

Ο ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ Η ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΗΡΑΙΟΥ ΤΗΣ ΣΑΜΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΣΤΡΟΓΕΩΔΑΙΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Ηλιοδρομίτης Αθανάσιος, Διπλ. Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π
Πανταζής Γεώργιος, Δρ Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός, Λέκτορας Ε.Μ.Π
Λάμπρου Ευαγγελία, Δρ Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός, Λέκτορας Ε.Μ.Π

1. Εισαγωγή

Τα μνημεία και οι χώροι λατρείας που οικοδομεί κάθε λαός, αποτελούν στοιχείο του πολιτισμού και της ιστορίας του. Οι χώροι αυτοί αποτελούν σημεία αρχαιολογικού ενδιαφέροντος.

Η χωροθέτηση και ο τρόπος κατασκευής ενός μνημείου σχετίζονται με την τοπογραφία της περιοχής αλλά και την χρήση του. Επίσης η θέση του μνημείου και ο προσανατολισμός του έχουν άμεση σχέση με το λατρευτικό τελετουργικό και την αφιέρωσή του.

Πολλές μελέτες έχουν εκπονηθεί παγκόσμια, με σκοπό τον προσδιορισμό και την ερμηνεία του προσανατολισμού διαφόρων μνημείων, με ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Στην Ελλάδα, η διερεύνηση του προσανατολισμού ορισμένων μνημείων, έδειξε ότι ο προσανατολισμός τους όχι μόνο δεν είναι τυχαίος αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις σχετίζεται με τη λατρεία του τιμώμενου προσώπου στο οποίο αφιερωνόταν το μνημείο.

Σήμερα είναι δυνατός ο προσδιορισμός του προσανατολισμού και της χρονολογίας κτίσης ενός μνημείου με αστρονομικές και γεωδαιτικές μετρήσεις και τη χρήση σύγχρονων γεωδαιτικών οργάνων που παρέχουν ακρίβεια και αξιοπιστία αποτελεσμάτων.

Η αστρογεωδαιτική μέθοδος που εφαρμόζεται για τη διερεύνηση και ερμηνεία του προσανατολισμού του Ηραίου οδηγεί σε γεωμετρικά τεκμηριωμένα συμπεράσματα.

2. Το Ηραίο της Σάμου

Το Ηραίο της Σάμου (φωτ. 1) είναι από τα σημαντικότερα μνημεία από άποψη μεγέθους και αναθημάτων που βρέθηκαν. Σύμφωνα με τον Ηρόδοτο πρόκειται "για τον μεγαλύτερο ναό της Ελλάδος (πλάτος 55m, μήκος 110m)".



Φωτογραφία 1. Σημερινή άποψη του Ηραίου

Ο ναός σε κάθε περίοδο της ιστορίας του ήταν άμεσα συνδεδεμένος με την ιστορία και την εξέλιξη της πόλης της Σάμου. Σύμφωνα με τα ιστορικά στοιχεία κατασκευάστηκε την περίοδο της τυραννίας του Πολυκράτη στο νησί (538 π.Χ. – 522 π.Χ.).

Οι ανασκαφές στο χώρο του Ηραίου ξεκίνησαν το 1702 από ξένους ερευνητές και αρχαιολόγους και συνεχίστηκαν κατά τη διάρκεια του 18^{ου} και 19^{ου} αιώνα. Το 1902 και 1903 πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες ανασκαφές της Ελληνικής Αρχαιολογικής Εταιρείας. Συνεχίστηκαν το 1910 από το Koenigliche Museen του Βερολίνου (οπότε και αποκαλύφθηκε ολόκληρος ο ναός), έως την αρχή του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου. Αρχισαν πάλι το 1925 από το Γερμανικό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο της Αθήνας.

Οι έρευνες που συνεχίζονται ως σήμερα ευελπιστούν να φέρουν στο φως νέα στοιχεία που θα δώσουν ασφαλή απάντηση σχετικά με τη χρήση του χώρου κατά την αρχαιότητα [Kyrieleis, 1983].

