



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βιβλιοθήκη ήχων τετράχορδου μπουζουκιού: Δειγματοληψία και ανάλυση

Ιωάννης Α. Σταματογιάννης

Επιβλέπουσα: **Αρετή Ανδριοπούλου**, Επίκουρη Καθηγήτρια

ΑΘΗΝΑ

Φεβρουάριος 2021

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βιβλιοθήκη ήχων τετράχορδου μπουζουκιού: Δειγματοληψία και ανάλυση

Ιωάννης Α. Σταματογιάννης
A.M.: 1569201400042

Τριμελής Επιτροπή: **Αναστασία Γεωργάκη**, Καθηγήτρια, Πρόεδρος
Αρετή Ανδριοπούλου, Επίκουρη Καθηγήτρια
Χριστίνα Αναγνωστοπούλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Σημείωμα του συγγραφέα

Το δοκίμιο αυτό αποτελεί πτυχιακή εργασία η οποία συντάχθηκε για το Τμήμα Μουσικών Σπουδών του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και υποβλήθηκε προς εξέταση τον Φεβρουάριο του 2021. Ο συγγραφέας βεβαιώνει ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και ότι έχει γίνει η κατάλληλη αναφορά στην εργασία τρίτων, όπου κάτι τέτοιο ήταν απαραίτητο, σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

Οι απόψεις που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία εκφράζουν αποκλειστικά τον συγγραφέα και όχι την επιβλέπουσα Καθηγήτρια.

Για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας καθοριστική ήταν η βοήθεια και η συνεισφορά κάποιων ανθρώπων. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου Αρετή Ανδριοπούλου που στήριζε την προσπάθειά μου από την αρχή της συνεργασίας μας και ενίσχυσε το έργο μου με κάθε δυνατό μέσο. Ιδιαίτερα ευχαριστώ του συμφοιτητή μου Βίκτωρ Μαστέλα χάρη στη βοήθεια του οποίου πραγματοποιήθηκε η ηχογράφηση του μπουζουκιού στο στούντιο του Τμήματος Μουσικών Σπουδών του ΕΚΠΑ. Τέλος, ευχαριστώ όλους τους φίλους που συνέβαλαν με τις συμβουλές τους και τη στήριξή τους με αποτέλεσμα την ολοκλήρωση του συγκεκριμένου εγχειρήματος.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	5
1. Ιστορική αναδρομή της εξέλιξης του οργάνου από την αρχαιότητα έως τη σημερινή εποχή	7
2. Ανάλυση ιδιοσυχνοτήτων συντονισμού του οργάνου	13
3. Δειγματοληψία	19
3.1. Εξοπλισμός.....	19
3.2. Ηχητικό υλικό.....	22
3.3. Ηχογράφηση	22
4. Ακουστική ανάλυση των ήχων του μπουζουκιού.....	24
4.1. Ακρίβεια διέγερσης του οργάνου	24
4.2. Ανάλυση περιβάλλουσας (ADSR)	30
4.3. Σύγκριση φασματικών χαρακτηριστικών του οργάνου	34
5. Δημιουργία ψηφιακής βιβλιοθήκης δειγμάτων.....	43
5.1. Ψηφιακή επεξεργασία δειγμάτων.....	43
5.2. Δημιουργία Sampler	44
5.2.1 Επεξεργασία και εισαγωγή δειγμάτων.....	44
5.2.2 Προγραμματισμός sampler.....	47
5.3. Αξιολόγηση Sampler και επίλυση προβλημάτων.....	48
Επίλογος.....	50
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	53
Παραρτήματα	58
1) Φασματική ανάλυση.....	58
2) Κώδικες προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκαν.....	65

Πρόλογος

Το θέμα της εργασίας σχετίζεται με τη δημιουργία μιας βιβλιοθήκης ήχων (=sampler) με δείγματα από τετράχορδο μπουζούκι. Μια βιβλιοθήκη ήχων παρέχει στο χρήστη ηχητικά δείγματα ενός φυσικού οργάνου σε ψηφιακή μορφή. Τα δείγματα αυτά μπορεί να τα χρησιμοποιήσει κανείς παίζοντας σε κάποιο ηλεκτρονικό όργανο, όπως για παράδειγμα σε έναν MIDI ελεγκτή (Kvifte, 2007). Η χρήση μιας βιβλιοθήκης ήχων είναι πολύτιμη για ενορχηστρώσεις σε μουσικά προγράμματα επεξεργασίας μουσικού κειμένου, όπως το Finale, και σε προγράμματα επεξεργασίας ήχου, όπως το Cubase και το Logic.

Η επιλογή του θέματος αυτού οφείλεται σε δύο λόγους. Κατ' αρχάς, ο ίδιος είμαι παίκτης του συγκεκριμένου μουσικού οργάνου και συνδέομαι με αυτό για πολλά χρόνια. Επομένως, η ενασχόλησή μου με ένα θέμα σχετικό με το μπουζούκι είναι ευχάριστη και προσοδοφόρα. Επίσης, λόγω της σχέσης μου και της οικειότητάς μου με το όργανο θεώρησα εξαρχής ότι θα μπορούσα να φέρω εις πέρας το στόχο μου. Όσον αφορά την επιλογή μου για τη δημιουργία μιας βιβλιοθήκης ήχων μπουζουκιού, αυτή οφείλεται στην τακτική ενασχόλησή μου με τη διαδικασία της ενορχήστρωσης και της επεξεργασίας χειρόγραφων μουσικών κειμένων, είτε για λόγους επαγγελματικούς είτε λόγω του προσωπικού μου ενδιαφέροντος για τη διαδικασία αυτή. Χρησιμοποιώντας, λοιπόν, σε καθημερινή βάση το Finale δημιουργήθηκε η ανάγκη να έχω στη διάθεσή μου έναν ήχο μπουζουκιού που θα αντιπροσωπεύει κατά το μέγιστο τον φυσικό ήχο του οργάνου. Σε αυτό το σημείο να επισημανθεί ότι υπάρχει διαθέσιμη βιβλιοθήκη ήχων μπουζουκιού. Ωστόσο, καταγράφοντας παρτιτούρες και ενορχηστρώνοντας μουσικά κομμάτια σύντομα διαπίστωσα τις ελλείψεις της. Έτσι, με το πέρασμα του χρόνου μού δημιουργήθηκε η επιθυμία και η ανάγκη να δημιουργήσω μια βιβλιοθήκη ήχων που να συμπεριλαμβάνει τις περισσότερες τεχνικές παιξίματος του οργάνου έτσι ώστε το τελικό ηχητικό αποτέλεσμα να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβές και αληθοφανές.

Η πραγματοποίηση αυτής της εργασίας στο μεγαλύτερο βαθμό βασίζεται στην ηχογράφηση του μπουζουκιού που έκανα ο ίδιος στο στούντιο του Τμήματος Μουσικών Σπουδών του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Η ηχογράφηση ήταν απαραίτητη προκειμένου να δημιουργηθούν τα ζητούμενα δείγματα που θα χρησιμοποιούνταν στη βιβλιοθήκη ήχων. Επίσης, βασίζεται και στη βιβλιογραφική έρευνα η οποία ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη για τα επιμέρους κεφάλαια της εργασίας.

Η παρούσα εργασία πραγματοποιείται στο πλαίσιο πέντε κεφαλαίων. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια πρώτη γνωριμία με το μπουζούκι μέσα από την ιστορική αναδρομή της εξέλιξης του οργάνου από την αρχαιότητα έως τη σημερινή εποχή. Στο δεύτερο κεφάλαιο

γίνεται η ανάλυση των ιδιοσυχνοτήτων συντονισμού του μπουζουκιού. Καθώς η εργασία αυτή επικεντρώνεται στο ηχόχρωμα του μπουζουκιού το κεφάλαιο αυτό είναι απαραίτητο αφού το ιδιαίτερο ηχόχρωμα κάθε μουσικού οργάνου οφείλεται κατά κύριο λόγο στις ιδιοσυχνότητες του καπακιού του. Το τρίτο κεφάλαιο αφορά τη διαδικασία της δειγματοληψίας η οποία αναλύεται διεξοδικά. Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε και οι τεχνικές ηχογράφησης, δηλαδή η τοποθέτηση των μικροφώνων στο χώρο σε σχέση με την πηγή. Επίσης, γίνεται παρουσίαση του υλικού που ηχογραφήθηκε στο σύνολό του. Τέλος, η τελευταία και μεγαλύτερη υποενότητα του τρίτου κεφαλαίου περιλαμβάνει την ενδεδειγμένη παρουσίαση της διαδικασίας της ηχογράφησης από την αρχή έως το τέλος. Το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την ακουστική ανάλυση των ήχων του μπουζουκιού. Η ανάλυση αυτή έχει ως στόχο τον όσο το δυνατόν πιο ακριβή προσδιορισμό των ακουστικών χαρακτηριστικών του οργάνου. Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας περιγράφεται αναλυτικά η δημιουργία ψηφιακής βιβλιοθήκης δειγμάτων ήχων μπουζουκιού μέσω του μουσικού προγράμματος Kontakt. Γίνεται αναλυτική και σαφής περιγραφή της κάθε ενέργειας συνοδευόμενη από κατατοπιστικές και επεξηγηματικές εικόνες.

1. Ιστορική αναδρομή της εξέλιξης του οργάνου από την αρχαιότητα έως τη σημερινή εποχή

Οι ρίζες του μπουζουκιού φαίνεται να συναντώνται ήδη από τα αρχαία χρόνια. Για την ακρίβεια, το μπουζούκι συγκαταλέγεται στην ευρύτερη μουσική οικογένεια του ταμπουρά (Τουμπακάρη, 2013, σελ. 45). Με τον όρο «ταμπουράς» ορίζουμε μια κατηγορία μουσικών οργάνων η οποία περιλαμβάνει νυκτά όργανα που ανήκουν στην οικογένεια των λαουτοειδών χωρίς να ορίζεται συγκεκριμένος αριθμός χορδών, διαστάσεις και κούρδισμα. Ο ταμπουράς συναντάται για πρώτη φορά τη 2^η χιλιετία π.Χ. στη Μεσοποταμία και την Αίγυπτο ενώ εμφανίζεται και στην Αρχαία Ελλάδα με δύο ονομασίες. Η πρώτη ονομασία είναι «τρίχορδον» (Εικόνα 1.1) , λόγω των τριών χορδών ή πιο σωστά των τριών βασικών φθόγγων που είχε το όργανο, γιατί οι χορδές αριθμητικά ήταν περισσότερες, και η δεύτερη ονομασία είναι «πανδούρα» (Λιάβας, Σημειώσεις από το μάθημα Ελληνικά λαϊκά μουσικά όργανα, σελ. 5· Πολίτης, 2019).



(Εικόνα 1.1) Αρχαίο Ελληνικό τρίχορδο¹

Παραλλαγές της πανδούρας χρησιμοποιούνταν από τους λαούς της Μικράς Ασίας ήδη από τα χρόνια των Χετταίων και των Ασσυρίων. Ο όρος «πανδούρα» χαρακτήριζε διάφορα συναφή μεταξύ τους όργανα για το παίξιμο των οποίων χρησιμοποιούταν πλήκτρο/πένα (Λουκοβίκας, 2011, σελ. 50-51). Υπάρχει, λοιπόν, η θεωρία ότι ο ταμπουράς είναι απόγονος της πανδούρας, όρος ο οποίος συναντάται και σε παραλλαγές ως «πανδουρίδα» ή «πανδούριο». Είναι δύσκολο να υποστηριχθεί με απόλυτη σιγουριά η καταγωγή της

¹ http://www.yontown.de/Gitarre_Laute_Fiedel/Gitarre_Laute_Abendland.htm

πανδούρας κι αυτό γιατί έχουν διατυπωθεί πολλές απόψεις για διαφορετικές καταγωγές του οργάνου. Η άποψη που έχει παγιωθεί, πάντως, θέλει την πανδούρα να υπάρχει ήδη στους πολιτισμούς πριν την εμφάνιση των ελληνικών πολιτισμών και συγκεκριμένα στην Αίγυπτο, την Ασσυρία, την Κίνα και την Ινδία. Ο συσχετισμός του ταμπουρά, και κατ' επέκταση του σύγχρονου μπουζουκιού, με την αρχαία πανδούρα βασίζεται σε ένα μαρμάρινο αρχαιολογικό εύρημα στο οποίο αναπαρίσταται μια μούσα να παίζει το μουσικό αυτό όργανο έχοντας την ίδια ακριβώς στάση σώματος και τον ίδιο τρόπο κρατήματος του οργάνου με τους σημερινούς εκτελεστές μπουζουκιού (Σπυροπούλου, 2006).

Το όργανο επιβίωσε στο πέρασμα του χρόνου μέχρι την εποχή του Βυζαντίου με τη νέα ονομασία «θαμπούρα» (Εικόνα 1.2). Πηγές, όπως τα ακριτικά τραγούδια του Διγενή Ακρίτα, τοιχογραφίες της περιόδου εκείνης, κείμενα και παραμύθια της εποχής, αποκαλύπτουν ότι αυτό ήταν και το όργανο που έπαιζε ο Διγενής Ακρίτας. (Τουμπακάρη, 2013, σελ. 46· Σπυροπούλου, 2006). Ο ταμπουράς είχε εξέχουσα θέση κατά τα βυζαντινά χρόνια καθώς χρησιμοποιούνταν ως βοήθημα για την εκμάθηση της βυζαντινής μουσικής. Η ιστορική παρουσία του οργάνου συνεχίστηκε μέχρι και την επανάσταση του 1821 καθώς το όργανο παιζόταν από αγωνιστές της επανάστασης μεταξύ των οποίων και ο στρατηγός Μακρυγιάννης. Μπορούσε να το βρει κανείς ακόμη και στην Κρήτη με την ονομασία «μπουλγαρί» (Εικόνα 1.3) (Τουμπακάρη, 2013, σελ. 46 · Σπυροπούλου, 2006).



