



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ - ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
**ΤΜΗΜΑ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

Μ.Π.Σ :Εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

<<Ανάλυση χρωστικών με τη μέθοδο φασματοσκοπίας Raman στις τοιχογραφίες του Ι.Ν Αγίας Σοφίας στην Άνω πόλη της Μονεμβασιάς>>

Παπαδοπούλου Κωνσταντίνα

Επιβλέπων :Γκανέτσος Θεόδωρος καθηγητής Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ

Εξεταστική επιτροπή: Γκανέτσος Θεόδωρος  
Ζαχαριάς Νικόλαος  
Φοκορέλλης Γιώργος

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΠΡΟΛΟΓΟΣ

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ** .....5

**ABSTRACT**.....6

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:Εικαστικά χαρακτηριστικά τοιχογραφιών**.....7

1.1 Δομικά στοιχεία ζωγραφικών έργων τέχνης.....7

1.1.1 Υπόστρωμα - Προετοιμασία .....9

1.1.2 Οργανικά μέσα – Φορείς .....13

1.1.3 Διαλυτικά μέσα .....14

1.1.4 Χρωματικό στρώμα .....15

1.2 Οι κυριότερες χρωστικές την εποχή των Παλαιολόγων.....16

1.3 Τεχνικές τοιχογραφίας κατά τους βυζαντινούς χρόνους.....20

1.3.1 Τεχνική προσωπογραφιών του Φαγιούμ.....21

1.3.2 Τεχνική αυγοτέμπερας.....23

1.3.3 Εγκαυστική τεχνική.....24

1.4 Βασικοί παράγοντες φθοράς των τοιχογραφιών .....26

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ιστορικά στοιχεία**.....30

2.1 Βυζαντινός Πολιτισμός την περίοδο των Παλαιολόγων.....30

2.1.1 Σύγκριση με το ναό της Αγίας Σοφίας της Κωνσταντινούπολης....32

2.1.2 Ναός Αγίας Σοφίας .....38

2.1.3 Αγιογραφίες του ναού της Αγίας Σοφίας της Μονεμβασιάς .....40

<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</u></b> .....	50
3.1 Σκοπός .....	50
3.2 Φασματοσκοπικές μέθοδοι ανάλυσης.....	50
3.2.1 Φασματοσκοπία Raman.....	52
3.2.2 Μηχάνημα φορητής φασματοσκοπίας Raman.....	55
3.3 Μετρήσεις σε αντίστοιχες χρωστικές αναφορές στο εργαστήριο.....	57
3.4 Μεθοδολογία διεξαγωγής Μετρήσεων.....	58
3.5 Πίνακες και διαγράμματα σε Origin.....	69
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ</u></b> .....	111
4.1 Αποτελέσματα μετρήσεων Raman στις χρωστικές αναφορές..	111
4.2 Αποτελέσματα μετρήσεων Raman σε αγιογραφίες του Διακονικού και του Κύριου ναού.....	112
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u></b> .....	117
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΕΧΙΣΗ ΤΗΣ</u></b>	
<b><u>ΕΡΕΥΝΑΣ</u></b> .....	118
<b>7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	119

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στον Ι.Ν Αγίας Σοφίας στην Άνω πόλη της Μονεμβασιάς με σκοπό τον μη καταστρεπτικό προσδιορισμό και την ταυτοποίηση των χρωστικών στις τοιχογραφίες του ναού που χρονολογούνται τον 12<sup>ο</sup> αιώνα .Για την ανάλυση των χρωστικών στις τοιχογραφίες του ναού χρησιμοποιήσαμε το φορητό φασματόμετρο Raman Rockhound 785 της DeltaNu .

Κατ' αρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Γκανέτσο Θεόδωρο Καθηγητή του Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ , για την ανάθεση της εργασίας καθώς και για την καθοδήγηση και τις πολύτιμες επιστημονικές συμβουλές του.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την κ. Γιώτα Κοπίδου, Προισταμένη Συντήρησης στο αρχαιολογικό Μουσείο Μονεμβασιάς

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ακόμη τον πατέρα Νεκτάριο Μαμαλούγκο καθηγητή του Φυσικού Πανεπιστημίου Αθηνών, ακόμη τον κ. Ευστράτιο Χατζηκωντή τεχνικό του εργαστηρίου του Φυσικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών .

Επιπλέον θα ήθελα να αποδώσω ιδιαίτερες ευχαριστίες στον κ. Παπαϊωάννου Νικόλαο για τη βοήθεια που μου παρείχε σχετικά με τη αποπεράτωση των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τη μητέρα μου Σμαράγδα και την αδελφή μου Ματίνα Παπαδοπούλου για την αγάπη, την υποστήριξη και τη συμπαράσταση που μου προσφέρουν όλα αυτά τα χρόνια .

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί ο μη καταστρεπτικός προσδιορισμός και η ταυτοποίηση των χρωστικών σε τοιχογραφίες του ναού της Αγίας Σοφίας Μονεμβασιάς με τη χρήση φασματοσκοπικών μη καταστρεπτικών μεθόδων.

Για το σκοπό αυτό, μελετήθηκαν τοιχογραφίες από το διακονικό, τον κύριο ναό (νότιος ,βόρειος ,δυτικός, ανατολικός τοίχος) του ναού της Αγίας Σοφίας της Μονεμβασιάς που χρονολογείται τον 12<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ.

Λόγω της μεγάλης ιστορικής και καλλιτεχνικής αξίας των υπό εξέταση αγιογραφιών, δεν επιτράπη οποιαδήποτε δειγματοληψία καθιστώντας αναγκαία την επιτόπου διερεύνησή τους. Ως εκ τούτου εφαρμόστηκε φορητή μη καταστρεπτική μέθοδος της φασματοσκοπίας Raman. σε όλες σχεδόν τις χρωματικές εντυπώσεις (κόκκινο, κίτρινο, μπλε, μαύρο) των τοιχογραφιών, με στόχο το χαρακτηρισμό της στοιχειακής χημικής σύστασης .

Τα πειραματικά αποτελέσματα που προέκυψαν οδήγησαν σε αξιόπιστα συμπεράσματα σχετικά με την ταυτοποίηση των χρωστικών των τοιχογραφιών παρόλο τις φθορές που έχουν υποστεί.

## **ABSTRACT**

The objective of the present work is the identification of pigments in historical wall paintings by means of non-destructive spectroscopic methods.

For this purpose, wall paintings were studied from the diaconical , main temple (southern, northern, western, eastern wall) of the temple of Saint Sophia of Monemvasia dating back to the 12th century AD.

Their great archaeological and artistic value did not allow any sampling, therefore only in-situ analysis could be performed. For this purpose, a combined non-invasive analytical methodology was employed involving Raman techniques. For Raman's measurements were performed techniques at multiple spots on almost all color impressions (red, yellow, blue, black) appearing on the wall paintings for the determination of the chemical elemental composition and the reflectance spectral characteristics.

The resulting experimental results led to credible conclusions about the identification of the wall paintings dyes despite the damage they have suffered.

## Κεφάλαιο 1: Εικαστικά χαρακτηριστικά τοιχογραφιών

### 1.1 Δομικά στοιχεία ζωγραφικών έργων τέχνης

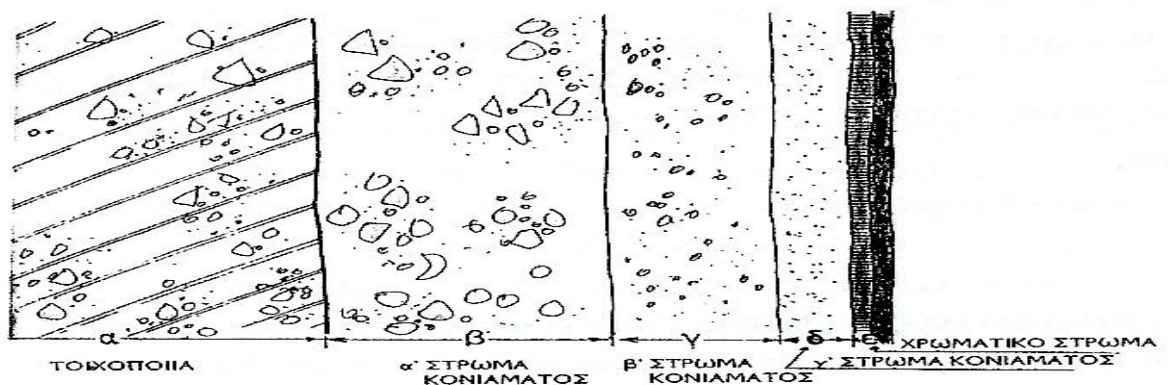
Στη παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με τις τοιχογραφίες του ιερού ναού της Αγίας Σοφίας της Μονεμβασιάς. Αρχικά ,λοιπόν θα πρέπει να αναλύσουμε τον όρο «τοιχογραφία» όπου είναι η ζωγραφική επάνω σε αρχιτεκτονικά τμήματα κατοικιών, ναών, τάφων ή δημόσιων κτιρίων, διακοσμώντας τις επιφάνειες των τοίχων τους. Το χαρακτηριστικό των τοιχογραφιών είναι, , ότι αποτελούν μέρος του συνόλου ενός μνημείου και αναπόσπαστο μέρος της ζωής, της ιστορίας και της χρήσης του.

Οι τοιχογραφίες μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες με βάση ορισμένα κριτήρια, τα οποία είναι:

- ♦ Με βάση την **τεχνική κατασκευής** τους, δηλαδή αν πρόκειται για νωπογραφία ή ξηρογραφία.
- ♦ Με βάση το **υπόστρωμά** τους, δηλαδή το κονίαμα που έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή τους, αερική κονία ή υδραυλική κονία.
- ♦ Με βάση το **αδρανές υλικό** του υποστρώματος, όπως είναι η άμμος, η κονιορτοποιημένη πέτρα (μαρμαρόσκονη), το κεραμάλευρο, η κιμωλία, ο στόκος, η κονιορτοποιημένη θηραϊκή γη, κ.ά.
- ♦ Με βάση το **συνδετικό** του χρωματικού στρώματος, όπως η ζωική κόλλα, η ζελατίνη, ο κρόκος του αυγού, η καζεΐνη, το λινέλαιο, το υδροξείδιο του ασβεστίου (ασβεστόνερο), κ.ά.

- ♦ Με βάση την **χρονική περίοδο κατασκευής** τους, όπως νεολιθικές, μινωικές, μυκηναϊκές, ρωμαϊκές, βυζαντινές, μεταβυζαντινές κτλ.
- ♦ Με βάση την **προέλευσή** τους, δηλαδή το ακίνητο από το οποίο προέρχονται.
- ♦ Τέλος, λόγω της ιδιαιτερότητας που μπορεί να έχουν τα συγκεκριμένα έργα τέχνης, μπορεί να ταξινομηθούν με βάση το αν πρόκειται για αποσπασμένες ή μη αποσπασμένες τοιχογραφίες.

Μια τοιχογραφία αποτελείται από τρία κύρια μέρη όπως μπορούμε να δούμε στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 1 Τομή τοιχογραφίας [Λαμπρόπουλος κ.συν., 1999, σ.269].

Έτσι έχουμε:

- **Την τοιχοδομή**, που λειτουργεί σαν υποστήριγμα της τοιχογραφίας.
- **Το κονίαμα**, που αποτελεί το υπόστρωμα του έργου και
- **Τη ζωγραφική επιφάνεια**.



### **1.1.1Υπόστρωμα - Προετοιμασία**

#### **Τοιχοδομή**

Η τοιχοδομή ενός μνημείου, όπου ανήκει μια τοιχογραφία, συνιστά το υποστήριγμά της. Επάνω στην τοιχοδομή τοποθετείται το υπόστρωμα της τοιχογραφίας (κονίαμα), που είναι κατάλληλο για να δεχτεί τη ζωγραφική επιφάνεια. Στο πέρασμα των χρόνων έχουν χρησιμοποιηθεί ποικίλα υλικά για την κατασκευή της τοιχοποιίας κτιρίων και για την προετοιμασία κονιαμάτων.

#### **Η ζωγραφική επιφάνεια**

Η ζωγραφική επιφάνεια αποτελείται από χρώματα, φυσικά ορυκτά και κάποιο συνδετικό υλικό ανάλογα με την τεχνική που έχει χρησιμοποιήσει ο καλλιτέχνης.

Ένα ζωγραφικό έργο όπως είναι η τοιχογραφία αποτελείται κυρίως από το υπόστρωμα, από το συνδετικό υλικό και από ένα ή περισσότερα χρωματικά στρώματα, τα οποία συχνά καλύπτονται από ένα διαφανές στρώμα βερνικιού. Το υπόστρωμα αποτελεί μια κατάλληλη προετοιμασμένη επιφάνεια πάνω στην οποία τοποθετούνται τα χρωματικά στρώματα. Ως υποστρώματα έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς διάφορα είδη ξύλου, υφάσματος ή πέτρας, όπως το μάρμαρο ή οι σχιστόλιθοι, το χαρτί και διάφορα μέταλλα και γυαλιά. Αρκετές φορές επάνω στο υπόστρωμα, πριν από την προετοιμασία, τοποθετείται λεπτό ύφασμα με σκοπό την εξομάλυνση των παραμορφώσεων του υποστρώματος και την ενίσχυση της σταθερότητας της προετοιμασίας. Ως υλικά προετοιμασίας,

χρησιμοποιούνται η γύψος ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) και το ανθρακικό ασβέστιο ( $\text{CaCO}_3$ ), σε διάφορες μορφές, ή άλλες λευκές χρωστικές, όπως το λευκό του μολύβδου ( $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ ), το λευκό του τιτανίου ( $\text{TiO}_2$ ) ή το λευκό του ψευδαργύρου ( $\text{ZnO}$ ) ενώ στην περίπτωση των σκουρόχρωμων προετοιμασιών, η όμπρα ή η σιέννα, σε μίγματα με έλαια και οργανικές κόλλες, φυσικές ή τεχνητές, ώστε να επιτυγχάνεται η πρόσφυση της προετοιμασίας στην επιφάνεια του υποστρώματος. Το χρωματικό στρώμα αποτελείται από έγχρωμο υλικό με μορφή λεπτής σκόνης που τοποθετείται πάνω στο υπόστρωμα. Μπορεί να αποτελείται κι από μία ή περισσότερες στερεές έγχρωμες ουσίες, που διασπείρονται μέσα στο συνδετικό υλικό.

Το συνδετικό μέσο, έχει τη δυνατότητα να στερεοποιείται με την πάροδο των ετών και λειτουργεί αρχικά ως φορέας, όσο βρίσκεται στην υγρή φάση. Μετά από τη φυσικοχημική επεξεργασία της στερεοποίησής του, συγκρατεί τα διασπαρμένα σωματίδια της χρωστικής ουσίας, σταθερά στη θέση τους δημιουργώντας τη συνοχή του υλικού και την προσρόφηση του χρωματικού στρώματος στο υπόστρωμα.

Ανάλογα με το είδος του συνδετικού υλικού που χρησιμοποιείται, έχουμε τις τρεις κυριότερες τεχνικές κατασκευής τοιχογραφιών οι οποίες είναι: η νωπογραφία (μέθοδος *fresco*), δηλαδή η ζωγραφική επάνω σε νωπό ασβεστοκονίαμα, και η ξηρογραφία (μέθοδος *secco*), δηλαδή η ζωγραφική επάνω σε στεγνό κονίαμα και τέλος είναι η συνένωση των δύο τεχνικών (νωπογραφίας-ξηρογραφίας) και αναφέρεται ως *Mezzofresco*.

### **Νωπογραφία (Μέθοδος fresco)**

Όπως παρουσίασε ο ίδιος ο Mora. (1984) [7]:

Η νωπογραφία αναφέρεται σε οποιαδήποτε ζωγραφική που εκτελείται επάνω στο φρέσκο ασβεστοκονίαμα ενώ είναι ακόμα νωπό, κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι χρωστικές να στερεοποιούνται από τη μετατροπή του υδροξειδίου του ασβεστίου σε ανθρακικό ασβέστιο. Η χρωστική ουσία, που αναμιγνύεται με το νερό,

τοποθετείται επάνω στην υγρή ακόμα επιφάνεια του κονιάματος ή επάνω στον ασβέστη ανακατεμένη με ασβεστόνερο. Όταν το κονίαμα αρχίζει να στεγνώνει, το υδροξείδιο του ασβεστίου μετασχηματίζεται σε ανθρακικό ασβέστιο, με τη βοήθεια του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας, καθώς το νερό εξατμίζεται [ $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ] (σ.11-12). Έτσι δημιουργείται χημική ένωση. Το υδροξείδιο του ασβεστίου μαζί με το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας παράγουν το ανθρακικό ασβέστιο, που όταν στεγνώσει γίνεται μία κρυσταλλική ύλη η οποία παραμένει αναλλοίωτη στους αιώνες. Με αυτό τον τρόπο τέλειωσε ολόκληρος ο Ναός. Οι τοιχογραφίες που έγιναν με αυτή την τεχνική έχουν μία ξεχωριστή βελούδινη όψη και αντέχουν τόσο στο χρόνο όσο και την υγρασία.

Ο όρος νωπογραφία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τα έργα ζωγραφικής που εκτελούνται με την προσθήκη ενός συνδετικού μέσου, όπως η καζεΐνη, εφ' όσον εφαρμόζεται στο φρέσκο ασβεστοκονίαμα. Η χρήση ενός πρόσθετου συνδετικού μέσου δικαιολογείται περιστασιακά από την ιδιαίτερη φύση ορισμένων χρωστικών ουσιών .

### **Ξηρογραφία (Μέθοδος secco)**

Κάτω από τον όρο της ξηρογραφίας συγκεντρώνονται όλα τα είδη ζωγραφικής που γίνονται επάνω σε ξηρό ασβεστοκονίαμα ή ασβέστη, όπου οι χρωστικές στερεοποιούνται με τη χρήση ενός συνδετικού μέσου με το οποίο αναμιγνύονται πριν από την εφαρμογή τους [Mora et al., 1984, σ.12][7].

Τα συνδετικά που έχουν χρησιμοποιηθεί σε τοιχογραφίες με την τεχνική της ξηρογραφίας είναι οι ζωικές κόλλες, οι φυτικές γόμμες, η καζεΐνη, ο κρόκος του αυγού, τα ξηραίνόμενα έλαια και διάφορα σύγχρονα συνθετικά υλικά όπως τα ακρυλικά και τα βινυλικά πολυμερή [Λαμπρόπουλος κ.συν., 1999, σ.274][15].

Σύμφωνα με τον Thompson (1998σελ.86) το πλεονέκτημα της τεχνικής της ξηρογραφίας είναι ότι: «Ο καλλιτέχνης μπορεί να σβήνει και να διορθώνει, να διακόπτει τη δουλειά και να συνεχίζει όποτε θέλει, χωρίς να χρειάζεται να φτιάχνει

καινούριο σοβά. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα στον καλλιτέχνη να κάνει λεπτομερές προσχέδιο ή ακόμα και να χρησιμοποιεί ανθιβόλια» .

Ο τρόπος τοιχογράφησης με ξηρογραφία γινόταν ως εξής :τριβόταν ο τοίχος με χονδρό γυαλόχαρτο για να γίνει λείος και τον πλενόταν με νερό και σαπούνι για να φύγουν οι σκόνες και οι κάπνες που δημιουργούν τα κεριά, τα κανδήλια και τα θυμιάματα. Όταν στέγνωσε τον περνούσαν με ένα χέρι κόλλα. Κατόπιν, αποτυπωνόταν στον τοίχο, το προσχέδιο που είχαν κάνει σε χαρτί, του Αγίου ή της παράστασης που θα ζωγραφιζόταν , προσέχοντας να πέσει αρμονικά το σχέδιο μέσα στο χώρο, που είχαν περιγράψει με άξονες και περιθώρια.

Αυτός ο τρόπος αιογράφησης, πρέπει να αποφεύγεται σε εκκλησίες που αιογραφούνται πολλά χρόνια μετά την κατασκευή τους, διότι οι τοίχοι έχουν διαποτιστεί με κάπνα και λάδια, που είναι δύσκολο να απομακρυνθούν. Έτσι τα χρώματα δεν απορροφώνται σε βάθος αλλά παραμένουν στην επιφάνεια και με την πάροδο του χρόνου τα λάδια που δεν ήταν δυνατόν να απομακρυνθούν βγαίνουν στην επιφάνεια και αλλοιώνουν τα χρώματα.

## **Mezzofresco**

Σε ορισμένες περιπτώσεις συνδυάζεται στην ίδια τοιχογραφία η τεχνική της νωπογραφίας με την τεχνική της ξηρογραφίας. Ο ζωγράφος ξεκινά το έργο του με τη μέθοδο της νωπογραφίας, αλλά το τελειώνει σε στεγνό κονίαμα με τη χρήση κάποιου συνδετικού, δηλαδή με τη μέθοδο της ξηρογραφίας. Αυτό μπορεί να συμβεί είτε διότι ο ίδιος ο δημιουργός το επέλεξε από την αρχή είτε διότι δεν πρόλαβε να ολοκληρώσει το έργο του πριν στεγνώσει το ασβεστοκονίαμα και έτσι το τελείωσε με χρωστικές που έχουν κάποιο οργανικό συνδετικό [Λαμπροπούλου κ.συν., 1999, σ.274][15].

## **Τα κονιάματα**

Το κονίαμα είναι ο τοιχογραφικός σοβάς που μπαίνει πάνω από το χοντροσοβά της τοιχοποιίας των εκκλησιών και αποτελείται από τρία στρώματα που

το πρώτο είναι πιο παχύ περίπου 10 χιλιοστά, το δεύτερο 3 χιλιοστά και το τρίτο που είναι και το ζωγραφικό στρώμα 2 χιλιοστά. Τα υλικά του κονιάματος είναι ασβέστης, άμμος, άχυρο σταρένιο και λινάρι. Τον πρώτο τον βρίσκουμε στη φύση με την μορφή πέτρας ασβεστόπετρας με ανθρακικό οξύ και άλλες θειούχες ενώσεις και ο οποίος θα πρέπει να υποστεί κατάλληλη επεξεργασία ώστε να μετατραπεί σε καθαρό ασβέστη για να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί στην τοιχογραφία πρέπει να μπει σε ειδικό καμίνι και να ψηθεί σε υψηλές θερμοκρασίες σε φωτιά με κληματοβέργες. Για να γίνει καθαρός πρέπει να σβηστεί καλά, να σουρωθεί και κρατηθεί σε λάκκο μέσα στη γη, τουλάχιστον επτά μήνες πριν τη χρήση του. Όσον αφορά την άμμο θα πρέπει να είναι ποταμίσις για να μην περιέχει αλάτι, καλά πλυμένη και σωστά κοσκινισμένη (χοντρή, μέτρια, ψιλή).

Ο τεχνίτης έπρεπε να σοβαντίζει και παράλληλα να ζωγραφίζει ο αγιογράφος, όταν η τεχνική που εργάζονταν ήταν η νωπογραφία, διαφορετικά στην περίπτωση της ξηρογραφίας οι διαδικασίες γίνονταν διαδοχικά. Έτσι ο τεχνίτης ετοίμαζε ένα μίγμα από ασβέστη, άμμο χοντρή από ποτάμι, άχυρο σταρένιο και λινάρι. Τα δύο τελευταία συστατικά εμπεριέχουν κυτταρίνη η οποία βοηθά τα υλικά να συνδεθούν μεταξύ τους, και παίζουν σημαντικό ρόλο για την αποφυγή σκασίματος του σοβά. Άφηνε λοιπόν το μίγμα 15 μέρες να ζυμωθεί και με αυτό σοβάντιζε ένα κομμάτι του τοίχου, δύο φορές, σε πάχος 5-6 χιλιοστά, όσο τμήμα υπολόγιζε ότι θα προλάβει να ζωγραφίσει σε μία ημέρα ο αγιογράφος. Την επόμενη μέρα έκανε το τελικό σοβάντισμα με ένα μίγμα ασβέστη και λίγης λεπτής άμμου και το άπλωνε έτσι ώστε να μη φαίνονται τα άχυρα, και η επιφάνεια να είναι λεία.

### **1.1.2 Οργανικά μέσα – Φορείς**

Στα ζωγραφικά έργα χρησιμοποιούνται ουσίες που έχουν την ιδιότητα να στερεοποιούνται με την πάροδο του χρόνου ενώ ταυτόχρονα εμφανίζουν διπλή λειτουργία. Όταν είναι σε υγρή φάση, λειτουργούν ως μέσα διασποράς των χρωστικών για τη δημιουργία μιας ομοιόμορφης και πολτώδους μάζας και ονομάζονται φορείς. Αφού υποστούν φυσική ή χημική διαδικασία στερεοποίησής τους, συγκρατούν τα διεσπαρμένα σωματίδια σταθερά στις θέσεις τους με αποτέλεσμα τη συνοχή των υλικών και συγχρόνως την εισχώρηση του χρωματικού

στρώματος στο υπόστρωμα, όταν γίνεται αυτό τα ονομάζουμε συνδετικά μέσα (binder, liant). Παράλληλα, καθιστούν την πορώδη επιφάνεια του υποστρώματος συμπαγή βοηθώντας με αυτόν τον τρόπο την απόθεση του χρωματικού στρώματος. Ο φορέας είναι συνήθως οργανικό υλικό, φυσικό ή τεχνητό, και στερεοποιείται είτε μέσω μιας διαδικασίας πολυμερισμού ή οξειδωσης (λάδι, κίτρινο του αυγού, κόμμι, ακρυλικά ή βινυλικά πολυμερή), είτε με απλή ψύξη (κερί) ή εξάτμιση του διαλύτη (κόλλες, λευκό του αυγού, φυσικές ρητίνες). Αρχικά ως οργανικό μέσο χρησιμοποιήθηκε το κερί λόγω της φυσικής διαθεσιμότητάς του, πρωτοεμφανίστηκε από τους Αιγυπτιακούς χρόνους και διαδόθηκε ευρέως στη ζωγραφική εικόνων στους πρώτους μεταχριστιανικούς αιώνες (μέθοδος της εγκουστικής). Το αυγό όμως ήταν αυτό που χρησιμοποιήθηκε ευρέως στις τοιχογραφίες εξαιτίας της ευκολίας στη χρήση του, στη βυζαντινή και τη μεταβυζαντινή αγιογραφία και στις διακοσμήσεις χειρογράφων (τεχνική της αυγοτέμπερας). Ακόμη έχουμε τα ελαιώδη οργανικά μέσα, όπου αποτέλεσαν επανάσταση στη ζωγραφική με την εμφάνισή τους τον 15ο αι. Εν αντιθέσει με τις χρωστικές, η χημική σύνθεση των μέσων μεταβάλλεται στο χρόνο. Υπό την επίδραση του οξυγόνου της ατμόσφαιρας και του φωτός, οξειδώνονται και στη συνέχεια διασπώνται προς άλλες χημικές ουσίες, έχοντας ως αποτέλεσμα τη μείωση της συνοχής του χρωματικού στρώματος, οδηγώντας έτσι ρηγματώσεις. Η αλλαγή της χημικής σύστασης μεταβάλλει την τιμή του δείκτη διάθλασης και εν συνεχεία την καλυπτική ικανότητα του χρωματικού στρώματος. Έχει παρατηρηθεί ότι η τιμή του δείκτη διάθλασης του οργανικού μέσου αυξάνεται με το πέρασμα του χρόνου και πλησιάζει εκείνη της χρωστικής, γεγονός που επιτρέπει την ανίχνευση των πρώτων σταδίων ενός ζωγραφικού έργου λόγω μείωσης της καλυπτικής ικανότητας των παλαιότερων χρωματικών στρωμάτων.

### 1.1.3 Διαλυτικά μέσα

Τα διαλυτικά μέσα είναι οργανικές ή ανόργανες ουσίες οι οποίες εξατμίζονται κατά την ξήρανση και αξιοποιούνται ώστε να γίνει πιο εύκολη η χρήση των υλικών αλλάζοντας τις ιδιότητες ροής τους, ελέγχουν το πάχος του χρωματικού στρώματος που τοποθετείται στο υπόστρωμα και ρυθμίζουν τη συγκέντρωση των χρωστικών στο λεπτό στρώμα τη στιγμή της απόθεσης, μεταβάλλοντας έτσι την ικανότητα επικάλυψης. Μια πτητική ουσία, ανάλογα με τη φυσικοχημική συμπεριφορά που εμφανίζει σε σχέση με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του μίγματος, χαρακτηρίζεται

ως διαλύτης ή αραιωτικό μέσο. Ένα υγρό, χαρακτηρίζεται ως διαλύτης (solvent), όταν έχει την ιδιότητα να μεταβάλλει μια στερεή ή ημιστερεή οργανική ουσία, όπως το κερί, τις ρητίνες, τις κόλλες κλπ., σε ένα υγρό που μπορεί να αποθεθεί σε λεπτά στρώματα. ταν δεν παρουσιάζει αυτή την ιδιότητα, αλλά μπορεί να αναμιχθεί κάτω από συγκεκριμένες αναλογίες με το διάλυμα ενός άλλου διαλύτη, τότε χαρακτηρίζεται ως αραιωτικό (diluent).

#### 1.1.4 Χρωματικό στρώμα

Το χρωματικό στρώμα ουσιαστικά αποτελείται από έγχρωμο υλικό, το οποίο εφαρμόζεται επάνω στο υπόστρωμα με τη μορφή λεπτής στρώσης. Το πάχος του διαφέρει ανάλογα με την αισθητικό αποτέλεσμα που θέλει να επιτύχει ο κάθε καλλιτέχνης..Έτσι το πάχος κυμαίνεται από 1 μm έως 200 μm περίπου και εξαρτάται από την τεχνική απόθεσής του στο υπόστρωμα . Το χρωματικό μίγμα, αποτελείται από μία ή περισσότερες στερεές έγχρωμες ουσίες σε μορφή μικρών κόκκων, που διασπείρονται μέσα σε ένα οργανικό μέσο. Το οργανικό μέσο επιλέγεται κατάλληλα ώστε να στερεοποιείται με την πάροδο του χρόνου. Στη ζωγραφική, τα βασικά συστατικά ενός χρωματικού στρώματος είναι τρία: Οι έγχρωμες ουσίες που παρέχουν το χρώμα, το οργανικό μέσο το οποίο λειτουργεί αρχικά σαν φορέας και έπειτα από την φυσικοχημική μεταβολή που υφίσταται, σαν συνδετικό υλικό και τέλος, ο διαλύτης που βοηθά την απόθεση της λεπτής στρώσης στο υπόστρωμα, μεταβάλλοντας τις ιδιότητες ροής του μίγματος. Στη ζωγραφική, η χρωματική ουσία που θα χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει να βρίσκεται υπό στερεή μορφή στις δεδομένες συνθήκες και να είναι χημικά σταθερή και αδρανής προς τα υπόλοιπα συστατικά του χρωματικού στρώματος και του αέρα. Η χημική αδράνεια της ουσίας, κάποιες φορές, απαιτείται κι ως προς τα ισχυρά οξέα ή τις βάσεις. Ακόμη , απαιτείται η σταθερότητά της σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι χρωμοφόρες ουσίες που χρησιμοποιούνται στη ζωγραφική, διακρίνονται στην κατηγορία των χρωστικών και σε εκείνη των βαφών.

## **1.2 Οι κυριότερες χρωστικές την εποχή των Παλαιολόγων**

Η εποχή που θα μας απασχολήσει κυρίως στη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία είναι η εποχή των Μακεδόνων και των Κομνηνών (9ος -13ος αιώνας) καθώς ο Ναός της Αγίας Σοφίας φιλοτεχνήθηκε την εποχή όπου Βυζαντινός αυτοκράτορας ήταν ο Ανδρόνικος Β΄ Παλαιολόγος. (1282-1328). Ιστορικά έχει συνδεθεί με ποικίλες αλλαγές, ιστορικές, πολιτικές, κοινωνικές ακόμα και με πολλούς πολέμους ακόμα και εμφυλίους αλλά τις δύο αλώσεις της Πόλης. Αρχικά συνδέεται με Εικονομαχία, όπου οι λατρευτικές υπερβολές των πιστών σχετικά με τις εικόνες,, ώθησαν το 726 τον αυτοκράτορα Λέοντα Γ΄ στην έκδοση διατάγματος με το οποίο η προσκύνηση των εικόνων θεωρούνταν ψευδολατρεία. Η πολιτική του ήταν ήπια και οι αποφάσεις του δεν εκτελούνταν ακριβώς. Ο γιος του Κωνσταντίνος Ε΄ ήταν πιο σκληρός. Έκανε διωγμό κατά των εικόνων και των μοναχών, και κατά την σύνοδο της Ιερείας (754), καταδίκασε όλες οι θρησκευτικές απεικονίσεις. Κατά την βασιλεία του γιου του Λέοντα Δ΄ η εικονομαχία συνεχίστηκε αλλά ήταν πιο ήπια. Μετά τον θάνατό του η σύζυγός του και μητέρα του γιου του Κωνσταντίνου ΣΤ΄ Ειρήνη, στην Ζ΄ Οικουμενική Σύνοδο στη Νίκαια, αναστήλωσε τις εικόνες. Ο αυτοκράτορας Νικηφόρος Α΄ που την ανέτρεψε, ήταν ήπιος προς την εικονομαχία. Ο γαμπρός του Μιχαήλ Α΄ ήταν τελείως υποστηρικτής της μοναχικής παράταξης.

Επί Λέοντος Ε΄, κατήργησε τις αποφάσεις της Ζ΄ Οικουμενικής Συνόδου, υπό την στρατιωτική πίεση. Ο Μιχαήλ Β΄ άφησε το θέμα σε εκκρεμότητα.

Το τέλος της Εικονομαχίας επήλθε το 842, από την Θεοδώρα, χήρα του αυτοκράτορα Θεοφίλου, που ασκούσε την εξουσία για τον ανήλικο γιο της Μιχαήλ Γ΄, όπου οι εικόνες αναστηλώθηκαν, τα μοναστήρια ανασυστάθηκαν και τα εκκλησιαστικά και μοναστηριακά κτήματα αποδόθηκαν στις εκκλησίες και στις



μονές. Το τέλος της Εικονομαχίας κρίνεται από πολλούς συγγραφείς ότι υπήρξε πολλοί εποικοδομητικό.

Σε ότι αφορά την αγιογραφία, η ρίζα του προβλήματος γύρω από το πρόσωπο του Χριστού, δηλαδή την ανθρώπινη φύση Του. Στην κατηγορία περί ειδωλολατρίας, απάντηση ήταν ότι η εικόνα δεν είναι είδωλο, αλλά σύμβολο. Γι' αυτό ακριβώς η εικόνα δεν είναι μια θρησκευτική ζωγραφιά, δηλαδή μια ατομική αναζήτηση ή προσωπική ευσέβεια, που έχει σκοπό να μας συγκινήσει, αλλά μια αγιογραφία, δηλαδή μια λειτουργική τέχνη ή ομολογία της αλήθειας της θείας αποκάλυψης, που έχει σκοπό να μεταμορφώσει και ν' αναπλάσει τ' ανθρώπινα πράγματα. Η εικόνα, λοιπόν, παριστάνει με συμβολικό τρόπο την πραγματικότητα του κόσμου μας, ελευθερωμένου, όμως, από την αμαρτία και ανακαινισμένου εν Θεώ.

Στην Υστεροβυζαντινή περίοδο ή Περίοδο των Παλαιολόγων ή Παλαιολόγεια Αναγέννηση είναι μια ιστορική περίοδος της Βυζαντινής Αυτοκρατορίας που ξεκινά το 1261, όταν η Πόλη ήταν, υπό την κατοχή των Φράγκων. Κατόπιν ανακαταλαμβάνεται από τον Μιχαήλ Η' Παλαιολόγο. Η περίοδος τελειώνει με την άλωση της Κωνσταντινούπολης από τους Τούρκους το 1453. Η δυναστεία των Παλαιολόγων ήταν στο θρόνο ολόκληρο αυτό το διάστημα. Σε αυτό το διάστημα παρατηρείται μια άνθηση και ανανέωση της βυζαντινής τέχνης και φιλοσοφίας με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά την μίξη, την στροφή και τον θαυμασμό προς την κλασική αρχαιότητα.

Παρόλο την δυσκολία της εποχής η καλλιτεχνική και πνευματική δραστηριότητα περιέργως γνώρισαν νέα άνθηση.

Αλλά δεν είναι συγκεκριμένα μόνο τα θέματα που παρουσιάζονται καθώς και οι χρωστικές που χρησιμοποιήθηκαν ανήκαν στον ευρύτερο ελληνικό χώρο. Έτσι με μια γενική ματιά μπορούμε να δούμε κάποιες από τις χρωστικές που παρατηρούνται σε διάφορους ναούς της συγκεκριμένης περιόδου. Τα κύρια χρώματα στα οποία θα αναφερθούμε είναι το κόκκινο, μπλε, γαλάζιο και κίτρινο. Τα χρώματα αυτά επικρατούν στις βυζαντινές αγιογραφίες λόγω συγκεκριμένου συμβολισμού.

