

## Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΟΡΘΟΓΩΝΙΟΥ ΠΛΥΝΤΗΡΙΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ ΤΥΠΟΥ Ι ΤΗΣ ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ Χ. ΚΑΚΑΒΟΓΙΑΝΝΗΣ

ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΟΣ

Το πλυντήριο των μεταλλευμάτων της Λαυρεωτικής<sup>1</sup> αποτελεί αναμφισβήτητα το κύριο μέσο, με το οποίο επιτεύχθηκε η θαυμαστή παραγωγή αργύρου και μολύβδου στα αττικά αργυρεία κατά τους κλασικούς χρόνους. Η συμβολή, ως γνωστόν, αυτού του αργύρου στον Χρυσόν Αιώνα του Ελληνικού Πολιτισμού και γενικά στην ακμή του κράτους των Αθηνών ήταν τεράστια<sup>2</sup>, επειδή όμως η παραγωγή του πολυτίμου μετάλλου, χωρίς την χρήση του πλυντηρίου, θα ήταν ασφαλώς πολύ μικρότερη, εξυπακούεται ότι μέγα μέρος αυτής της συμβολής ανήκει στο πλυντήριο.

Τα κοιτάσματα της Λαυρεωτικής αποτελούνται από ποικίλα μεταλλεύματα<sup>3</sup>, που είναι ανάμικτα μεταξύ τους, οι μεταλλευτές της όμως αναζητούσαν κυρίως, όσα περιείχαν αργυρούχο μόλυβδο, δηλ. τον γαληνίτη (PbS) και τον κερουσίτη (PbCO<sub>3</sub>). Από αυτή την άποψη είναι ευνόητο ότι, ως προς τον άργυρο, το κάθε κοιτάσμα θεωρείτο αξιόλογο ή μη, ανάλογα με το ποσοστό του γαληνίτη ή του κερουσίτη που περιείχε και με την δυνατότητα της τεχνολογίας των εκάστοτε μεταλλευτών να αξιοποιεί αυτό το ποσοστό. Όταν το κοιτάσμα ήταν πλούσιο σε γαληνίτη ή κερουσίτη, τότε η καλή τήξη του για την παραγωγή αργύρου ήταν δυνατή, όταν όμως ήταν φτωχό, η τήξη δεν ήταν εύκολη και δεν συνέφερε, επειδή και' αυτήν συνέβαιναν απώλειες πολυτίμου μετάλλου και εδαπανάτο πολλή καύσιμη ύλη. Στην Λαυρεωτική τα πλούσια σε γαληνίτη ή κερουσίτη κοιτάσματα είναι λίγα και μικρά, ενώ τα πολλά και τα μεγάλα είναι τα φτωχά. Η εκμετάλλευση της περιοχής άρχισε γύρω στο 3.000 π.Χ<sup>4</sup>, ως τις αρχές όμως των κλασικών χρόνων οι μεταλλευτές εξόρυσσαν μόνο, όσα κοιτάσματα ήταν πλούσια, επειδή, με την τεχνολογία που διέθεταν, μόνο αυτά μπορούσαν να αξιοποιηθούν. Όσα ήταν φτωχά, δεν τα άγγιζαν, λόγω του ότι δεν ήταν εκμεταλλεύσιμα, επειδή λοιπόν τα πλούσια κοιτάσματα ήταν σπάνια και μικρά, η παραγωγή του αργύρου κατά τους προκλασικούς χρόνους δεν έφθανε γενικά σε μεγάλα ύψη.

Κατά τα τέλη του ΣΤ<sup>ου</sup> αι. π. Χ. οι μεταλλευτές απέκτησαν την δυνατότητα να εκμεταλλεύονται και τα φτωχά κοιτάσματα, επειδή, μετά από σχετική επεξεργασία του εξορυσσομένου υλικού<sup>5</sup>, μπορούσαν πλέον να αφαιρούν όλα τα συστατικά του, που δεν ήταν αργυρούχα, και να κρατούν μόνο τον γαληνίτη ή τον κερουσίτη, που περιείχε. Για αυτόν τον καθαρισμό χρειαζότο πολύ νερό, η Λαυρεωτική όμως ήταν σχεδόν άνυδρη. Για να υπερνικήσουν την λειψυδρία, οι μεταλλευτές εχρησιμοποίησαν το νερό των βροχών, που το συνέλεξαν σε δεξαμενές<sup>6</sup> και επινόησαν μια θαυμαστή για την απλότητά της κατασκευή, δηλ. το πλυντήριο του μεταλλεύματος. Με αυτό μπορούσαν να καθαρίζουν πλήρως το εξορυσσομένο υλικό από τα μη χρήσιμα συστατικά του και συνάμα να περιορίζουν στο ελάχιστο την δαπάνη του νερού, που ήταν απαραίτητο για αυτόν τον καθαρισμό.