(Εικόνα 1.2) Βυζαντινή Θαμπούρα ²



(Εικόνα 1.3) Κρητικό Μπουλγαρί ³

²

<http://www.diakonima.gr/2014/10/12/%CE%B2%CF%85%CE%B6%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%AE-%CF%80%CE%B1%CE%BD%CE%B4%CE%BF%CF%8D%CF%81%CE%B1/>

³ <http://www.rompogiannakis.com/el/music-instruments/mpougari.html>

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί μια άποψη που έρχεται σε ρήξη με όλα τα παραπάνω και εκφέρεται από το Ross Daly, ο οποίος υποστηρίζει ότι είναι δύσκολο να τεκμηριωθεί η συνέχεια του ταμπουρά από την αρχαιότητα έως σήμερα. Κι αυτό γιατί, ενώ υπάρχουν θεωρητικές πηγές και περιγραφές της παρουσίας του οργάνου και του τρόπου κουρδίσματός του, είναι αδύνατον να γνωρίζουμε το άκουσμά του. Σχετικά με το κρητικό μπουλγαρί ο Daly υποστηρίζει πως το όργανο αυτό παραλλάχτηκε από τον Στέλιο Φουσταλιέρη και μάλιστα επηρεάστηκε πολύ από τη ρεμπέτικη παράδοση και τους φορείς της. Ο Daly φαίνεται να μην αποδέχεται και μάλιστα να θεωρεί και να χαρακτηρίζει «εθνικιστικές κορώνες» τις τάσεις συσχετισμού του οργάνου αυτού με το αρχαίο όργανο. Με την άποψη αυτή φαίνεται να συμφωνεί και ο Λουκοβίκας, ο οποίος υποστηρίζει πως το μπουλγαρί δε φαίνεται να έχει σχέση με τον ταμπουρά του Μακρυγιάννη (2011, σελ. 48-52).

Ο ταμπουράς υπάρχει στη μουσική της νεότερης Ελλάδας μέσα στις μορφές άλλων μουσικών οργάνων όπως το μπουζούκι και ο μπαγλαμάς. Έχουν διατυπωθεί διάφορες θεωρίες για το πώς προέκυψε η ονομασία μπουζούκι. Επικρατέστερη εξ αυτών είναι ότι προέρχεται από τον περσικό όρο «tanbur - i – bozurg που σημαίνει «το μεγάλο ταμπούρι». Η λέξη bozurg πέρασε στην τούρκικη ορολογία ως «buyuk» και καθώς τα γράμματα y και z είναι παρόμοια στην προφορά τους το αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία της λέξης «μπουζούκι». Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί και το τρίχορδο «αραβικό μπουζούκι» που παρατηρείται στην περιοχή της αρχαίας Φοινίκης: στον Λίβανο και τη γύρω περιοχή. Ονομάζεται buzuq ή busoq, και φαίνεται να έχει μεγάλο βαθμό συγγένειας με τον ταμπουρά (Εικόνα 1.4) (Λουκοβίκας, 2011, σελ. 48).



© Petros Moustakas

(Εικόνα 1.4) Ταμπουράς⁴

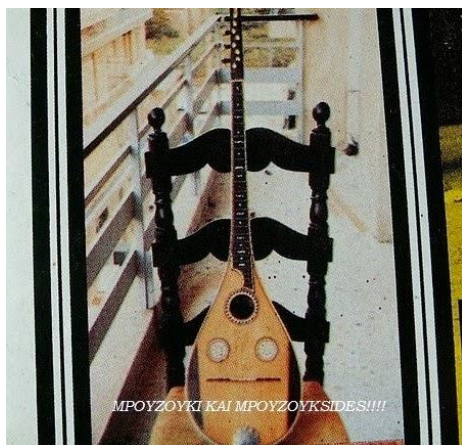
⁴ <https://moustakasstruments.com/2015/09/26/pmtambouras2/#ip-carousel-575>

Είναι χαρακτηριστικό πως το μουσικό όργανο είχε διαφορετικό ρόλο ανάλογα με την περιοχή στην οποία παιζόταν. Στην ελληνική ύπαιθρο χρησιμοποιούνταν για την εκτέλεση κομματιών της δημοτικής μουσικής ενώ στα αστικά κέντρα χρησιμοποιούνταν με μεγαλύτερη ευελιξία, εκτελώντας κομμάτια τόσο από το δημοτικό ρεπερτόριο όσο και από τη Δύση. Η μουσική του συχνά είχε επιρροές από τη δυτική μουσική, αλλά και από το «μυρμούρικο» ή «κουτσαβάκι», είδος που αποτέλεσε τον πρόδρομο του ρεμπέτικου. Με βάση τα παραπάνω διαπιστώνουμε ότι το μπουζούκι είχε ήδη μια παγιωμένη θέση στην ελληνική μουσική, καθώς τα όργανα της δημοτικής μουσικής άρχιζαν να παραγκωνίζονται (Πολίτης, 2019). Ενώ είχε ήδη εμφανιστεί το «σμουρνάικο ρεμπέτικο» με την ορχήστρα της Σμύρνης και τα «σαντουροβιόλια», ο ταμπουράς και το μπουζούκι δεν είχαν χάσει έδαφος. Πριν ακόμα, λοιπόν, έρθουν πρόσφυγες από τη Σμύρνη, το μπουζούκι «κρεμόταν στον τοίχο» πολλών ταβερνών και ας μην είχε ακόμη ταυτιστεί με το ρεμπέτικο (Τουμπακάρη, 2013, σελ. 46, 49).

Σταθμό για την ιστορία του μπουζουκιού και του ρεμπέτικου είδους αποτέλεσε ο Μάρκος Βαμβακάρης, ο οποίος θαύμαζε και είχε εμπνευστεί ιδιαίτερα από το Γιοβάν Τσαούς, παίκτη ενός ιδιόμορφου είδους ταμπουρά (Σπυροπούλου, 2006). Πληροφορίες για το συγκεκριμένο ταμπουρά αντλούμε από τον Παναγιώτη Κουνάδη ο οποίος μελέτησε τα όργανα του Κυριάκου Πεσμαζόγλου ή Λαζαρίδη που κατασκευάστηκαν κατόπιν παραγγελίας και επιμέλειας του Γιοβάν Τσαούς. Συγκεκριμένα είχαν παραδοθεί δύο τρίχορδοι ταμπουράδες ένας μεγαλύτερος κι ένας μικρότερος, ο πρώτος με ελεύθερο μήκος χορδής 64 εκατοστά κι ο δεύτερος με 52 εκατοστά. Υπάρχει ένα ακόμη τέτοιο όργανο, το οποίο όμως είναι ημιτελές όσον αφορά την κατασκευή του.

Η μορφή των οργάνων αυτών συμπίπτει με τη μορφή του ταμπουρά που μαρτυρούν πηγές του 17ου, του 18ου και του 19ου αιώνα. Το όργανο αυτό αποτελούνταν από κούφιο μπράτσο, ως συνέχεια του σκάφους, το οποίο καθιστούσε το όργανο πολύ ελαφρύ. Η συνέχεια μεταξύ σκάφους και μπράτσου βοηθούσε τον οργανοπαίκτη να μετακινεί το αριστερό του χέρι με ευκολία στις ψηλές περιοχές. Είχαν οχτώ κλειδιά κατασκευασμένα από σκληρό ξύλο μέσα από τα οποία περνούσαν κοκάλινα στριφτάρια. Στις άκρες είχαν γραμμένο το όνομα του Γιοβάν Τσαούς (ΤΣΑΒΟΥΣ και Ι.ΤΣ). Τα διαστήματα στα τάστα του μεγάλου οργάνου ήταν κατασκευασμένα ακριβώς όπως τα διαστήματα του προπολεμικού σαζ-μπαγλαμά που κατασκεύαζαν στην Τουρκία. Στα όργανα αυτά γινόταν χρήση των γνωστών διαστημάτων της μονοφωνικής μουσικής 9/8, 10/9 (επόγδοος και επιέναντος τόνος) και 16/15 ή 256/243 για τα ημιτόνια, με 5 σημεία ενδιάμεσης παρέμβασης στα διαστήματα του τόνου. Τα διαστήματα του μικρού οργάνου ακολουθούσαν το πρότυπο του τούρκικου σαζ-τζουρά. Ωστόσο στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν υπήρχε απόλυτη ακρίβεια στην τοποθέτηση των τάστων, καθώς

έχουν εντοπιστεί κάποια μικρά λάθη. Τα διαστήματα των οργάνων αυτών διαχωρίζουν το είδος αυτό του ταμπουρά από τα μπουζούκια και τους μπαγλαμάδες που κυριάρχησαν μετέπειτα από το Μάρκο Βαμβακάρη και την πειραιώτικη κομπανία γιατί είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να παίζουν συγκεκριμένα διαστήματα.



(Εικόνα 1.5) Ο Ταμπουράς του Γιοβάν Τσαούς⁵

Ο Βαμβακάρης έχει χαράξει την πορεία του ρεμπέτικου είδους και μάλιστα έχει χαρακτηριστεί ως «πατριάρχης του ρεμπέτικου» καθώς σύμφωνα με το Λιάβα «έδωσε τα σημαντικότερα δείγματα του ρεμπέτικου». Ο Μάρκος Βαμβακάρης αποτέλεσε τον συνδετικό κρίκο μεταξύ δημοτικής και ρεμπέτικης μουσικής παράδοσης καθώς ήδη από μικρή ηλικία έπαιζε τουμπάκι συνοδεύοντας τον πατέρα του στην τσαμπούνα. Έτσι οι επιρροές από τη δημοτική παράδοση ήταν εμφανείς και στα μετέπειτα τραγούδια του (Λιάβας, Σημειώσεις από το μάθημα Ελληνικά λαϊκά μουσικά όργανα). Το ρεμπέτικο ταυτίστηκε με τα κατώτερα κοινωνικά στρώματα και το μπουζούκι αποτελούσε τη διασκέδαση των κατώτερων κοινωνικών τάξεων. Καθοριστική στιγμή για το μπουζούκι και γενικότερα για το ρεμπέτικο είδος αποτέλεσαν οι πρώτες ηχογραφήσεις του Μάρκου Βαμβακάρη με τις οποίες έφερε στην επιφάνεια το περιθωριοποιημένο αυτό όργανο και το σύστησε στο ευρύ κοινό. Έτσι, το 1934 δημιουργήθηκε και καθιερώθηκε το είδος της ορχήστρας «τετράς του Πειραιώς» με τους «μπουζουκο-μπαγλαμάδες». Πρωτεργάτες ήταν οι Μάρκος Βαμβακάρης, Γιώργος Μπάτης, Ανέστος Δελιάς και Στράτος Παγιουμτζής. Έτσι το όργανο, με την ιστορική του εξέλιξη στο πέρασμα των χρόνων, έφτασε στη σύγχρονη Ελλάδα όπου η παρουσία του είναι καθοριστική

⁵ <https://slpress.gr/politismos/pandoyra-tampoyras-kai-mpouzoyki-ena-taxidi-stoys-aiones/>

πλέον για τη διαμόρφωση της ελληνικής αστικής μουσικής (Λιάβας, Σημειώσεις από το μάθημα αστική λαϊκή μουσική «Το ρεμπέτικο» σελ. 2-4).



(Εικόνα 1.6) Μάρκος Βαμβακάρης⁶

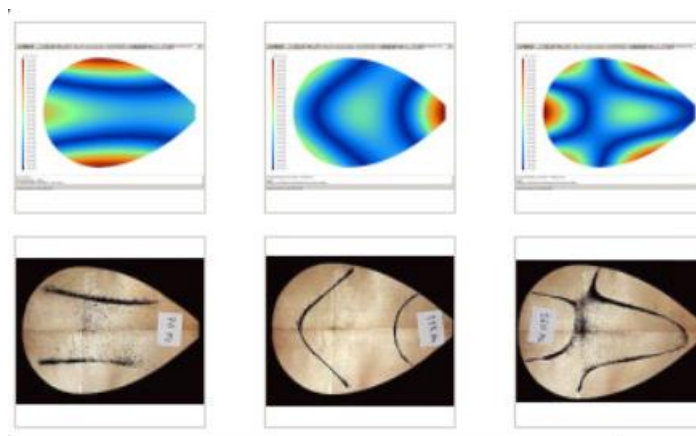
⁶ <https://www.mixanitouxronou.gr/i-tapinosi-tou-markou-vamvakari-i-periodos-pou-anagkastike-na-vgi-sti-zitiania/>

2. Ανάλυση ιδιοσυχνοτήτων συντονισμού του οργάνου

Καθώς η εργασία αυτή επικεντρώνεται στο μπουζούκι και το ιδιαίτερο ηχόχρωμά του θα ήταν χρήσιμο να αναλυθεί ο τρόπος με τον οποίο παράγεται το συγκεκριμένο ηχόχρωμα. Για το λόγο αυτό στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η ανάλυση των ιδιοσυχνοτήτων του καπακιού ενός μπουζουκιού από τις οποίες προκύπτει το ηχόχρωμα του οργάνου. Για την καταγραφή του συγκεκριμένου κεφαλαίου σημαντική ήταν η μελέτη της έρευνας των Φρονιμόπουλου και Παντελιά (2008). Σύμφωνα με τους ερευνητές καθοριστικό ρόλο στο ηχόχρωμα των έγχορδων μουσικών οργάνων, και κατ' επέκταση του μπουζουκιού, διαδραματίζουν οι «διάφορες ιδιοσυχνότητες συντονισμού των τμημάτων» τους. Αναλυτικότερα, βασικό παράγοντα για τη διαμόρφωση του ηχοχρώματος του οργάνου αποτελούν οι «ιδιοσυχνότητες του καπακιού» και η ποσότητα του αέρα που υπάρχει στο εσωτερικό του σκάφους σε συνδυασμό «με το μέγεθος και το σχήμα της τρύπας του καπακιού» (Φρονιμόπουλος και Παντελιάς, 2008). Από αυτά καθορίζεται η συχνότητα Helmholtz. Μικρότερο αλλά πολύ σημαντικό ρόλο για τον καθορισμό του τελικού ηχοχρώματος παίζουν, επίσης, οι ιδιοσυχνότητες του σκάφους και του μπράτσου του εκάστοτε οργάνου. Προκειμένου να αναλυθούν οι τρόποι δόνησης και ο αντίκτυπός τους στον ήχο που παράγει το εκάστοτε μουσικό όργανο, ως τεχνικές χρησιμοποιούνται η Ανάλυση με τη Μέθοδο Πεπερασμένων Στοιχείων (Finite Element Analysis), η Ανάλυση με βάση τον Γρήγορο Μετασχηματισμό Fourier (Fast Fourier Analysis - FFT) και, τέλος, τα Στοιχεία Chladni (Chladni patterns) (Φρονιμόπουλος και Παντελιάς, 2008).

