



# Τμήμα Μηχανικών Μουσικής Τεχνολογίας & Ακουστικής Τ.Ε.

Σχολή Εφαρμοσμένων Επιστημών (Ρέθυμνο) | Τεχνολογικό & Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

## ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ ΚΡΗΤΙΚΗΣ ΛΥΡΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ



**ΚΟΥΤΕΛΙΔΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:

**Δ.ρ. ΤΑΤΑΡΑΚΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ**

**Δ.ρ. ΠΑΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ**

**ΡΕΘΥΜΝΟ 2013**

**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΟΥΤΕΛΙΑΔΑΚΗΣ**

**ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ**

**Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ**

**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ  
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ  
ΚΡΗΤΙΚΗΣ ΛΥΡΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΩΝ  
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:**

**Δ.ρ. ΤΑΤΑΡΑΚΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ**

**Δ.ρ. ΠΑΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ**

**ΡΕΘΥΜΝΟ 2013**

## **Ευχαριστήριο**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές μου κυρίους Ταταράκη Μιχάλη και Παπαδογιάννη Νεκτάριο για την αμέριστη συμπαράστασή τους και τη συνεχή καθοδήγηση κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας, οι οποίοι πέρα από τη διδασκαλία της επιστήμης της μουσικής τεχνολογίας και τη διάνοιξη των διαύλων προς τη γνώση μας δίδαξαν το μάθημα της συνέπειας και της ευθύνης απέναντι στην επιστήμη. Η φοίτηση υπό την εποπτεία τέτοιων καθηγητών πέρα από άκρως εποικοδομητική είναι συνάμα και προνόμιο για ένα φοιτητή. Ως τέτοιος, λοιπόν, αποφοιτώ και εγώ, ως ένας προνομιούχος φοιτητής που είχε την τύχη να πλαισιώνεται από τόσο αξιόλογους καθηγητές.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή .....	σ. 5
2. Ιστορικά στοιχεία... ..	σ.6
1. Η λύρα στον Ελλαδικό Χώρο.....	σ.6
2. Η Λύρα στην Κρήτη.....	σ.7
3. Η ανατομία της λύρας και η εξέλιξή της στο χρόνο .....	σ.10
1. Η ανατομία της κρητικής λύρας.....	σ.10
2. Συνέντευξη του Μανώλη Σταγάκη .....	σ.12
4. Πειραματικό μέρος της ακουστικής ανάλυσης.....	σ.16
1. Θεωρητική εισαγωγή.....	σ.16
2. Χορδές .....	σ.16
3. Συντονισμός αέρινης κοιλότητας.....	σ.18
4. Καμπύλες ακουστότητας .....	σ.19
5. Η δράση του δοξαριού .....	σ.19
6. Ο τρόπος εκπομπής ήχου στο καπάκι.....	σ.24
7. Ο τρόπος παραγωγής του ήχου στην κρητική λύρα. ....	σ.25
8. Πρακτικό μέρος.....	σ.25
9. Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την διαδικασία.....	σ
5. Συμπεράσματα από τη σύγκριση παραγόντων ποιότητας .....	σ.41

## 1.Εισαγωγή

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «*Συγκριτική Μελέτη Φασματικών Χαρακτηριστικών Εκπεμπόμενου Ήχου Κρητικής Λύρας Συναρτήσεως των Κατασκευαστικών Χαρακτηριστικών*» έχει ως στόχο την ανάδειξη των ηχητικών διαφορών από λύρα σε λύρα ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής της τελευταίας. Η εργασία χωρίζεται σε τρία κεφάλαια: 1) το ιστορικό υπόβαθρο, 2) το κατασκευαστικό μέρος και τέλος 3) το πειραματικό μέρος.

Στο πρώτο κεφάλαιο επιχειρείται μια αναδρομή στην ιστορία της κρητικής λύρας, η οποία αναδρομή έχει ως στόχο την αναζήτηση των χναριών της λύρας στον ελλαδικό χώρο στα βάθη των αιώνων. Θα υποστηρίξουμε, χρησιμοποιώντας ως τεκμήρια τα βιβλία των Ρηγιγιώτη και Βουγιουκαλάκη, ότι είναι πιθανότερο να εισήχθη στην Κρήτη από τους Βυζαντινούς κατά τον 11<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. Επίσης, θα εξετάσουμε την πορεία της κρητικής λύρας κατά τους 18<sup>ο</sup> και 19<sup>ο</sup> αιώνες μέσω από τις αναφορές μεγάλων Κρητικών Λογοτεχνών όπως ο Καζαντζάκης και ο Κονδυλάκης.

Στο κατασκευαστικό μέρος στόχος μας είναι πέρα από την ανάδειξη των βασικών μελών της κρητικής λύρας να παραθέσουμε και τον τρόπο κατασκευής της. Ως εκ τούτου απευθυνθήκαμε σε έναν εξαιρετικό κατασκευαστή, εγγονό του Σταγάκη Μανώλη του Πρεσβύτερου, στον οποίο η σύγχρονη κρητική λύρα οφείλει τη μορφή της, τον Μανώλη Σταγάκη.

Στο τρίτο και τελευταίο μέρος σκοπός μας ήταν να αναδείξουμε τις ηχητικές διαφορές ανάμεσα σε πέντε διαφορετικές λύρες και να εξετάσουμε αν αυτές (ηχητικές διαφορές) ήταν αποτέλεσμα του τρόπου κατασκευής τους. Αρχικά, οι πέντε λύρες ηχογραφήθηκαν με υψηλής ποιότητας εξοπλισμό και στη συνέχεια οι ηχογραφήσεις αυτές εξετάστηκαν με κατάλληλο λογισμικό υψηλής ανάλυσης και συγκεκριμένα το PRAAT.

**Λέξεις κλειδιά:** Κρητική Λύρα, Τοξωτό όργανο, Ρεμπάμπ, Νικηφόρος Φωκάς, Ρηγιγιώτης Θεωδωρής, Βουγιουκαλάκης Γιώργης, Ανδρέας Ροδινός, Μανώλης Σταγάκης, Θεωρομανώλης, Αμπτούλ Καλημεράκης, Ανατομία της Λύρας, Ανάλυση Φασμάτων Λύρας, Παράγοντας Ποιότητας  $Q$  (Q Factor) Λύρας, Λογισμικό Φασματικής Ανάλυσης PRAAT, Ψηφιοποιημένο Σήμα Λύρας, Λειτουργία Spectrum, Φασματογράφημα, Οκτάβα με ημιτόνια, Διάγραμμα ηχοχρωματικής Ποιότητας Λύρας, Ανάλυση Αρμονικών Λύρας, τρόπος παραγωγής ήχου κρητικής λύρας

## 2. Ιστορικά στοιχεία

### 2.1. Η λύρα στον Ελλαδικό χώρο

Για να διερευνήσουμε τη χρονική αφετηρία της παρουσίας των εγχόρδων μουσικών οργάνων στην Κρήτη πρέπει να εξετάσουμε την παρουσία τους στον ευρύτερο χώρο του Αιγαίου ή, ακόμη ευρύτερα, της ανατολικής Μεσογείου και γενικά της βυζαντινής επικράτειας. Συγκεκριμένα για τη λύρα γνωρίζουμε ότι από τον δέκατο αιώνα (901-1000 μ.χ.) υπήρχε ήδη στον βυζαντινό χώρο. Εκτός από τις παραστάσεις στο ανάγλυφο ελεφάντινο βυζαντινό κιβωτίδιο του 10<sup>ου</sup> ή 11<sup>ου</sup> αιώνα, το οποίο σώζεται στο μουσείο της Φλωρεντίας και στα ιστορημένα (εικονογραφημένα) χειρόγραφα του 11<sup>ου</sup> αιώνα, βαρύνουσα σημασία έχει και η αναφορά του Πέρση Ibn Kurdadhbih προς το χαλίφη Al Mutamid, όπου, ανάμεσα σε άλλα βυζαντινά όργανα, αναφέρει τη λύρα, περιγράφοντάς την ως ξύλινο όργανο με πέντε χορδές, όμοιο με το αραβικό Ρεμπάμπ.

Η αναφορά αυτή, εκτός από την παλαιότητά της, είναι ιδιαίτερα σημαντική για δύο ακόμη λόγους. Αφενός, γιατί αναφέρει την ελληνική ονομασία «λύρα» και αφετέρου γιατί θεωρεί το συγκεκριμένο όργανο όμοιο με το ρεμπάμπ και όχι προερχόμενο από το ρεμπάμπ.<sup>1</sup> Αυτό δεν αποκλείει οπωσδήποτε την προέλευση της βυζαντινής λύρας από τον αραβικό κόσμο, όμως πρέπει να διερευνηθεί η ακριβής σχέση της τόσο με τα τοξωτά έγχορδα της Ανατολής (Ινδία και, στη συνέχεια, Άραβες) όσο και με την αρχαία ελληνική λύρα. Το όνομα λύρα για το συγκεκριμένο όργανο δεν εντοπίζεται μόνο στη μορφωμένη Κωνσταντινούπολη, όπου θα μπορούσε να έχει δοθεί από λογίους σε ένα νεοεισαχθέν όργανο που τους θύμιζε κάπως την αρχαία άρπα, αλλά σε όλο τον ελληνικό χώρο, με εξαίρεση την περιοχή των Σερρών όπου λεγόταν ζίγκα ή γκίγκα πιθανόν κατά ξενική επίδραση· πάντως οι τούρκοι ονομάζουν την ελληνική λύρα ρούμ κεμεντζέ, που σημαίνει ακριβώς ρωμαϊκή λύρα.

Επομένως, η άποψη του Κλώντ Φωριέλ, σύμφωνα με την οποία «οι τυφλοί Έλληνες λαϊκοί ποιητές τραγουδούν παίζοντας με το δοξάρι ένα όργανο με χορδές

---

<sup>1</sup> Ρηγινιώτης, Θ., (2004), Κρητολογικά Γράμματα, *η Ιστορική Παρουσία της Λύρας στην Κρήτη από τον 10<sup>ο</sup> ή τον 12<sup>ο</sup> Αιώνα μέχρι Σήμερα*, Καλαϊτζάκης Α.Ε., Ρέθυμνο, σ. 203-204

που είναι ακριβώς η λύρα των αρχαίων Ελλήνων, και που έχει διατηρήσει και το όνομα και τη μορφή»<sup>2</sup> χρίζει βαθύτερης αξιολόγησης.

Από την άλλη πλευρά, ο Γεώργιος Χατζηδάκις, στο κεφάλαιο για την καταγωγή της κρητικής λύρας του έργου του *Κρητική Μουσική*, αν και αναγνωρίζει ότι η σημερινή και η αρχαία λύρα από απόψεως κατασκευής παρουσιάζουν κατά βάση κάποια κοινά τεχνικά γνωρίσματα, τα οποία περιγράφει διεξοδικά και αφορούν στο σχήμα, το ηχείο, τα κλειδιά – στριφτάλια – κ.τ.λ., εντούτοις είναι της άποψης ότι δεν πρόκειται για το ίδιο όργανο, κυρίως επειδή η αρχαία λύρα ήταν νυκτό όργανο, δηλαδή παιζόταν με πλήκτρο, με πένα, ενώ η νεότερη τοξωτό, το δε τόξο, το δοξάρι, θεωρεί, όχι άδικα, προϊόν της ανατολής: τόσο η οικογένεια του βιολιού όσο και η οικογένεια της λύρας έλκουν την καταγωγή τους από την Ινδία.<sup>3</sup>

Σε κάθε περίπτωση δεν γνωρίζουμε πότε οι Βυζαντινοί άρχισαν να παίζουν λύρα· ακόμα και αν δεν έχουμε να κάνουμε με μια παράδοση που συνεχίζεται από την αρχαιότητα (και η νεότερη λύρα δεν είναι, αναπάντεχα, άμεσος απόγονος της αρχαίας ελληνικής), αλλά ήρθε πράγματι από τον αραβικό κόσμο, δεν γνωρίζουμε πόσο παλαιότερα από τον δέκατο αιώνα συνέβη αυτή η πολιτισμική «συναλλαγή». Τον 11<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. τα τοξωτά έγχορδα είναι εξαπλωμένα σε όλη τη μεσογειακή Ευρώπη και πιο ψηλά, ως τους Κέλτες και τις Βρετανικές Νήσους.

Σε ολόκληρο το τόξο από την Κωνσταντινούπολη ως την Κρήτη, το οποίο περιλαμβάνει τα νησιά του ανατολικού Αιγαίου, έχουμε λύρα ως τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα, οπότε η λύρα εκτοπίζεται από το βιολί. Λύρα έχουμε επίσης στην Αγία Ελένη Σερρών (αναστενάρικη λύρα), όπου επικρατεί, όπως είπαμε, η ονομασία ζίγκα ή γκίγκα· η λύρα εκείνη διαφέρει από τη βυζαντινή, την πολιτική, προδίδοντας ίσως περισσότερο τούρκικες επιδράσεις.

## 2.2.Η Λύρα στην Κρήτη

Σύμφωνα με τον Ρηγινώτη το κρητικό λυράκι είναι σχεδόν ίδιο με την πολιτική λύρα, δηλαδή τη λύρα της Κωνσταντινούπολης. Σχετικά με το ζήτημα της προέλευσής του πρέπει να λάβουμε υπόψη δυο διαφορετικές εκδοχές. Σύμφωνα με την πρώτη, την λύρα έφεραν οι προερχόμενοι από την Ισπανία Άραβες που

<sup>2</sup> Fauriel, (1999), *Ελληνικά Δημοτικά Τραγούδια*, εκδοτική επιμέλεια Πολίτης Α., Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, σ. 57-59

<sup>3</sup> Χατζηδάκις, Γ, *Κρητική Μουσική και Όργανα*, Ηράκλειο, 1910, σ. 173-175

παρέμειναν στην Κρήτη ως κατακτητές τα έτη 823 – 961 μ.Χ. Σύμφωνα, τώρα, με τη δεύτερη εκδοχή το κρητικό λυράκι ήρθε στην Κρήτη από την Κωνσταντινούπολη και η είσοδός του στο νησί κατά πάσα πιθανότητα έλαβε χώρα από την πλευρά της Σητείας εξαιτίας αφενός της εγγύτητας της τελευταίας με την Κάσο και την Κάρπαθο και αφετέρου της ανάπτυξης της ναυτιλίας στην ανατολική Κρήτη. Σύμφωνα με τον Ρηγινώτη πιο πιθανή από τις δύο εκδοχές για την προέλευση της λύρας φαίνεται να είναι η δεύτερη καθώς στην κρητική παράδοση δεν συναντάται πουθενά άλλη ονομασία για το συγκεκριμένο όργανο πέρα από την ελληνική λέξη «λύρα».<sup>4</sup> Την ερμηνεία του Ρηγινώτη φαίνεται να συμεριζείται ο Βουγιουκαλάκης, ο οποίος υποστηρίζει ότι είναι απίθανο η λύρα να εισήχθη στην Κρήτη από τους Άραβες ελλείψει ξενικών χαρακτηρισμών ισλαμικής προέλευσης, όπως ραμπάμπ, ρεμπέκ και κεμεντζέ, και ότι εισήχθη από τους βυζαντινούς και πιο συγκεκριμένα με τον Νικηφόρο Φωκά κατά τον 11<sup>ο</sup> αιώνα.<sup>5</sup>

Ανεξάρτητα από τις εκδοχές περί της εισαγωγής της λύρας στην Κρήτη αποτελεί βεβαιότητα ότι η έλευση των Ενετών στην Κρήτη το 1211 βρήκε την λύρα παρούσα, ως λαϊκό όργανο όπως και στα Δωδεκάνησα, σε πρωτόγονη μορφή, λυράκια κατασκευασμένα από τους ίδιους τους λυράρηδες των χωριών από δέντρα της περιοχής τους και δοξάρια από ουρά αλόγου, πριν η τυπική λύρα πάρει τη σύγχρονη μορφή της με την καθοριστική συμβολή του θρυλικού ρεθεμνιώτη λυράρη Ανδρέα Ροδινού και του γνωστού ρεθεμνιώτη οργανοποιού Μανώλη Σταγάκη.

