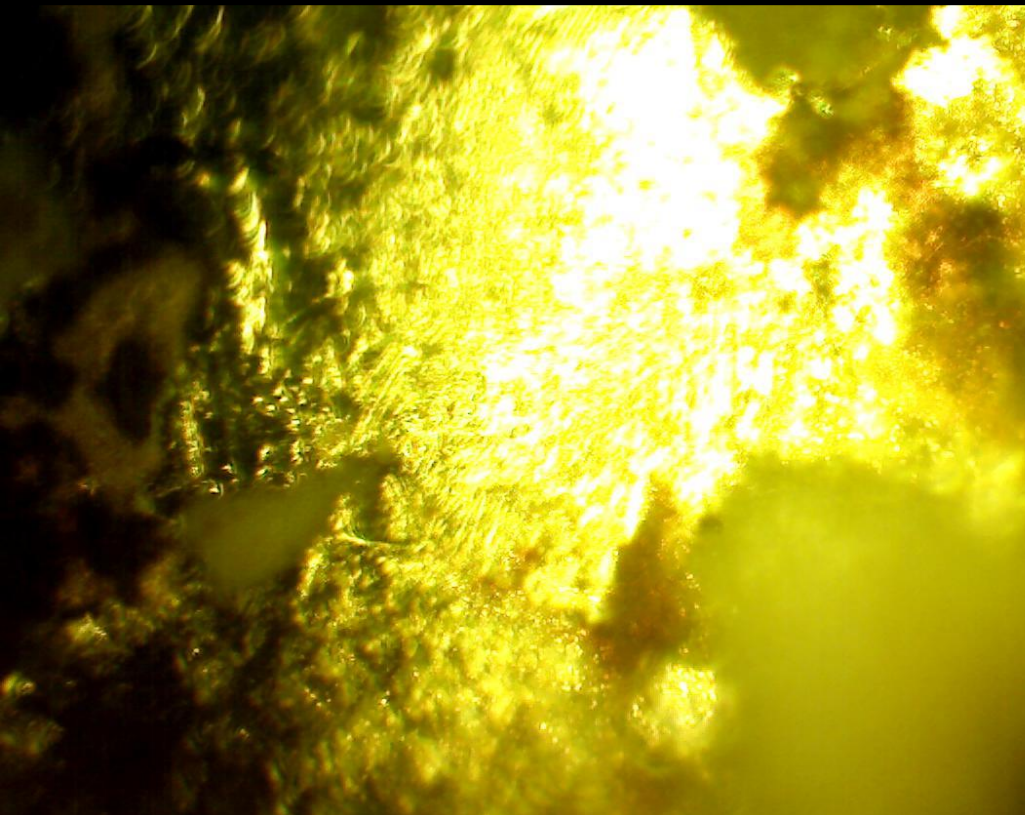


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

2017

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών
Τεχνικών για τη Μελέτη
Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων
από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη
των Μεγάρων»



Μεταπτυχιακή φοιτήτρια:

Πετρίδη Δέσποινα Τμήμα
Μεσογειακών Σπουδών,
Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Επιβλέπων:

Δρ. Θ. Γκανέτσος, Α.Ε.Ι.
Πειραιά Τ.Τ.

Εξεταστική επιτροπή:

Δρ. Γ. Φακορέλλης, Α.Τ.Ε.Ι.
Αθηνών και

Δρ. Ι. Καραπαναγιώτης Ανώτατη
Εκκλησιαστική Ακαδημία
Θεσσαλονίκης

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ. Η εργασία που παραδίδω είναι αποτέλεσμα πρωτότυπης έρευνας και δεν χρησιμοποιώ πνευματική ιδιοκτησία τρίτων χωρίς αναφορές. Αναλαμβάνω όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναμαι να αντιμετωπίσω σε περίπτωση που η εργασία μου αποδειχθεί ότι αποτελεί προϊόν λογοκλοπής, σύμφωνα με τον κανονισμό του Ιδρύματος.

Στο Δημήτρη για την ενθάρρυνση,
την υπομονή και τη στήριξή του.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	5
Abstract	6
Ευχαριστίες	7
Εισαγωγή	8
Κεφάλαιο 1 ^ο : Ιστορικά στοιχεία για τα ταφικά σύνολα που ανακαλύφθηκαν τα επιχρυσωμένα αντικείμενα καθώς και για την πόλη των Μεγάρων.	10
1.1. Εισαγωγή κεφαλαίου	10
1.2. Τα επιχρυσωμένα κοσμήματα και τα ταφικά σύνολα που εντοπίστηκαν.....	10
1.3. Μακροσκοπικές μικροσκοπικές παρατηρήσεις.....	11
1.4. Ιστορικά στοιχεία για την πόλη των Μεγάρων.....	21
1.4.1. Η γεωγραφική θέση των Μεγάρων.....	21
1.4.2. Αναδρομή στην ιστορία των Μεγάρων.....	22
1.4.3. Η οικονομία των Μεγάρων.....	24
1.4.4. Η πόλη των Μεγάρων.....	25
Κεφάλαιο 2 ^ο : Τεχνικές επιχρύσωσης.....	27
2.1. Ιδιότητες του χρυσού.....	27
2.2. Η Ιστορία της Επιχρύσωσης.....	28
2.2.1. Επιχρύσωση με φύλλο χρυσού (gold foil).....	30
2.2.2. Επιχρύσωση με λεπτό φύλλο χρυσού (gold leaf).....	31
2.2.2.1. Συγκόλληση του λεπτού φύλλου χρυσού πάνω σε άργυρο με διάχυση.....	32
2.2.2.2. Επιχρύσωση κραμάτων χαλκού με λεπτά φύλλα χρυσού χρησιμοποιώντας συγκολλητική ουσία.....	33
2.2.2.3. Επιχρύσωση με λεπτά φύλλα χρυσού με χρήση υποστρώματος από κόκκινο πηλό (gilding on bole ground).....	34
2.2.2.4. Επιχρύσωση με φωτιά ή υδράργυρο.....	34
2.2.3. Άλλες αρχαίες τεχνικές επιχρύσωσης.....	36
2.2.4. Τεχνικές επιχρύσωσης πάνω σε πηλό.....	37

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

2.2.5. Ανασκόπηση της επιχρύσωσης ως μέσο διακόσμησης στην Αθηναϊκή Κεραμική Τέχνη της Κλασικής Περιόδου.....	39
Κεφάλαιο 3 ^ο : Αρχές μηχανημάτων ανάλυσης.....	41
3.1 Τεχνική φθορισμού ακτίνων X (X-Ray fluorescence, XRF).....	41
3.1.1. Εισαγωγή.....	41
3.1.2. Βασική αρχή λειτουργίας.....	42
3.1.3. Αναλυτική τεχνική της XRF μεθόδου ανάλυσης.....	43
3.1.4. Τύπος οργάνου: XRF Analyzer Hand-Held, Portable, Rohs, Material Analyzer.....	46
3.2 Φασματοσκοπία RAMAN.....	51
3.2.1. Εισαγωγή.....	51
3.2.2 Βασική αρχή λειτουργίας.....	53
3.2.3. Βασικές εφαρμογές	54
3.2.4. Τύπος οργάνου: Raman spectrometry rockhound 785 nm οργανολογία.....	55
3.3 Οπτικό μικροσκόπιο.....	59
3.3.1. Εισαγωγή.....	59
3.3.2. Αρχή λειτουργίας.....	60
3.3.3. Τύπος οργάνου: οπτικό μικροσκόπιο Leica MZ7S.....	61
Κεφάλαιο 4 ^ο : Επισήμανση των σημείων των μετρήσεων.....	63
4.1. Πειραματική ανάλυση.....	63
4.2. Προετοιμασία δειγμάτων.....	63
4.3. Raman: επισήμανση των σημείων που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.....	64
4.4. XRF: επισήμανση των σημείων που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.....	78
Κεφάλαιο 5 ^ο :Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	92
5.1 οι τεχνικές αναλύσεων που χρησιμοποιήθηκαν.....	92
5.2 Αποτελέσματα Raman.....	93
5.3 Αποτελέσματα XRF.....	131
5.4 Πίνακες αποτελεσμάτων.....	144

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων
Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Κεφάλαιο 6 ^ο : Συζήτηση αποτελεσμάτων.....	161
Συμπεράσματα.....	166
Βιβλιογραφία.....	178

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία διερευνά με φασματοσκοπικές μεθόδους έξι επιχρυσωμένα πήλινα κοσμήματα που βρέθηκαν σε τρία διαφορετικά ταφικά σύνολα της πόλης των Μεγάρων. Σκοπός της είναι η ταυτοποίηση των χρωστικών και ο προσδιορισμός των υλικών κατασκευής των προς εξέταση αντικειμένων. Λόγω της σπανιότητας και του κινδύνου πρόκλησης φθοράς στα αντικείμενα, η λήψη δειγμάτων κρίθηκε μη αποδεκτή και έτσι επιλέχθηκαν μη καταστρεπτικές μέθοδοι ανάλυσης, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια συντήρησης του Αρχαιολογικού Μουσείου Μεγάρων με χρήση φορητών μηχανήματων από το εργαστήριο Αρχαιομετρίας του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. Οι τεχνικές που εφαρμόστηκαν ήταν η φασματοσκοπία Raman (Raman Spectrometry Rockhound 785nm) και η Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων-Χ (XRF Analyzer Hand-held, Portable, Bruker Tracer III-SD). Οι αναλύσεις στα τρία κομμάτια και το ένα σπάραγμα στεφανιού ανέδειξαν ένα στρώμα προετοιμασίας που αποτελούταν από μείγμα τριών λευκών χρωστικών και συγκεκριμένα γύψο, κιμωλία και λευκό του οστού. Πάνω από την προετοιμασία αυτή ανιχνεύτηκε ακόμα ένα μείγμα τριών χρωστικών, κίτρινων αυτή τη φορά, οι οποίες ήταν η σανδαράχη, η pararealgar και η κίτρινη ώχρα. Στα επιχρυσωμένα ενώτια βρέθηκαν ακριβώς οι ίδιες έξι χρωστικές (τρεις λευκές και τρεις κίτρινες) αλλά σε αυτά τα αντικείμενα όλες οι χρωστικές τοποθετήθηκαν ως ένα μείγμα. Τέλος, στην πίσω όψη των κομβίων ανιχνεύτηκε η χρωστική της κιννάβαρης. Πέραν του πηλού και του χρυσού που ήταν κοινά σε όλα τα αντικείμενα, στο ένα ενώτιο βρέθηκε λευκόχρυσος ως μέρος της διακόσμησης. Στο στεφάνι και στα ενώτια υπήρχαν, επιπλέον, χάλκινα και μολύβδινα τμήματα. Εν κατακλείδι μπορούμε να συμπεράνουμε πως κατά την επιχρυσωση των προς συζήτηση αντικειμένων, ο χρυσός εφαρμοζόταν πάνω στον πηλό με τη βοήθεια λευκών και κίτρινων χρωστικών και πιθανώς θέρμανσης και κάποιας οργανικής κόλλας. Ο συνδυασμός των τεχνικών της Raman και της XRF ήταν απαραίτητος για την λήψη ασφαλών αποτελεσμάτων. Τα δεδομένα αυτά μας φέρνουν ένα βήμα πιο κοντά στην κατανόηση της διαδικασίας κατασκευής των κοσμημάτων, ενώ περαιτέρω μελέτη χρειάζεται για την ανάδειξη των κατάλληλων υλικών συντήρησής τους.

ABSTRACT

This thesis examines using means of spectrometry six gilded pieces of jewelry made of clay that were discovered in three different tombs in the city of Megara, Attica, Greece. The aim of this work was to identify the different kind of dyes and to determine the materials used to fabricate the examined objects. Due to the rarity of the findings and the elevated risk of causing irreversible damage, the use of sampling was deemed unacceptable, and non invasive techniques of analysis were chosen. All measurements were carried out at the conservation laboratories of the Archeological Museum of Megara using portable equipment granted by the Archeometry Lab of the Piraeus University of Applied Sciences. The techniques employed were Raman Spectroscopy (Raman Spectrometer Rockhound 785nm) and X-ray Fluorescence (XRF Analyzer Hand-held, Portable, Bruker Tracer III-SD). The analyses performed on the three buttons and the remains of the crown pointed out the existence of a preparatory ground consisting a mixture of three white dyes; namely Gypsum, Chalk and Bone White. Lying on top of the above mentioned layer, we identified another mixture of three dyes, yellow this time; namely Orpiment, Pararealgar and Yellow Ochre. The gilded earrings were found to contain the same six dyes (three white and three yellow), but in this case all the dyes were applied as a single mixture in one layer. Finally, at the posterior surface of the buttons Cinnabar dye was discovered. Apart from the clay and gold that were present in all the specimens, in one of the earrings Platinum was identified as part of the decoration. The crown and earrings also consisted of bronze and leaded areas. In conclusion, it is safe to assume that during the gilding process of these objects, the gold leaf was applied on the clay with the aid of white and yellow dyes along with heating and possibly the use of some kind of organic glue. The combination of Raman and XRF techniques was mandatory in order to obtain valid results. These data bring us a step closer in understanding the manufacturing process of these jewels, while further investigation is needed in order to come up with the most suitable materials for preserving them.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία δε θα μπορούσε να είχε ολοκληρωθεί χωρίς την στήριξη και την υποστήριξη ορισμένων σημαντικών ανθρώπων τους οποίους ευχαριστώ θερμά.

Τον καθηγητή μου και επιβλέποντα της εργασίας μου, Δρ. Θ. Γκανέτσο (Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ.) τον οποίο ευχαριστώ θερμά για τις γνώσεις και την καθοδήγηση που μου προσέφερε από την πρώτη κιόλας στιγμή. Οι συστάσεις, η ενθάρρυνση και η συμβουλευτική του με βοήθησαν να γνωρίσω τον, μέχρι πρότινος, άγνωστο σε μένα κόσμο των εφαρμογών φασματοσκοπικών τεχνικών. Τον ευχαριστώ ιδιαίτερα για την υπομονή, την εμπιστοσύνη και το καθησυχαστικό ύφος του σε δύσκολες περιόδους. Χωρίς τη δική του βοήθεια αυτή η διπλωματική δεν θα ήταν εφικτό να ολοκληρωθεί.

Η παρούσα διπλωματική δεν θα είχε πραγματοποιηθεί χωρίς την χορήγηση των αδειών ανάλυσης μελέτης και δημοσίευσης οι οποίες εγκρίθηκαν από τις αρμόδιες αρχές. Έτσι ευχαριστώ θερμά τη Δρ. Σ. Χρυσουλάκη Διευθύντρια Αρχαιολόγο της ΕΦΑΔΥΑΤΤ, την κ. Μ. Μερτζάνη Προϊσταμένη της Διεύθυνσης Συντήρησης, την κ. Π. Αυγερινού προϊσταμένη Αρχαιολόγο της περιοχής των Μεγάρων, την κ. Χ. Καζαζάκη υπεύθυνη Αρχαιολόγο του έργου «Αντικατάσταση του δικτύου αποχέτευσης στην πόλη των Μεγάρων» απ' όπου προέρχονται και τα αντικείμενα της παρούσας διπλωματικής και την τμηματάρχη συντήρησης της ΕΦΑΔΥΑΤΤ κ. Τ. Α. Παναγοπούλου.

Ευχαριστώ επίσης τους καθηγητές Δρ. Γ. Φακορέλλη (ΑΤΕΙ Αθηνών) και Δρ. Ι Καραπαναγιώτη (Ανώτατη Εκκλησιαστική Ακαδημία Θεσσαλονίκης) που με τίμησαν με τη συμμετοχή τους ως μέλη της εξεταστικής επιτροπής.

Τους αρχαιολόγους Πολυτίμη Βαλτά, Στέλλα Δρένη, Μαρία Ρούσου, Παναγή Σκλαβουνάκη για τη βοήθεια τους σε θέματα αρχαιολογίας. Την αρχιτέκτονα Κατερίνα Πηγιάκη για τα σχέδια και τη φωτογράφο Καλλιόπη Λεγκίτσα για τις φωτογραφίες.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω και στους δικούς μου ανθρώπους, την οικογένεια μου και τους φίλους μου, για την ηθική και υλική υποστήριξή τους.

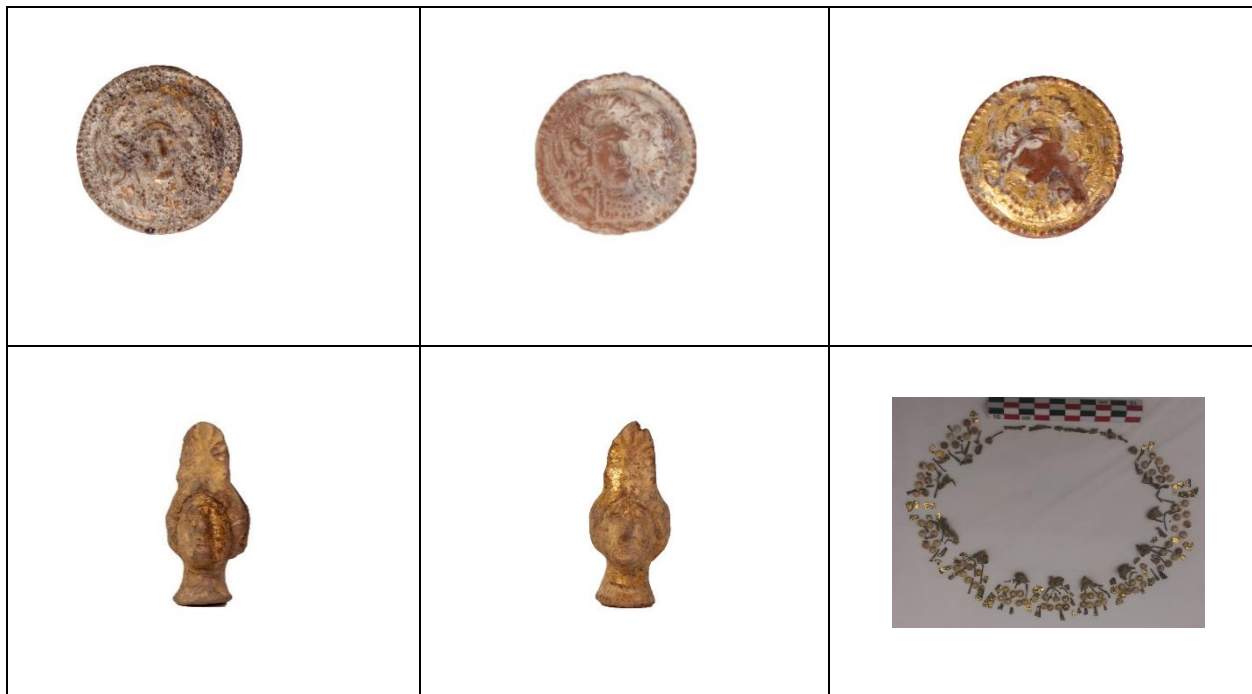
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έρευνα της βιβλιογραφίας ανέδειξε λίγα αποτελέσματα σχετικά με τις τεχνικές επιχρυσώσης επάνω σε πηλό και ειδικότερα σε πήλινα κοσμήματα. Παραθέτουμε τον Πλίνιο: « Στο μάρμαρο και σε άλλα υλικά που δεν είναι δυνατό να υποστούν υπερθέρμανση ο χρυσός επικάθεται με τη βοήθεια του ασπραδιού του αυγού».¹⁰ Εδώ ο Πλίνιος περιγράφει τη μέθοδο η οποία χρησιμοποιείται για την επιχρυσώση δερμάτων, πέτρας και ξύλου ακόμα και σήμερα. Το ασπράδι του αυγού είναι καλή συγκολλητική ουσία και χρησιμοποιούταν στην συγκόλληση λεπτών φύλλων χρυσού σε μη μεταλλικά υλικά. Χρησιμοποιούταν επίσης για τη συγκόλληση λεπτού φύλλου χρυσού σε κράματα χαλκού, όπως ο μπρούτζος, καθώς όταν ο χαλκός θερμανθεί γρήγορα σχηματίζει ένα οξειδίο στην επιφάνεια του που καθιστά αδύνατη τη συγκόλληση του φύλλου χρυσού πάνω στην επιφάνεια του μέσω διάχυσης. Όταν γίνεται η τοποθέτηση του λεπτού φύλλου χρυσού πάνω σε άλλο υλικό η επιφάνεια του υποστρώματος πρέπει να είναι πολύ λεία. Στις επιχρυσώσεις ξύλου είναι σύνηθες να απλώνεται πάνω στην επιφάνεια του ξύλου ένα υπόστρωμα από πηλό ή γύψο το οποίο στη συνέχεια λειαίνεται ενδελεχώς εωσότου προκύψει μια λεπτή και λεία επιφάνεια πάνω στην οποία θα τοποθετηθεί το λεπτό φύλλο χρυσού με τη χρήση συγκολλητικής ουσίας.¹² Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν συνολικά 6 επιχρυσωμένα κοσμήματα. Τα αντικείμενα που επιλέχθηκαν είναι πήλινα και κάποια από αυτά έχουν και χάλκινα στοιχεία. Λόγω της φύσης των αντικειμένων είναι δύσκολο να βρεθούν σε καλή κατάσταση διατήρησης και εξαιρετικά σπάνιο να σώζουν το φύλλο χρυσού σε όλη την έκταση του αντικειμένου. Τα αντικείμενα βρέθηκαν στο έργο «Κατασκευή δικτύου ακαθάρτων της πόλης των Μεγάρων-έργα Β' φάσης». Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ταυτοποίηση των χρωστικών και ο προσδιορισμός των υλικών κατασκευής των προς εξέταση αντικειμένων. Οι τεχνικές που εφαρμόστηκαν ήταν η φασματοσκοπία Raman (Raman Spectrometry Rockhound 785nm) και η Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – Χ (XRF Analyzer Hand-held, Portable, Bruker Tracer III-SD). Οι αναλύσεις έγιναν με χρήση φορητών μηχανήματων από το εργαστήριο Αρχαιομετρίας του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο συντήρησης του Αρχαιολογικού Μουσείου Μεγάρων από την συντηρήτρια αρχαίων Πετριδίη Δέσποινα με την επίβλεψη του υπεύθυνου καθηγητή Δρ. Θ. Γκανέτσο, PhD. Οι άδειες ανάλυσης δόθηκαν από την

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων
Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

ΕΦΑΔΥΑΤΤ με Έφορο την Αρχαιολόγο κ. Δρ. Σ. Χρυσουλάκη και από τη Διεύθυνση
Συντήρησης με Προϊσταμένη τμήματος την κ. Μ. Μερτζάνη.

Πίνακας των προς μελέτη αντικειμένων.



Κεφάλαιο 1^ο : Ιστορικά στοιχεία για τα ταφικά σύνολα που ανακαλύφθηκαν τα επιχρυσωμένα αντικείμενα καθώς και για την πόλη των Μεγάρων.

1.1. Εισαγωγή κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται ιστορικά στοιχεία για τα ταφικά σύνολα και για την πόλη των Μεγάρων, όπου και βρέθηκαν, αλλά και μακροσκοπικές-μικροσκοπικές παρατηρήσεις για τα ίδια τα αντικείμενα.

1.2. Τα επιχρυσωμένα κοσμήματα και τα ταφικά σύνολα όπου εντοπίστηκαν.

Τα αντικείμενα με κωδικό 14664, 14665 και 14666 είναι τρία κομβία τα οποία ανακαλύφθηκαν στις 24-10-2016 στην οδό Μητροπολίτη Ιακώβου Γκίνη. Ξεκίνησε η έρευνα του τάφου με την αφαίρεση των καλυπτήριων πλακών. Πρόκειται για παιδικές σαρκοφάγους με πλήρη επίχωση. Το κιβώτιο της σαρκοφάγου από κογγυλιάτη είχε μέγιστες εξωτερικές διαστάσεις 1,03x0,46μ. Η επίχωση ήταν καστανή σκούρα και αμμώδης. Εντός της επίχωσης, σε μικρή απόσταση από τον πυθμένα, βρέθηκαν, εκτός των άλλων κτερισμάτων, δύο σχεδόν όμοια μικρά αντικείμενα. Τα αντικείμενα αυτά ομοιάζουν με κομβία και είναι πηλίνα και επιχρυσωμένα στην μία πλευρά τους.

Το αντικείμενο 14664/Ταφή16/ομάδας1/Δ1 είναι κομβίο και βρέθηκε 0,24μ. από τη βόρεια παρειά του τάφου και 0,39μ. από την ανατολική παρειά. Το βάθος που βρέθηκε ήταν -1,07μ.

Το αντικείμενο 14665/Ταφή16/ομάδας1/Δ2 είναι κομβίο και ήταν 0,18μ. από τη βόρεια παρειά και 0,09μ. από την ανατολική παρειά. Το βάθος που βρέθηκε ήταν -1,07μ.

Το αντικείμενο 14666/Ταφή16/ομάδας1/Δ3 είναι κομβίο και βρέθηκε στο κοσκίνισμα των χωμάτων. Και αυτό το κομβίο είναι επιχρυσωμένο στην πάνω πλευρά του αλλά έχει ίχνη ψηγμάτων χρυσού και στην κάτω πλευρά του.

Τα αντικείμενα με κωδικό12360 είναι ένα ζευγάρι ενώτια τα οποία ανακαλύφθηκαν στις 16-12-15 στην συμβολή των οδών Μεθόδου και Κυρίλου στη διασταύρωση με Σμύρνης μεταξύ ο.τ.535-

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

ο.τ.533(διασταύρωση). Σε βάθος -1,25μ εντοπίστηκε ο Τάφος 2 όπου είναι σαρκοφάγος από κογχυλιάτη. Καθαρίζεται εξωτερικά και η κεραμική περισυλλέγεται. Φέρει δύο καλυπτήριες με άνισο πάχος. Στα ΝΔ 0,20μ. ενώ στα ΒΑ 0,16μ. Οι εσωτερικές διαστάσεις του τάφου είναι 1,63x0,45 με πάχος τοιχωμάτων 0,08μ. Ο τάφος ανοίχτηκε από τη ΒΑ καλυπτήρια με βάθος εσωτερικών διαταραγμένων επιχώσεων ομ.2: -1,71μ./-1,87μ. Ο σκελετός δεν σώζεται σε πλήρη διάταξη και είναι διαταραγμένος. Στην Τφ.2 κατά την αφαίρεση των επιχώσεων της εντοπίστηκαν τα εξής ευρήματα: κελύφη αυγών, χάντρες από πηλό, υαλόμαζα και οστό, σιδερένιο καρφί από κοσκίνισμα , χάλκινο έλασμα από κοσκίνισμα και τα δύο πήλινα επίχρυσα ενώτια.

Τα αντικείμενα 12360 ομ2/M1 βρέθηκαν στο κοσκίνισμα του τάφου2. Τα δύο ενώτια είναι επιχρυσωμένα και το ένα από αυτά φέρει και χάλκινο σύνδεσμο.

Το αντικείμενο με κωδικό14315 είναι πιθανώς ένα στεφάνι. Ανακαλύφθηκε στις 8-9-2016 στην οδό Σπύρου Μαυρουκάκη ο.τ.649 και ο.τ.658 μεταξύ Γ2-10-3 ταφή 14/ομ.5/M1. Ξεκίνησε η έρευνα του τάφου, αφού αφαιρέθηκαν οι δύο ανατολικότεροι καλυπτήριοι. Οι δυτικότεροι έλειπαν και κάποια τμήματα αυτών βρέθηκαν μέσα στον τάφο. Προς την ΝΑ γωνία του τάφου σε μία έκταση που ορίζεται 0,26μ. από τη Β παρειά και 0,16μ. από την Α παρειά και βάθος από -1,68μ. έως -1,73μ. εντοπίστηκαν διάσπαρτα μικρά ελάσματα επιχρυσωμένου χαλκού ενώ κάποια από αυτά ήταν μικρές χάντρες. Μαζί με τα επιχρυσωμένα ελάσματα συλλέχθηκε και η γύρω επίχωση τους για κοσκίνισμα. Το αντικείμενο αυτό αποτελείται από επιχρυσωμένα χάλκινα ελάσματα και χάντρες .

1.3. Μακροσκοπικές μικροσκοπικές παρατηρήσεις.

Τα προς μελέτη αντικείμενα είναι 3 κομβία, ένα ζευγάρι ενώτια και ένα επιχρυσωμένο σπάραγμα πιθανώς στεφανιού.

Αντικείμενο πρώτο.



Κομβίο με κωδικό 14664: πρόσθια και οπίσθια όψη.

Από την μικροσκοπική παρατήρηση βρέθηκε πως το κομβίο με κωδικό 14664 στην μπροστινή πλευρά του απεικονίζει γυναικεία μορφή, πιθανώς την Αθηνά. Ήταν επιχρυσωμένο σε όλη την επάνω επιφάνεια του (βάση και των άλλων δύο κομβίων) αλλά σώζονται μόνο κάποια σημεία με χρυσό τα οποία εντοπίζονται κυρίως στην δεξιά μεριά αυτού. Κάτω από το φύλλο χρυσού σώζεται ένα στρώμα χρώματος λευκού-υποκίτρινου το οποίο εντοπίζεται και αυτό σε καλύτερη κατάσταση διατήρησης στη δεξιά μεριά του κομβίου. Ο πυρήνας του αντικειμένου είναι πηλός.

Στην πίσω όψη του αντικειμένου αυτού δεν σώζεται κάποιο σημείο με χρυσό αλλά ούτε και κάποιο στρώμα χρώματος λευκού έως λευκού-υποκίτρινου όπως στην εμπρός όψη. Σε αυτήν τη μεριά εντοπίζεται κόκκινο χρώμα σχεδόν σε όλο το εύρος. Υπάρχουν επίσης και δύο οπές οι οποίες βρίσκονται στο κέντρο σχεδόν του αντικειμένου και δεν είναι διαμπερείς. Κάτι άλλο που παρατηρείται είναι κάθετες και οριζόντιες γραμμές οι οποίες μοιάζουν να είναι αποτυπώματα από τη χρήση κάποιου εργαλείου ή από μήτρα. Σε αυτή την πλευρά υπάρχουν μαύρα στίγματα πιθανώς βιολογικά.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Αντικείμενο 2^ο



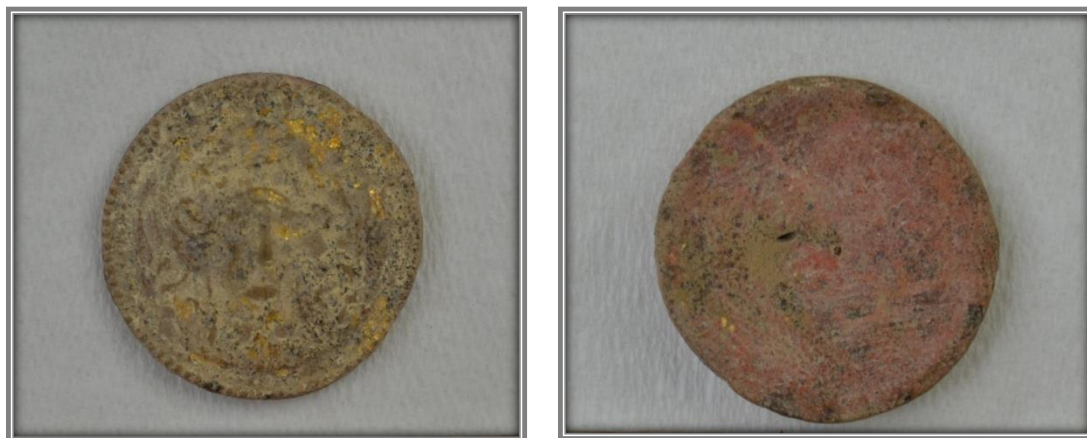
Κομβίο με κωδικό 14665: πρόσθια και οπίσθια όψη.

Μετά από μακροσκοπική και μικροσκοπική παρατήρηση βρέθηκε πως το κομβίο με κωδικό 14665, όπως και το κομβίο με αριθμό 14664, στην μπροστινή πλευρά του απεικονίζει γυναικεία μορφή, πιθανώς την Αθηνά. Σε αυτό το κομβίο σώζεται η επιχρύσωση σχεδόν σε όλη την επάνω όψη. Το κέντρο του αντικειμένου είναι το σημείο όπου δεν σώζεται το φύλλο χρυσού και φαίνεται το πήλινο σώμα του κομβίου. Σε αυτή την όψη φαίνονται σημεία λευκού-υποκίτρινου χρώματος τα οποία είναι κάτω από το φύλλο χρυσού και τα συναντάμε και στο κομβίο με αριθμό 14664. Ο πυρήνας του αντικειμένου είναι πηλός.

Στην πίσω όψη εντοπίζονται επίσης και εδώ, όπως και στο έτερο κομβίο, δύο μη διαμπερείς οπές στο κέντρο σχεδόν του αντικειμένου, κάθετες και οριζόντιες γραμμές οι οποίες μοιάζουν να είναι αποτυπώματα από τη χρήση κάποιου εργαλείου ή από μήτρα και μαύρα στίγματα πιθανώς από βιολογικά. Κόκκινο χρώμα υπάρχει και σε αυτό το κομβίο στην πίσω όψη.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Αντικείμενο 3^ο



Κομβίο με κωδικό 14666: πρόσθια και οπίσθια όψη.

Και σε αυτό το κομβίο παρατηρήθηκαν οι ακόλουθες ομοιότητες με τα άλλα δύο κομβία. Στην πρόσθια όψη σώζονται σημεία με φύλλο χρυσού, μια λευκή –υποκίτρινη επιφάνεια εντοπίζεται και εδώ σε όλη την μπροστινή επιφάνεια κάτω από την επιχρυσωση, μαύρα στίγματα πιθανώς βιολογικά υπάρχουν και εδώ και απεικονίζει γυναικεία μορφή, πιθανώς την Αθηνά. Ο πυρήνας του αντικειμένου είναι πηλός.

Στην πίσω όψη όπως και στα άλλα δύο κομβία εντοπίζονται τα εξής: κόκκινο χρώμα σε όλη σχεδόν την επιφάνεια, μαύρα στίγματα πιθανώς βιολογικά, δύο οπές στο κέντρο σχεδόν του αντικειμένου οι οποίες και αυτές δεν είναι διαμπερείς, κάθετες κ οριζόντιες γραμμές οι οποίες μοιάζουν να είναι αποτυπώματα από τη χρήση κάποιου εργαλείου ή από μήτρα. Σε αυτό το κομβίο στην πίσω όψη σε αντίθεση με τα άλλα δύο κομβία σώζονται και κάποια μικρά σημεία με φύλλο χρυσού τα οποία υπάρχουν πάνω από την κόκκινη επιφάνεια.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Αντικείμενο 4°



Ενώτια με κωδικό 12360,: πρόσθια όψη.

Ζεύγος επιχρυσωμένων ενωτίων με γυναικεία κεφαλή και ανθέμιο. Πηλός πορτοκαλόχρωμος, λεπτόκοκκος χωρίς προσμίξεις. Η επιχρύσωση σώζεται αποσπασματικά και στα δύο ενώτια και στις δύο όψεις.

Ενώτιο M1



Ενώτιο No 1 με κωδικό 12360: πρόσθια και οπίσθια όψη.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Στο ενώτιο Νο1 στη μπροστινή μεριά του σώζονται περιοχές επιχρυσωμένες οι οποίες εντοπίζονται κυρίως στη δεξιά μεριά του. Μια υποκίτρινη επιφάνεια υπάρχει σχεδόν σε όλη την έκταση του αντικειμένου. Η επιφάνεια αυτή βρίσκεται κάτω από το φύλλο χρυσού. Ένα άλλο στοιχείο που σώζεται είναι ένα λευκό κομμάτι από κάποιο διαφορετικό υλικό το οποίο υπάρχει στην δεξιά μεριά των μαλλιών. Το κομμάτι αυτό, από την μικροσκοπική παρατήρηση, φαίνεται να είναι ένθετο στο αντικείμενο αλλά δεν μπορούμε να αναγνωρίσουμε από τι υλικό είναι κατασκευασμένο. Ο πυρήνας του αντικειμένου είναι πηλός.

Στην πίσω όψη του αντικειμένου σώζονται και εδώ οι περιοχές με επιχρύσωση καθώς και η υποκίτρινη επιφάνεια που υπάρχει και μπροστά. Σε αυτή τη μεριά, όπως φαίνεται και στην πιο πάνω φωτογραφία, υπάρχει χάλκινος σύνδεσμος που πιθανώς από εκεί με κάποιο τρόπο κρέμονταν τα ενώτια.

Ενώτιο M2



Ενώτιο No2 με κωδικό 12360: πρόσθια και οπίσθια όψη.

Στο ενώτιο No2 όπως και στο ενώτιο No1 στην μπροστά πλευρά σώζονται τα εξής: περιοχές επιχρυσωμένες οι οποίες εντοπίζονται κυρίως στην αριστερή πλευρά του ανθεμίου, στο λαιμό και στα μαλλιά, η υποκίτρινη επιφάνεια υπάρχει και εδώ σχεδόν σε όλη την έκταση του αντικειμένου. Σε αυτό το ενώτιο σε αντίθεση με το No1 δε σώζεται κάποιο ένθετο υλικό. Ο πυρήνας του αντικειμένου είναι πηλός.

Στην πίσω όψη του αντικειμένου αυτού όπως και στο ενώτιο No1 σώζονται κάποιες περιοχές με επιχρύσωση καθώς και η υποκίτρινη επιφάνεια που υπάρχει και μπροστά. Σε αυτό το ενώτιο σε αντίθεση με το ενώτιο No1 δεν σώζεται χάλκινος σύνδεσμος.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Αντικείμενο 5^ο



Σπάραγμα πιθανώς στεφανιού, κωδικός αντικειμένου 14315

Χάντρα Νο1

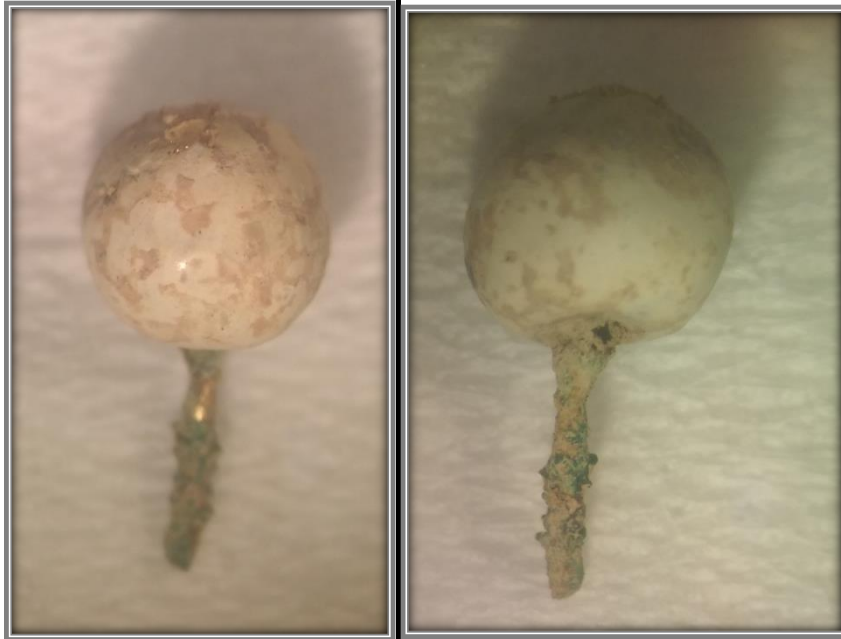


Χάντρα Νο1 από το σπάραγμα του στεφανιού, κωδικός αντικειμένου 14315

Η χάντρα αυτή επιλέχθηκε σαν αντιπροσωπευτική από σύνολο 20 χαντρών για να γίνουν οι αναλύσεις. Αυτό που σώζεται στην επάνω και κάτω όψη του αντικειμένου είναι η επιχρύσωση στην επάνω όψη και κάτω από αυτή την επιφάνεια υπάρχει μία υπόλευκη επιφάνεια (μοιάζει με εμποιάλωμα) η οποία σώζεται σε πολύ καλή κατάσταση διατήρησης. Στην πίσω όψη του αντικειμένου υπάρχει στο κέντρο ακριβώς μία οπή η οποία δεν είναι διαμπερής. Στην πίσω μεριά φαίνεται καθαρά και ο πυρήνας του αντικειμένου που είναι πηλός

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Χάντρα με χάλκινο έλασμα Νο2

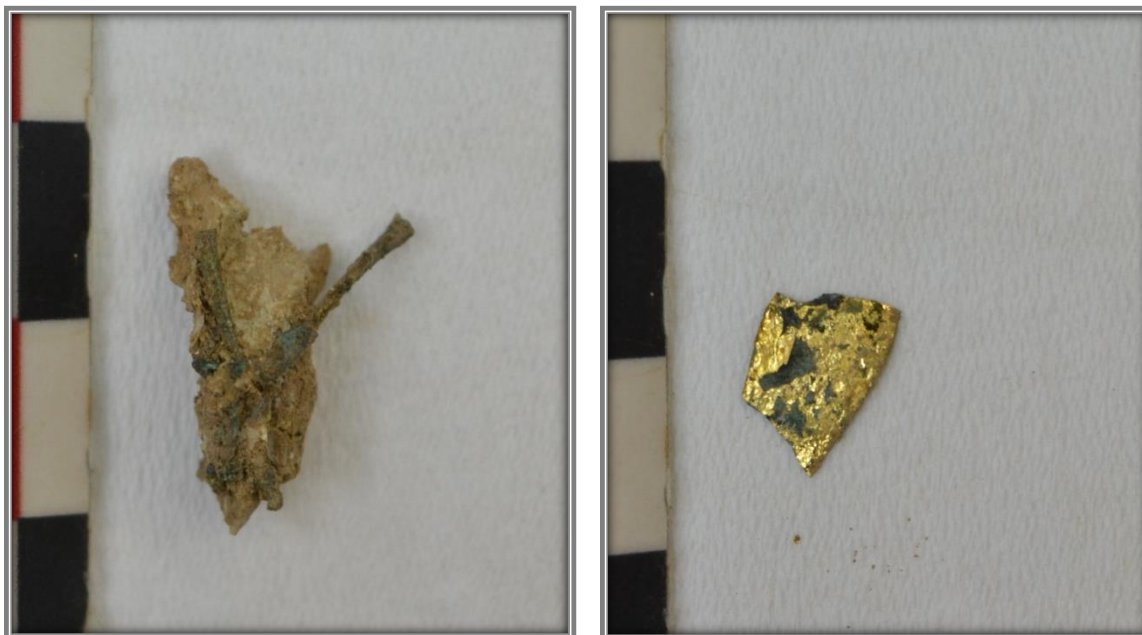


Χάντρα με έλασμα Νο2 από το σπάραγμα του στεφανιού, κωδικός αντικειμένου 14315

Η χάντρα αυτή είναι η μόνη που σώζεται με χάλκινο έλασμα στην οπή της. Επάνω στη χάντρα δεν σώζεται καθόλου επιχρύσωση αλλά υπάρχει σε πολύ καλή κατάσταση διατήρησης η υπόλευκη επιφάνεια. Το χάλκινο έλασμα φέρει επιχρύσωση σε ένα σημείο.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Χάλκινος σύνδεσμος Νο3 και επιχρυσωμένο έλασμα Νο4



Στο χάλκινο σύνδεσμο δεν σώζεται επιχρύσωση αλλά ούτε και κάποια επιφάνεια υπόλευκη ή κιτρινωπή. Με μικροσκοπική παρατήρηση φαίνεται να υπάρχει διάβρωση του μολύβδου.

Στο χάλκινο έλασμα σώζεται επιχρύσωση σε όλη σχεδόν την επιφάνεια του και κάτω από το φύλλο χρυσού υπάρχει η χάλκινη επιφάνεια. Δεν εντοπίζεται ούτε εδώ όπως και στο προηγούμενο αντικείμενο κάποια υπόλευκη ή κιτρινωπή επιφάνεια ανάμεσα στο φύλλο χρυσού και στο χαλκό¹

¹ Οι παρατηρήσεις/περιγραφές προέρχονται από τα ημερολόγια της ΕΦΑΔΥΑΤ.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

1.4. Ιστορικά στοιχεία για την πόλη των Μεγάρων.

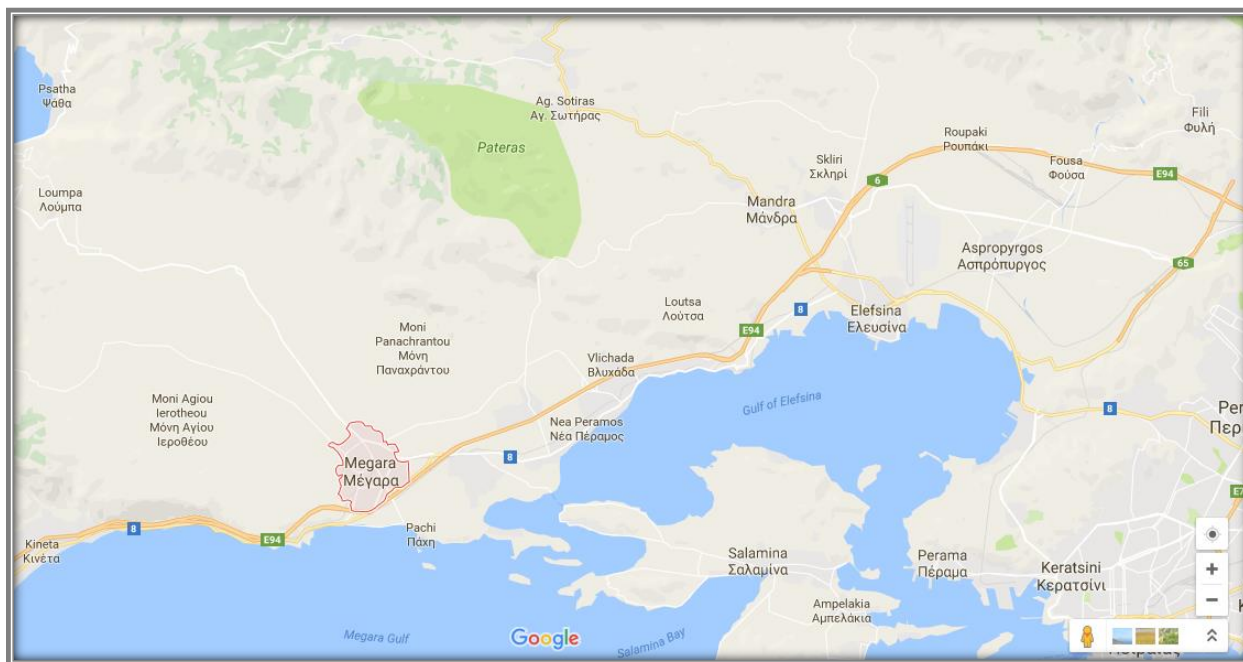
1.4.1. Η γεωγραφική θέση των Μεγάρων.

Η πόλη των Μεγάρων καταλαμβάνει τη δυτική και βορειοδυτική πλευρά του νομού αττικής. Τα Μέγαρα βρίσκονται 42χλμ. από την Αθήνα και βρέχονται στη βόρεια μεριά τους από τα νερά του Κορινθιακού κόλπου και στη νότια μεριά τους από τον Σαρωνικό κόλπο. Ο δήμος καταλαμβάνει έκταση 325 τετραγωνικών χιλιομέτρων και περιλαμβάνει τους οικισμούς της Πάχης, της Κινέττας και του Αλεποχωρίου². Τη Μεγαρίδα την ορίζουν τα βουνά των Γερανείων, του Πατέρα και του Κιθαιρώνα και έχει καταφέρει να διατηρήσει έως σήμερα τη φυσική ομορφιά που είχε από την αρχαιότητα³.

² <http://visitmegara.gr/geografiki-thesi/>

³ Μπαζιωτοπούλου Βαλαβάνη Ε., *Μεγαρίς τόποι, μνημεία, διαδρομές*, Υπουργείο Πολιτισμού Γ' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, σ:9-24, Αθήνα 2008

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Εικ. 1. Γεωγραφική θέση των Μεγάρων (πηγή Google maps)

1.4.2. Αναδρομή στην ιστορία των Μεγάρων.

Στην αρχαιότητα τα Μέγαρα ως πόλη – κράτος δημιουργούνται στον 8^ο αιώνα π.Χ.. ανεξάρτητη πόλη η οποία περιστοιχιζόταν από πολύ ισχυρούς και κάποιες φορές όχι τόσο φιλικούς γείτονες: τους Αθηναίους από τα ανατολικά, τους Κορινθίους από τα δυτικά και τους Βοιωτούς από τα βόρεια. Η αρχική έκταση της Σαλαμίνας κατά τον 8^ο αιώνα ήταν 650 τ.χλμ, αλλά μετά από εχθροπραξίες με τους Κορινθίους και τους Αθηναίους περιορίστηκε σε 420 τ.χλμ, αφού έχασαν τα δυτικά τμήματα της αλλά και τη νήσο Σαλαμίνα.

Τα σημαντικά λιμάνια της χώρας αυτής είναι ο Σαρωνικός με τη Νίσαια και ο Κορινθιακός με τις Παγές. Η πρωτεύουσα ήταν τα Μέγαρα χτισμένα στην πεδιάδα των 70 τ.χλμ., πάνω σε δύο χαμηλούς λόφους, τον λόφο Άλκαθο και την Κάρια.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Τα Μέγαρα με πολύ ισχυρό στόλο καταφέρνουν να γίνουν σημαντική δύναμη και φθάνουν σε μεγάλη ακμή κατά την αρχαϊκή περίοδο. Τότε στην ηγεσία βρισκόταν ο τύραννος Θεαγένης (460-580 π.Χ.). Την οικονομική ακμή της περιόδου εκείνης συμπληρώνουν ξακουστοί Μεγαρείς: ο αρχιτέκτονας Ευπαλίνος του υδραγωγείου της Σάμου και ο λυρικός ποιητής Θεογνής.

Κατά την κλασική περίοδο τα Μέγαρα αρχίζουν και χάνουν από την δύναμη τους και έτσι οι γείτονες τους αρχίζουν να τους απειλούν. Επιζητάνε βοήθεια πότε από την Πελοπόννησο και τη Σπάρτη και πότε από την Αθήνα για να καταφέρουν να κρατήσουν την κυριαρχία του μικρού και σημαντικού κράτους.

Στην ύστερη αρχαϊκή περίοδο, στους Περσικούς πολέμους συμμετέχει στις συγκρούσεις που γίνονται στα σύνορα της, στη ναυμαχία της Σαλαμίνας και στη μάχη των Πλαταιών. Όταν οι κορίνθιοι αμφισβητούν και πάλι τα σύνορα οι Μεγαρείς εγκαταλείπουν την Πελοποννησιακή συμμαχία και με τη βοήθεια των Αθηναίων χτίζουν τα Μακρά τείχη. Τα Μακρά τείχη ξεκινούσαν από τη νότια πύλη της πόλης και κατέληγαν στο λιμάνι της Νήσαιας (σημ. Πάχη). Οι Μεγαρείς για να απομακρύνουν τους Αθηναίους από το λιμάνι της Νήσαιας ξανακάνουν συμμαχία με τους Πελοποννήσιους. Έτσι το 432 π.Χ. ο Περικλής εκδίδει το 'μεγαρικό ψήφισμα' όπου με αυτό αποκλείει τα Μέγαρα από τα Αθηναϊκά λιμάνια και τις αγορές. Το ψήφισμα αυτό ήταν μία από τις αφορμές για να ξεκινήσει ο Πελοποννησιακός πόλεμος.

Μετά τη λήξη του πολέμου τα μέγαρα ξανά μπαίνουν στις Αθηναϊκές αγορές και έτσι τον 4^ο αιώνα τα Μέγαρα γνωρίζουν και πάλι οικονομική, πνευματική και καλλιτεχνική άνθηση. Οι Μεγαρείς ακολουθούν πλέον ήπια πολιτική και αποφεύγουν τους πολέμους.

Όταν ο Φίλιππος θέλησε να καταλάβει τα μέγαρα στην πορεία του προς την Πελοπόννησο, οι Μεγαρείς συμμετείχαν στον Μακεδονικό συνασπισμό του Αθηναίου ρήτορα Δημοσθένη και με τη βοήθεια των Αθηναίων και πάλι ξαναέφτιαξαν τα μακρά τείχη.

Ο Δημήτριος ο Πολιορκητής μπαίνει στην Αττική και στη Μεγαρίδα σαν ελευθερωτής από την κυριαρχία του Κασσάνδρου, όπου διώχνει τη φρουρά από τα Μέγαρα τα οποία ξανά γίνονται αυτόνομα αλλά φεύγοντας παίρνει μαζί του και όλους τους δούλους. Η οικονομία της χώρας η οποία στηριζόταν στην παραγωγή στους τομείς της κτηνοτροφίας της γεωργίας και κυρίως στις

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

βιοτεχνία καταστράφηκε. Χωρίς δούλους οι Μεγαρείς δεν ήταν σε θέση να παράγουν την βιοτεχνία τους και έτσι βίωσαν μεγάλη οικονομική καταστροφή.

Αργότερα τα Μέγαρα συμμετέχουν στην Ελληνική συμμαχία έπειτα στην Αχαϊκή Συμπολιτεία, στο Βοιωτικό κοινό και πάλι στην Αχαϊκή Συμπολιτεία. Τα Μέγαρα συρρικνώθηκαν στην πόλη και στην πεδιάδα και στηρίχτηκαν στην αγροτική τους οικονομία.

Στα χρόνια της Ρωμαϊκής κατάκτησης η Μεγαρίς και η πόλη καταστράφηκε. Η οριστική καταστροφή ήρθε όμως από τους Γότθους, το 395μ. Χ.

