

ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ.— **Κάμινοι τήξεως και τεχνική τῆς τήξεως τῶν ἀργυρούχων μεταλλευμάτων μολύβδου τῆς Λαυρεωτικῆς ὑπὸ τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων, ὑπὸ Κωνσταντίνου Κονοφάγου\***. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Σπυρίδωνος Μαρινάτου.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

**1. 1.** Ἡ Τεχνική τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων εἰς τὸ Λαύριον ἀπὸ μεταλλευτικῆς καὶ μεταλλουργικῆς ἀπόψεως εἶναι ἀξιοθαύμαστος.

Ἡ παραγωγή τοῦ ἀργύρου εἰς τὴν Λαυρεωτικὴν ἀπέβη, ὡς γνωστόν, τὸν 5ον αἰῶνα, μεγάλης σημασίας διὰ τὴν οἰκονομικὴν ἰσχὺν τῆς Ἀθηναϊκῆς πολιτείας. Οὕτως οἱ Ἀθηναῖοι ἤτο φυσικὸν νὰ συγκεντρώσουν τὰς προσπάθειάς των εἰς τὴν τελειοποίησιν τῆς τεχνικῆς τῆς κατεργασίας τῶν μεταλλευμάτων τῆς Λαυρεωτικῆς.

Δέον ὅμως νὰ τονισθῇ ὅτι ἡ πυρομεταλλουργία τοῦ ἀργυρούχου μολύβδου ἤτο καὶ εἶναι δυσκολωτάτη καὶ πολύπλοκος.

Ἐπὶ τῆς πυρομεταλλουργίας ταύτης τῆς ἐποχῆς ἐκείνης ἐλάχιστα εἶναι σήμερον γνωστά.

Ὁ γράφων ἠρεύνησε καὶ συνεκέντρωσεν ἀπὸ καιροῦ σχετικὰ στοιχεῖα. Αἱ γινόμεναι ἐξ ἄλλου ἀνασκαφαὶ ἀρχαίων ἐργαστηρίων τήξεως κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη ἔδωσαν πολὺτιμα δεδομένα ἐπὶ τῶν ἀρχαίων καμίνων. Κατέστη οὕτω δυνατὴ ἡ παροῦσα ἀνακοίνωσις.

Ἡ ἀνακοίνωσις αὕτη στρέφεται περὶ τὴν τήξιν τῶν μεταλλευμάτων εἰς τὸ ἀρχαῖον Λαύριον. Ἡ τήξις ἀποτελεῖ τὴν κυρίαν διεργασίαν τῆς πυρομεταλλουργίας τοῦ ἀργύρου.

**1. 2.** Θὰ εἴπωμεν ἐκ προοιμίου ἐν ἐνδιαφέρον γενικὸν συμπέρασμα τῆς μελέτης μας ἐπὶ τῆς ἀρχαίας τεχνικῆς τῆς τήξεως.

Οἱ ἀρχαῖοι Ἀθηναῖοι κατὰ τὸν 5ον αἰῶνα ἐπραγματοποιοῦν κατὰ τὴν τήξιν «μερικὴν καὶ ἐκλεκτικὴν ἀναγωγὴν», ὡς θὰ ἐλέγομεν σήμερον.

Πρόκειται περὶ τεχνικῆς, ἡ ὁποία ἐμφανίζεται πρὸ ὀλίγων μόλις δεκαετηρίδων, συστηματικῶς, εἰς τὴν σύγχρονον μεταλλουργίαν.

Οἱ Ἀθηναῖοι ἐλαττοῦντες τὸν ξυλάνθρακα κατὰ τὴν τήξιν ἄφηναν σκοπί-

\* CONSTANTINOS KONOPHAGOS, *Fours de fusion et technique de la fusion des minerais de plomb argentifère du Laurium par les anciens Grecs.*

μως τὰς σκωρίας μὲ μεγάλην περιεκτικότητα εἰς μόλυβδον. Ἀπὸ 6% μέχρι 10% περίπου. Τοῦτο συνεπήγετο ὑψηλὴν ἀπώλειαν εἰς μόλυβδον. Ἡ ἀπώλεια ὅμως εἰς ἀργυρον ἦτο μικρά.

Οἱ Ἀθηναῖοι εἰργάζοντο διὰ τοῦ τρόπου τούτου εἰς τὸ optimum οἰκονομικῶς σημεῖον, καθ' ὅσον ὁ μόλυβδος εἶχε τότε μικρὰν ἀξίαν.

Βλέπομεν οὕτω, διὰ μίαν φορὰν ἀκόμη, δύο τινά :

1) Ὅτι καὶ εἰς τὴν Τεχνικὴν τὸ ἐπίπεδον τοῦ πολιτισμοῦ τῶν Ἀθηναίων κατὰ τὸν 5ον αἰῶνα π. Χ. ἦτο ἀξιοθαύμαστον.

2) Ὅτι μεγάλαι ἰδέαι εἰς τὴν Τεχνικὴν ἐπανέρχονται κατὰ τὴν τεχνολογικὴν ἐξέλιξιν.

**1.3.** Δίδομεν κατωτέρω σχηματικῶς τὴν διεργασίαν ἐπὶ τῶν μεταλλευμάτων κατὰ τὴν ἀρχαιότητα εἰς τὸ Λαύριον, ὡς προκύπτει θετικῶς ἐκ σχετικῶν ἐργασιῶν μας καὶ κλασσικῶν παρατηρήσεων.

Ἔχομεν τὴν ἐπομένην σειρὰν :

1) Ἐξόρυξις τοῦ μεταλλεύματος.

2) Ἐμπλουτισμὸς μεγάλου μέρους τοῦ μεταλλεύματος εἰς εἰδικὰ πλυντήρια, καὶ

3) Πυρομεταλλουργικὴ κατεργασία τοῦ μεταλλεύματος πρὸς παραγωγὴν τοῦ ἀργύρου καὶ τοῦ μόλυβδου.

Ἡ πυρομεταλλουργικὴ ἀρχαία τεχνικὴ ἔχει ὡς ἀκολούθως :

**1.4.** Πυρομεταλλουργία.

α) Τῆξις τοῦ μεταλλεύματος εἰς κατακορύφους φρεατώδεις καμίνοὺς τήξεως μετὰ ξυλάνθρακος.

Παράγεται ἀργυροῦχος μόλυβδος. Ἐπίσης σκωρία, ἣτις ἀπορρίπτεται.

Ὅτι αἱ κάμινοι εἶναι φρεατώδεις καὶ ὄχι χαμηλῆς ἐστίας ἀποδεικνύεται εἰς τὴν παροῦσαν ἀνακοίνωσιν.

β) Κυπέλλωσις τοῦ ἀργυρούχου μόλυβδου εἰς εἰδικὰς καμίνοὺς κυπελλώσεως. Παράγεται ἀργυρος. Ἐπίσης ὀξειδίου τοῦ μόλυβδου, τὸ ὀνομασθὲν «λιθάργυρος». Ὁ λιθάργυρος εἶναι σχεδὸν ἀπηλλαγμένος ἀργύρου. Εἶναι ἡ πρώτη ὕλη διὰ τὴν παραγωγὴν μόλυβδου ὡς κατωτέρω :

γ) Τῆξις τοῦ λιθαργύρου εἰς τὰς κατακορύφους φρεατώδεις καμίνοὺς τήξεως μετὰ ξυλάνθρακος.

Παράγεται μόλυβδος, ἀπηλλαγμένος πρακτικῶς ἀργύρου, διὰ τὸ ἐμπόριον.

Ἡ παροῦσα ἀνακοίνωσις ἀσχολεῖται μὲ τὴν φάσιν α τῆς ἀρχαίας πυρομεταλλουργίας, δηλαδὴ μὲ τὴν τῆξιν.

## 2. ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑΙ ΕΡΓΑΣΙΑΙ ΚΑΙ ΓΝΩΣΕΙΣ

**2. 1.** Ἐπὶ τῆς ἀρχαίας πυρομεταλλουργίας γενικῶς αἱ γνώσεις μας εἶναι ἀσήμαντοι.

Ἐκ τῆς ἐξέτασις τῶν ἀρχαίων συγγραφέων δὲν ἔχομεν δυστυχῶς ἀξιόλογα στοιχεῖα. Ὁ Πλίνιος (32) εἰς μερικὰς παραγράφους δίδει στοιχεῖα τινὰ ἐπὶ τῆς ἀρχαίας μεταλλουργίας ἀργύρου. Ταῦτα ὅμως εἶναι τελείως ἀνεπαρκῆ καὶ εἰς πολλὰ σημεῖα ἐσφαλμένα.

Ὁ Στράβων (38), ὁ Διόδωρος (12), ὁ Διοσκουρίδης (13) καὶ ἄλλοι ἀρχαῖοι συγγραφεῖς ἀναφέρουν ἐλάχιστα καὶ ἐμμέσου ἐνδιαφέροντος. Πάντως σημειοῦμεν ὅλα τὰ σχετικὰ χρήσιμα σημεῖα εἰς τὴν ἐπισυναπτομένην βιβλιογραφίαν.

Ταύτην προσεπαθήσαμεν νὰ ἐνημερώσωμεν πλήρως διὰ τὸ θέμα μας.

Διὰ τὴν πυρομεταλλουργίαν εἰς τὸ Λαύριον ἐγνωρίζομεν ἐλάχιστα πράγματα.

Ὁ Ardaillon (2) εἰς τὸ ἔργον του «Les mines du Laurium dans l'anti-quité» ἀναφέρει τὸ 1897 ἐπὶ τῆς ἀρχαίας τήξεως ὅσα ἔγραψε παλαιότερον ὁ Ἕλληνας μεταλλειολόγος Ἀνδρέας Κορδέλλας (4).

Ὁ Ardaillon προσθέτει ἐξ ἄλλου ὅτι εἰς τὴν ἐποχὴν του δὲν ὑπῆρχον πλέον ἐρείπια ἀρχαίων καμίνων.

Ὁ Κορδέλλας τὸ 1869 εἰς τὸ ἔργον του «Le Laurium» ἀναφέρει τὰ κάτωθι (σελ. 98):

«Ἡ φύσις τῶν μεταλλευμάτων, τὰ ὁποῖα ἦσαν κυρίως σιδηροῦχα, ἀσβεστοῦχα καὶ πυριτιοῦχα, ἦτο κατάλληλος διὰ μίαν κατευθεῖαν τῆξιν εἰς χαμηλὴν ἐστίαν (bas foyer).

Ἡ μέθοδος αὕτη λόγῳ τῆς ἀπλότητός της ἦτο ἡ χρησιμοποιουμένη ἀρχικῶς. Ἡ γνώμη μας αὕτη δικαιολογεῖται καὶ ἀπὸ τὸ γεγονός ὅτι εὐρέθησαν σταγόνες γαληνίου ἐντὸς ἀρχαίων σκωριῶν.

Αἱ χρησιμοποιούμεναι κάμινοι ἦσαν μικροῦ ὕψους, στρογγυλαὶ καὶ διαμέτρου ἐνὸς μέτρου περίπου. Ἦσαν κατεσκευασμένοι ἀπὸ μικασχίστην καὶ πυριμάχους τραχίτας εἰσαγομένους ἐκ τῆς Μήλου (Ἀκρωτήριον Βάνη). Πολλοὶ κάμινοι εὐρέθησαν ἐντὸς τῶν ἀρχαίων σκωριῶν καὶ ἄλλαι πάλιν ἀντιθέτως ἐπὶ τῶν ὄγκων τῶν σκωριῶν.

Τὸ τελευταῖον ἀποδεικνύει ὅτι ἡ τῆξις διεκόπτετο καὶ ἐπανελαμβάνετο ἔπειτα ἀπὸ ἀρκετὸν χρόνον.

Αί κάμινοι τήξεως είχαν πιθανῶς καπνοδόχους, ὅπως ἀναφέρει ὁ Στράβων ὅτι συνέβαιναν εἰς τὴν Ἰσπανίαν διὰ τὴν ἀντιμετώπισιν τοῦ ἀνθυγεινοῦ τῶν καπνῶν».

Ἡ γνώμη τοῦ Κορδέλλα, ὅτι αἱ κάμινοι ἦσαν τύπου χαμηλῆς ἐστίας, εἶναι ἀναμφισβητήτως ἐσφαλμένη. Αἱ εὐρεθεῖσαι ἀρχαῖαι κάμινοι εἶναι φρεατώδεις καὶ ἡ χρησιμοποιουμένη μέθοδος ἦτο ἡ ἀναγωγικὴ τήξις.

Ἡ μέθοδος τῆς ἀντιδράσεως, ἡ ὁποία εἶναι ἐκείνη τῶν χαμηλῶν ἐστιῶν, δὲν ἐφηροῦζετο. Ἐξ ἄλλου καὶ αἱ σκωρίαὶ εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην περιέχουν πολὺ θεῖον, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον δὲν παρατηρεῖται.

Ὁ Forbes (9) εἰς τὸ γνωστὸν ἔργον του «Studies in ancient technology, Volume VIII, 1972» ἐπὶ τοῦ θέματος τῆς ἀρχαίας μεταλλουργίας τοῦ ἀργύρου καὶ τοῦ μολύβδου δὲν δίδει οὐσιαστικῶς θετικὰ τεχνικὰ στοιχεῖα. Ἀναφέρει ἐξ ἄλλου «ὅτι αἱ ἀρχαῖαι μέθοδοι εἶναι συχνάκις ἓνα αἶνιγμα εἰς πολλὰς περιπτώσεις ἀκόμη καὶ διὰ τὸν εἰδικὸν μεταλλουργόν».

Τὰς ἀρχαίας μεθόδους «εἶναι πολὺ δυσκολώτερον νὰ τὰς ἀντιληφθῆ τις ἐν σχέσει πρὸς τὰς συγχρόνους μεθόδους. Ἐλάχιστα ἀρχαῖα κείμενα δύνανται νὰ μᾶς βοηθήσουν. Σταχυολογήματα ἀπὸ τὸν Πλίνιον (32) καὶ τὸν Στράβωνα (38), οἱ ὁποῖοι ἦσαν θαυμάσιοι συγγραφεῖς, ἀλλὰ ὄχι καὶ μεταλλουργοί, εἶναι δύσκολον νὰ ἀποτελέσουν βᾶσιν σαφῶν πληροφοριῶν».

Τὸ 1959 ὁ Ἀκαδημαϊκὸς κ. Ἰωάννης Τρικαλλινὸς παρουσίασεν ἀνακοίνωσιν τοῦ γραφόντος εἰς τὴν Ἀκαδημίαν Ἀθηνῶν μὲ θέμα: «Μέθοδος κυπελλώσεως τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων τοῦ ἀργυροῦχου μολύβδου». Πρόκειται περὶ μελέτης (3) ἐπὶ τῆς ἀρχαίας κυπελλώσεως τοῦ ἀργυροῦχου μολύβδου.

Εἰς τὴν ἀνακοίνωσιν ταύτην ἀνεφέρετο ὅτι εἰς τὸν ὄρμον Πάνορμος (νῦν Πουνταζέζα) ὑπῆρχεν ἀρχαῖον ἐργαστήριον τήξεως μὲ ἑννέα καμίνας. Ἐδίδετο σχέδιόν μας τῶν ἐπιφανειακῶν σχετικῶν ἐρειπίων. Ἐτονίζετο ἐπίσης ἡ σημασία τῆς ἀνασκαφῆς τοῦ ἐργαστηρίου. Ἡ ἀνασκαφὴ τοῦ ἐργαστηρίου τούτου τήξεως ἐγένετο τὸ 1972-1973 κατ' ἀπόφασιν τοῦ Γενικοῦ Διευθυντοῦ Ἀρχαιοτήτων κ. Σπ. Μαρινάτου.

**2. 2.** Οἱ ἀρχαῖοι ἄφησαν ἐπὶ τοῦ ἐδάφους τῆς Λαυρεωτικῆς 1.500.000 τόνους περίπου σκωριῶν ἐκ τῆς τήξεως τῶν μεταλλευμάτων εἰς τὰς καμίνας των. Ἡ περιεκτικότης τῶν σκωριῶν ἐκυμαίνεται κατὰ πολὺ. Ὁ μέσος ὄρος κατὰ Κορδέλλαν ἦτο τῆς τάξεως 10 % εἰς μολύβδον καὶ 40 γραμμάρια ἄργυρον κατὰ τόννον σκωρίας, ἦτοι 400 γραμμάρια κατὰ τόννον μολύβδου. Τὰς σκωρίας αὐτὰς

ἀνέτηξαν οἱ νεώτεροι εἰς τὸ Λαύριον ἀπὸ τοῦ 1880 μέχρι τοῦ 1920, ἰδιαίτερος ἡ «Ἑλληνικὴ Ἑταιρεία Λαυρίου».

Προέβημεν εἰς ἓνα ὑπολογισμὸν τῆς παραγωγῆς ἀργύρου καὶ τοῦ μολύβδου κατὰ τὴν ἀρχαιότητα ἐπὶ τῇ βάσει τῶν εὐρεθεισῶν σκωριῶν.

Τὴν ὀλικὴν παραγωγὴν ὑπολογίζομεν :

εἰς μόλυβδον : 1.300.000 τόννους καὶ

εἰς ἄργυρον : 2.600.000 χιλιόγραμμα.

Ἐκ τῆς παραγωγῆς ταύτης νομίζομεν ὅτι τὸ ἥμισυ περίπου παρήχθη κατὰ τὸν 5ον καὶ 4ον αἰῶνα π. Χ.

### 3. Αἱ ΓΕΝΟΜΕΝΑΙ ΤΕΛΕΥΤΑΙΩΣ ΑΝΑΣΚΑΦΑΙ ΑΡΧΑΙΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ ΤΗΞΕΩΣ

Τὰ τελευταῖα τέσσαρα ἔτη ἀνεσκάφησαν καὶ ἤλθον εἰς φῶς τρία ἀρχαῖα ἐργαστήρια τήξεως.

Ἴδὲ θέσιν τῶν εἰς σχετικὸν χάρτην μας τῆς Λαυρεωτικῆς.

Εἶναι ταῦτα τὰ κατωτέρω :

#### 3.1. Ἀρχαῖον ἐργαστήριον τήξεως εἰς τὸν ὄρμον Πάνορμος (Πουνταζέζα).

Τὸ ἐργαστήριον τοῦτο εἴχομεν καθορίσει τὸ 1959 καὶ εἴχομεν δώσει σχετικὰ στοιχεῖα εἰς τὴν ἀναφερθεῖσαν ἀνακοίνωσίν μας εἰς τὴν Ἀκαδημίαν Ἀθηνῶν.

Ἡ ἀνασκαφὴ ἐγένετο κατόπιν ἐντολῆς τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ Καθηγητοῦ κ. Σπ. Μαρινάτου. Τὰ ἔξοδα τῆς ἀνασκαφῆς κατέβαλε τὸ Τεχνικὸν Ἐπιμελητήριον τῆς Ἑλλάδος, κατόπιν αἰτήσεως τοῦ γράφοντος.