Ξεκινώντας από το μπλε, το οποίο προέρχεται από τον λαζουρίτη ο οποίος ευθύνεται για το χαρακτηριστικό χρώμα του έντονου μπλε, στην φύση ο λαζουρίτης όμως συνοδεύεται από σύνδρομα ορυκτά όπως, ο σιδηροπυρίτης και ο ασβεστίτης

που είναι τα συνηθέστερα από αυτά όχι όμως και τα μόνα, πολλές φορές συνυπάρχει και με διοψίδιο συναφούς χρώματος.



Εικόνα 2 λαζουρίτης φυσικό ορυκτό



Εικόνα 3 λαζουρίτης σε σκόνη

**ΓΑΛΑΖΙΟ:** Για να επιτευχθεί η σωστή αναλογία προκειμένου να δώσει τη γαλάζια χρωστική, χρησιμοποιούσαν τον λαζουρίτη για την μπλε χρωστική ουσία, σε συνδυασμό με το λευκό του μολύβδου για τη λευκή χρωστική. Το λευκό του μολύβδου είναι ο βασικός ανθρακικός μολύβδος,  $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ . Είναι ένα πολύπλοκο άλας, περιέχει ιόντα ανθρακικού και υδροξειδίου. Ο λευκός μολύβδος εμφανίζεται φυσικά ως ορυκτό, στο πλαίσιο του οποίου είναι γνωστός ως υδροκερουσίτης. Στην Ελλάδα ανευρίσκεται σε μικρές ποσότητες στην Τήνο, ενώ σημαντικές εμφανίσεις του υπάρχουν στα μεταλλεία Λαυρίου (Καμάριζα και άλλες περιοχές) και στα μεταλλεία της περιοχής του Σουνίου.



Εικόνα 4 λευκός μόλυβδος φυσικό ορυκτό Εικόνα 5 λευκός μόλυβδος σε σκόνη

Το κυανό: χρώμα του υπερβατικού κόσμου. Συμβολίζει τα άγνωστα μυστικά, είναι το χρώμα του ουρανού. Στην ανατολική χριστιανική κοινωνία θεωρούνταν το σύμβολο του υπερβατικού κόσμου και συνδεόταν με την αιώνια αλήθεια του Θεού.

**ΚΙΤΡΙΝΟ:** Για να αποδοθεί το κίτρινο χρώμα χρησιμοποιούνταν συχνά οι **ώχρες** και οι κίτρινες γαίες προερχόμενες από τη σκουριά του σιδήρου.



Εικόνα 6 κίτρινη ώχρα σε σκόνη

Η κίτρινη ώχρα: χρώμα όμοιο του χρυσού. Από την αρχαιότητα ο ήλιος είναι αυτοκράτορας και Θεός, και συνεπώς το χρυσό προσλαμβάνει μια συμβολική ανώτερη αξία. Από τις πιο μακρινές εποχές, το χρυσό σήμαινε πλούτο και επομένως εξουσία.

**ΚΟΚΚΙΝΟ:** Ο αιματίτης χρησιμοποιούνταν για να αποδοθεί η κόκκινη χρωστική ουσία. Ο αιματίτης είναι ορυκτό του σιδήρου με ευρεία διάδοση στο στερεό φλοιό της Γης. Ο αιματίτης έχει ιζηματογενή προέλευση, οπότε εμφανίζει συγκρυσταλλωμένα μόρια νερού. Στην Ελλάδα απαντάται στη Σέριφο, στη Λακωνία, στην Αττική, στο Λαύριο, στη Λάρυμνα κ.α



Εικόνα 7 αιματίτης φυσικό ορυκτό



Εικόνα 8 αιματίτης σε σκόνη

Στη βυζαντινή κοινωνία ήταν μεγάλη η σημασία του πορφυρού χρώματος καθώς αντιπροσώπευε προ πάντων το αυτοκρατορικό χρώμα. Στη βυζαντινή συμβολική γλώσσα των χρωμάτων, το πορφυρό χρώμα ένωνε την αιωνιότητα, το θείο, το υπερβατικό (γαλάζιο, χρώμα ουρανού) με το γήινο (ερυθρό).

### 1.3 Τεχνικές τοιχογραφίας κατά τους βυζαντινούς χρόνους

Η Βυζαντινή αγιογραφία είναι η τέχνη της απεικόνισης αγίων και θρησκευτικών θεμάτων, με σκοπό να γεφυρώσει τον φυσικό με τον πνευματικό κόσμο. Ουσιαστικά η Βυζαντινή αγιογραφία είναι η φυσική εξέλιξη των πορτρέτων Φαγιούμ. Οι ζωγράφοι τα επεξεργάζονταν είτε με την τεχνική της εγκαυστικής είτε με την τεχνική της αυγοτέμπερας.

#### 1.3.1 Τεχνική προσωπογραφιών του Φαγιούμ

Τα πορτρέτα Φαγιούμ ήταν προσωπογραφίες τις οποίες φιλοτεχνούσαν Έλληνες ζωγράφοι από τον 1ο έως τον 3ο αιώνα της ύστερης ελληνιστικής εποχής . Το όνομα τους το πήραν από την πόλη Φαγιούμ της Αιγύπτου στην οποία ανακαλύφθηκαν τα περισσότερα από αυτά, και ουσιαστικά συνδέει την Αιγυπτιακή με τη Βυζαντινή τέχνη. Καθώς τα πορτρέτα Φαγιούμ αποτελούν πρόδρομο των πρώιμων βυζαντινών εικόνων ,όχι μόνο ως προς την εκτέλεση ,αλλά και ως προς τις φιλοσοφικές και αισθητικές αντιλήψεις στην απόδοση της ανθρώπινης μορφής. Ουσιαστικά ήταν νεκρικές προσωπογραφίες , με έντονο βλέμμα, εκπληκτική αμεσότητα και εκφραστικότητα που είναι το κύριο χαρακτηριστικό της τέχνης αυτής . Οι ζωγράφοι τα επεξεργάζονταν είτε με την τεχνική της εγκαυστικής είτε με την τεχνική της αυγοτέμπερας. Οι τεχνικές αυτές προέρχονται από την αρχαιοελληνική ζωγραφική , που συνεχίστηκε στις χριστιανική παράδοση .

Τα πορτρέτα συνεχίζουν να είναι ρεαλιστικά μέχρι την εποχή της εικονομαχίας στο Βυζάντιο . Το 843 μ.Χ. τελείωσε η εικονομαχία. Τότε σταματούν την ως τότε ρεαλιστική απόδοση των προσώπων μια και θεωρήθηκε βλασφημία..Η χαρακτηριστική κίνηση σε πολλά Φαγιούμ με το χέρι να κρατά ένα άγκυ και το άλλο χέρι σηκωμένο να αποτρέπει το κακό, μετατράπηκε, έτσι, αντί για άγκυ να κρατά τον σταυρό και αντί για αποτροπή ο άγιος ευλογεί. Παρόλα αυτά παραμένει σταθερή η μετωπική στάση του εικονιζόμενου ,η τετραχρωμία στην σάρκα , καθώς

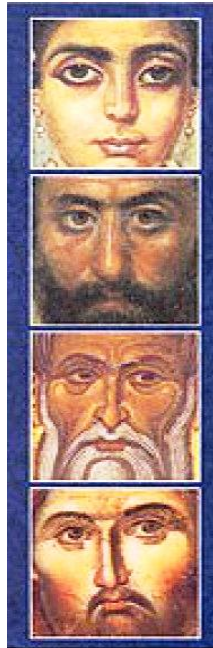
και ο δυναμισμός του βλέμματος με τα μάτια πάντα μεγάλα που κοιτούν κατάματα τον θεατή μεταδίδοντας την πνευματικότητα του προσώπου που εικονίζουν.



Εικόνα 9 Αγίου που ευλογεί



Εικόνα 10 Αγίος που κρατά ανγκχ



Εικόνα 11 πορträίτα που στηρίζονται στη τεχνική Φαγιούμ από την αρχαία Αίγυπτο ως και τα ύστερα Βυζαντινά χρόνια

### 1.3.2 Τεχνική αυγοτέμπερας

Η ωογραφία μαζί με την εγκουστική και την νωπογραφία συναντάται σε πολλά αρχαία ελληνικά έργα ζωγραφικής και όπως ήταν φυσικό μεταβιβάστηκε στους ζωγράφους της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας και απετέλεσε την βασική τεχνική των βυζαντινών καλλιτεχνών αργότερα. Είναι διαχρονικά δηλαδή ο ελληνικός τρόπος ζωγραφικής και δεν άλλαξε παρά μόνο από τους δυτικούς καλλιτέχνες για να υποκατασταθεί από την ελαιογραφία, η οποία όμως στερείται σε ανθεκτικότητα, διαύγεια και ευκολία στην χρήση σε σχέση με την αυγοτέμπερα. Αυτά είναι και τα χαρακτηριστικά που την έκαναν τόσο δημοφιλή όλους αυτούς τους αιώνες, η αντοχή της δηλαδή στον χρόνο, οι πολλαπλές δυνατότητες που δίνει στον ζωγράφο και η ευκολία στην χρήση της.

Σε αυτή την τεχνική χρησιμοποιούνται ο απαραίτητος αριθμός αυγών για το έργο και χωρίζουμε τον κρόκο από το ασπράδι. Βάζουμε τους κρόκους σε ξεχωριστό δοχείο και αφού προσθέσουμε μια ποσότητα ξυδιού που να είναι σχεδόν η μισή από αυτήν των κρόκων, ανακατεύουμε καλά με ένα πιρούνι. Έτσι σπάνε οι μεμβράνες των κρόκων και γίνονται ένα ομοιογενές υγρό. Αφού ανακατευθούν παίρνουμε ένα καινούριο δοχείο και σουρώνουμε το μίγμα μας ρίχνοντάς το μέσα στο καινούριο δοχείο. Έτσι όλες οι μεμβράνες, οι βλέννες και γενικά οτιδήποτε δεν χρειαζόμαστε για το μίγμα, μένουν πάνω στο σουρωτήρι και στο καινούριο δοχείο περνάει μόνο ο καθαρός κρόκος με το ξύδι. Οι μεμβράνες αυτές πρέπει να βγουν οπωσδήποτε γιατί αλλιώς μπορεί να κάνουν ζημιά στην ζωγραφική μας, κυρίως δηλαδή να σπάσει το χρώμα. Αυτό είναι κυρίως το μίγμα που χρησιμοποιείται στην αυγοτέμπερα. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αιθέρια έλαια λεβάντας ή κέδρου με σκοπό να απομακρύνονται οι μύγες και γενικά τα ζώφια που επιβουλεύονται την ζωγραφισμένη εικόνα μας, αφού οι μύγες μπορούν να φάνε τα χρώματα από την εικόνα, αν αυτή δεν έχει βερνικωθεί ή είναι ακάλυπτη. Η ποσότητα του αιθέριου ελαίου πρέπει να είναι ανάλογη των κρόκων. Όσους κρόκους έχουμε βάλει τόσες σταγόνες ελαίου ρίχνουμε.





Εικόνα 12 προετοιμασία αυγοτέμπερας

### 1.3.3 Εγκαυστική τεχνική

Η εγκαυστική ζωγραφική, είναι η ζωγραφική με ζεστό κερί , η οποία είναι η δημιουργία ζωγραφικών έργων με τη χρήση θερμασμένου κεριού στο οποίο έχει προστεθεί χρωστική ουσία. Το υλικό αυτό, στην υγρή ή στην πιο συμπυκνωμένη μορφή του , απλώνεται στη επιφάνεια, συνήθως ξύλινη αλλά και σε άλλα υλικά. Η απλούστερη μίξη στη εγκαυστική μπορεί να γίνει προσθέτοντας χρώμα σκόνης σε κερί μέλισσας. Υπάρχουν και άλλες συνταγές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κάποιες από τις οποίες περιλαμβάνουν και άλλα είδη κεριού, ρητίνη Δαμάρεως, λινέλαιο ή άλλα συστατικά. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αγνό χρώμα σκόνης ή σε μίγματα με χρώματα λαδιού ή άλλες χρωστικές. Σε αυτή την τεχνική τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως μεταλλικά ή ειδικά πινέλα τα οποία χρησιμοποιούνται για να σχηματίσουν το χρωματικό μείγμα πριν αυτό κρυώσει. Επίσης θερμά μεταλλικά εργαλεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μορφοποιήσουν το χρωματικό μείγμα που έχει προηγουμένως ζωγραφιστεί και



κρυώνει πάνω στη ζωγραφική επιφάνεια.. Επειδή το κερί χρησιμοποιείται ως συνδετικό υλικό, τα εγκαυστικά έργα μπορούν να σκαλιστούν το ίδιο καλά όπως ζωγραφίζονται. Άλλα υλικά μπορούν να ενθυλακωθούν ή κολληθούν στη επιφάνεια ή κατά στρώματα, χρησιμοποιώντας το εγκαυστικό υλικό για να τα "δέσει" στη επιφάνεια.



Εικόνα 13 προετοιμασία εγκαυστικής τεχνικής

#### 1.4 Βασικοί παράγοντες φθοράς των τοιχογραφιών

Οι βασικοί παράγοντες φθοράς των τοιχογραφιών είναι η υγρασία, οι βιολογικοί παράγοντες, η ρύπανση της ατμόσφαιρας, οι ακτινοβολίες, η δράση των αλάτων και ο ανθρώπινος παράγοντας.

Βλέποντας τους αναλυτικά:

- **Υγρασία** Οι περισσότερες πιο σοβαρές φθορές που επιφέρει η υγρασία βρίσκονται στο υπόστρωμα-κονίαμα και στο χρωματικό στρώμα των τοιχογραφιών, και οφείλονται στην παρουσία της εσωτερικής υγρασίας. Οι μεταβολές της υγρασίας, σε συνδυασμό με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες, προκαλούν συνήθως διάβρωση και μη αντιστρεπτές μεταβολές στα δομικά στοιχεία των τοιχογραφιών καθώς προσπαθούν να έρθουν σε ισορροπία με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Φορέας της υγρασίας μπορεί να αποτελεί η ανερχόμενη υγρασία μέσω της τριχοειδούς αναρρίχησης από τα θεμέλια της τοιχοποιίας, είτε η είσοδος του νερού της βροχής στους τοίχους λόγω φθορών της τοιχοποιίας, της στέγης ή των παραθύρων, ή η συμπύκνωση υδρατμών από την ατμόσφαιρα. Σε συνθήκες υψηλής υγρασίας, το νερό απορροφάται από τα υγροσκοπικά υλικά της τοιχογραφίας, όπως το ανθρακικό ασβέστιο και τα άλλα διαλυτά και αδιάλυτα άλατα και εξατμίζεται από τις πορώδεις επιφάνειες, σε συνθήκες χαμηλής υγρασίας. Η επαναλαμβανόμενη αυτή διαδικασία, λόγω αυξομείωσης της θερμοκρασίας, εξασθενεί το κονίαμα λόγω θιξοτροπίας και ιονεναλλακτικής εξαλλοίωσης των αργίλων του και οδηγεί στην απόσπασή του από τη τοιχοδομή, στην ανάπτυξη μικροοργανισμών, στην κρυστάλλωση διαλυτών και αδιάλυτων αλάτων κ.λπ.. Η συνεχόμενη ροή υγρασίας χαλαρώνει τους δεσμούς μεταξύ κόκκων-άμμου-συνδετικού μέσου και μεταξύ κόκκων-χρωστικής-συνδετικού μέσου, προκαλώντας κονιορτοποιήσεις του κονιάματος και του ζωγραφικού στρώματος. Όταν συμβαίνει αυτό, το ζωγραφικό στρώμα χάνει τη μηχανική αντοχή του και οι κόκκοι της χρωστικής μένουν εκτεθειμένοι στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Ακόμη η υγρασία προκαλεί χημικές μεταβολές στις χρωστικές μέσω διαδικασιών υδρόλυσης και ενυδάτωσης.
- **Βιολογικοί παράγοντες** Οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται κάτω από υψηλά ποσοστά υγρασίας (65-70%). Για την ανάπτυξή τους απαιτούνται θρεπτικά

συστατικά, τα οποία μπορούν να βρεθούν ακόμα και σε ένα ανόργανο υπόστρωμα (τεχνική fresco), λόγω των πολλαπλών προσμίξεων στα υλικά κατασκευής τους και επικαθίσεων από το περιβάλλον. Εκτός λοιπόν από την επιφανειακή μηχανική φθορά που προκαλούν κάποια είδη μικροοργανισμών, μπορούν να φθείρουν σε βάθος τις τοιχογραφίες επειδή τρέφονται με το ασβέστιο και το πυρίτιο του υποστρώματος. Ακόμη, κατά το μεταβολισμό τους εκκρίνουν οργανικά οξέα που αντιδρούν με τα συστατικά της τοιχογραφίας, όπως κιτρικό και οξαλικό οξύ. Οι μικροοργανισμοί κατατάσσονται σε δύο ομάδες, εκείνη των αυτότροφων όπως κυανοφύκη, λειχήνες, αυτότροφα βακτήρια και εκείνη των ετερότροφων όπως βακτήρια, μύκητες, στρεπτομύκητες. Αυτοί οι οργανισμοί όταν αναπτυχθούν στην τοιχοποιία, μπορούν να προκαλέσουν ρωγμές, αποκολλήσεις, κατάρρευση τμημάτων και χημικές επιδράσεις στα συστατικά των τοιχογραφιών με όξινες ή αλκαλικές εκκρίσεις των ριζών τους. Τέλος διάφορα ζώα μπορούν να προκαλέσουν οπές, εκδορές, εναποθέσεις απεκκρίσεων με απόρροια χημικές αλλοιώσεις και συμμετοχή στην παρουσία διαλυτών και αδιάλυτων αλάτων. Πολλές φορές σε εγκαταλελειμμένα μνημεία συχνά εγκαθίστανται πουλιά, νυχτερίδες και τρωκτικά που προκαλούν μηχανικές ή χημικές φθορές με τα περιττώματά τους που περιέχουν φωσφορικά και νιτρικά άλατα και γίνονται πηγές διαλυτών αλάτων για τα υλικά.

- Ρύπανση της ατμόσφαιρας Οι ρύποι της ατμόσφαιρας, όπως διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου και του θείου κτλ προκαλούν σημαντικές φθορές στις τοιχογραφίες. Ακόμη, οι ρυπαντές περιέχουν θειικά και νιτρικά άλατα καθώς και οξείδια μετάλλων. Οι ρύποι αυτοί, όταν εκτίθενται σε ακτινοβολία και στην υγρασία, μετατρέπονται στα αντίστοιχα οξέα που προσβάλλουν και εξασθενούν τα αλκαλικά συστατικά του κονιάματος, των χρωστικών και των συνδετικών μέσων όπως το αυγό, γόμες κ.λπ.. Η επίδραση των ρύπων στις τοιχογραφίες εξαρτάται από την υγρασία της ατμόσφαιρας, τη χημική σύσταση των ρύπων, την κακοτεχνία τους, το ηλεκτρικό τους φορτίο, την υγροσκοπικότητά τους, την υφή της ζωγραφικής επιφάνειας, την πλαστικότητά της.

- Οι ακτινοβολίες Οι τοιχογραφίες που βρίσκονται εκτιθέμενες στο ηλιακό φως ή ακόμη και σε εσωτερικούς φωτισμούς, υφίστανται σημαντική φθορά. Το φως κυρίως της υπεριώδους ακτινοβολίας μπορεί να προκαλέσει χρωματικές αλλαγές των χρωστικών και επιτάχυνση της αποσύνθεσης των οργανικών συστατικών που πιθανότατα να περιέχονται στα υλικά κατασκευής μιας τοιχογραφίας.
  
- Η δράση των αλάτων Όταν η υγρασία εισχωρήσει στο εσωτερικό του κονιάματος ενώνεται με τα άλατα , τα οποία προέρχονται κυρίως από το έδαφος, από τα υλικά που αποτελούν το κτίριο ή από τα θαλάσσια ύδατα μέσω της αλατονέφωσης κι από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Η σύσταση τους εξαρτάται από την πηγή προέλευσης τους και μπορεί να είναι θειικά, νιτρικά, ανθρακικά, πυριτικά, φωσφορικά. Τα χλωριούχα άλατα μπορούν να προέρχονται από την ατμόσφαιρα σε παραθαλάσσιες περιοχές. Ανάλογα με την ικανότητα της διάλυσής τους στο νερό, διακρίνονται σε διαλυτά και αδιάλυτα. Τα διαλυτά άλατα, κατά τη διάρκεια μεταβολής των συνθηκών περιβάλλοντος (υγρασίας- θερμοκρασίας), μεταφέρονται σε μορφή διαλύματος στο υπόστρωμα της τοιχογραφίας και φτάνουν στη ζωγραφική επιφάνεια, όπου το νερό που τα μεταφέρει εξατμίζεται και αυτά παραμένουν, κρυσταλλώνονται με μορφή εξανθήσεων με αντίστοιχη αύξηση του όγκου με αποτέλεσμα τη διάβρωση και αλλοίωση των υλικών των τοιχογραφιών. Η παρατεταμένη δράση των αλάτων δημιουργεί ένα λευκό φιλμ στην επιφάνεια της τοιχογραφίας, το οποίο επικαλύπτει τις λεπτομέρειες του έργου.
  
- Ανθρώπινος παράγοντας. Ίσως είναι ο πιο δραστικός και άμεσος παράγοντας καταστροφής των τοιχογραφιών . Καθώς τα μνημεία και οι ναοί εκτίθενται σε πολέμους, που εκτός της καταστροφής τους από μπαρούτι και άλλες ουσίες που χρησιμοποιούνται σε όπλα, είναι και αυτά που ταλαιπωρούνται κυρίως από τους κατακτητές, ως δείγμα επιβολής τους σε μια πόλη ή χώρα. Άλλωστε δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου τοιχογραφίες Αγίων έχουν ασβεστωθεί .Τέλος εκτός από τους πολέμους ταλαιπωρούνται και από τη συντήρηση , είτε

γιατί χρησιμοποιούνται καταστρεπτικές τεχνικές κυρίως σε παλαιότερα έτη ,είτε γιατί στην προσπάθεια αποκατάστασής τους φεύγει μέρος των χρωστικών ή επικαλύπτονται με άλλες σύγχρονες χρωστικές και βερνίκια.

## Κεφάλαιο 2: Ιστορικά στοιχεία

### 2.1 Βυζαντινός Πολιτισμός την περίοδο των Παλαιολόγων

Οι Παλαιολόγοι είναι η τελευταία βυζαντινή δυναστεία. Ήταν αυτή που παρέμεινε πιο πολύ από όλες τις άλλες στο θρόνο της Κωνσταντινούπολης (1259-1453). Η δυναστεία των Παλαιολόγων είχε εννέα αυτοκράτορες : Μιχαήλ Η΄ (1261-1282), Ανδρόνικος Β΄ (1282-1328), Ανδρόνικος Γ΄ (1328-1341), Ιωάννης Ε΄ (1341-1376 και 1379-1391), Ανδρόνικος Δ΄ (1376-1379), Ιωάννης Ζ΄ (1390), Μανουήλ Β΄ (1391-1425), Ιωάννης Η΄ (1425-1448) και Κωνσταντίνος ΙΑ΄ Παλαιολόγος-Δραγάσης (1449-1453). ο Μιχαήλ Θ΄ ήταν επί πολλά χρόνια συναυτοκράτορας (1294-1320), πέθανε όμως πριν από τον πατέρα του, τον Ανδρόνικο Β΄. Η περίοδος αυτή που η δυναστεία των Παλαιολόγων είχε τα ηνία ονομάζεται Υστεροβυζαντινή περίοδος. Και σε αυτή την περίοδο ανήκει η ύστερη βυζαντινή τέχνη, η οποία αρχίζει από την κατάληψη της Κωνσταντινούπολης από τους Φράγκους και εκτείνεται χρονικά ως την άλωσή της. Την περίοδο αυτή, το Βυζάντιο παύει να αποτελεί το ισχυρό πολιτικό και πολιτιστικό κέντρο της μεσοβυζαντινής εποχής. Οι αρχιτεκτονικοί τύποι δεν διαφοροποιούνται αισθητά από τα παραδείγματα των προγενέστερων εποχών. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η μεγαλύτερη ποικιλομορφία, η οποία εκδηλώνεται με τη δημιουργία συνδυαστικών τύπων. Τα είδη ναών που απαντούν κατά την υστεροβυζαντινή περίοδο είναι η βασιλική, ο σταυροειδής εγγεγραμμένος τύπος με τρούλο, ο οκταγωνικός, ο μικτός τύπος και ο σταυρεπίστεγος. Επιπλέον, σε ορισμένα μνημεία, αναγνωρίζονται μορφολογικές επιδράσεις της γοθτικής αρχιτεκτονικής που οφείλονται κυρίως στην επιρροή των Φράγκων, με χαρακτηριστικότερο στοιχείο τις οξυκόρυγες ασίδες. Οι εικονογραφίες της εποχής ακολουθούν τα πρότυπα της μεσοβυζαντινής εποχής, ενώ ταυτόχρονα εμπλουτίζονται προοδευτικά με θέματα από την παιδική ηλικία και τα πάθη του Χριστού ή το βίο της Παναγίας. Συνηθίζεται επίσης η χρήση παραστάσεων της Παλαιάς Διαθήκης που θεωρούνται ότι προοικονομούν την Καινή Διαθήκη. Στη ζωγραφική αυτής της περιόδου, εμφανίζονται πιο έντονα φυσιοκρατικά στοιχεία, ενώ αρκετοί καλλιτέχνες θέλουν να επιτύχουν σταδιακά μία πιο υποκειμενική απόδοση των παραδοσιακών θεμάτων που αναπτύσσουν, με αποτέλεσμα να τονίζονται οι εκφράσεις των προσώπων ή οι κινήσεις των μορφών που απεικονίζονται. Κατά την υστεροβυζαντινή περίοδο η

τέχνη της φορητής εικόνας φτάνει στη μεγαλύτερή της ακμή, με πολλές εικόνες να σώζονται μέχρι σήμερα. Η Δυναστεία των Παλαιολόγων που ξεκίνησε το 1259, αποτελεί ίσως την τελευταία άνθηση της βυζαντινής τέχνης, κυρίως διότι κατά αυτή την περίοδο εντείνεται η αλληλεπίδραση μεταξύ βυζαντινών και Ιταλών καλλιτεχνών.

Ο Ανδρόνικος ήταν δευτερότοκος γιος του Μιχαήλ Η΄ και της Θεοδώρας και γεννήθηκε το 1258. Το 1265 ανακηρύχθηκε συμβασιλέας του πατέρα του και το 1272 στέφθηκε συναυτοκράτορας και έλαβε πάρα πολλές δικαιοδοσίες, μεγαλύτερες ίσως από οποιονδήποτε προηγούμενο συμβασιλέα. Ο ίδιος άσκησε μια ιδιαίτερη εκκλησιαστική πολιτική καθώς ήταν βαθύτατα θρησκευόμενος. Η εκκλησιαστική πολιτική του Ανδρόνικου Β΄ ήταν εντελώς διαφορετική από εκείνη του πατέρα του, καθώς ο Ανδρόνικος τελούσε υπό την απόλυτη επιρροή και επιβολή του πατριάρχη Αθανασίου Α΄ (1289-1293, 1304-1310). Όταν πήρε το θρόνο αποκήρυξε την ένωση των εκκλησιών που είχε αποφασιστεί στη Λυών το 1274, η οποία ούτως ή άλλως δεν ίσχυε στην ουσία, τουλάχιστον από την εποχή του Σικελικού Εσπερινού. Κατόρθωσε επίσης να θέσει τέρμα στις διαφωνίες της εκκλησίας με την παράταξη των αρσενιατών το 1310. Στη διάρκεια της βασιλείας του Ανδρόνικου Β΄ η σημασία και η επιρροή της Εκκλησίας αυξήθηκε, κυρίως δε ο μοναχισμός. Τα μοναστήρια, ιδιαίτερα του Αγίου Όρους, ζουν στα χρόνια αυτά τη χρυσή τους εποχή. Επιπλέον, με χρυσόβουλλο του Ανδρόνικου τον Νοέμβριο του 1312 οι μονές του Άθω, οι οποίες μέχρι τότε υπάγονταν στον αυτοκράτορα, τίθενται υπό τη κυριαρχία του Πατριαρχείου Κωνσταντινουπόλεως. Τέλος, έχουμε μεγάλη ανοικοδόμηση εκκλησιών σε όλη την έκταση της βυζαντινής αυτοκρατορίας. [28]



Εικόνα 14 Ανδρόνικος Β΄ Παλαιολόγος

### 2.1.1 Σύγκριση του ναού της Αγίας Σοφίας της Κωνσταντινούπολης με το ναό της Μονεμβασιάς.

#### Αρχιτεκτονική Αγίας Σοφίας Κωνσταντινουπόλεως

Ο ναός της Αγίας Σοφίας είναι κτισμένος με τον αρχιτεκτονικό ρυθμό της βασιλικής με τρούλο. Ο κυρίως χώρος του κτίσματος έχει σχήμα περίπου κύβου. Διαθέτει τέσσερις τεράστιους πεσσούς (κτιστοί τετράγωνοι στύλοι), που απέχουν μεταξύ τους ο ένας από τον άλλο 30 μ., στηρίζουν τα τέσσερα μεγάλα τόξα πάνω στα οποία είναι ο τρούλος, με διάμετρο 31 μέτρων. Ο τρούλος δίνει την αίσθηση ότι αιωρείται εξαιτίας των παραθύρων που βρίσκονται γύρω στη βάση του και δίνει την εντύπωση ότι ένα κομμάτι ουρανού κρέμεται στη γη (ιστορικός Προκόπιος) Γενικά ο ναός είναι ορθογώνιο οικοδόμημα μήκους 78,16 μ. και πλάτους 71,82 μ. κτισμένο στη ΝΔ. πλευρά του πρώτου λόφου της Πόλης με κατεύθυνση ΝΑ. Περιβάλλεται από δύο αυλές την βόρεια και την δυτική καλούμενη και αίθριο. Συνορεύει με τα Πατριαρχικά κτίρια τα οποία συνδέονταν με το Αυγουσταίο, τη μεγάλη δηλαδή πλατεία που βρίσκονταν το λαμπρό από πορφυρό μάρμαρο άγαλμα της Αυγούστας Ελένης.

Εσωτερικά ο Ναός διαιρείται από δύο κιονοστοιχίες εξαρτώμενες από τους πεσσούς σε τρία κλίτη. Ο όλος Ναός αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Το αίθριο όπου είναι μια υπαίθρια μαρμαρόστρωτη και περίστυλη αυλή στο μέσον της οποίας ήταν η μαρμάρινη κρήνη που έφερε την ονομαστή επιγραφή «ΝΙΨΟΝ ΑΝΟΜΗΜΑΤΑ ΜΗ ΜΟΝΑΝ ΟΨΙΝ» (δηλ. πλύνε τις αμαρτίες, όχι μόνο το πρόσωπο). Στο αίθριο επίσης φέρονται κάποια ίχνη οικοδομήματος.
- Ο έξω και ο κυρίως νάρθηκας αποτελείται από πέντε πύλες και το αίθριο που οδηγούν στον έξω νάρθηκα και από αυτόν άλλες πέντε πύλες οδηγούν στον εσωτερικό νάρθηκα, από τις οποίες η μεσαία πύλη λέγεται και Μεγάλη ή Ωραία Πύλη. Από τον έσω νάρθηκα εννέα πύλες, τρεις ανά κλίτος, οδηγούν στον κυρίως Ναό. Οι τρεις μεσαίες εξ αυτών καλούνται Βασιλικές πύλες επειδή από αυτήν εισήρχετο ο Αυτοκράτορας στις επίσημες τελετές. Και οι δύο νάρθηκες



καταλαμβάνουν περίπου το ίδιο πλάτος του Ναού με μικρό μήκος εισόδου ο καθένας.

- **Ο κύριος Ναός** Η είσοδος του κυρίως Ναού , όπως αναφέρθηκε παραπάνω , ήταν οι τρεις Βασιλικές πύλες και οι έξι, ανά τρεις εκατέρωθεν, του έσω νάρθηκα. Ο κυρίως Ναός χωρίζεται σε τρεις στοές , των οποίων το μεσαίο είναι διπλάσιου πλάτους των εκατέρωθεν. Οι τέσσερις πεσσοί, που είναι κτιστοί στύλοι, συνδέονται μεταξύ τους με υπερώα τόξα στα οποία και φέρονται επιθήλια τόξα συναποτελώντας έτσι μια περιμετρική βάση επί της οποίας και εδράζει ο τεράστιος θόλος. Η περιμετρική βάση φέρει πλήθος στυλιδίων υπό μορφή παραθύρων από τα οποία και ολόκληρος ο Ναός λούζεται από το φως. Ο Ναός παρουσιάζει πράγματι την εντύπωση μιας αρμονίας φωτός και αρχιτεκτονικής. Τα 100 αυτά παράθυρα, 40 επί της στεφάνης του θόλου και τα υπόλοιπα στα ημιθήλια, τις κόγχες και τους τοίχους προσδίδουν την εικόνα της ανακρέμασης του θόλου από τον ουρανό, οι δε ακτίνες του Ήλιου που εισέρχονται στο χώρο δίνουν την εντύπωση να άγονται από τους ουραμούς. Γενικά τα τόξα, τα ημιθήλια και ο εκπληκτικός θόλος στηρίζονται στους τέσσερις πεσσούς, οι λίθοι των οποίων φέρονται στερεωμένοι με χυτό μόλυβδο και σιδερένιους μοχλούς. Στη δε κατασκευή του θόλου έχουν χρησιμοποιηθεί ελαφρόπετρες από Ρόδο που φέρουν την επιγραφή "Μεγάλης Εκκλησίας του Κωνσταντίνου". [16]

## Αρχιτεκτονική της Αγίας Σοφίας της Μονεμβασιάς

Αρχιτεκτονικά, ανήκει στον τύπο του ηπειρωτικού οκταγωνικού ναού, ο οποίος είναι: μονόχωρος τύπος εκκλησίας με τετράγωνη κάτοψη που καλύπτεται με τρούλο, ο οποίος έχει οκταγωνική στήριξη. Παραλλαγή του αποτελεί ο ηπειρωτικός οκταγωνικός ναός, ο οποίος συναντάται στην κυρίως Ελλάδα, ο οποίος έχει τετράγωνη ή ορθογώνια κάτοψη και συγχωνεύει το τρουλαίο διαμέρισμα του οκταγωνικού ναού με τις καμαροσκεπείς κεραίες μιας σταυροειδούς εκκλησίας όπως το Δαφνί, ο Όσιος Λουκάς, ο Άγιος Θεόδωρος του Μυστρά κ.ά., και χρονολογείται στα μέσα του 12ου αιώνα (1150). Στα δυτικά του ναού διαμορφώνεται νάρθηκας που άλλοτε ήταν διώροφος, ενώ επί Β' Ενετοκρατίας προστέθηκε ο διώροφος εξωνάρθηκας. Εξωτερικά, στα νότια, προστέθηκε διπλή στοά άγνωστης χρήσης και πολυτελούς κατασκευής, η οποία κατέρρευσε το 1893. Η τοιχοδομία του ναού ακολουθεί το πλινθοπερίκλειστο σύστημα δόμησης, ενώ τα τρίλοβα παράθυρα των όψεων έχουν κεραμοπλαστικό διάκοσμο.

Ο ναός διατηρεί πλούσιο γλυπτό διάκοσμο που όμως λόγω των πολλών μη αναστρέψιμων μετατροπών που έχει υποστεί κατά τη διάρκεια της μακράς ιστορικής του διαδρομής, δεν κατέστη δυνατόν να επανατοποθετηθεί στο σύνολό του, και τμήματα του βρίσκονται πλέον στην Αρχαιολογική Συλλογή της Μονεμβασιάς.

