

## ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ ΜΗ ΜΕΛΩΝ

**ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ.— Μέθοδος τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων κυπελλώσεως τοῦ Ἀργυροῦχου μολύβδου\*, ὑπὸ Κωνστ. Κονοφάγου.** Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ κ. Ἰωάνν. Τρικκαλινοῦ.

Οἱ ἀρχαῖοι Ἕλληνες ἐχρησιμοποίησαν εἰς Λαύριον διὰ τὴν κυπέλλωσιν τοῦ ἀργυροῦχου μολύβδου καὶ τὴν παραγωγὴν ἀργύρου, πλὴν τῆς γνωστῆς μεθόδου δι' ὑπερχειλίσεως τοῦ λιθαργύρου, ἰδιαιτέραν μέθοδον ἐξαιρετικῆς τεχνικῆς ἀξίας.

Ἡ μέθοδος αὕτη ἐλησμονήθη διὰ τοῦ χρόνου, μετὰ τὴν διακοπὴν τῶν ἐργασιῶν τῶν ἀρχαίων εἰς Λαύριον. Οὕτω δὲ ὁ τρόπος οὗτος τῆς κυπελλώσεως δὲν ἔφθασε μέχρις ἡμῶν διὰ τῆς μεταλλουργικῆς παραδόσεως.

Ὁ γράφων εἶχε τὴν εὐκαιρίαν νὰ προσδιορίσῃ ἀκριβῶς τὴν ἐν λόγῳ μέθοδον τῶν ἀρχαίων. Ἀφ' ἑτέρου δ' ἐρευνῶν ἐπὶ τοῦ θέματος τούτου ἀνεῦρε κατὰ τὰς ἀρχὰς τοῦ 1959 τὰ εῖρηπια ἀρχαίας μεταλλουργικῆς ἐγκαταστάσεως παρὰ τὸν ὄρμον Πάνορμος εἰς Λαύριον, διὰ πρῶτην φορὰν ἐν Ἑλλάδι.

Τὰ εὐρήματα ταῦτα ἐπιτρέπουν, νομίζω, νὰ ἐξετασθῇ πλέον ὑπὸ τὸ νέον τοῦτο φῶς τὸ θέμα τῆς μεταλλουργικῆς τέχνης τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων καὶ νὰ δειχθῇ πόσον οἱ πρόγονοι ἡμῶν διέπρεψαν καὶ εἰς τὴν τεχνικὴν ταύτην.

Κατ' ἀρχὰς ἀρχαῖον τεμάχιον λιθαργύρου, διάτρυτον καὶ κωνικῆς μορφῆς, εὐρεθὲν τὸ 1955 μεταξὺ τῶν παλαιῶν σκωριῶν εἰς Λαύριον, ὠδήγησεν ἡμᾶς εἰς τὸ νὰ σχηματίσωμεν τὴν γνώμην, ὅτι τοῦτο προήρχετο ἀπὸ ἄγνωστον σήμερον μέθοδον κυπελλώσεως. Εἰς τὸ σχέδιον ὑπ' ἀρ. 1 καὶ τὴν φωτογραφίαν ὑπ' ἀρ. 2 παρουσιάζομεν τὴν εἰκόνα καὶ τὰς διαστάσεις τοῦ τεμαχίου τούτου.

Μετὰ μελέτην τοῦ εὐρήματος τούτου κατελήξαμεν εἰς τὸ ὅτι ἡ ἀκολουθηθεῖσα μέθοδος κυπελλώσεως ὑπῆρξεν ἡ περιγραφομένη κατωτέρω.

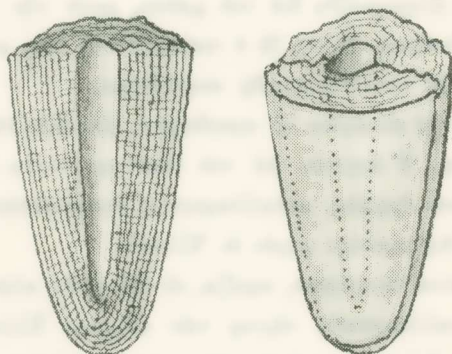
Εἰς κάμινον φέρουσαν πυρίμαχον κύπελλον βιομηχανικῶν διαστάσεων ἐτροφοδοτεῖτο ὁ ἀργυροῦχος μολύβδος. Οὗτος παρήγετο ἐκ τήξεως τῶν ἐξορυχθέντων καὶ ἐμπλουτισθέντων μεταλλευμάτων τῆς Λαυρειωτικῆς. Ἡ περιεκτικότης του εἰς ἄργυρον ἐκυμαίνετο περίπου μεταξὺ 1 καὶ 6 Kgs κατὰ τόννον.