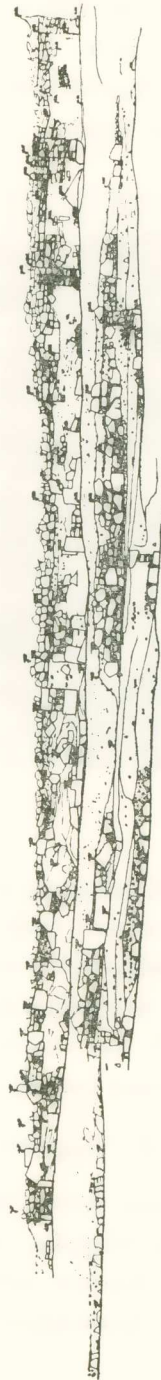
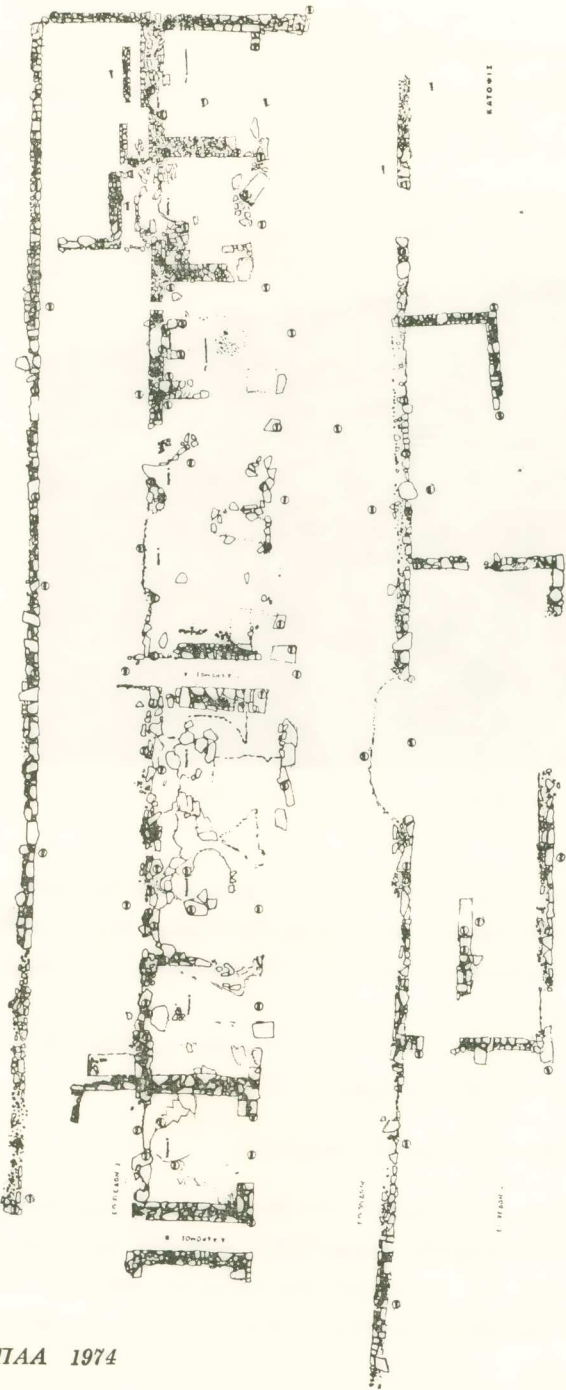
Τὴν ἀνασκαφὴν ἐπραγματοποίησεν τὸ 1972 - 1973 ἡ Ἐφορὶα Ἀρχαιοτήτων Ἀττικῆς, τῆς ὁποίας ἔφορος ἦτο ὁ ἀρχαιολόγος κ. Εὐθύμιος Μαστροκώστας.

Ἐπὶ τόπου τὴν ἀνασκαφὴν διενήργησεν ἡ ἀρχαιολόγος Δίς Ὀλγα Ἀποστολοπούλου, ὡς ἐπιστημονικὸς συνεργάτης.

Τὴν ἀνασκαφὴν παρηκολούθησεν ὁ γράφων ἀπὸ μεταλλουργικῆς ἀπόψεως. Τὸ ἐργαστήριον τοῦ ὄρμου Πάνορμος δέον νὰ τοποθετηθῇ εἰς τὸν 3ον αἰῶνα π.Χ. Ἡ ἀναμφισβήτητος χρονολόγησις εἶναι δύσκολος, διότι ἡ περιοχὴ τῶν ἐργαστηρίων ἀργότερον κατωκλήθη. Κατὰ τὰ τέλη τοῦ προηγουμένου αἰῶνος ἀνεσκάφησαν δυστυχῶς αἱ κάμινοι ὑπὸ τῶν διαφόρων συλλεκτῶν ἀρχαίων μολυβδούχων ἀπορριμάτων, διὰ τὰ ἀποσπασθούσιν μολυβδοῦχα μέρη καὶ πωληθούσιν εἰς τὰς μεταλλουργικὰς ἐταιρείας. Οὕτως εἰς ὅλα τὰ ἀνασκαφέντα ἐργαστήρια αἱ κάμινοι μέχρι τῶν βάσεών των εὐρέθησαν κατεστραμμέναι.

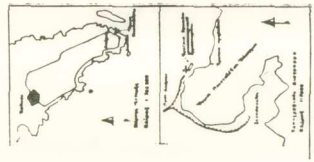
ΑΡΧΑΙΑΙ ΚΑΜΙΝΟΙ ΤΗΘΕΩΣ ΕΙΣ ΛΑΥΡΙΟΝ ΠΑΡΑ ΤΟΝ ΟΡΜΟΝ ΠΑΝΟΡΜΟΝ

Ε. Π. ΔΕΛ.



0 5 m 10 m

Είχ. 1.



Δίδομεν ἐνταῦθα τὸ σχέδιον τῶν εὐρεθέντων ἐρειπίων, τὸ ὁποῖον ὁ γράφων ἐφρόντισε νὰ ἀποτυπωθῇ τὸ 1973 μετὰ πάσης λεπτομερείας ὑπὸ δύο ἀρχιτεκτόνων τοῦ Ε. Μ. Πολυτεχνείου.

Εἰκ. ἀριθμ. 1. Φωτογραφία ἀριθμ. 2.

Τὸ Ἔργαστήριον τήξεως περιλαμβάνει 9 καμίλους τήξεως, αἵτινες διαχωρίζονται διὰ τοίχων.



Εἰκ. 2.

Εἰς ὠρισμένας καμίλους φαίνεται σαφῶς ἐπὶ τῶν βράχων ἐκ σχιστολίθου ἢ θέσις τούτων, διότι ὁ βράχος ἔχει ὑποστῆ σύντηξιν ἐκ τῆς πυρᾶς. Εἰς τὸ κάτω μέρος ὑπάρχουν δύο περιβόλοι. Πρόκειται πιθανώτατα δι' ἀποθήκας τοῦ παραγομένου ἀργυρούχου μολύβδου.

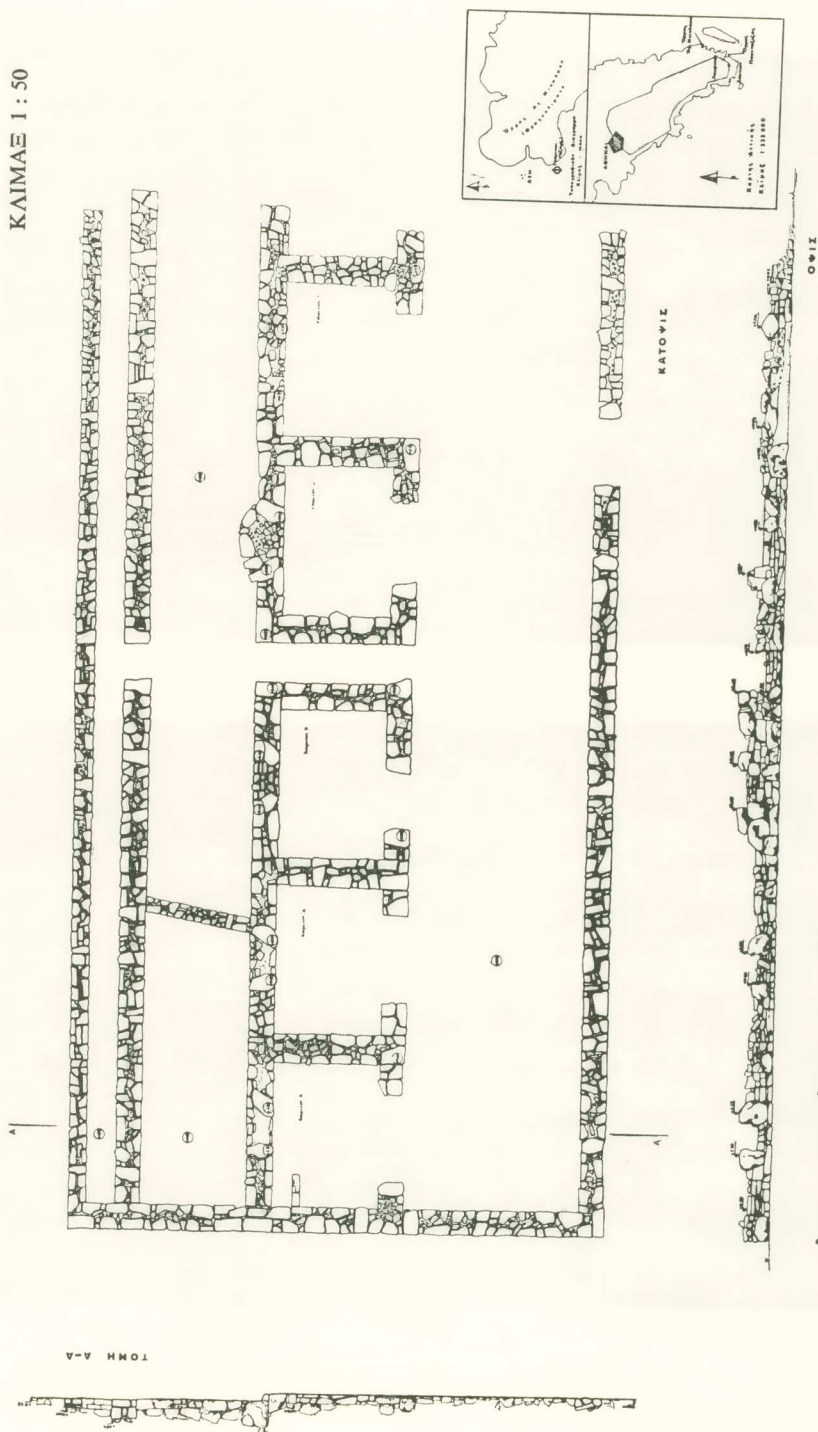
Εἰς τὴν παροῦσαν σύντομον ἀνακοίνωσιν δὲν δυνάμεθα νὰ ἐπεκταθῶμεν περισσότερον ἐπὶ τῆς περιγραφῆς τοῦ Ἔργαστηρίου.

### 3. 2. Ἀρχαῖον ἐργαστήριον τήξεως εἰς Ἱθρυόν.

Κατὰ τὸ ἔτος 1969 καὶ κατὰ τὴν ἀνόρουξιν τῶν θεμελίων τοῦ ἐργοστασίου θερμικῆς ἐνεργείας τῆς ΔΕΗ εἰς Ἱθρυόν ἀπεκαλύφθη ἀρχαῖον ἐργαστήριον τήξεως. Κατόπιν καθορισμοῦ ὑπὸ τοῦ γράφοντος ὅτι πράγματι πρόκειται περὶ τοιοῦτου ἐργαστηρίου, ὁ Διευθυντὴς τῶν Ἀρχαιοτήτων Καθηγητὴς κ. Σπ. Μαρι-

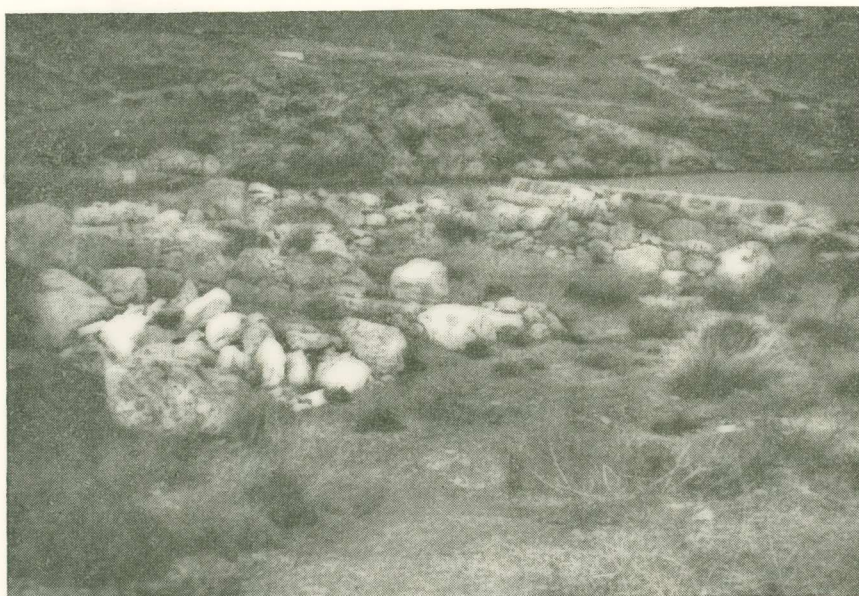
ΑΡΧΑΙΑΙ ΚΑΜΙΝΟΙ ΤΗΕΩΣ ΕΙΣ ΛΑΥΡΙΟΝ ΠΑΡΑ ΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΝ Δ. Ε. Η.

ΚΛΙΜΑΞ 1 : 50



Είχ. 3.





α



β

Εικ. 4.

νάτος ἔδωσεν ἐντολήν συστηματικῆς ἀνασκαφῆς καὶ διατηρήσεως τοῦ ἀποκαλυφθησομένου χώρου.

Ἡ ἀνασκαφὴ ἐγένετο ὑπὸ τῆς Ἐφορείας Ἀττικῆς, διευθυνομένης ὑπὸ τοῦ κ. Ἀγγέλου Λιάγκουρα. Ἡ ἐπίβλεψις εἶχεν ἀνατεθῆ εἰς τὸν ἀρχαιολόγον κ. Εὐάγγ. Κακοβογιάννην, ὡς ἐπιστημονικὸν συνεργάτην. Ὁ γράφων παρηκολούθησε τὴν ἀνασκαφὴν αὐτὴν ἀπὸ μεταλλουργικῆς ἀπόψεως.

Τὸ ἐργαστήριον τοῦτο τοποθετεῖται εἰς τὸν 3ον ἢ 2ον αἰῶνα π. Χ.

Δίδομεν τὸ σχέδιον τῆς ἀνασκαφῆς, τὸ ὁποῖον ὁ γράφων ἐφρόντισε νὰ γίνῃ ὑπὸ τῶν δύο ἀναφερθέντων ἀρχιτεκτόνων.

Εἰκ. ἀριθμ. 3. Φωτογραφία ἀριθμ. 4.

Τὸ ἐργαστήριον τήξεως περιλαμβάνει 5 καμίνοους. Εἶναι βέβαιον ὅτι ὑπῆρχαν ἐν συνεχείᾳ καὶ ἄλλαι κάμινοι, αἵτινες ἀπεκόπησαν ἐκ κατολισθήσεως τοῦ ἐδάφους.

Αἱ θέσεις τῶν καμίνων εἶναι σαφεῖς. Ἡ περιοχὴ πάσης καμίνου χωρίζεται ἐκ τῶν ἄλλων διὰ τοίχων.

### 3. 3. Ἀρχαῖον ἐργαστήριον τήξεως εἰς Μεγάλα Πεῦκα.

Ὁ Καθηγητὴς κ. Mussche καὶ ὁ γράφων (3) ἀνέσκαψαν τὸ 1972, κατόπιν ἀδείας τοῦ Καθηγητοῦ κ. Μαρινάτου, τμῆμα τοῦ ἀρχαίου ἐργαστηρίου τήξεως, τὸ ὁποῖον ἐνετοπίσθη εἰς Μεγάλα Πεῦκα πλησίον τῆς Καμαρέζης.

Ὁ Καθηγητὴς κ. Mussche καὶ ὁ γράφων ἀνέφερον λεπτομερῶς τὰ ἀποτελέσματα τῆς ἀνασκαφῆς καὶ βασικά τινα στοιχεῖα εἰς τὸ περιοδικὸν *Thorikos* 1969, VI. Τὰ σχέδια, τὰ ὁποῖα ἐδόθησαν εἰς τὸ περιοδικόν, ἀναδημοσιεύονται ἐνταῦθα.

Εἰκ. ἀριθμ. 5. Φωτογραφία ἀριθμ. 6.

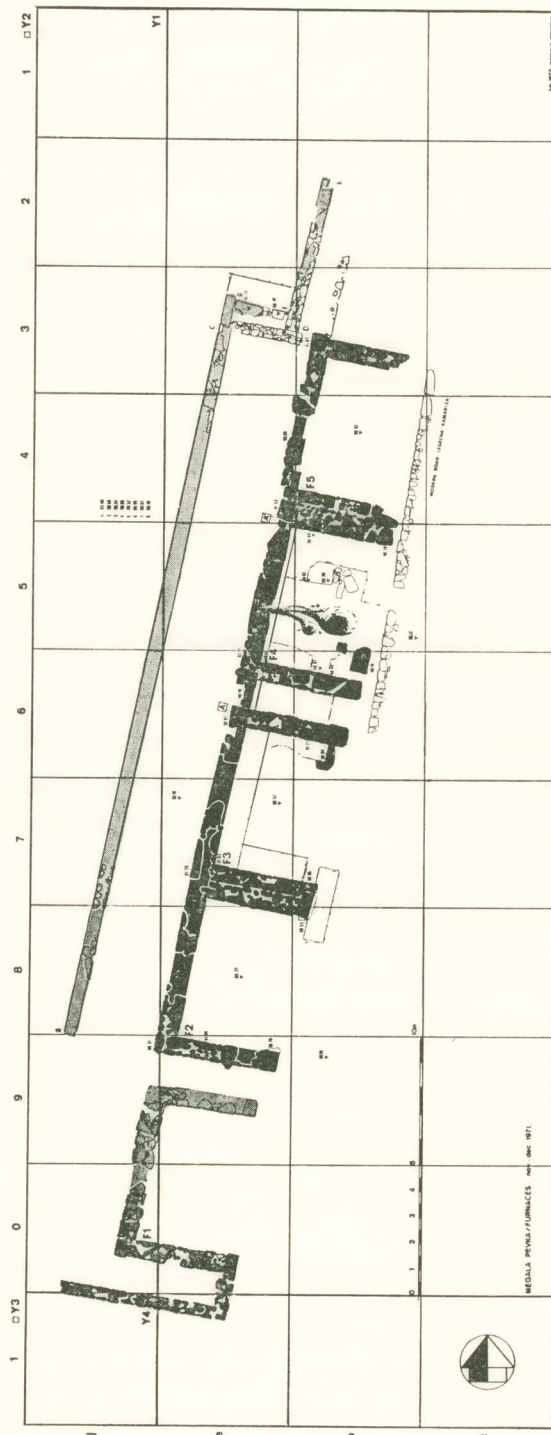
Τὸ ἐργαστήριον τοῦτο δέον νὰ τοποθετηθῆ κατὰ τὴν γνώμην μας εἰς τὸν 5ον αἰῶνα π. Χ.