Η Ανάλυση με τη Μέθοδο Πεπερασμένων Στοιχείων (Finite Element Analysis) δεν είναι τόσο εφαρμόσιμη στον χώρο της κατασκευής οργάνων. Τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιεί περισσότερο η επιστημονική κοινότητα καθώς για την εφαρμογή της είναι απαραίτητες οι γνώσεις χειρισμού εξειδικευμένων προγραμμάτων 3D σχεδίασης και Finite Element Analysis για την υποστήριξη των οποίων απαιτούνται υπολογιστές μεγάλης ισχύος. Η μέθοδος αυτή λειτουργεί ως εξής: κατ' αρχάς είναι απαραίτητος ο ακριβής σχεδιασμός ενός 3D μοντέλου του υπό ανάλυση οργάνου από κάποιο πρόγραμμα 3D σχεδίασης, το οποίο εισάγεται στο πρόγραμμα της ανάλυσης. Προκειμένου το τελικό αποτέλεσμα να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο αξιόπιστο είναι χρήσιμο, αν και αρκετά δύσκολο, να έχουν υπολογιστεί οι ιδιότητες του εκάστοτε ξύλου (βάρος, ελαστικότητα και σκληρότητα στους τρεις άξονες) αλλά και να έχει βεβαιωθεί η ομοιογένεια του ξύλου σε όλη την έκτασή του. Καθώς όμως οι

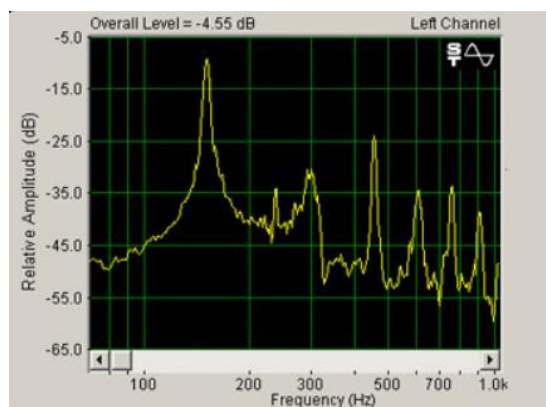
ιδιότητες του ξύλου δεν είναι προκαθορισμένες είναι δύσκολο να προσδιοριστεί με απόλυτη ακρίβεια ο τρόπος δόνησης του μοντέλου που έχει επιλεχθεί. Στην εικόνα (2.1) παρουσιάζεται το αποτέλεσμα ανάλυσης Finite Element για το σχήμα και τις ιδιοσυχνότητες συντονισμού ενός ελεύθερου καπακιού μπουζουκιού καθώς και τα αντίστοιχα στοιχεία Chladni (Φρονιμόπουλος και Παντελιάς, 2008).



(Εικόνα 2.1) Ιδιοσυχνότητες καπακιού μπουζουκιού⁷

Αντιθέτως, η ανάλυση με βάση τον Γρήγορο Μετασχηματισμό Fourier (Fast Fourier Analysis - FFT) είναι προσβάσιμη από οργανοποιούς καθώς τα προγράμματα που απαιτούνται είναι εύκολα στον χειρισμό και υποστηρίζονται από οικιακούς υπολογιστές. Η εφαρμογή της προϋποθέτει τη διέγερση του οργάνου είτε με τη μέθοδο κρούσης στο καπάκι (Tap-Tone), είτε με σάρωση ημιτόνου. Και οι δύο μέθοδοι βασίζονται στη χρήση πυκνωτικού μικροφώνου με επίπεδη (flat) συχνотική απόκριση μέσω του οποίου το σήμα καταλήγει στον αναλυτή φάσματος ο οποίος αποδίδει με ακρίβεια τα σχετικά συχνотικά διαγράμματα. Στο γράφημα φάσματος που παρουσιάζεται στην εικόνα 2.2 αποτυπώνονται οι ιδιοσυχνότητες ενός ολοκληρωμένου μπουζουκιού. Στα 150Hz παρατηρείται η συχνότητα συντονισμού του αντηχείου, στα 300Hz η πρώτη συχνότητα συντονισμού του καπακιού και στα 450Hz, 600Hz, 750Hz και 900Hz οι τέσσερις επόμενοι αρμονικοί (Φρονιμόπουλος και Παντελιάς, 2008).

⁷ <https://www.klika.gr/index.php/peri-mousikis/organopoiia/179-tropoi-donisis-diagrammata-chladni.html>



(Εικόνα 2.2) Γράφημα FFT⁸

Η Πειραματική ανάλυση (Στοιχεία Chladni/διαγράμματα σκόνης) αποδίδει παραστατικά τους τρόπους δόνησης διαφόρων οικογενειών οργάνων όπως για παράδειγμα του βιολιού και της κιθάρας. Η μέθοδος αυτή οφείλει την ύπαρξή της στο Γερμανό Φυσικό Friedrich Chladni (1756-1827) ο οποίος εφάρμοσε μια τεχνική για να αναδείξει τα στάσιμα κύματα που αναπτύσσονται στην επιφάνεια μεταλλικών πλακών όταν διεγείρονται από διαφορετικές συχνότητες. Αφού κάλυψε με άμμο τις λεπτές μεταλλικές πλάκες, προκάλεσε τη δόνησή τους με ένα δοξάρι βιολιού. Η ενέργεια αυτή είχε ως αποτέλεσμα η άμμος να φεύγει από τα σημεία της επιφάνειας που πάλλονται και να στέκεται στα σημεία που παραμένουν στάσιμα και τελικά να φαίνονται με γυμνό μάτι τα κύματα που σχηματίζονται στην επιφάνεια. Με βάση αυτή τη μέθοδο ο Chladni δημιούργησε διάφορα διαγράμματα τα οποία έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην οργανοποιία της εποχής αλλά και μετέπειτα ξεκινώντας από την οικογένεια των βιολιών και της κιθάρας. Στις μέρες μας, η γεννήτρια συχνοτήτων και μετέπειτα τα λείζερ έχουν αντικαταστήσει το δοξάρι ως μέσο πρόκλησης της δόνησης, οδηγώντας σε ακόμη ακριβέστερα διαγράμματα (Φρονιμόπουλος και Παντελιάς, 2008).

Τα διαγράμματα Chladni μπορούν να κατασκευαστούν με απλό τρόπο από κάποιον οργανοποιό ή ερευνητή. Απαραίτητα για τη διαδικασία αυτή είναι μια γεννήτρια συχνοτήτων, ένας ενισχυτής, ένα ηχείο, μερικά μικρά σφουγγαράκια και λίγο τριμμένο τσάι. Αρχικά, το καπάκι του οργάνου τοποθετείται πάνω στο ηχείο στηριζόμενο σε τέσσερα μικρά σφουγγαράκια, σε μη καθορισμένη θέση. Έπειτα, πάνω στο καπάκι απλώνεται το τριμμένο τσάι και με τη βοήθεια της γεννήτριας στέλνονται διάφορες συχνότητες, μέχρι το τριμμένο τσάι (σκόνη) να αρχίζει να αναπηδά πάνω στο καπάκι. Τη στιγμή που αρχίζουν να δημιουργούνται κομβικές γραμμές, ο οργανοποιός ή ερευνητής διακόπτει τον ήχο και τοποθετεί τα σφουγγαράκια κάτω από τις γραμμές αυτές, «στα ακίνητα δηλαδή σημεία»,

⁸ <https://www.klika.gr/index.php/peri-mousikis/organopoiia/179-tropoi-donisis-diagrammata-chladni.html>

προκειμένου να μπει το καπάκι στη σωστή θέση. Στη συνέχεια, ανεβάζει την ένταση και με πειραματισμούς στις συχνότητες εντοπίζει «την κορυφή του τρόπου δόνησης», το σημείο όπου «η σκόνη αναπηδά ζωηρότερα», και ακολούθως ανεβάζει την ένταση προκειμένου να αποτυπωθεί ευδιάκριτα ο συντονισμός. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται προκειμένου να εντοπιστούν και οι επόμενες συχνότητες συντονισμού (Φρονιμόπουλος και Παντελιάς, 2008).

Ωστόσο, η μέθοδος αυτή δεν ήταν εύκολα υλοποιήσιμη καθώς, για παράδειγμα, η εφαρμογή της πάνω σε κάποιο ολοκληρωμένο όργανο, όπως για παράδειγμα το βιολί, κι όχι απλά σε ένα καπάκι, παρουσιάζει δυσκολίες. Σε αυτές τις περιπτώσεις μια προσφιλής λύση είναι τα λείζερ τα οποία, ωστόσο, δεν είναι τόσο πρακτικά, και η χρήση τους είναι πολύ δαπανηρή.

Στις εικόνες 2.3 και 2.4 παρουσιάζονται τα διαγράμματα Chladni των οκτώ χαμηλότερων συχνοτήτων συντονισμού του μπουζουκιού, οι οποίες εντοπίζονται στα 300, 440, 495, 650, 720, 785, 1040 και 1295 Hertz.



(Εικόνα 2.3) Διαγράμματα σκόνης 300, 440, 495 και 650 Hertz⁹



(Εικόνα 2.4) Διαγράμματα σκόνης 650, 720, 785, 1040 και 1295 Hertz¹⁰

Η σχετική έρευνα ξεκίνησε το 1994 από τον κατασκευαστή Νίκο Φρονιμόπουλο και βασίστηκε στους συντονισμούς Chladni (Φρονιμόπουλος και Παντελιάς, 2008). Η χαμηλότερη συχνότητα συντονισμού διακρίνεται στη μεγαλύτερη επιφάνεια του καπακιού σαν

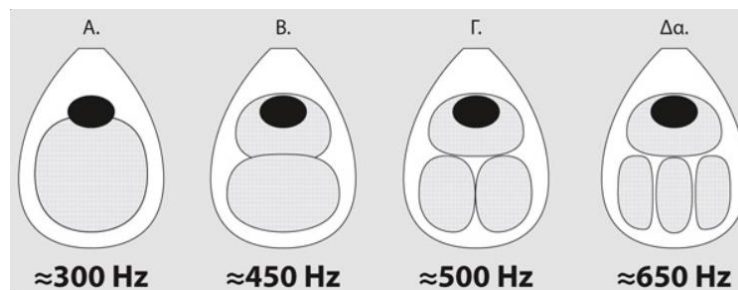
⁹ <https://www.klika.gr/index.php/peri-mousikis/organopoiia/179-tropoi-donisis-diagrammata-chladni.html>

¹⁰ <https://www.klika.gr/index.php/peri-mousikis/organopoiia/179-tropoi-donisis-diagrammata-chladni.html>

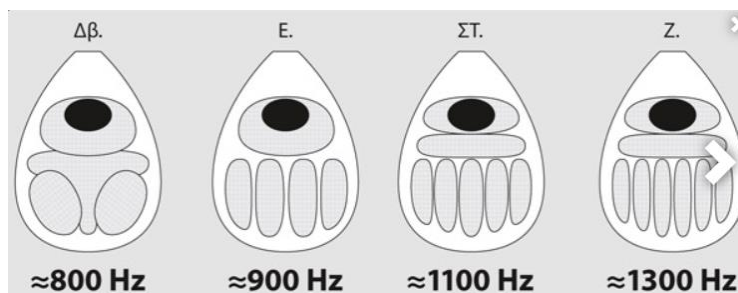
έναν μεγάλο κύκλο, παρουσιάζεται στα 300 Hertz και επαναλαμβάνεται μια οκτάβα χαμηλότερα, με διαφορετική ωστόσο ένταση. Ο δεύτερος τρόπος δόνησης παρουσιάζεται με δύο μεγάλους κύκλους, ο ένας στο πάνω μέρος κι ο άλλος στο κάτω μέρος του καπακιού. Οι επιφάνειες αυτές δονούνται αντίστροφα, δηλαδή τη στιγμή που η μία φουσκώνει προς τα έξω, η δεύτερη βυθίζεται προς τα μέσα. Η συχνότητα στην προκειμένη περίπτωση βρίσκεται γύρω στα 450 Hertz. Ο τρίτος τρόπος δόνησης του καπακιού του μπουζουκιού παρουσιάζει δύο κύκλους που βρίσκονται στο κάτω μέρος του οργάνου, ένας στη δεξιά πλευρά κι ένας στην αριστερή. Ο σχηματισμός του συγκεκριμένου τρόπου είναι δύσκολος και βρίσκεται σε συχνότητα γύρω στα 500 Hertz. Ο τέταρτος τρόπος σχηματίζει στο επάνω μέρος έναν κύκλο ενώ στο κάτω μέρος σχηματίζονται τρεις μακρόστενες επιφάνειες, η μια δίπλα στην άλλη. Ο τρόπος αυτός ξεκινά από τα 650 περίπου Hertz και φτάνει έως τα 800 Hertz περίπου. Οι δύο πλευρικές επιφάνειες διογκώνονται και συγκεντρώνονται προς το κάτω μέρος του καπακιού όπου σχηματίζουν δυο κύκλους. Η κεντρική επιφάνεια επεκτείνεται στη μέση του καπακιού σε σχήμα T ενώ κατεβαίνοντας συγκλίνει προς το κέντρο του καπακιού. Ο πέμπτος τρόπος δόνησης φαίνεται αρκετά απλούστερος καθώς σχηματίζονται τέσσερις μακρόστενες επιφάνειες στο κάτω μέρος του καπακιού. Η συχνότητα εδώ φτάνει γύρω στα 900 Hertz. Στον έκτο τρόπο το κάτω μέρος χωρίζεται σε πέντε, αυτή τη φορά, κάθετες μακρόστενες επιφάνειες. Επίσης, στο κέντρο του οργάνου παρουσιάζεται μια οριζόντια επιφάνεια που κυκλώνει την τρύπα του καπακιού. Ο τρόπος αυτός προσεγγίζει τα 1.100 Hertz. Ο έβδομος και τελευταίος τρόπος δόνησης είναι αντίστοιχος με τον προηγούμενο, με μία επιπλέον κάθετη μακρόστενη επιφάνεια στο κάτω μέρος και προσεγγίζει τα 1.300 Hertz. Πέρα από τους επτά τρόπους δόνησης υπάρχει η δυνατότητα με μεγαλύτερη συχνότητα και μεγαλύτερη ένταση στα ηχεία να δημιουργηθούν κι άλλοι τρόποι δόνησης οι οποίοι, ωστόσο, παρουσιάζουν πολλές ακανόνιστες μικρές επιφάνειες πάνω στις οποίες είναι δύσκολο να γίνει μελέτη. Επίσης, πέρα από τους δυο-τρεις βασικούς τρόπους δόνησης, δεν είναι όλοι πραγματοποιήσιμοι σε όλα τα όργανα ενώ κάποια άλλα όργανα μπορεί να παρουσιάζουν κάποιους εντελώς διαφορετικούς τρόπους δόνησης από τους παραπάνω.

