαίου Πετραλώνων (από Ikeya 1977).

να ευσταθούσε μόνο εάν ολόκληρο το κρανίο ήταν καλυμμένο με παρόμοιο ιζημα, τη στιγμή που το μελέτησαν οι Henning και λοιποί (1981). Δυστυχώς, μετά την απομάκρυνση του μεγαλύτερου μέρους τού σταλαγμιτικού υλικού κατά τα έτη 1960-1978, το μόνο τμήμα του κρανίου που είχε μείνει επικαλυμμένο με καφετιές λεπτές αποθέσεις ήταν αυτό της βάσης του. Κρίνοντας από τις πρώτες φωτογραφίες της 16.9.1960, το άνω τμήμα του κρανίου ήταν καλυμμένο με αρκετά παχύτερο στρώμα σπηλαιοαποθέσεων (τουλάχιστον 5-7 χλστ.), από ό,τι το

κάτω (2-3 χλστ.). Επιπλέον, τα σπασμένα τμήματα σταλαγμιτικού υλικού, που καλύπτουν αρκετά από τα προαναφερόμενα εκατοντάδες απολιθώματα από το αναμοχλευμένο ίζημα του Μασσαλιού, αποτελούνται τόσο από καφετί (λεπτό και νεότερο) όσο και από λευκό (παχύ και αρχαιότερο) στρώμα, γεγονός που συνηγορεί υπέρ της πιθανότητας ότι και το κρανίο είχε καλυφθεί από αμφοτέρως τις σπηλαιοαποθέσεις (λευκές και καφετιές). Η ερμηνεία που περισσότερο ταιριάζει στο σύνολο των ανωτέρω παρατηρήσεων, βασίζεται στην υπόθεση ότι πριν από την καθίζηση των ιζημάτων, και καθώς το κρανίο βρισκόταν ακόμα στο δάπεδο του σπηλαίου, το πιο παχύ (λευκό) σταλαγμιτικό στρώμα, το οποίο το συγκόλλησε ταυτόχρονα στο πλευρικό ασβεστολιθικό τοίχωμα, μπορούσε να καλύψει μόνο το απώτερο τμήμα του (κυρίως των οστών του μετωπιαίου, του ινιακού και των βρεγματικών). Ύστε-

**8. Σταλαγμίτης στο μικροσκόπιο (x 600) προς χρονολόγηση με E.S.R., πριν και μετά την ολιγόλεπτη έκθεσή του σε ελαφρύ διάλυμα οργανικού οξέος (από Ikeya 1977).**



ρα από την καθίζηση, το κρανίο έμεινε «αιωρούμενο» και κολλημένο στο τοίχωμα του σπηλαίου, ενώ η βάση του, που δεν ακουμπούσε πια στο δάπεδο, δέχθηκε ως επικάλυψη μόνο τη νεότερη καστανή σταλαγμιτική επίστρωση. Έτσι, αποκλειστικά το καφετί σταλαγμιτικό στρώμα ήταν δυνατόν να καλύψει τη βάση του κρανίου, χωρίς δηλ. να συναντήσει καμία λευκή κρούστα σε αυτό το τμήμα του απολιθώματος. Εξάλλου μόνο η λεπτή σταλαγμιτική στρώση των 2-3 χιλιοστών του καφέ σταλαγμιτικού υλικού, δεν θα ήταν αρκετή να συγκρατεί το βάρος του κρανίου, συγκολλημένου μέσω μιας οριζόντιας σταλαγμιτικής ράβδου 3-4 εκατοστών. Επίσης, οι Henning και λοιποί (1981) είχαν επισημάνει αρχικά ότι η σταλαγμιτική επικάλυψη του κρανίου έδωσε ηλικία 200.000 ετών και ότι τα οστείνα τμήματα έδειξαν εκείνη των 127.000 ετών (από 100.000 έως 160.000 χρόνια). Εκτός από την επισήμανση του B. Kurt n, ότι κάτι τέτοιο ήταν αδύνατο να συμβεί, στην απάντηση του 1982 μιλούσε για σταλαγμιτική επικάλυψη 100.000-160.000 ετών, προκαλώντας μια γενικευμένη και μέχρι στιγμής αδιευκρίνιστη σύγχυση. Δηλαδή με ποιες μεθόδους χρονολόγησαν την οστείνη ύλη και με ποιες την επικάλυψη, καθώς και με τι αποτελέσματα; Μέγιστη ηλικία 200.000 ή 127.000 έτη και για ποιο είδος υλικού; Κατά την άποψη του συγγραφέα του παρόντος άρθρου, τα γεγονότα περιγράφονται πιο αξιόπιστα στην δημοσίευση των Henning και λοιπών του 1981, από ό,τι στην απάντηση του 1982 στο *Nature*. Δηλαδή ότι χρονολογήθηκαν αμφότερα τα υλικά και ότι όταν αντιλήφθηκαν το λάθος που επεσήμανε ο Kurt n, προέβησαν σε μια συσκότιση επί των χρονολογικών μεθόδων και του είδους των υπό εξέταση υλικών.

4) Ότι «η δοσιμετρία που υπολογίστηκε για την εξαγωγή χρονολογικών συμπερασμάτων από τον Ikeya το 1977 είναι διαφορετική από εκείνη του 1980».

Πράγματι ο καθηγητής M. Ikeya, πάντα υποδείκνυε δυο πιθανές τιμές της ετήσιας δόσης, όπως και την ανάγκη για περαιτέρω μετρήσεις και τελειοποίηση της μεθόδου E.S.R.