Ο παλαιότερος ονομαστικά καταγεγραμμένος κρητικός λυράρης θεωρείται ο Θεοδορομανώλης (1778 – 1818) από το Επανωχώρι Σελίνου του νομού Χανίων. Ο Θεοδορομανώλης έπαιζε στη λύρα του τους πολλούς καημούς και τις λίγες χαρές της Κρήτης. Στους ρυθμούς της έβρισκε δρόμους διαφυγής, στις μαντινάδες τραγουδούσε αντάρτικα υπονοούμενα. Οι σκοποί θύμιζαν ανάσταση του σκλάβου. Τα συρτά ηρωικούς οραματισμούς. Περίπου την ίδια εποχή στη ρίμα του Σκατόβεργα που καταγράφηκε από τον Φωριέλ συναντάμε την λύρα στα χέρια του ηρακλειώτη ριμαδόρου.<sup>6</sup>

---

<sup>4</sup> Ρηγινώτης, Θ., (2004), Κρητολογικά Γράμματα, η Ιστορική Παρουσία της Λύρας στην Κρήτη από τον 10<sup>ο</sup> ή τον 12<sup>ο</sup> Αιώνα μέχρι Σήμερα, Καλαϊτζάκης Α.Ε., Ρέθυμνο, σ. 206

<sup>5</sup> Βουγιουκαλάκης, (2013), Η Λύρα της Κρήτης και του Αιγαίου από το Βυζάντιο ως Σήμερα, Ρέθυμνο, σ. 39

<sup>6</sup> Ρηγινώτης, Θ., (2004), Κρητολογικά Γράμματα, η Ιστορική Παρουσία της Λύρας στην Κρήτη από τον 10<sup>ο</sup> ή τον 12<sup>ο</sup> Αιώνα μέχρι Σήμερα, Καλαϊτζάκης Α.Ε., Ρέθυμνο. σ. 211



Το 1817 ο αυστριακός περιηγητής Sieber κατέγραψε τη συνάντησή του με ένα τυφλό νεαρό λυράρη που έπαιζε τετράχορδη, όπως αναφέρει, λύρα στο Καρύδι Σητείας. Το 1842 ο περιηγητής Χουρμούζης Βυζάντιος βρίσκει λυράρηδες σε κάθε χωριό της Κρήτης, ακόμα και στα στρατόπεδα των επαναστατών, ενώ δεν φαίνεται να γνωρίζει ούτε μια περίπτωση Οθωμανού λυράρη. Σύμφωνα με τον Ρηγινώτη όλες αυτές οι μαρτυρίες συνηγορούν υπέρ της άποψης ότι οι Τούρκοι, ερχόμενοι στην Κρήτη, δεν έφεραν μαζί τους τη λύρα, αλλά τη βρήκαν ήδη εδώ, στα χέρια των χριστιανών, και την υιοθέτησαν περιορισμένα και μόνο λόγω αλληλεπίδρασης με τους ραγιάδες τους ή, το κυριότερο, σε περιπτώσεις που οι ίδιοι ήταν εξισλαμισμένοι χριστιανοί ή απόγονοι εξισλαμισμένων. Αλλιώς θα πρέπει να υποθέσουμε ότι την εγκατέλειψαν στην πορεία αφήνοντάς την στα χέρια των χριστιανών, αφού ελάχιστες περιπτώσεις τουρκοκρητικών λυράρηδων γνωρίζουμε, τόσες όσες και οι περιπτώσεις τουρκοκρητικών βιολατόρων, χορευτών και ριμαδόρων.<sup>7</sup>

Ο Κονδυλάκης (1862 – 1920) αν και καταγόμενος από τη Βιάννο που, κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα ανέπτυξε κυρίως παράδοση στο βιολί, στα έργα του φαίνεται να αγνοεί το βιολί, ενώ αναφέρει μόνο τη λύρα, περιγράφοντας με έμφαση το διονυσιακό γλέντι των Βιαννιτών υπό τους ήχους της λύρας του τυφλού λυράρη Αλεξαντρή. Ο κάπως μεταγενέστερος Καζαντζάκης (1883 – 1957), ηρακλειώτης στην καταγωγή, σε όλα τα κρητικά του μυθιστορήματα αναφέρει επίσης μόνο τη λύρα και τους λυράρηδες, τους οποίους θεωρεί εκφραστές της αγωνίας της σκλαβωμένης Κρήτης και του ονείρου της λευτεριάς.<sup>8</sup>

Τέλος να αναφέρουμε τον οργανοποιό του τέλους του 19<sup>ου</sup> και των αρχών του 20<sup>ου</sup> αιώνα Αμπτούλ Καλημεράκη από τα Χανιά, περίφημο για τα λυράκια του, το όνομα του οποίου προδίδει εμφανώς την καταγωγή του από εξισλαμισμένους χριστιανούς.

---

<sup>7</sup> Ρηγινώτης, Θ., (2004), Κρητολογικά Γράμματα, *η Ιστορική Παρουσία της Λύρας στην Κρήτη από τον 10<sup>ο</sup> ή τον 12<sup>ο</sup> Αιώνα μέχρι Σήμερα*, Καλαϊτζάκης Α.Ε., Ρέθυμνο, σ. 212

<sup>8</sup> Στο ίδιο. σ. 215

### 3.ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΛΥΡΑΣ ΚΑΙ Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ

Αφού εξετάσαμε την ιστορική προέλευση της λύρας τώρα θα περάσουμε στην μελέτη της ανατομίας της. Στο πρώτο μέρος του παρόντος κεφαλαίου θα προχωρήσουμε στη διεξοδική ανάλυση των μερών μιας λύρας ενώ στο δεύτερο θα παραθέσουμε μια συνέντευξη που πήραμε από τον οργανοποιό Μανώλη Σταγάκη, ο οποίος σαν εγγονός του Μανώλη του Σταγάκη του Πρεσβύτερου<sup>9</sup> από τον οποίο κληρονόμησε την τέχνη ή αλλιώς τη μαστοριά κατασκευής μιας λύρας είναι ο πλέον κατάλληλος άνθρωπος για να μας κατατοπίσει επί του θέματος.

#### 3.1.Η ανατομία μιας λύρας

1. **Κεφαλή:** είναι η άνω απόληξη του οργάνου. Αρχικά, και ως τον 19<sup>ο</sup> αιώνα είναι κατά κανόνα επίπεδη με ξύλινα κλειδιά, κάθετα στο επίπεδο της κεφαλής. Στο τέλος του 19<sup>ου</sup> αιώνα ή στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, στην κεφαλή προστίθεται ένα κλειδοθέσιο με επιπλέον ξύλινα κλειδιά, παράλληλα στο επίπεδο του κάτω μέρους της, που στηρίζουν συμπαθητικές χορδές ή χορδές ισοκράτες. Η απόληξη αυτή του κλειδοθεσίου διαμορφώνεται σε σχήμα κοχλία, παρόμοιο με αυτό του βιολιού. Στη συνέχεια με την προσθήκη της γλώσσας καταργούνται τα κλειδιά από το κάτω επίπεδο τμήμα της κεφαλής και καταλήγει στη σημερινή μορφή με μηχανικά κλειδιά μαντολίνου και συνήθη απόληξη κοχλία τύπου βιολιού.
2. **Κλειδιά ή στριφτάλια:** εδώ στερεώνεται η άνω απόληξη των χορδών και με αυτά ρυθμίζεται η τονικότητά τους μέσω της τάσης. Τα κλειδιά αρχικά ήταν ξύλινα και στη συνέχεια μεταλλικά μηχανικά.
3. **Πάνω καβαλάρης:** είναι το μέλος που ορίζει το άνω άκρο του δονούμενου τμήματος της χορδής στη σύγχρονη λύρα της Κρήτης. Στη λύρα της Κρήτης έχει προστεθεί τουλάχιστον από τον 19<sup>ο</sup> αιώνα ένας στύλος ανάμεσα στα δύο κάτω κλειδιά, ο οποίος ορίζει το μήκος της μεσαίας χορδής ίσο με αυτό των υπολοίπων. Αργότερα διαμορφώνεται σε ένα κομμάτι ξύλο ή κόκαλο όπου ακουμπούν και οι τρεις χορδές.
4. **Ο λαιμός:** το τμήμα μεταξύ ηχείου και κεφαλής όπου το όργανο κρατιέται από το χέρι το οποίο ορίζει με το άγγιγμα των νυχιών των δακτύλων το μήκος

---

<sup>9</sup> Ο οποίος σύμφωνα με τον Ρηγινώτη καθόρισε μαζί με τον Ροδινό με τρόπο ουσιαστικό τη μορφή της σύγχρονης λύρας

της δονούμενης χορδής. Αρχικά δεν ξεχωρίζει από το αχλαδόσχημο ηχείο απλά στενεύει σταδιακά προς την κεφαλή. Στη σύγχρονη λύρα της Κρήτης είναι επίμηκες και στενό ξεχωρίζοντας σαφώς από το ηχείο.

5. **Γλώσσα ή γραβάτα:** στα παλαιά όργανα δεν υπάρχει. Αρχίζει να χρησιμοποιείται στον 20<sup>ο</sup> αιώνα και συστηματικά καθιερώνεται στη σύγχρονη λύρα της Κρήτης και παίρνει μορφή αντίστοιχη με αυτή του βιολιού. Η γλώσσα δεν χωρίζεται σε διαστήματα (τάστα για το λόγο αυτό αποφεύγουμε τον όρο ταστιέρα). Το μήκος της παλλόμενης χορδής ορίζεται με το άγγιγμα από το πλάι με το νύχι και όχι με την κλασσική μέθοδο της πίεσης με τη ψίχα των δακτύλων. Για το λόγο αυτό η χορδή απέχει από τη γλώσσα πέντε με επτά χιλιοστά.
6. **Σκάφος:** το πίσω τμήμα, το αντηχείο δηλαδή του οργάνου, το οποίο είναι ενιαίο πάντα με τον λαιμό ονομάζεται σκάφος.
7. **Καπάκι:** το εμπρός τμήμα το οποίο κλείνει το αντηχείο και δημιουργεί το ηχείο του οργάνου.
8. **Στύλος ή γάιδαρος:** είναι ένας κυλινδρικός ξύλινος στύλος που η κάτω απόληξή του στηρίζεται στο εσωτερικό του σκάφους και η άνω στο πέλμα της γέφυρας από την πλευρά της ψιλής χορδής.
9. **Μάτια –οπές:** πρόκειται για τις οπές στο καπάκι του αντηχείου που έχουν κατά κανόνα ημικυκλικό σχήμα.
10. **Κάτω καβαλάρης ή γέφυρα:** πρόκειται για το ξύλο πάνω στο οποίο στηρίζονται οι χορδές. Αυτό στηρίζεται στο καπάκι του αντηχείου και ορΐζει το κάτω άκρο του τμήματος της δονούμενης χορδής. Το ένα πέλμα του από την πλευρά της χοντρής χορδής στηρίζεται στο καπάκι ανάμεσα στα μάτια ενώ το άλλο στην άνω απόληξη του στύλου.
11. **Οι χορδές:** πρόκειται για τις τρεις χορδές, οι οποίες παλαιότερα ήταν εντέρινες σήμερα κατά κανόνα μεταλλικές. Η τονικότητά τους σήμερα για τη σύγχρονη λύρα της Κρήτης είναι Λα (4<sup>ης</sup> οκτάβας), Ρε (4<sup>ης</sup> οκτάβας) και Σολ (3<sup>ης</sup> οκτάβας). Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν και συμπαθητικές χορδές ή ισοκράτες, συνήθως από δύο έως τέσσερις. Το μήκος των ενεργών χορδών στη σύγχρονη λύρα της Κρήτης είναι 28 έως 29 εκατοστά.
12. **Χορδοδέτης ή χτένι:** είναι το τμήμα στο οποίο στηρίζονται οι κάτω απολήξεις των χορδών. Παλαιότερα δεν υπήρχε και οι χορδές στηρίζονταν στην απόληξη του σκάφους με χορδή εντέρινη ή μεταλλική (συνήθως σύρμα).

Καθιερώνεται τον 20<sup>ο</sup> αιώνα και συνήθως δένεται σταθερά στην απόληξη του σκάφους με σύρμα.

13. **Ουρά ή στήριγμα:** είναι η απόληξη του σκάφους όπου στερεώνεται ο χορδοδέτης. Χρησιμοποιείται επίσης από ορισμένους λυράρηδες για να στηρίζεται η λύρα στο γόνατο κατά το παίξιμο. Η θέση αυτή βοηθά στον ιδιότυπο τρόπο εκτέλεσης του οργάνου, όπου για την αλλαγή χορδής δεν μετακινείται μόνο η γωνία του δοξαριού αλλά περιστρέφεται και το ίδιο το όργανο. Σήμερα συνηθίζεται το όργανο να στηρίζεται στον μηρό λίγο πάνω από το γόνατο με την κάτω κυρτή επιφάνεια του σκάφους
14. **Νεύρο ή καμάρι:** πρόκειται για μια επιμήκη ράβδο κατά μήκος τους κεντρικού εσωτερικού τμήματος του καπακιού. Συναντάται τόσο στα επίπεδα όσο και στα κυρτά σκαφτά καπάκια. Είναι τόσο δομικό στοιχείο ενίσχυσης του καπακιού στο τμήμα που εξασκούνται οι μεγαλύτερες τάσεις από τις χορδές, μέσω της γέφυρας όσο και στοιχείο βελτίωσης του εκπεμπόμενου φάσματος ήχου κυρίως στις χαμηλές συχνότητες.

### 3.2. Συνέντευξη του Μανώλη Σταγάκη

**Κ:** Συνομιλούμε με τον κ. Μανώλη Σταγάκη όπου θα κάνουμε μία ομιλία για τις λύρες. Θα ξεκινήσουμε την πρώτη ερώτηση η οποία είναι: *Ποια ξύλα χρησιμοποιείς για τα σκάφη;*

**Σ:** Γειά σας, καλωσήρθατε κ. Κουτελιδάκη στο εργαστήριό μας, μεγάλη μας χαρά και τιμή που σας φιλοξενούμε σήμερα εδώ. Για το σκάφος της λύρας χρησιμοποιούμε: καρυδιά, μουρνια, σφεντάμι ή κελεμπέκι. Το σφεντάμι λέγεται και ασφένταμο. Και υπάρχει και άλλη μια κατηγορία, τα μαουνοειδή ξύλα. Για την καρυδιά χρησιμοποιούμε Αμερικάνικη καρυδιά, ντόπια καρυδιά, αφρικάνικη, αυτά τα είδη καρυδιάς υπάρχουνε. Η μουρνια είναι ντόπιο ξύλο τη βρίσκουμε μόνο στην Κρήτη και στον ελλαδικό χώρο, ενώ τα υπόλοιπα είναι εξωτικά ξύλα που τα βρίσκουμε από διάφορα άλλα μέρη.

