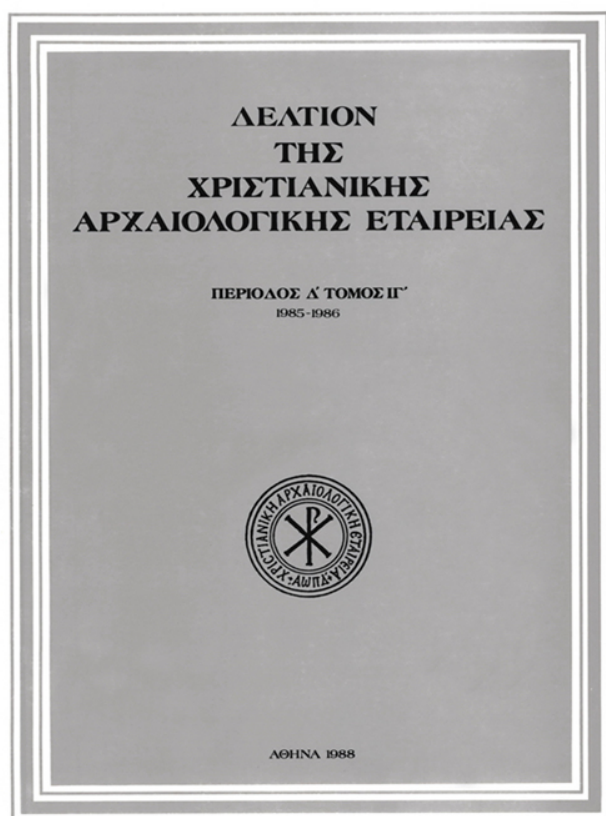


## Δελτίον της Χριστιανικής Αρχαιολογικής Εταιρείας

Τόμ. 13 (1988)

Δελτίον ΧΑΕ 13 (1985-1986), Περίοδος Δ'. Στη μνήμη του Μαρίνου Καλλιγά (1906-1985)



**Συμβολή των φυσικοχημικών μεθόδων ανάλυσης  
στη μελέτη 13 εικόνων του Βυζαντινού Μουσείου**

*Νανώ ΧΑΤΖΗΔΑΚΗ, Jacques PHILLIPON, Patrick  
AUSSET, Ιωάννης ΧΡΥΣΟΥΛΑΚΗΣ, Αθηνά  
ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ*

doi: [10.12681/dchae.992](https://doi.org/10.12681/dchae.992)

### Βιβλιογραφική αναφορά:

ΧΑΤΖΗΔΑΚΗ Ν., PHILLIPON, J., AUSSET, P., ΧΡΥΣΟΥΛΑΚΗΣ Ι., & ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ Α. (1988). Συμβολή των φυσικοχημικών μεθόδων ανάλυσης στη μελέτη 13 εικόνων του Βυζαντινού Μουσείου. *Δελτίον της Χριστιανικής Αρχαιολογικής Εταιρείας*, 13, 215–246. <https://doi.org/10.12681/dchae.992>



# ΔΕΛΤΙΟΝ ΤΗΣ ΧΡΙΣΤΙΑΝΙΚΗΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ

Συμβολή των φυσικοχημικών μεθόδων ανάλυσης  
στη μελέτη 13 εικόνων του Βυζαντινού Μουσείου

Νανώ ΧΑΤΖΗΔΑΚΗ, J. PHILLIPON, P. AUSSET, Ιωάννης  
ΧΡΥΣΟΥΛΑΚΗΣ, Αθηνά ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ

Δελτίον ΧΑΕ 13 (1985-1986), Περίοδος Δ'. Στη μνήμη του  
Μαρίνου Καλλιγά (1906-1985) • Σελ. 215-246

ΑΘΗΝΑ 1988

## ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ 13 ΕΙΚΟΝΩΝ ΤΟΥ ΒΥΖΑΝΤΙΝΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ\*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη της τεχνικής της εικόνας είναι βέβαιο ότι προσφέρει θετικά στοιχεία στην αρχαιολογική έρευνα. Οι αναφορές στην τεχνική κατασκευή στηρίζουν συχνά τεχνοτροπικές παρατηρήσεις και αποτελούν μέρος της περιγραφής της εικόνας. Ο εμπλουτισμός της αναλυτικής εξέτασης της τεχνικής κατασκευής των βυζαντινών εικόνων με τις μεθόδους της φυσικοχημικής ανάλυσης μπορεί να προσθέσει την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων των θετικών επιστημών στη θεωρητική-αρχαιολογική έρευνα. Με στόχο τη μελλοντική αξιοποίηση στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό των στοιχείων που προσδιορίζουν την τεχνολογία κατασκευής των βυζαντινών εικόνων, ξεκίνησε η συνεργασία του Βυζαντινού Μουσείου με τον κ. Γ. Χρυσουλάκη του εργαστηρίου Φυσικοχημείας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την εξέταση με φυσικοχημικές μεθόδους τεσσάρων αμφιπρόσωπων εικόνων του Μουσείου<sup>1</sup>. Τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας αυτής επέτρεψαν στη συνέχεια την επεξεργασία και την προώθηση ενός ευρύτερου προγράμματος συνεργασίας, στο οποίο συμμετείχε η κ. Α. Αλεξοπούλου του ίδιου εργαστηρίου του Πολυτεχνείου<sup>2</sup> και οι κκ. J. Philippon και P. Ausset του Institut Français de Restauration des Œuvres d'Art (I.F.R.O.A.) (Παρίσι). Στο πρόγραμμα αυτό περιελήφθη μεγαλύτερος αριθμός εικόνων και μεγαλύτερος αριθμός δειγμάτων από κάθε εικόνα, έτσι ώστε και τα ιδιαίτερα προβλήματα να εξεταστούν σε βάθος και να διευρυνθεί το φάσμα των δυνατών συγκρίσεων μεταξύ εικόνων της ίδιας εποχής ή του ίδιου εργαστηρίου.

Στη μελέτη αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας που έγινε το 1984 σε δεκατρείς βυζαντινές εικόνες του Μουσείου, από τις οποίες οι έξι είναι αμφιπρόσωπες. Παρουσιάζονται:

1) Η εικόνα της Σταύρωσης (Τ. 157) με τρία επάλληλα στρώματα ζωγραφικής από τον 9ο έως το 13ο αι. (Εικ. 1) και στη β' όψη την Παναγία Οδηγήτρια, κρητικό έργο των αρχών του 16ου αι. (Εικ. 2).

2) Η εικόνα της Παναγίας Γλυκοφιλούσας (Τ. 1027), του 14ου αι. (Εικ. 9), με την παράσταση της Σταύρω-

σης στη β' όψη (Εικ. 10), που χρονολογείται στο 18ο αι.

3) Η εικόνα του Χριστού (Τ. 188) του 14ου αι., από τη Θεσσαλονίκη, με την παράσταση του Σταυρού στην πίσω όψη (Εικ. 15).

4) Η εικόνα του Χριστού (Τ. 146) με μεγάλες φθορές, του 14ου αι. (Εικ. 13), και στη β' όψη τον άγιο Αθανάσιο Αλεξανδρείας, του 18ου αι. (Εικ. 14).

5) Η εικόνα με τους Τέσσερις αγίους, από τη Βέροια, του 14ου αι. (Εικ. 6), και τη Σταύρωση στη β' όψη, παράσταση από την οποία σώζονται μόνο ελάχιστα ίχνη.

6) Η εικόνα του αγίου Νικολάου (Εικ. 16), από τη Βέροια, με τη Σταύρωση στη β' όψη, του 15ου αι. (Εικ. 17).

\* Η μελέτη αυτή αποτελεί μέρος ερευνητικού προγράμματος που χρηματοδοτήθηκε και πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της Ελληνογαλλικής Επιτροπής Επιστημονικής και Τεχνολογικής Συνεργασίας του Υπουργείου Έρευνας και Τεχνολογίας. Στο πρόγραμμα αυτό συμμετείχαν: το Βυζαντινό Μουσείο Αθηνών, το Εργαστήριο Φυσικοχημείας του Πολυτεχνείου (Ε.Μ.Π.) και το Institut Français de Restauration des Œuvres d'Art (I.F.R.O.A., Παρίσι). Οι φυσικοχημικές μέθοδοι ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια του I.F.R.O.A. και στα εργαστήρια Φυσικοχημείας του Ε.Μ.Π.

Ευχαριστούμε θερμά τη Διευθύντρια του Βυζαντινού Μουσείου κ. Μυρτάλη Ποταμιάνου για την πρόθυμη υποστήριξη και την κάθε είδους διευκόλυνση στην πραγματοποίηση αυτής της έρευνας.

1. Γ. Χρυσουλάκης - Θ. Χατζηδάκη, Συμβολή των φυσικοχημικών μεθόδων ανάλυσης στη μελέτη τεσσάρων αμφιπρόσωπων βυζαντινών εικόνων του Βυζαντινού Μουσείου Αθηνών, Φυσικοχημικές μέθοδοι διερεύνησης των έργων τέχνης (πίνακες, εικόνες, τοιχογραφίες), Ελληνογαλλικός Επιστημονικός και Τεχνικός Σύνδεσμος, Ε.Ι.Ε., 17-18 Οκτώβρη 1983, Αθήνα 1983, σ. 171-193.

2. Η κ. Α. Αλεξοπούλου ετοιμάζει τη διδακτορική διατριβή στο Εργαστήριο Φυσικοχημείας του Ε.Μ.Π. με το ίδιο θέμα.



Εικ. 1. Εικόνα αμφιπρόσωπη, Τ. 157. Α' όψη: Σταύρωση. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος



Εικ. 2. Εικόνα αμφιπρόσωπη, Τ. 157. Β' όψη: Παναγία Οδηγήτρια. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος

7) Η εικόνα του αρχαγγέλου Μιχαήλ (Τ. 2162), του 14ου αι., από την Κωνσταντινούπολη (Εικ. 8).

8) Η εικόνα του Χριστού Σοφία Θεού (Τ. 185), του 14ου αι., από τη Θεσσαλονίκη (Εικ. 12).

9) Η εικόνα της Παναγίας Βρεφοκρατούσας (Τ. 100), του 14ου αι., από τη Θεσσαλονίκη (Εικ. 4).

10) Η Παναγία Οδηγήτρια (Τ. 191), του 14ου αι., από τα Κειμήλια των Προσφύγων της Μικράς Ασίας (Εικ. 3).

11) Η εικόνα του αγίου Γεωργίου (Τ. 198), του 14ου αι., επίσης από τα Κειμήλια των Προσφύγων (Εικ. 5).

12) Η μικρή εικόνα της Παναγίας δεομένης (Τ. 95), του 15ου αι. (Εικ. 11).

13) Η εικόνα της Παναγίας Γλυκοφιλούσας, του 14ου αι., από τη Βέροια (Εικ. 7)<sup>3</sup>.

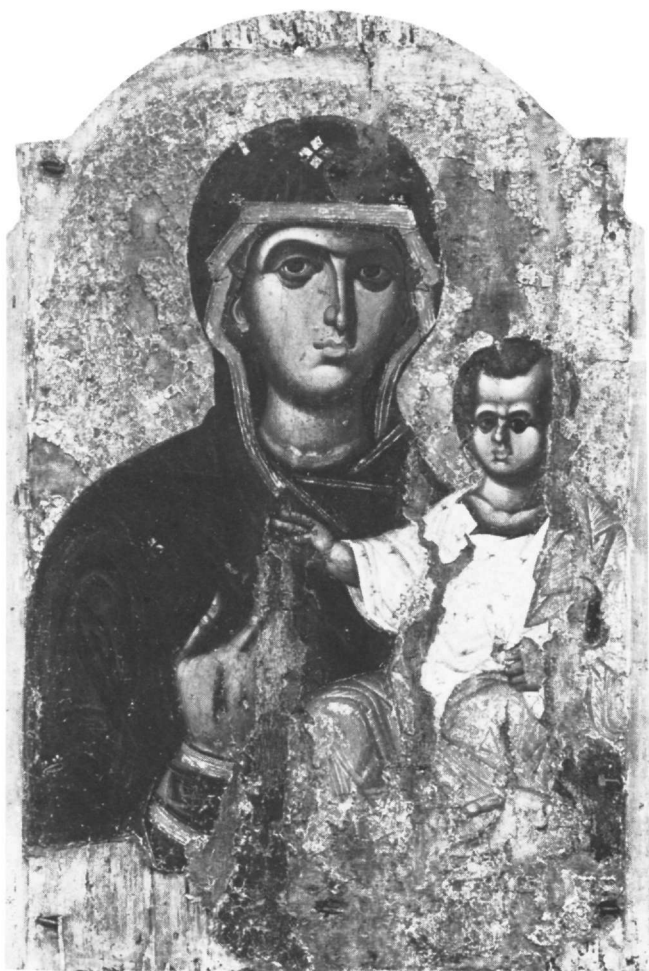
Στον Πίνακα Ι φαίνεται η αντιστοιχία του αριθμού των εικόνων στο Μουσείο (Τ.) με τον αριθμό που έχουν στον κατάλογο (Κατ.), σύμφωνα με τον οποίο έγινε η δειγματοληψία.

Η επιλογή των παραπάνω εικόνων έγινε με την προοπτική της καταγραφής της τεχνολογίας κατασκευής εικόνων που χρονολογούνται στην ίδια χρονική περίοδο και, ακόμη, εικόνων που είτε ανήκουν σε κοινό καλλιτεχνικό εργαστήριο είτε παρουσιάζουν ξεχωριστό ενδιαφέρον για την υψηλή ποιότητα της τέχνης τους ή και για την ιδιομορφία τους.

Στη μελέτη αυτή εξετάζονται συνολικά δεκαεννιά όψεις εικόνων και δείγματα από ενενήντα θέσεις. Η δειγματοληψία έγινε με συνθήκες πλήρους ασφάλειας για τις εικόνες στα εργαστήρια του Βυζαντινού Μουσείου από τον κ. Στ. Μπαλτογιάννη και την κ. Θ. Παπαγεωργίου. Οι λήψεις έγιναν σε σημεία όπου υπήρχε ήδη φθορά στη ζωγραφική επιφάνεια.

Έγινε προσπάθεια να ληφθούν αντιπροσωπευτικά δείγματα από τα τρία κύρια μέρη της ζωγραφικής επιφάνειας, τη σάρκα, τα υφάσματα, τον κάμπο, καθώς και από δευτερεύοντα μέρη, όπως το πλαίσιο ή τα γράμματα των επιγραφών, και, πρόσθετα, όπου υπήρχαν ειδι-





Εικ. 3. Παναγία Οδηγήτρια, Τ. 191. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος.



Εικ. 4. Παναγία Βρεφσκρατούσα, Τ. 100. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος

κά προβλήματα κυρίως επάλληλων στρωμάτων ζωγραφικής. Ακόμα, ελήφθησαν δείγματα από το ίδιο χρώμα σε διαφορετικές εικόνες, με σκοπό τη δυνατότητα καλύτερων συγκρίσεων εικόνων του ίδιου εργαστηρίου.

Όπως είναι φυσικό, με τη δειγματοληψία αυτή αυξάνεται σημαντικά ο αριθμός των χρωμάτων που αναλύονται, έτσι ώστε τα αποτελέσματα της μελέτης να συνιστούν μια βάση αναφοράς για μελλοντικές αναλύσεις και συγκρίσεις βυζαντινών εικόνων.

Η εξέταση με τις φυσικοχημικές μεθόδους της δομής και της χρήσης των χρωμάτων αποκαλύπτει το «γραφικό χαρακτήρα» του ζωγράφου. Η ερμηνεία του και η αξιολόγησή του θα πρέπει να στηριχθεί σε παράλληλα δεδομένα της αρχαιολογικής έρευνας, έτσι ώστε μελλοντικά να αποτελεί πιθανό στοιχείο αναγνώρισης ομάδας εικόνων με κοινή τοπική ή χρονική προέλευση ή και τον εντοπισμό ζωγραφικού εργαστηρίου. Ανάλογη μπορεί να είναι μελλοντικά και η προσφορά

3. Γ. Σωτηρίου, Οδηγός Βυζαντινού Μουσείου Αθηνών, Αθήνα 1931, σ. 78, εικ. 34 (Τ. 157 και Τ. 146), σ. 74 (Τ. 95), σ. 75, πίν. Δ' (Τ. 100), σ. 80 (Τ. 191 και Τ. 198), β' έκδ. 1956, σ. 17, πίν. XVI (Τ. 188). Μ. Χατζηδάκης, Βυζαντινό Μουσείο Αθηνών, έκδ. Απόλλων (χ.χρ.), εικ. 2, σ. 23-24 (Τ. 157), εικ. 10, σ. 36 (Τ. 198), εικ. 6, σ. 32 (Τ. 191), εικ. 4, σ. 27, 30 (Τ. 2162), εικ. 44 (Τ. 95), εικ. 8, σ. 36 (Τ. 100), εικ. 7, σ. 33, 35 (Τ. 185). Μ. Chatzidakis, Frühe Ikonen, σ. XXV, πίν. 44-46 (Τ. 157), σ. XXX-XXXI, πίν. 53 (Τ. 191), σ. XXXI-XXXII, πίν. 64-65 (Τ. 2162), πίν. 58 (Τ. 100). Θ. Χατζηδάκη, Οι δύο όψεις των βυζαντινών εικόνων, Πρώτο Συμπόσιο Βυζαντινής και Μεταβυζαντινής Αρχαιολογίας και Τέχνης, ΧΑΕ, Πρόγραμμα και περιλήψεις ανακοινώσεων, Αθήνα 1981, σ. 87-88 (Τ. 157, Τ. 1029, Τ. 188, Τ. 146 και εικόνες της Βέροιας 1 και 2). Έκθεση για τα εκατό χρόνια της Χριστιανικής Αρχαιολογικής Εταιρείας (1884-1984), Κατάλογος, Βυζαντινό και Χριστιανικό Μουσείο Αθηνών, 6 Οκτωβρίου 1984 - 30 Ιουνίου 1985, αριθ. 11, σ. 24-25 (εικόνα Βέροιας 3). Μ. Χατζηδάκης, ΑΔ 18 (1963), Χρονικά, σ. 9, πίν. 5α-β (Τ. 188).

Δεν κρίθηκε σκόπιμη η παράθεση εδώ όλης της σχετικής βιβλιογραφίας, μια και η μελέτη αυτή σκοπό έχει την παρουσίαση μόνο των αποτελεσμάτων της φυσικοχημικής έρευνας των εικόνων αυτών. Επιστημονικός κατάλογος των βυζαντινών εικόνων του Μουσείου ετοιμάζεται από την υπογράφουσα.