Στο σημείο αυτό μπορεί επίσης να αναφερθεί ότι οι δυσκολίες των αποτελεσμάτων των διαφόρων χρονολογήσεων συνοψίστηκαν εν μέρει και από άλλους επιστήμονες, οι οποίοι ωστόσο παραθέτουν μια πολύ γενική και επιλεκτική επισκόπηση, καθώς δεν έλαβαν υπόψη όλα τα βιβλιογραφικά δεδομένα.<sup>13</sup>

Ακολούθησε η προαναφερμένη μελέτη των Shen Guanjun & Yokoyama (1986), που ερχόταν σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των Henning και λοιπών (1981). Το κύριο συμπέρασμα ήταν ότι όλα τα ιζήματα του σπηλαίου, κάτω από το χαμηλότερο τμήμα του 1ου σταλαγμιτικού στρώματος, έχουν ηλικία τουλάχιστον 350.000 χρόνια. Αυτή η έρευνα βασίστηκε σε δείγματα που έλαβαν το 1982 ο A. Πουλιανός, ο H. de Lumley και ο συγγραφέας.

Αξίζει εδώ να επισημανθεί ότι, με βάση τις απόλυτες ηλικίες, η χρονολογική απόσταση που συνήθως διαπιστώνεται μεταξύ του 10ου και του 1ου σταλαγμιτικού στρώματος ανάγεται περίπου στα 300.000 χρόνια (από 650.000 έως 350.000 έτη). Όμως από τη βιοστρωματογραφική σύνθεση της πανίδας, προκύπτει ότι οι ηλικίες σχηματισμού του 9ου και του 2ου στρώματος απέχουν μεταξύ τους περίπου 100.000 χρόνια. Έτσι, όταν το σπήλαιο Πετραλώνων σφραγίστηκε από το 2ο στρώμα και αποκλείστηκε από το εξωτερικό του περιβάλλον, πέρασαν άλ-



λες 200.000 περίπου έτη έως ότου αρχίσει ο κύριος σχηματισμός του 1ου σταλαγμιτικού στρώματος στα 350.000 χρόνια. Από άλλες ευρωπαϊκές θέσεις (π.χ. Tautavel) είναι γνωστή η ηλικία σχηματισμού αρκετά εκτεταμένου σταλαγμιτικού υλικού γύρω στα 450.000 χρόνια. Πιθανόν στα Πετράλωνα, εξαιτίας του ότι οι αντίστοιχες κλιματολογικές συνθήκες ήταν λιγότερο ευνοϊκές (πιο ζεστό κλίμα), ο σχηματισμός σπηλαιοαποθέσεων αυτής της εποχής παραμένει λιγότερο εμφανής, κα-

θώς αναπτύχθηκε πιθανόν σε ορισμένα μόνο –τα νοτιότερα– μέρη του σπηλαίου (λιγότερα δηλ. από ό,τι στο Tautavel). Έτσι εξηγείται το γεγονός πώς ενώ τα επιφανειακά οστά ζώων στις προς βορρά Αίθουσες Αριστοτέλη και Θεόφραστου είναι περίπου 550.000 ετών, επικαλύπτονται αρκετά αργότερα, κυρίως από σταλαγμιτική στρώση 350.000 χρόνων.

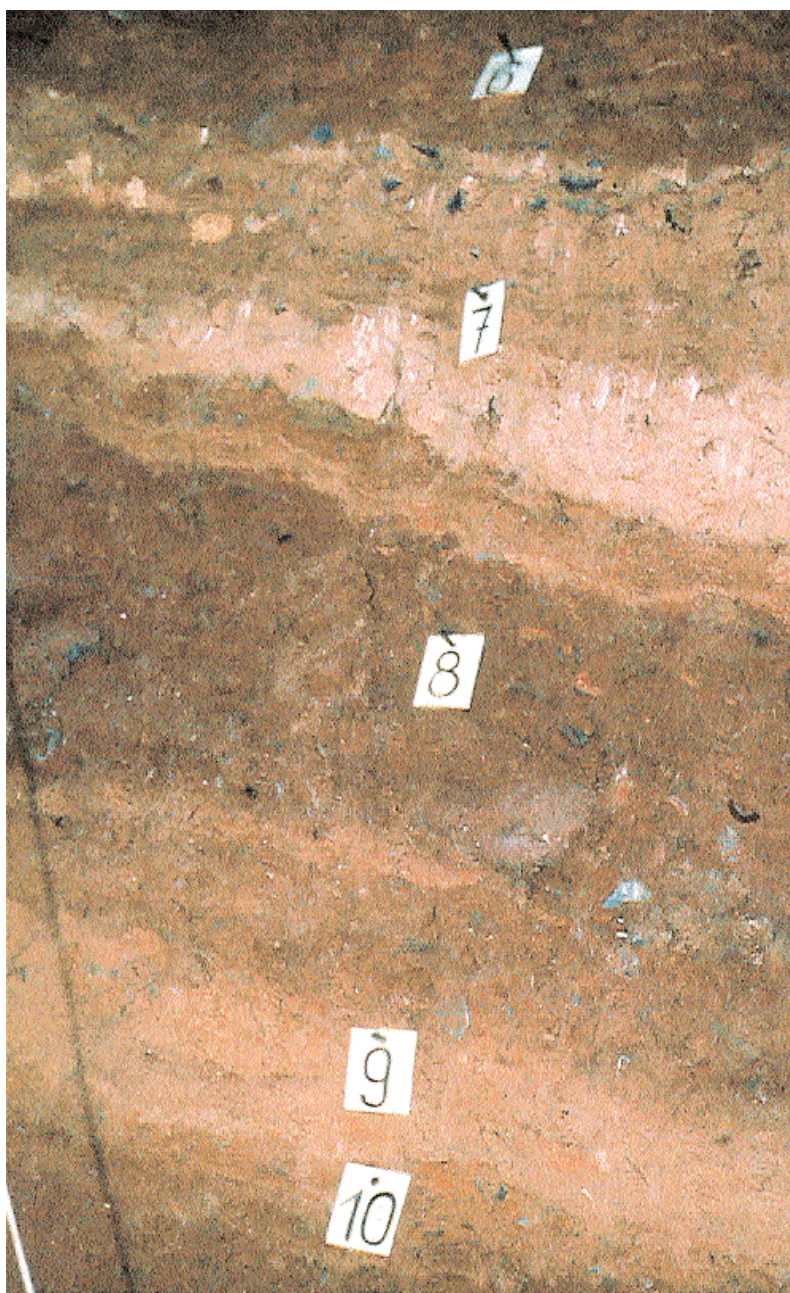
Για την απόκτηση μιας πιο ακριβούς εκτίμησης της ετήσιας δόσης, το 1983 (λίγους μήνες πριν από την παράνομη διακοπή των