Σήμερα το Ηραίό μαζί με τον ευρύτερο χώρο, ανήκει στην ΚΑ΄ Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων. Έχουν απομείνει μόνο διάσπαρτα ερείπια και οικοδομικά λείψανα να θυμίζουν τι σημαίνει κάλλος, αρμονία και σεβασμός στη φύση που τα περιβάλλει.

Την πιο έντονη αίσθηση από τα οικοδομικά λείψανα στο χώρο των ανασκαφών προκαλεί ο κίονας (Η "Κολόνα" στην κοινή της ονομασία) στη ΝΑ πλευρά του μεγάλου ναού που στέκεται ακόμη και ως σήμερα όρθιος στο μισό του αρχικού του ύψους. Είναι ορατός από μακριά και αποτελεί το πιο διακριτό γνώρισμα του χώρου.

Το μνημείο αποτελεί πόλο έλξης για χιλιάδες τουρίστες κάθε χρόνο, τόσο από την Ελλάδα, όσο κυρίως από το εξωτερικό που έρχονται να θαυμάσουν τη μεγαλοπρέπεια του.

Πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός του αστρονομικού προσανατολισμού του και η χρονολόγησή του Ηραίου με την εφαρμογή αστρογεωδαιτικής μεθόδου, όπως αναλύεται στις παραγράφους που ακολουθούν.

3. Οι παράμετροι της μεθόδου

3.1 Προσδιορισμός της θέσης του Ηραίου

Ο προσδιορισμός της θέσης (ένταξη) Ηραίου στον παγκόσμιο και ελλαδικό χώρο μέσω των συστημάτων αναφοράς WGS '84 και ΕΓΣΑ '87 πραγματοποιήθηκε με μετρήσεις του συστήματος GPS. Οι γεωδαιτικές συν/νες στο σύστημα WGS '84 είναι $\varphi = 37^\circ 40' 18''$ και $\lambda = 26^\circ 53' 08''$.

Χρησιμοποιήθηκε ένα GPS χειρός (Garmin), που παρέχει τις γεωδαιτικές συντεταγμένες φ , λ με $\pm 1''$, ακρίβεια που κρίνεται επαρκής για τη συγκεκριμένη εργασία.

3.2 Προσδιορισμός του αστρονομικού αζιμουθίου

Αστρονομικό αζιμούθιο A_{AB} μιας διεύθυνσης AB, (ή του σημείου B από το A), ονομάζεται το μέτρο της διέδρης γωνίας που σχηματίζεται μεταξύ των επιπέδων που περιέχουν την κατακόρυφο στο σημείο A. Το ένα επίπεδο είναι παράλληλο προς τον άξονα περιστροφής της γης, ενώ το άλλο περιέχει το σημείο B. Επομένως είναι η γωνία μεταξύ του επιπέδου του αστρονομικού μεσημβρινού που περιέχει το A και του κατακόρυφου επιπέδου στο A που περιέχει το B. Μετρίεται στο οριζόντιο επίπεδο δεξιόστροφα από τη διεύθυνση του αστρονομικού Βορρά (από Βορρά προς Ανατολή).

Σκοπός λοιπόν είναι ο προσδιορισμός του αστρονομικού αζιμουθίου μιας διεύθυνσης (πλευράς πολυγωνομετρικού δικτύου) στο χώρο του μνημείου, ώστε το τοπογραφικό διάγραμμα να συνταχθεί μεν σε αυθαίρετο τοπικό σύστημα αναφοράς, αλλά να είναι αστρονομικά προσανατολισμένο. Ο προσδιορισμός αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί εφαρμόζοντας τη μέθοδο της ωριαίας γωνίας με παρατηρήσεις (σκοπεύσεις) προς τον Πολικό Αστέρα (α Ursa Minoris).