Σύμφωνα με τους Φρονιμόπουλο και Παντελιά (2008), τα διαγράμματα του Chladni δίνουν πληροφορίες για το ποιοι συντονισμοί είναι δυνατοί και καθαροί, ποια είναι η κορυφή του κάθε συντονισμού, ποιο το εμβαδόν και το σχήμα της παλλόμενης επιφάνειας και ποια η μετεξέλιξη κάποιων συντονισμών σε άλλους. Ωστόσο τα διαγράμματα αυτά δεν αποδίδουν πληροφορίες για την ένταση, το πλάτος κάθε συντονισμού ούτε για τους υπόλοιπους αρμονικούς για τους οποίους δεν αποτυπώνεται κάποιος συντονισμός με τρόπο ευδιάκριτο. Για το λόγο αυτό οι δύο ερευνητές έκαναν μια προσπάθεια να συνδυάσουν τη μέθοδο των

διαγραμμάτων Chladni με τις υπόλοιπες μεθόδους. Με αυτόν τον τρόπο ο ήχος τον λαουτοειδών αποτυπώθηκε με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια, αποσκοπώντας στην αποφυγή λανθασμένων ενεργειών κατά την κατασκευή κάποιου οργάνου της οικογένειας αυτής. Η έρευνα περιλάμβανε την εξέταση της σημασίας της ιδιοσυχνότητας Helmholtz στην κατασκευή του οργάνου, την εξέταση μουσικών οργάνων με σημαντικά προβλήματα στον ήχο, ψυχοακουστικά πειράματα προκειμένου να προσεγγιστεί τι νοείται ως «καλός ήχος», τη διερεύνηση των παραμέτρων που οδηγούν σε ένα «καλό όργανο», την αξιολόγηση των υλικών κατασκευής με αντικειμενικές μεθόδους και τη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο ο κατασκευαστής επεμβαίνει στην κατασκευή του οργάνου. Η εν λόγω έρευνα δεν έχει ολοκληρωθεί μέχρι και τη συγγραφή της παρούσας εργασίας.



(Εικόνα 2.5) Τρόποι δόνησης και συχνοτικές περιοχές γύρω από τις οποίες εμφανίζονται¹¹



(Εικόνα 2.6) Τρόποι δόνησης και συχνοτικές περιοχές γύρω από τις οποίες εμφανίζονται¹²

¹¹ <https://www.klika.gr/index.php/peri-mousikis/organopoiia/179-tropoi-donisis-diagrammata-chladni.html>

¹² <https://www.klika.gr/index.php/peri-mousikis/organopoiia/179-tropoi-donisis-diagrammata-chladni.html>

3. Δειγματοληψία

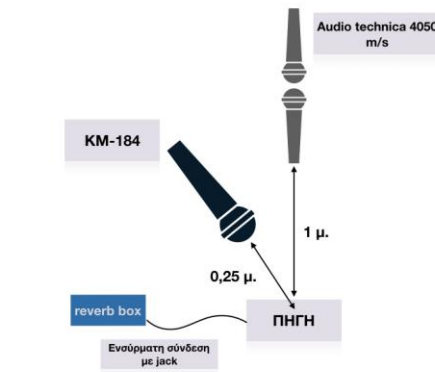
3.1. Εξοπλισμός

Η δειγματοληψία του οργάνου έγινε στο στούντιο ηχογραφήσεων του εργαστηρίου Μουσικής Ακουστικής Τεχνολογίας (LabMAT) του Τμήματος Μουσικών Σπουδών στον 3^ο όροφο της Φιλοσοφικής Σχολής του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών¹³. Η διαδικασία της δειγματοληψίας περιλαμβάνει τρία στάδια: την ηχογράφιση, την πιθανή επεξεργασία των δειγμάτων και, τέλος, την αναπαραγωγή των δειγμάτων αυτών (Carnachan, 1999). Αρχικά, λοιπόν, θα παρουσιαστεί το στάδιο της ηχογράφισης. Ακολουθώντας το πρότυπο των περισσότερων samplers, επιλέξαμε να ηχογραφήσουμε τα δείγματά σε ποιότητα 16 bit με sample rate 44100 για να έχουμε σχετικά μικρό μέγεθος αρχείων ήχου και συμβατότητα με τα samplers της αγοράς.

Η ηχογράφιση του μπουζουκιού έγινε από τρεις διαφορετικούς δέκτες με την προοπτική να γίνει μια μίξη των τριών για το τελικό αποτέλεσμα. Ο πρώτος και κύριος δέκτης της ηχητικής πηγής (μπουζούκι) ήταν το KM-184 της Neumann. Το KM-184 είναι ένα πυκνωτικό μικρόφωνο υψηλής ευαισθησίας και μεγάλου δυναμικού εύρους. Είναι μικρόφωνο μικρού διαφράγματος με συχνотική απόκριση 20 – 20.000 Hz που παρέχει την επιλογή τριών διαφορετικών πολικών διαγραμμάτων.

Ακριβώς πίσω από το KM-184 και σε απόσταση περίπου ενός μέτρου τοποθετήσαμε δύο audio technical 4050 προκειμένου να πετύχουμε στερεοφωνική ηχογράφιση του χώρου. Το audio technical 4050 είναι ένα πυκνωτικό μικρόφωνο μεγάλου διαφράγματος με τρία επιλέξιμα πολικά διαγράμματα και συχνотικό εύρος από 20-18.000 Hz. Τέλος, ο τρίτος τρόπος ηχογράφισης ήταν με ένα πετάλι κατασκευασμένο συγκεκριμένα για μπουζούκι από έναν Έλληνα κατασκευαστή, τον Νίκο Αρχόντη. Το πετάλι περιέχει EQ, reverb, decay, sustain και volume και χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να καταγραφεί και μια ηλεκτρική εκδοχή του ήχου του οργάνου. Δε χρησιμοποιήθηκε κάποια δυναμική επεξεργασία (compressor) ούτε κάποιο φίλτρο (EQ, reverb), καθώς κάτι τέτοιο είναι αντίθετο με τη βασική αρχή μιας multisampling ηχογράφισης.

¹³ Για τη διαδικασία της ηχογράφισης καθοριστική ήταν η παρουσία και η βοήθεια του συμφοιτητή μου Βίκτωρα Μαστέλα, τον οποίο και ευχαριστώ θερμά.



(Εικόνα 3.1) Γράφημα θέσης μικροφώνων σε σχέση με την πηγή



(Εικόνα 3.2) Μικρόφωνα Km-184 και audio technical 4050



(Εικόνα 3.3) Προενισχυτής Μπουζουκιού 'Reverb box'

Το κύριο μικρόφωνο KM-184 τοποθετήθηκε περίπου στα 25 εκατοστά μπροστά από το όργανο με το διάφραγμα να κοιτάει στο σημείο που ενώνεται η ταστιέρα με το σκάφος (Εικόνα 4.3). Στο KM-184 επιλέχθηκε το καρδιοειδές πολικό διάγραμμα ώστε να περιοριστεί κατά το δυνατόν η ηχογράφηση των χαρακτηριστικών του χώρου. Ακριβώς πίσω του και σε

απόσταση ενός μέτρου τοποθετήθηκαν τα audio technica 4050 για την στερεοφωνική ηχογράφηση του οργάνου στον χώρο. Η τεχνική στερεοφωνικής ηχογράφησης που χρησιμοποιήθηκε είναι η mid/side (MS) μιας από τις καλύτερες και δημοφιλέστερες τεχνικές stereo ηχογράφησης, καθώς είναι εύκολη στην τοποθέτησή και ταυτόχρονα οδηγεί σε υψηλής πιστότητας αποτελέσματα ηχογράφησης τόσο της πηγής όσο και του χώρου¹⁴. Στο ένα μικρόφωνο (το mid) χρησιμοποιήθηκε καρδιοειδές πολικό διάγραμμα on-axis στο κέντρο του μπουζουκιού, ενώ στο δεύτερο (side), επιλέχθηκε το δι-κατευθυντικό πολικό διάγραμμα προκειμένου το συγκεκριμένο μικρόφωνο να επικεντρωθεί στα πλευρικά ηχητικά ερεθίσματα. Τέλος, στον προενισχυτή επέλεχθηκε ένα EQ με τα ακόλουθα settings Treble: 5, Middle: 3, Bass: 2,5. Το σήμα εστάλη στην κάρτα ήχου χωρίς reverb.



(Εικόνα 3.4) Τοποθέτηση μικροφώνου Km-184



(Εικόνα 3.5) Τεχνική στερεοφωνικής ηχογράφησης m/s

¹⁴ Για μια μελέτη σχετικά με την τεχνική ηχογράφησης «mid/side (M/S)» βλέπε: Huber και Runstein, 2005 και Bartlett και Bartlett, 2017.



(Εικόνα 3.6) Τελικό στήσιμο μικροφώνων

3.2. Ηχητικό υλικό

Έπειτα από ενδελεχή μελέτη επαγγελματικών samplers του εμπορίου αποφασίσαμε να ηχογραφήσουμε τα δείγματα του μπουζουκιού με τον ακόλουθο τρόπο: Κάθε νότα σε όλη την έκταση του οργάνου (από C3, μέχρι F6) ηχογραφήθηκε

- σε 3 επαναλήψεις.
- σε 3 διαφορετικές δυναμικές.
- με τις ακόλουθες τεχνικές: tremolo, pizzicato, legato

3.3. Ηχογράφηση

Η ηχογράφηση του οργάνου έγινε στο λογισμικό Cubase έκδοση 10 σε συχνότητα δειγματοληψίας 44100 Hz και ψηφιακό βάθος 16 bit.

Η δειγματοληψία ξεκίνησε με την πιο χαμηλή δυναμική (p). Η δυσκολία που προέκυψε ήδη από την αρχή ήταν να επιτευχθεί ακριβώς η ίδια δυναμική σε όλες τις νότες και επαναλήψεις. Για το λόγο αυτό έγινε η χρήση ενός ηχόμετρου το οποίο επέτρεπε σε πραγματικό χρόνο να έχουμε εικόνα της στάθμης έντασης των παραγόμενων νοτών. Ασφαλώς μια τέτοια διαδικασία δεν οδηγεί σε απόλυτα αξιόπιστα αποτελέσματα αλλά στην προκειμένη περίπτωση χρησίμευσε στην επιτυχή σύγκριση της προηγούμενης νότας με την επόμενη κι επομένως στην επίτευξη κοντινών δυναμικών. Ο συστηματικός έλεγχος των διαφοροποιήσεων στις δυναμικές του ηχογραφημένου ηχητικού υλικού παρουσιάζεται στην επόμενη ενότητα.

Κάθε νότα ηχογραφήθηκε σε συγκεκριμένη, κατά το δυνατόν σταθερή, δυναμική τουλάχιστον τρεις φορές με μεγάλες ενδιάμεσες παύσεις προκειμένου να σβήσει κάθε φορά η «ουρά» του παραγόμενου ήχου. Ακριβώς η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τις άλλες δυο δυναμικές, mezzo forte και forte.

Στη συνέχεια ηχογραφήθηκαν κάποιες τεχνικές παιξίματος του μπουζουκιού οι οποίες είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τον χαρακτήρα του οργάνου και κατά συνέπεια είναι αρκετά χρήσιμες σε ένα sampler. Η αρχή έγινε με την τεχνική tremolo η οποία ηχογραφήθηκε σε μια μόνο δυναμική και σε δύο ταχύτητες, αργά και γρήγορα, σε κάθε νότα της έκτασης του οργάνου. Στη συνέχεια ηχογραφήθηκε και ένα τρίτο tremolo για κάθε νότα με crescendo από pianissimo σε fortissimo.