Εικ. 5. Άγιος Γεώργιος, Τ. 198. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος

Εικ. 7. Παναγία Γλυκοφιλούσα, Βερ. 2. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος



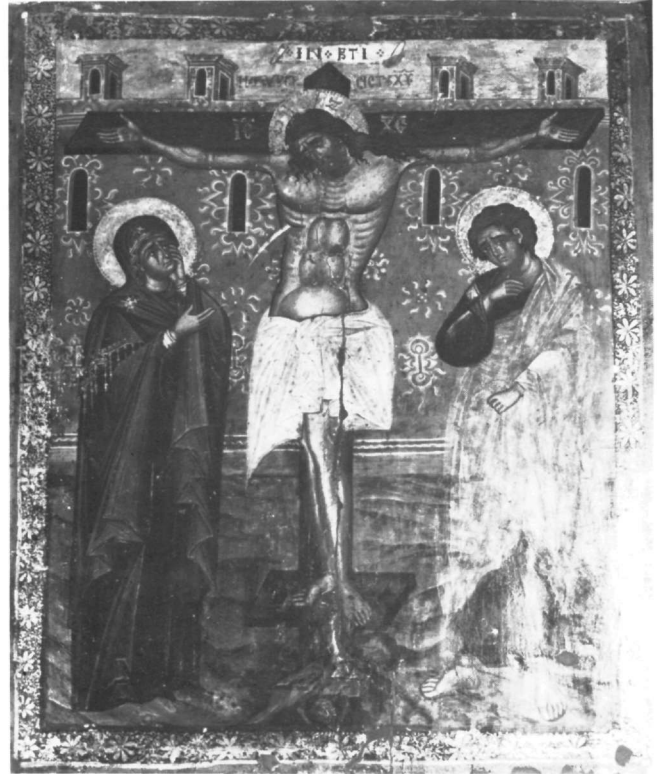
Εικ. 6. Εικόνα αμφιπρόσωπη, Βερ. 1. Α' όψη: Τέσσερις άγιοι. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος.

Εικ. 8. Αρχάγγελος Μιχαήλ, Τ. 2162. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος

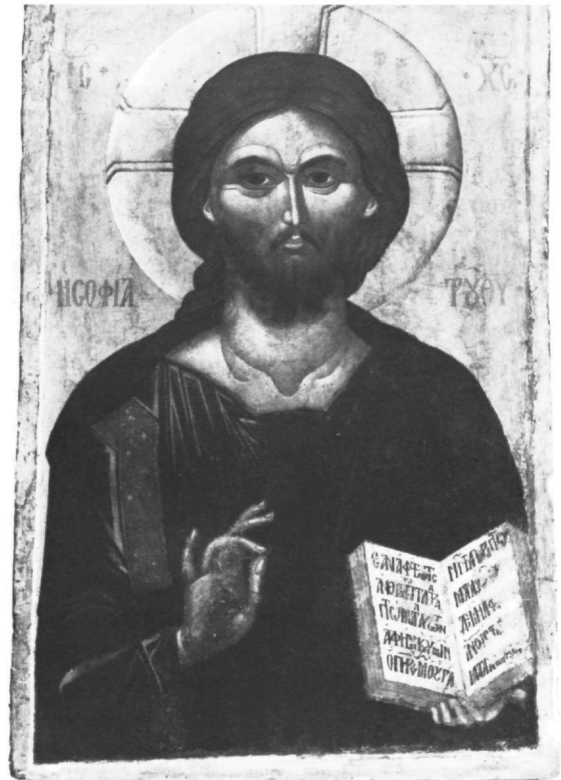




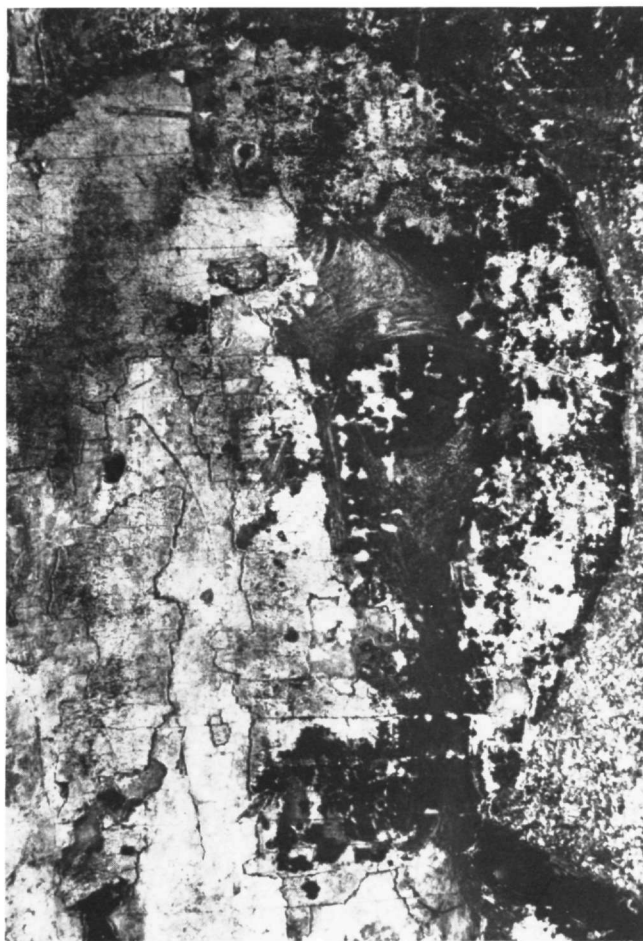
Εικ. 9. Εικόνα αμφιπρόσωπη, Τ. 1027. Α' όψη: Παναγία Γλυκοφιλούσα. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος  
Εικ. 11. Παναγία δεομένη, Τ. 95. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος



Εικ. 10. Εικόνα αμφιπρόσωπη, Τ. 1027. Β' όψη: Σταύρωση. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος  
Εικ. 12. Χριστός Σοφία Θεού, Τ. 185. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος







Εικ. 13. Εικόνα αμφιπρόσωπη. Τ. 146. Α' όψη: Χριστός. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος

της έρευνας στην προετοιμασία που τοποθετείται επάνω στην επιφάνεια του ξύλου, που ήδη στη μελέτη αυτή έδειξε κοινά στοιχεία στις εικόνες που προέρχονται από τη Βέροια (βλ. παράγραφο II.2) (Εικ. 25, 27). Τα αποτελέσματα της έρευνας ως προς την ποιότητα, το πάχος και τη χρήση των χρωστικών δείχνουν ότι σχετίζονται, όπως είναι φυσικό, με τον τρόπο δουλειάς του ζωγράφου αλλά δεν μπορούν να αποτελέσουν στοιχεία για τον προσδιορισμό συγκεκριμένου εργαστηρίου. Αξίζει να σημειώσουμε εδώ ότι η χρήση του χρώματος στην εικόνα της Παναγίας (Τ. 191) από τη Θεσσαλονίκη (Εικ. 3 και 26) έχει γίνει με μεγάλη φροντίδα, που μπορεί να συνδυαστεί με την πολύ καλή ποιότητα της τέχνης της. Ακόμα, στην εικόνα αυτή έχει χρησιμοποιηθεί για την απόδοση του γαλάζιου χρώματος lapis lazuli, χρωστική σπάνια και ακριβή, που έχουμε συναντήσει και στην εικόνα της Σταύρωσης (Τ. 169) από τη Θεσσαλονίκη<sup>4</sup>. Ο αζουρίτης, καλής ποιότητας επίσης χρωστική, χρησιμοποιείται σε

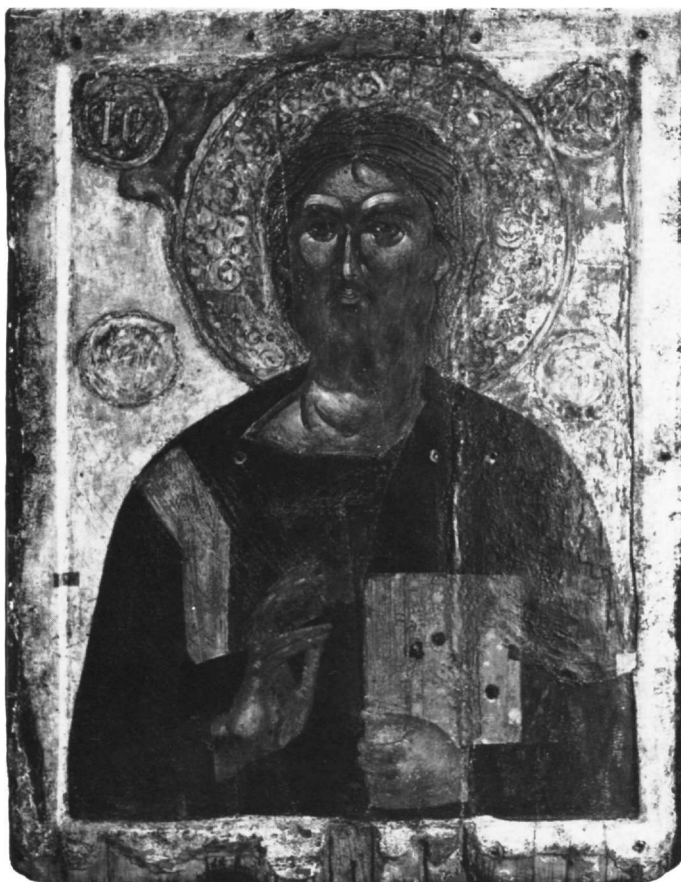


Εικ. 14. Εικόνα αμφιπρόσωπη, Τ. 146. Β' όψη: Άγιος Αθανάσιος Αλεξανδρείας. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος

καλής τέχνης εικόνες, όπως στο Χριστό Σοφία Θεού (Τ. 185) και στον άγιο Γεώργιο (Τ. 198). Η χρήση του «ινδικού» (indigo) σε άλλες εικόνες δεν σημαίνει ότι πρόκειται για μειωμένης ποιότητας έργο (βλ. σ. 229). Οι εικόνες που εξετάστηκαν έχουν τουλάχιστον μία ζωγραφική επιφάνεια που χρονολογείται στην περίοδο πριν από την άλωση. Εκτός από την εικόνα της Σταύρωσης (Τ. 157) (9ος-13ος αι.), όλες οι άλλες ανήκουν στην περίοδο των Παλαιολόγων, όχι όμως και στο ίδιο εργαστήριο.

Η εικόνα του αρχαγγέλου Μιχαήλ (Τ. 2162) (Εικ. 8) προέρχεται από την Κωνσταντινούπολη και είναι εξαίρετο δείγμα κλασικίζουσας τέχνης<sup>5</sup>. Οι εικόνες που προέρχονται από τη Θεσσαλονίκη, όπως η Παναγία (Τ. 100) και οι εικόνες του Χριστού (Τ. 185 και Τ. 188) (Εικ. 12 και 15), συνδέονται με αντικλασικές τάσεις, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι ανήκουν και στο ίδιο εργαστήριο.

Οι τρεις εικόνες που προέρχονται από τη Βέροια, οι



Εικ. 15. Εικόνα αμφιπρόσωπη, Τ. 188. Α' όψη: Χριστός. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος



Εικ. 16. Εικόνα αμφιπρόσωπη. Βερ. 3. Α' όψη: 'Αγιος Νικόλαος. Μακροφωτογραφία της κεφαλής στην ορατή περιοχή του φάσματος

Τέσσερις άγιοι (Εικ. 6), η Παναγία Γλυκοφιλούσα (Εικ. 7) και ο άγιος Νικόλαος με τη Σταύρωση στη β' όψη (Εικ. 16, 17), δεν ανήκουν στο ίδιο εργαστήριο, έχουν ωστόσο γνώρισμα που επιτρέπουν την ένταξή τους σε κοινή ομάδα με εικόνες που προέρχονται από την Καστοριά<sup>6</sup>. Χαρακτηριστικά γνώρισμα των εικόνων αυτών είναι τα χοντρά και λίγο κατεργασμένα ξύλα, η προτίμηση χρωμάτων σε χαμηλούς τόνους με εξαίρεση το κόκκινο και η χρήση του ασημένιου βάθους, όπως στην εικόνα της Παναγίας (αριθ. Κατ. 2, Εικ. 9).

Η εικόνα της Σταύρωσης (Τ. 157) με τα τρία στρώματα από τον 9ο έως το 13ο αι., που είχε μελετηθεί παλιότερα από τη Μαρία Σωτηρίου και είχε συντηρηθεί από τον Τάσο Μαργαριτώφ<sup>7</sup>, παρουσιάζει τα γνωστά προβλήματα των επιζωγραφίσεων που δε χωρίζονται μεταξύ τους από μεγάλη χρονική απόσταση. Ακριβέστερος προσδιορισμός των διαφορετικών στρωμάτων της ζωγραφικής καθώς και ανίχνευση του αρχικού χαραγ-

μένου προσχεδίου έγινε με την εξέταση της υπέρυθρης ρεφλεκτογραφίας (Εικ. 23 και 24). Με την ίδια εξέταση φάνηκε και το αρχικό σχέδιο κάτω από την παράσταση της Παναγίας Γλυκοφιλούσας από τη Βέροια (Εικ. 22). Ανάλογα σχέδια ή χαράγματα δεν υπάρχουν σε όλες τις εικόνες και όπως μπορούμε να συμπερά-

4. Χρυσουλάκης - Χατζηδάκη, ό.π.

5. Μ. Σωτηρίου, Εικόν του αρχαγγέλου Μιχαήλ του Βυζαντινού Μουσείου Αθηνών, ΔΧΑΕ, περ. Δ' τ. Α' (1959), σ. 80-86, πίν. 31-32 και παραπάνω, υποσημ. 3.

6. Έκθεση ΧΑΕ, ό.π., σ. 24-25.

7. Μ. Σωτηρίου, Αμφιπρόσωπος εικόν του Βυζαντινού Μουσείου Αθηνών εκ της Ηπείρου, ΔΧΑΕ, περ. Δ' τ. Α' (1959), σ. 135-143, πίν. 54-57. Τ. Μαργαριτώφ, Έκθεση καθαρισμού της αμφιπρόσωπης εικόνας του Βυζαντινού Μουσείου, ΔΧΑΕ, περ. Δ' τ. Α' (1959), σ. 144-148, πίν. 54-57.





Εικ. 17. Εικόνα αμφιπρόσωπη, Βερ. 3. Β' όψη: Σταύρωση. Φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος

νουμε δεν έχουν σχέση άμεση ούτε με την εποχή αλλά ούτε και με την ποιότητα της ζωγραφικής.

Ένας από τους σκοπούς της εξέτασης των αμφιπρόσωπων εικόνων ήταν η σύγκριση των δύο όψεων, που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, όταν χρονολογούνται στην ίδια περίοδο αλλά υπάρχουν αμφιβολίες αν έχουν γίνει από τον ίδιο ζωγράφο. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται στις εικόνες του Χριστού με το Σταυρό στη β' όψη (Τ. 188), των Τεσσάρων αγίων με τη Σταύρωση στη β' όψη από τη Βέροια (αριθ. Βερ. 1) και του αγίου Νικολάου επίσης με τη Σταύρωση στη β' όψη (αριθ. Βερ. 3, Εικ. 25). Τα αποτελέσματα της έρευνας προσθέτουν στοιχεία στη σύγκριση και παρουσιάζουν ενδιαφέρον κυρίως για την τελευταία εικό-

να που έχει τελείως διαφορετική τεχνολογία κατασκευής σε κάθε όψη, ανάλογη με την τελείως διαφορετική τεχνολογία που έχει διαπιστωθεί στις δύο αυτές παραστάσεις<sup>8</sup>.

Οι αμφιπρόσωπες εικόνες της Σταύρωσης (Τ. 157), της Παναγίας Γλυκοφιλούσας (Τ. 1027) και του Χριστού (Τ. 146) έχουν στη β' όψη τους παραστάσεις μεταγενέστερες, του 16ου, του 17ου και του 18ου αι. Στην έρευνα αυτή έγινε συστηματική εξέταση και αυτών των επιφανειών με σκοπό να εντοπιστούν πιθανά ίχνη αρχικών παραστάσεων, που θα ήταν σύγχρονες με την παράσταση της α' όψης. Τέτοια ίχνη δεν εντοπίστηκαν, η εξέταση όμως επέτρεψε να γίνουν άλλου είδους παρατηρήσεις στη δομή μεταγενέστερων χρωματικών στρωμάτων και στη χρήση των χρωστικών. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην παρατήρηση σχετικά με την τεχνολογία κατασκευής της β' όψης με τη Σταύρωση της εικόνας της Παναγίας Τ. 1027 (βλ. σ. 230). Στην παράσταση αυτή, που πρέπει να αποδοθεί σε βορειοελλαδικό εργαστήριο των αρχών του 18ου αι. (Εικ. 10), διαπιστώθηκε ομοιότητα της κατασκευής των χρωμάτων με την Παναγία της α' όψης που χρονολογείται στο 14ο αι.

Η παρατήρηση αυτή επιβεβαιώνει τη σταθερή προσήλωση των ζωγράφων της μεταβυζαντινής περιόδου στα καθιερωμένα και παραδοσιακά πρότυπα της τεχνικής του 14ου αι., δείχνει όμως ταυτόχρονα και τα όρια της φυσικοχημικής μεθοδολογίας, που χωρίς την παράλληλη αρχαιολογική μελέτη δεν μπορεί να οδηγήσει στη συναγωγή συμπερασμάτων για τη χρονολόγηση ή για το εργαστήριο απ' όπου προήλθε η εικόνα. Είναι γεγονός ότι η έρευνα σε αυτό το πεδίο βρίσκεται ακόμη στα πρώτα βήματα και για το λόγο αυτό είμαστε ιδιαίτερα επιφυλακτικοί στα συμπεράσματά μας.

Ελπίζουμε, ωστόσο, ότι τέτοιου είδους μελέτες θα πολλαπλασιαστούν στο μέλλον, έτσι ώστε να καταστεί δυνατή η συγκρότηση αρχείου με όλα τα δεδομένα της τεχνολογίας κατασκευής των βυζαντινών εικόνων. Η δημιουργία του αρχείου θα επιτρέψει την πλήρη αξιοποίηση και αξιολόγηση όλων των αποτελεσμάτων της φυσικοχημικής έρευνας.

NANΩ XATZHAKH

8. Έκθεση ΧΑΕ, ό.π., σ. 24-25.

## ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η ανάπτυξη μιας ερευνητικής μεθοδολογίας για την αντιμετώπιση του προβλήματος της διερεύνησης των βυζαντινών και μεταβυζαντινών εικόνων, σε ό,τι αφορά:

α. Την τεχνολογία κατασκευής.