Ὁ ἀργυροῦχος μολύβδος διετηρεῖτο εἰς θερμοκρασίαν 900° - 1000° διὰ θερμάνσεως ἐκ καύσεως ξυλανθράκων, τοποθετουμένων παρὰ τὸ πλαίσιον τοῦ κυπέλλου. Εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ μεταλλικοῦ λουτροῦ ἐφυσᾶτο ἀήρ διὰ χειροκινήτων φουσερῶν. Λόγῳ τῆς ὀξειδώσεως τοῦ μολύβδου σχηματίζεται, ὡς γνωστόν, ὀξείδιον τοῦ μολύβδου, τὸ ὀνομασθὲν λιθάργυρος ὑπὸ τῶν ἀρχαίων, τὸ ὁποῖον ἐπιπλέει ἐπὶ τοῦ λου-

\* Ἡ παροῦσα μελέτη ἐν ἐκτάσει θὰ δημοσιευθῇ γαλλιστὶ εἰς τὸ περιοδ. «Γεωλογικὰ Χρονικά τῶν Ἑλληνικῶν Χωρῶν».

τροῦ εἰς τετηκυῖαν κατάστασιν (σημεῖον τήξεως  $880^{\circ}$ ). Ἵνα συνεχίζεται ἡ ὀξειδωσις τοῦ μολύβδου τοῦ λουτροῦ, μέχρις ἐμφάνισεως τοῦ ἀργύρου, δεόν νὰ ἀπομακρύνεται συνεχῶς τὸ σχηματιζόμενον λεπτὸν στρώμα τοῦ λιθαργύρου, πάχους ὀλίγων χιλιοστῶν.

Πρὸς τοῦτο, εἰς τὴν γνωστὴν ἀρχαίαν καὶ σύγχρονον μέθοδον βιομηχανικῆς κυπέλλωσεως δι' ὑπερχειλίσσεως τοῦ λιθαργύρου, ὁ λιθάργυρος ρέει ἐξ ἐγκοπῆς τοῦ κυπέλλου, ἥτις προβλέπεται εἰς τὸ ὕψος ἀκριβῶς τοῦ ἐπιπέδου τοῦ ὑγροῦ στρώματος



Σχεδ. 1.  
Κλίμαξ  $\frac{1}{2}$



Εἰκ. 2.

τοῦ ὀξειδίου. Οἱ ἀρχαῖοι ἐχρησιμοποίησαν κυρίως τὴν μέθοδον ταύτην, εἰς τὴν ὁποίαν ὀφείλονται οἱ εὐρεθέντες ἀρκετοὶ ἀρχαῖοι λιθάργυροι ὑπὸ μορφὴν πλακῶν.

Εἰς τὴν περιγραφομένην μέθοδον ἡ ἀπομάκρυνσις τοῦ λιθαργύρου ἐπραγματοποιεῖτο διὰ ἐπανειλημμένων ἐντὸς τοῦ λουτροῦ ἐμβαπτίσεων τῶν ἄκρων σιδηρῶν στρογγυλῶν ράβδων διαμέτρου 8 - 20 mm. Τοιαύτη ράβδος, ὅταν ἐμβαπτίζεται ἐντὸς τοῦ λουτροῦ τοῦ ἀργυρούχου μολύβδου ὑπὸ κυπέλλωσιν, καλύπτεται ἀμέσως ὑπὸ στιβάδος στερεοῦ λιθαργύρου, λόγῳ πήξεως τούτου ἐπὶ τῆς ψυχρᾶς ἐπιφανείας τοῦ σιδήρου, καὶ κατόπιν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν προηγουμένων στρωμάτων. Δι' ἐπανειλημμένων ἐμβαπτίσεων σχηματίζεται κατ' ἀρχὰς εἰς τὸ ἄκρον τῆς σιδηρᾶς ράβδου σωληνωτὴ μᾶζα λιθαργύρου, ἐὰν δὲ συνεχισθοῦν αἱ ἐμβαπτίσεις σχηματίζεται μᾶζα