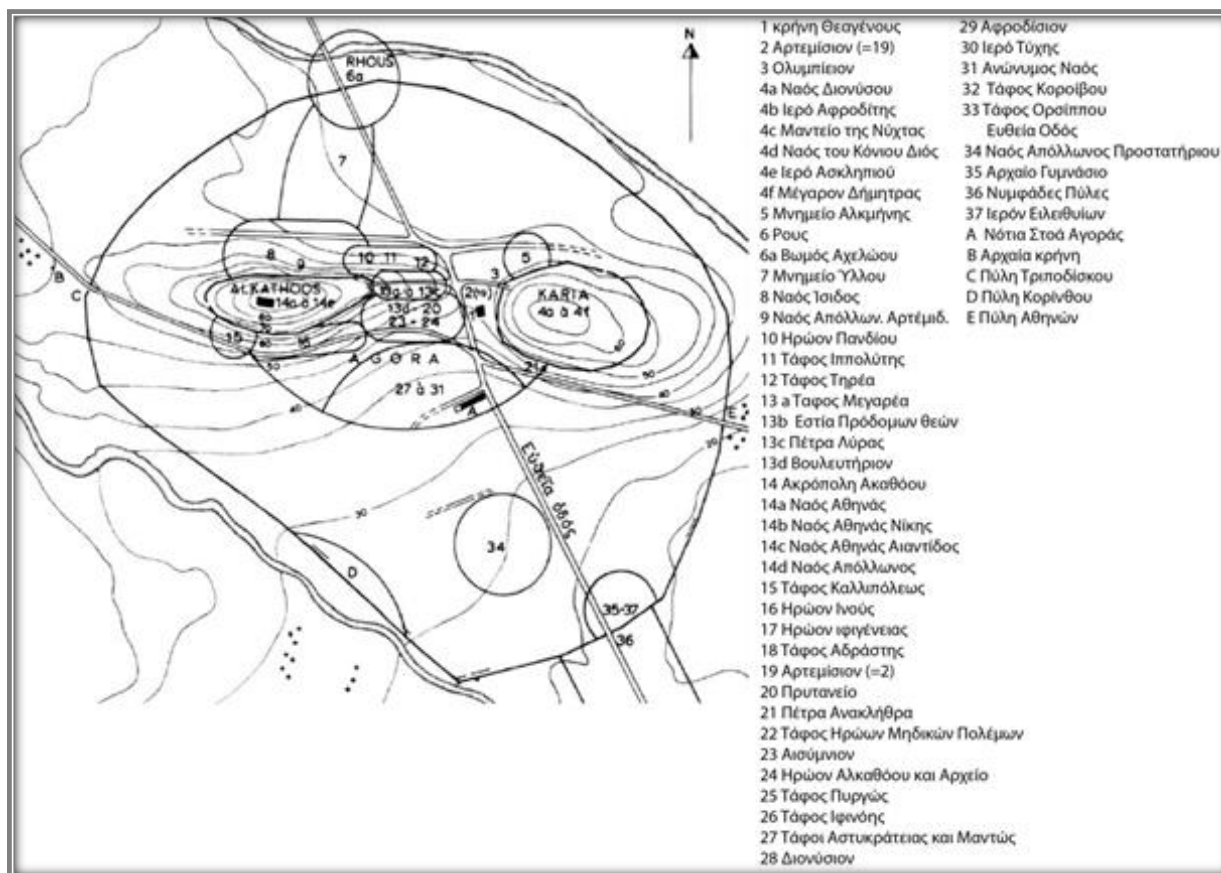
Κατά τη Βυζαντινή περίοδο υπάρχει σχετική ευημερία η οποία διαταράσσεται με τους Σλάβους, τους Φράγκους και τους Τούρκους. Οι Μεγαρείς σε όλες τις περιόδους των πολέμων τους καταφέρνουν να επιβιώσουν καταφεύγοντας στα γύρο βουνά. Το όρος Πατέρα και τα Γεράνεια όροι, είναι απότομα και δύσβατα, αλλά αυτά είναι που σώζουν τους κατοίκους των Μεγάρων μέσα στη διάρκεια της μεγάλης ιστορίας τους.³

1.4.3. Η οικονομία των Μεγάρων.

Τα γεωργικά προϊόντα της Μεγαρίδος ήταν λάχανα, κολοκύθια, κρεμμύδια, σύκα, ρόδια, μήλα αλλά το πιο γνωστό απ' όλα ήταν τα σκόρδα. Ξακουστός ήταν και ο Αιγιοσθενίτης οίνος, ο οποίος ήταν ένα γλυκό κόκκινο κρασί. Η βασική ενασχόληση των Μεγαρέων ήταν η κτηνοτροφία, η οποία εξάγονταν στην Αθήνα. Η βιομηχανική δραστηριότητα της χώρας όμως ήταν εριουργία και η παραγωγή μάλλινων φθηνών ενδυμάτων που απασχολούσε πολλούς δούλους και στήριζε ουσιαστικά την οικονομία των Μεγάρων. Τα ενδύματα αυτά, όπως ακριβώς και με την κτηνοτροφία, εξάγονταν στην Αθήνα. Η αρχαιολογική έρευνα επιβεβαιώνει ότι υπήρξε σημαντική παραγωγή κεραμικών προϊόντων καθώς η ποσότητα και ο σπάνιος τύπος των αγγείων που έχουν βρεθεί πιστοποιεί την ύπαρξη μεγαρικού κεραμικού εργοστασίου κατά τον 6^ο π.Χ. αιώνα.³

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

1.4.4. Η πόλη των Μεγάρων.



Εικ.2. Τα μνημεία των Μεγάρων κατά τον A. Muller (πηγή: Muller 1984)

Τα οικοδομικά κατάλοιπα των κλασικών και ελληνοιστικών χρόνων που έχουν βρεθεί στις σωστικές ανασκαφές παρουσιάζουν εξαιρετική τεχνική: χρησιμοποιούνται ορθογώνιοι πωρόλιθοι και ασβεστόλιθοι σε τοιχοδομίες καλής αρμολογίας. Τα χαρακτηριστικά αυτά τα βρίσκουμε και στα μέγαρα, τα οποία ήταν υπόγεια δωμάτια που χρησίμευαν σαν κελάρια και αποθήκες καρπών. Τα μέγαρα ήταν αποθηκευτικοί χώροι του σπιτιού και μια εκδοχή είναι πως από εκεί πήρε το όνομά της η πόλη. Στην περιοχή των Μεγάρων αναφέρονται από τον Πausanias ναοί και ιερά

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

αφιερωμένα στον Δία, στην Αρτέμιδα, στον Διόνυσο, στην Ίσιδα, στον Απόλλωνα, στην Αφροδίτη, στην Αθηνά την Πολιάδα και στην Τύχη. Η Αγορά ήταν στους πρόποδες ανάμεσα στους δύο λόφους. Η πόλη ορίζεται εκτός από τους δύο λόφους και από δύο χείμαρρους, του Τριποδίσκου και του Μαγκαφούρη, οι οποίοι δημιουργούσαν φυσική τάφρο για τα τείχη της πόλης που κτίστηκαν δίπλα τους. Η έκταση της αρχαίας πόλης εκτιμάται στα 1,3 τ.χλμ. Το τείχος είχε πέντε πύλες και κατά τον 4^ο αιώνα π.Χ. διέθετε στην βόρεια πλευρά προτείχισμα και τάφρο.

Η κεντρική πύλη βρισκόταν στα νότια και όριζε τον άξονα τις Ευθείας Οδού που οδηγούσε στο λιμάνι της Νίσαιας και προστατευόταν από τα Μακρά τείχη.

Τα σημερινά Μέγαρα έχουν την ίδια θέση και σχεδόν την ίδια έκταση με το αρχαίο κέντρο της πόλης. Η πόλη τότε θα ήταν πυκνοκατοικημένη με όμορφα κτήρια, στενούς δρόμους, ναούς, σχολές, κρήνη, αγάλματα και στοές.

Στην σύγχρονη εποχή όποιος θελήσει να πάει στα Μέγαρα αξίζει να επισκεφθεί το Αρχαιολογικό Μουσείο για να πάρει μία εικόνα των αρχαίων Μεγάρων. Το σημαντικότερο μνημείο της πόλης είναι η Κρήνη του Θεαγένους. Η Κρήνη, σε συνδυασμό με ένα σύστημα αγωγών και αποστραγγιστικών έργων έξω από τα βόρεια τείχη της πόλης, συγκέντρωνε το νερό που ήταν πολύτιμο για την ζωή στην πόλη. Η χρονολόγηση της Κρήνης είναι γύρω στο 500 π.Χ. και δεν σχετίζεται με την εποχή του Θεαγένη αλλά φαίνεται πολύ πιθανό ο τύραννος Θεαγένης να είχε κατασκευάσει κρηναίο οικοδόμημα στην θέση αυτή. Η κρήνη λειτούργησε για περίπου μια χιλιετία, μέχρι τον 5^ο αιώνα μ.Χ.³

Κεφάλαιο 2^ο

Τεχνικές επιχρύσωσης.

2.1. Ιδιότητες του χρυσού

Ο χρυσός είναι ένα κίτρινο μέταλλο. Συχνά βρίσκεται στην φυσική του κατάσταση και είναι το πιο εύπλαστο από όλα τα μέταλλα. Ο καθαρός χρυσός μπορεί να γίνει ρολό και να χτυπηθεί σε εξαιρετικά λεπτά φύλλα πάχους περί τα 100 nm.

Ο χρυσός είναι εξαιρετικά ανθεκτικός στην διάβρωση αλλά μπορεί να διαλυθεί σε διάλυμα υδροχλωρικού και νιτρικού οξέος. Είναι επίσης διαλυτός σε διάλυμα κυανιούχου καλίου και σε οξυγονούχα υδατικά διαλύματα του βρωμίου και του ιωδίου.⁴

Ο χρυσός εύκολα σχηματίζει κράματα με άλλα ευγενή αλλά και βασικά μέταλλα με σύντηξη, διάχυση και ηλεκτρόλυση.^{5,6,7} Μπορεί, επιπλέον, να λειανθεί, να λουστραριστεί και να αποκτήσει εξαιρετικά λείο φινίρισμα, το οποίο επιδεικνύει την υψηλότερη αντανακλαστικότητα σε υπέρυθρη ακτινοβολία σε σύγκριση με οποιοδήποτε άλλο μέταλλο.

⁴<https://books.google.gr/books?id=klc8AgAAQBAJ&pg=PT162&dq=Gold+Plating+in+Ancient+History.+Part+I:+Leaf+Gilding.&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwj9vcnTgrHUAhXGJ8AKHbdfDfQQ6AEIJjAA#v=onepage&q=Gold%20Plating%20in%20Ancient%20History.%20Part%20I%3A%20Leaf%20Gilding.&f=false>

⁵ <http://www.chemeng.ntua.gr/courses/dpm/pdf-files/20-protection-plating-nadima-12.pdf>

⁶ http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/ch5t.pdf

⁷ <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CF%8C%CE%BB%CF%85%CF%83%CE%B7>

2.2. Η Ιστορία της Επιχρύσωσης.

Χάρη στην παρουσία του στο φυσικό κόσμο, ο χρυσός είναι από τα πρώτα μέταλλα που κέντρισε την προσοχή του αρχαίου ανθρώπου. Πλήθος στοιχείων από ανασκαφές έχουν δείξει ότι ήδη από τις πρώτες προσπάθειες κατασκευής εργαλείων από πυριτόλιθο ή οψιδιανό, όπως μαχαίρια, ο χρυσός χρησιμοποιούταν για την διακόσμηση των λαβών. Η τέχνη της επιχρύσωσης με την εφαρμογή ενός λεπτού φύλου χρυσού με σφυρηλάτηση υπάρχει εδώ και αιώνες. Εκτός από το γεγονός της μεγάλης αξίας του ως πολύτιμο μέταλλο, ο χρυσός χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια των αιώνων σε κοσμήματα αλλά και στη διακόσμηση αντικειμένων και χάρη στο πλούσιο χρώμα και την αντοχή του. Η αντοχή στη διάβρωση που επιδεικνύουν τα χρυσά αντικείμενα τους επέτρεψε να επιβιώσουν κατά το πέρασμα του χρόνου και, με αυτό τον τρόπο, μας χάρισε σημαντικές γνώσεις για πολλές πτυχές της ζωής κατά την αρχαιότητα.

Η τεχνική της επιχρύσωσης ήταν κοινή στη χρήση στην Αρχαία Αίγυπτο αλλά νοείτο μόνο ως τοποθέτηση μίας λεπτής σφυρηλατημένης μεμβράνης πάνω σε άλλα μέταλλα. Κατά το Μεσαίωνα, η διαδικασία που ονομαζόταν «επιχρύσωση μέσω φωτιάς» χρησιμοποιούταν για την επίστρωση αντικειμένων. Με αυτή τη μέθοδο τα αντικείμενα επιστρώνονταν-επικαλύπτονταν με ένα κράμα υδραργύρου και χρυσού και ακολούθως θερμαίνονταν για να απομακρυνθεί ο υδράργυρος. Ένα στρώμα αγνού ανόθευτου χρυσού έμενε στην επιφάνεια του αντικειμένου που, εν συνεχεία, μπορούσε να στιλβωθεί μέχρι να γίνει ιδιαίτερα φωτεινό. Παρόλο που αυτή η μέθοδος ήταν εξαιρετικά τοξική και κόστισε τις ζωές σε πολλούς άνδρες, παρέμεινε σε χρήση για αιώνες.⁸

Το υλικό που χρησιμοποιείται στη επιχρύσωση είναι ατόφιος χρυσός ή κράμα χρυσού με άλλο μέταλλο, συνήθως άργυρο, χαλκό ή και τα δύο. Οι αναλογίες του κράματος προσαρμόζονταν ώστε να προσδώσουν το επιθυμητό χρώμα: κίτρινο χρυσό, κόκκινο χρυσό, πράσινο χρυσό ή λευκό χρυσό ανάλογα με ποιο και πόσο μέταλλο χρησιμοποιούταν στο κράμα.⁹ Η περιεκτικότητα ενός

⁸<https://books.google.gr/books?id=klc8AgAAQBAJ&pg=PT162&dq=Gold+Plating+in+Ancient+History.+Part+I:+Leaf+Gilding.&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwj9vcnTgrHUAhXGJ8AKHbdfDfQQ6AEIJAA#v=onepage&q=Gold%20Plating%20in%20Ancient%20History.%20Part%20I%3A%20Leaf%20Gilding.&f=false>

⁹ CRETU, C. VAN DER LINGEN, E., “Coloured Gold Alloys”, *Gold Bulletin*, v. 32, n. 4, pp 115-126, 1999.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

κράματος χρυσού σε χρυσό μετρίεται σε καράτια (kt): 100% χρυσός αντιστοιχεί σε 24 καράτια ενώ 18 καράτια για παράδειγμα αντιστοιχούν σε κράμα που περιέχει 75% χρυσό. Οι πολυάριθμοι συγγραφείς που ασχολήθηκαν ενδελεχώς με την περιγραφή και την ανάλυση της επιχρύσωσης με φύλλα χρυσού, συμφωνούν λίγο πολύ στους κάτωθι ορισμούς για την περιγραφή των ποικίλου πάχους χρησιμοποιούμενων φύλλων χρυσού.¹⁰

- Η πλάκα χρυσού (gold sheet) πρόκειται για παχιά πλάκα χρυσού που προκύπτει μετά από την πρώτη σφυρηλάτηση της ράβδου χρυσού.
- Τα φύλλα χρυσού (gold foils) έχουν ενδιάμεσο πάχος, περισσότερο από 10 μm και προκύπτουν μετά από σφυρηλάτηση των πλακών χρυσού.
- Τα λεπτά φύλλα χρυσού προκύπτουν μετά από επιπλέον «χτύπημα» και σφυρηλάτηση. Το πάχος τους είναι μικρότερο από 10 μm και μπορεί να φτάσει ακόμα και τα 0.1 μm. Κατά συνέπεια δεν μπορούν να υποστηρίξουν τη μάζα τους και για τον χειρισμό τους απαιτούνται ειδικές λεπίδες.

Ανεξάρτητα από το εάν χρησιμοποιούταν λεπτά ή παχιά φύλλα χρυσού, ορισμένα βοηθητικά μέσα πρόσδεσης του χρυσού στο υποκείμενο μέταλλο έπρεπε να επινοηθούν. Η πιο απευθείας μέθοδος ήταν αυτή της απλής μηχανικής συγκόλλησης. Η επιφάνεια του υποκείμενου μετάλλου τροποποιούνταν και γινόταν ηθελημένα τραχιά έτσι ώστε να υποδεχτεί το εφαρμοζόμενο φύλλο χρυσού ή η τοπογραφία των επιφανειών προβλεπόταν να έχει επαρκείς διακυμάνσεις ώστε να μπορούν οι επιφάνειες να λειτουργήσουν ως κατάλληλο υπόστρωμα πάνω στο οποίο θα λειαίνονταν με σφυρηλάτηση και θα συγκρατούνταν μηχανικά τα φύλλα χρυσού. Από τη στιγμή που ο χρυσός τοποθετούταν στη θέση του, ολόκληρο το αντικείμενο μπορούσε να θερμανθεί ώστε να δημιουργηθούν, μέσω διάχυσης στερεής κατάστασης, ισχυρές συνδέσεις ανάμεσα στα δύο μέταλλα σε τέτοιο βαθμό που μια πολύ λεπτή ζώνη κράματος μετάλλων συχνά δημιουργούταν στην επιφάνεια επαφής τους. Επίσης, φύλλα χρυσού εφαρμόζονταν πάνω σε μεταλλικές επιφάνειες με τη χρήση οργανικών υλικών συγκόλλησης διαφόρων τύπων, πρακτική καθόλου ασυνήθιστη στην Αρχαία Αίγυπτο. Τέλος, όπως ήδη αναφέρθηκε, ο υδράργυρος χρησιμοποιούνταν

¹⁰ ODDY, W.A., "Gilding of metals in the old world", In: *Metal Plating and Patination*, ed. S La Niece, P. Craddock, Butterworth, London, 1993.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

για μεγάλο χρονικό διάστημα σαν μέσο υποβοήθησης της σύνδεσης του χρυσού πάνω στο μεταλλικό υπόστρωμα.¹¹

2.2.1. Επιχρύσωση με φύλλο χρυσού (gold foil).

Ορισμένοι ήλοι από άργυρο με προέλευση τη Συρία, οι κεφαλές των οποίων φέρουν επιχρύσωση εν είδει τυλιγμένου φύλλου χρυσού στην κορυφή, αποτελούν τα παλιότερα καταγεγραμμένα παραδείγματα επιχρύσωσης. Οι ήλοι αυτοί, που εκτίθενται στο Βρετανικό Μουσείο, χρονολογούνται στη 3^η χιλιετηρίδα π.Χ.¹² Το φύλλο χρυσού συγκρατούνταν στην προβλεπόμενη θέση χάρη στις μηχανικές ιδιότητες και την αντοχή του. Με αφετηρία την εποχή του χαλκού, η επιχρύσωση χρησιμοποιούταν ευρέως με σκοπό να δώσει σε άλλα μέταλλα την εμφάνιση του χρυσού. Η αρχαιότερη καταγραφή σχετικά με τη μηχανική μορφοποίηση φύλλων χρυσού βρέθηκε σε έναν Αιγυπτιακό τάφο στη Σακκάρα (2500 π.Χ.).¹³ Σε αυτή απεικονίζονται η διαδικασία τήξης του χρυσού και ένας τεχνίτης που σφυρηλατεί τον χρυσό με μια στρογγυλή πέτρα. Οι φυσικές του ιδιότητες επέτρεπαν την αποτελεσματική περιτύλιξη του φύλλου χρυσού γύρω από τις άκρες του άλλου αντικειμένου. Ωστόσο πιθανολογείται η κατά περίπτωση χρησιμοποίηση ζωικής κόλλας ως συγκολλητική ουσία ανάμεσα στις δύο επιφάνειες. Για να επιτευχθεί η επιχρύσωση σε μικρές επιφάνειες, γινόταν μία πλάγια αυλάκα στην επιφάνεια του αντικειμένου γύρω από την περιοχή που ήταν να επιχρυσωθεί και στη συνέχεια ένα κομμάτι φύλλου χρυσού, που κοβόταν ελάχιστα μεγαλύτερο σε μέγεθος, προωθούνταν με τις άκρες του εντός της αυλάκωσης με τη βοήθεια μιας λεπτής σπάτουλας. Στη συνέχεια, με τη χρήση σφυριού, η αυλάκωση σφραγιζόταν με αποτέλεσμα τη στερέωση του χρυσού.

Αυτή η τεχνική της μηχανικής τοποθέτησης του φύλλου χρυσού στην προς επιχρύσωση επιφάνεια ήταν σε χρήση για μεγάλο χρονικό διάστημα, με χαρακτηριστικά παραδείγματα την κεφαλή του

¹¹ Heather N. Lechtman, *Ancient Methods of Gilding Silver: Examples from the Old and the New Worlds*. Massachusetts Institute of Technology, Chapter 1 pp 2- 30

¹² CRADDOCK, P., "The Composition of the Copper Alloys used by the Greek, Etruscan and Roman Civilisations 2. The Archaic, Classical and Hellenistic Greeks", *Journal of Archaeological Science*, v. 4, n. 2, pp. 103- 123, 1977.

¹³ PLINY THE ELDER, *Naturalis Historiae*, XXXIII, xx et xxxii.

παιδιού από τον θησαυρό του Oxus (3^{ος} Αιώνας π.Χ.) και το μπρούτζινο άγαλμα του Καρομάμα (850 π.Χ.) που σώζεται στο Λούβρο.¹⁴ Η τεχνική σίγουρα χρησιμοποιούταν και κατά την Ελληνιστική περίοδο. Υπάρχουν δείγματα επιχρύσωσης με αυτή τη μέθοδο σε μπρούτζινα γλυπτά από την Αρχαία Αγορά στην Αθήνα, μολονότι ο περισσότερος από αυτόν τον χρυσό αφαιρέθηκε από τα γλυπτά στη συνέχεια. Ο Πλίνιος γράφει: « Ο αυτοκράτορας Νέρων ήταν τόσο ευχαριστημένος από το άγαλμα του νεαρού Αλεξάνδρου που το παρήγγειλε να το κάνουν επιχρυσωμένο. Αλλά αυτή η αύξηση στην χρηματική του αξία μείωσε την καλλιτεχνική του αισθητική τόσο πολύ που στο τέλος ο χρυσός αφαιρέθηκε. Κατόπιν όλων αυτών το γλυπτό έγινε ακόμα πιο πολύτιμο παρόλο που διατηρούσε σημάδια από τη δουλειά που είχε γίνει πάνω του καθώς και τομές στις οποίες ο χρυσός είχε στερεωθεί.» Παρόλο που το άγαλμα από την Αθηναϊκή Αγορά δεν είναι αυτό που επιχρυσώθηκε κατά παραγγελία του Νέρωνα, οι περιγραφές του Πλινίου για τις τομές-χαρακίες μέσα στις οποίες είχε στερεωθεί ο χρυσός το περιγράφουν ορθώς και λεπτομερώς.¹⁵

Προφανώς αυτή η μέθοδος εμπεριείχε σπάταλη και θα γινόταν πολύ πιο οικονομική αν χρησιμοποιούταν λεπτό φύλλο χρυσού. Ωστόσο το λεπτό φύλλο χρυσού είναι τόσο λεπτό που δεν μπορεί να στηρίξει το ίδιο του το βάρος και έτσι νέες μέθοδοι συγκόλλησης έπρεπε να επινοηθούν.

2.2.2. Επιχρύσωση με λεπτό φύλλο χρυσού (gold leaf).

Ο Πλίνιος γράφει σχετικά: « ... μια ουγκιά χρυσού μπορεί να χτυπηθεί και να δώσει 750 ή περισσότερα τετράγωνα λεπτά φύλλα χρυσού πλευράς τεσσάρων δακτύλων (750 χιλιοστόμετρα κατά προσέγγιση). Το παχύτερο είδος φύλλου χρυσού λέγεται *Palestrina leaf* και παίρνει το όνομα

¹⁴ ODDY, W.A., "Gilding through the ages", *Gold Bulletin*, v. 14, n. 2, pp 75-79, 1981.

¹⁵ M. Martini, M. Milazzo, M. Piacentini, *Physics Methods in Archaeometry*, International School of Physics "Enrico Fermi", σ:251-256, Bologna, 2004

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

του από το πρώτο επιχρυσωμένο άγαλμα της θεάς Τύχης σε εκείνη την περιοχή. Το αμέσως επόμενο σε πάχος λέγεται Quaestorian leaf».¹⁰

Το φύλλο χρυσού μπορεί να σφυρηλατηθεί και να γίνει εξαιρετικά λεπτό μόνο αν είναι πολύ ατόφιο. Κατά συνέπεια λεπτά φύλλα χρυσού δεν ήταν δυνατό να κατασκευασθούν μέχρι που επινοήθηκαν τρόποι εξευγενισμού του χρυσού. Ο Forbes αποδίδει αυτήν την ανακάλυψη στους Μεσοποτάμιους του 2000 π.Χ. περίπου. Είναι δεδομένο πως ο εξευγενισμός με φωτιά ήταν γνωστός κατά τον 14^ο αιώνα π.Χ. καθώς σε επιστολή του προς τον βασιλιά της Βαβυλωνίας Buiraburiash γραμμένη σε σφηνοειδή γραφή, ο Αιγύπτιος Φαραώ Anemorphis IV διαμαρτύρεται ότι όταν ένα πρόσφατο φορτίου «χρυσού» τοποθετήθηκε στην φωτιά μόνο το ένα τέταρτο από το βάρος του χρυσού ανακτήθηκε.

Στην Αίγυπτο η σφυρηλάτηση χρυσού αποτελούσε εξειδικευμένη τέχνη με τις καταβολές τόσο παλιές όσο το Νέο Βασίλειο (στο δεύτερο μισό της δεύτερης χιλιετηρίδας π.Χ.). Αυτό πιστοποιείται από την παρουσία υπολειμμάτων λεπτού φύλλου χρυσού πάνω στον επικήδειο πάπυρο του Neferronpet, που φέρεται ως ο πιο επιφανής από τους κατασκευαστές λεπτού χρυσού.¹⁶

Το πρόβλημα της επιχρύσωσης με λεπτό φύλλο χρυσού είναι η επιτυχής συγκόλληση στην εκάστοτε επιφάνεια. Στο ασήμι θα κολλούσε μέσω διάχυσης σε ελαφρώς υψηλή θερμοκρασία, ενώ στον χαλκό θα στερεωνόταν με κάποια συγκολλητική ουσία.¹²

2.2.2.1. Συγκόλληση του λεπτού φύλλου χρυσού πάνω σε άργυρο με διάχυση.

Το λεπτό φύλλο χρυσού μπορεί να συγκολληθεί πάνω στο ασήμι λειαινόντας το φύλλο πάνω στην ασημένια επιφάνεια και εν συνεχεία θερμαίνοντάς το σε φλόγα για λίγα δευτερόλεπτα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μέρος του αργύρου να διαχυθεί μέσα στον χρυσό. Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει αναπαραχθεί στο εργαστήριο με πανομοιότυπα αποτελέσματα σε σύγκριση με και η διατομή έχει

¹⁶ NICHOLSON, E.D., "The ancient craft of gold beating", *Gold Bulletin*, v. 12, n. 4, pp 161-166, 1979.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

συγκριθεί με δείγματα από γνήσιες αρχαιότητες. Η συγκόλληση με διάχυση επέτρεπε μόνο τμήματα της επιφάνειας να επιχρυσωθούν και έδινε την δυνατότητα στους αργυροχόους της εποχής να κατασκευάζουν σχέδια πάνω στα οποία συγκεκριμένες λεπτομέρειες τονίζονταν με χρυσό.¹²

2.2.2.2. Επιχρύσωση κραμάτων χαλκού με λεπτά φύλλα χρυσού χρησιμοποιώντας συγκολλητική ουσία.

Παραθέτουμε τον Πλίνιο ξανά: « Στο μάρμαρο και σε άλλα υλικά που δεν είναι δυνατό να υποστούν υπερθέρμανση ο χρυσός επικάθεται με τη βοήθεια του ασπραδιού του αυγού». ¹⁰ Εδώ ο Πλίνιος περιγράφει τη μέθοδο η οποία χρησιμοποιείται για την επιχρύσωση δερμάτων, πέτρας και ξύλου ακόμα και σήμερα. Το ασπράδι του αυγού είναι καλή συγκολλητική ουσία και χρησιμοποιούταν στην συγκόλληση λεπτών φύλλων χρυσού σε μη μεταλλικά υλικά. Χρησιμοποιούταν επίσης για τη συγκόλληση λεπτού φύλλου χρυσού σε κράματα χαλκού, όπως ο μπρούτζος, καθώς όταν ο χαλκός θερμανθεί γρήγορα σχηματίζει ένα οξείδιο στην επιφάνεια του που καθιστά αδύνατη τη συγκόλληση του φύλλου χρυσού πάνω στην επιφάνεια του μέσω διάχυσης.¹²

Ένας αριθμός από ρωμαϊκά αγάλματα είναι γνωστά για την επιχρυσωμένη επιφάνεια τους η οποία σχηματίζει ένα μοτίβο με τετράγωνα διαγωνίου 70 mm. Αυτό προκαλείται από την επικάλυψη γειτονικών τετραγώνων από λεπτό φύλλο χρυσού, δημιουργώντας έτσι διπλάσιο πάχος χρυσού στο σημείο της ελάχιστης επικάλυψης.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

2.2.2.3. Επιχρύσωση με λεπτά φύλλα χρυσού με χρήση υποστρώματος από κόκκινο πηλό (gilding on bole ground).

Όταν γίνεται η τοποθέτηση του λεπτού φύλλου χρυσού πάνω σε άλλο υλικό η επιφάνεια του υποστρώματος πρέπει να είναι πολύ λεία. Στις επιχρυσώσεις ξύλου είναι σύνηθες να απλώνεται πάνω στην επιφάνεια του ξύλου ένα υπόστρωμα από πηλό ή γύψο το οποίο στη συνέχεια λειαίνεται ενδελεχώς εωσότου προκύψει μια λεπτή και λεία επιφάνεια πάνω στην οποία θα τοποθετηθεί το λεπτό φύλλο χρυσού με τη χρήση συγκολλητικής ουσίας. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για την επιχρύσωση επίπλων και κορνιζών και είναι πολύ ασυνήθης για μέταλλα. Παρόλα αυτά έχουν βρεθεί ένας αριθμός από επιχρυσωμένα μπρούτζινα ως επί των πλείστον προερχόμενα από την Αίγυπτο αντικείμενα πάνω στα οποία το λεπτό φύλλο χρυσού έχει εφαρμοστεί πάνω σε ένα υπόστρωμα από σκόνη δολομίτη, ασβεστόλιθου, γύψου ή πηλού.¹²

2.2.2.4. Επιχρύσωση με φωτιά ή υδράργυρο.

Με αφετηρία τον 4^ο π.Χ αιώνα στην Κίνα, συναντάμε μπρούτζινα επιχρυσωμένα αντικείμενα πάνω στα οποία η επιχρύσωση είναι πολύ λεπτή, σαν του λεπτού φύλλου χρυσού. Αλλά όταν το χρυσό επίπεδο αναλύθηκε, βρέθηκε ότι εμπεριείχε μικρή ποσότητα υδραργύρου. Υδράργυρος συναντάται επίσης στην επιχρύσωση αργύρου στην Αυτοκρατορία των Sasanian και στη συνέχεια στην επιχρύσωση αργύρου και χαλκού στο Ρωμαϊκό κόσμο (2^{ος} – 3^ο αιώνα μ.Χ).¹⁰

Το χαρακτηριστικό αυτού του τύπου της επιχρύσωσης είναι ότι χρησιμοποιείται πολύ συχνά για την επιχρύσωση μικρών περιοχών επάνω σε ένα αντικείμενο. Ωστόσο, η επιχρύσωση με αυτή την μέθοδο εκτείνεται εκτός των ορίων της επιθυμητής περιοχής και, ορισμένες φορές, η επιφάνεια θα εμφανίζει μερικές φυσαλίδες εντός της επιχρύσωσης. Αυτά τα φαινόμενα είναι χαρακτηριστικά μιας διαδικασίας που είναι γνωστή ως επιχρύσωση με φωτιά ή με υδράργυρο. Σε αυτή την διαδικασία ένα διάλυμα χρυσού μέσα σε υδράργυρο απλώνεται επάνω στην καθαρή επιφάνεια του

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

χαλκού ή του αργύρου και έπειτα το αντικείμενο θερμαίνεται πάνω από, και όχι μέσα σε, ένα στρώμα πυρακτωμένων κάρβουνων, μέχρι ο υδράργυρος να εξατμιστεί.¹¹ Αυτό αφήνει πίσω ένα στρώμα θαμπού κίτρινου χρυσού που χρειάζεται να στιλβωθεί για να δημιουργήσει μία λαμπερή φωτεινή επιφάνεια.

Το διάλυμα χρυσού σε υδράργυρο παρασκευάζεται προσθέτοντας λεπτό φύλλο χρυσού ή σκόνη χρυσού μέσα σε καυτό υδράργυρο μέχρι να δημιουργηθεί μία πηχτή παχιά πάστα (σαν βούτυρο). Αυτή απλώνεται πάνω στην επιφάνεια του αργύρου ή του χαλκού η οποία έχει πριν σχολαστικά καθαριστεί. Στη συνέχεια, ο υδράργυρος από την πάστα γίνεται κράμα (ενώνεται) με τη βάση της μεταλλικής επιφάνειας. Έπειτα, με θέρμανση απομακρύνεται ο υδράργυρος.^{11,12} Αυτή η διαδικασία ήταν πολύ επικίνδυνη για τους τεχνίτες καθώς ο υδράργυρος είναι πολύ τοξικός, ιδιαίτερα σε αέρια φάση. Επειδή η πάστα του χρυσού με τον υδράργυρο είναι μαλακή, είναι πρακτικά αδύνατον να την περιορίσει κάποιος με ακρίβεια σε μικρές περιοχές πάνω στην προς επιχρύσωση επιφάνεια και έτσι η επιχρύσωση θα απλωθεί και πέραν από εκεί που επιθυμούμε. Συνήθως οι τεχνίτες έξυναν το περισσεύον στρώμα χρυσού ώστε να το απομακρύνουν από τις ανεπιθύμητες περιοχές, αλλά αυτό δεν συνέβαινε πάντοτε. Αν το τελικό ζέσταμα ήταν πολύ γρήγορο ο υδράργυρος θα εξατμιζόταν κάτω από την επιφάνεια του χρυσού και θα δημιουργούσε μικρές φυσαλίδες στην επιφάνεια της επιχρύσωσης.

Η ευρέως διαδεδομένη μέθοδος επιχρύσωσης με υδράργυρο κατά τον 2^ο και 3^ο αιώνα μ.Χ. αντικατέστησε κατ' ουσία τη χρήση του λεπτού και του παχέος φύλλου χρυσού για την επιχρύσωση μεταλλικών αντικειμένων εκτός από εκείνα φτιαγμένα από μπρούτζο, ορείχαλκο και κράματα χαλκού που περιείχαν μόλυβδο, καθώς η παρουσία μολύβδου και ψευδάργυρου στο μέταλλο προς επιχρύσωση οδηγούσε στην εμφάνιση λευκών κηλίδων εντός της επιχρύσωσης.¹² Η ύπαρξη ποικιλίας μεθόδων επιχρύσωσης παρείχαν την βάση για μια ενδιαφέρουσα μελέτη επιχρυσωμένων αγαλμάτων από κράματα χαλκού στον Ρωμαϊκό κόσμο.

Η ανάλυση αυτών των επιχρυσωμένων αγαλμάτων οδήγησε στη διάκριση δύο ομάδων: Ορισμένα ήταν φτιαγμένα από σχεδόν καθαρό χαλκό (μόνο 1% με 2% κράμα) και περιείχαν λίγο ψευδάργυρο στο στρώμα χρυσού, ενώ τα υπόλοιπα ήταν κράματα μολύβδου και μπρούτζου (75% χαλκό και 25% ψευδάργυρο συν μόλυβδο κατά μέσο όρο) και δεν περιείχαν καθόλου ψευδάργυρο στο επιχρυσωμένο τμήμα τους. Στην πραγματικότητα, είναι πιθανό να παρατηρήσει κανείς ένα

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

μοτίβο από τετράγωνα μέσα στην επιχρύσωση του δεύτερου γκρουπ, πράγμα που αποδεικνύει ότι επιχρυσώθηκαν με την επικόλληση λεπτού χρυσού φύλλου πάνω στην επιφάνεια. Αυτή η διαφοροποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να τοποθετήσουμε χρονολογικά τα επιχρυσωμένα με χαλκό αγάλματα που περιέχουν ψευδάργυρο στην επιχρύσωση τους στην μετέπειτα ρωμαϊκή περίοδο. Τα άλογα στην βασιλική του Αγίου Μάρκου στην Βενετία είναι τέτοιου τύπου και έτσι δεν μπορεί να είναι ελληνικής προέλευσης όπως είχε προταθεί.¹⁷

2.2.3. Άλλες αρχαίες τεχνικές επιχρύσωσης.

Αξίζει να αναφέρουμε δύο ακόμα τεχνικές επιχρύσωσης του αρχαίου κόσμου.

Η μη ηλεκτρική επιχρύσωση (electroless gilding) χρησιμοποιούταν από τους αρχαίους πολιτισμούς Vicus (300 π.Χ. – 500 μ.Χ.) και Mochica (100 π.Χ. – 850 μ.Χ.) στην Νότιο Αμερική. Οι λαοί αυτοί εκμεταλλεύονταν τη φυσική ηλεκτροχημική διαφορά δυναμικού μεταξύ χρυσού και χαλκού ώστε να απομονώσουν λεπτά ιζήματα χρυσού από διαλύματα χρυσού επάνω σε εργαλεία και λατρευτικά αντικείμενα.¹⁸

Οι ίδιοι λαοί φέρονται να εφηύραν μια ευφύεστατη τεχνική επιχρύσωσης που ονομάζεται επιχρύσωση αφαίρεσης (depletion gilding ή mise en couleurs). Σε αυτή ένα κράμα χρυσού με χαλκό οξειδώνεται ή/και χαράσσεται με οξύ ώστε να εξαλειφθεί ο χαλκός από την επιφάνειά του. Μια τελική λείανση οδηγεί σε μια ατόφια επιχρυσωμένη επιφάνεια.¹⁹ Στην ουσία πρόκειται για αφαιρετική μέθοδο κατά την οποία αντικείμενα ή γλυπτά φτιαγμένα από κράματα χρυσού με χαλκό ή σπανιότερα άργυρο υφίστανται μια ανάστροφη διαδικασία κατά την οποία ο χαλκός ή ο

¹⁷<https://books.google.gr/books?id=MxnvAgAAQBAJ&pg=PA252&lpg=PA252&dq=Foil+and+leaf+gilding+on+figurine&source=bl&ots=PkwepjNbsQ&sig=rUnyeO2U5V01z1wMQ2fWlodEJvo&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjq4mb-YITAhXDuxQKHZyiBalQ6AEITTAO#v=onepage&q=Foil%20and%20leaf%20gilding%20on%20figurine&f=false>

¹⁸ LECHTMAN, H. "Pre-Columbian surface metallurgy", *Scientific American*, v. 250, n. 6, pp. 38-45, 1984.

¹⁹ E. Darque-Ceretti, Eric Felder, Marc Aucouturier, Foil and leaf gilding on cultural artifacts; forming and adhesion; *Materia Revista* ISSN 1517-7076, <http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo11439/#ref17>

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

άργυρος αφαιρούνται από την εξωτερική επιφάνειά τους ώστε να μοιάζουν απολύτως χρυσά.²⁰ Η τεχνική αυτή βασίζεται στην ιδιότητα του χρυσού, σε αντίθεση με άλλα μέταλλα όπως ο χαλκός και ο άργυρος, να ανθίσταται στην οξείδωση και την διάβρωση από τα περισσότερα χημικά. Έτσι αν εμβαπτίσουμε ένα αντικείμενο φτιαγμένο από κράμα χρυσού με χαλκό και άργυρο σε κατάλληλο οξειδίο ή άλας που επιτίθεται στο χαλκό και τον άργυρο, θα εξαλειφθούν αυτά τα μέταλλα από την επιφάνεια του αντικειμένου και έτσι θα πάρουμε μια σχεδόν ατόφια χρυσή επιφάνεια.

Η επιχρύσωση με σκόνη (powder gilding) είναι φτηνότερη και ευκολότερη σε σύγκριση με την χρήση φύλλων χρυσού (παχέων ή λεπτών) και εμφανίστηκε από την στιγμή που έγινε δυνατή η άλεση φύλλων χρυσού σε λεπτή σκόνη, η οποία στη συνέχεια αναμειγνυόταν με ένα οργανικό συνδετικό υλικό και απλωνόταν πάνω στην επιφάνεια επιχρύσωσης σαν μπογιά. Το συνδετικό υλικό απομακρυνόταν στη συνέχεια με εφαρμογή θερμότητας, ενώ μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε υπόστρωμα. Υπάρχουν παραδείγματα αυτής της τεχνικής ήδη από την 1^η χιλιετηρίδα μ.Χ. στην Κίνα.²¹

2.2.4. Τεχνικές επιχρύσωσης πάνω σε πήλο.

Η βιβλιογραφία είναι ιδιαίτερα φειδωλή όσο αφορά στη λεπτομερή περιγραφή και ανάλυση των τεχνικών που χρησιμοποιούνταν κατά την Αρχαιότητα για την εφαρμογή και συγκράτηση φύλλων χρυσού πάνω σε πήλινο υπόστρωμα.

Αναφέρθηκε ήδη ότι κατά την επιχρύσωση πάνω σε ξύλο χρησιμοποιείται σαν ενδιάμεσο υπόστρωμα ανάμεσα στο ξύλο και το φύλλο χρυσού κόκκινος πήλος.²² Το υλικό αυτό, το οποίο αποτελούσε τη βάση για την τοποθέτηση του χρυσού, επαλειφόταν σε δύο πολύ λεπτά στρώματα αφού πρώτα το ξύλο καλυπτόταν στους 60 βαθμούς Κελσίου με περίπου δέκα παχιά στρώματα

²⁰ Sparavigna, Amelia Carolina, Depletion Gilding: An Ancient Method for Surface Enrichment of Gold Alloys. *Mechanics, Materials Science and Engineering*, 2 (1), pp. 99-105, 2016, ISSN: 2412-5954

²¹ GUEIT, E., DARQUE-CERETTI, E., AUCOUTURIER, M., "Glass gilding process in medieval Syria and Egypt (13th–14th century)", *Journal of Archaeological Science*, v. 37, n. 7, pp. 1742–1752, 2010.

²² Andrew Oddy, Gilding Through the Ages, An outline history of the process in the old world. *Gold Bull.*, 1981, 14, (2) pp 75-79

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

από ένα διάλυμα που περιείχε ένα ορυκτό (συνήθως ασβεστόλιθο), ένα διαλύτη (συνήθως νερό) και μία οργανική συγκολλητική ουσία (συνήθως κόλλα από δέρμα κουνελιού-«κουνελόκολλα»). Ο κόκκινος πηλός συμπιέζεται υπό την πίεση ενός αχάτη λίθου και το λεπτό φύλλο χρυσού γίνεται τόσο λείο και γυαλιστερό όσο η επιφάνεια ενός καθρέπτη.²³ Κατά συνέπεια, είναι μάλλον ασφαλές να υποθέσουμε ότι κάποια αντίστοιχη τεχνική που συμπεριλάμβανε την χρήση οργανικής κόλλας και θερμότητας πιθανώς χρησιμοποιούταν και για την επιχρύσωση απευθείας πάνω σε πήλινα αντικείμενα.

Σε αναλύσεις που έγιναν πρόσφατα σε κεραμικά από τον 12^ο – 14^ο αιώνα μ.Χ. στο Ιράν και το Ουζμπεκιστάν το υλικό επιχρύσωσης βρέθηκε ότι ήταν 99% χρυσός. Μετά την επίστρωση του λεπτού φύλλου χρυσού το κεραμικό θερμαινόταν ξανά με αποτέλεσμα να είναι πρακτικά αδύνατο να γνωρίζουμε αν χρησιμοποιούταν και κάποια συγκολλητική ουσία καθώς οι οργανικές κόλλες αποσυντίθενται με την καύση. Το μόνο ανιχνεύσιμο δεδομένο ήταν ότι η επιφάνεια επαφής του χρυσού και του υποστρώματος ήταν ιδιαίτερος τραχιά, γεγονός που συνιστά ένδειξη ισχυρής αλληλεπίδρασης των επιφανειών επαφής κατά την θέρμανση όπως θα συνέβαινε επί της παρουσίας κάποιας κόλλας.²⁴

Παρόλα αυτά, η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη τεχνική για επιχρύσωση κεραμικών είναι αυτή που επιτυγχάνεται μέσω τήξης (gilding by way of fusion). Σε αυτή το φύλλο χρυσού τοποθετείται πάνω στο κεραμικό και στη συνέχεια το σύμπλεγμα θερμαίνεται σε θερμοκρασία μικρότερη από το σημείο τήξης του πηλού αλλά αρκετά υψηλή ώστε να λιώσει τον χρυσό που κατά αυτόν τον τρόπο κολλάει πάνω στο αντικείμενο.²⁰ Η τεχνική αυτή, η οποία σχεδόν πάντα χρησιμοποιεί κράμα χρυσού με χαλκό το οποίο τήκεται σε σαφώς χαμηλότερη θερμοκρασία από τον καθαρό χρυσό, φαίνεται να ήταν αρκετά σπάνια στη χρήση κατά την αρχαιότητα καθώς είναι πιο δύσκολη, σπαταλά περισσότερο χρυσό και δεν ευνοεί την κατά τομείς επιχρύσωση (parcel gilding) μόνο συγκεκριμένων περιοχών πάνω στο αντικείμενο με σκοπό τη δημιουργία κοντράστ.⁸

²³ www.gillesperrault.com/gilding-techniques

²⁴ PACHECO, C., *Etude de films d'or sur matière vitreuse . Application à la céramique glaçurée islamique médiévale Asie centrale XI^e-XV^e- Iran XII^e-XIII^e Siècles*, Thesis, Université Michel de Montaigne, Bordeaux 3, 2007.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

2.2.5. Ανασκόπηση της επιχρύσωσης ως μέσο διακόσμησης στην Αθηναϊκή Κεραμική Τέχνη της Κλασικής Περιόδου.

Αποτελεί κοινή παραδοχή μεταξύ ερευνητών, καλλιτεχνών και κριτικών τέχνης στις μέρες μας ότι οι τέχνες κατά την κλασική περίοδο, αν και ως ένα βαθμό συγκρατημένες όσο αφορά το ύφος, ήταν πλούσιες σε χρώματα και διακόσμηση καθώς οι καλλιτέχνες επεδίωκαν τα έργα τους να αποτελούν τόσο αντανάκλαση του μεγαλείου του Ελληνικού Κόσμου όσο και εξωραϊσμό της καθημερινής ζωής στην Αρχαία Αθήνα. Τα χάλκινα αγάλματα εμπλουτίζονταν με την προσθήκη αληθοφανών τεχνητών οφθαλμών και χρωματισμένων μεταλλικών ένθετων. Τα μαρμάρινα αγάλματα ήταν βαμμένα με ζωνρά χρώματα και έφεραν απαστράπτουσες μεταλλικές προσθήκες, ενώ δεν πρέπει να ξεχνάμε και τα κολοσσιαία και, ενδεχομένως, αισθητικά ρέποντα προς την υπερβολή χρυσελεφάντινα αγάλματα. Στην αγγειογραφία, η χρησιμοποίηση της εφαρμογής επιπρόσθετων τμημάτων επιχρυσωμένου πηλού, με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργούν ένα ανάγλυφο επάνω στην επιφάνεια του πήλινου αντικειμένου και έτσι να δημιουργούν την αίσθηση της ύπαρξης τριών διαστάσεων στις απεικονιζόμενες παραστάσεις αλλά και να προσδίδουν έμφαση και πολυτέλεια στο καλλιτέχνημα, συνιστά τον απόλυτο θρίαμβο της εφευρετικότητας και της τεχνικής τελειοποίησης κατά τη διάρκεια των δύο αυτών αιώνων της Αρχαίας Ελληνικής Ιστορίας.

Πράγματι, η χρήση ανάγλυφων μαύρων πήλινων κουκίδων στην διακόσμηση ερυθρόμορφων αγγείων ήταν ευρέως διαδεδομένη στην κεραμική της Αρχαίας Αθήνας κατά την ύστερη Αρχαϊκή περίοδο.²⁵ Ο Ανδοκίδης χρησιμοποίησε αυτήν την τεχνική για να φιλοτεχνήσει την κώμη του Ηρακλή σε διαφορετικούς αμφορείς που απεικόνιζαν ορισμένους από τους άθλους του, ενώ ο Ευφρόνιος, ακόμη περισσότερο, στην ερυθρόμορφη απεικόνιση της γαμήλιας πομπής του Πηλέα και της Θέτιδας συνδυάζει τις μαύρες κουκίδες για τα μαλλιά με ποικιλία άλλων απεικονίσεων σε υπεγεργμένο ανάγλυφο πηλό που δεν φαίνεται να ήταν περασμένος με μαύρο βερνίκι. Οι ανάγλυφες αυτές λεπτομέρειες, όπως οι βόστρυχοι της Αθηνάς και της Ήρας, το περιβραχιόνιο της Θέτιδας και η φιάλη του Ήφαιστου ήταν, κατά πάσα πιθανότητα, επιχρυσωμένες. Καθώς τα

²⁵ B. Cohen, *The Colors of Clay; Special Techniques in Athenian Vases*. Chapter 4 Added Clay and Gilding p 105-148

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

φύλλα χρυσού, σε αντίθεση με το μαύρο βερνίκι, έχουν σχεδόν εξ ολοκλήρου χαθεί λόγω φθοράς από την επιφάνεια των αγγείων στα περισσότερα παραδείγματα από την ύστερη Αρχαϊκή περίοδο, οι εκτεθειμένες ανάγλυφες βάσεις επιχρύσωσης είχαν λανθασμένα θεωρηθεί απλές πήλινες προσθήκες.

Κατά την Κλασική περίοδο, η επιχρύσωση πάνω σε ανάγλυφη πήλινη βάση επικρατεί ολοένα περισσότερο στην αγγειογραφία τόσο ερυθρόμορφων όσο και αγγείων με λευκό βάθος, και ίχνη της επιχρύσωσης διασώζονται σε μεγαλύτερο βαθμό.²² Πιο συγκεκριμένα, σε μια αναπαράσταση του Απόλλωνα και μιας Μούσας σε αγγείο λευκού βάθους (460 π.Χ.), διασώζονται πάνω στις πήλινες ανάγλυφες προσθήκες-λεπτομέρειες, όχι μόνο ίχνη επιχρύσωσης αλλά και υπολείμματα γύψου και άνθρακα, υλικά που αποτελούσαν βάση για την διαδικασία της επιχρύσωσης. Καθώς τα υλικά αυτά δεν μπορούν να επιβιώσουν σε υψηλές θερμοκρασίες, συμπεραίνουμε ότι η επιχρύσωση λάμβανε χώρα μετά την όπτηση. Στα τέλη του 5^{ου} αιώνα, τα ερυθρόμορφα αγγεία του ζωγράφου του Μειδία πραγματικά λάμπουν χάρη στις επιχρυσωμένες ανάγλυφες λεπτομέρειές τους που διασώζονται μέχρι τις μέρες μας. Μια ερυθρόμορφη πυξίδα τύπου Β, ύψους μόλις 7,2 και διαμέτρου 12,3 εκατοστών, φέρει περισσότερες από 100 ανάγλυφες επιχρυσωμένες λεπτομέρειες από πορτοκαλί πηλό. Ιδιαίτερης σημασίας είναι πως εδώ συναντάμε περίτεχνες μακριές και συχνά καμπύλες γραμμές από πηλό που επιχρυσωμένες εξυπηρετούσαν την απεικόνιση περιδέραιων και των φτερών του Έρωτα. Οι πήλινες αυτές λεπτομέρειες είναι σαφές ότι ήταν δυνατόν να κατασκευαστούν μόνο με τη χρήση κάποιου εργαλείου σαν σύριγγα που εξωθούσε τον πηλό με ελεγχόμενο τρόπο. Η τεχνική αυτή ήταν πολύ δημοφιλής και συνέχισε να εφαρμόζεται και κατά τον τέταρτο αιώνα.

Κεφάλαιο 3

Αρχές μηχανημάτων ανάλυσης

3.1 Τεχνική φθορισμού ακτίνων X (X-Ray fluorescence, XRF)

3.1.1. Εισαγωγή

Η τεχνική φθορισμού (ή εκπομπής) ακτίνων X αποτελεί μια από τις περισσότερο χρησιμοποιούμενες αναλυτικές τεχνικές για την ποιοτική ταυτοποίηση στοιχείων με ατομικούς αριθμούς μεγαλύτερους του 8(οξυγόνο)²⁶. Εφαρμόζεται παράλληλα και συμπληρωματικά στην ημιποσοτική και ποσοτική στοιχειακή ανάλυση και ένα ιδιαίτερο πλεονέκτημά της τεχνική αυτής είναι η μη καταστροφική για το δείγμα φύση της, σε αντίθεση με τις περισσότερες τεχνικές στοιχειακής ανάλυσης²⁷. Επιπλέον, χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι η σημαντική ευαισθησία ανάλυσης, αφού τα ανιχνευτικά όρια φτάνουν συνήθως την περιοχή των $\mu\text{g/g}$ (ppm). Η μέθοδος εφαρμόζεται χαρακτηριστικά στον προσδιορισμό της σύστασης μεταλλικών κραμάτων, λεπτών υμενίων τεχνολογικών εφαρμογών, ιχνοστοιχείων περιβαλλοντικών δειγμάτων, αλλά και στην ανάλυση αρχαιολογικών αντικειμένων και έργων τέχνης²⁸.

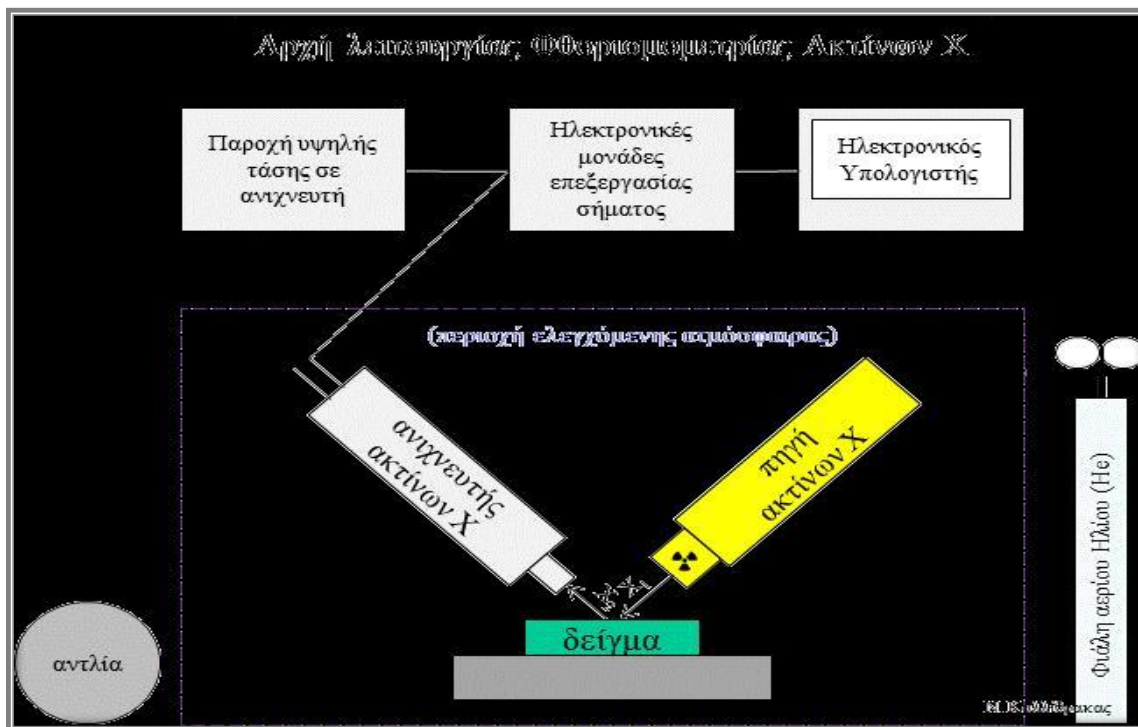
²⁶ Skoog-Holler-Nieman, Principles of Instrumental Analysis, Fifth Edition, p:343, New York 1998.