β. Το είδος και την ποιότητα των χρωστικών που χρησιμοποιήθηκαν.

Οι δεκαεννιά όψεις εικόνων του Βυζαντινού Μουσείου Αθηνών διαλέχθηκαν έτσι, ώστε να αποτελέσουν όσο το δυνατό αντιπροσωπευτικά παραδείγματα στην εφαρμογή αυτής της μεθοδολογίας και να δώσουν την ευκαιρία να αναδειχθούν οι δυνατότητες της φυσικοχημικής έρευνας.

Θεωρούμε ότι η προτεινόμενη μεθοδολογία παρέχει τις δυνατότητες επιτυχούς εφαρμογής των φυσικοχημικών μεθόδων ανάλυσης για την αντίστοιχη διερεύνηση των ζωγραφικών έργων άλλων εποχών.

Τέλος, τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής μπορούν να φανούν χρήσιμα, ως έχουν, στην ιστορικοαρχαιολογική έρευνα των συγκεκριμένων εικόνων.

### 1. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Τα στάδια της ερευνητικής πορείας που ακολουθήθηκε, καθώς επίσης και οι φυσικοχημικές μέθοδοι διερεύνησης που εφαρμόστηκαν, είναι:

1. Φωτογράφιση της ζωγραφισμένης επιφάνειας στην ορατή περιοχή του φάσματος.
2. Παρατήρηση της ίδιας επιφάνειας με υπέρυθρη ακτινοβολία ανάκλασης μήκους κύματος μέχρι 2200 nm (υπέρυθρη ρεφλεκτογραφία).
3. Δειγματοληψία - Προετοιμασία στρωματογραφικών τομών.
4. Μικροσκοπική παρατήρηση των δειγμάτων στο οπτικό μικροσκόπιο σε ανακλώμενο φως και του φθορισμού που παρουσιάζουν σε υπεριώδη ακτινοβολία διέγερσης.
5. Ηλεκτρονική μικροανάλυση για τον προσδιορισμό της ποιοτικής σύστασης της προετοιμασίας και των χρωματικών στρωμάτων.
6. Μικροπεριθλασιμετρία ακτίνων Χ.
7. Μικροφασματοσκοπία υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται συνοπτικά οι επί μέρους εργαστηριακές δραστηριότητες, χωρίς να γίνεται λεπτομερής περιγραφή της σχετικής μεθοδολογίας, δεδομένου ότι οι φυσικοχημικές αυτές μέθοδοι ανάλυσης έχουν γίνει πια κλασικές στη διερεύνηση των έργων τέχνης. Ωστόσο, αναπτύσσεται εκτενέστερα η μέθοδος της υπέρυθρης ρεφλεκτογραφίας, γιατί αφ' ενός αποτελεί σχετικά νέα τεχνική έρευνας και αφ' ετέρου εξελίσσεται συνεχώς με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών.

### 1.1. Φωτογράφιση στην ορατή περιοχή του φάσματος [1]<sup>9</sup>

Κάθε εικόνα φωτογραφήθηκε χρησιμοποιώντας ακτινοβολία 3200 K και ειδικό φακό «Micro» που ελαχιστοποιεί τις χρωματικές εκτροπές και τις οπτικές παραμορφώσεις. Οι φωτογραφίες αυτές αποτελούν στοιχεία διαρκούς μαρτυρίας προκειμένου να γίνει δυνατή η συγκριτική μελέτη της οπτικής συμπεριφοράς της ζωγραφισμένης επιφάνειας σε ορατές και μη ορατές περιοχές του φάσματος. Η μέθοδος συμπληρώθηκε με τη μακροφωτογράφιση ορισμένων περιοχών ιδιαίτερου ενδιαφέροντος.

### 1.2. Παρατήρηση της επιφάνειας με υπέρυθρη ακτινοβολία ανάκλασης μήκους κύματος μέχρι 2200 nm (υπέρυθρη ρεφλεκτογραφία) και φωτογράφιση του οπτικού αποτελέσματος [2-8]

Τα μήκη κύματος 380 nm και 750 nm περίπου καθορίζουν και την ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, αντιστοιχούν δηλαδή στα όρια της ευαισθησίας του ανθρώπινου ματιού. Ορισμένες όμως τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια μας επιτρέπουν να εκμεταλλευθούμε τις ιδιότητες μιας πολύ μεγαλύτερης περιοχής του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, όπως αυτής που εκτείνεται πέρα από τα 750 nm της υπέρυθρης περιοχής [1, 2, 9-19].

Οι υπέρυθρες ακτίνες πολλαπλασιάζουν τη δυνατότητα της όρασης διά μέσου ορισμένων χρωστικών λόγω της ιδιότητας που έχουν οι χρωστικές αυτές να γίνονται διαπερατές σε ακτινοβολία μήκους κύματος από 750 μέχρι 2200 nm. Όταν μια φωτεινή δέσμη προσπέσει στην επιφάνεια ενός χρωματικού στρώματος, τότε ένα μέρος της ανακλάται στη διεπιφάνεια αέρα - χρωματικού στρώματος σύμφωνα με τους νόμους της σφαιρικής ανάκλασης, ενώ το υπόλοιπο διεισδύει στο εσωτερικό του σκεδαζόμενο και απορροφούμενο σε μικρό ή μεγάλο βαθμό από τους κόκκους της χρωστικής. Η ικανότητα διείσδυσης των υπέρυθρων ακτίνων είναι άμεσα συνδεδεμένη με το βαθμό απορρόφησης και σκέδασης στο εσωτερικό κάθε χρωματικού στρώματος και εξαρτάται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, το είδος και την κατ' όγκο σύσταση της χρωστικής και από το πάχος του χρωματικού στρώματος [3-8, 11, 20, 21, 22].

Κάθε χρωστική χαρακτηρίζεται —για ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος— από ένα οριακό πάχος που καλεί-

9. Οι αριθμοί σε αγκύλες αντιστοιχούν στη βιβλιογραφία (βλ. σ. 232-233).



Εικ. 18. Άγιος Γεώργιος (λεπτ. Εικ. 5). Μακροφωτογραφία του θώρακα του αγίου στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος. Είναι εμφανής η διαφορετική οπτική συμπεριφορά που παρουσιάζει ο χιτώνας του αγίου στο δεξιό ώμο

Εικ. 19. Μαφόριο της Παναγίας (λεπτ. Εικ. 10). Μακροφωτογραφία στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος

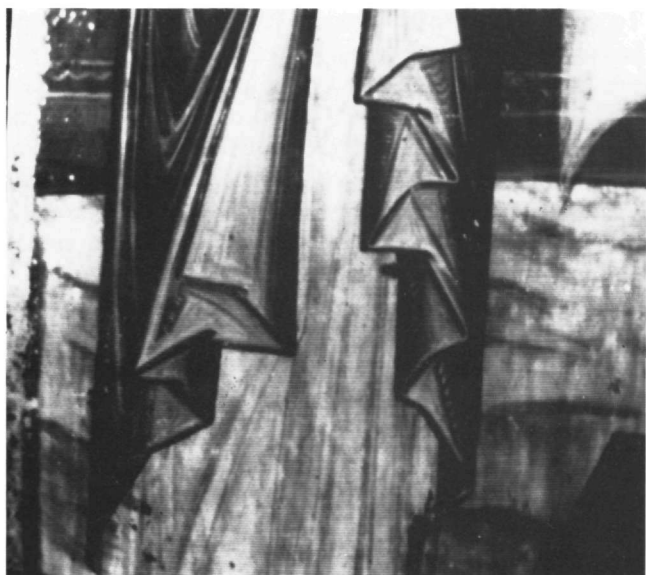
Εικ. 20. Ιωάννης (λεπτ. Εικ. 10). Μακροφωτογραφία στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος

Εικ. 21. Χριστός (λεπτ. Εικ. 12). Μακροφωτογραφία στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος

Εικ. 22. Παναγία και Βρέφος (λεπτ. Εικ. 7). Μακροφωτογραφία στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος

Εικ. 23. Χριστός, κεφαλή (λεπτ. Εικ. 1). Μακροφωτογραφία στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος. Είναι εμφανείς οι επιζωγραφήσεις στο πρόσωπο

Εικ. 24. Ιωάννης (λεπτ. Εικ. 1). Μακροφωτογραφία στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος. Διακρίνεται το φωτοστέφανο που υπήρχε σε προηγούμενο στρώμα

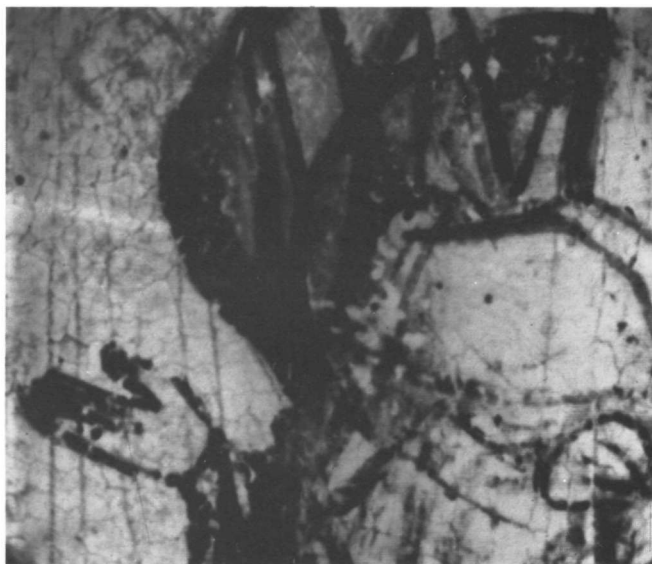
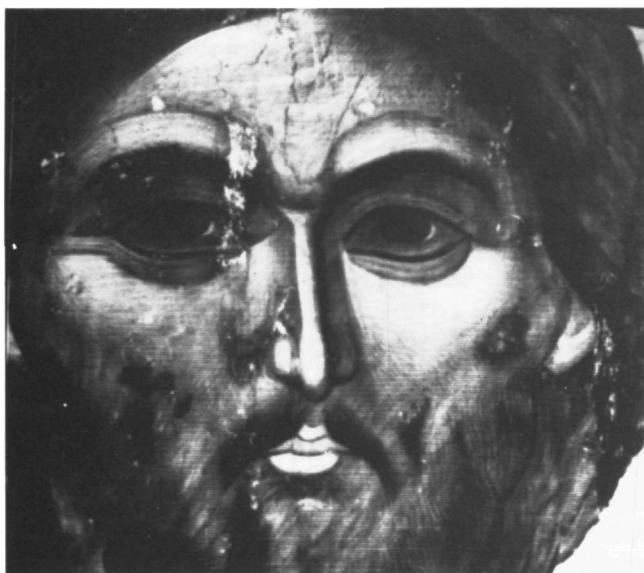


ται πάχος επικάλυψης ( $X_D$ ) και αντιστοιχεί στο ελάχιστο δυνατό πάχος χρωστικής που είναι απαραίτητο για την πλήρη κάλυψη ενός υποκείμενου σχεδίου ή μιας αρχικής ζωγραφικής σύνθεσης.

Η υπέρυθρη ακτινοβολία μπορεί λοιπόν να διαπεράσει ένα χρωματικό στρώμα πάχους  $X < X_D$ , ν' ανακλαστεί στη συνέχεια στο υποκείμενο στρώμα (υπόστρωμα) και εξερχόμενη στον αέρα ν' ανιχνευθεί από κατάλληλη συσκευή. Λέμε τότε ότι το χρωματικό στρώμα δεν «καλύπτει» το υπόστρωμα. Ωστόσο, η παρατήρηση του σκαριφήματος ή της αρχικής ζωγραφικής σύνθεσης γίνεται δυνατή εφόσον υπάρχει σαφής διαφορά στην τιμή της ανακλαστικής ικανότητας χρωματικού στρώματος και υποστρώματος.

Στην περίπτωση της υπέρυθρης ρεφλεκτογραφίας η

ανίχνευση της ανακλώμενης υπέρυθρης ακτινοβολίας πραγματοποιείται με τη βοήθεια κάμερας που περιλαμβάνει σωλήνα στερεού ανιχνευτή θείουχου μολύβδου ή μείγματος θείουχου μολύβδου-οξειδίου του μολύβδου, ο οποίος είναι επίσης ευαίσθητος στην ορατή περιοχή του φάσματος. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται φίλτρο Kodak Wratten 87C, που απορροφά όλα τα μήκη κύματος μέχρι περίπου τα 790 nm (% διαφάνεια: 0,55), και τοποθετείται μπροστά από το φακό της κάμερας. Το οπτικό αποτέλεσμα μεταφέρεται με ηλεκτρονικό τρόπο σε φθορίζουσα οθόνη υψηλής διακριτικής ικανότητας και γίνεται έτσι ορατό, δεδομένου ότι οι διακυμάνσεις των τόνων του γκρίζου σχετίζονται άμεσα με το βαθμό ανακλαστικότητας-απορρόφησης των χρωστικών.



Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε το σύστημα IR της Hamamatsu με στερεό ανιχνευτή θείου-χου μολύβδου του οποίου η φασματική απόκριση φαίνεται στην Εικ. 28 [5]. Η επεξεργασία των υπέρυθρων παραστάσεων έγινε με βάση τις αντίστοιχες φωτογραφίες που πάρθηκαν από τη φθορίζουσα οθόνη του συστήματος.

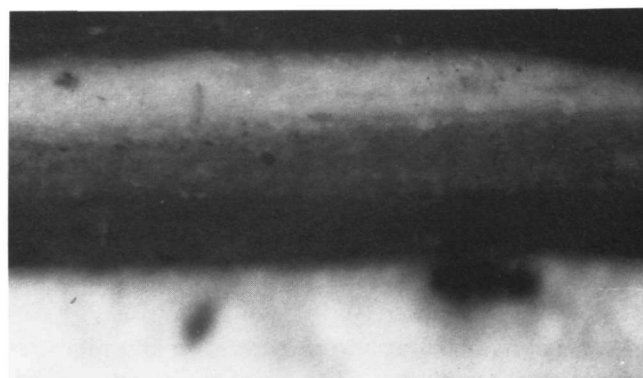
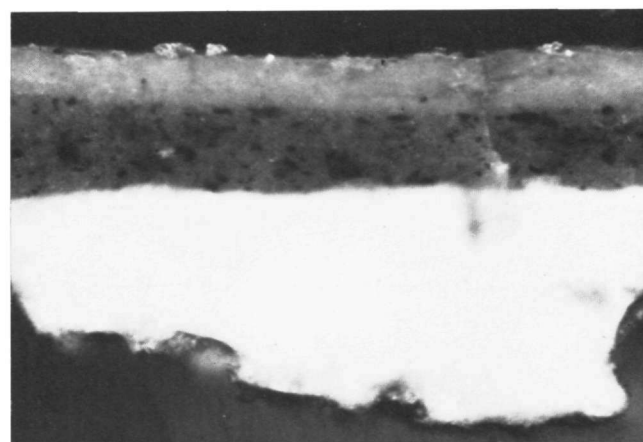
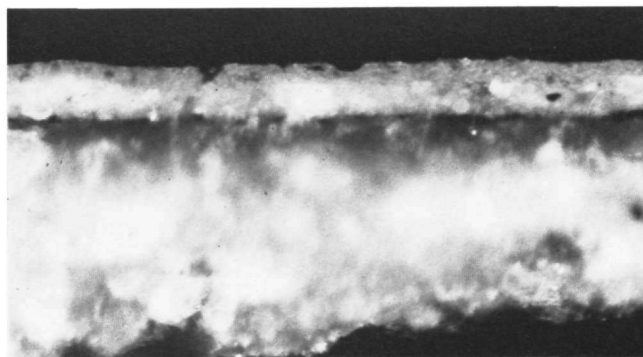
### 1.3. Δειγματοληψία - Προετοιμασία στρωματογραφικών τομών [15-17, 23-25]

Η δειγματοληψία, εγχείρημα δύσκολο, απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή δεδομένου ότι η προκαλούμενη «καταστροφή» της επιφάνειας του πίνακα πρέπει να είναι η ελάχιστη δυνατή και γίνεται έτσι, ώστε το δείγμα, επι-

φάνειας όχι μεγαλύτερης από  $1 \text{ mm}^2$ , να περιέχει τμήμα της προετοιμασίας, όλων των υπερκείμενων χρωματικών στρωμάτων και του βερνικιού. Η δυσκολία της δειγματοληψίας πολλαπλασιάζεται αν ληφθεί υπόψη ότι το δείγμα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό, αν και σημειακό, ενός χρώματος ή μιας περιοχής του πίνακα. Τέλος, ο απαιτούμενος συνολικός αριθμός και η κατάλληλη επιλογή των θέσεων δειγματοληψίας εξαρτώνται άμεσα από την κατάσταση συντήρησης της εικόνας και από το χαρακτήρα του προβλήματος που εξετάζεται.

Επιλέχθηκαν συνολικά ενενήντα θέσεις δειγματοληψίας από τις δεκαεννιά όψεις των εικόνων που μελετήθηκαν. Έγινε προσπάθεια, ώστε το σύνολο των δειγμάτων να περιλαμβάνει χρωματική ποικιλία χαρακτη-





Εικ. 25. Δείγμα Νο 131. 'Αγιος Νικόλαος, Βερ. 3 (βλ. Πίνακα 3). Μικροσκοπική φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος. Διακρίνονται τρία λεπτά χρωματικά στρώματα επάνω από την προετοιμασία. Μεγέθυνση X 200

Εικ. 26. Δείγμα Νο 20. Παναγία, Τ. 191 (βλ. Πίνακα 3). Μικροσκοπική φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος. Σάρκα. Διακρίνονται δύο διαφορετικού πάχους χρωματικά στρώματα επάνω από την προετοιμασία. Μεγέθυνση X 200

Εικ. 27. Δείγμα αριθ. 61. Παναγία Τ. 1027 (βλ. Πίνακα 3). Σάρκα. Μικροσκοπική φωτογραφία στην ορατή περιοχή του φάσματος. Διακρίνονται πέντε χρωματικά στρώματα επάνω από την προετοιμασία, από τα οποία τα τρία πρώτα έχουν διαφορετική πυκνότητα (βλ. Πίνακα 3)

ριστική της παλέτας του βυζαντινού καλλιτέχνη. Τα δείγματα στη συνέχεια εγκιβωτίστηκαν σε διαφανή πολυεστερική ρητίνη και προσανατολίσθηκαν κατάλληλα, ώστε να παρουσιάζουν στην επιφάνεια, μετά τη λείανση, τη μικροστρωματογραφική τους δομή σε τομή από το στρώμα της προετοιμασίας μέχρι το βερνίκι.