Η επόμενη τεχνική ήταν το pizzicato, το οποίο στο μπουζούκι επιτυγχάνεται με το σταμάτημα των χορδών από το χέρι της πέννας. Για τη συγκεκριμένη τεχνική ηχογραφήθηκαν τρία δείγματα από κάθε νότα του οργάνου, όμως επιλέχθηκε μόνο ένα δείγμα από κάθε νότα για το sampler.

Η διαδικασία ολοκληρώθηκε με την τεχνική legato η οποία χρησιμοποιείται αρκετά στο μπουζούκι κυρίως μεταξύ νοτών που απέχουν διάστημα δευτέρας. Για το λόγο αυτό, για κάθε νότα στην έκταση του οργάνου ηχογραφήθηκε πέρασμα legato σε διάστημα μικρής και μεγάλης δευτέρας προς τα πάνω. Η δυναμική των δειγμάτων είναι mezzo forte και ηχογραφήθηκαν τρεις επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Με τον τρόπο αυτόν η τεχνική του legato διατίθεται στον χρήστη του sampler σε οποιαδήποτε κλίμακα ή δρόμο επιλέξει.

Η συνολική διαδικασία της ηχογράφησης πραγματοποιήθηκε μέσα σε μία ημέρα και διήρκεσε περίπου πέντε ώρες. Έγιναν δύο ηχογραφήσεις, μία για τις νότες με τις τρεις δυναμικές (piano, mezzo forte, forte) και μία με τις διαφορετικές τεχνικές (pizzicato, tremolo, crescendo). Ο συνολικός αριθμός δειγμάτων που προέκυψαν από την ηχογράφηση ήταν 783 εκ των οποίων τα 405 ήταν στην πρώτη ηχογράφηση και τα 378 στη δεύτερη.

4. Ακουστική ανάλυση των ήχων του μπουζουκιού

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει ανάλυση κάποιων δειγμάτων από διαφορετικές περιοχές του μπουζουκιού, τα οποία έχουν διαφορετικές δυναμικές και παράχθηκαν με διαφορετικές τεχνικές παιξίματος του οργάνου. Η ανάλυση γίνεται με σκοπό να αποτυπωθούν και να παρουσιαστούν με κατά το δυνατόν πληρέστερο και συστηματικό τρόπο τα ακουστικά χαρακτηριστικά του οργάνου. Η μελέτη αυτή χωρίζεται σε 3 μέρη. Στο πρώτο μέρος θα εξεταστεί η ακρίβεια διέγερσης του οργάνου ως προς τη συχνότητα και την ένταση κάθε νότας μέσω της σύγκρισης επαναλαμβανόμενων διεγέρσεων του οργάνου. Η ανάλυση θα γίνει μέσω του προγράμματος Sonic Visualizer. Για την απόσπαση πληροφοριών και την εκμάθηση του συγκεκριμένου προγράμματος χρήσιμη ήταν η μελέτη της βιβλιογραφίας και συγκεκριμένα των άρθρων «The Sonic Visualizer: A visualization platform for demantic descriptors from musical signals» (Cannam, Landore και Sandler, 2006) και «Sonic visualizer: An open source application for viewing, analyzing and annotating music for audio files» (Sandler, 2010). Αφού αξιολογηθεί η ακρίβεια συλλογής των δεδομένων στο δεύτερο μέρος της ανάλυσης θα προχωρήσουμε στην αναλυτική παρουσίαση των χαρακτηριστικών του ήχου του μπουζουκιού. Στην αρχή θα γίνει αναφορά στην περιβάλλουσα του ήχου του οργάνου σε διαφορετικές περιοχές, εντάσεις και τεχνικές παιξίματος. Η εργασία θα ολοκληρωθεί με μια συστηματική σύγκριση των φασματικών χαρακτηριστικών του οργάνου σε διαφορετικές περιοχές, εντάσεις και τεχνικές παιξίματος.

4.1. Ακρίβεια διέγερσης του οργάνου

Η ομοιογένεια και η πιστότητα των δειγμάτων αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση τόσο για την ακριβή αποτύπωση των ακουστικών χαρακτηριστικών του ήχου του οργάνου όσο και για τη δημιουργία μιας βιβλιοθήκης ήχων υψηλών προδιαγραφών. Στη δεύτερη δε περίπτωση είναι πολύ βασικό τα δείγματα να έχουν κοινά χαρακτηριστικά όσον αφορά την ένταση και το τονικό τους ύψος. Στη βιβλιοθήκη ήχων που δημιουργείται με αφορμή αυτήν την εργασία για κάθε νότα, τεχνική και δυναμική επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν τρία δείγματα, τα οποία θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν ομοιογενή. Για τον λόγο αυτόν πρέπει πρώτα να εξεταστεί η ακρίβεια στη διέγερση του οργάνου.

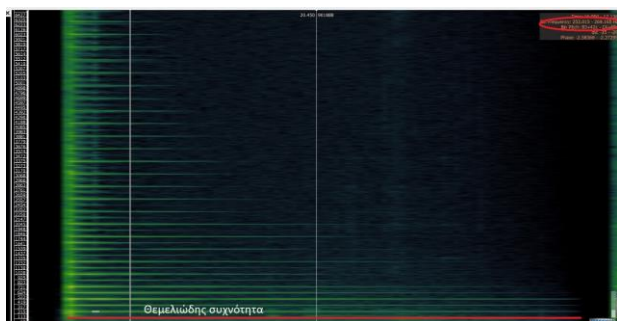
Το πρώτο βήμα προς αυτή την κατεύθυνση ήταν να επιλεγούν έξι δείγματα από έξι διαφορετικές περιοχές του οργάνου και να καταγραφεί η ακριβής συχνότητα της κάθε

διέγερσης, η οποία αποδεικνύει αν τα δείγματα είναι κουρδισμένα, και η στάθμη έντασής της. Έτσι θα εξεταστεί αν τα επαναλαμβανόμενα δείγματα έχουν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους. Η ανάλυση ξεκίνησε από την πιο χαμηλή νότα του οργάνου την C3 και επεκτάθηκε στις νότες G3, D4, A4, F5 και C6. Οι συγκεκριμένες νότες επιλέχθηκαν για τον έλεγχο επαναληψιμότητας πρωτίστως επειδή στο σύνολό τους αντιπροσωπεύουν την πλήρη έκταση του οργάνου και δευτερευόντως γιατί όλες εκτός από την G3 έχουν σχέση με τις ανοιχτές χορδές του οργάνου (C3 – F3 – A3 – D4). Αυτό σημαίνει ότι οι νότες αυτές θεωρούνται πιο «γεμάτες» καθώς οι αρμονικοί τους συμπίπτουν με τις «ανοιχτές» χορδές που συντονίζονται ταυτόχρονα με τη χορδή που πάλλεται. Η G3 επιλέχθηκε για να εξεταστεί μια χαμηλή νότα, «κλειστή», η οποία παίζεται σε ένα από τα ζευγάρια χορδών που έχουν διαφορά οκτάβας¹⁵.

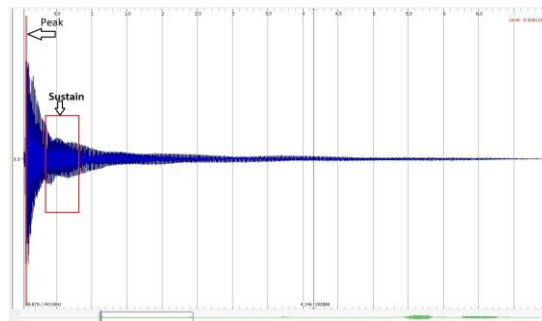
Παρακάτω ακολουθούν τρεις πίνακες με τα αποτελέσματα της σχετικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού Sonic Visualizer. Ο πρώτος πίνακας αναφέρεται στα δείγματα με δυναμική piano που συλλέχθηκαν. Στην αριστερή στήλη του πίνακα αναγράφονται τα δείγματα, αμέσως δεξιά η νότα που αναλύεται, δεξιότερα η υπολογιζόμενη θεμελιώδης συχνότητα σε Hertz και, τέλος, η στάθμη έντασης της κάθε νότας σε decibel (dB). Οι επόμενοι δύο πίνακες έχουν ακριβώς την ίδια δομή αλλά αναφέρονται στα δείγματα που συλλέχθηκαν με δυναμική mezzo forte και forte αντιστοίχως.

Οι τιμές των παρακάτω πινάκων προέκυψαν από το φασματογράφημα, που δείχνει αναλυτικά τις τιμές της θεμελιώδους συχνότητας και των αρμονικών της, και την κυματομορφή της νότας απ' την οποία διακρίνεται η μέγιστη έντασή της αλλά και η ένταση του sustain της. Στην εικόνα 4.1 παρατηρείται ένα φασματογράφημα στο κάτω μέρος του οποίου υπάρχει μια κόκκινη γραμμή η οποία δείχνει τη θεμελιώδη συχνότητα. Επιλέγοντας αυτή τη γραμμή εμφανίζεται στο πάνω και δεξιά μέρος του φασματογράφου ένας μικρός πίνακας που δίνει πληροφορίες για τη συγκεκριμένη συχνότητα. Αντίστοιχα, στην εικόνα 4.2 υπάρχει μια κυματομορφή η οποία είναι μια συνάρτηση έντασης και χρόνου. Επιλέγοντας το σημείο για το οποίο γίνεται η ανάλυση, εμφανίζεται η τιμή της έντασης σε dB.

¹⁵ Το τετράχορδο μπουζούκι έχει 4 ζευγάρια χορδών. Το κούρδισμα από την χαμηλότερη στην ψηλότερη είναι C3 – F3 – A3 – D4. Τα ζεύγη χορδών της A3 και της D4 είναι σε ταυτοφωνία ενώ τα ζεύγη της C3 και της F3 έχουν διαφορά οκτάβας.



(Εικόνα 4.1) Φασματογράφημα



(Εικόνα 4.2) Κυματομορφή νότας

Πίνακας αναλύσεων			
Δυναμική: piano			
	Νότα	Θεμελιώδης Συχνότητα	Στάθμη Έντασης Peak / Sustain
1 ^ο δείγμα	C3	131,8 Hz	-15.29dB / -24.2 dB
	C4	261,1 Hz	
2 ^ο δείγμα	C3	131,8 Hz	-15.89dB / -24.19 dB
	C4	261,1 Hz	
3 ^ο δείγμα	C3	131,8 Hz	-15.58dB / -24.05 dB
	C4	261,1 Hz	
1 ^ο δείγμα	G3	193,8 Hz	-15.31dB / -24.03 dB
	G4	387,6 Hz	
2 ^ο δείγμα	G3	193,8 Hz	-17.06dB / -24.24 dB
	G4	387,6 Hz	
3 ^ο δείγμα	G3	193,8 Hz	-17.64dB / -24.11 dB
	G4	387,6 Hz	
1 ^ο δείγμα	D4	296,1 Hz	-18.25dB / -25.49 dB
2 ^ο δείγμα	D4	296,1 Hz	-18.27dB / -25.05 dB
3 ^ο δείγμα	D4	296,1 Hz	-18.25dB / -26.41 dB
1 ^ο δείγμα	A4	438,7 Hz	-18.68dB / -26.71 dB
2 ^ο δείγμα	A4	438,7 Hz	-17.17dB / -25.76 dB
3 ^ο δείγμα	A4	438,7 Hz	-17.56dB / - 25.78 dB
1 ^ο δείγμα	F5	697,1 Hz	-17.58dB / - 27.92 dB
2 ^ο δείγμα	F5	697,1 Hz	-18.82dB / - 27.05 dB
3 ^ο δείγμα	F5	697,1 Hz	-17.81dB / -26.25 dB
1 ^ο δείγμα	C6	1041,7 Hz	-16.65dB / -27.64 dB
2 ^ο δείγμα	C6	1041,7 Hz	-16.35dB / -26.07 dB
3 ^ο δείγμα	C6	1041,7 Hz	-16.74dB / -27.86 dB

Στις νότες «C3» και «G3» αναφέρονται δύο θεμελιώδεις συχνότητες καθώς οι διπλές χορδές είναι κουρδισμένες σε διάστημα οκτάβας ενώ οι χορδές των δύο υψηλότερα τονικά ζευγαριών βρίσκονται σε ταυτοφωνία. Οι στάθμες έντασης του κάθε δείγματος καταγράφονται σε 2 σημεία της κυματομορφής, στην ατάκα, που εντοπίζεται το πιο δυνατό σημείο της νότας και στο sustain.

Παρατηρώντας τον πίνακα διαπιστώνει κανείς πως τα δείγματα είναι ακριβή ως προς το κούρδισμά τους, με μικρές αποκλίσεις ως προς τη στάθμη έντασής τους. Παρατηρείται πως η μέγιστη απόκλιση κυμαίνεται περίπου στο 1,5 dB. Αποκλίσεις έως 1 dB θεωρούνται από τη διεθνή βιβλιογραφία ως μη υφιστάμενες καθώς βρίσκονται εντός των ορίων ανθρώπινης πρόσληψης JND (Just Noticeable Difference). Οι ελάχιστες περιπτώσεις κατά τις οποίες οι διαφοροποιήσεις μεταξύ των 3 δειγμάτων είναι έως και 0.5 dB θεωρούμε ότι δεν πρέπει να εγείρουν ζητήματα ως προς την ακρίβεια στη διέγερση του οργάνου, δεδομένου ότι αυτή δεν έγινε από μηχανισμό, αλλά από επαγγελματία μουσικό. Θεωρούμε επίσης ότι οι διακυμάνσεις αυτές θα προσδώσουν αργότερα στη φυσικότητα του VST οργάνου που θα δημιουργηθεί.

Ένα επιπλέον συμπέρασμα το οποίο προκύπτει από τη διεξοδική μελέτη των διακυμάνσεων των τιμών που παρουσιάστηκαν παραπάνω είναι ότι κυρίως στην μεσαία περιοχή του μπουζουκιού (D4, A4, F5) τα δείγματα έχουν λίγο πιο χαμηλή στάθμη έντασης κυρίως στην ατάκα, ενώ οι πιο χαμηλές νότες έχουν τις πιο υψηλές τιμές στην ατάκα.