ανασκαφών Πουλιανού), μια ομάδα γεωφυσικών από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, υπό τον καθ. Σ. Χαραλάμπους, συνεργάστηκε με την Ανθρωπολογική Εταιρεία Ελλάδος. Τοποθετήθηκαν τότε πιο σύγχρονα, συγκριτικά με τα προηγούμενα, δοσίμετρα στις διάφορες αίθουσες του σπηλαίου Πετράλωνων. Ένα χρόνο αργότερα, μερικά από αυτά τα δοσίμετρα αντικαταστάθηκαν με καινούρια για περαιτέρω διακρίβωση και μελέτη, σχετικά όχι μόνο με τις παρατηρήσεις ενός έτους, αλλά και μεγαλύτερων χρονικών περιόδων.<sup>14</sup> Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας των Παπαστεφάνου και λοιπών (1986), ήταν διαφορετικά από εκείνα των Henning και λοιπών (1981), ενώ προσέγγισαν εκείνα που είχαν προσδιορίσει οι Ikeya (1980) και Ikeya και Miki (1981).

Ο Ikeya (1990a, b), με το ήθος που τον διακρίνει, αναγνώρισε ότι οι έλληνες ερευνητές από ευγένεια, ενώ δηλαδή είχαν τη δυνατότητα, δεν προχώρησαν στον υπολογισμό της ηλικίας με τη μέθοδο E.S.R. Έτσι, ο ιάπωνας φυσικός, βασισμένος και στις μελέτες των ανωτέρω καθηγητών του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, κατέληξε στα εξής σημεία:

1) Η ετήσια δόση των 0,1 rad/έτος και 0,2 rad/έτος, όπως είχε ήδη προηγούμενα προσδιοριστεί, δίνει περίπου ηλικίες 680.000 και 340.000 χρόνια αντίστοιχα. Ήταν επομένως αρκετό να διαπιστωθεί η ακριβής δόση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας.

2) Καθόσον το περιεχόμενο σε ουράνιο είναι πολύ χαμηλό, η πιο πιθανή συνολική δόση φαίνεται να είναι εκείνη των 100 mrad/έτος, με την υπενθύμιση ότι η εξωτερική δόση ακτινοβολίας γ υπολογίστηκε σε 50 mrad/έτος από τον Ikeya το 1977, 87



9. Λεπτομέρεια της στρωματογραφίας της Τομής Β, όπου διακρίνεται το 10ο στρώμα, χρονολογημένο με E.S.R. από τον Ikeya (1980) στα 670.000 χρόνια.

mrad/έτος από τον Ikeya το 1978 και περίπου 40 mrad/έτος από τους Ikeya και Miki το 1981. Επίσης, η δόση που δέχτηκαν τα οστά είναι μεταξύ 10 Krad/έτος, για οστά του 16ου στρώματος καλυμμένα με πολύ λεπτή σταλαγματική στρώση, και 86 Krad/έτος για οστά που βρέθηκαν στο ίζημα του Μαυσωλείου, ελεύθερα από σταλαγματική επίστρωση (πρβλ. Ikeya, 1978).

3) Η εσωτερική δόση των 21-43 mrad/έτος είναι δεκτή από όλους, συμπεριλαμβανόμενων των Henning και λοιπών (1981), οι οποίοι όμως εσφαλμένα υπολόγισαν την ετήσια δόση στα 170-190 mrad/έτος, αντί των 100 mrad/έτος.

4) Οι Παπαστεφάνου και λοιποί (1986) μέτρησαν την εξωτερική δόση της ακτινοβολίας γ, προσδιορίζοντας μια μέση τιμή στα 35 mrad/έτος για ολόκληρο το σπηλαίο και 68 ( $\pm 5$ ) mrad/έτος για την επιφάνεια του Μαυσωλείου. Οι τιμές αυτές προσεγγίζουν τα 40-50 mrad/έτος που έδωσαν οι Ikeya το 1977 και Ikeya και Miki το 1981.