*Ι.4. Μικροσκοπική παρατήρηση των δειγμάτων στο οπτικό μικροσκόπιο σε ανακλώμενο φως και του φθορισμού που παρουσιάζουν σε υπεριώδη ακτινοβολία διέγερσης [11, 12, 15-17, 23-27]*

Η μέθοδος επιτρέπει την εκτίμηση του αριθμού και του πάχους των διαφόρων χρωματικών στρωμάτων και των επιζωγραφίσεων, της προετοιμασίας και του βερνικιού της προστασίας. Η παρατήρηση της μικροστρωματογραφικής εσωτερικής δομής γίνεται σε πολωμένο φως χρησιμοποιώντας μεγέθυνση 200 φορές. Με τον τρόπο αυτό γίνονται ορατά όλα τα χρωματικά στρώματα, ενώ διαπιστώνεται συγχρόνως η κοκκομετρική σύνθεση και υφή καθώς και η χρωματική πυκνότητά.

Η μικροσκοπική μελέτη συμπληρώνεται με την παρατήρηση της έντασης του φθορισμού που παρουσιάζουν τα συστατικά των χρωματικών στρωμάτων, όταν αυτά διεγερθούν από κατάλληλη υπεριώδη ακτινοβολία (φωτισμός με λάμπα υδραργύρου). Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται δύο φίλτρα:

α. Φίλτρο «διέγερσης» Leitz UG5. Παρουσιάζει τη μέγιστη διαπερατότητα στα 365nm (βλ. Εικ. 29) και τοποθετείται μπροστά από τη φωτεινή πηγή του μικροσκοπίου.

β. Φίλτρο «αποκοπής» Leitz No 41 που απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία (βλ. Εικ. 29).

Ο συνδυασμός αυτών των φίλτρων επιτρέπει αφ' ενός την καλύτερη διάκριση των χρωματικών στρωμάτων και αφ' ετέρου την ταυτοποίηση ορισμένων οργανικών συστατικών ανάλογα με το είδος του φθορισμού που παρουσιάζουν. Με τον τρόπο αυτό πραγματοποιείται τελικά η «αποκρυπτογράφηση» της τεχνικής της εσωτερικής χρωματικής στρωματογραφίας.

*Ι.5. Ποιοτική ανάλυση της προετοιμασίας και των χρωματικών στρωμάτων με τις μεθόδους της ηλεκτρονικής μικροανάλυσης, μικροπεριθλασιμετρίας ακτίνων X και υπέρυθρης φασματοσκοπίας*

Δεδομένου ότι, όπως τονίσθηκε παραπάνω, σκοπός της εργασίας αυτής δεν ήταν η συστηματική ποιοτική ανάλυση όλων των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των εικόνων που μελετήθηκαν, κρίθηκε αναγκαία η εκλεκτική συστηματική ανάλυση ορι-



σμένων μόνο δειγμάτων, έτσι ώστε να αναπτύσσεται μια συγκεκριμένη πρόταση στην ανάδειξη ειδικής μεθοδολογίας.

Τα δείγματα που εκλέχθηκαν με τον τρόπο αυτό αντιπροσωπεύουν κυρίως το βασικό χρωματικό φάσμα που απαντάται συνήθως και περιλαμβάνει το χρώμα της σάρκας, το κόκκινο και τις αποχρώσεις του μέχρι το κίτρινο, το μπλε ή το μπλε-πράσινο και το λευκό. Αναλύθηκαν με τις μεθόδους της ηλεκτρονικής μικροανάλυσης, της μικροπεριθλασιμετρίας ακτίνων X και της υπέρυθρης μικροφασματοσκοπίας.

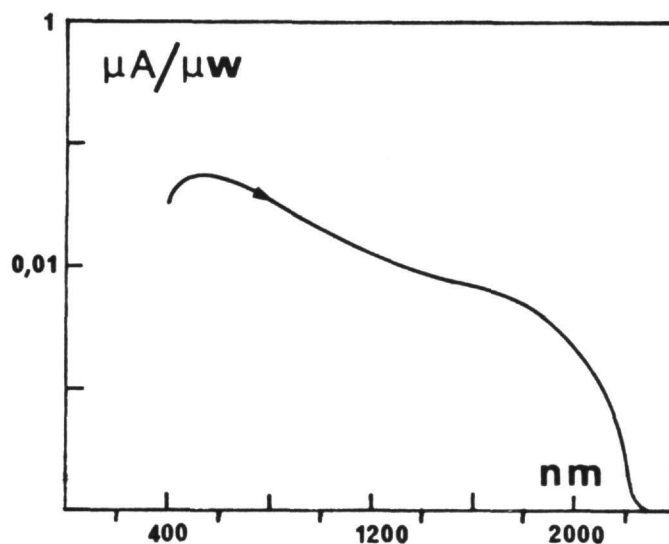
Ηλεκτρονική μικροανάλυση [1, 11, 12, 17, 24-26, 28-32]

Τα χρωματικά στρώματα κάθε δείγματος που προσδιορίστηκαν με τη μικροσκοπική παρατήρηση αναλύθηκαν ποιοτικά στον ηλεκτρονικό μικροαναλυτή Micro Camebax της Cameca του Γραφείου Ορυκτολογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών της Ορλεάνης και στον αντίστοιχο του Πανεπιστημίου του Paris VI στη Γαλλία. Η επιφάνεια των δειγμάτων μετά τη λείανση καλύπτεται αρχικά από λεπτό στρώμα γραφίτη ώστε να γίνει αγωγίμη. Το δείγμα βομβαρδίζεται στη συνέχεια με ηλεκτρονική δέσμη (5nA, 20 KV) σε υψηλό κενό και εκπέμπει αφ' ενός δευτερογενή ηλεκτρόνια, που με αντίστοιχη ηλεκτρονική διάταξη μετατρέπονται σε οπτική εικόνα της επιφάνειας του δείγματος, αφ' ετέρου ακτίνες X που χαρακτηρίζουν ποιοτικά τη σύστασή του. Η ανάλυση των εκπεμπόμενων ακτίνων X με κατάλληλο φασματόμετρο οδηγεί στην εικόνα X της κατανομής του στοιχείου, για το οποίο το φασματοφωτόμετρο έχει ρυθμισθεί, στη συνολική επιφάνεια του δείγματος.

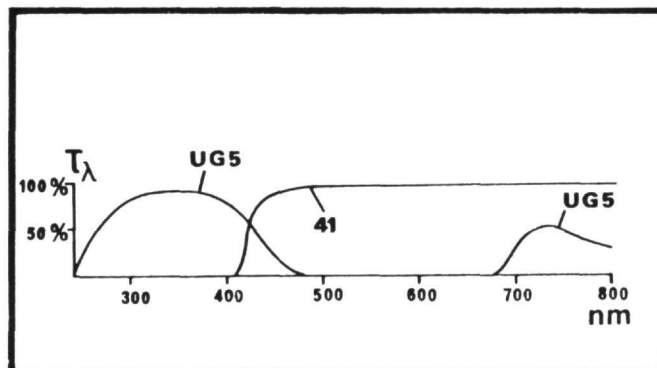
Η μέθοδος παρουσιάζει αφ' ενός το πλεονέκτημα της σημειακής ανάλυσης κάθε κόκκου του χρωματικού στρώματος ξεχωριστά (η μικρότερη επιφάνεια του δείγματος που μπορεί ν' αναλυθεί είναι ίση με  $1 \mu\text{m}^2$ ) χωρίς να καταστρέφεται το δείγμα, αφ' ετέρου τη δυνατότητα ανίχνευσης ενός μεγάλου πλήθους χημικών στοιχείων —από ατομικό αριθμό 11 (Na) ως και 92 (U)— υπό την προϋπόθεση ότι αυτά βρίσκονται σε περιεκτικότητα μεγαλύτερη από 0,5% περίπου.

Μικροπεριθλασιμετρία ακτίνων X [1, 33, 34]

Το μικρό μέγεθος των δειγμάτων (της τάξης του  $1 \text{ mm}^2$ ) απαιτεί ιδιαίτερη τεχνική για τον προσδιορισμό των κρυσταλλικών φάσεων με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας ακτίνων X. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η συσκευή Rigaki Geigerflex του Εργαστηρίου της Πετρογραφίας του Πανεπιστημίου Paris Sud-Orsay στη Γαλλία, η οποία επιτρέπει την ανάλυση επιφανειών διαμέτρου από 35 έως  $120 \mu\text{m}$ . Το προς μελέ-



Εικ. 28. Καμπύλη φασματικής απόκρισης του σωλήνα 214 της Hamamatsu



Εικ. 29. Καμπύλες διαφάνειας των φίλτρων Leitz UG5 και Leitz No 41

την δείγμα τοποθετείται σε λεπτό φύλλο από «mylar» και προσανατολίζεται κατάλληλα με τη βοήθεια ενσωματωμένου οπτικού μικροσκοπίου (μεγέθυνση 160 φορές), έτσι ώστε η ηλεκτρονική δέσμη να βομβαρδίζει την επιφάνεια που πρόκειται ν' αναλυθεί. Για την παραγωγή των ακτίνων X χρησιμοποιήθηκε καθοδικός σωλήνας χαλκού με συνθήκες λειτουργίας 40KV και 20mA.

Υπέρυθρη μικροφασματοσκοπία [1, 25, 35, 36]

Η μέθοδος αυτή παρέχει πληροφορίες αφ' ενός σε ό,τι αφορά την ανίχνευση ορισμένων ανόργανων χρωστικών και την παρουσία άμορφων φάσεων στο εξεταζόμενο δείγμα, αφ' ετέρου επιτρέπει την ταυτοποίηση κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις των οργανικών

ενώσεων-συστατικών των χρωματικών στρωμάτων, είτε πρόκειται για χρωστικές είτε για φορείς ή συνδετικά μέσα.

Με αυτή την έννοια η μέθοδος μπορεί να θεωρηθεί συμπληρωματική τόσο της ηλεκτρονικής μικροανάλυσης όσο και της μικροπεριθλασιμετρίας ακτίνων Χ. Χρησιμοποιήθηκε το φασματοφωτόμετρο 598 Perkin Elmer εφοδιασμένο με κατάλληλη διάταξη κοίλων κατόπτρων που παίζουν το ρόλο μεγεθυντικού φακού, έτσι ώστε η κύρια δέσμη του φασματομέτρου να εστιάζεται στο παρασκευάσμα που έχει διαμορφωθεί σε παστίλια ( $\Phi=1\text{ mm}$ ), μετά από ανάμειξη με καθαρό KBr, με τη βοήθεια μικροπρέσας. Η ποσότητα του δείγματος που απαιτείται για την ανάλυση περιορίζεται έτσι σε μερικά  $\mu\text{g}$ .

Ι. ΧΡΥΣΟΥΛΑΚΗΣ  
Α. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ  
J. PHILIPPON  
P. AUSSET

## II. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η μικροσκοπική μελέτη των ενενήντα μικροδειγμάτων που προέρχονται από δεκατρείς εικόνες του Βυζαντινού Μουσείου Αθηνών (από τις οποίες έξι αμφιπρόσωπες), σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της υπέρυθρης ρεφλεκτογραφίας και με εκείνα της ποιοτικής ανάλυσης της προετοιμασίας και των χρωματικών στρωμάτων με τις μεθόδους της ηλεκτρονικής μικροανάλυσης, της μικροπεριθλασιμετρίας ακτίνων Χ και της υπέρυθρης μικροφασματοσκοπίας, επιτρέπει την εξαγωγή ορισμένων σημαντικών συμπερασμάτων. Πρέπει όμως να σημειωθεί εδώ και να τονισθεί ιδιαίτερα το γεγονός ότι η συγκριτική αυτή μελέτη και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έγινε λαμβάνοντας υπόψη δύο σημαντικές παραμέτρους:

Α'. Το σύνολο των αποτελεσμάτων αναφέρεται στη μελέτη των ενενήντα μικροδειγμάτων που προέρχονται από συνολικά δεκαεννιά όψεις εικόνων του Βυζαντινού Μουσείου Αθηνών και καλύπτουν ένα χρονολογικό φάσμα από τον 9ο μέχρι και το 18ο αι. Ο 9ος, ο 12ος, ο 16ος και ο 18ος αι. αντιπροσωπεύονται από μία μόνο εικόνα αντίστοιχα, ενώ η πλειονότητα ανήκει κυρίως στο 14ο αιώνα.

Τα συμπεράσματα που ακολουθούν ισχύουν, επομένως, για τις συγκεκριμένες εικόνες και έχουν ενδεικτικό χαρακτήρα. Σε καμιά περίπτωση λοιπόν δεν θα ήταν επιτρεπτό να γενικευθούν αυθαίρετα.

Β'. Αν και ο τρόπος που ο καλλιτέχνης ζωγραφίζει είναι δυνατό να παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές τόσο από έργο σε έργο όσο και από σημείο σε σημείο προκειμένου για το ίδιο ζωγραφικό έργο, είναι ωστό-

σο εφικτή η συγκριτική μελέτη των εικόνων με βάση τα κοινά χαρακτηριστικά που πηγάζουν από τους κατασκευαστικούς κανόνες-άξονες που ακολουθεί η βυζαντινή ζωγραφική εικόνων, σε ό,τι αφορά τόσο την τεχνολογία κατασκευής, όσο και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν (είδος και τρόπος παρασκευής των χρωστικών, είδος και αναλογία φορέων ή συνδετικών μέσων).

Ας σημειωθεί ακόμα ότι η ιδιαίτερη ικανότητα έκφρασης του βυζαντινού καλλιτέχνη εκφράζεται πολλές φορές είτε με ασυνέπειες στην αυστηρή τεχνολογία κατασκευής είτε με εμπλουτισμό και ιδιάζοντα τρόπο χρήσης των υλικών (προετοιμασίας, χρωστικών κτλ.).

### II.1. Βιβλιογραφική συγκριτική μελέτη

Οι πηγές πληροφοριών σχετικά με την τεχνική της βυζαντινής και μεταβυζαντινής ζωγραφικής εικόνων είναι εξαιρετικά περιορισμένες. Συνοψίζονται είτε σε κείμενα ερμηνείας της ζωγραφικής τέχνης εικόνων [38, 39] είτε σε πολύ περιορισμένο αριθμό δημοσιευμένων εργασιών φυσικοχημικής ανάλυσης [11, 12, 24, 37]. Τέλος, οι δημοσιευμένες εργασίες που αφορούν εικόνες ρώσικης προέλευσης δεν λαμβάνονται εδώ υπόψη, δεδομένου ότι η τεχνική των ρώσικων εικόνων διαφέρει πολύ από εκείνη των βυζαντινής ζωγραφικής εικόνων [40, 41, 42].

Πριν παραθέσουμε τα πειραματικά αποτελέσματα και με σκοπό την πλήρη κατανόηση και την απρόσκοπτη ερμηνεία τους, κρίνουμε σκόπιμο να παρουσιάσουμε σε αναλυτικό πίνακα (Πίνακας Ι), που καταρτίστηκε ύστερα από συγκριτική μελέτη της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, τις παράλληλες ονομασίες των χρωστικών σε συνδυασμό με τη χημική τους σύσταση. Οι χρωστικές ομαδοποιούνται ανάλογα με τη χρωματική χροιά που παρουσιάζουν, η οποία σημειώνεται στην πρώτη στήλη. Στη δεύτερη στήλη παρουσιάζεται η σύγχρονη επιστημονική τους ονομασία [43, 44] ενώ δίπλα (τρίτη στήλη) σημειώνεται η χημική τους σύσταση [43-46]. Τέλος, αναφέρονται οι ονομασίες που απαντώνται στις βιβλιογραφικές αναφορές [11, 12, 24, 37, 38, 39] (τέταρτη στήλη).

Πολλές από τις ονομασίες που αναφέρονται στην τέταρτη αυτή στήλη χρησιμοποιούνται για πρώτη φορά στην Ερμηνεία του Διονυσίου του εκ Φουρνά [38], ενώ στη σύγχρονη βιβλιογραφία [11, 12, 24, 37] έχει επικρατήσει η επιστημονική ονομασία παράλληλα με εκείνη του Διονυσίου [38].

### II.2. Συνεισφορά της υπέρυθρης ρεφλεκτογραφίας

Η διεισδυτική ικανότητα των υπέρυθρων ακτίνων σε

συνδυασμό με την οπτική συμπεριφορά των χρωστικών στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος (760-2200 nm), όπως αυτή περιγράφηκε στην § I.1, επιτρέπει αφ' ενός μεν την άμεση ταυτοποίηση ορισμένων χρωστικών, αφ' ετέρου δε την επισήμανση των μεταγενέστερων επιζωγραφίσεων ή, ακόμα, την αποκάλυψη των αρχικών σταδίων της δημιουργίας.

Από τη συγκριτική μελέτη της οπτικής συμπεριφοράς των επιφανειακών χρωματικών στρωμάτων στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

Α'. Τα γεώδη χρώματα (ώχρες κυρίως και πράσινη γη) χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα και αποτελούν βασικό συστατικό των χρωματικών μειγμάτων με τα οποία αποδίδονται τα χρώματα της σάρκας, των μαφορίων, των ιματίων ή των χιτώνων. Το ποσοστό απορρόφησης των χρωστικών αυτών κυμαίνεται από 25-75% ανάλογα με τη σύστασή τους και το ποσοστό ανάμειξής τους με το λευκό του μολύβδου. Αντίθετα, για την απόδοση του πορτοκαλοκόκκινου χρώματος του χιτώνα του Χριστού-Παιδιού ή των χιτώνων των αγίων (Τ. 100 Κατ. 3-Παναγία Βρεφοκρατούσα, Τ. 198 Κατ. 4-άγιος Γεώργιος, Κατ. 5Α-Τέσσερις άγιοι, Τ. 157 Κατ. 1Α-Παναγία και Κατ. 6Α-Παναγία) χρησιμοποιείται το κιννάβαρι, χρωστική της οποίας η διαφάνεια στην υπέρυθρη περιοχή είναι πολύ μεγάλη (Εικ. 18).

