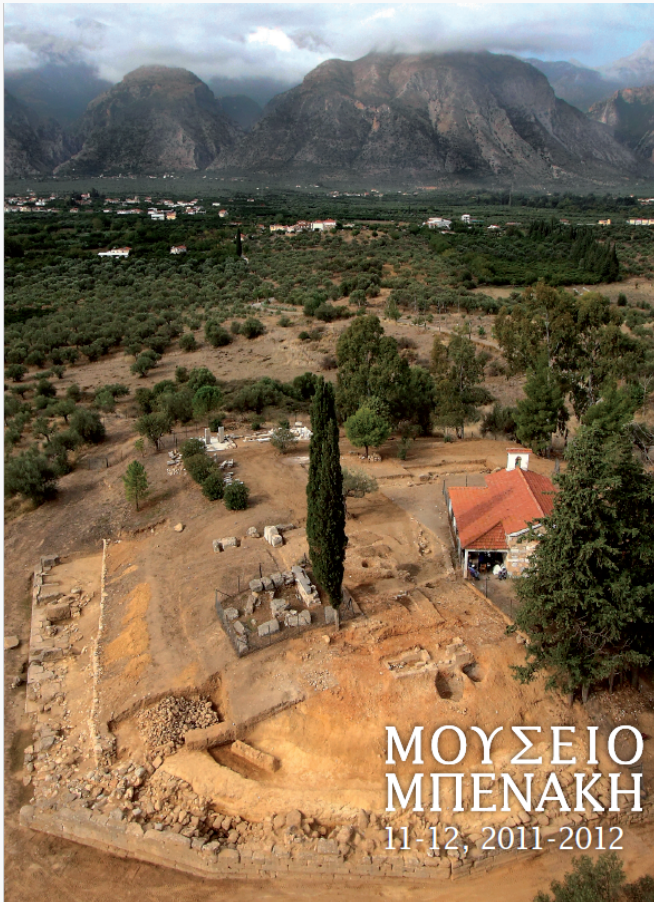


## Μουσείο Μπενάκη

Τόμ. 1, Αρ. 11-12 (2012)



### Η τεχνολογική μελέτη μιας αιγυπτιακής μάσκας από τη συλλογή Νίκου Χατζηκυριάκου-Γκίκα

Ελένη-Βερόνικα Φαρμακαλίδου

doi: [10.12681/benaki.17767](https://doi.org/10.12681/benaki.17767)

Copyright © 2018, Ελένη-Βερόνικα Φαρμακαλίδου



Άδεια χρήσης [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

### Βιβλιογραφική αναφορά:

Φαρμακαλίδου Ε.-Β. (2012). Η τεχνολογική μελέτη μιας αιγυπτιακής μάσκας από τη συλλογή Νίκου Χατζηκυριάκου-Γκίκα. *Μουσείο Μπενάκη*, 1(11-12), 9–30. <https://doi.org/10.12681/benaki.17767>

## Η τεχνολογική μελέτη μιας αιγυπτιακής μάσκας από τη συλλογή Νίκου Χατζηκυριάκου-Γκίκα

Ε ΑΦΟΡΜΗ ΤΗΝ ΕΠΑΝΕΚΘΕΣΗ της συλλογής του Χατζηκυριάκου-Γκίκα στον ανακαινισμένο χώρο της οικίας-εργαστηρίου του καλλιτέχνη, δωρεάς στο Μουσείο Μπενάκη, συντηρήθηκαν όλα τα αντικείμενα της προσωπικής του συλλογής. Σημαντικό αντικείμενο της συλλογής ήταν και μία τρισδιάστατη αιγυπτιακή μάσκα (αρ. ευρ. ΠΧΓ.α\_16) διαστάσεων 26,5 x 18,8 x 9 εκ. (ύψος, πλάτος, βάθος) η οποία είχε χρησιμοποιηθεί από τον Χατζηκυριάκο-Γκίκα ως στοιχείο των ζωγραφικών του συνθέσεων (εικ. 1-2). Επομένως η αιγυπτιακή μάσκα επιτελούσε διπλό σκοπό για τον καλλιτέχνη: ήταν διακοσμητικό αντικείμενο του εργαστηρίου του, αλλά και υλικό καλλιτεχνικής έμπνευσης.

Για τις ανάγκες της συντήρησης της αιγυπτιακής μάσκας μελετήθηκε η τεχνολογία του αντικειμένου, ώστε να επιλεγεί η καταλληλότερη μέθοδος συντήρησης. Στη μελέτη των υλικών κατασκευής της μάσκας εφαρμόστηκαν, κυρίως, μη καταστρεπτικές μέθοδοι ανάλυσης και επιλεκτικά έγινε λήψη μικροδειγμάτων για την εφαρμογή καταστρεπτικών μεθόδων. Για την ταύτιση των ανόργανων χρωστικών χρησιμοποιήθηκε συνδυασμός αναλυτικών μεθόδων και επιφανειακά εφαρμόστηκε φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων X (XRF). Παράλληλα μελετήθηκαν και εγκιβωτισμένες μικροτομές χρωματικού στρώματος στο πολωτικό μικροσκόπιο (PLM) και στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) με στοιχειακή ανάλυση EDS. Η φυσική ρητίνη, που κάλυπτε τοπικά τη ζωγραφική επιφάνεια, εξετάστηκε με τη μέθοδο της φασματοσκοπίας υπερίθρου με μετασχηματισμό Fourier (FTIR). Τέλος, για την τεκμηρίωση της κατάστασης διατήρησής του το αντικείμενο φωτογραφίστηκε στο ορατό, υπέρυθρο και υπεριώδες φάσμα.

Περιγραφή του αντικειμένου

Το αντικείμενο δεν έχει μελετηθεί από αιγυπτιολόγο και στα προσωπικά αρχεία του Χατζηκυριάκου-Γκίκα δεν εντοπίστηκαν στοιχεία σχετικά με την προέλευση και τη χρονολογία του. Πρόκειται για έργο αιγυπτιακής κατασκευής, η γνησιότητα του οποίου επιβεβαιώθηκε από την ανάλυση των χρωστικών και των υλικών κατασκευής.

Ως γνωστόν, η μάσκα στην αρχαία Αίγυπτο συνδέεται με τη θρησκεία. Οι μάσκες με μορφή ζώου αποτελούσαν μέσο επικοινωνίας με τη θεότητα, ενώ οι ανθρωπόμορφες ήταν νεκρικά προσωπεία που τοποθετούνταν τελετουργικά πάνω στη μούμια και συνόδευαν τον νεκρό στη μετά θάνατον ζωή. Η ταρίχευση, που σκοπό είχε τη διατήρηση επί μακρόν της φυσικής μορφής του νεκρού, περιλαμβανόταν στο θρησκευτικό τελετουργικό της αρχαίας Αιγύπτου.<sup>1</sup>

Όπως αναφέρει η Ευφροσύνη Δοξιάδη, «τα νεκρικά προσωπεία θεωρούνται αντικείμενα λατρείας, αφού οι μούμιες τις οποίες κοσμούσαν αποτελούσαν το αθάνατο υποκατάστατο του νεκρού».<sup>2</sup>

Το υπόστρωμα της αιγυπτιακής μάσκας από τη Συλλογή Χατζηκυριάκου-Γκίκα αποτελείται από ύφασμα και γύψο, πιθανότατα σε ανάμειξη με κόλλα οργανικής σύστασης.<sup>3</sup> Στις ακμές του αντικειμένου, όπου ήταν διακριτό το ύφασμα του υποστρώματος, η τομή κατά περιοχές παρουσίαζε έως και τρεις διαδοχικές στρώσεις υφάσματος (εικ. 3). Παρόμοια μέθοδο κατασκευής υποστρώματος εντοπίζει και ο Scott σε αντικείμενο που χρονολογήθηκε με τη μέθοδο ραδιενεργού άνθρακα<sup>4</sup> στο διάστημα 512-351 π.Χ. Στο πίσω μέρος της μάσκας



Εικ. 1-2. Η αιγυπτιακή μάσκα πριν από τη συντήρηση. Αθήνα, Μουσείο Μπενάκη, αρ. ευρ. ΠΧΓ.α\_16  
(φωτ.: Ε. Β. Φαρμακαλίδου).



εφαρμόστηκε επιφανειακή μέθοδος ανάλυσης XRF και η ανίχνευση ασβεστίου και θείου αποδεικνύει τη χρήση γύψου ( $\text{CaSO}_4$ ) (διάγραμμα 1) ως υλικού προετοιμασίας του υποστρώματος (εικ. 4). Επίσης ανιχνεύτηκαν στοιχεία όπως σίδηρος (Fe), μαγγάνιο (Mn), πυρίτιο (Si), κάλιο (K) και τιτάνιο (Ti), που οφείλονται στην παρουσία χώματος-πηλού ανάμικτου με οργανικό υλικό (στάχυ) τοπικά επικολλημένο στην πίσω όψη του αντικειμένου (εικ. 5).

Το ύφασμα του υποστρώματος μελετήθηκε στο οπτικό στερεομικροσκόπιο Olympus SZ40 με φωτιστικές πηγές οπτικών ινών τύπου Olympus KL1500 σε X40 μεγέθυνση και παρατηρήθηκε ότι η πλέξη των ινών ήταν S-sprun με απλή μέθοδο ύφανσης. Αυτή η μέθοδος πλέξης χαρακτηρίζει τα αιγυπτιακά υφαντά.<sup>5</sup> Στην πλέξη αυτή η ίνα τεντώνεται προς τα έξω και κατόπιν συστρέφεται προς τα αριστερά (εικ. 6). Αφαιρέθηκαν ίνες και εγκιβωτίστηκαν σε ρητίνη glycerol, για τις ανάγκες της μελέτης, στο πολωτικό μικροσκόπιο Olympus Provis AX70. Εξετάστηκαν σε διερχόμενο και ανακλώμενο φως και καταγράφηκαν τα χαρακτηριστικά τους: άχρωμες με ελαφρώς κίτρινη χροιά και πάχος περίπου 15μm. Οι ίνες κάτω από τις διασταυρούμενες πολωτές (crossed polars) παρουσιάζουν έντονα χρώματα διάθλασης (birefringence colour). Τα χαρακτηριστικά τους ήταν παρόμοια με εκείνα των ινών του λιναριού,<sup>6</sup> όπως πιστοποίησε η σύγκρισή τους με δείγματα αναφοράς. Λάβαμε επίσης υπόψη και την πλέξη των ινών S-sprun που χαρακτηρίζει το λινό ύφασμα, καθώς η ίνα λιναριού έχει φυσική τάση περιστροφής προς τα αριστερά.<sup>5</sup> Επομένως το ύφασμα που είχε χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή της μάσκας ήταν λινό (εικ. 7). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην αρχαία Αίγυπτο τα λινά υφάσματα συνηθίζονταν σε καθημερινή χρήση, αλλά και στην τελετουργική ετοιμασία των νεκρών.<sup>7</sup>

Η χρωματική διακόσμηση στην επιφάνεια της μάσκας μαζί με το υπόστρωμα προετοιμασίας φτάνουν τα 400 μm σε πάχος. Η προετοιμασία της ζωγραφικής αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη ( $\text{CaCO}_3$ ). Σημειώτεον ότι δεν ανιχνεύτηκε σημαντική ποσότητα θείου κατά την ανάλυση XRF (διάγραμμα 3). Το πρόσωπο φέρει κόκκινο χρώμα ενώ στο πάνω μέρος κυριαρχεί το σκούρο πράσινο χρώμα σε συνδυασμό με γεωμετρική διακόσμηση με κίτρινο κόκκινο και ανοιχτόχρωμο και σκουρόχρωμο απόχρωσης πράσινου (εικ. 8, 11). Το περίγραμμα των ματιών και των φρυδιών της μάσκας σχη-



Εικ. 3. Τομή του υποστρώματος: διακρίνονται τρεις διαδοχικές στρώσεις υφάσματος.