Το κλασικό πλυντήριο<sup>7</sup>, ήτοι το Ορθογώνιο πλυντήριο Τύπου Ι (εικ. 1), είναι μία κτιστή κατασκευή 12 X 10 μ., κατά μέσον όρο, που το δάπεδό της εξέχει από το έδαφος 0,30 μ. περίπου. Στην μία πλευρά του υπάρχει πάντα μία υπέργεια επιμήκης δεξαμενή (Δ), πλάτους 1 μ. και ύψους 0,90, που κατά την προς το εσωτερικό του πλυντηρίου πλευρά της κλείεται από ένα λεπτό θωράκιο πάχους 0,12 μ. περίπου. Αυτό, στο μέσο του ύψους του, φέρει συνήθως 4 οπές εκροής, διαμέτρου 0,02 μ., που απέχουν γύρω στο 1,20 μ. η μία από την άλλη. Αμέσως μετά την δεξαμενή (Δ) υπάρχει ένα επικλινές δάπεδο (Ε) και μετά απ' αυτό μία σειρά από 4 συνεχόμενα αυλάκια κατά μήκος των πλευρών του πλυντηρίου (Α1, Α2, Α3 και Α4), που διακόπονται από 3 φρεάτια, βάθους 2 μ. περίπου (Φ1, Φ2 και Φ3), ανοιγμένα στις τρεις γωνίες του πλυντηρίου. Μετά το Φ3 υπάρχει μία



υπερυψωμένη επιφάνεια, που την ονομάζουμε Χώρο Μετάγγισης του νερού (Μ). Έχει διαστάσεις 1 X 1 μ. περίπου, είναι δε ελαφρά κοίλη και επικλινής προς την δεξαμενή (Δ). Ο χώρος που ορίζεται από τα Αυλάκια, είναι ο Χώρος Στεγνώματος του μεταλλεύματος (Σ). Όλες οι επιφάνειες του πλυντηρίου φέρουν επένδυση από υδραυλικό κονίαμα, που εξασφαλίζει την πλήρη στεγανότητά του.

Ο καθαρισμός του μεταλλεύματος εβασίζετο στο ότι ο αργυρούχος μόλυβδος είχε το μεγαλύτερο ειδικό βάρος από όλα τα λοιπά συστατικά του, επραγματοποιείτο δε ως εξής: στην αρχή οι μεταλλουργοί άλεθαν το μετάλλευμα, μέχρις ότου οι κόκκοι του αποκτίσουν διάμετρο 0,001 μ. ή και μικρότερη, και το έπλεναν μέσα σε πηλινες λεκάνες<sup>ο</sup> (εικ. 2), όπου το νερό παρέσυρε όλους τους κόκκους των άλλων συστατικών και άφηγε μόνο εκείνους του γαληνίτη ή του κερουσίτη, που ήταν οι βαρύτεροι. Αυτούς τους άπλωναν στον χώρο Σ, για να στεγνώσουν. Το νερό των λεκανών με τους αιωρούμενους κόκκους των άλλων συστατικών το άδειαζαν στην δεξαμενή (Δ), όταν δε αυτή εγέμιζε, άνοιγαν τις οπές της και τότε το θολωμένο νερό έφευγε, κυλούσε πάνω στο Επικλινές Δάπεδο (Ε) και έπεφτε μέσα στο Πρώτο Αυλάκι (Α1). Από αυτό συνέχιζε την πορεία του μέσα στο Δεύτερο Αυλάκι (Α2) και έπεφτε μέσα στο Πρώτο Φρεάτιο (Φ1), όπου και εσιτάθμενε. Όταν το Φρεάτιο εγέμιζε πλήρως, τότε το νερό, λόγω της υπερεκχειλίσισης, διοχετεύετο μόνο του στο Τρίτο Αυλάκι (Α3) και έπεφτε εν συνεχεία μέσα στο Δεύτερο Φρεάτιο (Φ2), όπου επίσης εσιτάθμενε. Όταν εγέμιζε πλήρως και αυτό, το νερό διοχετεύετο στο Τέταρτο Αυλάκι (Α4) και κατέληγε στο Τρίτο Φρεάτιο (Φ3). Από εκεί ένας εργαζόμενος το αντλούσε με ένα κάδο και το έχυνε στον Χώρο της Μετάγγισης (Μ), από όπου, λόγω της κατωφερικής κλίσης του, κυλούσε και έπεφτε ήρεμα μέσα στην Δεξαμενή (Δ). Όταν αυτή εγέμιζε και πάλι με καθαρό νερό, η εργασία συνεχίζετο με τον ίδιο τρόπο.

Όπως φαίνεται από τις θέσεις των μελών του πλυντηρίου, το θολό νερό έφευγε από την Δεξαμενή και ακολουθούσε μιά πορεία σχηματικώς κυκλική, που είχε μήκος μεγαλύτερο από 20 μ., και επέστρεφε εν τέλει στην αφετηρία του. Κατά την πορεία του όλοι οι κόκκοι των ακρήστων υλών, που είχε παρασύρει, κατακάθιζαν στους πυθμένες των Αυλακιών και ιδίως των Φρεατίων, με αποτέλεσμα το νερό να επιστρέφει στην Δεξαμενή καθαρό και κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί εκ νέου για τον ίδιο σκοπό. Το πλυντήριο, με δύο λόγια, ήταν η απάντηση των μεταλλευτών στην λειψυδρία της Λαυρεωτικής, επειδή παρείχε την δυνατότητα να χρησιμοποιείται για το πλύσιμο του μεταλλεύματος η ίδια ποσότητα νερού πολλές φορές, με τις ευνόητες βέβαια μικρές απώλειες.