²⁷ R. Jenkins, X-Ray Fluorescence Spectrometry, New York: Wiley, 1988.

²⁸ http://physics.teiath.gr/activities/XRF_LAB/ylika/kalamata.pdf

3.1.2. Βασική αρχή λειτουργίας

Κατά τη μέθοδο XRF δείγμα διεγείρεται με ακτινοβολία δέσμης ακτίνων X ,είτε από ένα σωλήνα ακτίνων X ,είτε από μια ραδιενεργό πηγή. Υπό τις συνθήκες αυτές τα στοιχεία του δείγματος διεγείρονται με απορρόφηση της πρωτογενούς δέσμης εκπέμποντας τα δικά τους φάσματα φθορισμού ακτίνων X (χαρακτηριστικά για κάθε δείγμα)¹. Η δευτερογενής αυτή ακτινοβολία που προκαλείται χαρακτηρίζεται ως φθορίζουσα (fluorescent) και ανιχνεύεται με τη χρήση κατάλληλου ανιχνευτή, ο οποίος μετρά την ένταση της²⁹. Επιπλέον είναι δυνατή η ανάλυση επιλεγμένων σημείων (spot analysis) πάνω στο δείγμα, κάτι που επιτρέπει τη μελέτη περιοχών που φέρουν έντονες διαφορές(π.χ. διαφορές στο χρώμα ενός αρχαίου αντικειμένου)⁴.

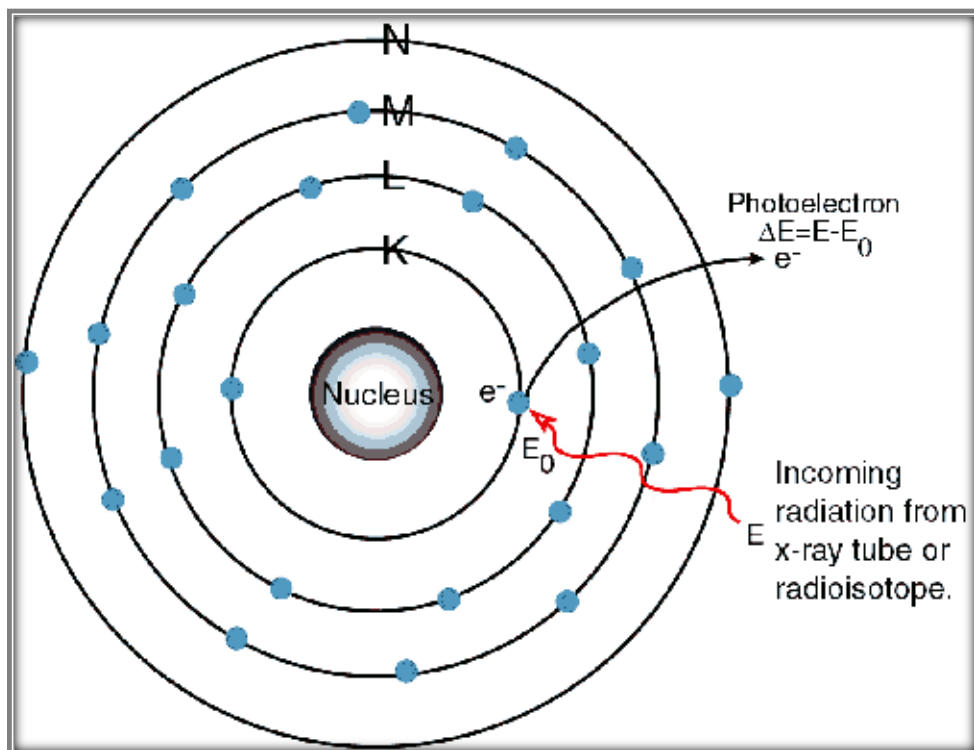


Εικ.1 Σχηματικό διάγραμμα της λειτουργίας της μεθόδου XRF (5)

²⁹ <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/14913#page/92/mode/2up>

3.1.3. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΤΗΣ XRF-ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Αρχικά ένα ηλεκτρόνιο ιοντίζεται από μια εσωτερική στιβάδα (κυρίως K, L) απορροφώντας πρωτογενή προσπίπτουσα ακτινοβολία-X με ενέργεια που προέρχεται είτε από λυχνία παραγωγής ακτίνων-X, είτε από μία ραδιοϊσοτοπική πηγή³⁰



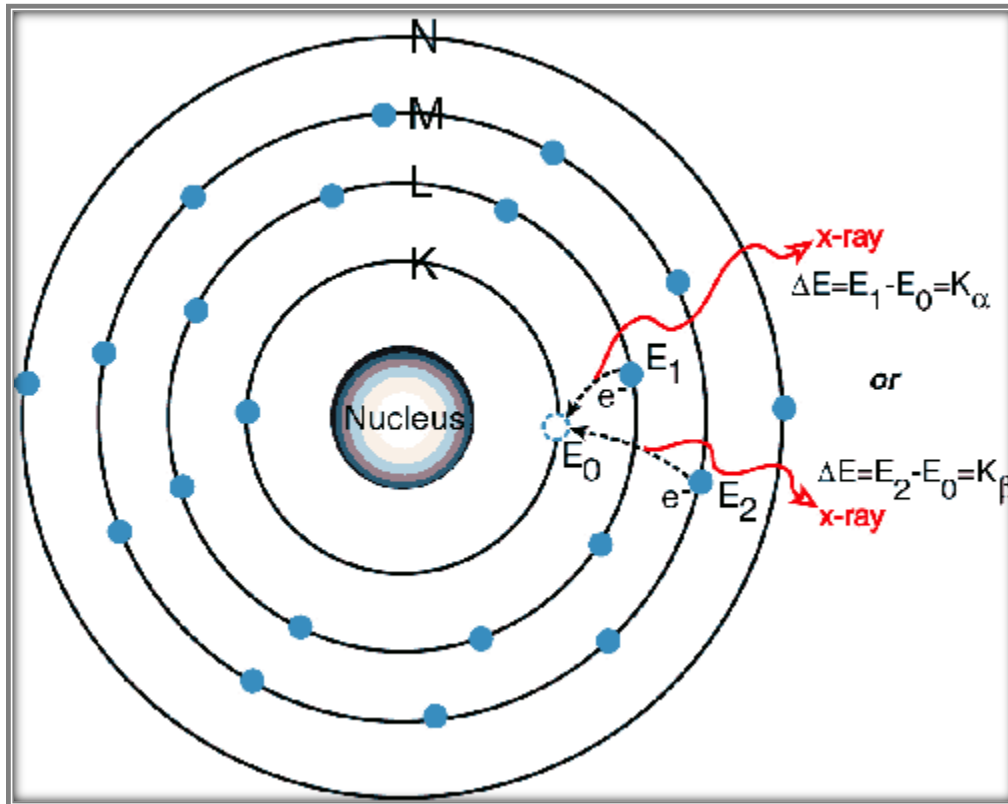
Εικ.2 Ηλεκτρόνιο στιβάδας K εκπέμπεται από το άτομο του, όταν αυτό απορροφήσει κατάλληλη ενέργεια εξωτερικής πρωτογενούς ακτινοβολίας X.³¹

³⁰ Καθηγητής Γκανέτσος Θεόδωρος, Διευθυντής εργαστηρίου μη-καταστροφικών τεχνικών, Εφαρμοσμένες Αρχαιολογικές Επιστήμες Ενότητα Α1 (2015) “Αρχαιομετρία Ι- Αναλύσεις, χρονολογήσεις, διασκοπήσεις”

³¹ <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CHEM2002/XRF.pdf>

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Έτσι δημιουργείται κενό στη στιβάδα K:

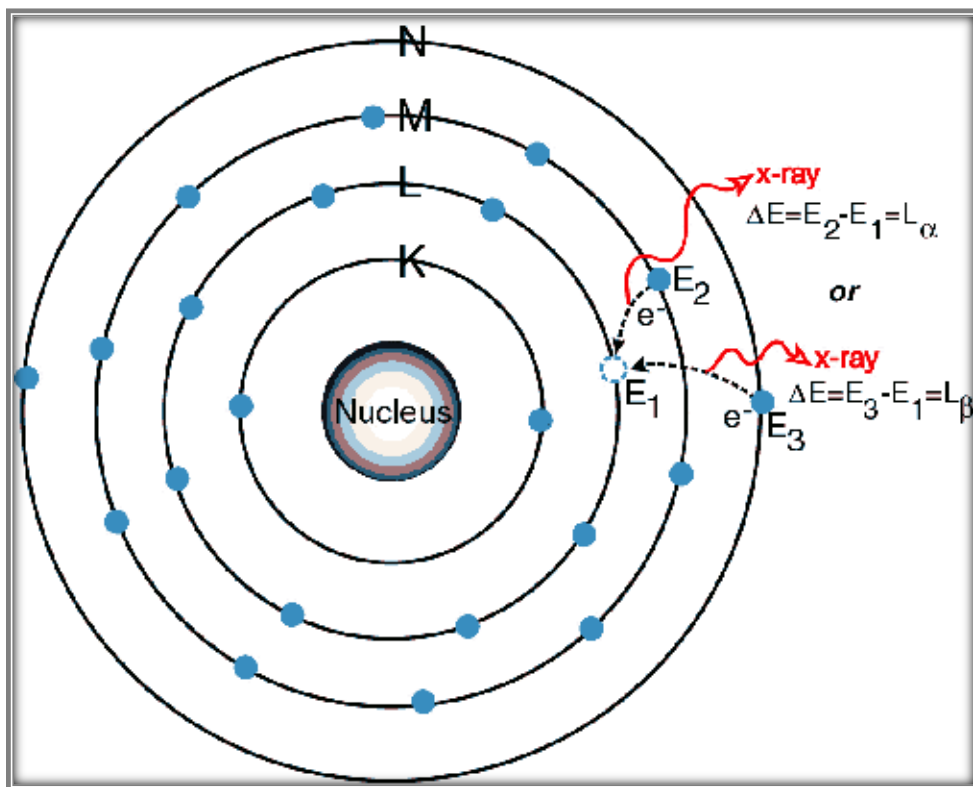


Εικ.3 Το ηλεκτρόνιο που εκπέμπεται δημιουργεί κενό στη K στιβάδα .³²

³² <http://amptek.com/xrf/>

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Έπειτα ένα ηλεκτρόνιο από την στιβάδα L ή M θα καταλάβει τη κενή θέση που δημιουργήθηκε στη στιβάδα K. Η μετάβαση αυτή συνοδεύεται από την εκπομπή ακτίνας X, που αντιστοιχεί στην διαφορά ενέργειας των στιβάδων και είναι χαρακτηριστική για το συγκεκριμένο στοιχείο. Ταυτόχρονα θα δημιουργηθεί κενό στη στιβάδα L ή M.



Εικ.5 Δημιουργείται κενό στη L υποστιβάδα ³²

Όταν το κενό δημιουργείται στη L υποστιβάδα ένα ηλεκτρόνιο από την M ή την N στιβάδα καταλαμβάνει την κενή της θέση και η μετάβαση συνοδεύεται από την εκπομπή ακτίνας X που

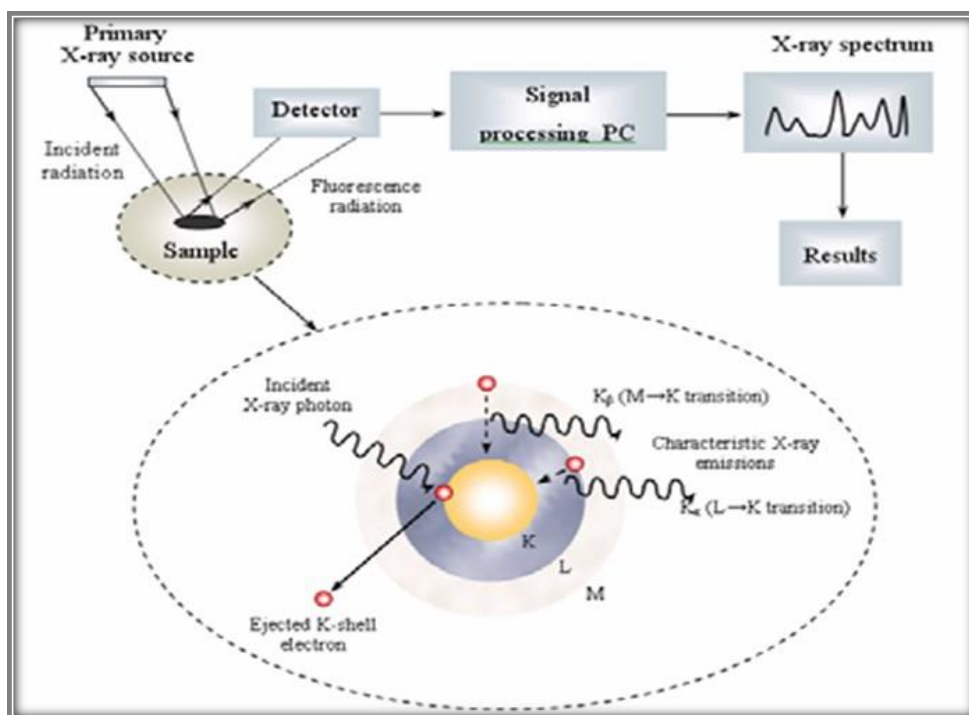
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

αντιστοιχεί ξανά στην ενεργειακή διαφορά των στιβάδων και είναι εξίσου χαρακτηριστική για το στοιχείο. Ταυτόχρονα δημιουργείται κενό στην στιβάδα M ή N.³¹

3.1.4. Τύπος οργάνου: XRF Analyzer Handheld, Portable, Bruker Tracer III-SD οργανολογία.

Οι τρεις βασικοί τύποι οργάνων φθορισμού ακτίνων X είναι τα όργανα διασποράς μήκους κύματος, τα όργανα διασποράς ενέργειας και τα μη διασπείροντα όργανα. Οι δύο τελευταίοι τύποι οργάνων μπορούν ακόμα να διακριθούν ανάλογα με το αν διαθέτουν ως πηγή ακτινοβολίας ένα σωλήνα ακτίνων X ή μια ραδιενεργό ουσία.³³

Μια τυπική και σύνηθες διάταξη φασματοσκοπίας φθορισμού ακτίνων X σίγουρα θα περιέχει μια πηγή πρωτογενούς ακτινοβολίας ραδιοϊσοτόπου ή λυχνίας ακτίνων X, καθώς και ένα σύστημα ανίχνευσης της δευτερεύουσας- φθορίζουσας ακτινοβολίας του δείγματος.³¹



³³. R. Jenkins, Anal.Chem., 1984, 56, 1099A

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Εικ. 6 Αρχή λειτουργίας XRF και τυπική διάταξη φασματοσκοπίας φθορισμού ακτινών-X.³⁴

Το τελευταίο διάστημα έχουν δημιουργηθεί φορητά εμπορικά συστήματα που έχουν βελτιώσει κατά πολύ τις δυνατότητες της μεθόδου XRF. Πλέον σε δείγματα, κυρίως μεγάλου όγκου, που δεν είναι δυνατόν να μεταφερθούν στο εργαστήριο, είναι δυνατή η επί τόπου ανάλυση τους, καθώς επίσης και η επιφανειακή κατά προσέγγιση χαρτογράφηση τους, αλλά και η ανάλυση τους σε γραμμές παραγωγής.^{35,36,37}

Η βασική διάταξη του φορητού XRF έχει ως εξής:³⁸

Πηγή ακτινών X

Ανιχνευτής ακτινών X ενεργειακής διασποράς

Πολυκανονικός αναλυτής MCA

Ηλεκτρονικές μονάδες τροφοδοτικών και ενισχυτών σήματος

Φορητός υπολογιστής

³⁴. <http://www.goldtester.in/introduction-of-XRF-technology.html>

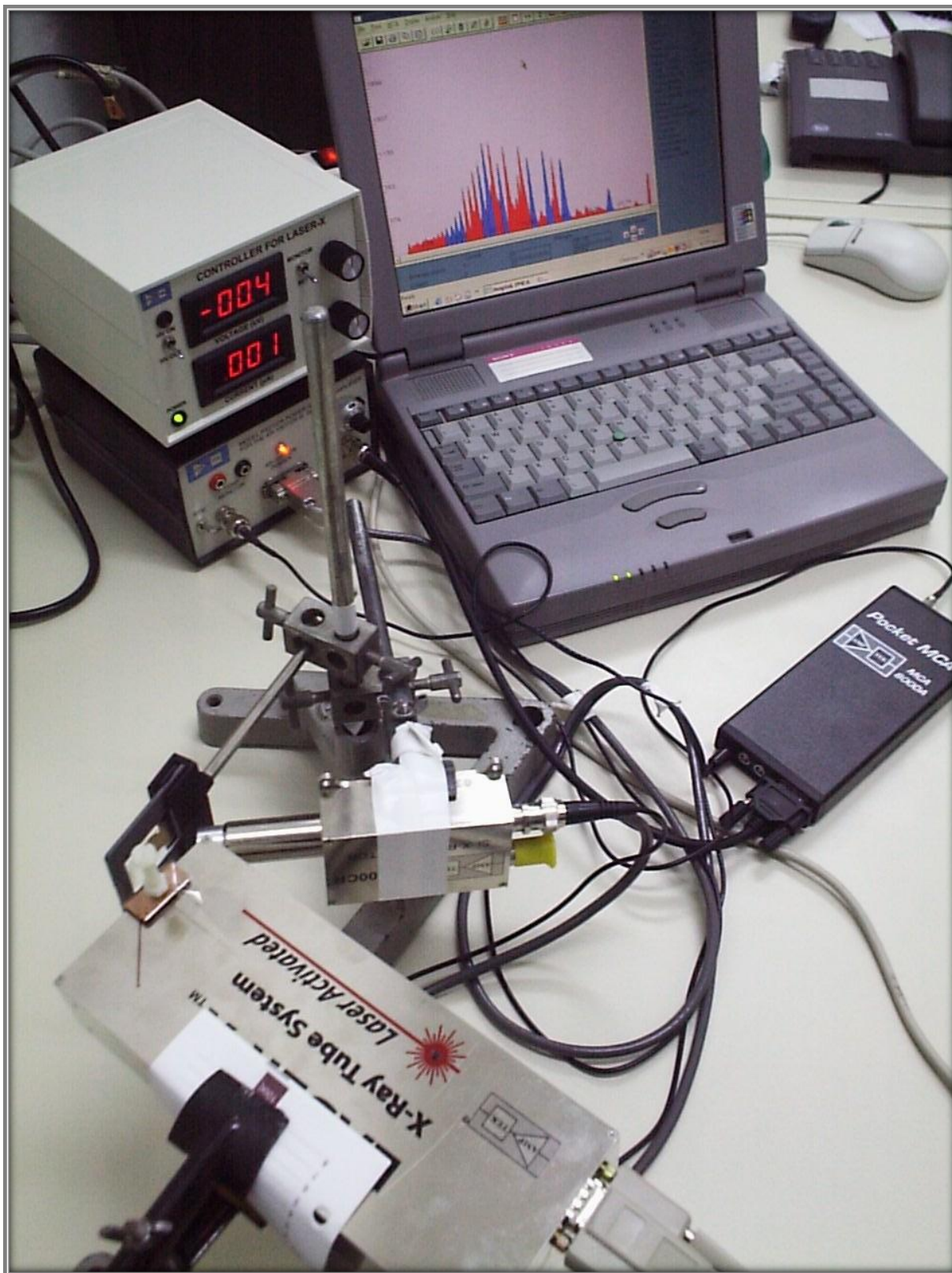
³⁵. <http://amptek.com/products/x-123sdd-complete-x-ray-spectrometer-with-silicon-drift-detector-sdd/>

³⁶. <http://amptek.com/art-archaeology-archaeometry-with-amptek-detectors/>

³⁷. <http://www.typologos.com/%CE%B7%CF%86%CE%B8%CE%BF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%AF%CE%B1-%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%AF%CE%BD%CF%89%CE%BD-%CF%87-xrf-%CF%89%CF%82-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%B3%CE%BD%CF%89/>

³⁸. http://physics.teiath.gr/activities/XRF_LAB/labor.htm

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Εικ.7 Μέρη ενός φορητού XRF.³⁸

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Εικ.8 X-Ray Spectrometer. ³⁵



Εικ.9 Ο XR-1000CR εφαρμόζεται σε έργο τέχνης. ³⁶

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων
Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Σίγουρα τα φορητά συστήματα δεν μπορούν να υποκαταστήσουν τα σταθερά και μόνιμα XRF. Τα κλασσικά αυτά συστήματα πλεονεκτούν τόσο στα ελάχιστα όρια ανίχνευσης όσο και στην καλύτερη ακρίβεια αναλύσεων.³⁷

3.2 Φασματοσκοπία Raman

3.2.1. Εισαγωγή

Η φασματοσκοπία Raman στηρίζεται στο φαινόμενο σκέδασης μιας ακτίνας φωτός , καθώς έρχεται σε αλληλεπίδραση με την ύλη και όχι στην απορρόφηση ή εκπομπή ακτινοβολίας. Η σκέδαση προκύπτει από την αλληλεπίδραση ακτινοβολίας ύλης. Όταν μια ακτίνα φωτός πέσει σε ένα δείγμα, ένα πολύ μικρό μέρος του σκεδάζεται με αλλαγή της συχνότητάς του σε μια διαφορετική από την αρχική. Αυτή η μετατόπιση συχνότητας καλείται φαινόμενο Raman και η σκεδαζόμενη ακτινοβολία, ακτινοβολία Raman. Το μέγεθος δε της μεταβολής στη συχνότητα αναφέρεται ως συχνότητα Raman, ενώ το σύνολο των χαρακτηριστικών συχνοτήτων αποτελεί το φάσμα Raman.^{39,40} Το φαινόμενο σκέδασης Raman ,ενώ είχε αρχικά προβλεφθεί σε θεωρητικό επίπεδο από τον A.G.Smekal (1923) και από τους Kramers, Heisenberg (1928), οφείλει τελικά την ονομασία του στον Ινδό φυσικό Sir C.V. Raman , ο οποίος και το απέδειξε πειραματικά (1928) λαμβάνοντας και την τιμή του βραβείου Νόμπελ Φυσικής 1930.^{39,41}

³⁹ <http://users.teilam.gr/~etzoutzis/Raman%20spectroscopy%20and%20applications.pdf>

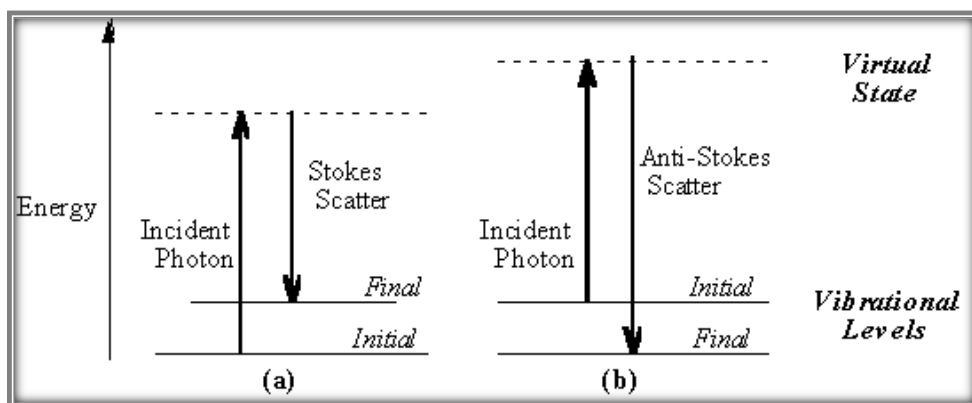
⁴⁰ https://www.materials.uoc.gr/el/undergrad/courses/ETY248/notes/2011/lecture_8.pdf

⁴¹ http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1930/raman-bio.html

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Εικ.1 Ινδός Φυσικός Sir C. V. Raman⁴²



Εικ.2 Διάγραμμα ενεργειακών επιπέδων για τη σκέδαση Raman

(a) Stokes σκέδαση Raman(φασματικές γραμμές των οποίων η συχνότητα είναι μικρότερη της συχνότητας της προσπίπτουσας ακτινοβολίας) (b) anti-Stokes σκέδαση(φασματικές γραμμές με συχνότητα μεγαλύτερη)⁴³

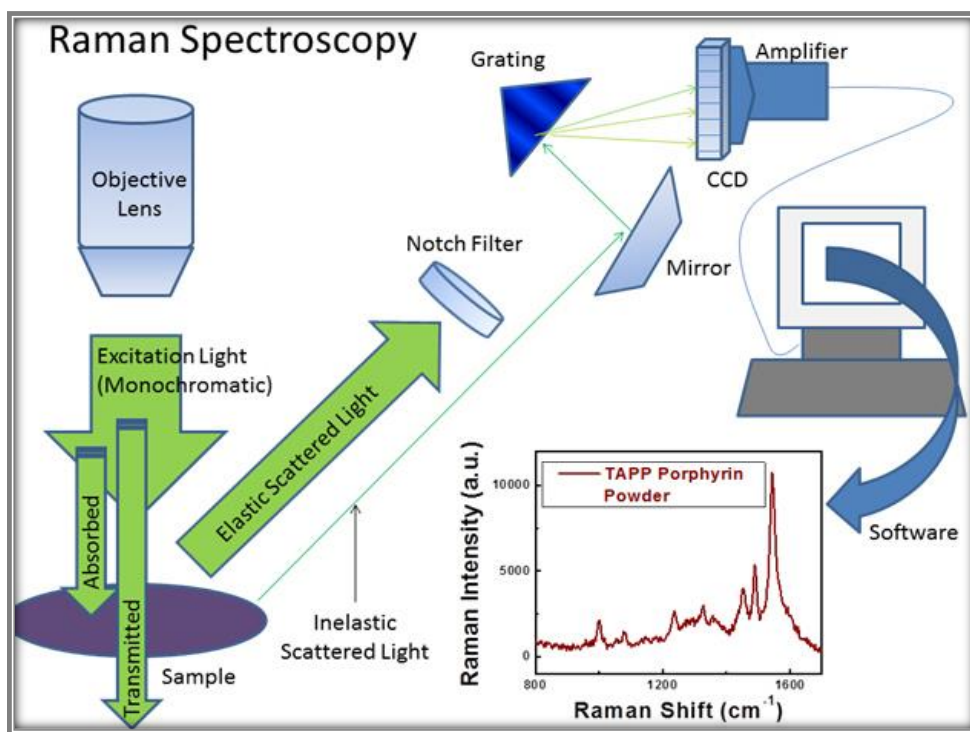
⁴²<http://www.larousse.fr/encyclopedie/personnage/Raman/140252>

⁴³http://www.kosi.com/na_en/products/raman-spectroscopy/raman-technical-resources/raman-tutorial.php

3.2.2 Βασική αρχή λειτουργίας

Η Φασματοσκοπία Raman είναι κυρίως φασματοσκοπία εκπομπής και λειτουργεί σε χαμηλές συχνότητες που δεν προκαλούν φθορισμό του δείγματος. Με αυτόν τον τρόπο η διάχυση περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό και υπάρχει η δυνατότητα μελέτης του φάσματος Raman μέχρι και την περιοχή των 20cm^{-1} .^{39,44}

Συγκεκριμένα, η ακτινοβολία διαχέεται από το δείγμα και μέσω καθρεπτών κατευθύνεται σε φασματόμετρο που λειτουργεί στην περιοχή του ορατού. Ο μονοχρωμάτορας αποτελείται είτε από φράγμα περίθλασης, είτε από πρίσμα χαλαζία. Ανιχνεύουμε την ακτινοβολία με ένα φωτοηλεκτρικό ανιχνευτή και καταγράφουμε τα σήματα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Εκεί επεξεργάζονται μέσω ειδικού λογισμικού προγράμματος.^{40,45.}



Εικ.3 Διαγραμματική παρουσίαση της διαμόρφωσης των συσκευών κατά τη φασματομετρία Raman⁴⁶

⁴⁴ Lewis, I.R., Edwards H.G.M., Handbook of raman spectroscopy, N.York, 1997

⁴⁵ <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/35881#page/146/mode/2up>

⁴⁶ <https://www.slideshare.net/wilsonJefriyanto1/raman-spectroscopy-58655569>

3.2.3. Βασικές εφαρμογές

Η φασματοσκοπία Raman βρίσκει εφαρμογές τόσο στην ποιοτική όσο και ποσοτική ανάλυση ανόργανων, οργανικών και βιολογικών συστημάτων.⁴⁷ Μάλιστα, η τεχνική Raman είναι συχνά ανώτερη από τη φασματοσκοπία υπερύθρου ως προς τη μελέτη ανόργανων συστημάτων. Αυτό συμβαίνει, τόσο επειδή οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν σε υδατικά διαλύματα, όσο και επειδή οι ενέργειες δονήσεων των δεσμών μετάλλου-υποκαταστάτη συνήθως βρίσκονται στη περιοχή μεταξύ 100-700 cm^{-1} (περιοχή που υπερύθρου που είναι δύσκολο να μελετηθεί πειραματικά). Η εξέταση των φασμάτων Raman παρέχει πληροφορίες σχετικές με τη σύσταση, τη δομή και τη σταθερότητα των σύμπλοκων ενώσεων.⁴⁸ Αντίστοιχα τα φάσματα Raman παρέχουν περισσότερες πληροφορίες για συγκεκριμένα είδη οργανικών ενώσεων σε σχέση με τα αντίστοιχα φάσματα υπερύθρου, αν και πρόκειται για παρόμοια φάσματα ως προς το ότι περιλαμβάνουν περιοχές χρήσιμες για την ανίχνευση δραστικών ομάδων και περιοχές αποτυπωμάτων, που επιτρέπουν την αναγνώριση συγκεκριμένων ενώσεων.⁴⁹ Η φασματοσκοπία Raman χρησιμοποιείται επίσης ευρύτατα και στη μελέτη των βιολογικών συστημάτων χάρη στη μικρή ποσότητα απαιτούμενου δείγματος, την ελάχιστη παρεμπόδιση από νερό, τις φασματικές λεπτομέρειες αλλά και την ευαισθησία στη διαμόρφωση του εκάστοτε μορίου.^{50,51}

⁴⁷ Analytical Raman Spectroscopy, J.G. Grasselli and B.J. Bulkin, Eds. New York: Wiley, 1991

⁴⁸ K. Nakamoto, Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds, 5th ed. New York, 1996

⁴⁹ L.Daimay, N.B. Colthup, W.G. Fately, and J.G. Grasselli, The Handbook of Infrared and Raman Characteristic Frequencies of Organic Compounds, New York, 1971

⁵⁰ A.T. Tu, Raman Spectroscopy in Biology, New York, 1982

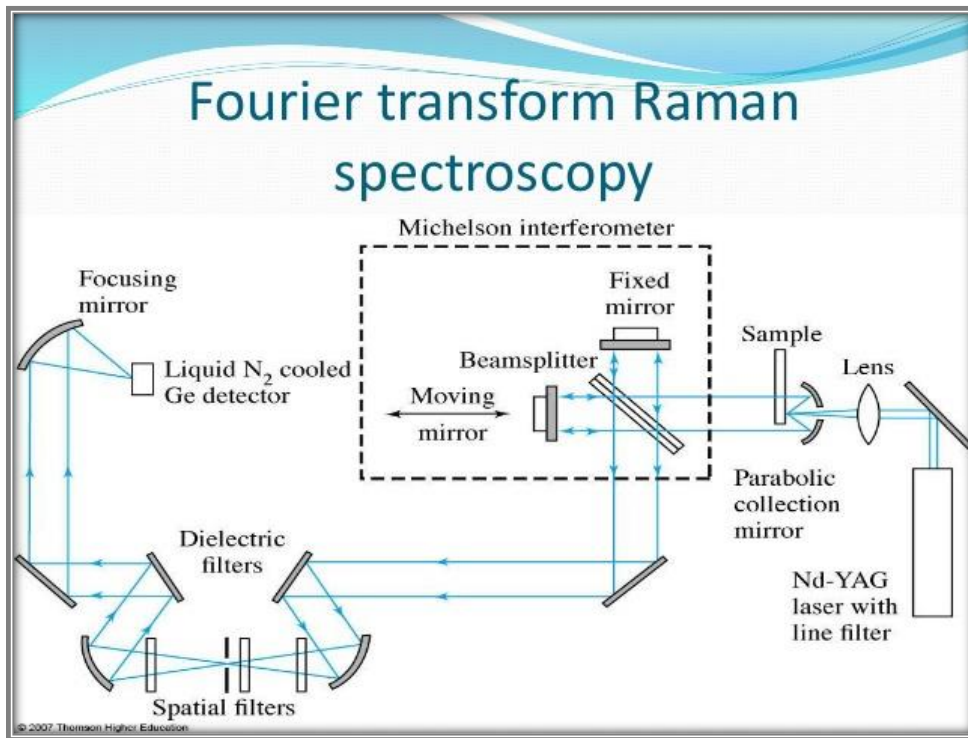
⁵¹ I.W. Levin, Anal. Chem, p: 62, 1990

3.2.4. Τύπος οργάνου : Raman spectrometry rockhound 785nm οργανολογία.

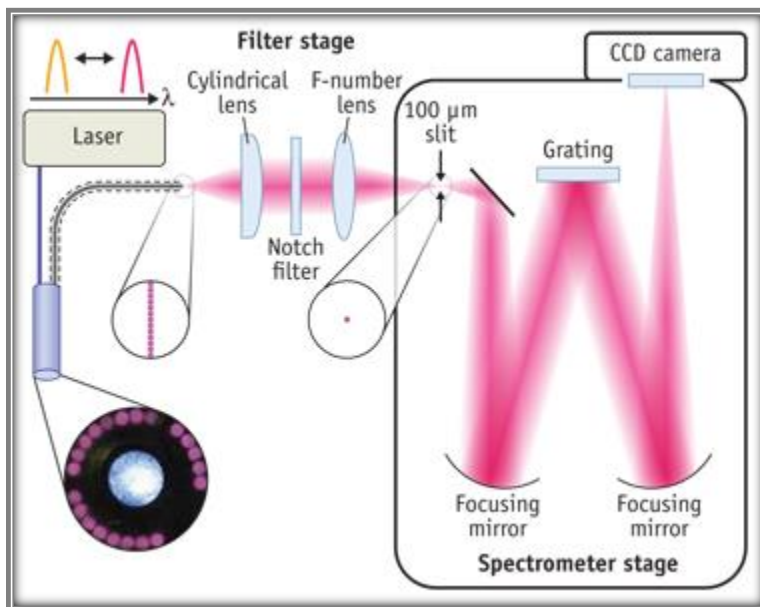
Τα φασματόμετρα Raman μέχρι τις αρχές τις δεκαετίας του 80 δεν διέφεραν πολύ στο σχεδιασμό με τα κλασικά όργανα διασποράς υπεριώδους/ορατού. Μάλιστα κάποια από τα τμήματα που περιλάμβαναν ήταν ίδια. Τα περισσότερα χρησιμοποιούσαν διπλά φράγματα, ώστε να ελαττώσουν στο ελάχιστο την παράσιτη ακτινοβολία μεταλλάκτη.⁵²

Πλέον, τα σύγχρονα φασματόμετρα Raman είναι, είτε εξοπλισμένα με ψυχόμενους ανιχνευτές γερμανίου(όργανα μετασχηματισμού Fourier), είτε βασίζονται σε ανιχνευτές σύζευξης φορτίου (πολυδιαυλικά όργανα, CCD). Οι ανιχνευτές αυτοί έχουν ευαισθησία σε ακτινοβολία μήκους κύματος περίπου 782-785 nm. Η ακτινοβολία αυτή παράγεται από λέιζερ διόδου και προκαλεί διέγερση Raman σε αρκετές ενώσεις και μάλιστα χωρίς την παραγωγή φθορισμού.⁵²

⁵² Skoog-Holler-Nieman, Principles of Instrumental Analysis, Fifth Edition, p: 511, New York 1998



Εικ. 4 Οπτικό διάγραμμα ενός φασματομέτρου Raman με μετασχηματισμό Fourier⁵³



⁵³ <https://www.slideshare.net/BhaumikBavishi/raman-spectroscopy-54641528>

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Εικ.5 Πολυδιαυλικό φασματόμετρο Raman περιθλάσης με ανιχνευτή CCD ⁵⁴

Γενικά, οποιαδήποτε διάταξη του φασματόμετρου αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη: (1)

ΛΕΙΖΕΡ (συνεχούς λειτουργίας)

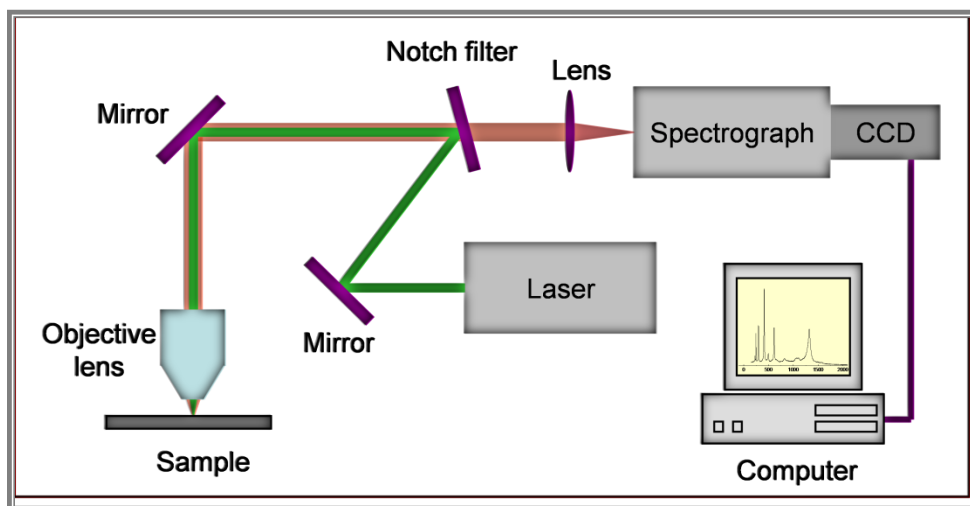
ΚΑΤΟΠΤΡΑ, τα οποία συντονίζουν την καθοδήγηση και εστίαση της δέσμης (φακοί εστίασης)

ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ , που συλλεγεί και μεταφέρει στην είσοδο του φασματογράφου τη σκεδαζόμενη ακτινοβολία

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΦΑΣΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ

ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ για την καταγραφή του σήματος εκπομπής

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ, ο οποίος περιέχει κατάλληλο ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ για τον έλεγχο του πειράματος και την απεικόνιση των φασμάτων.

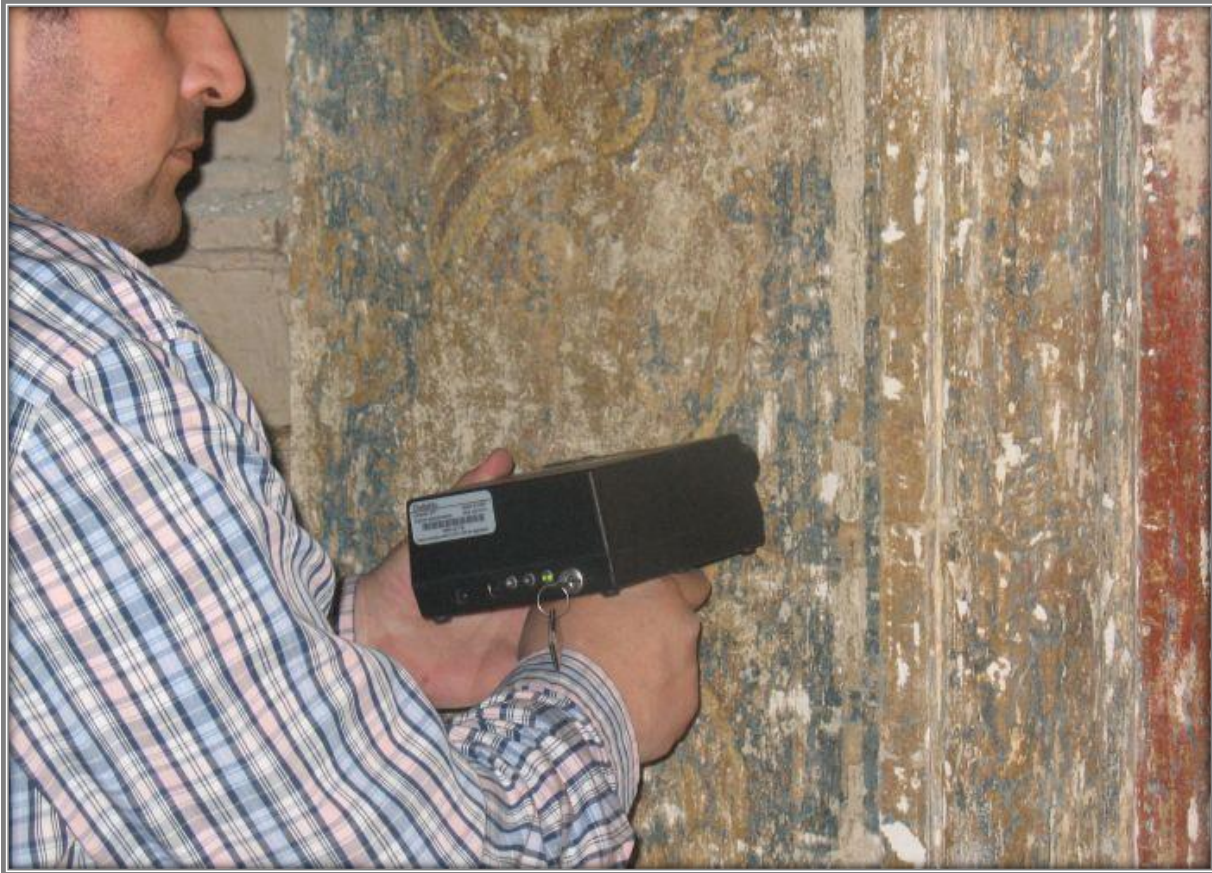


Εικ.6 Οργανολογική διάταξη φασματόμετρου Raman⁵⁵

⁵⁴<http://www.bioopticsworld.com/articles/print/volume-6/issue-2/departments/biooptics-breakthroughs/wavelength-modulation-overcomes-drawbacks-of-raman-spectroscopy-.html>

⁵⁵ <http://sinergasia.iesl.forth.gr/index.php/el/publications>

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Εικ. 7 Φασματόμετρο RAMAN προελεύσεως ΗΠΑ εφαρμόζεται σε έργο τέχνης⁵⁶

⁵⁶ <http://www.aeinaes.gr/el/equipment/?nid=907>

3.3 Οπτικό μικροσκόπιο

3.3.1. Εισαγωγή

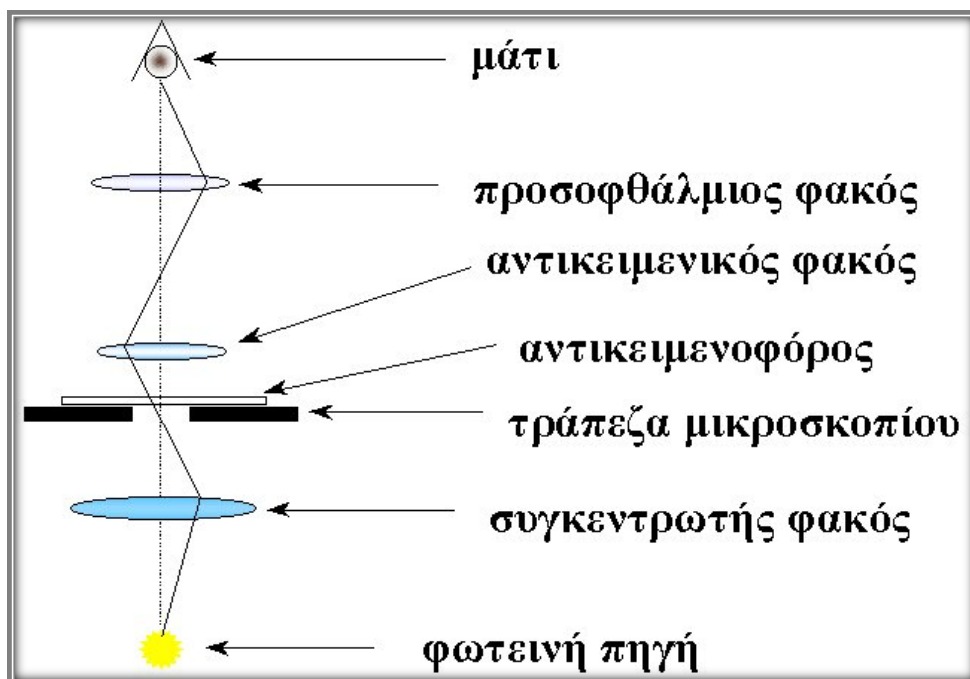
Στο σύνολο των θετικών επιστημών μια από τις μεγαλύτερες εφευρέσεις αποτελεί το μικροσκόπιο. Από την κατασκευή του πρώτου μικροσκοπίου έως σήμερα, η επιστήμη έχει κάνει γιγαντιαία βήματα σε αυτό το τομέα αναπτύσσοντας και τελειοποιώντας διαφορετικές τεχνικές και είδη μικροσκοπίων. Μια κατηγορία με τεράστια συμβολή στην ανάπτυξη των θετικών επιστημών είναι τα οπτικά μικροσκόπια.⁵⁷ Συγκεκριμένα βρίσκει εφαρμογή σε μια μεγάλη περιοχή επιστημών, όπως είναι η Αρχαιολογία, η επιστήμη των Υλικών, η Χημεία, η Βιολογία, η Μεταλλουργία κ.λπ.⁵⁸

Ένα βασικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για εξέταση αντικειμένων σε τρεις διαστάσεις είναι το στερεομικροσκόπιο. Ο συγκεκριμένος τύπος χρησιμοποιείται ιδιαίτερα διαδεδομένα στην βιολογική και αρχαιολογική έρευνα. Βέβαια για το συγκεκριμένο είδος μικροσκοπίου δεν επιτυγχάνονται μεγεθύνσεις μεγαλύτερες των 300X, διότι συνηθίζεται η απόσταση αντικειμένου-φακού να είναι αρκετά μεγάλη και έτσι είναι αρκετά δύσκολο να σχηματιστεί στερεοσκοπικό είδωλο με απλούς χειρισμούς.⁵⁹

⁵⁷<http://eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/SEYC141/PRACTICALS/PRACTICAL%201.pdf>

⁵⁸<http://www.physics.ntua.gr/~cchrist/SIMEIOSEIS/TECH.PEIR.FYS.2004.PDF/TECH.PEIR.FYS.2004.KEF.07.pdf>

⁵⁹Λ.Χ. Μαργαρίτης, Β.Κ. Γαλανόπουλος, Κ.Ε. Κεραμάρης, Ε.Σ. Μαρίνος, Ι.Σ. Παπασιδέρη, Δ.Ι. Στραβοπόδης, Ι.Π. Ρουγκάκος, βιολογία κυττάρου, Λίτσας τέταρτη έκδοση, σ: 124, Αθήνα 2008



Εικ. 1 Διάγραμμα της πορείας των φωτεινών ακτινών μέσω των φακών οπτικού μικροσκοπίου ⁶⁰

3.3.2. Αρχή λειτουργίας

Το οπτικό μικροσκόπιο είναι ένα οπτικό μέσο που αποτελεί βασικό εργαλείο για την παρατήρηση αντικειμένων με την βοήθεια φωτός και υπό μεγέθυνση. Η παρατήρηση γίνεται μέσω διερχόμενου ή ανακλώμενου φωτός που προέρχεται από τα αντικείμενα που έχουμε θέσει υπό παρατήρηση. Η μεγέθυνση ενός σύνθετου αντικειμένου μπορεί να φτάσει και τα 2000X.⁵⁸

Συγκεκριμένα, τοποθετούμε το αντικείμενο πολύ κοντά στον ανοφθάλμιο φακό (συγκλίνοντας φακός). Ο φακός αυτός είναι πολύ μικρής εστιακής απόστασης και έτσι σχηματίζεται ένα πραγματικό είδωλό του. Το είδωλο αυτό μεγεθύνεται από τον προσοφθάλμιο φακό (επίσης συγκλίνοντας). Έτσι σχηματίζεται ένα φανταστικό είδωλο σε μια απόσταση από το μάτι που βρίσκεται μεταξύ της ελάχιστης και της μέγιστης απόστασης ευκρινούς οράσεως. Αυτό είναι το είδωλο που παρατηρεί το μάτι. Επειδή το μήκος του σωλήνα του μικροσκοπίου βρίσκεται συνήθως σταθερά στα 160 mm, η εστίαση επιτυγχάνεται τελικά υπό μετακίνηση του όλου οπτικού

⁶⁰ <http://www.aua.gr/fasseas/optika%20mikroskopia.htm>

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

συστήματος ως προς το αντικείμενο που παρατηρείται. Η εστίαση αυτή γίνεται μέχρι να επιτευχθεί η ευκρινή παρατήρηση.^{58,61}

3.3.3. Τύπος οργάνου: οπτικό μικροσκόπιο Leica MZ7S

ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ

Τα βασικά μέρη της δομής των σύγχρονων οπτικών μικροσκοπίων είναι τα εξής:^{58,60,62,63}

Πηγή φωτός / Σύστημα φωτισμού. Είναι απαραίτητος ο φωτισμός του αντικειμένου. Μάλιστα στα περισσότερα μικροσκόπια υπάρχει και ρεοστάτης για τη ρύθμιση της έντασης του φωτός.

Διάφραγμα πεδίου (field aperture ή field stop), από το οποίο καθορίζονται οι διαστάσεις του παρατηρούμενου οπτικού πεδίου.

Συγκεντρωτικός φακός (condenser) , μέσω του οποίου επιτυγχάνεται η εστίαση της ακτινοβολίας της φωτεινής πηγής στο αντικείμενο

Εγγύς συγκεντρωτικός φακός, ο οποίος επιτελεί μια ανάλογη λειτουργία

Τράπεζα, πάνω στην οποία τοποθετείται το παρατηρούμενο αντικείμενο. Περιλαμβάνει ειδικούς βραχίονες για την στήριξη της αντικειμενοφόρου , καθώς και κοχλίες για την μετακίνηση της αντικειμενοφόρου πλάκας.

Αντικείμενο (δείγμα)

Αντικειμενικός φακός (objective), ρόλος του οποίου είναι να δημιουργεί ένα πραγματικό εόδωλο του αντικειμένου μέσω μιας εγκάρσιας μεγέθυνσης (objective Transverse Magnification)

Προσοφθάλμιος (eyepiece, ή ocular, σύστημα προσοφθάλμιων), μέσω του οποίου σχηματίζεται η τελική εικόνα του αντικειμένου

Αδρή εστίαση

Λεπτή εστίαση

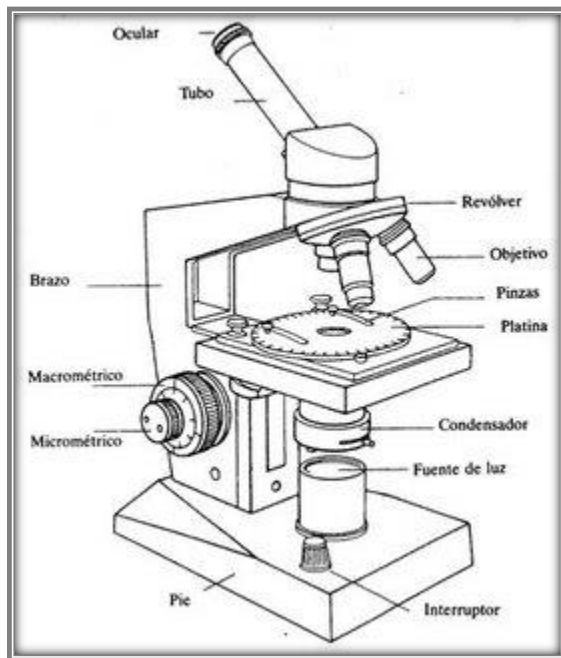
⁶¹ <http://www.leica-microsystems.com/science-lab/the-optical-microscope-some-basics/>

⁶² <https://eclass.teilar.gr/modules/document/file.php/DIET146/%CE%9C%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%BA%CE%BF%CF%80%CE%AF%CE%B1%20%CE%99.pdf>

⁶³ http://www2.biology.uoc.gr/courses/BIO102_zoologia/For%20website/LAB01.%20Introduction%20to%20the%20lab.pdf

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Διάφραγμα ανοίγματος (φωτισμού), μέσω του οποίου καθορίζεται η ενεργός διάμετρος του συγκεντρωτικού φακού.



Εικ. 2 Τα τμήματα ενός σύγχρονου σύνθετου οπτικού μικροσκοπίου⁶⁴

⁶⁴ <http://mariadoloresgago.blogia.com/temas/blog-de-2-eso.php>

Κεφάλαιο 4^ο

Επισήμανση των σημείων των μετρήσεων.

4.1. Πειραματική ανάλυση

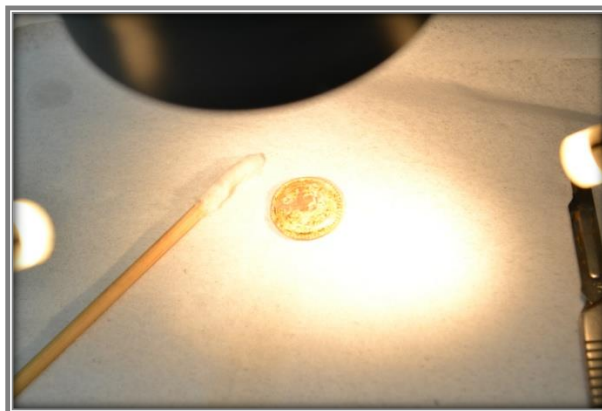
Μελετήθηκαν τα δείγματα με τη βοήθεια οπτικού μικροσκοπίου Leica MZ7_s και οι μέθοδοι ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το Raman spectrometry Rockhound 785nm και η Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – Χ με το XRF Analyzer Hand-held, Portable, Bruker Tracer III-SD. Στην ανάλυση με το φορητό XRF γίνανε στο σύνολο 22 μετρήσεις ενώ στην ανάλυση με το φορητό Raman πραγματοποιήθηκαν στο σύνολο 38 μετρήσεις.

4.2. Προετοιμασία δειγμάτων.

Όλα τα δείγματα για να αναλυθούν με τη χρήση των φορητών συσκευών που αναφέρονται παραπάνω προετοιμάστηκαν με τον ίδιο τρόπο. Συγκεκριμένα κάθε αντικείμενο καθαρίστηκε κάτω από το οπτικό μικροσκόπιο για πιο αποτελεσματική απομάκρυνση των επικαθήσεων και των προϊόντων διάβρωσης που οφείλονταν στο περιβάλλον ταφής τους. Ο καθαρισμός των αντικειμένων πραγματοποιήθηκε με μηχανικά μέσα και αιθανόλη εξαιτίας της ευαισθησίας των αντικειμένων.