Για τον προσδιορισμό του αστρονομικού αζιμουθίου σε χώρες του βορείου ημισφαιρίου, χρησιμοποιείται συνήθως ο Πολικός Αστέρας, ο οποίος έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Απέχει από τον Βόρειο αστρονομικό Πόλο περίπου 45' και διαγράφει γύρω από αυτόν ένα μικρό κύκλο. Έτσι το αζιμούθιο του κυμαίνεται από 359° έως 1° περίπου.
- Αναγνωρίζεται πολύ εύκολα στον καθαρό ουρανό.
- Είναι ιδιαίτερα λαμπερός αστέρας (μέγεθος 2.04).
- Κινείται πολύ αργά σε σχέση με άλλους αστέρες, γεγονός που διευκολύνει την παρατήρησή του.
- Για μικρά και μέσα πλάτη, η ζενίθια γωνία στην οποία παρατηρείται είναι μεγάλη, οπότε η επίδραση της ακρίβειας γνώσης του αστρονομικού πλάτους του σημείου παρατήρησης (ϕ) στον προσδιορισμό του αζιμουθίου είναι αμελητέα.

Το μέγεθος που μετράται κατά την εφαρμογή της μεθόδου της ωριαίας γωνίας είναι ο Παγκόσμιος Συντονισμένος Χρόνος (UTC) τη στιγμή της διάβασης του αστέρα από το κατακόρυφο νήμα του οργάνου. Ο χρόνος UTC είναι ίσος με τον πολιτικό χρόνο του σημείου παρατήρησης αν αφαιρεθούν ή προστεθούν οι ακέραιες ώρες της ζώνης που βρίσκεται και μια ώρα επιπλέον αν την περίοδο παρατήρησης ισχύει η θερινή ώρα (Daylight Saving Time), δηλ. η Ελλάδα έχει πολιτικό χρόνο UTC + 2^h ή UTC + 3^h αντίστοιχα. Η ωριαία γωνία προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$h = \theta + \Lambda - \alpha \quad (1)$$

Το αστρονομικό αζιμούθιο A_S του αστέρα προκύπτει από τη σχέση:

$$\tan A_S = \frac{-\sinh}{\cos \Phi \cdot \tan \delta - \sin \Phi \cdot \cosh} \quad (2)$$

όπου:

θ = ο αστρικός χρόνος Greenwich τη στιγμή της παρατήρησης, ίσος με $\theta = \theta^{0hUT} + (UTC + DUT) \cdot f$

$$f = 1.0027379093$$

α = η ορθή αναφορά του Πολικού Αστέρα

δ = η απόκλιση του Πολικού Αστέρα

Φ = το αστρονομικό πλάτος του τόπου

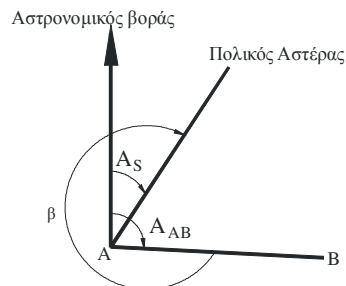
Λ = το αστρονομικό μήκος του τόπου

Στην πράξη, αντί για τις αστρονομικές συντεταγμένες Φ , Λ του σημείου παρατήρησης, χρησιμοποιούνται οι υπολογισμένες γεωδαιτικές συντεταγμένες ϕ , λ του σημείου, με αμελητέο σφάλμα στον υπολογισμό του αζιμουθίου. Επίσης το θ^{0hUT} , η διόρθωση DUT και οι συντεταγμένες α , δ του Πολικού Αστέρα παρέχονται από αστρονομικούς καταλόγους σε τόπους του διαδικτύου (<http://www.ari.uni-heidelberg.de/ariapfs/query.htm>).

Οι αστρονομικές παρατηρήσεις πραγματοποιήθηκαν με το γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 303, ο οποίος έχει δυνατότητα καταγραφής, εκτός από τη ζενίθια και οριζόντια γωνία, και του χρόνου UTC της κάθε μέτρησης. Ο σταθμός παρέχει δυνατότητα φωτισμού τόσο του τηλεσκοπίου του όσο και της οθόνης του, που είναι απαραίτητο αφού οι μετρήσεις πραγματοποιούνται μετά τη δύση του ήλιου.