Τὸ ἐργαστήριον τοῦτο περιλαμβάνει πέντε ἀποκαλυφθείσας θέσεις καμίνων. Ἡ κάμινος F<sub>4</sub> εἶναι ἐμφανὴς ἐκ τῆς γεωμετρίας τῆς ὅλης θέσεως. Εὐρέθησαν καὶ αἱ κοιλότητες, ὅπου ἔρρεον ἡ σκωρία καὶ ὁ μόλυβδος.

## 4. ΕΡΕΥΝΑΙ ΕΠΙ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΣΚΩΡΙΩΝ

Ὁ γράφων προέβη εἰς περισυλλογὴν καὶ ἀναλύσεις ἀρχαίων σκωριῶν. Εἰς τὸν πίνακα I δίδομεν τὰς ἀναλύσεις ἀρχαίων σκωριῶν τῶν περιοχῶν, ὅπου εὐρέθησαν καὶ ἀνεσκάφησαν τὰ τρία ἀρχαῖα ἐργαστήρια τήξεως. Εἰς τὸν αὐτὸν

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΚΑΜΙΝΩΝ ΤΗΕΩΣ ΒΙΣ ΤΑ ΜΕΓΑΛΑ ΠΕΥΚΑ



Εικ. 5.

πίνακα δίδομεν τὰς ἀναλύσεις σκωριῶν ἄλλων περιοχῶν τῆς Λαυρεωτικῆς. Εἰς τὰς περιοχὰς ταύτας ὑπῆρχον βεβαίως ἀρχαῖα ἐργαστήρια τήξεως, τὰ ὁποῖα ἔχουν καταστραφῆ. Ὑπάρχουν ὅμως ἀκόμη τεμάχια διάσπαρτα ἀρχαίων σκωριῶν. Εἰς τὸν πίνακα I δίδομεν ἀνάλυσιν ἀρχαίων «ἐκβολάδων», ὡς καὶ ἀνάλυσιν «πλυνιτῶν», αἱ ὁποῖαι ἔχουσιν σημασίαν διὰ τὴν ἐν γένει μελέτην τοῦ θέματος. «Ἐκβο-



Εἰκ. 6.

λάδες» ὠνομάζοντο τὰ ἀπορρίματα τῶν ἀρχαίων ἐκ χειροδιαλογῆς τῶν μεταλλευμάτων. «Πλυνῖται», τὰ διαχωριζόμενα πτωχὰ τμήματα τοῦ μεταλλεύματος εἰς τὰ πλυντήρια. Εὐρέθησαν ὑπὸ μορφὴν συσσωματωμένης κόνεως.

Τὰς ἀναλύσεις τῶν σκωριῶν ἐτοποθετήσαμεν εἰς τὸ τριπλοῦν διάγραμμα  $\text{SiO}_2 - \text{FeO} - \text{CaO}$ , Εἰκ. 7. Ἐπὶ τοῦ διαγράμματος τούτου σημειοῦμεν ἐπίσης τὴν περιοχὴν τῶν εὐτήκτων σκωριῶν. Ἡ μελέτη τῆς περιοχῆς ταύτης ἀπετέλεσεν τὴν διδακτορικὴν διατριβὴν (3) τοῦ γράφοντος τὸ 1956 εἰς τὸ Ε.Μ. Πολυτεχνεῖον. Ἡ διδακτορικὴ αὕτη διατριβὴ ἔδιδε τὰς περιοχὰς τῶν εὐτήκτων σκωριῶν, ὡς ὁ συγγραφεὺς εἶχε καθορίσει ἐκ τῶν ἐργασιῶν του εἰς τὴν Γαλλικὴν Ἑταιρείαν Μεταλλείων Λαυρίου ἐκ τῆς τήξεως μεταλλευμάτων τῆς Λαυρεωτικῆς. Εἰς τὴν μεταλλουργίαν τῆς Ἑταιρείας ταύτης ὁ συγγραφεὺς τῆς παρούσης εἰργάσθη ὡς ἀρχιμηχανικὸς (1937 - 1955).

## Π Ι Ν Α Κ Η Ι

## Ἀνάλυσις ἀρχαίων σκωριῶν καὶ μεταλλευμάτων.

Ἀριθ.	Σκωρία	Ἀνάλυσις						Λόγος Ag : Pb g/T	Ἐκατοστιαία σύνθεσις εἰς			
		SiO <sub>2</sub> %	FeO %	CaO %	Zn %	S %	Pb %		Ag g/T	SiO <sub>2</sub>	FeO	CaO
1	Κάμινι εἰς Πάνορμον (Που- ταξέζα)	25.40	9.90	22.10	6.41	0.22	9.60	41	44.4	17.3	30.3	100.00
2	Κάμινι εἰς Θορικὸν (ΔΕΗ)	33.50	11.50	16.60	5.60	0.86	13.70	30	54.2	18.8	27.0	100.00
3	Κάμινι εἰς Μεγάλα Πεῦκα	34.60	14.00	15.30	5.82	0.25	10.2	50	54.00	22.0	24.0	100.00
4	Σκωρία περιτοχῆς Ἁγίου Νι- κολάου Θορικοῦ	22.40	11.10	16.20	4.31	0.35	23.90	30	45.2	22.3	32.5	100.00
5	Σκωρία εἰς θέσιν Πασσά	27.50	9.60	24.00	5.00	0.28	8.60	40	15.00	15.70	39.30	100.00
6	Σκωρία εἰς θέσιν Βελανόρια	37.80	3.21	13.60	6.55	0.28	18.70	500	69.20	5.90	24.90	100.00
7	Σκωρία εἰς θέσιν Μπότσαρη	23.00	4.85	22.80	2.06	0.20	25.00	30	45.50	9.50	45.00	100.00
Ἀρχαία μεταλλεύματα												
8	Ἀρχαία ἐκβολάδες	26.70	35.70	3.20	1.37	3.44	5.80	90	40.80	54.20	5.00	100.00
9	Πλουνίτες (Μεγάλα Πεῦκα)	25.50	11.40	10.00	11.55	0.45	17.00	210	54.5	24.5	21.00	100.00

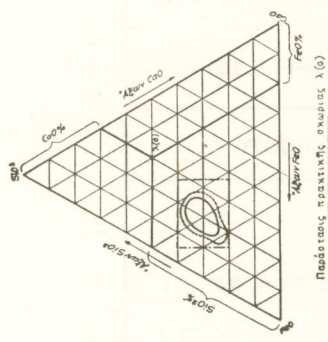
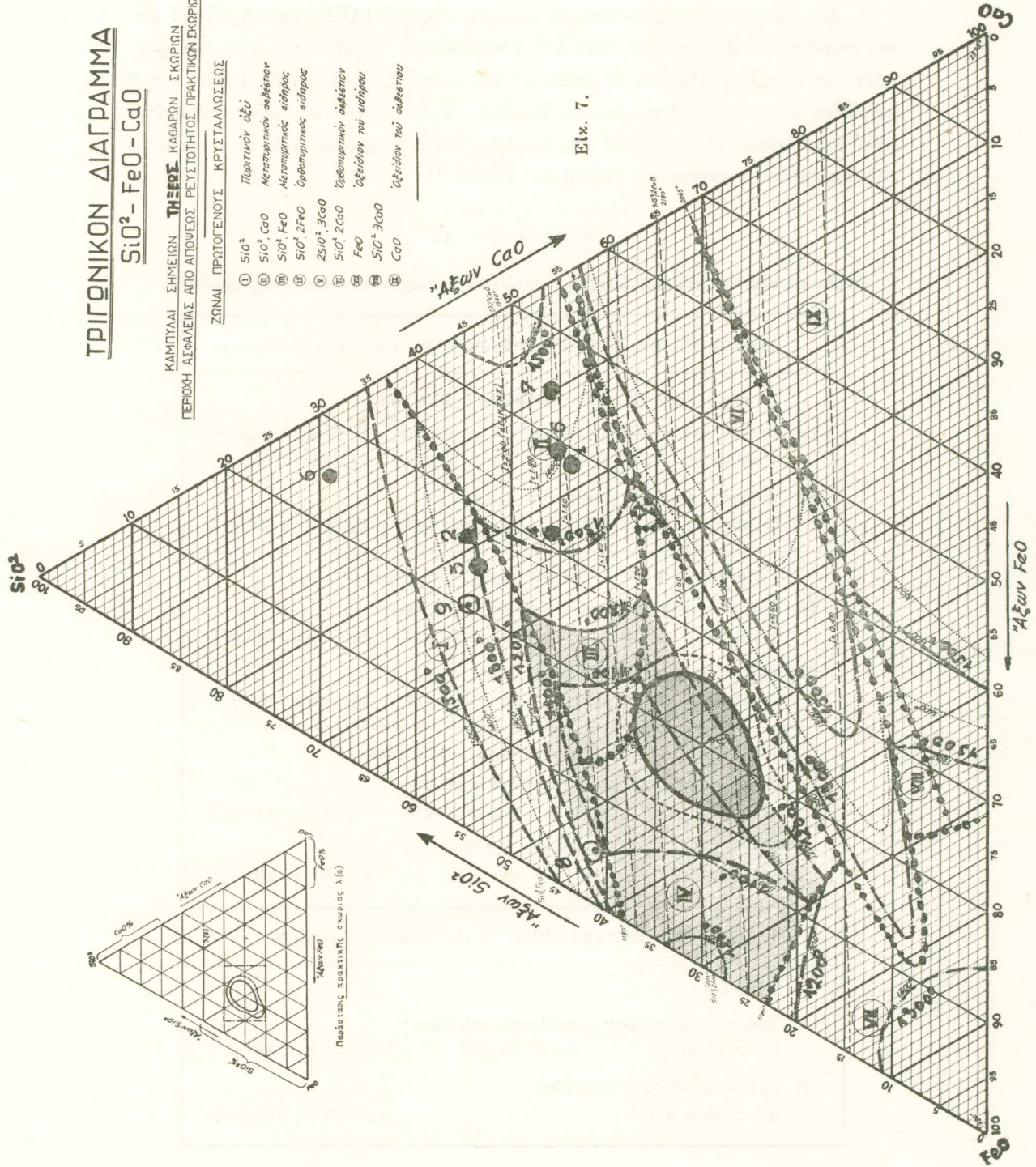
# ΤΡΙΓΩΝΙΚΟΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ SiO<sub>2</sub> - FeO - CaO

ΚΑΜΠΥΛΑΙ ΣΗΜΕΙΩΝ **ΤΗΡΕΩΣ** ΚΑΘΑΡΩΝ ΣΚΟΡΪΩΝ  
ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΙΣΘΑΛΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΟΨΕΩΣ ΡΕΥΣΤΟΤΗΤΟΣ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΕΚΦΟΡΙΩΝ

ΖΩΝΑΙ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΕΩΣ

- ① SiO<sub>2</sub> Πυριτικών οξέω
- ② SiO<sub>2</sub> CaO Μεταμορφωτικών οξέωτων
- ③ SiO<sub>2</sub> FeO Μεταμορφωτικός είδησας
- ④ SiO<sub>2</sub> 2FeO Ορθομορφωτικός είδησας
- ⑤ 2SiO<sub>2</sub> 3CaO
- ⑥ SiO<sub>2</sub> 2CaO Ορθομορφωτικών οξέωτων
- ⑦ FeO Οξείδιον τω σιδήρου
- ⑧ SiO<sub>2</sub> 3CaO
- ⑨ CaO Οξείδιον τω ασβεστω

Ειχ. 7.



Εἰς ὠρισμένα τεμάχια σκωριῶν περιοχῆς Θεορικῆς (ΔΕΗ) καὶ τῆς Πανόρμου καὶ πλησίον τῶν ἀντιστοιχῶν καμίνων ὁ συγγραφεὺς εὗρεν ἐντὸς τῶν τεμαχίων σταγόνας μολύβδου. Προέβη εἰς ἀνάλυσιν τῆς σκωρίας, ἀλλὰ καὶ εἰς ἀνάλυσιν τοῦ μολύβδου ὡς πρὸς τὸν περιεχόμενον ἄργυρον. Τοῦτο εἶναι ἰδιαίτερας σημασίας, καθ' ὅσον ἔχομεν τὴν σύνθεσιν τῆς σκωρίας, ἀλλὰ συγχρόνως καὶ τὴν σύνθεσιν τοῦ παραχθέντος συγχρόνως μολύβδου. Πίναξ II.

## Π Ι Ν Α Ξ Ι Ι

Ἐνάλυσις εἰς Pb καὶ Ag ἀρχαίων σκωριῶν περιεχουσῶν σταγόνας μολύβδου.

ΘΕΟΡΙΚΟΣ. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΝ ΚΑΜΙΝΩΝ (ΘΕΣΙΣ Δ.Ε.Η.)	
Τεμάχιο 1. Ὀλικὸν βάρος: 76,4 γραμ.	
1α. Τμῆμα ἀπὸ τὸ ὁποῖον ἀφηρέθη ὁ μεταλλικὸς μολύβδος: γραμ. 69	Ἐνάλυσις: Pb = 12.70 % Ag = 20 g/T Ag : Pb = 164 g/T
1β. Τμῆμα μεταλλικοῦ μολύβδου: γραμ.: 7,6	Ἐνάλυσις: Pb = 100 % Ag = 632 g/T Ag : Pb = 632 g/T
Τεμάχιο 2. Ὀλικὸν βάρος: 125,6 γραμ.	
2α. Τμῆμα ἄνευ μεταλλικοῦ μολύβδου: 115 γραμ.	Ἐνάλυσις: Pb = 12.30 % Ag = 30 g/T Ag : Pb = 245 g/T
2β. Τμῆμα μεταλλικοῦ μολύβδου: 10,6 γραμ.	Ἐνάλυσις: Pb = 100 % Ag = 660 g/T Ag : Pb = 660 g/T
Τεμάχιο 3. Ὀλικὸν βάρος: 44,2 γραμ.	
3α. Τμῆμα ἄνευ μεταλλικοῦ μολύβδου: 42 γραμ.	Ἐνάλυσις: Pb = 20.55 % Ag = 45 g/T Ag : Pb = 216 g/T
3β. Τμῆμα μεταλλικοῦ μολύβδου: 2,2 γραμ.	Ἐνάλυσις: Pb = 100 % Ag = 730 gr. Ag : Pb = 730 gr.
ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΚΑΜΙΝΩΝ ΠΑΝΟΡΜΟΥ	
Τεμάχιο 1.	
1α. Τμῆμα σκωρίας ἄνευ μεταλλικοῦ μολύβδου:	Pb = 10.10 % Ag = 35 g/T Ag : Pb = 320 g/T
1β. Τμῆμα μεταλλικοῦ μολύβδου:	Ag = 1080 g/T Ag : Pb = 1080 g/T

Εἰς τὸν πίνακα II βλέπομεν ὅτι ὁ λόγος Ag : Pb δὲν εἶναι ὁ αὐτὸς διὰ τὴν σκωρίαν καὶ τὸν μολύβδον. Εἰς τὰ συμπεράσματά μας θὰ τονίσωμεν τὴν σημασίαν τοῦ γεγονότος τούτου. Ἐπὶ τούτου στηρίζεται ἡ ἐξακρίβωσις ὅτι οἱ ἀρχαῖοι Ἕλληνες προέβαινον κατὰ τὴν τῆξιν εἰς ἐκλεκτικὴν μερικὴν ἀναγωγὴν.

Εἰς τὸν πίνακα II θὰ παρατηρήσῃ τις ὅτι ἡ περιεκτικότης εἰς ἄργυρον τοῦ μολύβδου εἶναι χαμηλὴ. Τοῦτο δὲν εἶναι ἐκπληκτικόν.

Ἄς μὴ μᾶς διαφεύγῃ ὅτι πρόκειται διὰ τὸν παραχθέντα ἀργυροῦχον μολύβδον τὴν τελευταίαν ἡμέραν λειτουργίας τῆς καμίνου. Τότε ἐγκατελείφθη ἡ ἐργασία εἰς τὴν κάμινον ὡς ἀντιοικονομικὴ, λόγῳ ἀκριβῶς τῆς πτωχότητος εἰς ἄργυρον τοῦ μολύβδου τοῦ μεταλλεύματος, ἢ τῆς ἀνατηκωμένης σκωρίας.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΠΙ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΚΑΜΙΝΩΝ ΤΗΞΕΩΣ

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνασκαφειῶν καμίνων δυνάμεθα νὰ εἰπώμεν τὰ ἑξῆς :

**5. 1.** Αἱ κάμινοι εἶναι φρεατώδεις. Δηλαδὴ κατακόρυφοι, κυλινδρικοὶ συνεχοῦς τήξεως. ἔχουν διάμετρον 80 - 100 cm ἐσωτερικῶς. Τὸ ὕψος των θὰ ἦτο τῆς τάξεως τῶν 3 μέτρων.

**5. 2.** Τὸ σχῆμα καὶ αἱ διαστάσεις τῶν καμίνων, ὡς βλέπομεν εἰς τὰ τρία ἀρχαῖα ἐργαστήρια, δὲν μετεβλήθησαν ἐπὶ αἰῶνας. Τοῦτο ἦτο φυσικὸν διὰ τὰ μέσα τῆς ἐποχῆς.

**5. 3.** Εἰς τὰς καμίνας ἐγένετο ἐμφύσησις ἀέρος διὰ φουσερῶν. Πᾶς μεταλλουργὸς μολύβδου γνωρίζει καλῶς ὅτι διὰ μίαν τοιαύτην ἀρχαίαν κάμινον ἢ τῆξις μεταλλεύματος, ὡς τοῦ Λαυρεωτικοῦ, θὰ ἦτο ἀδύνατος ἄνευ φουσερῶν.

Ἡ θέσις τῶν φουσερῶν δὲν καθορίζεται εὐκόλως εἰς τὰ εἰρήπια λόγῳ τῆς καταστροφῆς των. Διὰ τὰς καμίνας τοῦ Θεορικοῦ (ἰδὲ σχέδιον 3) τοποθετοῦμεν τὰ φουσερὰ εἰς θέσιν ἀντιθέτως ἀπὸ τὴν ὀπὴν τῆς σκωρίας. Εἰς τὰς καμίνας τῶν Μεγάλων Πεῦκων καὶ τοῦ ὄρουμο Πάνορμος ἦσαν ἀσφαλῶς τοποθετημένα πλαγίως.

Ἄκροφύσια δὲν εὐρέθησαν ἐπὶ τόπου. Ὑπάρχει πάντως ἓν τοιοῦτον εἰς τὸ μουσεῖον Λαυρίου.

**5. 4.** Εἰς ὠρισμένα ἐργαστήρια (Μεγάλα Πεῦκα - Πάνορμος) ἡ κάμινος στηρίζεται (περιβαλλομένη ἓν μέρει) εἰς τὸν βράχον καὶ μέχρι ὕψους περίπου 1,5 - 2 m.