Εικ. 4.1. Οπτικό μικροσκόπιο Leica MZ7S



Εικ. 4.2. Κατά τη διάρκεια του καθαρισμού ενός κομβίου.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

4.3. Raman: επισήμανση των σημείων που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.

Κομβίο Δ1



Πριν τον καθαρισμό

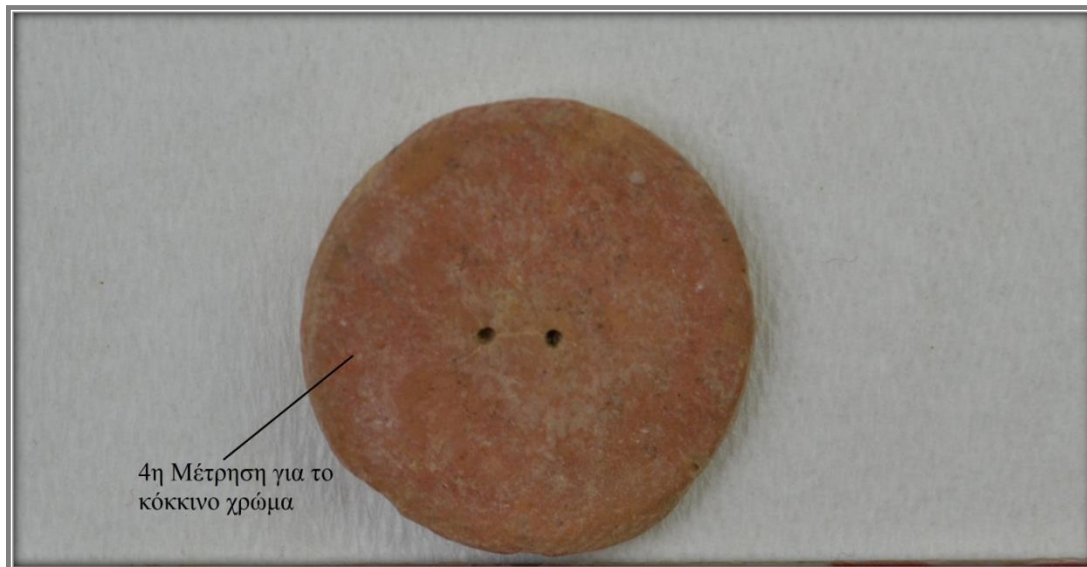


Μετά τον καθαρισμό

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Μπροστινή όψη μετά από καθαρισμό.



Πίσω όψη μετά από καθαρισμό.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Κομβίο Δ2



Πριν τον καθαρισμό



«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Μετά τον καθαρισμό



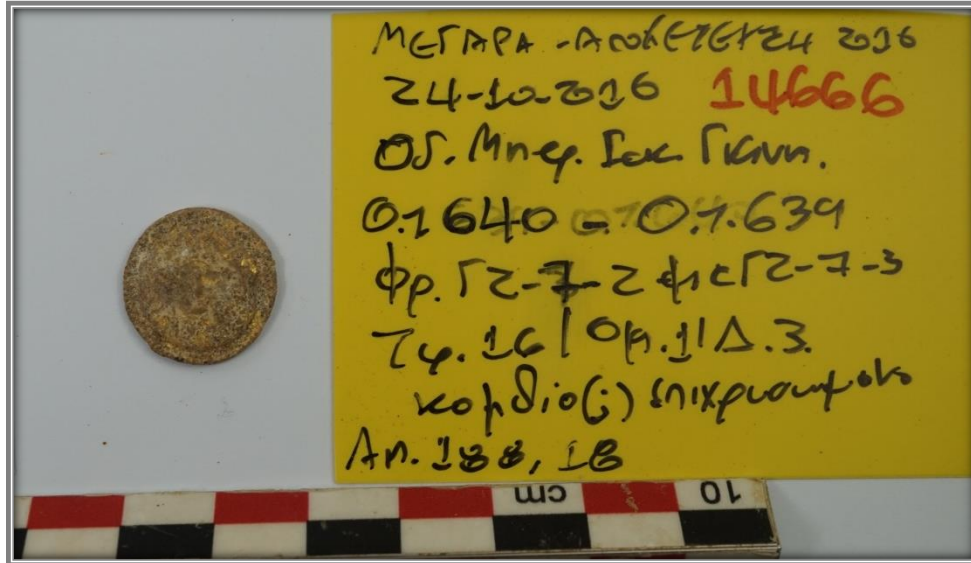
Μπροστινή όψη μετά από καθαρισμό.



Πίσω όψη μετά από καθαρισμό.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Κομβίο Δ3



Πριν τον καθαρισμό



«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Μετά τον καθαρισμό



Μπροστινή όψη μετά από καθαρισμό.



Πίσω όψη μετά από καθαρισμό.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Γυναικεία ενότια Μ1



Πρίν τον καθαρισμό



Μετά τον καθαρισμό

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Μετά τον καθαρισμό ενώτιο Νο 1



Μπροστινή όψη μετά από καθαρισμό.



Πίσω όψη μετά από καθαρισμό.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Μετά τον καθαρισμό ενώτιο Νο 2



Πρόσθια όψη μετά από καθαρισμό.



Πίσω όψη μετά από καθαρισμό.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Επιχρυσωμένο αντικείμενο πιθανώς στεφανάκι M1

Κατάσταση διατήρησης του αντικειμένου πριν από τον καθαρισμό



Πριν τον καθαρισμό



Κατά τη διάρκεια του καθαρισμού



Μετά από τον καθαρισμό τα δείγματα που επιλέχθηκαν

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Μετά από τον καθαρισμό



Κατά την αποθήκευση του αντικειμένου

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Επάνω όψη



Κάτω όψη



«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Μετά από τον καθαρισμό.



Ώνη 1



Ώνη 2

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Μετά από τον καθαρισμό.



«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

4.4. XRF: επισήμανση των σημείων που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.

Κομβίο Δ1



Πριν τον καθαρισμό



Μετά τον καθαρισμό

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Κομβίο Δ2



Πριν τον καθαρισμό



Μετά τον καθαρισμό

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Κομβίο Δ3



Πριν τον καθαρισμό



Μετά τον καθαρισμό

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Γυναικεία ενώτια Μ1



Πριν τον καθαρισμό

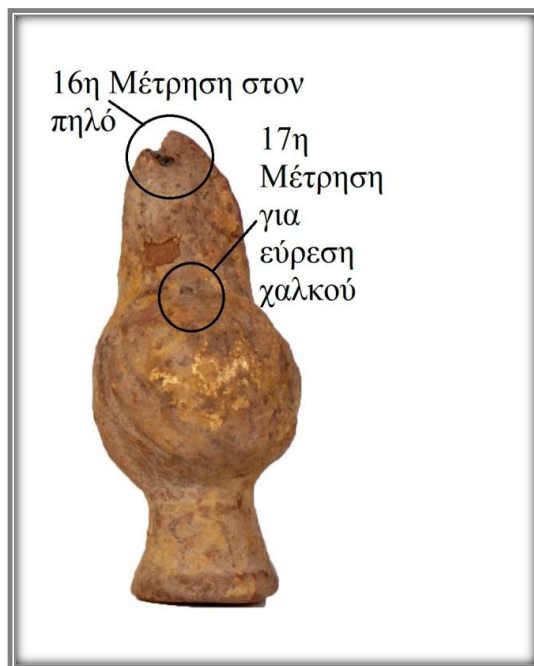


Μετά τον καθαρισμό

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Επιχρυσωμένο αντικείμενο πιθανώς στεφανάκι M1

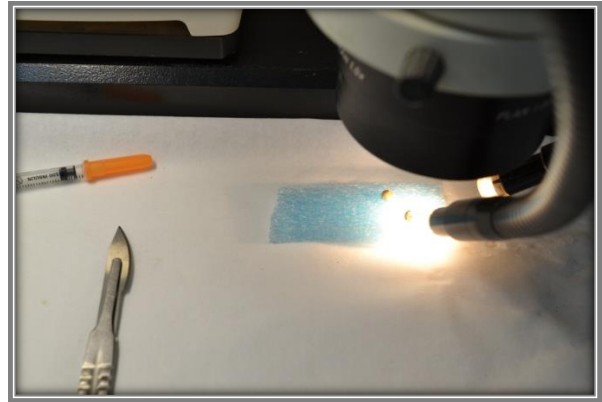


Κατάσταση διατήρησης πριν από τον καθαρισμό



Μετά τον καθαρισμό

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Κατά τον καθαρισμό



Επιλογή δειγμάτων για τις αναλύσεις μετά από καθαρισμό



Κατά την αποθήκευση

18η Μέτρηση στον χρυσό
και στο στρώμα κάτω απο το
φύλλο χρυσού



19η Μέτρηση στο στρώμα
κάτω απο το φύλλο
χρυσού, στον πηλό και
στην οπή



«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

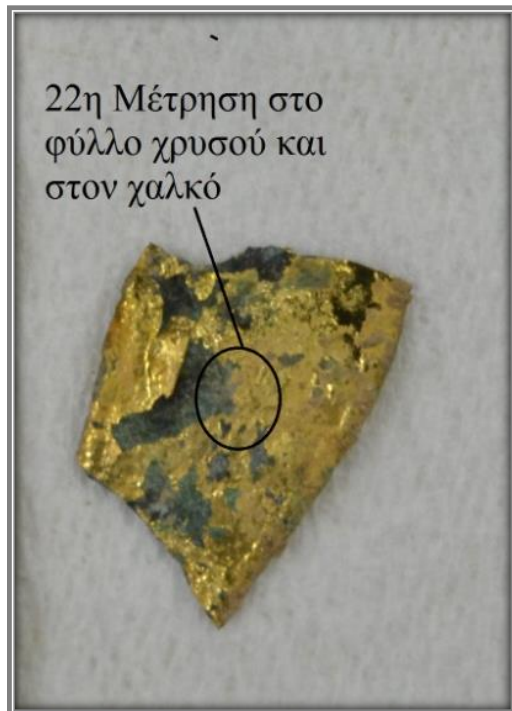
20η Μέτρηση στην
επιφάνεια κάτω απο το
φύλλο χρυσού



21η Μέτρηση για
εύρεση μολύβδου και
χαλκού



«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων
Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Κεφάλαιο 5^ο

Παρουσίαση αποτελεσμάτων

5.1 οι τεχνικές αναλύσεων που χρησιμοποιήθηκαν.

Για την επεξεργασία των δειγμάτων επιλέχτηκε μία σειρά από τεχνικές αναλύσεις . Οι τεχνικές αναλύσεις είναι οι ακόλουθες:

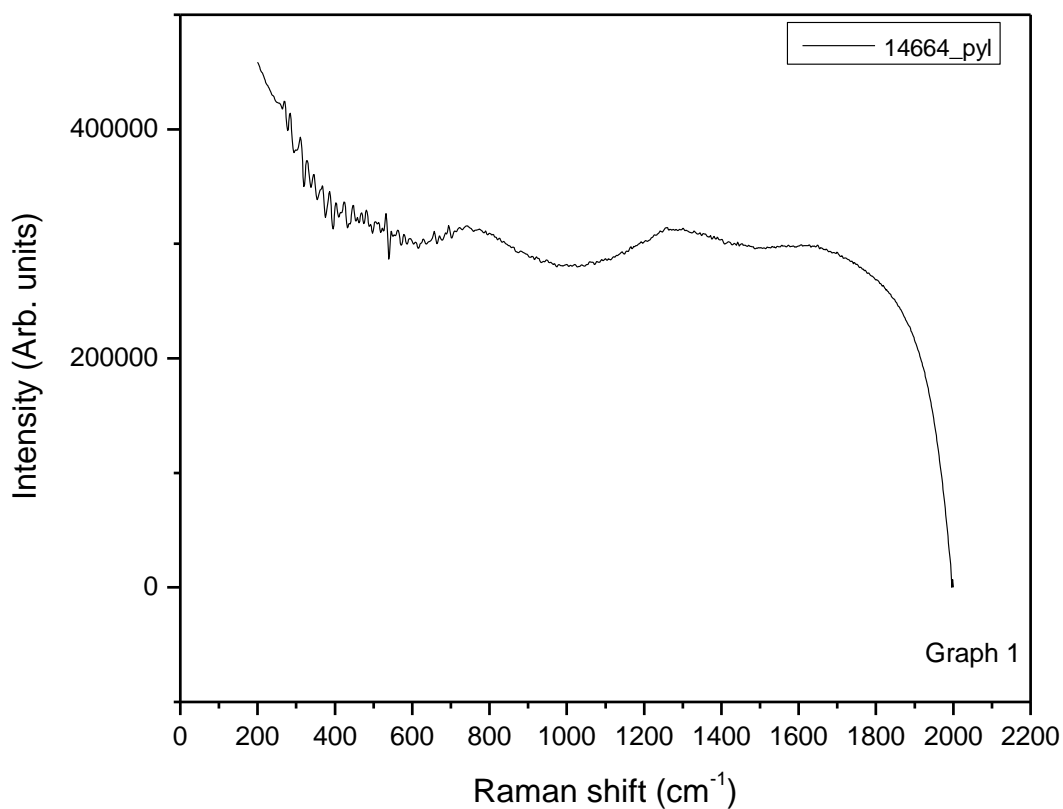
Φασματοσκοπία Raman με την χρήση του Raman Spectrometry Rockhound 785nm. Τα φάσματα που θα πάρουμε από τις αναλύσεις μας θα ψάξουμε να τα ταυτοποιήσουμε με αντίστοιχα φάσματα δειγμάτων αναφοράς που θα βρούμε σε γνωστές βάσεις δεδομένων φασμάτων. Έτσι θα καταφέρουμε να διαβάσουμε και να ταυτοποιήσουμε τα δικά μας φάσματα.

Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – X με την χρήση του φορητού XRF Analyzer Handheld, Portable, Bruker Tracer III-SD. Αυτή η μέθοδος μας βοηθάει να αναγνωρίσουμε τα στοιχεία που υπάρχουν σε κάθε δείγμα μας. Έτσι μαζί με την φασματοσκοπία Raman συνεισφέρει ώστε να βγάλουμε έγκυρα αποτελέσματα στο πλαίσιο της έρευνας μας.

Οπτικό μικροσκόπιο Leica MZ7S. Με την βοήθεια του οπτικού μικροσκοπίου έγινε ο καθαρισμός των δειγμάτων αλλά και η μικροσκοπική παρατήρησης τους. Κατόπιν έγινε ο εντοπισμός των περιοχών στα δείγματα που αναλύθηκαν με τις παραπάνω μεθόδους.

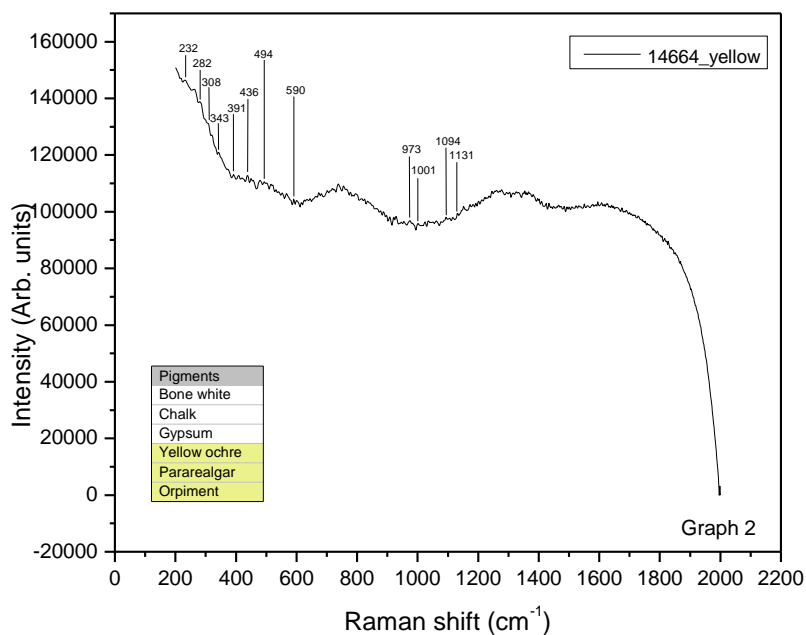
5.2 Αποτελέσματα Raman

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 38 μετρήσεις με την μέθοδο Raman, οι οποίες και παρουσιάζονται παρακάτω:



Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 14664_pyl παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

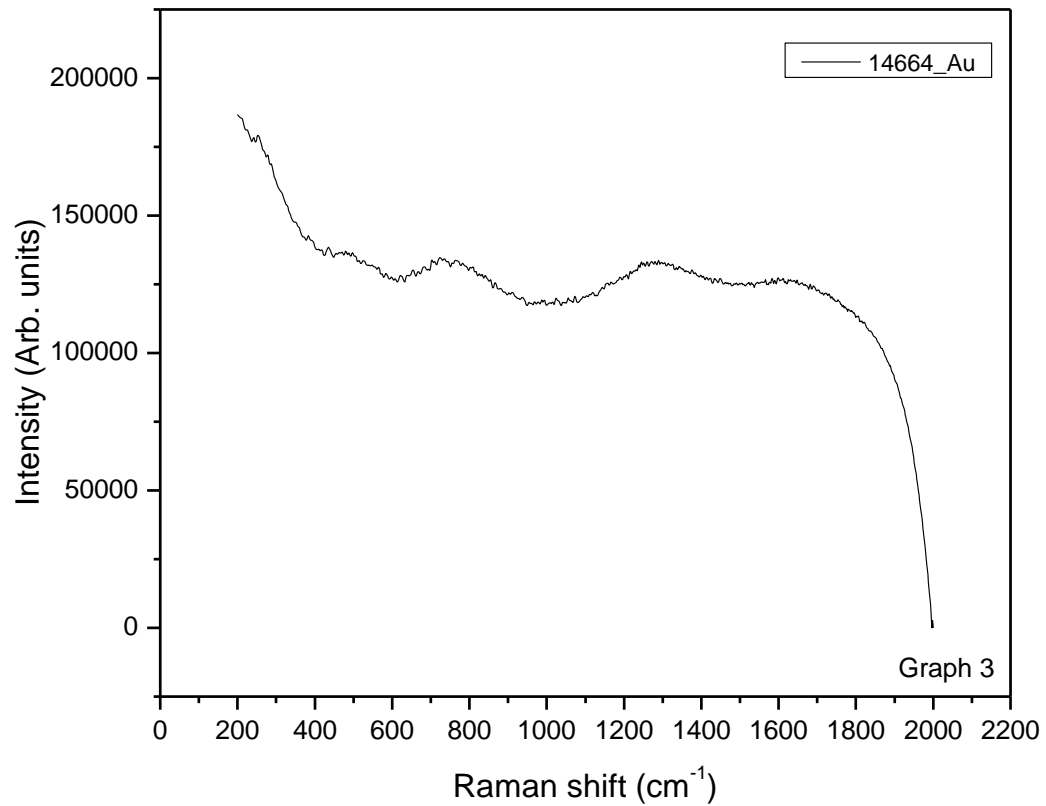
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Σε αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 14664_yellow ερευνήθηκαν 27 χρωστικές και πιο συγκεκριμένα: 7 λευκές και 20 κίτρινες. Οι κορυφές που αναγνωρίστηκαν είναι 457, 617, 644, 457,1000 για την barium white χρωστική, 436, 1036, 590, 1077, 973 για τη bone white χρωστική, 1094, 282 για τη chalk χρωστική, 624, 1001, 409, 494, 673, 1131 για τη gypsum χρωστική, 672, 701, 1051, 663, 835 για τη lead white, 1211, 1276,1367,1424, 1501, 1579, 1235, 1347, 1396, 1450, 1523,1626 για τη berberine, 342, 273, 851, 373, 408 για τη chrome yellow, 282, 319, 457, 374,531 για τη lead tin yellow, 391, 380 για τη massicot, 218, 297, 343, 391, 231, 308 για την orpiment χρωστική, 231, 319, 342, 232, 263, 342 για τη pararealgar, 1174, 1292,1211,1540 για τη saffron χρωστική, 233, 392,480, 1001, 297, 421, 552 για τη yellow ochre,

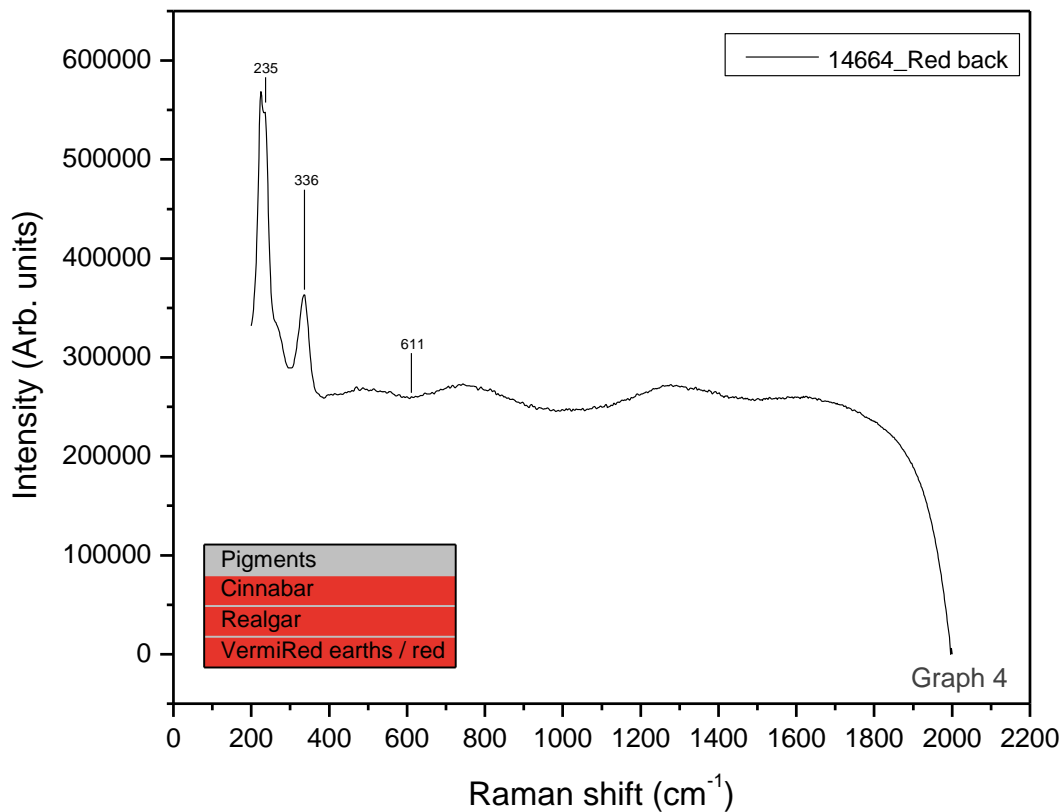
Σε συνδυασμό με τη Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – X καταλήξαμε στις εξής 6 χρωστικές: bone white, chalk, gypsum, yellow ochre, pararealgar, orpiment.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 14664_Au παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

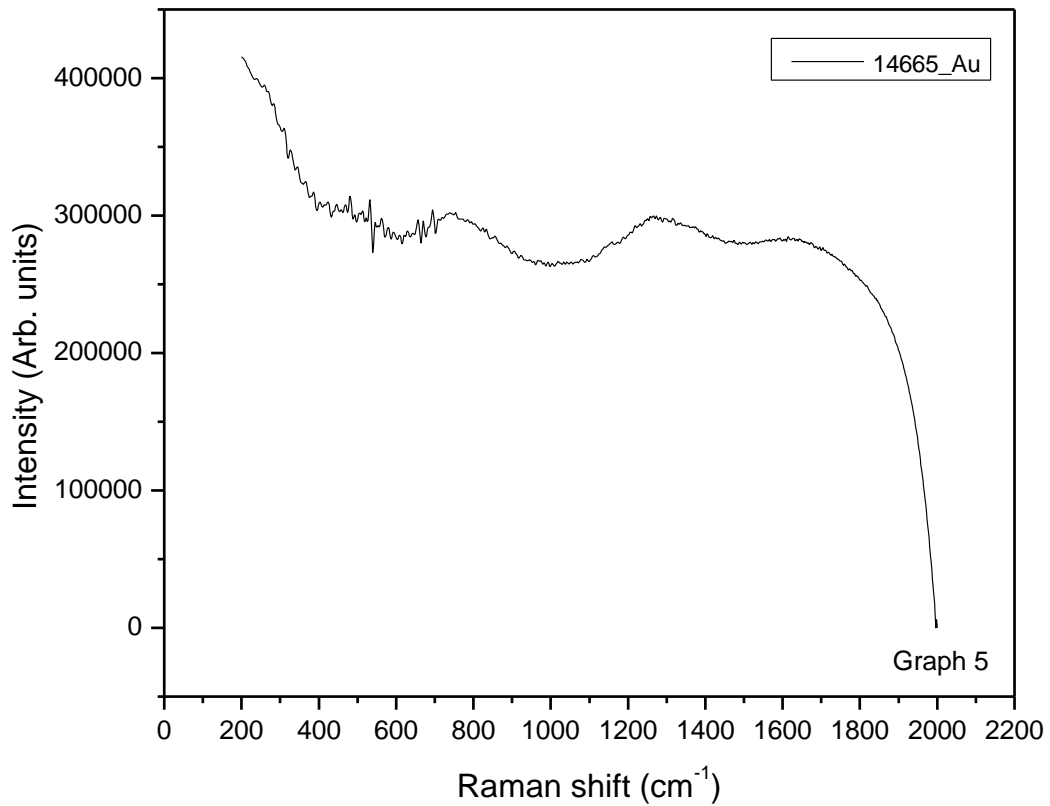
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Σε αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 14664_Red back ερευνήθηκαν 7 κόκκινες χρωστικές, οι κορυφές που αναγνωριστήκαν είναι: 235, 336 για τη cinnabar χρωστική, 224, 336, 469 για τη red lead, 224, 486, 611 για την red earth/red ochre, 235, 336, 224, 336 για τη realgar χρωστική, 336 για τη litharge.

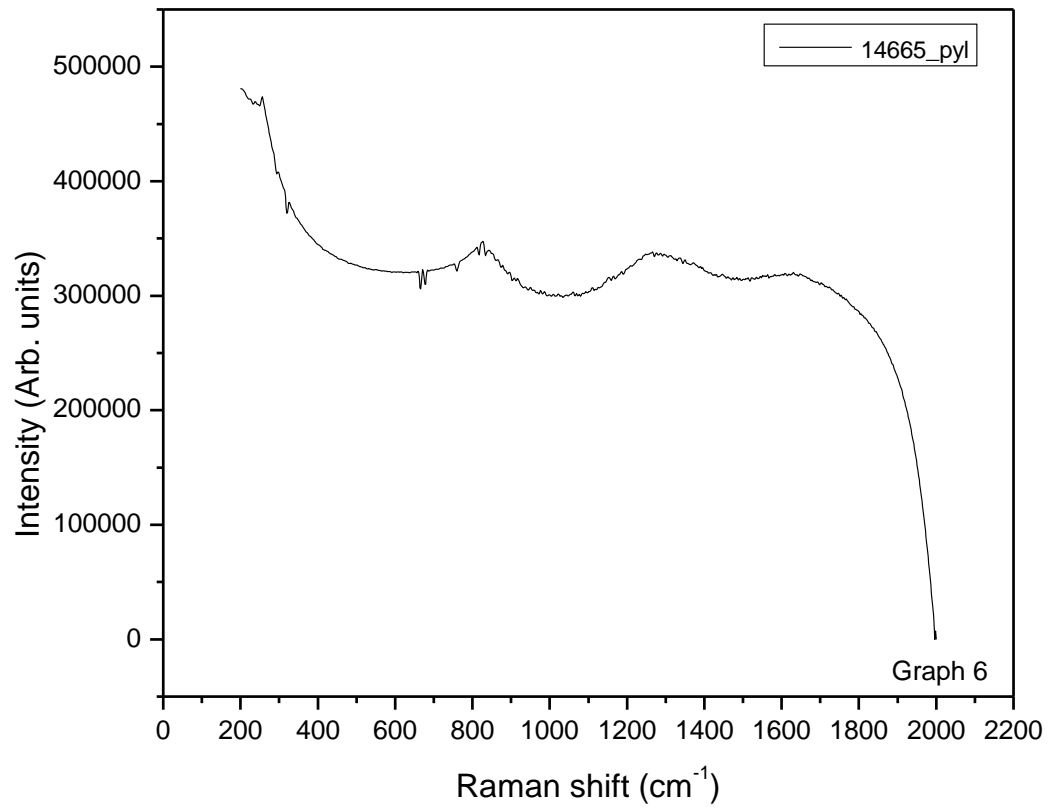
Σε συνδυασμό με τη Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – X καταλήξαμε στις εξής χρωστικές: red earth / red ochre, realgar, cinnabar.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



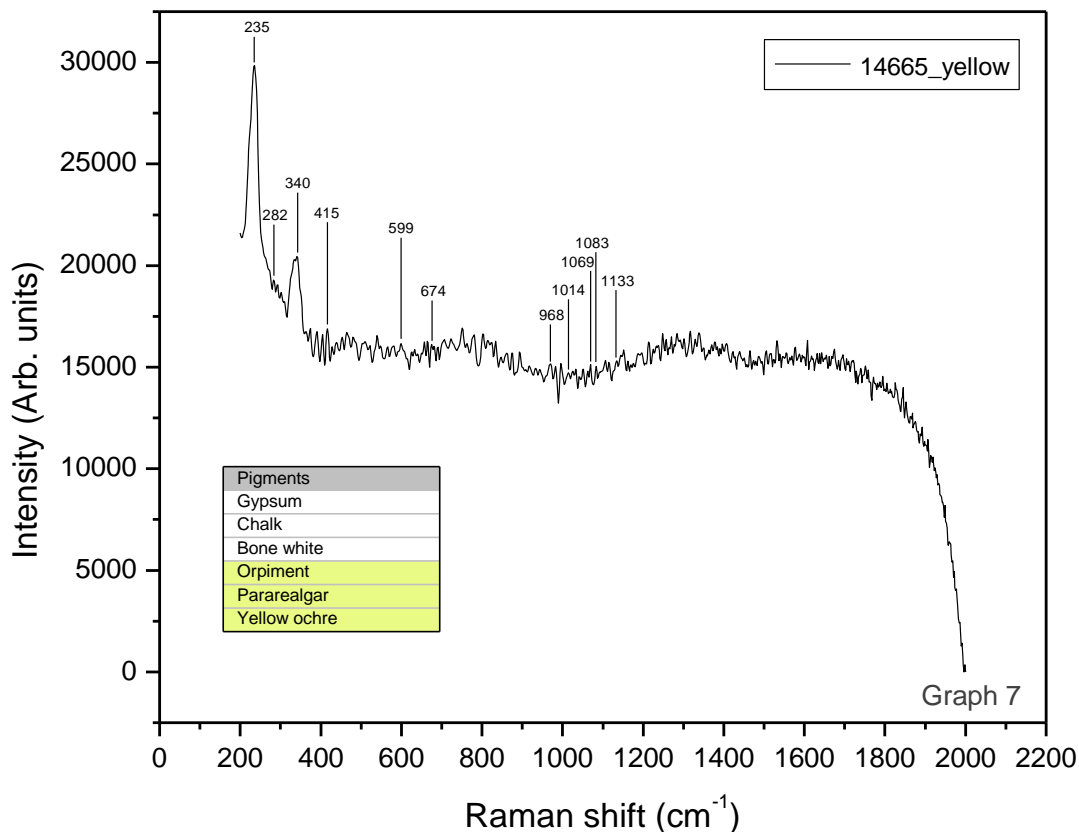
Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 14665_Au παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 14665_pyl παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

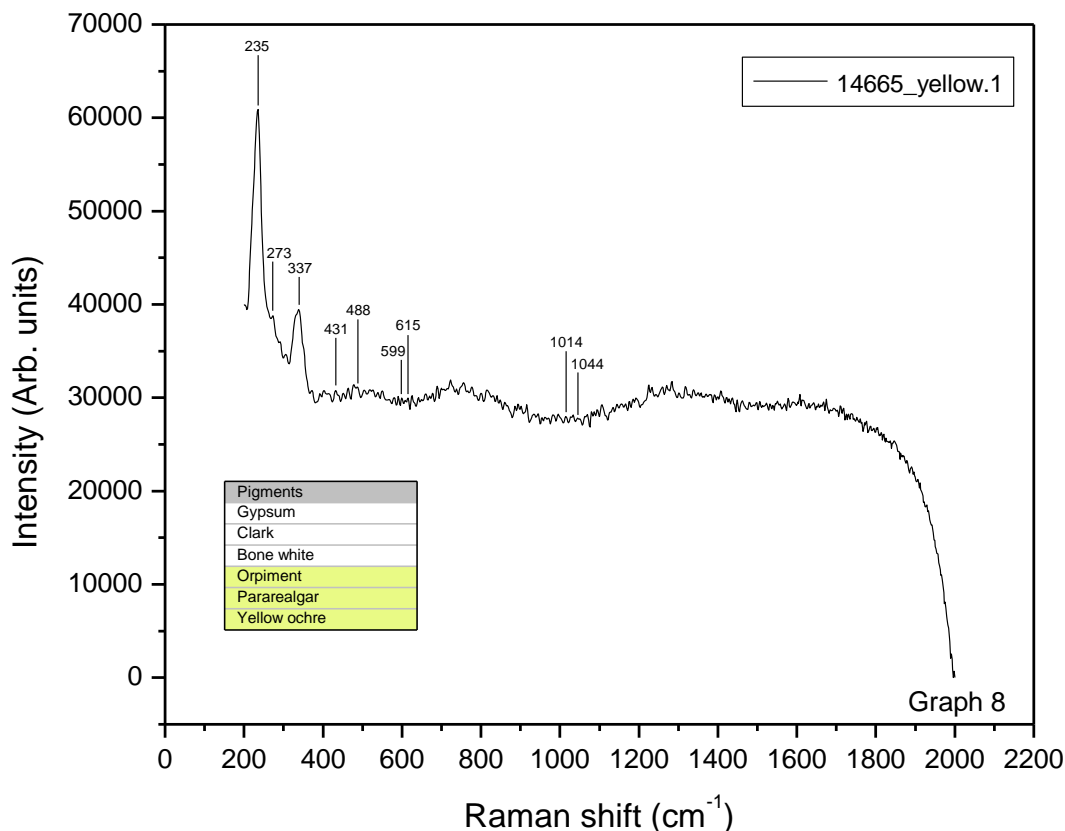
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Σε αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 14665_yellow ερευνήθηκαν με την τεχνική Raman 27 χρωστικές και πιο συγκεκριμένα: 7 λευκές και 20 κίτρινες. Οι κορυφές που αναγνωρίστηκαν είναι 454, 463, 626, 655,997 για την barium white χρωστική, 428, 1042, 599, 1069, 968 για τη bone white χρωστική, 1083, 282, για τη chalk χρωστική, 625, 1014, 1133, 415, 487, 674 για τη gypsum χρωστική, 675, 690, 1051, 665, 833 για τη lead white, 1284, 1225, 1630, 1506, 1523, 1406, για τη berberine, 849, 372, 414,338 για τη chrome yellow, 292, 353, 230, 309, 381, για την orpiment χρωστική, 235, 308, 282, 333, για τη pararealgar, 1170, 1283, 1214, 1539, 1555 για τη saffron χρωστική, 235, 390, 486, 1014, 302, 416, 549, για τη yellow ochre.

Σε συνδυασμό με τη Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – X καταλήξαμε στις εξής 6 χρωστικές: bone white, chalk, gypsum, yellow ochre, pararealgar, orpiment.

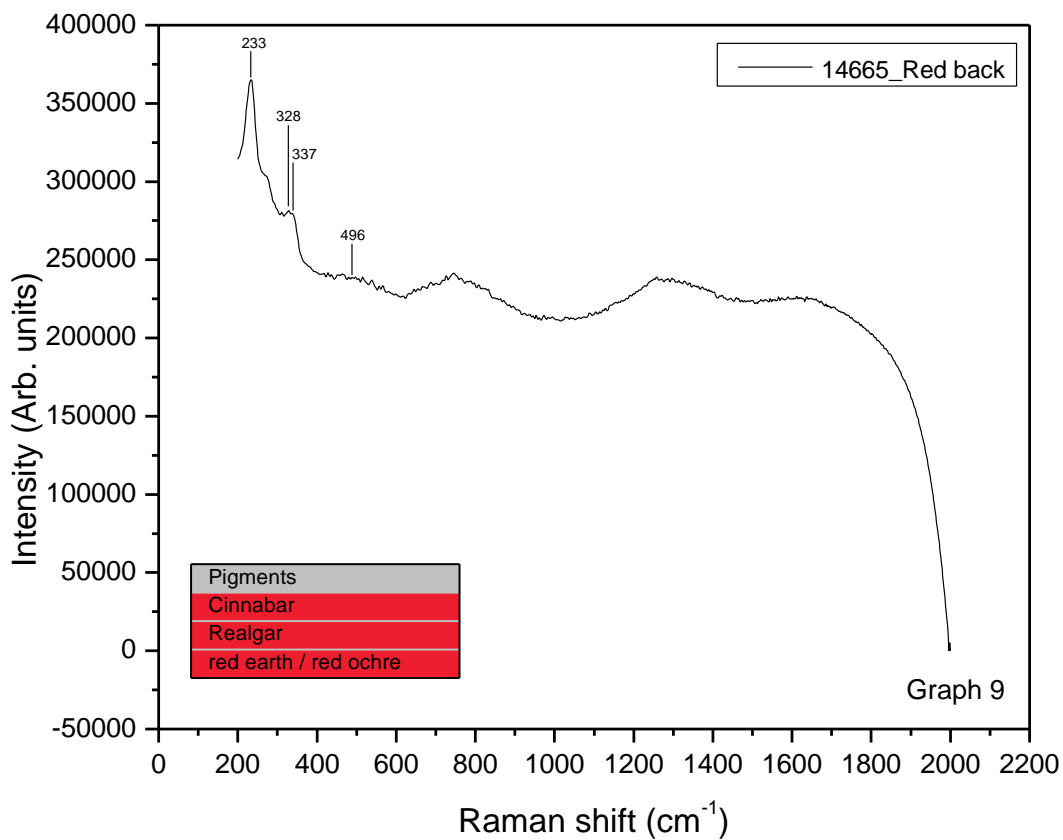
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Σε αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 14665_yellow.1 ερευνήθηκαν με την τεχνική Raman 27 χρωστικές και πιο συγκεκριμένα: 7 λευκές και 20 κίτρινες. Οι κορυφές που αναγνωρίστηκαν είναι 451, 615, 650, 416, 981 για την barium white χρωστική, 431, 1044, 599, 1069, 962 για τη bone white χρωστική, 1087, 283 για τη chalk χρωστική, 615, 1014, 1133, 414, 488, 670 για τη gypsum χρωστική, 659, 689, 1044, 660, 830 για τη lead white, 1193, 1270, 1370, 1422, 1507, 1569, 1231, 1340, 1391, 1450, 1523, 1630 για τη berberine, 338, 371, 839, 401 για τη chrome yellow, 291, 235, 305, 391 για την orpiment χρωστική, 235, 273, 337 για τη pararealgar, 1167, 1283, 1539 για τη saffron χρωστική, 234, 392, 487, 1014, 305, 414, 551 για τη yellow ochre.

Σε συνδυασμό με τη Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – X καταλήξαμε στις εξής 6 χρωστικές: bone white, chalk, gypsum, yellow ochre, pararealgar, orpiment.

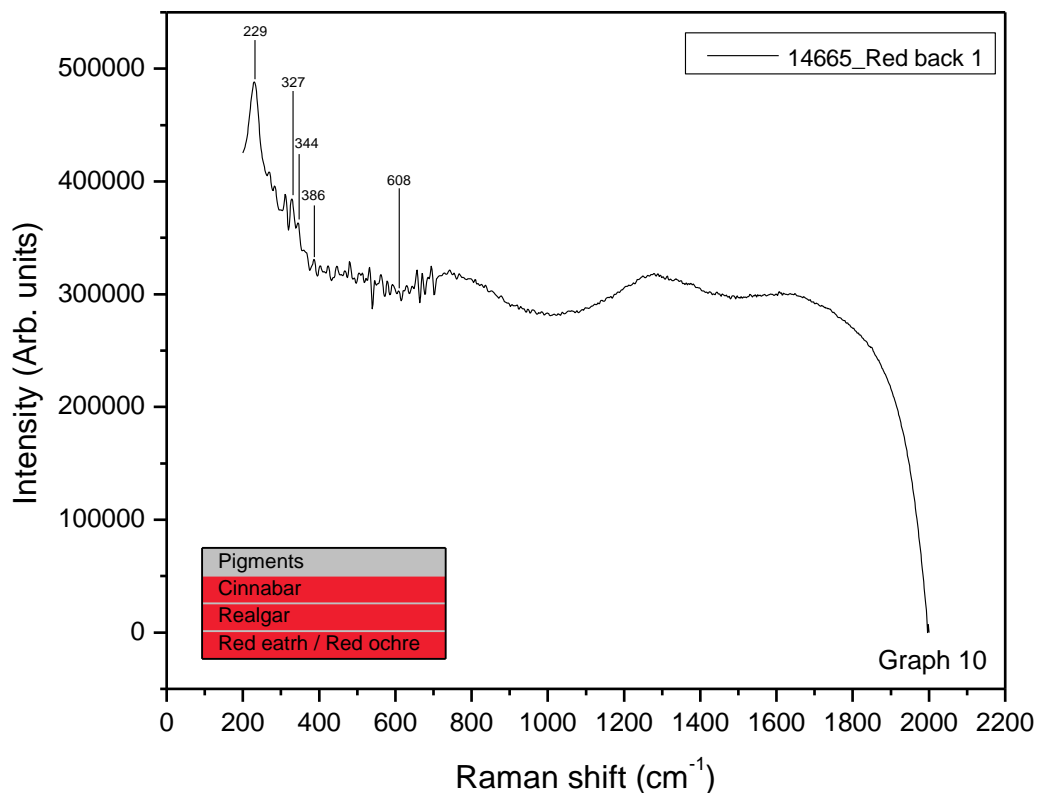
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Σε αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 14665_Red back ερευνήθηκαν 7 κόκκινες χρωστικές, οι κορυφές που αναγνωρίστηκαν είναι: 337, 372, για τη cinnabar χρωστική, 233, 337, 480, 310, για τη red lead, 223, 417, 597, 273, 496 για την red earth/red ochre, 233, 328, 328, για τη realgar χρωστική, 337 για τη litharge.

Σε συνδυασμό με την XRF καταλήξαμε στις εξής χρωστικές: red earth / red ochre, realgar, cinnabar.

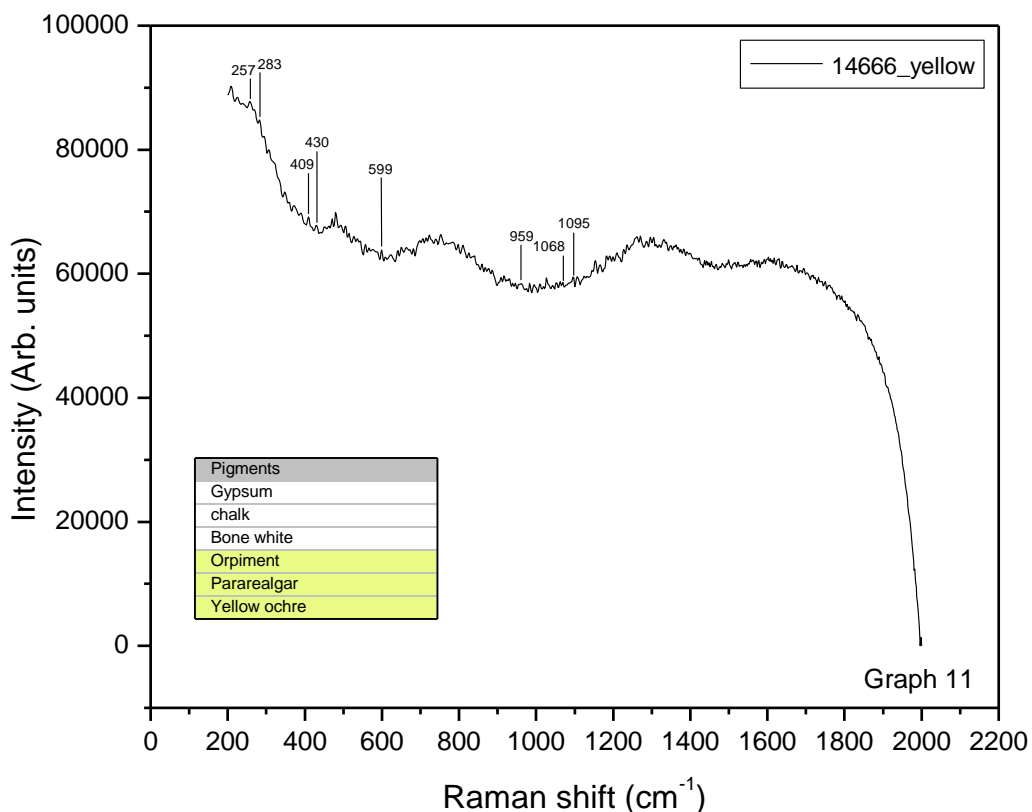
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 14665_Red back 1 είναι η επανάληψη της μέτρησης 14665_Red back. Εδώ έχουμε πιο ευανάγνωστα αποτελέσματα και συγκεκριμένα ερευνήθηκαν 7 κόκκινες χρωστικές, οι κορυφές που αναγνωριστήκαν είναι: 268, 344, 283 για τη cinnabar χρωστική, 228, 344, 480, 311, 387, 546/562 για τη red lead, 229, 402, 608, 283, 491 για την red earth/red ochre, 345, 386, 229, 327, 345 για τη realgar χρωστική, 345, 283 για τη litharge.

Σε συνδυασμό με την XRF καταλήξαμε στις εξής χρωστικές: red earth / red ochre, realgar, cinnabar.

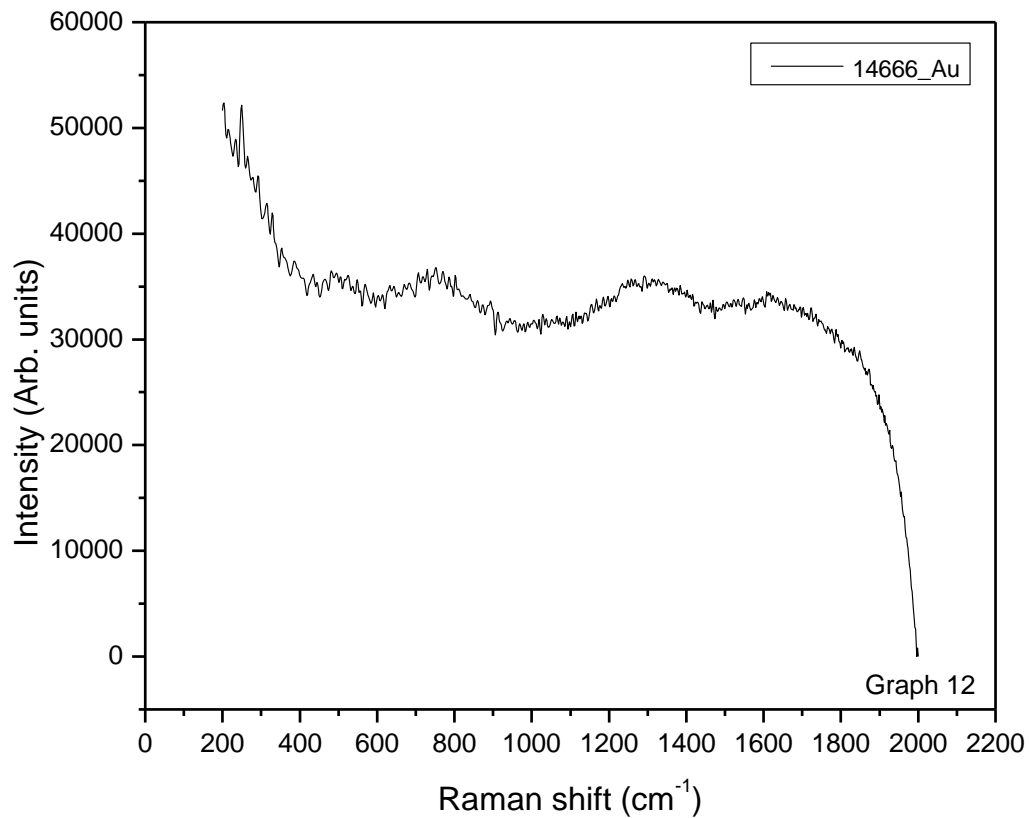
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Σε αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 14666_yellow ερευνήθηκαν με την τεχνική Raman 27 χρωστικές και πιο συγκεκριμένα: 7 λευκές και 20 κίτρινες. Οι κορυφές που αναγνωριστήκαν είναι 452, 622, 650, 461, 983 για την barium white χρωστική, 431, 1052, 599, 961, 1069, για τη bone white χρωστική, 1094, 283, για τη chalk χρωστική, 620, 1009, 1132, 409, 491, 671, για τη gypsum χρωστική, 224, 452, 620, 283, 416, 650, 347, 983 για τη lead white, 1209, 1271, 1361, 1421, 1509, 1570, 1235, 1347, 1391, 1447, 1523, 1628 για τη berberine, 347, 372, 839, 360, 409 για τη chrome yellow, 283, 306, 461, 293, 389, 522 lead tin yellow type 1, 389, 283 massicot, 224, 293, 359, 208, 238, 306, 389 για την orpiment χρωστική, 224, 238, 306, 347, 208, 238, 238, 247 για τη pararealgar, 1165, 1286, 1209, 1539 για τη saffron χρωστική, 238, 257, 389, 479, 1009, 306, 409, 556 για τη yellow ochre.

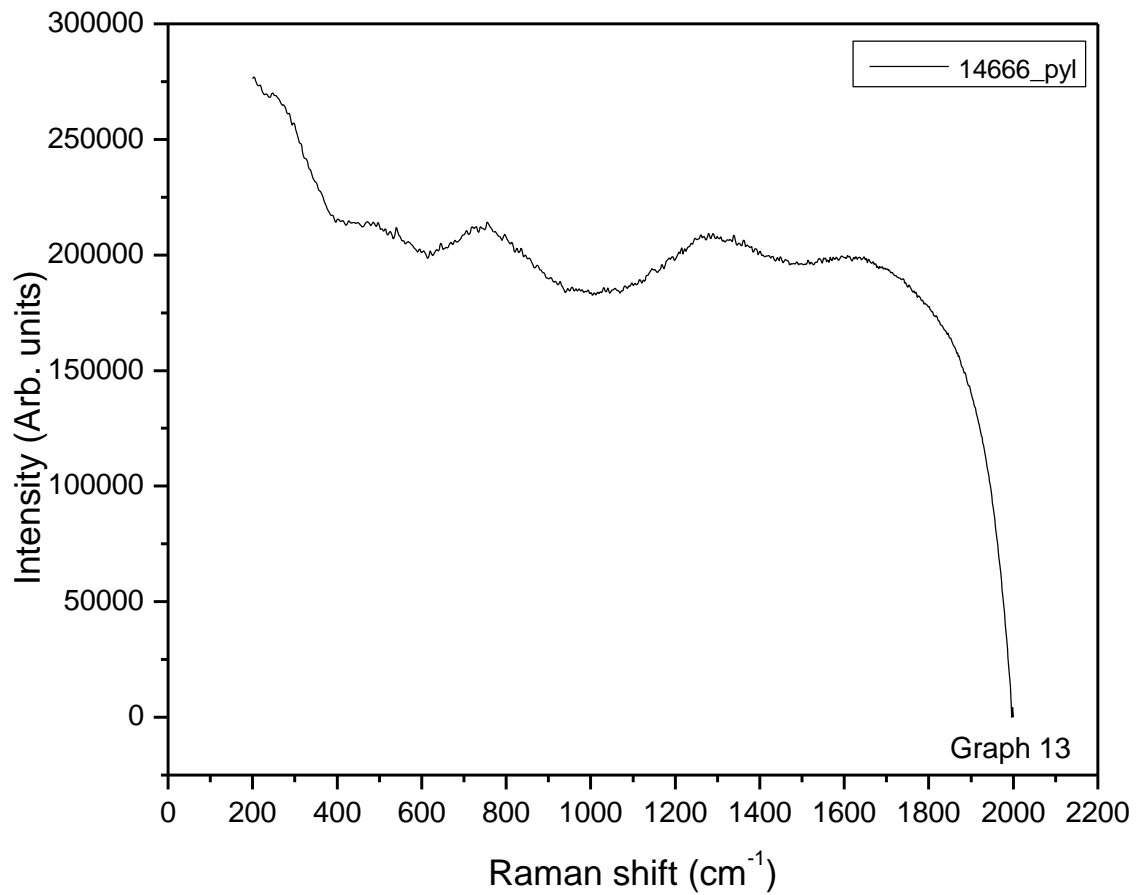
Σε συνδυασμό με τη Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – X καταλήξαμε στις εξής 6 χρωστικές: bone white, chalk, gypsum, yellow ochre, pararealgar, orpiment.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



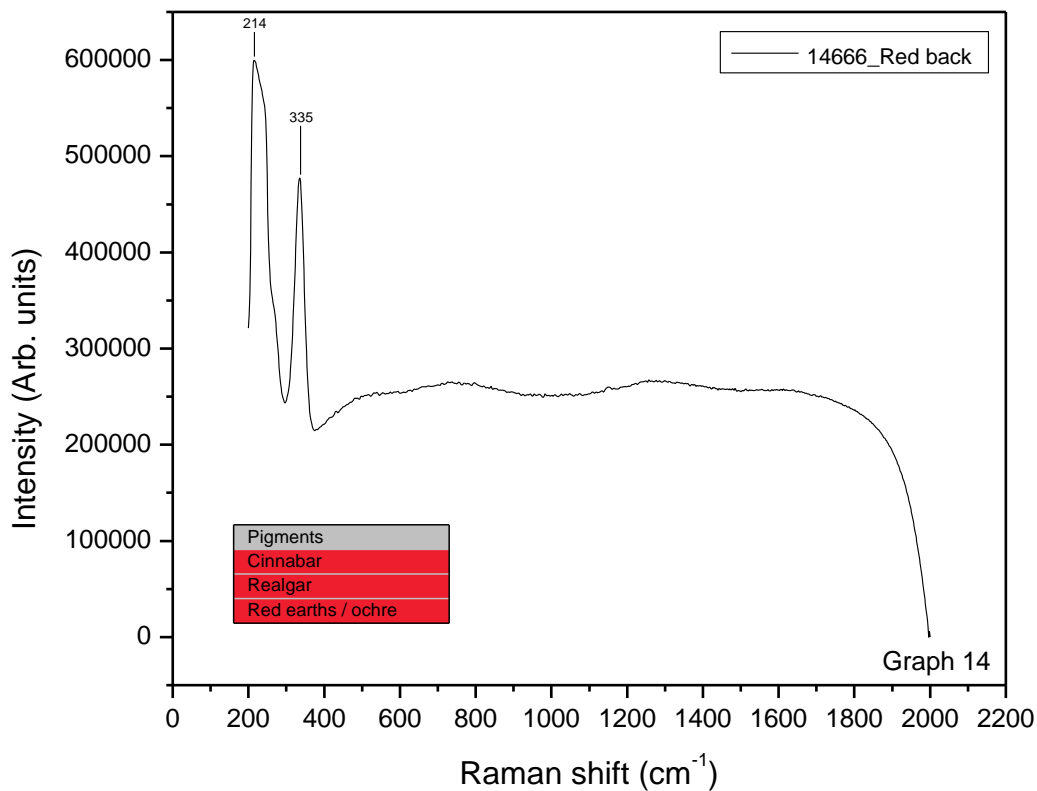
Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 14666_Au παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 14666_pyl παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

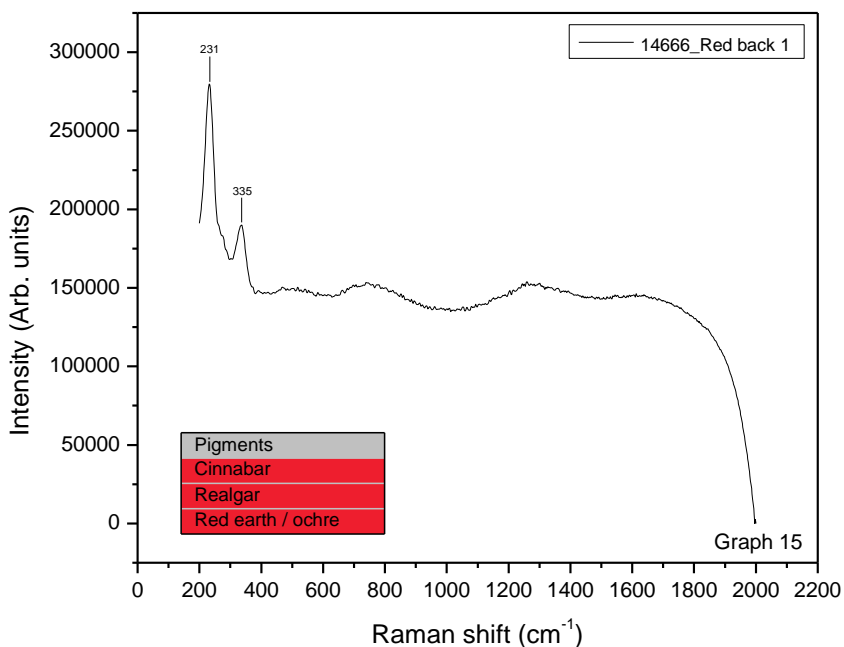
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Σε αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 14666_Red back ερευνήθηκαν 7 κόκκινες χρωστικές, οι κορυφές που αναγνωρίστηκαν είναι: 335, για τη cinnabar χρωστική, 215, 335 για τη red lead, 214 για την red earth/red ochre, 335, 214 για τη realgar χρωστική, 335 για τη litharge.