Β'. Το ινδικό, χρωστική οργανικής προέλευσης, καθώς επίσης και ο αζουρίτης (βλ. Πίνακα 1) φαίνονται να χρησιμοποιούνται σε μεγάλη έκταση, όπως στις περιπτώσεις Τ. 157 Κατ. 1Α-Παναγία, Τ. 100 Κατ. 3-Παναγία Βρεφοκρατούσα, Κατ. 5Α-Τέσσερις άγιοι και Τ. 198 Κατ. 4-άγιος Γεώργιος, Τ. 185 Κατ. 10-Χριστός Σοφία Θεού, Τ. 146 Κατ. 11Α-Χριστός, αντίστοιχα, αντίθετα με το λαζούρι που χρησιμοποιείται σπανιότερα και σε περιορισμένης έκτασης επιφάνειες λόγω του υψηλού του κόστους (Τ. 191 Κατ. 2-Θεοτόκος Οδηγήτρια). Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση της Τ. 1027 Κατ. 8Β-Σταύρωση, όπου για την απόδοση του μπλε χρώματος του χιτώνα του Ιωάννη και του εσωτερικού ρούχου της Παναγίας φαίνεται ότι χρησιμοποιείται το λαζούρι (Εικ. 19, 20). Η χρωστική αυτή αναγνωρίζεται σχετικά εύκολα με την παρατήρηση της εικόνας στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος, δεδομένου ότι παρουσιάζει εξαιρετικά μικρό ποσοστό απορρόφησης. Αντίθετα, η διαφοροποίηση των δύο άλλων και κατ' επέκταση η ταυτοποίησή τους είναι προβληματική· εμφανίζουν την ίδια περίπου οπτική συμπεριφορά που χαρακτηρίζεται από υψηλούς συντελεστές απορρόφησης.

Γ'. Από τις πράσινες χρωστικές (πράσινο του χαλκού, πράσινη γη και μαλαχίτης) ξεχωρίζει η χρήση κυρίως του μαλαχίτη (Τ. 157 Κατ. 1Β-Σταύρωση, Τ. 191 Κατ. 2-Θεοτόκος Οδηγήτρια, Τ. 100 Κατ. 3-Παναγία Βρε-

φοκρατούσα, Τ. 198 Κατ. 4-άγιος Γεώργιος, Κατ. 15Α-άγιος Νικόλαος). Η χρωστική αυτή ταυτοποιείται ευκολότερα από τις υπόλοιπες δύο, που χρησιμοποιούνται σπάνια και σε μεμονωμένες περιπτώσεις (όπως στην πράσινη ταινία του χιτώνα του Χριστού στην Τ. 157 Κατ. 1Β-Παναγία), δεδομένου ότι παρουσιάζεται πολύ περισσότερο διαφάνης.

Δ'. Από το σύνολο των δεκαεννιά όψεων που μελετήθηκαν, διαπιστώθηκαν πέντε περιπτώσεις επιζωγραφισμένων εικόνων που παρουσιάζουν άλλοτε περιορισμένες (Τ. 198 Κατ. 4-άγιος Γεώργιος, Τ. 2162 Κατ. 7-αρχάγγελος Μιχαήλ, Τ. 185 Κατ. 10-Χριστός Σοφία Θεού, Εικ. 21) και άλλοτε εκταταμένες νεότερες επεμβάσεις (Τ. 157 Κατ. 1Α-Σταύρωση, Εικ. 23 και 24, Τ. 146 Κατ. 11Α-Χριστός).

Ε'. Η διεισδυτική ικανότητα των υπέρυθρων ακτίνων επέτρεψε ακόμα την ανίχνευση του αρχικού σχεδίου, όπως στην Κατ. 6Α-Παναγία (Εικ. 22) ή των αρχικών σταδίων κυρίως στην απόδοση του σχεδιαστικού μέρους των χιτώνων (Τ. 1027 Κατ. 8Β-Σταύρωση, Εικ. 18, 19).

### II.3. Προετοιμασία

Από την ηλεκτρονική μικροανάλυση, σε συνδυασμό με τη μικροπεριθλασιμετρία ακτίνων Χ και την υπέρυθρη μικροφασματοσκοπία, φάνηκε ότι στο σύνολο σχεδόν των εικόνων (σε έντεκα όψεις), η προετοιμασία, σε ό,τι αφορά το ανόργανο μέρος, αποτελείται από γύψο,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Ανιχνεύθηκε συγχρόνως η παρουσία Al, Si και σπανιότερα Mn (βλ. Πίνακα 2). Στις υπόλοιπες περιπτώσεις η προετοιμασία αποτελείται από ανθρακικό ασβέστιο  $\text{CaCO}_3$ , παρουσία κυρίως Al, Si και μερικές φορές ιχνών Mg, K και Fe. Ωστόσο, σε μία μόνο περίπτωση (Τ. 188 Κατ. 12Α-Χριστός, του 14ου αι.) παρατηρήθηκε προετοιμασία από μείγμα γύψου και ανθρακικού ασβεστίου, όπως φάνηκε στο φάσμα της μικροφασματοσκοπίας του δείγματος της προετοιμασίας που μελετήθηκε. Το είδος της προετοιμασίας θα μπορούσε ενδεχομένως να προσφέρει πολλές πληροφορίες σε ό,τι αφορά είτε τη χρονική ένταξη ή την τοπική προέλευση των εικόνων είτε τη διαφοροποίηση και κατάταξή τους κατά σχολές. Γι' αυτό επιβάλλεται μια ολοκληρωμένη μελέτη ως προς τη σύστασή της με τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών ιχνοστοιχείων που τη συνοδεύουν. Η μελέτη αυτή θα αποτελέσει αντικείμενο ιδιαίτερης δημοσίευσης σύντομα, δεδομένου ότι βρίσκεται ήδη στο στάδιο της επεξεργασίας και αξιολόγησης των πειραματικών αποτελεσμάτων.

### II.4. Χρωματικά στρώματα

Η εξέταση των ενενήντα μικροδειγμάτων στο οπτικό

μικροσκόπιο τόσο στην ορατή όσο και στην υπεριώδη περιοχή του φάσματος, οδήγησε σε ορισμένες γενικές παρατηρήσεις-συμπεράσματα σε ό,τι αφορά το πάχος, την κοκκομετρική κατανομή και τον αριθμό υπερκείμενων της προετοιμασίας χρωματικών στρώματων.

Κατά τη δειγματοληψία έγινε προσπάθεια ώστε: α) τα λαμβανόμενα δείγματα να είναι αντιπροσωπευτικά μιας περιοχής ή ενός χρώματος και β) οι θέσεις δειγματοληψίας να παραμένουν κατά το δυνατό οι ίδιες σε όλες τις εικόνες.

Ο τρόπος δειγματοληψίας επέτρεψε τη συγκριτική μελέτη των δειγμάτων κατά κατηγορίες χρωμάτων και την ομαδοποίηση εκείνων που παρουσίαζαν ομοιότητες στην εσωτερική αρχιτεκτονική δομή τους.

Τα δείγματα που πάρθηκαν καλύπτουν ένα χρωματικό φάσμα που περιλαμβάνει:

α) Το κόκκινο και τις αποχρώσεις του (από το μαφόρι της Παναγίας, τα ιμάτια των αγίων και του Χριστού ή από επιγραφές ή σχέδια της ζωγραφισμένης επιφάνειας).

β) Το μπλε και τις αποχρώσεις του (από το φόρεμα της Παναγίας, τους χιτώνες των αγίων ή του Χριστού, το φωτοστέφανο ή το σάκκο των αγίων).

γ) Το χρώμα της σάρκας.

δ) Το χρώμα του φόντου.

ε) Το χρώμα των μαλλιών.

στ) Μεμονωμένα χρώματα που δεν υπήρχαν αναγκαστικά σε όλες τις εικόνες που μελετήθηκαν, όπως άσπρο (από τους μανδύες ή το ευαγγέλιο), καστανό (από το ωμοφόριο), γκριζο (από τα κτίρια), μαύρο (από σχέδια ή μανδύες), πράσινο-λαδί (από το φαιλόνιο) και ροζ (από το πετραχήλι).

Η αρίθμηση των δειγμάτων, οι θέσεις της δειγματοληψίας, σε συνδυασμό με τη μικροσκοπική περιγραφή τους, παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 3.

Α'. Το πάχος των χρωματικών στρώματων κυμαίνεται από 10  $\mu\text{m}$  έως 100  $\mu\text{m}$  (1  $\mu\text{m}$ =0,001 mm) με μία μέση τιμή ίση με 40  $\mu\text{m}$  για το μεγαλύτερο μέρος των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν. Η τιμή αυτή γίνεται δεκτή με την προϋπόθεση ότι η διακύμανση του πάχους σε κάθε χρωματικό στρώμα θεωρείται αμελητέα, γεγονός που κατά προσέγγιση ισχύει, έτσι ώστε το πάχος των χρωματικών στρώματων να αποτελέσει κριτήριο συγκριτικής διαφοροποίησης των εικόνων.

Συγκεκριμένα, οι εικόνες του αγίου Γεωργίου (Τ. 198 Κατ. 4) και του αγίου Νικολάου (Κατ. 15Α) παρουσιάζουν πολύ λεπτά ομοιόμορφα και ισοπαχή χρωματικά στρώματα, το πάχος των οποίων κυμαίνεται από 10  $\mu\text{m}$  έως 20  $\mu\text{m}$  (βλ. Εικ. 25).

Αντίθετα, σε ό,τι αφορά τις εικόνες της Παναγίας του 14ου αι. Τ. 191 Κατ. 2 και Κατ. 6Α παρατηρήθηκαν ανισόπαχα χρωματικά στρώματα με μέση τιμή που κυμαίνεται από 70  $\mu\text{m}$  έως 100  $\mu\text{m}$  (βλ. Εικ. 26 και 27).

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι οι εικόνες του αρχαγγέλου Μιχαήλ (Τ. 1262 Κατ. 7) και της Παναγίας (Τ. 1027 Κατ. 8Α) παρουσιάζουν άλλοτε ιδιαίτερα λεπτά και άλλοτε εξαιρετικά μεγάλου πάχους χρωματικά στρώματα.

Β'. Η κοκκομετρική κατανομή των χρωματικών στρώματων είναι εν γένει ανομοιογενής με μια μέση τιμή μεγέθους κόκκων περίπου ίση με 2  $\mu\text{m}$ . Σε ορισμένα όμως δείγματα υπάρχουν εξαιρετικά μεγάλοι κόκκοι, διαμέτρου πολλές φορές και μέχρι 20  $\mu\text{m}$  (όπως τα δείγματα αριθ. 2, 17, 37, 62, 82, 92, 115, 117, 125, 127), ενώ άλλα εμφανίζουν ιδιαίτερα ψιλή κοκκομετρία (όπως τα δείγματα αριθ. 54, 55, 56, 93, 94, 95, 81 και 131).

Γ'. Ο αριθμός των χρωματικών στρώματων είναι περιορισμένος. Στις περισσότερες περιπτώσεις το χρωματικό αποτέλεσμα αποδίδεται με ένα ή δύο χρωματικά στρώματα πάνω από την προετοιμασία. Αυτός ο απλοποιημένος τρόπος της βυζαντινής ζωγραφικής τεχνολογίας επέτρεψε να επισημάνουμε και να εκτιμήσουμε τις περιπτώσεις εκείνες στις οποίες η χρωματική χροιά αποδιδόταν με επάλληλα στρώματα της ίδιας χρωστικής αλλά διαφορετικής πυκνότητας (δείγματα αριθ. 72 και 124). Επέτρεψε επίσης τον εύκολο εντοπισμό των μεταγενέστερων επιζωγραφίσεων, δεδομένου ότι ο αριθμός των χρωματικών στρώματων στην περίπτωση αυτή είναι ασυνήθιστα μεγάλος (δείγματα αριθ. 11, 15, 15α, 41, 61, 72, 79, 82 και 124) (βλ. Πίνακα 3). Τα δείγματα στη συνέχεια μελετήθηκαν κατά κατηγορίες χρωμάτων.

Το χρώμα της σάρκας στα δείγματα που μελετήθηκαν αποδίδεται κυρίως με δύο χρωματικά στρώματα πάχους περίπου 40  $\mu\text{m}$  το καθένα (δείγματα αριθ. 4, 12, 20, 50, 56, 83 και 95), των οποίων το βασικό συστατικό είναι πολύ συχνά η πράσινη γη είτε σε καθαρή μορφή είτε συνήθως αραιωμένη σε λευκό του μολύβδου (βλ. Εικ. 26). Το υποκείμενο στρώμα ενίοτε εμπλουτίζεται με κόκκους άνθρακα (δείγματα αριθ. 20, 39) και σπανιότερα με κόκκους αιματίτη ή κινναβάρεως (δείγματα αριθ. 28, 83), ενώ το υπερκείμενο στρώμα πράσινης γης περιέχει μεγαλύτερη αναλογία «αιματιτικής» ή «λειμονιτικής» ώχρας είτε κόκκων αιματίτη ή κινναβάρεως (δείγματα αριθ. 50, 56, 61 και 83). Το λευκό του μολύβδου αντικαθίσταται πολλές φορές από ανθρακικό ή θειικό ασβέστιο (δείγματα αριθ. 72 και 50), το οποίο χρησιμοποιείται επίσης σε μορφή λεπτού καθαρού λευκού στρώματος σαν «φωτισμός» στην απόδοση του χρώματος της σάρκας (δείγματα αριθ. 4, 12, 24, 28, 56 και 83). Εξαίρεση από το συνήθη τρόπο που περιγράφεται πιο πάνω αποτελεί το δείγμα αριθ. 66 που συνίσταται από δύο χρωματικά στρώματα, από τα οποία το υποκείμενο είναι μείγμα λευκού του ψευδαργύρου και λευκού του μολύβδου και το υπερκείμενο



μείγμα αιματίτη και ανθρακικού ασβεστίου, γεγονός που εναρμονίζεται όμως με τη χρονολογική τοποθέτησή του, δεδομένου ότι προέρχεται από εικόνα του 18ου αιώνα (Τ. 1027 Κατ. 8B-Σταύρωση).

Το γεγονός της απόδοσης του χρώματος της σάρκας με περισσότερα από ένα χρωματικά στρώματα είναι χαρακτηριστικό της ιδιαίτερης σημασίας και σπουδαιότητας που απέδιδε ο βυζαντινός ζωγράφος στο χρώμα αυτό και στο ρόλο που έπαιζε στο συνολικό έργο. Πράγματι, η παρουσία της «αιματιτικής» ώχρας και του κινναβάρεως αφ' ενός και η αναλογία της αναμειγξέως του λευκού του μολύβδου με την πράσινη γη αφ' ετέρου, αποτελούσαν παράγοντες διαφοροποίησης της χροιάς του χρώματος προκειμένου να αποδοθεί το χρώμα του δέρματος ανάλογα με το αναπαριστώμενο θέμα.

Πρέπει όμως να σημειωθεί εδώ ότι παρατηρήθηκαν επίσης και δείγματα αποτελούμενα από ένα μόνο χρωματικό στρώμα, μείγμα κυρίως ώχρας («αιματιτικής» ή «λειμονιτικής» προέλευσης) ή πράσινης γης, αραιωμένης σε λευκό του μολύβδου και εμπλουτισμένης με κόκκους άνθρακα και αιματίτη (δείγματα αριθ. 13, 14, 39 και 44).

Το κόκκινο χρώμα και οι αποχρώσεις του από το καστανοκόκκινο έως το πορτοκαλοκόκκινο αποδίδεται συνήθως με ένα (δείγματα αριθ. 8, 16, 21, 23, 43, 80, 91, 112 και 122) ή δύο χρωματικά στρώματα (δείγματα αριθ. 3, 33, 48, 93, 96, 97 και 129), καλυπτόμενα σε ορισμένες περιπτώσεις από πολύ λεπτό λευκό στρώμα (δείγματα αριθ. 51, 73, 77 και 80). Τα χρωματικά στρώματα αποτελούνται κυρίως από μείγμα «αιματιτικής» και σπανιότερα «λειμονιτικής» ώχρας ή καθαρού αιματίτη ή κινναβάρεως με λευκό του μολύβδου και κόκκους άνθρακα. Μερικές φορές το λευκό του μολύβδου αντικαθίσταται από θειικό ή ανθρακικό ασβέστιο (δείγματα αριθ. 73, 77 και 80).

Τέλος, σε μία περίπτωση (δείγμα αριθ. 21) ανιχνεύθηκαν και κόκκοι αζουρίτη στο μείγμα «αιματιτικής» ώχρας, λευκού του μολύβδου και κόκκων άνθρακα που αποτελούσε κόκκινο χρωματικό στρώμα από το μαφόρι της Παναγίας.

Το λευκό χρώμα στα τρία από τα τέσσερα δείγματα που μελετήθηκαν (δείγματα αριθ. 75, 89, 118 και 128) αποδίδεται με ένα μόνο χρωματικό στρώμα αποτελούμενο κυρίως από λευκό του μολύβδου ή από γύψο ή ανθρακικό ασβέστιο εμπλουτισμένο ενίοτε με κόκκους άνθρακα. Ας σημειωθεί, ωστόσο, ότι στο δείγμα αριθ. 89 αναγνωρίστηκαν δύο επάλληλα λευκά στρώματα.

Αντίθετα, μεγάλη ανομοιομορφία παρατηρήθηκε στον τρόπο απόδοσης του μπλε ή πράσινου-μπλε χρώματος. Η ποικιλία σε ό,τι αφορά τόσο το πάχος και τον αριθμό των χρωματικών στρωμάτων, όσο και την κοκκομε-

τρία και το είδος των ορυκτών χρωστικών που χρησιμοποιήθηκαν, υποδηλώνει την ελευθερία με την οποία ο βυζαντινός καλλιτέχνης χειρίζεται και χρησιμοποιεί το χρώμα αυτό, ενώ συγχρόνως κατέστησε προβληματική κάθε προσπάθεια σύγκρισης και ομαδοποίησης των δειγμάτων που μελετήθηκαν. Διαπιστώθηκε, ωστόσο, και επιβεβαιώθηκε από την ηλεκτρονική μικροανάλυση ορισμένου αριθμού δειγμάτων ότι στην απόδοση του μπλε ή πράσινου-μπλε χρώματος, από τις ανόργανες ορυκτές χρωστικές χρησιμοποιείται ο αζουρίτης και η πράσινη γη, οι οποίες συνήθως αραιώνονται σε λευκό του μολύβδου και αναμειγνύονται με ώχρες «αιματιτικής» ή «λειμονιτικής» προέλευσης και άνθρακα ανάλογα με την περίπτωση (δείγματα αριθ. 2, 45, 62, 67, 74).

Τέλος, σε ό,τι αφορά το χρώμα του φόντου ή των μαλίων, αυτό συνήθως αποδίδεται από ώχρες «λειμονιτικής» ή «αιματιτικής» προέλευσης σε μείγματα με λευκό του μολύβδου, πράσινη γη και άνθρακα σε διάφορες αναλογίες (δείγματα αριθ. 22, 32, 40, 54, 68, 78, 81).