**5. 5.** Ὁ μολύβδος καὶ ἡ σκωρία ἔρρεον ἐκ τῆς αὐτῆς ὀπῆς κατὰ τρόπον ἀσυνεχῆ, πρὸς μικρὰν κοιλότητα τοῦ ἐδάφους εἰς ἀπόστασιν 2 m περίπου. Ἐκεῖ



ἔστερεοποιοῦντο εἰς δύο στρώσεις ὁ μόλυβδος καὶ ἡ ἐπιπλέουσα σκωρία. Ἐπεμακρύνετο ἡ σκωρία, ἐνῶ ὁ ἀργυροῦχος μόλυβδος συνεσωρεύετο διὰ νὰ ἀποσταλῇ εἰς τὰς καμίνας κυπελλώσεως.

Ἡ κοιλότης, ὅπου ἐγίνετο ἡ στερεοποίησις τῶν προϊόντων τῆς καμίνας, εὐρέθη καὶ εἰς τὰ τρία ἐργαστήρια.

Ἡ λειτουργία τῆς καμίνας ἦτο συνεχής. Ἡ ἀντοχὴ τῆς καμίνας θὰ ἦτο τῆς τάξεως ὀλίγων ἡμερῶν λόγῳ τῆς καταστροφῆς τῆς ἐσωτερικῆς πυριμάχου ἐπενδύσεως. Ἐπρεπε ἐντὸς ὀλίγων ἡμερῶν νὰ ἐπισκευασθῇ ἐκ νέου.

**5.6.** Αἱ καμίνοι ἐκτίζοντο πλησίον ἀλλήλων (5 - 10), ὥστε νὰ ἀποτελοῦν ἐν ἐργαστήριον.

Αἱ καμίνοι δὲν ἀνῆκον εἰς τὸν αὐτὸν ἰδιοκτήτην. Οἱ μεταξὺ τῶν καμίνων τοῖχοι ἀποδεικνύουν, κατὰ τὴν γνώμην μας, ὅτι αἱ καμίνοι ἀνῆκον εἰς διάφορα ἄτομα. Οἱ τοῖχοι δὲν δύναται ἄλλως νὰ ἐξηγηθοῦν, καθόσον ἡ ὑπαρξίς των ἐμπόδιζε μᾶλλον τὴν ἐργασίαν. Ἡ συγκέντρωσις πάντως τῶν καμίνων εἰς ἐν ἐργαστήριον ἦτο ἀναγκαία. Αἱ καμίνοι ἐξυπηρετοῦντο διὰ τῶν αὐτῶν ὁδῶν, τόσον διὰ τὸ μετάλλευμα, ὅσον καὶ διὰ τὸ καύσιμον.

**5.7.** Τὰ ἐργαστήρια τῶν καμίνων ἦσαν ἀρχικῶς πλησίον τῶν πλυντηρίων (π.χ. Μεγάλα Πεῦκα). Ἀργότερον τὰ ἐργαστήρια μετεφέρθησαν πλησίον τῆς θαλάσσης, ὅταν ἐξητλήθησαν τὰ δάση τῆς Λαυρεωτικῆς ἐκ τῆς παραγωγῆς ξυλάνθρακος (π.χ. Πάνορμος, Θορικόν).

Ὁ ξυλάνθραξ εἰσήγετο μετὰ ταῦτα ἐκ τῶν νήσων.

Ἦτο τότε προτιμότερον νὰ μεταφέρῃ τις τὸ μετάλλευμα, παρὰ τὸ καύσιμον. Ἡ διαφορὰ ὄγκου ἦτο μικρά, καὶ ἡ μεταφορὰ τοῦ ἐμπλουτισμένου μεταλλεύματος ἦτο εὐκολωτέρα, διότι ἐγίνετο καθημερινῶς. Τὸ καύσιμον ἤρχετο εἰς σχετικῶς μεγάλης ποσότητος περιοδικῶς διὰ θαλάσσης.

**5.8.** Ὑπολογίζομεν ὅτι τὸ ἀναγκαῖον προσωπικὸν διὰ κάθε καμίνον ἦτο τὸ ὅλον 8 περίπου ἄτομα.

Οὕτω δι' ἐν ἐργαστήριον 6 καμίνων ἀπητοῦντο  $6 \times 8 = 48$  ἐργάται κατὰ βάρδιαν 12 ὥρῶν. Ἐχομεν οὕτως 100 ἐργάτας περίπου δι' ἐν τοιοῦτον ἐργαστήριον.

Τὴν τροφοδοσίαν εἰς τὴν καμίνον ἐπὶ 24 ὥρας τὴν ὑπολογίζομεν, ἐπὶ τῇ βάσει τῆς πείρας μας, εἰς 6 τόννους μετάλλευμα. Ὁ ξυλάνθραξ ἦτο τῆς τάξεως τοῦ 15%, δηλαδὴ 1 τόννος περίπου καθ' ἡμέραν ἐργασίας.

Αί ημέραι εργασίας τῆς καμίνου λόγω τῶν ἐπισκευῶν θὰ ἦσαν τῆς τάξεως τῶν 20 ἡμερῶν τὸν μῆνα. Θὰ ὑπολογίσωμεν τροφοδοσίαν 120 τόννους μετάλλευμα μηνιαίως.

Τὴν καλὴν ἐποχὴν (τὸν 5ον αἰῶνα π.Χ.) δέον νὰ ὑπολογίσωμεν μέσην μηνιαίαν παραγωγὴν εἰς τὸ Λαύριον 1.600 kgs ἀργύρου. Δηλαδή περίπου 20.000 kgs ἀργύρου ἐτησίως. Τοῦτο ἀντιστοιχεῖ εἰς τῆξιν 2.200 τόννων περίπου ἐμπλουτισμένου μεταλλεύματος κατὰ μῆνα.

Βλέπομεν ὅτι ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀναγκαίων καμίνων ἦτο  $\frac{2.200}{120} = 19$  κάμινοι. Οὕτω 3 ἐργαστήρια τήξεως 7 καμίνων ἕκαστον ἤρουν διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ ἀργύρου.

Ἐν σχέσει πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν πλυντηρίων τὰ ἐργαστήρια τῶν καμίνων ἦσαν πολὺ ὀλίγα.

Ἡ Μ. Crosby (5) ἀναφέρει ὅτι ἐπὶ 200 ἐγγραφῶν ἐπὶ τῶν ὁρίων παραχωρήσεων, αἵτινες εὐρέθησαν εἰς τὴν Ἀγορὰν τῶν Ἀθηνῶν, μόνον 6 ἀφοροῦν εἰς τὰ ἐργαστήρια καμίνων. Ἐκ τούτων ἡ Μ. Crosby συνάγει, δικαίως, ὅτι τὰ ἐργαστήρια τήξεως ἦσαν ὀλίγα καὶ ὅτι εἰς αὐτὰ συνεκεντροῦντο τὰ πρὸς τῆξιν μεταλλεύματα.

**5.9.** Ἐπὶ τῆς πυριμάχου δομῆς καὶ ἐπενδύσεως τῆς καμίνου δὲν δυνάμεθα νὰ εἴπωμέν τι τὸ ἀναμφισβήτητον.

Τὸ βέβαιον εἶναι ὅτι οἱ ἀρχαῖοι ἐχρησιμοποιοῦν τὸν σχίστην, τὸν ὁποῖον ἀναφέρει καὶ ὁ Κορδέλλας.

Παρατηρήσαμεν ὅτι σχεδὸν παντοῦ ἐχρησιμοποιεῖτο καὶ ἡ ἄργιλος, ὡς πυριμάχος ἐπένδυσις.

**5.10.** Δίδομεν μίαν ἀναπαράστασιν ἑνὸς ἐργαστηρίου τήξεως (Πάνορμος). Εἶκ. ἀριθμ. 8.

Ἐπίσης δίδομεν μίαν εἰκόνα τῆς ἐργασίας εἰς μίαν κάμινον. Εἶκ. ἀριθμ. 9.

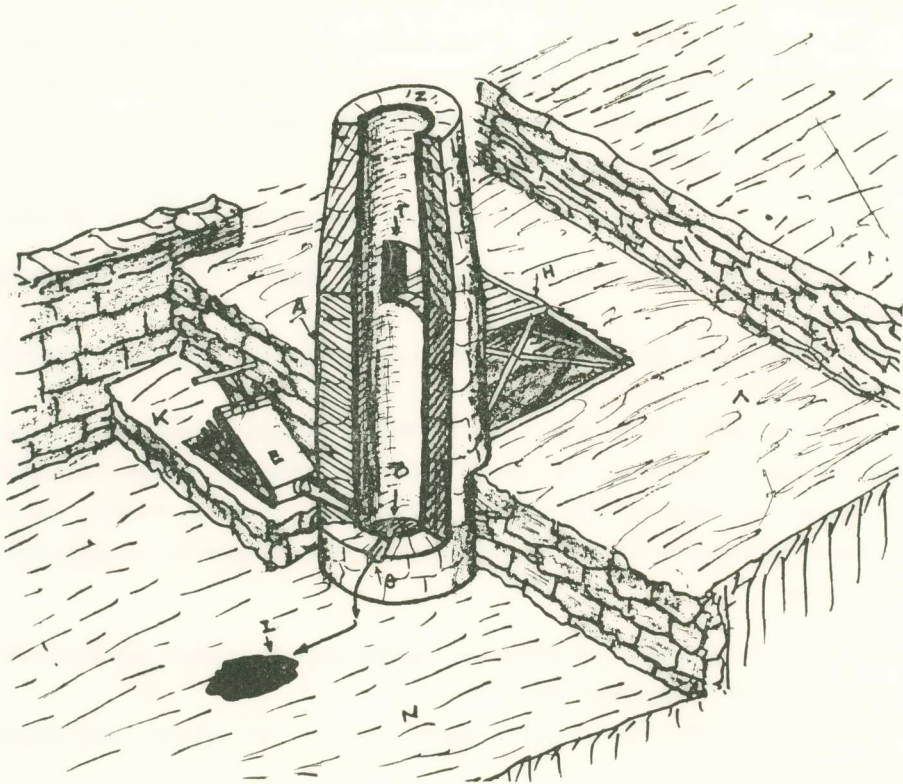
Ἡ λειτουργία τῆς καμίνου ἦτο συνεχῆς καὶ ἦτο ἀκριβῶς τῆς αὐτῆς ἀρχῆς, ὅπως εἰς μίαν σύγχρονον κάμινον. Ἡ κάμινος ἐτροφοδοτεῖτο ἐναλλάξ μὲ 2 στρώσεις, μίαν μεταλλεύματος καὶ μίαν ξυλάνθρακος. Τὸ πάχος τῆς στρώσεως τοῦ μεταλλεύματος ἦτο περίπου τῆς τάξεως τῶν 40 cm, ὡς ἡ σύγχρονος πρακτικὴ ὑποδεικνύει.

Ἡ ἐμφύσησις τοῦ ἀέρος ἐγίνετο συνεχῶς.

Τὸ ἀνοίγμα τῆς ὀπῆς, ἐκ τῆς ὁποίας τρέχει ὁ μόλυβδος καὶ ἡ σκωρία, ἐγίνετο ἀσυνεχῶς κάθε 20 λεπτὰ τῆς ὥρας περίπου.

Ἡ σκωρία καὶ ὁ μόλυβδος ὠδηγοῦντο εἰς μικρὰν κοιλότητα τοῦ ἐδάφους.

Κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν 20 λεπτῶν τῆς ὥρας ἡ σκωρία καὶ ὁ μόλυβδος ἐστερεοποιοῦντο. Ἐπεχωρίζοντο μετὰ ταῦτα εὐκόλως.



Εἰκ. 8.

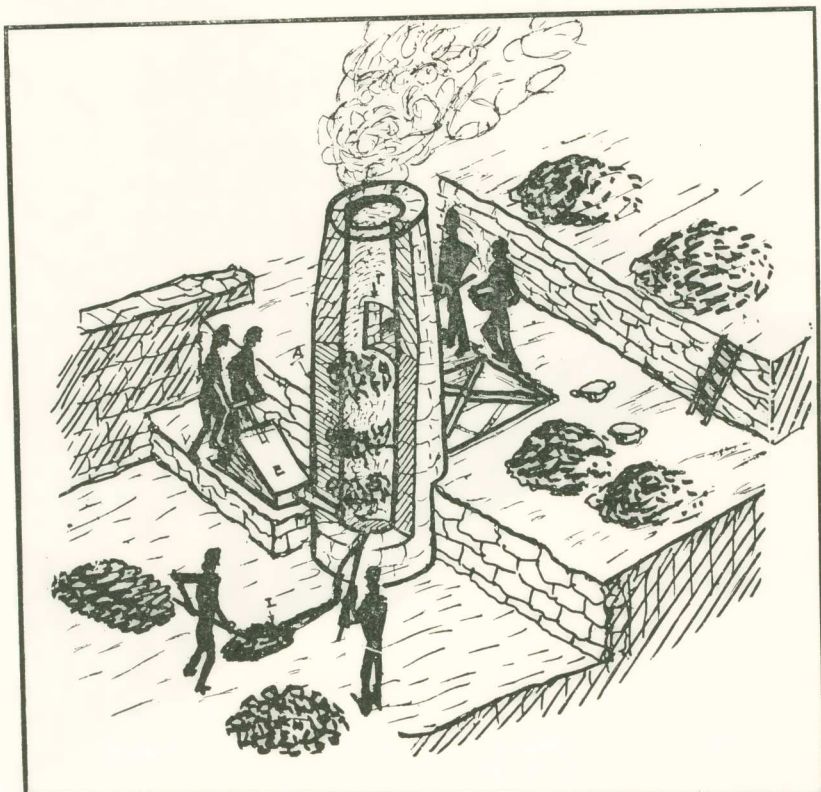
## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΠΙ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΤΗΣ ΘΕΒΕΩΣ

Ἴδου τὰ σπουδαιότερα στοιχεῖα τῆς τεχνικῆς ταύτης, τὰ ὅποια συνάγομεν ἐκ τῶν εὗρημάτων τῶν ἀνασκαφῶν, ἐν συνδυασμῶ μετὰ τὴν πείραν μας ἐκ τῆς τήξεως εἰς τὰς συγχρόνους καμίνοὺς τῶν αὐτῶν μεταλλευμάτων τῆς Λαυρεωτικῆς.

**6.1.** Αἱ ἀναλύσεις τῶν σκωριῶν πείθουν ὅτι οἱ ἀρχαῖοι δὲν ἐχρησιμοποιοῦν «συλλιπάσματα». Δηλαδή δὲν ἐχρησιμοποιοῦν ἀνάμειξιν τοῦ μεταλλεύματος μετὰ συλλιπασμάτων, δηλαδή μετὰ κατάλληλα ὀρυκτὰ μολυβδοῦχα ἢ μὴ, πρὸς μεταβολὴν τῆς χημικῆς συνθέσεως τῆς σκωρίας, ὡς γίνεται σήμερον, διὰ νὰ ἐπιτυγχάνεται εὐρευστος καὶ συγχρόνως πτωχὴ εἰς μόλυβδον σκωρία.

Πάντως τὰ ὀξειδωμένα μεταλλεύματα ἦσαν διαφόρου συνθέσεως (κυρίως ὅμως πυριτικά), ὅπως ἀποδεικνύει ἡ μελέτη μας, τῆς ὁποίας τὰ ἀποτελέσματα δίδονται ἐν συντομίᾳ εἰς τὸ διάγραμμα ἀριθμ. 10. Αἱ περιοχαί, ἐκ τῶν ὁποίων προέρχονται τὰ διάφορα μεταλλεύματα τοῦ διαγράμματος, δίδονται ἐπὶ τοῦ ἐπι- συναπτομένου χάρτου τῆς Λαυρεωτικῆς.

Αἱ σκωρίαὶ τῶν ἀρχαίων, ὅπως παρατηρεῖται εἰς τὸ διάγραμμα 7, εἶναι



Εἰκ. 9.

πυριτικά καὶ ὡς ἐκ τούτου δύσρευστοι. Εὗρισκονται ἐκτὸς τῆς περιοχῆς τῆς καλῆς ρευστότητος τῶν σκωριῶν τοῦ Λαυρίου. Ἐκ τούτου συνάγεται ὅτι τὸ μίγμα τῶν μεταλλευμάτων ἦτο συνήθως πυριτικόν.

Τὰ πυριτικά μεταλλεύματα ἀνάγονται δυσκόλως. Δέον νὰ ὑπολογίσωμεν ὡς ἐκ τούτου ὅτι οἱ ἀρχαῖοι ἐχρησιμοποιοῦν ἀρκετὸν καύσιμον καὶ ἰσχυρὰν ἐμφύσησιν ἀέρος διὰ χειροκινήτων φουσερῶν.

**6.2.** Τὸ καύσιμον, τὸ ὁποῖον ἦτο ὁ ξυλάνθραξ, δέον νὰ ὑπολογισθῇ εἰς 12 - 15 % εἰς βάρος τοῦ τροφοδοτουμένου μεταλλεύματος.

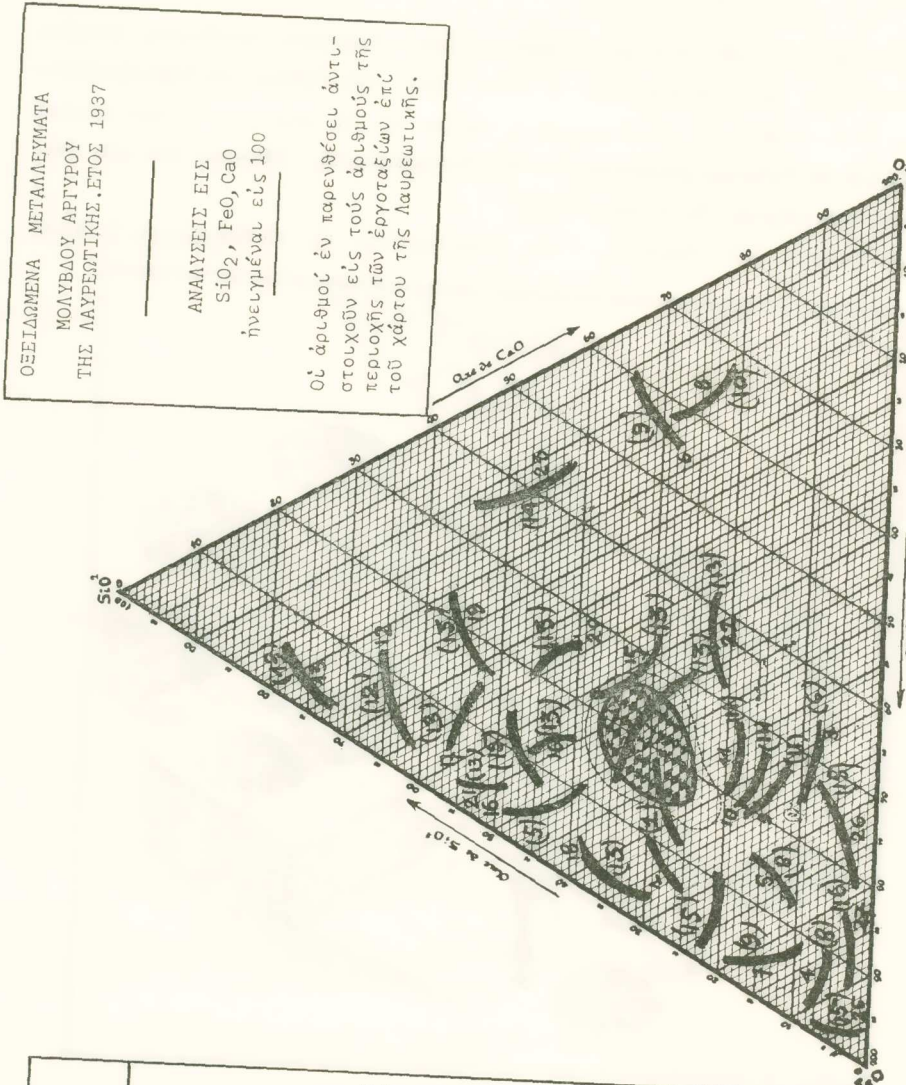


Diagramme triangulaire des teneurs centésimales en éléments principaux d'une scorie ferrocalcaïque réelle. Courbes de sécurité pour ZnO de 2 à 10 %.