Ο τοιχογραφικός διάκοσμος του ναού, που διατηρείται σε αποσπασματική κατάσταση, είναι υψηλής ποιότητας και χρονολογείται στον 12ο ή στον πρώιμο 13ο αιώνα. Οι σωζόμενες παραστάσεις εικονίζουν τον Χριστό με αγγέλους στην είσοδο που συνδέει τον νάρθηκα με τον ναό, μετωπικούς ολόσωμους αγίους, μάρτυρες, ιεράρχες, τον Χριστό σε μέταλλο ως Παλαιό των Ημερών στο ιερό, σκηνές από τον βίο του αγίου Νικολάου/

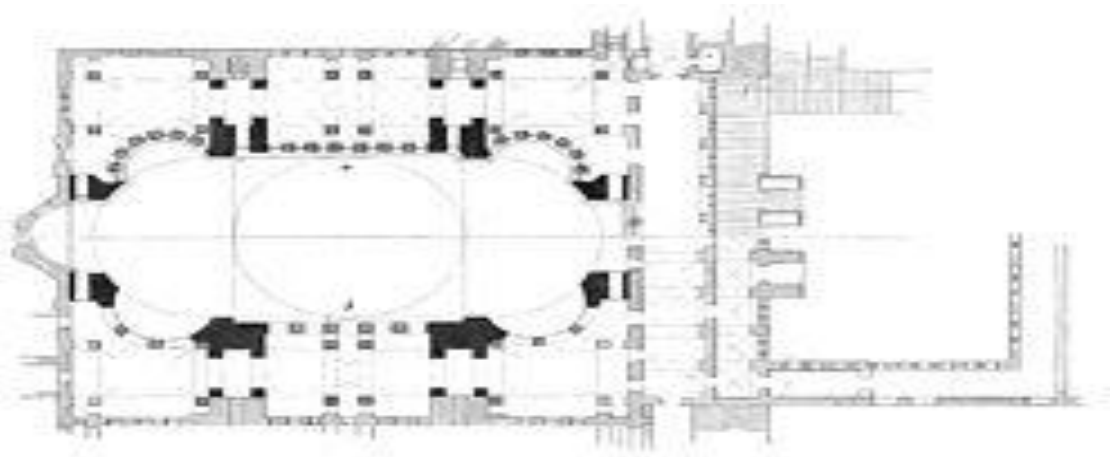
Ο ναός της Αγίας Σοφίας ήταν μεγαλύτερος, μεγαλοπρεπέστερος και λαμπρότερα διακοσμημένος. Η Αγία Σοφία συνδυάζει τον τύπο της βασιλικής με τρούλο με τον τύπο περίκεντρου κτιρίου, και η κατασκευή της υπήρξε επαναστατική και καινοτόμα για την εποχή της. Η κάτοψη του ναού σχηματίζει ορθογώνιο διαστάσεων 77 επί 71 μέτρων που καταλήγει ανατολικά στην απίδα του ιερού, ενώ δυτικά προστίθενται

νάρθηκας και εξωνάρθηκας και μια μεγάλη υπαίθρια αυλή που περιβαλλόταν από στοές. Στο εσωτερικό, στο κέντρο του κυρίως ναού, τέσσερις μεγάλοι πεσσοί υψώνονται στις γωνίες ενός τετραγώνου πλευράς 31 μέτρων. Οι πεσσοί συνδέονται μεταξύ τους με τέσσερα τόξα, από τα οποία το βόρειο και το νότιο είναι πολύ ρηχά, ενώ το ανατολικό και το δυτικό απλώνονται προς τους εξωτερικούς τοίχους σχηματίζοντας μεγάλες κόγχες στα ανατολικά και τα δυτικά του κεντρικού τετραγώνου. Ο τρούλος εσωτερικά στηρίζεται από σαράντα νευρώσεις ανάμεσά τους, στο κατώτερο τμήμα του τρούλου ανοίγονται σαράντα παράθυρα, τα οποία φέρουν το φως στο εσωτερικό του κεντρικού κλίτους. Τα πλάγια κλίτη διαθέτουν υπερώα: από το νότιο υπερώο παρακολουθούσαν τη θεία λειτουργία και τις υπόλοιπες ακολουθίες ο αυτοκράτορας, η οικογένειά του, οι ανώτατοι αξιωματούχοι και οι αυλικοί του παλατιού. Η είσοδος στον κυρίως ναό γίνεται από τις πέντε θύρες του νάρθηκα, από τις οποίες η κεντρική είναι γνωστή ως «Βασίλειος Πύλη». Η εκκλησία δε φημίζεται μόνο για την αρχιτεκτονική της, αλλά και για τη μυστικιστική ατμόσφαιρα που δημιουργεί το φως μέσα στον ναό, καθώς αντανακλάται στα πολύτιμα υλικά που λάμπουν στο εσωτερικό του. Τα παράθυρα που ανοίγονται περιμετρικά στον τρούλο διαχέουν το φως και δίνουν την εντύπωση της ελαφρότητας και της εξαύλωσης, δημιουργώντας την ψευδαίσθηση ότι οι θόλοι αιωρούνται και ο τρούλος κρέμεται από τον ουρανό. Εσωτερικά ο πλούτος και η πολυτέλεια των υλικών προκαλούν το θαυμασμό. Σύμφωνα με τον Προκόπιο, κίονες, μάρμαρα, έργα τέχνης και πολύτιμα υλικά μεταφέρθηκαν από όλες τις επαρχίες της αυτοκρατορίας προκειμένου να εκπληρωθεί το όραμα του Ιουστινιανού. Οι πεσσοί και οι τοίχοι του μεσαίου κλίτους έχουν εξωτερικά επενδυθεί με ορθομαρμαρώσεις από πράσινες, γκριζοκίτρινες και σκούρες μπλε μαρμαρόπλακες, διατεταγμένες με τέτοιο τρόπο ώστε οι φλέβες τους να σχηματίζουν συμμετρικά σχέδια, ενώ οι κίονες στις κόγχες εκατέρωθεν της αψίδας του ιερού και την είσοδο είναι κατασκευασμένοι από πανάκριβο, ακόμη και τότε, πορφυρό γρανιτόλιθο (πορφυρίτη). Τα αρχιτεκτονικά γλυπτά του ναού, κιονόκρανα, γείσα και πλαίσια θυρών, φέρουν λεπτοεργημένο ανάγλυφο διάκοσμο, που συχνά έχει αποδοθεί με τη χρήση λεπτού τρυπανιού, ώστε τα ανάγλυφα σχέδια να είναι σαν δαντέλλες που περιβάλλουν τα κυρίως μέλη. Από τα έξοχα ψηφιδωτά του ναού σώζονται σήμερα μόνο ψήγματα. Τμήματα του ιουστινιανείου διακόσμου διατηρούνται στα εσωρράχια των τοξοστοιχιών του μεσαίου κλίτους, στους θόλους των πλαγίων κλιτών και των υπερώων και στην παρυφή της αψίδας. Ο διάκοσμος ήταν ανεικονικός (δεν περιλάμβανε ανθρώπινες

μορφές) και αποτελούνταν από φυτικά μοτίβα και γεωμετρικά σχήματα τοποθετημένα σε χρυσό βάθος. Οι παραστάσεις που σώζονται σήμερα φιλοτεχνήθηκαν μετά τη λήξη της Εικονομαχίας, το 843, και διατηρήθηκαν επειδή καλύφθηκαν με σοβά κατά την περίοδο που ο ναός λειτουργούσε ως τζαμί. Η Παναγία Βρεφοκρατούσα παρουσιάζεται ένθρονη στο τεταρτοσφαίριο της αψίδας του ιερού, πλαισιωμένη από αρχαγγέλους, ενώ στα λοφία του τρούλου διατηρούνται εξαπτέρυγα Σεραφείμ. Στους τοίχους του κεντρικού κλίτους, ψηλά ανάμεσα στα παράθυρα, σώζονται μορφές ιεραρχών και προφητών. Στο τύμπανο πάνω από τη θύρα του διαδρόμου που οδηγούσε από το παλάτι προς το νάρθηκα, η ένθρονη Παναγία Βρεφοκρατούσα πλαισιώνεται από τον Μεγάλο Κωνσταντίνο που της προσφέρει ομοίωμα της Κωνσταντινούπολης και τον Ιουστινιανό που της προσφέρει ομοίωμα της Αγίας Σοφίας, υπενθυμίζοντας στους μελλοντικούς αυτοκράτορες τους αφιερωτές της Πόλης και του ναού. Στο ημικυκλικό τύμπανο πάνω από την κεντρική (τη Βασιλείο) θύρα του νάρθηκα εικονίζεται ο αυτοκράτορας να κάνει μετάνοια μπροστά στον ένθρονο Χριστό, που πλαισιώνεται από μετάλλια με την Παναγία και έναν αρχάγγελο. Ο αυτοκράτορας αυτός είναι κατά πάσα πιθανότητα ο Λέων ΣΤ', που εικονίζεται στη στάση αυτή σε ένδειξη μεταμέλειας για τον τέταρτο γάμο που συνήψε, ο οποίος ήταν παράνομος κατά το εκκλησιαστικό δίκαιο. Στο βόρειο υπερώο υπάρχει ψηφιδωτή παράσταση του αδελφού του Λέοντα ΣΤ', Αλέξανδρου, με τυπικά αυτοκρατορικά ενδύματα, που μάλλον φιλοτεχνήθηκε στη διάρκεια της σύντομης βασιλείας του το 912-913. Στον ανατολικό τοίχο του νότιου υπερώου σώζονται οι δύο αναθηματικοί ψηφιδωτοί πίνακες των αυτοκρατόρων Κωνσταντίνου Μονομάχου και Ζωής, που χρονολογείται κοντά στο έτος ανάρρησης στο θρόνο του Κωνσταντίνου, γύρω στο 1044, και του Ιωάννου Κομνηνού με την Ειρήνη, γύρω στο 1118. Στο νότιο υπερώο σώζεται επίσης η γιγαντιαίων διαστάσεων παράσταση της Δέησης, με το Χριστό να πλαισιώνεται από τις μορφές της Παναγίας και του Προδρόμου, που μεσιτεύουν για τη σωτηρία των ανθρώπων· ίσως πρόκειται για αφιέρωμα του ίδιου του αυτοκράτορα Μιχαήλ Η' του Παλαιολόγου, για την ανάκτηση της Κωνσταντινούπολης το 1261. Το μνημείο έχει υποστεί αρκετές επισκευές και τροποποιήσεις στο πέρασμα των αιώνων. Ο αρχικός τρούλος κατέρρευσε λόγω σεισμού το 558 και ανακατασκευάστηκε κατά 6 μέτρα ψηλότερος από τον Ισίδωρο το Νεότερο. Το τεράστιο βάρος του φαίνεται ότι δεν αντιστηριζόταν επαρκώς, γεγονός που προκάλεσε την παραμόρφωση της βάσης του τρούλου, την κλίση των πεσσών και των αντηρίδων προς τα πίσω, και τη διεύρυνση του ανατολικού και του δυτικού

τόξου. Το 989 ο Αρμένιος αρχιτέκτονας Trdat (Τιριδάτης) μετακλήθηκε στην Πόλη και πραγματοποίησε εργασίες αποκατάστασης στο δυτικό τόξο και σε τμήματα του τρούλου που είχαν καταπέσει μετά από σεισμό. Το ανατολικό τμήμα του τρούλου κατέπεσε άλλη μια φορά, το 1346.

Συμπερασματικά, η θεώρηση και μετονομασία του από ναό της Παναγίας της Οδηγήτριας σε Αγία Σοφία, είχε βάση, καθώς μπορεί αρχιτεκτονικά να μην ήταν εντελώς όμοιες αλλά και οι δυο υποστηρίζουν την μεγαλοπρέπεια και την ένωση του ανθρώπου με το θείο. Δεν είναι τυχαίο ότι και οι δυο έχουν πολυάριθμα παράθυρα ώστε να εισέρχεται το φως από παντού και να φωτίζει το πλούσιο διάκοσμο, υπέροχες τοιχογραφίες, και όμορφα αγάλματα. Ουσιαστικά είναι δυο οικοδομήματα διαφορετικών αιώνων τα οποία δίνουν την αίσθηση της δύναμης και της αίγλης των Βυζαντινών χρόνων.



Εικόνα 15 Αγία Σοφία της Κωνσταντινούπολης

### 2.1.2 Ναός Αγίας Σοφίας

Ο ναός της Αγίας Σοφίας στη Μονεμβασιά είναι ένας οκταγωνικός τρουλαίος ναός με προκτίσματα στη νότια πλευρά. Η λαϊκή παράδοση υποστηρίζει ότι η Αγία Σοφία έχει εκατόν ένα παράθυρα και πόρτες.. Κτίστηκε το 12ο αιώνα (1149-1150). Ο γλυπτός του διάκοσμος χρονολογείται το 12ο αιώνα και οι τοιχογραφίες του ανάγονται στα τέλη του 12ου - αρχές του 13ου αιώνα. Η γραπτή και προφορική παράδοση συνδέει την εκκλησία με τον αυτοκράτορα Ανδρόνικο Β΄ Παλαιολόγο (1282-1328). Ο ναός, σύμφωνα με τις ιστορικές πηγές, ήταν αφιερωμένος στην Παναγία Οδηγήτρια.

Μετά την επανάσταση του 1821 αφιερώθηκε στην Σοφία του Θεού, επειδή θεωρήθηκε πιστό αντίγραφο της Αγίας Σοφίας στην Κωνσταντινούπολη. Η Αγία Σοφία είναι το μόνο κτίσμα που βρίσκεται σχεδόν ανέγγιχτο από το χρόνο στην Πάνω Πόλη. Ο ναός ένας από τους ωραιότερους και σπανιότερους της βυζαντινής αρχιτεκτονικής. Για αυτό το λόγο ο βράχος της Μονεμβασιάς θεωρείται ότι είναι ιερός . Στη περίοδο της Α Τουρκοκρατίας μετατράπηκε σε μουσουλμανικό τέμενος, το «Φετιχέ» ή του «Σουλτάνου Σουλεϊμάν», με την προσθήκη μιχράμπ (κόγχη ιερού) και μιναρέ στη νότια πλευρά. Στην περίοδο της Β΄ Ενετοκρατίας αποτέλεσε το καθολικό μονής δυτικού δόγματος, αφιερωμένο στη Madonna del Carmine, με την προσθήκη διώροφου εξωνάρθηκα. Ως μουσουλμανικό τέμενος επαναλειτούργησε στην περίοδο της Β΄ Τουρκοκρατίας και επέστρεψε στη χριστιανική λατρεία μετά την απελευθέρωση της πόλης το 1821. Το μνημείο, το οποίο υπέστη πολλές αλλαγές με την πάροδο των αιώνων, φέρει αξιόλογο τοιχογραφικό και γλυπτό διάκοσμο, ιδιαίτερου ιστορικού και καλλιτεχνικού ενδιαφέροντος. Οι εξαιρετικής τέχνης τοιχογραφίες του ναού ανάγονται στα τέλη του 12<sup>ου</sup> – αρχές 13<sup>ου</sup> αιώνα. Ο ναός που κατά την βυζαντινή περίοδο ήταν κατάγραφος κατά την περίοδο της Οθωμανικής κατάκτησης, μετατράπηκε σε τζαμί και ο εικονογραφικός του διάκοσμος καλύφθηκε με ασβέστη, ενώ στο πέρασμα του χρόνου υπέστη σημαντικές φθορές και απώλεια μεγάλων εικονογραφικών τμημάτων του.

Οι χρονολογίες 1827 και 1845 στη δυτική όψη αντιστοιχούν σε εργασίες επισκευής του ναού. Το μνημείο αναστηλώθηκε το 1958 - 1959 από τον Ευστάθιο Στίκα [2]



Εικόνα 16 Ναός Αγίας Σοφίας Μονεμβασιάς



Εικόνα 17 Ναός Αγίας Σοφίας Μονεμβασιάς

### 2.1.3 Αγιογραφίες του ναού της Αγίας Σοφίας της Μονεμβασιάς

Σε αυτή την ενότητα θα ήθελα να παρουσιάσω τις τοιχογραφίες που μελετήσαμε με τη φασματοσκοπική μέθοδο Raman. Όλες οι τοιχογραφίες βρίσκονται στον ναό της Αγίας Σοφίας της Μονεμβασιάς.

Ανατολική πλευρά : ολόσωμος, μετωπικός στρατιωτικός άγιος

B1



2ο στρώματα τοιχογραφίας

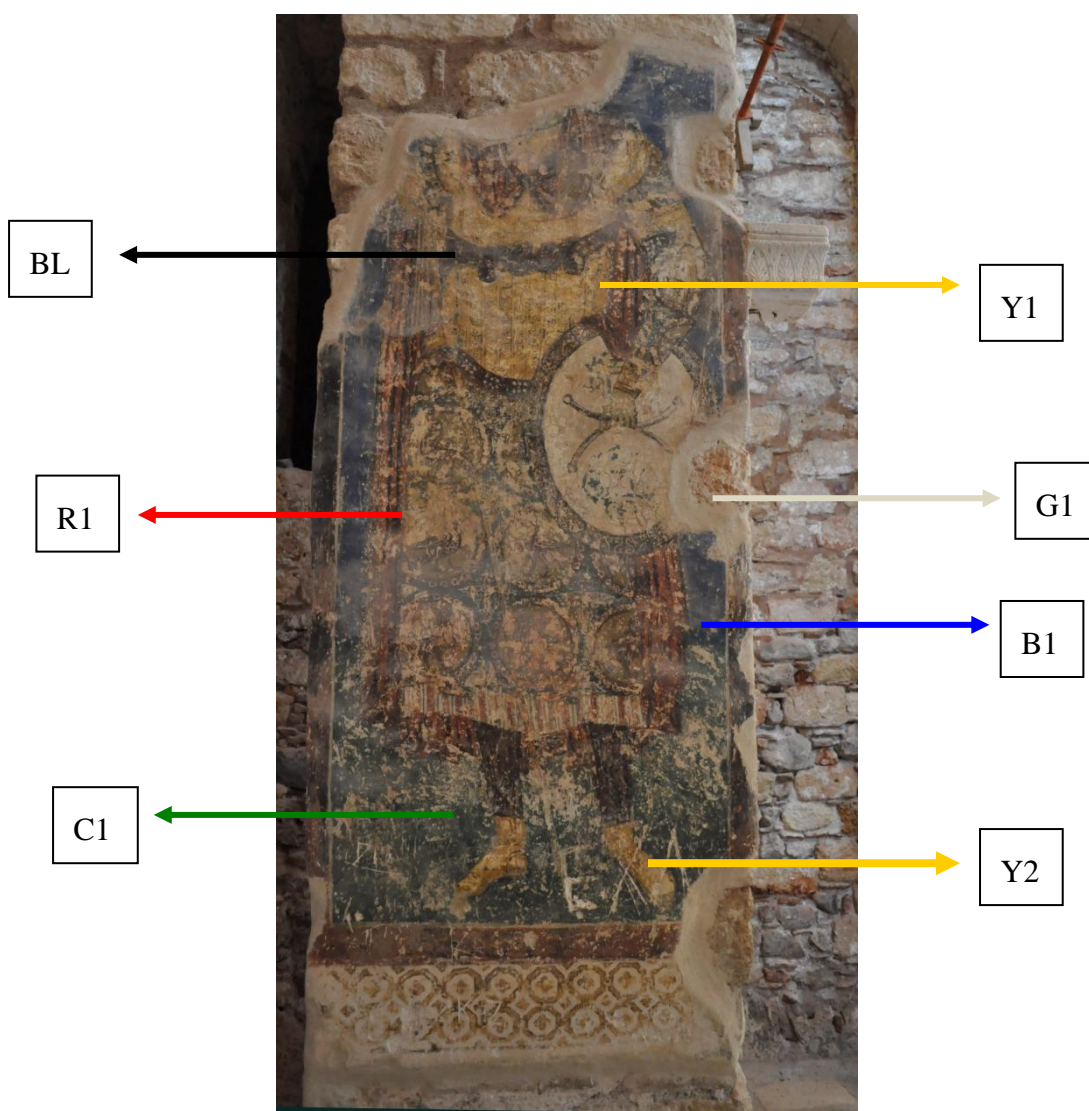




B1

## ΒΟΡΕΙΟΣ ΠΕΣΣΟΣ

Βόρεια πλευρά : Στρατιωτικός Άγιος



Κόκκινο : R1 (από χιτώνα)

Κίτριον : Y1(φωτοστέφανο), Y2 (υπόδυμα)

Μπλε : B1 (φόντο)

Πράσινο : C1 (φόντο)

Γαλάζιο: G1(από ασπίδα)

ΜαύροBL:(κομμάτι από ένδυμα)

ΚΥΡΙΩΣ ΝΑΟΣ – ΝΟΤΙΟ ΔΥΤΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ



Γαλάζιο: C1 (από κλειστό ειλητήριο)



**ΚΥΡΙΩΣ ΝΑΟΣ – ΝΟΤΙΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΤΟΙΧΟΣ**

μορφές ασκητών

Y1



Κίτρινο: Y1 (φωτοστέφανο)

## ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟΣ ΠΕΣΣΟΣ

Ανατολική πλευρά, Στρατιωτικός Άγιος



R1

Y2

G1

R2

Κόκκινο : R1(χιτώνας), R2, (υπόδυμα)

Κίτριον : Y2 (ένδυμα)

Πράσινο : G1 (φόντο)

Νότια πλευρά : Άγιος Ιεροθέος

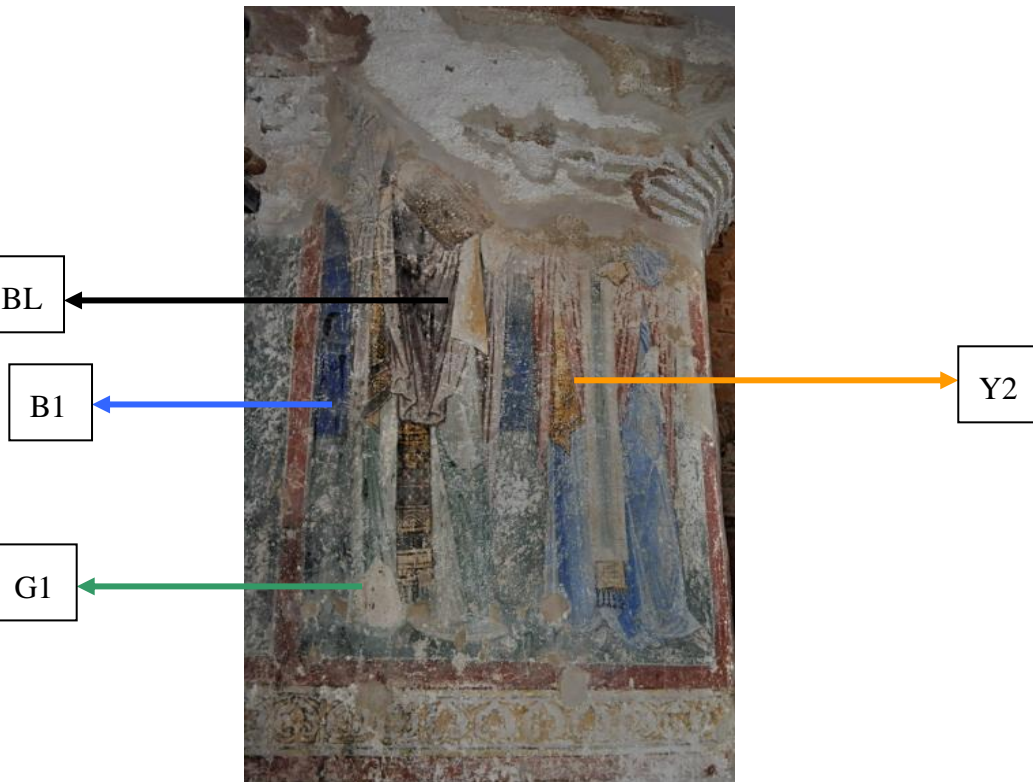


Κόκκινο : R1( χιτώνας)

Πράσινο : G1 (φόντο)

## ΔΙΑΚΟΝΙΚΟ

### Δυο Πατέρες ολόσωμοι



Κίτρινο : Y2(ένδυμα)

Μπλε : B1(ένδυμα)

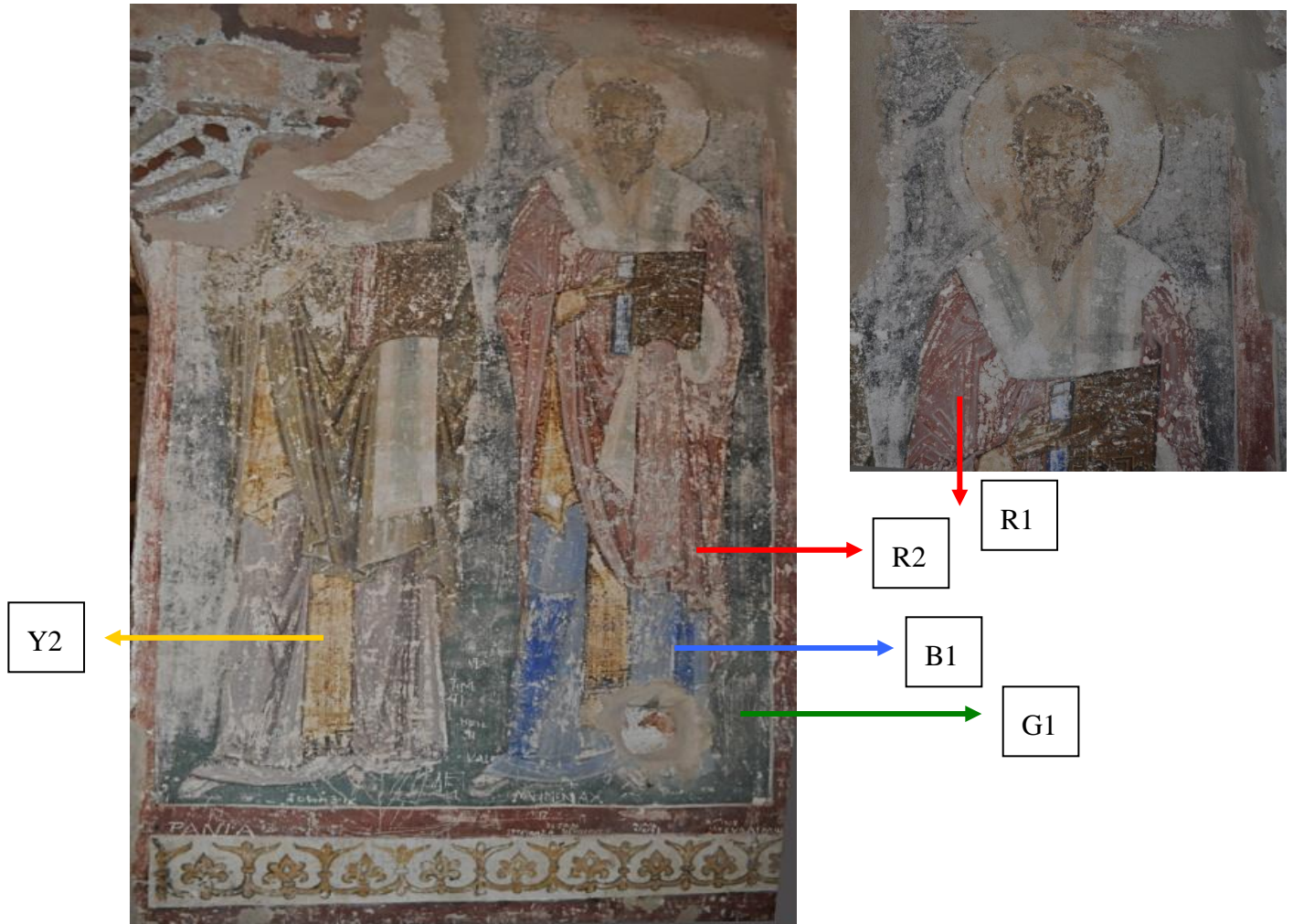
Πράσινο : G1 (φόντο)

Μαύρο :BL(χιτώνας)



## ΠΡΟΘΕΣΗ

### Δύο Πατέρες ολόσωμοι



Κόκκινο : R1(ένδυμα), R2, (χιτώνας)

Κίτριον : Y2 (ένδυμα)

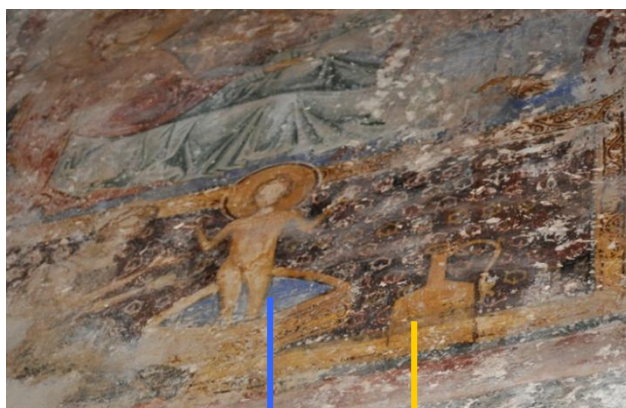
Μπλε : B1(ένδυμα)

Πράσινο : G1 (φόντο)



## ΠΡΟΘΕΣΗ

### Η Γέννηση του αγίου Νικολάου



B1

Y1

B1

R1

Κόκκινο : R1 (χιτώνας)

Κίτριον : Y1 (αγγείο)

Μπλε : B1 (φόντο)

Πράσινο : C1 (φόντο)

## Κεφάλαιο 3: Πειραματικό μέρος

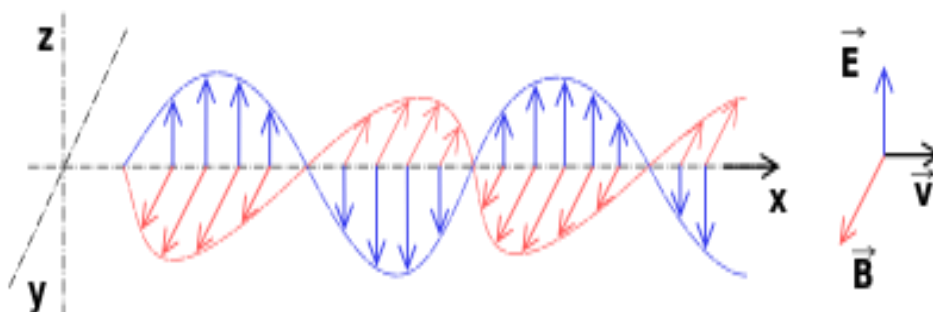
### 3.1 Σκοπός

Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας ήταν ο χαρακτηρισμός των υλικών κατασκευής των τοιχογραφιών. Η συγκεκριμένη φυσικοχημική έρευνα επικεντρώθηκε στον χαρακτηρισμό των υλικών του ζωγραφικού στρώματος και αυτό επιτεύχθηκε με την χρήση της φασματοσκοπίας Raman και της οπτικής μικροσκοπίας. Χρησιμοποιήθηκε το φορητό όργανο της DeltaNu στα 785nm καθώς και οπτική μικροσκοπία. Ελήφθησαν συνολικά 114 μετρήσεις στο Νάρθηκα (Αρχάγγελοι παραστάτες), στο κυρίως Ναό (ασκητές, στρατιωτικός άγιος), στο Ιερό Βήμα (παραστάσεις Ιεραρχών), στη πρόθεση (παράσταση Πατέρων, Γέννηση Αγ. Νικολάου).

### 3.2 Φασματοσκοπικές μέθοδοι ανάλυσης

Φασματοσκοπικές Τεχνικές. Βασίζονται στην ικανότητα διαφόρων ουσιών να εκπέμπουν ή να αλληλεπιδρούν με ακτινοβολίες χαρακτηριστικών συχνοτήτων και στη μέτρηση φασμάτων (μήκος κύματος, ισχύς - ένταση της ακτινοβολίας). Οι κύριες ακτινοβολίες που συναντώνται στις φασματοσκοπικές τεχνικές είναι οι εξής:

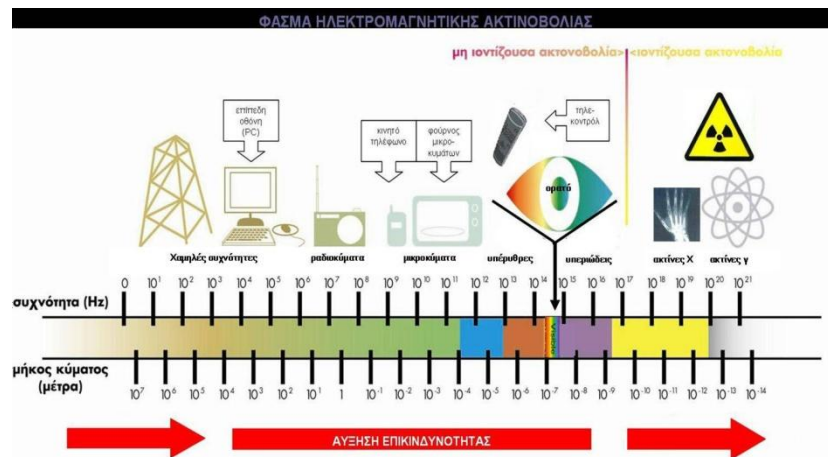
#### 1. Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία



Εικόνα 18

Χαρακτηριστικά αυτής είναι

- Μήκος Κύματος ( $\lambda$ ): Η απόσταση μεταξύ δυο γειτονικών κορυφών του ηλεκτρονικού φάσματος.
- Συχνότητα ( $\nu$ ): Ο αριθμός των κυμάτων που διέρχονται από ένα σημείο στη μονάδα του χρόνου. Μονάδες: Hz, αντιστοιχεί σε ένα (1) κύμα (κύκλο) ανά δευτερόλεπτο.
- Κυματαριθμός ( $\gamma$ ): Ορίζεται ως το αντίστροφο του μήκους κύματος στο κενό και ισούται με τον αριθμό των κυμάτων ανά  $\text{cm}^{-1}$ .
- Μονοχρωματική Ακτινοβολία: όταν χαρακτηρίζεται από μια μόνο συχνότητα. Όλα τα φωτόνια της έχουν την ίδια ενέργεια, η οποία αντιστοιχεί σε μοναδικό μήκος κύματος.
- Ενέργεια Φωτονίου:  $E = h\nu = hc/\lambda$   $h = \text{σταθερά του Planck} = 6,6262 \times 10^{-27} \text{ erg.s.}$
- Ισχύς (P): είναι η ενέργεια της δέσμης που προσπίπτει σε μια δεδομένη επιφάνεια ανά δευτερόλεπτο.
- Ένταση (I): είναι η ισχύς της ακτινοβολίας από μια σημειακή πηγή ανά μονάδα στερεάς γωνίας.



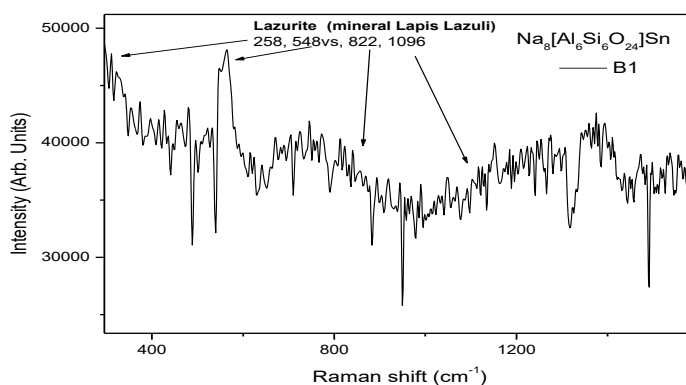
Εικόνα 19

Οι οργανικές ενώσεις όταν εκτεθούν στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, απορροφούν ενέργεια σε συγκεκριμένα μήκη κύματος. Αν ακτινοβολήσουμε ένα δείγμα με ενέργεια πολλών διαφορετικών μηκών κύματος και εντοπίσουμε ποια απορροφώνται και ποια διέρχονται, μπορούμε να προσδιορίσουμε το φάσμα απορρόφησης μιας ένωσης.

### 3.2.1 Φασματοσκοπία Raman

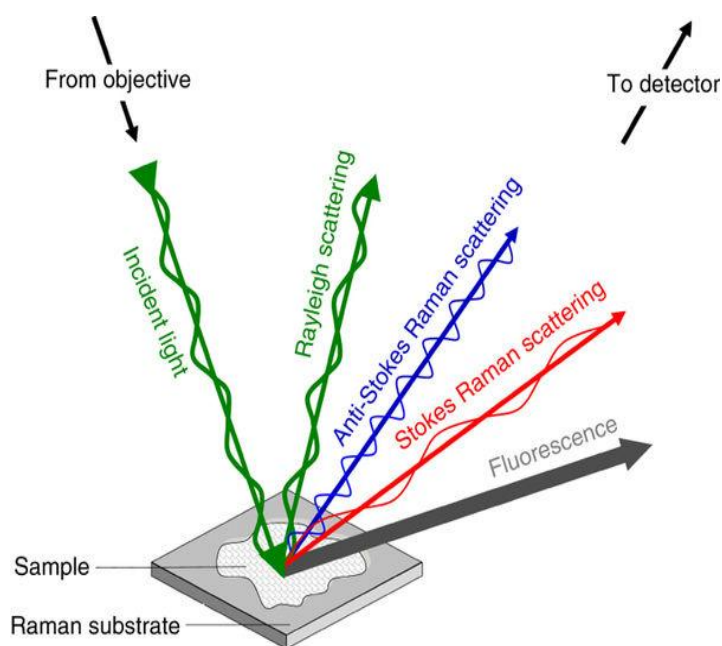
Η Φασματοσκοπία Raman αναγνωρίζει τη μοριακή δομή και τη χημική σύσταση οργανικών και ανόργανων υλικών, τόσο φυσικών όσο και συνθετικών. Ουσιαστικά η φασματοσκοπία της Raman είναι απόρροια του φαινομένου της μεταβολής της συχνότητας, όταν το φως σκεδάζεται από μόρια. Αυτή η μεταβολή της συχνότητας αναφέρεται ως συχνότητα Raman και το σύνολο των χαρακτηριστικών συχνοτήτων ενός σκεδάζοντος είδους αποτελούν το φάσμα Raman του είδους αυτού. Μια μεταβολή συχνότητας  $\Delta\nu$  είναι ισοδύναμη με μια ενεργειακή μεταβολή  $\Delta\nu / h$ . Για καθαρά πρακτικούς λόγους συνηθίζεται τα παρατηρούμενα αποτελέσματα να εκφράζονται σε κυματαριθμούς αντί συχνοτήτων. Το όνομα της οφείλεται στον Ινδό φυσικό Sir C.V.Raman ο οποίος απέδειξε πειραματικά τη σκέδαση του φωτός.