Μετράται ο χρόνος UTC και η οριζόντια γωνία β μεταξύ της διεύθυνσης AB και του Πολικού Αστήρα. Υπολογίζεται το αστρονομικό αζιμούθιο A_S του Πολικού Αστήρα για κάθε παρατήρηση και στη συνέχεια το αστρονομικό αζιμούθιο της διεύθυνσης AB (σχήμα 1) από τη σχέση:

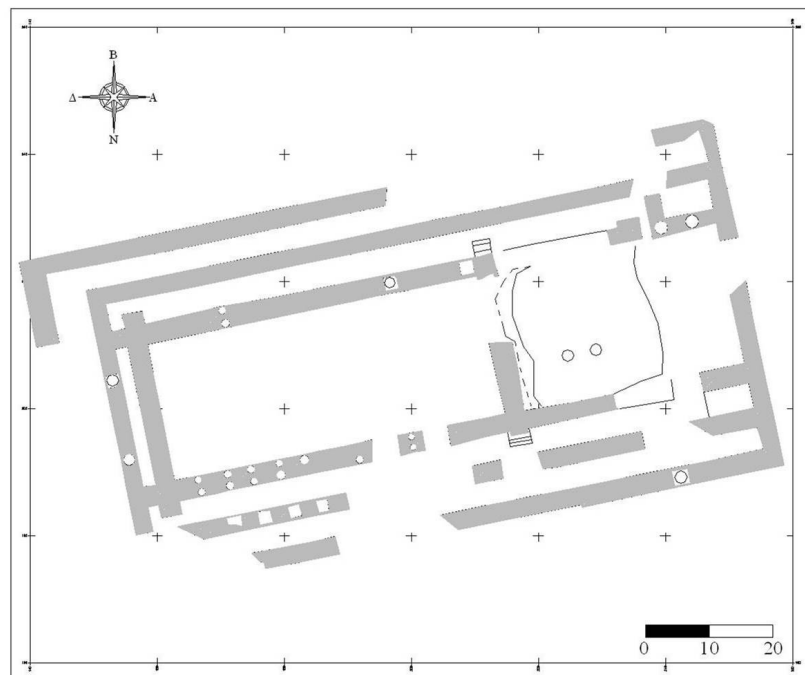
$$A_{AB} = (400^g - \beta) + A_S \quad (3)$$



Σχήμα 1. Το αστρονομικό αζιμούθιο της διεύθυνσης AB

3.3 Γεωμετρική τεκμηρίωση

Χρησιμοποιώντας το πολυγωνομετρικό δίκτυο που ιδρύθηκε, μετρήθηκε και προσανατολίστηκε ως προς τον αστρονομικό Βορρά, πραγματοποιήθηκε η γεωμετρική τεκμηρίωση του ναού της Ήρας. Επιλέχθηκαν με ιδιαίτερη προσοχή τα σημεία που ορίζουν το περίγραμμα του ναού και αποφεύχθηκε η αποτύπωση κατεστραμμένων ή αμφιβόλων τμημάτων, που θα είχε ως αποτέλεσμα την μη πιστή και ορθή απόδοση της μορφής και των γεωμετρικών στοιχείων του Ηραίου. Η αποτύπωση πραγματοποιήθηκε με τον ίδιο γεωδαιτικό σταθμό (Leica TCR 303), αξιοποιώντας τη δυνατότητα του οργάνου να μετρά μήκη έως και 80m χωρίς τη χρήση πρίσματος (reflectless).