Όπως δείχνουν η αρμονία της μορφής και η αποτελεσματικότητά του, το Ορθογώνιο πλυντήριο Τύπου Ι είναι το τελευταίο στάδιο της εξέλιξης, που είχε αυτή η κατασκευή, από τότε που επινοήθηκε ως την πλήρη ανάπτυξή της. Περαιτέρω εξέλιξη αυτού του τύπου, σύμφωνα με τα σωζόμενα μνημεία, δεν υπήρξε, κι αυτό δείχνει, νομίζω, ότι εξυπηρετούσε πλέον πλήρως τον προορισμό του. Το εν λόγω πλυντήριο είναι ασφαλώς ένα τεχνολογικό επίτευγμα υψηλού επιπέδου, επειδή λοιπόν και όλη σχεδόν η μεταλλευτική και η μεταλλουργική τεχνολογία της Λαυρεωτικής των κλασικών χρόνων είναι επίσης υψηλού επιπέδου, τίθεται το ερώτημα, από πού άραγε προέρχεται. Με δύο λόγια: η τεχνολογία των κλασικών Αθηναίων στην Λαυρεωτική ήταν "αντιγραφή", εν όλω ή εν μέρει, από τα μεταλλεία άλλων χωρών, ξένων ή ελληνικών, ή ήταν απλώς το αποτέλεσμα μακρόχρονης πείρας και πειραματισμού, δηλαδή η φυσική εξέλιξη της τεχνολογίας, που είχαν κατά τους προκλασικούς χρόνους;

Εδώ ας σημειωθούν τα εξής: α) Οι κλασικοί Αθηναίοι είχαν πολλές επαφές με άλλα μεταλλεία κυρίως μέσω των ξένων ειδικευμένων δούλων<sup>ο</sup>, μεταλλευτών και μεταλλουργών, που αγόραζαν για να τους χρησιμοποιήσουν στην Λαυρεωτική, και β) Οι ίδιοι, όπως μαρτυρούν τα σχετικά μνημεία, εβελτίωναν συνεχώς την τεχνολογία τους. Έπειτα από αυτές τις διαπιστώσεις είναι, νομίζω, βέβαιο, ότι η μεταλλευτική και η μεταλλουργική τεχνολογία των Αθηναίων εδέχετο μεν πολλές επιδράσεις από άλλους λαούς, συνάμα όμως ότι ήταν μονίμως αντικείμενο μελέτης για την μεγαλύτερη απόδοση της εκμετάλλευσής. Λόγω αυτής της μελέτης αλλά και των τοπικών συνθηκών, η Λαυρεωτική τεχνολογία ακολούθησε μιά δική της εξέλιξη κατά την οποία εσημειώθηκαν



σημαντικά επιτεύγματα και τεχνολογικές επινοήσεις. Αυτή ακριβώς η εξέλιξη εικάζεται μεν βασίμως για όλα γενικά τα στάδια της πρακτικής διαδικασίας της παραγωγής του αργύρου, για εκείνο όμως του καθαρισμού του μεταλλεύματος τεκμηριώνεται πλέον και από σπουδαία μνημεία, που έφερε στο φως προσφάτως η αρχαιολογική έρευνα.

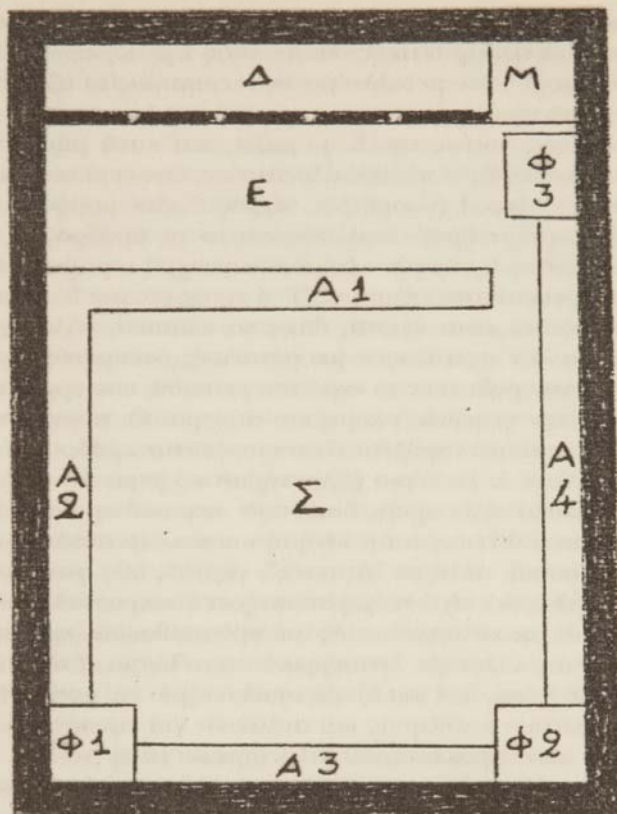
Στην κεντρική Λαυρεωτική, αμέσως νοτίως της Καμάριζας, και κατά μήκος των οχθών της κοιλάδας Μπερτσέκο ανακαλύφθηκε πλήθος πλυντηρίων, που ευρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο και εκτείνονται σε μήκος 1 χιλιομέτρου περίπου<sup>10</sup>. Από μορφολογική και λειτουργική άποψη τα εν λόγω πλυντήρια είναι σαφέστατα οι πρόδρομοι των κλασικών Ορθογωνίων πλυντηρίων Τύπου Ι, σύμφωνα δε με την πενιχρή κεραμεική που ευρέθηκε κατά την έρευνα, χρονολογούνται στα τέλη του ΣΤ΄ ή τις αρχές του Ε΄ αι. π.Χ.