### III. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κριτική αξιολόγηση των πειραματικών αποτελεσμάτων που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους σε ό,τι αφορά τη μελέτη της μικροστρωματογραφικής δομής, σε συνδυασμό με εκείνη της οπτικής συμπεριφοράς των επιφανειακών χρωματικών στρωμάτων στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος του συνόλου των δεκαεννιά όψεων που μελετήθηκαν, οδήγησε στην παρουσίαση των παρακάτω συμπερασμάτων:

1. Όπως φάνηκε ήδη στην § II, 3 της προηγούμενης ενότητας μια πρώτη κατάταξη των εικόνων σε δύο ομάδες (με μία αξιοπρόσεκτη εξαίρεση), βασισμένη στο είδος της προετοιμασίας, οδηγεί σε κάποια συγκεκριμένη διαφοροποίηση ως προς την κατασκευαστική τεχνολογία. Η διαπίστωση όμως αυτή, όπως ήδη τονίστηκε προηγουμένως, κρίνεται απαραίτητο να ενισχυθεί με τα συμπεράσματα από τη μελέτη των ιχνοστοιχείων της προετοιμασίας από ανθρακικό ασβέστιο και εκείνων της προετοιμασίας από γύψο, σε συνδυασμό με τα συμπεράσματα της μελέτης των χρωματικών στρωμάτων, καθώς επίσης και με τη μαθηματική επεξεργασία της υπέρυθρης εικόνας, που αποτελεί, όμως, αντικείμενο συγκεκριμένης ερευνητικής δραστηριότητας στη συνέχεια.

2. Πρέπει να επισημανθεί ιδιαίτερα το γεγονός ότι σε κανένα από τα δείγματα που αναλύθηκαν δεν ανιχνεύθηκε η παρουσία μαγγανίου (Mn), χαρακτηριστικού στοιχείου της όμπρας και της σιέννας. Η διαπίστωση αυτή φαίνεται να αντιβαίνει στις αναφορές της Ερμηνείας του Διονυσίου, σύμφωνα με την οποία οι δύο



αυτές χρωστικές αποτελούσαν βασικά συστατικά των χρωματικών μειγμάτων. Αντίθετα, επιβεβαιώθηκε η παρουσία της πράσινης γης κυρίως στη χρωματική απόδοση των σαρκωμάτων. Η χρωστική αυτή, σύμφωνα πάντα με το Διονύσιο, αποτελούσε βασικό στοιχείο της τοιχογραφίας και πολύ λιγότερο της ζωγραφικής των εικόνων.

3. Οι εικόνες του Χριστού από τη Θεσσαλονίκη (Τ. 185 και Τ. 188) μαζί με την εικόνα της Παναγίας Τ. 1027 (Εικ. 12, 15, 9 αντίστοιχα) παρουσιάζουν αξιοσημείωτες αναλογίες στην τεχνολογία κατασκευής: το πάχος, η κοκκομετρία και ο αριθμός των χρωματικών στρωμάτων, καθώς επίσης και το είδος των ορυκτών χρωστικών που χρησιμοποιήθηκαν στη δημιουργία τους, αποκαλύπτουν μια απλή, ομοιόμορφη και χωρίς αντινομίες τεχνολογία κατασκευής.

4. Πρέπει να σημειώσουμε ότι οι εικόνες της Σταύρωσης (Τ. 157) (Εικ. 1), της Παναγίας Οδηγήτριας (Τ. 191) (Εικ. 3) και του αρχαγγέλου Μιχαήλ (Τ. 2162) (Εικ. 8) χαρακτηρίζονται από την παρουσία ενός πολύ λεπτού χρωματικού στρώματος κίτρινης απόχρωσης που παρεμβάλλεται ανάμεσα στην προετοιμασία και τα υπερκείμενα χρωματικά στρώματα. Στις εικόνες αυτές διαπιστώθηκε επίσης ακανόνιστο πάχος κάθε χρωματικού στρώματος στο ίδιο δείγμα. Το ενδιάμεσο αυτό στρώμα στην εικόνα της Σταύρωσης (Τ. 157) που παρουσιάζει επιπλέον πλήθος επιζωγραφίσεων (δείγματα αριθ. 11, 12, 15 και 15α), αποτελείται από την κίτρινη χρωστική  $\text{orpiment}$  ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ) (βλ. Πίνακα 1), ενώ στην εικόνα της Παναγίας (Τ. 191) από όχρα «λειμονιτικής» προέλευσης. Τέλος, στην εικόνα του αρχαγγέλου Μιχαήλ (Τ. 2162) από μείγμα όχρας «λειμονιτικής» προέλευσης και λευκό του μολύβδου, εμπλουτισμένο με κόκκους άνθρακα.

5. Κοινό χαρακτηριστικό των δύο εικόνων Τ. 198 Κατ. 4-άγιος Γεώργιος του 14ου αι. (Εικ. 5) και Κατ. 15Α-άγιος Νικόλαος (Εικ. 16) είναι τα εξαιρετικά λεπτά και ισοπαχή χρωματικά στρώματα, γεγονός που τις διαφοροποιεί σαφώς από το σύνολο των υπόλοιπων.

Για τον αντίθετο ακριβώς λόγο ξεχωρίζουν οι εικόνες της Παναγίας Τ. 191 Κατ. 2 (Εικ. 3) και Κατ. 6Α (Εικ. 7), στις οποίες η απόδοση του χρωματικού αποτελέσματος γίνεται με χρωματικά στρώματα ακανόνιστου και ιδιαίτερα μεγάλου πάχους.

6. Κατασκευαστικές ομοιότητες σε ό,τι αφορά το πάχος, την κοκκομετρία και τη χρωματική ποικιλία των χρωματικών στρωμάτων παρουσιάζουν τρεις ακόμα εικόνες του 14ου αι.:

Η δεύτερη όψη της αμφιπρόσωπης Παναγίας Τ. 157 Κατ. 1Β (Εικ. 2).

Η Παναγία Βρεφοκρατούσα Τ. 100 Κατ. 3 (Εικ. 4).

Η πρώτη όψη της αμφιπρόσωπης Τ. 146 Κατ. 11Α-Χριστός (Εικ. 13).

Ο αριθμός των χρωματικών στρωμάτων, το είδος και η ποικιλία των ορυκτών χρωστικών που χρησιμοποιήθηκαν είναι περιορισμένος· ωστόσο, χαρακτηρίζονται από λεπτή κοκκομετρία και πάχη που κυμαίνονται γύρω στα 40  $\mu\text{m}$ .

7. Σε ό,τι αφορά τις αμφιπρόσωπες εικόνες παρουσιάζονται οι παρακάτω διαπιστώσεις:

Οι παραστάσεις της Σταύρωσης (9ος-13ος αι.) και της Παναγίας (16ος αι.) (Τ. 157) (Εικ. 1, 2), του Χριστού και του αγίου Αθανασίου (Τ. 146) (Εικ. 13, 14), και του αγίου Νικολάου και της Σταύρωσης από τη Βέροια (Εικ. 16, 17) δεν παρουσιάζουν κατασκευαστική ομοιότητα στην εσωτερική αρχιτεκτονική δομή τους. Ειδικότερα στην τελευταία εικόνα είναι προφανές ότι πρόκειται για δύο όψεις τελείως διαφορετικής εποχής και τεχνοτροπίας. Αντίθετα, οι δύο όψεις της εικόνας της Παναγίας και της Σταύρωσης (Τ. 1027) (Εικ. 9, 10) δεν παρουσιάζουν σαφείς ομοιότητες, ούτε όμως και διαφορές στην εσωτερική στρωματογραφική δομή τους, έτσι ώστε να γίνεται δυνατή ενδεχόμενη συγκριτική αξιολόγηση, αν και τοποθετούνται σε τελείως διαφορετικές ιστορικές εποχές.

8. Αξίζει τέλος να σημειωθεί ότι στις δύο εικόνες της Παναγίας του 14ου αι. (Τ. 100, αλλά ιδιαίτερα στην Τ. 191) (Εικ. 4 και 3 αντίστοιχα) διαπιστώθηκε μια ασυνήθιστα μεγάλη ποικιλία χρωστικών και ένας ιδιάζοντας τρόπος χρήσης τους μέσα στο ίδιο χρωματικό στρώμα. Το γεγονός αυτό δηλώνει ιδιαίτερη γνώση της συμπεριφοράς των χρωστικών και μεγάλη ικανότητα στη μείξη τους, προκειμένου να αποδοθεί η προσωπική αισθητική έκφραση του βυζαντινού δημιουργού.

Ι. ΧΡΥΣΟΥΛΑΚΗΣ - Α. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ

#### BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ι. Χρυσουλάκης, Ζυγός, αριθ. 35, Μάιος-Ιούνιος 1979, σ. 7-15.
2. S. J. Fleming, Authenticity in Art, The Institut of Physics, London-Bristol 1975.
3. J. R. G. van Asperen de Boer, Διδακτορική διατριβή, Amsterdam 1970.
4. J. R. G. van Asperen de Boer, Applied Optics, 7, αριθ. 9, Σεπτ. 1968, σ. 1711-1714.
5. J. R. G. van Asperen de Boer, Studies in Conservation 19 (1974), σ. 97-99.
6. J. R. G. van Asperen de Boer, International Council of Museums Committee for Conservation, 3rd Plenary Meeting, Madrid, 2-7 October 1972.
7. J. R. G. van Asperen de Boer, Studies in Conservation, 14 (1969), σ. 96-118.
8. C. Lahanier-C. de Couessin, Ελληνογαλλικό Διήμερο Μελέτης, Πρακτικά, 17-18 Οκτώβρη 1983, Αθήνα, σ. 79-96.

9. Infrared and Ultraviolet Photography, Kodak No M-27, M-28, 1972.
10. H. Lou Gibson, Photography by Infrared, John Wiley and Sons, New York - Chichester - Brisbane - Toronto 1978.
11. Ι. Χρυσουλάκης - Κ. Μάρλας, Τριμηνιαία Επιστημονική Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, 3/1979, σ. 13-22.
12. Ι. Χρυσουλάκης - Κ. Μάρλας, Αρχαιολογία, 3, Μάιος 1982, σ. 80-86.
13. M. Fansworth, Tech. Studies in the Field of Fine Arts 7 (1938), σ. 88-98.
14. L. Faillant-Dumas, Bulletin du Laboratoire du Musée du Louvre 12 (1968), σ. 32-45.
15. M. Hours, A la découverte de la peinture, Arts et Metiers Graphiques, Paris 1957.
16. M. Hours, Les secrets des Chefs d'Oeuvre, Denoël/Gonthier, Editions Robert Laffont, Paris 1964.
17. M. Hours, Analyse scientifique et conservation des peintures, Office du Livre S.A., Fribourg (Suisse) 1976.
18. A. Hadni, L'infrarouge, PUF (Que sais-je?), αριθ. 497, 1975.
19. G. Betton, La photographie scientifique (Que sais-je?), αριθ. 1608, 1975.
20. D. G. Phillips - F. W. Billmeyer, Journal of Coatings Technology, Proceedings αριθ. 122.
21. S. E. Orchard, J. Oil. Col. Chem. Assoc. 51 (1968), σ. 44-60.
22. D. Patterson, Pigments. An Introduction to their Physical Chemistry. Elsevier Pub. Co. Ltd 1967.
23. N. Brommelle - P. Smith, Conservation and Restauration of Pictorial Art, Butterworths 1978.
24. Ι. Χρυσουλάκης - Θ. Χατζηδάκης, Ελληνογαλλικό Διήμερο Μελέτης, Πρακτικά, 17-18 Οκτώβρη 1983, Αθήνα, σ. 171-185.
25. Ι. Χρυσουλάκης - Β. Περδικάτσης - Χ. Μπακιρτζής, ό.π., σ. 195-222.
26. M. Matteini - A. Moles, Scienza e restauro, Nardini Editore 1984.
27. Metodo e scienza, Operativa e ricerca nel restauro, Sansoni Editore 1983.
28. La vie mysterieuse des Chefs d'Oeuvre, Ministère de la Culture, Edition de la Réunion des Musées Nationaux, Paris 1980.
29. G. Elzinga-Ter Haar, Studies in Conservation 16 (1971), σ. 41-45.
30. A. P. Hornblower, Archaeometry 6 (1969), σ. 37-42.
31. R. Giovanoli, ό.π., σ. 53-59.
32. S. Delbourgo, Annales du Laboratoire de Recherche des Musées de France (1971), σ. 35.
33. G. Delcroix - N. Delseau - J. Philippon, Ελληνογαλλικό Διήμερο Μελέτης, Πρακτικά, 17-18 Οκτώβρη 1983, Αθήνα, σ. 127-147.
34. C. Lahanier, ό.π., σ. 43-78.
35. E. H. Van't Hul-Ehrnreich, Studies in Conservation 15 (1970), σ. 175-182.
36. Ι. Χρυσουλάκης - Α. Αλεξοπούλου, Cahiers de Physique appliqués à l'Archéometrie, Oct. 1986.
37. Μ. Καλαμιώτου - Σ. Ε. Φιλιππάκης, Ελληνογαλλικό Διήμερο Μελέτης, Πρακτικά, 17-18 Οκτώβρη 1983, Αθήνα, σ. 289-301.
38. Α. Παπαδόπουλος-Κεραμεύς, Διονυσίου του εκ Φουρνά, Ερμηνεία της ζωγραφικής τέχνης, Πετρούπολις 1909.
39. Φ. Κόντογλου, Έκφρασις, Α', Αθήνα 1960.
40. V. J. Birstein - G. Z. Byvoka - M. M. Naymova, ICOM Committee for Conservation, 5th Triennial Meeting, Zagreb 1978.
41. A. A. Rybakov, ICOM Committee for Conservation, 6th Triennial Meeting, Ottawa 1981.
42. O. V. Lelekova - M. M. Naymova, ICOM Committee for Conservation, 6th Triennial Meeting, Ottawa 1981.
43. R. J. Gettens - G. L. Stout, Painting Materials, Dover Pub. Inc., New York 1966.
44. A. P. Laurie, The Painter's Methods and Materials, Dover Pub. Inc., New York 1967.
45. K. Wehlte, The Materials and Technics of Painting. With a Supplement on Color Theory, Van Nostrand Reinhold Comp. 1975.
46. Κ. Πλακωτάρης, Υλικά και τεχνική στη ζωγραφική και διακοσμητική, Πνευματικό και Καλλιτεχνικό Κέντρο ΩΡΑ, Αθήνα 1969.

## ΠΙΝΑΚΑΣ Ι. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΔΕΚΑΕΝΝΙΑ ΟΨΕΩΝ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ

Αριθμός εικόνας	Παράσταση	Αιώνας	Αριθμός φωτογραφίας (εικ.)
T. 157 Κατ. 1A	Παναγία	16ος	1
T. 157 Κατ. 1B	Σταύρωση	9ος-13ος	2
T. 191 Κατ. 2	Θεοτόκος Οδηγήτρια	14ος	3
T. 100 Κατ. 3	Παναγία Βρεφοκρατούσα	14ος	4
T. 198 Κατ. 4	Άγιος Γεώργιος	14ος	5
(Βερ. 1) Κατ. 5A	Τέσσερις άγιοι	14ος	6
(Βερ. 1) Κατ. 5B	Σταύρωση	14ος	
(Βερ. 2) Κατ. 6A	Παναγία Γλυκοφιλούσα	14ος	7
T. 2162 Κατ. 7	Αρχάγγελος Μιχαήλ	14ος	8
T. 1027 Κατ. 8A	Παναγία Γλυκοφιλούσα	14ος	9
T. 1027 Κατ. 8B	Σταύρωση	18ος	10
T. 95 Κατ. 9	Παναγία δεομένη	15ος	11
T. 185 Κατ. 10	Χριστός Σοφία Θεού	14ος	12
T. 146 Κατ. 11A	Χριστός	14ος	13
T. 146 Κατ. 11B	Άγιος Αθανάσιος Αλεξανδρείας	17ος-18ος	14
T. 188 Κατ. 12A	Χριστός	14ος	15
T. 188 Κατ. 12B	Σταυρός	14ος	
(Βερ. 3) Κατ. 15A	Άγιος Νικόλαος	14ος-15ος	16
(Βερ. 3) Κατ. 15B	Σταύρωση	14ος-15ος	17

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΧΡΩΣΤΙΚΩΝ ΠΟΥ, ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ, ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΙΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

Χρώμα	Κλασική σύγχρονη ονομασία	Χημική σύσταση	Ονομασία απαντώμενη στις βιβλιογραφικές αναφορές [11, 12, 24, 37, 38, 39]
Άσπρο	Θειϊκό ασβέστιο Ανθρακικό ασβέστιο Λευκό του μολύβδου	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{CaCO}_3$ $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$	γύψος στόκος, κιμωλία ψιμμύθι, στουπέτσι
Κίτρινο	Θειούχο αρσενικό (orpiment) Όχρα «λειμονιτική»	$\text{As}_2\text{S}_3$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$	αρσενίκι ώχρα βενέτικη
Κόκκινο	Όχρα «αιματιτική» Επιτεταρτοξείδιο του μολύβδου (μίνιο) Θειούχος υδράργυρος (κιννάβαρι)	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$ $\text{Pb}_3\text{O}_4$ $\text{HgS}$	ώχρα πολίτικη μίνιο, λαμπέζι κιννάβαρι
Καφέ-Κόκκινο	Όμπρα ωμή Όμπρα ψημένη Σιέννα ωμή Σιέννα ψημένη Οξείδιο του σιδήρου (αιματίτης) Λάκκα κριμεζίου	ένυδρο $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + \text{MnO}_2 (8-16\%) + \text{SiO}_2$ άνυδρο $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + \text{MnO}_2 (8-16\%)$ ένυδρο $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + \text{MnO}_2 (0,6-1,5\%) + \text{SiO}_2$ άνυδρο $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + \text{MnO}_2 (0,6-1,5\%) + \text{SiO}_2$ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ $\text{C}_{18}\text{H}_{12}\text{O}_9$	βαθιά ώχρα βώλος, οξύ, σιναπίδι χονδροκόκκινο, βώλος ανοικτός κριμέζι
Πράσινο	Βασικός οξεικός χαλκός (verdigris) Πράσινη γη Βασικός ανθρακικός χαλκός (μαλαχίτης)	$\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{Cu}(\text{OH})_2$ $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ και υδροπυριτικά άλατα Mg, Al, K $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	πράσινο του χαλκού, βαρδαράμον, τσιγκιάρι πράσινη μαλαχίτης
Μπλε	Βασικός ανθρακικός χαλκός (αζουρίτης) Λαζουλίτης (ultramarine nat.) Ινδικό	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ αλλοτροπική μορφή $3\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{Na}_2\text{S}$ $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$	αζουρίτης λαζούρι λουλάκι
Μαύρο	Γραφίτης (άνθρακας)	C	μαύρο