κωνικῆς μορφῆς. Τὸ τεμάχιον τοῦτο τοῦ λιθαργύρου εἶναι ἀπηλλαγμένον μετάλλου τοῦ λουτροῦ. Πράγματι, ὁ λιθαργυρος ἔχει σημεῖον τήξεως  $880^{\circ}$ , ἐνῷ ὁ ἀργυροῦχος μόλυβδος πολὺ χαμηλότερον, ἀναλόγως τῆς περιεκτικότητος τούτου εἰς ἄργυρον, παρουσιάζουσι δὲ διαφορὰν θερμοαγωγιμότητος καὶ ἐπιφανειακῶν τάσεων. Οὕτω τὸ μέταλλον οὔτε πῆγνυται οὔτε παρασύρεται ἐντὸς τοῦ τεμαχίου τοῦ λιθαργύρου.

Ὅταν ὁ ὄγκος τοῦ σχηματιζομένου λιθαργύρου ἐθεωρεῖτο ἀρκετός, ὁ ἐργαζόμενος ἔθραυε τὸν ὄγκον τοῦτον καὶ ἐχρησιμοποιοῖ ἐκ νέου τὴν σιδηρᾶν ράβδον. Τὰ παραγόμενα οὕτω τεμάχια τοῦ λιθαργύρου ἦσαν κατ' ἀρχὴν τεθραυσμένα, σωληνωτῆς ἢ κωνικῆς μορφῆς. Ἀπετελοῦντο ἀπὸ διαδοχικὰς στιβάδας λιθαργύρου, κρυσταλλώσεως καθέτου πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀξονικοῦ κενοῦ τοῦ ἀποτυπώματος τοῦ ἄκρου τῆς σιδηρᾶς ράβδου.

Ἡ μέθοδος αὕτη δι' ἐμβαπτίσεων σιδηρῶν ράβδων παρεῖχε θαυμασίαν ἀπόδοσιν εἰς ἄργυρον, διότι, ὡς ἐλέχθη, ὁ παραγόμενος λιθαργυρος ἦτο τελείως ἀπηλλαγμένος μετάλλου ἐκ τοῦ λουτροῦ, τὸ ὅποῖον, ὡς γνωστόν, εἶναι πάντοτε πλούσιον εἰς ἄργυρον. Τοῦτο δὲν δύναται νὰ λεχθῇ διὰ τὴν μέθοδον δι' ὑπερχειλίσεως τοῦ λιθαργύρου, ἀκόμη καὶ σήμερον, διότι κατ' αὐτὴν παρασύρεται εὐκόλως πλούσιος ἀργυροῦχος μόλυβδος ἐντὸς τοῦ λιθαργύρου.

Κατὰ τὴν μέθοδον ταύτην χρειάζεται νὰ ρυθμίζεται τὸ ἐπίπεδον τῆς ἐπιφανείας τοῦ λουτροῦ, πρᾶγμα ἀδιάφορον διὰ τὴν μέθοδον δι' ἐμβαπτίσεως σιδηρῶν ράβδων. Ἡ ἐν λόγῳ μέθοδος εἶναι ἀρκεύοντως ταχεῖα, εἶναι δὲ δικαιολογημένον νὰ φαντασθῶμεν ὅτι ἕκαστος δοῦλος, ἐργαζόμενος, ἔφερε ράβδον μὲ πολλὰ ἄκρα. Πιθανῶς ἐχρησιμοποιοεῖτο καὶ ἀπόψυξις τῆς ράβδου διὰ τῆς ἐμβαπτίσεως αὐτῆς εἰς ὕδωρ.

Πρὸς ἀπόδειξιν τῆς ἀκριβείας τῆς δοθείσης ἐξηγήσεως ἐφηρμόσαμεν ἐν τῇ πράξει εἰς σύγχρονον κυπέλλῳσιν τὴν μέθοδον, λαβόντες ἀκριβῶς τὸ αὐτὸ κωνικὸν τεμάχιον λιθαργύρου (φωτογρ ὑπ' ἀρ. 3). Ἐπιστοποιήσαμεν δ' ἐξ ἄλλου ὅλα τὰ ἀναφερθέντα προηγουμένως πλεονεκτήματα.

Ἡ μέθοδος αὕτη τῆς κυπελλώσεως δύναται εὐκόλως νὰ τελειοποιηθῇ διὰ τῶν συγχρόνων μηχανικῶν μέσων καὶ νὰ ἐφαρμοσθῇ σήμερον μὲ ἄριστα ἀποτελέσματα, ἀντικαθιστῶσα τὴν κλασσικὴν μέθοδον δι' ὑπερχειλίσεως.