Α/Α.	ΕΠΙΘ. ΧΑΡΤΟΥ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΤΟ ΧΑΡΤΟΥ	
1.	(1)	Σπιθαροπούλι	
2.	(5)	Σούριζα, Νο 8	
3.	(6)	Σούριζα, Νο 6	
4.	(8)	Σούριζα, Νο 3	
5.	(8)	Νο 5: Π.Δρύβασι	
6.	(9)	Σούριζα, Νο 2B	
7.	(9)	Σούριζα, Νο 2	
8.	(10)	Σούριζα-Λαγός	
9.	(11)	Σούριζα, Έλαφος	
10.	(11)	Σούριζα, Ραγκου-σέυκα	
11.	(11)	Σούριζα: Μπερ-τοέκο	
12.	(12)	Καμάριζα, Σπανός	
13.	(13)	Καμάριζα, Νο 3	
14.	(13)	Καμάριζα, Νο 5	
15.	(13)	Καμάριζα, Νο 4	
16.	(13)	Καμάριζα, Νο 5	
17.	(13)	Καμάριζα, Νο 6	
18.	(13)	Καμάριζα, Νο 24	
19.	(13)	Καμάριζα, Νο 20B	
20.	(13)	Καμάριζα, Νο 9	
21.	(13)	Καμάριζα, Νο 13	
22.	(13)	Καμάριζα, Νο 78	
23.	(14)	Συντερόνη	
24.	(15)	Πλάκα, Νο 3	
25.	(15)	Πλάκα, Νο 28	
26.	(15)	Πλάκα: Ποντικός	
27.	(16)	Πλάκα, Νο 4	

Ειχ. 10.

Ὁ Ardaillon ὁμιλεῖ διὰ χρησιμοποίησιν ξύλου. Τοῦτο εἶναι πρακτικῶς ἀδύνατον. Τὸ μόνον τεχνικῶς ἀποτελεσματικὸν καύσιμον εἶναι ὁ ξυλάνθραξ. Ξυλάνθραξ εὐρέθη εἰς τὴν πλατείαν τῶν καμίνων τοῦ ὄρου Πάνορος.

Διὰ τὰ ὀξειδωμένα μεταλλεύματα τῆς Λαυρεωτικῆς, μὲ κατάλληλον σύνθεσιν ἀπὸ ἀπόψεως σκωρίας, ἀπαιτεῖται εἰς τὰς συγχρόνους καμίνους 13 % περίπου μεταλλουργικὸν κόκκ.

**6. 3.** Ἡ χαμηλὴ περιεκτικότης εἰς θειὸν τῶν σκωριῶν (S περίπου 0,30 %) πείθει κάθε μεταλλουργὸν εἰδικὸν τοῦ μολύβδου ὅτι οἱ Ἀθηναῖοι ἔτηκον μεταλλεύματα χαμηλοῦ θείου. Πάντως δὲν ἐτήκοντο φρυγμένα θειοῦχα μεταλλεύματα.

Τίθεται τότε τὸ ἐρώτημα τί ἐγένετο ὁ γαληνίτης, τὸν ὁποῖον οἱ ἀρχαῖοι ἐξώρυσσον; Ἐπὶ τοῦ θέματος ὅμως τούτου καὶ γενικώτερον τῶν μεταλλευμάτων εἰς τὴν ἀρχαιότητα ἀπὸ ἀπόψεως φρύξεως θὰ ἀσχοληθῶμεν εἰς ἄλλην εἰδικὴν ἐργασίαν.

Ἐκ προοιμίου λέγομεν ὅτι κατελήξαμεν εἰς τὸ ἐξῆς συμπέρασμα: Τὸ ποσοστὸν τοῦ ἐξορυσσομένου γαληνίτου ἦτο μικρὸν ἐν σχέσει πρὸς τὸ ποσοστὸν τῶν ἐξορυσσομένων μεταλλευμάτων κερουσίτου (ὀξειδωμένον μετάλλευμα).

Τὸ μίγμα τῶν μεταλλευμάτων τούτων μὲ ποσοστὸν εἰς θειὸν χαμηλὸν ἐτροφοδοτεῖτο κατευθεῖαν εἰς τὴν κάμινον.

**6. 4.** Οἱ ἀρχαῖοι ἐπραγματοποιοῦν σκοπίμως τῆξιν μὲ σχετικῶς ὀλίγον ξυλάνθρακα. Εἶχον ἀντιληφθῆ ὅτι μία μὴ τελεία ἀναγωγή δι' ἀνεπαρκοῦς ξυλάνθρακος δὲν ἦτο καταστρεπτικὴ ἀπὸ ἀπόψεως μεταλλικῆς ἀποδόσεως εἰς ἄργυρον. Τὸ ἀντίθετον.

Τὸ καύσιμον δὲν θὰ ἦτο μεγαλύτερον τοῦ 18 % καὶ ἴσως τὸ ποσοστὸν νὰ κατήρχετο μέχρι 15 %.

Ἡ ποσότης αὐτὴ ἦτο ἀσφαλῶς ἀρκετὴ διὰ μίαν ἀνεκτὴν ροὴν τῆς πυριτικῆς σκωρίας, ἡ ὁποία ἐξ ἄλλου ἐπεβροθεῖτο καὶ διὰ σιδηρῶν ράβδων. Διὰ τοῦτο καὶ ἡ σκωρία ὠνομάζετο καὶ «ἔλκυσμα».

Οἱ ἀρχαῖοι εἶχον ἀσφαλῶς παρατηρήσει ὅτι ὁ ἄργυρος δὲν ἀκολουθεῖ τὸν μολύβδον μὲ τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν εἰς τὸν παραγόμενον κατὰ τὴν τῆξιν ἀργυροῦχον μολύβδον καὶ εἰς τὴν παραγομένην σκωρίαν. Ἐὰν ἔχωμεν π.χ. ἓνα μετάλλευμα μὲ 50 % μολύβδον καὶ 750 γραμμάρια κατὰ τόννον ἄργυρον, ὁ ἄργυρος πρὸς τὸν μολύβδον ἀντιστοιχεῖ εἰς 1.500 γραμμάρια κατὰ τόννον μολύβδου. (\*Ἴδὲ πίνακα III).

Ἐὰν ἔχωμεν μίαν σκωρίαν μὲ 10 % μολύβδον θὰ ἔδει νὰ ἔχωμεν κατ' ἀναλογίαν ἄργυρον  $1500 \times 0,10 = 150$  γραμμάρια κατὰ τόννον σκωρίας.

Ευρίσκομεν πραγματικῶς εἰς τὰς ἀρχαίας σκωρίας περὶ τὰ 50 γραμμάρια κατὰ τόννον σκωρίας. Ἦτοι κατὰ τόννον περιεχομένου μολύβδου:  $\frac{50}{0,10} = 500 \text{ g/T}$ .

Ἡ παρατήρησις αὕτη ἦτο δυνατὴ διὰ τοὺς ἀρχαίους. Πράγματι οἱ ἀρχαῖοι ἠδύναντο νὰ προβοῦν δοκιμαστικῶς εἰς ἀνάτηξιν τῆς σκωρίας καὶ ἐξακριβώσιν τῆς περιεκτικότητος εἰς ἄργυρον τοῦ περιεχομένου εἰς αὐτὴν μολύβδου. Ἐξ ἄλλου καὶ ἀναλύσεις ἀργύρου διὰ κυπελλώσεως οἱ ἀρχαῖοι ἐγνώριζον νὰ πραγματοποιοῦν. Ἐχουν εὑρεθῆ μικρὰ ἀρχαῖα κύπελλα 15 cm διαμέτρου, τὰ ὅποια ἠδύναντο νὰ χρησιμοποιοῦν καὶ δι' ἀναλύσεις ἀργύρου.

Εἰς τί ὅμως ὀφείλεται ἡ σχετικὴ πτωχότης τῆς σκωρίας εἰς ἄργυρον;

Οἱ ἀρχαῖοι δὲν ἐχρησιμοποιοῦν ἀρκετὸν ξυλάνθρακα κατὰ τὴν τῆξιν καὶ ἔκαμαν οὕτω μὴ πλήρη ἀναγωγὴν, ἀλλὰ ἡμιαναγωγὴν τοῦ ὀξειδίου τοῦ μολύβδου. Ἡ σκωρία ἦτο ὡς ἐκ τούτου πλουσία εἰς μόλυβδον. Ὁ ἄργυρος ὅμως ἀνάγεται πολὺ ἐνδελεχότερον ἀπὸ τὸν μόλυβδον, καθ' ὅσον δὲν συνδέεται ἰσχυρῶς μὲ τὸ ὀξυγόνον ὅπως ὁ μόλυβδος.

Οὕτως ὁ ἄργυρος ἀκολουθεῖ κυρίως τὸν ἀναχθέντα ἀργυροῦχον μόλυβδον, καὶ ὄχι τὸν μόλυβδον τῆς σκωρίας.

Ὁ παραγόμενος ἀργυροῦχος μόλυβδος εἶναι πλουσιώτερος εἰς ἄργυρον ἀπὸ ὅ,τι εἰς τὸ ἀρχικὸν μετάλλευμα.

Ἐχομεν, ὡς λέγεται, ἐκλεκτικὴν ἀναγωγὴν.

Τοῦτο πιστοποιεῖται ἰδιαιτέρως ἀπὸ τὰς γενομένας ἀναλύσεις ἀρχαίων σκωριῶν. Πίναξ ἀριθμ. II π. χ. Τεμάχιον σκωρίας β.

Ὁ ἀργυροῦχος μόλυβδος ἔχει 730 γραμμάρια εἰς ἄργυρον, ἐνῶ ἡ συγγρόμως παραγομένη σκωρία ἔχει 216 γραμμάρια ἀργύρου κατὰ τόννον περιεχομένου μολύβδου.

**6. 5.** Εἰς τὸν πίνακα III δίδομεν τὸ μεταλλικὸν ἰσοζύγιον κατὰ μίαν τυπικὴν τῆξιν τῆς ἀρχαιότητος.

Ἡ τροφοδοσία εἶναι μετάλλευμα ἐμπλουτισμένον μὲ 50 % μόλυβδον καὶ 750 g/T ἄργυρον. Παράγεται ἀργυροῦχος μόλυβδος καὶ σκωρία.

Ἐπίσης καὶ καπνοὶ εἰς τοὺς ὁποίους περιέχονται ὡς ἀπώλειαι 7,2 % τοῦ μολύβδου καὶ τὸ 4 % τοῦ ἀργύρου.

Ἡ ἀπώλεια τῶν μετάλλων εἰς τὴν σκωρίαν εἶναι:

$$\text{Εἰς μόλυβδον } \frac{40 \text{ Kgs}}{500 \text{ Kgs}} = 8 \%$$

$$\text{Εἰς ἄργυρον } \frac{20 \text{ gr}}{750 \text{ gr}} = 2,7 \%$$

Βλέπομεν ὅτι ἡ ἀπώλεια εἰς ἄργυρον εἰς τὴν σκωρίαν εἶναι πολὺ μικροτέρα τῆς τοῦ μολύβδου.

## Π Ι Ν Α Ε Ι Ι Ι

Τυπικὴ τῆξις κατὰ τὴν ἀρχαιότητα.

	Βάρος Kgs	Περιεκτι- κότης εἰς Pb %	Περιεχό- μενος μόλυβδος Kgs	Περιεκτι- κότης εἰς Ag gr/T	Περιεχό- μενος Ag gr.	Λόγος Ag : Pb εἰς gr/T
Μετάλλευμα	1.000	50 %	500	750	750	1.500
Ἄργυροῦχος μόλυβδος	424	100 %	424	1650	700	1.650
Σκωρία	400	10 %	40	50	20	500
Καπνοὶ	176		36		30	750

\*Απόδοσις εἰς μέταλλα τοῦ ἀργυροῦχου μολύβδου :

$$\text{Pb} = 424 : 500 = 85 \% \quad \text{Ag} = 700 : 750 = 93 \%$$

Ἐὰν ὑποθέσωμεν τώρα ὅτι μὲ περισσότερον ξυλάνθρακα κατὰ τὴν τῆξιν (περίπου μὲ 5 % περισσότερον κατὰ τόννον μεταλλεύματος) οἱ ἀρχαῖοι ἐπετύγγα-  
νον σκωρίαν μὲ 2 % εἰς μολύβδον. Ἐχομεν τότε σχεδὸν πλήρη ἀναγωγὴν καὶ ὁ  
ἄργυρος εὐρίσκεται εἰς τὴν σκωρίαν ὡς πρὸς τὸν μολύβδον μὲ τὴν αὐτὴν ἀναλο-  
γίαν, ὅπως καὶ εἰς τὸ μετάλλευμα. Τοῦτο ἀποδεικνύεται ἐκ τῶν συγχρόνων  
σκωριῶν.

Ἡ περιεκτικότης τῆς σκωρίας εἰς ἄργυρον θὰ εἶναι :

$$0,02 \cdot 1500 = 30 \text{ γραμμάρια / τόννον.}$$

Εἰς τὰ 400 Kgs τῆς σκωρίας θὰ ἔχωμεν :

$$\text{μόλυβδον } 400 \cdot 0,02 = 8 \text{ Kgs}$$

$$\text{ἄργυρον } 0,400 \cdot 30 = 12 \text{ gr.}$$

Ἡ ἀπώλεια εἰς μολύβδον διὰ τῆς σκωρίας θὰ εἶναι :  $\frac{8}{500} = 1,6 \%$

ἢ αὐτὴ δὲ καὶ διὰ τὸν ἄργυρον :  $\frac{12}{750} = 1,6 \%$

Μὲ πλήρη λοιπὸν ἀναγωγὴν οἱ ἀρχαῖοι θὰ ἐκέρδιζον ἐν σχέσει πρὸς τὴν  
ἡμιαναγωγὴν  $2,7 - 1,6 = 1 \%$  περίπου ἄργυρον.



Θὰ ἐδαπάνουν ὁμως πολὺν ξυλάνθρακα καὶ θὰ ἔπρεπε νὰ κυπελώσουν  $8,0 - 1,6 = 6,4\%$  περισσότερον μόλυβδον. Τοῦτο θὰ ἀπῆτει καὶ ἄλλον ξυλάνθρακα.

Ὁ μόλυβδος ἐξ ἄλλου ἦτο τότε ὑποπροῖον καὶ εἶχε μολὺ μικρὰν ἀξίαν ἐν σχέσει πρὸς τὸν ἄργυρον. Τοῦτο δὲν ἰσχύει σήμερον. Εἶναι φανερὸν ὅτι οἱ ἀρχαῖοι ἐξέλεγον τὸν δρόμον τῆς οἰκονομίας καὶ μάλιστα τὸ optimum σημεῖον. Οἱ ἀρχαῖοι ἐπραγματοποιοῦν οὐσιαστικῶς ἀριστοποίησιν (optimisation) ἀπὸ οἰκονομικοτεχνικῆς ἀπόψεως.

**6. 6.** Ὁ Στράβων (38) τὸν 1ον αἰῶνα π.Χ. ἀναφέρει ὅτι εἰς τὸ Λαύριον εἶχε πλεόν σταματήσει ἢ ἐξόρυξις μεταλλευμάτων καὶ ἐγένετο μόνον ἀνάτηξις τῶν πλουσίων ἀρχαίων σκωριῶν. Τὸ πλούσιον τῶν παλαιότερων σκωριῶν ἀποδίδει εἰς ἀπειρίαν τῶν ἀρχαίων ἀπὸ μεταλλουργικῆς ἀπόψεως. Λέγει συγκεκριμένως εἰς τὰ «Γεωγραφικὰ» (Loëb IX - 1 - 23):

«Τὰ δ' ἀργυρεῖα τὰ ἐν τῇ Ἀττικῇ κατ' ἀρχὰς μὲν ἦν ἀξιόλογα, νυνὶ δ' ἐκλείπει· καὶ δὴ καὶ οἱ ἐργαζόμενοι, τῆς μεταλλείας ἀσθενῶς ὑπακουούσης, τὴν παλαιὰν ἐκβολάδα καὶ σκωρίαν ἀναχωνεύοντες, εὗρισκον ἔτι ἐξ αὐτῆς ἀποκαθαίρομενον ἀργύριον, τῶν ἀρχαίων ἀπείρως καμινευόντων».

Ἀπὸ ὅσα ἐδείξαμεν προηγουμένως ἀποδεικνύεται ὅτι ὁ Στράβων δὲν εἶχε δίκαιον.

Οἱ ἀρχαῖοι τοῦ 5ου αἰῶνος εἶχον συμφέρον κατὰ τὴν ἐποχὴν των νὰ παράγουν πλουσίας εἰς μόλυβδον σκωρίας.

Τὴν ἐποχὴν τοῦ Στράβωνος συνέφερον ἢ ἀνάτηξις τῶν ἀρχαίων σκωριῶν διὰ τοὺς ἐξῆς λόγους :

1. Εἶχε σταματήσει ἢ ἐκμετάλλευσις τῶν μεταλλείων, ὡς ὁ ἴδιος λέγει, διότι τὰ μεταλλεύματα ἦσαν πολὺ πτωχότερα εἰς ἄργυρον, ἐν σχέσει πρὸς ἐκεῖνα τοῦ 5ου καὶ τοῦ 4ου αἰῶνος.

2. Ὁ μόλυβδος εἶχεν ἀποκτήσει σχετικῶς ἀνωτέραν ἀξίαν.

3. Ἡ ἀνάτηξις τῆς σκωρίας εἶναι εὐκόλος. Μὲ 10 % περίπου γαιάνθρακα εἶναι δυνατὴ πλήρης σχεδὸν ἀναγωγή.

Τὰς νέας σκωρίας ἐκ τῆς τότε ἀνατήξεως καὶ τὰς παλαιότερας ἀνέτηξαν, ὡς εἴπομεν, οἱ νεώτεροι μεταξὺ τοῦ 1880 καὶ τοῦ 1920 εἰς τὸ Λαύριον. Εἰς τὸ Λαύριον ὑπάρχουν τῶρα αἱ προκύψασαι νέαι σκωρίαί. Περιέχουν περίπου 3,5 % μόλυβδον καὶ 5 - 8 γραμμάρια / τόννον ἄργυρον. Ὄταν εὗρεθῇ κατάλληλος τεχνικὴ θὰ ὑποστοῦν αἱ σκωρίαί αὗται τὴν τετάρτην τῆξιν των.