Σε συνδυασμό με τη Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – X καταλήξαμε στις εξής χρωστικές: cinnabar, red earth / red ochre, realgar.

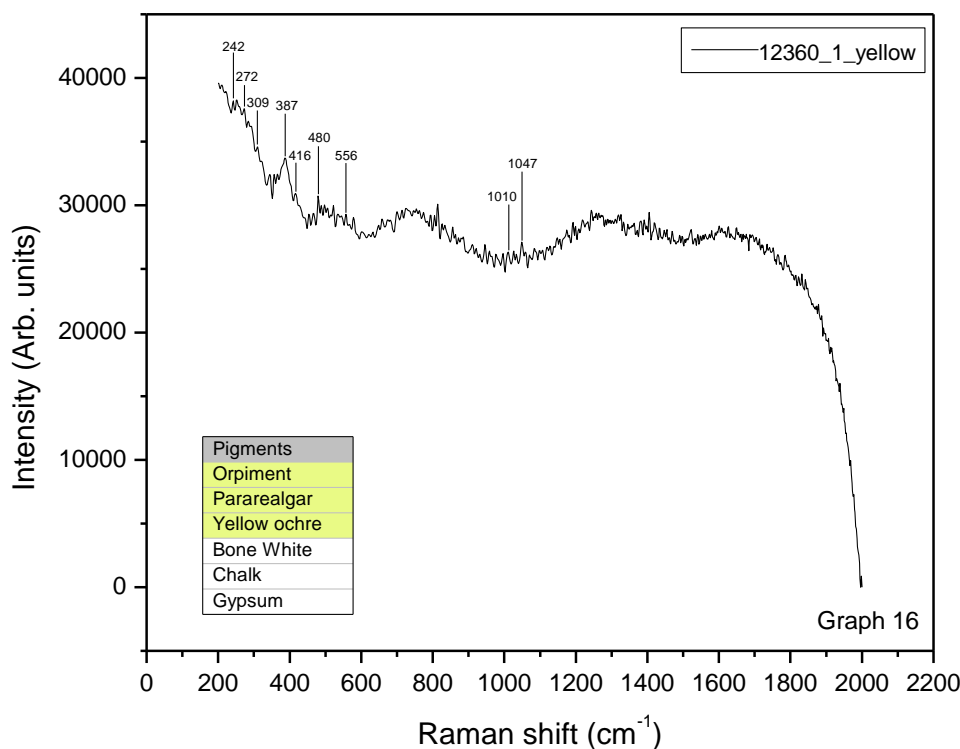
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Σε αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 14666_Red back 1 ερευνήθηκαν 7 κόκκινες χρωστικές, οι κορυφές που αναγνωριστήκαν είναι: 336, 287 για τη cinnabar χρωστική, 231, 335, 467 για τη red lead, 232 για την red earth/red ochre, 231, 335 για τη realgar χρωστική, 336 για τη litharge.

Σε συνδυασμό με την XRF καταλήξαμε στις εξής χρωστικές: cinnabar, red earth / red ochre, realgar.

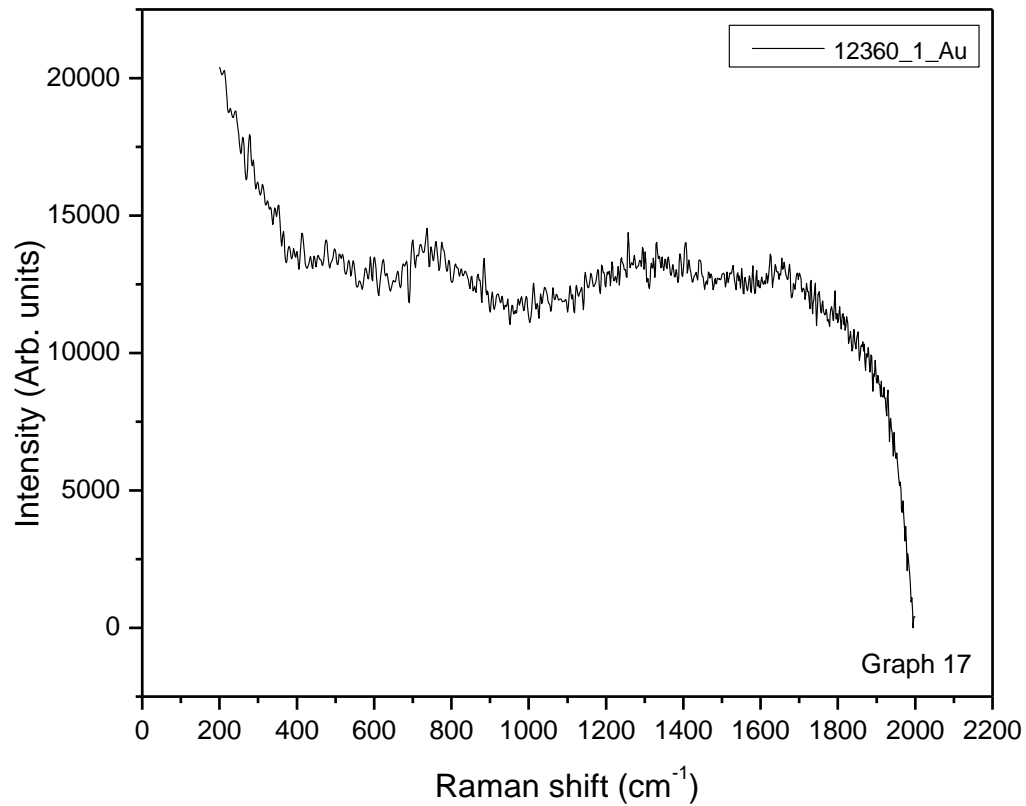
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



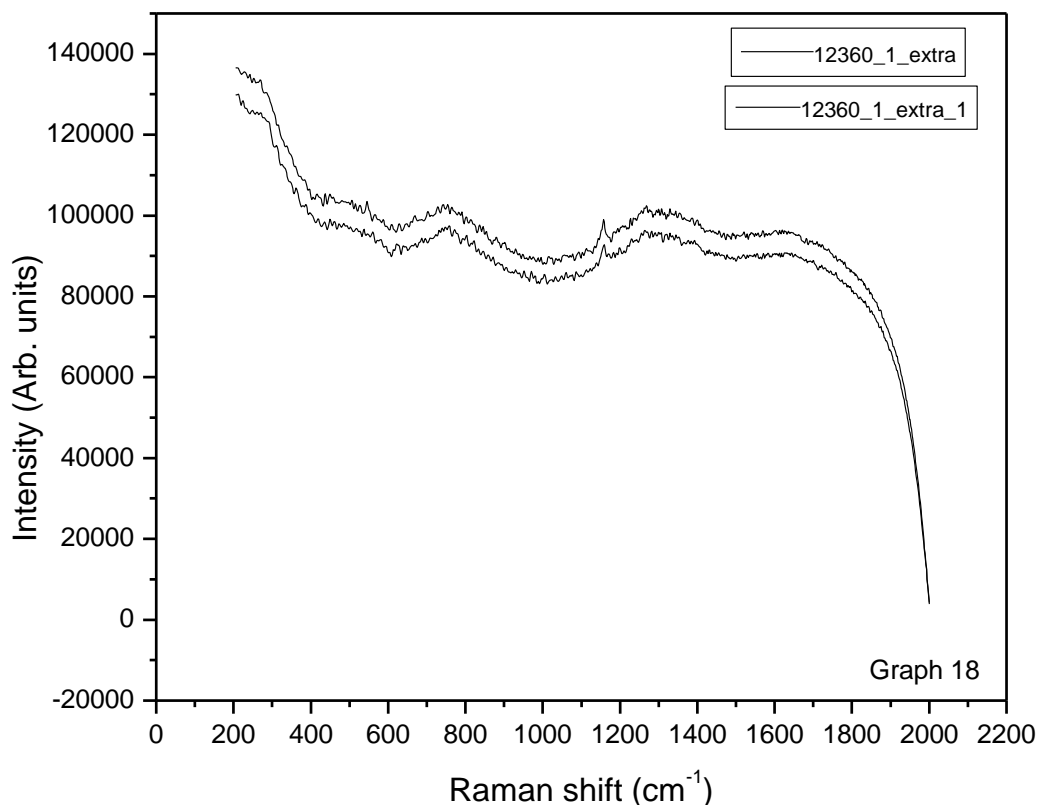
Σε αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 12360_1_yellow ερευνήθηκαν με την τεχνική Raman 27 χρωστικές και πιο συγκεκριμένα: 7 λευκές και 20 κίτρινες. Οι κορυφές που αναγνωριστήκαν είναι 453, 620, 647, 464, 996, 647 για την barium white χρωστική, 427, 1047, 590, 1071, 964 για τη bone white χρωστική, 1088, 284, για τη chalk χρωστική, 620, 1009, 416, 1137, 496, 674 για τη gypsum χρωστική, 673, 680, 1049, 657, 826 για τη lead white, 1208, 1265, 1364, 1419, 1510, 1561, 1232, 1345, 1391, 1448, 1523, 1626 για τη berberine, 343, 365, 834, 356 για τη chrome yellow, 309, 600 cadmium yellow, 273, 308, 453, 282, 386, 522 για την lead tin yellow type 1, 321 για την lead tin yellow type 2, 386, 292 massicot, 222, 292, 357, 242, 309, 387 για την orpiment, 222, 242, 321, 344, 210, 223, 272, 322 για την pararealgar, 1175, 1289, 1208, 1540 για την saffron, 242, 387, 480, 1010, 09, 416, 556 για την yellow ochre.

Σε συνδυασμό με την XRF καταλήξαμε στις εξής 6 χρωστικές: bone white, chalk, gypsum, yellow ochre, pararealgar, orpiment.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



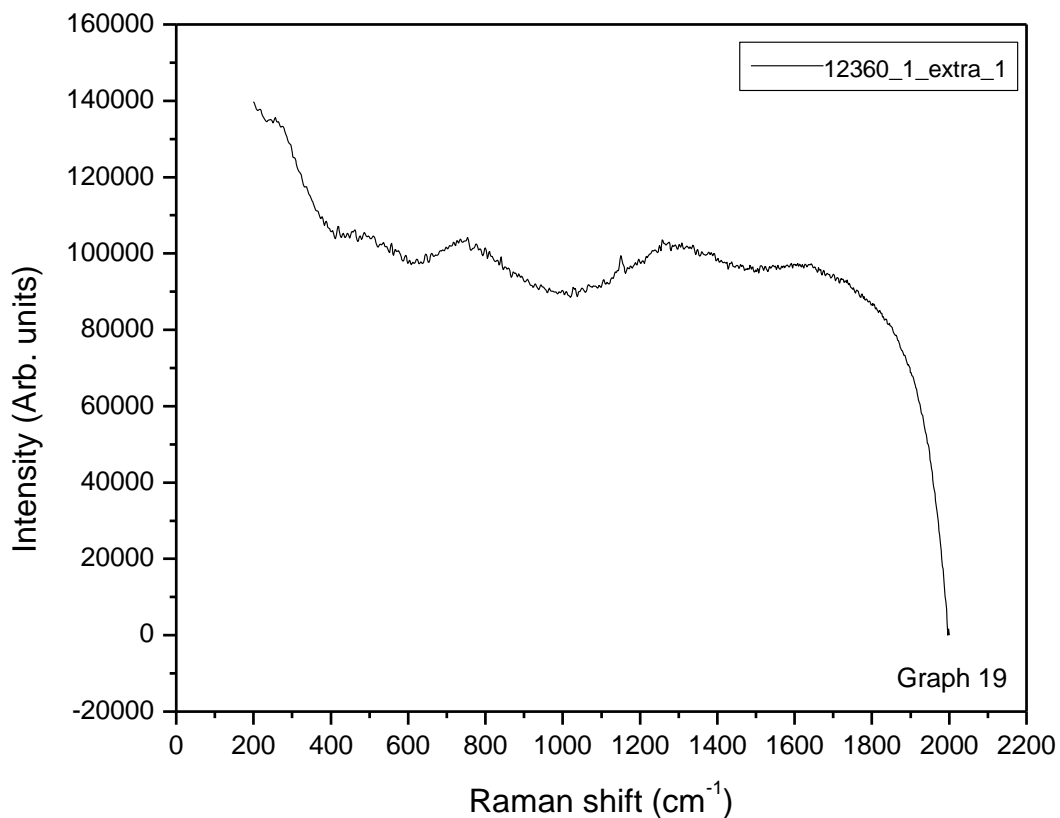
Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 12360_1_Au παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.



Σε αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 12360_1_extra μετρήθηκε ένα υλικό που υπήρχε επάνω στο ενώτιο N^ο 1 για να διερευνηθεί ως προς την φύση του. Το φάσμα που πήραμε είναι πολύ θορυβώδες και δεν μπορεί να αξιολογηθεί έτσι κάναμε μία επαναληπτική μέτρηση που είναι το γράφημα 19 (το επόμενο) με κωδικό 12360_1_extra_1. Τα δύο φάσματα τοποθετήθηκαν στο γράφημα 18 και παρατηρούμε πως είναι ακριβώς τα ίδια.

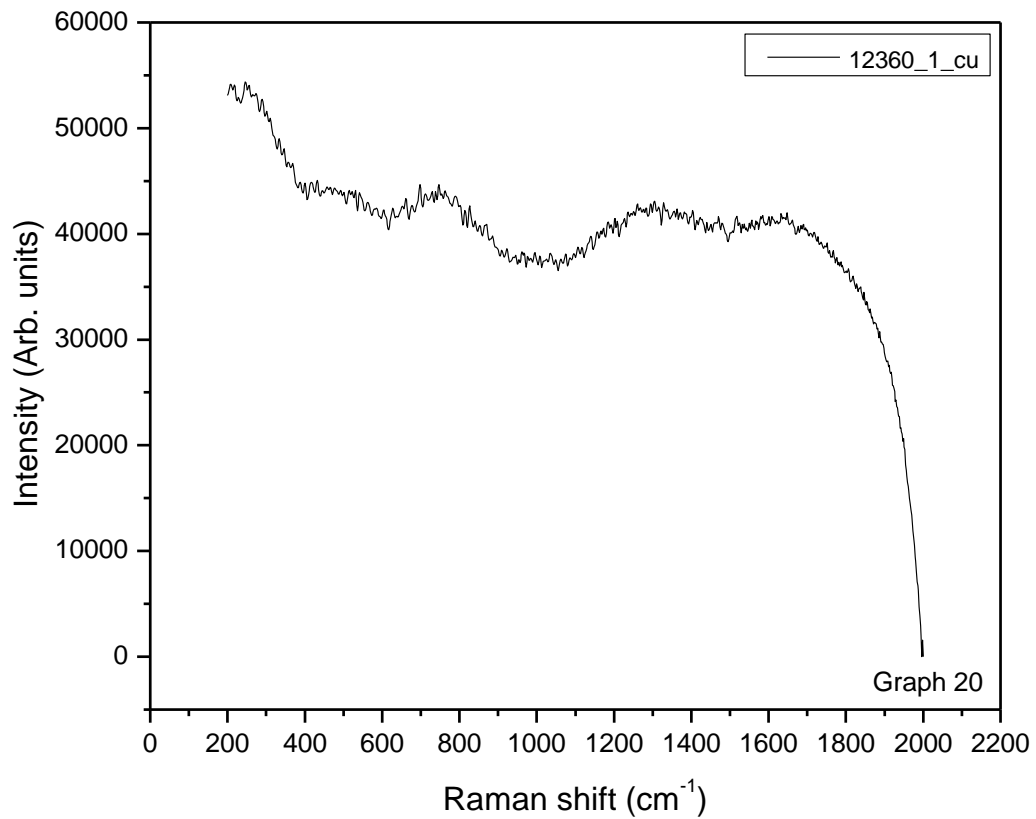
Η Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – X (XRF) που χρησιμοποιήθηκε σαν δεύτερη μέθοδος ανάλυσης μας υπέδειξε πως το υλικό αυτό είναι λευκόχρυσος Pt.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



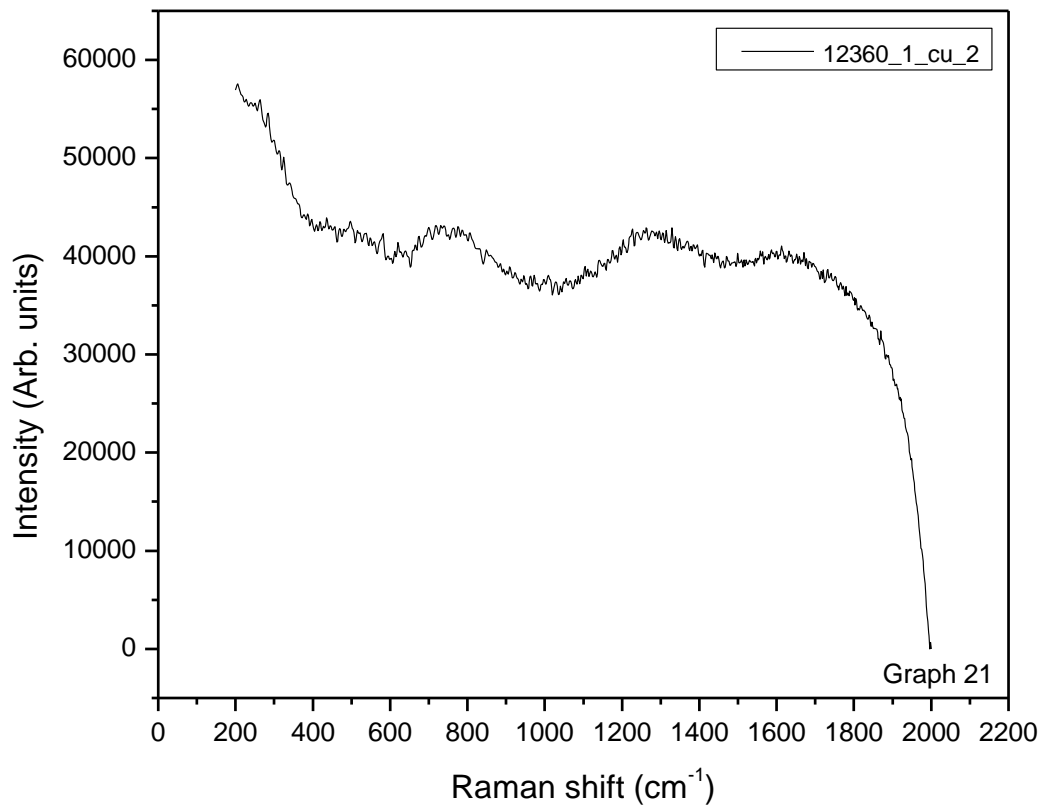
Αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 12360_1_extra_1 είναι η επανάληψη της μέτρησης 12360_1_extra γράφημα 18. Το φάσμα που πήραμε και εδώ είναι πολύ θορυβώδες και δεν μπορεί να αξιολογηθεί. Τα δύο φάσματα τοποθετήθηκαν στο γράφημα 18 και παρατηρούμε πως είναι ακριβώς τα ίδια.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



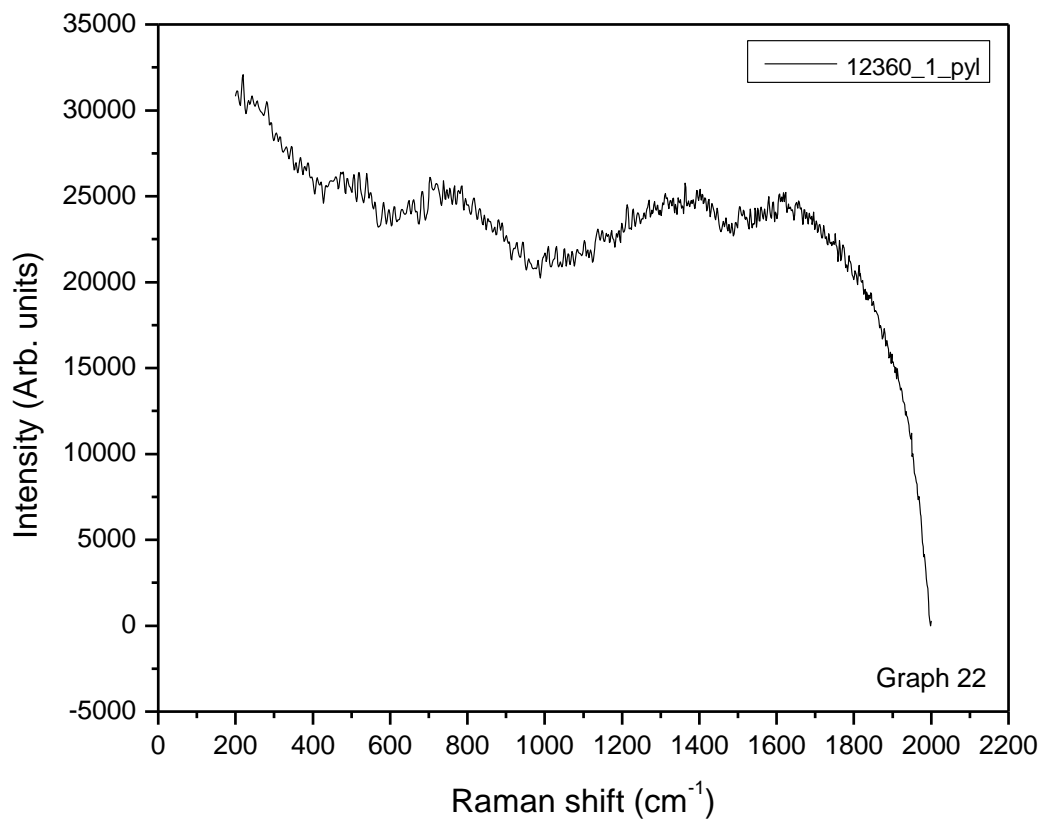
Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 12360_1_Cu παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



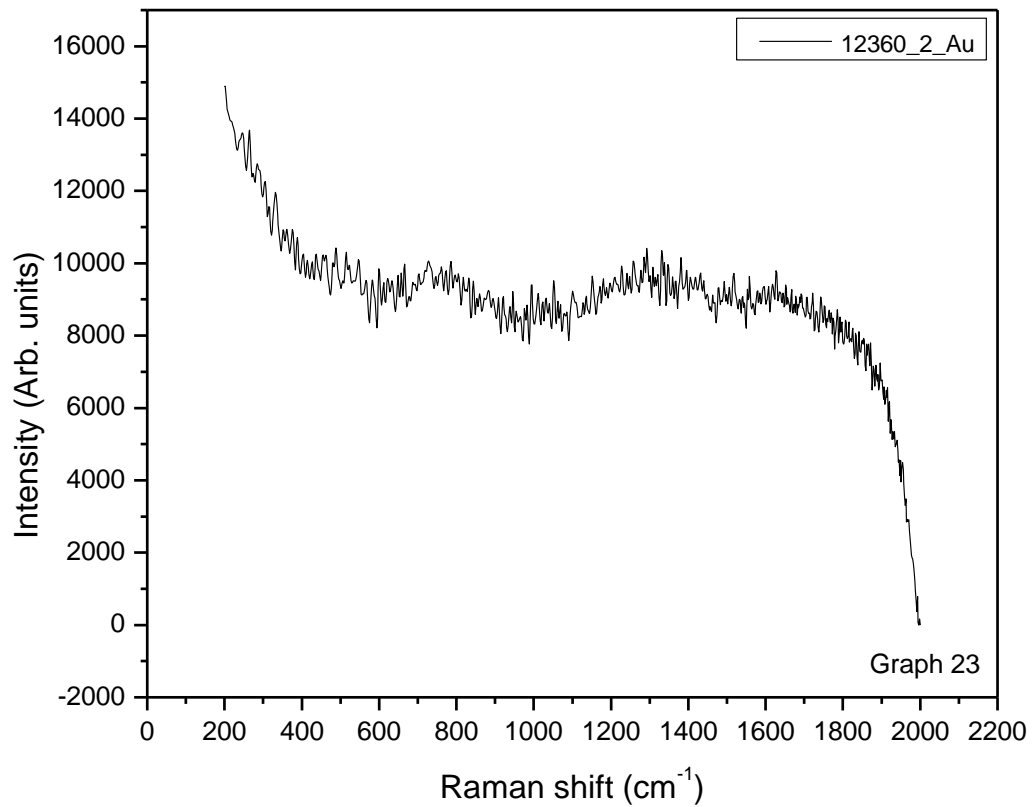
Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 12360_1_Cu_2 παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



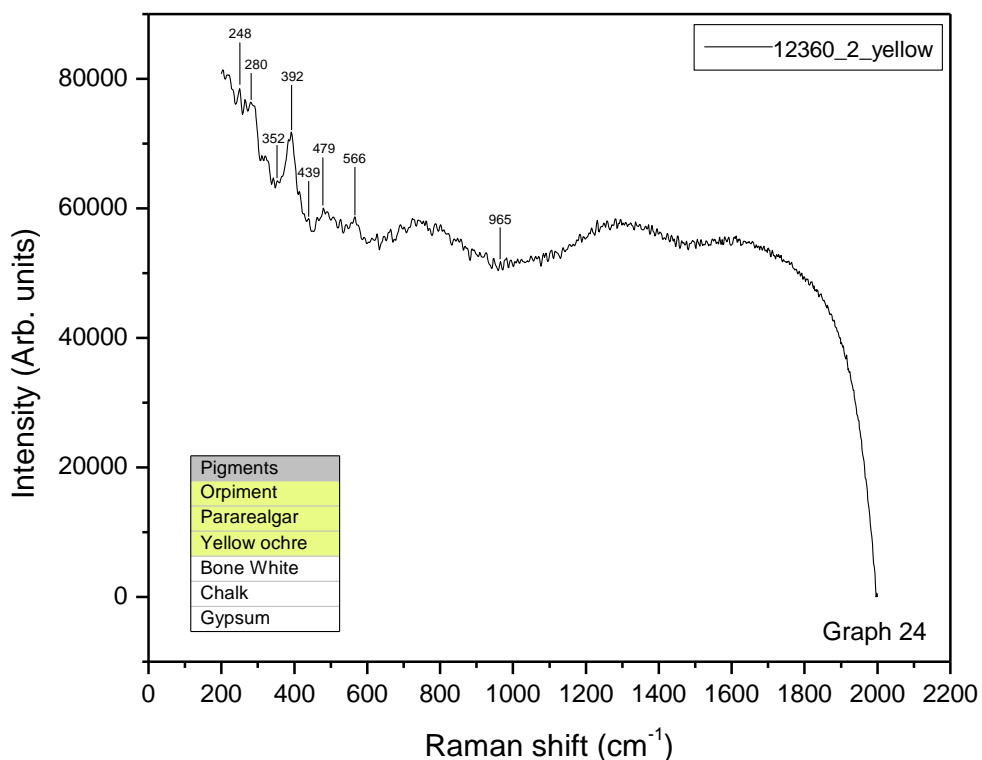
Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 12360_1_pyl παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 12360_2_Au παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

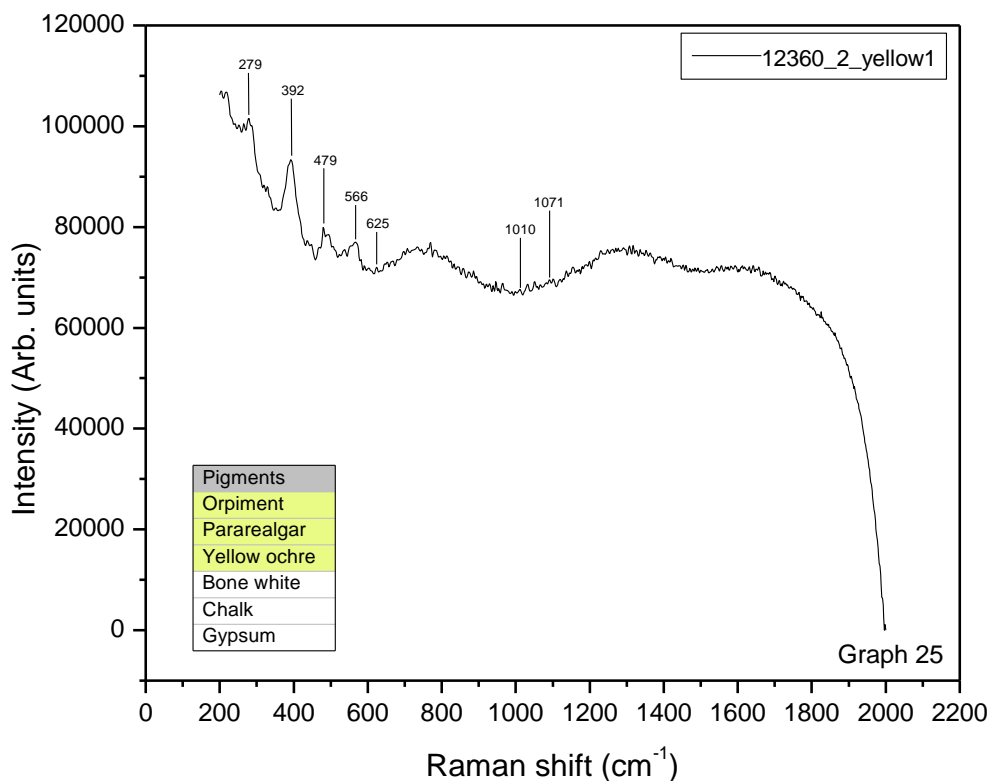
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Σε αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 12360_2_yellow ερευνήθηκαν με την τεχνική Raman 27 χρωστικές και πιο συγκεκριμένα: 7 λευκές και 20 κίτρινες. Οι κορυφές που αναγνωρίστηκαν είναι 461, 612, 645, 461, 982 για την barium white χρωστική, 439, 590, 1048, 1071, 965 για τη bone white χρωστική, 1089, 282, για τη chalk χρωστική, 613, 1005, 490, 414, 664 για τη gypsum χρωστική, 664, 690, 1048, 665, 829 για τη lead white, 1208, 1363, 1423, 1505, 1567, 1231, 1346, 1395, 1450, 1515, 1621 για τη berberine, 342, 383, 839, 353, 592 για τη chrome yellow, 310, 611 cadmium yellow, 279, 290, 461, 289, 383, 526 για την lead tin yellow type 1, 320 για την lead tin yellow type 2, 383, 289 massicot, 221, 289, 352, 232, 310, 383 για την orpiment, 220, 232, 319, 342, 220, 280, 328 για την pararealgar, 1166, 1286, 1208, 1546 για την saffron, 248, 392, 479, 1005, 310, 414, 566 για την yellow ochre

Σε συνδυασμό με τη Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – Χ καταλήξαμε στις εξής 6 χρωστικές: bone white, chalk, gypsum, yellow ochre, pararealgar, orpiment.

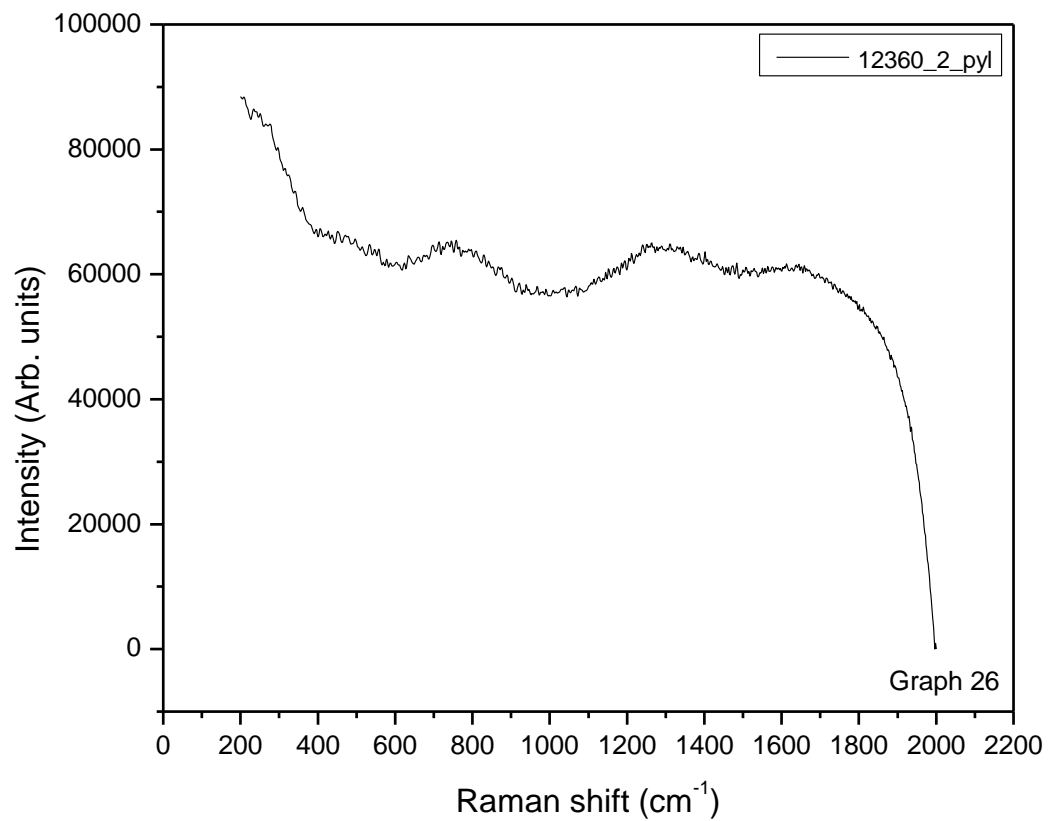
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Σε αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 12360_2_yellow 1 ερευνήθηκαν με την τεχνική Raman 20 χρωστικές και πιο συγκεκριμένα: 7 λευκές και 20 κίτρινες. Οι κορυφές που αναγνωριστήκαν είναι 446, 612, 645, 461, 982 για την barium white χρωστική, 436, 590, 1051, 1065, 964 για τη bone white χρωστική, 1089, 282, για τη chalk χρωστική, 613, 1005, 490, 414, 664 για τη gypsum χρωστική, 668, 679, 1051, 664, 822 για τη lead white, 1209, 1276, 1363, 1433, 1499, 1567, 1237, 1343, 1451, 1517, 1630 για τη berberine, 337, 360, 844, 350, 592 για τη chrome yellow, 287, 602 cadmium yellow, 278, 287, 522 για την lead tin yellow type 1, 328 για την lead tin yellow type 2, 391, 288 massicot, 218, 287, 351, 240, 307, 392 για την orpiment, 218, 240, 319, 277 για την pararealgar, 1165, 1276, 1210, 1531 για την saffron, 240, 241, 392, 479, 1010, 287, 553 για την yellow ochre.

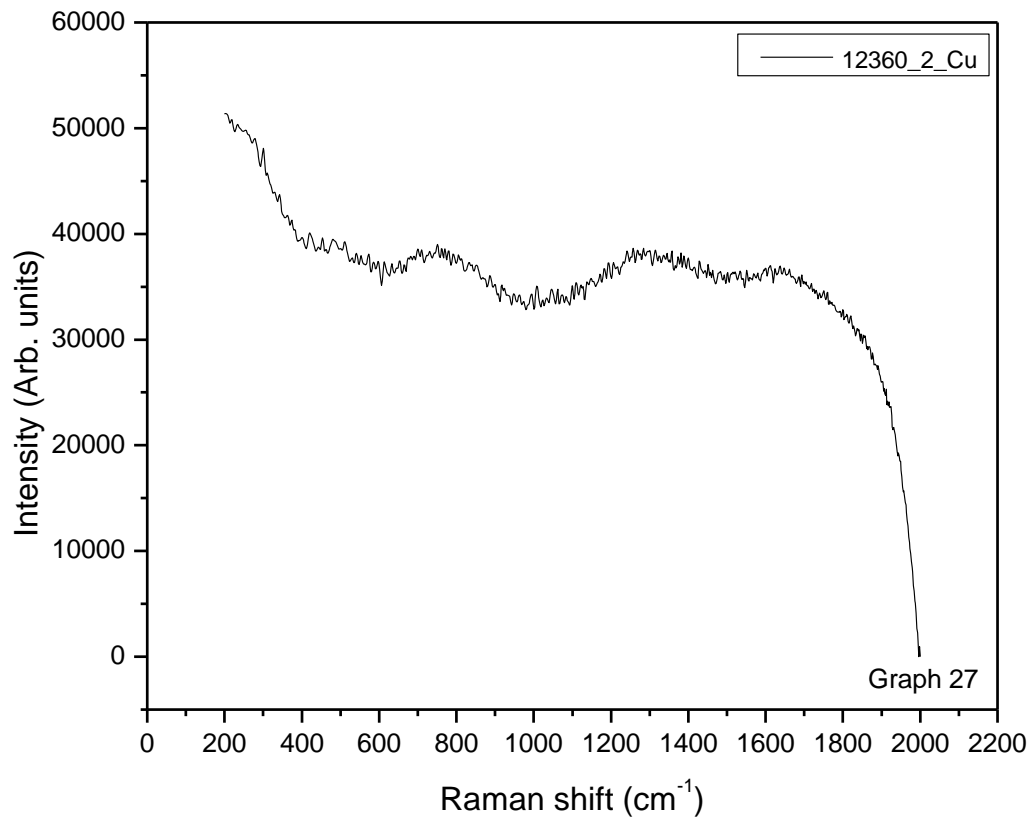
Σε συνδυασμό με τη Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – X καταλήξαμε στις εξής 6 χρωστικές: bone white, chalk, gypsum, yellow ochre, pararealgar, orpiment.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



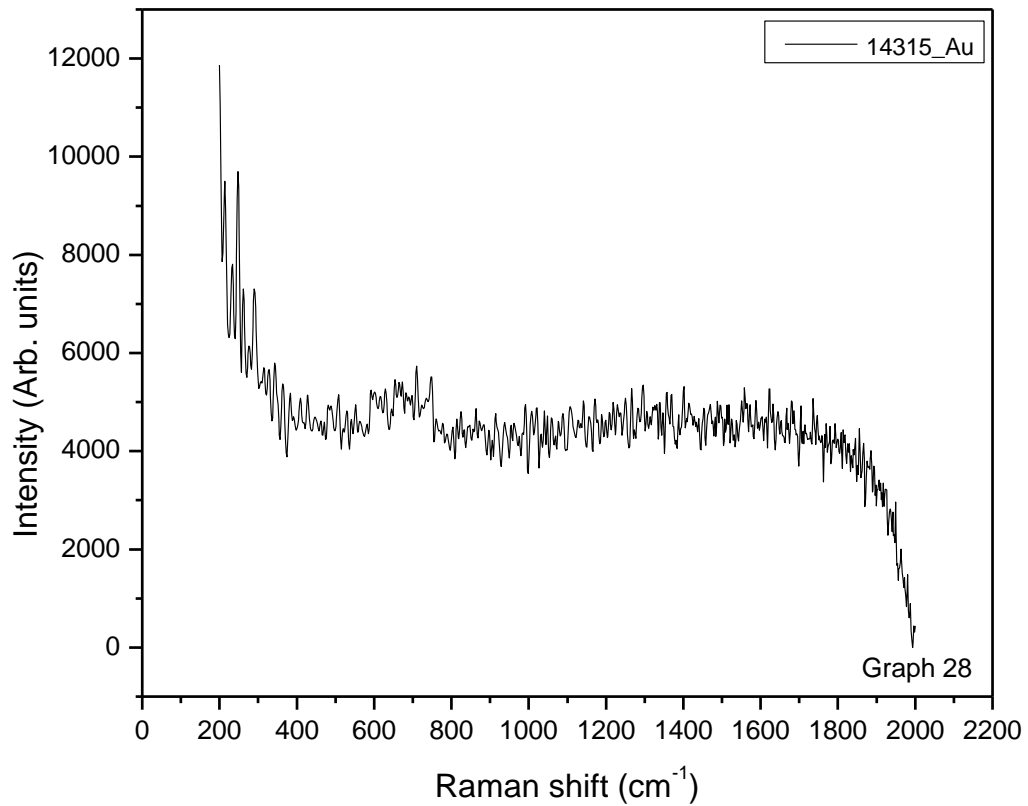
Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 12360_2_pyl παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



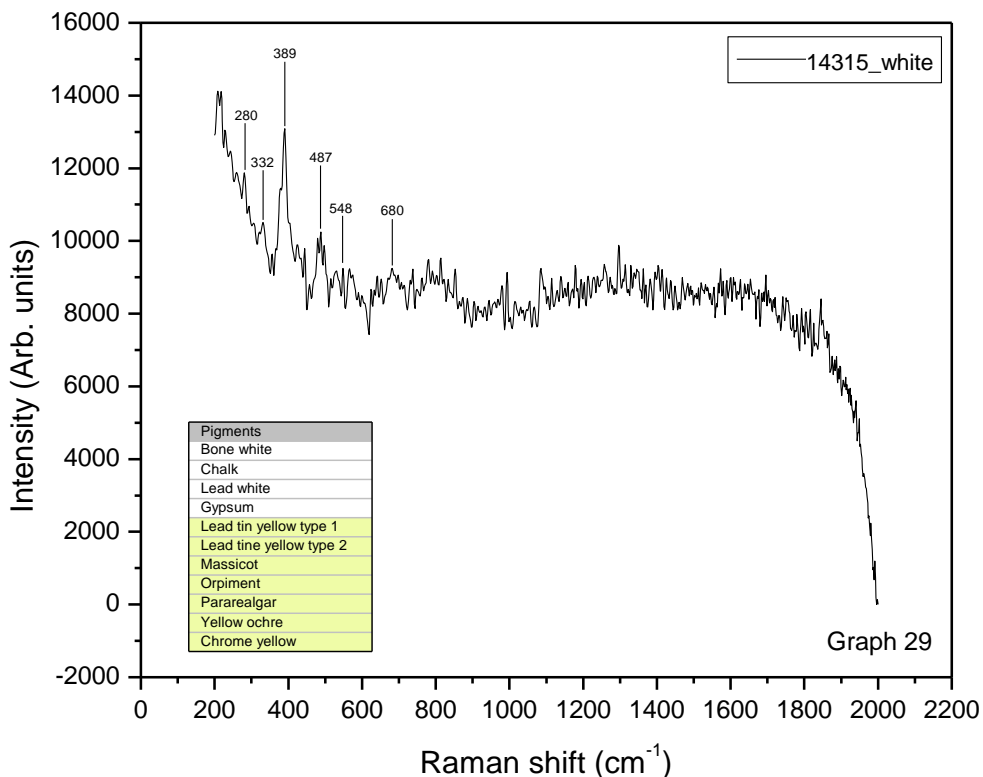
Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 12360_2_Cu παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 14315_Au παρατηρήθηκε ισχυρός φθορισμός ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

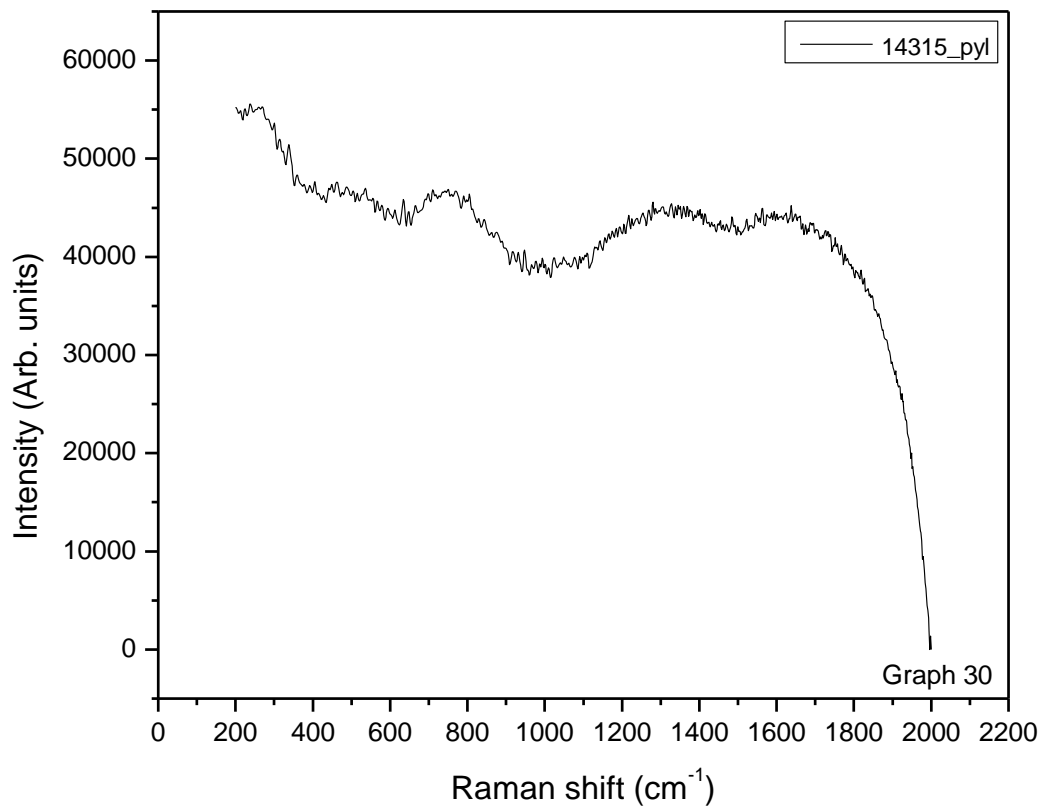
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Σε αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 14315_white ερευνήθηκαν με την τεχνική Raman 20 χρωστικές και πιο συγκεκριμένα: 7 λευκές και 20 κίτρινες. Οι κορυφές που αναγνωριστήκαν είναι 456, 624, 651, 456, 994 για την barium white χρωστική, 433, 1045, 1066, 590, 958 για τη bone white χρωστική, 1085, 280, για τη chalk χρωστική, 624, 1002, 1129, 423, 671 για τη gypsum χρωστική, 670, 689, 1055, 670, 834 για τη lead white, 1202, 1274, 1363, 1425, 1502, 1238, 1343, 1395, 1448, 1519, 1627 για τη berberine, 332, 833, 356 για τη chrome yellow, 306, 607 cadmium yellow, 280, 305, 456, 292, 389, 530 για την lead tin yellow type 1, 330 για την lead tin yellow type 2, 390, 280 massicot, 227, 292, 355, 208, 227, 305, 390 για την orpiment, 228, 242, 321, 208, 228, 281 για την pararealgar, 1169, 1286, 1213, 1536 για την saffron, 242, 390, 488, 1002, 304, 424, 548 για την yellow ochre.

