

Ευστάθιος Χιώτης  
Δρ. Μεταλλειολόγος Μηχανικός

## Η διάδοση μεταλλευτικής τεχνογνωσίας του Λαυρίου σε υδραυλικές εφαρμογές κατά την αρχαιότητα

Στους Κουμιάτες μεταλλωρύχους  
του Λαυρίου

### **Εισαγωγή**

ΤΟ ΛΑΥΡΙΟ ΥΠΗΡΞΕ το πρώτο βιομηχανικό κέντρο της Ελλάδος κατά την επαναλειτουργία των μεταλλείων στους νεότερους χρόνους. Ομοίως, κατά την αρχαιότητα υπήρξε κέντρο τεχνολογικής εξέλιξης, πρωτίστως στις δεξαμενές νερού, τα φρέατα και τις σήραγγες, τα πλυντήρια μεταλλεύματος και τη μεταλλουργία αργύρου, μολύβδου και σιδήρου. Υπόγεια υδραυλικά έργα και ιδιαίτερα ομβροδέκτες, φρέατα και σήραγγες ήταν διαδεδομένα στην Αττική ήδη από τους κλασικούς χρόνους και εικάζεται ότι αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στους τεχνίτες του Λαυρίου, και ιδιαίτερα τους περιοδεύοντας Φρεάρριους, σε συνδυασμό με την επικράτηση ξηρασίας κατά τον 4ο αι. π.Χ.

Ο Γεώργιος Μαρίνος, στον οποίο οφείλουμε την κατάκτηση της γεωλογίας και της μεταλλογένεσης του Λαυρίου, με το πνευματώδες χιούμορ που τον διέκρινε, υπογραμμίζει την ανεπάρκεια του νερού στη Λαυρεωτική, σημειώνοντας ότι η τροφοδότηση των πλυντηρίων με νερό αποτέλεσε αληθινό άθλο σε μια τόσο άνυδρη χώρα, στην οποία, χωρίς υπερβολή, το νερό είναι «σπανιώτερον του αργύρου» (Μαρίνος & Petrascheck, 1956: 10).

Ήταν συνεπώς εύλογη η πρωτοπορία του Λαυρίου στην κατασκευή μεγάλων δεξαμενών για τα πλυντήρια, αλλά και ομβροδεκτών για οικιακή χρήση. Οι τελευταίοι απαντούν στην Αττική από τον 5ο αι. π.Χ., πληθαίνουν, μεγεθύνονται και τυποποιούνται τον 4ο αι. π.Χ. στην Αθήνα και τον Πειραιά και αφθονούν στην Αττική κατά τους Ελληνιστικούς χρόνους. Τότε πλέον κατασκευάζονται με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά και στις ελληνοιστικές πόλεις στην Εγγύς Ανατολή, όπως στα Γάδαρα στη σημερινή Ιορδανία.

Η όρυξη μεταλλευτικών φρεάτων στο Λαύριο, συχνά βάθους περί τα εκατό μέτρα σε βραχώδη πετρώματα, ήταν εγχείρημα δυσχερές, χρονοβόρο και δαπανηρό, στο οποίο φαίνεται ότι είχαν εξειδικευθεί τεχνίτες του Δήμου Φρεαρρίων της Λαυρεωτικής που προσέφεραν τις υπηρεσίες τους εργολαβικά (Κακαβογιάννης, 2005: 212). Οι Φρεάρριοι δεν θα άνοιγαν φρέατα μόνο στην επικράτεια του Δήμου τους, αλλά σε ολόκληρη τη Λαυρεωτική, απαρτίζοντας ένα είδος συντεχνίας που αναλάμβανε τη διάνοιξη φρεάτων ή εν γένει την εκτέλεση μεταλλευτικών έργων, όπως την διάνοιξη γαλιριών κ.ά. (Κακαβογιάννης & Κουρσούμης, 2013: 84).

### *Δεξαμενές και ομβροδέκτες*

Η λειψυδρία αντιμετωπίστηκε στα πλυντήρια μεταλλεύματος με τη συγκέντρωση χειμάρριου νερού σε ανοικτές κυλινδρικές δεξαμενές κατά μήκος ρεμάτων. Η χωρητικότητα των δεξαμενών ήταν συνήθως από 300 έως 1000 κυβικά μέτρα, οι μεγαλύτερες όμως έφθαναν τις δύο χιλιάδες.

Σύμφωνα με τον Κακαβογιάννη (2005: 229), οι δεξαμενές στη συντριπτική πλειοψηφία τους ανήκουν στην κλασική περίοδο, αλλά η χρήση τους ανάγεται στις αρχές του 5ου αι. π.Χ. Μάλιστα, κατά τη γνώμη ορισμένων ερευνητών ήταν σε χρήση ήδη και κατά την προκλασική περίοδο.

Πλάι στις μεγάλες υπαίθριες δεξαμενές υπήρχε δεύτερη μικρότερη για τον καθαρισμό του νερού από τη φερτή ύλη των χειμάρρων και το νερό με υπερχειλίση έρρεε καθαρό στη μεγάλη αποθηκευτική δεξαμενή (Σχ. 1). Ορύσσονταν μέχρι βάθους δέκα περίπου μέτρων σε βραχώδη πετρώματα, μάρμαρα ή σχιστολίθους, και η τοικοδομία τους καλυπτόταν από διαδοχικά στρώματα ασβεστοκονιάματος, συνολικού πάχους δύο έως πέντε εκατοστών, που συνδυάζει μηχανική αντοχή και στεγανότητα. Το στεγανοποιητικό κονίαμα των δεξαμενών διατηρείται και σήμερα σε καλή κατάσταση.