**Κ:** όχι εξωτικά.

**Σ:** Τροπικά, εξωτικά ξύλα.

Η καρδιά βγάζει ένα πιο μπάσο ήχο σε σχέση με τον ασφένταμο. Ο ασφένταμος βγάζει λίγο πιο πρίμο ήχο, έχει πολύ έντονες συχνότητες στον πρίμο ήχο. Η καρδιά είναι λίγο πιο μεσαία προς μπάσα στο θέμα ξύλου και ηχητικότητας.

Και τα μαουνοειδή, είναι λίγο προς το μεσαίο ήχο. Αυτό βέβαια εξαρτάται και από το πάθος που θα δώσει ο κατασκευαστής. Δηλαδή, αν το κάνεις πολύ χοντρό το σκάφος, δεν έχει τόσες ταλαντώσεις ώστε να δώσει αυτό το μπάσο, γιατί όσο πιο ελαστικό είναι το σκάφος τόσο πιο μπάσες συχνότητες βγάζει. Όσο πιο αδούλευτο, πιο χοντρό είναι το σκάφος, τόσο ενισχύει τις πρίμες. Όταν δεν έχει ελαστικότητα ενισχύει τις πρίμες συχνότητες.

**Κ:** Θα ήθελα να ρωτήσω για τις διαστάσεις. Τι ακριβώς διαστάσεις έχουμε στα σκάφη;

**Σ:** Το σκάφος της λύρας είναι 28 μάκρος επί 21 το πλάτος του, επί 5 με 5,2 το πάχος, του ηχείου. Αυτές είναι οι διαστάσεις που τις κατοχύρωσε ο παππούς μου, από τις πρώτες του λύρες το 1945. Και αυτές έχουν επικρατήσει μέχρι τώρα. Δηλαδή όλοι οι κατασκευαστές, σε αυτά τα πάχη παίζουν, άντε να παίζουν 1-2 χιλιοστά πάνω- κάτω. Τώρα όποιος θέλει να κάνει κάτι πιο βροντόφωνο σαν όργανο, ή κάποιο πολύ πιο μπάσο όργανο, θα πρέπει να κάνει ένα μεγαλύτερο ηχείο. Δηλαδή εκεί που λέμε 28 μάκρος, μπορεί να το κάνει 29,5-30.

**Κ:** Παραπάνω δεν παίζει όμως?

**Σ:** Παραπάνω μετά μεγαλώνει η κλίμακα, παικτικά. Όταν λέμε η κλίμακα του οργάνου είναι στο 28,3-28,5, άμα κάνεις το σκάφος 29,5-30 η κλίμακα μετά στην ταστιέρα θα πάει γύρω στο 29 με 30. Αλλά ο ένας πόντος παικτικά, το καταλαβαίνεις γιατί αν έχει μία νότα, η σι με την ντο στη λα μία απόσταση 1,3, αν εσύ ανεβάσεις την κλίμακα 1-1,5 πόντο αντί να έχει 1,3 θα έχει 1,6. Αυτό όμως χαλάει τον παίχτη γιατί έχει συνηθίσει τις κλασσικές λύρες.

Όσο πιο μεγάλο είναι το σκάφος τόσο πιο μπάσο είναι το όργανο.

---

**Σ:** η διαφορά στο μπάσο ή πρίμο όργανο είναι στο σκάφος του και αυτό το καταλαβαίνουμε από μία κλασσική λύρα, αυτή του παππού μου, λύρα Σταγάκη που λένε, με ένα λυράκι.

Η κανονική λύρα έχει πιο μπάσο ήχο, ενώ το λυράκι έχει πολύ πιο πρίμο ήχο κι αυτό φταίει στον όγκο του αέρα που περικλείει μέσα το ηχείο. Ότι είναι πολύ μικρότερος ο

όγκος από ότι στην κανονική λύρα. Δηλαδή, μπορεί να είναι και μισή φορά μικρότερος ο όγκος αέρα που περικλείει μέσα του το ηχείο.

**K:** Θα ήθελα να αναφερθούμε στα ξύλα των καπακιών. Τί ξύλα χρησιμοποιούμε και στις διαστάσεις και επέκταση.

**Σ:** Στην κρητική λύρα έχει επικρατήσει το κατράμι. Όπως το λέμε εμείς στην τοπική διάλεκτο. Αυτό είναι κέδρος του λιβάνου ή στα λατινικά center lebanus, έτσι λέγεται. Αυτό είναι ξύλο που το βρίσκουμε σε δοκάρια, κουφώματα, σε παλιά κτίρια της παλιάς πόλης του Ρεθύμνου, των Χανίων, του Ηρακλείου που αυτά τα κτίρια χτίστηκαν επί Ενετοκρατίας. Είναι δηλαδή 300-400 χρόνων ξύλα. Πλέον αυτό το ξύλο έχει σταματήσει η υλοτόμηση του και δεν μπορείς να το αγοράσεις απλά πρέπει να το βρεις μόνο σε χαλάσματα. Και έχει και πολύ διαδικασία στο θέμα κατασκευής του γιατί παίρνεις ένα παλιό ξύλο και το επεξεργάζεσαι πολύ πιο δύσκολα απ'ότι να αγοράζεις ένα καινούριο ξύλο, έτοιμο. Όσο πιο παλιό είναι το ξύλο στα όργανα, είναι ακόμα καλύτερο, πιο σωστό. Δηλαδή, το όργανο, για το σκάφος ειδικά, πρέπει να είναι πάνω από 5 χρόνων κομμένο.

Τα ξύλα για τα μουσικά όργανα πρέπει να κόβονται στη λήγωση. Έτσι ξέρουμε από τους παλιότερους και έτσι ξέρουμε γενικότερα γιατί αν δεν κοπεί στη λήγωση του Γενάρη ή του Αυγούστου, τότε τα ξύλα, για τα δικά μας δεδομένα, της Κρήτης και γενικά της Ελλάδας, δεν είναι σωστά ηχητικά, και σαπίζουν. Ενώ αν κοπούν στη λήγωση του Γενάρη ή του Αυγούστου, τότε μπορούν να αντέξουν πάρα πολύ στο χρόνο. Ένα ξύλο, για να γίνει η κατεργασία του σωστά πάνω σ'ένα μουσικό όργανο, πρέπει να έχει ξεραθεί με φυσικό τρόπο, είναι πολύ σωστότερο από ένα τεχνικό τρόπο – χημικό όπως λέμε, σε ξηραντήρια και πρέπει να είναι πενταετίας και πάνω.

Το καπάκι είναι ο κέδρος του λιβάνου, το ξύλο στο καπάκι πρέπει να είναι σόδενο. Όταν λέμε σόδενο εννοούμε να έχει ίσια νερά, να μην κάνουνε διάφορες ανωμαλίες πάνω στο καπάκι. Πρέπει να είναι ολόγισια.

**K:** Γιατί;

**Σ:** Γιατί συντελεί στον καλύτερο ήχο. Είναι πιο σωστός ο ήχος. Ενώ στο σκάφος δεν ισχύει αυτό. Στο σκάφος δεν το πειράζει να έχει παράξενα νερά. Ενώ στο καπάκι πρέπει να είναι ολόγισια. Τότε θεωρείται ένα καπάκι σωστό σαν ξύλο, και μετά πάλι

όλα είναι υποκειμενικά. Αν δεν το κατασκευάσεις σωστά, όσο καλό ξύλο και να βάλεις δεν θα πετύχει το όργανο.

Οι διαστάσεις στο καπάκι είναι ίδιες σαν το σκάφος απλά αλλάζει το πάχος, που αντί για 5,2 είναι στο 1,4-1,5 πάχος. Δηλαδή οι διαστάσεις στο καπάκι είναι 28\*21\*1,5,1,4-1,5.

Η ταστιέρα της λύρας ή γλώσσα είναι από κατράμι κι αυτή, δηλαδή από μαλακό ξύλο γιατί ένα σωστό όργανο πρέπει να είναι και ελαφρύ σαν όργανο. Δεν μπορεί να είναι βαρύ. Γιατί ένας επαγγελματίας που παίζει κάμποσες ώρες σε γλέντια, πρέπει να έχει ένα ελαφρύ όργανο. Και προσπαθούμε όσο μπορούμε να είναι καλοδουλεμένο το όργανο ώστε να γλιτώσουμε πολύ βάρος και στο θέμα σκάφους και καπάκι αλλά και στη γλώσσα. Γι αυτό και στη γλώσσα βάζουμε κατράμι που είναι πολύ ελαφρύ ξύλο και το επενδύουμε με ένα πλαστικό υλικό διαφόρων χρωμάτων, γιατί η λύρα παίζεται με τα νύχια. Για την προστασία του ξύλου, γι αυτό μπαίνει και για να μην φθείρεται το ξύλο.

**Κ:** *Μια τελευταία ερώτηση τώρα. Ακούμε διάφορους οργανοπαίχτες και λένε, η λύρα αυτή είναι μπάσα, είναι πρίμα ή μεσαία. Όταν λέει στον οργανοποιό φτιάξε μου μια μπάσα ή μια πρίμα λύρα ή μεσαία, τι θα λάβει υπόψη του για να φτιάξει το όργανο αυτό. Ξεκινάω ανάποδα την ερώτηση.*

**Σ:** Όταν κάποιος θέλει να κάνει μία μπάσα λύρα είναι υποκειμενικό. Γιατί ο κατασκευαστής δεν μπορεί να μπει στο μυαλό του κάθε καλλιτέχνη. Δηλαδή, πόσο μπάσα; Δεν μετριέται. Υπάρχει και η βροντόφωνη λύρα. Η βροντόλυρα που λέγαμε παλιά, και ήταν πάρα πολύ μπάσες. Αυτές οι λύρες όμως δεν ήταν σωστές. Βγάζανε βόμβους σε κάποιες συχνότητες. Αυτές ήταν λάθος λύρες. Όταν λέμε εμείς στις σύγχρονες λύρες, ότι πρέπει να κατασκευάσουμε μια μπάσα λύρα, το σκάφος πρέπει να είναι όσο το δυνατό λεπτότερο και να έχει πολύ ελαστικότητα, όπως και το καπάκι να είναι κι αυτό όσο το δυνατό λεπτότερο ώστε να βγάζει αυτές τις μπάσες συχνότητες. Όσο πιο σκληρό είναι το ξύλο και όσο πιο παχύ είναι το ξύλο, έχει παραπάνω πάχος, τόσο αυξάνονται οι πρίμες συχνότητες. Όσο πιο λεπτό είναι το πάχος του σκάφους και του ξύλου, τόσο πιο μπάσο βγαίνει το όργανο. Αυτές οι διαφορές είναι στο θέμα κατασκευής.

## 4. Πειραματικό μέρος ακουστικής ανάλυσης

### 4.1. Θεωρητική εισαγωγή

Στο μέρος αυτό θα αναλύσουμε πως παράγεται ο ήχος στην Κρητική Λύρα με βάση την λειτουργία των διαφόρων υποσυστημάτων και την συνεργασία τους για την παραγωγή του τελικού ηχοχρώματος του ήχου.

### 4.2. Χορδές

Οι χορδές είναι σώματα των οποίων οι διαστάσεις είναι αμελητέες σε σχέση με το μήκος τους. Οι ταλαντώσεις των χορδών είναι εγκάρσιες. Οι χορδές είναι συνήθως στερεωμένες στα δύο άκρα και αποτελούν την πιο απλή περίπτωση ηχητικής πηγής που ταλαντώνεται σε έναν άπειρο αριθμό συχνοτήτων. Οι συχνότητες είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της συχνότητας  $f_0$  που ονομάζεται θεμελιώδης και δίνεται από την σχέση:

$$f_0 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\rho}}$$

Όπου  $L$  είναι το μήκος της χορδής,  $T$  η τάση που είναι τεντωμένη η χορδή και  $\rho$  η γραμμική της πυκνότητα.

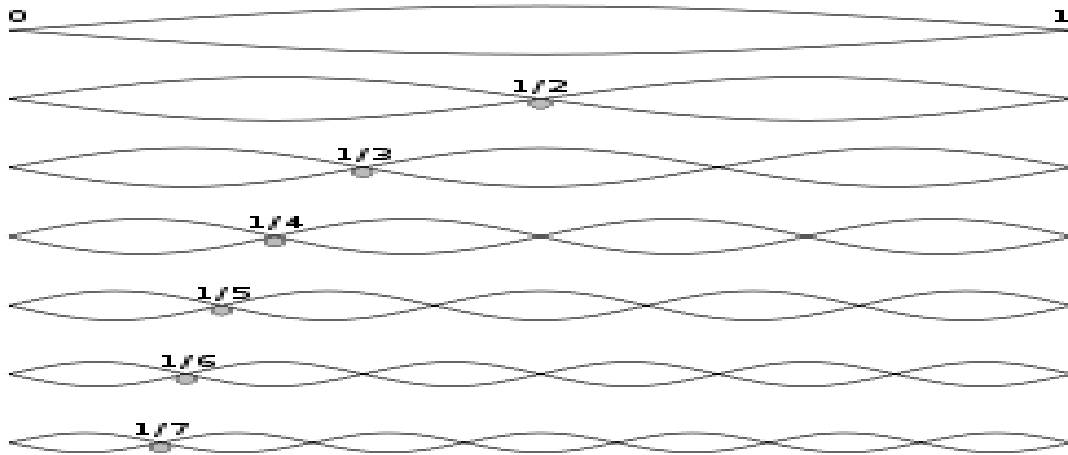
Η εξίσωση κίνησης των χορδών είναι:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = c^2 \frac{d^2 y}{dx^2}, c^2 = \frac{T}{\rho}$$

Όπου  $T$  ή τάση σε  $N$ ,  $\rho$  η γραμμική πυκνότητα της χορδής δηλαδή η μάζα ανά μονάδα μήκος σε  $kg/m$ , και  $L$  το μήκος της χορδής σε  $m$  και  $c$  η ταχύτητα του ήχου. Η γενική λύση της εξίσωσης έχει την μορφή δύο κυμάτων που οδεύουν σε αντίθετες κατευθύνσεις:

$$y(x, t) = ae^{i(\omega t - kx)} + be^{i(\omega t + kx)}$$





Εικόνα 1: Ταλαντώσεις χορδής πακτωμένης σε δυο άκρα

Οι σταθερές A και B προσδιορίζονται από τις αρχικές συνθήκες, ενώ η CD από τις συνοριακές συνθήκες. Η μορφή της γενικής λύσης εξαρτάται από τον τρόπο πάκτωσης της χορδής, την μορφή, την θέση αλλά και τον τρόπο εφαρμογής της τείνουσας δύναμης. Αυτός είναι ο λόγος που η χορδή ενός πιάνου έχει διαφορετικό φάσμα από αυτό της χορδής μιας κιθάρας ή ενός βιολιού έστω και αν έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά και τέμνονται με την ίδια τάση.