Πίνακας αναλύσεων Δυναμική: mezzo forte			
	Νότα	Θεμελιώδης Συχνότητα	Στάθμη Έντασης Peak / Sustain
1 ^ο δείγμα	C3	131,9 Hz	-14.41 dB / -20.44 dB
	C4	258,4 Hz	
2 ^ο δείγμα	C3	131,9 Hz	-14.54 dB / -20.66 dB
	C4	258,4 Hz	
3 ^ο δείγμα	C3	131,9 Hz	-14.88 dB / -21.01 dB
	C4	258,4 Hz	
1 ^ο δείγμα	G3	202,0 Hz	-12.36 dB / -18.89 dB
	G4	393,0 Hz	
2 ^ο δείγμα	G3	202,0 Hz	-13.45 dB / -19.52 dB
	G4	393,0 Hz	
3 ^ο δείγμα	G3	202,0 Hz	-13.29 dB / -20.02 dB
	G4	393,0 Hz	
1 ^ο δείγμα	D4,1	293,4 Hz	-13.59 dB / -20.78 dB
2 ^ο δείγμα	D4,2	293,4 Hz	-13.11 dB / -20.65 dB
3 ^ο δείγμα	D4,3	293,4 Hz	-14.04 dB / -21.68 dB
1 ^ο δείγμα	A4,1	438,7 Hz	-13.22 dB / -21.72 dB
2 ^ο δείγμα	A4,2	438,7 Hz	-12.39 dB / -20.64 dB
3 ^ο δείγμα	A4,3	438,7 Hz	-12.08 dB / -20.19 dB
1 ^ο δείγμα	F5,1	702,5 Hz	-13.65 dB / -21.04 dB
2 ^ο δείγμα	F5,2	702,5 Hz	-13.82 dB / -22.85 dB
3 ^ο δείγμα	F5,3	702,5 Hz	-13.97 dB / -22.15 dB
1 ^ο δείγμα	C6,1	1044,4 Hz	-14.55 dB / -23.05 dB
2 ^ο δείγμα	C6,2	1044,4 Hz	-14.45 dB / 22.29 dB
3 ^ο δείγμα	C6,3	1044,4 Hz	-15.42 dB / 22.54 dB

Συγκρίνοντας τις τιμές των δειγμάτων της κάθε νότας παρατηρείται πως οι τιμές της θεμελιώδους συχνότητας έχουν απόλυτη ακρίβεια μεταξύ τους. Μελετώντας τις τιμές των εντάσεων διαπιστώνεται πως η μέγιστη απόκλιση μεταξύ των δειγμάτων είναι 1,14 dB.

Ένα ακόμη συμπέρασμα που προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα είναι πως στη μεσαία περιοχή και πιο συγκεκριμένα στις νότες D4 και A4 παρατηρείται μία μικρή αύξηση στις τιμές της απόκλισης.

Πίνακας αναλύσεων Δυναμική: forte			
	Νότα	Θεμελιώδης Συχνότητα	Στάθμη Έντασης Peak / Sustain
1 ^ο δείγμα	C3	129,2 Hz	-9.88 dB / -19.87 dB
	C4	258,4 Hz	
2 ^ο δείγμα	C3	129,2 Hz	-9.18 dB / -19.62 dB
	C4	258,4 Hz	
3 ^ο δείγμα	C3	129,2 Hz	-9.93 dB / -19.92 dB
	C4	258,4 Hz	
1 ^ο δείγμα	G3	196,5 Hz	-9.22 dB / -19.2 dB
	G4	387,6 Hz	
2 ^ο δείγμα	G3	196,5 Hz	-8.42 dB / -18.98 dB
	G4	387,6 Hz	
3 ^ο δείγμα	G3	196,5 Hz	-8.68 dB / -19.93 dB
	G4	387,6 Hz	
1 ^ο δείγμα	D4,1	291,7 Hz	-8.66 dB / -20.32 dB
2 ^ο δείγμα	D4,2	291,7 Hz	-7.71 dB / -20.08 dB
3 ^ο δείγμα	D4,3	291,7 Hz	-7.86 dB / -20.47 dB
1 ^ο δείγμα	A4,1	444,1 Hz	-7.04 dB / -20.65 dB
2 ^ο δείγμα	A4,2	444,1 Hz	-7.81 dB / -20.79 dB
3 ^ο δείγμα	A4,3	444,1 Hz	-7.12 dB / -20.24 dB
1 ^ο δείγμα	F5,1	694,4 Hz	-7.75 dB / -22.97 dB
2 ^ο δείγμα	F5,2	694,4 Hz	-7.26 dB / -22.42 dB
3 ^ο δείγμα	F5,3	694,4 Hz	-8.18 dB / -22.47 dB
1 ^ο δείγμα	C6,1	1033,6 Hz	-7.69 dB / -23.09 dB
2 ^ο δείγμα	C6,2	1033,6 Hz	-7.39 dB / -22.74 dB
3 ^ο δείγμα	C6,3	1033,6 Hz	-7.91 dB / -22.9 dB

Στον τελευταίο πίνακα οι τιμές των συχνοτήτων δεν έχουν καμία απόκλιση. Αναλύοντας τις τιμές των εντάσεων παρατηρείται μια διαφορά στο 1 dB. Επίσης, με βάση τα δεδομένα της δεξιάς στήλης του πίνακα είναι φανερό ότι στη μεσαία και στην ψηλή περιοχή οι ατάκες κάποιων δειγμάτων έχουν μια μικρή αύξηση στην έντασή τους ενώ στις ίδιες περιοχές οι τιμές του sustain είναι φθίνουσες.

Συγκρίνοντας τους τρεις παραπάνω πίνακες παρατηρείται πως τα δείγματα έχουν μια διαφορά ως προς την συχνότητα περίπου στα ± 5 Hz. Επίσης, και στους τρεις πίνακες, υπάρχει μια καθοδική πορεία στις τιμές των εντάσεων του sustain όσο τα δείγματα ανεβαίνουν τονικό ύψος. Τέλος, παρατηρείται πως στον πίνακα με τα δείγματα σε δυναμική piano υπάρχει μια μείωση της έντασης της ατάκας στη μεσαία περιοχή. Από την άλλη πλευρά, στα δείγματα σε δυναμική mezzo forte υπάρχει μια αύξηση της έντασης της ατάκας στην μεσαία περιοχή. Τέλος, στον πίνακα με τα δείγματα της δυναμικής forte παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση των εντάσεων της ατάκας όσο οι νότες ανεβαίνουν.

4.2. Ανάλυση περιβάλλουσας (ADSR)

Στη συγκεκριμένη υποενότητα αναλύονται οι περιβάλλουσες από τέσσερις διαφορετικές νότες σε διαφορετικές περιοχές του μπουζουκιού και στις τρεις δυναμικές που παίχτηκαν. Η συγκεκριμένη ανάλυση έγινε για δύο λόγους. Αφενός για να δοθούν οι σωστές τιμές στην περιβάλλουσα που σχηματίστηκε στο Kontakt προκειμένου η πορεία του ήχου του sampler να προσεγγίζει όσο το δυνατόν περισσότερο τον πραγματικό ήχο του μπουζουκιού και αφετέρου προκειμένου να αναδειχθούν τα χαρακτηριστικά στοιχεία του ήχου του οργάνου. Οι αναλύσεις των περιβαλλουσών βρίσκονται συγκεντρωμένες στον παρακάτω πίνακα. Στην πρώτη στήλη αναφέρεται η νότα που αναλύεται και η τεχνική με την οποία έχει παιχτεί, στη δεύτερη οι τιμές της ατάκας σε seconds, στην τρίτη οι τιμές του decay σε seconds, στην τέταρτη οι τιμές του sustain σε seconds και στην τελευταία οι τιμές του release σε seconds. Συνολικά αναλύθηκαν 24 δείγματα από 4 διαφορετικές νότες σε δυναμικές forte, mezzo forte, piano και με τεχνικές pizzicato, crescendo και tremolo.

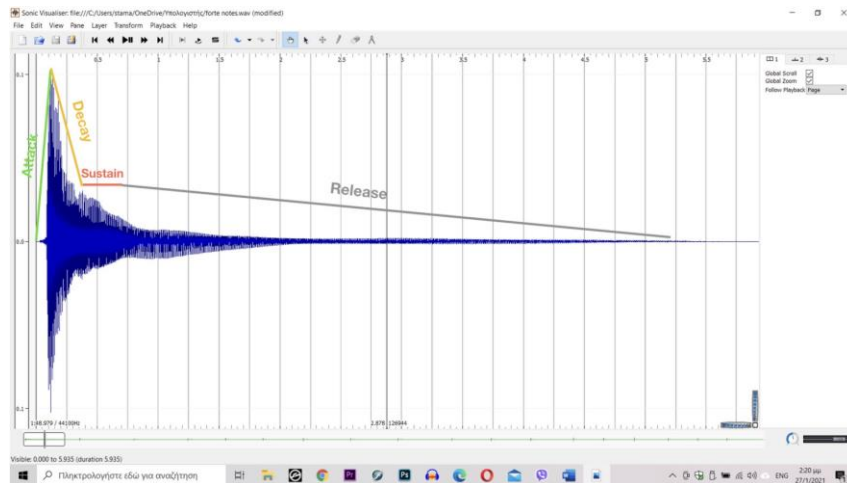
Ανάλυση ADSR				
Νότα, τεχνική	Attack	Decay	Sustain	Release
C3, forte	0,104 sec.	0,211 sec.	0,394 sec.	4,066 sec.
D4, forte	0,069 sec.	0,142 sec.	0,203 sec.	3,442 sec.
A4, forte	0,043 sec.	0,171 sec.	0,272 sec.	2,144 sec.
C6, forte	0,055 sec.	0,179 sec.	0,087 sec.	1,091 sec.
C3, m.forte	0,078 sec.	0,101 sec.	0,327 sec.	4,751 sec.
D4, m.forte	0,069 sec.	0,129 sec.	0,653 sec.	3,436 sec.
A4, m.forte	0,046 sec.	0,098 sec.	0,104 sec.	2,626 sec.
C6, m.forte	0,031 sec.	0,095 sec.	0,098 sec.	1,056 sec.
C3, piano	0,040 sec.	0,252 sec.	0,351 sec.	4,478 sec.
D4, piano	0,055 sec.	0,078 sec.	0,243 sec.	4,681 sec.
A4, piano	0,058 sec.	0,156 sec.	0,220 sec.	3,446 sec.
C6, piano	0,052 sec.	0,153 sec.	0,215 sec.	2,025 sec.
C3 pizz.	0,058 sec.	0 sec.	0 sec.	1,368 sec.
D4 pizz.	0,037 sec.	0 sec.	0 sec.	1,459 sec.
A4 pizz.	0,029 sec.	0 sec.	0 sec.	1,175 sec.
C6 pizz.	0,036 sec.	0 sec.	0 sec.	1,003 sec.
C3 cresc.	0,043 sec.	0 sec.	2,812 sec.	2,652 sec.
D4 cresc.	0,066 sec.	0 sec.	2,821 sec.	2,554 sec.
A4 cresc.	0,060 sec.	0 sec.	2,684 sec.	2,069 sec.
C6 cresc.	0,086 sec.	0 sec.	2,824 sec.	1,356 sec.
C3 trem.	0,069 sec.	0 sec.	2,867 sec.	2,905 sec.
D4 trem.	0,066 sec.	0 sec.	2,587 sec.	2,371 sec.
A4 trem.	0,046 sec.	0 sec.	2,777 sec.	2,385 sec.
C6 trem.	0,055 sec.	0 sec.	2,697 sec.	2,204 sec.

Αναλύοντας τις περιβάλλουσες των νοτών με δυναμικές forte, mezzo forte και piano, προκύπτει ότι το μπουζούκι έχει μια σχετικά σύντομη ατάκα με τιμές που κυμαίνονται από 0,040 sec. έως 0,1 sec, decay με τιμές από 0,1 έως 0,2 sec., πολύ σύντομο sustain με τιμές από 0,1 έως 0,4 sec. και release μεγάλης διάρκειας με τιμές από 1 έως 4,5 sec. Στα δείγματα με την τεχνική pizzicato παρατηρείται ότι μετά την ατάκα ακολουθεί η πτώση της κυματομορφής μέχρι το σβήσιμο της νότας (Εικόνα 4.4.) οπότε δεν υπάρχει decay και sustain. Η ατάκα είναι σύντομη (0,029 – 0,058 sec.) και το release είναι και αυτό μικρής διάρκειας με τιμές από 1,003 έως 1,459 sec. Τέλος, το crescendo και το tremolo έχουν παρόμοιες τιμές και κυματομορφές όπως φαίνεται και στις εικόνες 4.5 και 4.6. Σε αυτές τις δύο τεχνικές δεν υπάρχει decay γι' αυτό και οι τιμές στον πίνακα είναι μηδενικές. Οι χρόνοι της ατάκας είναι από 0,043 έως 0,086 sec., του sustain από 2,587 έως 2,867 sec. και οι τιμές του release από 1,365 έως 2,905 sec.