Η Φασματοσκοπία Raman είναι παγκοσμίως αναγνωρίσιμη και αποδεκτή αναλυτική μέθοδος η οποία είναι η πιο αξιόπιστη και ακριβής για να εφαρμοστεί σε έργα τέχνης. Παράλληλα είναι πολύτιμη στην αποκατάσταση των έργων τέχνης αλλά και στην αξιολόγηση της αυθεντικότητάς τους. Κύρια πλεονεκτήματά της είναι ότι είναι μη καταστρεπτική μέθοδος καθώς δεν χρειάζεται να αφαιρεθεί δείγμα από το αντικείμενο και επίσης μπορεί να εφαρμοστεί επί τόπου χωρίς τη μεταφορά του έργου σε κάποιο εργαστήριο. Για το σκοπό αυτό έχουν δημιουργηθεί διεθνώς αρκετές βάσεις δεδομένων για διάφορους τύπους υλικών. Καθώς το φάσμα Raman είναι μοναδικό για κάθε ουσία, η αναγνώριση του υλικού βασίζεται στη σύγκριση του φάσματός του με τα φάσματα από την βιβλιοθήκη φασμάτων με σκοπό την ταυτοποίησή του.



Εικόνα 20

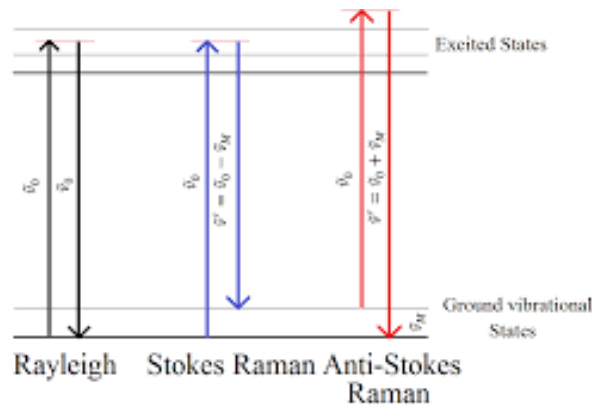
Η φασματοσκοπία Raman στηρίζεται στο φαινόμενο διάχυσης μιας ακτίνας φωτός καθώς εισχωρεί μέσα από μια διάφανη ουσία. Όταν χρησιμοποιηθεί ακτίνα μονοχρωματικής ακτινοβολίας, τότε όλη η ενέργεια που διαχέεται αποτελείται από ακτινοβολία συχνότητας κοινή με αυτής της προσπίπτουσας ακτινοβολίας (διάχυση Rayleigh), ένα μέρος της αποτελείται από μερικές διακεκριμένες συχνότητες άνω και κάτω από τη συχνότητα της προσπίπτουσας.



Εικόνα 21

### Γραμμές Stokes και anti-Stokes

Στη φασματοσκοπία Raman χρησιμοποιούνται ακτίνες λέιζερ με πολύ στενή περιοχή συχνοτήτων. Η συχνότητα αυτή οφείλεται σε δύο είδη διάχυσης όταν περάσει μέσα από το δείγμα. Οι φασματικές γραμμές που έχουν συχνότητα μικρότερη της συχνότητας της προσπίπτουσας ακτινοβολίας λέιζερ ονομάζονται γραμμές Stokes και είναι αποτέλεσμα της σύγκρουση των φωτονίων με μόρια που βρίσκονται στη θεμελιώδη ενεργειακή κατάσταση, διαφορετικά οι φασματικές γραμμές με συχνότητα μεγαλύτερη ονομάζονται γραμμές anti-Stokes και προκαλούνται από τη σύγκρουση φωτονίων με μόρια που υπάρχουν σε διεγερμένες ενεργειακές καταστάσεις.



Εικόνα 22

### Δονήσεις στη φασματοσκοπία Raman

Σε περιπτώσεις δονήσεων Raman, υπάρχουν δύο γενικοί κανόνες. Πρώτος κανόνας, οι συμμετρικές δονήσεις παρουσιάζουν έντονες φασματικές γραμμές, ενώ οι μη συμμετρικές εμφανίζουν ασθενείς φασματικές γραμμές και ο δεύτερος κανόνας είναι του αμοιβαίου αποκλεισμού (rule of mutual exclusion) που τονίζει ότι, εάν ένα μόριο έχει κέντρο συμμετρίας τότε οι δονήσεις που είναι ενεργές στο φάσμα Raman, είναι ανενεργές στο φάσμα IR, αυτές που είναι ενεργές στο IR είναι ανενεργές στο φάσμα Raman.

Όπως κάθε μέθοδος όμως έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της. Τα πλεονεκτήματά της είναι ό,τι χρησιμοποιείται για ανάλυση στερεών, υγρών και αερίων, είναι μη-καταστροφική τεχνική, δεν απαιτεί κενό, και είναι μια σύντομη διαδικασία. Το μειονέκτημά της είναι ότι έχει χαμηλή ευαισθησία.



### 3.2.2 Μηχάνημα φορητής φασματοσκοπίας Raman

Ο φθορισμός είναι ένα κοινό πρόβλημα στη φασματοσκοπία Raman, έτσι όταν οι συνθήκες βοηθούν την παραγωγή φθορισμού μπορεί να επισκιάσει το πραγματικό αποτέλεσμα της μέτρησης. Η εκπομπή φθορισμού προέρχεται από μόρια δείγματος ή από ιχνοστοιχεία που απορροφούν τη διέγερση του λέιζερ και εκπέμπουν ένα ευρύ φόντο στο ίδιο σημείο. Ένας τρόπος για την εξάλειψη ή τη μείωση της εκπομπής φθορισμού είναι να επιλέξετε ένα μήκος κύματος διέγερσης λέιζερ που δεν έχει αρκετή ενέργεια για να διεγείρει τον μοριακό φθορισμό. Το **Advantage 785** χρησιμοποιεί λέιζερ διεγέρσεως 785 nm για τη μείωση της υπογραφής φθορισμού σε δείγματα που παρουσιάζουν ισχυρό φθορισμό σε βραχύτερα μήκη κύματος. Το συγκεκριμένο όργανο διαθέτει ένα μικροσκόπιο, το NuScope το οποίο χρησιμοποιείται για την απεικόνιση δειγμάτων και την εμφάνιση φάσματος Raman πεδίων σε ετερογενή υλικά.

Τα φασματομέτρα σειράς Advantage έχουν σχεδιαστεί ειδικά για ευκολία χρήσης. Για δείγματα υγρών ή στερεών πρέπει να τοποθετούνται σε φιαλίδιο. Συνιστάται το φιαλίδιο δειγμάτων να περιέχει περίπου δείγμα  $\frac{1}{2}$  "για να εξασφαλιστεί η ανίχνευση από τη δέσμη λέιζερ κατά τις πρώτες εβδομάδες χρήσης. Καθώς το όργανο γίνεται πιο οικείο στον χρήστη, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν πολύ μικρές ποσότητες υλικού δείγματος. Απλά ρυθμίζουμε το φιαλίδιο του δείγματος κατακόρυφα μέσα στη θήκη δείγματος για να εξασφαλίσουμε την ευθυγράμμιση του δείγματος και της ακτίνας λέιζερ. Το σύστημα εμφανίζει φάσματα σε πραγματικό χρόνο, για αυτό πρέπει να εστιάζεται σωστά η δέσμη λέιζερ στο υλικό του δείγματος. Για τα υγρά, η εστίαση δεν είναι κρίσιμη και υπάρχει ένα μεγάλο εύρος στο οποίο η ρύθμιση κάνει ελάχιστες αλλαγές στο φάσμα. Όταν το δείγμα απέχει πολύ από το όργανο, υπάρχει μείωση του σήματος και ίσως αύξηση του υποβάθρου καθώς το ίδιο το φιαλίδιο δείγματος γυαλιού κινείται προς την εστία, όταν βελτιστοποιείται η ένταση και ελαχιστοποιείται ο θόρυβος. Ο χρόνος ολοκλήρωσης που απαιτείται για τη λήψη ενός φάσματος εξαρτάται από το δείγμα και την εφαρμογή. Για να επιτευχθεί ο καλύτερος λόγος σήματος προς θόρυβο, πρέπει να διατηρείτε στη μεγαλύτερη κορυφή του φάσματος. Ακόμη η βαθμονόμηση του οργάνου γίνεται με 20 πρότυπα δείγματα αναφοράς (ταύτιση των κορυφών των δειγμάτων σε όλο το φάσμα συχνοτήτων). Τα δείγματα αναφοράς δίνονται από την εταιρία ταυτόχρονα με την

αγορά του οργάνου. Διατίθεται επίσης η βιβλιογραφική βάση δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει πάνω από 10.000 δείγματα (οργανικά και ανόργανα).



Εικόνα 23

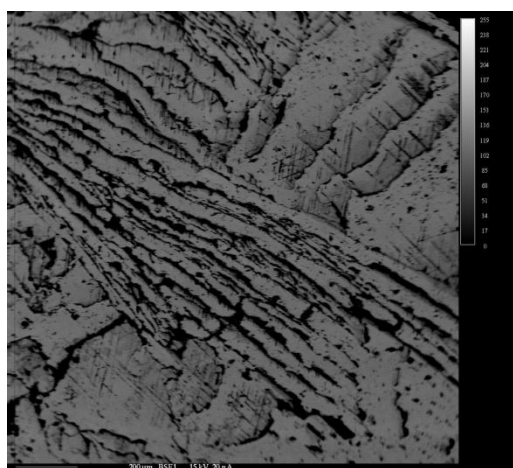
#### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

Υγρή δειγματοληψία	Δέσμευση κυττάρων δείγματος για φιαλίδια των 8mm, σωλήνες NMR ή σωλήνες MP
Σταθερή δειγματοληψία	Τοποθέτηση υλικού σε σκόνη
Μικροσκοπία	Προαιρετική προσάρτηση μικροσκοπίου (NuScope™)
Φορητότητα	Ζυγίζει κάτω από 5 λίβρες, απομακρυσμένη σκανδάλη, ασύρματη σύνδεση Bluetooth (ή USB)
Ανάλυση	Μικρότερη του 8 cm <sup>-1</sup>
Φασματική περιοχή	100 ‘ 2000 cm <sup>-1</sup>
Λογισμικό	NuSpec™, GRAMS (data is stored in ASCII or Thermo-Galactic formats)

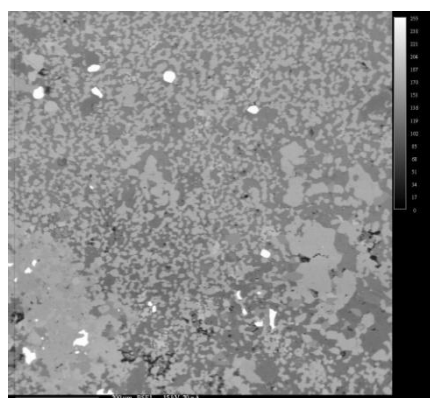


### 3.3 Μετρήσεις σε αντίστοιχες χρωστικές αναφορές στο εργαστήριο

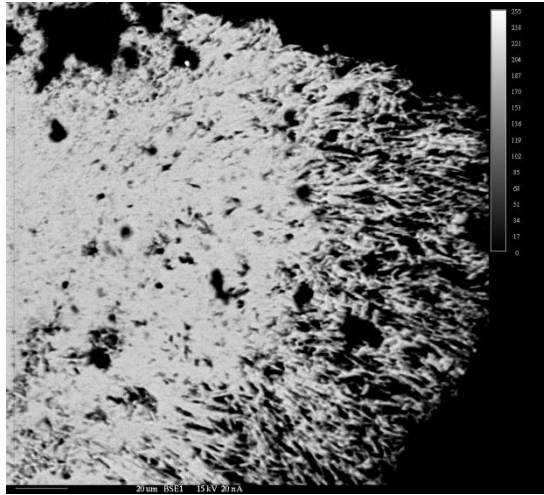
Το χρώμα είναι ένα φασματικό μέγεθος, το οποίο είναι απόρροια της εκτροπής της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας κατά την αλληλεπίδραση της με την ύλη. Οι ενώσεις όπου δεσμεύουν στην ορατή περιοχή του φάσματος (400-750nm), εμφανίζονται έγχρωμες. Όταν σε μια επιφάνεια προσπίπτει ακτινοβολία συγκεκριμένου μήκους κύματος, από την περιοχή του ορατού, ένα μέρος της απορροφάται και το εναπομένον ανακλάται ή διαπερνά από την επιφάνεια. Έτσι εμφανίζεται έγχρωμη και το χρώμα της δίνεται από τη συνολική όλων των ακτινοβολιών που τη διαπερνούν ή που ανακλώνται. Το σύνολο των ακτινοβολιών που διαπερνούν ή ανακλώνται από την επιφάνεια καθώς και εκείνων που απορροφώνται, συντελούν ένα ζεύγος συμπληρωματικών χρωμάτων σε σχέση με την προσπίπτουσα ακτινοβολία. Τα χαρακτηριστικά ενός χρώματος είναι η φωτεινότητα (brightness), η απόχρωση (hue) και ο κορεσμός (saturation), τα οποία αποτελούν τις τρεις συντεταγμένες του χρώματος στα διάφορα συστήματα περιγραφής. Η Raman φασματοσκοπία όπως περιέγραψα παραπάνω βασίζεται στην διάχυση μιας ακτινοβολίας και έτσι παίρνουμε εικόνες από τις χρωστικές που αργότερα τις μετατρέπουμε σε μορφή διαγραμμμάτων. Παρακάτω παρουσιάζω μερικές εικόνες που λάβαμε από το μηχάνημα Raman 785nm.



Εικόνα 24 κόκκινο



Εικόνα 25 μπλε



Εικόνα 26 πράσινο

### 3.4 Μεθοδολογία διεξαγωγής Μετρήσεων

Οι μετρήσεις διεξήχθησαν στον Ναό της Αγίας Σοφίας της Μονεμβασιάς με το φορητό μηχάνημα Raman. Για την ευκολία χρήσης του οργάνου και των ορθών μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε τρίποδας όπου πάνω του τοποθετήθηκε το μηχάνημα. Για να πάρουμε τα φάσματα των χρωστικών πατάμε το κουμπί έναρξης της εκπομπής λέιζερ από το συγκεκριμένο λογισμικό του υπολογιστή και αρχίζει η εκπομπή, ταυτόχρονα πατάμε και παίρνουμε φωτογραφίες των χρωστικών. Αυτές εμφανίζονται στον με τη χρήση του λογισμικού Nu Spec. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται αρκετές φορές ώστε να έχουμε πιο αξιόπιστες μετρήσεις. Παρακάτω θα κάνουμε μια πιο αναλυτική προσέγγιση πως χειριζόμαστε το εν λόγω μηχάνημα και το λογισμικό του.

Αρχικά Κοιτάζουμε στο πίσω μέρος ενός φασματόμετρου σειράς Advantage, στην επάνω αριστερή γωνία βρίσκεται ο διακόπτης ON / OFF και η σειριακή πινακίδα αριθμού. Ακόμα βλέπουμε δεξιά, την εσοχή του βύσματος (DC 12 volt) και τη σύνδεση USB.



Εικόνα 27 Πίσθιο μέρος φασματόμετρου

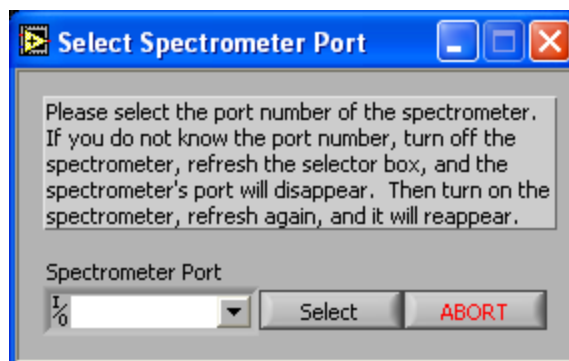
Στο μπροστινό μέρος ενός φασματόμετρου σειράς Advantage υπάρχουν δύο μικρά LED. Στα αριστερά, ένα φως ψύξης λέιζερ, και στα δεξιά, ένα φως του λέιζερ ON.



Εικόνα 28 Μπροστινό μέρος του φασματόμετρου

Μετά από την ενεργοποίηση του φασματόμετρου, πρέπει να πάμε να ανοίξουμε το πρόγραμμα στον υπολογιστή αυτό γίνεται ως εξής: Επιλέγουμε το λογισμικό NuSpec από το C: \ Program Files \ DeltaNu ή από μια συντόμευση στην επιφάνεια εργασίας που έχουμε δημιουργήσει. Όταν το λογισμικό ανοίξει για πρώτη φορά, πρέπει να επιλεγεί η θύρα του υπολογιστή στην οποία συνδέεται το φασματόμετρο πριν

συνεχίσετε . Αυτό δείχνει στο λογισμικό πού να εντοπίσει το φασματόμετρο. Αν ο σωστός αριθμός θύρας δεν εμφανίζεται αρχικά στο αναπτυσσόμενο μενού, ακολουθήστε τις οδηγίες που δίνονται στην οθόνη για να προσθέσετε τη σωστή θύρα στη λίστα, ώστε να μπορεί να επιλεγεί.

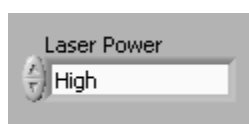


Εικόνα 29 επιλογή θύρας

Αφού ανοίξει το πρόγραμμα θα πρέπει να κάνουμε βαθμονόμηση του οργάνου. Αρχικά πρέπει να ρυθμίσουμε ένα αρχείο παραμέτρων βαθμονόμησης με το λογισμικό. Αυτές οι παράμετροι χρησιμοποιούνται για τη συσχέτιση των εικονοστοιχείων του παραθύρου προβολής του φάσματος με ένα συγκεκριμένο εύρος αριθμών κυμάτων και για την τυποποίηση της συσκευής στο πρότυπο ASTM πολυστυρενίου. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει στο λογισμικό να καθορίζει τα παράθυρα αιχμής στα οποία θα αναζητά το αρχείο ASTM πολυστυρενίου. Συνιστάται να επιλέξετε "Αυτόματο" για το χρόνο ενσωμάτωσης για να έχετε την καλύτερη βαθμονόμηση. Η βαθμονόμηση του συστήματος είναι απαραίτητη μόνο εάν έχετε χαμηλότερη αντιστοιχία συσχέτισης από το 0,95 μεταξύ του προτύπου πολυστυρενίου και του αρχείου βαθμονόμησης πολυστυρενίου που είναι αποθηκευμένο στη βιβλιοθήκη. Αφού αποθηκεύσετε τις κορυφές βαθμονόμησης στο προηγούμενο παράθυρο, θα μεταφερθείτε τώρα στο κύριο παράθυρο προβολής του λογισμικού. Τώρα είστε έτοιμοι να βαθμονομήσετε το σύστημα σύμφωνα με το πρότυπο ASTM από πολυστερίνη. Με το πρότυπο βαθμονόμησης που βρίσκεται ακόμα στη θήκη φιαλιδίου, κάντε κλικ στο κουμπί Calibrate. Όταν ολοκληρωθεί η βαθμονόμηση, θα ανοίξει ένα παράθυρο με τρεις επιλογές "Διατήρηση νέας βαθμονόμησης", "Διατήρηση παλιάς βαθμονόμησης" και "Επανάληψη βαθμονόμησης" μαζί με τιμή σφάλματος rms. Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή του σφάλματος rms, τόσο καλύτερη είναι η βαθμονόμηση. Εάν επιλέξετε να

αποθηκεύσετε αυτόν τον αριθμό σφάλματος rms για τη βαθμονόμησή σας, θα αποθηκευτεί στο αρχείο default.sdb. Αυτό το αρχείο δεν είναι αναγνώσιμο, αλλά μπορεί να επικυρωθεί από τη σφραγίδα ημερομηνίας. Επαναδιαμορφώστε εάν η τιμή σφάλματος rms είναι μεγαλύτερη από 2,0.

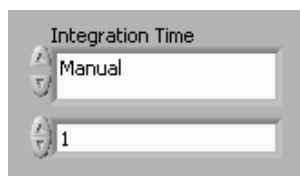
Όταν τελειώσουμε με τη βαθμονόμηση θα πρέπει να επιλέξουμε με τη μπάρα ισχύος λέιζερ την ισχύ του λέιζερ από πέντε ρυθμίσεις που κυμαίνονται από χαμηλή σε υψηλή. Συνήθως είναι καλύτερο να χρησιμοποιούμε τη ρύθμιση "Υψηλή" ισχύς για το λέιζερ. Αυτό θα μας προσφέρει το καλύτερο. Εντούτοις, μερικά δείγματα μπορεί να καούν ή να καταστραφούν κάτω από το "Υψηλό" λέιζερ φωτισμού. Όταν παρατηρείται υποβάθμιση του δείγματος, προτείνεται χαμηλότερη ισχύς ρύθμισης.



Εικόνα 30 επιλογή ισχύος

Μπορούμε ακόμη με τη λειτουργία Χρόνος ολοκλήρωσης να το κάνουμε αυτόματα ή χειροκίνητα.. Η επιλογή της αυτόματης λειτουργίας σημαίνει ότι ο χρόνος ολοκλήρωσης χρησιμοποιεί τις ίδιες παραμέτρους απόκτησης με το υλικό της συσκευής. Η μέγιστη προεπιλεγμένη ρύθμιση για το υλικό είναι 60 δευτερόλεπτα. Σε αυτή τη λειτουργία, η συσκευή επιλέγει τον βέλτιστο χρόνο έκθεσης με βάση το σήμα συλλογής που λαμβάνεται σε έλεγχο 0.3s του δείγματος. Συνιστάται η αποθήκευση των καταχωρίσεων βιβλιοθήκης χρησιμοποιώντας αυτήν την αυτόματη λειτουργία.

Η λειτουργία χειροκίνητης λειτουργίας επιτρέπει την αλλαγή του χρόνου ολοκλήρωσης. Στη χειροκίνητη λειτουργία ο χρόνος ολοκλήρωσης δεν μπορεί να ρυθμιστεί πάνω από 60 δευτερόλεπτα. Η χαμηλότερη ρύθμιση είναι 0,01 δευτερόλεπτα. Ο τρόπος ενσωμάτωσης και ο χρόνος μπορούν να αλλάξουν χρησιμοποιώντας τα πλήκτρα βέλους για να επιλέξετε μια επιλογή.



Εικόνα 31 επιλογή ολοκλήρωσης χρόνου

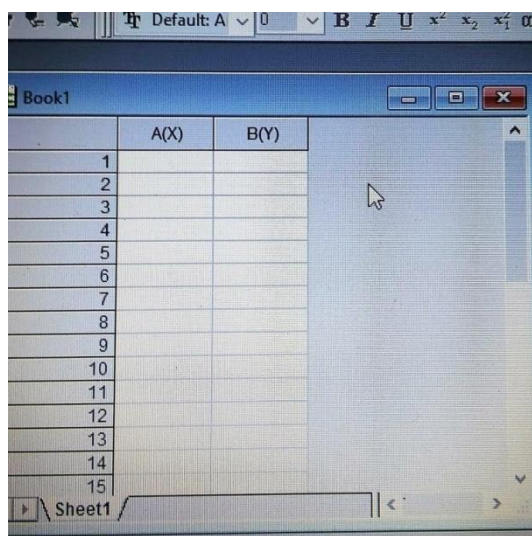
Αφού κάνουμε αυτό επιλέγουμε το κουμπί Acquire , ενεργοποιείται το λέιζερ και αρχίζει η απόκτηση του φάσματος. Σε αυτό το σημείο, το λογισμικό θα συλλέξει όσα φάσματα διαδοχικά όπως έχουμε ορίσει. Όταν αποκτώνται περισσότερα από ένα φάσματα, μπορεί να αποθηκευτεί ως αρχείο πολλαπλών αρχείων ή ως ένα ενιαίο αρχείο "μέσου όρου". Η διαδικασία αποθήκευσης ενός αρχείου ή ενός πολλαπλού αρχείου περιγράφεται περαιτέρω στην παρακάτω ενότητα με τίτλο "Αποθήκευση φάσματος".



Εικόνα 33 Acquire

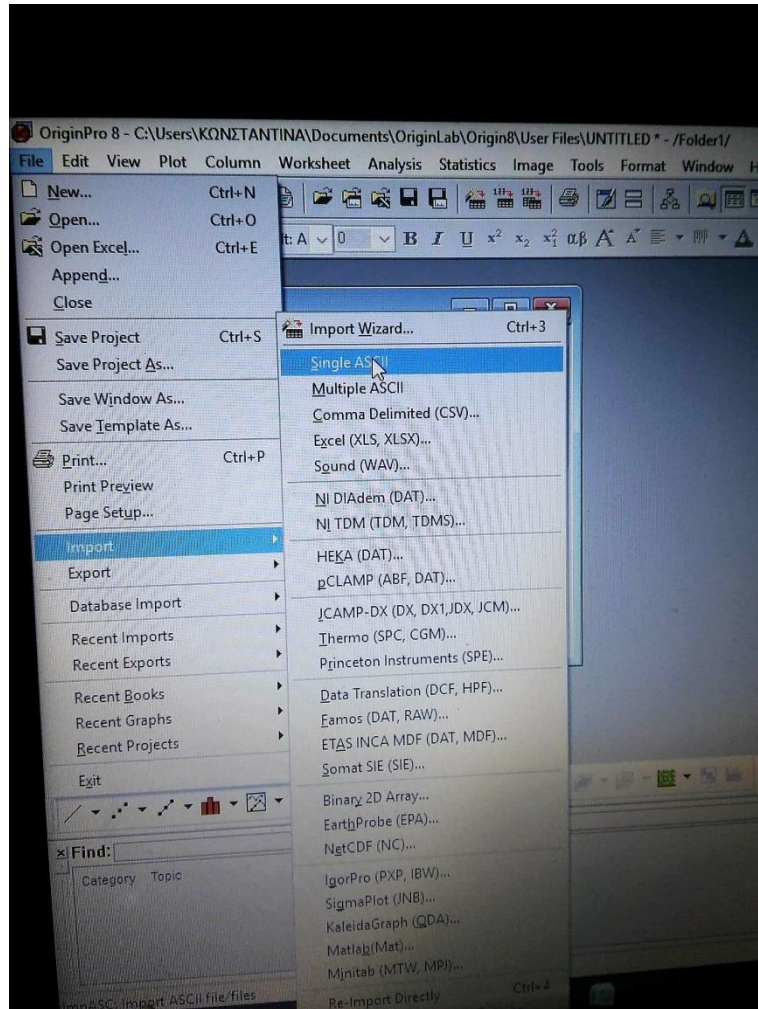
Όταν αποθηκεύσουμε τα διαγράμματα, μετά χρησιμοποιήσουμε το Origin 8 έτσι ώστε να καταγράψουμε τις κορυφές αυτών. Αυτό γίνεται ως εξής:

Ανοίγουμε το Origin Pro 8 και εμφανίζετε ένας πίνακας με δυο στήλες (x,y)



Εικόνα 34

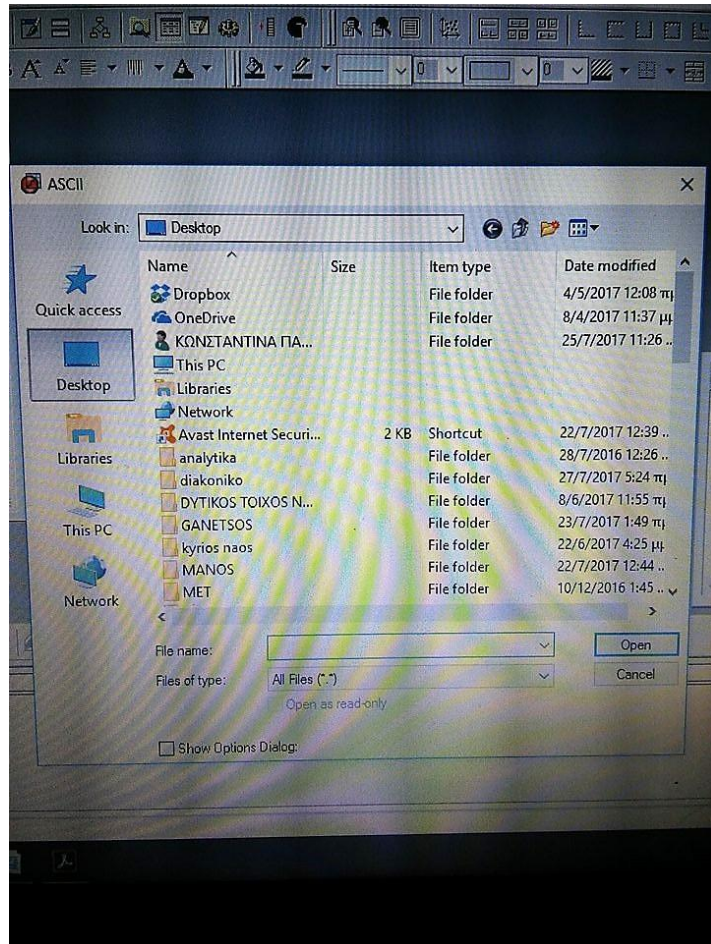
Μετά πατάμε πάνω δεξιά File από εκεί επιλέγουμε το Import SigleASCII



Εικόνα 35

Τότε ανοίγει ένα παράθυρο με τα αρχεία. Επιλέγουμε το αρχείο που θέλουμε και πατάμε το Open. Έτσι εμφανίζονται τα νούμερα των δυο στηλών .

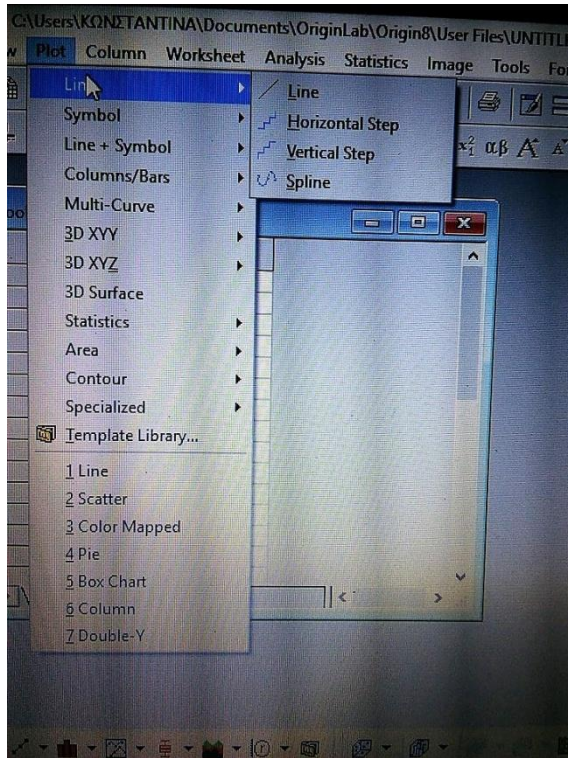




Εικόνα 35

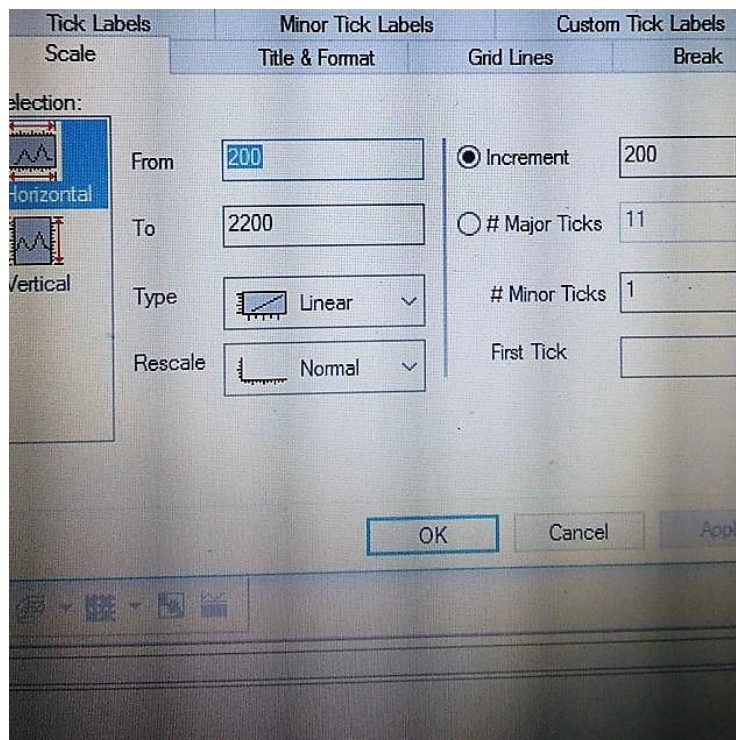
Πατάμε επιλέγουμε πάνω στη μπάρα επιλογών Plot → Line → Line και εμφανίζεται το διάγραμμα.





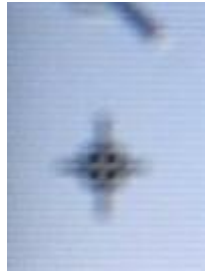
Εικόνα 36

Βαθμονομούμε τον άξονα x πατώντας πάνω του με διπλό κλικ, εμφανίζεται ένας πίνακας επιλογών και βάζουμε από πού ως που θέλουμε να είναι οι μετρήσεις.

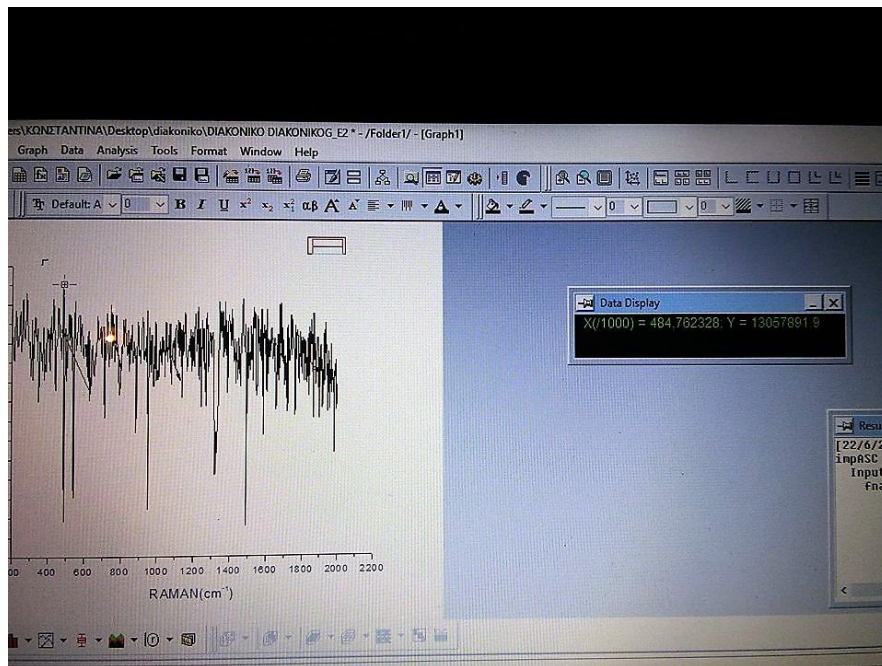


Εικόνα 37

Ύστερα επιλέγουμε από την αριστερή στήλη το screen reader και το τοποθετούμε πάνω στις κορυφές μας και διαβάζουμε τα  $x, y$ .