Σχήμα 2. Το τοπογραφικό διάγραμμα της κάτοψης του ναού της Ήρας
[Ηλιοδρομίτης Α., 2006]

Το ψηφιακό, αστρονομικά προσανατολισμένο, τοπογραφικό διάγραμμα της κάτοψης του ναού που δημιουργήθηκε (σχήμα 2), χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του αστρονομικού αζιμουθίου του βασικού κατά μήκος άξονά του, που είναι καθοριστικός παράγοντας στην διαδικασία χρονολόγησης ενός μνημείου [Πανταζής, 2002].

Ως βασικός άξονας του ναού ορίζεται ο κατά μήκος άξονας, ο οποίος εν γένει αποτελεί άξονα συμμετρίας του. Το αστρονομικό αζιμούθιο του βασικού κατά μήκος άξονα προσδιορίστηκε με αναλυτική διαδικασία.

Όπως φαίνεται στο τοπογραφικό διάγραμμα της κάτοψης ο ναός είναι συμμετρικός ως προς τον κατά μήκος άξονα και αποτελείται από τρεις σειρές τοιχοποιίας εκατέρωθεν αυτού, επί των οποίων ήταν τοποθετημένοι οι κίονες. Κάθε σειρά ορίζεται από την εσωτερική και εξωτερική πλευρά της. Είναι προφανές ότι λόγω της κατάστασης του μνημείου τα σημεία που ορίζουν εξωτερικά ή εσωτερικά αυτούς τους τοίχους δε βρίσκονται αυστηρά πάνω στην ίδια ευθεία.

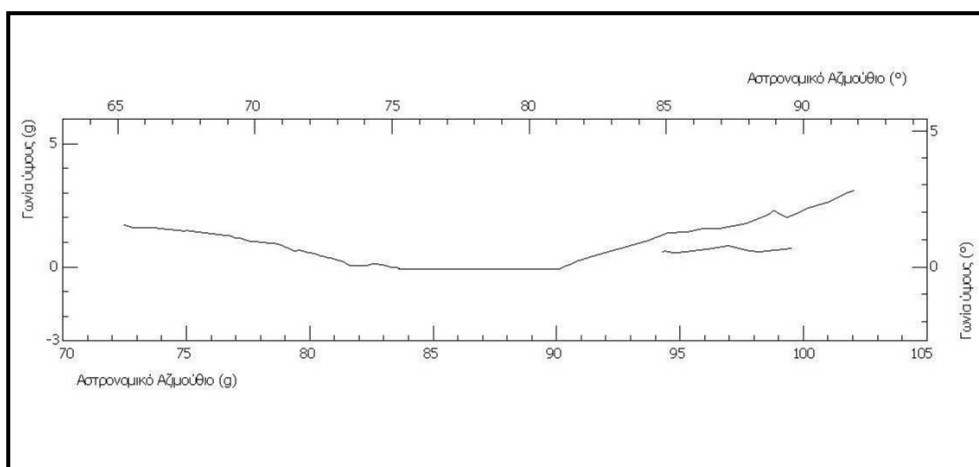
Χρησιμοποιώντας τη Μέθοδο Ελαχίστων Τετραγώνων (M.E.T.), υπολογίζεται η καλύτερη ευθεία, που προσαρμόζεται στα σημεία που ορίζουν την πλευρά κάθε τοίχου, και το αστρονομικό της αζιμούθιο.

Η τιμή του αστρονομικού αζιμουθίου του βασικού κατά μήκος άξονα υπολογίστηκε ως ο σταθμισμένος μέσος όρος των αζιμουθίων όλων των ευθειών, και είναι ίση με $87^{\circ}.11$ με αβεβαιότητα $\pm 4.6^{\circ}$.

3.4 Προσδιορισμός του αισθητού ορίζοντα

Αισθητός ορίζοντας ενός μνημείου από κάποιο σημείο, ορίζεται η προβολή στην ουράνια σφαίρα του συνόλου των ορεινών όγκων, κτισμάτων ή άλλων χαρακτηριστικών σημείων που βρίσκονται στη διεύθυνση των χαρακτηριστικών γραμμών του μνημείου και εμποδίζουν την ορατότητα του παρατηρητή, που βρίσκεται στο σημείο αυτό, προς την ουράνια σφαίρα και τα ουράνια σώματα (ήλιος, αστέρες).