Σε υπαίθριες δεξαμενές πλυντηρίων, που χρονολογούνται από τον 4ο αι. π.Χ., υπάρχει συχνά ένα καφέ λεπτό επίχρισμα το οποίο ενισχύει τη στεγανότητα του ασβεστοκονιάματος και το προστατεύει από θερμικές παραμορφώσεις (συστολές-διαστολές). Από τις μελέτες του Παπαδημητρίου (2000: 43) αποκαλύφθηκε μια εξαιρετικά πρωτότυπη σύσταση του επιχρίσματος αυτού με χρήση λιθαργύρου. Η παρασκευή του γινόταν σε τρία στάδια. Έλιωναν λιθάργυρο και έριχναν το τήγμα σε νερό. Παραγόταν έτσι υαλώδης μάζα που αλεθόταν και τέλος η σκόνη ανακατευόταν καλά με γαλάκτωμα ασβέστη και επαλειφόταν στο ασβεστοκονίαμα με χρωστήρα.

Για οικιακή χρήση χρησιμοποιούνταν υπόγειοι ομβροδέκτες, απίοσχημοι ή κωδωνόσχημοι, στους οποίους συγκεντρώνονταν βρόχινα νερά από την στέγη παρακειμένων κτιρίων. Οι ομβροδέκτες συνδέονταν συνήθως μέσω μικρής σήραγγας

με γειτονικό πηγάδι που χρoσίμεινε για την προσπέλαση και την άντληση κατά την λειτουργία, αλλά επίσης και κατά την εξόρυξη των ομβροδεκτών για τον αερισμό και την αποκομιδή του πετρώματος.

Στο λιμάνι του Λαυρίου, στον όρμο Γαϊδουρόμαντρα, οι Λιάγκουρας και Κακαβογιάννης (1976) ανέσκαψαν μέγα εργαστήριο επεξεργασίας αργυρούχου μεταλλεύματος και πλήθος επιφανειακών και υπόγειων δεξαμενών. Μεταξύ αυτών αναφέρεται «μεγάλη υπόγειος ιδιόρρυθμος δεξαμενή ύδατος». Στην πραγματικότητα, επεξηγούν πρόκειται για δύο δεξαμενές επενδεδυμένες με κονίαμα, μια φρεατοειδή και μια παρακείμενη κωδωνόσχημη, βάθους 5 μ. τουλάχιστον, που συνδέονται μεταξύ τους με σήραγγα μήκους 4,7 μέτρων.

Το ενδιαφέρον αυτής της συστοικίας δεξαμενών είναι ότι πρόκειται για σχετικά πρώιμη κατασκευή, αφού η ίδρυση του εργαστηρίου ανάγεται στο πρώτο ήμισυ του 4ου αι. π.Χ., αν όχι παλαιότερα. Το πρότυπο σύστοικων ομβροδεκτών – φρεάτων επικράτησε και επεκτάθηκε σε περισσότερους διασυνδεδεμένους απιόσχημους ομβροδέκτες (Σχ. 2, Chiotis & Chioti, 2012: 419).

Ο John Mac Camp (1982) σε συνθετική μελέτη παρουσίασε το 1982 αρχαιολογικά δεδομένα, επιγραφές και γραπτές μαρτυρίες που τεκμηριώνουν περίοδο ξηρασίας κατά τον 4ο αι. π.Χ. Δεν είναι άσχετο ότι οι υπόγειες δεξαμενές διαδόθηκαν ευρύτατα στην Αττική από τα μέσα του 4ου αι. π.Χ., με αποκορύφωση στους Ελληνιστικούς κυρίως χρόνους, για να αναπληρώσουν πηγάδια τα οποία στέρεψαν λόγω της παρατεταμένης ξηρασίας που προκάλεσε μάλιστα λιμό στην Αττική και στον ευρύτερο Ελλαδικό χώρο.

Οι μεγάλοι ομβροδέκτες έφθαναν σε βάθος και διάμετρο τα έξι έως επτά μέτρα και η κατασκευή του στομίου τους απαιτούσε προσεκτικό σχεδιασμό για την αποφυγή κατάπτωσης. Η τεχνογνωσία των ομβροδεκτών με τυποποιημένα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά είναι πιθανόν να διαδόθηκε ευρύτερα από τους Φρεάρριους, τους εξειδικευμένους «πηγαδάδες» της εποχής.

Η πιθανή θέση του Δήμου Φρεαρρίων προσδιορίστηκε χάρη στη μελέτη από τον Vanderpool στήλης των μέσων του 3ου αι. π.Χ., η οποία περιγράφεται ως Ιερός Νόμος των Φρεαρρίων. Η στήλη αναφέρεται σε κανονισμούς κατά την άσκηση λατρείας των Ελευσινίων θεοτήτων, της Δήμητρας, της κόρης και του Πλούτωνα. Η θέση του Δήμου, σύμφωνα με τον Vanderpool (1970: 51), ήταν ανατολικά του Ολύμπου, αλλά μεταγενέστερες μελέτες θεωρούν ότι στο Δήμο Φρεαρρίων ανήκε επίσης ο Άγιος Παντελεήμων και το Αρί, το όνομα του οποίου θεωρείται ότι προέρχεται από το όνομα του Δήμου Φρεαρρίων. Όνομα δηλωτικό της εξειδίκευσης των κατοίκων του στην όρυξη υδρευτικών αλλά και μεταλλευτικών φρεάτων και στοών.