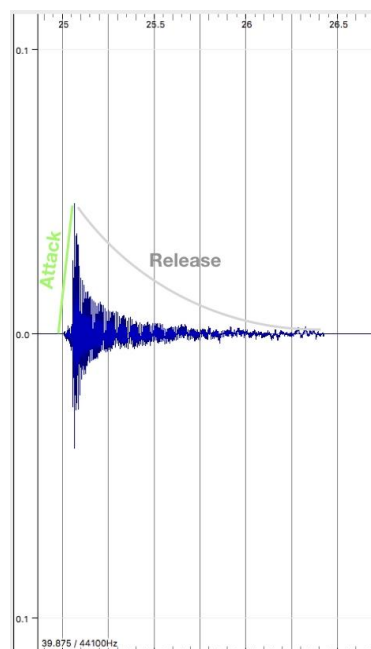
Συγκρίνοντας τις παραπάνω τιμές διαπιστώνεται ότι στα δείγματα με δυναμική forte, mezzo forte και στα δείγματα με τεχνικές pizzicato και tremolo, οι χρόνοι της ατάκας μειώνονται όσο τα δείγματα ανεβαίνουν τονικά. Από την άλλη πλευρά, στα δείγματα με

δυναμική *piano* και στα δείγματα με την τεχνική *crescendo*, που ουσιαστικά ξεκινάνε με δυναμική *piano*, παρατηρείται ακριβώς το αντίστροφο, δηλαδή όσο οι νότες ανεβαίνουν τονικά ανεβαίνουν και οι χρόνοι της ατάκας.

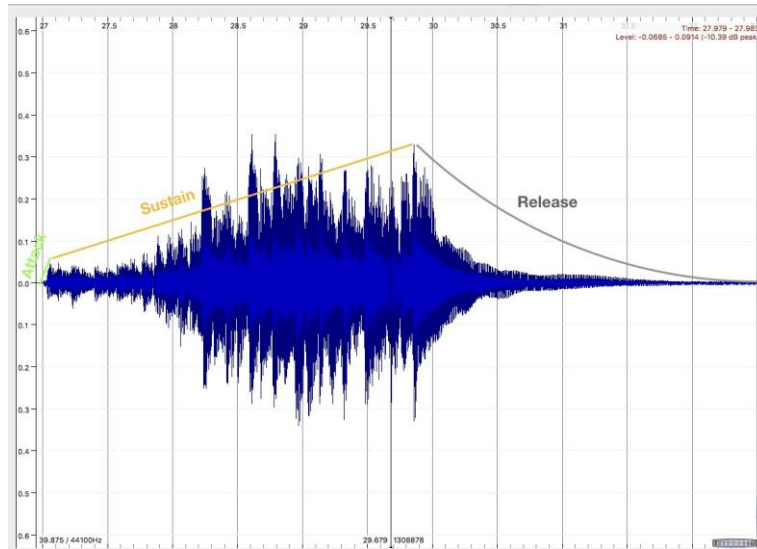
Ένα ακόμη συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι σε όλα τα δείγματα του πίνακα παρατηρείται ότι στο *release* οι τιμές μειώνονται σταδιακά όσο τα δείγματα ανεβαίνουν τονικό ύψος.



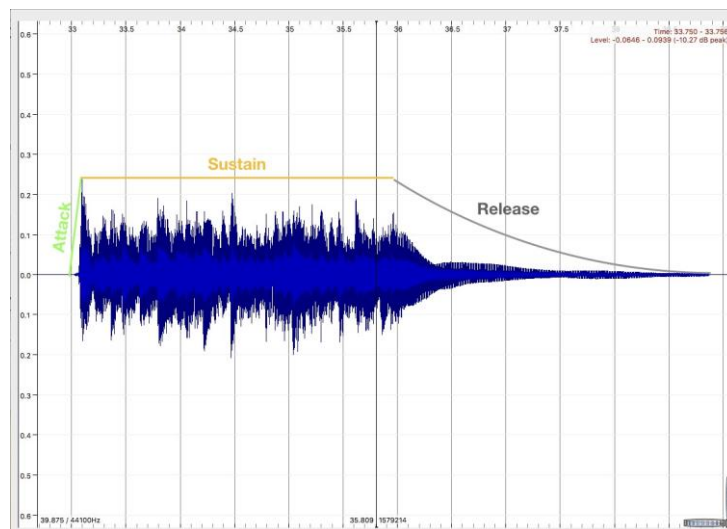
(Εικόνα 4.3) ADSR C3 forte



(Εικόνα 4.4) ADSR C3 pizzicato



(Εικόνα 4.5) ADSR C3 crescendo



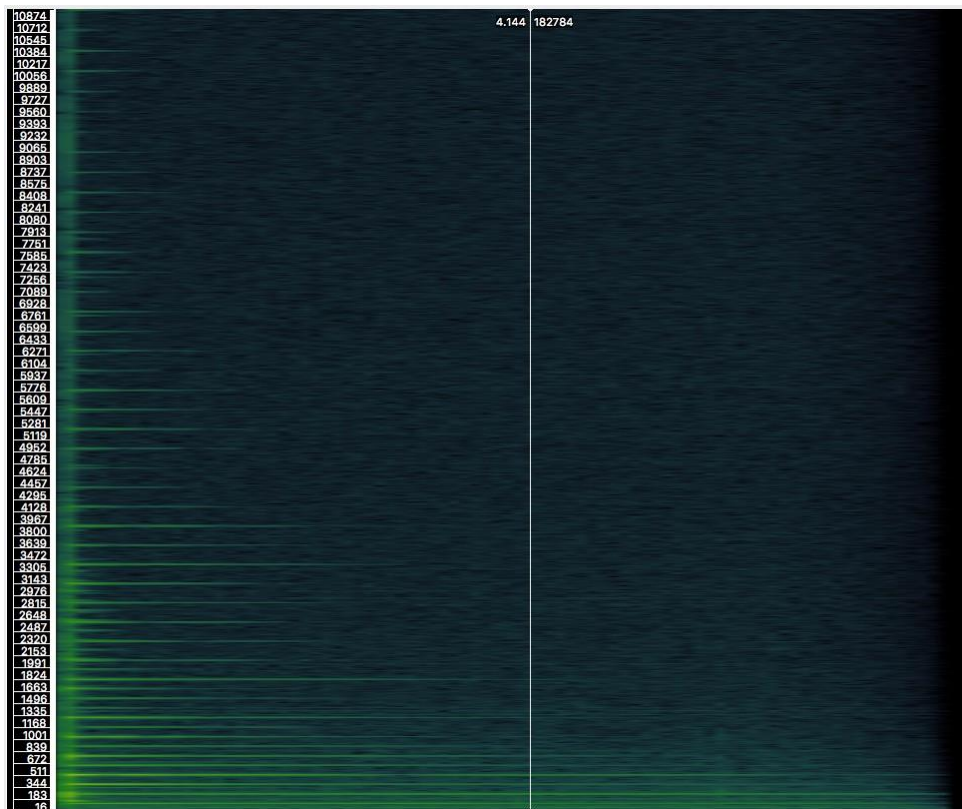
(Εικόνα 4.6) ADSR C3 tremolo

4.3. Σύγκριση φασματικών χαρακτηριστικών του οργάνου

Καθώς η χροιά ενός μουσικού οργάνου αποτελεί καθοριστικό στοιχείο για τον προσδιορισμό της ταυτότητάς του, στη συγκεκριμένη υποενότητα θα αναλυθούν τα φασματικά χαρακτηριστικά του οργάνου. Ο όρος «φασματικά χαρακτηριστικά» αφορά τους αρμονικούς που παράγονται από την ταλάντωση της χορδής, τις συχνότητες και τις εντάσεις τους. Με αυτόν τον τρόπο θα διερευνηθεί ο βασικός παράγοντας που προκαλεί το ιδιαίτερο ηχόχρωμα του μπουζουκιού. Η υποενότητα αυτή είναι πολύ σημαντική καθώς κατά τη δημιουργία της συγκεκριμένης βιβλιοθήκης απώτερος σκοπός είναι το τελικό ηχητικό αποτέλεσμα να πλησιάζει όσο το δυνατόν περισσότερο το φυσικό ηχόχρωμα του μπουζουκιού. Παρακάτω ακολουθούν πέντε πίνακες στους οποίους αναφέρονται οι συχνότητες και οι εντάσεις των αρμονικών της νότας C3 και C4 σε διαφορετικές τεχνικές. Επιπλέον, στο τέλος της εργασίας υπάρχει παράρτημα στο οποίο αναλύονται κάποιες ακόμη νότες από διαφορετικές περιοχές του οργάνου.

Ανάλυση Φάσματος Νότα: C3-C4 piano (131,8 Hz – 261,1 Hz)			
Συχνότητες αρμονικών C3	Στάθμη έντασης αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών C4	Στάθμη έντασης αρμονικών
1. 131,8 Hz	-33,5 dB	261,1 Hz	-29 dB
2. 261,1 Hz	-29 dB	524,9 Hz	-29,5 dB
3. 393,0 Hz	-29,5 dB	791,3 Hz	-40 dB
4. 524,9 Hz	-29,5 dB	1.049,7 Hz	-34 dB
5. 651,4 Hz	-40 dB	1.308,1 Hz	-36 dB
6. 791,3 Hz	-40 dB	1.574,6 Hz	-41,5 dB
7. 917,9 Hz	-44 dB	1.841,1 Hz	-39 dB
8. 1.049,7 Hz	-34 dB	2.099,5 Hz	-39 dB
9. 1.184,3 Hz	-46 dB	2.363,3 Hz	-44 dB
10. 1.308,1 Hz	-36 dB	2.621,7 Hz	-38 dB
11. 1.448,1 Hz	-43,5 dB	2.888,1 Hz	-40 dB
12. 1.574,6 Hz	-41,5 dB	3.154,6 Hz	-38 dB
13. 1.706,5 Hz	-39,5 dB	3.413,0 Hz	-40 dB
14. 1.841,1 Hz	-39 dB	3.679,5 Hz	-44 dB
15. 1.981,1 Hz	-41,5 dB	3.946,0 Hz	-39 dB
16. 2.099,5 Hz	-39 dB	4.209,8 Hz	-40,5 dB

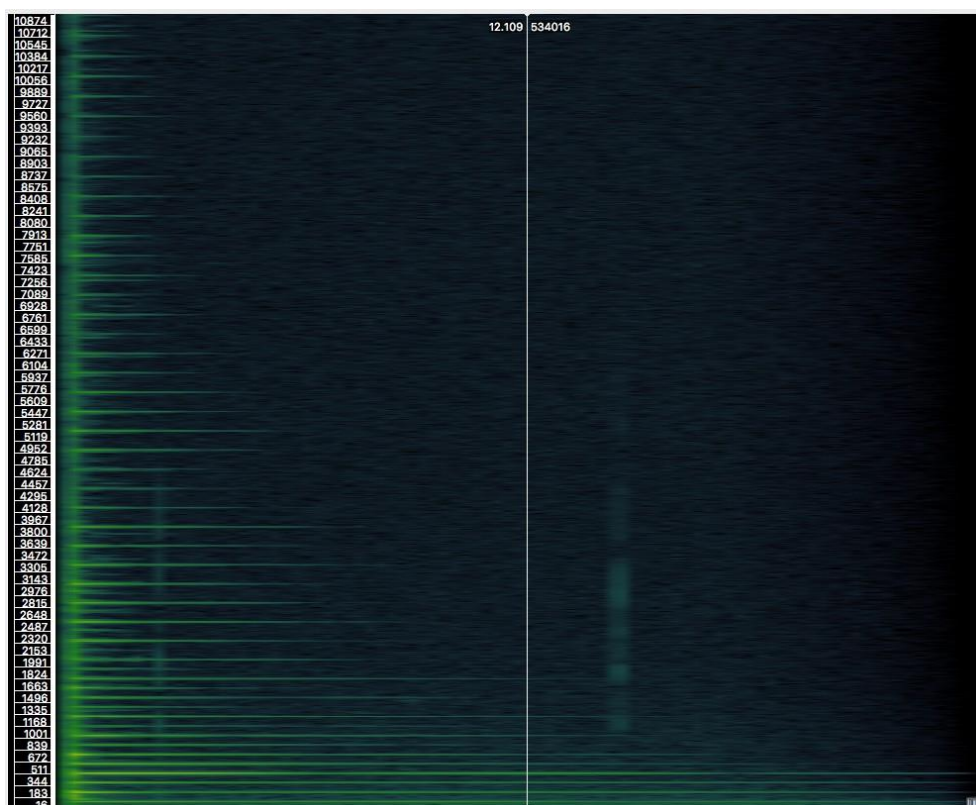
Μελετώντας τον πρώτο πίνακα παρατηρείται πως οι συχνότητες των αρμονικών των C3 και C4 είναι ακέραια πολλαπλάσια της θεμελιώδους συχνότητας παρουσιάζοντας ωστόσο μικρές αποκλίσεις. Αναλυτικότερα, στην πρώτη στήλη όλοι οι αρμονικοί απέχουν περίπου -10 Hz από τα ακέραια πολλαπλάσια της θεμελιώδους συχνότητας. Όσον αφορά την τρίτη στήλη, οι πρώτοι έξι αρμονικοί απέχουν περίπου -8 Hz, από τον έβδομο μέχρι και τον ενδέκατο απέχουν περίπου +15 Hz, ο δωδέκατος και ο δέκατος τρίτος περίπου +22 Hz και, τέλος, ο δέκατος πέμπτος και ο δέκατος έκτος περίπου +30 Hz.