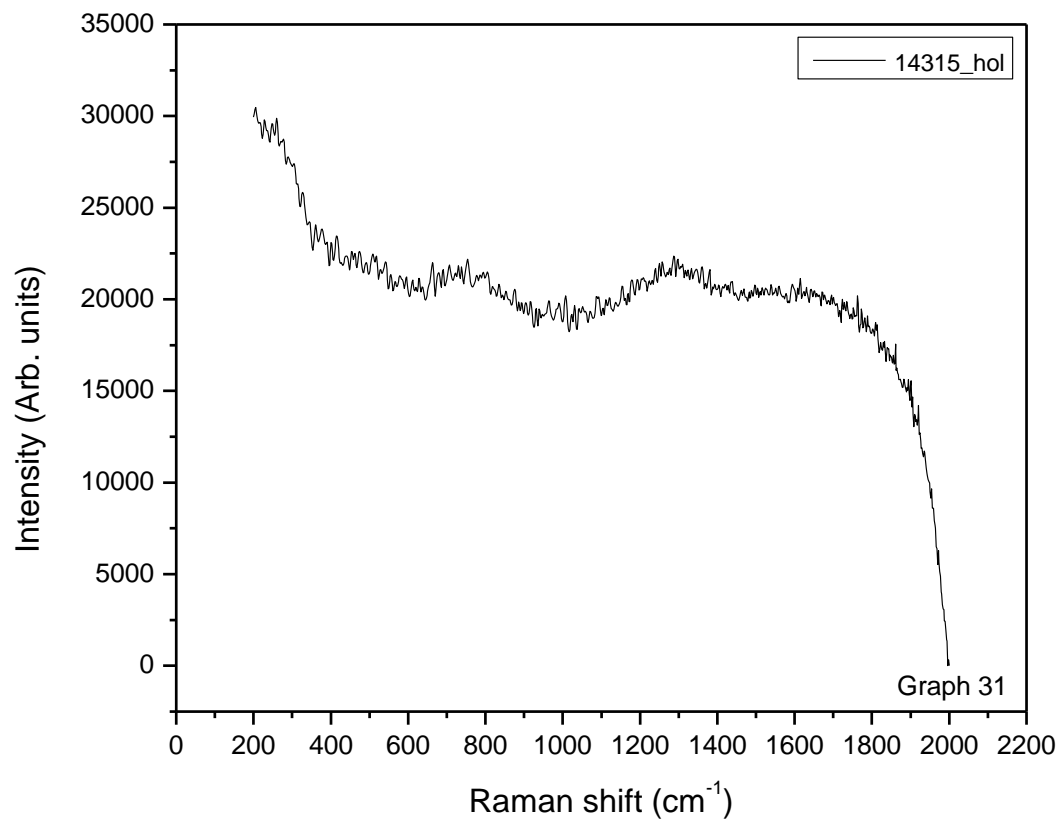
Σε συνδυασμό με τη Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – X (XRF) καταλήξαμε στις εξής 11 χρωστικές: bone white, chalk, gypsum, lead white, chrome yellow, lead tin yellow type1, lead tin yellow type 2, massicot, orpiment, pararealgar, yellow ochre.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



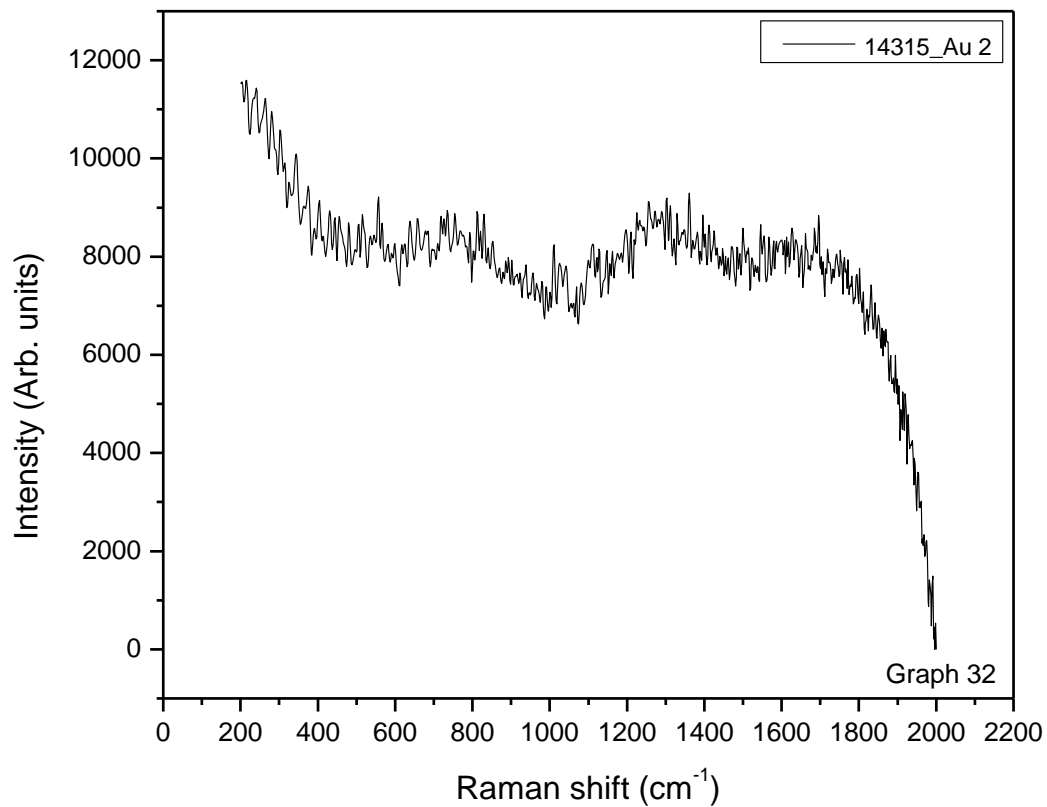
Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 14315_pyl παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



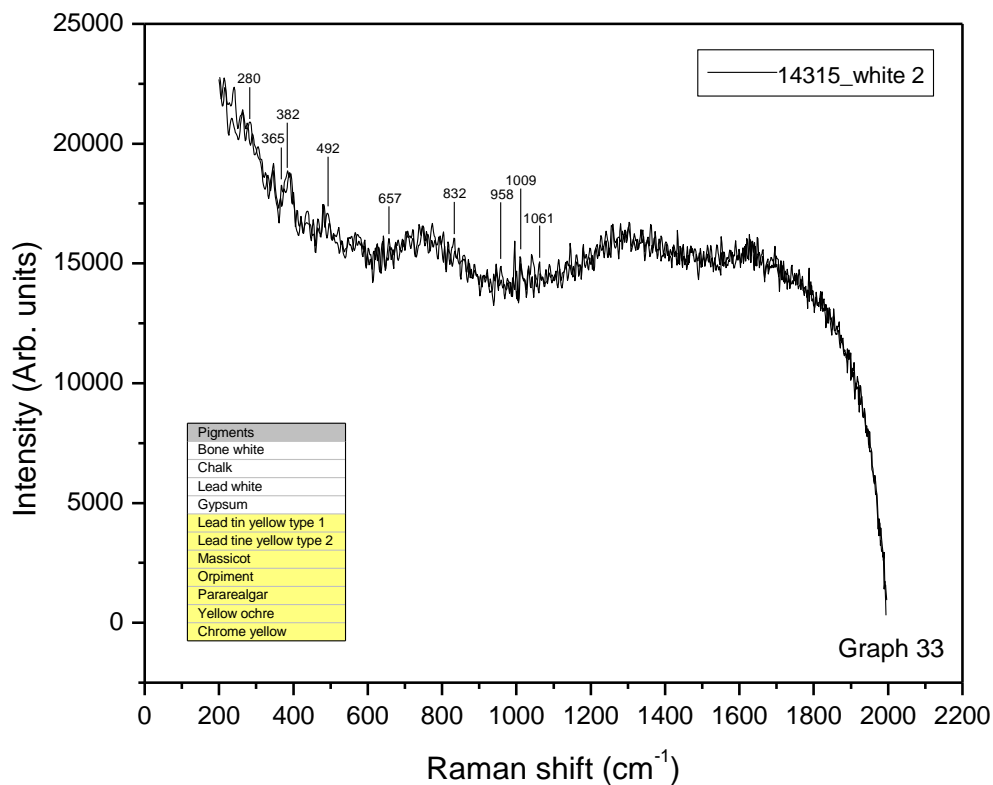
Το φάσμα με αριθμό καταγραφής 14315_hol είναι θορυβώδες και αξιολογείται δύσκολα. Τα αποτελέσματα του XRF μας έδειξαν χαλκό και έτσι μπορούμε να αναφέρουμε πως υπήρχε χαλκός μέσα στην οπή.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 14315_Au 2 παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

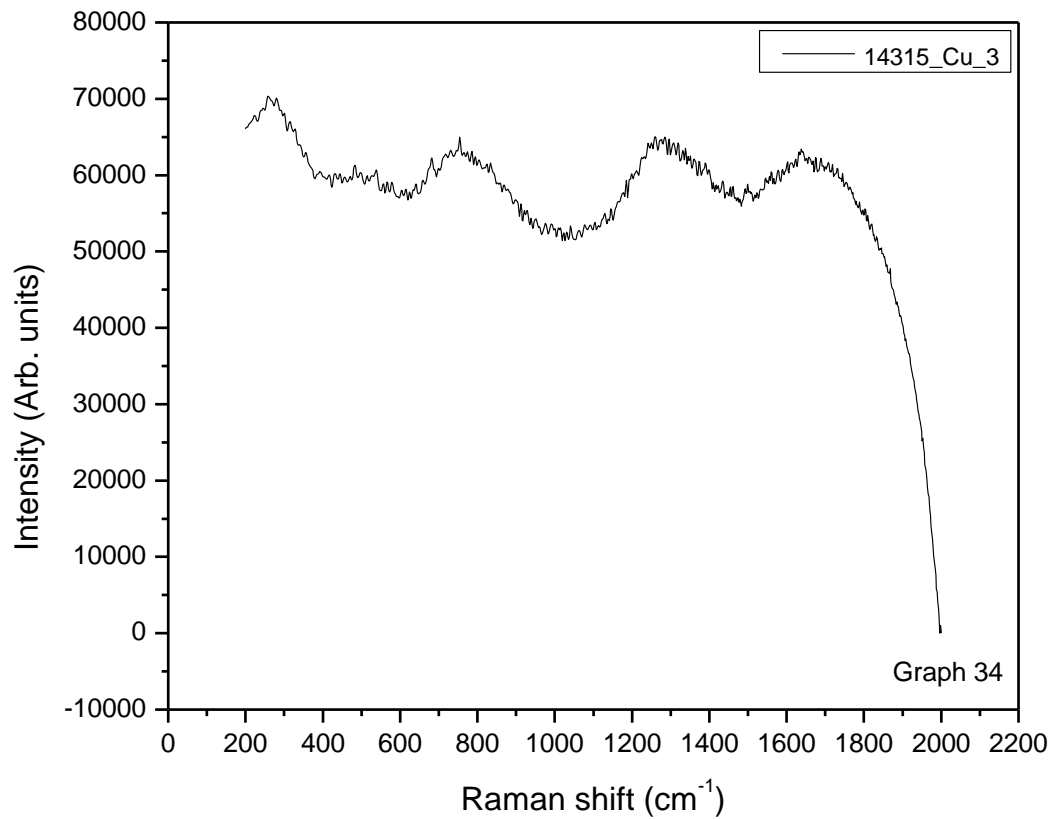
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Σε αυτό το φάσμα με αριθμό καταγραφής 14315_white 2 ερευνήθηκαν με την τεχνική Raman 27 χρωστικές και πιο συγκεκριμένα: 7 λευκές και 20 κίτρινες. Οι κορυφές που αναγνωριστήκαν είναι 453, 618, 640, 465, 993 για την barium white χρωστική, 437, 1042, 1070, 590, 958 για τη bone white χρωστική, 1087, 283, για τη chalk χρωστική, 618, 1009, 1131, 418, 492, 675 για τη gypsum χρωστική, 664, 689, 1061, 664, 832 για τη lead white, 1279, 1362, 1422, 1500, 1241, 1389, 1450, 1514, 1626 για τη berberine, 331, 382, 365, 409 για τη chrome yellow, 305, 606 cadmium yellow, 305, 452, 522, 283, 382 για την lead tin yellow type 1, 323 για την lead tin yellow type 2, 382, 283 massicot, 227, 283, 347, 382, 227 για την orpiment, 227, 240, 323, 347, 227, 273 για την pararealgar, 1162, 1286, 1216, 1539 για την saffron, 240, 240, 383, 480, 1009, 304, 418, 555 για την yellow ochre.

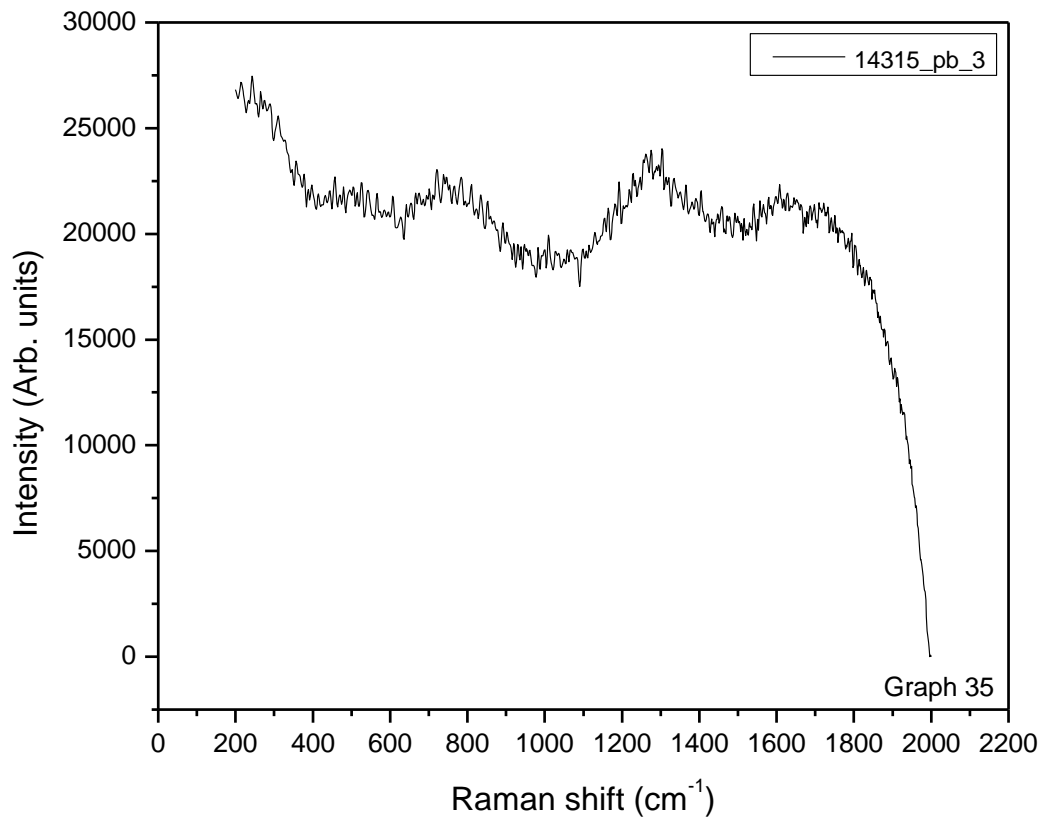
Σε συνδυασμό με τη Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – X (XRF) καταλήξαμε στις εξής 11 χρωστικές: bone white, chalk, gypsum, lead white, chrome yellow, lead tin yellow type1, lead tin yellow type 2, massicot, orpiment, pararealgar, yellow ochre.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



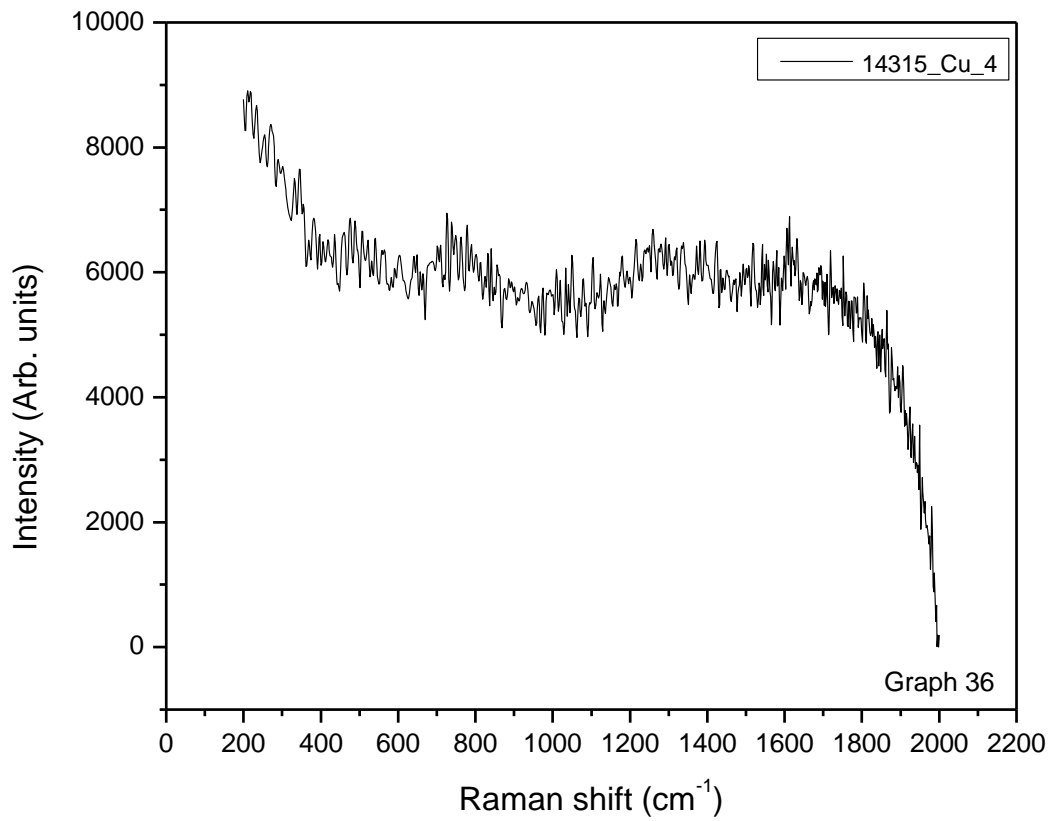
Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 14315_Cu_3 παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



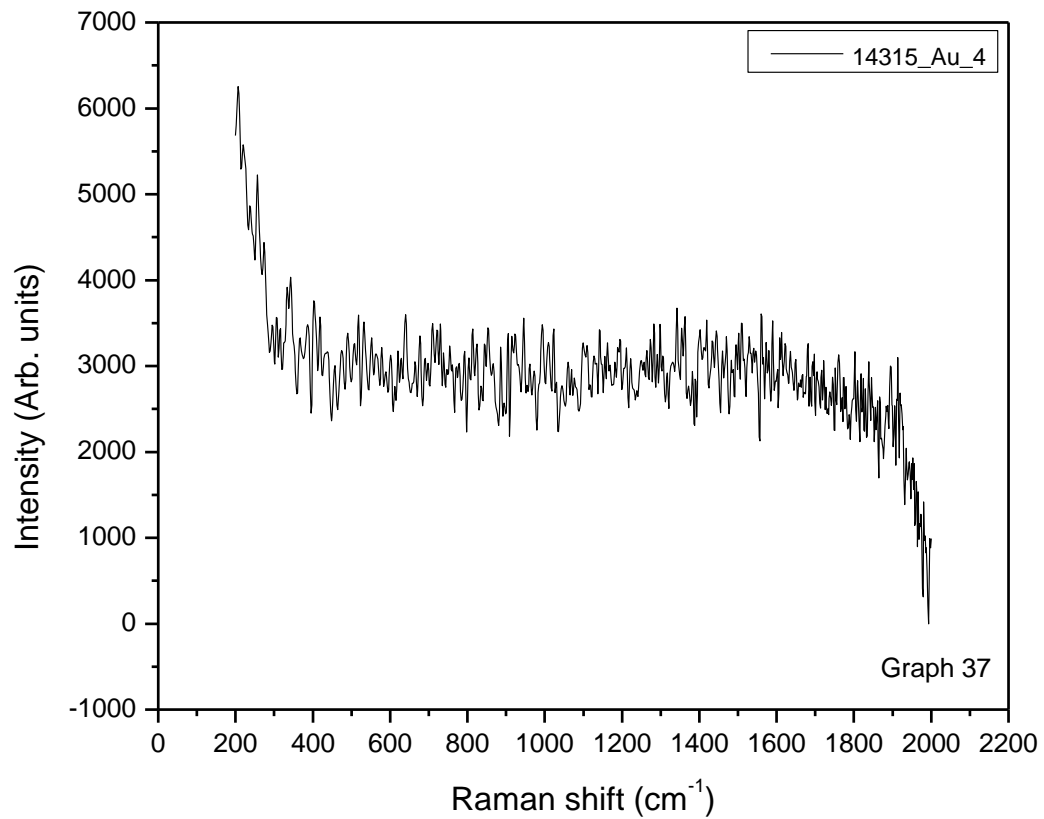
Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 14315_pd_3 παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



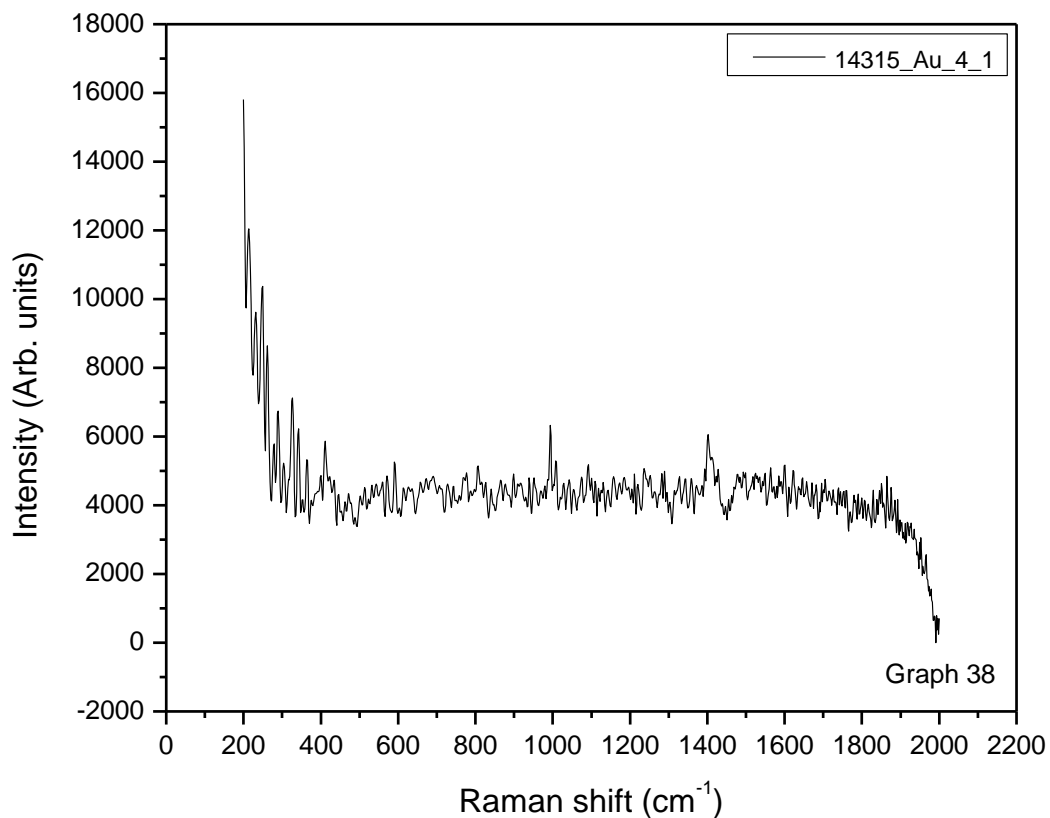
Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 14315_Cu_4 παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Στο φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 14315_Au_4 παρατηρήθηκε ισχυρός θόρυβος ο οποίος δεν επέτρεψε την ταύτιση του δείγματος.

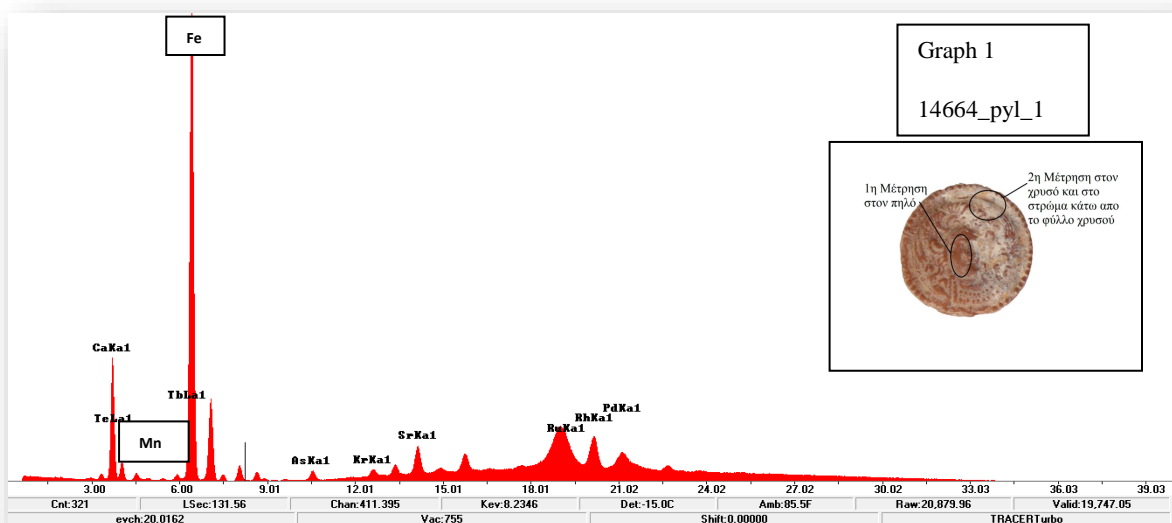
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Το φάσμα Raman με αριθμό καταγραφής 14315_Au είναι η επανάληψη της μέτρησης 14315_Au_4 (γράφημα 37). Αξίζει να σημειωθεί πως σε αυτή τη μέτρηση ο φθορισμός είναι μικρότερος και έτσι έχουμε ένα χαρακτηριστικό φάσμα χρυσού από το σπάραγμα που μελετάμε της πόλη των Μεγάρων.

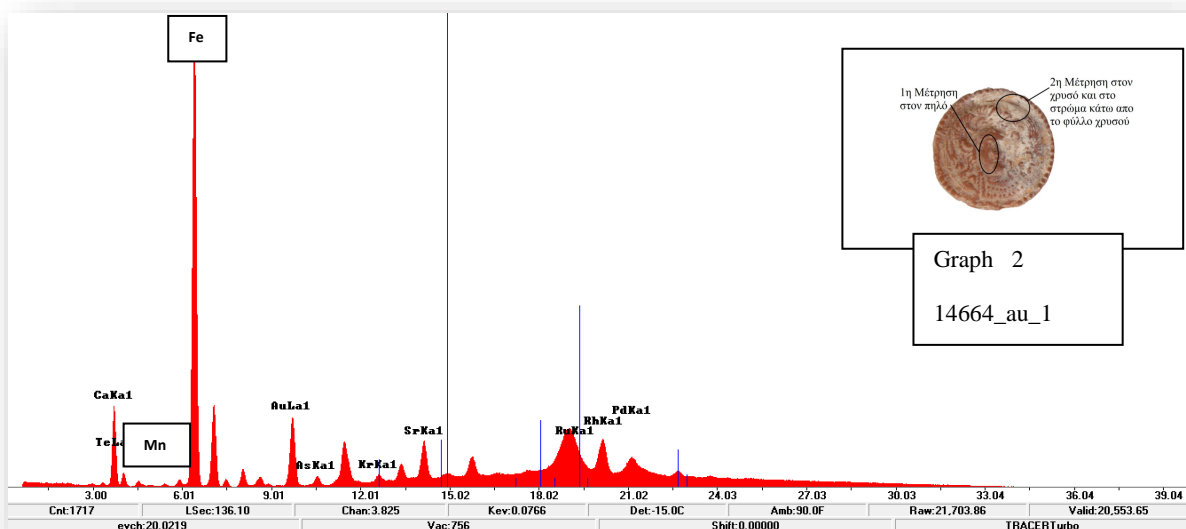
5.3 Αποτελέσματα Φασματοσκοπίας Φθορισμού Ακτίνων – X (XRF)

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 22 μετρήσεις με την μέθοδο XRF, οι οποίες και παρουσιάζονται παρακάτω:

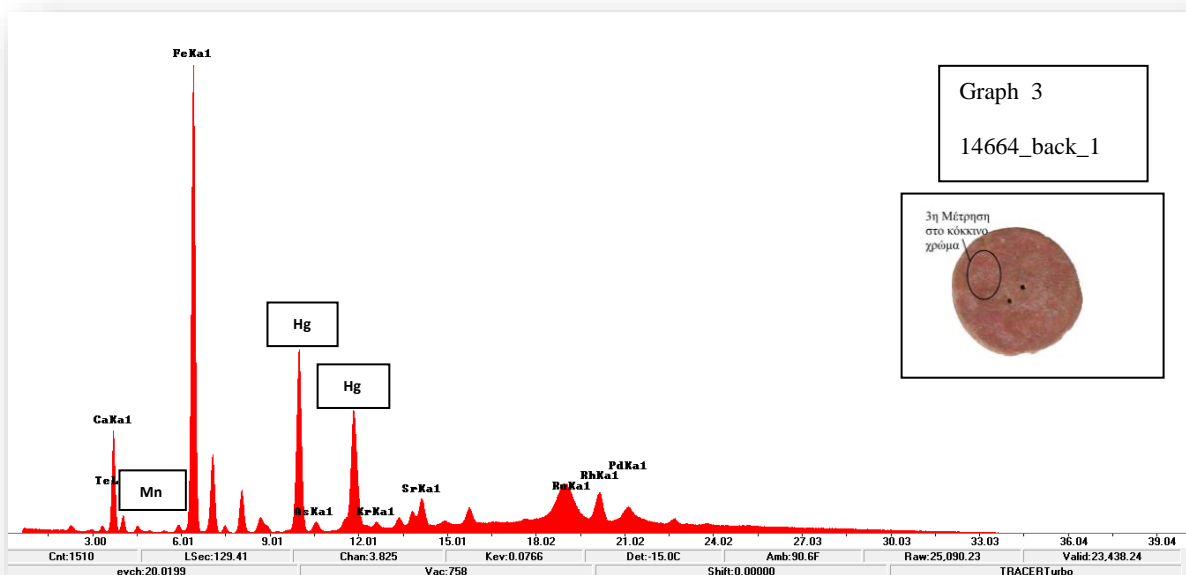


Στη μέτρηση N° 1 με αριθμό καταγραφής 14664_pyl_1 ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca, Fe, Mn** (5,8-5,9KeV) και σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

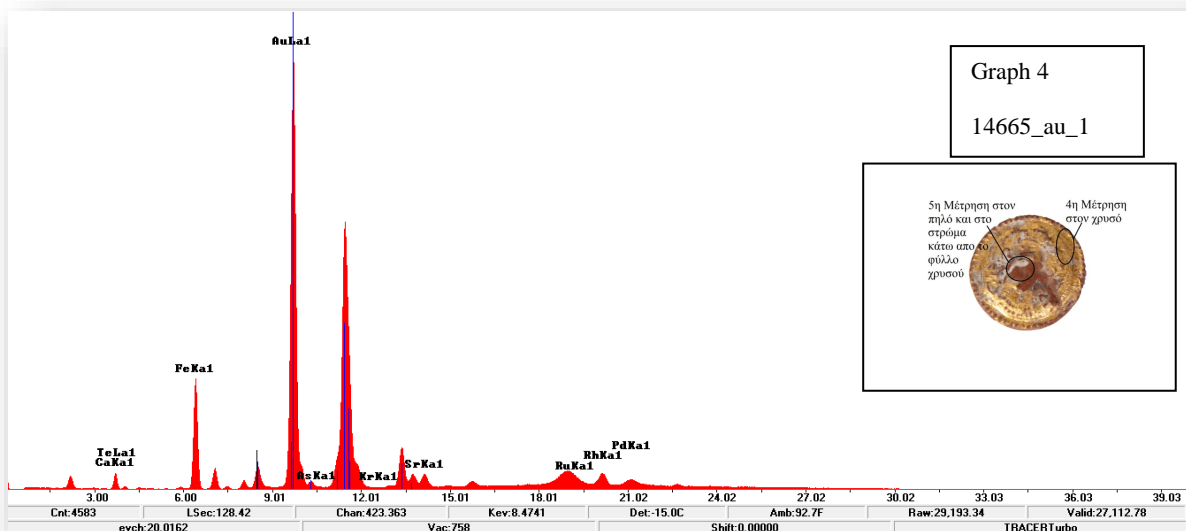


Στη μέτρηση N^o2 με αριθμό καταγραφής 14664_au_1 ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca, Mn** (5,8-5,9KeV), **Fe** και σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, Au, As, Kr, Sr, Rh, Pd

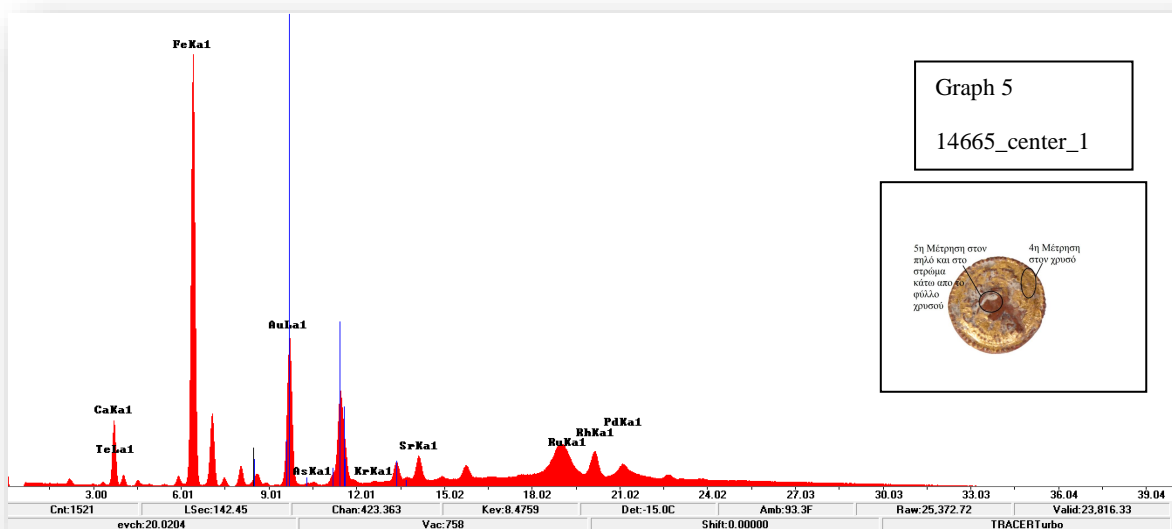


Στη μέτρηση N^o3 με αριθμό καταγραφής 14664_back_1 ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca, Fe, Mn** (5,8-5,9KeV), **Hg** (οι κορυφές 9,9 KeV και 11,82 KeV) και σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

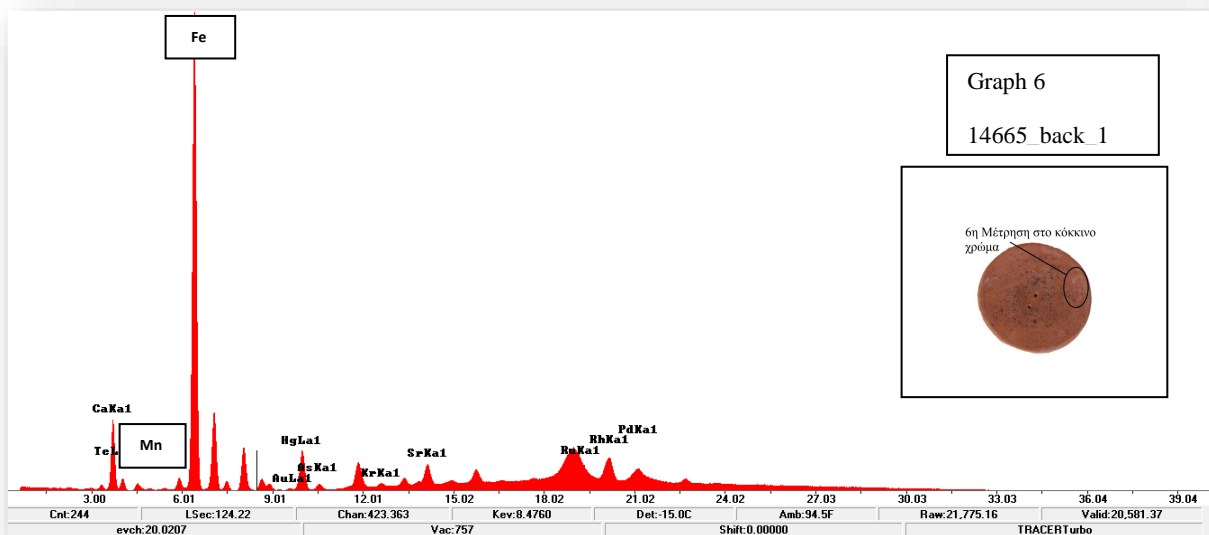


Στη μέτρηση Ν^ο 4 με αριθμό καταγραφής 14665_au_1 ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca, Fe, Au** (οι κορυφές 9,71 KeV, 11,44 KeV) και σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd

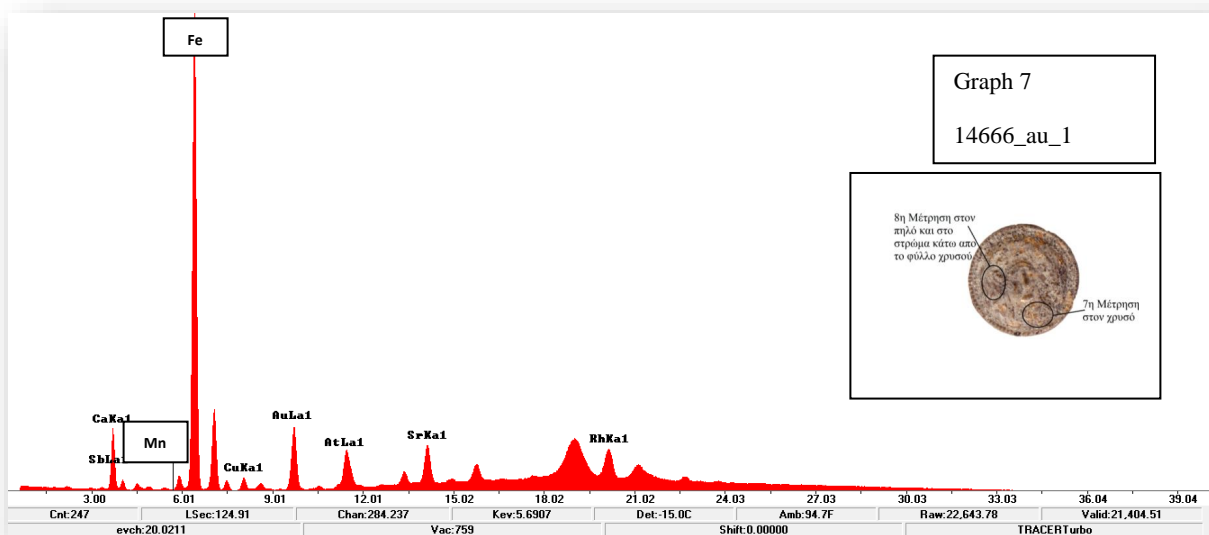


Στη μέτρηση Ν^ο 5 με αριθμό καταγραφής 14665_center_1 μετρήσαμε τον πηλό και το υπόλευκο στρώμα πάνω από αυτόν. Ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca, Fe, Au** (οι κορυφές 9,71 KeV, 11,44 KeV) και σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

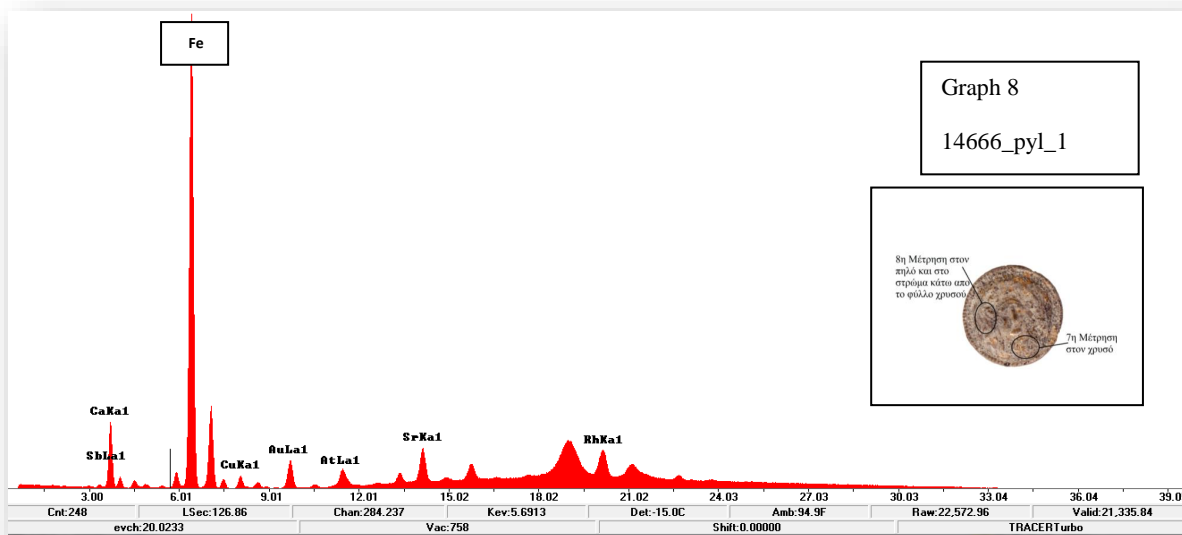


Στη μέτρηση N^ο 6 με αριθμό καταγραφής 14665_back_1 Ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca**, **Fe**, **Mn** (5,8-5,9KeV), **Hg** (οι κορυφές 9.99 KeV, 11.82 KeV) και σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd.

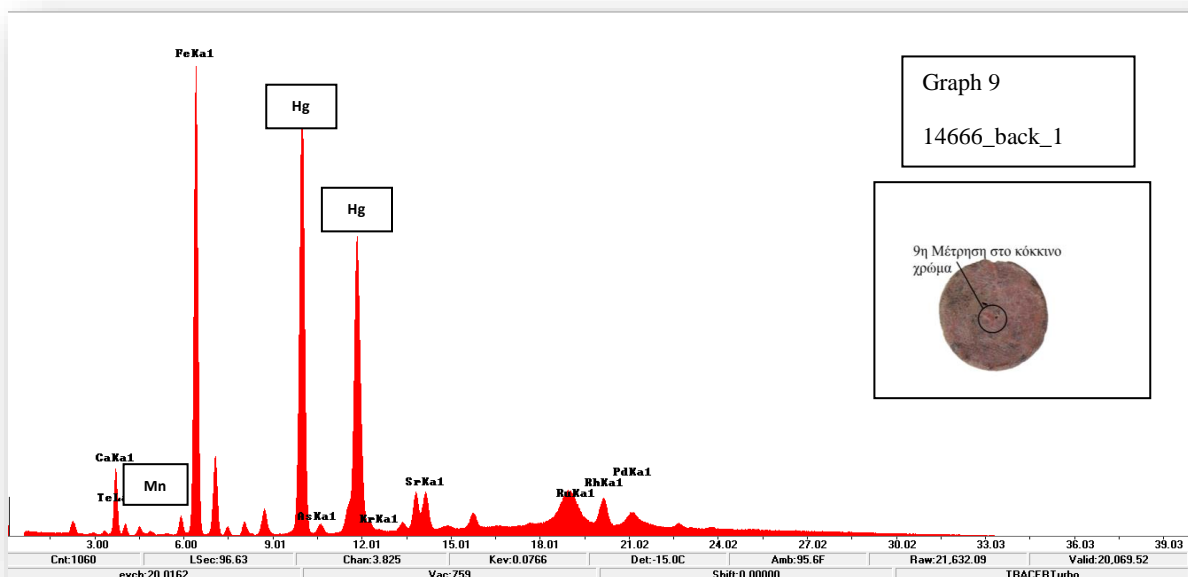


Στη μέτρηση N^ο 7 με αριθμό καταγραφής 14666_au_1 ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca**, **Fe**, **Mn** (5,8-5,9KeV), **Cu**, **Au** και σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



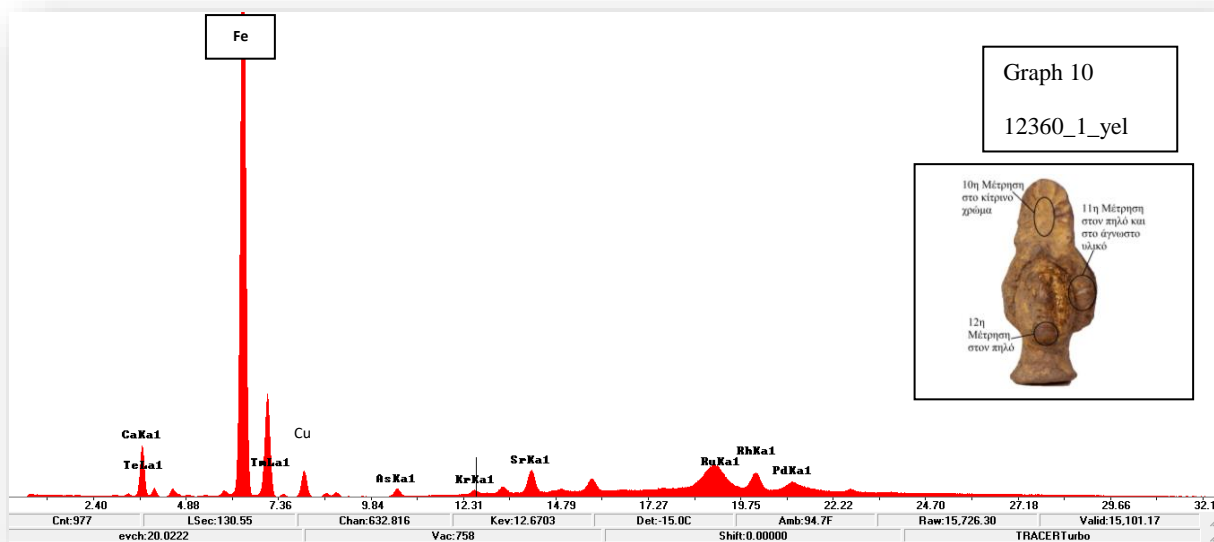
Στη μέτρηση Ν^ο 8 με αριθμό καταγραφής 14666_pyl_1 μετρήσαμε τον πηλό και το υπόλευκο στρώμα πάνω από αυτόν. Ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca, Cu, Au, Fe** (οι δυο κορυφες 6.40keV και 7.06keV) και σε μικρότερη αναλογία τα ιγνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd.



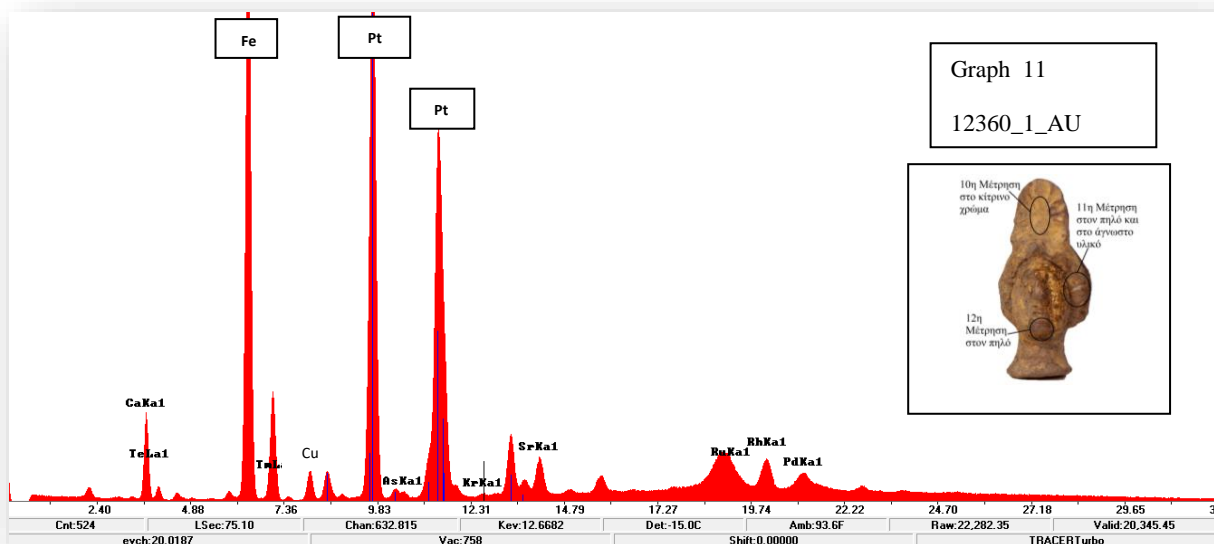
Στη μέτρηση Ν^ο 9 με αριθμό καταγραφής 14666_back_1 ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca,**

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Fe, Mn (5,8-5,9keV), **Hg** (οι δυο κορυφες 9.99keV και 11.82keV) και σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd.

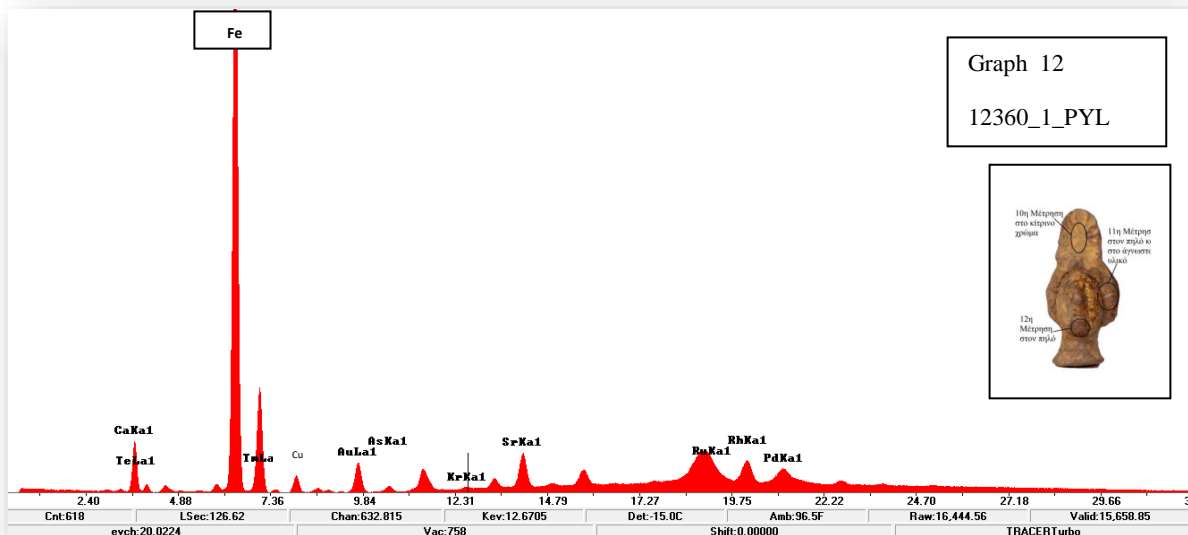


Στη μέτρηση N° 10 με αριθμό καταγραφής 12360_1_YEL (ενώτια) ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca, Fe**, (οι δυο κορυφες 6.40keV και 7.06keV) και σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd, Cu.

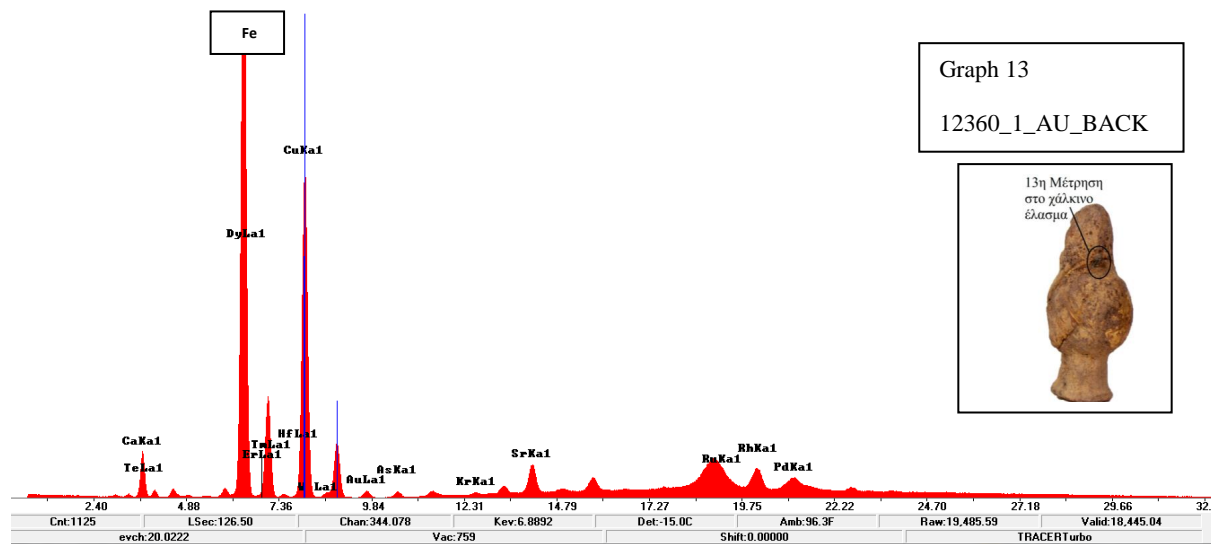


«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Στη μέτρηση N^ο 11 με αριθμό καταγραφής 12360_1_AU (ενώτια) μετρήσαμε τον χρυσό και το άγνωστο υλικό που σώζεται σε αυτό το ενώτιο, ανιχνεύθηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca**, **Fe**, (οι δυο κορυφές 6.40keV και 7.06keV), **Pt** (οι δύο κορυφές 9.44keV και 11.07keV), **Cu** (8.05keV ΚΑΙ 8.91keV) και σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd.

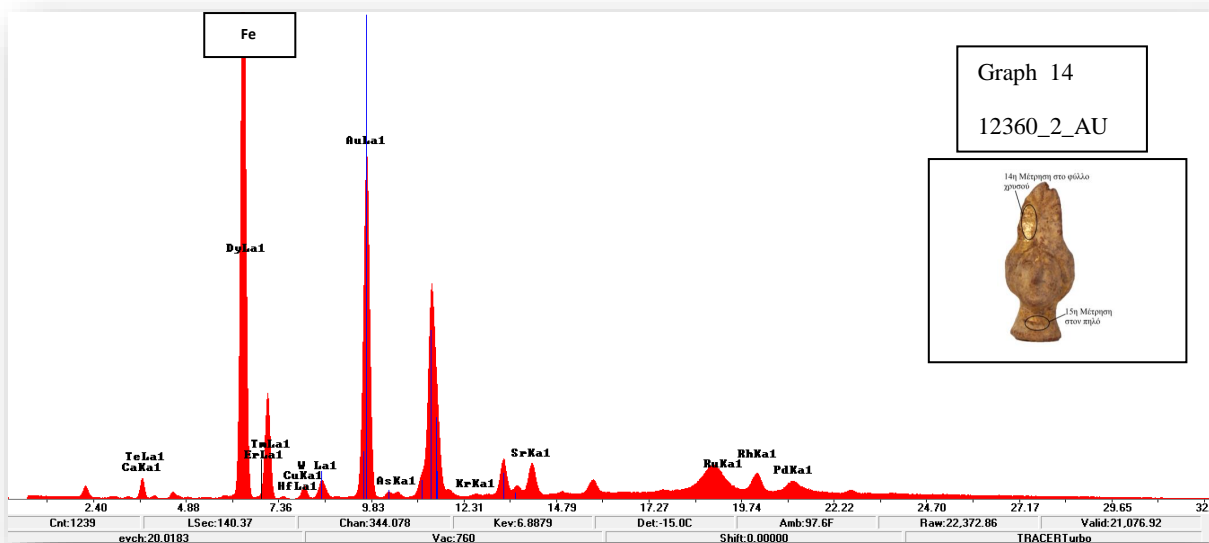


Στη μέτρηση N^ο 12 με αριθμό καταγραφής 12360_1_PYL (ενώτια) ανιχνεύθηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca**, **Fe**, (οι δυο κορυφές 6.40keV και 7.06keV), **Au** και σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd, Cu.



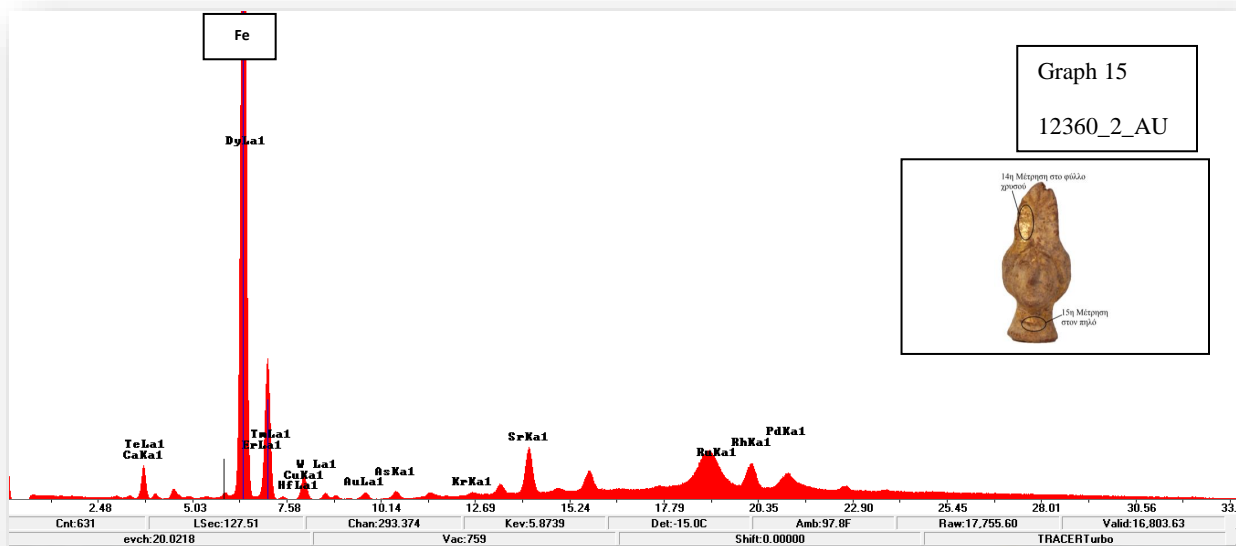
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Στη μέτρηση N^ο 13 με αριθμό καταγραφής 12360_1_AU_BACK (ενώτια) μετρήσαμε τον χρυσό και το μεταλλικό στοιχείο. Ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca**, **Fe** (οι δυο κορυφες 6.40keV και 7.06keV), **Cu** (8.05keV ΚΑΙ 8.91keV) και **Au** (9.71keV, 11.44keV) και σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd.