Όλα τα πλυντήρια της κοιλάδας δεν είναι κτιστά, όπως τα κλασικά, αλλά έχουν λαξευθεί στον βράχο της όχθης και δεν σχετίζονται με γειτονικές δεξαμενές νερού, επειδή εχρησιμοποιούσαν για την λειτουργία τους το νερό του ρυακιού, που έρρεε τότε στην κοιλάδα και ρέει ενίοτε, κατά τον χειμώνα, ακόμη και σήμερα. Οι μορφές τους είναι διάφορες, όλα όμως τα ως τώρα αποκαλυφθέντα είναι σαφέστατα πρόδρομοι του κλασικού Ορθογωνίου πλυντηρίου Τύπου Ι. Το κύριο χαρακτηριστικό μερικών απ' αυτά είναι το ότι, συγκριτικά με τα κλασικά πλυντήρια, διαθέτουν περισσότερα φρεάτια καθίζησης του νερού και περισσότερα αυλάκια για την κίνησή του και όλα αυτά όχι στις κανονικές θέσεις, που έχουν στα κλασικά, αλλά σε "άτακτες", γεγονός που φανερώνει, χωρίς αμφιβολία, ότι το πλυντήριο, τότε, δεν είχε ακόμη αποκτήσει αποκρυσταλλωμένη, καθαρή, μορφή, και ότι, ως εκ τούτου, οι κατασκευαστές του προσπαθούσαν ακόμη να εύρουν την καλύτερη, για να έχουν το καλύτερο λειτουργικό αποτέλεσμα. Ενδεικτικά παραδείγματα το πλυντήριο υπ' αριθ. 7 (εικ. 3, 4 και 5) και το πλυντήριο υπ' αριθ. 9 (εικ. 6, 7 και 8), που έχουν "πλήθος" φρεατίων καθίζησης και αυλακιών για την κίνηση του νερού. Ένα άλλο χαρακτηριστικό των προκλασικών πλυντηρίων είναι το ότι δεν καλύπτονται από στεγανοποιητικό κονίαμα, όπως τα κλασικά, πολλά όμως έχουν στους πυθμένες των δεξαμενών και των φρεατίων τους επίστρωση από σχιστολιθικό χρώμα, που κλείνει τις τυχόν ρωγμές και εμποδίζει την διαρροή του νερού.

Σύμφωνα με τα ως άνω ευρήματα, κατά τα τέλη του ΣΤ΄ αι. π.Χ. και τις αρχές του Ε΄ αι. πλυντήρια: α) κατασκευάζοντο μόνο στις όχθες ποταμίσκων και ρυακιών, β) ήταν όλα λαξευμένα στον βράχο των οχθών τους, γ) είχαν, συγκριτικά με τα κλασικά, περισσότερα αυλάκια και φρεάτια και σε "άτακτες θέσεις", και δ) δεν έφεραν επένδυση υδραυλικού κονιάματος.

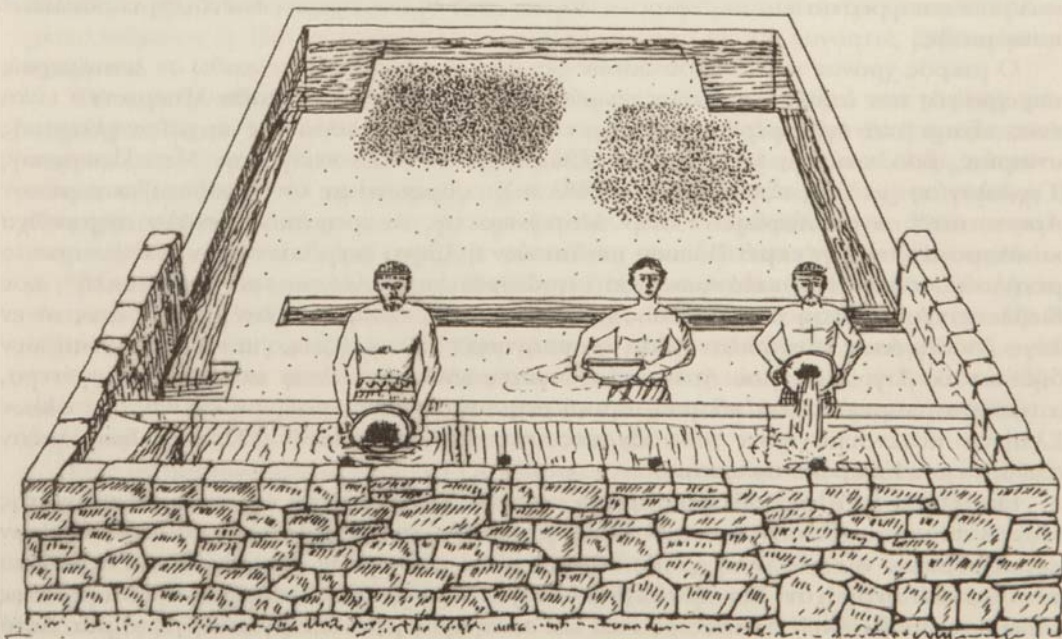
Ο μικρός χρόνος των ανακοινώσεων δεν μου επιτρέπει να επεκταθώ σε λεπτομερείς περιγραφές των αποκαλυφθέντων, χωρίς υπερβολή όμως η Κοιλάδα Μπερτσέκο είναι ένας εξαιρετικά ενδιαφέρων χώρος για τους ερευνητές τόσο της αρχαίας ελληνικής ιστορίας, όσο και της ιστορίας της Ελληνικής Μεταλλευτικής και Μεταλλουργικής Τεχνολογίας για τους εξής λόγους: το 483 π.Χ., σύμφωνα με τον Ηρόδοτο<sup>11</sup> και με τον Αριστοτέλη<sup>12</sup>, ανακαλύφθηκαν στην Μαρώνεια της Λαυρεωτικής μεγάλα αργυρούχα κοιτάσματα, από την εκμετάλλευση των οποίων η Αθήνα εκέρδισε σε μικρό διάστημα το μεγάλο ποσό των 100 ταλάντων. Μετά από πρόταση-τέχνασμα του Θεμιστοκλή<sup>13</sup>, που διέβλεπε νέα επίθεση των Περσών, οι Αθηναίοι δεν μοιράσθηκαν μεταξύ τους τα εν λόγω έσοδα, όπως εσυνήθιζαν, αλλά εναυπήγησαν 200 τριήρεις, για να αντιμετωπίσουν δήθεν τους Αιγινήτες, που ήταν ανταγωνιστές τους. Τα πλοία αυτά, λίγο αργότερα, απέκτησαν κυριολεκτικά κοσμοϊστορική σημασία, επειδή μαζί με εκείνα των άλλων Ελλήνων κατεναυμάχησαν τους Πέρσες στην Σαλαμίνα (480 π.Χ.) και διεφύλαξαν αλώβητο τον Ελληνικό πολιτισμό.