Όπως θα αποδειχθεί παρακάτω οι χορδές συντονίζονται στις φυσικές συχνότητες τους. Κατά τον συντονισμό σχηματίζονται στάσιμα κύματα με τρόπο τέτοιο ώστε στα πακτωμένα άκρα να σχηματίζονται δεσμοί στάσιμων κυμάτων, ενώ στα ελεύθερα, κοιλίες. Αν λάβουμε υπόψη ότι η απόσταση δυο διαδοχικών δεσμών είναι  $\lambda/2$  η δε απόσταση δεσμού-κοιλίας  $\lambda/4$ , για να υπάρξει συντονισμός στο μήκος της χορδής ανάλογα με τον τρόπο πάκτωσης της θα πρέπει να είναι είτε πολλαπλάσιο του  $\lambda/2$  είτε περιττό πολλαπλάσιο του  $\lambda/4$ . Συνεπώς η συχνότητα συντονισμού χορδής πακτωμένης στο δύο άκρα της είναι:

$$L = n \frac{\lambda}{2} \rightarrow f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\rho}} \quad n = 1,2,3,4, \dots$$

Η συχνότητες συντονισμού χορδής πακτωμένης στο ένα άκρο είναι:

$$L = \frac{(2n - 1)}{4} \lambda \rightarrow f = \frac{2n - 1}{4L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad n = 1, 2, 3, 4, \dots^{10}$$

### 4.3.Συντονισμός αέρινης κοιλότητας

Ένας συντονισμός από τον οποίο ορίζεται το ηχόχρωμα ενός οργάνου με σκάφος είναι ο συντονισμός της αέρινης κοιλότητας του μουσικού οργάνου, ο συντονισμός αυτός έχει μελετηθεί εκτενέστερα από το Helmholtz (1821-1894) και η συχνότητα αυτή δίνεται από τον τύπο:

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{Vl}}$$

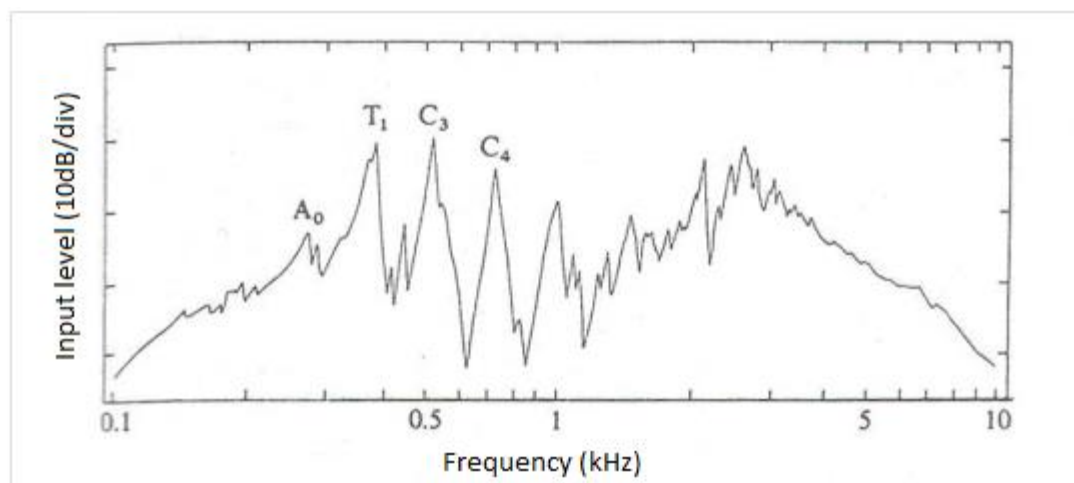
Όπου  $c$  η ταχύτητα του ήχου στον αέρα (m/s),  $V$  ο όγκος του συντονιστή ( $\text{m}^3$ ),  $l$  το μήκος του λαιμού του συντονιστή (m) και  $a$  η επιφάνεια του λαιμού.

---

<sup>10</sup> Σκαρλάτος, Δ., (2008), *Εφαρμοσμένη Ακουστική*, Gotsis, Πάτρα, Γ' έκδοση, σ. 226-228

#### 4.4 Καμπύλες ακουστότητας

Η καμπύλη ακουστότητας δημιουργείται παίζοντας μία χρωματική κλίμακα όσο το δυνατόν πιο δυνατά και καταγράφοντας με ένα ηχόμετρο τη στάθμη ηχητικής πίεσης. Από αυτήν την καμπύλη μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την ποιότητα ενός μουσικού οργάνου. Για παράδειγμα ένα υψηλής ποιότητας βιολί έχει σχετικά ομοιόμορφη καμπύλη χωρίς έντονες διακυμάνσεις (δες παρακάτω σχήμα).

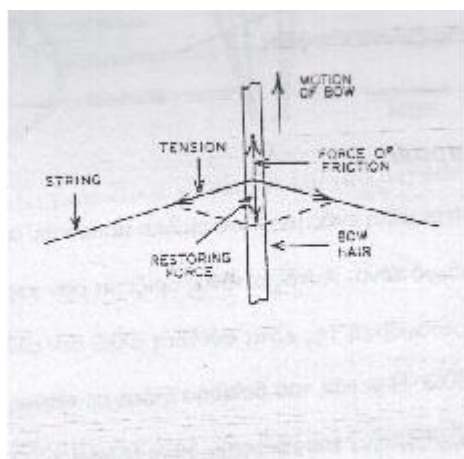


Εικόνα 2: Συχνοτική απόκριση ενός βιολιού,  $A_0$  αέρια ιδιοσυχνότητα,  $T_1$  πρώτη ιδιοσυχνότητα καπακιού,  $C_3$  και  $C_4$  συζευγμένες ιδιοσυχνότητες.

#### 4.5. Η δράση του δοξαριού

Τα έγχορδα όργανα, είναι μέλη μιας μεγάλης ομάδας μουσικών οργάνων που μπορούν να παράγουν σταθερούς συνθέτους τόνους. Ο τόνος αυτός έχει περιοδικότητα, συνθέτη κυματομορφή αλλά το φάσμα δεν αλλάζει σημαντικά από την μια περίοδο στην άλλη. Η χορδή του βιολιού εξαναγκάζεται σε τέτοια ταλάντωση από την τριβή ενός κατάλληλα δομημένου δοξαριού (bow). Ο τρόπος κατασκευής και χρήσης του δοξαριού βελτιώθηκε μετά από χρόνια μελέτης και έρευνας. Το δοξάρι της λύρας κατασκευάζεται τεντώνοντας το ένα άκρο από μια δέσμη από λεπτό πλαστικό ή τρίχες ουράς αλόγου πάνω στον μακρόστενο κυλινδρικό άξονα (stick) ενώ το άλλο κομμάτι της δέσμης στερεώνεται σε μια ξύλινη μετακινούμενη μικρή βάση (frog). Η βάση είναι ενωμένη με τον άξονα με τρόπο κατάλληλο ώστε να μετακινείται μέσω μιας βίδας κατασκευασμένης για αυτόν τον σκοπό (adjusting screw). Βιδώνοντας-ξεβιδώνοντας την βίδα αυτή σημαίνει ότι αυξομειώνουμε την τάση των τριχών. Το δοξάρι τοποθετείται στις χορδές ανάμεσα στην γέφυρα και στο

κάτω μέρος του οργάνου. Το δοξάρι κάθεται πάνω στις χορδές με κάθετη γωνία και κινούμενο πάνω κάτω. Το δοξάρι μετατοπίζει τις χορδές μαζί του εξαιτίας της τριβής, η οποία αυξάνεται μετά την επικάλυψη των τριχών με ρετσίνι. Καθώς η χορδή μετατοπίζεται στο ένα άκρο, εμφανίζεται μια σχετικά απότομη αλλαγή της χορδής στο σημείο που το δοξάρι, δρα. Η τάση στα δύο άκρα της χορδής που φτιάχνουν την καμπύλη έχουν μια γωνία μεταξύ τους, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.



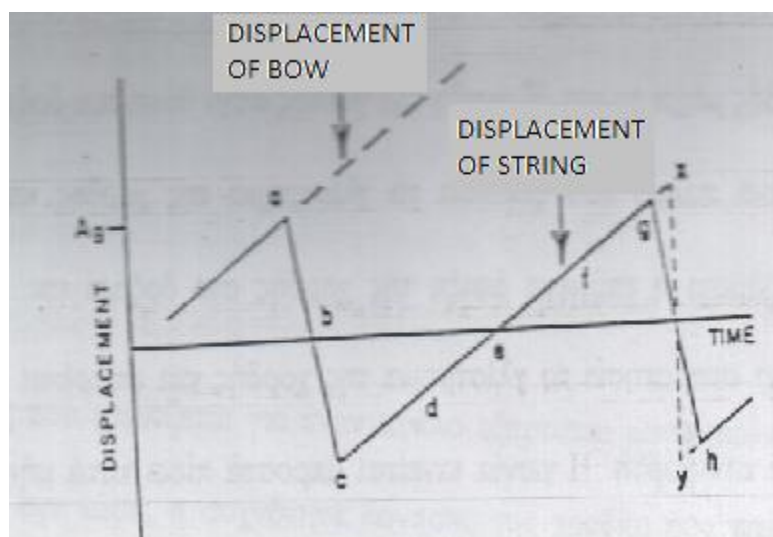
11

Εικόνα 3: Μηχανισμός ταλάντωσης του δοξαριού-χορδής

Οι συνισταμένες δυνάμεις των δύο τάσεων έχουν ως αποτέλεσμα δυνάμεις επαναφοράς που τείνουν να φέρουν την χορδή στην αρχική θέση ηρεμίας. Η δύναμη επαναφοράς είναι ευθέως ανάλογη με την μετατόπιση της χορδής. Αρχικά η τριβή του δοξαριού πάνω στην χορδή έχει μορφή στατικής τριβής και αυξάνει όσο αυξάνει η δύναμη επαναφοράς (αλλά σε αντίθετη διεύθυνση). Αλλά η στατική τριβή έχει ένα όριο μέχρι το οποίο μπορεί να φτάσει, καθώς λοιπόν η χορδή μετατοπίζεται ακόμα πιο πάνω από το δοξάρι, φτάνει σε ένα όριο μετατόπισης στο οποίο η δύναμη επαναφοράς γίνεται μεγαλύτερη από την στατική τριβή πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα, η χορδή να χάσει την τριβή της με το δοξάρι και να περάσει κάτω από το δοξάρι και να κινείται πλέον σε αντίθετη διεύθυνση από την κίνηση του δοξαριού (με κάποια περίσσια τριβή). Έτσι η χορδή επιστρέφει στο σημείο ισορροπίας και καταφέρνει να το περάσει προς την αντίθετη φορά. Σταματάει όταν η μετατόπιση της, παραπάνω από την θέση ισορροπίας είναι περίπου ίση με την αρχική μετατόπιση που είχε προκαλέσει το δοξάρι προς την άλλη διεύθυνση. Το δοξάρι μετά πιάνει ξανά την χορδή και την τραβάει εκτός του σημείου ισορροπίας και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

<sup>11</sup> Παπαδογιάννης, Ν., Μουσική Ακουστική Οργανολογία, Σημειώσεις Θεωρίας, Επιμέλεια: Παπαδογιάννης Ν., σ. 5

Το δοξάρι που κινείται πάνω στις χορδές, θα πρέπει να κινείται όσο πιο ομαλά, αν είναι εφικτό κάτι τέτοιο (εικόνα 4). Έτσι η χορδή ταλαντώνεται, το περισσότερο ποσοστό του χρόνου ενός πλήρους κύκλου, μαζί με το δοξάρι και μετά αποδεσμεύεται ξαφνικά από την επαφή και κινείται σε μια νέα θέση από την άλλη πλευρά, σε σχέση με την θέση ισορροπίας. Αυτή η κίνηση επαναλαμβάνεται περιοδικά.

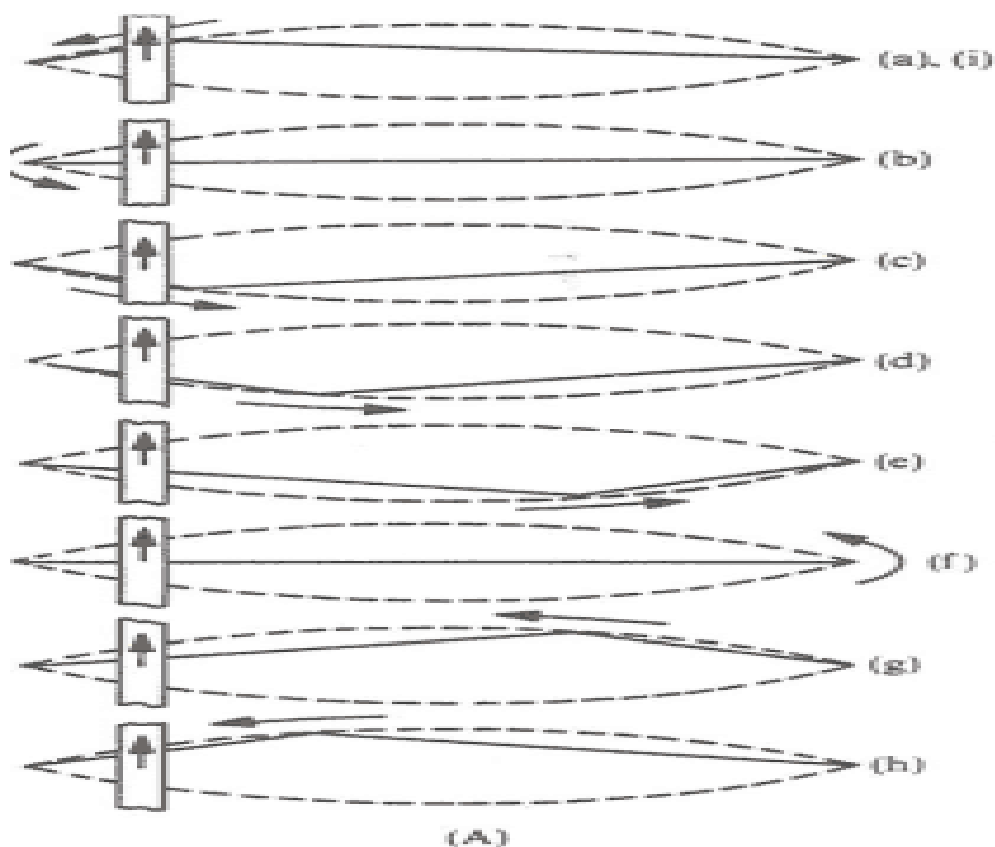


Εικόνα 4: Μηχανισμός ταλάντωσης του δοξαριού-χορδής 2

Οι λεπτομέρειες για την κίνηση τις χορδής που φαίνονται στην εικόνα 5 μπορούν καλύτερα να κατανοηθούν μελετώντας την κίνηση της συνολικής χορδής κατά την διάρκεια ενός κύκλου ταλάντωσης. Η εικόνα 5, δείχνει τις κινήσεις της συνολικής χορδής σε σταθερές χρονικές στιγμές σε ένα κύκλο. Για ευκολία στην παρουσίαση οι μετατοπίσεις φαίνονται πιο μεγάλες. Το δοξάρι κινείται στην κατεύθυνση του βέλους κάθετα στην χορδή την οποία αρχίζει να ταλαντώνει. Στο μάτι η χορδή φαίνεται να ταλαντώνεται πάνω-κάτω ανάμεσα στις διακεκομμένες γραμμές τις εικόνας 5 σαν ένα μικρό μήκος κύματος ενός στάσιμου κύματος. Όμως αν παρατηρήσουμε με στροβοσκοπικό φωτισμό το φαινόμενο διαπιστώνουμε ότι η κίνηση αυτή είναι εικονική. Η κίνηση που πραγματικά υφίσταται είναι ότι η γωνία που δημιουργεί το δοξάρι στην χορδή κινείται εμπρός και πίσω με βάση ταλάντωσης με την θέση ισορροπίας της χορδής. Η εικόνα 5 δείχνει το σχήμα της χορδής την χρονική στιγμή που αρχίζει να χάνεται η επαφή με το δοξάρι και να πηγαίνει κάτω

<sup>12</sup> Παπαδογιάννης, Ν., Μουσική Ακουστική Οργανολογία, Σημειώσεις Θεωρίας, Επιμέλεια: Παπαδογιάννης Ν., σ. 6

από αυτό με την γωνία της χορδής ακριβώς κάτω από την τούτη. Όταν η χορδή γλιστρήσει η γωνία κινείται προς την γέφυρα όπως μας δείχνουν τα βέλη στην εικόνα 5α . Αμέσως μετά, η γωνία φτάνει στην γέφυρα και η χορδή στιγμιαία γίνεται ευθεία εικόνα 5β. Στην εικόνα 5γ η γωνία κινείται μακριά από την θέση ισορροπίας και από την απέναντι πλευρά η διαδικασία συνεχίζεται όπως δείχνουν οι εικόνες 5δ κ 5ε. Είναι πραγματικά σημαντικό να δώσουμε προσοχή στο ότι, η γωνία που έχει δημιουργηθεί στην χορδή από το δοξάρι τρέχει κατά μήκος μέχρι το nut. Η άφιξη την γωνίας στην θέση του δοξαριού στην εικόνα 5α παρέχει έναν παλμό που ξεκινάει το γλίστρημα της χορδής κατά μήκος του δοξαριού. Σχεδόν ίδια και η μετέπειτα άφιξη της χορδής στο δοξάρι 5γ οπου δίνει την κατάλληλη δύναμη για να σταματήσει η κίνηση της χορδής και επιτρέπει στο δοξάρι να ξανατραβήξει ξανά την χορδή. Η γωνία κινείται μπροστά-πίσω κατά το μήκος της χορδής κάνοντας μια πλήρη περιστροφή κατά την διάρκεια μιας περιόδου της δόνησης.