Η συμβολή τους σε υδραυλικά έργα μαρτυρείται επίσης από την ύπαρξη αρχαίου υδραγωγείου στην περιοχή του Ολύμπου Λαυρεωτικής. Κατευθυνόταν προς την

Ανάβυσσο και την Φωκαία και απαρτιζόταν από γραμμική συστοιχία φρεάτων, τα οποία συνδέονταν στον πυθμένα με σήραγγα και υδρομάστευαν υπόγεια ύδατα.

Ορισμένοι από τους ομβροδέκτες των Αθηνών έχουν χαρακτήρα μεταλλευτικού έργου, στοιχείο ενδεικτικό μεταφοράς μεταλλευτικής τεχνογνωσίας από το Λαύριο. Χαρακτηριστικό είναι το σύστημα ομβροδεκτών-φρεάτων και σπράγγων πλησίον του ναού του Ηφαίστου, στην Αρχαία Αγορά των Αθηνών (Chiotis & Chioti, 2012: 418). Οι ομβροδέκτες συνδέονται με δίκτυο σπράγγων μήκους περί τα ενενήντα μέτρα (Σχ. 2). Αρχικά ορύχθηκαν δύο πηγάδια στο τρίτο τέταρτο του 4ου αι. π.Χ., δηλαδή κατά την περίοδο της ξηρασίας, χωρίς να βρουν νερό μέχρι τα 23 μέτρα. Γι' αυτό επικώσθηκαν στο βάθος, με διεύρυνση στο ανώτερο τμήμα μετατράπηκαν σε ομβροδέκτες και συνδέθηκαν με γαλαρίες.

Η περίοδος ξηρασίας του 4ου αι. π.Χ. προκάλεσε ταπείνωση του υδροφόρου ορίζοντα και έτσι στέρεψαν τα ρηχά πηγάδια. Την ίδια εποχή κατασκευάζονται στην Αθήνα μεγάλα υδραγωγεία, ο Αχαρνικός οχετός και το υδραγωγείο Υμηπτού-Εθνικού Κήπου. Το πρώτο μετέφερε νερά από πηγές και υπόγειες υδρομαστεύσεις στους πρόποδες της Πάρνηθας με κεραμικούς σωλήνες εντός τάφρου και το δεύτερο ήταν γραμμική συστοιχία φρεάτων που συνδέονταν στον πυθμένα τους με σήραγγα και υδρομάστευαν υπόγεια ύδατα.

### ***Σήραγγα Κεφαλαρίου***

Στη συνέχεια γίνεται σύντομη ανασκόπηση σχετικά με ένα σπουδαίο αλλά ημιτελές αρχαίο τεχνικό έργο, με το οποίο επιχειρήθηκε για δεύτερη φορά η αποστράγγιση της Κωπαΐδας και είναι γνωστό ως σήραγγα Κεφαλαρίου.

Η πρώτη αποστράγγιση έγινε με τάφρους εκτροπής του Κηφισού και του Μέλανα ποταμού προς καταβόθρες στη ΒΑ περιοχή της λίμνης κοντά στο Γλα περί το 1300 π.Χ. Μελετήθηκε από τον Knauss (1995), ο οποίος έκανε σπουδαίο ερευνητικό έργο και τεκμηρίωσε, όπως γράφει χαρακτηριστικά, ότι οι Μινύες στην Κωπαΐδα ανέπτυξαν τον πρώτο υδραυλικό πολιτισμό στην Ευρώπη (1995: 83). Οι καταβόθρες αποφράχθηκαν κάποτε, οπότε επιχειρήθηκε και πάλι η αποστράγγιση προς τη Λάρυμνα με ένα νεότερο έργο, με μια σήραγγα που ξεκινάει από την καταβόθρα Μπίνια, στη ΒΔ περιοχή της λίμνης και κατευθύνεται προς τη Λάρυμνα. Για την κατασκευή της γαλαρίας, μήκους περί τα δυο χιλιόμετρα, ορύχθηκαν πηγάδια ανά 100 περίπου μέτρα από τον πυθμένα των οποίων ξεκίνησε η τμηματική όρυξη της σήραγγας. Εργασία επίπονη και χρονοβόρα, γιατί το πέτρωμα στην περιοχή είναι συμπαγείς ασβεστόλιθοι. Γι' αυτό και η χάραξη του έργου έγινε πολύ προσεκτικά, κατά μήκος διαδρομής που θα απαιτούσε το ελάχιστο συνολικό μήκος φρεάτων, γύρω στα 650 μέτρα, από τα οποία πραγματοποιήθηκαν περίπου τα δύο τρίτα. Τα πηγάδια περιέγραψαν πολλοί περιηγητές και μελέτησε ο Αρχαιολόγος Μιχάλης

Καμπάνης (1892, 1893). Η ολοκλήρωση του έργου απαιτούσε εξόρυξη συνολικού όγκου ασβεστολίθου γύρω στα εξήμισι χιλιάδες κ.μ. από τα οποία εξορύχθηκαν περί τα 2.000 κ.μ. Από τα πηγάδια τα 11 είναι βαθύτερα από 30 μέτρα, τα έξι βαθύτερα από 50 και τα 2 βαθύτερα από 60. Πηγάδια με βάθη άνω των σαράντα μέτρων είναι συνήθη στα μεταλλεία Λαυρίου, σπανίζουν όμως στα αρχαία υδραγωγεία στην Ελλάδα.