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

Είδος προετοιμασίας	Αριθμός εικόνας	Παράσταση	Αιώνας
Ανθρακικό ασβέστιο $\text{CaCO}_3$	T. 157 Κατ. 1B	Παναγία	16ος
	T. 157 Κατ. 1A	Σταύρωση	9ος
	T. 191 Κατ. 2	Θεοτόκος Οδηγήτρια	14ος
	T. 198 Κατ. 4	Άγιος Γεώργιος	14ος
	T. 2162 Κατ. 7	Αρχάγγελος Μιχαήλ	14ος
	T. 1027 Κατ. 8B	Σταύρωση	18ος
	T. 95 Κατ. 9	Παναγία δεομένη	
	T. 185 Κατ. 10	Χριστός Σοφία Θεού	14ος
	T. 146 Κατ. 11A	Χριστός	14ος
	T. 146 Κατ. 11B	Άγιος Αθανάσιος Αλεξανδρείας	17ος-18ος
	T. 188 Κατ. 12B	Σταυρός	
Γύψος $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	T. 100 Κατ. 3	Παναγία Βρεφοκρατούσα	14ος
	(Βερ. 1) Κατ. 5A	Τέσσερις άγιοι	14ος
	(Βερ. 1) Κατ. 5B	Σταύρωση	
	Κατ. 6A	Παναγία Γλυκοφιλούσα	14ος
	T. 1027 Κατ. 8A	Παναγία Γλυκοφιλούσα	14ος
	Κατ. 15B	Σταύρωση	
	Κατ. 15A	Άγιος Νικόλαος	
Μείγμα $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3$	T. 188 Κατ. 12A	Χριστός	14ος



ΠΙΝΑΚΑΣ 3. ΘΕΣΕΙΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ, ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΧΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ, ΧΩΡΙΣ ΝΑ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ Η ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ. Η ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΓΙΝΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΠΡΟΣ ΤΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ ΧΡΩΜΑΤΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ

Αριθμός εικόνας	Παράσταση	Αριθμός δείγματος	Θέση δείγματος. Μακροσκοπική περιγραφή	Αριθμός στρωμάτων	Στρώμα	Μικροσκοπική περιγραφή
Τ. 157 ΚΑΤ. ΙΒ (Β' όψη)	Παναγία 16ος αι.	1	Κίτρινο από το κάτω μέρος του μανδύα του Χριστού	3	I	Πολύ λεπτό στρώμα με μαύρους κόκκους
					II	Κίτρινο ομογενές στρώμα με μικρούς κόκκινους και μαύρους κόκκους
					III	Κίτρινο καφέ στρώμα ανομοιομόρφης κοκκομετρίας με κίτρινους και καφέ-κόκκινους κόκκους
		2	Πράσινο μπλε από το μανίκι της Παναγίας	2	I	Στρώμα έντονου πράσινου μπλε, ανομοιομόρφης κοκκομετρίας με πολλούς πράσινους μπλε κόκκους κρυσταλλικής υφής
					II	Στρώμα λευκό ομογενές, ιδίου πάχους με το I
		3	Κόκκινο από το μαφόρι της Παναγίας (κάτω μέρος)	2	I	Στρώμα κόκκινο σκούρο, σταθερού πάχους, ομοιομόρφης κοκκομετρίας
					II	Στρώμα κόκκινο καφέ ομοιομόρφης κοκκομετρίας, σταθερού πάχους περίπου ίδιου με το I (μερικοί λευκοί κόκκοι)
		4	Σάρκα από το χέρι της Παναγίας (κάτω δεξιά)	3	I	Στρώμα κίτρινο λαδί σταθερού πάχους με πολλούς μικρούς κόκκινους και μαύρους κόκκους
					II	Σταθερού πάχους στρώμα κίτρινο ανοικτό με κόκκινους μικρούς και άσπρους κόκκους
					III	Λεπτό ομογενές άσπρο στρώμα
		5	Πράσινο ανοικτό από το μανίκι του Χριστού	2	I	Στρώμα πράσινο γαλάζιο, σταθερού πάχους, με πολύ μικρούς πράσινους, γαλάζιους και μαύρους κόκκους
					II	Λεπτό ομογενές λευκό στρώμα
		8	Κόκκινο άστρο επάνω από το δεξιό ώμο του Ιωάννη	2	I	Έντονα κίτρινο στρώμα ανομοιομόρφης κοκκομετρίας, ιδιαίτερα κρυσταλλικής υφής
					II	Στρώμα κόκκινο-βυσσινί, ανομοιομόρφης κοκκομετρίας με πολλούς καφέ-κόκκινους κόκκους

T. 157 Κατ. ΙΑ (Α' όψη) Σταύρωση 9ος αι.	9	Μαλλιά του Ιωάννη	3	I	Στρώμα γκρι μαύρο ανομοιόμορφης κοκκομετρίας, μεγάλου πάχους, με άσπρους, μαύρους κόκκους
				II	Στρώμα κόκκινο σκούρο, ιδιαίτερα πλούσιας και ανομοιόμορφης κοκκομετρίας (κόκκοι κόκκινοι, καφέ, άσπροι και μαύροι)
				III	Στρώμα άσπρο κίτρινο, με κίτρινους κρυσταλλικούς και άσπρους κόκκους
	11	Σάρκα από το αριστερό χέρι της Παναγίας	3	I	Στρώμα κόκκινης λάκας με κόκκινους κρυσταλλικής υφής κόκκους
				II	Στρώμα βερνικιού
				III	Στρώμα κίτρινο-άσπρο, ανισόπαχο, με άσπρους και κίτρινους κόκκους, ανομοιόμορφης κοκκομετρίας
	12	Ροζ σάρκα από τον αριστερό άγγελο	3	I	Λεπτό κίτρινο στρώμα κρυσταλλικής υφής
				II	Στρώμα κίτρινο-καφέ μεγάλου πάχους, ανομοιόμορφης κοκκομετρίας, με κόκκους άσπρους, κόκκινους, καφέ και μαύρους
				III	Λεπτό λευκό ομογενές στρώμα
	13	Σάρκα από τον αριστερό ώμο του Χριστού	1	I	Στρώμα κίτρινο καφετίζον, με άσπρους κόκκους ανομοιόμορφης κοκκομετρίας
	14	Σάρκα από το χεράκι που βγαίνει δίπλα στον Ιωάννη	2	I	Στρώμα άσπρο-ροζ με πολλούς μικρούς άσπρους κόκκους
				II	Στρώμα ροζ με πολλούς μικρούς κόκκινους και άσπρους κόκκους
	15α	Σάρκα από το πρόσωπο του Χριστού, κάτω από τη μύτη	5	I	Στρώμα κίτρινο πράσινο σχεδόν ομογενές
				II	Στρώμα βερνικιού
				III	Στρώμα λεπτό, έντονα κόκκινο με πολλούς πορτοκαλοκόκκινους και κόκκινους κόκκους
				IV	Στρώμα ροζ-πορτοκαλί, σχετικά μεγάλου πάχους με μικρούς κόκκινους κόκκους
				V	Λεπτό λευκό ομογενές στρώμα
	15	Καφέ πρασινίζον φόρεμα της Παναγίας	5	I	Κίτρινο λεπτό ομογενές στρώμα
				II	Στρώμα πράσινο μπλε έντονο ανομοιόμορφης κοκκομετρίας με πράσινους και γαλάζιους κόκκους
				III	Στρώμα που φθορίζει σε φωτισμό UV.
				IV	Στρώμα σκούρο καφέ
				V	Λευκό ομογενές μεγάλου πάχους στρώμα
	16	Μαφόρι Παναγίας (κάτω αριστερά)	2	I	Λεπτό κίτρινο στρώμα
				II	Στρώμα κόκκινο-βυσσινί, μεγάλου πάχους, ιδιαίτερα πλούσιας και ανομοιόμορφης κοκκομετρίας (κόκκοι πορτοκαλοκόκκινοι, κόκκινοι, μπλε, άσπροι, μαύροι)

T. 191 Κατ. 2 Θεοτόκος Οδηγήτρια 14ος αι.	17	Πράσινο μπλε από το μανίκι της Παναγίας	2	I	Λεπτό κίτρινο στρώμα
				II	Στρώμα γαλάζιο, μεγάλου πάχους, ιδιαίτερα πλούσιας και ανομοιόμορφης κοκκομετρίας (κόκκοι άσπροι, γαλάζιοι, μπλε και μαύροι)
	18	Πορτοκαλοκόκκινος χιτώνας του Χριστού	1	I	Στρώμα πορτοκαλοκόκκινο με πολλούς μικρούς κόκκινους κόκκους
	20	Σάρκα από το χέρι της Παναγίας	2	I	Στρώμα πράσινο-λαδί σταθερού πάχους με πολλούς μικρούς κόκκινους, μαύρους και πράσινους κηρώδεις κόκκους
				II	Στρώμα κίτρινο-πράσινο ομογενές
T. 100 Κατ. 3 Παναγία Βρεφοκρατούσα 14ος αι.	21	Καφέ σκούρο μαφόρι (πτυχή, κέντρο αριστερά)	1	I	Σχετικά μεγάλου πάχους κόκκινο βυσσινί στρώμα ανομοιόμορφης κοκκομετρίας με πολλούς κόκκινους, πορτοκαλοκόκκινους, γαλάζιους,
	22	Μαλλιά του Χριστού	3	I	Λεπτό κίτρινο στρώμα
				II	Κίτρινο-πράσινο λαδί στρώμα με μαύρους κόκκους
				III	Πράσινο λαδί στρώμα με πολλούς μαύρους και κόκκινους μικρούς κόκκους
	23	Κόκκινο μαφόρι Παναγίας	1	I	Στρώμα κόκκινο-βυσσινί ανομοιογενούς και μεγάλης κοκκομετρίας (κόκκοι πορτοκαλοκόκκινοι, κόκκινοι και μαύροι
T. 100 Κατ. 3 Παναγία Βρεφοκρατούσα 14ος αι.	24	Σάρκα από το χέρι της Παναγίας	2	I	Πράσινο-λαδί ομογενές στρώμα με μικρούς διάσπαρτους κόκκινους και μαύρους κόκκους
				II	Λεπτό άσπρο ομογενές στρώμα
	25	Πορτοκαλί από το μανδύα του Χριστού	2	I	Πορτοκαλοκίτρινο στρώμα με λίγους διάσπαρτους μικρούς κόκκινους κόκκους
				II	Ομογενές λεπτό, άσπρο στρώμα
	26	Πράσινο γκρι από το δεξιό μανίκι του Χριστού	2	I	Πράσινο γκρι στρώμα μεγάλου πάχους, ανομοιόμορφης κοκκομετρίας με πράσινους, μαύρους, λευκούς και μπλε κόκκους
T. 100 Κατ. 3 Παναγία Βρεφοκρατούσα 14ος αι.				II	Στρώμα τοπικά από κίτρινο χρώμα
	27	Μπλε από το κάλυμμα της κεφαλής της Παναγίας	2	I	Γαλάζιο σκούρο στρώμα
				II	Λευκό ομογενές στρώμα
	28	Σάρκα από το χέρι της Παναγίας	2	I	Πράσινο-λαδί στρώμα με διάσπαρτους κόκκινους, πορτοκαλοκόκκινους και μαύρους κόκκους. (Διακρίνεται λεπτή μαύρη γραμμή στη διεπιφάνεια με την προετοιμασία)
				II	Πολύ λεπτό ομογενές άσπρο χρώμα
T. 100 Κατ. 3 Παναγία Βρεφοκρατούσα 14ος αι.	29	Μαλλιά του Χριστού (κέντρο δεξιά)	2	I	Καφετίζον στρώμα με πολλούς διάσπαρτους μικρούς κόκκινους και πράσινους κόκκους
				II	Λεπτό γαλάζιο-γκρι στρώμα
T. 100 Κατ. 3 Παναγία Βρεφοκρατούσα 14ος αι.	30	Ώχρα του φόντου	1	I	Στρώμα κίτρινο ακανόνιστου πάχους
	31	Σάρκα από το λαιμό του αγίου	2	I	Στρώμα πράσινο-λαδί με μικρούς μαύρους και λίγους κόκκινους κόκκους

Τ. 198 Κατ. 4	Άγιος Γεώργιος 14ος αι.	32	Μαλλιά του αγίου	2	II	Πολύ λεπτό άσπρο ομογενές στρώμα
				I	I	Πράσινο σκούρο στρώμα μικρού πάχους με πράσινους κηρώδεις κόκκους
		33	Κόκκινο του μανδύα (κάτω αριστερά)	2	II	Στρώμα γαλάζιο-γκρι μικρού πάχους
				I	I	Στρώμα έντονα πορτοκαλοκόκκινο μικρού πάχους με πολλούς μικρούς πορτοκαλοκόκκινους κόκκους
		34	Γκρι-μπλε άνοικτό (αριστερό μανίκι)	1	II	Κόκκινο σκούρο στρώμα μικρού πάχους
				I	I	Πράσινο-γκρι ομογενές στρώμα μικρού πάχους
		35	Καφέ ανοικτό από το αριστερό χέρι του αγίου	3	I	Πράσινο καφέ στρώμα μικρού πάχους με διάσπαρτους μικρούς κόκκινους κόκκους
					II	Λεπτό μαύρο στρώμα
					III	Λεπτό καφέ σκούρο στρώμα
Κατ. 5A (Α' όψη)	Τέσσερις άγιοι (Βέρ. Ι) 14ος αι.	37	Μπλέ από το μανδύα του πρώτου αγίου	1	I	Μη σταθερού πάχους στρώμα πράσινο σκούρο με μεγάλους πράσινους κρυστάλλους
		38	Καφέ, δίπλα στο κεφάλι του παιδιού-αγίου αριστερά	1	I	Πράσινο καφέ στρώμα με διάσπαρτους καφέ-κόκκινους, πράσινους και μαύρους κόκκους
		39	Σάρκα από το δεξί αυτί του δεξιού αγίου	1	I	Στρώμα πράσινο λαδί, ακανόνιστου πάχους με λίγους πράσινους κόκκους
		40	Ώχρα από το στόλισμα του μανδύα του δεξιού αγίου	1	I	Στρώμα καφέ ανοικτό, ομογενές, με διάσπαρτους μικρούς κόκκινους κόκκους
		41	Άσπρο από το μανδύα του δεξιού αγίου	4	I	Στρώμα ακανόνιστου πάχους πράσινο σκούρο
					II	Στρώμα ακανόνιστου πάχους πορτοκαλοκόκκινο
					III	Στρώμα καφέ σκούρο ακανόνιστου πάχους
		42	Γαλάζιο γκρι από το μανδύα του μεσαιού αγίου	2	I	Στρώμα ομογενές λευκό χωρίς προσμίξεις
					I	Στρώμα κίτρινο καφέ, μεγάλου πάχους, με πράσινους και κόκκινους μικρούς διάσπαρτους κόκκους
					II	Στρώμα πράσινο μπλε, μικρού πάχους, με μπλε-γαλάζιους και λίγους άσπρους κόκκους
Κατ. 5B (Β' όψη)	Σταύρωση (Βέρ. Ι)	43	Κόκκινο σκούρο από το μαφόρι της Παναγίας	2	I	Στρώμα κόκκινο σκούρο ανομοιόμορφης κοκκομετρίας με πορτοκαλοκόκκινους, κόκκινους και μαύρους κόκκους
					II	Στρώμα λεπτό άσπρο χωρίς προσμίξεις
		44	Σάρκα από την περιοχή της κοιλιάς του Χριστού	1	I	Κίτρινο καφέ ανοικτό στρώμα με προσμίξεις μαύρων, καφέ, κόκκινων και πράσινων κηρωδών κόκκων
		45	Μπλε από το ρούχο του Ιωάννη	1	I	Μπλε σκούρο στρώμα μεγάλου πάχους
		48	Κόκκινο σκούρο από το μαφόρι της Παναγίας	2	I	Στρώμα έντονα κόκκινο μεγάλου πάχους με πολλούς πορτοκαλείς και κόκκινους κόκκους



Κατ. 6A (A' όψη)	Παναγία (Βέρ. 2) 14ος αι.	49	Μπλε από το φωτοστέφανο του Χριστού	1	I	Ακανόνιστου πάχους πράσινο σκούρο στρώμα με μερικούς λευκούς κόκκους
		50	Σάρκα από το αριστερό χέρι της Παναγίας	2	I	Λεπτό σαν γραμμή πορτοκαλοκίτρινο στρώμα με πολλούς μικρούς πορτοκαλείς κόκκους
					II	Κίτρινο καφέ στρώμα μεγάλου πάχους με διάσπαρτους μαύρους και κόκκινους μικρούς κόκκους
		51	Κόκκινο ανοικτό από το μανδύα του Χριστού	3	I	Όπως το στρώμα I του δείγματος 48
					II	Κόκκινο-καφέ σκούρο στρώμα, κανονικού πάχους
					III	Κίτρινο καφετίζον στρώμα ανομοιόμορφου πάχους
T. 2162 Κατ. 7	Αρχάγγελος 14ος αι.	54	Όχρα από το ιμάτιο του αρχαγγέλου	3	I	Λεπτό σαν γραμμή μαύρο στρώμα
					II	Στρώμα πράσινο λαδί ομογενές με πολλούς μικρούς διάσπαρτους κόκκινους και μαύρους κόκκους
					III	Στρώμα λευκό ομογενές κατά τόπους
		55	Χρυσό, άκρη κάτω αριστερά	3	I	Λεπτό σαν γραμμή μαύρο στρώμα όπως το δείγμα 54 I
					II	Στρώμα μικρού πάχους πορτοκαλόχρουν ομογενές
					III	Στρώμα μικρού πάχους πορτοκαλί-καφέ ομογενές
		56	Σάρκα από το δεξί χέρι του αρχαγγέλου	3	I	Πολύ μικρού πάχους στρώμα κίτρινο πράσινο με διάσπαρτους μαύρους κόκκους
					II	Στρώμα σταθερού και μεγάλου πάχους κίτρινο πορτοκαλί με προσμίξεις μικρών κόκκινων και άσπρων κόκκων
					III	Λεπτό άσπρο ομογενές στρώμα
T. 1027 Κατ. 8A (A' όψη)	Παναγία 14ος αι.	60	Όχρα από το μανδύα του Χριστού	2	I	Στρώμα πράσινο-καφέ ανοικτό, μη σταθερού πάχους με πολλούς μικρούς έντονα κόκκινους και μαύρους κόκκους
					II	Στρώμα πολύ λεπτό άσπρο
		61	Σάρκα από το δεξί χέρι της Παναγίας	5	I	Στρώμα πράσινο λαδί σταθερού πάχους με προσμίξεις πολλών μικρών πράσινων κηρωδών και λίγων κόκκινων κόκκων
					II	Στρώμα κίτρινο πράσινο σταθερού πάχους (ίδιου με I) με πολλούς μικρούς έντονα κόκκινους κόκκους
					III	Στρώμα σταθερού πάχους (ίδιου με I και II) λευκό ομογενές.
					IV	Μικρού πάχους πράσινο λαδί ομογενές στρώμα
					V	Πολύ λεπτό άσπρο στρώμα