13

Εικόνα 5: Μηχανισμός ταλάντωσης του δοξαριού-χορδής 3

<sup>13</sup> Ελευθερίου Μ., Μουσική Ακουστική Οργανολογία, Σημειώσεις Εργαστηρίου, σ. 9

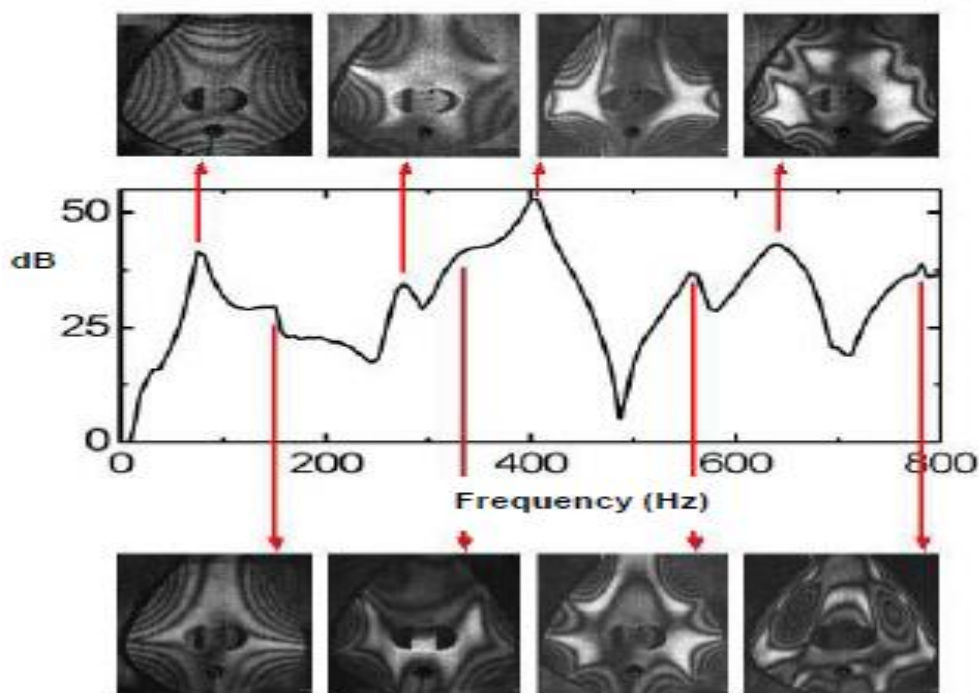
Επίσης, ο χρόνος που χρειάζεται για έναν κύκλο εξαρτάται μόνο από το μήκος της χορδής και από την τάση, η συχνότητα δόνησης της χορδής που παίζεται από το δοξάρι παραμένει σχεδόν η ίδια για μια πληθώρα διαφορετικών συνθηκών παιξίματος με το δοξάρι.

Η δύναμη που ασκείται πάνω στην γέφυρα από την χορδή είναι η συνισταμένη από δύο τάσεις. Η μια τάση προκύπτει εξαιτίας της κίνησης της χορδής και άλλη τάση οφείλεται στο τμήμα της χορδής που συνδέεται με τον χορδοδέτη. Αυτές οι τάσεις περιγράφονται από το  $T_a$  στην εικόνα 5α με μια συνισταμένη  $R$ , όπως φαίνεται στο σχήμα. Η συνισταμένη αυτή δύναμη  $R$ , ασκείται κατά μήκος του σημείου που στηρίζεται η χορδή στο πάνω μέρος της λύρας και κατά την διεύθυνση που δείχνει το διπλό βέλος πάνω στο διάγραμμα. Εάν εξετάσουμε την κίνηση της χορδής στην εικ5 καθώς πηγαίνουμε από το (a) έως το (c), μπορούμε να δούμε ότι από το (a) στο (b) η τάση  $T_a$  της χορδής δείχνει προς την πάνω διακεκομμένη γραμμή από το (b) στο (c) δείχνει προς την κάτω διακεκομμένη και στο (b) αλλάζει πολύ γρήγορα από την πάνω στην κάτω. Όμοια, από το (c) στο (d), (e), (g) και πίσω στο (a), η τάση αλλάζει ομαλά από την κάτω διεύθυνση στην πάνω. Συμπεραίνουμε ότι η συνισταμένη δύναμη προς την διεύθυνση της χορδής έχει πριονική κυματομορφή. Αυτή η κυματομορφή είναι ανεξάρτητη από το πώς ή που παίζουμε με το δοξάρι την χορδή. Αν καταφύγουμε σε μετασχηματισμό Fourier σε αυτή την κυματομορφή θα δούμε ότι έχει όλες τις αρμονικές  $1^n, 2^n, 3^n, 4^n \dots$  με σχετικά πλάτη  $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4} \dots$  έτσι ως πρώτο συμπέρασμα μπορούμε να βγάλουμε ότι η χροιά της χορδής που παίζεται με δοξάρι είναι ανεξάρτητη με το σημείο που παίζουμε.

Όμως, κάθε πεπειραμένος οργανοπαίχτης γνωρίζει ότι υπάρχει μια χρήσιμη περιοχή τονικών χαρακτηριστικών η οποία μπορεί να επιτευχθεί αλλάζοντας την θέση του δοξαριού πάνω στην χορδή, καθώς και την δύναμη που ασκείται στο δοξάρι για να εκτελέσει την κίνηση του. Αυτή η τελευταία πίεση ονομάζεται «πίεση δοξαριού», πράγμα λάθος σαν ορολογία γιατί στην πραγματικότητα είναι δύναμη και η δύναμη αυτή πρέπει να έχει μια ελάχιστη τιμή, αλλιώς το δοξάρι θα γλιστρά κατά μήκος της χορδής χωρίς να παράγει την βασική δόνηση της. Έχει επίσης και μια μέγιστη τιμή πάνω από την οποία το δοξάρι δεν έχει την δυνατότητα να γλιστρήσει ομαλά και έτσι δονείται με ακανόνιστο τρόπο. Ο λόγος ελάχιστης προς μέγιστης δύναμης είναι περίπου 10:1.

Το γεγονός ότι διαφορετικές χροιές μπορούν να δημιουργηθούν από διαφορετικές θέσης δοξαριού σημαίνει ότι η πριονωτή μας κυματομορφή δεν είναι απόλυτη. Οι πρώτες αρμονικές θα παραμένουν ίδιες, αλλά οι ψηλότερες θα επηρεάζονται σημαντικά από την θέση του δοξαριού. Όταν το δοξάρι εφαρμόζεται κοντά στην ταστιέρα, μπλοκάρουμε κάποιες ψηλές αρμονικές και ο ήχος γίνεται πιο «γλυκός» και «μαλακός» (*sul tasto*). Ενώ αντίθετα, όσο πάμε πιο κοντά στην γέφυρα, οι ψηλές αρμονικές αυξάνονται με αποτέλεσμα η λύρα να ακούγεται πιο «φωτεινή». Όταν πας δίπλα ακριβώς από την γέφυρα να διεγείρεις (*sul ponticello*), έρευνες έδειξαν ότι η χορδή παύει να κινείται ομαλά και αυτό καταλήγει σε ασθενή και υπερβολικά ασυνήθιστο τόνο. Είναι αδύνατο σε τούτο το σημείο να εφαρμόσουμε πιο πολύ δύναμη για να ακουστεί καθαρά ο τόπος

#### 4.6 Τρόποι εκπομπής ήχου από το καπάκι της λύρας (modal modes)



14

Εικόνα 6: Τρόποι εκπομπής ήχου από καπάκι της λύρας μέσω συμβολομετρικών μεθόδων (*Electronic Speckle Pattern Interferometry*)

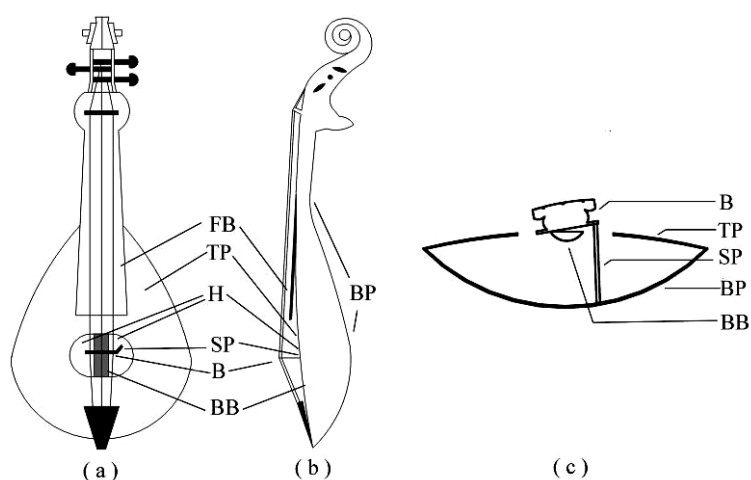
Το καπάκι της κρητικής λύρας δονείται με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με την συχνότητα συντονισμού του(modal modes). Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για να αποτυπώσουμε εικονικά αυτούς τους συντονισμούς, ένας από αυτούς τους τρόπους



και μάλιστα από τους πιο συγχρόνους, είναι η μέθοδος του ESPI (Electronic Speckle<sup>14</sup> Pattern Interferometry). Σε αυτή την μέθοδο με μια γεννήτρια καθαρού τόνου, που παράγει κυματομορφή ημιτόνου, ακτινοβολούμε ηχητικά το καπάκι. Στην συνέχεια, μέσω της τεχνικής αυτής, στην οθόνη του κατάλληλου μηχανήματος αποτυπώνετε το καπάκι με τον εκάστοτε συντονισμό, αν υπάρχει. Έπειτα, ρυθμίζοντας την γεννήτρια να παράγει και άλλες συχνότητες βρέθηκαν όλοι οι βασικοί συντονισμοί και αποτυπώθηκαν σε εικόνες μαζί με κατάλληλο διάγραμμα(σ. 24)

#### 4.7.Ο τρόπος παραγωγής του ήχου στην Κρητική Λύρα

Εικόνα 7: Κρητική λύρα, (a) Πρόσωση, (b) κατατομή, (c) τομή στο κέντρο, με την ταστιέρα (FB), το καπάκι (TP), την πλάτη (BP), τις οπές (H), την γέφυρα (B), τον στύλο (SP) και την μπάρα (BB).<sup>15</sup>



Η κρητική λύρα είναι τοξωτό μουσικό όργανο που συγκαταλέγεται στην οικογένεια των εγχόρδων παραδοσιακών οργάνων. Για την παραγωγή ήχου στην κρητική λύρα τοποθετούμε το δοξάρι επί των χορδών. Η σωστή θέση τομής του δοξαριού είναι στο τελείωμα της γλώσσας ή γραβάτας. Κατόπιν σύρουμε το δοξάρι ασκώντας πάντοτε την ανάλογη πίεση ώστε να αποφύγουμε την παραμόρφωση του ήχου. Σέρνοντας το δοξάρι, ουσιαστικά προκαλούμε ταλάντωση στις χορδές, οι οποίες με τη σειρά τους μεταδίδουν την κίνηση στον καβαλάρη. Ο καβαλάρης, λοιπόν, αρχίζει να ταλαντώνεται μεταφέροντας δονήσεις στο καπάκι της

<sup>14</sup>Vibration analysis of the top plates of traditional Greek string musical instruments σελ.6

<sup>15</sup>Χαρτοφύλακας, Λ., Σύνδεση των ακουστικών χαρακτηριστικών της δομής της Κρητικής λύρας με την ποιότητα του εκπεμπόμενου ήχου, Διπλωματική Εργασία, σ. 2

λύρας. Το σημείο του καπακιού κάτω από τον καβαλάρη, επειδή ακριβώς δέχεται τις μεγαλύτερες δυνάμεις ενισχύεται σε πάχος από τον κατασκευαστή. Μάλιστα, το συγκεκριμένο σημείο του καπακιού εξαιτίας αυτής του της διαφοροποίησης είθισται να ονομάζεται νεύρο ή καμάρι ή bass-bar. Το καπάκι με τη σειρά του μεταφέρει τις δονήσεις στο σκάφος δια μέσου του στύλου. Το άθροισμα όλων των παραγόμενων δονήσεων και ο συντονισμός αυτών με τον αέρα εντός της κοιλότητας του σκάφους παράγει το τελικό ηχητικό αποτέλεσμα.

#### **4.8.Πρακτικό μέρος**

Στο πειραματικό μέρος αυτής της διπλωματικής εργασίας εξετάστηκαν εξονυχιστικά 5 κρητικές λύρες με διαφορετικά χαρακτηριστικά η κάθε μια, τα χαρακτηριστικά αυτά ήταν το ξύλο που χρησιμοποιήθηκε για τις κατασκευές αυτής, ο όγκος της κοιλότητας του ηχείου, το βάθος του ηχείου, το μήκος του καπακιού, το πλάτος του καπακιού, το ύψος μεταξύ καπακιού και bass-bar, το ύψος των οπών από τον χορδοδέτη και το ενεργό μήκος των χορδών (μήκος από τον πάνω έως τον κάτω καβαλάρη). Οι λύρες ηχογραφήθηκαν μέσω σύγχρονου και ποιοτικού εξοπλισμού ηχογράφησης στα studio του Τ.Ε.Ι. Κρήτης.

#### **4.9.Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την διαδικασία**

- Πυκνωτικό, καρδιοειδές μικρόφωνο μεγάλου διαφράγματος. Neumann u89i
- Studio Κονσόλα Audient
- Ακουστικά κλειστού τύπου για επικοινωνία με τον μουσικό
- Απαραίτητα καλώδια
- Βάση μικροφώνου
- 5 λύρες με τα δοξάρια τους
- Λογισμικό φασματικής ανάλυσης PRAAT για την μελέτη των λυρών στον ηλεκτρονικό υπολογιστή
- Ριζόχαρτο για την σχεδίαση των οπών
- Μιλιμετρέ χαρτί για την απεικόνιση των οπών και την εύρεση του εμβαδού των οπών

- Digital Audio Workstation Audacity για την επεξεργασία του ηχογραφημένου υλικού μας
- Παχύμετρο
- Ζυγαριά και ρύζι

Το μικρόφωνο τοποθετήθηκε έτσι ώστε η on-axis διεύθυνση του να κοιτάζει τον κάτω καβαλάρη και να έχει απόσταση από αυτόν 30cm ακριβώς. Φροντίσαμε να ακολουθήσουμε πιστά ίδιες συνθήκες για όλες τις λύρες, ίδια παροχή προενίσχυσης στο μικρόφωνο, ακριβώς ίδια θέση στο χώρο, ίδια ακριβώς απόσταση, κούρδισμα και ακρίβεια στο παίξιμο.