Με βάση τα ανωτέρω, ο Ikeya (1990a, b) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο μέσος ρυθμός της ετήσιας δόσης της ακτινοβολίας που δέχθηκαν τα δείγματα στα Πετράλωνα, στις περισσότερες των περιπτώσεων, είναι περίπου 0,1 rad/έτος. Αυτή η τιμή υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας σαν βάση τη μέση δόση των 56 mrad/έτος, στην οποία προστίθενται τα 21 mrad/έτος της εξωτερικής δόσης (από τους Henning και λοιπούς, 1981) και η πιο πιθανή εξωτερική δόση των 35 mrad/έτος (από τους Παπαστεφάνου και λοιπούς, 1986). Σαν αποτέλεσμα αυτά δίνουν την ηλικία των 745.000 ετών για το ανθρώπινο κρανίο. Εφόσον ωστόσο αυτό καλύφθηκε από σταλαγματικές αποθέσεις, η δόση των 56 mrad/έτος που απορροφήθηκε από το

κρανίο πρέπει να τροποποιηθεί στα 49 mrad/έτος, υποδηλώνοντας περίπου μια ηλικία 590.000 - 675.000 ετών.<sup>15</sup>

Έτσι, συνδυάζοντας τις μετρήσεις Ιαπώνων, Ελλήνων και Γερμανών επιστημόνων, χρονολογήθηκε απευθείας το ίδιο το ανθρώπινο κρανίο, επιβεβαιώνοντας την ηλικία των 700.000 περίπου ετών που είχε υπολογίσει το 1977 ο Α. Πουλιανός.<sup>16</sup>

### Επιμερισμός αμινοξέων

Μια άλλη μέθοδος απόλυτης χρονολόγησης, αφορά τη μέτρηση των αμινοξέων που εμπεριέχονται στα απολιθώματα.<sup>17</sup> Η τεχνική βασίζεται στο γεγονός ότι τα αμινοξέα των πρωτεϊνών, όπως και των οστών των ζώντων οργανισμών, αποτελούνται αποκλειστικά από εναντιομερή της μορφής L. Μετά το θάνατο των οργανισμών λαμβάνει χώρα η διαδικασία της ρακεμοποίησης και βαθμιαία τα μισά εναντιομερή L μετατρέπονται στα αντίστοιχα της μορφής D. Έτσι, όσο αυξάνεται η ηλικία των απολιθωμάτων, η αναλογία των L και D εναντιομερών τείνει προς την ισορροπία του 50%.

Με τη μέθοδο των αμινοξέων, κατά τη δεκαετία του 1970, ήταν δυνατόν να χρονολογηθούν υλικά οργανικής προέλευσης το πολύ 200.000 ετών. Για το λόγο αυτό, μια ανάλογη απόπειρα του Bada<sup>18</sup> να χρονολογηθεί τμήμα σιαγόνας αρκούδας δεν απέδωσε. Παρομοίως, πρέπει να απορριφθούν ως ατελέσφορες οι αντίστοιχες προσπάθειες του Μελέντη (1980) και των Protsch και λοιπών (1982), που δυστυχώς έγιναν επί τριμμάτων των οστών του ανθρώπινου κρανίου (κάτι που έπρεπε να είχε αποφευχθεί). Προφανώς, ανάμεσα σε άλλες, συγκαταλέγονται και αυτές οι αιτίες που ο Protsch (1983, 1986) αναγνώρισε, σε επι-

στολές του, ότι το μεγαλύτερο μέρος των επιστημονικών ζητημάτων του σπηλαίου Πετραλώνων είχε ήδη επιλυθεί από τον Α. Πουλιανό. Κατά τα μέσα του 1980 αναπτύχθηκε μια παρεμφερής μέθοδος, εκείνη του επιμερισμού της ισολευκίνης,<sup>19</sup> με την οποία οι δυνατότητες χρονολόγησης αυξήθηκαν σε τουλάχιστον 1 εκατ. έτη, με ένα στατιστικό πάντως σφάλμα της τάξης του 30%. Η θερμοκρασία είναι ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει τη διαδικασία ρακεμοποίησης και επιμερισμού. Κατά συνέπεια είναι σημαντικό να διακριβωθεί εάν τα δείγματα έχουν προηγουμένως θερμανθεί σε υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. φωτιά κ.λπ.). Διαφορετικά, αυτά παρουσιάζουν έναν μεγάλο βαθμό επιμερισμού και δίνουν ανακριβείς χρονολογήσεις (δηλ. πιο πρόσφατες). Άλλες παράμετροι, όπως το pH και η υγρασία, έχουν μικρότερη επιρροή στην ταχύτητα της αντίστοιχης χημικής μεταβολής, είναι όμως προτιμότερο να λαμβάνονται υπόψη οι ενδεχόμενες επιδράσεις τους.