Ένα πολυσυζητημένο θέμα είναι η εποχή κατασκευής του έργου. Ο Knauss (1995: 95) το εντάσσει στη Μυκηνναϊκή περίοδο με κύριο επιχείρημα τη δυνατότητα των Μινύων να εκτελούν έργα βραχομηχανικής, επικαλούμενος την κατασκευή μυκηνναϊκού υδραγωγείου των Θηβών μήκους 1.600 μέτρων, σύμφωνα με τον Symeonoglou (1985). Ο Φαράκλας (1998) όμως αμφισβήτησε την ύπαρξη του υδραγωγείου αυτού με το επιχείρημα ότι οι λίγες θέσεις του Symeonoglou με υδραυλικούς αγωγούς δεν οριοθετούν ενιαίο υδραγωγείο.

Επιπλέον, θα ήθελα να προσθέσω ότι ο Knauss παρέβλεψε ότι οι γεωλογικοί σχηματισμοί των Θηβών είναι χαλαρά Πλειστοκαινικά αργιλοψαμμιτικά ιζήματα και ότι γενικότερα δεν υπάρχει αποδεδειγμένα Μυκηνναϊκό υπόγειο έργο με μαζική εξόρυξη ασβεστολίθων. Η εξόρυξη βραχομάζας σε μεγάλη κλίμακα δεν μπορούσε να γίνει με μπρούτζινα εργαλεία, όταν μάλιστα ο μπρούντζος ήταν σε περιορισμένη χρήση. Αντίθετα, ο Καμπάνης (1892, 1893) στηριζόμενος σε γραπτές μαρτυρίες τα αποδίδει στον Κράτη, τον αρχιμηχανικό του Μεγάλου Αλεξάνδρου.

Έχοντας υπόψη την τεχνολογική εξέλιξη των αρχαίων σπράγγων, είναι φανερό ότι η σήραγγα του Κεφαλαρίου είναι μεταγενέστερη από το Ευπαλίνειο όρυγμα, του οποίου η κατασκευή άρχισε γύρω στο 550 π.Χ. Στη Σάμο, με το προβάδισμα στα μαθηματικά, δεν επιχείρησαν να κατασκευάσουν τη σήραγγα κεκλιμένη. Ήταν ένα δύσκολο εγχείρημα για την εποχή. Το Ευπαλίνειο είναι ένα αμφίστομο οριζόντιο όρυγμα και μετά την ολοκλήρωσή του, στη μία του πλευρά ορύχθηκε κεκλιμένη αύλακα για τη φυσική ροή του νερού.

Ο σχεδιασμός της σήραγγας του Κεφαλαρίου είναι ένα έργο «τεχνολογικής πρόκλησης», χωρίς προηγούμενο στους Μυκηνναϊκούς χρόνους. Όχι μόνο «πολυμέτωπο», με παράλληλη δηλαδή εξόρυξη σε περισσότερες θέσεις, σε σύγκριση με το αμφίστομο Ευπαλίνειο, αλλά επίσης είναι κεκλιμένο, με υψομετρική διαφορά περί τα 25 μ. στα άκρα του και ακολουθεί τεθλασμένη πορεία, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το βάθος των πηγαδιών. Σημειώνονται επίσης δύο χαρακτηριστικά του φρέατος 2 στο Κεφαλάρι (Knauss, 1995: 90) που υποδηλώνουν ομοιότητες με τα μεταλλευτικά πηγάδια του Λαυρίου (Σχ. 3). Είναι αφενός οι εντορμίες («ξυλότρυπες») ανά μισό μέτρο για τη στήριξη σκαλωσιάς, οι παρόμοιες μεγάλες διαστάσεις των φρεάτων χάριν του αερισμού και η βαθμιαία τηλεσκοπική μείωση της διατομής.

Η ελληνογαλλική ομάδα που μελετά τα φρέατα του Λαυρίου έχει διαπιστώσει συστηματική χρήση εντορμιών στα τοιχώματα για τη στήριξη ξυλοδοκών. Ας σημειωθεί ότι η κατασκευή βαθιών φρεάτων στο Λαύριο εισήχθη στους κλασικούς χρόνους, μετά από μεταλλευτική εμπειρία αιώνων. Τομή του έργου φαίνεται στο σχήμα 4 και η θέση του σημειώνεται με βέλος στο σχήμα 5, σε χάρτη του Curtius (1892), στον οποίο έχουν αποτυπωθεί τα Μινυακά έργα αποστράγγισης της Κωπαΐδας.

Βάσει της ανασκόπησης αυτής πιστεύουμε ότι η σήραγγα Κεφαλαρίου έχει έντονα χαρακτηριστικά μεταλλευτικής τεχνολογίας του Λαυρίου και κλίνουμε υπέρ της άποψης του Καμπάνη για την κατασκευή του από το Κράτη, αλλά η μελέτη αυτού του σπουδαίου έργου θεωρείται επιβεβλημένη.