Τὸ Λαύριον εἶναι Μουσεῖον τῆς ἐξελίξεως τῆς μεταλλουργικῆς τεχνικῆς τοῦ μολύβδου καὶ ἀργύρου ἀπὸ τῶν ἀρχαιοτάτων χρόνων μέχρι καὶ σήμερον.

## R E S U M E

## I. INTRODUCTION

1. 1. La technique de l'exploitation des mines et de la métallurgie au Laurium des anciens Grecs est digne d'admiration.

La production de l'argent au Laurium au Vème siècle av. J.C. a été de grande importance pour les Athéniens. Le perfectionnement de la technique métallurgique était donc une nécessité.

Notre étude a pour sujet la fusion des minerais au Laurium antique.

1. 2. Les Athéniens ont appliqué une fusion semi-reductrice dans des fours verticaux. C'est à dire on employait peu de charbon et la scorie devenait riche en plomb. Cependant ces scories étaient pauvres en argent.

Comme on verra, les Athéniens travaillaient ainsi à un point optimum au point de vue économique.

1. 3. Le travail métallurgique se divisait comme suit :

- 1. Travail minier d'extraction du minerai.
- 2. Enrichissement des minerais à des laveries.
- 3. Pyrométallurgie du minerai enrichi.

1. 4. La pyrométallurgie comportait :

a) Fusion des minerais avec du charbon de bois dans des fours verticaux à soufflets.

On produisait du plomb argentifère comme aussi de la scorie.

Cette dernière était éloignée à des stocks.

b) Coupellation du plomb argentifère dans des fours à coupellation.

On produisait de l'argent et de la litharge (oxyde de plomb).

c) La litharge était fondue avec du charbon dans des fours verticaux.

On produisait du plomb commercial exempt d'argent.

La présente étude traite la partie (a) de la Pyrométallurgie c. a. d. la fusion.

## II. TRAVAUX PRECEDENTS

2. 1. Sur la métallurgie antique on ne connaît presque rien. A la fin de ce travail on trouve une bibliographie sur l'argent pendant l'antiquité, aussi complète que possible.

Pline (22) Strabon (38) Diodore (12) Dioscouride (13) ne donnent que des fragments malheureusement insignifiants.

Des modernes il faut citer l'ingénieur Grec Cordellas (4) qui en 1869 cite ce qu'il a vu au Laurium. Ardaillon (2) reprend ses vues.

Cordellas qui était mineur soutient, par erreur, que la fusion se faisait dans des «bas foyers».

Forbes (9) insiste sur le fait qu'il est très-difficile même pour les spécialistes de retrouver les anciennes méthodes métallurgiques.

En 1959 l'auteur du présent a donné le plan d'un ancien Atelier de neuf fours de fusion à Panormos au Laurium

En 1972 - 1973 cet Atelier a été fouillé grâce au Professeur S. Marinatos alors Directeur général des antiquités.

2. 2. Les anciens ont laissé sur le sol de la Lauréautique 1.500.000 tonnes de scorie de fusion. Leur teneur moyenne était : Pb = 10 % Ag = 40 g/t. Ces scories ont été refondues par les modernes entre 1880 - 1920. Nos calculs, à partir de ces scories, prouvent que les anciens avaient produit :

1.300.000 t. de plomb et 2.600.000 kgs. d'argent approximativement. La moitié de ceci a été produit au V<sup>ème</sup> et IV<sup>ème</sup> siècle av. J. C.

### III. LES DERNIERES FOUILLES D'ATELIERS DE FUSION ANTIQUES

Pendant les quatre dernières années ont été fouillés les trois Ateliers antiques de fusion suivants :

(Voir leur emplacement dans la carte y jointe).

#### 3. 1. Atelier de Fusion à Panormos.

On doit le placer au III<sup>ème</sup> siècle. Les frais des fouilles ont été donnés par la Chambre des Ingénieurs de Grèce.

On trouve au plan n. 1 et à la photo no. 2 le détail de cet Atelier.

Les neuf fours sont détruits. Dans le passé récent, des ouvriers cherchaient partout du plomb pour le vendre aux Compagnies modernes et abattaient les fours antiques.

#### 3. 2. Atelier antique de Fusion à Thorikos.

Cet Atelier doit être placé au III<sup>ème</sup> ou au II<sup>ème</sup> siècle av. J. C.  
Voir le plan no. 3 et la photo no. 4. C'est un Atelier de plus de 5 fours.

3.3. Atelier antique de fusion à «Megala Pefka».

Cet Atelier de cinq fours, doit être placé au V<sup>ème</sup> siècle av. J. C.  
Les fouilles ont été réalisées par le Pr. Mussche et l'expédition Belge.

A la revue «Thorikos 1969 VI», un article y relatif porte la signature de l'auteur et du Prof. Mussche. Voir dessin no. 5, photo no. 6.

L'auteur du présent a suivi de près toutes les fouilles au point de vue métallurgique.

#### IV. RECHERCHES SUR LES SCORIES ANCIENNES

L'auteur du présent a collecté des anciennes scories de fusion à diverses régions de la Lauréautique où bien entendu existaient dans l'antiquité des fours de fusion. On trouve l'analyse de ces scories au Tableau I.

Dans ce même tableau on trouve des analyses des minerais pauvres de triage des mines (ἐκβολάδες) et des résidus des laveries (πλυνίται).

Dans la figure no. 7 nous avons placé dans le triple diagramme  $\text{SiO}_2$ -Feo-Cao ces analyses.

On voit que les scories anciennes sont très siliceuses.

La partie hachurée du diagramme est la région de la bonne fusibilité des scories des minerais de Laurium telle que l'auteur l'avait établi (3) travaillant comme Ingénieur en chef de la Métallurgie moderne du Laurium de la «Cie Française des Mines de Laurium» (1937 - 1955).

Dans le tableau II on trouve des analyses d'une importance, croyons-nous, toute particulière.

On a trouvé certains morceaux de scories dans lesquelles étaient englobées des gouttes du plomb.

On a analysé séparément les gouttes du plomb et la partie sans plomb métallique de la scorie.

On constate que l'argent dans la scorie et le plomb argentifère, (simultanément produits) ne se trouve pas dans la même proportion, par rapport au plomb contenu. Pour les Ateliers de Panormos on trouve :

Ag : Pb = 1080 g/t dans le plomb argentifère.

Ag : Pb = 320 g/t dans la scorie.

La différence est frappante. Ceci est le resultat de la semi-reduction comme on expliquera plus loin.

## V. CONCLUSIONS SUR LES FOURS DE FUSION

5. 1. Les fours sont verticaux à creuset.

Diamètre intérieure 80 - 100 cm. Hauteur probable 3 m.

5. 2. Les dimensions des fours n'ont pas changé pendant des siècles.

5. 3. Les fours étaient soufflés.

5. 4. Le four était en partie taillée dans le roc.

5. 5. Il y avait un seul trou de coulée. La scorie et le plomb se séparaient un peu plus loin par densité dans une cuvette dans la terre.

5. 6. Les Ateliers comprenaient de 6 à 10 fours séparés par de murs.

Chaque four devait appartenir à un propriétaire différent. C'est l'explication de l'existence de ces murs.

5. 7. Les fours étaient au V<sup>ème</sup> siècle près des laveries.

Comme p. ex. ceux de «Megala Pefka».

Plus tard on plaçait les fours près des côtes pour la réception du charbon de bois qui venait des îles. En effet plus tard les bois du Laurium étaient épuisés.

5. 8. Nous estimons le personnel pour un Atelier de 6 fours à 100 personnes.

Le charbon de bois était le 15 % du minerai.

On alimentait 6 t. par 24 h. par four à peu près. Ceci donne 120 t. par mois.

Au V<sup>ème</sup> siècle on doit estimer la production totale de l'argent au Laurium à 20.000 kgs/an.

Ceci correspond à 1600 kgs/mois d'argent et à 2.200 t. de minerai enrichi fondu par mois.

Le nombre des fours travaillant par mois était donc  $2.200 : 120 = 19$  fours.

Ceci fait trois Ateliers de sept fours de fusion chacun.

Mlle Crosby (5) cite que par les inscriptions trouvées à l'Agora d'Athènes à pu conclure que le nombre des ateliers de fusion était très limité.

5.9. Sur le revêtement réfractaire des fours on n'a pas de résultats sûrs. En tous cas le schiste et l'argile étaient très utilisés.

5.10. Nous donnons au dessin no. 8 une reconstruction d'un Atelier de fusion (Panormos). Au dessin no. 9 nous donnons le mode du travail de fusion.

## VI. CONCLUSIONS SUR LA TECHNIQUE DE LA FUSION

6.1. Les anciens n'utilisaient pas des fondants.

Les minerais traités du Laurium étaient de composition diverse. À la figure n. 10 on trouve les analyses des divers minerais oxydés du Laurium portés sur le diagramme triangulaire  $\text{SiO}_2$  -  $\text{FeO}$  -  $\text{CaO}$ .

Sur la carte géographique du Laurium y jointe nous portons les régions de la mine d'où proviennent ces divers minerais. Ces minerais nous sont connus par notre travail à la Cie Française des Mines du Laurium.

6.2. Le combustible était le charbon de bois (12 - 15 % de la charge).

Ardaillon croyait qu'on utilisait comme combustible le bois. C'est une erreur. Les fours de fusion ne marchent pas avec du bois.

6.3. La teneur basse en S des scories (0.30 %) prouve que les anciens traitaient des minerais oxydés avec très peu de galène.

La galerie grillée aurait donnée à la fusion une scorie très riche en Soufre. Les anciens ne grillaient pas la galène. Ils la traitait telle quelle au four avec le minerai oxydé dans un pourcentage très petit.

6.4. Les anciens appliquaient exprès une fusion semi-reductrice en économisant le combustible sans perdre beaucoup d'argent.

Les anciens travaillaient au point économique optimum.

6.5. Dans le tableau III nous donnons le bilan d'une fusion typique antique.

Un calcul facile (donné dans le texte) prouve que si on augmentait le combustible, on arrivait à une scorie à 2 % de Pb (au lieu de 10 %). Ce qu'on aurait gagné en argent n'aurait pas payé le combustible et les frais de plus de plomb à coupeller.

6.6. Stravon (38) au III<sup>ème</sup> siècle après J.C. avait tort de dire que les anciens manquaient d'expérience sur la fusion (*ἀπείρως καμινούντων*). Il jugeait ceci par les teneurs en plomb de la scorie ce qui est une erreur comme on a bien vu.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## ΑΡΧΑΙΟΝ ΛΑΥΡΙΟΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΑΡΓΥΡΟΥ

## I. ΑΡΧΑΙΟΙ ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

1. Ἀθήναιος.— Ἀθηναίου Ναυκρατίτου, Δειπνοσοφισταί : Loeb. V. 202 F, 210 E / VI. 230 F, 231 B, 233, 272 E / VII. 322 A / XII. 540 B.
2. Αἰσχίνης.— Κατὰ Τιμάρχου : Loeb. I 37, 97, 101.
3. Αἰσχύλος.— Ἀγαμέμνων : Loeb. 621 / Πέρσαι : Loeb. 237, 238 / Προμηθεὺς Δεσμώτης : Loeb. 714.
4. Ἀλεξίς.— The Fragments of Attic Comedy : Leiden, Brill 1959. Frag. 2, 59.
5. Ἀνδοκίδης.— Περὶ Μυστηρίων : Πάπυρος 38-39, 130-133.
6. Ἀπολλόδωρος ὁ Γελοῦς.— The Fragments of Attic Comedy : Leiden, Brill 1959. Frag. 3.
7. Ἀριστοτέλης.— Ἀθηναίων Πολιτεία : Loeb. XV, XXII, XXXV, XLII, XLVII, LI, LIX. Οἰκονομικός : Loeb. 1349a, II 20. 1353a, 15. Φυσικά Προβλήματα : Loeb. 936b, 23. Περὶ Θαυμασίων Ἀκουσμάτων : Loeb. 832b-838a.
8. Ἀριστοφάνης.— Βάτραχοι : Loeb. 720-726. Ἴππεις : Loeb. 361-362. Νεφέλαι : Loeb. 1065. Ὀρνιθες : Loeb. 1106.
9. Βιτρούβιος.— De Architectura : Loeb. VII. 7, 8, 9.
10. Δημόσθενης.— Περὶ τῆς Παραπρεσβείας : Loeb. 293. Περὶ τῆς ἀτελείας πρὸς Λεπτιδην : Loeb. 62. Κατὰ Μειδίον : Loeb. 133, 167. Κατὰ Τιμοκράτους : Loeb. 98, 99, 122, 146. Πρὸς Ἀπατούριον παραγραφή : Loeb. 9-11. Πρὸς Φορμίωνα περὶ Δανείου : Loeb. 10, 37, 39. Παραγραφή ὑπὲρ Φορμίωνος 43-48. Παραγραφή πρὸς Πανταίνετον : Loeb. 2, 4, 20, 21, 22, 25, 26, 28, 29, 32, 35, 36, 37, 38. Παραγραφή πρὸς Ναυσίμαχον : Loeb. 4, 25. Πρὸς Φαίνιππον περὶ ἀντιδόσεως : Loeb. 3, 11, 18, 20, 21, 22, 23, 32. Κατὰ Νεαίρας : Loeb. 27.
11. Διογένης ὁ Λαέρτιος.— Loeb. V. 2, 3, 44, 59.
12. Διόδωρος ὁ Σικελιώτης.— Loeb. I. 12, 13, 33 / III. 12, 13, 14 / V. 13, 22, 27, 35, 36, 37, 38 / XI. 41, 43, 62, 70, 72 / XII. 42, 45, 59 / XIV. 4, 4, 5, 5-6 / XVI. 3, 8, 30, 31, 56, 57 / XVII. 108.
13. Διοσκουρίδης.— De Materia Medica : Berolini, Apud Weidmanny MCMXIV. V. 74, 77, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 93, 99, 100, 103.
14. Δίφιλος.— The Fragments of Attic Comedy : Leiden, Brill 1959. Frag. 15, 19, 66.
15. Ἡρόδοτος.— Ἱστορία Ἡροδότου : Πάπυρος. A. 67, 68, 186-187 / B. 44 / Γ. 56, 57-58 / Δ. 99 / E. 16-17, 23 / ΣΤ. 46 / Ζ. 28, 112, 144.
16. Θεόφραστος.— Περὶ λίθων : At the Clarendon Press. Oxford. I. 1 / IV. 25 / VII. 45-47 / VIII. 5, 51-59 / IX. 63.
17. Θουκυδίδης.— Loeb. I. XIV, XCIII, XCVIII, CI / II. XIII, XIX, XXXVIII, XL, LV / III. I, XXVI / V. III, XXXII / VI. XXXII, LIV, XCI / VII. XIX, XXVII / VIII. IV.

18. Ἰερεμίας.— Παλαιὰ Διαθήκη. VI. 28, 29, 30.
19. Ἰσαῖος.— Περὶ τοῦ Ἁγνίου κλήρου: Trad. Roussel. Paris «Les Belles Lettres» 1929. XI 41.
20. Ἰσοκράτης.— Πανηγυρικός: Loeb. IV. 42. Περὶ Εἰρήνης: Loeb. VIII. 19, 20, 124.
21. I u s t i n u s.— Trigi Pompei, Historiarum Philippicarum: Lipsiae. XI. 14.
22. Κάτουλλος — Gai Valeri Catulli liber: Loeb. XXII. 9.
23. Κρατῖνος.— Poetarum Comicozum Graecom Fragmenta: Parisiis, Editio-ribus Firmin-Didot et Sociis. MDCCCXCIV. Frag. 180, 181.
24. Κορονήλιος Νέπωσ.— Themistocles: Loeb. II. 2. Cimon: Loeb. 1.
25. Κύριλλος Ἀλεξανδρείας.— Migne, Patrologia Graeca. Tom. LXXII. Σελ. 84. 698.
26. Λυσίας.— Ὑπὲρ τοῦ Ἐρατοσθένους φόνου ἀπολογία: Loeb. 6, 8, 19, 40. Ὑπὲρ τῶν Ἀριστοφάνους χρημάτων πρὸς τὸ Δημόσιον: Πάπυρος. 47. 48. Κατὰ Ἐρατοσθένους: Πάπυρος. 11. 48. Περὶ τῆς δημεύσεως τοῦ Νικίου Ἀδελφοῦ ἐπίλογος: Loeb. 4, 6, 7.
27. Μαρίνανδρος.— The Fragments of Attic Comedy: Leiden. E. J. Brill, 1959. Frag. 24, 141, 475.
28. Ενοφῶν.— Πόροι: Loeb. Ἀπομνημονεύματα: Loeb. II. V, 2, 3. Ἀνάβασις: Loeb. III. III, 17. Ἑλληνικά: Loeb. I. I, 2 / II. III, 2. Ἀθηναίων Πολιτεία: Πάπυρος. I. 10 / II. 11.
29. Ὀβίδιος.— Μεταμορφώσεις: Loeb. I. 89-150 / X. 220, 531.
30. Ὀμηρος.— Ἰλιάς: Loeb. II. 45, 857 / VI. 48, 58, 236 / VII. 180, 473 / X. 315, 379, 425 / XI. 20, 25, 31, 34, 133, 146, 237 / XIV. 405 / XVI. 135 / XVIII. 289, 372, 389, 468, 470, 474, 565, 574, 613 / XX. 268, 271 / XXI. 165, 592 / XXIII. 503, 549, 592, 826 / XXIV. 80. Ὀδύσσεια: Loeb. I. 185 / II. 338 / III. 304 / IX. 459 / X. 45 / XIII. 11.
31. Παυσανίας.— Ἑλλάδος Περιήγησις: Loeb. I. I / II. III, 3 / V. XXV / VIII. XIV, 7 / X. XI, 2, XVIIII, 6, XXVIII.
32. Πλίνιος.— Naturaly Historiae: Loeb. III. III, 24 / VI. IV, 14, XII, 30 / VII. XII, 56, 57 / XI. LII, 139 / XXXI. XXVIII, 49 / XXXIII. VII, 31, IX, 35, X, 37, XVII, 56, XXI, 68, 69, 70, 71, 77, XXX, 94, XXXI, 97, 98, XXXV, 106, 107, XXXVII, 113, XXXVIII, 115, LVI, 158 / XXXIV. VII, 13, X, 18, XI, 22, 24, XVIII, 47, XXII, 101, XXXIII, 128, XLI, 142, L, 167, LIII, 173 / XXXVI. XI, 58, XXV, 127, XXXVIII, 147, XLIII, 157, LI, LII, 173 / XXXVII. VI. 15, 17, 18, VII, 18, XII, 49.
33. Πλούταρχος.— Βίοι Παράλληλοι: Loeb Ἰησεύς XXV. Νικίας IV. Θεμιστοκλῆς IV. Περικλῆς XII. Ἀριστείδης XXV. Κίμων XIV. Σόλων XV, XXIII. Ἀλκιβιάδης IV, VIII.
34. Πολύβιος.— Ἱστορία: Loeb. IV. 38 / X. 28, 2 / XXI. 7, 32, 8 / XXXIV, Frag. 9.
35. Πολύβιος.— Στρατηγικά: Lipsiae, I. 30, 5, 6 / V. 45.