T. 1027 Κατ. 8B (B' όψη)	Σταύρωση 18ος αι.	62	Πράσινο-μπλε από την ταινία του ρούχου του Χριστού	1	I	Στρώμα πράσινο-μπλε μεγάλου πάχους, ανομοιόμορφης κοκκομετρίας με πολλούς μπλε-πράσινους και λίγους άσπρους κόκκους
		66	Σάρκα από το δεξί πόδι του Χριστού	2	I	Στρώμα πορτοκαλόχρουν, σταθερού πάχους, λεπτής κοκκομετρίας με κόκκινους,πράσινους και μαύρους κόκκους
		67	Πράσινο μπλε από το ιμάτιο του Ιωάννη	2	I	Στρώμα λευκό μεγάλου πάχους
					I	Στρώμα πράσινο λαδί σκούρο με προσμίξεις καφέ,κόκκινων,πράσινων και μαύρων κόκκων
T. 95 Κατ. 9	Παναγία δεομένη	72	Σάρκα από το αριστερό χέρι της Παναγίας	4	II	Στρώμα μπλε-μαύρο με πολλούς μικρούς άσπρους κόςκκους
					I	Στρώμα πράσινο λαδί σκούρο λεπτό σαν γραμμή
					II	Στρώμα κίτρινο καφετίζον ανομοιόμορφης λεπτής κοκκομετρίας με καφέ-κόκκινους, άσπρους και μαύρους κόκκους
					III	Λεπτό σκούρο στρώμα κατά τόπους
T. 185 Κατ. 10	Χριστός Σοφία Θεού 14ος αι.	73	Κόκκινο σκούρο από το μανίκι του Χριστού	3	I	Στρώμα πορτοκαλοκίτρινο ανομοιόμορφης' κοκκομετρίας με πολλούς άσπρους και μικρούς κόκκινους κόκκους
		74	Μπλε από το μανδύα του Χριστού	3	II	Στρώμα μικρού πάχους πράσινο-λαδί
					III	Στρώμα πράσινο λαδί με άσπρους κόκκους
					IV	Κόκκινο καφετίζον στρώμα
		75	Άσπρο από το ευαγγέλιο	1	I	Στρώμα μη σταθερού πάχους κόκκινο καφέ λεπτής κοκκομετρίας με κόκκινο-καφέ και μαύρους κόκκους
					II	Στρώμα κόκκινο-καφέ μικρού πάχους
					III	Στρώμα λευκό κατά τόπους
		77	Κόκκινο από το γράμμα του ευαγγελίου	3	I	Στρώμα γκρι πράσινο, ανομοιόμορφης κοκκομετρίας με πρασινωπούς και λευκούς κόκκους
					II	Στρώμα πράσινο μπλε μεγάλου πάχους
III	Λεπτό λευκό ομογενές στρώμα					
78	Ώχρα από την κορνίζα	2	I	Στρώμα κίτρινο λαδί σκούρο με προσμίξεις καφέ,κόκκινων,πράσινων και μαύρων κόκκων		
			II	Μικρού πάχους στρώμα κόκκινο βυσσινί με μικρούς καφέ κόκκινους κόκκους		
79	Πορτοκαλί από την ταινία πάνω από το αριστερό χέρι του Χριστού	4	I	Στρώμα μη σταθερού πάχους γκρι πράσινο με άσπρους και ελάχιστους κόκκινους κόκκους		

				II	Λεπτό στρώμα σταθερού πάχους, κιτρινίζον με προσμίξεις λευκών κόκκων
				III	Όπως το στρώμα I
				IV	Στρώμα πράσινο καφέ σκούρο, κατά τόπους, με πολλούς μικρούς μαύρους και πράσινους κόκκους
T. 146 Κατ. 11A (A' όψη)	Χριστός 14ος αι.	80	Κόκκινο από το μάτιο του Χριστού	2	I Κόκκινο σκούρο χρώμα κατά τόπους, πολύ λεπτής κοκκομετρίας
				II	Στρώμα λευκό κατά τόπους
		81	Πορτοκαλί από το «σημείο» του Χριστού	2	I Στρώμα πορτοκαλοκίτρινο ομογενές με προσμίξεις έντονα κόκκινων και πρασινόμαυρων κόκκων
				II	Στρώμα μη σταθερού πάχους, λευκό ομογενές
		82	Μπλε από το μανδύα του Χριστού	4	I Στρώμα μικρού πάχους σαν γραμμή, μαύρο
T. 146 Κατ. 11B (B' όψη)	Άγιος Αθανάσιος Αλεξανδρείας 17ος-18ος αι.			II	Στρώμα πράσινο-γκρι με μαυροπράσινους κόκκους
				III	Στρώμα πράσινο-μπλε σκούρο, ανομοιόμορφης και μεγάλης κοκκομετρίας, κόκκοι πράσινοι, μπλε, μαύροι
				IV	Στρώμα λευκό μικρού πάχους
		83	Σάρκα από το αριστερό χέρι του Χριστού	2	I Στρώμα πράσινο λαδί φωτεινό, με προσμίξεις πολλών μικρών έντονα κόκκινων και πράσινων κόκκων
				II	Στρώμα κίτρινο λαδί ανοικτό, με προσμίξεις κόκκινων και λίγων άσπρων κόκκων
T. 146 Κατ. 11B (B' όψη)	Άγιος Αθανάσιος Αλεξανδρείας 17ος-18ος αι.	84	Χρυσό φόντο επάνω	1	I Πολύ λεπτό έντονα κίτρινο στρώμα
		85	Σάρκα από το αριστερό αυτί του αγίου	3	I Στρώμα λευκό μεγάλου πάχους με προσμίξεις κόκκινων κόκκων
				II	Στρώμα μικρού πάχους έντονα κίτρινο
				III	Στρώμα μικρού πάχους άσπρο
		87	Γκρι από το βιβλίο του αγίου	2	I Στρώμα μικρού πάχους πράσινο-λαδί με προσμίξεις πράσινων και μαύρων κόκκων
T. 146 Κατ. 11B (B' όψη)	Άγιος Αθανάσιος Αλεξανδρείας 17ος-18ος αι.			II	Στρώμα γκρι ανοικτό πράσινο με πολλούς άσπρους και πολλούς πρασινόμαυρους κόκκους
		88	Ροζ από το πετραχήλι του αγίου	2	I Στρώμα ανοικτό γκρι πράσινο μικρού πάχους με προσμίξεις πράσινων και λευκών κόκκων
				II	Στρώμα γκρι καφετίζον, ανομοιόμορφης κοκκομετρίας με άσπρους και κόκκινους κόκκους
		89	Άσπρο από το μανδύα	2	I Στρώμα λευκό γκρι με προσμίξεις πολλών μικρών πράσινων, κόκκινων και μαύρων κόκκων
				II	Στρώμα λευκό
T. 146 Κατ. 11B (B' όψη)	Άγιος Αθανάσιος Αλεξανδρείας 17ος-18ος αι.	90	Μαύρο από το μανδύα	3	I Στρώμα πρασινίζον με πολλούς έντονα πράσινους και άσπρους κόκκους
				II	Μαύρο στρώμα
				III	Στρώμα λευκό κατά τόπους

T. 188 Κατ. 12A (Α' όψη)	Χριστός 14ος αι.	91	Κόκκινο από το αριστερό μανίκι του Χριστού	1	I	Στρώμα κόκκινο βυσσινί, μη σταθερού πάχους
		92	Μπλε σκούρο από το μανδύα	3	I	Στρώμα κίτρινο καφέ έντονα κοκκώδες με καφέ κίτρινους και μαύρους κόκκους
					II	Στρώμα πράσινο μπλε ανομοιόμορφης κοκκομετρίας με πολλούς μαύρους κόκκους
					III	Λευκό στρώμα ομογενές, χωρίς προσμίξεις
		93	Κανελί από το κέντρο του ευαγγελίου	2	I	Στρώμα πορτοκαλόχρουν πολύ λεπτό, με ελάχιστες προσμίξεις μικρών κόκκινων κόκκων
			II	Στρώμα πορτοκαλί-καφέ μικρού πάχους με προσμίξεις καφέ κόκκινων και μαύρων κόκκων		
		94	Χρυσό φόντο	1	I	Στρώμα πολύ λεπτό έντονα κίτρινο
		95	Σάρκα από το αριστερό χέρι	2	I	Στρώμα πράσινο λαδί με προσμίξεις πράσινων, κόκκινων και μαύρων κόκκων
					II	Πολύ μικρού πάχους πορτοκαλοπράσινο στρώμα με πορτοκαλείς και άσπρους κόκκους
T. 188 Κατ. 12B (Β' όψη)	Σταυρός	96	Κόκκινο σκούρο από τα σχέδια	2	I	Στρώμα κόκκινο σκούρο ανομοιόμορφης κοκκομετρίας με καφέ κόκκινους κόκκους
					II	Στρώμα πράσινο μαύρο μη σταθερού πάχους, ανομοιόμορφης κοκκομετρίας
		97	Κόκκινο ανοικτό από τα σχέδια	2	I	Όπως το δείγμα 96 I
					II	Στρώμα πολύ μικρού πάχους έντονα κόκκινο
Κατ. 15B (από τη Βέροια, Έκθεση ΧΑΕ) (Β' όψη)	Σταύρωση	120	Κίτρινο από το κάτω μέρος του πλαισίου	2	I	Στρώμα με κίτρινους μεγάλους κόκκους
					II	Στρώμα λευκό ομογενές
		121	Πράσινο καφετίζον από τα κτίρια	2	I	Στρώμα καφέ λαδί ομοιόμορφης κοκκομετρίας
					II	Στρώμα κίτρινο καφέ ομοιόμορφης κοκκομετρίας με άσπρους και καφέ κίτρινους κόκκους
		122	Κόκκινο καφέ από το μαφόρι της Παναγίας	1	I	Στρώμα κόκκινο καφέ σταθερού πάχους ανομοιόμορφης κοκκομετρίας με πολλούς κόκκινο-καφέ, μαύρους και άσπρους κόκκους
		123	Άσπρο από το περίζωμα	1	I	Στρώμα λευκό ομογενές, χωρίς προσμίξεις
		124	Κόκκινο από το μανδύα του Ιωάννη	5	I	Στρώμα έντονα κόκκινο με κρυσταλλικούς κόκκινους και πορτοκαλοκόκκινους κόκκους
			II	Στρώμα όμοιο με το I, αλλά μικρότερης χρωματικής πυκνότητας		
			III	Στρώμα σκούρο κόκκινο λεπτό σαν γραμμή		
			IV	Στρώμα λευκό κατά τόπους, πολύ μικρού πάχους		
			V	Στρώμα καφέ-λαδί πολύ μικρού πάχους, μικρής κοκκομετρίας με πράσινους, καφέ-κόκκινους και μαύρους κόκκους		
		125	Πράσινο από το ιμάτιο του αριστερού αγγέλου	3	I	Στρώμα μαύρο, λεπτό σαν γραμμή



Κατ. 15Α (από τη Βέροια, Έκθεση ΧΑΕ) (Α' όψη) Αγιος Νικόλαος	127	Μπλε από το ιμάτιο του δεξιού αγγέλου	2	II	Κίτρινο στρώμα μη σταθερού πάχους, κρυσταλλικής υφής με κατά τόπους πράσινες περιοχές
				III	Στρώμα κατά τόπους λευκό χωρίς προσμίξεις
				I	Στρώμα πράσινο μπλε ανομοιόμορφης και μεγάλης κοκκομετρίας με πράσινο-μπλε, άσπρους και μαύρους κόκκους
				II	Στρώμα σκούρο μπλε-μαύρο σχεδόν ομογενές
	128	Άσπρο από το ένδυμα του αγίου Νικολάου	1	I	Στρώμα λευκό ομογενές σταθερού πάχους
	129	Κόκκινο από το ένδυμα του αγίου Νικολάου	2	I	Στρώμα καφέ σκούρο μικρού πάχους, ανομοιόμορφης κοκκομετρίας
				II	Στρώμα κατά τόπους κόκκινο καφέ λεπτής κοκκομετρίας με καφέ κόκκινους, κόκκινους και μαύρους κόκκους
	130	Σάρκα από το αριστερό χέρι του αγίου	4	I	Στρώμα σταθερού πάχους ομογενές χωρίς προσμίξεις
				II	Στρώμα καφέ λαδί, μικρού πάχους με προσμίξεις μικρών κόκκινων, πράσινων, κίτρινο-καφέ και μαύρων κόκκων
				III	Στρώμα καφέ κόκκινο ανοικτό, ανομοιόμορφης λεπτής και πλούσιας κοκκομετρίας (πολλοί κόκκινοι, καφέ-κόκκινοι, πρασινόμαυροι και άσπροι κόκκοι
	131	Κόκκινο ανοικτό από το σταυρό στο φαιλόνιο)	3	IV	Πολύ μικρού πάχους στρώμα, όμοιο με το II
				I	Στρώμα λεπτό σαν γραμμή μαυροπράσινο
				II	Στρώμα λευκό σταθερού πάχους ομογενές
	132	Γκρι-μπλε από το σάκκο	1	III	Στρώμα πορτοκαλοκόκκινο σταθερού πάχους πολύ λεπτής κοκκομετρίας
				I	Στρώμα πράσινο σκούρο, ανομοιόμορφης κοκκομετρίας με πολλούς άσπρους και πράσινους κόκκους

## RÉSUMÉ

# CONTRIBUTION DES MÉTHODES PHYSICOCHEMISTIQUES D'ANALYSE A L'ÉTUDE DE 13 ICÔNES APPARTENANT AU MUSÉE BYZANTIN D'ATHÈNES

Le but de ce travail était le développement et la proposition d'une méthodologie d'analyse physicochimique pour les icônes byzantines et postbyzantines en ce qui concerne la recherche des paramètres qui décrivent la technologie de construction et la caractérisation de la qualité et de la nature des pigments qui ont été utilisés.

Les icônes étudiées —prises comme exemples— étaient choisies de manière telle qu'elles donnent la possibilité de mettre en évidence aussi bien que de faire valoir —dans la mesure du possible— cette méthodologie d'investigation.

13 icônes dont 6 sont peintes de deux cotés ont été examinées. Elles datent du 9ème au 18ème siècle; la plupart étant représentative du 14ème siècle. Elles appartiennent toutes au Musée Byzantin d'Athènes.

Les endroits de la prise de microéchantillons sont également choisis d'une manière adéquate; les microprélèvements d'une surface de 1mm<sup>2</sup> sont attentivement sélectionnés sur la carnation, les tissus, le fond ou sur les points secondaires, qui présentent cependant un intérêt particulier, comme les lettres, les repeints ou sur les multiples couches picturales superposées. Nous avons enfin sélectionné des microprélèvements présentant la même teinte de couleur sur différentes icônes afin de pouvoir encourager la possibilité de comparaison entre les œuvres de la même école ou du même atelier de peinture.

Les méthodes d'investigation utilisées par ordre d'utilisation sont:

1. Photographie de l'ensemble et macrophotographie selon la méthode classique.
2. Reflectographie infrarouge.
3. Prise des microprélèvements et préparation des coupes.
4. Microscopie optique en lumière polarisante et ultraviolette.
5. Microdiffractométrie X.
6. Analyse à la microsonde électronique.
7. Microspectrométrie infrarouge.

Les 90 échantillons qui ont été analysés permettent la présentation des résultats suivants qui sont essentiellement fondés sur la mise en évidence des éléments de comparaison.

Il ne serait pourtant pas prudent de généraliser les conclusions acquises. Ces résultats ne se réfèrent qu'aux icônes étudiées et se limitent à un caractère indicatif.

La préparation est faite, pour la plupart des cas, du CaCO<sub>3</sub> (11 icônes), alors que dans 7 icônes nous avons identifié du gypse, CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O. Ces deux composés inorganiques coexistent dans la préparation de l'icône T 188 Κατ. 12A. Dans les couches picturales nous avons identifié les pigments suivants:

D'une manière générale les ocres sont abondamment présents mélangés essentiellement avec le blanc du plomb.

Ombres et siennes, pigments fréquemment utilisés selon la littérature existante, ne sont pas détectés. Nous avons toutefois très souvent identifié la présence de la terre verte dans les couches de carnation.

Le cinnabre, le CaCO<sub>3</sub> ou le CaSO<sub>4</sub> utilisés comme pigments, l'azurite, l'indigo, l'orpiment, la malachite et le carbone complètent la palette de l'artiste.

L'épaisseur des couches picturales varie de 10µm à 100µm environ avec une valeur moyenne de 40µm.

La composition granulométrique est d'une façon générale assez irrégulière, présentant une valeur moyenne de grains égale à 2µm.

Le nombre des couches picturales est limité. Dans la plupart des cas la teinte de la couleur superficielle est rendue à l'aide d'une ou deux couches picturales, ce qui a permis de mettre en évidence quelques cas exceptionnels; la teinte de la couleur finale était le résultat de la superposition des sous-couches picturales présentant partout la même composition chimique avec une densité chromatique différente relative à chaque sous-couche.

Notons enfin que nous avons également mis en évidence quelques exceptions importantes aux résultats présentés ci-dessus.

Dans le cas de l'icône Κατ. 1A (9ème-10ème-12ème siècle) une couche jaune d'orpiment (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) est posée entre la préparation et les multiples couches picturales dûes aux repeints fréquents qui présentent toutes des épaisseurs extrêmement irrégulières, alors que dans le cas des icônes T 100 Κατ. 3 et T 191 Κατ. 2 le résultat chromatique assure une expression esthétique très prononcée qui se caractérise par un nombre inhabituellement élevé des pigments utilisés mélangés d'une manière originale peu fréquemment rencontrée jusqu'à présent.

NANO CHATZIDAKIS  
J. PHILLIPON  
P. AUSSET  
J. CHRYSOULAKIS  
A. ALEXOPOULOU