Για τη χρονολόγηση διάφορων πετράλωνων στρωμάτων, η μέθοδος επιμερισμού εφαρμόστηκε σε αδαμαντίνη ζώων που δεν παρουσίαζαν ίχνη καύσης. Ως σημείο αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η μέση θερμοκρασία των 16,5° C (σύμφωνα με τον κοντινότερο σταθμό της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας του αεροδρομίου Θεσσαλονίκης, στοιχεία των ετών 1961-1986). Η θερμοκρασία αυτή σχεδόν συμπίπτει με τη σημερινή μέση θερμοκρασία του σπηλαίου.<sup>20</sup> Η χρονολόγηση (βλ. πίνακα 1) βαθμονομήθηκε (calibrated) με τον επιμερισμό της ισολευκίνης δοντιού ελέφαντα από την Isernia της Ιταλίας, μια επιφανειακή θέση ικανοποιητικά χρονολογημένη με παλαιομαγνητισμό, όπως και με K/Ar, περίπου στα 750.000 χρόνια.<sup>21</sup>

Θέση	Δείγμα	Στρώμα	Αναλογία εναντιομερών	Ηλικία (έτη x 1000)
Πετράλωνα	203Δ120α - Τομή Β	11	0,20	580 – 700
Πετράλωνα	M1 (Μαυσωλείο)	11	0,22	650 – 750
Πετράλωνα	809 - Τομή Γ	14-16	0,18	530 – 650
Isernia	<i>Elephas antiqusus</i>		0,15	780

Πίνακας 1: Χρονολογήσεις απολιθωμάτων δοντιών από τα Πετράλωνα και την Ιζέρνια με τη μέθοδο του επιμερισμού της ισολευκίνης.<sup>23</sup>

Τα αποτελέσματα από τα Πετράλωνα έδειξαν μια ηλικία ανάμεσα στα 530.000 και 750.000 χρόνια, με μέσο όρο τα 650.000 έτη (Belluomini και λοιποί 1988).<sup>22</sup> Ωστόσο η μέθοδος χρειάζεται ακόμα βελτίωση, καθώς τα στρώματα 14-16 εμφανίστηκαν ελαφρώς νεότερα από το 11ο. Επίσης είναι πιθανό ότι η θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στα Πετράλωνα και την Isernia (~4° C) είναι κατά 1-2 βαθμούς μικρότερη (συγκρίνοντας τον εξωτερικό χώρο του σπηλαίου με εκείνο του αεροδρομίου Θεσσαλονίκης). Επίσης, τα απολιθώματα της Κεντρικής Ιταλίας έχουν κατά καιρούς θερμομανθεί συγκριτικά περισσότερο με τις ηλικιακές ακτίνες, από

ό,τι εκείνα των Πετραλώνων στο κλειστό περιβάλλον του σπηλαίου, φέρνοντας έτσι πολύ κοντά τις ηλικίες των δύο θέσεων, υπόθεση που ενισχύεται από την παρόμοια σύνθεση της πανίδας αμφοτέρων των ανωτέρω, ελληνικών και ιταλικών, ανασκαφών (βλ. και Ν. Roulianos 1995, 1998).

### Συμπεράσματα

Από συζήτηση των προηγούμενων ενοτήτων, είναι δυνατό να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι οι μέθοδοι των απόλυτων χρονολογήσεων, που εφαρμόστηκαν σε διάφορα υλικά του σπηλαίου Πετραλώνων, περιλαμβάνουν ηλικίες μεταξύ 0,35 και

1 εκατ. ετών, επικεντρώνοντας στο διάστημα μεταξύ 600.000 και 700.000 ετών. Οι επιφανειακές σταλαγματικές στρώσεις έχουν επηρεαστεί περαιτέρω από το σχηματισμό όλο και πιο πρόσφατων σπηλαιοαποθέσεων. Το ανθρώπινο κρανίο παρουσιάζει μια ηλικία περίπου 700.000 ετών, χρονολόγηση που συμβαδίζει με τις πιο σύγχρονες παλαιοανθρωπολογικές, παλαιοοικολογικές και παλαιοντολογικές μελέτες. Περισσότερες εργαστηριακές αναλύσεις προσδοκούνται στο μέλλον. Η αλληλεγγύη και συμπαράσταση της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας είναι δεδομένη (με τις εξαιρέσεις να επιβεβαιώνουν τον κανόνα). Ύστερα από δεκαετίες αναμονής, προσφυγών κ.λπ., αναμένεται πλέον η αντίστοιχη ενίσχυση εκ μέρους του ελληνικού Υπουργείου Πολιτισμού, που μπορεί να αποβεί σημαντική για την εμπέδωση της επιστημονικής αξίας των ανασκαφών και των ευρημάτων του σπηλαίου Πετραλώνων. Όπως πάντα, η Ανθρωπολογική Εταιρεία Ελλάδος καλωσορίζει τη συνεργασία με επιστημονικούς φορείς και ερευνητές από όλο τον κόσμο.

Πίνακας 2: Συνοπτικά αποτελέσματα απόλυτων χρονολογήσεων από το σπήλαιο Πετραλώνων.

ΣΤΡΩΜΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΣΥΓΧΩΝΕΥΣΗ)	ΘΕΣΗ	ΗΛΙΚΙΑ (έτη x 1000)	ΜΕΘΟΔΟΣ
1	ΑΝΩ	ΤΟΜΗ Α	0 - 70	U/TH, ESR
1	ΜΕΣΟ	ΤΟΜΗ Α	250	U/TH, TL, ESR
1	ΚΑΤΩ	ΤΟΜΗ Α	>350	U/TH, E.S.R.
4		ΤΟΜΗ Α	Max. 670	TL
10	(+1?)	ΤΟΜΗ Α	? 200	U/TH, E.S.R.
10		ΤΟΜΗ Β	>350	U/TH, E.S.R.
10		ΤΟΜΗ Β	670	E.S.R.
10		ΤΟΜΗ Β	350 - 670	U/TH (EXTRAP.), E.S.R.
10	(+1)	ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ	≥350	U/TH, E.S.R.
10	(+1)	ΜΑΥΣΩΛΕΙΟ	300 - 600	U/TH, E.S.R.
11		ΤΟΜΗ Β	530 - 750	AMINOΞΕΩΝ
11		ΜΑΥΣΩΛΕΙΟ	650 - 730	AMINOΞΕΩΝ, ESR, ΠΑΛΑΙΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ
14 - 16		ΤΟΜΗ Β	530 - 650	AMINOΞΕΩΝ
24 - 25		ΤΟΜΗ Β, Γ	780	ΠΑΛΑΙΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ E.S.R
26		ΤΟΜΗ Β	>780 - ?	ΠΑΛΑΙΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ
28 - 34		ΤΟΜΗ Β	?	-

### Σημειώσεις

\* Πριν από Σήμερα.