### *Η αποστράγγιση της λίμνης του Δύστου*

Πρόκειται για έργο παρόμοιο με τη σήραγγα του Κεφαλαρίου που αποσκοπούσε και πάλι στην αποστράγγιση λίμνης, έχουμε περιγραφή του σε «επιγραφή-συμβόλαιο», τη στήλη του Χαιρεφάνη που ανάγεται στο 320 π.Χ., με «αντισυμβαλλόμενο» τον Δήμο Πτεχών, η θέση του οποίου παραμένει αντικείμενο εικασιών. Δεν γνωρίζουμε επίσης αν το έργο πραγματοποιήθηκε τελικά, ούτε ποια ήταν η υποτιθέμενη θέση του.

Ο Χαιρεφάνης αναλαμβάνει με έξοδά του την κατασκευή του έργου εντός τεσσάρων ετών, με το δικαίωμα εκμετάλλευσης για δέκα χρόνια της γης που θα αποξηράνει. Το έργο περιλαμβάνει σήραγγα, φρέατα, αλλά και μια δεξαμενή έκτασης δύο τριγωνικών σταδίων, περί τα εξήντα στρέμματα (Ευστρατιάδης 1869).

Η πρόβλεψη της δεξαμενής αυτής (Δ στο Σχ. 6) είναι πιθανώς το μάθημα που κερδήθηκε από την απόφραξη στις καταβόθρες στην Κωπαΐδα και θα εξυπηρετούσε την απομάκρυνση της φερτής ύλης, πριν από την τροφοδοσία της σήραγγας. Εκτός της σήραγγας αποστράγγισης, περιγράφονται έργα τα οποία συνιστούν ένα πλήρες σχέδιο διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της τοπικής λεκάνης απορροής μετά την αποξήρανση.

Έχουν διατυπωθεί διάφορες προτάσεις για τη θέση και τη φύση του έργου. Ο Knauss (1990: 262) προτείνει αποστράγγιση προς τον Ευβοϊκό Κόλπο με τάφρο T1 και σήραγγα Σ1 μήκους 4 χιλιομέτρων και φρέατα βάθους περί τα 100 μ., έργο με πολλαπλάσιο όγκο εξόρυξης σε σύγκριση με τη σήραγγα Κεφαλαρίου (Σχ. 5 και 6). Τα πετρώματα είναι σιπολινικά μάρμαρα με ενστρώσεις σχιστολίθων, δύσκολα στην εξόρυξη αλλά σταθερά. Η λύση που προτείνει ο Knauss είναι υψηλού ρίσκου και κόστους και η υλοποίησή του σε τέσσερα χρόνια που προέβλεπε η επιγραφή είναι υπερβολικά αισιόδοξη υπόθεση ή μάλλον εκτός πραγματικότητας για την εποχή.

Εναλλακτική πρόταση θεωρεί ότι τα νερά διοχετεύτηκαν σε καταβόθρα με απορροή προς τη θάλασσα. Όμως οι παρεμβολές σχιστολίθων καθιστούν το σύστημα των πετρωμάτων αδιαπέρατο σε μεγάλη κλίμακα, πράγμα που δεν ευνοεί την ανάπτυξη εκτεταμένου καρστικού δικτύου για πλήρη αποξήρανση. Περιορισμένη ταπείνωση της στάθμης της λίμνης σε καταβόθρες εποχιακά είναι πιθανή και ίσως η ευκολότερη λύση, αλλά για περιορισμένη ανάκτηση εδαφών.

Πρόσφατα προτάθηκε από το διακεκριμένο μελετητή της τοπογραφίας της Εύβοιας Denis Knoerfler ότι ο Δήμος των Πτεχών βρισκόταν βόρεια της λίμνης Δύστου στην περιοχή Λέπουρα-Βελούσια, άποψη την οποία αποδέχεται και ο Fachad (2009: 921). Στο σχήμα 6 φαίνεται ότι η υδρολογική λεκάνη Λέπουρα-Βελούσια είναι ανοικτή προς Βορρά. Υπάρχει ένα μορφολογικό στένεμα στη θέση αυτή, το ύψος πιθανής απόφραξης δεν ξεπερνάει όμως τα 5 με 6 μ. Συνεπώς είναι ενδεχόμενο να λήμιζαν νερά τοπικά, το πρόβλημα αυτό όμως αντιμετωπίζεται πολύ ευκολότερα με επιφανειακά αποστραγγιστικά και απορροή προς Βορρά. Επομένως, το έργο του Χαιρεφάνη δεν θα είχε νόημα εδώ.

Ανεξάρτητα από την εικαζόμενη θέση του Δήμου Πτεχών, πιστεύουμε ότι το έργο που περιγράφεται στην επιγραφή αφορά στην αποστράγγιση της λίμνης Δύστου με σήραγγα, Σ2, προς το Αιγαίο (Σχ. 6), έργο το οποίο είχε ξεκινήσει στο τέλος της δεκαετίας του 1930 και διακόπηκε στον πόλεμο. Στη θέση αυτή το έργο του Χαιρεφάνη θα ξεκινούσε με επιφανειακή τάφρο T2, θα συνεχιζόταν ανατολικά με σήραγγα σε βάθη μικρότερα από τα είκοσι μέτρα, θα διέσχιζε μαλακά πετρώματα και θα ήταν επομένως ένα έργο εφικτό για την εποχή, πολύ ευκολότερο από τη σήραγγα Κεφαλαρίου ή την εναλλακτική πρόταση Κnauss.