Είναι προφανές ότι η φαινόμενη θέση των ουρανίων σωμάτων, από το χώρο του μνημείου τη στιγμή που ανατέλλουν ή δύουν, πάνω από τον ορίζοντα, εξαρτάται από τη μορφή και τη θέση του και επηρεάζει σημαντικά τη μελέτη προσανατολισμού του. [Πανταζής Γ., 2002].



Σχήμα 3. Το διάγραμμα του αισθητού ορίζοντα του Ηραίου (προς ανατολάς).

Η αποτύπωση του αισθητού ορίζοντα του Ηραίου έγινε από ένα σημείο του πολυγωνομετρικού δικτύου σκοπεύοντας μια γνωστή διεύθυνση αναφοράς, η οποία χρησιμοποιήθηκε για την ορθή τοποθέτηση του αισθητού ορίζοντα στο χώρο. Σκοπεύονται τα σημεία που ορίζουν τη γραμμή του αισθητού ορίζοντα, μετρώντας ζενίθιες και οριζόντιες γωνίες ως προς τη γνωστή διεύθυνση. Η μορφή του αισθητού ορίζοντα είναι ένα διάγραμμα αστρονομικών αζιμουθίων και γωνιών ύψους, που αντιστοιχούν σε κάθε σημείο του (σχήμα 3).

Η διαδικασία αποτύπωσης του αισθητού ορίζοντα του μνημείου (φωτ. 2), πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του γεωδαιτικού σταθμού TCR 303.



Φωτογραφία 2. Ο αισθητός ορίζοντας, από το χώρο του ναού
[Ηλιοδρομίτης Α., 2006]

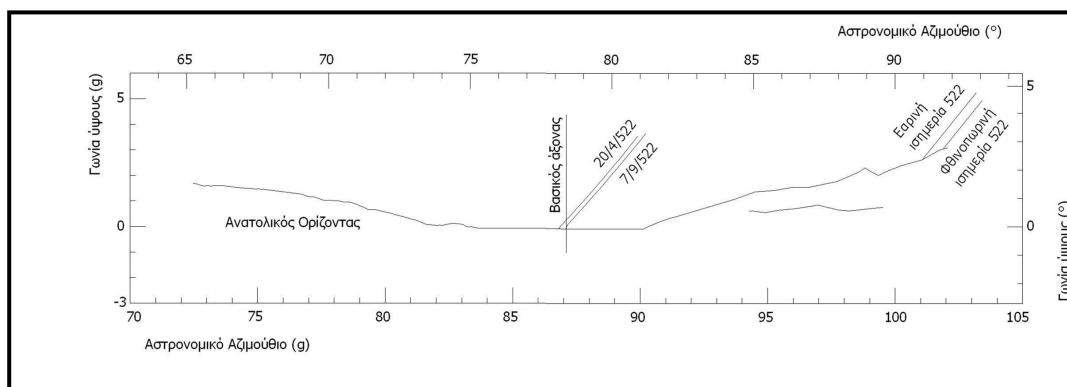
3.5 Προσδιορισμός της φαινόμενης πορείας ουράνιων σωμάτων

Χρησιμοποιώντας κατάλληλο λογισμικό (Sky Map Pro 8) [Marriott C., 2001] προσομοίωσης της ουράνιας σφαίρας μπορεί να προσδιοριστεί για οποιοδήποτε ημερομηνία η φαινόμενη πορεία ενός ουράνιου σώματος.

Τα στοιχεία που χρειάζονται είναι:

- Οι γεωδαιτικές συν/νες φ, λ του τόπου παρατήρησης
- Η επιθυμητή ημερομηνία και ώρα

Η φαινόμενη πορεία του ήλιου από έναν τόπο είναι διαφορετική για κάθε ημέρα. Μεταβάλλεται το αζιμούθιο ανατολής του αλλά και η πορεία που ακολουθεί μέχρι τη δύση του. Επίσης διαχρονικά παρατηρείται μια μικρή μεταβολή της θέσης του για την ίδια ημέρα σε διαφορετικά έτη [Πανταζής Γ., 2002].