Εκτός από τα πλοία, κοσμοϊστορική σημασία φυσικά είχαν και τα κοιτάσματα της Μαρώνειας, που έδωσαν τα οικονομικά μέσα της ναυπήγησής τους, αυτά όμως ήταν μεταλλεύματα, ύλες δηλαδή χωρίς καμιά αξία, εάν κανείς δεν έβγαζε απ' αυτές τά μέταλλα που περιείχαν. Για να εξαχθεί ο άργυρός τους, τα κοιτάσματα της Μαρώνειας έπρεπε να υποβληθούν σε επεξεργασία και σε τήξη σε μεταλλουργικά εργαστήρια. Αυτά λοιπόν τα Εργαστήρια, απ' τα οποία "εβγήκε" όντως ο άργυρος, που κατέστησε δυνατή την νίκη της Σαλαμίνας, είναι κατά πάσα πιθανότητα εκείνα που σώζονται στην Κοιλάδα Μπερτσέκο, και σ' αυτό ακριβώς έγκειται η μεγάλη, κατά την γνώμη μου, ιστορική αξία



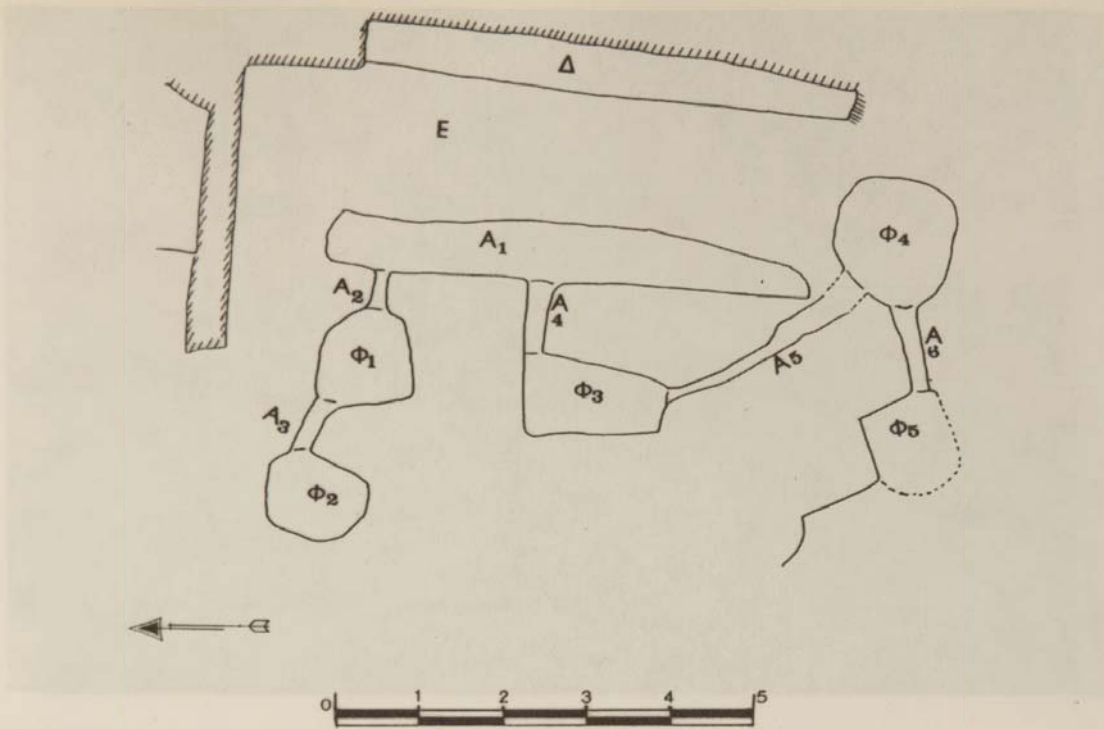
ΕΙΚ. 1 Τυπική κάτοψη ορθογωνίου  
πλυντηρίου μεταλλεύματος  
Τύπου  
Typical plan of the  
Rectangular Washery Type I.