Ἀκολουθῶς ἐπετύχομεν ἐπὶ τῇ βᾶσει τῶν ἐπομένων στοιχείων, περὶ τῶν ὁποίων ὁ λόγος ἐν συντομίᾳ, νὰ πιστοποιήσωμεν ὅτι ἡ μέθοδος αὕτη ἐφηρμόσθη ὑπὸ τῶν ἀρχαίων εἰς εὐρεῖαν κλίμακα.

α) Εἰς τὸ Μουσεῖον Λαυρίου ὑπάρχουν δύο τεμάχια κωνικῶν λιθαργύρων καὶ ἐν τεμάχιον σωληνωτοῦ λιθαργύρου. Τῶν τεμαχίων τούτων ὡς καὶ τοῦ περιγραφέντος ἀρχικοῦ τεμαχίου ἐγένετο πλήρης φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις ἀποδεικνύουσα ἐκτὸς ἄλλων χαμηλὴν περιεκτικότητα εἰς ἄργυρον ( $20 \cdot 50$  γραμμ. κατὰ τόννον).



β) Ὁ ἀείμνηστος Α. Κορδέλλας (1871) ἀναφέρει ὅτι μεταξὺ λιθαργύρων εἰς πλάκας εὐρέθησαν καὶ τεμάχια σωληνωτῶν λιθαργύρων.

γ) Ἦρουνθήσαμεν ἐπὶ τῇ βάσει πληροφοριῶν παλαιοῦ συλλέκτου παρὰ τὴν θέσιν Πουνταζέζα (ἀρχαῖος ὄρμος Πάνορμος) διὰ τὴν συλλογὴν λιθαργύρων.

Εἰς τὴν θέσιν ταύτην εἶχομεν τὴν τύχην νὰ εὕρωμεν διὰ πρώτην φορὰν ἐν Ἑλλάδι τὰ ἐρείπια ὀλοκλήρου ἐγκαταστάσεως ἀρχαίας μεταλλουργίας. Πλησίον τῶν ἀρχαίων τούτων ἐργαστηρίων τήξεως καὶ κυπελλώσεως εὕρομεν λιθαργύρους οἵτινες εἶναι ὅλοι σωληνωτῆς μορφῆς (φωτογρ. ὑπ' ἀρ. 4).

δ) Ἡ ἀποκαλυφθεῖσα μέθοδος ἔρριπτε πλέον πλήρες φῶς εἰς γνωστὸν καίμενον τοῦ Πλινίου τοῦ Πρεσβυτέρου ἐκ τῶν «Φυσικῶν» του (Περὶ μετάλλων, XXXIII, 6, 107) ὅπου ἀναφέρεται, ὅτι οἱ λιθαργυροὶ ἐξήγοντο ἐκ τοῦ σχετικοῦ χωνευτηρίου διὰ «σιδηρῶν ὀβελῶν» (veruculis ferreis).



Εἰκ. 3.



Εἰκ. 4.