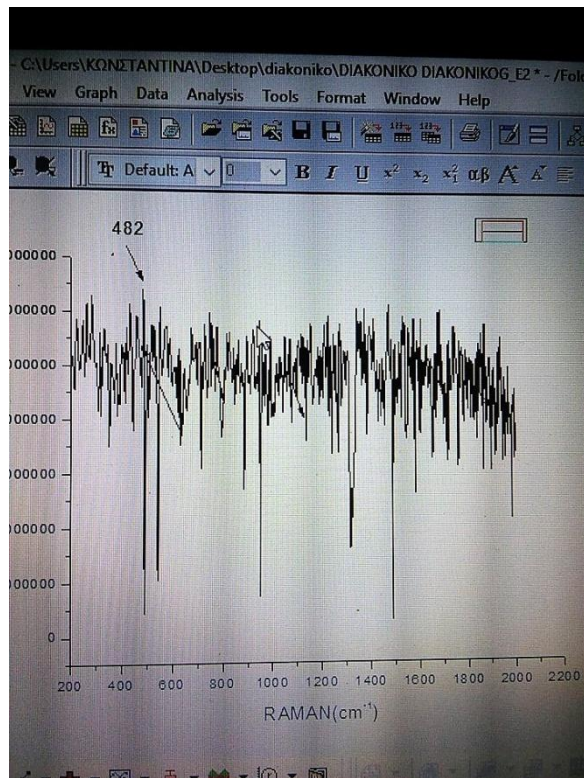


Εικόνα 38



Εικόνα 39

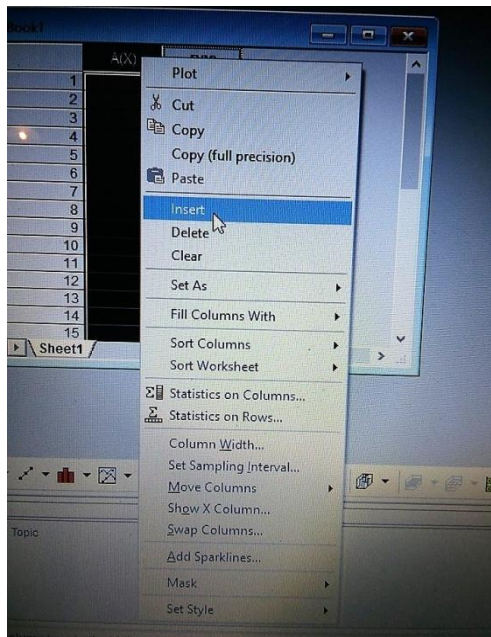
Παίρνουμε το βελάκι και πάνω από κάθε κορυφή βάζουμε με το text tool τον αριθμό της κορυφής ή διαφορετικά πατάμε tools Pick peaks passive Find peaks.



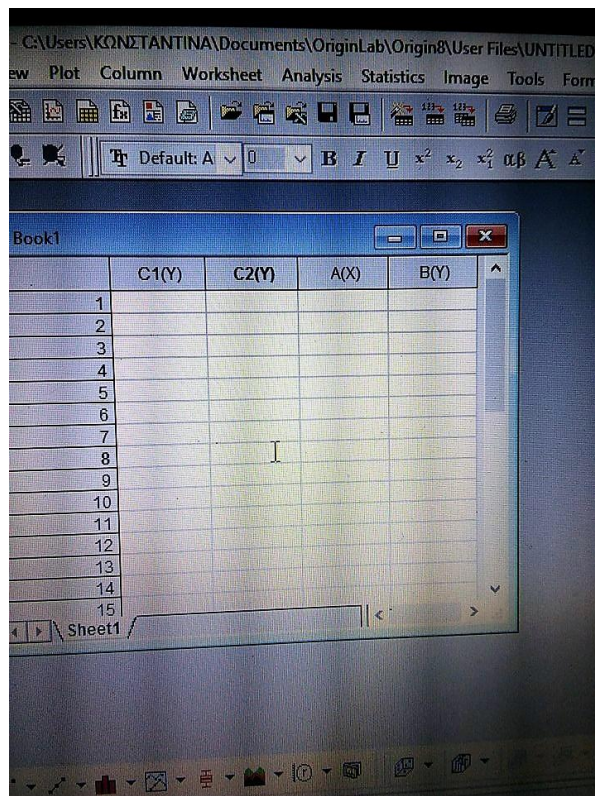
Εικόνα 40

Τέλος αν θέλουμε να κάνουμε σύγκριση δυο διαγραμμάτων, επιλέγουμε δυο επιπλέον στήλες με διπλό κλικ και insert στις στήλες τις αρχικής εικόνας x,y . Όταν εισάγουμε τις δυο επιπλέον στήλες τότε σβήνουμε με το delete τη στήλη και ξανακάνουμε την παραπάνω διαδικασία.





Εικόνα 41



Εικόνα 42

### 3.5 Πίνακες και διαγράμματα σε Origin

#### Πίνακες

Για την αναγνώριση των χρωστικών στον Ναό της Αγίας Σοφίας της Μονεμβασιάς χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα Origin . Ακολούθως καταγράψαμε τις κορυφές των διαγραμμάτων που εξάγαμε από το πρόγραμμα σε πίνακες .Σε αυτούς συγκρίναμε τις κορυφές που μας έδωσε το μηχάνημα Raman 785 με ακόμη τρεις βάσεις δεδομένων. Αυτές είναι Raman Spectroscopic Library of Natural and Synthetic Pigments Ian M. Bell, Robin J.H. Clark and Peter J. Gibbs Christopher Ingold Laboratories University College London, 20 Gordon Street, London WC1H 0AJ, UK, ,Data base pigments Checker 2016, data base RRuff.info.

- Raman Spectroscopic Library of Natural and Synthetic Pigments Ian M. Bell, Robin J.H. Clark and Peter J. Gibbs Christopher Ingold Laboratories University College London

Φασματοσκοπική βιβλιοθήκη Raman των φυσικών και συνθετικών χρωστικών Ο Ian M. Bell, ο Robin JH Clark και ο Peter J. Gibbs Christopher Ingold Laboratories University College London, 20 Gordon Street, Λονδίνο WC1H 0AJ, Ηνωμένο Βασίλειο . Η συγκεκριμένη έρευνα των συγγραφέων στον τομέα αυτό δημοσιεύτηκε στις 21/2/98 στο περιοδικό New Scientist και μία από τις ερευνητικές εργασίες της έχει επιλεγεί ως «Hot Article» για το Φεβρουάριο του 1998 από την American Chemical Society. Όλες οι βάσεις δεδομένων δημιουργήθηκαν έτσι ώστε να διευκολυνθεί η μελέτη των διαγραμμάτων διάφορων χρωστικών .Στη συγκεκριμένη βάση υπάρχουν φάσματα Raman από 60 κοινές χρωστικές, τόσο φυσικές όσο και συνθετικές, που είναι γνωστό ότι χρησιμοποιούνταν πριν από το 1850 μ.Χ., μελετήθηκαν με μικροσκοπία Raman με μήκος κύματος 632. Πενήντα έξι χρωστικές έδωσαν υψηλής ποιότητας φάσματα και αυτά διατέθηκαν εδώ, κατά χρώμα, σε φασματοσκοπική βιβλιοθήκη για αναφορά . Τα δεδομένα των χρωστικών έχουν ταξινομηθεί με βάση το χρώμα σε επτά πίνακες. Οι οκτώ χρωστικές που απέτυχαν να δώσουν επαρκή φάσματα σε οποιαδήποτε από τις

γραμμές διέγερσης που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνονται σε ξεχωριστό πίνακα. **[διαδίκτυο 5]**

- Data base pigments Checker 2016

Το Pigments Checker είναι μια συλλογή από δείγματα ιστορικών χρωστικών που προσφέρουν στους επαγγελματίες της τέχνης, τους επιστήμονες της συντήρησης και τους καλλιτέχνες της τέχνης, ένα εργαλείο αξιολόγησης και δοκιμής των μεθόδων απεικόνισης και φασματοσκοπίας για την αναγνώριση των χρωστικών ουσιών. Η "Βάση Δεδομένων Free Spectra Checker Pigments" είναι ένα συνεχές έργο που χαρακτηρίζει λεπτομερώς κάθε χρωστική ουσία στη συλλογή με μια σειρά τεχνικών και τεχνικών απεικόνισης φάσματος. Σε αυτή τη βάση δεδομένων οι χρωστικές έχουν δοκιμαστεί με 3 λέιζερ(532 nm ,638 nm, 785 nm) δείχνοντας πως κάθε χρωστική ουσία ανταποκρίνεται στις 3 εντάσεις. Οι πληροφορίες αυτές είναι χρήσιμες για την ενημέρωση μιας πραγματικής ανάλυσης των χρωστικών ουσιών σε έργα τέχνης. Στους πίνακες με τις χρωστικές χρησιμοποιήσαμε της κορυφές που έδινε το λέιζερ 785 nm. **[διαδίκτυο 6]**

- Data base RRuff

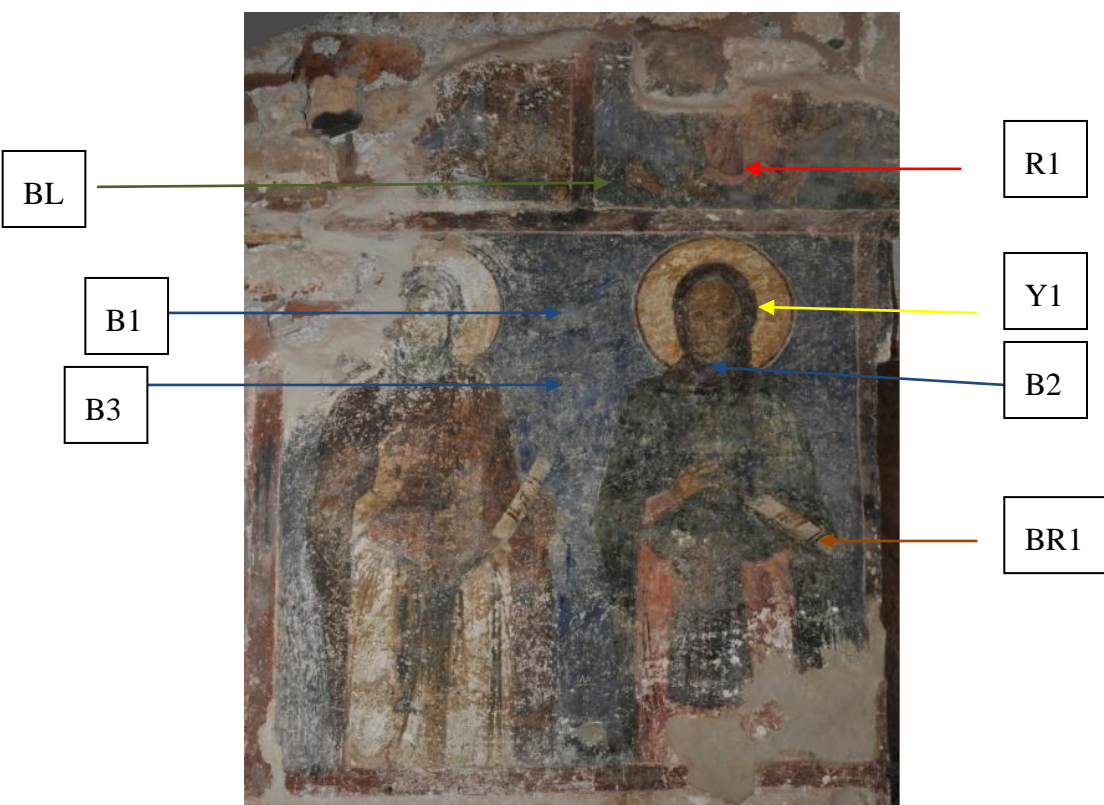
Για να δημιουργηθεί η βάση RRUFF χρησιμοποιήθηκαν διάφορα φασματοόμετρα Raman . Η ομάδα Downs διαθέτει μια ειδικά διαμορφωμένη μονάδα με λέιζερ 514 nm και ένα εμπορικό Thermo Almega XR με λέιζερ 532 και 780 nm. Η ομάδα του Denton έχει ένα σύστημα 785 nm που ήταν το πρωτότυπο του οργάνου Thermo. Το εργαστήριο του Rossman στο Caltech διαθέτει ένα οπτικό σύστημα Kaiser Optical Systems HoloProbe 785 και ένα σύστημα Renshaw microRaman για εργασία στα 514,5 και 780 nm. ανάλυση ηλεκτρονίων μικροσωματιδίων χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της χημικής σύνθεσης των ορυκτών. Χρησιμοποιούμε το τροποποιημένο CAMECA SX50 της UA. Ο χειριστής επιλέγει είκοσι σημεία στην ομαλότερη περιοχή ενός γυαλισμένου δείγματος για ποιοτική και ποσοτική ανάλυση WDS. Η ανάλυση των πειραματικώς προσδιορισμένων στοιχειωδών συνθέσεων παρέχει τον χημικό τύπο. **[διαδίκτυο 7]**

## ΚΥΡΙΩΣ ΝΑΟΣ

- ΔΥΤΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΝΟΤΙΑ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ

β' ζώνη. Παριστάνονται δύο ολόσωμοι μετωπικοί Άγιοι.

γ' ζώνη. Σώζεται αποσπασματικά το κάτω τμήμα δύο παραστάσεων με πράσινο κάμπο, οι ποδήρεις χιτώνες ,τα κάτω άκρα τριών (3) μορφών και τα κάτω άκρα τράπεζας ή θρόνου.



Κόκκινο : R1, R2, (από την γ ζώνη χιτώνας)

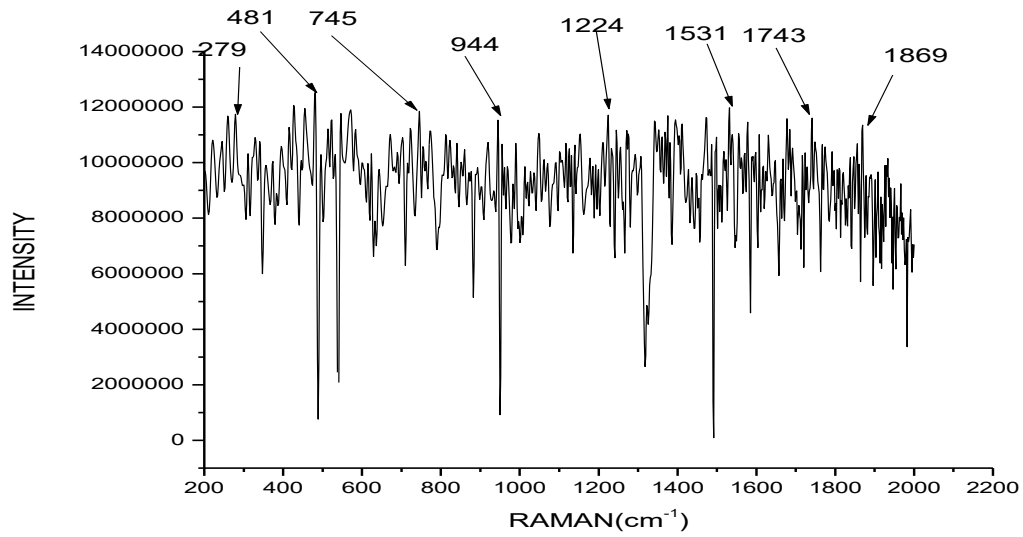
Κίτριον : Y1, Y2 (φωτοστέφανο)

Μπλε : B1, B2, B3 (φόντο)

Πράσινο : G1 (φόντο γ'ζώνης)

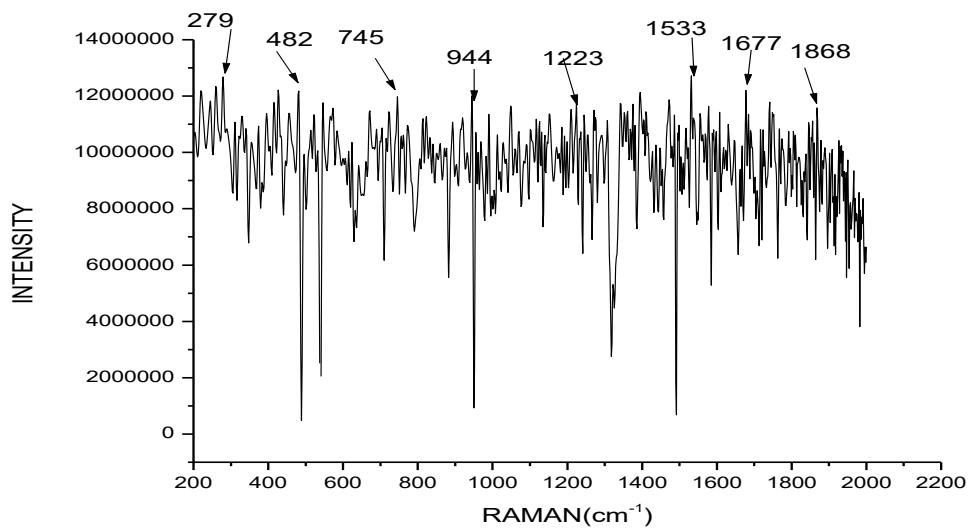
Καφέ : BR1, BR2 (οι γραμμές από το κλειστό ειλητάριο )

Μάτια : 1, 2



Διάγραμμα 3.5.1 B1

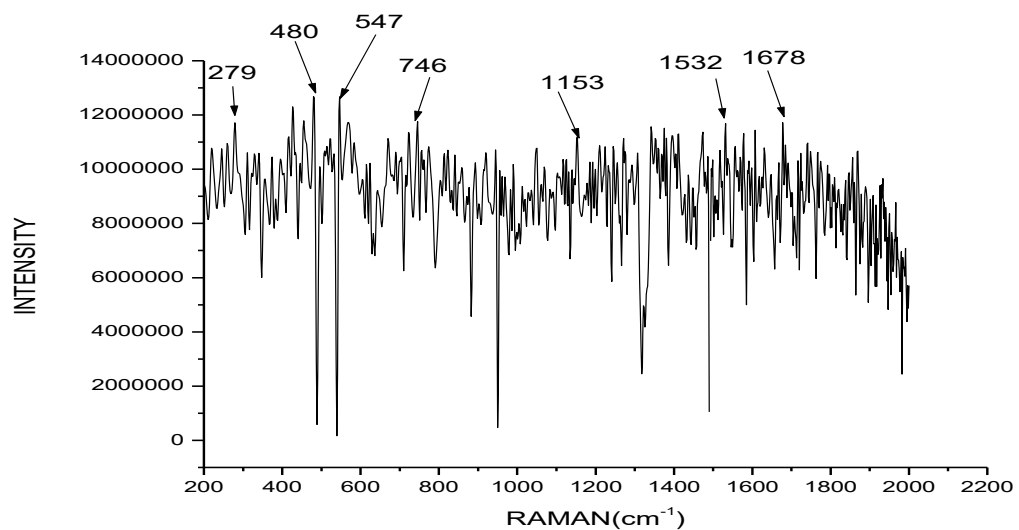
	Very strong	strong	medium
Raman 785	481	-	1531
Data Base Clark lazurite	548	-	1096
Data Base RRuff lazurite	550		980



Διάγραμμα 3.5.2 B2

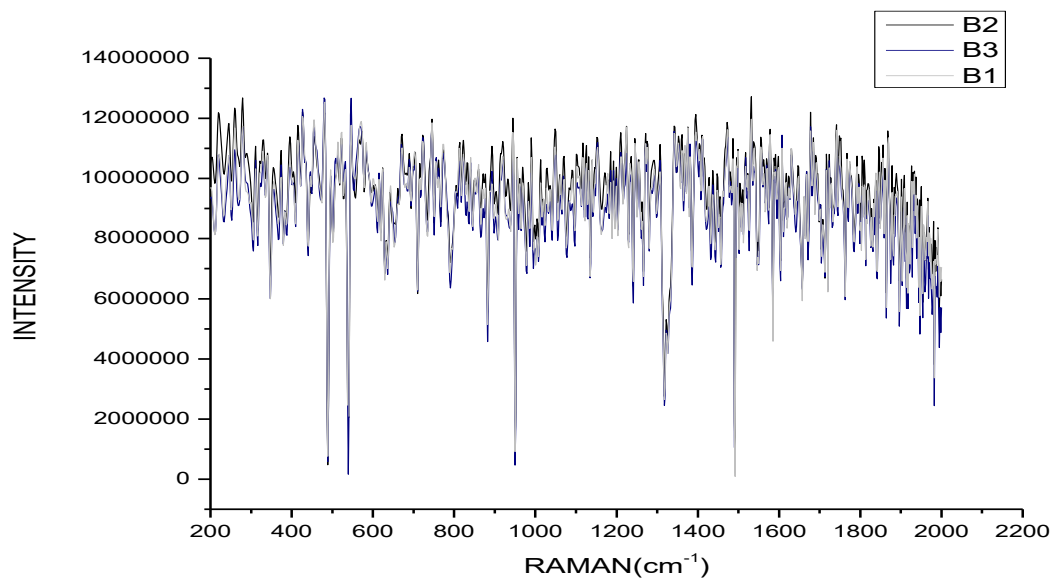


	Very strong	strong	medium
Raman 785	278	-	1677
Data Base Clark lazurite lazurite	548	-	1096
Data Base RRuff lazurite	550		980

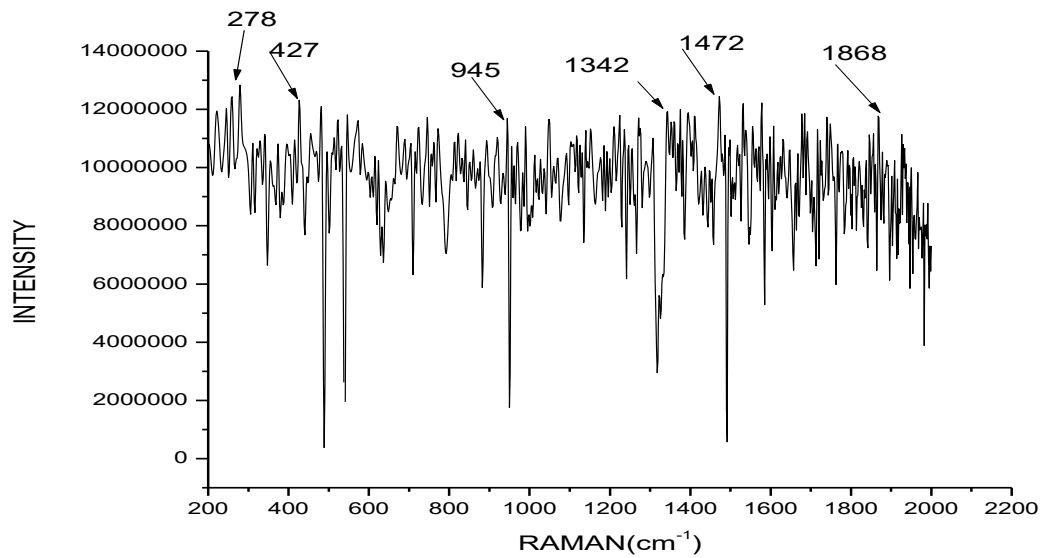


Διάγραμμα 3.5.3 B3

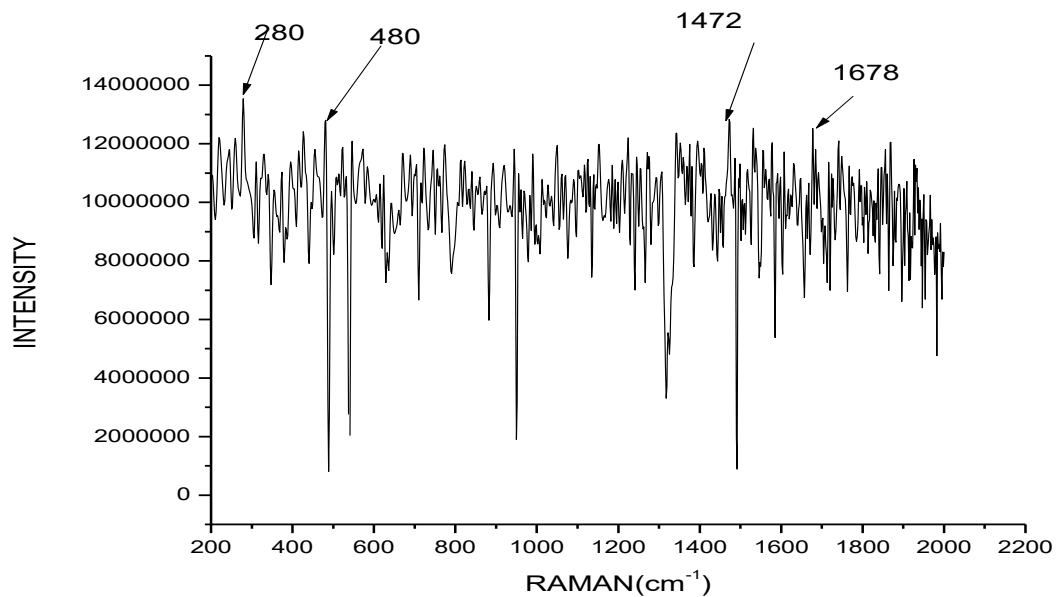
	Very strong	strong	medium
Raman 785	547	-	1532
Data Base Clark lazurite	548	-	1096
Data Base RRuff lazurite	550		980



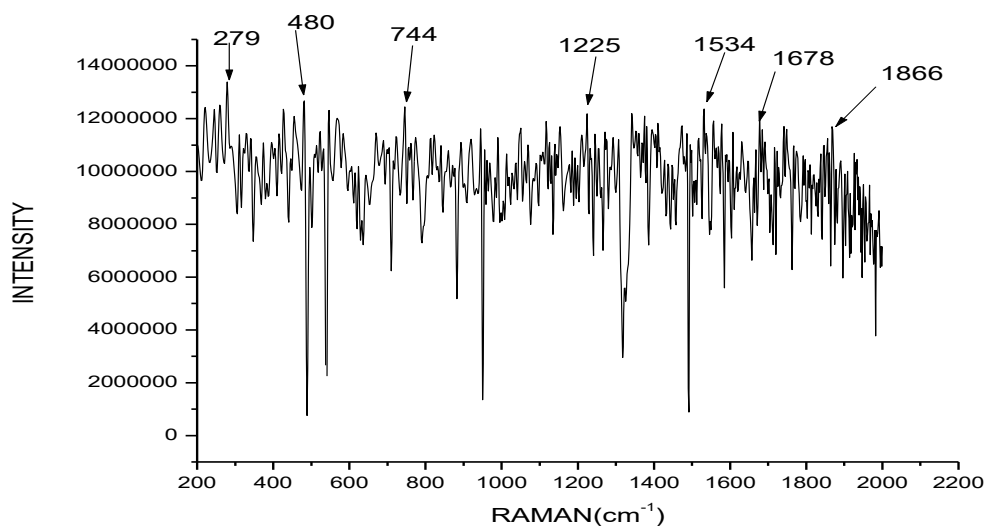
Διάγραμμα 3.5.4 B1,2,3



Διάγραμμα 3.5.5 Br1

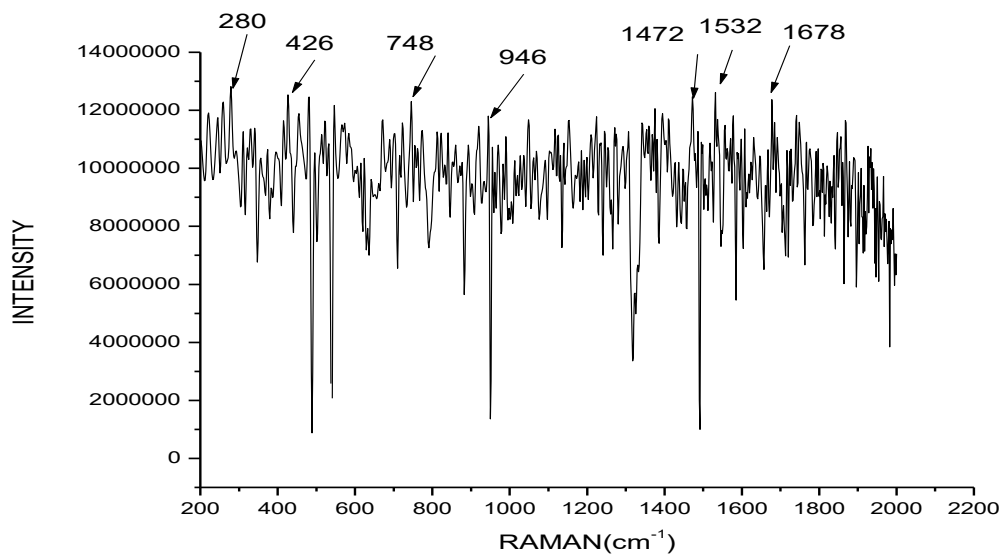


Διάγραμμα 3.5.6 Br<sub>2</sub>



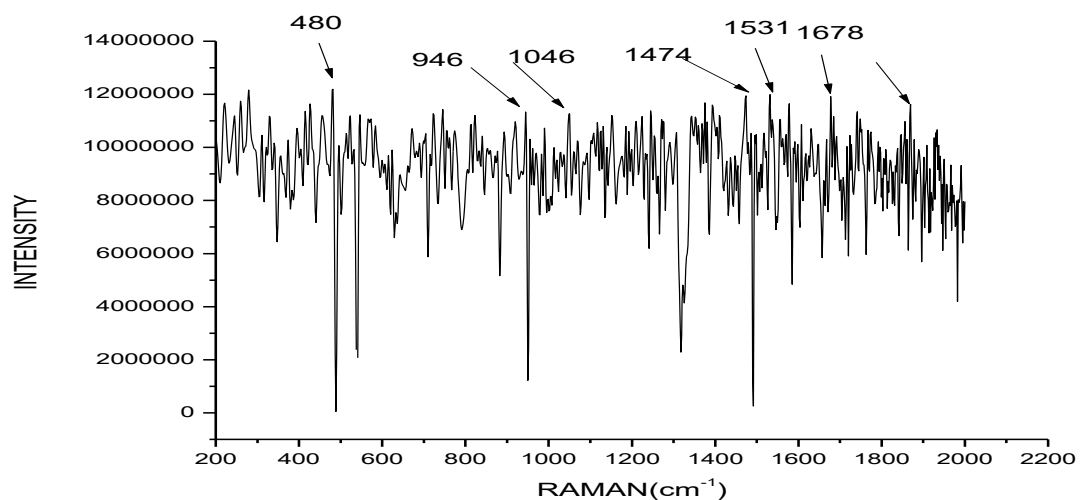
Διάγραμμα 3.5.7 Y1

	Very strong	strong	medium
Raman 785	-	279	480
Data Base Clark Yellow ochre	-	387	416
Data Base Checker Yellow ochre	-	300	400



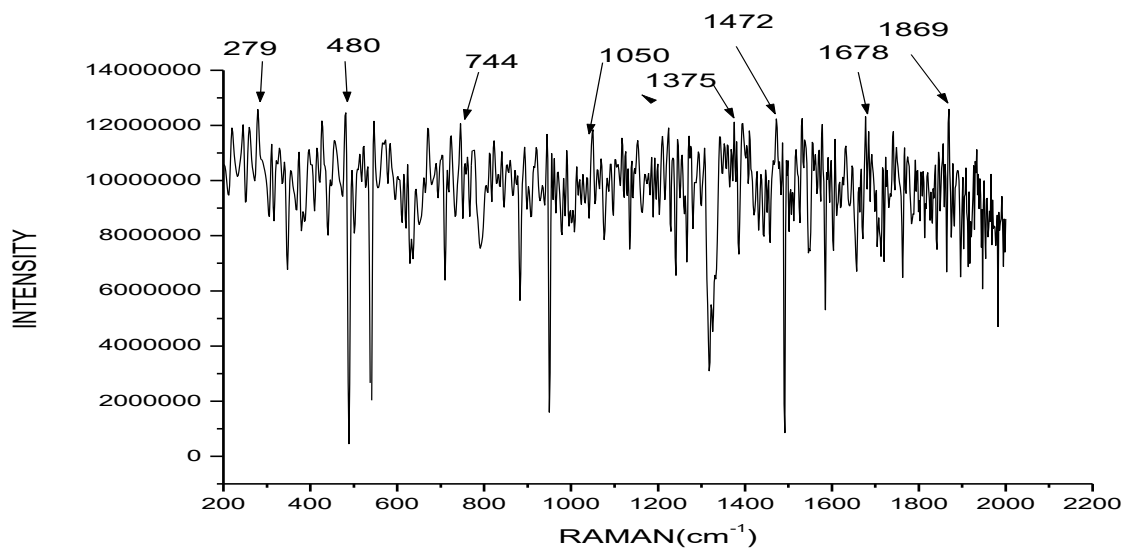
Διάγραμμα 3.5.8 Υ2

	Very strong	strong	medium
Raman 785	-	280	426
Data Base Clark Yellow ochre	-	387	416
Data Base Checker Yellow ochre	-	300	400



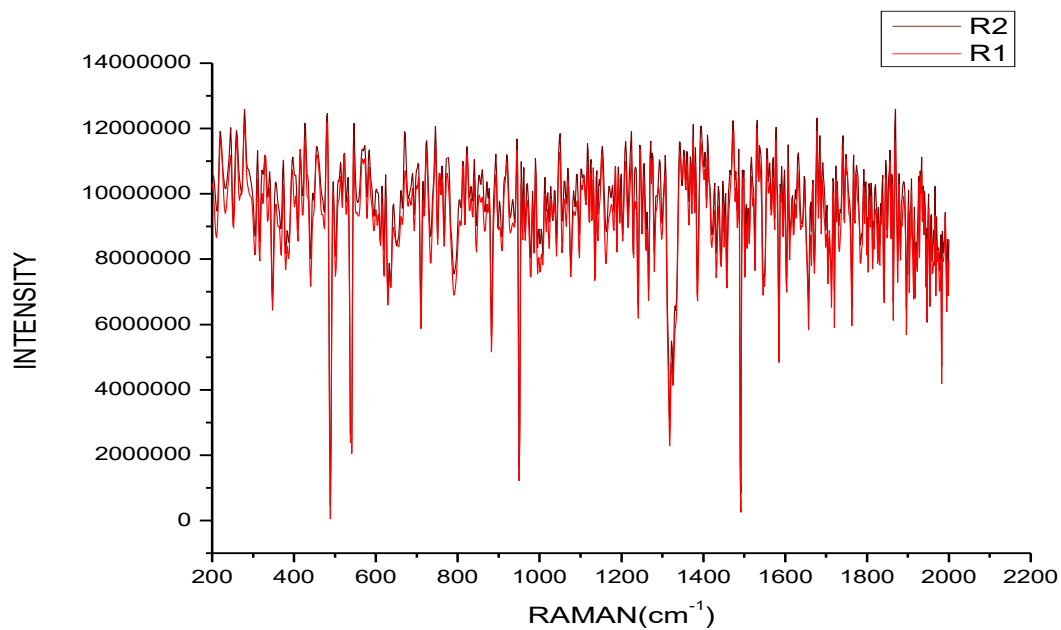
Διάγραμμα 3.5.9R1

	Very strong	strong	medium
Raman 785	-	480	1474
Data Base Clark Hematite	-	406	1318
Data Base RRuf Hematite	-	405	1350

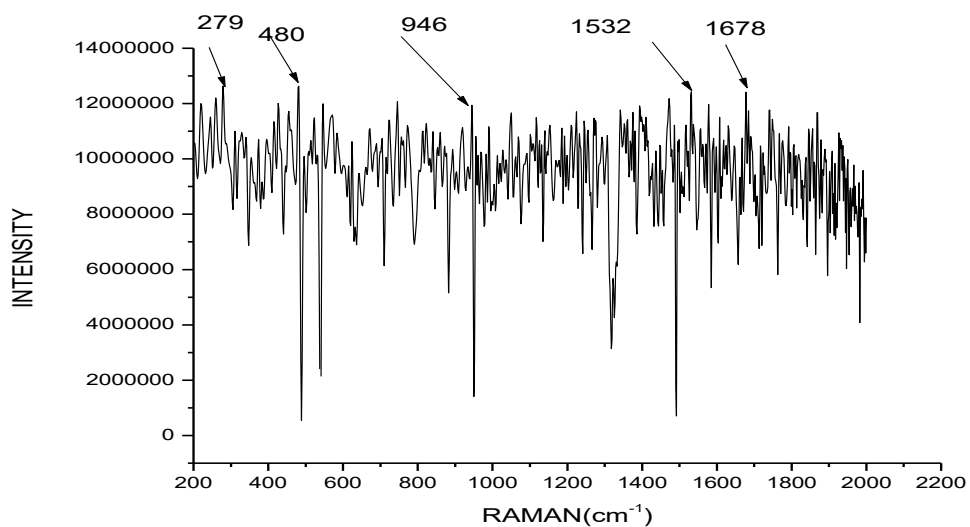


Διάγραμμα 3.5.10 R2

	Very strong	strong	medium
Raman 785	-	480	1375
Data Base Clark Hematite	-	406	1318
Data Base RRuf Hematite	-	405	1350



Διάγραμμα 3.5.11 R1,2



Διάγραμμα 3.5.12 G1

	Very strong	strong	medium
Raman 785	480	-	946
Data Base Clark Malachite	433	-	1051
Data BaseChecker Malachite	178		1494

• ΔΥΤΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΒΟΡΕΙΑ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