1. Οι αρχικές εκτιμήσεις για την ηλικία των 50-70.000 ετών Π.Σ. δόθηκαν από τους: Π. Κόκκορο και Α. Κανέλλη (στο *L'Anthropologie*, το 1960), Ο. Sickenberg το 1964 (βλ. βιβλιογραφία) και Ε. Breitinger το 1964 στη Μόσχα, σε ανακοίνωση στο 7ο Διεθνές Συνέδριο Ανθρωπολογικών και Εθνολογικών Επιστημών.

2. Του άρθρου του Α. Πουλιανού (1971, βλ. βιβλιογραφία), είχε προηγηθεί ανακοίνωση στον ημερήσιο τύπο της Θεσσαλονίκης της 18.4.1968, και στις εφημερίδες της Αθήνας της 19.4.1968. Λίγες μέρες πριν η χούντα είχε απαγορεύσει τη συνέχιση των ανασκαφών στον Α. Πουλιανό.



**10. Γομφίος αρκούδας από το σπήλαιο Πετραλώνων, του είδους *Ursus deningeri* που χρησιμοποιήθηκε για χρονολόγηση με τη μέθοδο των αμινοξέων.**

3. Εκτός από τη βιβλιογραφία των Sickenberg και Poulouanos (A. & N.), βλ. επίσης: B. Kurt n / A. Poulouanos (1977), «New stratigraphic and faunal material from Petralona cave - with special reference to the *Carnivora*», *Anthropos* 4, σ. 47-130· B. Kurt n / A. Poulouanos (1981), «Fossil *Carnivora* of Petralona cave: Status 1980», *Anthropos* 8, σ. 9-56· M. Kretzoi / N.A. Poulouanos (1981), «Remarks on the Middle and Lower Pleistocene vertebrate fauna in the Petralona cave», *Anthropos* 8, σ. 57-72· E. Τσουκαλά (1989), «Συμβολή στη μελέτη της πλειστοκαινικής πανίδας μεγάλων θηλαστικών (Σαρκοβόρα, Περισσοδάκτυλα, Αρπιοδάκτυλα) από το σπήλαιο Πετραλώνων, 360 σελ., διδ. διατρ., Παν/μιο Θεσσαλονίκης.

4. Βλ. αντίστοιχα: α) St. Papamarinopoulos (1977), «The first known European?», *Bulletin, University of Edinburgh* 13/10, σ. 1-3 (April 27), και β) A.N. Poulouanos (1980), «Lower and Middle Pleistocene climatic fluctuations at Petralona cave», *Anthropos* 7, σ. 42-80.

5. Δυστυχώς είναι άγνωστο κατά πόσο τα δείγματα των Παπαμαρινόπουλου και λοιπών (1987) είναι τα ίδια με αυτά που είχε δημοσιεύσει ο Παπαμαρινόπουλος το 1978 ή είναι καινούρια, καθώς το διάστημα 1983-1997 η Ανθρωπολογική Εταιρεία Ελλάδος είχε παράνομα αποβληθεί από τις έρευνές της στο σπήλαιο Πετραλώνων (κατά την 1632/1995 απόφαση του Αρείου Πάγου). Παραμένει επίσης ασαφές γιατί οι Παπαμαρινόπουλος και λοιποί (1987) σταμάτησαν τη δειγματοληψία και δεν προχώρησαν παρακάτω από το 16ο στρώμα, ή δεν δημοσίευσαν τα αντίστοιχα αποτελέσματα (στην περίπτωση που συνέχισαν τη λήψη δειγμάτων κάτω από αυτό το στρώμα).

6. Π.χ. στη Stranska Skala, βλ. G.J. Kukla (1975), «Loess Stratigraphy of Central Europe», στο *After the Australopithecines*, Mouton Publ., σ. 99-188.

7. Βλ. σημ. 4.

8. Βλ. A.N. Poulouanos (1977), «Stratigraphy and age of the Petralonian *Archanthropus*», *Anthropos* 4, σ. 37-46, και ο ίδιος (1977), «New data on the stratigraphy of Petralona cave», *Proc. 7th Int. Spel. Con., Sheffield*.

9. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσίασαν και οι Shen Guanjin και Yuji Yokoyama (1986), βλ. βιβλιογραφία.