ματίζει ανάγλυφη, σκούρα πράσινη πινελιά, κάτω από την οποία ανιχνεύθηκε μαύρο σχέδιο (εικ. 9-10). Αξίζει να αναφερθεί ότι σχέδιο με μαύρο χρώμα παρατηρήθηκε μόνο σε δύο περιοχές της μάσκας, στα μάτια και στο περίτεχνο δίχρωμο πράσινο σχέδιο που κοσμεί το πάνω μέρος της κεφαλής. Η ζωγραφική επιφάνεια έφερε κατά τόπους προστατευτική ρητίνη η οποία κάλυπτε κυρίως το πράσινο χρώμα. Χαρακτηριστικά, στην περιοχή των ματιών η εμφανής στρώση της ρητίνης έχει επικαλύψει μόνο το πράσινο χρώμα. Η ρητίνη παρουσιάζει οξείδωση και έντονη φωτοχημική αλλοίωση με αποτέλεσμα τη χρωματική της αλλοίωση και ρωγμάτωση.

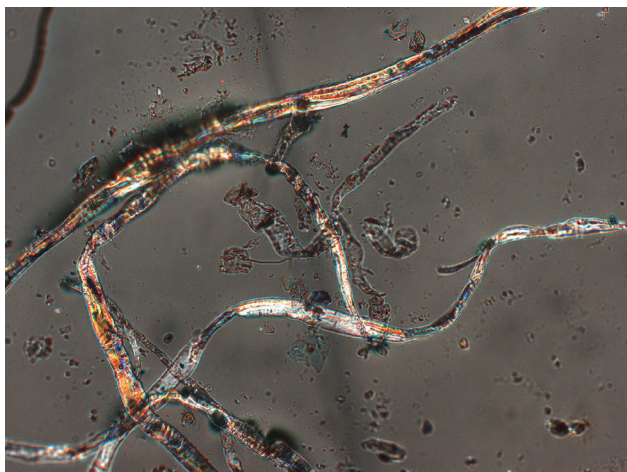
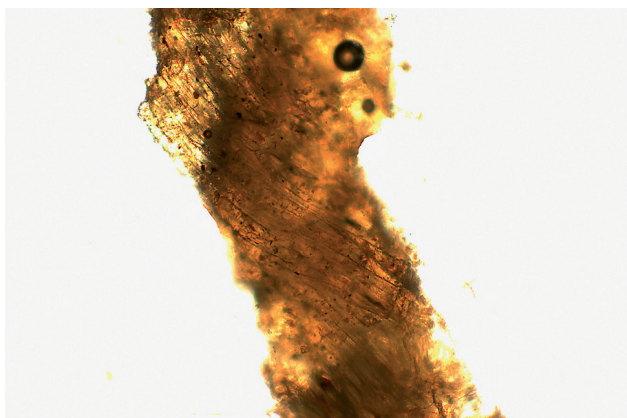


Εικ. 4. Η πίσω πλευρά της αιγυπτιακής μάσκας. Αθήνα, Μουσείο Μπενάκη, αρ. ευρ. ΠΧΓ.α\_16 (φωτ.: Ε.Β. Φαρμακαλίδου).

Εξέταση του έργου με πολυφασματική κάμερα και φωτογράφιση στο υπέρυθρο και υπεριώδες φάσμα. Η εξέταση του έργου με την πολυφασματική κάμερα με δυνατότητα καταγραφής από τα 365-1100 nm τύπου MUSIS HS της εταιρείας Forth-Photonics, με πηγές υπεριώδους και ορατού υπερύθρου, έδωσε τις πρώτες εκτιμήσεις για την κατάσταση διατήρησης καθώς και πληροφορίες για την τεχνολογία του αντικειμένου.

*a) Υπέρυθρο φάσμα – ανάκλαση (900-1100nm)*

Η φωτογράφιση της μάσκας στο υπέρυθρο φάσμα (Infra red) αποκαλύπτει στοιχεία για την τεχνική της ζωγραφικής, όπως η αποτύπωση του αρχικού σχεδίου στη διακοσμνητική ταινία στο πάνω μέρος της κεφαλής και στην περιοχή των ματιών (εικ. 12). Η απουσία προ-



Εικ. 5. Λεπτομέρεια της πίσω πλευράς: περιοχή με επίστρωση χρώματος/πηλού σε ανάμειξη με οργανικό υλικό (στάχυ).

Εικ. 6. Ίνα του υφάσματος πλέξης S-sprung, στο πολωτικό μικροσκόπιο σε λευκό διερχόμενο φως, 20X.

Εικ. 7. Ίνες του λινού υφάσματος στο πολωτικό μικροσκόπιο σε ανακλώμενο φως, 100X.

παρασκευαστικού σχεδίου στην επιφάνεια του αντικείμενου θα μπορούσε να οφείλεται στο γεγονός ότι ο καλλιτέχνης θεώρησε αναγκαίο να αποτυπωθούν οι βασικές γραμμές του σχεδίου που σε αυτή την περίπτωση είναι τα μάτια και η περιοχή της γεωμετρικής διακόσμησης.

*β) Ορατό φάσμα-φθορισμός με διέγερση υπεριώδους ακτινοβολίας (420-700 nm)*

Με τη διέγερση υπεριώδους ακτινοβολίας (Ultra Violet) αποτυπώθηκε ομοιόμορφος φθορισμός σε όλη τη ζωγραφική επιφάνεια που οφείλεται στο στρώμα ρύπων. Αποτυπώθηκαν με έντονο τοπικό φθορισμό οι επιφάνειες που έφεραν αρχικό βερνίκι και αυτές ήταν κυρίως οι περιοχές με πράσινη χρωστική. Με σκουρόχρωμη αποτύπωση καταγράφονται οι περιοχές όπου είχε αποκαλυφθεί το χρωματικό στρώμα (εικ. 13). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το αντικείμενο δεν έφερε στοιχεία προηγούμενης συντήρησης, όπως στερεωτικά υλικά (κόλλες ή κεριά), και διατηρούσε ιστορική ρητίνη στην επιφάνεια που θα μπορούσε να είναι και αυθεντική. Δημιουργεί ερωτήματα το γεγονός της μερικής επικάλυψης της ρητίνης μόνο σε περιοχές που διατηρούσαν πράσινο χρωματικό στρώμα. Η οπτική εξέταση της επιφάνειας επιβεβαιώνει ότι δεν πρόκειται για μερική απομάκρυνση της ρητίνης σε παλαιότερη συντήρηση, καθώς οι παραφές της ρητίνης δεν φέρουν ίχνη διάλυσης του πολυμερούς, αλλά αντιθέτως παρουσιάζουν ομαλή απόλξη και επομένως υποδεικνύουν ότι η μερική επίστρωση της ζωγραφικής επιφάνειας ήταν σκόπιμη. Η ρητίνη τοποθετήθηκε εκεί όπου θα προστάτευε το πράσινο χρώμα, προφανώς γιατί πρόκειται για χρωστική που παρουσιάζει φωτοχημική αστάθεια και αυτό ήταν γνωστό σε αυτόν που εφάρμοσε την επικάλυψη και είχε γνώσεις ζωγραφικής και συμπεριφοράς των χρωστικών. Ωστόσο η επικάλυψη της πράσινης ζωγραφικής επιφάνειας δεν ήταν πλήρης. Μικρές περιοχές δεν φέρουν προστασία, αλλά δεν παρουσιάζουν χρωματική αλλοίωση του πράσινου χρώματος ορατή με γυμνό οφθαλμό.

Η φωτογράφιση του έργου με τη μέθοδο Ultra Violet στην πίσω όψη του έργου κατέγραψε ενιαίο φθορισμό σε όλη την επιφάνεια, ο οποίος οφείλεται σε ομοιογενή επικάλυψη ρύπων. Με σκούρο χρώμα αποτυπώθηκαν περιοχές που παρουσίαζαν τοπική επικάλυψη χρώματος/πηλού (εικ. 14).



Εικ. 8. Λεπτομέρεια από το πάνω μέρος του αντικειμένου.

#### Φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων-Χ (XRF)

Η μέθοδος στοιχειακής ανάλυσης XRF είναι μη καταστρεπτική τεχνική και η δειγματοληψία μπορεί να αποφευχθεί διότι γίνεται με επιφανειακή εφαρμογή στη ζωγραφική επιφάνεια του αντικειμένου. Η μέθοδος βασίζεται στη δυνατότητα ανίχνευσης χαρακτηριστικής ακτινοβολίας Χ η οποία εκπέμπεται από τα άτομα των στοιχείων τού προς ανάλυση σημείου, όταν αυτά ιονίζονται από μια διεγείρουσα δέσμη ακτίνων Χ. Η μέθοδος είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την αναγνώριση χρωστικών, καθώς προσδιορίζει στοιχεία της χημικής ένωσης που χαρακτηρίζουν την υπό εξέταση χρωστική. Η εφαρμογή της είναι διαδεδομένη σε ζωγραφικά έργα, αν και έχει περιορισμένη διακριτική ικανότητα σε βάθος.<sup>8</sup> Η μέθοδος XRF ανιχνεύει όλα τα στοιχεία εκτός από εκείνα με μικρό ατομικό αριθμό.<sup>9</sup> Πολλές χρωστικές περιέχουν παρόμοια στοιχεία στη χημική τους ένωση, γεγονός που καθιστά την αναγνώρισή τους αδύνατη. Για τον λόγο αυτό είναι αναγκαία η εφαρμογή και συμπληρωματικής μεθόδου.

Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων σε μορφή πίνακα, όπου παρατίθεται φωτογραφία της υπό εξέταση περιοχής του αντικειμένου μαζί με τα φάσματά

τους στα 15 και 40 kV, και στο τέλος καταγράφονται τα ανιχνευόμενα στοιχεία από τις δύο συνθήκες που σχετίζονται με τη χρωστική (διαγράμματα 1, 2). Πρέπει να αναφερθεί ότι σε όλες τις περιοχές ανιχνεύονται ασβέστιο, σίδηρος, θείο, στρόντιο και αρσενικό. Ο μόλυβδος, το κάλιο, ο χαλκός και ο ψευδάργυρος είναι σε επίπεδο ιχνοποσοτήτων.

Η ανίχνευση του αρσενικού σε όλες της περιοχές που εξετάστηκαν γέννησε ερωτήματα ως προς την προέλευσή του. Θα μπορούσε να είναι στοιχείο χρωστικής όπως της κίτρινης σανδαράχης (orpiment), αλλά και παραπροϊόν κάποιου υλικού συντήρησης. Όπως αναφέρθηκε, το αντικείμενο δεν φέρει στοιχεία συντήρησης (νεότερα βερνίκια, επιζωγραφίσεις, κόλλες, στερεωτικά, κεριά), χωρίς αυτό όμως να αποκλείει το ενδεχόμενο προληπτικής/σωστικής συντήρησης, όπως η απεντόμωση. Το αρσενικό συνιστούσε πολύ διαδεδομένο υλικό απεντόμωσης στο παρελθόν. Η χρήση του ξεκινάει από τον 18ο αιώνα<sup>10</sup> και είναι τεκμηριωμένη η εφαρμογή του σε μουσεία, όπως για παράδειγμα στο National Museum (NMNH). Στο Smithsonian Institution Archives (SIA) αναφέρεται η συστηματική χρήση του αρσενικού από τον 19ο αιώνα έως και το 1960, αλλά υπάρχει και ανα-

φορά για την εφαρμογή του σε αντικείμενο που συντηρήθηκε το 1980.<sup>11</sup> Θεωρώ ότι η ανίχνευση του αρσενικού σε όλη την επιφάνεια της μάσκας σχετίζεται με προϊόν απεντόμωσης που είχε χρησιμοποιηθεί κατά το παρελθόν.