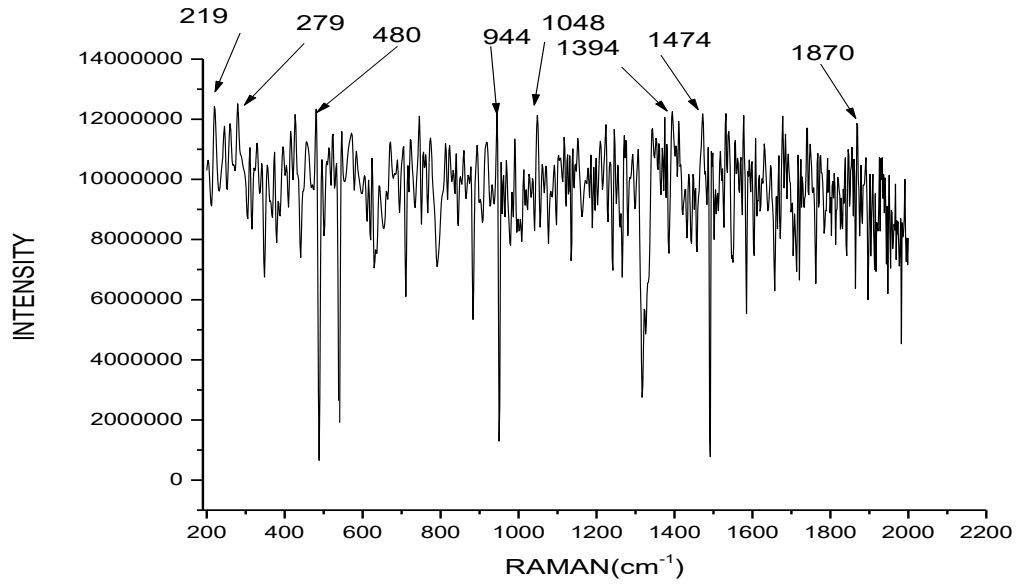
Μπλε : B1 (φόντο)

Κίτριον : Y1 (χέρι) Y2 , Y3 (πόδι ασκητή)

Κόκκινο : R1 (περίγραμμα στο πόδι του ασκητή)

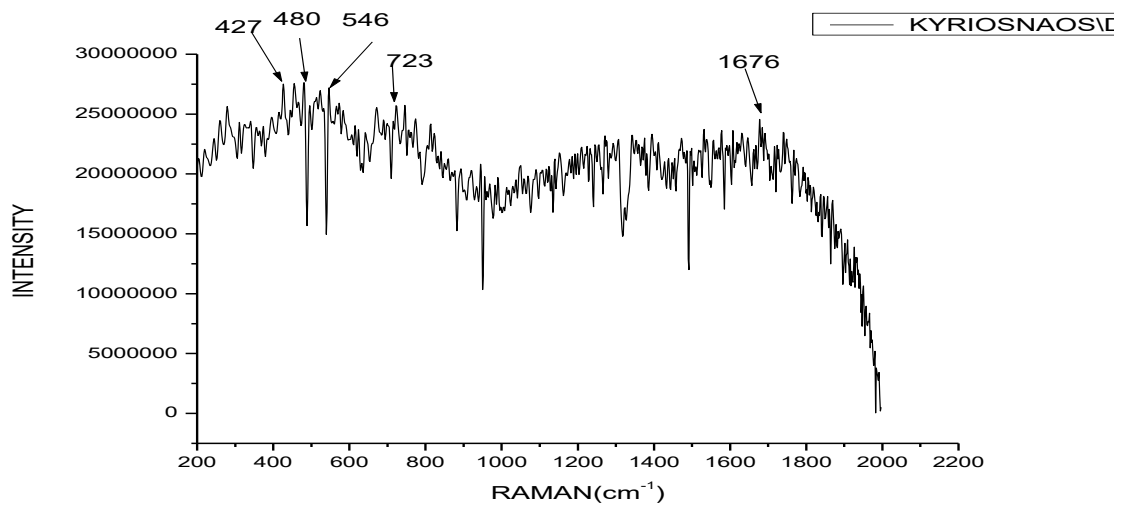
Πράσινο : G1 (ύφασμα στο λαιμό) G2

Γενειάδα γαλάζιο: GEN1



Διάγραμμα 3.5.13 B1

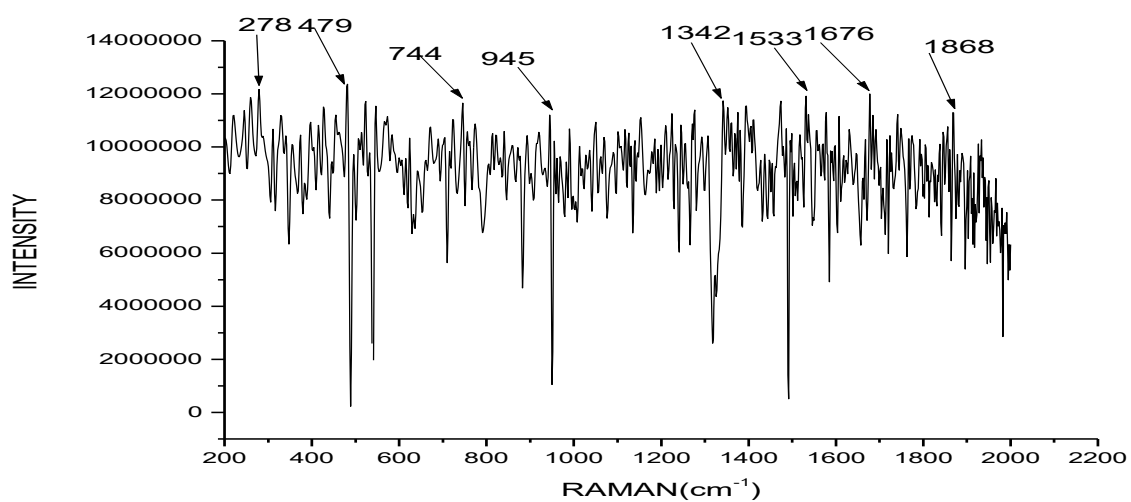
	Very strong	strong	medium
Raman 785	279	-	1048
Data Base Clark lazurite	548	-	1096
Data Base RRuff lazurite	550		980



Διάγραμμα 3.5.14 R1

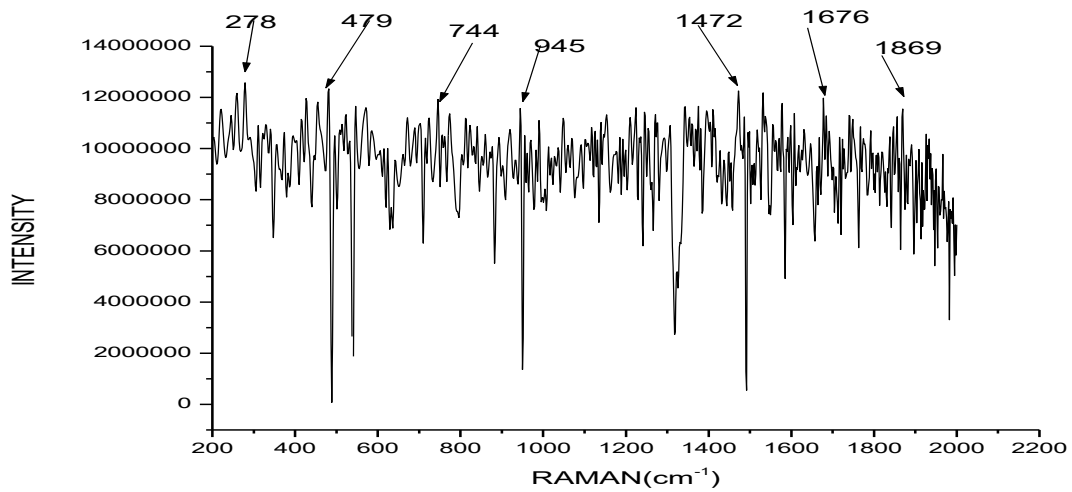


	Very strong	strong	medium
Raman 785	-	480	1375
Data Base Clark Hematite	-	406	1318
Data Base RRuf Hematite	-	405	1350



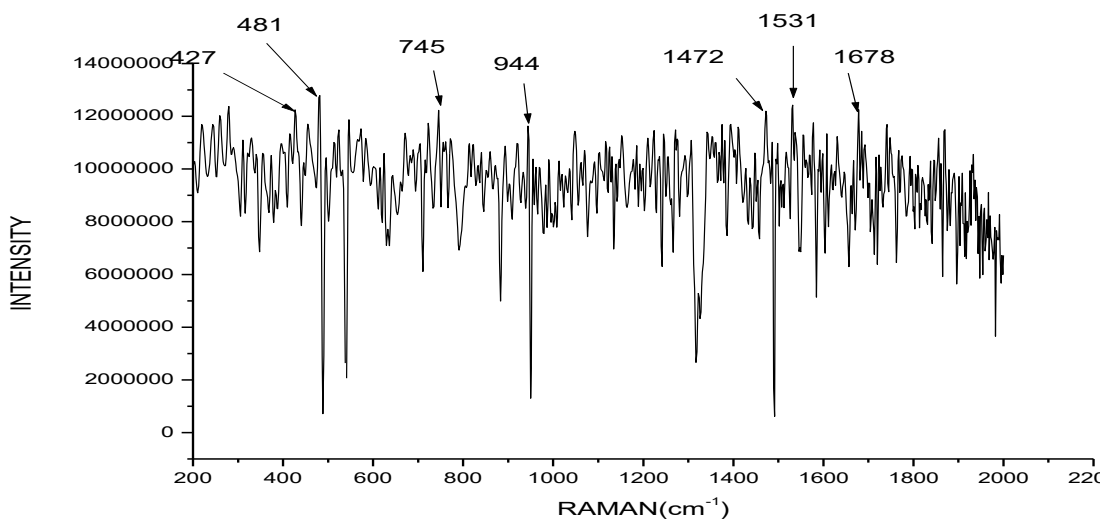
Διάγραμμα 3.5.15 Υ1

	Very strong	strong	medium
Raman 785	-	479	744
Data Base Clark Yellow ochre	-	387	416
Data Base Checker Yellow ochre	-	300	400



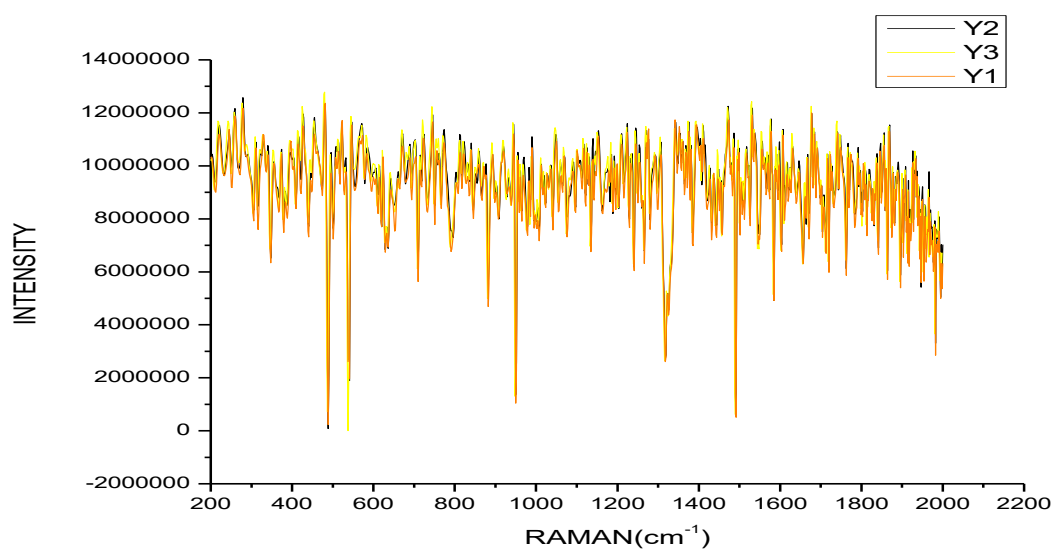
Διάγραμμα 3.5.16 Υ2

	Very strong	strong	medium
Raman 785	-	278	479
Data Base Clark Yellow ochre	-	387	416
Data Base Checker Yellow ochre	-	300	400

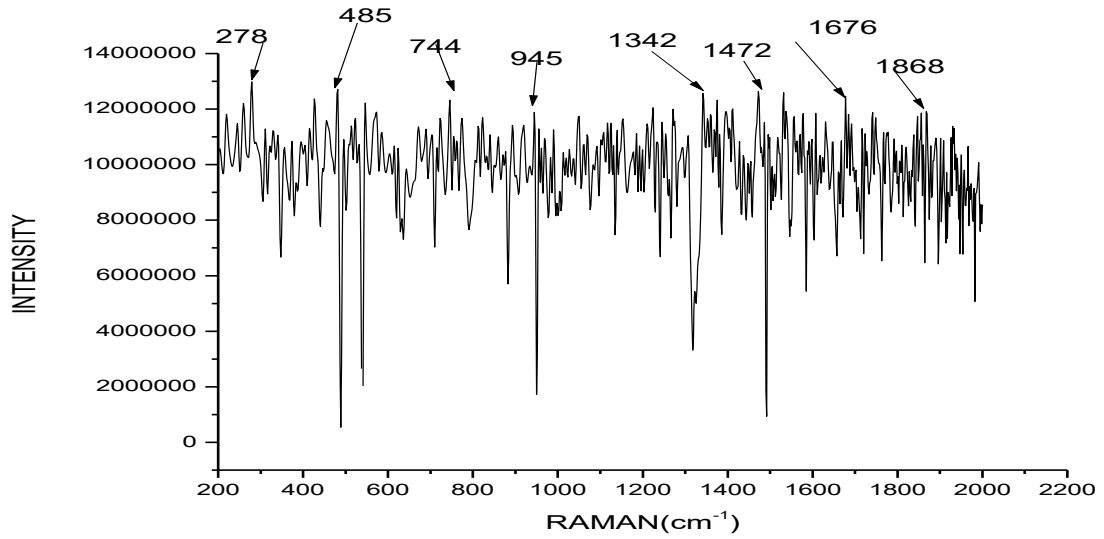


Διάγραμμα 3.5.17 Υ3

	Very strong	strong	medium
Raman 785	-	481	427
Data Base Clark Yellow ochre	-	387	416
Data Base Checker Yellow ochre	-	300	400

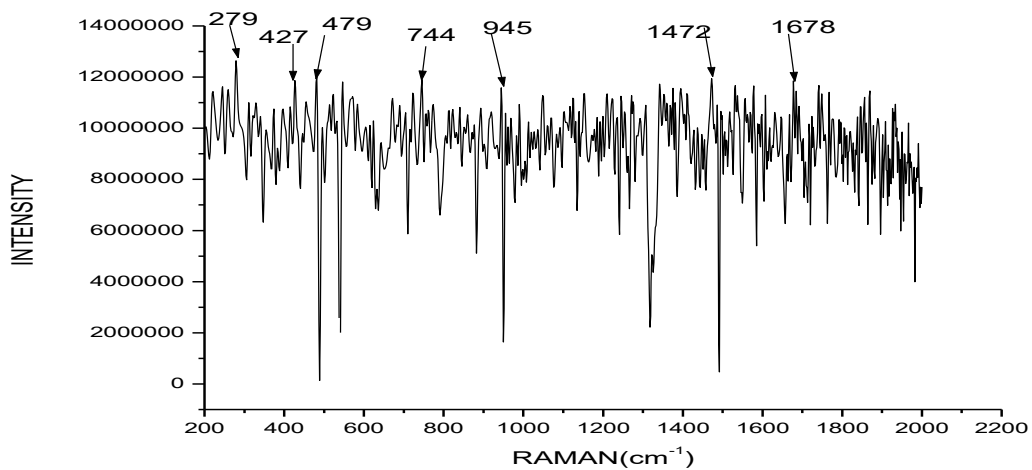


Διάγραμμα 3.5.18 Y1,2,3



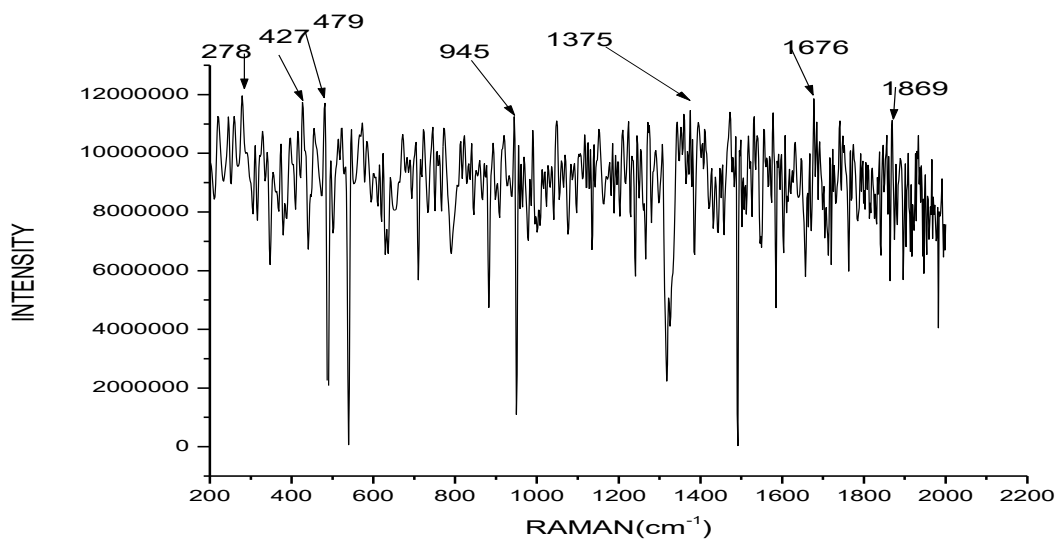
Διάγραμμα 3.5.19 G1

	Very strong	strong	medium
Raman 785	278	-	1342
Data Base Clark Malachite	433	-	1051
Data BaseChecker Malachite	178		1494



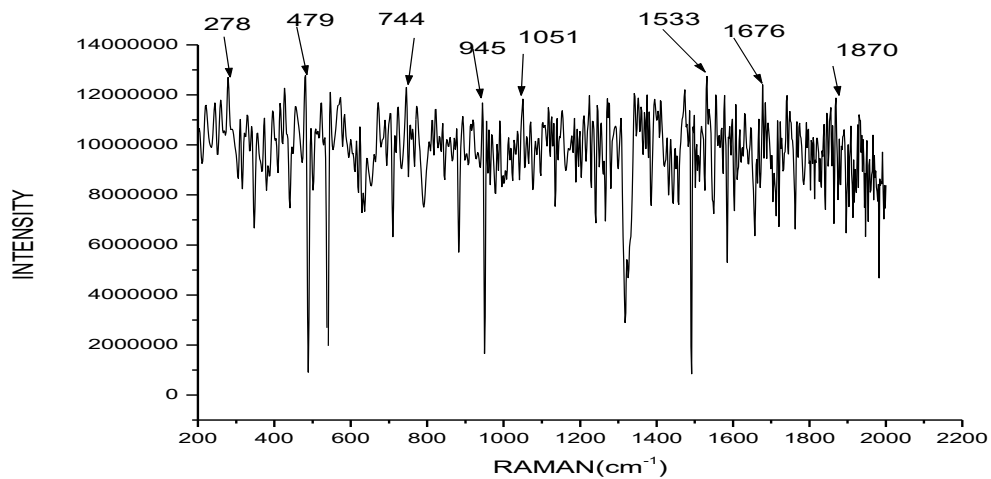
Διάγραμμα 3.5.20 G2

	Very strong	strong	medium
Raman 785	279	479	427
Data Base Clark Malachite	433	553	509
Data BaseChecker Malachite	178		1494



Διάγραμμα 3.5,21 GEN1

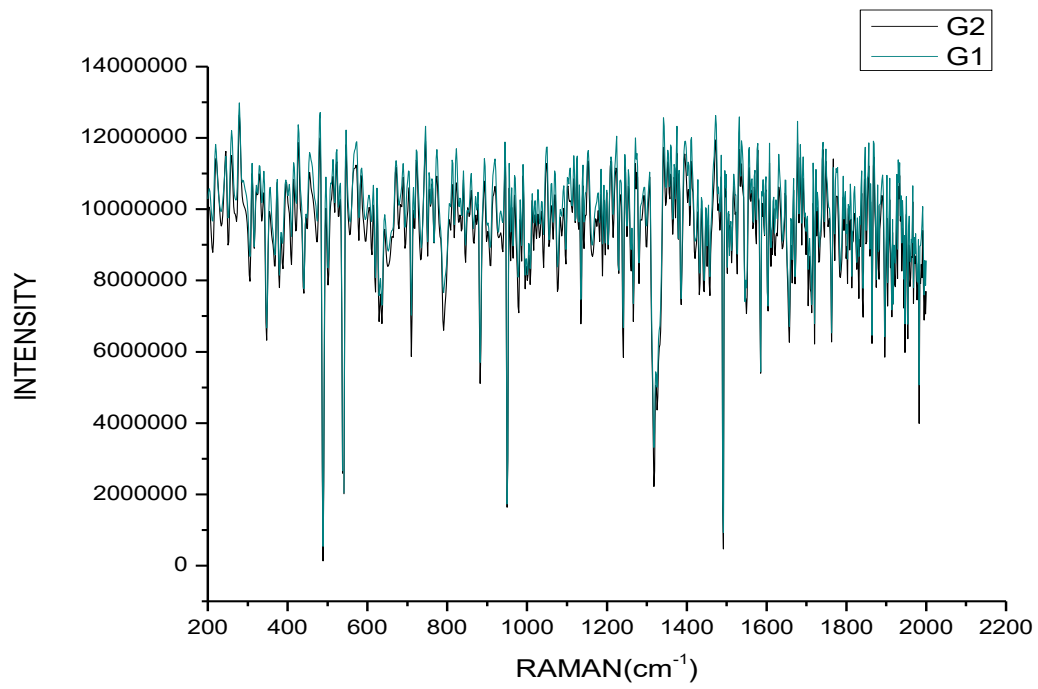
	Very strong	strong	medium
Raman 785	427	-	945
Data Base Clark lazurite	548	-	1096
Data Base RRuff lazurite	550		980



Διάγραμμα 3.5.21 GEN2

	Very strong	strong	medium
Raman 785	479	-	1051
Data Base Clark lazurite	548	-	1096
Data Base RRuff lazurite	550		980

Η γενειάδα έχει γαλάζια απόχρωση που για να επιτευχθεί αυτή η χρωστική έχει γίνει πρόσμιξη λαζουρίτη και λευκό του μολύβδου .



Διάγραμμα 3.5.22 GEN1,2

- **ΒΟΡΕΙΟΣ ΠΕΣΣΟΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ**

Στην ανατολική όψη σε δίζωνο κάμπο εικονίζεται ολόσωμος και μετωπικός στρατιωτικός άγιος.



G1

R1

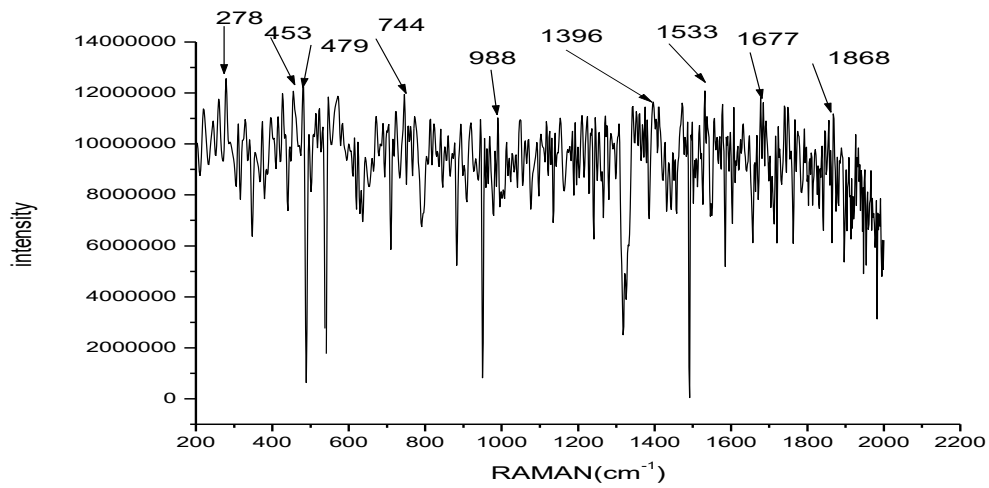
B1

Κόκκινο : R1, R2, (ένδυμα)

Μπλε : B1, B2, (φόντο)

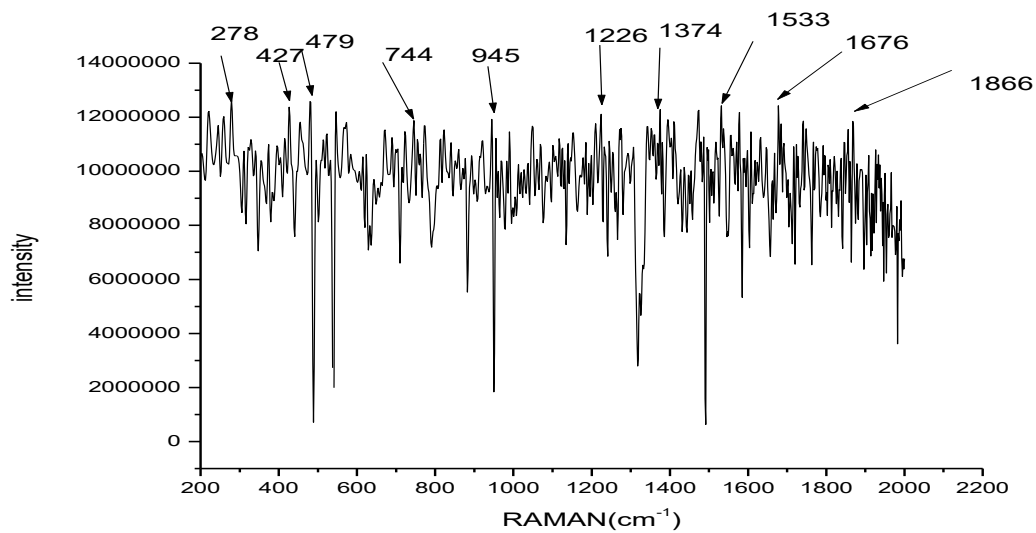
Πράσινο : G1 G2, (φόντο)





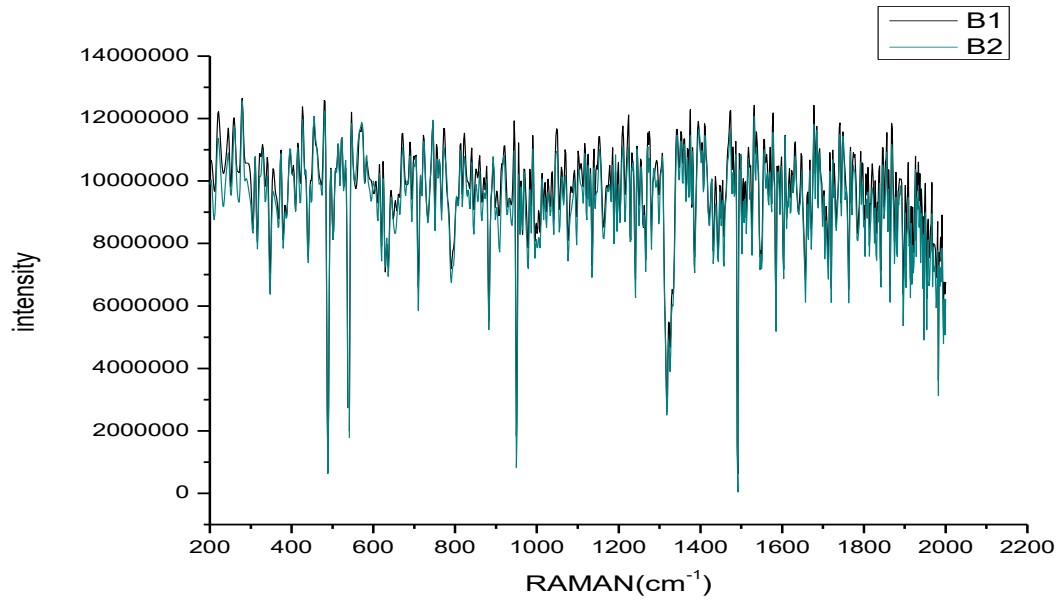
Διάγραμμα 3.5.23 B1

	Very strong	strong	medium
Raman 785	278	-	958
Data Base Clark lazurite	548	-	1096
Data Base RRuff lazurite	550		980

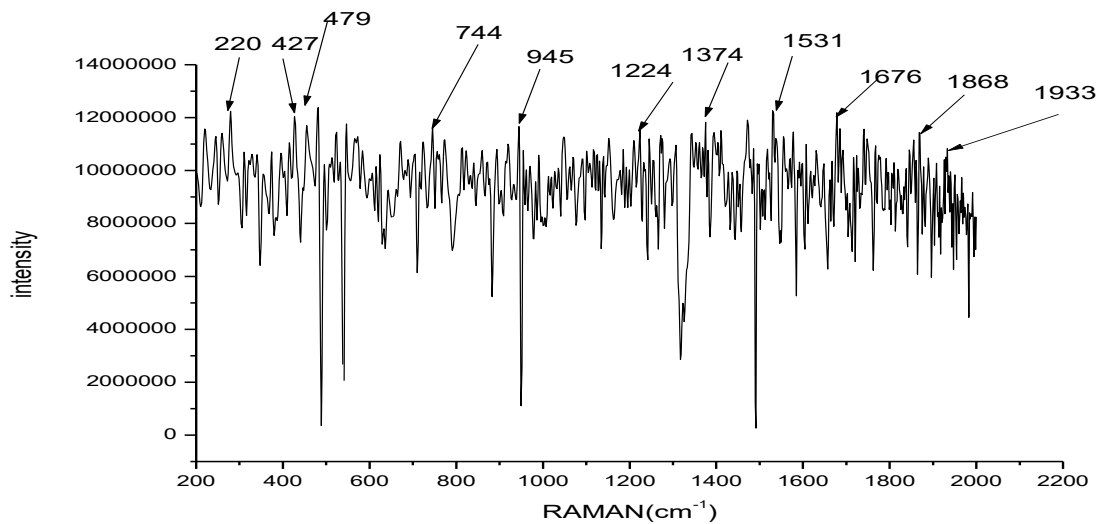


Διάγραμμα 3.5.24 B2

	Very strong	strong	medium
Raman 785	479	-	1226
Data Base Clark lazurite	548	-	1096
Data Base RRuff lazurite	550		980



Διάγραμμα 3.5.25 B1,2

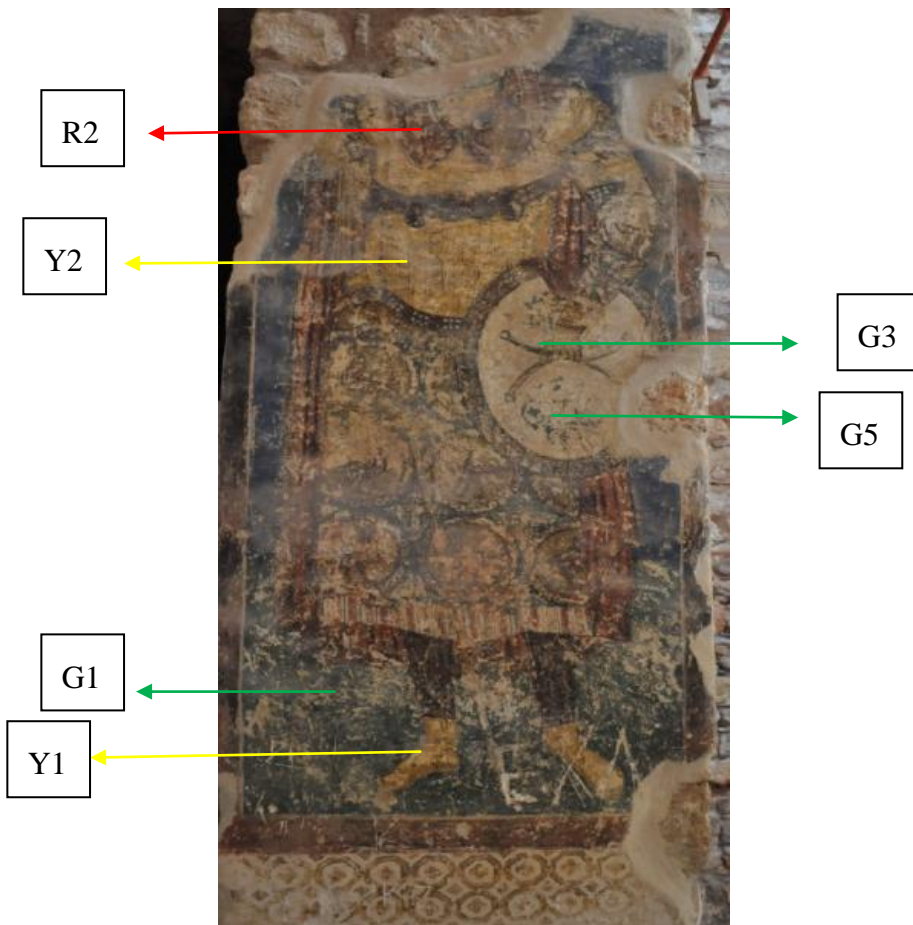


Διάγραμμα 3.5.26 G2

	Very strong	strong	medium
Raman 785	498	479	427
Data Base Clark Malachite	433	553	509
Data BaseChecker Malachite	178		1494

- **ΒΟΡΕΙΟΣ ΠΕΣΣΟΣ – ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ**

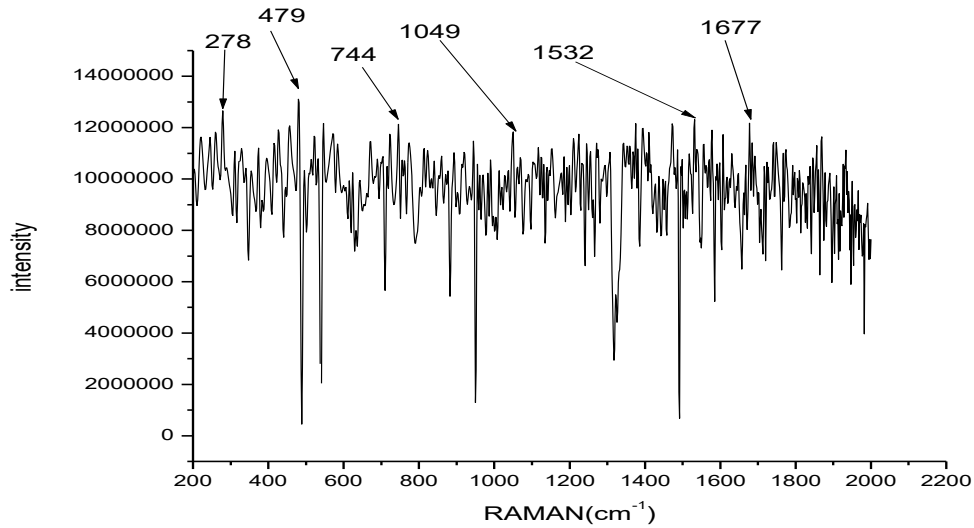
Η βόρεια πλευρά του πεσσοῦ φιλοξενεί την καλύτερα διατηρημένη παράσταση στρατιωτικού αγίου.