10. Βλ. M. Ikeya (1975), «Electron Spin Resonance», *Nature* 255, σ. 68· ο ίδιος (1978), «Electron Spin Resonance as a method of dating», *Archaeometry* 20, σ. 147-158. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε για πρώτη φορά σε ευρήματα της παλαιολιθικής εποχής στο σπήλαιο Πετραλώνων. Τα δείγματα απαιτείται να εκτεθούν σε ακτίνες γ, ενώ καταγράφονται τα αποτελέσματα της ακτινοβόλησης, όπως και οι γωνίες του spin των εξερχόμενων ηλεκτρονίων. Τα συγκριτικά πλεονεκτήματα της μεθόδου E.S.R. είναι: 1) Αρκεί μόνο ένα μικρό δείγμα (10-20 mg), 2) Η μέγιστη μετρούμενη ηλικία είναι θεωρητικά μεγαλύτερη σε σχέση με άλλες μεθόδους και 3) Πρόσφατα τελειοποιήθηκε ώστε να μην καταστρέφονται τα δείγματα, συγκαταλέγεται δηλαδή στις μη καταστροφικές μεθόδους.

11. Βλ. I. Karakostanoglou (1981a), «Archaeologists, dating and their role in Archaeology», *Anthropos* 8, σ. 107-120· ο ίδιος (1981b), «Allegation and truth», *Anthropos* 8, σ. 121-141.

12. Βλ. A.N. Poulouanos (1981), «Microhistological and macroscopic investigation of post-cranial bones of the Petralonian *Archanthropus*», *Anthropos* 8, σ. 80-83.

13. Π.χ. A.G. Wintle / J.A. Jacobs (1982), «A critical review of the dating evidence for Petralona cave», *Journal of Archaeological Science* 9, σ. 39-47· J. Cook / C.B. Stringer / A.R. Currant / H.P. Schwarcz / A.G. Wintle (1982), «A review on the chronology of the European Middle Pleistocene Hominid Record», *Yearbook Phys. Anthropology* 25, σ. 19-65· Gr n Reiner (1996), «A re-

analysis of electron spin resonance dating results associated with the Petralona hominid», *Journal of Human Evolution* 30, σ. 227-241.

14. Οι «φύλακες» του σπηλαίου δεν τους εμπόδιζαν, καθώς δεν γνώριζαν ότι καθηγητές του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης συνεργάζονταν με τους ανασκαφείς, ακόμα και μετά την προαναφερόμενη βίαιη αποβολή.

15. Από τη συζήτηση επί των αποτελεσμάτων με τη μέθοδο E.S.R., είναι προφανές ότι εάν διαφοροποιηθεί η εκτιμώμενη δοσμετρία, το εξαγωγίμο αποτέλεσμα μπορεί να ποικίλλει αρκετά, κατά κανόνα πάντως γύρω στα 10-15%.

16. Βλ. σημ. 8.

17. Βλ. J.L. Bada (1971), «Kinetics of the non biological decomposition and racemization of amino acids», στο J.D. Hem (επιμ.), *Advances in Chemistry Series*, 106, American Chemical Society, Washington, D.C., σ. 309-331· J.L. Bada / R.A. Schroeder (1975), «Amino acid racemization reactions and their geochemical implications», *Naturwissenschaften* 62, σ. 71-79.

18. Βλ. A.N. Poulouanos (1980b), «The *Archanthropus* of Petralona is Autochthonous», *Anthropos* 7, σ. 7-11.

19. Βλ. G. Belluomini / J.L. Bada (1985), «Isoleucine epimerization ages of the dwarf elephants of Sicily», *Geology* 13, σ. 451-452.

20. Poulouanos (1980), *ό.π.*

21. Βλ. M. Coltorti / M. Cremaschi / M.C. Delitala / D. Esu / M. Fornaseri / A. McPherron / M. Nicoletti / R. Van Otterloo / C. Peretto / B. Sala / V. Schmidt / J. Sevink (1982), «Reversed magnetic polarity at an early lower Palaeolithic site in Central Italy», *Nature* 300, σ. 173-176.

22. Στη δημοσίευση των Belluomini και λοιπών (1988, βλ. βιβλιογραφία), ο ίδιος πίνακας περιέχει όλες τις ηλικίες κατά 50.000 έτη νεότερες, καθώς ύστερα από πρόσφατες μετρήσεις των εργαστηρίων αρχαιομετρίας, το σύνορο των εποχών Brunhes/ Matuyama διαπιστώθηκε ότι ανάγεται στις 780.000 και όχι στις 690.000 ή τις 730.000 που είχε αρχικά εκτιμηθεί.

23. Στο ίδιο.

## Βιβλιογραφία

BELLUOMINI G. / DELITALA L. / POULIANOS A.N. / POULIANOS N.A. (1988), «Epimerization ages of fossil teeth from Petralona Cave (Northern Greece)», *Abstracts of the 2nd Panhellenic Congress of Anthropology. May 27-29, Athens 1988*, ανακοίνωση δημοσιευμένη με τον τίτλο «The Man of Petralona - an estimated by amino acid racemization dating», *Anthropos* 12 (1990), σ. 59-64.

HENNING G.J. / BANGERT U. / HERR W. / POULIANOS A.N. (1980), «Uranium Series dating and TL Ages of Spelaeothem from Petralona Cave», *Anthropos* 7, σ. 174-214.

HENNING G.J. / HERR W. / WEBER E. / XIROTIRIS N.I. (1981b), «E.S.R. dating of the fossil hominid cranium from Petralona Cave», *Nature* 292, σ. 533-536.

IKEYA M. (1977), «Electron Spin Resonance dating and Fission Track Detection of Petralona stalagmite», *Anthropos* 4, σ. 152-168.

– (1978), «Natural radiation at Petralona Cave», *Anthropos* 5, σ. 54-59.

– (1980), «E.S.R. dating of Carbonates at Petralona Cave», *Anthropos* 7, σ. 143-151.