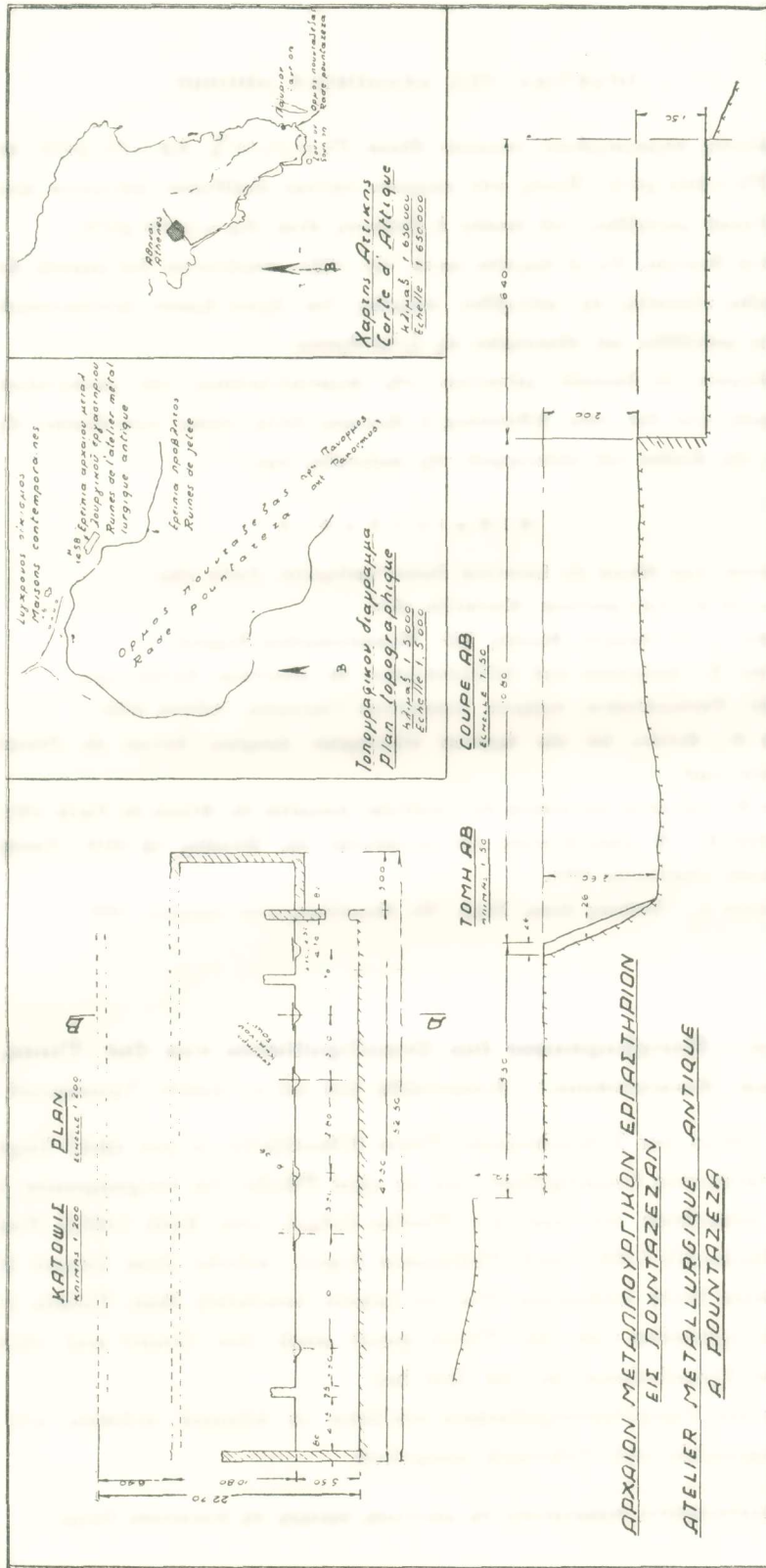
Ἡ ἀνακάλυψις παρὰ τὸν ὄρμον Πάνορμος τῶν ἐρειπίων τῶν ἀρχαίων μεταλλουργικῶν ἐργαστηρίων ἐπιτρέπει διὰ πρώτην φορὰν ἐν συνδυασμῷ καὶ μὲ τὰ ἤδη λεχθέντα περὶ κυπελλώσεως νὰ δοθῇ πλήρης εἰκὼν τῆς ἀρχαίας Πυρομεταλλουργίας. (Τοπογραφικὸν σχέδ. ὑπ' ἀρ. 5).

Πρόκειται περὶ σειρᾶς φρεατοειδῶν καμίνων τήξεως, 80 cm. περίπου διαμέτρου, τῶν ὁποίων σῶζονται ὠρισμένοι βάσεις καὶ οἱ γύρω χῶροι.

Διακρίνονται εἰς τὴν κλιτὺν τοῦ λόφου τὰ διαδοχικὰ ἐπίπεδα ἀποθηκεύσεως τῶν πρώτων ὑλῶν, τροφοδοσίας τούτων, ἐργασίας περὶ τὴν κάμινον καὶ τὸ τελευταῖον ἐπίπεδον πιθανῶς τῆς καμίνου κυπελλώσεως.

Ἡ μελέτη τῶν ἐρειπίων τούτων ἐπιτρέπει ἤδη τὸν σχηματισμὸν σαφοῦς γνώσεως τῶν διαδοχικῶν μεταλλουργικῶν ἐπεξεργασιῶν τήξεως καὶ κυπελλώσεως. Ἡ τελευταία ἐγένετο εἰς κάμινον, ἥτις ἐδέχετο τὸν ἀργυροῦχον μόλυβδον τὸν παραγόμενον εἰς τὴν κάμινον τήξεως, εἰς τετηκυῖαν κατὰστασιν καὶ ὁ τρόπος κυπελλώσεως ἦτο ὁ ἤδη ἀναφερθεῖς.