Εξέταση χρωστικών και τομών ζωγραφικής στο πολωτικό μικροσκόπιο (PLM)

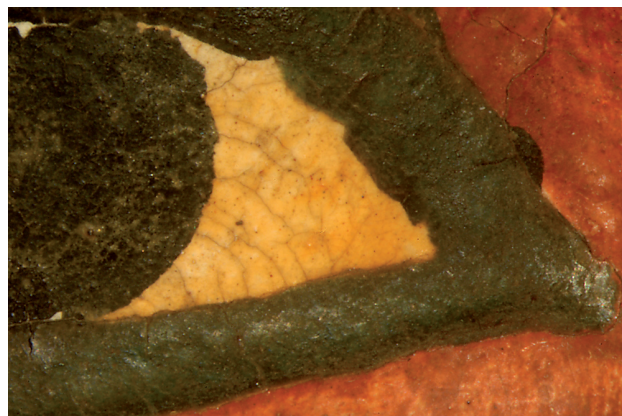
Στο πολωτικό μικροσκόπιο εξετάστηκαν δείγματα δύο ειδών: μικροτομές ζωγραφικής που διατηρούσαν το χρωματικό στρώμα με μέρος της προετοιμασίας, καθώς και κόκκοι χρωστικών. Η δειγματοληψία έγινε κάτω από παρατήρηση της επιφάνειας μέσω οπτικού στερεομικροσκοπίου.

Τα δείγματα από μικροτομές ζωγραφικής λήφθηκαν από τις παρυφές φθορών, ώστε να αποφευχθεί η διατάραξη της ζωγραφικής επιφάνειας, και με κριτήριο τη συλλογή αντιπροσωπευτικών αποχρώσεων. Ο εγκιβωτισμός των κάθετων στρωματογραφικών τομών έγινε σε εποξειδική ρητίνη EpoFix Struers και για τη λείανση-στιλβωση των τομών χρησιμοποιήθηκε Struers Labo Pol-5. Η παρατήρηση και μελέτη των εγκιβωτισμένων μικροδειγμάτων έγινε στο πολωτικό μικροσκόπιο Olympus Provis AX70, με σύστημα ανακλώμενου φωτός. Η εξέταση των τομών βοήθησε στην αναγνώριση της τεχνικής κατασκευής της χρωματικής επιφάνειας μετά από παρατήρηση της στρωματογραφίας, τον τρόπο ανάμειξης των χρωστικών, την κοκκομετρία και το πάχος των στρωμάτων. Έπειτα τα δείγματα εξετάστηκαν στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.

Τα δείγματα από τους κόκκους χρωστικών προήλθαν από διαφορετικές περιοχές με αφαίρεση μικρής ποσότητας από το επιφανειακό στρώμα του χρώματος, που δεν ήταν ορατή με γυμνό οφθαλμό, αλλά και από περιοχές χωρίς επικάλυψη ρητίνης.

Το κάθε δείγμα τοποθετήθηκε σε γυαλί μικροσκοπίου (glass slide). Μετά από επεξεργασία με μείγμα διαλυτών για τη διάλυση του συνδετικού υλικού και τη διασπορά των κόκκων της χρωστικής, οι κόκκοι εγκιβωτίστηκαν σε ρητίνη MeltMount με δείκτη διάθλασης 1.66. Η μελέτη των εγκιβωτισμένων κρυστάλλων χρωστικής πραγματοποιήθηκε στο πολωτικό μικροσκόπιο Olympus Provis AX70, με σύστημα διερχόμενου φωτός και τη χρήση διασταυρωμένου πολωτή (crossed polars) και κατά περίπτωση με εφαρμογή φίλτρου Chelsea filter.

Η ταύτιση ανόργανων χρωστικών με τη μέθοδο του



Εικ. 9. Φωτογραφία οπτικού στερεομικροσκοπίου 10X από το αριστερό μάτι της μάσκας. Είναι ορατό το υποκείμενο σχέδιο με μαύρο χρώμα.

Εικ. 10. Φωτογραφία οπτικού στερεομικροσκοπίου 10X από το δεξιό φρύδι της μάσκας.

Εικ. 11. Φωτογραφία οπτικού στερεομικροσκοπίου 10X από το περίτεχνο πράσινο σχέδιο.





Εικ. 12. Φωτογραφία στο υπέρυθρο φάσμα.



Εικ. 13. Φωτογραφία στο υπεριώδες φάσμα.

πολωτικού μικροσκοπίου είναι ιδιαίτερος αξιόπιστη, καθώς οι ανόργανες χρωστικές έχουν κρυσταλλική δομή και χαρακτηριστικά μοναδικά για κάθε χρωστική. Επομένως σε ένα δείγμα που αποτελείται από μείγμα χρωστικών είναι δυνατή η αναγνώριση των επιμέρους χρωστικών μετά από μελέτη των διαφορετικών κρυστάλλων και έτσι μπορούν να ταυτιστούν οι χρωστικές που αναμίχθηκαν για την παραγωγή της συγκεκριμένου χρώματος.<sup>12</sup> Μειονέκτημα της μεθόδου είναι το ότι στους μικρούς, ελαφρά χρωματιστούς κρυστάλλους, όταν αυτοί εξετάζονται σε μεγάλη μεγέθυνση, δεν καταγράφεται ο χρωματισμός τους και φαίνονται άχρωμοι, όπως έχει παρατηρηθεί σε κρυστάλλους του αιγυπτιακού μπλε.<sup>13</sup>

Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) με στοιχειακή ανάλυση EDS

Οι εγκιβωτισμένες μικροτομές ζωγραφικής μετά από την παρατήρησή τους στο πολωτικό μικροσκόπιο μελετήθηκαν και στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο SEM (FEI - Quanta Inspect), energy dispersive X-ray spectrometer (EDS). Το πλεονέκτημα του SEM είναι η μεγάλη δυνατότητα ανάλυσης, καθώς η στοιχειακή ανάλυση γίνεται σε επιλεγμένες περιοχές.<sup>14</sup>

Τρία δείγματα μικροτομών εξετάστηκαν στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης, ένα με κίτρινο χρώμα, ένα με πράσινο και ένα που διατηρούσε παράλληλες επιστρώσεις κόκκινου και πράσινου χρώματος. Στα δείγματα εφαρμόστηκε επιχρυσώση (gold coating) της επιφάνειας, με αποτέλεσμα να παρατηρηθούν κορυφές χρυσού (Au) στα φάσματα της στοιχειακής ανάλυσης.

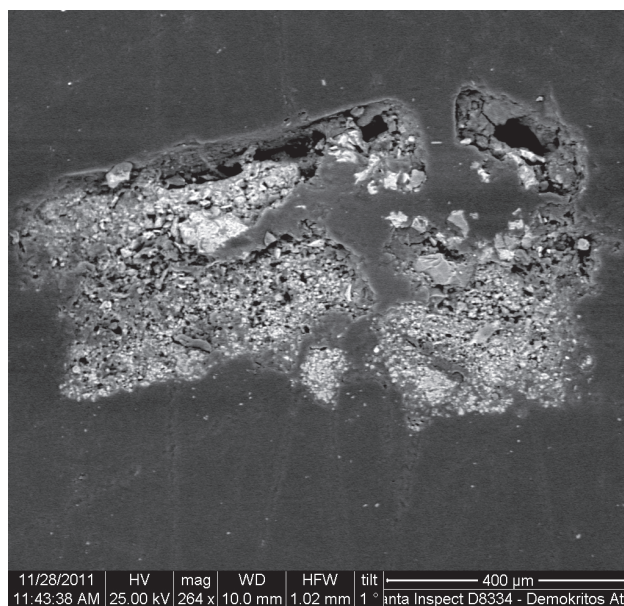
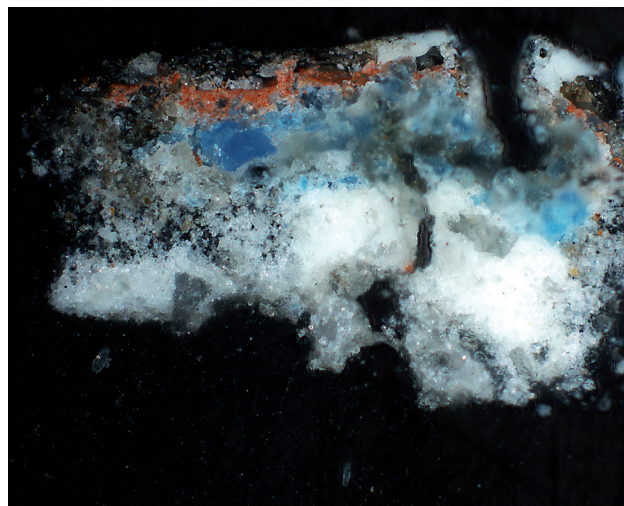


Εικ. 14. Πίσω όψη της μάσκας στο υπεριώδες φάσμα.

#### Φασματοσκοπία υπεριώθρου με μετασχηματισμό Fourier (FTIR)

Η φασματοσκοπία υπεριώθρου χαρακτηρίζεται για τη δυνατότητα αναγνώρισης οργανικών και ανόργανων υλικών. Με αυτή τη μέθοδο είναι δυνατή η αναγνώριση και ταύτιση του οργανικού υλικού, με την ανίχνευση ομάδων άνθρακα -C- σε χαρακτηριστικές κορυφές διέγερσης.<sup>15</sup> Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε ήταν Bruker-Equinox 55/6 spectrometer, και με συνθήκες ανάλυσης: transmittance mode, resolution of  $4\text{ cm}^{-1}$ , scans 128, range  $4000\text{-}400\text{cm}^{-1}$ .

Για την ανάλυση της ρητίνης λήφθηκε δείγμα σε μορφή σκόνης από την επιφάνεια του βερνικιού χωρίς να διαταραχθεί το χρωματικό στρώμα, κατόπιν αυτό διαλύθηκε σε Ethanol, το διάλυμα επιστρώθηκε σε επιφάνεια πυριτίου (silicon wafer) και μετά την εξάτμιση του διαλύτη στην επιφάνεια παρέμεινε η μεμβράνη τού προς εξέταση πολυμερούς.