– (1990a), «E.S.R. Age of Petralona materials», *Proceedings of the 2nd Panhellenic Congress of Anthropology. May 27-29, Athens 1988*, στο *Anthropos* 12, σ. 19-28.

– (1990b), «E.S.R. Age of Petralona cranium and carbonates», *Proceedings of the 2nd Panhellenic Congress of Anthropology. May 27-29, Athens 1988*, στο *Anthropos* 12, σ. 29-35.

IKEYA M. / POULIANOS A.N. (1979), «E.S.R. age of the trace of fire at Petralona», *Anthropos* 6, σ. 44-47.

IKEYA M. / MIKI T. (1981), «ESR Archaeological Dose of Petralona and Choukoutien bones», *Anthropos* 8, σ. 95-106.

LIRITZIS Y. (1980), «U/230 - Th/234 dating of Spelaeothems in Petralona», *Anthropos* 7, σ. 215-241.

ΜΕΛΕΝΤΗΣ Ι. (1980), «Ελευθεροτυπία», φύλλο 27 και 28 Φεβρουαρίου.

PAPAMARINOPOULOS S. (1978), «Limnomagnetic studies on Greek sedi-

ments», αδημ. διδ. διατρ., University of Edinburgh.

PAPAMARINOPOULOS S. / READMAN P. / MANIATIS Y. / SIMOPOULOS G. (1987), «Paleomagnetic and mineral magnetic studies of sediments from Petralona Cave, Greece», *Archaeometry* 29/1, σ. 50-59.

PAPASTEFANOU C. / MANOLOPOULOU M. / SAVVIDES E. / CHARALAMBOUS S. (1986), «Dose rate measurements in Petralona Cave for *Archanthropus* dating», *The proceedings of the 3rd European and 1st Panhellenic Anthropological Congresses*, στο *Anthropos* 11, σ. 41-48.

POULIANOS A.N. (1971), «Petralona: A middle Pleistocene Cave in Greece», *Archaeology* 24, σ. 6-11.

– (1982-2006), *The Cave of the Petralonian Archanthropinae*, Library of AAG, σ. 80.

– (1980), «The post-cranial skeleton of the *Archanthropus europaeus petraloniensis*», *Anthropos* 7, σ. 13-33.

– (1989), «Petralona Cave within Lower-Middle Pleistocene sites», *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 73, σ. 287-294.

(Δημοσιεύθηκε επίσης στην ελληνική γλώσσα το 1990, με τίτλο «Η συμβολή των ανασκαφών του Σπηλαίου Πετραλώνων στη γνώση για τη βιοστρωματογραφία του Ευρωασιατικού Κάτω-Μέσου Πλειστοκαίνου», *Αρχαιολογία* 36, σ. 87-90).

– (1995), «La Grotta e l'Uomo di Petralona», διδ. διατρ., Florence Institute of Anthropology.

– (1998), «The Petralona Homo site», αδημ. διδ. διατρ., Geol. Inst. of Czech Academy (Prague).

PROTSCH R. / XIROTIRIS N. / HENKE W. / HENNING G. / SCHULTZ M. (1982), «Petralona. Analysis based on the cleaned splachnocranium and neurocranium», *1er Congress Inter. de Paléontologie Humaine, Résumés des Communications, 16-21 Oct., Nice*.

PROTSCH R. (1983), «Two letters to the Anthr. Ass. of Greece (23-11-1982), (22-8-1983)», *The proceedings of the 3rd European and 1st Panhellenic Anthropological Congresses. Athens*, στο *Anthropos* 10, σ. 7-11.

– (1986), «Letter to Anthr. Ass. of

Greece. (27-8-1985)», *The proceedings of the 3rd European and 1st Panhellenic Anthropological Congress. Athens*, στο *Anthropos* 11, σ. 12-13.

SCHWARCZ H.P. / LIRITZIS Y. / DIXON A. (1980), «Absolute dating of travertines from the Petralona Cave, Chalkidiki Peninsula - Greece», *Anthropos* 7, σ. 152-173.

SHACKLETON N.J. / OPDYKE N.D. (1976), «Oxygen isotope and palaeomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28-239 - Late Pliocene to latest Pleistocene», *Geol. Soc. Amer. Mem.* 45, σ. 449-464.

SHEN GUANJUN / YUJI YOKOYAMA (1986), «Th230/U 234 dating of Petralona spelaeothems», *Anthropos* 11, σ. 33-40.

SICKENBERG O. (1964), «Die Säugetierfauna der Hhle Petralona bei Thessaloniki (Preliminary Report)», *Institute for Geology and Subsurface Research IX/1*, σ. 3-16.

– (1971), «Revision der Wirbeltierfauna der Hhle Petralona (Griechenland)», *Annales Géologiques des Pays Helléniques*, 23, σ. 230-264.

## The Absolute Datings of Spelaeothems and Findings from Petralona Cave (Chalkidiki, Greece)

Nickos A. Poulianos

A long discussion regarding the chronology of the Petralona cave findings (fauna and flora fossils, artefacts, human remains etc.) is ongoing, since the skull of a prehistoric man was found there 46 years ago. Both relative and absolute datings have been controversial amongst the various scientific publications. The relative chronologies however provided a clearer picture, that of Early-Middle Pleistocene (0,50-0,8 m.y.a.). The absolute datings, such as palaeomag, aminoacids, ESR, U/Th, TL etc, led to several measurable results, which are not always concordant. A synthesis of the up today efforts and an attempt of interpreting the contradictory results are presented in this article.

N.A.P.