Αἱ μελλοντικαὶ ἀνασκαφαὶ αἵτινες δέον νὰ γίνουν ὑπὸ τῆς Ἀρχαιολογικῆς ὑπηρεσίας θὰ ἐπιτρέψουν πλήρη διευκρίνησιν τῶν λεπτομερειῶν τῆς μεταλλουργικῆς ἐπεξεργασίας καὶ τῆς ἀκριβοῦς θέσεως τῆς καμίνου κυπελλώσεως.



Ἀνάλυσις παραμειμένων σκωριῶν ἔδωκε  $Pb=10,10\%$   $Ag=35$  gr/T καὶ λόγον  $Ag:Pb=345$  gr/T. Ἐντὸς τῶν σκωριῶν τούτων εὐρέθησαν ψήγματα ἀργυρούχου μεταλλικοῦ μολύβδου, τοῦ ὁποῦ ἡ ἀνάλυσις εἶναι  $Ag=1080$  gr/T.

Τοῦτο δεικνύει, ὅτι οἱ ἀρχαῖοι κατὰ τὴν τῆξιν, παρήγαγον διὰ μερικῆς ἀναγωγῆς, ἐπίτηδες πλουσίας εἰς μολύβδον σκωρίας, ἵνα ἔχουν ἔμεσον ἐμπλουτισμὸν τοῦ ἀργυρούχου μολύβδου καὶ οἰκονομίαν εἰς ξυλάνθρακα.

Πράγματι τὸ βασικὸν μέταλλον τῆς ἐκμεταλλεύσεως τῶν μεταλλείων τῆς Λαυρειωτικῆς ἦτο διὰ τοὺς Ἀθηναίους ὁ ἀργυρος, ὅστις τόσον συνετέλεσεν εἰς τὴν δόξαν καὶ τὴν ἄνοδον τοῦ πολιτισμοῦ τῆς πολιτείας των.

#### BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ARDAILLON, Les Mines du Laurium dans l'antiquité. Paris 1897.
2. ΚΟΡΔΕΛΛΑΣ Α., Le Laurinm. Marseille 1871.
3. ΔΟΑΝΙΔΗΣ Ι., Τὸ Λαύριον. Μεγάλη Ἑλλ. Ἐγκυκλοπαιδεία Πυρσοῦ.
4. WILSDORF H., Bergeleute und Hüttenmänner im Altertum. Berlin 1952.
5. ΜΑΡΙΝΟΣ - ΡΕΤΡΑΣΧΕΚ, Λαύριον. Ἰνστιτοῦτον Γεωλογίας. Ἀθῆναι 1956.
6. BREMER M., Μελέτη ἐπὶ τῶν ἀρχαίων πλυντηρίων Λαυρίου. Revue de Penarroya. Paris 1948
7. ΝΕΓΡΗΣ Φ., Laveries anciennes du Laurium. Annales de Mines de Paris 1881.
8. ΓΟΥΝΑΡΗΣ Η., Ἡ ἐκμετάλλευσις τῶν μεταλλείων τῆς Ἑλλάδος τῷ 1910. Ὑπουργεῖον Ἐθνικῆς Οἰκονομίας 1911.
9. ΚΟΡΔΕΛΛΑΣ Α., Ἐκθεσις Διοικ. Συμβ. Ἐτ. Μεταλλουργείων Λαυρίου, 1899.

#### ΓΕΩΛΟΓΙΑ. — Morphogenese des Granitgebietes von Ost-Tinos, von Diom. Haralambous\*. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ κ. Ἰωάνν. Τρικκαλινοῦ.

Im Osten der Zykladeninsel Tinos (Oberfläche ca 200 qkm) liegt ein stark verwittertes Granitgebiet von 22 qkm Fläche. Im vergangenen Jahrhundert besuchten die Insel u.a. Fiedler (1841), vom Rath (1882), Foullon und Goldschmidt (1887) und Philippson (1901), welche dem Granit höchstens je eine Seite widmeten. Vor 10 Jahren beschrieb Herr Vidalis (1949) die Eruptivgesteine von Ost-Tinos, somit auch den Granit und steuerte sogar eine Pauschalanalyse von ihm bei.

Um die Verwitterungsformen erklären zu können, müssen wir von der Petrographie und Tektonik ausgehen.

\* Δ. ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ, Μορφογένεσις τῆς γρανιτικῆς περιοχῆς τῆς ἀνατολικῆς Τήνου.