### **Αρχαίο υδραγωγείο Περαχώρας**

Ένα άλλο υδραγωγείο μεταλλευτικής έμπνευσης ευρίσκεται στην Περαχώρα Λουτρακίου (Σχ. 7), σε επίπεδη περιοχή περί τα δύο χιλιόμετρα πριν από το Ηραίο. Κατασκευάστηκε στους Ελληνιστικούς χρόνους, κατά την περίοδο ξηρασίας που αναφέρθηκε νωρίτερα. Ο κορμός του αποτελείται από μια κεκλιμένη γαλαρία με κλίση 27ο, μήκους περί τα 70 μ., κατά μήκος της οποίας υπάρχουν λίθινα σκαλοπάτια. Στο βάθος της συνάντησε υδροφόρα στρώματα και εκεί διακλαδίζεται σε τρεις μικρούς οριζόντιους κλάδους, στους οποίους καταλήγουν ισάριθμα πηγάδια με επιμήκη ορθογωνική διατομή. Το μεγαλύτερο από αυτά, το ανατολικό, έχει διαστάσεις 15,6X1,3 μέτρα. Πιστεύεται ότι με κάποιο μαγγανοπήγαδο με κατακόρυφο τροχό αντλούσαν το νερό στην επιφάνεια και με αυλάκι κατέληγε σε κρηναίο οικοδόμημα με φυσική ροή (Sinn 1990: 57). Στην αεροφωτογραφία του Κτηματολογίου (Σχ. 7 κάτω) διακρίνονται η κεκλιμένη γαλαρία (1), υπόγειες στοές



(2), τα φρέατα άντλησης (3), κανάλι μεταφοράς νερού (4) σε δεξαμενή (5) και κρηναίο οικοδόμημα (6).

### ***Συμπεράσματα***

Η ημιτελής σήραγγα Κεφαλαρίου, η περιγραφόμενη σε επιγραφή σήραγγα Δύστου και το αρχαίο υδραγωγείο Περαχώρας έχουν χαρακτηριστικά μεταλλευτικής τεχνολογίας που είχε ήδη αναπτυχθεί στο Λαύριο. Η κατασκευή τους ανάγεται κυρίως στους Ελληνιστικούς χρόνους, όταν η εξόρυξη αργυρούχου μεταλλεύματος βρισκόταν σε κάμψη. Συνεπώς, δικαιολογείται η υπόθεση ότι οι Φρεάρριοι, οι εξειδικευμένοι μεταλλευτές του Λαυρίου, την περίοδο αυτή αναζήτησαν απασχόληση σε έργα υδραυλικά ή έργα εγγείων βελτιώσεων, όπως τα αναφερθέντα. Αλλά και οι μεγάλοι ομβροδέκτες είναι έργο τεχνιτών εξειδικευμένων στις υπόγειες εξορύξεις και η εξειδίκευση αυτή προκύπτει έμμεσα από την τυποποιημένη κατασκευή τους.

### ***Ευχαριστίες***

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την Δρ. Αρχαιολόγο Αθηνά Χατζηδημητρίου και τους καθηγητές και φίλους Παύλο Μαρίνο και Γιώργο Παπαδημητρίου που με βοήθησαν σε θέματα της ειδικότητάς τους.

## SUMMARY

It is proposed that the Laurium miners, the Phrearrhians in particular, transferred and applied their excavation techniques in the construction of hydraulic works, particularly in the Hellenistic times, a period of mining decline. It is supported that the shafts of the semi-finished Kephalaria tunnel for the drainage of the Copais Lake reflect technical features of the Laurium shafts. Furthermore, the inclined Kephalaria tunnel in limestone rocks, which was initiated simultaneously at many sites, is considered significantly more advanced and complicated than the horizontal Eupalinos tunnel, the construction of which started in the middle of the sixth century BC. Therefore, between the alternative assumptions for the age of this work, Mycenaean or Hellenistic, the latter view is here adapted, but certainly further research is required.

The feasibility of the drainage tunnel of the Dystos Lake is also discussed and its location is placed at Σ2 in Figure 6, heading towards the Aegean Sea. Finally, the Hellenistic Perachora aqueduct is also considered as a work of miners.