5 μ.



ΕΙΚ. 2 Αναπαράσταση του καθαρισμού του μεταλλεύματος στο πλυντήριο  
Representation of the cleaning of the ore in the Washery

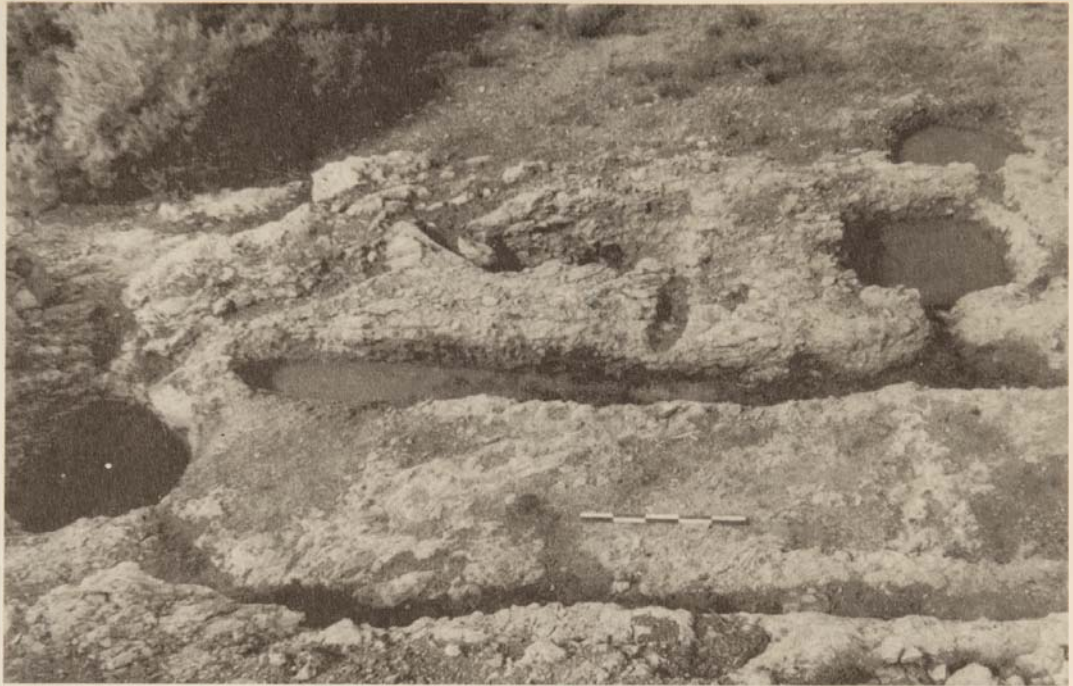




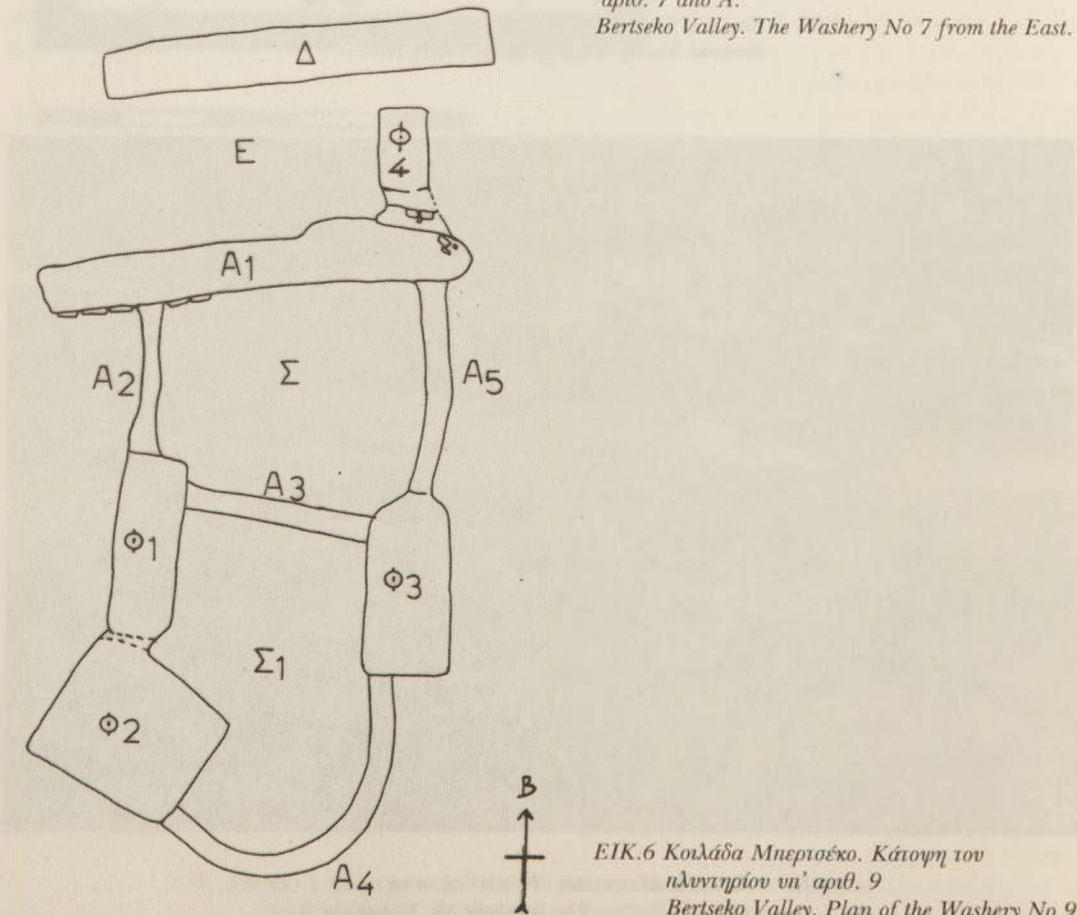
ΕΙΚ. 3 Κοιλάδα Μπερτσέκο. Κάτοψη του πλυντηρίου νη' αριθ. 7 από Δ.  
Bertseko Valley. Plan of the Washery No 7.