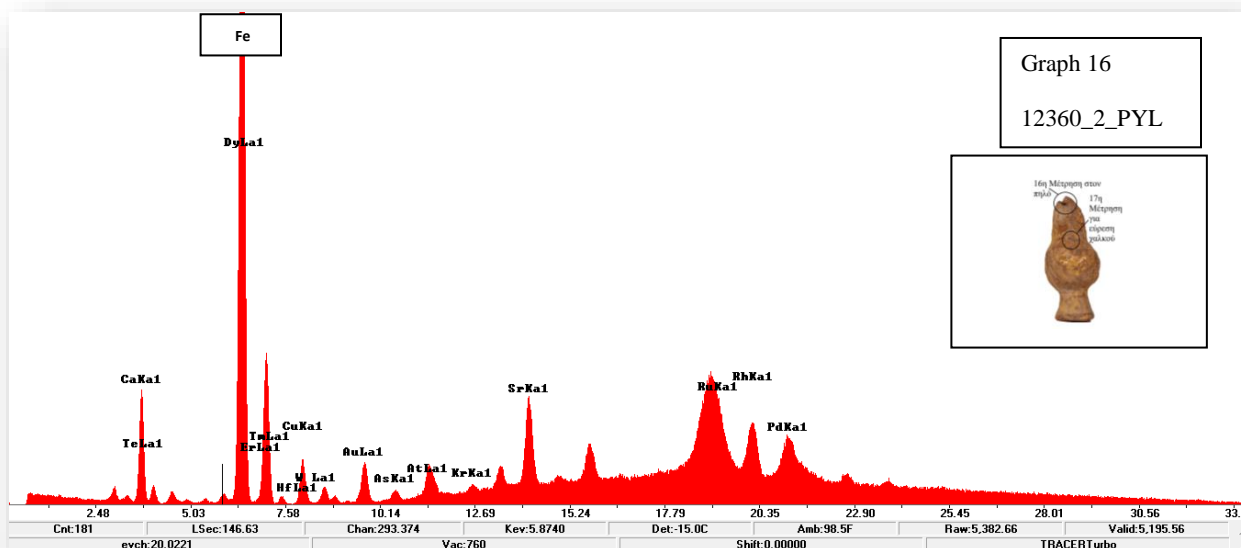


Στη μέτρηση N^ο 14 με αριθμό καταγραφής 12360_2_AU (ενώτια) ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca**, **Fe**, (οι δυο κορυφες 6.40keV και 7.06keV), **Cu** (8.05keV, 8.91keV) και **Au** (9.71keV, 11.44keV), σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

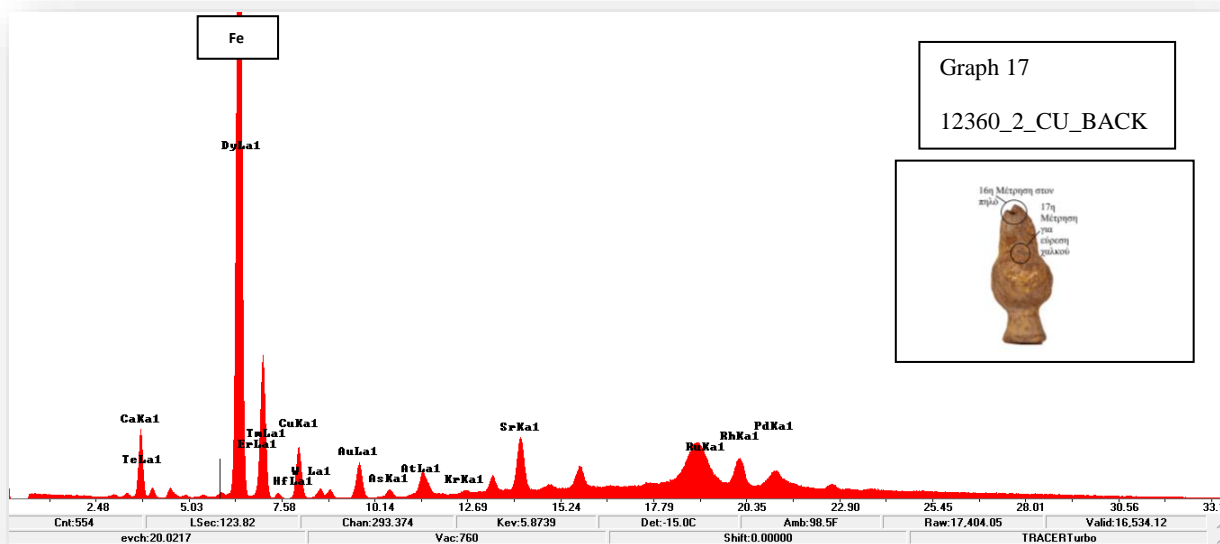


Στη μέτρηση N^ο 15 με αριθμό καταγραφής 12360_2_YEL (ενώτια) ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca**, **Fe**, (οι δυο κορυφες 6.40keV και 7.06keV), **Cu** (8.05keV ΚΑΙ 8.91keV) και **Au** (9.71keV, 11.44keV), σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd.



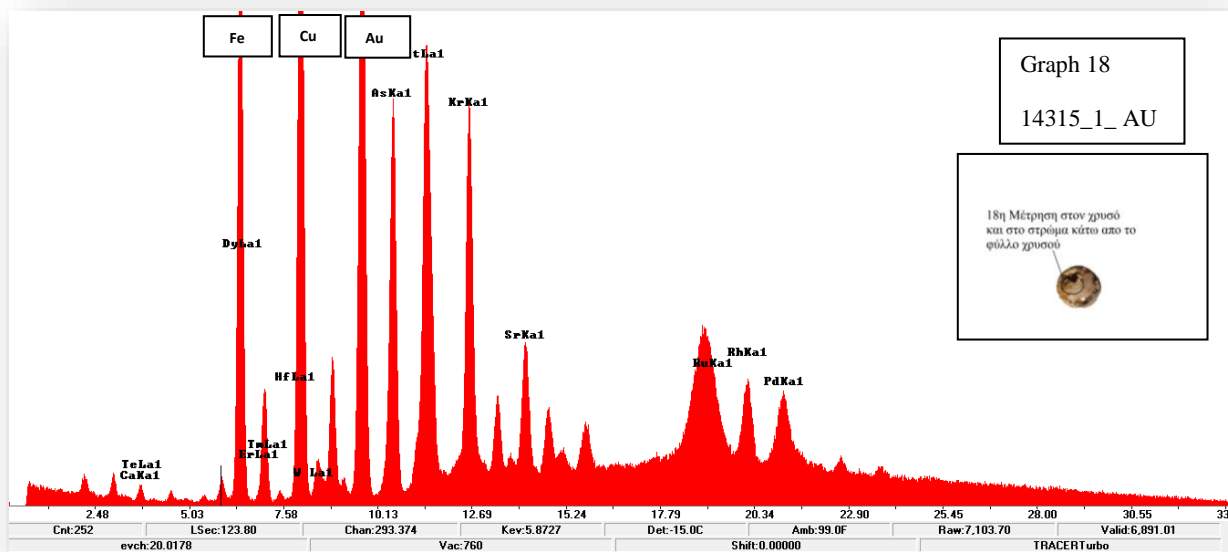
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Στη μέτρηση N^ο 16 με αριθμό καταγραφής 12360_2_PYL (ενώτια) ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca**, **Fe**, (οι δυο κορυφες 6.40keV και 7.06keV), **Cu** (8.05keV ΚΑΙ 8.91keV) και **Au** (9.71keV, 11.44keV), σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd.

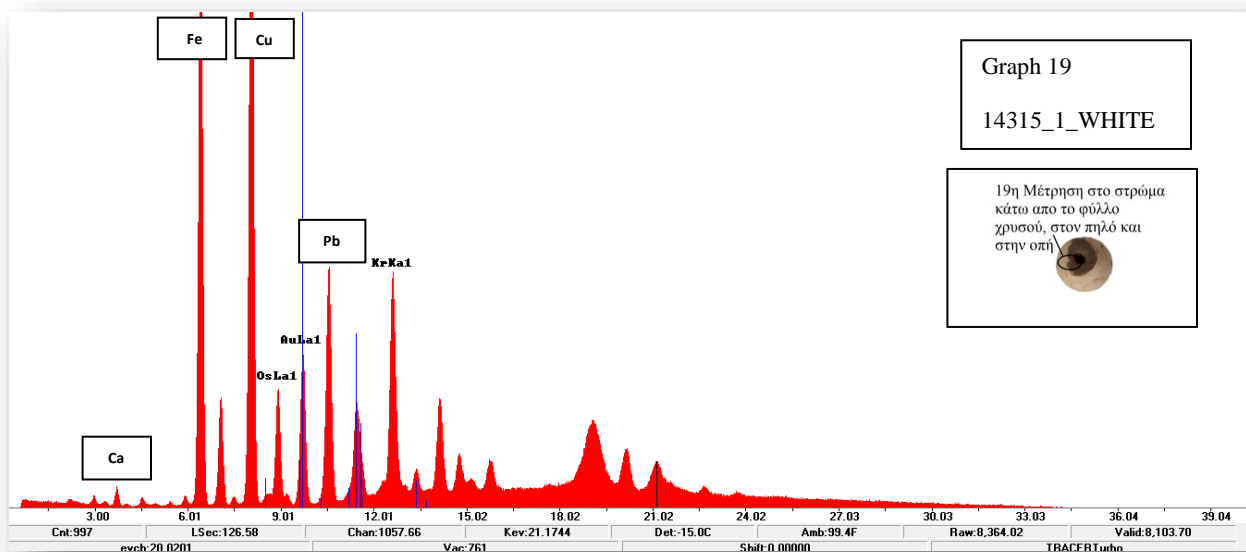


Στη μέτρηση N^ο 17 με αριθμό καταγραφής 12360_2_CU_BACK (ενώτια) ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca**, **Fe**, (6.40keV, 7.06keV), **Cu** (8.05keV, 8.91keV) και **Au** (9.71keV, 11.44keV), σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

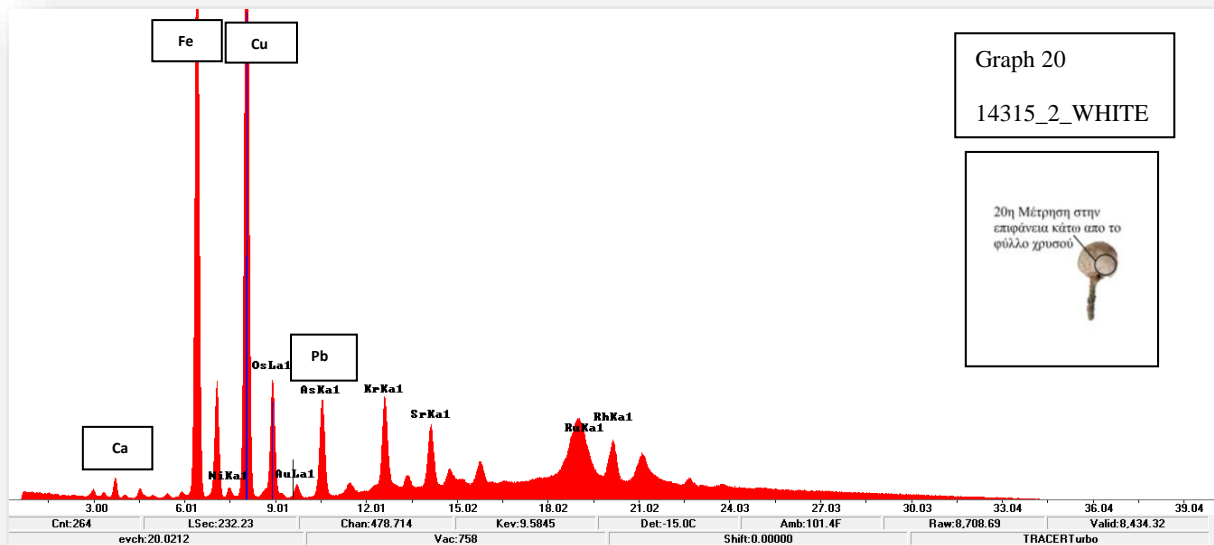


Στη μέτρηση N^ο 18 με αριθμό καταγραφής 14315_1_AU (σπάραγμα πιθανώς στεφανιού) ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca**, **Fe**, (οι δυο κορυφες 6.40keV και 7.06keV), **Cu** (8.05keV ΚΑΙ 8.91keV) και **Au** (9.71keV, 11.44keV), σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd.



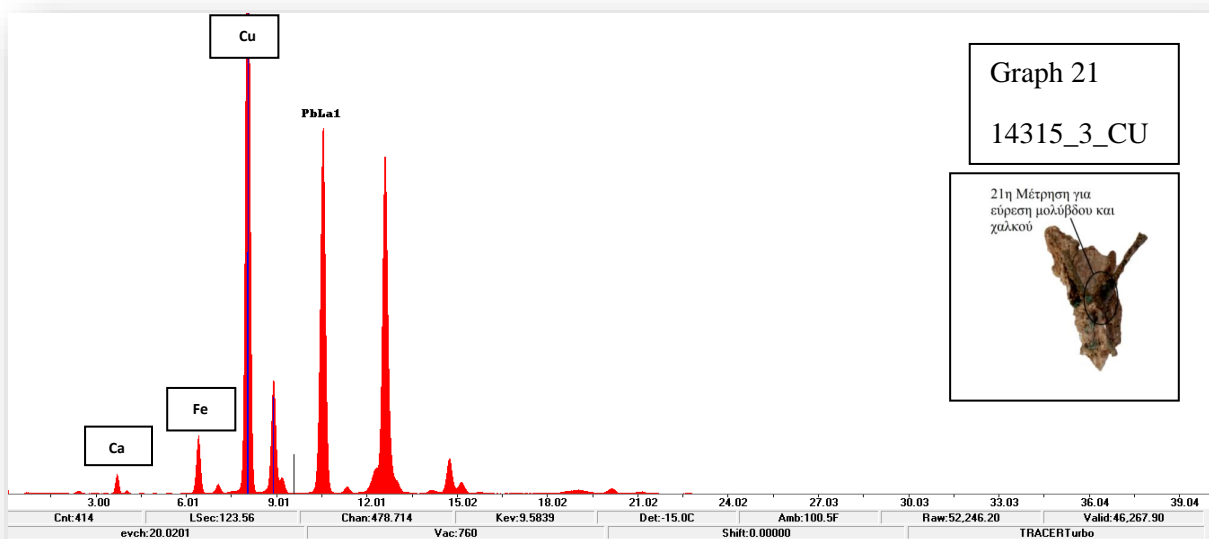
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Στη μέτρηση N^ο 19 με αριθμό καταγραφής 14315_1_WHITE (σπάραγμα πιθανώς στεφανιού) ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca**, **Fe**, (6.40keV, 7.06keV), **Cu** (8.05keV, 8.91keV) και **Au** (9.71keV, 11.44keV), **Pb** (10.55keV, 12.61keV), σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd

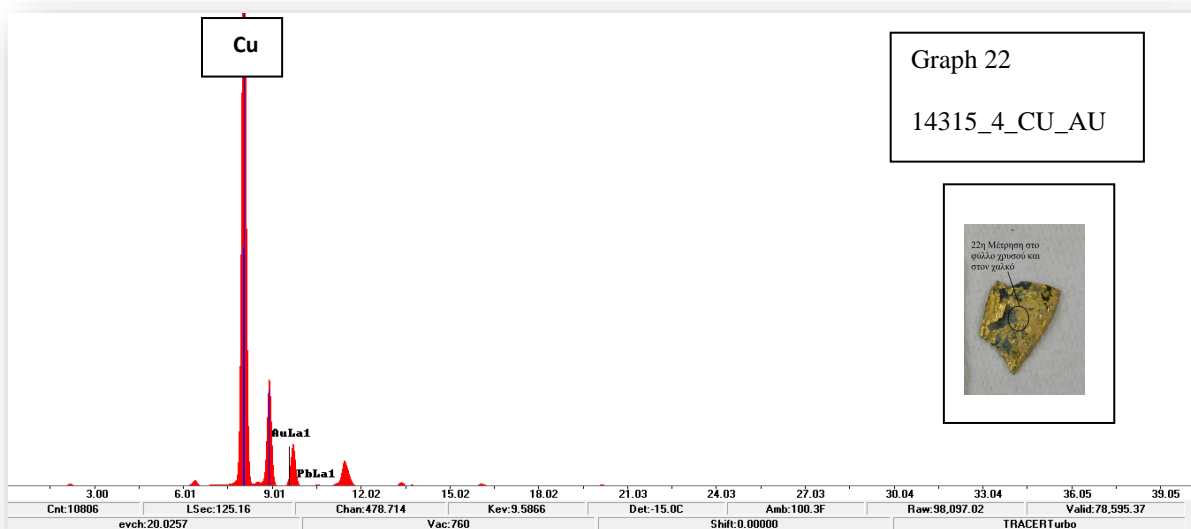


Στη μέτρηση N^ο 20 με αριθμό καταγραφής 14315_2_WHITE (σπάραγμα πιθανώς στεφανιού) ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca**, **Fe**, (6.40keV, 7.06keV), **Cu** (8.05keV, 8.91keV) και **Au** (9.71keV, 11.44keV), **Pb** (10.55keV και 12.61keV), σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Στη μέτρηση N^ο 21 με αριθμό καταγραφής 14315_3_CU (σπάραγμα πιθανώς στεφανιού) ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Ca**, **Fe**, (6.40keV, 7.06keV), **Cu** (8.05keV, 8.91keV) και **Pb** (10.55keV και 12.61keV), σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd



Στη μέτρηση N^ο 22 με αριθμό καταγραφής 14315_4_CU_AU (σπάραγμα πιθανώς στεφανιού) ανιχνεύτηκαν ως κύρια στοιχεία: **Cu** (8.05keV, 8.91keV) , **Au** (9.71keV, 11.44keV) και **Pb** (10.55keV και 12.61keV), σε μικρότερη αναλογία τα ιχνοστοιχεία: Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd

5.4 Πίνακες αποτελεσμάτων

Πίνακας 1: συνοπτικά τα αποτελέσματα από το Raman spectrometry Rockhound 785nm για το κομβίο με αριθμό καταγραφής 14664.

Αντικείμενο	Αριθμός καταγραφής μετρήσεις	Διάγραμμα	Κορυφές που εντοπίστηκαν	Κορυφές γνωστές	Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για την ταύτιση	Αναγνώριση	
Κομβίο 14664	1 ^η 14664_pyl	Graph 1				Πηλός	
Κομβίο 14664	2 ^η 14664_yellow	Graph 2	436w 1036w 590w 1077w 973vs 1094vs 282vw 624vw 1001vs 409m 494w 673vw 1131m 218vw 297m 343vs 391w 231vw 308s 231s 319w 343m 231vs 263w 342m 233w 392s 480w 1001s 297m 421m 552		431w 1046w 590w 1071w 961vs 1088vs 282vw 619vw 1007vs 414m 493w 670vw 1132m 220vw 292m 353vs 381w 230vw 309s 235s 319w 344m 229vs 373w 332m 240w 387s 482w 1008s 300m 416m 551w	chem.ucl.ac.uk	<u>Λευκές χρωστικές</u> Bone white Ca ₃ (PO ₄) ₂ Chalk(calcite) CaCO ₃ Gypsum CaSO ₄ .2H ₂ O <u>Κίτρινες χρωστικές</u> Orpiment As ₂ S ₃ Pararealgar As ₄ S ₄ Yellow ochre (Fe ₂ O ₃ .H ₂ O) + clay + silica
Κομβίο 14664	3 ^η 14664_Au	Graph 3	–	–	–	Χρυσός	
Κομβίο 14664	4 ^η 14664_Red back	Graph 4	224vs 481w 611w 235m 336m 224s 336vw 235vs 336m	220vs 491w 601w 233m 342m 220s 327vw 252vs 343m	chem.ucl.ac.uk	<u>Κόκκινες χρωστικές</u> Red earths / ochre Fe ₂ O ₃ + clay + silica) Realgar As ₄ S ₄ Cinnabar HgS	

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Κομβίο με αριθμό καταγραφής 14664

Για την επεξεργασία του φάσματος της 2^{ης} μέτρησης με αριθμό καταγραφής 14664_yellow (κομβίο) έγινε έλεγχος στην βάση δεδομένων Raman του πανεπιστημίου UCL της σχολής μαθηματικών και φυσικών επιστημών. Συνολικά ερευνήθηκαν 27 χρωστικές και πιο συγκεκριμένα: 7 λευκές και 20 κίτρινες. Οι χρωστικές στις οποίες συμφωνεί η τεχνική Raman με την τεχνική xrf είναι 3 λευκές: Bone white, Chalk (calcite), Gypsum, 3 κίτρινες: Orpiment, Pararealgar, Yellow ochre

Για την επεξεργασία του φάσματος της 4^{ης} μέτρησης με αριθμό καταγραφής 14664_Red back (κομβίο) έγινε έλεγχος στην βάση δεδομένων Raman του UCL σχολής μαθηματικών και φυσικών επιστημών. Συνολικά ερευνήθηκαν 7 κόκκινες χρωστικές. Οι χρωστικές στις οποίες συμφωνεί η τεχνική Raman με την τεχνική xrf είναι 3 κόκκινες : Cinnabar, Realgar και η Red earths /red ochre.

Πίνακας 2: συνοπτικά τα αποτελέσματα από το Raman spectrometry Rockhound 785nm για το κομβίο με αριθμό καταγραφής 14665.

Αντικείμενο	Αριθμός καταγραφής μέτρησης	Διάγραμμα	Κορυφές που εντοπιστήκαν	Κορυφές γνωστές	Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για την ταύτιση	Αναγνώριση
Κομβίο 14665	5 ^η 14665_Au	Graph 5				Χρυσός
Κομβίο 14665	6 ^η 14665_pyl	Graph 6				Πηλός
Κομβίο 14665	7 ^η 14665_yellow	Graph7	625vw 1014vs 1133m 415m 487w 674vw 1083vs282vw 428w 1042w	619vw 1007vs 1132m 414m 493w 670vw 1088vs282vw 431w1046w		<u>Λευκές χρωστικές</u> Gypsum CaSo ₄ . 2H ₂ O Chalk CaCo ₃ Bone White

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

			599w1069vw 968vs 292m 340vs 235vw308s 374w 235s 308w 282w 333m 235w 390s 486w 1014s 302m 416m 549w	590w1071vw 961vs 292m 353vs 230vw309s 381w 235s 319w 273w 332m 240w 387s 482w 1008s 300m 416m 551w	chem.ucl.ac.uk	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ <u>Κίτρινες χρωστικές</u> Orpiment As_2S_3 Pararealgar As_4S_4 Yellow ochre $\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}$
Κομβίο 14665	8 ⁿ 14665_yellow.1	Graph 8	615vw1014vs 1133m414m 488w 670vw 1087vs273vw 431w1044w 599w1069vw 962vs 291m - 235vw 305s 391w 235s - 273w 337m 234w 392s 488w1014s 305m414m 550w	619vw1007vs 1132m 414m 493w 670vw 1088vs282vw 431w1046w 590w1071vw 961vs 292m 353vs 230vw309s 381w 235s 319w 273w 332m 240w 387s 482w 1008s 300m 416m 551w	chem.ucl.ac.uk	<u>Λευκές χρωστικές</u> Gypsum $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Chalk CaCO_3 Bone White $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ <u>Κίτρινες χρωστικές</u> Orpiment As_2S_3 Pararealgar As_4S_4 Yellow ochre $\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}$
Κομβίο 14665	9 ⁿ 14665_Red back	Graph 9	337m - 233vs417m 597w273vs 496w 233m328m 328vw	343m 282w 220vs402m 601w286vs 491w 233m342m 327vw	chem.ucl.ac.uk	<u>Κόκκινες χρωστικές</u> Cinnabar HgS Red earth/red ochre Fe_2O_3 Realgar As_4S_4

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Κομβίο 14665	10 ⁿ 14665_Red back1	Graph 10	268vs 344m 283w	252vs 343m 282w	chem.ucl.ac.uk	Κόκκινες χρωστικές Cinnabar HgS
	229vs 402m 608w 283vs 491w		220vs 402m 601w 286vs 491w	Red earth/ Ochre Fe ₂ O ₃ + clay + silica)		
	344m 386w 229s 327vw 344s		342m 375w 220s 327vw 354s	Realgar As ₄ S ₄		

Κομβίο με αριθμό καταγραφής 14665

Για την επεξεργασία του φάσματος της 7^{ης} και 8^{ης} μέτρησης με αριθμό καταγραφής 14665_yellow και 14665_yellow.1 (κομβίο) έγινε έλεγχος στην βάση δεδομένων Raman του πανεπιστημίου UCL της σχολής μαθηματικών και φυσικών επιστημών. Συνολικά ερευνήθηκαν 27 χρωστικές και πιο συγκεκριμένα: 7 λευκές και 20 κίτρινες. Οι χρωστικές στις οποίες συμφωνεί η τεχνική Raman με την τεχνική xrf είναι 3 λευκές: Bone white, Chalk (calcite), Gypsum, 3 κίτρινες: Orpiment, Pararealgar, Yellow ochre

Για την επεξεργασία του φάσματος της 9^{ης} και 10^{ης} μέτρησης με αριθμό καταγραφής 14665_Red back και 14665_Red back1 (κομβίο) έγινε έλεγχος στην βάση δεδομένων Raman του UCL σχολής μαθηματικών και φυσικών επιστημών. Συνολικά ερευνήθηκαν 7 κόκκινες χρωστικές. Οι χρωστικές στις οποίες συμφωνεί η τεχνική Raman με την τεχνική xrf είναι 3 κόκκινες : Cinnabar, Realgar και η Red earths /red ochre.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Πίνακας 3: συνοπτικά τα αποτελέσματα από το Raman spectrometry Rockhound 785nm για το κομβίο με αριθμό καταγραφής 14666.

Αντικείμενο	Αριθμός καταγραφής μέτρησης	Διάγραμμα	Κορυφές που εντοπίστηκαν	Κορυφές γνωστές	Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για την ταύτιση	Αναγνώριση
Κομβίο 14666	11 ⁿ 14666_yellow	Graph 11	430w 1052w 599w 959vs 1068nw 1095vs 283vw 620vw 1009vs 1132m 409m 480w 671vw	431w 1046w 590w 961vs 1071vw 1088vs 282vw 619vw 1007vs 1132m 414m 493w 670vw	chem.ucl.ac.uk	<u>Λευκές χρωστικές</u> Bone white Ca ₃ (PO ₄) ₂ Chalk CaCO ₃ Gypsum CaSO ₄ ·2H ₂ O <u>Κίτρινες χρωστικές</u> Orpiment As ₂ S ₃ Pararealgar As ₄ S ₄ Yellow ochre Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O
Κομβίο 14666	12 ⁿ 14666_Au	Graph 12				Χρυσός
Κομβίο 14666	13 ⁿ 14666_pyl	Graph 13				Πηλός
Κομβίο 14666	14 ⁿ 14666_Red back	Graph14	335m 214vs - -	252vs 343m 282w 220vs 402m 601w 286vs 491w	chem.ucl.ac.uk	<u>Κόκκινες χρωστικές</u> Cinnabar HgS Red earth/ochre Fe ₂ O ₃

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

			335m 335w 214s	342m 337w 220s		Realgar As ₄ S ₄
Κομβίο 14666	15 ⁿ 14666_ Red back 1	Graph 15	335m 231vs - - 231m 335w	252vs 343m 282w 220vs 402m 601w 286vs 491w 233m 337w	chem.ucl.ac.uk	Κόκκινες χρωστικές Cinnabar HgS Red earth/ ochre Fe ₂ O ₃ Realgar As ₄ S ₄

Κομβίο με αριθμό καταγραφής 14666

Για την επεξεργασία του φάσματος της 11^{ης} μέτρησης με αριθμό καταγραφής 14666_yellow (κομβίο) έγινε έλεγχος στη βάση δεδομένων Raman του πανεπιστημίου UCL της σχολής μαθηματικών και φυσικών επιστημών. Συνολικά ερευνήθηκαν 27 χρωστικές και πιο συγκεκριμένα: 7 λευκές και 20 κίτρινες. Οι χρωστικές στις οποίες συμφωνεί η τεχνική Raman με την τεχνική xrf είναι 3 λευκές: Bone white, Chalk (calcite), Gypsum, 3 κίτρινες: Orpiment, Pararealgar, Yellow ochre

Για την επεξεργασία του φάσματος της 14^{ης} και 15^{ης} μέτρησης με αριθμό καταγραφής 14666_Red back και 14666_Red back 1 (κομβίο) έγινε έλεγχος στην ίδια βάση δεδομένων με τους παραπάνω πίνακες. Συνολικά ερευνήθηκαν 7 κόκκινες χρωστικές. Οι χρωστικές στις οποίες συμφωνεί η τεχνική Raman με την τεχνική xrf είναι 3 κόκκινες : Cinnabar, Realgar και η Red earths /red ochre.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Πίνακας 4: συνοπτικά τα αποτελέσματα από το Raman spectrometry Rockhound 785nm για το ενώτια με αριθμό καταγραφής 12360.

Αντικείμενο	Αριθμός καταγραφής μέτρησης	Διάγραμμα	Κορυφές που εντοπίστηκαν	Κορυφές γνωστές	Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για την ταύτιση	Αναγνώριση
Ενώτιο N°1 12360	16 ⁿ 12360_1_yellow	Graph 16	222vw 292m 357vs 242vw 309s 387w 222vw 242s 321w 344m 210w 223vs 272w 322m 242w 242w 387s 480w 1010s 309m 416m 556w 427w 1047w 590w 1071vw 964vs 1084vw282vw 620vw1009vs 416m 1137m 496w 674vw	220vw 292m 353vs 230vw 309s 381w 222vw 235s 319w 344m 202w 229vs 273w 332m 240w 246w 387s 482w 1009s 300m 414m 551w 431w 1046w 590w1071vw 961vs 1088vs282vw 619vw1007vs 414m 1132m 493w 670vw	chem.ucl.ac.uk	Κίτρινες χρωστικές Orpiment As_2S_3 Pararealgar As_4S_4 Yellow ochre $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ Λευκές χρωστικές Bone white $Ca_3(PO_4)_2$ Chalk $CaCO_3$ Gypsum $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Ενώτιο N°1 12360	17 ⁿ 12360_1_Au	Graph 17				Χρυσός
Ενώτιο N°1 12360	18 ⁿ 12360_1_extra	Graph 18				Λευκόχρυσος
Ενώτιο N°1 12360	19 ⁿ 12360_1_extra_1	Graph19				Λευκόχρυσος
Ενώτιο N°1 12360	20 ⁿ 12360_1_Cu	Graph 20				Χαλκός
Ενώτιο N°1 12360	21 ⁿ 12360_1_Cu_2	Graph 21				Χαλκός
Ενώτιο N°1 12360	22 ⁿ 12360_1_pyl	Graph 22				Πηλός
Ενώτιο N°2 12360	23 ⁿ 12360_2_Au	Graph 23				Χρυσός

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Ενώτιο N°2 12360	24 ⁿ 12360_2_yellow	Graph 24	<p>221vw 289m 352vs 232vw 310s 383w</p> <p>220vw 232s 319w 342m 220vs 280w 328m</p> <p>248w 248w 392s 479w 1005s 310m 414m 566w</p> <p>439w 590w 1048w1071vw 965vs</p> <p>1089vs289vw</p> <p>613vw1005vs 490w 414m 664vw</p>	<p>220vw 292m 353vs 230vw 309s 381w</p> <p>222vw 235s 319w 344m 229vs 273w 332m</p> <p>240w 246w 387s 482w 1009s 300m 414m 551w</p> <p>431w 590w 1046w1071vw 961vs</p> <p>1088vs282vw</p> <p>619vw 1007vs 493w 414m 670vw</p>	chem.ucl.ac.uk	<p><u>Κίτρινες</u> <u>χρωστικές</u></p> <p>Orpiment As₂S₃</p> <p>Pararealgar As₄S₄</p> <p>Yellow ochre Fe₂O₃.H₂O</p> <p><u>Λευκές</u> <u>χρωστικές</u></p> <p>Bone white Ca₃(PO₄)₂</p> <p>Chalk CaCO₃</p> <p>Gypsum CaSO₄.2H₂O</p>
Ενώτιο N°2 12360	25 ⁿ 12360_2_yellow_ 1	Graph 25	<p>218vw 279m 351vs 240vw 307s 392w</p> <p>218vw 240sv 319w 342m 218vs 277w 328m</p> <p>240w 241w 392w 479w 1010s 287m - 556w</p> <p>436w 590w 1046w1071vw 963vs</p> <p>1091vs286vw</p> <p>624vw1011vs 495w - 668vw</p>	<p>220vw 292m 353vs 230vw 309s 381w</p> <p>222vw 235s 319w 344m 229vs 273w 332m</p> <p>240w 246w 387s 482w 1009s 300m 414m 551w</p> <p>431w 590w 1046w1071vw 961vs</p> <p>1088vs281vw</p> <p>619vw 1007vs 493w 414m 670vw</p>	chem.ucl.ac.uk	<p><u>Κίτρινες</u> <u>χρωστικές</u></p> <p>Orpiment As₂S₃</p> <p>Pararealgar As₄S₄</p> <p>Yellow ochre Fe₂O₃.H₂O</p> <p><u>Λευκές</u> <u>χρωστικές</u></p> <p>Bone white Ca₃(PO₄)₂</p> <p>Chalk CaCO₃</p> <p>Gypsum CaSO₄.2H₂O</p>
Ενώτιο N°2 12360	26 ⁿ 12360_2_pyl	Graph 26				Πηλός

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Ενώτιο N°2 12360	27 ⁿ 12360_2_Cu	Graph 27				Χαλκός
---------------------	----------------------------	----------	--	--	--	--------

Ενώτια με αριθμό καταγραφής 12360

Για την επεξεργασία του φάσματος της 16^{ns}, 24^{ns} και 25^{ns} μέτρησης με αριθμό καταγραφής 12360_1_yellow, 12360_2_yellow και 12360_2_yellow_1 (κομβίο) έγινε έλεγχος στη βάση δεδομένων για Raman του πανεπιστημίου UCL της σχολής μαθηματικών και φυσικών επιστημών. Συνολικά ερευνήθηκαν 81 χρωστικές και πιο συγκεκριμένα: 21 λευκές και 60 κίτρινες. Οι χρωστικές στις οποίες συμφωνεί η τεχνική Raman με την τεχνική xrf είναι 3 λευκές: Bone white, Chalk (calcite), Gypsum, 3 κίτρινες: Orpiment, Pararealgar, Yellow ochre

Πίνακας 5: συνοπτικά τα αποτελέσματα από το Raman spectrometry Rockhound 785nm για το σπάραγμα με αριθμό καταγραφής 14315.

Αντικείμενο	Αριθμός καταγραφής μέτρησης	Διάγραμμα	Κορυφές που εντοπίστηκαν	Κορυφές γνωστές	Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για την ταύτιση	Αναγνώριση
Σπάραγμα 14315	28 ⁿ 14315_Au	Graph 28				Χρυσός
Σπάραγμα 14315	29 ⁿ 14315_White	Graph 29	433w 1045w 1066w 590w 958vs 1085vs280vw 624vw1002vs 1129m 423m 671vw 477w 670vw 680vw 1055vs670vw 834vw 332w - 833vs 356s 280w 305w 456m 292w 389w 530w	431w 1046w 1071w 590w 961vs 1088vs282vw 619vw1007vs 1132m 414m 670vw 493w 667vw 687vw 1050vs665vw 829vw 338w 372m 841vs 360s 403w 275w 303w 457m 291w 379w 525w	chem.ucl.ac.uk	<u>Λευκές χρωστικές</u> Bone white $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ Chalk CaCO_3 Gypsum $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Lead white ${}_2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ <u>Κίτρινες χρωστικές</u> Chrome yellow PbCrO_4 Lead tin yellow type 1 Pb_2SnO_4

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

			330m 389w 280s 227vw 292m 355vs 208w 227vw 305s 390w 228vw 242s 321w 208w 228vs 281w 331m 242w 242w 389s 487w 1002 304m 424m 548w	324m 385w 289s 220vw 292m 353vs 202w 230vw 309s 381w 222vw 235s 319w 202w 229vs 273w 332m 240w 246w 387s 482w 1008s 300m 416m 551w		Lead tin yellow type2 $PbSn_{1-x}Si_xO_3$ Massicot PbO Orpiment As_2S_3 Pararealgar As_4S_4 Yellow ochre Fe_2O_3, H_2O
Σπάραγμα 14315	30 ⁿ 14315_pyl	Graph 30				Πηλός
Σπάραγμα 14315	31 ⁿ 14315_hol	Graph 31				
Σπάραγμα 14315	32 ⁿ 14315_Au 2	Graph 32				Χρυσός
Σπάραγμα 14315	33 ⁿ 14315_White 2	Graph 33	437w 1042w 590w 1070vw 958vs 1087vs283vw 618vw1009vs 418m 1131m 492w 675vw 657vw 682vw 1061vs 664vw 832vw 331w 382m 365s 409w 280w 305w 456m 292w 389w 530w	431w 1046w 590w 1071w 961vs 1088vs282vw 619vw1007vs 414m 1132m 493w 670vw 667vw687vw 1050vs 665vw 829vw 338w 372m 841vs 360s 403w 275w 303w 457m 291w 379w 525w	chem.ucl.ac.uk	<u>Λευκές χρωστικές</u> Bone white $Ca_3(PO_4)_2$ Chalk $CaCO_3$ Gypsum $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ Lead white $PbCO_3, Pb(OH)_2$ <u>Κίτρινες χρωστικές</u> Chrome yellow $PbCrO_4$ Lead tin yellow type 1 Pb_2SnO_4

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

			330m 390w 280s 227vw 292m 355vs 208w 227vw 305s 390w 228vw 242s 321w 208w 228vs 281w 331m 242w 242w 390s 488w 1002s 304m 424m 548w	324m 385w 289s 220vw 292m 353vs 202w 230vw 309s 381w 228vw 235s 319w 202w 229vs 273w 332m 240w 246w 387s 482w 1008s 300m 416m 551w	chem.ucl.ac.uk	Lead tin yellow type2 $PbSn_{1-x}Si_xO_3$ Massicot PbO Orpiment As_2S_3 Pararealgar As_4S_4 Yellow ochre $Fe_2O_3 \cdot H_2O$
Σπάραγμα 14315	34 ⁿ 14315_Cu3	Graph 34				Χαλκός
Σπάραγμα 14315	35 ⁿ 14315_pb3	Graph 35				Μόλυβδος
Σπάραγμα 14315	36 ⁿ 14315_Cu 4	Graph 36				Χαλκός
Σπάραγμα 14315	37 ⁿ 14315_Au_4	Graph 37				Χρυσός
Σπάραγμα 14315	38 ⁿ 14315_Au_4_1	Graph 38				Χρυσός

Σπάραγμα πιθανώς στεφανιού με αριθμό καταγραφής 14315

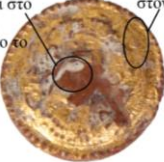

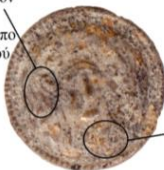
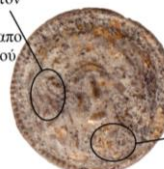

Για την επεξεργασία του φάσματος της 29ⁿ και 33ⁿμέτρησης με αριθμό καταγραφής 29ⁿ 14315_White 14315_White 2 έγινε έλεγχος στη βάση δεδομένων Raman του UCL της σχολής μαθηματικών και φυσικών επιστημών. Συνολικά ερευνήθηκαν 54 χρωστικές και πιο συγκεκριμένα: 14 λευκές και 40 κίτρινες. Οι χρωστικές στις οποίες συμφωνεί η τεχνική Raman με την τεχνική XRF για κάθε μια από τις μετρήσεις είναι 4 λευκές: Bone white, Chalk, Gypsum, lead white και 7 κίτρινες: Chrome yellow, lead tin yellow type1, lead tin yellow type 2, massicot, Orpiment, Pararealgar, Yellow ochre.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»





Πίνακας 6: συνοπτικά τα αποτελέσματα από την Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – X από το XRF Analyzer Hand-held, Portable, Bruker Tracer III-SD.

Αντικείμενο	Αριθμός καταγραφής μέτρησης	Διάγραμμα	Ιχνοστοιχεία	Κύρια στοιχεία
Κομβίο 14664	1 ^η 14664_pyl_1	Graph 1 1η Μέτρηση στον πηλό 2η Μέτρηση στον χρυσό και στο στρώμα κάτω από το φύλλο χρυσού	Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd	Ca, Mn, Fe
Κομβίο 14664	2 ^η 14664_au_1	Graph 2 1η Μέτρηση στον πηλό 2η Μέτρηση στον χρυσό και στο στρώμα κάτω από το φύλλο χρυσού	Te, Au, As, Kr, Sr, Rh, Pd	Ca, Mn, Fe
Κομβίο 14664	3 ^η 14664_back_1	Graph 3 1η Μέτρηση στον πηλό 2η Μέτρηση στον χρυσό και στο στρώμα κάτω από το φύλλο χρυσού	Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd	Ca, Fe, Mn, Hg
Κομβίο 14665	4 ^η 14665_au_1	Graph 4 5η Μέτρηση στον πηλό και στο στρώμα κάτω από το φύλλο χρυσού 4η Μέτρηση στον χρυσό	Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd	Ca, Fe, Au





«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Κομβίο 14665	5 ^η 14665_center_1	<p>Graph 5</p> <p>5η Μέτρηση στον πηλό και στο στρώμα κάτω από το φύλλο χρυσού</p>  <p>4η Μέτρηση στον χρυσό</p>	Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd.	Ca, Fe, Au
Κομβίο 14665	6 ^η 14665_back_1	<p>Graph 6</p> <p>6η Μέτρηση στο κόκκινο χρώμα</p> 	Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd	Ca, Fe, Mn Hg
Κομβίο 14666	7 ^η 14666_au_1	<p>Graph 7</p> <p>8η Μέτρηση στον πηλό και στο στρώμα κάτω από το φύλλο χρυσού</p>  <p>7η Μέτρηση στον χρυσό</p>	Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd	Ca, Fe, Mn, Cu, Au
Κομβίο 14666	8 ^η 14666_pyl_1	<p>Graph 8</p> <p>8η Μέτρηση στον πηλό και στο στρώμα κάτω από το φύλλο χρυσού</p>  <p>7η Μέτρηση στον χρυσό</p>	Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd	Ca, Fe, Cu, Au,
Κομβίο 14666	9 ^η 14666_back_1	<p>Graph 9</p> <p>9η Μέτρηση στο κόκκινο χρώμα</p> 	Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd	Ca, Fe, Mn, Hg





«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

<p>Ενώτιο N°1 12360</p>	<p>10^η 12360_1_YEL</p>	<p>Graph 10</p>  <p>10η Μέτρηση στο κίτρινο χρώμα</p> <p>11η Μέτρηση στον πηλό και στο άγνωστο υλικό</p> <p>12η Μέτρηση στον πηλό</p>	<p>Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd, Cu</p>	<p>Ca, Fe,</p>
<p>Ενώτιο N°1 12360</p>	<p>11^η 12360_1_AU</p>	<p>Graph 11</p>  <p>10η Μέτρηση στο κίτρινο χρώμα</p> <p>11η Μέτρηση στον πηλό και στο άγνωστο υλικό</p> <p>12η Μέτρηση στον πηλό</p>	<p>Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd</p>	<p>Ca, Fe, Pt, Cu</p>
<p>Ενώτιο N°1 12360</p>	<p>12^η 12360_1_PYL</p>	<p>Graph 12</p>  <p>10η Μέτρηση στο κίτρινο χρώμα</p> <p>11η Μέτρηση στον πηλό και στο άγνωστο υλικό</p> <p>12η Μέτρηση στον πηλό</p>	<p>Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd, Cu</p>	<p>Ca, Fe, Au</p>
<p>Ενώτιο N°1 12360</p>	<p>13^η 12360_1_AU_BACK</p>	<p>Graph 13</p>  <p>13η Μέτρηση στο χάλκινο έλασμα</p>	<p>Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd</p>	<p>Ca, Fe, Cu, Au</p>

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

<p>Ενώτιο N°2 12360</p>	<p>14^η 12360_2_AU</p>	<p>Graph 14</p> 	<p>Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd</p>	<p>Ca, Fe, Cu, Au</p>
<p>Ενώτιο N°2 12360</p>	<p>15^η 12360_2_YEL</p>	<p>Graph 15</p> 	<p>Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd</p>	<p>Ca, Fe, Cu, Au</p>
<p>Ενώτιο N°2 12360</p>	<p>16^η 12360_2_PYL</p>	<p>Graph 16</p> 	<p>Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd</p>	<p>Ca, Fe, Cu, Au</p>
<p>Ενώτιο N°2 12360</p>	<p>17^η 12360_2_CU_BACK</p>	<p>Graph 17</p> 	<p>Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd</p>	<p>Au, Cu, Ca, Fe</p>

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Σπάραγμα 14315	18 ^η 14315_1_AU	Graph 18 18η Μέτρηση στον χρυσό και στο στρώμα κάτω από το φύλλο χρυσού 	Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd	Ca, Fe, Cu, Au
Σπάραγμα 14315	19 ^η 14315_1_WHITE	Graph 19 19η Μέτρηση στο στρώμα κάτω από το φύλλο χρυσού, στον πηλό και στην οπή 	Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd	Ca, Fe, Cu, Au, Pb
Σπάραγμα 14315	20 ^η 14315_2_WHITE	Graph 20 20η Μέτρηση στην επιφάνεια κάτω από το φύλλο χρυσού 	Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd	Ca, Fe, Pb, Au, Cu
Σπάραγμα 14315	21 ^η 14315_3_CU	Graph 21 21η Μέτρηση για εύρεση μολύβδου και χαλκού 	Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd	Ca, Fe, Pb, Cu

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Σπάραγμα 14315	22 ^η 14315_4_CU_AU	Graph 22 	Te, As, Kr, Sr, Rh, Pd	Cu, Au, Pb
-------------------	----------------------------------	---	---------------------------	------------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Με τον προσδιορισμό της στοιχειακής ανάλυσης και των ενώσεων των υλικών που υπάρχουν στα σύνθετα επιχρυσωμένα αντικείμενα στοχεύουμε στην κατανόηση των τεχνικών κατασκευής τους, ώστε να καταφέρουμε να βοηθήσουμε πάνω στην έρευνα των πλήινων επιχρυσωμένων αντικειμένων και να έχουμε καλύτερη αντίληψη στα θέματα της συντήρησης και διατήρησης της πολιτιστικής μας κληρονομιάς. Για την ταυτοποίηση των υλικών των αντικειμένων εφαρμόσαμε *in situ* μετρήσεις με φασματοσκοπία Raman και Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων – X (XRF). Πρόκειται για δύο μεθόδους ανάλυσης που συνδυαστικά μας επιτρέπουν να καταλήξουμε σε ασφαλή συμπεράσματα. Παρακάτω ακολουθεί συζήτηση των αποτελεσμάτων με σκοπό την, κατά το δυνατόν, στοιχειοθέτηση των συμπερασμάτων μας.

Καθώς τα αντικείμενα που μελετάμε χρονολογούνται περίπου στον 4^ο με 3^ο αιώνα π.Χ., είναι φυσικό να θεωρούμε πως τα υλικά που τα συνθέτουν έχουν διαβρωθεί από διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η υγρασία, η ακτινοβολία και η θερμοκρασία καθώς επίσης πως η κατάσταση διατήρησης τους δεν είναι καλή. Για τον λόγο αυτό περιμέναμε πως οι αλλοιώσεις αυτές θα αντανακλούνταν και στα φάσματα των μετρήσεών μας, γεγονός που μας δυσκόλεψε κατά την σύγκριση τους με τα πρότυπα φάσματα από γνωστές βάσεις δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, αντιμετωπίσαμε διαφοροποιήσεις όπως δυσανάγνωστη αποτύπωση φάσματος και φθορισμός που δε μας επέτρεπαν να ταυτοποιήσουμε το υλικό με τη μέθοδο Raman. Σαν συνέπεια, σε πολλές από τις περιπτώσεις πραγματοποιήθηκαν επαναληπτικές μετρήσεις για να καταλήξουμε σε ευανάγνωστα φάσματα και άρα σε ορθά συμπεράσματα. Και φυσικά δεν πρέπει να ξεχνάμε και το διακριτικό σφάλμα της φασματοσκοπίας Raman που είναι $5-10 \text{ cm}^{-1}$.

Στο σημείο αυτό καλό είναι να αναφέρουμε και κάποια στατιστικά στοιχεία σχετικά με τις μετρήσεις μας. Με την τεχνική Raman πραγματοποιήσαμε 38 μετρήσεις εκ των οποίων μόλις οι 17 (44,7%) αξιολογήθηκαν ως ευανάγνωστες και αξιόπιστες ώστε να οδηγήσουν σε ασφαλή συμπεράσματα. Αντίθετα, με την τεχνική XRF πραγματοποιήσαμε 22 μετρήσεις και τις χρησιμοποιήσαμε όλες για να μας βοηθήσουν με τα συμπεράσματά μας.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Από την μικροσκοπική παρατήρηση των κοσμημάτων καταλήξαμε πως πρόκειται για επιχρυσωμένα αντικείμενα όπου το υλικό κατασκευής τους είναι ο πηλός. Πάνω στην επιφάνεια του πηλού παρατηρείται μία επιφάνεια λευκού χρώματος. Επάνω στη λευκή επιφάνεια σώζεται ένα νέο επίπεδο το οποίο έχει κίτρινο χρώμα και τέλος σώζεται κατά τόπους φύλλο χρυσού. Μόνο στα ενώτια δεν παρατηρείται η επιφάνεια λευκού χρώματος.

Κομβία με αριθμό καταγραφής 14664, 14665 και 14666.

Οι χρωστικές που ανιχνεύτηκαν για τα τρία κομβία με αριθμό καταγραφής 14664, 14665 και 14666 τα οποία και βρέθηκαν στο ίδιο ταφικό σύνολο παραθέτονται παρακάτω.

Στην μπροστινή όψη των κομβίων οι χρωστικές που ανιχνεύτηκαν είναι λευκές και κίτρινες.

Συνολικά, με τη μέθοδο Raman για το λευκό χρώμα ανιχνεύτηκαν και οι επτά λευκές χρωστικές στη σύγκριση που έγινε με τη βάση δεδομένων Raman της σχολής μαθηματικών και φυσικών επιστημών του UCL⁶⁵. Από τις επτά χρωστικές που ανιχνεύτηκαν στη Raman μόνο οι τρεις επαληθεύονται με την XRF καθώς ανιχνεύει το στοιχείο ασβέστιο (Ca). Τελικά, για το λευκό χρώμα οι χρωστικές που αναγνωρίστηκαν είναι: η γύψος $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (gypsum), η κιμωλία CaCO_3 (αγγλ. chalk) και το λευκό του οστού $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (αγγλ. bone white) (πίνακας 1,2,3 και 6).

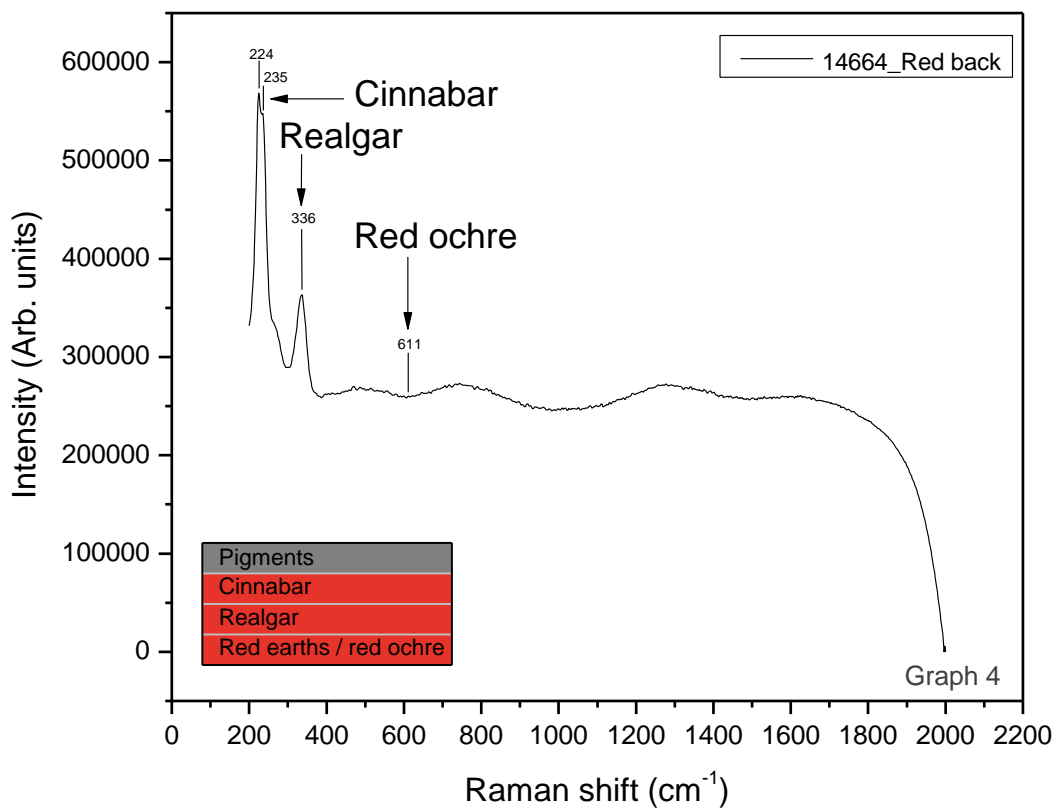
Περνώντας στο κίτρινο χρώμα, με την μέθοδο Raman ανιχνεύτηκαν στη μπροστινή όψη των ίδιων αντικειμένων 15 από τις 20 χρωστικές που υπάρχουν στη βάση δεδομένων Raman του UCL¹. Στη συνέχεια με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων Raman με την XRF οι χρωστικές μειώθηκαν στις τρεις, οι οποίες είναι: η κίτρινη Σανδαράχη As_2S_3 (αγγλ. Orpiment), η Pararealgar As_4S_4 και η κίτρινη ώχρα $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (αγγλ. Yellow ochre) (πίνακες 1, 2, 3 και 6).

Στην πίσω όψη των κομβίων αναγνωρίστηκαν κόκκινες χρωστικές. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη βάση δεδομένων Raman του UCL¹, ανιχνεύτηκαν πέντε κόκκινες χρωστικές. Κατόπιν ελέγχθηκαν τα αποτελέσματα αυτά με τα αποτελέσματα της XRF και καταλήξαμε σε τρεις, και

⁶⁵ <http://www.chem.ucl.ac.uk/resources/raman/>

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

εδώ, χρωστικές. Οι χρωστικές αυτές είναι: η κόκκινη όχρα $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{clay} + \text{silica}$ (αγγλ. Red earths/ochre), η κόκκινη Σανδαράχη As_4S_4 (αγγλ. Realgar) και η Κιννάβαρη HgS (αγγλ. Cinnabar) (πίνακες 1, 2, 3 και 6). Να σημειωθεί πως στην πίσω όψη τα κομβία δεν φέρουν επιχρύσωση. Παραθέτετε φάσμα της τεχνικής Raman για της κόκκινες χρωστικές που εντοπίστηκαν στην πίσω όψη των κομβίων (εικόνα 1).



Εικόνα 1: φάσμα Raman για τις κόκκινες χρωστικές στο πίσω μέρος των κομβίων.

Ενώτια με αριθμό καταγραφής 12360

Με τη μέθοδο Raman αναγνωρίσαμε, σε συνδυασμό με τη βάση του UCL¹, πέντε λευκές χρωστικές. Στην συνέχεια μετρήσαμε και με την μέθοδο XRF και καταλήξαμε πως οι δύο μέθοδοι είναι σύμφωνες σε τρεις χρωστικές. Οι λευκές χρωστικές που αναγνωρίστηκαν με το συνδυασμό των τεχνικών είναι η γύψος $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (gypsum), η κιμωλία CaCO_3 (αγγλ. chalk) και το λευκό του οστού $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (αγγλ. bone white) (πίνακας 4 και 6).