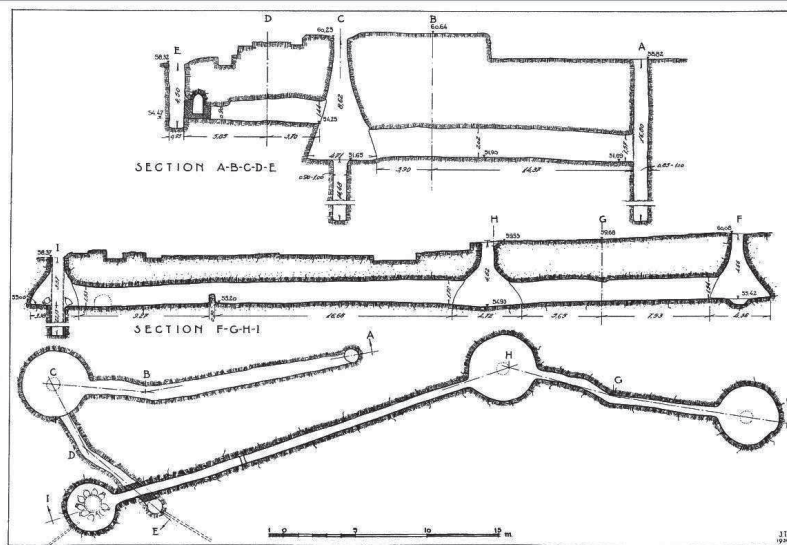
## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ardallion E., 1897, *Les mines du Laurion dans l'antiquité*, Paris.
- Chiotis E., Chioti L., 2012, «Water supply of Athens in antiquity», *Evolution of water supply through the Millenia*, IWA Publishing 407- 442.
- Curtius, E., 1892, «Die Deichbauten der Minyer», *Sitzungsberichte der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*. Sitzung der philosophisch-historischen Classe, 1181-1193.
- Ευστρατιάδης Π., 1869, *AE* 13, 317-332, Εν Αθήναις Αρχαιολογική Εταιρεία.
- Fachard S., 2009, "A cyclopean wall at Loupaka, Near Dystos?", *Αρχαιολογικό Έργο Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας 2*, Πρακτικά επιστημονικής συνάντησης 2006, 913-929.
- Φαράκλας Ν., 1998, *Θηβαϊκά*, *AE*, 138, 238 σ. Εν Αθήναις Αρχαιολογική Εταιρεία.
- Κακαβογιάννης Ε., 2005, *Μέταλλα εργάσιμα και συγκεχωρημένα - Η οργάνωση της εκμετάλλευσης του ορυκτού πλούτου της Λαυρεωτικής από την Αθηναϊκή Δημοκρατία*, ΥΠ.Π.Ο., Δημοσιεύματα Αρχ. Δελτ. Αρχ. 90, Έκδοση ΤΑΠΑ, 350 σ.
- Κακαβογιάννης Ε., Κουρσούμης Σ., 2013, «Εντοπισμός, καταγραφή και χαρτογράφηση των αρχαίων μεταλλευτικών φρεάτων της Λαυρεωτικής», *AE* 152, 77-102.
- Kambanis M., 1892, «Le dessèchement du lac Copais par les anciens», *BCH*, Vol. 16, 121-137.
- Kambanis M., 1893, «Le dessèchement du lac Copais par les anciens», *BCH*, Vol. 17, 322-342.
- Knauss J., 1990, *Kopais 3, Wasserbau und Geschichte: Der Durchtunnelungsversuch am Kephalari-Pass in der Nordostbucht der Kopais und die geplante Entwässerung des Beckens von Dystos auf Euboea*, 252-266, Technische Universität München.
- Knauss J., 1995, «Technical and historical aspects of the unfinished ancient drainage tunnel at the outmost northeast corner of the Copais Basin», *Επιτηρίς της Εταιρείας Βοιωτικών Μελετών*, Β' Συνέδριο (1992), τόμος Β, τεύχος α, 83-95.
- Μαρίνος Γ.Π., W.E. Petrascheck 1956, *Λαύριον*, ΙΓΕΥ, Αθήναι.
- McK. Camp II, J., 1982, "Drought and Famine in the 4th Century", *Hesperia Supplements*, Vol. 20, *Studies in Athenian Architecture, Sculpture and Topography*. Presented to Homer A. Thompson (1982), pp. 9-17.
- Morin D., Herbach R. and Rosenthal P., 2012, "The Laurion shafts, Greece: ventilation, systems and mining technology in antiquity" *Historical Metallurgy* 46(1), 9-18.
- Papadimitriou G., 2000, "Mining and metallurgical activities in ancient Laurium and its impact on the Golden Era of Athens", *5th International Mining History Congress*, Milos, Greece, 33-44.
- Sinn U., 1990, "Das Heraion von Perachora. Eine sakrale Schutzzone in der korinthischen Peraia", *AM* 105, 53-116.
- Symeonoglou S., 1985, *The Topography of Thebes from the Bronze Age to Modern Times*, Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Vanderpool E., 1970, «A Lex Sacra of the Attic Deme Phrearrhioi», *Hesperia*, 39, 47-53.

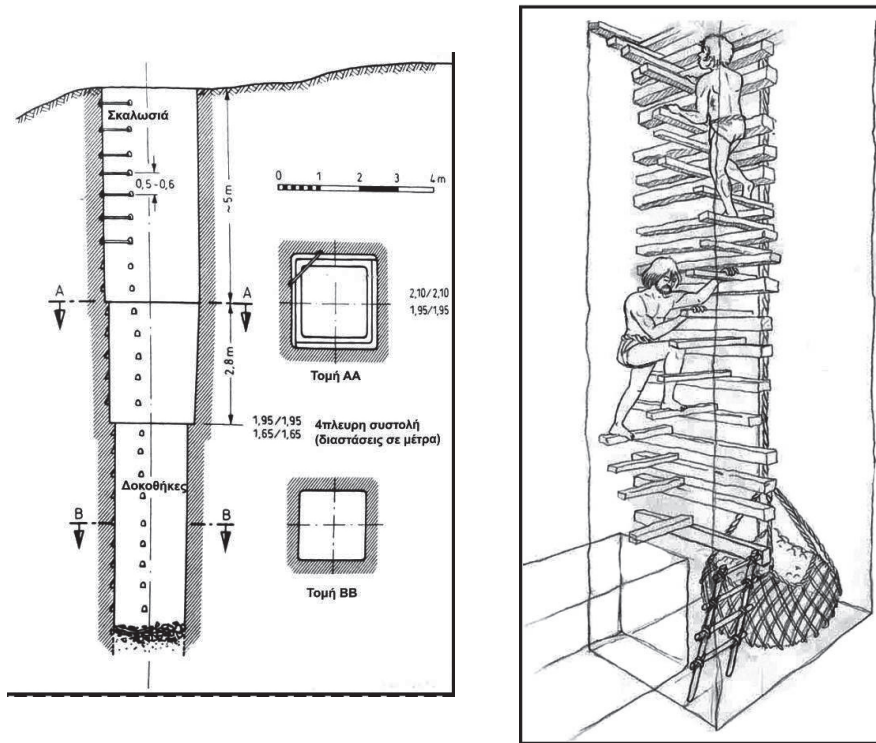
## ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ