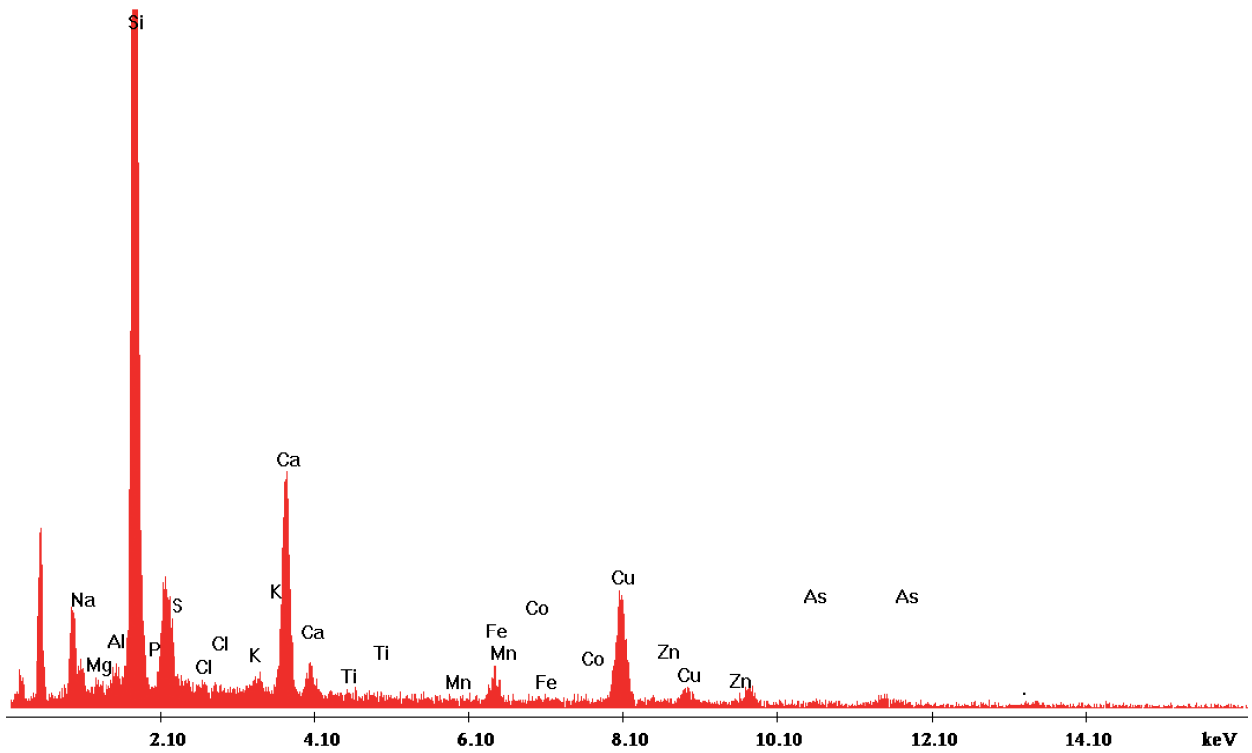


Εικ. 15. Μικροτομή ζωγραφικής στο οπτικό μικροσκόπιο σε ανακλώμενο λευκό φως 50X. Διακρίνονται, εκτός από το στρώμα προετοιμασίας, και δύο διαδοχικές χρωματικές στρώσεις πράσινου και κόκκινου χρώματος.

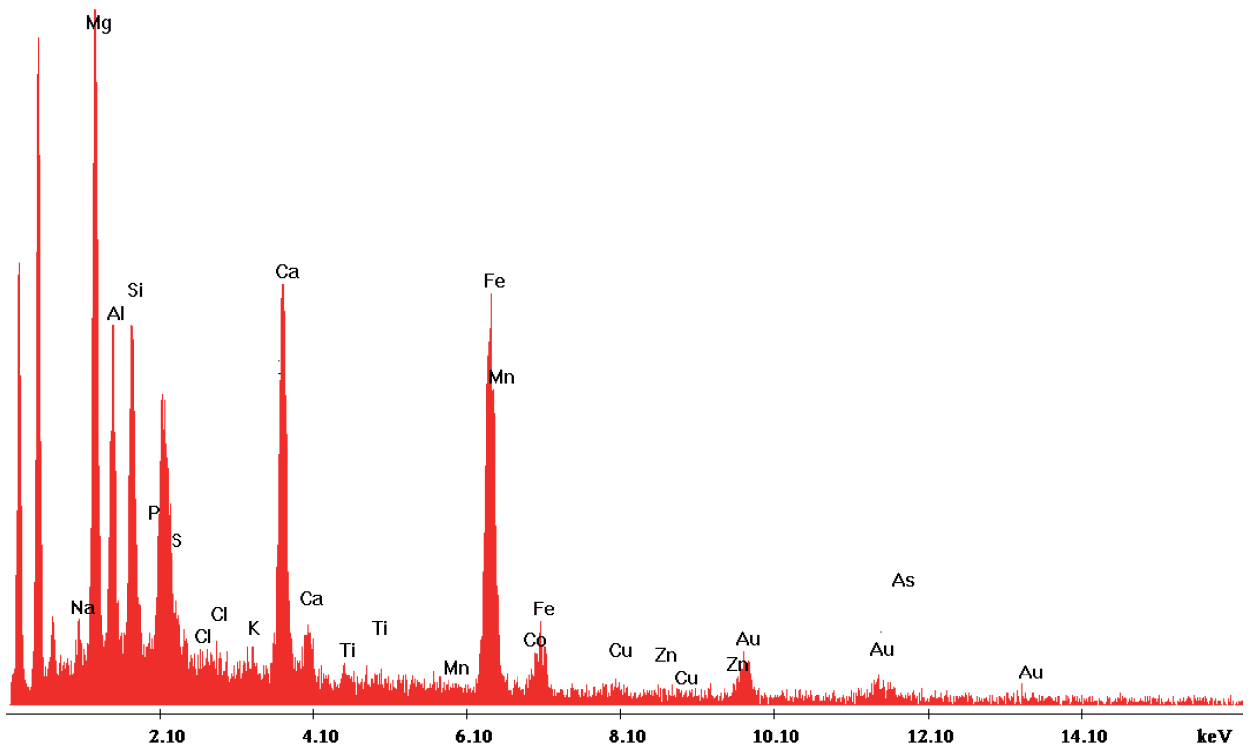
Εικ. 16. Μικροτομή ζωγραφικής στο SEM.

Αποτελέσματα αναλύσεων και μελέτης της ζωγραφικής επιφάνειας

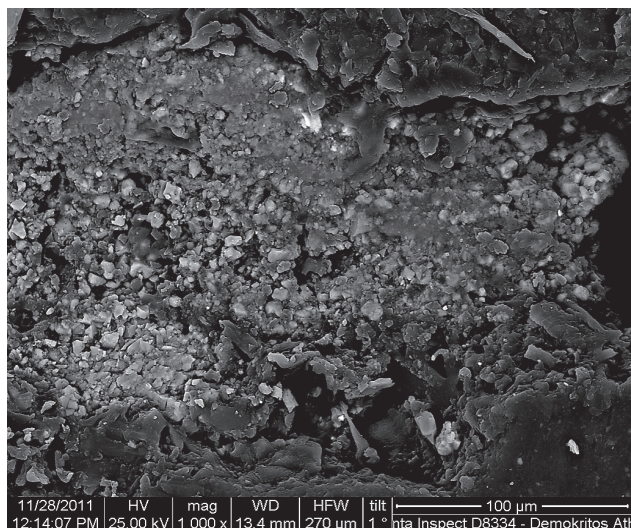
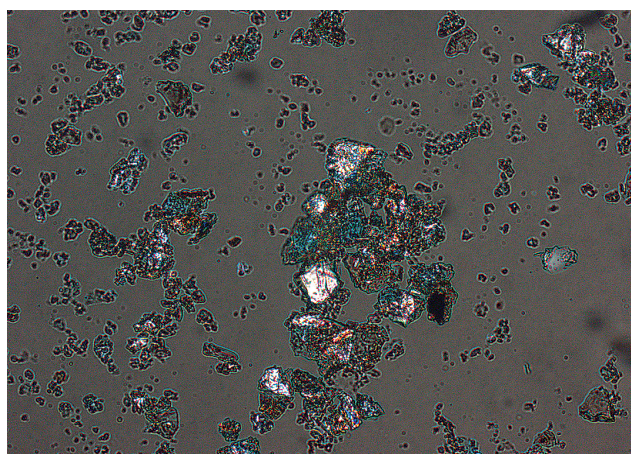
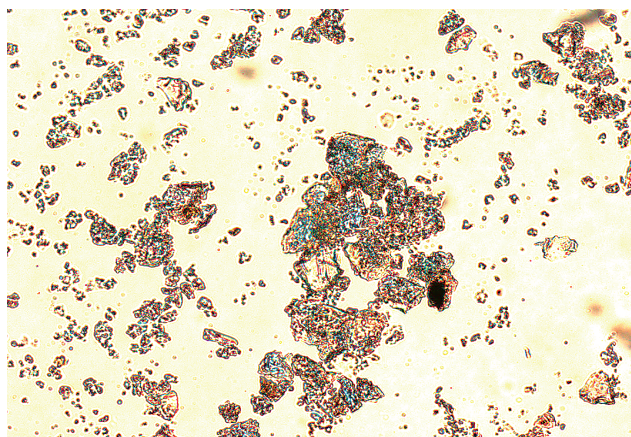
Η ζωγραφική επιφάνεια και η προετοιμασία, όπως αναφέρθηκε, είχε πάχος περίπου  $400\ \mu\text{m}$ . Πάνω στην προετοιμασία, κυρίως από ασβεστίτη ( $\text{CaCO}_3$ ), τοποθετήθηκε το χρωματικό στρώμα πάχους  $50\text{-}100\ \mu\text{m}$ . Το δείγμα προήλθε από περιοχή που το χρώμα κυμαι-



Εικ. 17α. Φάσμα SEM-EDS ανάλυσης κρυστάλλου πράσινης χρωστικής. Ανιχνεύτηκαν τα στοιχεία Ca, Si, Cu που χαρακτηρίζουν το αιγυπτιακό μπλε ( $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$ )



Εικ. 17β. Φάσμα SEM-EDS ανάλυσης κρυστάλλου κόκκινης χρωστικής. Ανιχνεύτηκε Fe, χαρακτηριστικό στοιχείο της κόκκινης ώχρας.



Εικ. 18. Κρύσταλλοι πράσινης χρωστικής στο πολωτικό μικροσκόπιο σε διερχόμενο λευκό φως 100X.

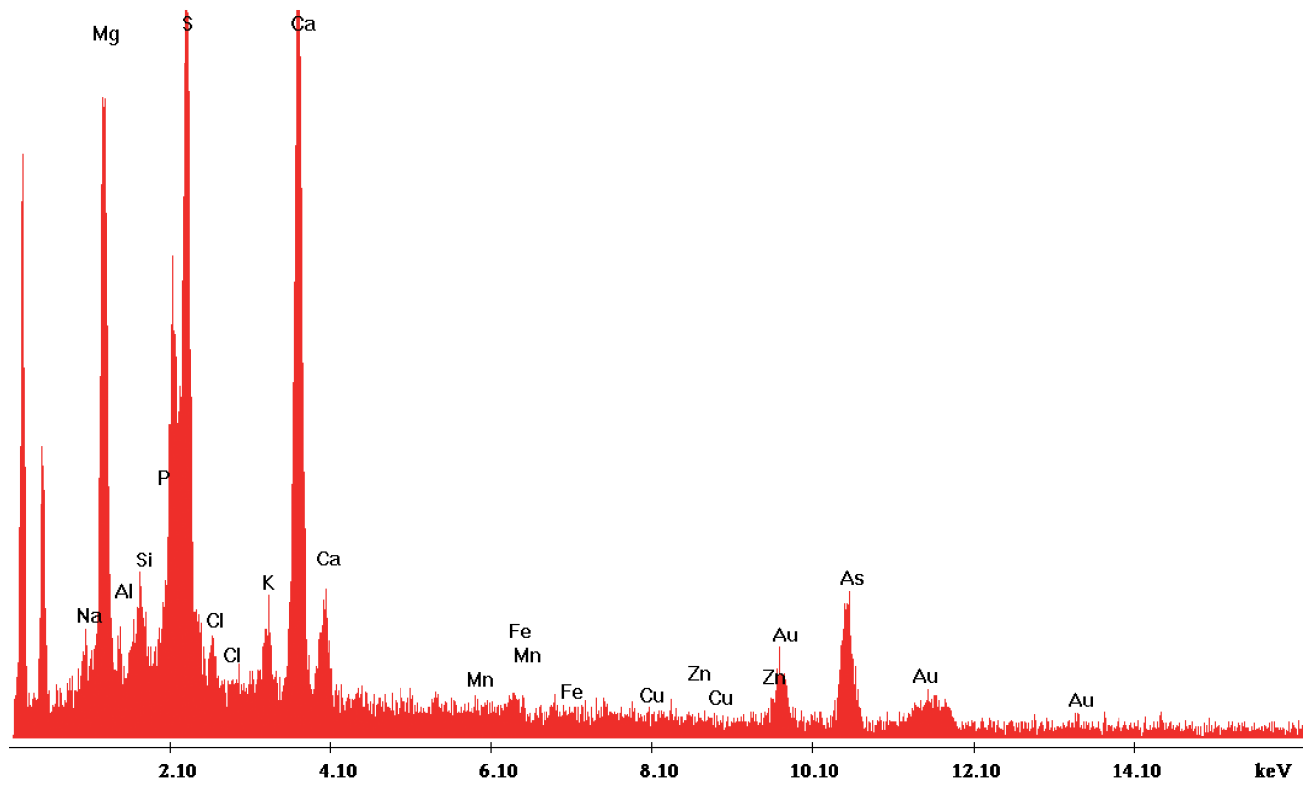
Εικ. 19. Κρύσταλλοι πράσινης χρωστικής στο πολωτικό μικροσκόπιο σε ανακλώμενο λευκό φως 100X.