Προχωρώντας στις κίτρινες χρωστικές και για τα δύο ενώτια, αναγνωρίσαμε δέκα με τη μέθοδο Raman και έπειτα από έλεγχο των αποτελεσμάτων με την XRF, καταλήξαμε σε τρεις κίτρινες χρωστικές: στην κίτρινη Σανδαράχη As_2S_3 (αγγλ. Orpiment), την Pararealgar As_4S_4 και την κίτρινη Ωχρα $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (αγγλ. Yellow ochre) (πίνακες 4 και 6).

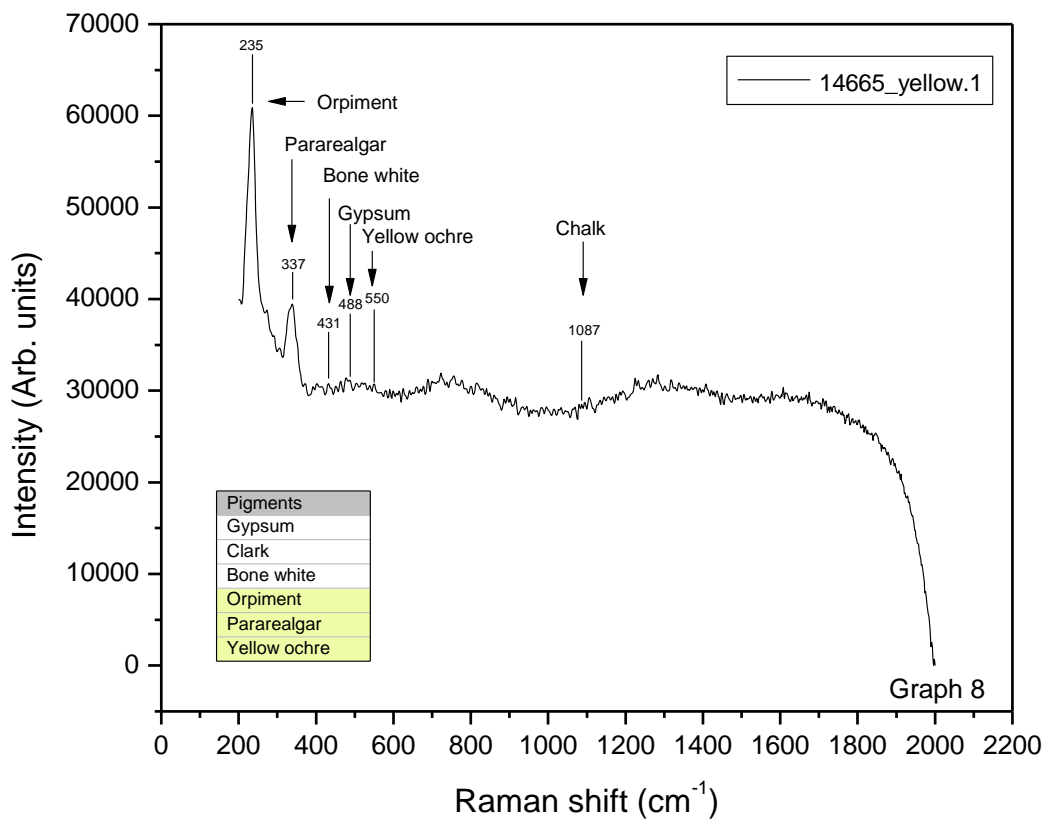
Σπάραγμα πιθανώς στεφανιού με αριθμό καταγραφής 14315

Το αντικείμενο αυτό το συνθέτουν πήλινα και χάλκινα στοιχεία. Στα πήλινα κομμάτια (77 χάντρες) αναγνωρίστηκαν επιφάνειες με χρώμα οι οποίες και αναλύθηκαν όπως στα προηγούμενα κοσμήματα. Με τη βοήθεια της τεχνικής Raman αναγνωρίστηκαν στις χάντρες από το στεφανάκι πέντε λευκές χρωστικές. Κατόπιν τα ίδια δείγματα μετρήθηκαν και με την τεχνική XRF και το αποτέλεσμα της σύγκρισης των δύο τεχνικών ήταν η ανάδειξη τεσσάρων λευκών χρωστικών: γύψος $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (αγγλ.gypsum), κιμωλία CaCO_3 (αγγλ. chalk), λευκό του οστού $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (αγγλ. bone white) και λευκό του μολύβδου $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ (αγγλ. Lead white) (πίνακες 5 και 6).

Αναγνωρίστηκαν επίσης με τη μέθοδο Raman δέκα κίτρινες χρωστικές. Κατόπιν μετρήσαμε με τη μέθοδο XRF και τελικά ο αριθμός τους μειώθηκε σε εφτά. Οι κίτρινες χρωστικές που ανιχνεύσαμε είναι: κίτρινο του χρωμίου PbCrO_4 (αγγλ.Chrome yellow), κίτρινο του μολύβδου τύπου1 Pb_2SnO_4 (αγγλ. Lead tin yellow type 1), κίτρινο του μολύβδου τυπου2 $\text{PbSn}_{1-x}\text{Si}_x\text{O}_3$ (αγγλ. Lead tin yellow type2), Μασικκότης PbO (αγγλ.Massicot), η κίτρινη Σανδαράχη As_2S_3 (αγγλ. Orpiment), η Pararealgar As_4S_4 και η κίτρινη ώχρα $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (αγγλ. Yellow ochre).

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Ενδεικτικά παραθέτουμε ένα φάσμα Raman με τις χρωστικές που βρέθηκαν στα επιχρυσωμένα σημεία των κοσμημάτων που εξετάσαμε στην παρούσα διπλωματική εργασία (εικόνα 2).



Εικόνα 2: το φάσμα Raman που αποτυπώνει τις χρωστικές στο στρώμα προετοιμασίας και στο στρώμα κάτω από το φύλλο χρυσού.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα επιστημονικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη των φασμάτων Raman και XRF που ελήφθησαν κατά την διεξαγωγή των *in situ* μετρήσεων σε σύνολο έξι επιχρυσωμένων πλήινων κοσμημάτων οδήγησαν στα ακόλουθα συμπεράσματα σχετικά με την αναγνώριση των χρωστικών και την τεχνική κατασκευής τους.

Στις εξεταζόμενες λευκές περιοχές των αντικειμένων από τα αποτελέσματα της XRF προσδιορίστηκε το χημικό στοιχείο του ασβεστίου Ca. Επιπλέον, με τον συνδυασμό της XRF και των μετρήσεων Raman, που είχαν προηγηθεί, καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως πρόκειται για ένα μείγμα λευκών χρωστικών που αποτελείται από τη γύψο $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, την κιμωλία CaCO_3 και το λευκό του οστού $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Το μείγμα αυτό που είναι ορατό ακόμα και με γυμνό μάτι, φαίνεται ότι έπαιξε τον ρόλο της προετοιμασίας για την επιχρύσωση στα κομβία και στις 70 χάντρες από το σπάραγμα στεφανιού. Στα ενώτια αντιθέτως, δεν είναι ορατή ούτε μακροσκοπικά ούτε στο μικροσκόπιο ανάλογη «λευκή προετοιμασία». Παρόλα αυτά τόσο η τεχνική XRF όσο και η Raman ανιχνεύουν την ύπαρξη και των τριών λευκών χρωστικών. Κατά συνέπεια, μπορούμε να υποθέσουμε ότι στα κομβία και το στεφάνι η προετοιμασία αποτελούσε ξεχωριστό διακριτό στρώμα, ενώ στα ενώτια ήταν μέρος του μείγματος με τις κίτρινες χρωστικές. Ακόμα, γνωρίζουμε από τη βιβλιογραφία ότι η χρήση συγκολλητικού υλικού όπως ασπράδι αυγού ή ζωική κόλλα ήταν συνήθης πρακτική κατά την επιχρύσωση μη μεταλλικών αντικειμένων στην Αρχαιότητα.^{10,12} Τέτοιες οργανικές κόλλες, μόνες τους ή αναμεμειγμένες με νερό και γύψο, αποσυντίθενται με την καύση και δεν είναι δυνατό να ανιχνευτούν σε μεταγενέστερες αναλύσεις.^{23,24} Βασιζόμενοι στα ανωτέρω, μπορούμε να συμπεράνουμε πως κατά την επιχρύσωση των προς συζήτηση αντικειμένων μας, κάποιος συνδυασμός θέρμανσης, «λευκής προετοιμασίας» και οργανικής κόλλας συνέθετε την εφαρμοζόμενη τεχνική.

Στις εξεταζόμενες κίτρινες χρωστικές ταυτοποιήθηκαν και με τις δύο μεθόδους αναλύσεων οι εξής χρωστικές στο σύνολο των αντικειμένων: η κίτρινη Σανδαράχη As_2S_3 , η Pararealgar As_4S_4 και η κίτρινη Ώχρα $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Η XRF εδώ ανέδειξε τα στοιχεία του σιδήρου Fe και του Αρσενικού As. Για τις κίτρινες χρωστικές καταλήγουμε και εδώ στο συμπέρασμα πως ο καλλιτέχνης χρησιμοποίησε συνδυασμό χρωμάτων για να καταφέρει να προσομοιάσει στο χρώμα του χρυσού.

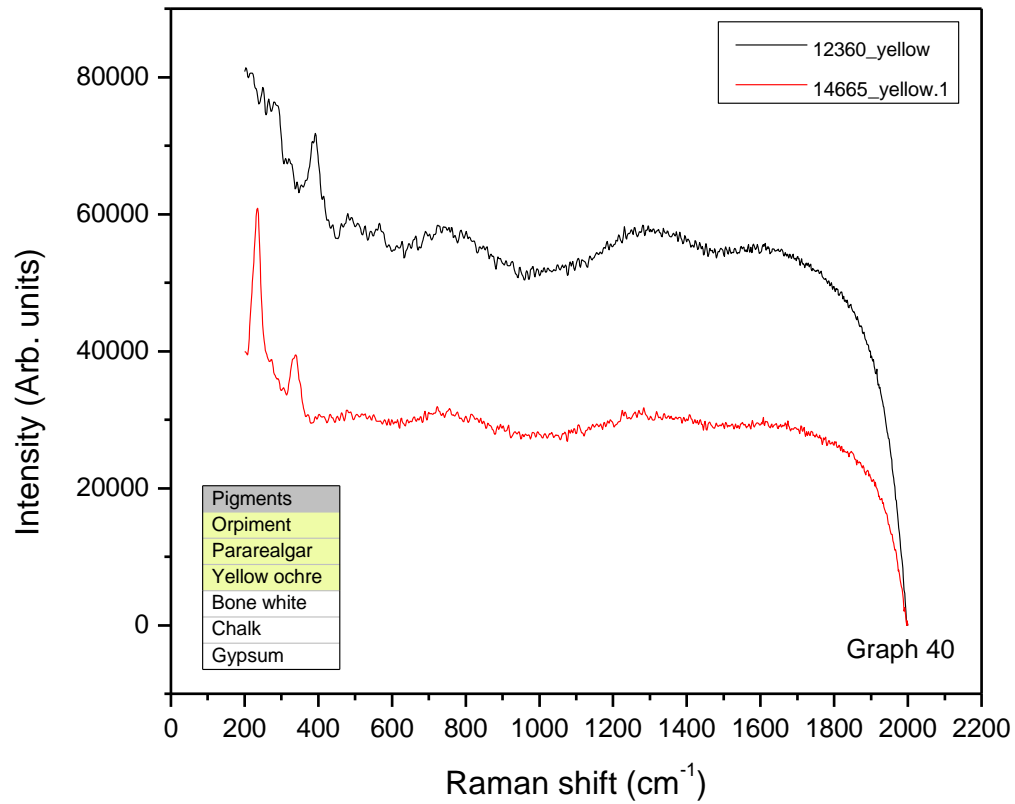
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Αυτό προκύπτει από τη μικροσκοπική εξέταση και τον καθαρισμό του αντικειμένου που σώζεται ως σπάραγμα πιθανώς στεφανιού (14315), καθώς στις 77 πήλινες χάντρες που συντηρήθηκαν, παρατηρήθηκε πως η επιχρύσωση αφορούσε μόνο ένα κομμάτι τετράγωνου σχήματος λίγων χιλιοστών στην επάνω επιφάνεια των χαντρών. Έτσι καλύπτοντας την προετοιμασία με κίτρινο χρώμα στις χάντρες, τις έκανε να μοιάζουν εξολοκλήρου επιχρυσωμένες. Επιπλέον, καθώς χρησιμοποιήθηκε η ίδια τεχνική σε όλα τα αντικείμενα φαίνεται πως οι τεχνίτες της εποχής έδιναν ιδιαίτερη σημασία στην καλαισθησία των κοσμημάτων τους και αφού με αυτόν τον τρόπο κάλυπταν τις όποιες περιπτώσεις κακοτεχνίας (εκεί που δεν θα εφάρμοζε σωστά η επιχρύσωση) και ελάμβαναν υπόψη την επικείμενη φθορά του χρόνου.

Προχωρώντας στα συμπεράσματα μας σχετικά με το ίδιο αντικείμενο (το στεφανάκι 14315), η τεχνική XRF αναγνώρισε επίσης το στοιχείο του μολύβδου Pb. Ο Μόλυβδος βρέθηκε σε κάποιες μετρήσεις στο λευκό χρώμα, όσο αφορά στις χρωστικές, αλλά και σε χάλκινα ή/και επιχρυσωμένα σημεία. Παρόλα αυτά, αυτό που παρατηρήθηκε ήταν πως μολύβδος αναγνωρίστηκε μόνο στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε περιοχές ή κοντά σε περιοχές που υπήρχε σύνδεση διαφορετικών υλικών: πηλός με χαλκό ή στα σημεία σύνδεσης των χάλκινων επιχρυσωμένων ελασμάτων. Έτσι καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως ο μολύβδος δεν είναι στοιχείο των χρωστικών άλλα το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για να ενώσουν τα χάλκινα επιχρυσωμένα ελάσματα και τις πήλινες χάνδρες και να δημιουργήσουν το επιχρυσωμένο αυτό αντικείμενο που σώζεται ως σπάραγμα. Για τον λόγο αυτό, θα πρέπει να αποκλείσουμε από τα αποτελέσματα μας για το συγκεκριμένο αντικείμενο τις χρωστικές που περιέχουν το εν λόγω χημικό στοιχείο. Οι χρωστικές αυτές είναι: λευκό του Μολύβδου $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$, το κίτρινο του Χρωμίου PbCrO_4 , κίτρινο του Μολύβδου τύπου1 Pb_2SnO_4 , κίτρινο του Μολύβδου τυπου2 $\text{PbSn}_{1-x}\text{Si}_x\text{O}_3$ και τον Μασικκότη PbO .

Μετά από τον αποκλεισμό αυτών των χρωστικών καταλήγουμε πως και τα έξι αντικείμενα αποτελούνται από τις ίδιες λευκές και κίτρινες χρωστικές οι οποίες επιβεβαιώθηκαν με τα φάσματα και των δύο τεχνικών ανάλυσης. (πίνακες 1,2,3,4,5,6). Έτσι μπορούμε να εικάσουμε πως τα κοσμήματα κατασκευάστηκαν στο ίδιο εργαστήριο με την ίδια τεχνική και πιθανώς σε παρόμοιες χρονικές περιόδους. Παραθέτουμε την επιβεβαίωση των χρωστικών με τα δύο πιο ευανάγνωστα φάσματα Raman στο ίδιο διάγραμμα (εικόνα 3-διάγραμμα 40).

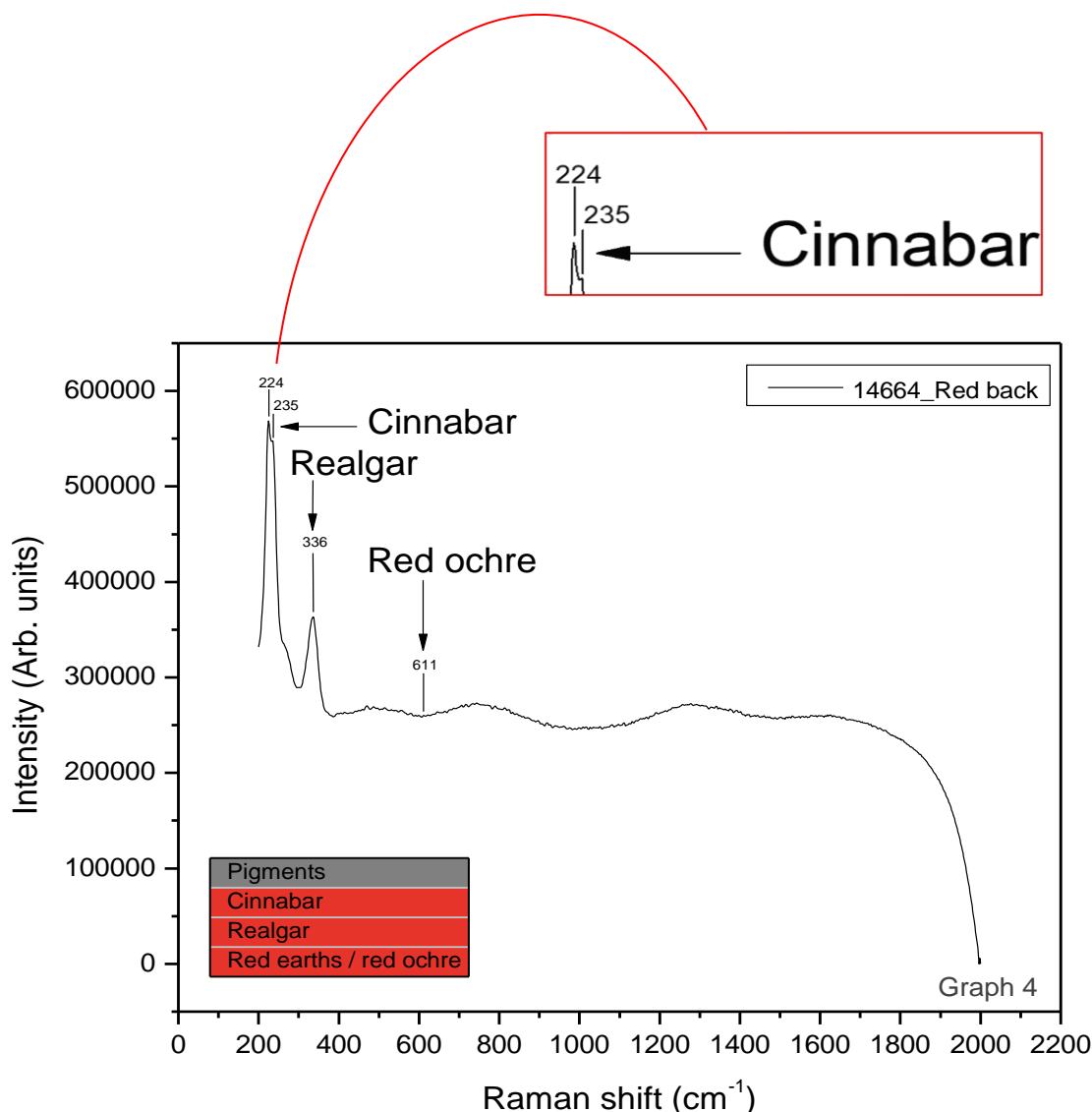
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Εικόνα 3:Επιβεβαίωση των χρωστικών με την χρήση των φασμάτων Raman

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

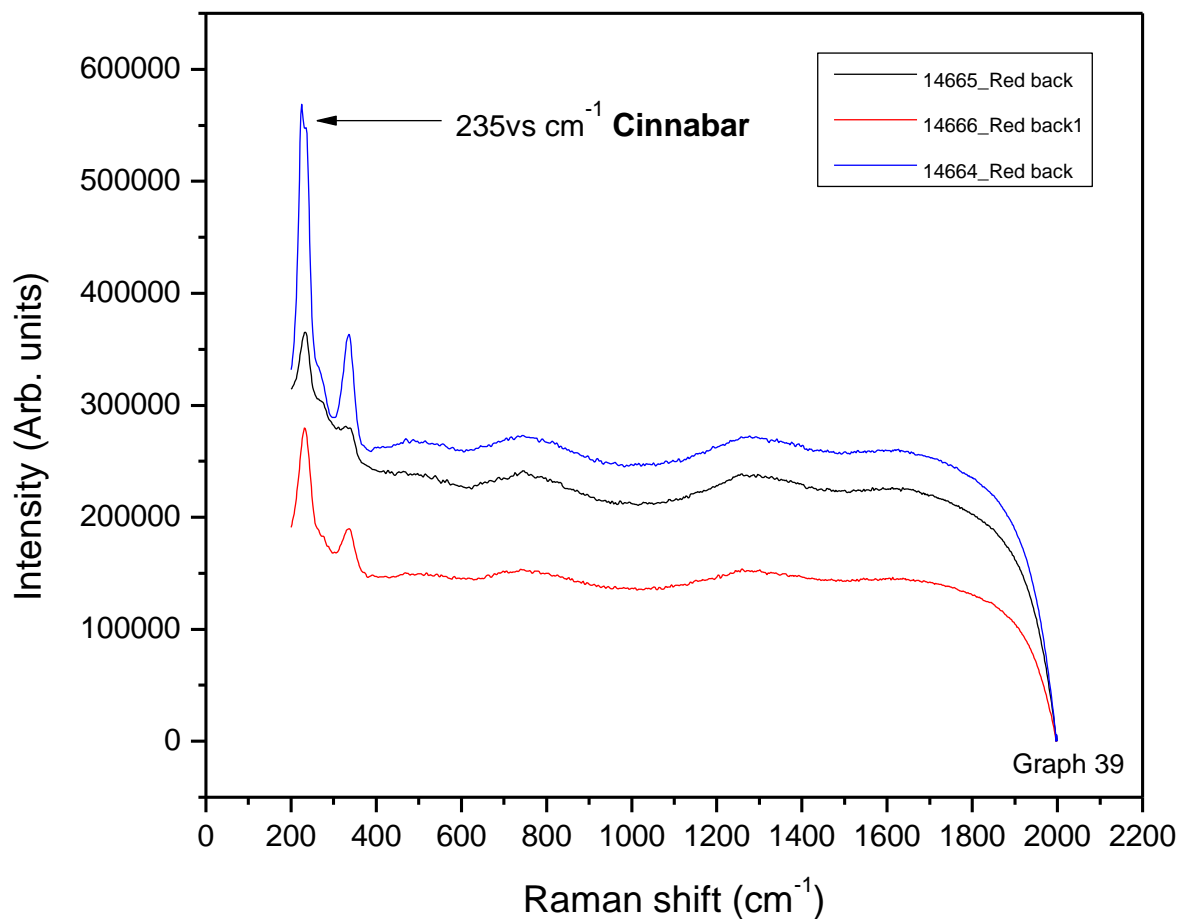
Στην πίσω όψη των κομβίων αναγνωρίστηκαν κόκκινες χρωστικές. Οι χρωστικές αυτές είναι: η κόκκινη ώχρα $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{clay} + \text{silica}$ (αγγλ. Red earths/ochre), η κόκκινη Σανδαράχη As_4S_4 (αγγλ. Realgar) και η Κιννάβαρη HgS (αγγλ. Cinnabar) (πίνακες 1, 2, 3 και 6), όσο αφορά την ποιοτική ανίχνευση των στοιχείων, όμως η ύπαρξη των πολύ σημαντικών δονήσεων-χαρακτηριστικών κορυφών μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως είναι η Κιννάβαρη. Παρακάτω παρατίθεται το διάγραμμα Raman που μας δείχνει τις σημαντικές δονήσεις της διπλής κορυφής στο 224, 235 cm^{-1} (εικόνα 4).



Εικόνα 4: Οι σημαντικές δονήσεις της διπλής κορυφής για την Κιννάβαρη στο 224, 235 cm^{-1}

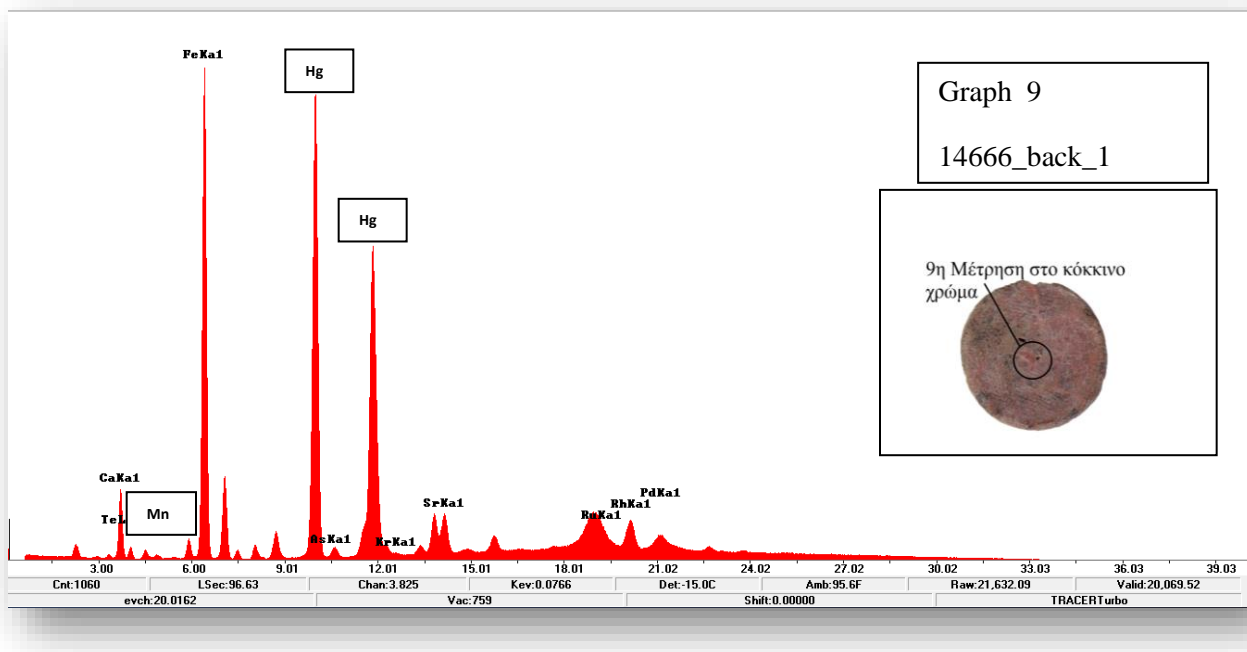
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Παραθέτουμε την ταυτοποίηση της Κιννάβαρης στα τρία φάσματα Raman (εικόνα 5). Στο φάσμα XRF αναγνωρίζεται η ύπαρξη Hg και έτσι αποδεικνύεται και με τη δεύτερη μέθοδο η χρωστική αυτή (εικόνα 6).



Εικόνα 5: Ταύτιση και των τριών φασμάτων Raman για την Κιννάβαρη.

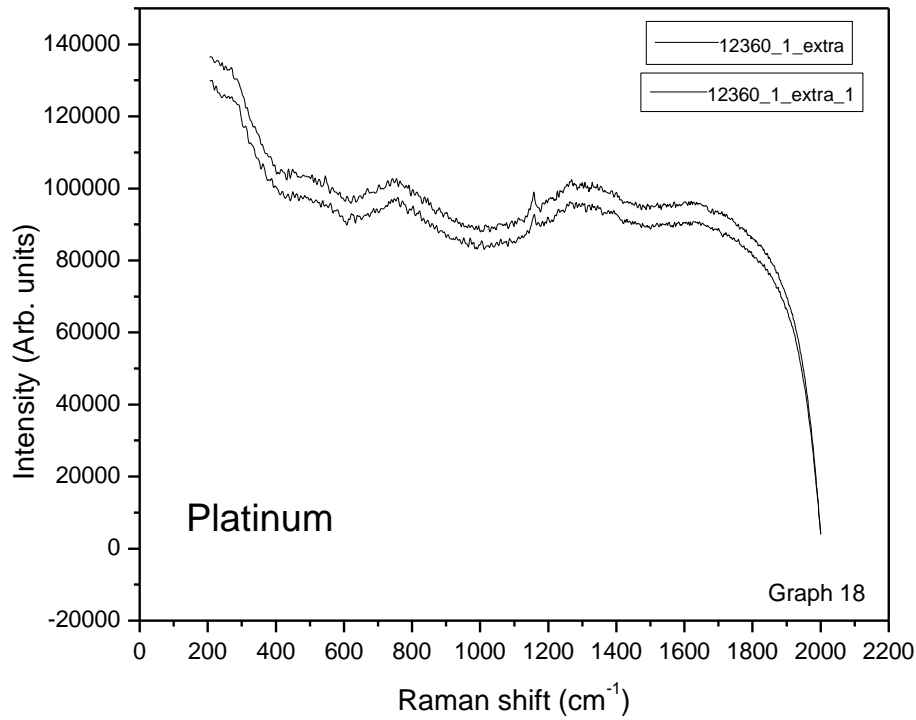
«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



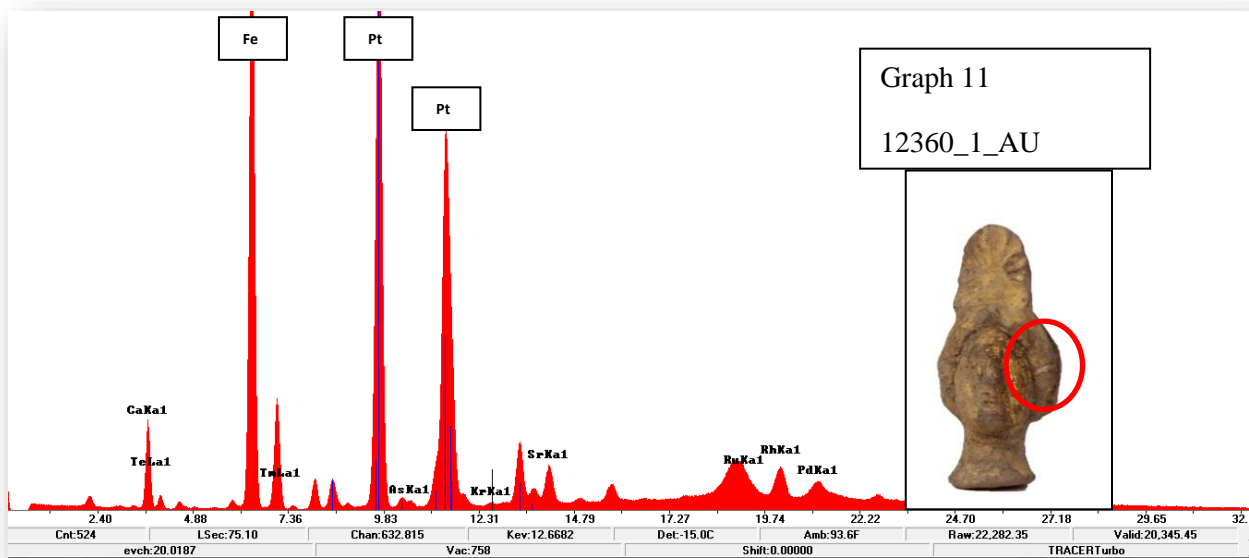
Εικόνα 6: Φάσμα XRF, αναγνώριση του στοιχείου του Hg που είναι χαρακτηριστικό της Κιννάβαρης.

Στο ένα από τα δύο ενώτια παρατηρήθηκε μακροσκοπικά και μετέπειτα μικροσκοπικά ένα ένθετο υλικό το οποίο αποτελούσε κομμάτι της διακόσμησης. Το υλικό αυτό δεν καταφέραμε να το αναγνωρίσουμε στο μικροσκόπιο. Τη λύση έδωσε η τεχνική XRF η οποία ανέδειξε την ύπαρξη λευκόχρυσου Pt. Στην εικόνα 7 φαίνονται στο φάσμα της Raman δύο μετρήσεις για το λευκόχρυσο. Μια πρώτη μέτρηση και η επανάληψη της, οι οποίες ήταν σε συμφωνία. Στην εικόνα 8 βλέπουμε το φάσμα XRF που δίνει την αναγνώριση του υλικού του λευκόχρυσου Pt.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



Εικόνα 7: Φάσμα Raman για τον λευκόχρυσο Pt.



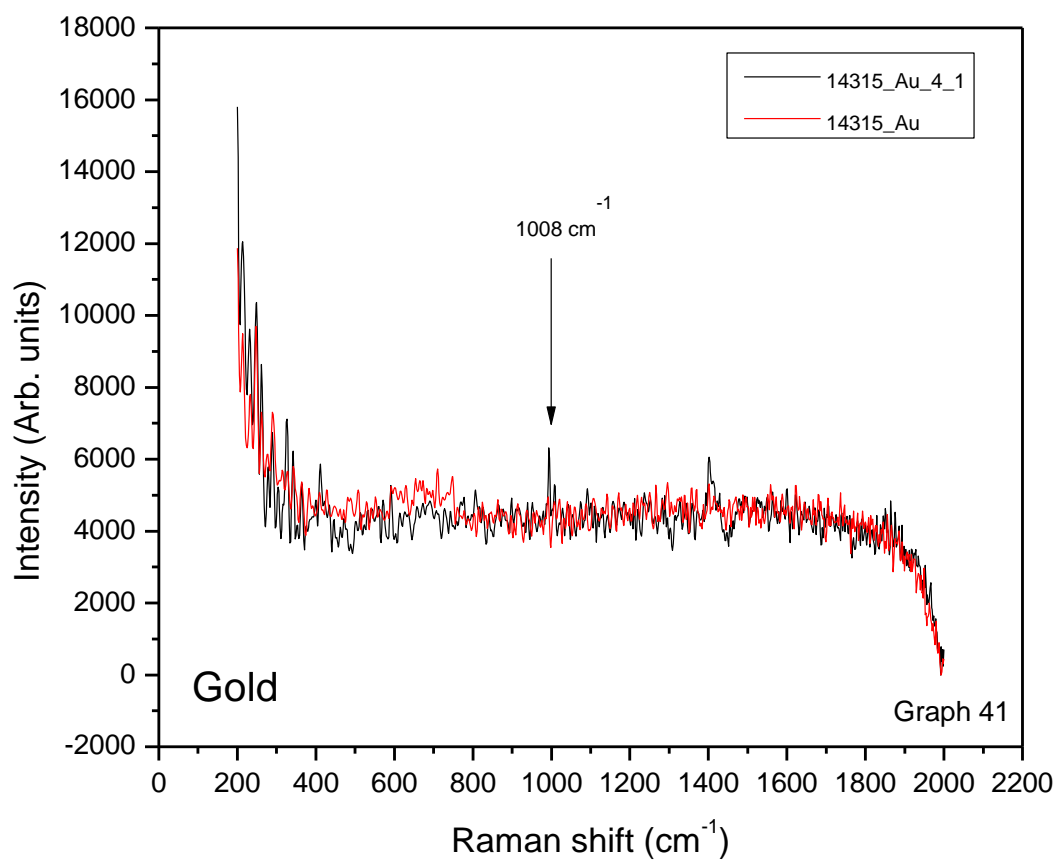
Εικόνα 8: το φάσμα XRF που αναγνωρίζει τον λευκόχρυσο Pt.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Από τις μετρήσεις που κάναμε στο χρυσό από τα αντικείμενά μας, τα φάσματα Raman που μπορούν να αξιολογηθούν είναι δύο, προερχόμενα από το ίδιο αντικείμενο, συγκεκριμένα το στεφανάκι, αλλά από διαφορετικές περιοχές αυτού. Η σύγκριση των δύο φασμάτων μάς επιβεβαίωσε την ορθή λειτουργία του οργάνου αφού τα φάσματα ταυτίζονται και μας έδωσε το φάσμα Raman του κράματος του χρυσού για το επιχρυσωμένο στεφανάκι (εικόνα 9). Το φάσμα αυτό συγκρίθηκε με πρότυπο φάσμα χρυσού από την βάση δεδομένων RRUF⁶⁶ (εικόνες 10,11) και φαίνεται να ταιριάζει αρκετά με το δικό μας αλλά λόγω φθορισμού δεν φαίνεται ξεκάθαρα η σύγκριση.

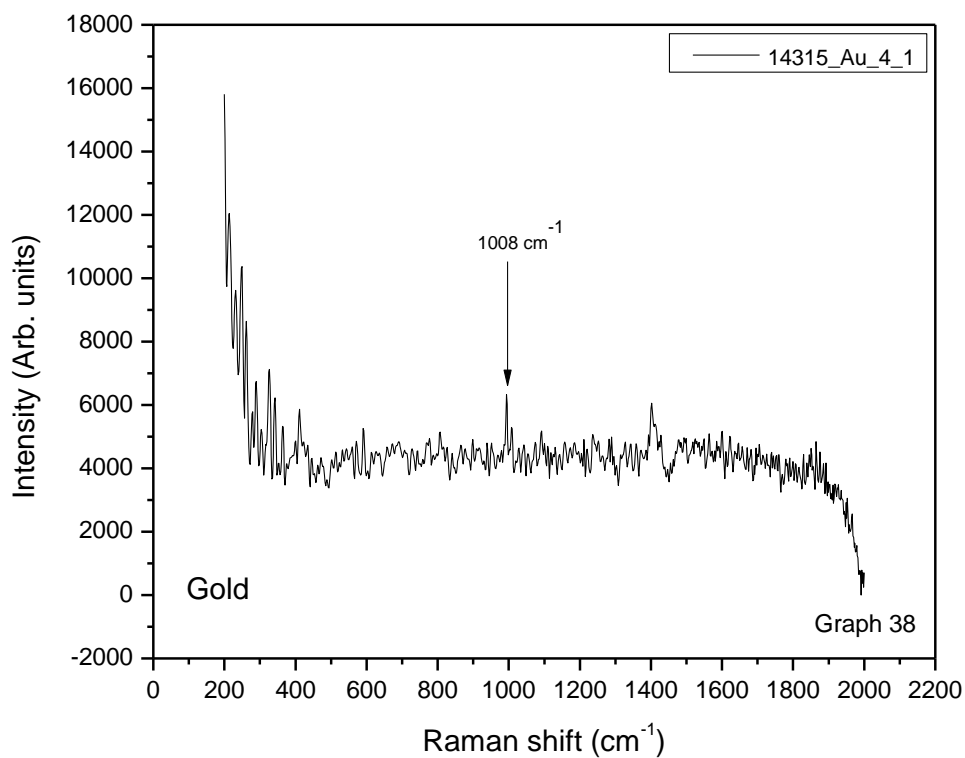
⁶⁶ <http://rruff.info/general=gold%20raman%20spectra/display=default/R070279>

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

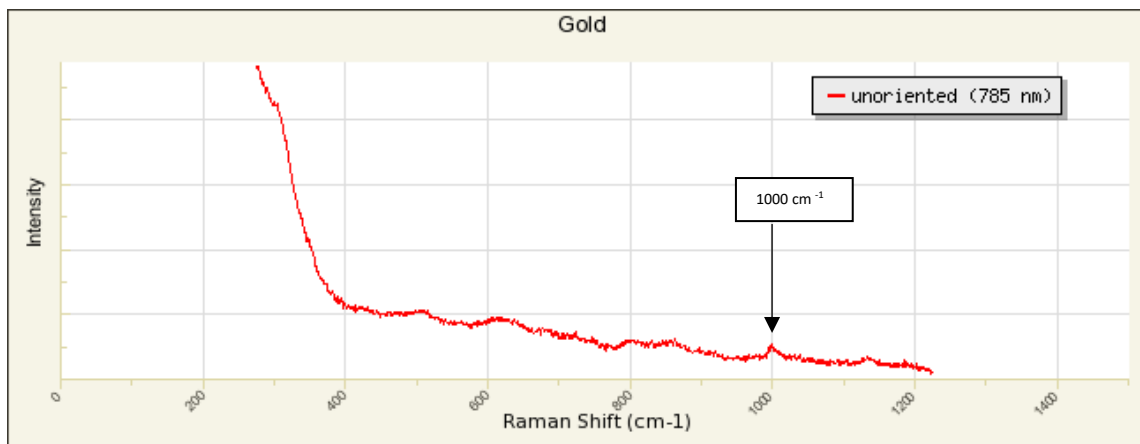


Εικόνα 9: Σύγκριση των δύο φασμάτων Raman χρυσού.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»



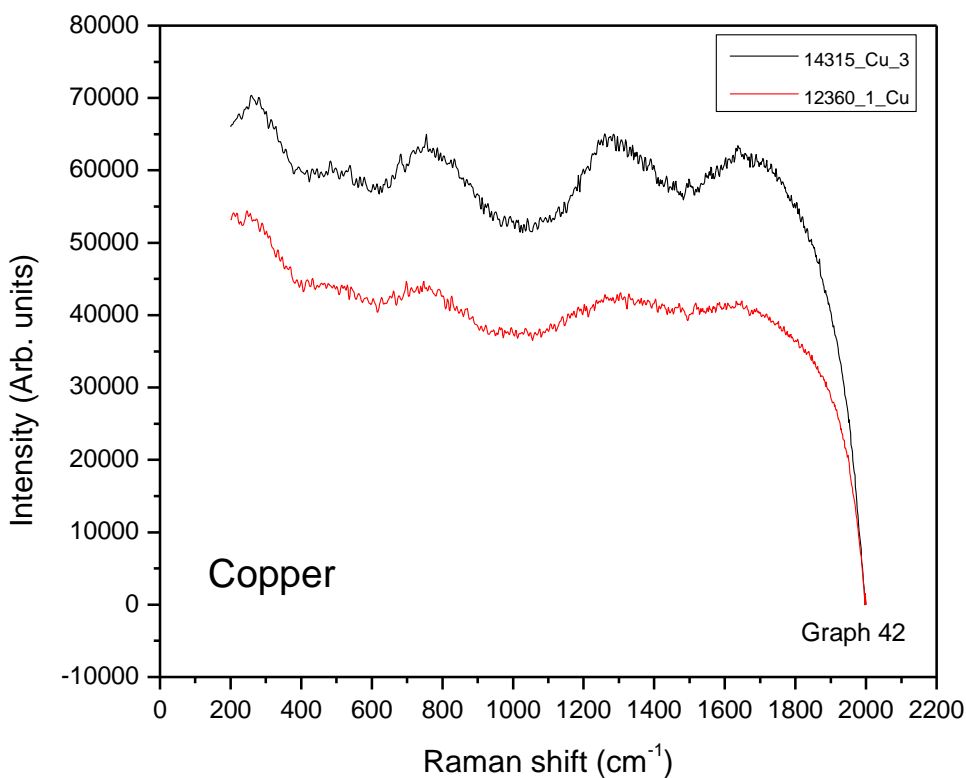
Εικόνα 10: το φάσμα χρυσού από το στεφάνι..



Εικόνα 11: Πρότυπο φάσμα χρυσού από την βάση δεδομένων RRUF

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Κατόπιν εξετάστηκαν τα φάσματα του χαλκού όπου επίσης είχαμε προβλήματα αξιολόγησης των αποτελεσμάτων. Η σύγκριση μπορούσε να γίνει σε δύο φάσματα χαλκού από διαφορετικά αντικείμενα, το ενώτιο με αριθμό καταγραφής 12360 N° 1 και το στεφάνι με αριθμό καταγραφής 14315. Τα δύο φάσματα ταυτίζονται σε πολύ σημαντικό βαθμό και κατά συνέπεια μπορούμε να υποθέσουμε ότι ενδεχόμενος προέρχονται από το ίδιο εργαστήριο.



Εικόνα 10: Φάσμα Raman που αποτυπώνει την ταύτιση ανάμεσα σε δύο αντικείμενα στα φάσματα του χαλκού.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

Η μελέτη της τεχνολογίας κατασκευής των αντικειμένων ανέδειξε τα υλικά κατασκευής τους καθώς και την προετοιμασία που γινόταν η οποία περιελάμβανε μείγμα από γύψο, κιμωλία και λευκό του οστού. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον είχε και η χρωματική παλέτα του καλλιτέχνη για το στρώμα που εφάρμοζε κάτω από το φύλλο χρυσού καθώς η ανίχνευση κίτρινης Σανδαράχης, *Pararealgar* και κίτρινης Ώχρας αλλά και Κιννάβαρης στα κομβία παρέχει αξιοσημείωτη ποικιλία. Η αναγνώριση του λευκόχρυσού μας απάντησε στο ερώτημα ως προς την φύση του υλικού και η εξέταση στα φάσματα του χαλκού και του χρυσού μάς βοήθησαν να μιλήσουμε για ταύτιση μεταξύ των αντικειμένων μας αλλά και για ορθή λειτουργία των οργάνων μέτρησης.

Μια καλά τεκμηριωμένη τεχνολογική εξέταση βοηθάει στην κατανόηση των εκάστοτε αντικειμένων και αναδεικνύεται σε σημαντικό παράγοντα λήψης αποφάσεων σχετικών με την μέθοδο συντήρησης που θα επιλέξουμε να ακολουθήσουμε. Μετά την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας προτείνεται να ακολουθήσει μελέτη ως προς τις χρωστικές και τα υλικά που θα είναι ορθό να χρησιμοποιούνται στην συντήρηση επιχρυσωμένων πήλινων κοσμημάτων. Στόχος της μελέτης αυτής θα είναι να καταλήξουμε στα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα όσο αφορά τη σταθερότητα του υποστρώματος και της χρωματικής επιφάνειας και, κατά συνέπεια, του φύλλου χρυσού επάνω στα κοσμήματα, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η λιγότερη δυνατή φθορά κατά τη διαδικασία συντήρησής τους.

Η διαφύλαξη της πολιτιστικής μας κληρονομιάς πρέπει να είναι κοινός στόχος όλων.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Οι παρατηρήσεις/περιγραφές προέρχονται από τα ημερολόγια της ΕΦΑΔΥΑΤ.
2. <http://visitmegara.gr/geografiki-thesi/>
3. Μπαζιωτοπούλου Βαλαβάνη Ε., *Μεγαρίς τόποι, μνημεία, διαδρομές*, Υπουργείο Πολιτισμού Γ' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, σ:9-24, Αθήνα 2008
4. <https://books.google.gr/books?id=klc8AgAAQBAJ&pg=PT162&dq=Gold+Plating+in+Ancient+History.+Part+I:+Leaf+Gilding.&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwj9vcnTgrHUAhXGJ8AKHbdfDfQQ6AEIJjAA#v=onepage&q=Gold%20Plating%20in%20Ancient%20History.%20Part%20I%3A%20Leaf%20Gilding.&f=false>
5. <http://www.chemeng.ntua.gr/courses/dpm/pdf-files/20-protection-plating-nadima-12.pdf>
6. http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/ch5t.pdf
7. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CF%8C%CE%BB%CF%85%CF%83%CE%B7>
8. <https://books.google.gr/books?id=klc8AgAAQBAJ&pg=PT162&dq=Gold+Plating+in+Ancient+History.+Part+I:+Leaf+Gilding.&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwj9vcnTgrHUAhXGJ8AKHbdfDfQQ6AEIJjAA#v=onepage&q=Gold%20Plating%20in%20Ancient%20History.%20Part%20I%3A%20Leaf%20Gilding.&f=false>
9. CRETU, C.,VAN DER LINGEN, E., “Coloured Gold Alloys”, *Gold Bulletin* , v. 32, n. 4, pp 115-126, 1999.
10. ODDY, W.A., “Gilding of metals in the old world”, In: *Metal Plating and Patination*, ed. S La Niece, P. Craddock, Butterworth, London, 1993.
11. Heather N. Lechtman, Ancient Methods of Gilding Silver: Examples from the Old and the New Worlds. Massachusetts Institute of Technology, Chapter 1 pp 2- 30
12. CRADDOCK, P., “The Composition of the Copper Alloys used by the Greek, Etruscan and Roman Civilisations 2. The Archaic, Classical and Hellenistic Greeks”, *Journal of Archaeological Science*, v. 4, n. 2, pp. 103- 123, 1977.
13. PLINY THE ELDER, *Naturalis Historiae*, XXXIII, xx et xxxii.
14. ODDY, W.A., “Gilding through the ages”, *Gold Bulletin*, v. 14, n. 2, pp 75-79, 1981.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

15. M. Martini, M. Milazzo, M. Piacentini, *Physics Methods in Archaeometry*, International School of Physics "Enrico Fermi", σ:251-256, Bologna, 2004
16. NICHOLSON, E.D., "The ancient craft of gold beating", *Gold Bulletin*, v. 12, n. 4, pp 161-166, 1979.
17. <https://books.google.gr/books?id=MxnvAgAAQBAJ&pg=PA252&lpg=PA252&dq=Foil+and+leaf+gilding+on+figurine&source=bl&ots=PkwepjNbsQ&sig=rUnyeO2U5V01z1wMQ2fWlodEJvo&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjjq4mb-YjTAhXDuxQKHZyiBaIQ6AEITTAO#v=onepage&q=Foil%20and%20leaf%20gilding%20on%20figurine&f=false>
18. LECHTMAN, H. "Pre-Columbian surface metallurgy", *Scientific American*, v. 250, n. 6, pp. 38-45, 1984.
19. E. Darque-Ceretti, Eric Felder, Marc Aucouturier, **Foil and leaf gilding on cultural artifacts; forming and adhesion; Materia Revista ISSN 1517-7076**, <http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo11439/#ref17>
20. Sparavigna, Amelia Carolina, Depletion Gilding: An Ancient Method for Surface Enrichment of Gold Alloys. *Mechanics, Materials Science and Engineering*, 2 (1), pp. 99-105, 2016, ISSN: 2412-5954
21. GUEIT, E., DARQUE-CERETTI, E., AUCOUTURIER, M., "Glass gilding process in medieval Syria and Egypt (13th–14th century)", *Journal of Archaeological Science*, v. 37, n. 7, pp. 1742–1752, 2010.
22. Andrew Oddy, Gilding Through the Ages, An outline history of the process in the old world. *Gold Bull.*, 1981, 14, (2) pp 75-79
23. www.gillesperrault.com/gilding-techniques
24. PACHECO, C., *Etude de films d'or sur matière vitreuse . Application à la céramique glaçurée islamique médiévale Asie centrale XIVE-XVe- Iran XIIe-XIIIe Siècles*, Thesis, Université Michel de Montaigne, Bordeaux 3, 2007.
25. B. Cohen, The Colors of Clay; Special Techniques in Athenian Vases. Chapter 4 Added Clay and Gilding p 105-148
26. Skoog-Holler-Nieman, *Principles of Instrumental Analysis*, Fifth Edition, p:343, New York 1998.

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

27. R. Jenkins, X-Ray Fluorescence Spectrometry, New York: Wiley, 1988.
28. http://physics.teiath.gr/activities/XRF_LAB/ylika/kalamata.pdf
29. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/14913#page/92/mode/2up>
30. Καθηγητής Γκανέτσος Θεόδωρος, Διευθυντής εργαστηρίου μη-καταστροφικών τεχνικών, Εφαρμοσμένες Αρχαιολογικές Επιστήμες Ενότητα Α1 (2015) “Αρχαιομετρία Ι- Αναλύσεις, χρονολογήσεις, διασκοπήσεις”
31. <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CHEM2002/XRF.pdf>
32. <http://amptek.com/xrf/>
33. R. Jenkins, Anal. Chem. , 1984, 56, 1099A
34. <http://www.goldtester.in/introduction-of-XRF-technology.html>
35. <http://amptek.com/products/x-123sdd-complete-x-ray-spectrometer-with-silicon-drift-detector-sdd/>
36. <http://amptek.com/art-archaeology-archaeometry-with-amptek-detectors/>
37. <http://www.typologos.com/%CE%B7%CF%86%CE%B8%CE%BF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%AF%CE%B1-%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%AF%CE%BD%CF%89%CE%BD-%CF%87-xrf-%CF%89%CF%82-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%B3%CE%BD%CF%89/>
38. http://physics.teiath.gr/activities/XRF_LAB/labor.htm
39. <http://users.teilam.gr/~etzoutzis/Raman%20spectroscopy%20and%20applications.pdf>
40. https://www.materials.uoc.gr/el/undergrad/courses/ETY248/notes/2011/lecture_8.pdf
41. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1930/raman-bio.html
42. <http://www.larousse.fr/encyclopedie/personnage/Raman/140252>
43. http://www.kosi.com/na_en/products/raman-spectroscopy/raman-technical-resources/raman-tutorial.php
44. Lewis, I.R., Edwards H.G.M., Handbook of raman spectroscopy, N.York, 1997
45. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/35881#page/146/mode/2up>
46. <https://www.slideshare.net/wilsonJefriyanto1/raman-spectroscopy-58655569>
47. Analytical Raman Spectroscopy, J.G. Grasselli and B.J. Bulkin, Eds. New York: Wiley, 1991
48. K. Nakamoto, Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds, 5th ed. New York , 1996

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»

49. L.Daimay,N.B. Colthup, W.G. Fately, and J.G.Grasselli, The Handbook of Infrared and Raman Characteristic Frequencies og Organic Compounds, New York, 1971
50. A,T. Tu, Raman Spectroscopy in Biology, New York, 1982
51. I.W. Levin, Anal. Chem, p: 62,1990.
52. Skoog-Holler-Nieman,Principles of Instrumental Analysis, Fifith Edition,p: 511,New York 1998.
53. <https://www.slideshare.net/BhaumikBavishi/raman-spectroscopy-54641528>
54. <http://www.bioopticsworld.com/articles/print/volume-6/issue-2/departments/biooptics-breakthroughs/wavelength-modulation-overcomes-drawbacks-of-raman-spectroscopy-.html>
55. <http://sinergasia.iesl.forth.gr/index.php/el/publications>
56. <http://www.aeinaes.gr/el/equipment/?nid=907>
57. <http://eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/SEYC141/PRACTICALS/PRACTICAL%201.pdf>
58. <http://www.physics.ntua.gr/~cchrist/SIMEIOSEIS/TECH.PEIR.FYS.2004.PDF/TECH.PEIR.FYS.2004.KEF.07.pdf>
59. Α.Χ. Μαργαρίτης, Β.Κ. Γαλανόπουλος, Κ.Ε. Κεραμάρης, Ε.Σ. Μαρίνος, Ι.Σ. Παπασιδέρη, Δ.Ι. Στραβοπόδης, Ι.Π. Ρουγκάκος, βιολογία κυττάρου, Λίτσας τέταρτη έκδοση, σ: 124, Αθήνα 2008.
60. <http://www.aua.gr/fasseas/optika%20mikroskopia.htm>
61. <http://www.leica-microsystems.com/science-lab/the-optical-microscope-some-basics/>
62. <https://eclass.teilar.gr/modules/document/file.php/DIET146/%CE%9C%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%BA%CE%BF%CF%80%CE%AF%CE%B1%20%CE%99.pdf>
63. http://www2.biology.uoc.gr/courses/BIO102_zoologia/For%20website/LAB01.%20Introduction%20to%20the%20lab.pdf
64. <http://mariadoloresgago.blogia.com/temas/blog-de-2-eso.php>
65. <http://www.chem.ucl.ac.uk/resources/raman/>

«Εφαρμογή Φασματοσκοπικών Τεχνικών για τη Μελέτη Επιχρυσωμένων
Κοσμημάτων από Ταφικά Σύνολα στην Πόλη των Μεγάρων»