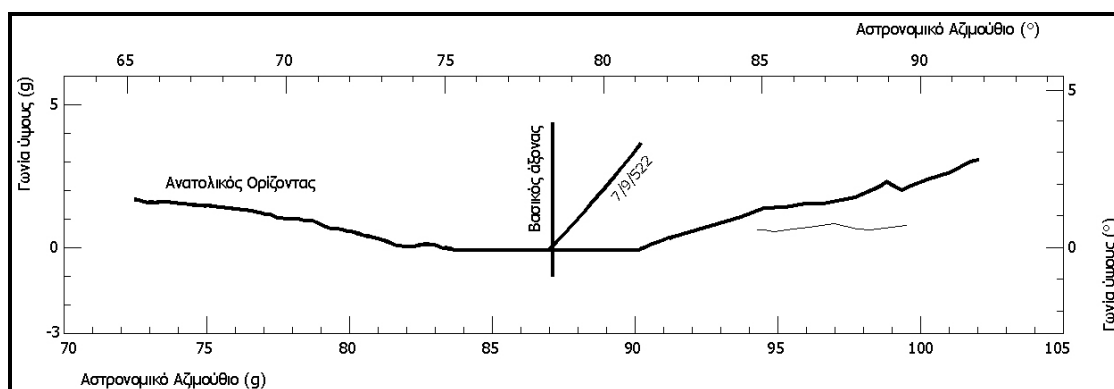
Σχήμα 4. Φαινόμενες πορείες του ήλιου για το έτος 522 π.Χ, από το χώρο του Ηραίου

Υπολογίστηκαν έτσι οι φαινόμενες πορείες του ήλιου από το χώρο του Ηραίου για διάφορες ημερομηνίες και έτη. Με διαδοχικές προσεγγίσεις βρέθηκαν οι ημέρες κατά τις οποίες ο ήλιος διέρχεται πλησιέστερα στο σημείο τομής βασικού κατά μήκος άξονα και του αισθητού ορίζοντα (σχήμα 4).

Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθήθηκε και για τον υπολογισμό της φαινόμενης πορείας του αστερισμού των Πλειάδων, ώστε να διερευνηθεί εάν το αζιμούθιο της ανατολής ή της δύσης τους, σχετίζεται με το αζιμούθιο του βασικού κατά μήκος άξονα του ναού.

4. Χρονολόγηση

Μετά από τη διερεύνηση για ένα ευρύ διάστημα ετών για τις ημέρες κατά τις οποίες ο ήλιος διέρχεται πλησιέστερα στο σημείο τομής βασικού κατά μήκος άξονα με τον αισθητό ορίζοντα, βρέθηκε ότι ο ήλιος βρίσκεται στο σημείο αυτό την 7^η Σεπτεμβρίου 522 π.Χ., (σχήμα 5). Συμπεραίνεται λοιπόν ότι η ημερομηνία αυτή αποτελεί την ημέρα θεμελίωσης του ναού.



Σχήμα 5. Η φαινόμενη πορεία του ήλιου στις 7/9/522 π.Χ., από το χώρο του Ηραίου

Λαμβάνοντας υπόψη την ακρίβεια προσδιορισμού όλων των απαραίτητων παραμέτρων αλλά και τη μεταβολή της θέσης του ήλιου για κάθε έτος υπολογίστηκε η αβεβαιότητα της χρονολόγησης ίση με ± 16 έτη.