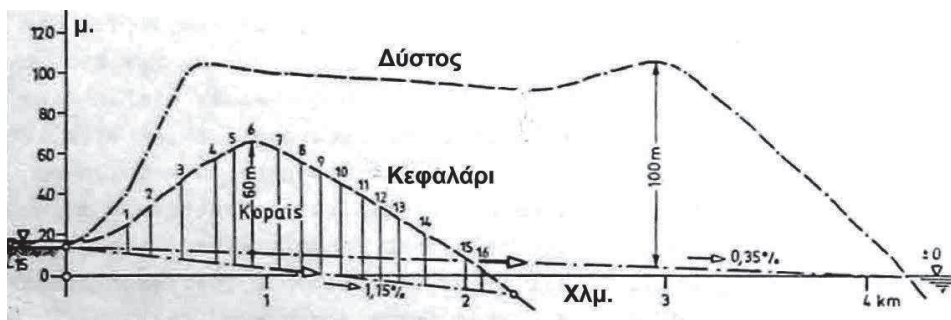
Σχήμα 1. Ζεύγος δεξαμενών στη Σούρεζα Λαυρεωτικής (Πηγή: Paradimitriou 2000).



Σχήμα 2. Σύστημα αποσχημων ομβροδεκτών και γαλαριών στην Αρχαία Αγορά Αθηνών.



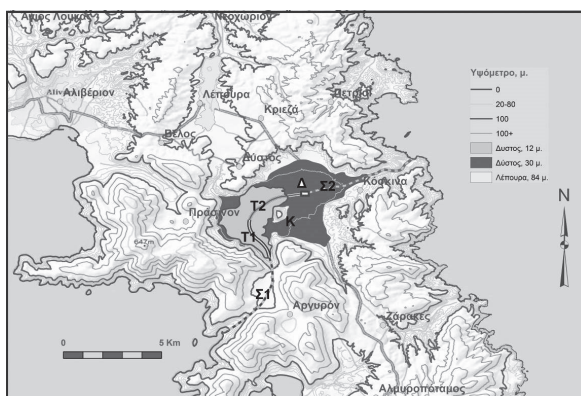
Σχήμα 3. (Α) Τομή του φρέατος Νο 2 Κεφαλαρίου (Β) Σχηματική παράσταση σκαλωσιάς σε φρέαρ του Λαυρίου κατά Morin, Herbach, Rosenthal (2012).



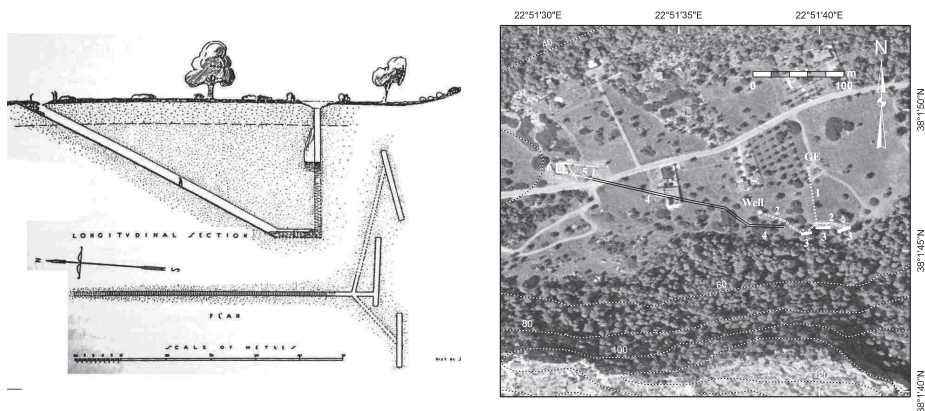
Σχήμα 4. Τομές αναγλύφου και σπράγγων στο Κεφαλάρι Κωπαΐδας και τη λίμνη Δύστου κατά Knauss (1990) απλοποιημένες.



Σχ. 5. Μινυκά έργα αποστράγγισης Κωπαΐδας και η σήραγγα Κεφαλαρίου.



Σχήμα 6. Η λίμνη Δύστου και τα εναλλακτικά έργα αποστράγγισης.



Σχήμα 7. Το υπόγειο υδραγωγείο Περαχώρας Λουτρακίου: τομή και κάτοψη κατά Sinn και κάτω προβολή σε αεροφωτογραφία του «Κτηματολογίου».