ΕΙΚ. 4 Κοιλάδα Μπερτσέκο. Το πλυντήριο νη' αριθ. 7 από Δ.  
Bertseko Valley. The Washery No 7 from the West.



ΕΙΚ.5 Κοιλάδα Μπερτσέκο. Το πλυντήριο νη' αριθ. 7 από Α.  
Bertseko Valley. The Washery No 7 from the East.



ΕΙΚ.6 Κοιλάδα Μπερτσέκο. Κάτοψη του πλυντηρίου νη' αριθ. 9  
Bertseko Valley. Plan of the Washery No 9.





*ΕΙΚ. 7 Κοιλάδα Μπερτσέκο. Το πλυντήριο υπ' αριθ. 9 από Β.  
Bertseko Valley. The Washery No 9 from the North.*



*ΕΙΚ. 8 Κοιλάδα Μπερτσέκο. Το πλυντήριο υπ' αριθ. 9 από Ν.  
Bertseko Valley. The Washery No 9 from the South.*

τους. Η ευρύτερη περιοχή της Καμάριζας, ως γνωστόν, έχει ταυτισθεί σύμφωνα με αρχαιολογικές ενδείξεις, με την Μαρώνεια<sup>14</sup>. Παρεμπιπτόντως υπενθυμίζω, ότι η ονομασία της περιοχής εδόθηκε από μεταλλωρύχους της Θρακικής Μαρώνειας, που έφερε στην Λαυρεωτική ο Πεισίστρατος, για να εργασθούν στα μεταλλεία του<sup>15</sup>.

Τα αποκαλυφθέντα μνημεία της Μαρώνειας φανερώνουν, νομίζω, ότι το πλυντήριο του μεταλλεύματος - και δεν εννοώ βέβαια την μεταλλουργική πράξη του καθαρισμού ("εμπλουτισμού") του μεταλλεύματος με την χρήση του νερού - επινοήθηκε στην Λαυρεωτική με σκοπό τον δραστικό περιορισμό της δαπάνης αυτού του φυσικού αγαθού κατά τον καθαρισμό, με δυό λόγια δηλαδή την αντιμετώπιση της λειψυδρίας του τόπου. Ενδεικτικό ως προς αυτό είναι το ότι, όσο γνωρίζω, δεν έχουν ευρεθεί σε άλλα αρχαία αργυρεία πλυντήρια παρόμοια και παλαιότερα από εκείνα της Λαυρεωτικής. Το πλυντήριο ήταν μία επαναστατική επινοήση, επειδή επολλαπλασίασε το μέγεθος του εκμεταλλεύσιμου ορυκτού πλούτου της περιοχής με τεράστιες ευεργετικές συνέπειες για την οικονομία των Αθηναίων.

Το πλυντήριο, καθώς φαίνεται, επέρασε από διάφορα εξελικτικά στάδια μέχρι την ολοκλήρωση της μορφής του κατά τους κλασικούς χρόνους, ελπίζεται λοιπόν, ότι τα στάδια αυτά θα μελετηθούν κατά την συνέχιση της έρευνας στην Κοιλιάδα της Μαρώνειας (Μπερτσέκο). Η Κοιλιάδα σώζει ένα εντυπωσιακό σε μέγεθος μεταλλουργικό εργοτάξιο των Αθηναίων, που αποτελείται όχι μόνο από πλυντήρια για τον καθαρισμό του μεταλλεύματος, αλλά και από καμίνους για την τήξη του (στο νότιο τμήμα της). Ελπίζω λοιπόν, ότι θα γίνει αντικείμενο έρευνας και ανάδειξης, επειδή πολλά θα μας διδάξει για την Ιστορία της αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας.

#### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

1. Κονοφάγος, Κ.Η., *Το αρχαίο Λαύριο και η Ελληνική τεχνική παραγωγής του αργύρου*, Αθήνα 1980, σ. 223 εξ., εικ. 10-16 και 10-17.
2. Τρικαλινός, Ι., «Η συμβολή των μεταλλοφόρων κοιτασμάτων αργύρου του αρχαίου Λαυρίου εις την σωτηρίαν της πόλεως των Αθηνών και του Πολιτισμού αυτής», *Πρακτικά της Ακαδημίας Αθηνών*, 50, 1975, σ. 321 εξ.
3. Μαρίνος, Γ.Π. - Petrascheck, W.E., *Λαύριον*, Ινστιτούτον Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους, Γεωλογικά και Γεωφυσικά Μελέται, τόμ. IV, αρ. 1, Αθήναι 1956, σ. 136 εξ.
4. Spitaels, P., «The Early Helladic period in Mine No 3 (Theatre Sector)», *Thorikos VIII*, 1972-1976, σ. 151 εξ.
5. Κονοφάγος, Κ., «Η μέθοδος του Εμπλουτισμού των μεταλλευμάτων των αρχαίων Ελλήνων εις τα Επίπεδα πλυντήρια της Λαυρεωτικής», *Πραγματεία της Ακαδημίας Αθηνών*, τόμος 29, αριθ. 1, Αθήναι 1970, σ. 3 εξ.;  
Κονοφάγος, Κ., «Η εξέλιξη της αρχαίας Ελληνικής Τεχνικής Εμπλουτισμού των μεταλλευμάτων στο Λαύριο», *Πρακτικά του Πρώτου Σεμιναρίου Αρχαιομετρίας «Σκωρίες της Αρχαίας Ελληνικής Μεταλλουργίας»*, Ινστιτούτον Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Αθήνα 1985, σ. 21 εξ.
6. Κονοφάγος, Κ.Η., *Το αρχαίο Λαύριο και η Ελληνική τεχνική παραγωγής του αργύρου*, Αθήνα 1980, σ. 252 εξ.
7. Κονοφάγος, Κ.Η., όπ.π., σ. 223 εξ.
8. Κακαβογιάννης, Ε., «Μια νέα άποψη για τη λειτουργία των πλυντηρίων μεταλλεύματος της Λαυρεωτικής κατά τους κλασικούς χρόνους», *Πρακτικά Α' Συμποσίου Αρχαιομετρίας*, Αθήνα, 26-28 Ιανουαρίου 1990, Αθήνα 1992, σ. 79 εξ.
9. Πρβλ. Lauffer, S., *Die Bergwecksklaven von Laureion*, Wiesbaden 1979, σ. 124 εξ.
10. Κακαβογιάννης, Ε.Χ., «Αρχαιολογικές έρευνες στην Λαυρεωτική για την ανακάλυψη μεταλλευτικών έργων και μεταλλουργικών εγκαταστάσεων των προκλασικών χρόνων», *Αρχαιολογικά Ανάλεκτα εξ Αθηνών*, XXII, 1989, σ. 71 εξ.
11. Ηρόδοτος, VII. 144.
12. Αριστοτέλης, *Αθηναίων Πολιτεία*, XXII, 7.



13. Labarbe, J., *La loi navale de Thémistocle*, Bibliothèque de la Faculté de Philosophie et Lettres de l' Université de Liège, Fasc. CXLIII, Paris 1957;  
Μαριδάκης, Γ.Σ., *Ο Νόμος του Θεμιστοκλέους περί θαλασσίον εξοπλισμού*, Αθήναι 1963.
14. Ardaillon, Ed., *Les mines du Laurium dans l' Antiquité*, Bibliothèque des Ecoles Françaises d' Athènes et de Rome, fasc. 77, Paris 1897, σ. 138 εξ.
15. Κακαβογιάννης, Ε.Χ., «Επιλογή τοπωνυμίων της Λαυρεωτικής», *Πρακτικά Α' Επιστημονικής Συνάντησης Νοτιοανατολικής Αιτικής*, Καλύβια 1985, σ. 76 εξ.

## SUMMARY

### THE DEVELOPMENT OF THE RECTANGULAR ORE WASHERY IN THE LAVREOTIKI

---

E. KAKAVOYANNIS

The Type I rectangular ore washery in the Lavreotiki constitutes in form and function the final stage in a long developmental process which was completed in the early decades of the 5th century B.C. The main characteristics of this development were to minimize the complexity and to maximize the efficiency of the construction in order to economize the water used by cleaning it for recycling. This was achieved when the miners realized the optimum number and the optimum position of the washery tanks, in which the used water was left to "stand" so that all the ore particles settled as sediment. The discovery of the optimum number and the optimum position of the tanks naturally determined the number and position of the channels via which the water circulated and the tanks communicated.

In the Type I rectangular washery of Classical times there were three settling tanks, the first two of which ( $\Phi 1 - \Phi 2$ ) occupied the corners of the side opposite the stand-tank ( $\Delta$ ), while the third and last tank ( $\Phi 3$ ) touched on the place where the water was bailed ( $M$ ). During recent excavations by the author in the Bertseko valley in the Lavreotiki, ore washeries dating from the 6th and the early 5th century B.C. were discovered, which constitute the forerunners of the Type I rectangular washery. The main feature of these washeries is that they have more than three settling tanks randomly positioned, and corresponding channels via which the water circulated and the tanks communicated.

The discovery of the above washeries confirms beyond doubt that the washery for cleaning the argentiferous ores of the Lavreotiki was invented there by the miners of the pre-Classical times, and was continuously improved until it acquired the remarkable form it had during the 5th century B.C.