Κίτριον : Y1 (πόδι) Y2 (πανοπλία)

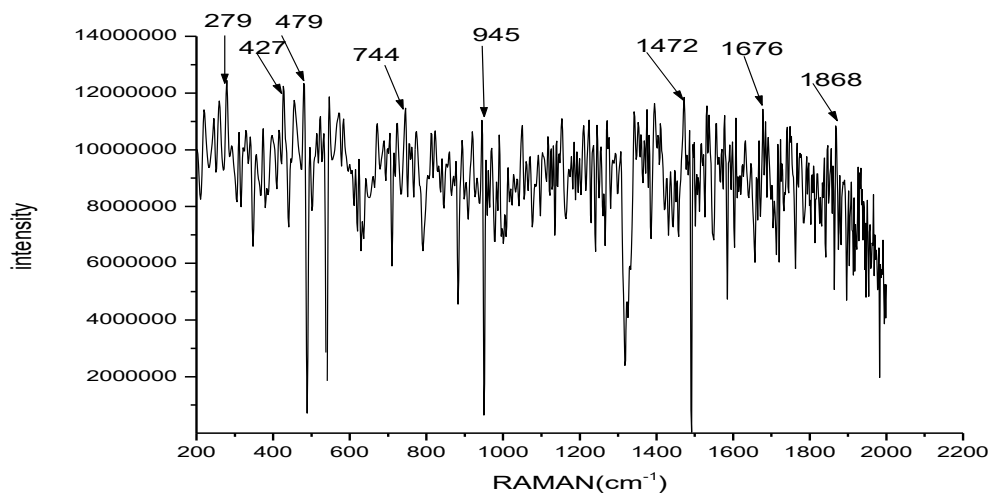
Πράσινο : G1, G2 (φόντο) G3 G4 (χερούλι ασπίδας) G5 (μοτίβο ασπίδας)

Κόκκινο : R1 (μανδύας) R2 (μανδύας στο λαιμό)



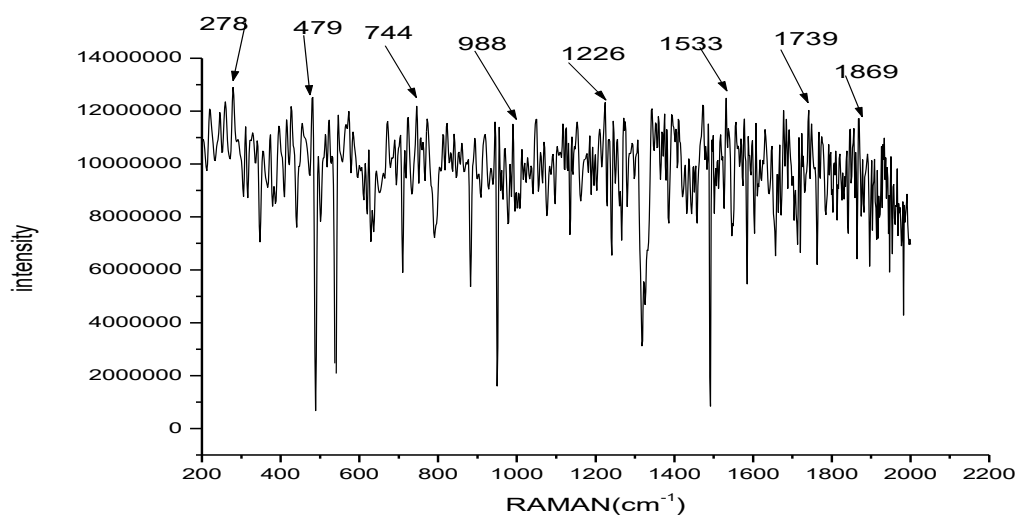
Διάγραμμα 3.5.27 G1

	Very strong	strong	medium
Raman 785	479	278	744
Data Base Clark Malachite	433	553	509
Data BaseChecker Malachite	178		1494



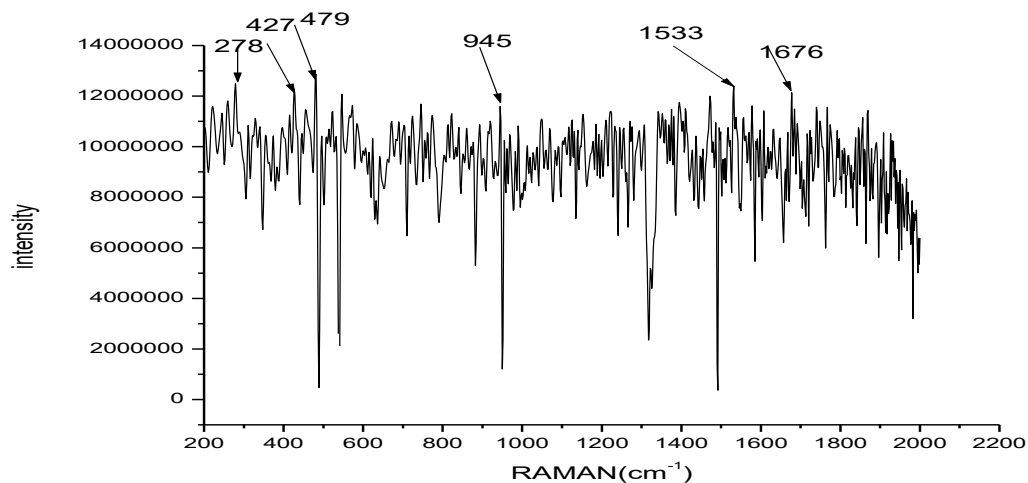
Διάγραμμα 3.5.28 G2

	Very strong	strong	medium
Raman 785	479	427	590
Data Base Clark Malachite	433	553	509
Data BaseChecker Malachite	178		1494



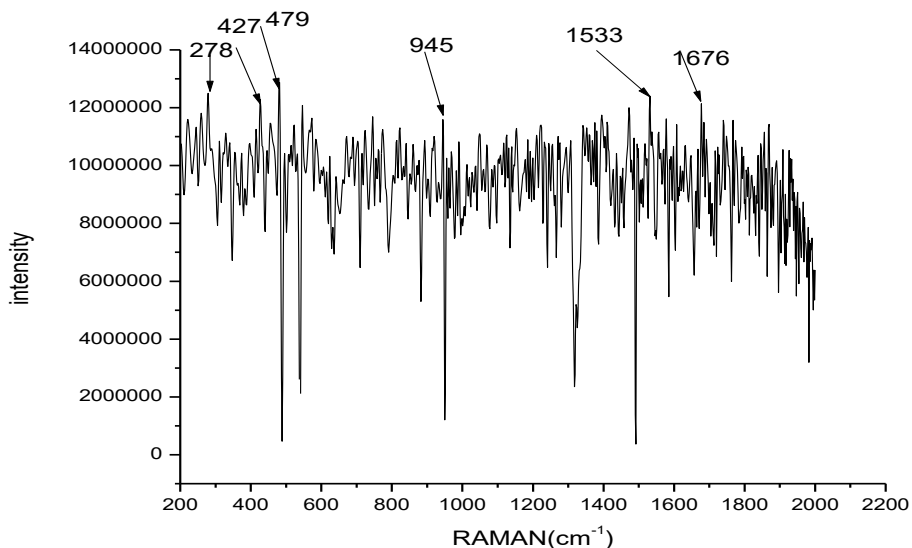
Διάγραμμα 3.5.28 G3

	Very strong	strong	medium
Raman 785	270	479	744
Data Base Clark Malachite	433	553	509
Data BaseChecker Malachite	178		1494



Διάγραμμα 3.5.29 G4

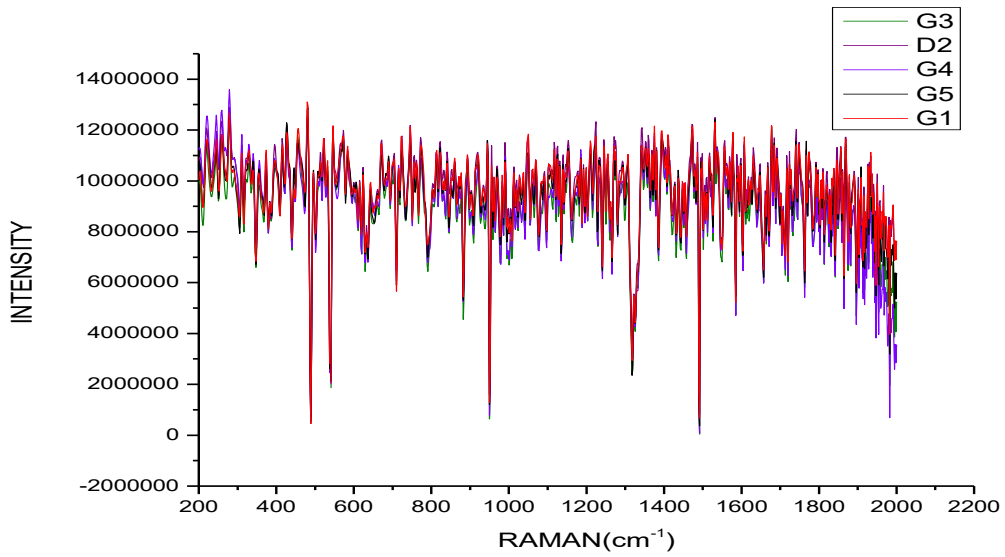
	Very strong	strong	medium
Raman 785	479	427	427
Data Base Clark Malachite	433	553	509
Data BaseChecker Malachite	178		1494



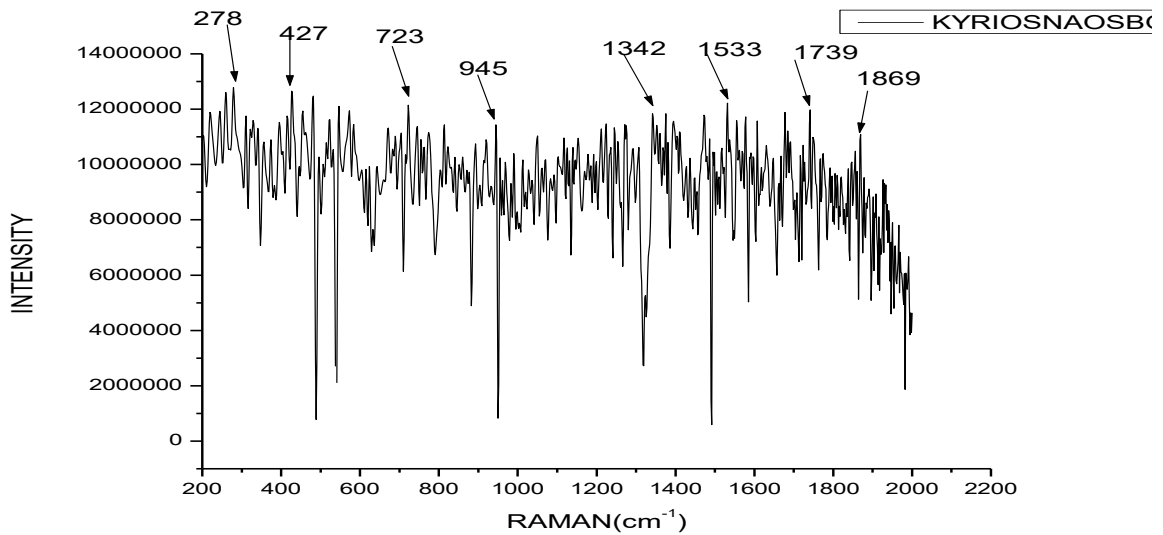
Διάγραμμα 3.5.30 G5



	Very strong	strong	medium
Raman 785	479	427	542
Data Base Clark Malachite	433	553	509
Data BaseChecker Malachite	178		1494

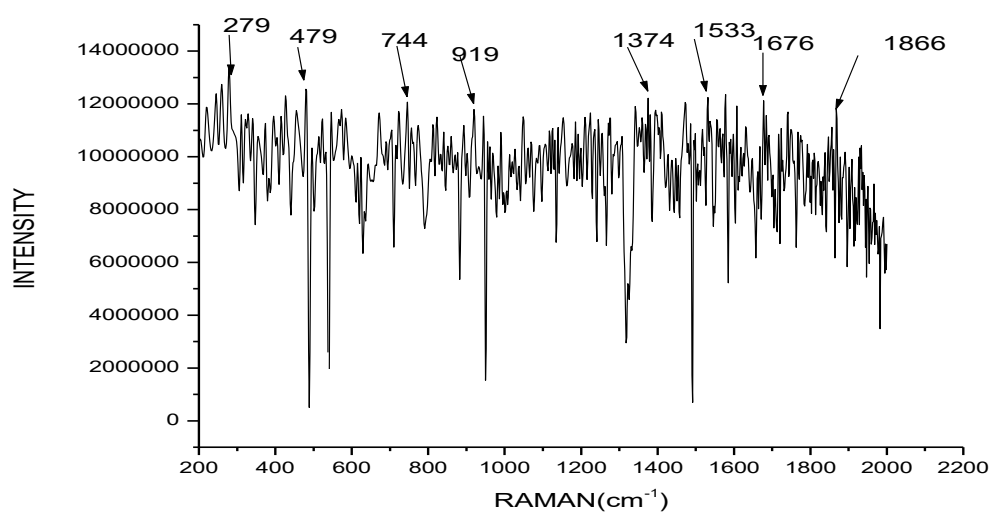


Διάγραμμα 3.5.31 G1,2,3,4,5



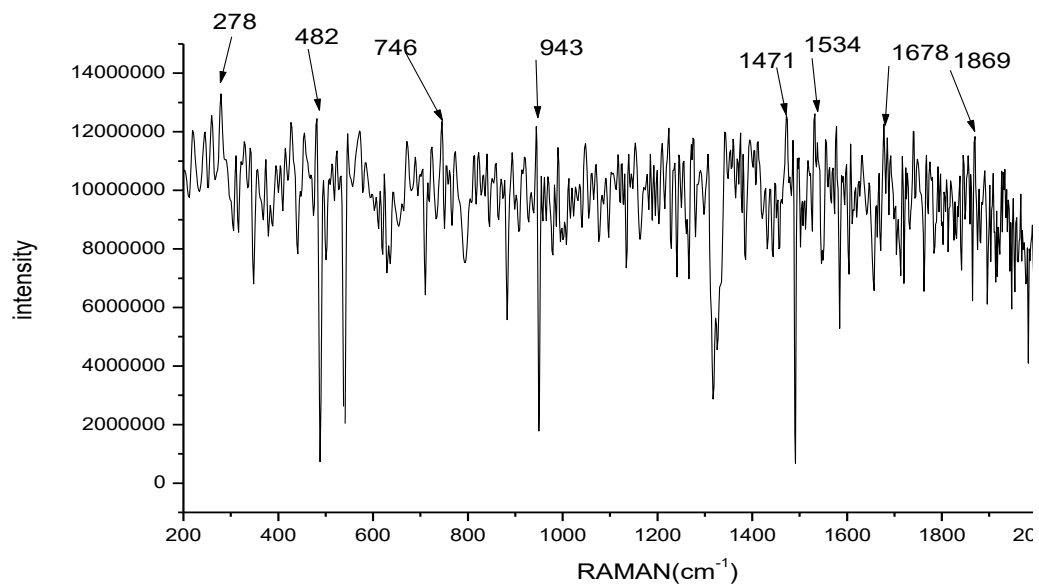
Διάγραμμα 3.5.32 Y1

	Very strong	strong	medium
Raman 785	-	427	450
Data Base Clark Yellow ochre	-	387	416
Data Base Checker Yellow ochre	-	300	400



Διάγραμμα 3.6.33 Υ2

	Very strong	strong	medium
Raman 785	-	279	479
Data Base Clark Yellow ochre	-	387	416
Data Base Checker Yellow ochre	-	300	400



Διάγραμμα 3.6.34 R2

	Very strong	strong	medium
Raman 785	-	278	746
Data Base Clark Hematite	-	406	1318
Data Base RRuf Hematite	-	405	1350

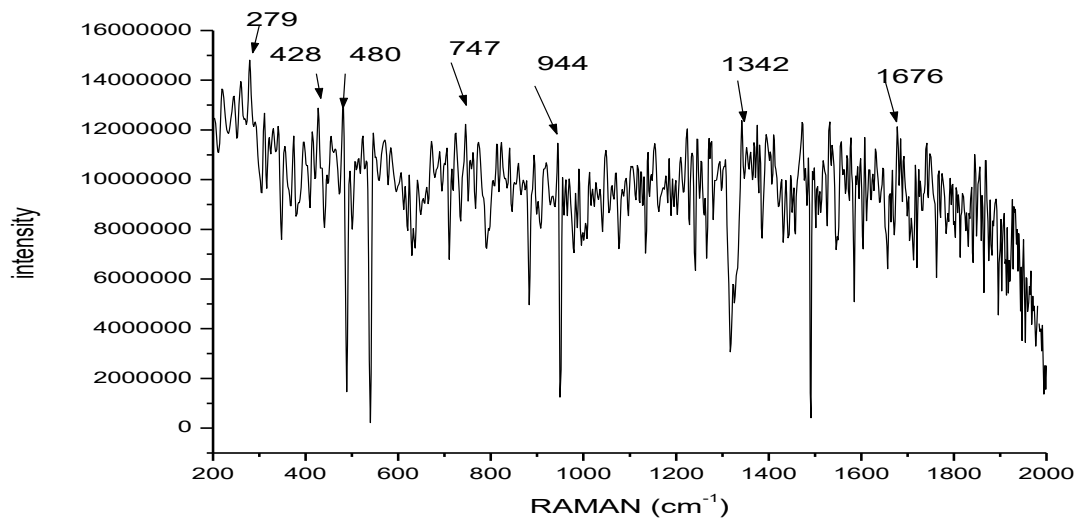
## ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ (γ' ζώνη)



Γαλάζιο : C1, C2

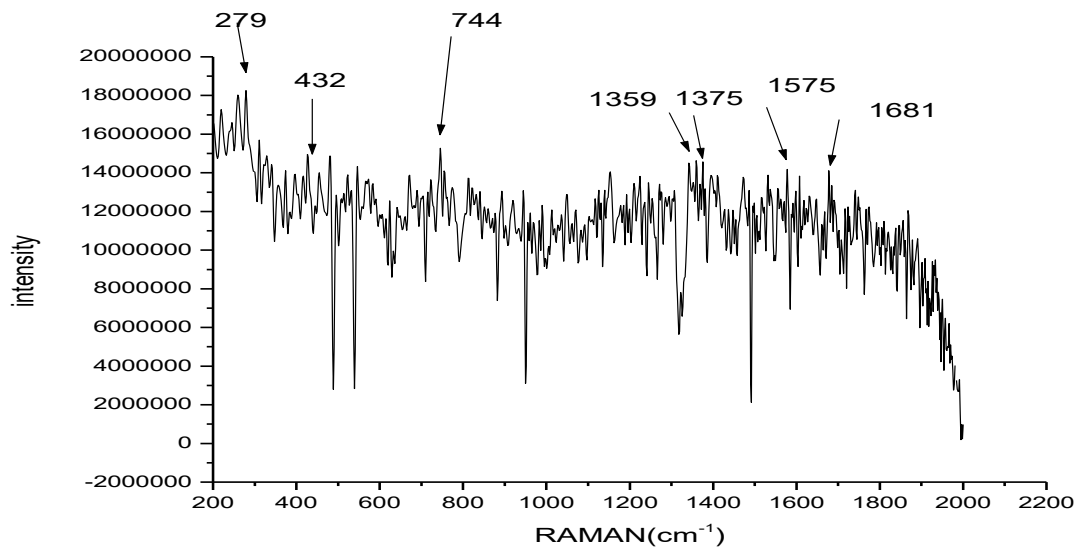
Κίτρινο Y1

Κόκκινο : R1



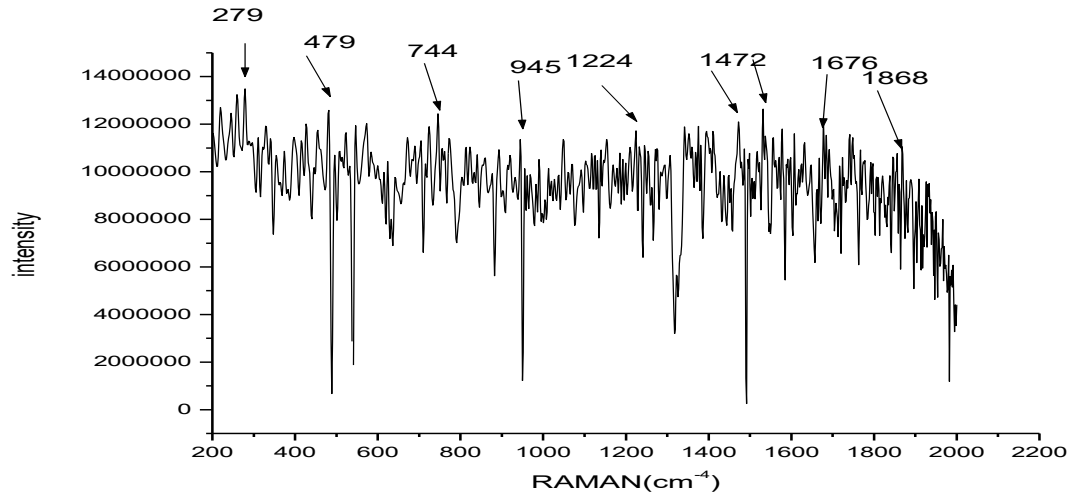
Διάγραμμα 3.5.35 C1

	Very strong	strong	medium
Raman 785	279	-	944
Data Base Clark lazurite	548	-	1096
Data Base RRuff lazurite	550		980



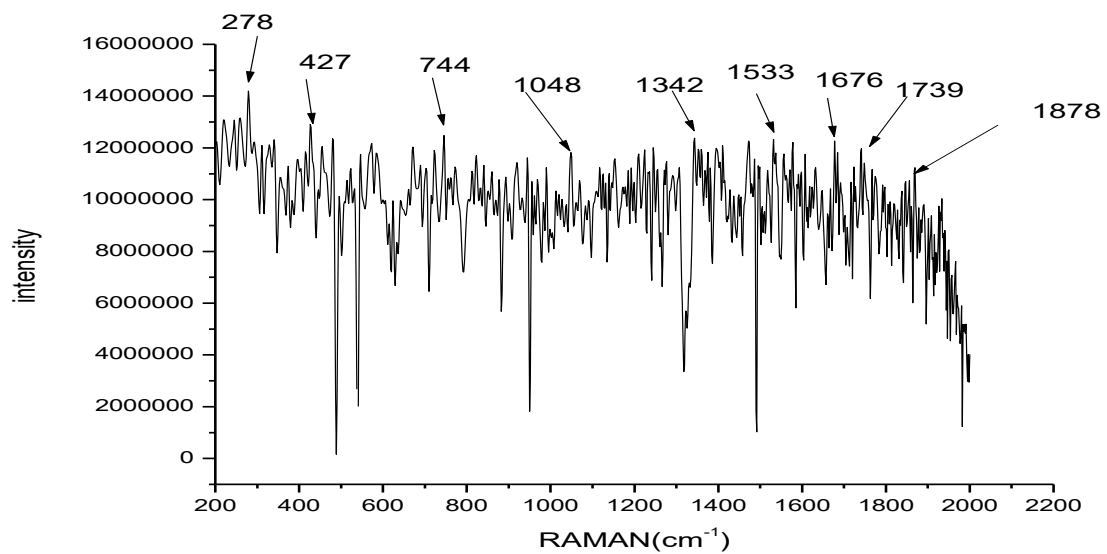
Διάγραμμα 3.5.36 C2

	Very strong	strong	medium
Raman 785	279	-	1359
Data Base Clark lazurite	548	-	1096
Data Base RRuff lazurite	550		980



Διάγραμμα 3.5.37 R2

	Very strong	strong	medium
Raman 785	-	279	479
Data Base Clark Hematite	-	406	1318
Data Base RRuf Hematite	-	405	1350



Διάγραμμα 3.5.38 Υ1

	Very strong	strong	medium
Raman 785	-	278	427
Data Base Clark Yellow ochre	-	387	416
Data Base Checker Yellow ochre	-	300	400

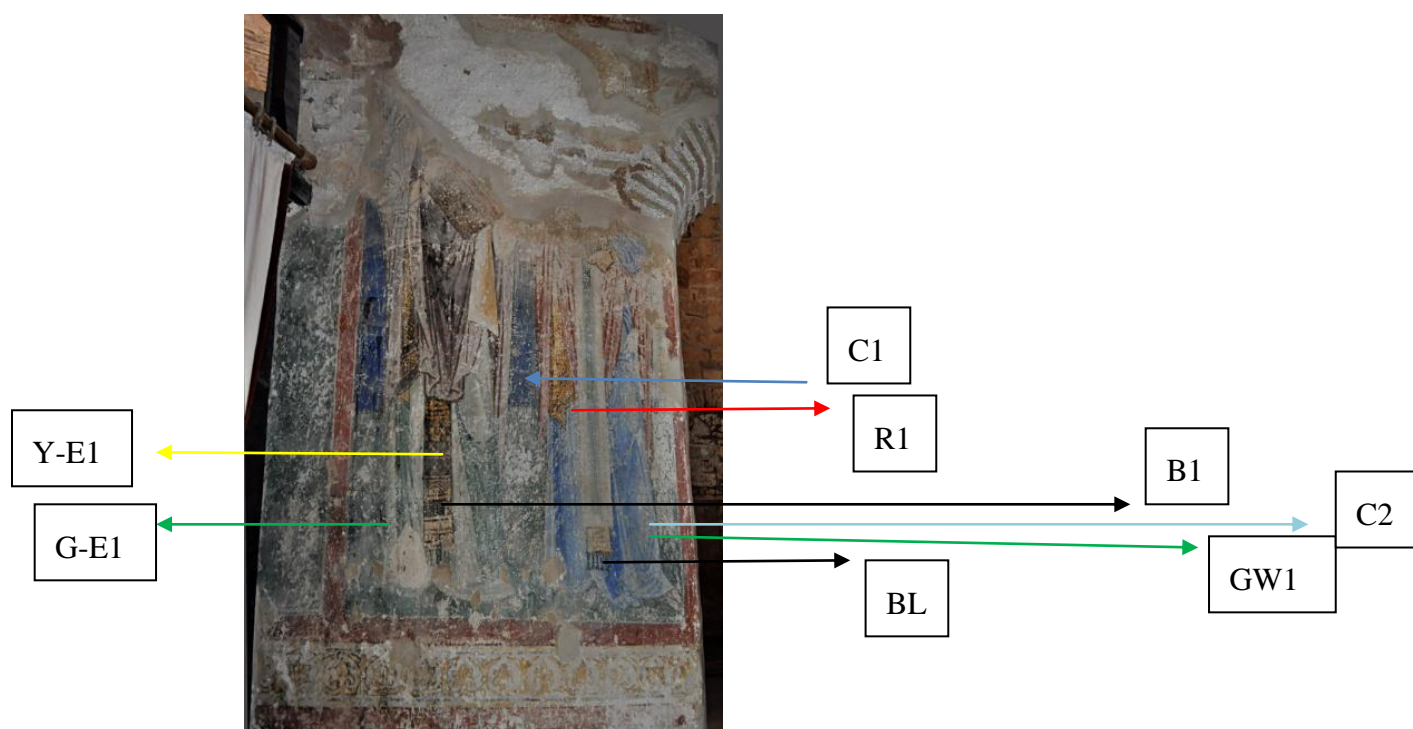


## ΙΕΡΟ

- Διακονικό

Στο διακονικό στη βόρεια όψη εικονίζονται δύο ολόσωμοι και μετωπικοί Ιεράρχες (θα συγκριθούν τα χρώματα των δύο Ιεραρχών) **E** –east η μορφή ανατολικά , **W** – west μορφή δυτικά.

**W** < ..... > **E**



Πράσινο : G-E1 (ένδυμα) G-W1, G-W2

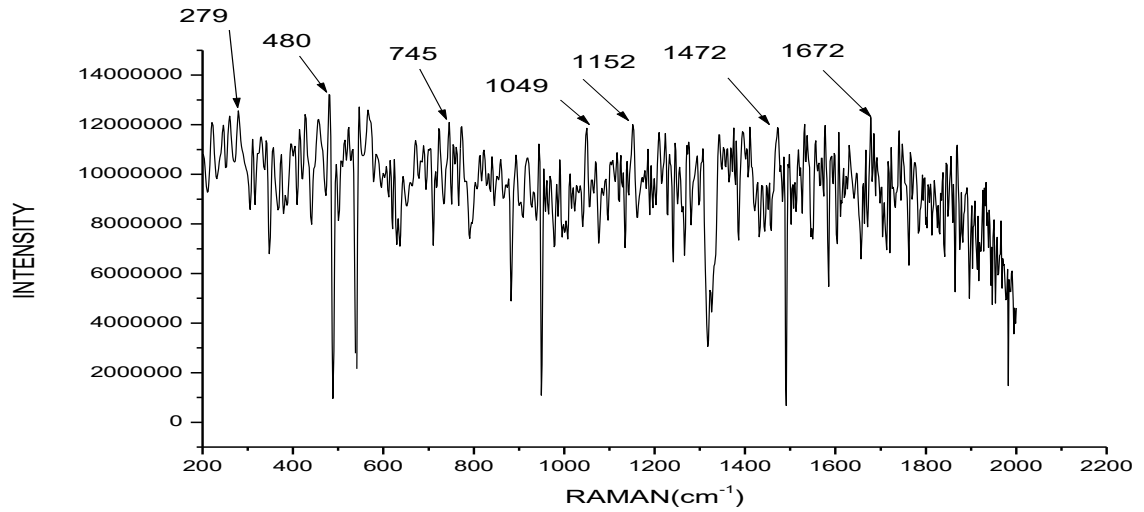
Μπλε : B1, B2 (φόντο παράστασης)

Γαλάζιο : C1 , C2 ( ένδυμα , ανατολικός αγιος)

Μαύρο : BL-E1 (κρόσσια) BL-W1 (κρόσσια)

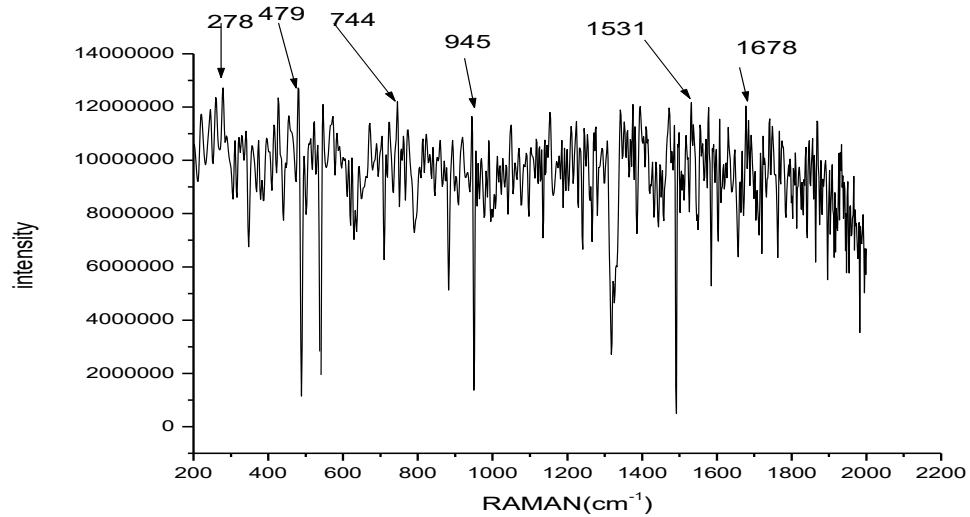
Κίτριον : Y-E1 (ένδυμα, στιχάρια ) Y-W1 (ένδυμα στιχάρια)

Κόκκινο : R1 (χιτώνα , ανατολικός άγιος)



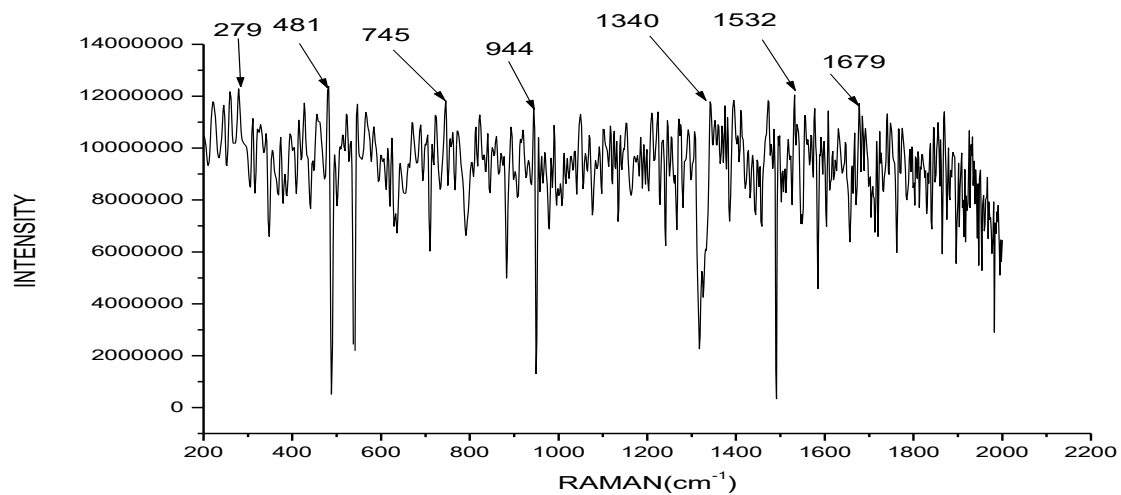
Διάγραμμα 3.5.39C1

	Very strong	strong	medium
Raman 785	480	-	1049
Data Base Clark lazurite	548	-	1096
Data Base RRuff lazurite	550		980



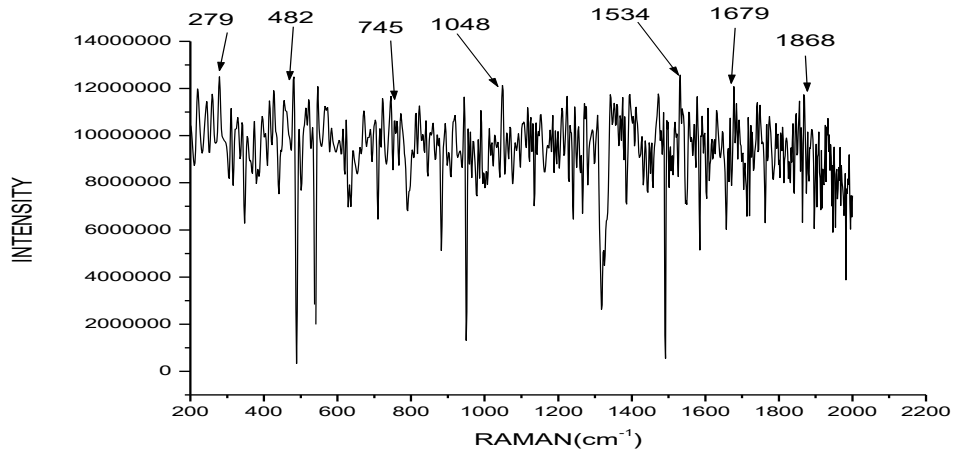
Διάγραμμα 3.5.40 Y\_W1

	Very strong	strong	medium
Raman 785	-	479	744
Data Base Clark Yellow ochre	-	387	416
Data Base Checker Yellow ochre	-	300	400



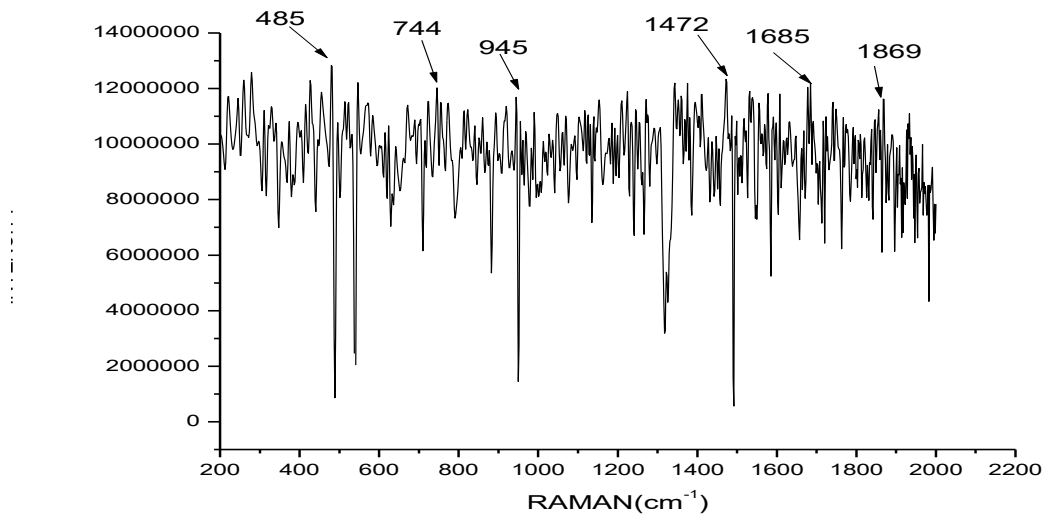
Διάγραμμα 3.5.41 B1

	Very strong	strong	medium
Raman 785	481	-	1340
Data Base Clark lazurite	548	-	1096
Data Base RRuff lazurite	550		980



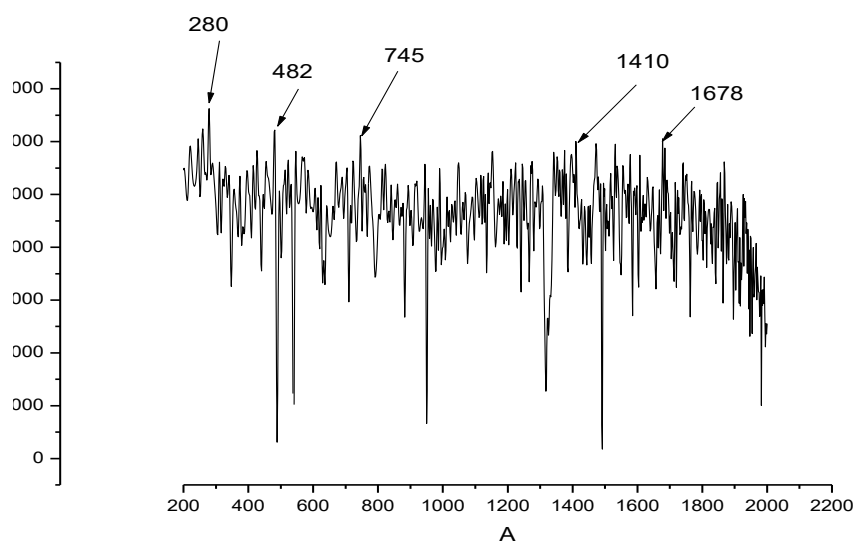
Διάγραμμα 3.5.42 BL\_E1

	Very strong	strong	medium
Raman 785	-	1534-1676	1048
Data Base Clark carbon		1325-1580	961