*Εικόνα 7: Πειραματική διαδικασία ηχογράφησης*

Παίχτηκαν όλες οι «δυτικές» νότες που μπορεί να εκτελέσει η κρητική λύρα στο παραδοσιακό της κούρδισμα. Η νότες αυτές άρχιζαν από την Σολ3/G3 και έφταναν μέχρι την Μι5/E5 και το «βήμα» μας ήταν αποστάσεις ημιτονίου.

Νότες	Συχνότητα(Hz)
G3	196

G#3	207.7
A3	220
A#3	233.1
B3	246.9
C4	261.6
C#4	277.2
D4	293.7
D#4	311.1
E4	329.6
F4	349.2
F#4	370
G4	392
G#4	415.3
A4	440
A#4	466.2
B4	493.9
C5	523.3
C#5	554.4
D5	587.3
D#5	622.3
E5	659.3

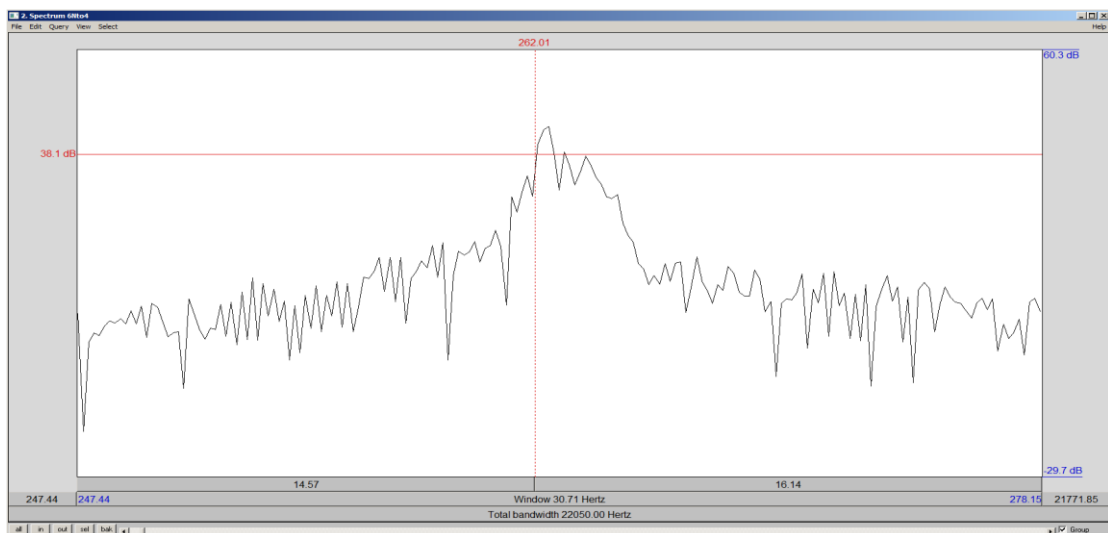
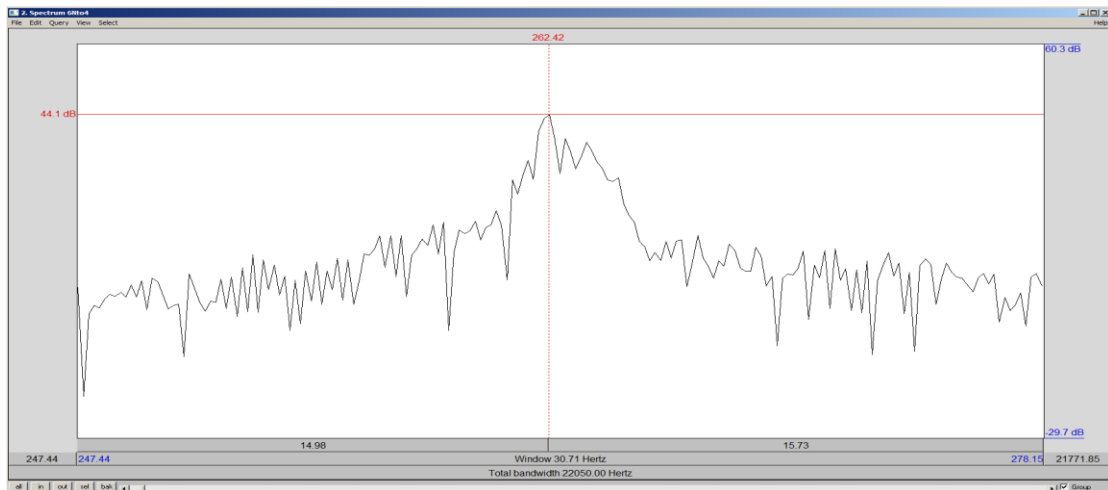
*Πίνακας 1: Νότες που παίχτηκαν από τις λύρες*

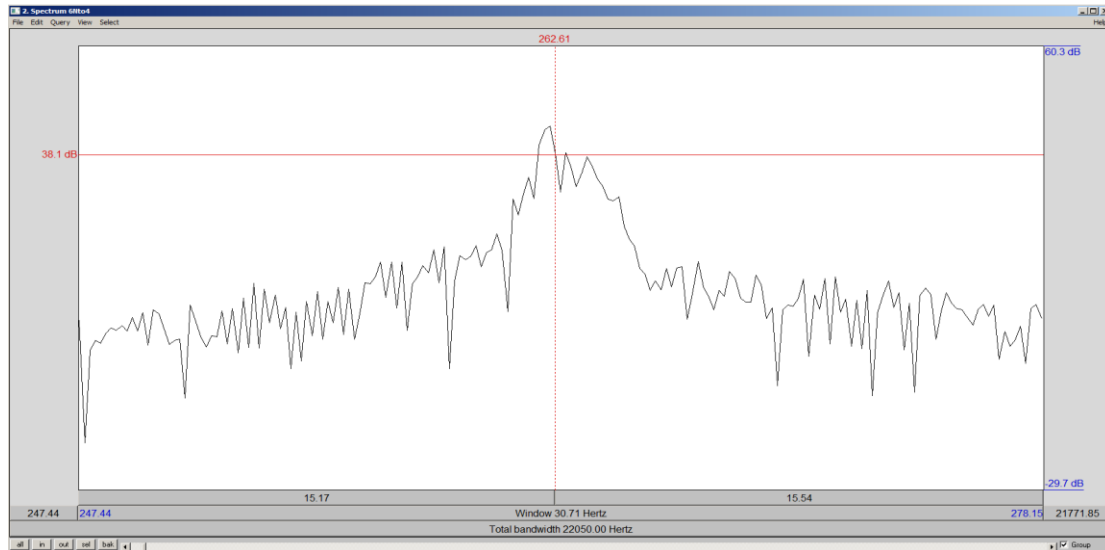
Οι δύο από αυτές τις λύρες θεωρούνται μεγάλες σε όγκο ενώ οι υπόλοιπες τρεις μικρές. Μέσα από αυτές τις ηχογραφήσεις πήραμε την κάθε λύρα με όλες τις νότες της. Στην συνέχεια πήραμε την κάθε ηχογράφιση λύρας ξεχωριστά σε ηλεκτρονική μορφή, αφού το σήμα ψηφιοποιήθηκε στον ηλεκτρονικό υπολογιστή του studio με ψηφιοποιητές υψηλής ποιότητας, και κρατήσαμε από την κάθε νότα κάθε λύρας, 4 περιόδους σε διαφορετικό ηχητικό αρχείο την κάθε νότα της κάθε λύρας. Αυτά τα αρχεία μπήκαν σε κατάλληλο λογισμικό ηχητικής ανάλυσης, το PRAAT. Εκεί μετά από φασματική ανάλυση, πήραμε τα φάσματα της κάθε νότας, της κάθε λύρας και μέσα από αυτά υπολογίσαμε τον παράγοντα ποιότητας για κάποιες από τις αρμονικές, από κάποιες νότες, κάθε λύρας. Επιλέξαμε τις νότες C4(261.63Hz), E4(329.63Hz), C5(523.25Hz) και τον 1ο, 4ο και 9ο αρμονικό από κάθε λύρα. Έτσι

έχουμε ένα εύρος συντονισμών που ενδιαφέρουν την κρητική λύρα από περίπου 150Hz έως περίπου 5000Hz που υπολογίσαμε τους Q factor/παράγοντες ποιότητας.

Για να υπολογίσουμε τους παράγοντες ποιότητας καταφύγαμε στην εξής διαδικασία.

- 1) Πήραμε το σήμα/αρχείο και το βάλουμε στο PRAAT
- 2) Κάναμε ανάλυση φάσματος μέσω της λειτουργίας Spectrum
- 3) Ανοίξαμε να μελετήσουμε την ανάλυση που μας έκανε το λογισμικό μας
- 4) Μεγεθύνουμε στο σημείο που θέλαμε να εστιάσουμε
- 5) Πήραμε τις συχνότητες που μας ενδιαφέρουν από τον συντονισμό, για να βρεθεί ο παράγοντας ποιότητας χρειαζόμαστε την κεντρική συχνότητα του συντονισμού και τις δυο πλαϊνές στις οποίες η ακουστική πίεση πέφτει κατά 6db





6) Από τον τύπο του παράγοντα ποιότητας υπολογίσαμε τους παράγοντες μας

$$Q = \frac{f_0}{|f_1 - f_2|}$$

Οπού  $f_0$  η κεντρική συχνότητα του συντονισμού και οπού  $f_1$  και  $f_2$  οι δύο πλαϊνές συχνότητες στις οποίες η ακουστική πίεση του συντονισμού έχει μειωθεί κατά 6dB

Αφού τελειώσαμε την διαδικασία στους αρμονικούς και στις νότες που μας ενδιέφεραν παραθέσαμε τα αποτελέσματα σε πίνακα.

Αρμονικός και νότα	Q factor(παράγοντας ποιότητας)
G3 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (196Hz)	309.22
C4 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (261.6Hz)	444.78
E4 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (329.6Hz)	124.232
G#4 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (415.3Hz)	159.44
C5 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (523.3Hz)	793.788
E5 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (659.2Hz)	387.12
G3 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (784Hz)	397.7
C4 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (1046.4Hz)	516.926
E4 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (1318.4Hz)	102.56
G#4 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (1661.2Hz)	207.55
G3 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (1764Hz)	438.15

C5 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (2093.2Hz)	1235.97
C4 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (2354.4Hz)	737.978
E5 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (2636.8Hz)	293.57
E4 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (2966.4Hz)	1241.18
G#4 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (3737.7Hz)	224.1
C5 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (4709.7Hz)	1301.4
E5 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (5932.8Hz)	286.5

Πινάκας 2: Παράγοντες ποιότητας για την λύρα 1

Αρμονικός και νότα	Q factor(παράγοντας ποιότητας)
G3 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (196Hz)	278.27
C4 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (261.6Hz)	140.234
E4 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (329.6Hz)	331.9697
G#4 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (415.3Hz)	664.74
C5 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (523.3Hz)	243.153
E5 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (659.2Hz)	206.88
G3 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (784Hz)	795.469
C4 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (1046.4Hz)	529.4322
E4 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (1318.4Hz)	1018.649
G#4 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (1661.2Hz)	827.81
G3 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (1764Hz)	779.20
C5 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (2093.2Hz)	178.85
C4 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (2354.4Hz)	145.428
E5 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (2636.8Hz)	223.19
E4 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (2966.4Hz)	719.3723
G#4 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (3737.7Hz)	948.69
C5 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (4709.7Hz)	212.19
E5 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (5932.8Hz)	187.77

Πινάκας 3: Παράγοντες ποιότητας για την λύρα 2

Αρμονικός και νότα	Q factor(παράγοντας ποιότητας)
G3 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (196Hz)	251,35
C4 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (261.6Hz)	321.667

E4 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (329.6Hz)	338.416
G#4 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (415.3Hz)	298,69
C5 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (523.3Hz)	372.2
E5 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (659.2Hz)	375,20
G3 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (784Hz)	965,81
C4 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (1046.4Hz)	498.041
E4 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (1318.4Hz)	1506.19
G#4 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (1661.2Hz)	1341,68
G3 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (1764Hz)	1011,69
C5 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (2093.2Hz)	805.421
C4 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (2354.4Hz)	996.752
E5 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (2636.8Hz)	980,07
E4 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (2966.4Hz)	1987.77
G#4 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (3737.7Hz)	1571,70
C5 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (4709.7Hz)	1533.15
E5 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (5932.8Hz)	1024,27

Πινάκας 4: Παράγοντες ποιότητας για την λύρα 3

<b>Αρμονικός και νότα</b>	<b>Q factor(παράγοντας ποιότητας)</b>
G3 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (196Hz)	299.03
C4 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (261.6Hz)	299.038
E4 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (329.6Hz)	138.964
G#4 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (415.3Hz)	362.74
C5 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (523.3Hz)	310.006
E5 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (659.2Hz)	640.37
G3 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (784Hz)	422.36
C4 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (1046.4Hz)	1196.05
E4 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (1318.4Hz)	305.573
G#4 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (1661.2Hz)	356,04
G3 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (1764Hz)	636.24
C5 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (2093.2Hz)	686.696
C4 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (2354.4Hz)	1532.82
E5 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (2636.8Hz)	722.43



E4 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (2966.4Hz)	715.92
G#4 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (3737.7Hz)	678.69
C5 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (4709.7Hz)	1761.88
E5 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (5932.8Hz)	633.22

*Πινάκας 5: Παράγοντες ποιότητας για την λύρα 4*

<b>Αρμονικός και νότα</b>	<b>Q factor(παράγοντας ποιότητας)</b>
G3 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (196Hz)	323.09
C4 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (261.6Hz)	530.933
E4 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (329.6Hz)	602.22
G#4 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (415.3Hz)	505.54
C5 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (523.3Hz)	738.123
E5 1 <sup>ος</sup> αρμονικός (659.2Hz)	520,42
G3 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (784Hz)	547.24
C4 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (1046.4Hz)	464.155
E4 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (1318.4Hz)	802.76
G#4 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (1661.2Hz)	567.63
G3 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (1764Hz)	520.42
C5 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (2093.2Hz)	433.986
C4 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (2354.4Hz)	1050.76
E5 4 <sup>ος</sup> αρμονικός (2636.8Hz)	722.31
E4 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (2966.4Hz)	790.038
G#4 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (3737.7Hz)	548.67
C5 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (4709.7Hz)	546.506
E5 9 <sup>ος</sup> αρμονικός (5932.8Hz)	415.66

*Πινάκας 6: Παράγοντες ποιότητας για την λύρα 5*

Στην συνέχεια μπήκαμε στην διαδικασία να βρούμε τα χαρακτηριστικά της κάθε λύρας, τα χαρακτηριστικά αυτά ήταν το ξύλο που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή της, ο όγκος της κοιλότητας του ηχείου, το βάθος του ηχείου, το μήκος του καπακιού, το πλάτος του καπακιού, το ύψος μεταξύ καπακιού και bass-bar, το ύψος των οπών από τον χορδοδέτη, το ενεργό μήκος των χορδών (μήκος από τον

πάνω έως τον κάτω καβαλάρη) και το εμβαδό των οπών. Για την παλαιότητα των λυρών ενημερωθήκαμε από τον κατασκευαστή, για τη διαπίστωση του όγκου τους, αρχικά, ζυγίσαμε τις λύρες και στη συνέχεια αφού γεμίσαμε το σκάφος τους με ρύζι τις ζυγίσαμε εκ νέου. Από την διαφορά τους προέκυψε ο όγκος των λυρών. Για τον υπολογισμό του εμβαδού των οπών, χρησιμοποιήσαμε Μίλιμετρέ χαρτί και όλα τα άλλα χαρακτηριστικά μετρήθηκαν με το παχύμετρο.