Εικ. 20. Φωτογραφία της μικροτομής με κίτρινο χρώμα στο SEM.

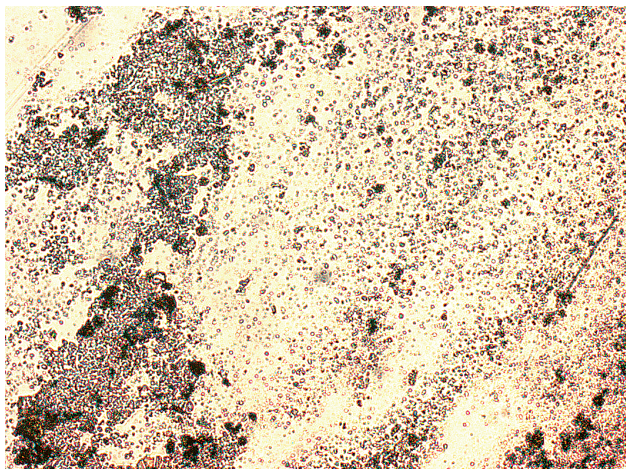
νόταν από κόκκινο σε πράσινο, διατηρούσε τις διαδοχικές στρώσεις διαφορετικού χρώματος και το πάχος ήταν περίπου 150 μm.

#### Πράσινη χρωστική

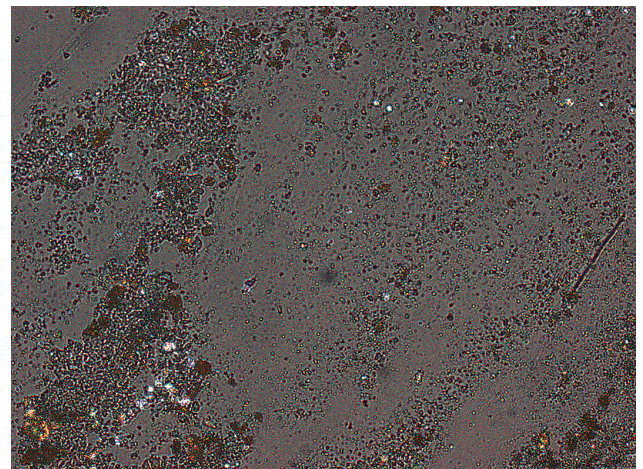
Η ανάλυση XRF δεν βοήθησε στην αναγνώριση της πράσινης χρωστικής. Η ανίχνευση του χαλκού (Cu) ήταν έντονη σε όλες τις πράσινες περιοχές που εξετάστηκαν με παρουσία αρσενικού (As) και μολύβδου (Pb) (διάγραμμα 2). Όλες οι πράσινες χρωστικές έχουν χαλκό ως πρωτεύον στοιχείο. Η παρουσία των δύο άλλων στοιχείων θα μπορούσε να οφείλεται είτε σε μείξη πράσινου με άλλη χρωστική, όπως με λευκό του μολύβδου ή ογρίμεντ, είτε σε παραπροϊόν υλικού απεντόμωσης (αρσενικό). Η συμπληρωματική μέθοδος που επιλέχθηκε ήταν η εξέταση μικρο-δειγμάτων στο πολωτικό μικροσκόπιο (PLM) και στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM). Η εξέταση των μικροτομών της ζωγραφικής επιφάνειας σε ανακλώμενο φως (X20 – X40) έδειξε ότι το χρώμα ήταν ένα έντονα κρυσταλλικό μείγμα χρωστικών με κρυστάλλους μεγάλου μεγέθους, έως και 20 μm. Το μείγμα αποτελείτο από μικρότερους διάφανους και λευκούς κρυστάλλους που παρουσίαζαν ίδια μορφολογία με τους κρυστάλλους της προετοιμασίας. Οι έγχρωμοι κρύσταλλοι είχαν έντονο μπλε χρώμα και διάφανο γαλάζιο, κάποιοι κρύσταλλοι έφεραν και ελαφρά κιτρινωπή απόχρωση (εικ. 15). Η εξέταση των κόκκων του πράσινου χρώματος με διερχόμενο φως και με διασταυρώμενο πολωτή (crossed polars) αποκάλυψε έντονο γαλάζιο και λευκό (anisotropic pigment) λόγω διπλής διάθλασης (birefringent) με δείκτη διάθλασης μικρότερο του 1.662 (εικ. 18-19). Οι μπλε κρύσταλλοι αντιδρούσαν σε φως διερχόμενο διά μέσου του Chelsea filter και χρωματίζονταν ροζ. Τα χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης χρωστικής ήταν παρόμοια με εκείνα του αιγυπτιακού μπλε.<sup>16</sup> Τα αποτελέσματα της εξέτασης των δυο τομών ζωγραφικής με πράσινη χρωστική από διαφορετικές περιοχές στο SEM-EDS επικυρώνει τον χαρακτηρισμό ως προς τη σύσταση, μια και ανιχνεύτηκαν ασβέστιο (Ca), χαλκός (Cu) και πυρίτιο (Si) που χαρακτηρίζουν τη χημική ένωση της χρωστικής ( $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$ ) (εικ. 16, 17a). Το αιγυπτιακό μπλε συγκαταλέγεται στις πράσινες χρωστικές που χρησιμοποιούνταν στην αρχαία Αίγυπτο. Η Green<sup>17</sup> αναφέρει φαινόμενο χρωματικής αλλοίωσης στις άκρες των μπλε κρυστάλλων που παρουσιάζουν κίτρινο ή και καφέ χρώμα. Αυτό οφείλεται σε φωτοχημική



Εικ. 21. Φάσμα SEM-EDS ανάλυσης κρυστάλλου κίτρινης χρωστικής. Ανιχνεύτηκαν τα στοιχεία As, S, Fe. Το κίτρινο χρώμα είναι μείγμα κίτρινης ώχρας (οξείδιο του σιδήρου) με κίτρινη σανδαράχη ( $As_2S_3$ ).



Εικ. 22. Κρυστάλλοι κίτρινης χρωστικής στο πολωτικό μικροσκόπιο σε διερχόμενο λευκό φως 100X.



Εικ. 23. Κρυστάλλοι κίτρινης χρωστικής στο πολωτικό μικροσκόπιο σε ανακλώμενο λευκό φως 100X.

οξειδωση λόγω πρόσμειξης της χρωστικής με orpiment. Το περιγραφόμενο φαινόμενο παρατηρήθηκε σε δείγμα κόκκων αιγυπτιακού μπλε που ήταν σε ανάμειξη με orpiment (κίτρινη σανδαράχη).

#### Κίτρινη χρωστική

Στη μάσκα παρατηρούνται περιοχές χρωματισμένες με ανοιχτό κίτρινο. Με τη μέθοδο XRF αναλύθηκαν δύο περιοχές στις οποίες ανιχνεύθηκαν αρσενικό, θείο και σίδηρος (διάγραμμα 4). Τα δύο πρώτα στοιχεία αποτελούν τη χημική ένωση της κίτρινης σανδαράχης (orpiment,  $As_2S_3$ ) και ο σίδηρος θα μπορούσε να προέρχεται είτε από την προετοιμασία, είτε από μια επιπλέον κίτρινη χρωστική, την όχρα που είναι οξείδιο του σιδήρου. Η εξέταση δειγμάτων στο PLM καθώς και στο SEM-EDS συνέβαλαν σημαντικά στην αναγνώριση της κίτρινης χρωστικής ως μείγματος κίτρινης σανδαράχης με κίτρινη όχρα (εικ. 20-21). Οι κρύσταλλοι της όχρας<sup>18</sup> στο διερχόμενο φως είναι μικροί με στρογγυλεμένες απολήξεις, οι πιο μικροί είναι άχρωμοι-κίτρινοι, ενώ οι μεγαλύτεροι έφεραν καφέ χρωματισμό. Με εφαρμογή διασταυρωμένου πολωτή (crossed polars), αν οι κρύσταλλοι φαίνεται να έχουν πορτοκαλί και κίτρινο χρώμα, τότε η χρωστική είναι ανιστροπική (anisotropic) λόγω διπλής διάθλασης (birefringent) με δείκτη διάθλασης μικρότερο του 1.66. Οι κρύσταλλοι του orpiment<sup>19</sup> είναι μεγαλύτεροι σε μέγεθος 4  $\mu\text{m}$  με πιο έντονη κρυσταλλική δομή. Οι μεγάλοι κρύσταλλοι παρουσιάζουν τραπεζοειδή διάταξη στο διερχόμενο φως. Η εξέτασή τους με διασταυρωμένο πολωτή (crossed polars) μας φανέρωσε έντονα χρώματα, κίτρινα, κόκκινα και πράσινα, επομένως η χρωστική είναι ανιστροπική (anisotropic) λόγω διπλής διάθλασης (birefringent) με δείκτη διάθλασης μικρότερο του 1.66 (εικ. 22-23).

Δεν είναι συχνή η χρησιμοποίηση της όχρας ως κύριας κίτρινης χρωστικής, ωστόσο η βιβλιογραφία αναφέρει ανίχνευσή της σε αντικείμενα από τη 12η Δυναστεία.<sup>20</sup> Επίσης την ταύτιση παρόμοιου μίγματος χρωστικών επισημαίνουν και οι Lee και Quirke, επιβεβαιώνοντας έτσι τη χρήση του orpiment μαζί με οξείδιο του σιδήρου σε πάπυρο της 18ης Δυναστείας.<sup>21</sup> Στην εξέταση των δειγμάτων όχρας και orpiment (κίτρινη σανδαράχη) δεν παρατηρήθηκε σημαντική ποσότητα λευκών κρυστάλλων που να δικαιολογεί την ανοιχτή απόχρωση του κίτρινου. Είναι γνωστό ότι το orpiment είναι μια ιδιαίτερα ασταθής ένωση, ευαίσθητη στη φωτοχημική αλλοίωση, που παράγει λευκό οξείδιο του αρσενικού ( $As_2O_3$ ).