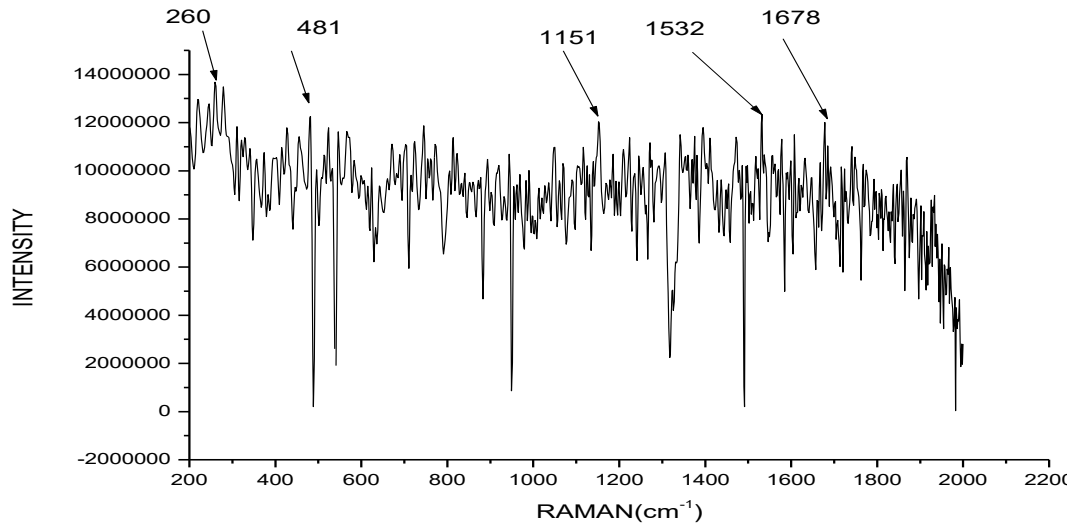
Διάγραμμα 3.5.43 G\_E2

	Very strong	strong	medium
Raman 785	485		744
Data Base Clark Malachite	433		509
Data BaseChecker Malachite	178		1494



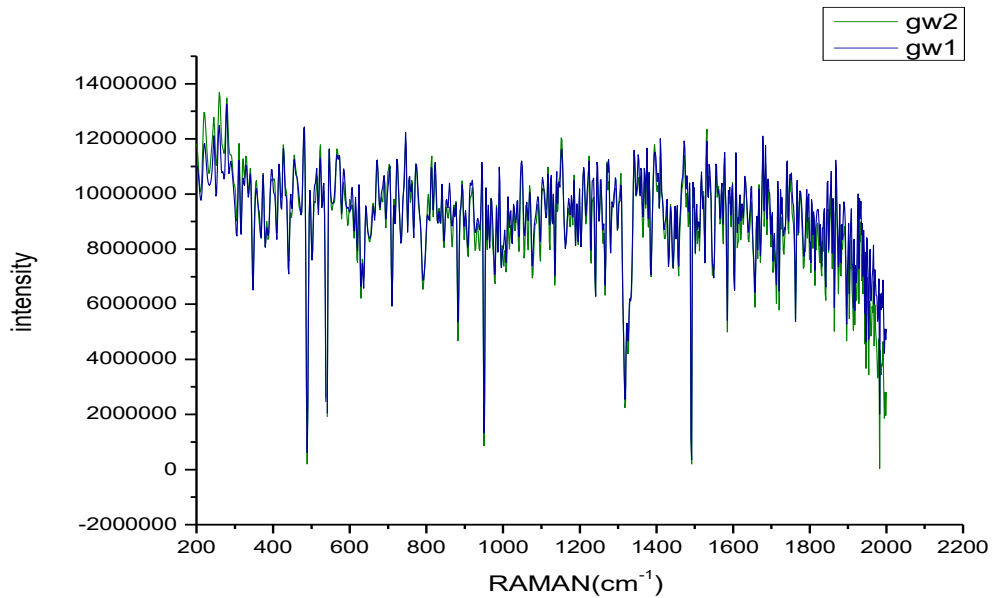
Διάγραμμα 3.5.46 G\_W1

	Very strong	strong	medium
Raman 785	280	482	745
Data Base Clark Malachite	433	553	509
Data BaseChecker Malachite	178		1494



Διάγραμμα 3.5.47 G\_W2

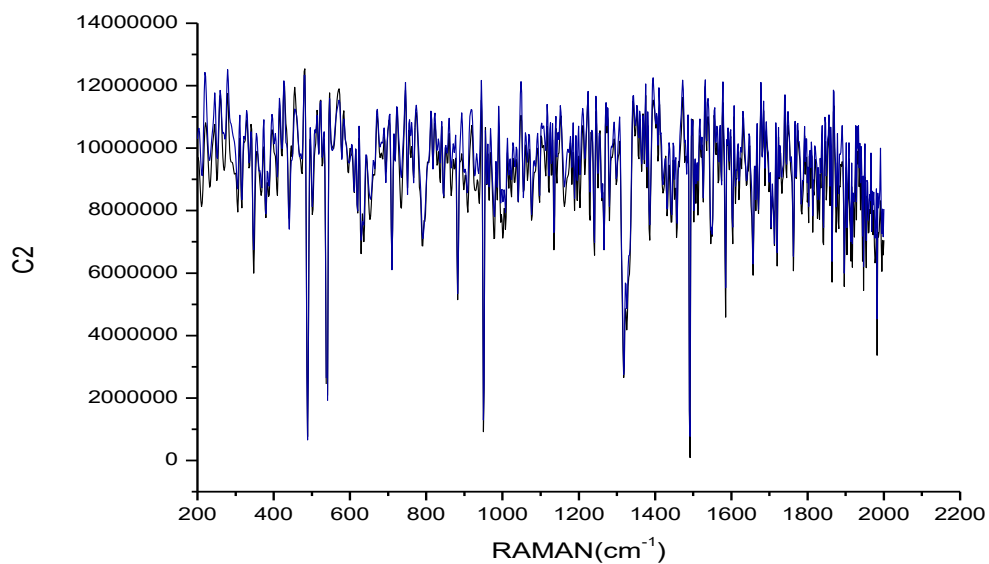
	Very strong	strong	medium
Raman 785	260		481
Data Base Clark Malachite	433	553	509
Data BaseChecker Malachite	178		1494



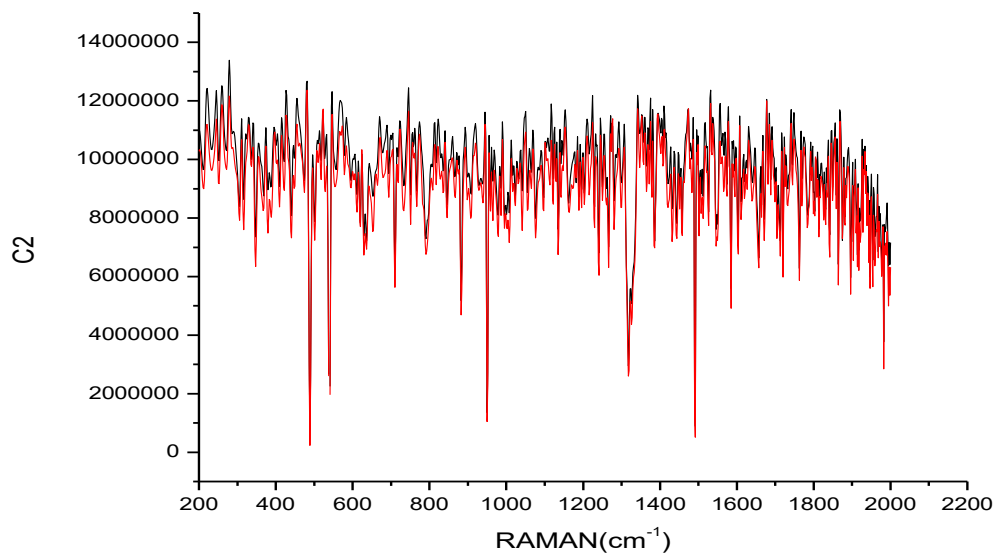
Διάγραμμα 3.5.48 G\_W1,W2

## Σύγκριση διαγραμμάτων

Κυρίως ναός δυτικός τοίχος νοτιά παράσταση- δυτικός τοίχος βόρεια παράσταση

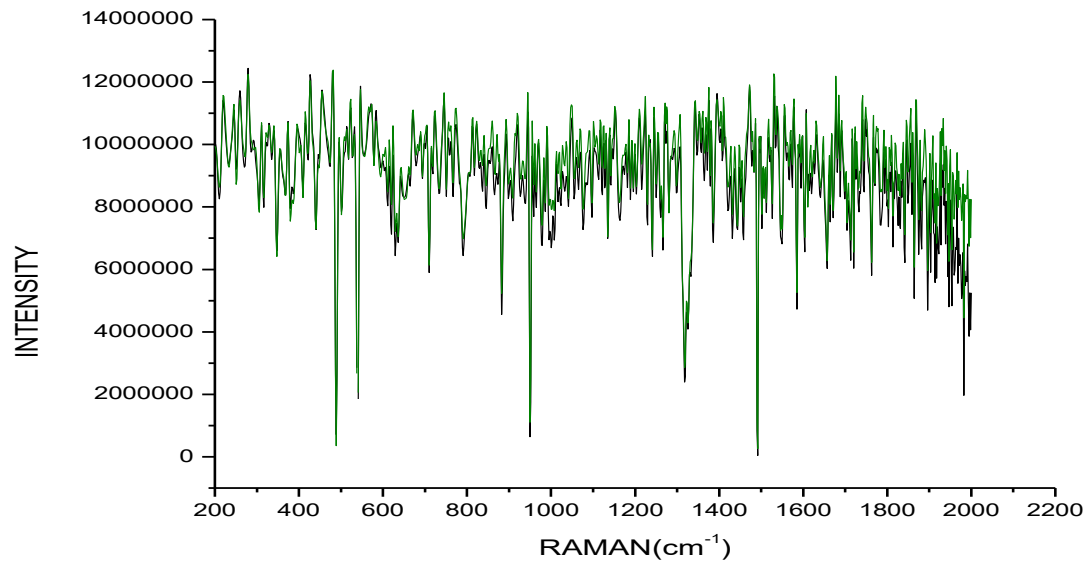


Διάγραμμα 3.5.48 B1



Διάγραμμα 3.5.49 YI

Βόρειος πεσσός – ανατολική παράσταση -Βόρεια παράσταση



Διάγραμμα 3.5.50 GI



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

### 4.1 Αποτελέσματα μετρήσεων Raman στις χρωστικές αναφορές

#### Αξιοπιστία της φασματοσκοπίας Raman

Η φασματοσκοπία Raman είναι από τις πλέον αξιόπιστες τεχνικές για ανίχνευση χρωστικών . Βέβαια όπως παρατηρούμε στα φάσματα 3.5.1-3.5.50 υπάρχουν κάποιες διαφοροποιήσεις στα αποτελέσματα των κορυφών που επεξεργαστήκαμε, σε σχέση με αυτές που δίνονται από τις βάσεις δεδομένων. Αυτές οι διαφοροποιήσεις οφείλονται στα εξής :

- Αρχικά στην εργασία. Σ' αυτή χρησιμοποιήθηκε φασματόμετρο με λέιζερ 785 nm ενώ στη βάση δεδομένων του Clark έχει λέιζερ 632 nm , η RRUFF χρησιμοποιεί λέιζερ 532nm και τέλος η βάση δεδομένων Checker έχει λέιζερ 638nm .
- Ακόμη υπάρχει ο θόρυβος που αλλοιώνει το αποτέλεσμα των μετρήσεων καθώς η μέτρηση έγινε επί τόπου στον Ναό, άρα έχει επηρεαστεί από τις φυσικές μεταβολές του περιβάλλοντος, από τις οξειδώσεις των ίδιων των χρωμάτων και των βερνικιών ,από τα άλατα ,τις ακτινοβολίες , την υγρασία, στις εναποθέσεις περιττωμάτων και φθορές από ζώα.
- Θα ήθελα να τονίσω πως αυτές οι αλλοιώσεις των μετρήσεων οφείλονται στις μεγάλες καταστροφές που έχει υποστεί ο Ναός και έχουν αναφερθεί εκτενώς στο κεφάλαιο 2, όπως είναι η ρίψη ασβέστη στις τοιχογραφίες από τους Οθωμανούς μετά την άλωση τις Κωνσταντινουπόλεως, η κατάρρευση τμημάτων του Ναού κατά την περίοδο των πολέμων , η επαναλειτουργία της κατά την Β' Ενετοκρατία και τέλος στην προσπάθεια επισκευής του Ναού το 1827-1847 καθώς και στις διαδικασίες αναστήλωσής του το 1958 .

## 4.2 Αποτελέσματα μετρήσεων Raman σε τοιχογραφίες του Διακονικού και του Κύριου ναού

Στις τοιχογραφίες του Κύριου ναού και του διακονικού παρατηρήσαμε δια γυμνού οφθαλμού τα χρώματα που είχαν. Αυτά τα χρώματα ήταν το μπλε, το γαλάζιο, το κόκκινο, το πράσινο, το κίτρινο και το μαύρο. Βάσει της παρατήρησης αυτής πήραμε δείγματα αυτών των χρωμάτων από διάφορα σημεία του ναού που έχουν σημειωθεί πάνω στις φωτογραφίες των τοιχογραφιών. Όταν κάναμε τις μετρήσεις για να διαπιστώσουμε τις χρωστικές που είχαν χρησιμοποιηθεί τις συγκρίναμε με τις βάσεις δεδομένων που υπάρχουν για τη Raman (κεφάλαιο 3.5) και σε σχέση με την οπτική και τις κορυφές που μας έδωσε η Raman μπορούμε να καταλήξουμε σε συγκεκριμένες χρωστικές ουσίες όπως ο μαλαχίτης, ο λαζουρίτης, ο αιματίτης (αλλιώς κόκκινη ώχρα), κίτρινη ώχρα και το λευκό του μολύβδου. Το τελευταίο έχει χρησιμοποιηθεί ώστε να αποδώσει το γαλάζιο χρώμα. Παρακάτω θα κάνουμε μια πιο εκτενή αναφορά σε αυτές τις ουσίες:

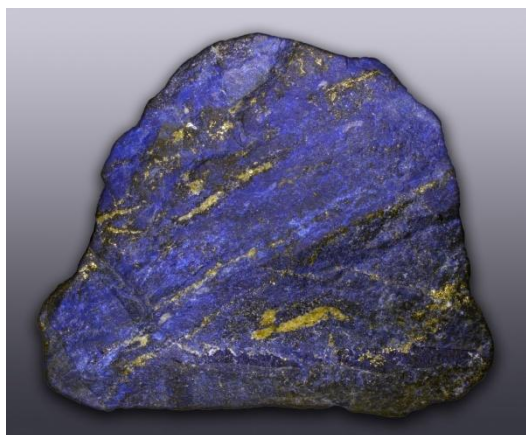
- Λαζουρίτης ή διαφορετικά λάπις λάζουλι. ετυμολογικά lapis θα πει λίθος στα Λατινικά. Η δεύτερη λέξη προέρχεται από την περσική λέξη Λαζουάρ, που θα πει πάλι λίθος στα Περσικά. Τελικά το λάζουλι, έγινε η ρίζα των λέξεων, azure, azzurro, azul, που στις διάφορες Ευρωπαϊκές γλώσσες, θα πει γαλάζιο. Είναι ένα αδιαφανές πέτρωμα, με εντυπωσιακό μπλε χρώμα. Είναι πέτρωμα και όχι ορυκτό, καθότι εμπεριέχει τα εξής ορυκτά:  $((\text{Na,Ca})_8(\text{AlSiO}_4)_6(\text{S,SO}_4,\text{Cl})_{1-20})$ , σοδαλίτη, καλσίτη και σιδηροπυρίτη. Ο σιδηροπυρίτης συχνά εμφανίζεται σαν χρυσαφί λαμυρίζοντα στίγματα στην επιφάνεια της πέτρας, και είναι ένα από τα στοιχεία ομορφιάς και μοναδικότητας του πολύτιμου λίθου.

Το λάπις λάζουλι έχει σκληρότητα 5.5 και ειδικό βάρος 2,6. Γνωρίζουμε ότι γινόταν εξόρυξη λάπις στο Μπαντακστάν, μια επαρχία του Αφγανιστάν ήδη από το 6500 π.Χ. Οι Αιγύπτιοι χάραζαν σε λάπις σκαραβαίους και φυλαχτά, ήδη από το 3300π.Χ., οι Ασσύριοι και οι Βαβυλώνιοι κατασκεύαζαν σφραγιδόλιθους, και Ακκάδιοι και Σουμέριοι ποιητές τον εξυμνούσαν σαν τον λίθο που προσδίδει βασιλική λαμπρότητα. Στην αρχαία Ελλάδα ήρθε σε μεγάλη ποσότητα από τα στρατεύματα το Μ. Αλεξάνδρου, οι Ρωμαίοι εκτός ότι το θεωρούσαν λίθο για τους αυτοκράτορες, τη

σκόνη του την αναμείγνυαν με γάλα καθώς πίστευαν πως βοηθά στο έλκος και στη Βίβλο, το λάπις λέγεται σάπφειρος, όπως έγραψαν ο Θεόφραστος και ο Πλίνιος που περιγράφουν τον σάπφειρο σαν λίθο που περιέχει σκόνη ή στίγματα χρυσού. Η περιγραφή αυτή αντιστοιχεί στο λάπις με τα χρυσαφί στίγματα του σιδηροπυρίτη. Ακόμη μια αρχαία εβραϊκή παράδοση αναφέρει πως οι 10 εντολές που δόθηκαν στον Μωσή ήταν γραμμένες πάνω σε πλάκες από λαζούριο .

Σε πολλές ανασκαφές στα αρχαία κέντρα του πολιτισμού γύρω από τη Μεσόγειο, οι αρχαιολόγοι ανακάλυψαν μέσα σε τάφους αντικείμενα φτιαγμένα από lapis lazuli σαφείς ενδείξεις ότι η μπλε πέτρα ήταν δημοφιλής χιλιάδες χρόνια πριν στους ανθρώπους της Μεσοποταμίας, στην Αίγυπτο, στην Περσία, στην Ελλάδα και τη Ρώμη. Σε άλλους πολιτισμούς έχει θεωρηθεί ως μια ιερή πέτρα. Ιδιαίτερα στη Μέση Ανατολή πίστευαν ότι έχει μαγικές δυνάμεις.

Οι ζωγράφοι για να αποδώσουν το μπλε χρώμα άλεθαν τον λίθο .Το αρχικό χρώμα που έβγαине το ονόμαζαν ουλτραμαρίν που σημαίνει πέρα από τις θάλασσες, διότι υπήρχε αποκλειστικά στην Περσία και χρησιμοποιήθηκε ευρέως στην επένδυση τοίχων και παλατιών .Αυτή η χρωστική σταμάτησε να χρησιμοποιείται στην αρχή του 19<sup>ου</sup> αιώνα λόγω του υψηλού κόστους . Αντικαταστάθηκε από το «γαλλικό μπλε» που κατασκευάζεται από πυριτικό αργίλιο με προσμίξεις θείου ή από το Royal blue, που είναι ένα ελαφρότερο και φωτεινότερο μπλε και παράγεται συνήθως από μίξεις φθάλου μπλε με διοξείδια του τιτανίου, ή από φθηνές συνθετικές μπλε βαφές.



Εικόνα 43 λάπις λαζούλι

Μαλαχίτης είναι ένα ένυδρο ορυκτό του χαλκού με χημικό τύπο  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2 \text{CO}_3$  με σκληρότητα 3,5-4 και πυκνότητα 4. Χημικά χαρακτηρίζεται ως βασικός ανθρακικός χαλκός και έχει 8% νερό. Λόγω της κρυστάλλωσής του, δημιουργεί λωρίδες διαφορετικών αποχρώσεων. Έχει ζωνηρό πράσινο χρώμα, καθώς οφείλει το όνομά του στο φυτό μαλάχη (κοινώς μολόχα), καθώς έχει παρόμοιο χρώμα με τα φύλλα του και αποτελείται από διάφορες αποχρώσεις του πράσινου.

Ο μαλαχίτης, ως δευτερεύον ορυκτό του χαλκού, απαντά στις ζώνες οξείδωσης φλεβών πλούσιων σε χαλκό, γι' αυτό και συνδέεται με αζουρίτη, κυπρίτη. Συνδέεται, επίσης, με τον ψευδομαλαχίτη ( $\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$ ), με τον οποίο μοιάζει πολύ στην μορφή. Τα δύο ορυκτά μπορούν να διακριθούν με αραιό ψυχρό υδροχλωρικό οξύ, καθώς ο μαλαχίτης αντιδρά αναβράζοντας, ενώ ο ψευδομαλαχίτης δεν αντιδρά.

Ο μαλαχίτης είναι γνωστός από την αρχαιότητα και συναντάται σε πολλές περιόδους στη διακόσμηση ναών. Όπως οι κολώνες του ναού της Αρτέμιδος στην Έφεσο, της Αγίας Σοφίας στην Κωνσταντινούπολη, και του καθεδρικού ναού του Αγίου Ισαάκ στην Αγία Πετρούπολη.



Εικόνα 44 μαλαχίτης

Κίτρινη ώχρα είναι ορυκτό σιδηρούχο χρώμα σε αποχρώσεις του κίτρινου. Το χρώμα της οφείλεται στο οξείδιο του σιδήρου. Η κίτρινη ώχρα θεωρείται μια αρκετά διαδεδομένη χρωστική ουσία από τους αρχαίους χρόνους ως τον 18<sup>ο</sup> αιώνα . Ο όρος λειμωνίτης περιλαμβάνει όλα τα ορυκτά των ένυδρων οξειδίων του σιδήρου (FeO(OH)) και δίνει χρωστικές με αποχρώσεις από ανοιχτό κίτρινο ως σκούρο καφέ. Οι ώχρες, οι σιέννες και οι όμπρες προέρχονται από λειμωνιτικά κοιτάσματα.

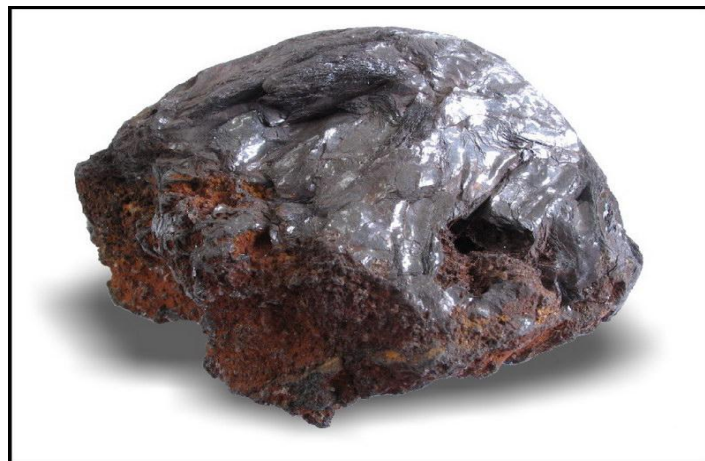
Η ώχρα είναι πηλός εμπλουτισμένος με ένυδρα οξείδια του σιδήρου (κυρίως γκαιτίτη) σε περιεκτικότητα μεγαλύτερη από 12%. Η ποσότητα των ένυδρων οξειδίων του σιδήρου καθορίζει την απόχρωση: κίτρινο, πορτοκαλί ή κόκκινο .

Η ώχρα μπορεί να φτάσει χρωματικά μέχρι το ανοιχτό καφέ που κατά πάσα πιθανότητα είναι το καφέ χρώμα που έχουμε εντοπίσει στον κύριο ναό στον δυτικό τοίχο στη νότια παράσταση στις γραμμές του κλειστού ειλατηρίου ,που βέβαια δε μπορούμε να ήμαστε σίγουροι καθώς δεν έχουμε κορυφές σε καμία βάση δεδομένων .



Εικόνα 45 κίτρινη και καφέ ώχρα

- Αιματίτης Ο αιματίτης είναι άνυδρο οξείδιο δισθενούς σιδήρου και δίνει χρωστικές με κόκκινη απόχρωση Ανήκει στην κατηγορία των οξειδίων – υδροξειδίων ορυκτών και στην ομάδα των οξειδίων του σιδήρου. Έχει χημική σύσταση: οξείδιο του τρισθενούς σιδήρου  $Fe_2O_3$ , σκληρότητα 5 – 6 και τριγωνικό κρυσταλλικό σύστημα. Το όνομα του έχει Ελληνική προέλευση, και οφείλεται στο χρώμα του. Όχι όμως στο χρώμα του ορυκτού, το οποίο είναι γκρι σκούρο, αλλά στο χρώμα της γραμμής σκόνης (της σκόνης όταν τριφτεί), η οποία είναι κόκκινη, έχει δηλαδή το χρώμα του αίματος. Ο αιματίτης είναι ένα αδιάφανο ορυκτό, έχει μεταλλική λάμψη, και χρώμα γκρι - ασημί έως μαύρο.. Έχει χρησιμοποιηθεί στην κοσμηματοποιία ήδη από το 3000 π.Χ. Ο αιματίτης έχει ιζηματογενή προέλευση, οπότε εμφανίζει συγκρυσταλλωμένα μόρια νερού. Είναι χημικό ίζημα. Αιματίτες με κιτρινωπές αποχρώσεις αποδίδονται σε δευτερογενείς συσσωματώσεις (μηχανικό ίζημα). Σε αιματίτες που δεν περιλαμβάνουν συγκρυσταλλωμένα μόρια νερού, η γένεση αποδίδεται σε ηφαιστειακή δραστηριότητα. Ο αιματίτης αποτελεί συστατικό πάρα πολλών πετρωμάτων, κυριότερο των οποίων είναι το γνωστό κοκκινόχωμα, που οφείλει το χρώμα του ακριβώς στην ύπαρξη κόκκινου αιματίτη.



Εικόνα 46 αιματίτης

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη των Raman φασμάτων ποιοτικής ανάλυσης χημικών ενώσεων και ελήφθησαν με το φορητό φασματοόμετρο Raman Rockhound 785 της DeltaNu και με τη βοήθεια του προγράμματος Origin 8, τα οποία παρουσιάστηκαν στις τοιχογραφίες του Ναού της Αγίας Σοφίας της Μονεμβασιάς, οδήγησαν στα ακόλουθα συμπεράσματα σχετικά με την ταυτοποίηση των χρωστικών που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτές. Προέκυψε από τις αναλύσεις, σε όλες τις εξεταζόμενες χρωματικές εντυπώσεις των τοιχογραφιών του ναού, πως η παλέτα του αγιογράφου αποτελείτο από λαζουρίτη, αιματίτη, μαλαχίτη και κίτρινη ώχρα, υλικά αρκετά ακριβά τα περισσότερα που χρησιμοποιούνταν ευρέως για το διάκοσμο. Αντάξια φυσικά της αίγλης των βυζαντινών ναών, μια περίοδο που μεσουρανούσε η ανοικοδόμηση χριστιανικών ναών και η θρησκευτική εξουσία. Καταλήγοντας θα ήθελα να δώσω έμφαση στο γεγονός, ότι ένα τέτοιο οικοδόμημα σπουδαίας αρχιτεκτονικής και θρησκευτικής σημασίας, υπέστη σοβαρές φθορές κατά τους πολυετείς πολέμους και όπως πολλά μνημεία, δεν έχαιρε σεβασμού από τους εκάστοτε κατακτητές.

Από όλα τα προαναφερθέντα αποτελέσματα συμπεραίνεται ότι, η Φασματοσκοπία Raman αποτελεί κατάλληλη μη καταστρεπτική τεχνική για τον επιτόπου προσδιορισμό και ταυτοποίηση των χρωστικών ιστορικών, στις οποίες δεν επιτρέπεται η δειγματοληψία και μπορούν να συμβάλλουν τα μέγιστα στη συντήρηση και αποκατάσταση αυτών.

## **6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΕΧΙΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα εργασία κατέδειξαν την καταλληλότητα της φασματοσκοπικής μη καταστρεπτικής τεχνικής Raman και για τον επιτόπου ποιοτικό προσδιορισμό και ταυτοποίηση των χρωστικών τοιχογραφιών.

Για τη συνέχιση της έρευνας προτείνονται τα παρακάτω:

α. Στην περίπτωση που επιτραπεί να γίνει μια επιτόπια δειγματοληψία με τη μέθοδο XRF στα ίδια σημεία που έγινε και η Raman ώστε να ισχυροποιηθεί η μελέτη και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων μας καθώς η XRF θα μας δώσει την ποιοτική και ποσοτική ανίχνευση των στοιχείων.

β. Αν μας επιτραπεί να συλλέξουμε τα αποσπασμένα ή τα αποκολλημένα κομμάτια των τοιχογραφιών ώστε να εφαρμόσουμε XRD για να ταυτοποιήσουμε ποιοτικά τη δομή του υλικού αλλά και ποσοτικά τη περιεκτικότητα κάθε φάσης στο υλικό μας.

γ. Ακόμη για να μπορέσουμε να πιστοποιήσουμε τη χρήση βερνικιών όπου κατά κανόνα για τη περίοδο που αναφερόμαστε ήταν οργανικά και παράλληλα να μελετήσουμε τι είδους τεχνική (νωπογραφία ή ξηρογραφία) χρησιμοποιήθηκε, η κατάλληλη μέθοδος για να πραγματοποιήσουμε τα παραπάνω είναι η FTIR.

δ. Η διερεύνηση και άλλων βυζαντινών τοιχογραφιών της ίδιας περιόδου και σε άλλες περιοχές ώστε να εξακριβωθεί αν χρησιμοποιείτο η ίδια παλέτα.



## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Βιβλία

1. UNESCO: Αθήνα 1970, Ιστορία της Ανθρωπότητας, τόμ. 12, εκδ. Χ. Τεγόπουλου-Ν. Νίκας
- 2.Επισκόπου ,Ελλάς Θεοδωρήτου ,Ο Αυτοκράτωρ Ανδρόνικος Β Παλαιολόγος και η Μονεμβασιά Βασιλική και Ιερά καστροπολιτεία εκδόσεις Έλυτρον
3. Penguin books, New York, 1971, Dictionary of Geology
- 4.Ernst Kitzinger, 1975, Byzantine art in the making. Main lines of stylistic development in Mediterranean art. 3rd-7th century
- 5.Charles Delvoye , 1975,Βυζαντινή Τέχνη , εκδόσεις Δημ.Ν.Παπαδήμα
- 6.S.Linner ,Ιστορία του Βυζαντινού πολιτισμού , εκδόσεις Γκοβάστη
7. Mora P., Mora L. and Philippot P., (1984). *Conservation of Wall Paintings*. ICCROM, Butterworths.
8. Frederick H. Pough, Roger Tory Peterson,1988, A Field Guide to Rocks and Minerals, Jeffrey (PHT) Scovil Houghton Mifflin Harcourt
9. Αλεξοπούλου-Αγορανού Αθηνά, Χρυσουλάκης ,1993 ,Θετικές επιστήμες και έργα τέχνης. ,Εκδόσεις Γκόννη, Αθήνα.
10. Περδικάτσης Β. 1993, Ανάλυση Χρωστικών Ουσιών Αρχαίων Ελληνικών Μνημείων Τέχνης. Τέχνη και Τεχνολογία: Πρακτικά Επιστημονικού Συμποσίου: Αθήνα 13 & 14 Νοεμβρίου 1993. Αθήνα: Δ/ση Καλλιτεχνικής Συντήρησης και Αποκατάστασης Έργων Τέχνης,
- 11.Walter Schumann, R. Bradshaw, K. A. G. Mills, 1993,Handbook of Rocks, Minerals and Gemstones, Houghton Mifflin Harcourt
- 12.Ιωάννης Λυριτζής,Αθήνα 1994, "Αρχαιομετρία. Μέθοδοι χρονολόγησης στην αρχαιολογία", εκδόσεις "Καρδαμίτσα"12.Πλίνιος ο Πρεσβύτερος. 1994 Περί της Αρχαίας Ελληνικής Ζωγραφικής, 35ο βιβλίο της «Φυσικής Ιστορίας». Μετάφραση Τ. Ρούσσοσ και Α. Λεβίδης. Εκδόσεις Άγρα, Αθήνα.
- 13.Cimok, F., 1995. *Hagia Sophia*, A Turizm Yayınları, İstanbul.

14. Giorgio Vasari, 1995, *Καλλιτέχνες της Αναγέννησης*, εκδ. Κανάκη
15. Αργυροπούλου Β., Μαλέα Α., Παναγιάρης Γ. και Στασινού Α., 1999, *Τεχνολογία υλικών*. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.
16. Χαράλαμπος Θ. Μπούρας 2001, «XXIII». *Ιστορία της Αρχιτεκτονικής (2ος τόμος) - Αρχιτεκτονική στο Βυζάντιο, το Ισλάμ και την Δυτική Ευρώπη κατά τον Μεσαίωνα*. Αθήνα: Εκδοτικός οίκος «Μέλισσα», σελ. 564.
17. Η Διεθνής Χάρτα Συντήρησης των Τοιχογραφιών. (2002). Ελληνικό Τμήμα του International Council On Monuments and Sites: 13<sup>η</sup> Γενική Συνέλευση του ICOMOS. Μαδρίτη.
18. Ορφανάκος Βασίλειος. 2004, *Χρωματομετρία-Βασικές Αρχές*. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα
19. Ιωάννης Λυριτζής, Αθήνα 2005, *Φυσικές επιστήμες στην αρχαιολογία*, εκδόσεις Τυπωθήτω,
20. Akgündüz, A., 2005, *Üç Devirde Bir Mabet Ayasofya, Osmanlı Araştırmaları Vakfı, İstanbul*.
21. Κουή Μαρία. 2005, *Μέθοδοι και Τεχνικές Ανάλυσης και Χαρακτηρισμού των Υλικών*. Τομέας Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών της Σχολής Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα
22. Nieman T.A. 2005, *Αρχές Ενόργανης Ανάλυσης*. Μετάφραση Καραγιάννης Μ., Ευσταθίου Κ., Χανιωτάκης Ν. Εκδόσεις Κωσταράκης, Αθήνα.
23. Όξενκιουν-Πετροπούλου Μαρία. 2006, *Φυσικές Μέθοδοι Ανάλυσης, Φασματομετρικές Μέθοδοι*. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα. 28. Skoog D.A., Holler F.J.,
24. James Dwight Dana, 2008, *Manual of Mineralogy and Lithology, Containing the Elements of the Science of Minerals and Rocks* READ BOOKS
25. Barsanti, C., Guiglia, A., 2010, *The Sculptures of the Ayasofya Muzesi in Istanbul. A Short Guide*, Ege Yayınları, İstanbul.

26.Diker, H. H., 2010. Belgeler Işığında Ayasofya'nın Geçirdiği Onarımlar, Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Istanbul, Turkey

27 .Τσιλαγά Ευαγγελία,2011, Οι τεχνικές της ζωγραφικής μέσα από το έργο μεγάλων ζωγράφων. Εκδόσεις Επίκεντρο, Αθήνα.

28.Σπυρίδων Λάμπρος, «Ανέκδοτον χρυσόβουλον του αυτοκράτορος Ανδρόνικου του Παλαιολόγου, 1289», Δελτίον της Ιστορικής και Εθνολογικής Εταιρείας της Ελλάδος, τομ.Α

## Σημειώσεις

1.Εφαρμοσμένη μοριακή φασματοσκοπία , καθ. Σταύρος Κ. Φαράντος Πανεπιστήμιο Κρήτης , Τμήμα Χημείας

2.Στοιχεία φασματοσκοπίας Raman Γ. Βογιατζής, Σ. Γιαννόπουλος & Γ. Παπαθεοδώρου ,Ίδρυμα τεχνολογίας & Ερευνητικό ινστιτούτο χημικής μηχανικής και χημικών διεργασιών υψηλής θερμοκρασίας & Τμήμα Χημικών Μηχανικών ,Πανεπιστήμιο Πατρών,Δεκέμβριος 1999

3.University of Cyprus Biomedical Imaging and Applied Optics Φασματοσκοπία Ράμαν

4.Εφαρμογές νέων τεχνολογιών στις ανθρωπιστικές επιστήμες ,θέμα: Φασματοσκοπία Raman και εφαρμογές Κούσουλας Νικόλαος ,Τζούτζης Έλτον-Αντώνιος , Τ.Ε.Ι Λαμίας Τμήμα Ηλεκτρονικής Σ.Τ.ΕΦ

5. The Colours Sylvester Syropoulos Saw: The Ideological Function of Colour in Byzantine Historiography and Chronicles (Thirteenth–Fifteenth Centuries) Eirini Panou

## Περιοδικά

1.National Geographic - Ορυκτά του πλανήτη μας : Τόμος 37

## Διαδίκτυο

1. [Οικουμενικό Πατριαρχείο](#), Επίσημη Ιστοσελίδα.
2. [www.nektarios.gr](http://www.nektarios.gr)
3. [www.academia.edu](http://www.academia.edu)
4. [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
5. [www.eecs.harvard.edu](http://www.eecs.harvard.edu)
6. [www.chem.ucl.ac.uk/resources/raman/](http://www.chem.ucl.ac.uk/resources/raman/)
7. <http://rruff.info/>
8. [www.archaiologia.gr](http://www.archaiologia.gr)
9. [Βάση ορυκτολογικών δεδομένων Mindat](#)