<b>Χαρακτηριστικό</b>	<b>Τιμή</b>
Μέγεθος λύρας	Μεγάλη
Εύλα σκάφους	Μαύρη Μουρνιά
Εύλα καπάκι	Κατράμι
Βάθος ηχείου	52mm
Μήκος καπακιού	293mm
Πλάτος καπακιού	218mm
Ενεργή απόσταση χορδής	283mm
Όγκος	955gr
Ύψος οπών-χορδοδέτη	102mm
Ύψος καπακιού-bass line	11.52mm
Εμβαδό οπών	2290mm <sup>2</sup>

*Πινάκας 7: Χαρακτηριστικά για την λύρα 1*

<b>Χαρακτηριστικό</b>	<b>Τιμή</b>
Μέγεθος λύρας	Μεγάλη
Εύλα σκάφους	Μαύρη Μουρνιά
Εύλα καπάκι	Κατράμι
Βάθος ηχείου	48mm
Μήκος καπακιού	288mm
Πλάτος καπακιού	207mm
Ενεργή απόσταση χορδής	283mm
Όγκος	870gr
Ύψος οπών-χορδοδέτη	108mm
Ύψος καπακιού-bass line	10,8mm
Εμβαδό οπών	1452mm <sup>2</sup>

*Πινάκας 8: Χαρακτηριστικά για την λύρα 2*

<b>Χαρακτηριστικό</b>	<b>Τιμή</b>
Μέγεθος λύρας	Μικρή
Ξύλα σκάφους	Αμερικανική Καρυδιά
Ξύλα καπάκι	Κατράμι
Βάθος ηχείου	54mm
Μήκος καπακιού	280mm
Πλάτος καπακιού	210mm
Ενεργή απόσταση χορδής	283mm
Όγκος	990gr
Ύψος οπών-χορδοδέτη	112mm
Ύψος καπακιού-bass line	13.05mm
Εμβαδό οπών	1521mm <sup>2</sup>

*Πινάκας 9: Χαρακτηριστικά για την λύρα 3*

<b>Χαρακτηριστικό</b>	<b>Τιμή</b>
Μέγεθος λύρας	Μικρή
Ξύλα σκάφους	Αμερικανική Καρυδιά
Ξύλα καπάκι	Κατράμι
Βάθος ηχείου	55mm
Μήκος καπακιού	280mm
Πλάτος καπακιού	210mm
Ενεργή απόσταση χορδής	283mm
Όγκος	1010gr
Ύψος οπών-χορδοδέτη	112mm
Ύψος καπακιού-bass line	13.05mm
Εμβαδό οπών	1521mm <sup>2</sup>

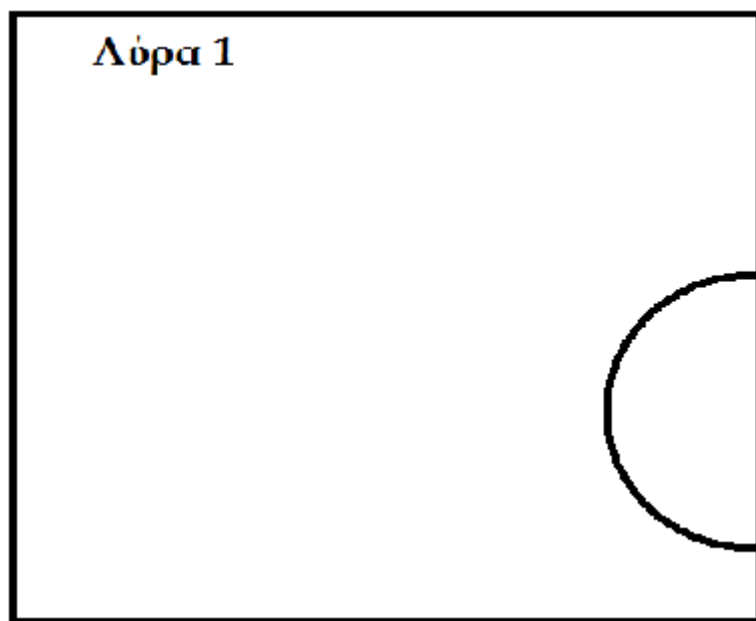
*Πινάκας 10: Χαρακτηριστικά για την λύρα 4*

<b>Χαρακτηριστικό</b>	<b>Τιμή</b>
Μέγεθος λύρας	Μικρή
Ξύλα σκάφους	Αφρικάνικη Καρυδιά
Ξύλα καπάκι	Κατράμι
Βάθος ηχείου	45mm

Μήκος καπακιού	278mm
Πλάτος καπακιού	207mm
Ενεργή απόσταση χορδής	283mm
Όγκος	760gr
Ύψος οπών-χορδοδέτη	105mm
Ύψος καπακιού-bass line	13.05mm
Εμβαδό οπών	1886mm <sup>2</sup>

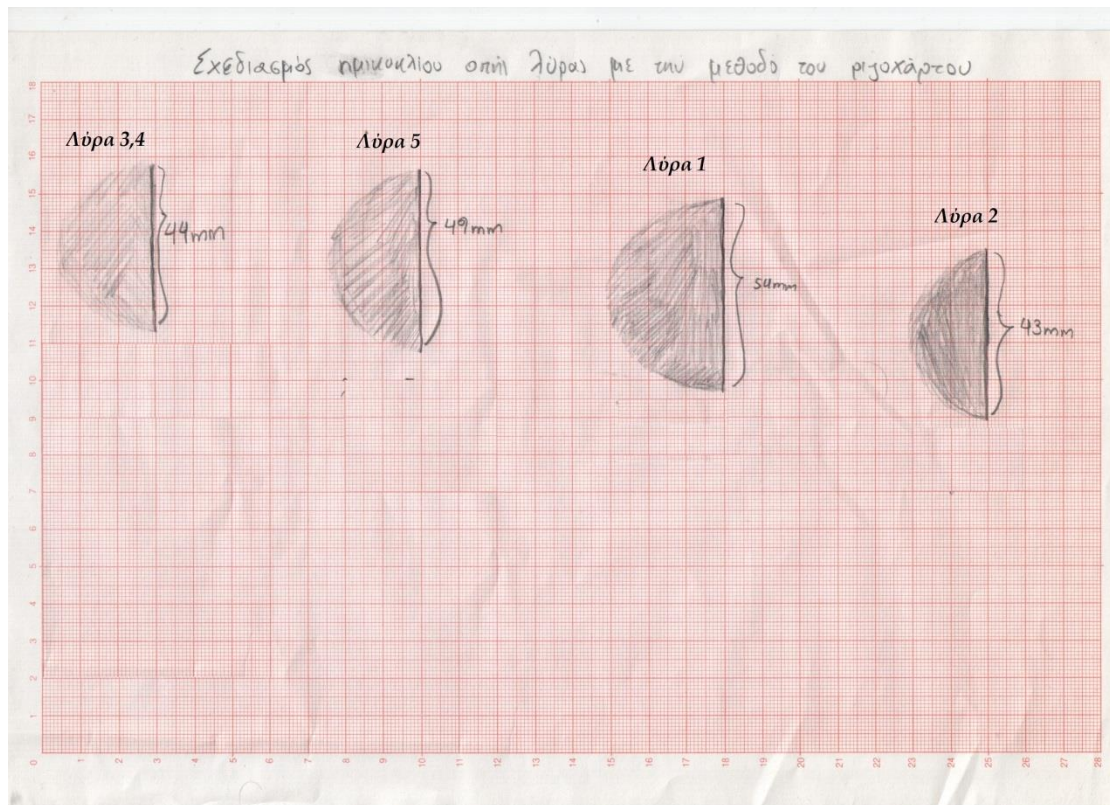
Πινάκας 11: Χαρακτηριστικά για την λύρα 5

Για να βρούμε το εμβαδό των οπών των λυρών καταφύγαμε στην εξής διαδικασία, πήραμε ριζόχαρτο και το βάλουμε πάνω από την μισή οπή και χαράξαμε με μολύβι την μισή αυτή οπή. Καταλήξαμε με ένα χαρτάκι για την κάθε λύρα που είχε την παρακάτω μορφή.



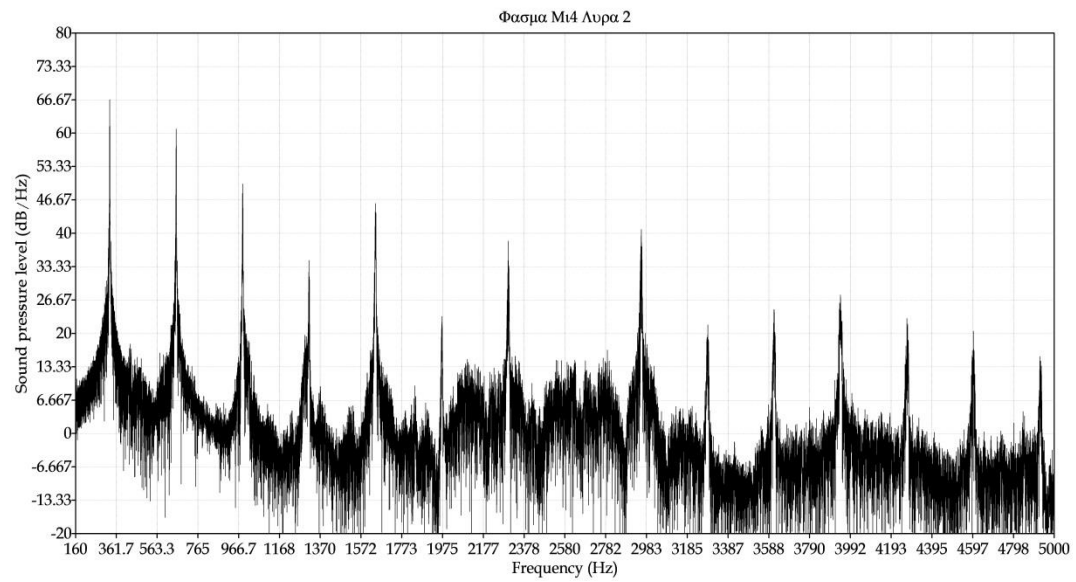
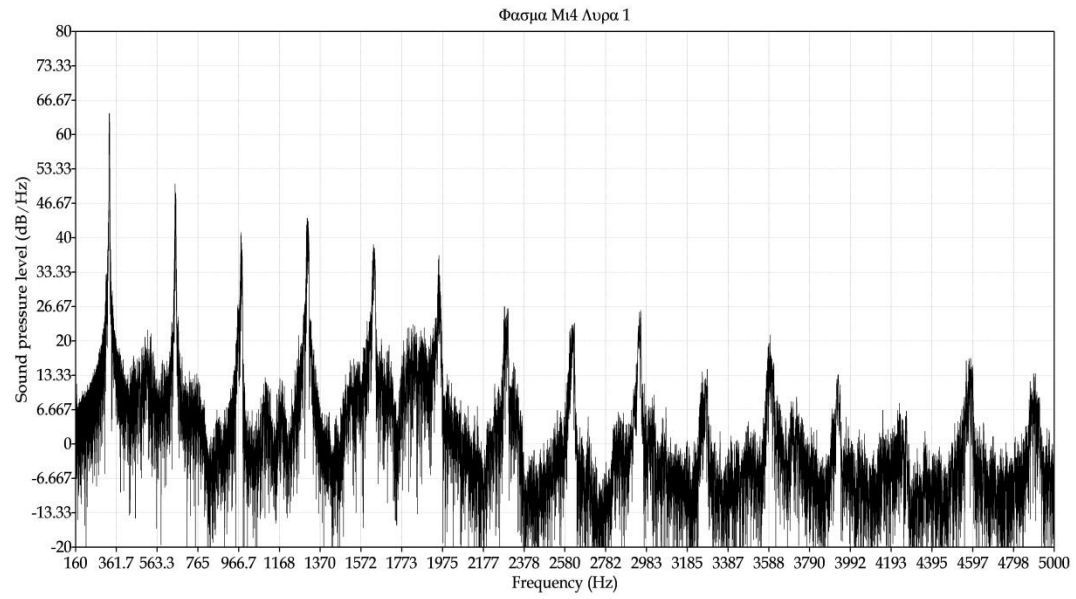
Εικόνα 9: Μέθοδος χάραξης της οπής