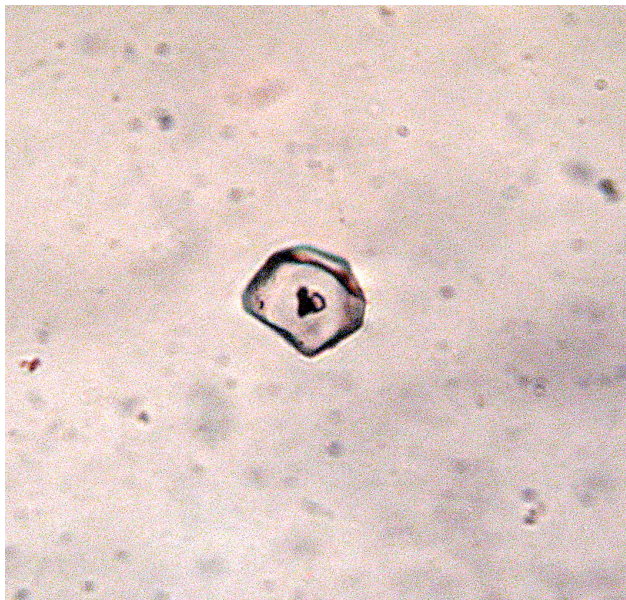
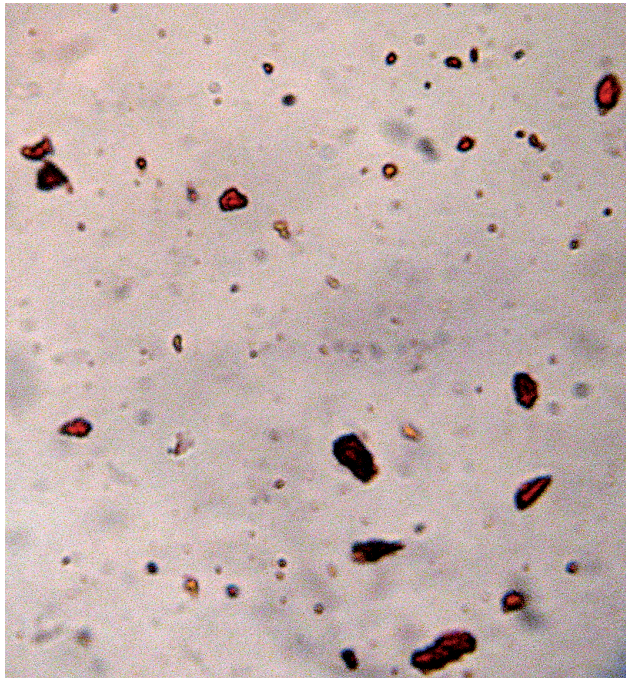
Σε μουσειακά αντικείμενα που έχουν χρωματισμό με orpiment έχει παρατηρηθεί σταδιακός αποχρωματισμός λόγω δημιουργίας λευκών στιγμάτων, καθώς το οξείδιο του αρσενικού απελευθερώνει θειούχες εκπομπές που μπορούν να διαβρώσουν και τις γειτονικές χρωστικές<sup>22</sup> δημιουργώντας μερική ή και ολική οξείδωση του χρώματος με αποτέλεσμα τον σκούρο χρωματισμό του.

#### Κόκκινη χρωστική

Το κόκκινο χρώμα διακοσμεί το μεγαλύτερο μέρος της μάσκας, καθώς κόκκινο έχει το πρόσωπο και το πάνω μέρος της κεφαλής. Η ανάλυση XRF ανίχνευσε παρουσία σιδήρου που μας προτρέπει να χαρακτηρίσουμε τη χρωστική ως οξείδιο του σιδήρου  $Fe_2O_3$  (hematite) (διάγραμμα 3). Η SEM-EDS ανάλυση καθώς και η οπτική παρατήρηση των κόκκων της χρωστικής επιβεβαίωσαν ότι η κρυσταλλική δομή της χρωστικής ταυτίζεται με το οξείδιο του σιδήρου (εικ. 16, 17β).<sup>23</sup> Το οξείδιο του σιδήρου έχει κρυστάλλους με οξείες απολήξεις και άλλους με πιο στρογγυλεμένες ποικίλων σχημάτων και διαστάσεων (έως 1 $\mu\text{m}$ ). Το χρώμα τους σε διερχόμενο φως είναι έντονα κόκκινο το οποίο διατηρείται και με διασταυρωμένο πολωτή (crossed polars). Εφόσον οι κρύσταλλοι είναι ορατοί, η χρωστική λέγεται ανιστροπική (anisotropic pigment), με δείκτη διάθλασης μικρότερο του 1.66 (εικ. 24). Το οξείδιο του σιδήρου (hematite) έχει χρησιμοποιηθεί ως κύρια κόκκινη χρωστική σε παρόμοια αιγυπτιακά αντικείμενα<sup>24</sup> από τη 12η Δυναστεία έως το τέλος της Πτολεμαϊκής περιόδου 1ος μ.Χ.

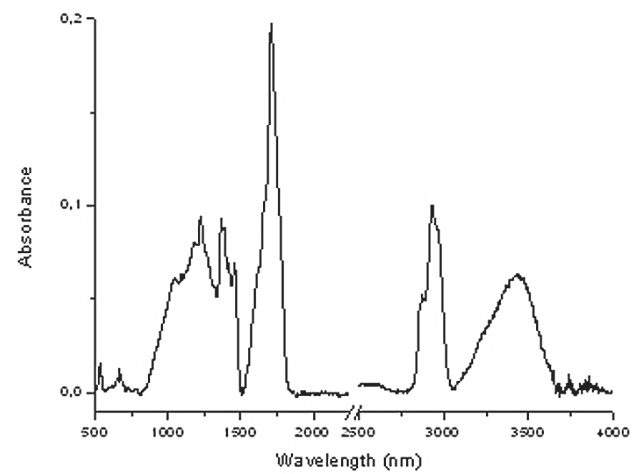
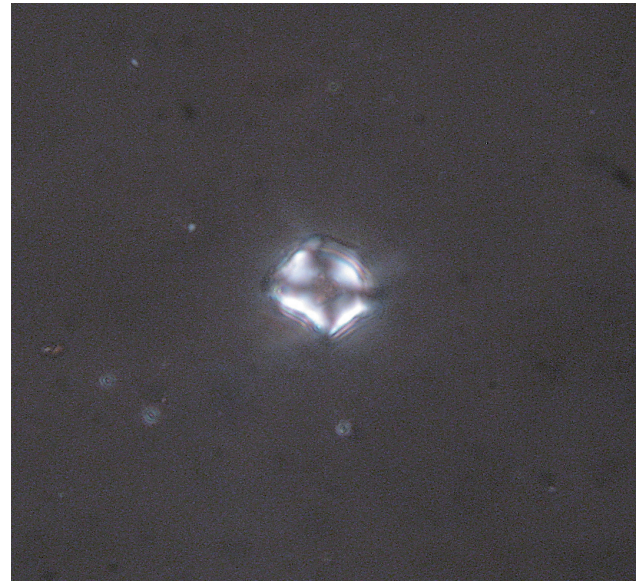
#### Λευκή χρωστική

Η λευκή χρωστική έχει χρησιμοποιηθεί χωρίς προσμίξεις για το λευκό χρώμα των ματιών. Λευκό συναντάται και σε ανάμειξη με άλλες χρωστικές, κυρίως του αιγυπτιακού μπλε, σκουρόχρωμου και ανοιχτόχρωμου. Η στοιχειακή ανάλυση του λευκού χρώματος με τις μεθόδους XRF και SEM-EDS συμφωνούν ως προς τη σύσταση της χρωστικής από ασβεστίτη ( $CaCO_3$ ). Η εξέταση των κόκκων της χρωστικής με PLM φανέρωσε στοιχεία της δομής της, όπως το ότι στο διερχόμενο φως οι διάφανοι κρύσταλλοι έχουν απότομες και μυτερές απολήξεις με έντονα γεωμετρικά σχήματα (τριγωνικά και τετράγωνα). Το χρώμα τους διατηρείται και με διασταυρωμένο πολωτή (crossed polars) και οι κρύσταλλοι είναι ορατοί (anisotropic) και έχουν δείκτη διάθλασης μικρότερο του 1.66. Οι κρύσταλλοι ποικίλλουν σε μέγεθος. Σημαντικό



Εικ. 24. Κρύσταλλοι κόκκινης χρωστικής στο πολωτικό μικροσκόπιο σε διερχόμενο λευκό φως 100X.

Εικ. 25. Κοκκόλιθος (coccolith) στο πολωτικό μικροσκόπιο σε διερχόμενο λευκό φως 500X.



Εικ. 26. Κοκκόλιθος (coccolith) στο πολωτικό μικροσκόπιο σε ανακλώμενο λευκό φως 500X.

Εικ. 27. Φάσμα υπέρυθρης φασματοσκοπίας FTIR της ρητίνης, που αναγνωρίστηκε ως σανδαράχη.

εύρημα ως προς τους κόκκους της χρωστικής ήταν ο κοκκόλιθος (coccolith). Οι κοκκόλιθοι πιστοποιούν τη φυσική προέλευση του ασβεστίτη κυρίως από κιμωλία (chalk) και σπανιότερα από ασβεστόλιθο (limestone).<sup>25</sup> Είναι ιδιαίτερα μικροί και ευκολότερα διακριτοί με διασταυρωμένο πολωτή (crossed polars), όπου ο κρύσταλλος αποκτά χαρακτηριστική μορφή με μαύρο σταυρό στη μέση που διαιρεί τον κρύσταλλο σε τέσσερα μέρη (εικ. 25-26).<sup>26</sup>

#### Μαύρη χρωστική

Μαύρη χρωστική έχει χρησιμοποιηθεί στην κόρη του ματιού και στο προπαρασκευαστικό σχέδιο. Επίσης ανιχνεύτηκε και σε ανάμειξη με πράσινο στον σκούρο γεωμετρικό διάκοσμο της κεφαλής. Η ταύτιση της μαύρης χρωστικής δεν είναι δυνατή με τις μεθόδους XRF και SEM-EDS λόγω της οργανικής της σύστασης. Η εξέταση των κόκκων της χρωστικής στο PLM φανέρωσε στοιχεία της δομής της,<sup>27</sup> όπως διάφανα μικρά άμορφα σωματίδια που παρουσιάζουν καφεμαύρο χρώμα στο διερχόμενο φως. Αν διατηρούνται και δεν χρωματίζονται με την εφαρμογή του διασταυρωμένου πολωτή (crossed polars), η χρωστική τότε ονομάζεται ισοτροπική (isotropic pigment). Βάσει των χαρακτηριστικών της και της σύγκρισής της με δείγματα αναφοράς, τελικά η μαύρη χρωστική αναγνωρίστηκε ως μαύρο του κάρβουνου<sup>28</sup> (charcoal black). Ωστόσο, πολλές φορές αναφέρεται και ως vegetable ή plant blacks.