Η διερεύνηση σχετικά με το αστρικό σμήνος των Πλειάδων, οδήγησε στην παρακάτω διαπίστωση:

Οι Πλειάδες ανατέλλουν σε αζιμούθιο ίσο με αυτό του βασικού κατά μήκος άξονα του ναού λίγο πριν την ανατολή του ήλιου, στα τέλη Απριλίου (αρχή της άνοιξης για την αρχαία Ελλάδα) και ανατέλλουν πάλι σε αζιμούθιο ίσο με αυτό του άξονα του ναού έξι μήνες αργότερα, λίγο μετά τη δύση του ήλιου, στα μέσα Οκτωβρίου (αρχή φθινοπώρου). Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι οι Πλειάδες κατά την ανατολή τους στον άξονα του ναού σηματοδοτούσαν την έναρξη της άνοιξης και του φθινοπώρου.

5. Συμπεράσματα

Εφαρμόζοντας την αστρογεωδαιτική μέθοδο με τη χρήση σύγχρονου γεωδαιτικού σταθμού:

α) Παρήχθη το ψηφιακό διάγραμμα της (κάτοψης) του Ηραίου και επομένως υπάρχει η δυνατότητα άντλησης πληροφορίας για οποιοδήποτε γεωμετρικό στοιχείο.

β) Προσδιορίστηκε ο αστρονομικός προσανατολισμός του ναού. Το αστρονομικό αζιμούθιο του βασικού κατά μήκος άξονά του, υπολογίστηκε ίσο με $87^{\circ}.11 \pm 4.6^{\circ}$. Το Ηραίό έχει βορειοανατολικό προσανατολισμό.

γ) Προσδιορίστηκε η ημερομηνία θεμελίωσης του ναού χρησιμοποιώντας τον προσανατολισμό του ως προς τον Ήλιο. Ως ημερομηνία θεμελίωσής του προκύπτει η 7^η Σεπτεμβρίου 522 π.Χ. με αβεβαιότητα ± 16 έτη, ημερομηνία που είναι σύμφωνη με τα ιστορικά στοιχεία.

δ) Διαπιστώθηκε ότι ο προσανατολισμός του ναού συνδέεται με τη θέση του αστρικού σμήνους των Πλειάδων. Η διέλευσή τους από τον άξονα του ναού πριν την ανατολή και μετά τη δύση του ήλιου σηματοδοτούσε την αρχή των δύο εποχών που ήταν ιδιαίτερα σημαντικές στον αρχαίο κόσμο.

ε) Αποδείχθηκε ότι με τη χρήση ενός **μόνο** σύγχρονου ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού, σε όλες τις εργασίες (πολυγωνομετρία, ταχυμετρική αποτύπωση, προσδιορισμός του αστρονομικού αζιμουθίου, μετρήσεις αισθητού ορίζοντα) και ενός GPS χειρός, είναι δυνατή η πλήρης γεωμετρική τεκμηρίωση και η χρονολόγηση ενός μνημείου. Έτσι η εφαρμοζόμενη μέθοδος γίνεται πιο εύχρηστη και οικονομική.

6. Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν την προϊσταμένη της ΚΑ΄ Εφορείας Προϊστορικών και Κλασσικών Αρχαιοτήτων, Αρχαιολόγο κα Μ. Βιγλάκη, για την παραχώρηση της σχετικής άδειας για την πραγματοποίηση των απαραίτητων μετρήσεων στο χώρο του Ηραίου.

7. Βιβλιογραφία

1. Ηλιοδρομίτης Α., *Ολοκληρωμένη γεωμετρική τεκμηρίωση του αρχαίου ναού της Ήρας στη Σάμο με σύγχρονα γεωδαιτικά όργανα*, Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Σ.Α.Τ.Μ., Μάρτιος 2006.
2. Kyrieleis H., *Το Ηραίό της Σάμου*, Deutsches Archaeologisches Institut, Athens 1983.
3. Marriott C., *Skymap Pro Version 8*, 1992-2001.
4. Πανταζής Γ., *Διερεύνηση προσανατολισμού μνημείων, με Γεωδαιτικές και Αστρονομικές μεθόδους. Εφαρμογή στα Μετέωρα*, Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, ΣΑΤΜ, Αθήνα, Οκτώβριος 2002.