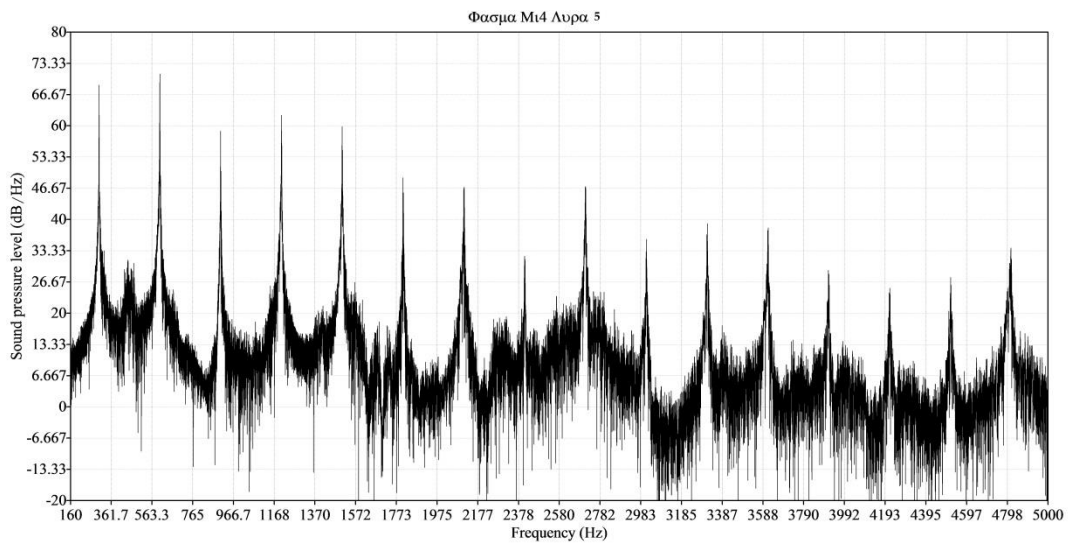
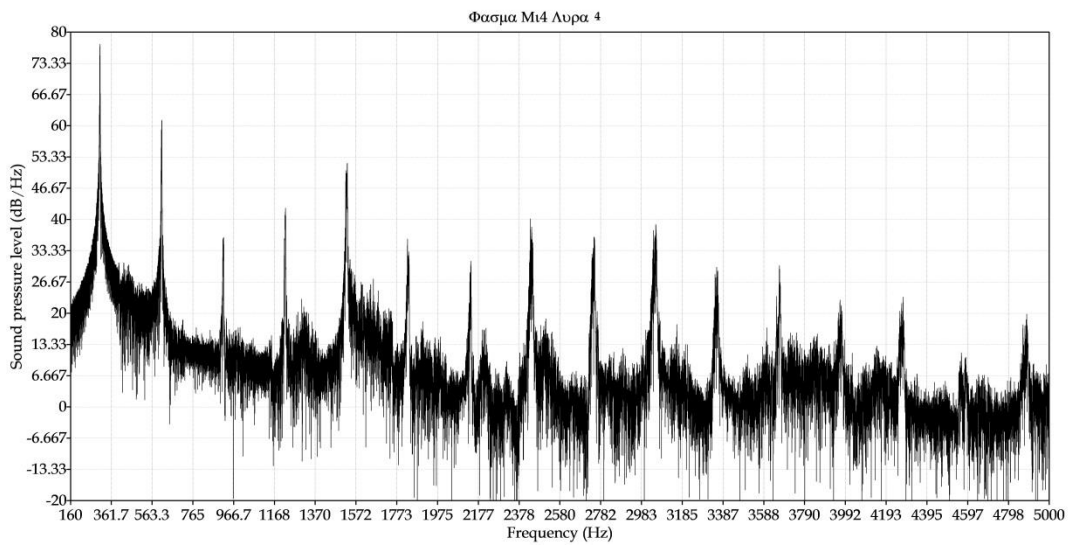
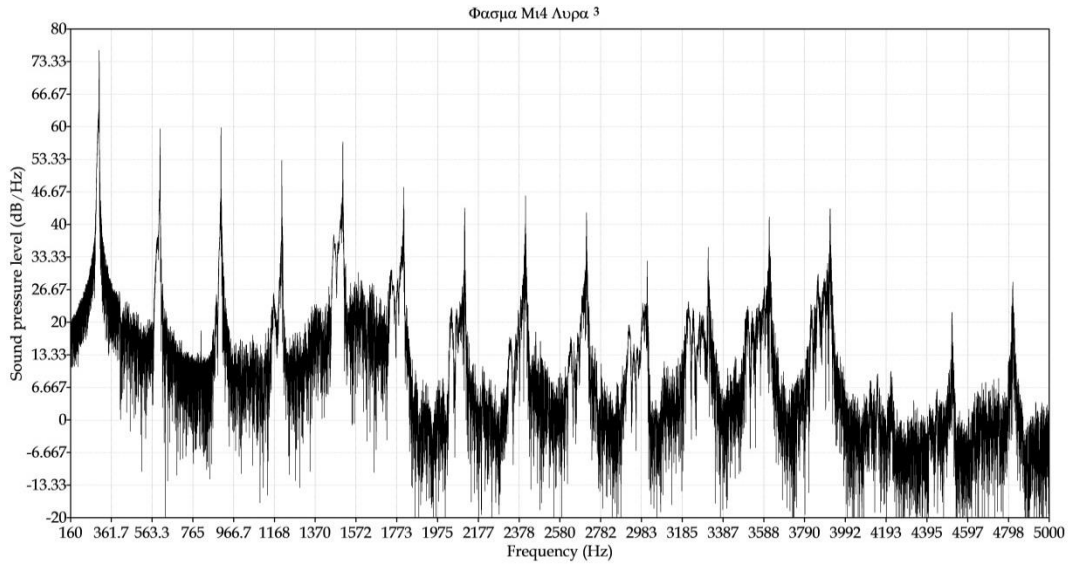
Κόψαμε την διάμετρο του ημικυκλίου και τοποθετήσαμε το χαρτάκι αυτό πάνω από Μίλιμετρέ χαρτί, το αποτέλεσμα που ακολούθησε επισυνάπτεται παρακάτω:



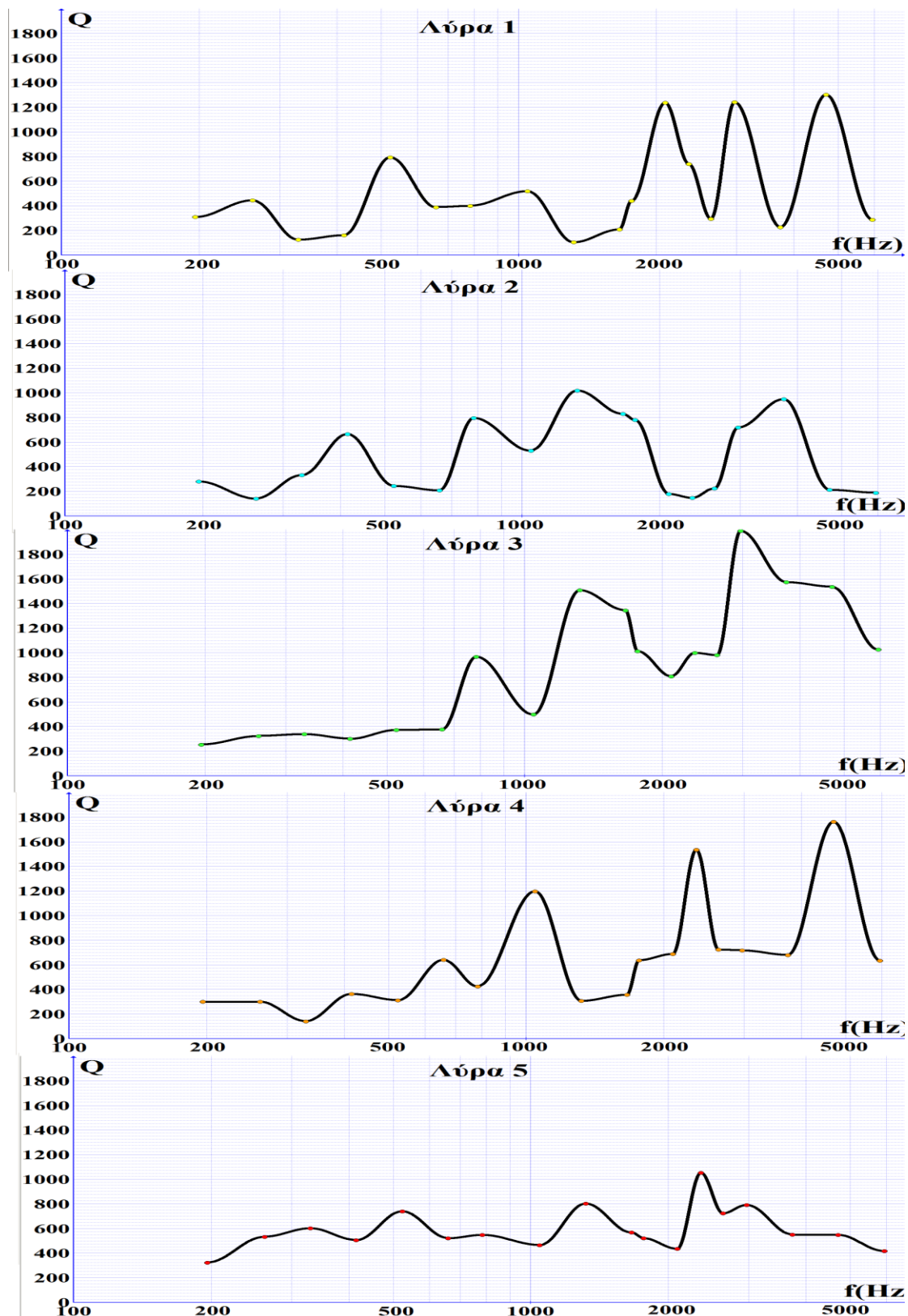
Εικόνα 10: Υπολογισμός εμβαδού των οπών μέσω του μιλιμετρέ

Γνωρίζοντας ότι κάθε τετράγωνο του Μιλιμετρέ είναι ένα τετραγωνικό εκατοστό υπολογίζουμε τα τετραγωνικά χιλιοστά της κάθε οπής, γνωρίζοντας ότι κάθε οπή υπάρχει δυο φορές στην κάθε λύρα και είναι πανομοιότυπες μεταξύ τους, πολλαπλασιάζουμε τα τετραγωνικά χιλιοστά επί δύο και επισυνάπτουμε το αποτέλεσμα στους πίνακες χαρακτηριστικών. Στη συνέχεια, καταγράψαμε δυο φάσματα για κάθε νότα και λύρα. Η μια περίπτωση είχε συχνοτικό εύρος 100Hz-14kHz και η άλλη εστίαζε περισσότερο στο να δούμε τους ξεκάθαρους συντονισμούς 160Hz-5Hz. Παρόλα αυτά, το να παρουσιαστούν στην πτυχιακή αυτή 280 διαγράμματα φάσματος θα ήταν περιττό. Αντί αυτού, θα παρουσιαστούν τα φάσματα για μια νότα στο κέντρο του εύρους που μπορεί να παίζει η λύρα, για όλες τις λύρες.





Στη συνέχεια φτιάξαμε ένα διάγραμμα σύγκρισης παραγόντων ποιότητας ώστε να μπούμε να συγκρίνουμε την κάθε λύρα



Εικόνα 11: Διάγραμμα ηχοχρωματικής ποιότητας των 5 λυρών που μελετηθήκαν



## **5.Συμπεράσματα από την σύγκριση παραγόντων ποιότητας**

### **Λύρα 1**

Στα θετικά της λύρας 1, συγκαταλέγεται ότι έχει πολύ καλή απόδοση στις ψηλές και στις μεσαίες συχνότητες που ενδιαφέρουν την λύρα, είναι κάτι που δεν περιμέναμε από μεγάλη λύρα. Στις χαμηλές συχνότητες όμως βλέπουμε ότι υπάρχουν σημεία που η λύρα αποδίδει αρκετά καλά και σημεία που αποδίδει πολύ άσχημα για μεγάλη λύρα, δηλαδή αυτό πρακτικά σημαίνει ότι κάποιες νότες θα αποδώσουν σε πληρότητα αρμονικών και κάποιες άλλες θα αποδώσουν πολύ πιο φτωχά. Γενικά από την ανομοιομορφία παραγωγής συχνοτήτων, η συγκεκριμένη λύρα θεωρείται μάλλον μέτρια προς κακή.

### **Λύρα 2**

Στις χαμηλές και χαμηλό-μεσαίες συχνότητες η λύρα 2 δεν αποδίδει καλά παρόλα αυτά το θετικό είναι ότι αποδίδει σχετικά ομοιόμορφα τις συχνότητες αυτές, στις μεσαίες από 1kHz έως 1,8kHz περίπου αποδίδει πάρα πολύ καλά αλλά για την αμέσως επομένη οκτάβα 2-3kHz περίπου, παύει να αποδίδει τόσο καλά και στην συνέχεια 3+kHz τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά. Πρακτικά είναι μια λύρα που αποδίδει καλά, μόνο τις μεσαίες συχνότητες, αλλά έχει και το θετικό της ομοιομορφίας των μπάσων και ας μην τις βγάζει τόσο καλά. Θα μπορούσε κάποιος να την πει μια μεγάλη λύρα, αλλά τα στοιχεία δεν μας βγάζουν αυτό το πράγμα 100%.

### **Λύρα 3**

Η λύρα τρία είναι μια λύρα με πολύ υψηλή ποιότητα στις ψηλές συχνότητες εξίσου καλή και ομοιόμορφη στις ψηλομεσαίες και στις μεσαίες συχνότητες. Στις μπάσες συχνότητες, η απόδοση δεν είναι καλή αλλά ακόμα και σε αυτές υπάρχει ομοιομορφία, γενικά, πρόκειται για μια υψηλής ποιότητας λύρα σχετικά με το ηχόχρωμα της και σοβαρός αντιπρόσωπος αυτού που λέμε «μικρή» λύρα. Το μόνο πρόβλημα που έχει θεωρητικά είναι ότι κάποιες ψηλόμεσαίες συχνότητες είναι πολύ πιο «ποιοτικές» από τις άλλες ήδη ποιοτικές και καλά αποδομένες συχνότητες, πράγμα που μπορεί να λειτουργήσει ευχάριστα και δυσάρεστα στην μουσική εκτέλεση καθώς κάποιες αρμονικές αναδεικνύονται και ακούγονται πιο καθαρές από άλλες.

#### **Λύρα 4**

Αν και ο μέσος όρος του παράγοντα ποιότητας της συγκεκριμένης λύρας είναι υψηλός, παρόλα αυτά έχει το αρνητικό χαρακτηριστικό ότι είναι πραγματικά ανομοιόμορφη, ακόμα και στις χαμηλό-μεσαίες συχνότητες, οι οποίες είναι οι θεμέλιες συχνότητες των νοτών της λύρας. Πρακτικά πάει να πει ότι η λύρα αυτή λογικά θα είναι θολή ανά σημεία της μουσικής εκτέλεσης. Παρόλα αυτά έχει μεγάλες εκρήξεις ποιότητας ειδικά σε κάποια σημεία της ψηλό-μεσαίας περιοχής συχνοτήτων και ίσως κάποιοι πεπειραμένοι λυράρηδες να μπορούν να αποδώσουν με αυτή την λύρα, προσδίδοντας της μοναδικό χαρακτήρα.

#### **Λύρα 5**

Πρόκειται για τη λύρα με την πιο ομαλή κατανομή συχνοτήτων από όλες τις υπόλοιπες, δεν έχει κάποια φοβερή απόδοση σε συγκεκριμένες συχνότητες αλλά σχεδόν όλες έχουν υψηλό παράγοντα ποιότητας και έτσι δεν υπάρχει ασάφεια και «θολούρα», πιο γενικά βλέπουμε ότι οι μεγαλύτεροι παράγοντες βρίσκονται στις ψηλές περιοχές πράγμα που καθιστά την λύρα αυτή κυρίως πριμάτη, κάτι που επιβεβαιώνεται από τον χαμηλό της όγκο.



Λύρα: 1 (μεγάλη)



Λύρα: 2 (μεγάλη)



Λύρα:3 (μικρή)



Λύρα:4 (μικρή)



Λύρα: 5 (μικρή)

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βουγιουκαλάκης, (2013), *Η Λύρα της Κρήτης και του Αιγαίου από το Βυζάντιο ως Σήμερα*, Ρέθυμνο
- Ελευθερίου, Μ., *Φυσική Ακουστική Μουσικών Οργάνων* (Εργαστήριο), Επιμέλεια σημειώσεων: Ελευθερίου Μ.
- Παπαδογιάννης, Ν., *Φυσική Ακουστική Μουσικών Οργάνων*, Επιμέλεια Σημειώσεων: Παπαδογιάννης Ν.
- Ρηγιγιώτης, Θ., (2004), *Κρητολογικά Γράμματα, η Ιστορική Παρουσία της Λύρας στην Κρήτη από τον 10<sup>ο</sup> ή τον 12<sup>ο</sup> Αιώνα μέχρι Σήμερα*, Καλαϊτζάκης Α.Ε., Ρέθυμνο
- Σκαρλάτος, Δ., (2008), *Εφαρμοσμένη Ακουστική*, Gotsis, Πάτρα, Γ'έκδοση
- Χαρτοφύλακας, Λ., *Σύνδεση των ακουστικών χαρακτηριστικών της δομής της Κρητικής λύρας με την ποιότητα του εκπεμπόμενου ήχου*, Διπλωματική Εργασία, σ. 2
- Χατζηδάκης, Γ, *Κρητική Μουσική και Όργανα*, Ηράκλειο, 1910
- Fauriel, (1999), *Ελληνικά Δημοτικά Τραγούδια*, εκδοτική επιμέλεια Πολίτης Α., Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο
- M. Bakarezos, S. Gymnopoulos, S. Brezas, Y. Orfanos, E. Maravelakis, C.I. Papadopoulos, M. Tatarakis, A. Antoniadis and N.A. Papadogiannis *Vibration analysis of the top plates of traditional Greek string musical instruments*, **13th**

**International Congress on Sound and Vibration 2006, ICSV 2006, Volume  
6, Vienna {2006}**