#### Ρητίνη

Η ταύτιση των φυσικών ρητινών είναι εξαιρετικά δύσκολη, ακόμη και με τη χρήση της υπέρυθρης φασματοσκοπίας υπερύθρου με μετασχηματισμό Fourier (FTIR), επειδή οι φυσικές ρητίνες εμφανίζουν παρόμοιες κορυφές στα φάσματά τους.<sup>29</sup>

Το εκχύλισμα του δείγματος ρητίνης που εξετάστηκε με FTIR έδωσε φάσμα που περιέχει τις χαρακτηριστικές απορροφήσεις των φυσικών ρητινών και μετά από σύγκριση του φάσματος με δείγματα αναφοράς οδήγησε στην αναγνώριση της ρητίνης ως σανδαράχης (sandarac) (εικ. 27).<sup>30</sup> Πρόκειται για πολυμερές του κομμουνικού οξέος σε ανάμειξη κατά 70% με πιτμαραδιενικά οξέα, φαινολικές τρικυκλικές ενώσεις, και τέλος με λαβδανικές δικυκλικές αλκοόλες.<sup>31</sup> Στο φάσμα απορρόφησης υπερύθρου φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια γήρανσης του βερνικιού ένα σημαντικό ποσοστό του εστέρα έχει υδρολυθεί προς καρβοξυλικό οξύ. Η δράση αυτή συμπεραίνεται από



Εικ. 28. Η αιγυπτιακή μάσκα κατά τη διάρκεια των εργασιών συντήρησης.

την αύξηση της κορυφής στα  $\sim 3400 \text{ cm}^{-1}$  (O-H stretch). Σε αυτό συνηγορεί και η μείωση της κορυφής στα  $\sim 1650 \text{ cm}^{-1}$  (C-C stretch), καθώς και η αύξηση της κορυφής στα  $\sim 1220 \text{ cm}^{-1}$  (C-O stretch). Παρόμοια φυσική ρητίνη από αιγυπτιακή σαρκοφάγο της 21ης δυναστείας έχει ταυτιστεί από τον Masschein-Kleiner.<sup>32</sup> Και αυτή η ρητίνη παρουσιάζει φαινόμενο υδρόλυσης του εστέρα.

Η σανδαράχη είναι μια σκληρή ρητίνη που εκκρίνεται από τον φλοιό μικρών κωνοφόρων δέντρων (*Tetraclinis articulata*) της βόρειας Αφρικής.<sup>33</sup> Τα βερνίκια σανδαράχης είναι σκληρά, αρχικά ανοιχτόχρωμα (αλλά με το πέρασμα του χρόνου σκουραίνουν πολύ) και είναι διαλυτά σε πολικούς διαλύτες.





Εικ. 29. Η αιγυπτιακή μάσκα μετά τη συντήρηση.

Η χρήση της, που είναι διαδεδομένη στα αρχαία αιγυπτιακά ζωγραφικά έργα, επιβιώνει έως και την ελληνορωμαϊκή περίοδο. Οι αναλύσεις σε αρχαία αιγυπτιακά αντικείμενα αποκάλυψαν τη χρήση της ρητίνης σανδαράχης όχι μόνο ως βερνικιού, αλλά και ως συνδετικού υλικού του χρώματος.<sup>34</sup> Λόγω της σκληρότητας της ρητίνης αλλά και της ευκολίας της εύρεσης, συλλογής, επεξεργασίας της ήταν διαδεδομένη η χρήση της από την αρχαιότητα. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι τη χρησιμοποιούσαν ως βερνίκι σε πλοία<sup>35</sup> και σε μεταλλικά αντικείμενα.

#### Εργασίες συντήρησης

Η ανάλυση της τεχνολογίας του αντικειμένου καθώς και η λεπτομερής εξέταση της κατάστασης διατήρησης της ζωγραφικής ήταν αναγκαία για τον καθορισμό της μεθοδολογίας συντήρησης. Στα αρχαιολογικά έργα η συντήρηση έχει ως γνώμονα τη διατήρηση των αυθεντικών στοιχείων του αντικειμένου και λιγότερο την αισθητική του αποκατάσταση. Οι ηθικοί ενδοιασμοί του συντηρητή ως προς την εφαρμογή των υλικών αποκατάστασης ή την αφαίρεση στοιχείων του αντικειμένου που διασώζουν τεκμήρια για τη χρήση του είχαν αντίκτυπο στη μεθοδολογία της συντήρησης.

Επιλέχθηκαν η διατήρηση της αυθεντικότητας του αντικειμένου με αποφυγή δραστικών επεμβάσεων, η σταθεροποίηση και η προληπτική συντήρηση. Οι εργασίες συντήρησης που εκτελέστηκαν ήταν στερέωση της ζωγραφικής επιφάνειας, ήπιος καθαρισμός της ζωγραφικής επιφάνειας για την απομάκρυνση των επιφανειακών επικαθίσεων/ρύπων με στόχο τη διατήρηση της ιστορικής ρητίνης (εικ. 28). Τέλος, επιλεκτικά έγινε αισθητική αποκατάσταση στην περιοχή του αριστερού ματιού, όπου η φθορά διατάρασε την απεικόνιση. Για τη στήριξη του αντικειμένου κατασκευάστηκε βάση από plexiglass στην οποία τοποθετήθηκε η μάσκα με κλίση 45° ώστε να μη δέχεται κάποιο σημείο του αντικειμένου

πίεση από φορτία. Έτσι το αντικείμενο συγκρατείται και στις τρεις πλευρές. Η ζωγραφική επιφάνεια δεν επιστρώθηκε με βερνίκι μετά τον καθαρισμό (εικ. 29).<sup>36</sup> Η προστασία του αντικειμένου από ρύπους επιλέχθηκε να εξασφαλιστεί με την έκθεσή του σε κλειστή προθήκη.

#### Συμπεράσματα

Η μελέτη της τεχνολογίας του αντικειμένου πιστοποίησε τα υλικά κατασκευής, όπως το λινό ύφασμα, την προετοιμασία με γύψο αλλά και τη χρωματική παλέτα του καλλιτέχνη με την ανίχνευση του αιγυπτιακού μπλε, της κίτρινης σανδαράχης, των οξειδίων σιδήρου και φυσικού ασβεστίτη, στοιχεία που αποτελούν αδιαμφισβήτητα τεκμήρια της γνησιότητας του αντικειμένου. Το οξειδωμένο βερνίκι που καλύπτει τοπικά τη ζωγραφική είναι η οργανικής σύστασης ρητίνη σανδαράχη (sandarac), της οποίας όμως η αυθεντικότητα ως αρχικού υλικού δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί, καθώς η ευρεία χρήση της εκτείνεται από τους αρχαίους χρόνους μέχρι την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης των συνθετικών ρητινών.

Η ανίχνευση του αρσενικού σε όλη την επιφάνεια του αντικειμένου προέρχεται από απεντομωτικό υλικό παλαιότερης γενιάς, που πιθανότατα είχε χρησιμοποιηθεί κατά το παρελθόν για τις ανάγκες προληπτικής συντήρησης.


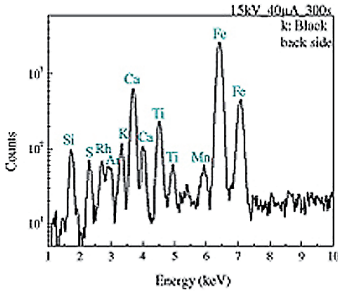
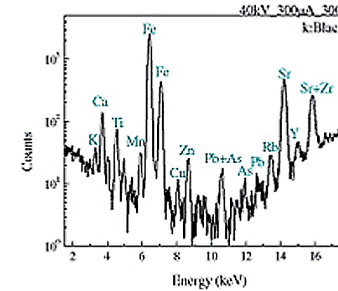

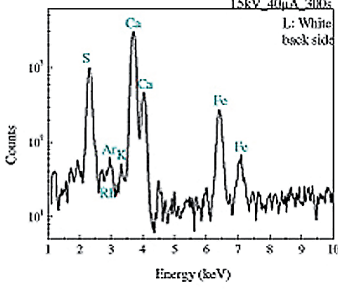
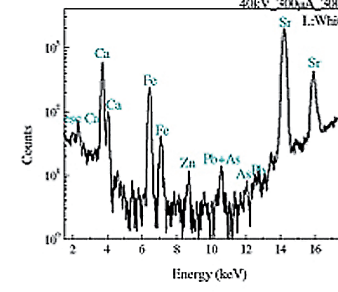

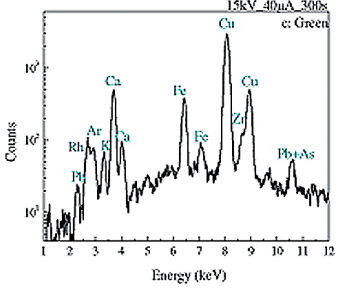
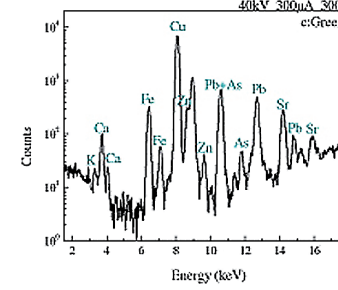

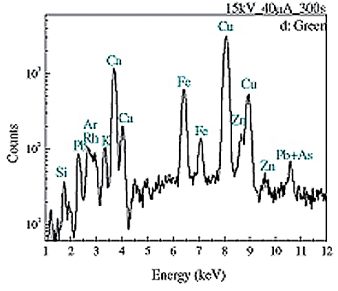
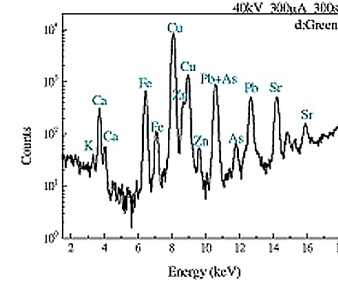
Η καλά τεκμηριωμένη τεχνολογική εξέταση της αιγυπτιακής μάσκας συνέβαλε στην κατανόηση της κατασκευής του πολυσύνθετου αντικειμένου. Υπήρξε καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή της μεθόδου συντήρησής του με κριτήρια τη διατήρηση των τεχνολογικών του στοιχείων, καθώς και την πληρέστερη ανάδειξη και σταθεροποίηση της ζωγραφικής επιφάνειας.


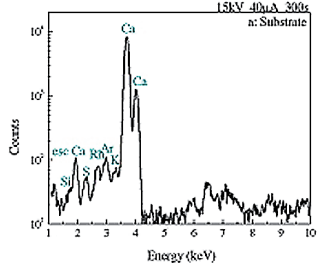
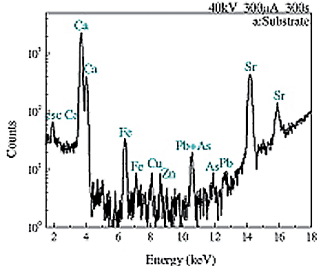

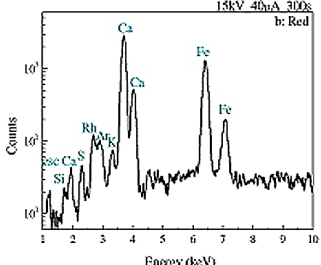
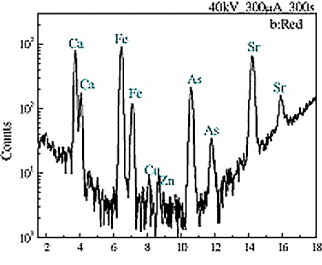
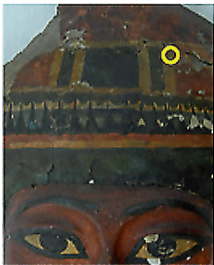
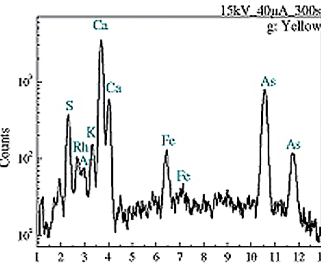
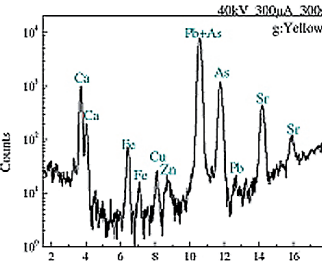

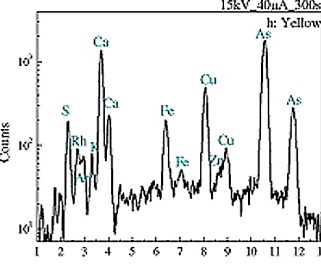
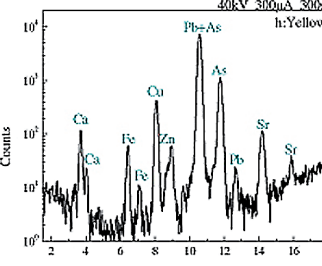
Ελένη Βερόνικα Φαρμακαλίδου

Υποψήφια Διδάκτωρ Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.

Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος».

farmakalidis@yahoo.com

Σημείο ανάλυσης	Φάσματα		Ανιχνευόμενα στοιχεία Πιθανή χρωστική
	15kV	40kV	
<b>K: Μαύρο ? (πίσω μεριά)</b> 			<p>Η ανίχνευση ασβεστίου και θείου υποδεικνύει τη χρήση γύψου (<math>CaSO_4</math>) ως υλικό προστομωσίας του υποστρώματος. Επίσης ανιχνεύθηκαν στοιχεία όπως σίδηρος (Fe), μαγγάνιο (Mn), πυρίτιο (Si), κάλιο (K) και τιτάνιο (Ti) που οφείδονται στην παρουσία χόματος-πηλού.</p>
<b>L: Λευκό (πίσω μεριά)</b> 			
<b>C: Πράσινο</b> 			<p>Η ανάλυση XRF δεν βοήθησε στην ταυτοποίηση της πράσινης χρωστικής. Η ανίχνευση του χαλκού (Cu) ήταν έντονη σε όλες τις πράσινες περιοχές που εξετάστηκαν με παρουσία αρσενικού (As) και μολύβδου (Pb).</p>
<b>D: Πράσινο</b> 			

Σημείο ανάλυσης	Φάσματα		Ανιχνεύσιμα στοιχεία Πιθανή χρωστική
	15kV	40kV	
<b>A : Υπόστρωμα</b> 			<p>Η προετοιμασία της ζωγραφικής αποτελείται κυρίως από <b>ασβεστίτη (CaCO<sub>3</sub>)</b> εφόσον δεν ανιχνεύθηκε σημαντική ποσότητα θείου κατά την ανάλυση XRF.</p>
<b>B: Κόκκινο</b> 			<p>Η ανάλυση XRF ανίχνευσε παρουσία σιδήρου που μας προτρέπει να χαρακτηρίσουμε τη χρωστική ως <b>οξείδιο του σιδήρου Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (hematite)</b>.</p>
<b>G: Κίτρινο</b> 			<p>Η ανίχνευση του Αρσενικού και του Θείου δείχνει ότι έχει χρησιμοποιηθεί <b>κίτρινη σανδαράκη (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)</b>.</p>
<b>H: Κίτρινο με πράσινους κόκκους</b> 			<p>Η ανίχνευση του Αρσενικού και του Θείου δείχνει ότι έχει χρησιμοποιηθεί <b>κίτρινη σανδαράκη (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)</b> ή πιο έντονη παρουσία του Χαλκού σε αυτή την περιοχή (σε σχέση με την προηγούμενη, G) δείχνει ότι έχουν ανιχνευτεί οι πράσινοι κόκκοι.</p>

## ΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

\* Η ανάλυση με φορητό φασματόμετρο φθορισμού ακτίνων-Χ έγινε στο Μουσείο Μπενάκη και η μέθοδος εφαρμόστηκε από τη Βίκυ Κανταρέλου την οποία και ευχαριστώ. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλονται στον Γιάννη Καρατάσιο για την εφαρμογή της μεθόδου SEM-EDS στο Ινστιτούτο Επιστήμης Υλικών Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος». Η μέθοδος FTIR επίσης εφαρμόστηκε στις εγκαταστάσεις του Ινστιτούτου Επιστήμης Υλικών του «Δημόκριτου».

1. J. Taylor, Mask in Ancient Egypt: The image of divinity, στο: J. Mack (επιμ.), *Masks The Art of Expression* (London 1994) 171.

2. Ε. Δοξιάδη, *Τα Πορτρέτα του Φαγιούμ* (Αθήνα 1995) 39-  
J. Taylor, Before the portraits: Burial Practice in Pharaonic Egypt, στο: S. Walker – M. Bierbrier (επιμ.), *Ancient Faces Mummy Portraits from Roman Egypt* (London 1997) 9.

3. Το συνδετικό υλικό της προετοιμασίας δεν ταυτίστηκε, αλλά σε παρόμοια αντικείμενα συνήθως χρησιμοποιείται ζωική κόλλα ως συνδετικό υλικό του γύψου. C. Brown – F. Macalister – M. Wright, *Conservation on Ancient Egyptian Collections* (London 1995).

4. D. Scott κ.ά., An Ancient Egyptian Cartonnage Broad Collar, *Studies in Conservation* 49 (2004) 178.

5. A. Loucas, *Ancient Egyptian Materials and Industries* (London 1989) 141-42.

6. D. R. Perry κ.ά., *Identification of Textile Material* (Manchester 1985).

7. D. Scott κ.ά., An Ancient Egyptian Cartonnage of the Graeco-Roman Period, *Studies in Conservation* 48 (2003) 43.

8. Ε. Αλούπη κ.ά., Εξέταση, ανάλυση και τεκμηρίωση της Βάπτισης του Χριστού του Δομήνικου Θεοτοκόπουλου με μη καταστρεπτικές φυσικοχημικές τεχνικές, *Μουσείο Μπενάκη* 5 (2005) 86-114.

9. Α. Αλεξοπούλου – Γ. Χρυσουλάκης, *Θετικές Επιστήμες και Έργα Τέχνης, Μέρος Α': Η φυσική των χρωστικών και των χρωματικών στρωμάτων, Μέρος Β': Φυσικοχημικές διαγνωστικές μέθοδοι* (Αθήνα 1993) 240.

10. F. Marte – A. Pequignon – D. Von Endt, Arsenic in Taxidermy Collections: History Detection and Management, *Collection Forum* 21 (2006) 143-50.

11. L. Goldberg, History of Pest Control measures in Anthropology collections, Natural Museum of Natural History, Smithsonian Institute, *JAIC* 35 (1996) 1, 23-43.

12. P. Mactaggart – A. Mactaggart, A Pigment Microscopist's notebook, *CHARD* (1998) σελίδες.

13. L. R. Green, Recent Analysis of Pigments from Ancient Egyptian Artefacts, στο: C. Brown – F. Macalister – M. Wright (επιμ.), *Conservation in Ancient Egyptian Collections* (London 1995) 86.

14. B. Stuart, *Analytical Techniques in Materials Conservation* (Sussex 2007) 94.

15. M. Derrick – D. Stulik – J. Landry, *Infrared*

*Spectroscopy in Conservation Science Scientific Tools for Conservation* (Los Angeles 1999).

16. J. Riederer, Egyptian Blue, στο: E. West FitzHugh (επιμ.), *Artists' Pigments A Handbook of their History and Characteristics* 3 (Oxford 1997) 34.

17. Green (σημ. 13) 88.

18. K. Helwig, Iron Oxide Pigments: Natural and Synthetic, στο: B. H. Berrie (επιμ.), *Artists' Pigments A Handbook of their History and Characteristics* 4 (London 2007) 77.

19. E. West FitzHugh, Orpiment and Realgar, στο: E. West FitzHugh (επιμ.), *Artists' Pigments A Handbook of their History and Characteristics* 3 (Oxford 1997) 34.

20. Green (σημ. 13) 89.

21. L. R. Green – S. Quirke, Painting Materials, στο: P. T. Nicholson – I. Shaw (επιμ.) *Ancient Egyptian Materials and Technology* (Cambridge 2000) 104-20.

22. Green (σημ. 13) 89.

23. Helwig (σημ. 18) 73.

24. Green (σημ. 13) 90.

25. Mactaggart (σημ. 12) 39.

26. R. J. Gettens – E. West FitzHugh – R. L. Feller, Calcium Carbonate Whites, στο: A. Roy (επιμ.), *Artists' Pigments A Handbook of their History and Characteristics* 2 (Oxford 1997) 211.

27. Mactaggart (σημ. 12) 34-35.

28. J. Winter – E. West FitzHugh, Pigments Based on Carbon, στο: B. H. Berrie (επιμ.), *Artists' Pigments A Handbook of their History and Characteristics* 4 (London 2007) 3.

29. Ε. Ιωακείμογλου, *Τα Οργανικά Υλικά στη Τέχνη και την Αρχαιολογία Α'* (Αθήνα 2004) 130.

30. M. Derrick – D. Stulik – J. Landry, *Infrared Spectroscopy in Conservation Science Scientific Tools for Conservation* (Los Angeles 1999).

31. L. Masschelein-Kleiner, Ancient Binding Media Varnishes and Adhesives, *ICCROM* αρ. τχ. (1995) 66-  
Ιωακείμογλου (σημ. 30) 165.

32. L. Masschelein-Kleiner – J. Heylen – F. Tricot-Marckx, Contribution à l'analyse des liants adhésifs et vernis anciens, *Studies in Conservation* 13 (1968) 105-21.

33. J. Mills – R. White, *The Organic Chemistry of Museum Objects* (London 1987) 102-03.

34. R. Newman – M. Serpico, Adhesives and binders, στο: P. T. Nicholson – I. Shaw (επιμ.), *Ancient Egyptian Materials and Technology* (Cambridge 2000) 474-94.

35. R. T. Gettens – L. Stout, *Painting Material A Short Encyclopaedia* (Dover, New York 1966) 56.

36. Αποφεύχθηκε η χρήση βερνικιού για να μην επιβαρυνθεί η ζωγραφική με επιπλέον νεότερη συνθετική ρητίνη.

HELEN VERONIKA FARMAKALIDIS  
The Technological Examination of Ancient Egyptian Mask  
from Nikos Hadjikyriakos-Ghika Collection

For the re-exhibition of Nikos Hadjikyriakos-Ghika collection in the renovated gallery, artist's house-workshop, all artifacts and paintings of his personal collection were conserved. Among the significant objects of the collection was a three-dimensional Egyptian mask (inv. no. ΠΙΧΓ.α\_16, h 26.5 x w 18.8 x d 9 cm).

For the needs of conservation treatment and implementing the appropriate method, the technological features of the object were studied. Non-destructive analytical methods mainly applied, micro-samples were selectively taken for performing the destructive analytical methods. For the identification of inorganic pigments were used different analytical methods, such as fluorescence spectroscopy X-ray (XRF), pigments identification by polarizing microscope (PLM) and scanning electron microscopy (SEM –EDS analysis). The natural resin of the painted surface was examined by Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. Finally, the photographic documentation of conservation treatment was in the vis-

ible, infrared and ultraviolet spectrum.

The study of object's technology certified elements such as linen fabric, plaster preparation and the colour palette after pigments identification. Egyptian blue, orpiment, iron oxides and natural calcite are the pigments used for the decoration of the mask and can confirm object's authenticity. The oxidized varnish covering the painted surface was natural organic resin and its composition was identified as sandarac. The use of this resin starts from ancient times up to 1950. The detection of arsenic element across the surface of the object was specified as residue of older generation insect repellent probably used during past prevented conservation treatment. The well-documented technical study of Egyptian mask helped in the understanding of its technology which determined the conservation treatment both by preserving technological elements such as the varnish and by providing future stability for the Egyptian mask.