36. Σ κ ύ λ α ξ ὁ Κ α ρ υ α ν δ ε ύ ς — Περίπλους: Geographi Graeci minores. Parisiis, Editoribus Firmin-Didot et Sociis MDCCCLXXXII.
37. Σ ο φ ο κ λ ῆ ς.— Αἶας: Loeb. 651, 1220.
38. Σ τ ρ ά β ω ν.— Γεωγραφικά: Loeb. 3: 2. 3, 8, 9, 10 4. 15, 17 / 4: 1. 13 2. 1, 2 3. 3 (C. 193), 6, 7, 12 / 5: 1. 8 2. 6 / 6: 1. 5 / 7: 3. 9 (C. 303), 12 C 316, 326, 331, 33, 34 / 9: 1. 20, 22, 23 / 10: 1. 9 3. 22 5. 1, 7 / 11: 2. 19 8. 6 14. 9 / 12: 3. 19-22, 40 / 13: 1. 23, 51, 56, 67 (C. 615) 4. 5, 17 / 14: 2. 7 5. 28 6. 5 / 15: 1. 30, 34, 37, 44, 58, 69 2. 4, 10, 14 3. 9 / 16: 4. 18, 19, 22, 26 / 17: 2. 2 3. 11.
39. Τ ά κ ι τ ο ς.— Ab excessudin Augusti P. Cornelii Taciti: Loeb. VI, XIX. Historiarum: Loeb. II, LXXXII.
40. Ὑ π ε ρ ε ἰ δ ῆ ς.— Ὑπέρ Εὐξενίππου: Paris. Société d'Édition «Les Belles Lettres» 1946. Col. XLIII, XLIV, XLV.
42. Φ ἰ λ ἰ π π ἰ δ ῆ ς.— The Fragments of Attic Comedy: Leiden, E. J. Brill. 1959, Frag. 9, 27, 33.

## II. ΝΕΩΤΕΡΟΙ ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

### II. 1. Ξένοι Συγγραφείς

1. Georgius Agricola, De re metallica. Dover Publications, Inc. New York 1950.
2. Edouard Ardaillon, Les mines du Laurion dans l'antiquité. Paris Ancienne Librairie Thorin et fils A. Foutemoing, Éditeur 1897.
3. Blü m n e r, Technologie.
4. C. H. Corceix, Les mines du Laurium. Bulletin de l'École Française d'Athènes 1870.
5. Margaret Crosby, The leases of the Laurion mines. Hesperia Vol. XIX, 1950.
6. J. K. Cunningham, The silver of Laureion. Greek and Rome Vol. XIV, 1967.
7. Ernest Curtius, Histoire Grecque. Vol. I, 17 II, 261, 284 III, 353 V, 328. Paris Ernest Ledoux Éditeur 1883.
8. Oliver Davies, Roman mines in Europe, Oxford 1935.
9. R. J. Forbes, Studies in ancient Technology 1971. Leiden E. J. Brill 1971.
10. H. Hansen, De metallis atticis. Hamburgi MDCCCLXXXV.
11. R. Hopper, The Laurion mines: A reconsideration A.B.S.A. 1968.
12. Ch. Ledoux, Le Laurium et les mines d'argent en Grèce. Revue des Deux Mondes 1872.
13. Pauli Orosii, Historiarum 1882. Vol. 9. MDCCCXXXII.
14. M. Rangabé, Du Laurium. Paris Imprimerie Nationale 1872.

15. L a u f f e r S i e g f r i e d, Die Bergwerkss Klaven von Laureion 1955. Verlagden Akademie der Wissenschaften und der Literatur in Mainz. In Kommission bei franz steiner Verlag GMBH WIESBADEN.
16. S i n g e r - H o l m y a r d - H a l l, A history of Technology, Oxford I, II.
17. H. Y o u n g, The Salaminios at Porthmos: Hesperia Vol. X 1941 / Greek Roads in S. Attica: Antiquity Vol. XXX 1956 / Country Estates at Sou-nion: Hesperia Vol. XXI 1956.

## II. 2. "Ελληνες συγγραφείς

1. I. Δ ο α ν ί δ η ς, 'Αρχαία Μεταλλεία. Τὸ Λαύριον. 'Ημερολόγιον τῆς Μεγάλης 'Ελλάδος 1926.
2. Κ. Ζέγγελης, 'Επιστήμη τῆς φύσεως παρ' 'Ομήρω. 'Αθήναι 1891.
3. Κ. Κ ο ν ο φ ά γ ο ς, Μέθοδος τῶν ἀρχαίων 'Ελλήνων κυπελλώσεως τοῦ ἀργυρού-χου μολύβδου: «Πρακτικά τῆς 'Ακαδημίας 'Αθηνῶν» 1959 / 'Η μέθοδος τοῦ ἐμπλουτισμοῦ τῶν μεταλλευμάτων τῶν ἀρχαίων 'Ελλήνων εἰς τὰ ἐπίπεδα πλυν-τήρια τῆς Λαυρεωτικῆς. 'Ανακοίνωσις εἰς τὴν 'Ακαδημίαν 'Αθηνῶν. Πραγματεία 1970. / Διδακτορικὴ Διατριβὴ εἰς τὸ Ε. Μ. Πολυτεχνεῖον 1956. «Μελέτη τῶν πρακτικῶν σκαριῶν τήξεως μεταλλευμάτων μολύβδου».
4. Κ. Κ ο ν ο φ ά γ ο ς, & H e r m a m, M u s s c h e, Τὰ ἐλικοειδῆ πλυν-τήρια τῶν 'Αρχαίων εἰς τὸ Λαύριον. 'Ανακοίνωσις εἰς τὴν 'Ακαδημίαν 'Αθη-νῶν. Πραγματεία 1970.
5. Α. Κ ο ρ δ ε λ ᾶ ς, Βιομηχανία τῆς 'Εταιρείας τῶν μεταλλουργείων Λαυρίου κατὰ τὰ μεταλλευτικὰ καὶ μεταλλουργικὰ αὐτῆς προϊόντα. 'Αθήναι 1888. / 'Υπό-μνημα περὶ τῶν ὀρυκτῶν τοῦ ἀργύρου τῆς Μήλου καὶ τῆς ἐξαγωγῆς τοῦ ἀργύ-ρου. 'Αθήναι 1892 / Τὸ Λαύριον καὶ ὁ ἐλληνικὸς ἄργυρος. Διάλεξις εἰς «Παρ-νασσὸν» 1890 / Le Laurion 1869.
6. Α. Κ ώ ν σ τ α ς, Βιομηχανίαι καὶ τέχναι τῶν ἀρχαίων 'Ελλήνων. «Βιομηχανικὴ 'Επιθεώρησις» Αὔγ. 1968.
7. Σ. Μ α ρ κ ε ζ ί ν η ς, Τὸ Λαυρεωτικόν. Πολιτικὴ 'Ιστορία τῆς Νεωτέρας 'Ελλά-δος. Τόμος Β'. Πάπυρος.
8. Φ ω κ. Νέγρης, Laveries anciennes du Laurium. Paris Dunod, Éditeur 1881.
9. Α. 'Ο ρ λ ᾶ ν δ ο ς, Τὰ ὑλικά δομῆς τῶν ἀρχαίων 'Ελλήνων. 'Αθήναι 1959 - 1960.
10. Δ. Π α ν τ α ζ ῆ ς, Θεορικός. 'Εφημερὶς τῶν Φιλομαθῶν. 'Αρ. 569. Αὐγούστος 1865.
11. Π. Σ ε ρ β ί τ σ α ς, Πολιτεία τῶν 'Αθηνῶν. Θεμιστοκλῆς. Τὰ ἀρχαία μεταλλεία τοῦ Λαυρίου. «Βιομηχανικὴ 'Επιθεώρησις», Αὐγούστος 1966. 'Οκτώβριος 1966.
12. Μ ι χ α ῆ λ Κ. Σ τ ε φ α ν ί δ η ς, 'Ορυκτολογία τοῦ Θεοφράστου, ἤτοι αἱ ὀρυ-κτολογικαὶ τῶν ἀρχαίων γνώσεις, ἐν συγκρίσει πρὸς τὴν νεωτέραν ἐπιστήμην. 'Αθήναι 1896.
13. Μ. Φ α λ τ ᾶ ῖ τ ς, Τὰ ἐν Σκύρω ἀρχαία καμινευτήρια καὶ ἐργαστήρια σιδήρου. 'Αθήναι 1972.

Ὁ Ἀκαδημαϊκὸς κ. **Σπυρ. Μαρινᾶτος** παρουσιάζων τὰς δύο ἀνωτέρω ἐργασίας εἶπε τὰ ἑξῆς :

Κύριε Πρόεδρε,

Ἔχω τὴν τιμὴν νὰ παρουσιάσω δύο ἐργασίας τοῦ Πρυτάνεως τοῦ Ε. Μ. Πολυτεχνείου κ. Κωνσταντίνου Κονοφάγου, ἄμεσον σχέσιν ἔχούσας πρὸς τὴν Ἀρχαιολογίαν. Ἐνεκα τούτου παρέσχον πᾶσαν δυνατὴν διευκόλυνσιν ἀπὸ τῆς θέσεως τοῦ Γενικοῦ Ἐπιθεωρητοῦ Ἀρχαιοτήτων πρὸς διεξαγωγὴν τῶν ἀνωτέρω ἐργασιῶν. Τὸ ἀνασκαφικὸν ἔργον διεξήχθη ὑπὸ τὰς ὁδηγίας τοῦ ἐφόρου ἀρχαιοτήτων κ. Εὐθυμίου Μαστροκόστα καὶ τῆς ἐπιστημονικῆς βοηθοῦ Δ/δος Ὀλγας Ἀποστολοπούλου.

1) Ἡ πρώτη ἐργασία πραγματεύεται τὰς ὕδατοδεξαμενὰς τοῦ Λαυρίου καὶ τὸ ὑδραυλικὸν κονίαμα, δι' οὗ καθίσταντο στεγανά. Ἡ ἐργασία ἐγένετο ἀπὸ κοινοῦ μετὰ τῆς κ. Ἑλένης Μπαντέκα. Ὡς εἶναι γνωστόν, ἡ κατεργασία τῶν μεταλλευμάτων ἀπαιτεῖ ὕδωρ, ἡ δὲ Ἀττικὴ ἔχει πολὺ ὀλίγον ὕδωρ. Αἱ δεξαμεναὶ διὰ τοῦτο ἐν τῇ Λαυρεωτικῇ ἀριθμοῦνται κατὰ δεκάδας πρὸς συλλογὴν τῶν ὀμβρίων ὑδάτων. Χρησιμώτατον εἶναι διὰ τοῦτο τὸ τοπογραφικὸν παράρτημα τῆς Λαυρεωτικῆς, ἐνθα ἔχουν σημειωθῆ πάντα τὰ ἔργα μεταλλουργίας, ἥτοι δεξαμεναί, πλυντήρια καὶ κάμινοι, φρέατα καὶ ἐρείπια, τριβεῖα καὶ στοαί. Τὸ πολύτιμον τοῦτο παράρτημα, τῆς συνεργασίας πολλῶν συγγραφέων προῖόν, ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς χάρτου τῆς Λαυρεωτικῆς καὶ πέντε σχεδίων ὑπὸ μείζονα κλίμακα. Καλὸν θὰ ἦτο νὰ διορθωθῶσι τὰ ὑπομνήματα, διότι, ἐνῶ αἱ λοιπαὶ ὀνομασίαι εἶναι αἱ ἀρχαῖαι, χρησιμοποιεῖται ἡ λέξις φουῖνος ἀντὶ τοῦ ὀρθοῦ κάμινος καὶ γαλαρία ἀντὶ στοά.

Τὸ κύριον μέρος τῆς ἐργασίας εἶναι ὁ πειραματικὸς καθορισμὸς τῆς ὑδροπερατότητος εἰς τὰ ἐπιχώματα τῶν δεξαμενῶν. Οὗτος ἔχει τιμὴν μηδέν, ἡ δὲ συνοχή, ἡ ὁμοιομορφία καὶ ἡ προσαρμογὴ τοῦ κονιάματος εἰς τὰς παντοειδεῖς ἀνωμαλίας τοῦ ὑποστρώματος περιγράφεται ὡς καταπληκτικὴ. Παρουσιάζει μεγάλην ἱκανότητα καὶ ἐλαστικότητα κατὰ τῶν καιρικῶν μεταβολῶν καὶ οὐδὲν ῥῆγμα παρατηρεῖται μέχρι καὶ τῆς σήμερον. Τὰ γενόμενα πειράματα καὶ αἱ χημικαὶ ἀναλύσεις τῶν κονιαμάτων παρατίθενται ἐν λεπτομερείᾳ. Φαίνεται ὅτι ἡ παρουσία ὀξειδίων τοῦ μολύβδου ἐντὸς τῶν κονιαμάτων ὀφείλεται εἰς τὴν χρησιμοποίησιν λιθαργύρου.

Οἱ μνημονευθέντες χάρται τῆς Λαυρεωτικῆς, οἵτινες εἶναι μεγάλης χρησιμότητος καὶ εἰς τὴν Ἀρχαιολογίαν καὶ εἰς ἄλλους κλάδους τῆς ἐρεῦνης, ἐγένοντο, διότι οὔτε οἱ παλαιοὶ χάρται τῶν Kaupert - Curtius οὔτε οἱ μεταγενέστεροι ἦσαν ἱκανοποιητικοί. Διὰ τοῦτο ἀνελήφθη νέα ἀποτύπωσις, περατωθεῖσα τὸν Ὀκτώβριον τοῦ 1973, ὀφειλομένη εἰς τοπογράφους μηχανικοὺς (κ. Στόκος, δεσποινίδες Στεφανίδου καὶ Τσαγγάρη) ὑπὸ τὴν ἐπίβλεψιν τοῦ καθηγητοῦ τῆς Τοπογραφίας

κυρίου Ι. Μπαντέκα. Οἱ ἀρχαιολόγοι θὰ ἦσαν πολὺ εὐτυχεῖς, ἂν ἠδύναντο καὶ εἰς ἄλλας περιστάσεις νὰ ἔχουσι τόσον πεφροντισμένα τοπογραφικὰ σχεδιάσματα. Τὴν δαπάνην τῆς τοπογραφίσεως τῆς Λαυρεωτικῆς ἐν προκειμένῳ ἐκάλυψεν, ὡς γνωρίζω, ἐξ ἰδίων ὁ κ. Κονοφάγος ἢ δὲ Ἀρχαιολογικὴ Ὑπηρεσία θὰ πρέπει νὰ εἶναι ἰδιαιτέρως εὐγνώμων διὰ τὸ ἔργον τοῦτο.

2) Ἡ δευτέρα ἐργασία τοῦ κ. Κονοφάγου φέρει τὸν τίτλον «Κάμινοι τήξεως καὶ τεχνικὴ τῆς τήξεως τῶν ἀργυρούχων μεταλλευμάτων μολύβδου τῆς Λαυρεωτικῆς ὑπὸ τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων». Εἶναι μελέτη, ἣτις προάγει σημαντικῶς τὴν κατανόησιν τῆς ἀρχαίας μεταλλουργικῆς τέχνης, ἣν οὔτε οἱ ἀρχαῖοι συγγραφεῖς κατεῖχον, οὔτε καὶ οἱ νεώτεροι λόγιοι ἠδυνήθησαν διὰ τοῦτο νὰ δώσουν εἰς ἡμᾶς σαφῆ εἰκόνα. Τὸ συμπέρασμα τοῦ κ. Κονοφάγου εἶναι, δικαίως νομίζω, ὅτι «ἡ τεχνικὴ τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων εἰς τὸ Λαύριον... εἶναι ἀξιοθαύμαστος», δεδομένου ὅτι ἡ πυρομεταλλουργία τοῦ ἀργυρούχου μολύβδου ἦτο καὶ εἶναι δυσκολωτάτη.

Τὰς ἐρεῦνας τοῦ κ. Κονοφάγου διηκολύνει καὶ ἡ ταπεινότης μου διὰ παροχῆς ἀδείας ἀνασκαφῶν καὶ διαθέσεως τοῦ ἀναγκαίου προσωπικοῦ. Τὰς δαπάνας κατέβαλε τὸ Τεχνικὸν Ἐπιμελητήριον. Πρὸς πάντας ἐξ ἴσου ἡ Ἑλληνικὴ Ἐπιστήμη εἶναι εὐγνώμων.

Ὁ κ. Κονοφάγος διαπιστοῖ ὅτι ἐν Λαυρίῳ ἐφηρμόζετο ἡ λεγομένη ἀτελής ἐκλεκτικὴ ἀναγωγή, ἣτις μόλις πρὸ ὀλίγων δεκαετηρίδων ἤρχισε νὰ τίθεται ἐκ νέου εἰς χρῆσιν. Ἐγίνε δηλαδὴ ἀντιληπτὸν ἤδη εἰς τοὺς κλασσικοὺς Ἑλληνας ὅτι τὸ ἀνώτατον σημεῖον οικονομικῆς ἐκκαμινεύσεως ἦτο ἡ ἐλάττωσις τοῦ ὑλικοῦ καύσεως (τότε ξυλάνθρακες, νῦν ὀπτάνθρακες, ἦτοι κόκ), ἐπὶ ἀπωλείᾳ μικρᾶς ποσότητος μολύβδου, ὅστις ἀπέμενεν αἰχμάλωτος ἐντὸς τῶν σκωριῶν. Κατὰ τὴν κλασσικὴν ἐποχὴν, πράγματι, ὁ μολύβδος μικρὰν εἶχε σημασίαν, διότι ἡ χρῆσις του ἦτο περιορισμένη. Βραδύτερον, αἱ ἐφαρμογαὶ τοῦ μολύβδου εἰς τὴν ἀναπτυσσομένην τεχνικὴν ἐπέφερον ἔλλειψιν τοῦ μετάλλου. Τοῦτο δ' εἶναι ὁ λόγος, δι' ὃν καὶ οἱ Ἀρχαῖοι, ἐπὶ τῆς ἐποχῆς τοῦ Στράβωνος ἀνέτηκαν ἤδη τὰς παλαιὰς σκωρίας, καὶ οἱ νεώτεροι πράττουν τοῦτο μέχρι σήμερον εἰς τὸ Λαύριον.

Περιγράφων τὴν τῆξιν τῶν μεταλλευμάτων ὁ συγγραφεὺς, ἐν συναρτήσει πρὸς τὰς γενομένας ἀνασκαφάς, διαπιστοῖ ὅτι αἱ κάμινοι ἦσαν οὐχὶ χαμηλοῦ τύπου ἐστίαι, ἀλλὰ φρεατοειδῆ κατασκευάσματα διαμέτρου περὶ τὸ ἓν μέτρον καὶ ὕψος μέχρι τριῶν. Φῦσαι ἐτροφοδότην τὸ πῦρ. Ἐπομένως ἐπικυροῦται ἡ πιστότης τῶν ἀπεικονίσεων καμίνων ἐπὶ Κορινθιακῶν πινάκων τοῦ 6ου π.Χ. αἰῶνος καὶ ἄλλων ἔργων τέχνης.

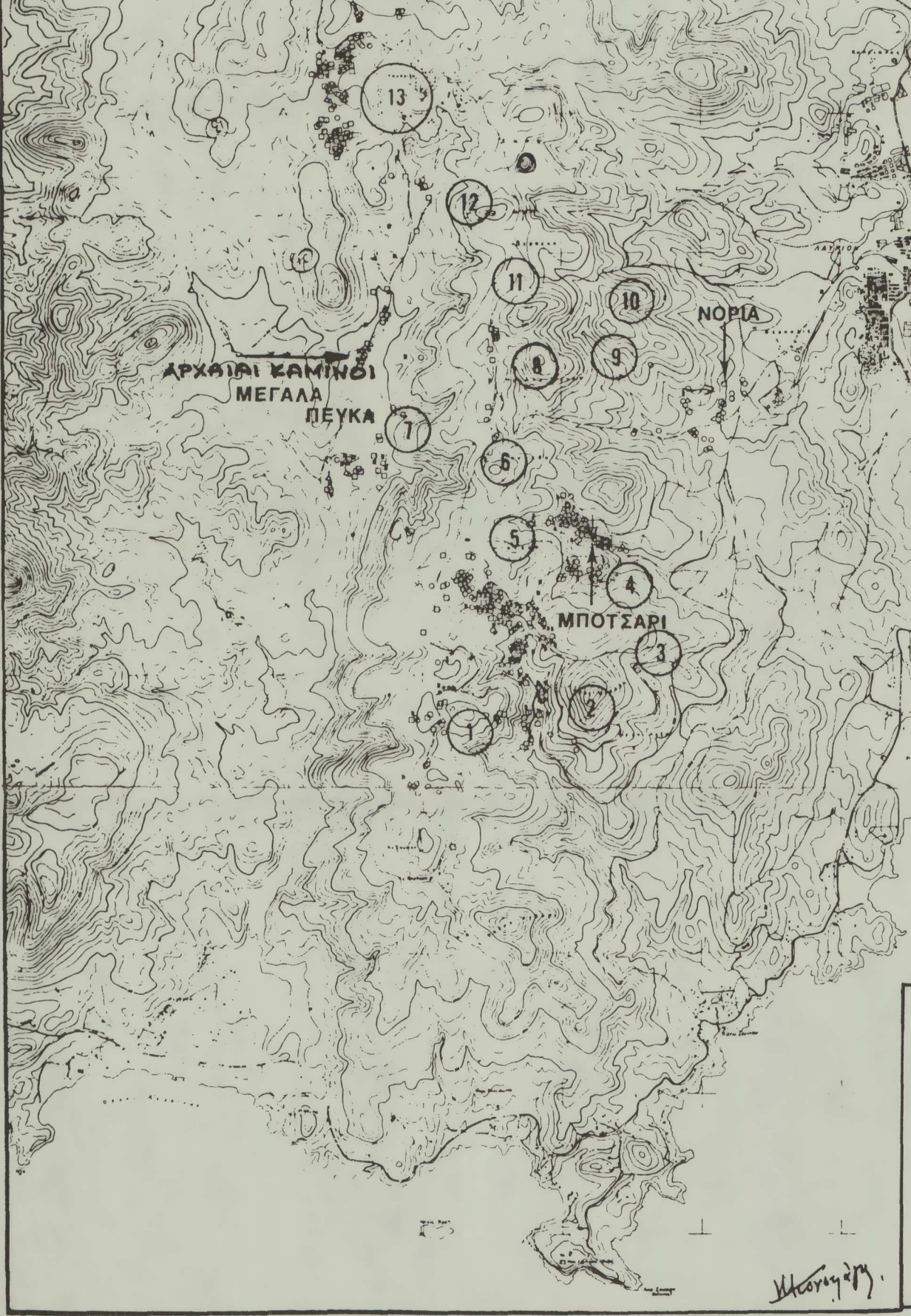
Αἱ κάμινοι ὑπάρχουν μὲν καὶ διεσπαρμέναι, ἀλλὰ κυρίως ἐκτίζοντο πολλαὶ ὁμοῦ ἐντὸς διαμερισμάτων, ἅτινα θὰ ἦσαν πρὸς ἐναποθήκευσιν τοῦ καυσίμου ὑλι-

κοῦ καὶ τῶν προϊόντων ἐκκαμινεύσεως. Πέντε ἕως δέκα κάμινοι ὁμοῦ ἀπετέλουν ἐν τοιοῦτον ἐργαστήριον. Ἐνδιαφέρουσα ἀπὸ ἀπόψεως βιομηχανικῆς διαρθρώσεως εἶναι ἡ παρατήρησις τοῦ συγγραφέως ὅτι αἱ κάμινοι ἐκάστου ἐργαστηρίου ἀνῆκον εἰς διάφορα ἄτομα.

Οἱ ἀρχαῖοι ἀφῆκαν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους ἐν Λαυρίῳ περὶ τὸ 1.500.000 τόννους σκωριῶν. Καθ' ὑπολογισμοὺς τοῦ συγγραφέως παρήχθησαν ἐπομένως 1.300.000 τόννοι μολύβδου καὶ 2.600.000 χιλιόγραμμα ἀργύρου, ἐκ τούτων δὲ τὸ ἡμισυ κατὰ τὸν 5ον καὶ 4ον αἰῶνα. Πιστεύομεν ὅμως ὅτι ἐπὶ τοῦ θέματος χρειάζεται εἰσέτι συστηματικὴ οἰκονομοτεχνικὴ ἔρευνα, ἥτις δὲν θὰ εἶναι ἀσήμαντος ὡς πρὸς τὴν ἀρχαιογνωσίαν. Τὰ ἀνασκαφέντα ἐργαστήρια τήξεως εἶναι τρία, εἰς Πάνορμον, Θορικὸν καὶ Μεγάλα Πεῦκα. Τὸ τελευταῖον τοῦτο, ἔνθα συνειργάσθη καὶ ὁ διευθυντὴς τῶν Βελγικῶν ἀνασκαφῶν Θορικοῦ κ. Mussche, ἐδημοσιεύθη ἤδη εἰς τὸ τεῦχος *Thorikos VI*, 1969.

Ἡ κλεψύδρα δὲν ἐπιτρέπει νὰ ἀναφέρωμεν λεπτομερέστερον περὶ τῶν μεταλλευμάτων, τῶν ἐκτεταμένων ἀναλύσεων καὶ ἄλλων ἐρευνῶν, περὶ ἀνατήξεως τῶν σκωριῶν καὶ ἄλλων συμπερασμάτων τοῦ συγγραφέως. Τονίζω ὅμως τὸ ἐνδιαφέρον τῆς ἐργασίας καὶ ἐκφράζω τὴν εὐχὴν, ὅπως ἀνάλογοι ἔρευναι συνεχισθῶσι. Προσδοκῶ τὴν περαιτέρω ὁμοίαν ἔρευναν εἰς τὸ μικρὸν ἐργαστήριον οἰκιακῆς μεταλλουργίας, τὸ ὁποῖον εὐρέθη εἰς τὰ ὑπόγεια τῆς ἤδη περιφύμου διὰ τὰς τοιχογραφίας τῆς «Δυτικῆς Οἰκίας» τῆς Θήρας. Εἰς τὸ κατὰ τὰς ἡμέρας ταύτας κυκλοφορηθησόμενον *Thera VI* δίδω τὴν ἐρμηνείαν, ὅτι πρόκειται περὶ κυπελλώσεως πρὸς ἐξαγωγήν ἀργύρου ἐκ κερουσίτου. Ἄλλ' οἱ εἰδικοί ἴσως θὰ συμπεράνουν περισσότερα καὶ ὀρθότερα. Ἐν τέλει ἐπιθυμῶ νὰ ἀναφέρω ὅτι εἶμαι εὐτυχῆς, διότι ἠδυνήθην νὰ ἀνεγείρω ἀκριβῶς εἰς τὸ Λαύριον τὸ πρῶτον μουσεῖον ἀρχαίας τεχνικῆς. Ὅντως, τὰ «μέταλλα» τοῦ Λαυρίου ἀπετέλεσαν καὶ κορύφωμα τῆς ἀρχαίας μεταλλουργίας. Ἐλπίζω ὅτι οἱ διάδοχοί μου θὰ ἐπιτύχουν τὴν ὀργάνωσιν τοῦ μουσείου τούτου.

Ὁ κ. Κονοφάγος παραθέτει καὶ πλήρη βιβλιογραφίαν ἐν τέλει τῆς μελέτης του. Θὰ ἠδύνατο ἴσως νὰ προστεθῆ εἰς τὴν νεωτέραν ἔρευναν τοῦ R. J. Forbes, ἣν γνωρίζει ὁ κ. Κονοφάγος, καὶ ἡ κατὰ τι παλαιότερα *Bergbau . . . und Hüttenwesen*, διότι ἀναφέρει, λεπτομερέστερα πράγματα περὶ τῆς Ὀμηρικῆς καὶ μεθωμηρικῆς μεταλλουργίας (1967, *Archaeologia Homerica* Bd. II). Ἰδιαίτερος ἐνδιαφέρουσαι ὅμως εἶναι δύο μελέται τοῦ καθηγητοῦ Hans - Günter Buchholz πρὸ ὀλίγου μόλις ἰδοῦσαι τὸ φῶς καὶ οὔσαι ταυτῶσμοι κατὰ τὸ θέμα. Ἡ μία ἐδημοσιεύθη εἰς τὰ Πρακτικὰ τοῦ διεθνοῦς ἀρχαιολογικοῦ συμποσίου τῆς Λευκωσίας (*Acts of the Intern. Archaeol. Symposium «The Mycenaean in the Eastern Mediterranean»*, Nicosia, 1973, σ. 278 κέ.). Φέρει τὸν τίτλον :

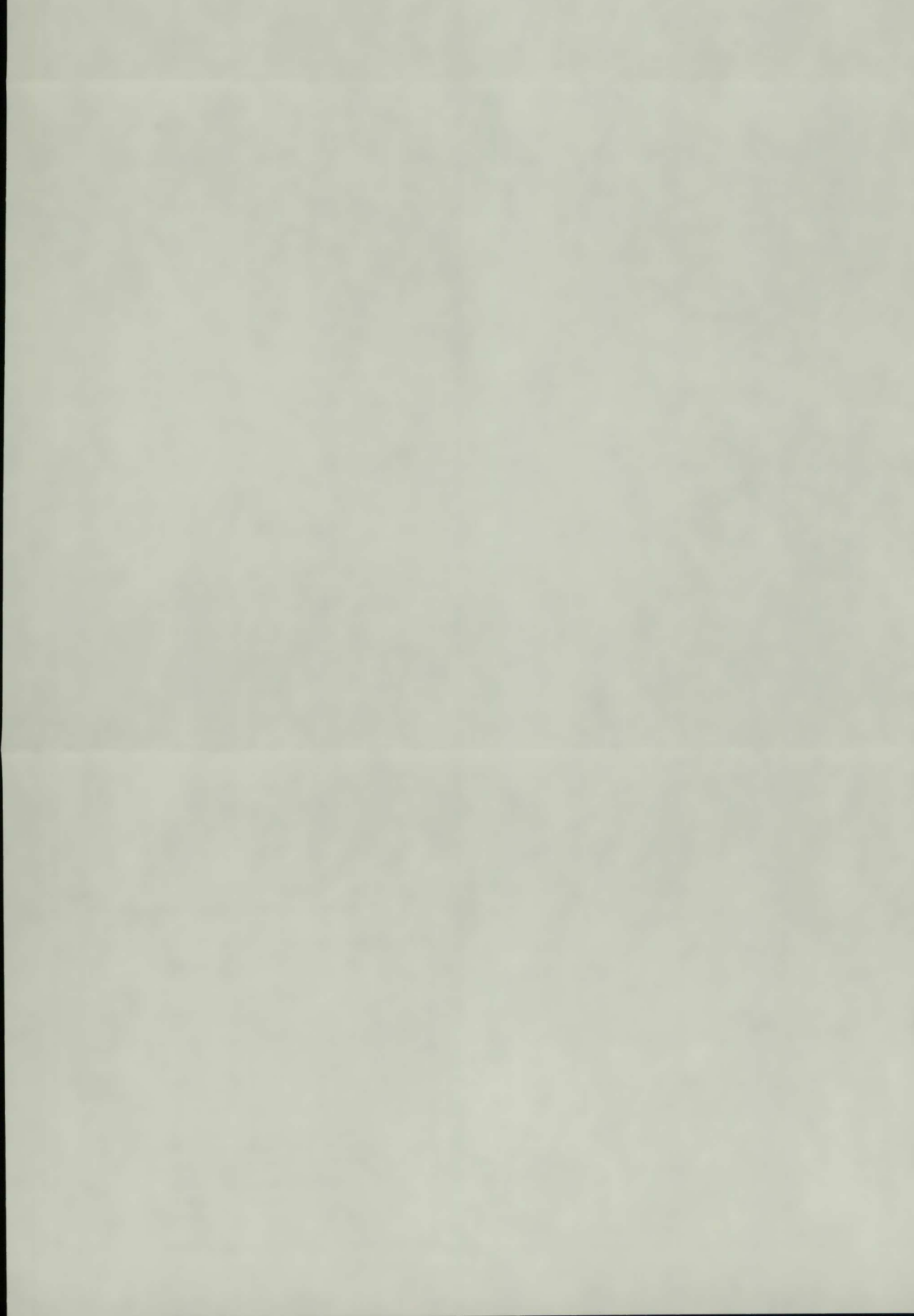


ΑΡΧΑΙΑΙ ΚΑΜΙΝΟΙ  
ΜΕΓΑΛΑ  
ΠΕΥΚΑ

ΝΟΡΙΑ

ΜΠΟΤΣΑΡΙ

*Handwritten signature*



Das Metall Blei in der Ägäischen . . . Bronzezeit και περιέχει πολλές μεταλλουργικάς και άλλας λεπτομερείας.

Ἡ ἑτέρα και ὀγκωδεστέρα μελέτη τοῦ αὐτοῦ συγγραφέως φέρει τὸν τίτλον Das Blei in der mykenischen Kultur und in der bronzezeitlichen Metallurgie Zyperus, ἀλλ' εἶναι πολὺ εὐρύτερου περιεχομένου. Ἀποτελεῖται ἐκ 59 σελίδων και ἐδημοσιεύθη ἐν Jahrbuch des Institutes τόμ. 87 (1972), ἐκκυκλοφορήθη μόλις πρὸ ἑνὸς ἢ δύο μηνῶν.

Τὸ ἐνδιαφέρον τῆς ἐργασίας ταύτης πρὸς τοῖς ἄλλοις εἶναι ὅτι ἀποπειρᾶται ἱστορικὴν ἀνασκόπησην τῆς ἐξαπλώσεως τῆς χρήσεως τοῦ μολύβδου, ὅστις ἐν ἀρχῇ ἀπαντᾷ εἰς ἄκρως περιορισμένην χρῆσιν, ἀκόμη και εἰς τὴν κλασσικὴν ἀρχιτεκτονικὴν. Βραδύτερον ὅμως, εἰς τὴν Ἑλληνιστικὴν και τὴν Ρωμαϊκὴν ἐποχὴν, ἡ χρησιμοποίησις τοῦ μολύβδου γίνεται ὑπέρογκος. Φαίνεται ὅτι ὑπῆρχαν και στέγαι ἐκ μολύβδου, (ναὸς ἐν Castra Caecilia τῆς Ἰσπανίας). Ἐπίσης γνωρίζομεν σήμερον ὅτι οἱ σολῆνες Ἑλληνιστικῶν ὑδραγωγείων κατεσκευάζοντο ἐκ μολύβδου, τοῦτο δὲ βλέπομεν ἤδη εἰς τὴν Ἑλληνιστικὴν Δῆλον, ὃ δὲ μολύβδος οὗτος οὐδαμῶθεν ἀλλαχόθεν ἠδύνατο νὰ προέρχεται, ἀλλ' ἐκ Λαυρίου. Δύναμαι νὰ προσθέσω και ἐν πλοῖον ἐσχάτως ἀνακαλυφθὲν και ἀνασκαπτόμενον εἰσέτι εἰς τὰ ἀβαθῆ τῆς Δυτικῆς Σικελίας, διότι ἐπιβεβαιῶ τὴν ὑπόθεσιν, ὅτι και μερικὰ πλοῖα ἔφεραν ἐξωτερικὴν ἐπένδυσιν ἐκ φύλλων μολύβδου. Ταῦτα πάντα, συνδυαζόμενα πρὸς τὰς παρατηρήσεις τοῦ Κορδέλλα ὅτι ὑπάρχουν κάμιννοι ἐντὸς τῶν ἀρχαίων σκωριῶν και ἄλλαι ἔχουν κτισθῆ ἐπὶ τῶν σωρῶν τῶν σκωριῶν, ἐπιβεβαιοῦν πλήρως τὴν μαρτυρίαν τοῦ Στράβωνος ὅτι ἐπὶ τῶν ἡμερῶν του ἀπεκόμιζον ἔτι «ἀργύριον», τὴν παλαιὰν ἐκβολάδα και σκωρίαν ἀναχωνεύοντες. Πρέπει ὅμως νὰ θεωρηθῆ ἀναμφίβολον ὅτι ἀπεκόμιζον και τὸν μολύβδον, διότι τότε εἶχεν ἀξίαν. Μία ἐργασία, ἣτις δύναται ἴσως νὰ γίνῃ ὑπὸ τοῦ κ. Κονοφάγου, ἀλλὰ και ὑπὸ ἀρχαιολόγου ὡσαύτως, θὰ ἀπεδείκνυν ἴσως ὅτι: Τὰ δύο ἐκ τῶν τριῶν ἐνταῦθα περιγραφόμενων ἐργαστηρίων, ἀλλὰ και ἄλλαι μεμονωμένα κάμιννοι, ἀντιστοιχοῦσιν ἢ πρὸς γενίκευσιν τῆς χρήσεως τοῦ μολύβδου ἢ και πρὸς εἰδικὴν ἱστορικὴν στιγμήν, ἔνθα παρουσιάσθη ἀνάγκη ἐπέιγουσα χρησιμοποίησεως μολύβδου.

★

Ἐπίσης ὁ Ἀκαδημαϊκὸς κ. **Ἰωάν. Τρικκαλινὸς** λαβὼν τὸν λόγον εἶπε: Κύριε Πρόεδρε,

Ἐπιφυλάσσομαι, ὡς Γεωλόγος και Μηχανικὸς Μεταλλεῖων, ἐν καιρῷ και ἀπὸ τοῦ ἰδίου Βήματος τῆς Ἀκαδημίας νὰ ἐξετάσω τὰς τελευταίας ἐνταῦθα ἀνακοινωθείσας μελέτας ἐπὶ τῆς μεταλλείας τῶν Ἀρχαίων Ἑλλήνων. Περαιτέρω παρακαλῶ ὅπως τὰ ἀνωτέρω, κατὰ τὴν ἐκτύπωσιν, συνοδεύσουν τὰς σημερινὰς δύο ἀνακοινώσεις.