(Εικόνα 4.7) Φασματογράφημα C3 piano

Ανάλυση Φάσματος Νότα: C3-C4 mezzo forte (131,9 Hz – 258,4 Hz)			
Συχνότητες αρμονικών C3	Στάθμη έντασης αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών C4	Στάθμη έντασης αρμονικών
1. 131,9 Hz	-30 dB	258,4 Hz	-26 dB
2. 258,4 Hz	-26 dB	524,9 Hz	-30 dB
3. 393,0 Hz	-29,5 dB	791,3 Hz	-26 dB
4. 524,9 Hz	-30 dB	1.049,7 Hz	-33 dB
5. 651,4 Hz	-31,5 dB	1.308,1 Hz	-31 dB
6. 791,3 Hz	-26 dB	1.582,7 Hz	-35,5 dB
7. 917,9 Hz	-39 dB	1.841,1 Hz	-34 dB
8. 1.049,7 Hz	-33 dB	2.104,9 Hz	-35,5 dB
9. 1.168,2 Hz	-40 dB	2.357,9 Hz	-33 dB
10. 1.308,1 Hz	-31 dB	2.621,7 Hz	-32 dB
11. 1.448,1 Hz	-37,5 dB	2.888,1 Hz	-32,5 dB
12. 1.582,7 Hz	-35,5 dB	3.146,5 Hz	-32 dB
13. 1.706,5 Hz	-31 dB	3.413,0 Hz	-32,5 dB
14. 1.841,1 Hz	-34 dB	3.671,4 Hz	-35,5 dB
15. 1.973,0 Hz	-41,5 dB	3.946,0 Hz	-36 dB
16. 2.104,9 Hz	-35,5 dB	4.204,4 Hz	-37,5 dB

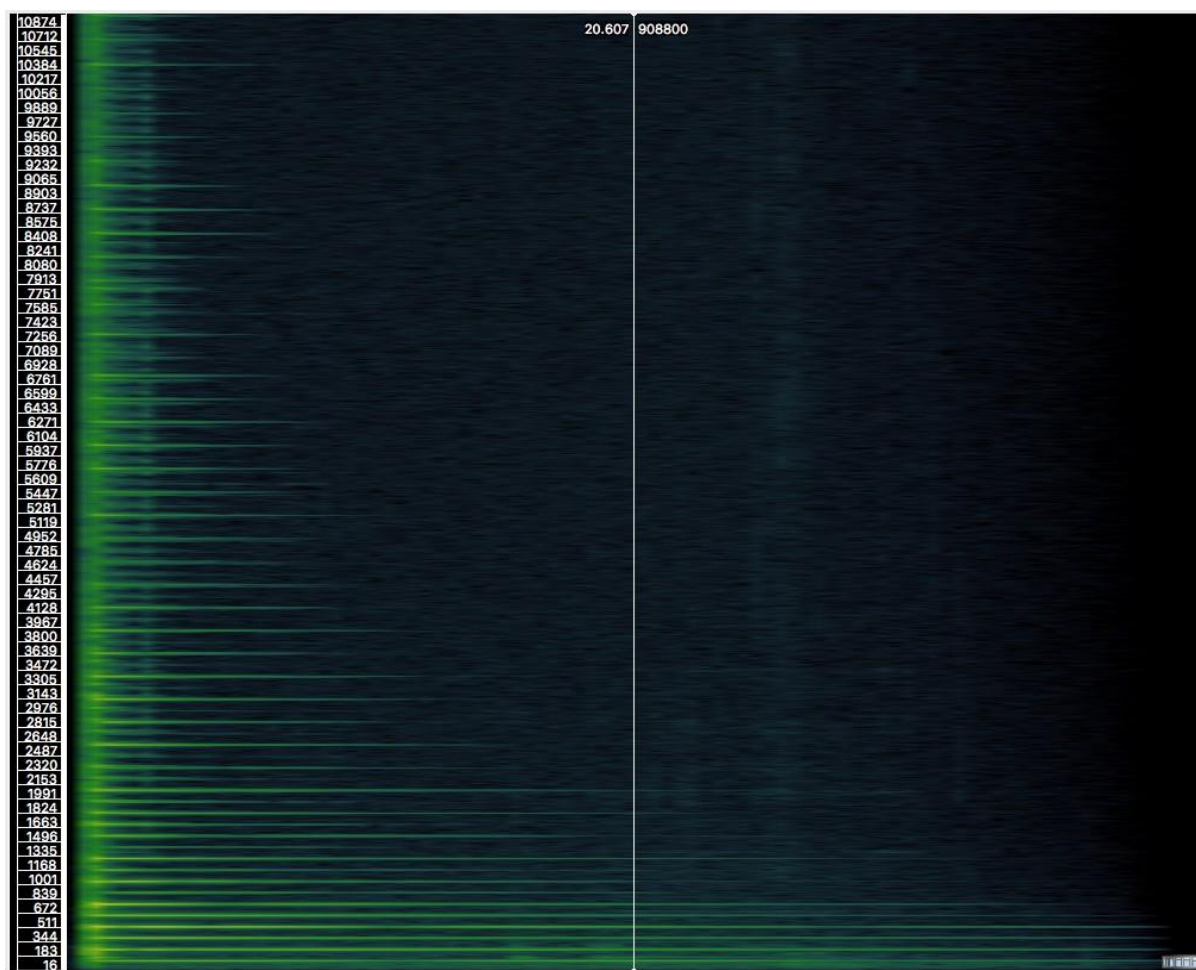
Εξετάζοντας τον παραπάνω πίνακα προκύπτει πως και στις δύο θεμελιώδεις συχνότητες (C3 – C4) οι αρμονικοί είναι ακέραια πολλαπλάσιά τους με μικρές αποκλίσεις. Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη στήλη όλοι οι αρμονικοί έχουν μία απόκλιση περίπου στα -11 Hz σε σχέση με το ακέραιο πολλαπλάσιο, εκτός από τον ένατο αρμονικό που απέχει -19,1 Hz. Στην τρίτη στήλη ο δεύτερος αρμονικός απέχει -8 Hz, οι αρμονικοί 3, 4 και 5 απέχουν περίπου +20 Hz, οι αρμονικοί 6, 7, 8 και 9 είναι περίπου στα +30 hz, οι αρμονικοί 10, 11, 12 και 13 απέχουν περίπου +45 Hz, ο δέκατος τέταρτος απέχει +54 Hz ενώ οι αρμονικοί 15 και 16 απέχουν περίπου +70 Hz.



(Εικόνα 4.8) Φασματογράφημα C3 mezzo forte

Ανάλυση Φάσματος			
Νότα: C3-C4 forte (129,2 Hz – 258,4 Hz)			
Συχνότητες αρμονικών C3	Στάθμη έντασης αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών C4	Στάθμη έντασης αρμονικών
1. 129,2 Hz	-25 dB	258,4 Hz	-24 dB
2. 258,4 Hz	-24 dB	524,9 Hz	-22,5 dB
3. 393,0 Hz	-26,5 dB	783,4 Hz	-22 dB
4. 524,9 Hz	-22,5 dB	1.049,7 Hz	-24 dB
5. 659,5 Hz	-27 dB	1.308,1 Hz	-25 dB
6. 783,4 Hz	-22 dB	1.574,6 Hz	-30 dB
7. 917,9 Hz	-39 dB	1.833,0 Hz	-29,5 dB
8. 1.049,7 Hz	-24 dB	2.099,5 Hz	-29 dB
9. 1.176,3 Hz	-34 dB	2.363,3 Hz	-35 dB
10. 1.308,1 Hz	-25 dB	2.616,3 Hz	-30,5 dB
11. 1.448,1 Hz	-37 dB	2.880,1 Hz	-35,5 dB
12. 1.574,6 Hz	-30 dB	3.146,5 Hz	-28,5 dB
13. 1.714,6 Hz	-28 dB	3.413,1 Hz	-26,5 dB
14. 1.833,0 Hz	-29,5 dB	3.671,4 Hz	-31 dB
15. 1.972,1 Hz	-33 dB	3.937,9 Hz	-32 dB
16. 2.099,5 Hz	-29 dB	4.204,4 Hz	-31,5 dB

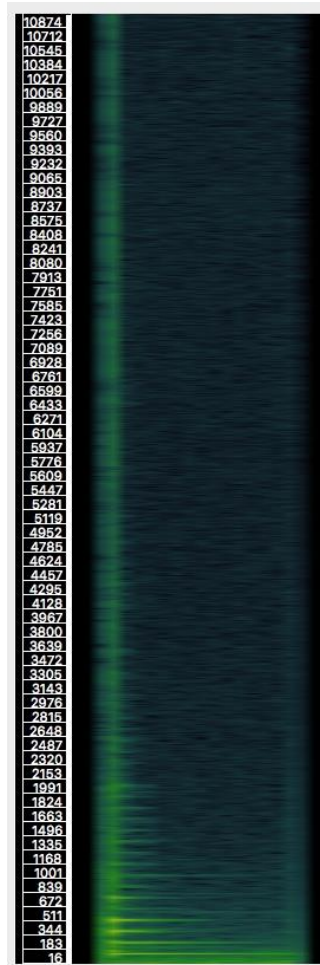
Και στον τρίτο πίνακα οι αρμονικοί είναι ακέραια πολλαπλάσια της θεμελιώδους συχνότητας αλλά με μικρές διαφορές σε σχέση με τις ιδανικές συχνότητες. Στην πρώτη στήλη οι πρώτοι δέκα αρμονικοί έχουν απόκλιση περίπου +14 Hz, ο ενδέκατος +27 Hz, ενώ οι αρμονικοί 12, 13, 14, 15 και 16 απέχουν περίπου +35 Hz. Στην τρίτη στήλη οι αρμονικοί 2 και 3 απέχουν περίπου +8 Hz, οι αρμονικοί 4, 5 περίπου +15 Hz, οι αρμονικοί 6 και 7 περίπου +25 Hz, οι αρμονικοί 8, 9, 10 και 11 περίπου +37 Hz, οι αρμονικοί 12, 13 περίπου +45 Hz, οι αρμονικοί 14,15 περίπου +60 Hz και, τέλος, ο δέκατος έκτος αρμονικός απέχει +70 Hz.



(Εικόνα 4.9) Φασματογράφημα C3 forte

Ανάλυση Φάσματος Νότα: C3-C4 pizzicato (131,9 Hz – 258,4 Hz)			
Συχνότητες αρμονικών C3	Στάθμη έντασης αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών C4	Στάθμη έντασης αρμονικών
1. 131,9 Hz	-26 dB	258,4 Hz	-32 dB
2. 258,4 Hz	-32 dB	522,2 Hz	-24,5 dB
3. 393,0 Hz	-25 dB	786,0 Hz	-30 dB
4. 522,2 Hz	-24,5 dB	1.039,0 Hz	-39 dB
5. 651,4 Hz	-38,5 dB	1.302,8 Hz	-42 dB
6. 786,0 Hz	-30 dB	1.434,7 Hz	-39 dB
7. 915,2 Hz	-42 dB	1.563,8 Hz	-42 dB
8. 1.039,0 Hz	-39 dB	1.695,7 Hz	-43,5 dB
9. 1.173,6 Hz	-37 dB	1.822,2 Hz	-41 dB
10. 1.302,8 Hz	-42 dB	1.951,4 Hz	-40 dB
11. 1.434,7 Hz	-39 dB	2.083,3 Hz	-40 dB
12. 1.563,8 Hz	-42 dB		
13. 1.695,7 Hz	-43,5 dB		
14. 1.822,2 Hz	-41 dB		
15. 1.951,4 Hz	-40 dB		
16. 2.083,3 Hz	-40 dB		

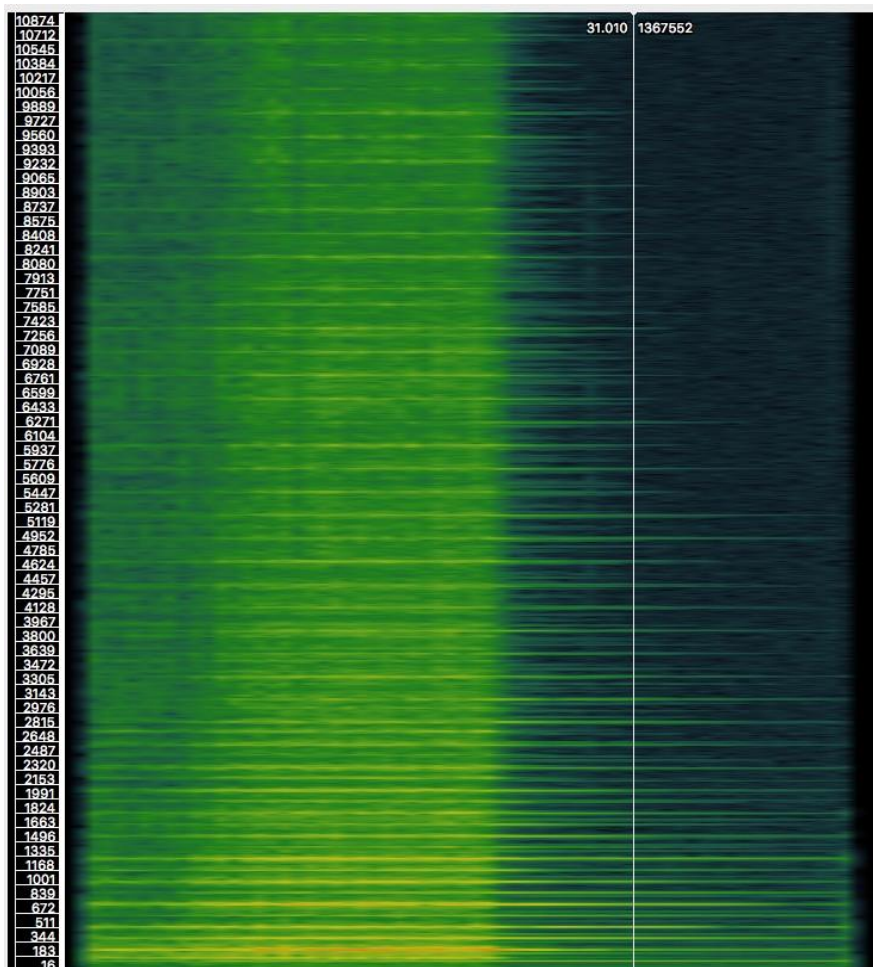
Αναλύοντας τη C3 και τη C4 με την τεχνική pizzicato προκύπτει πως στην πρώτη στήλη των αρμονικών της C3 οι συχνότητες είναι ακέραια πολλαπλάσια της θεμελιώδους συχνότητας ενώ στην δεύτερη στήλη υπάρχουν τρεις αρμονικοί οι οποίοι είναι δεκαδικά πολλαπλάσια. Πιο συγκεκριμένα, από τη δεύτερη στήλη ο έκτος αρμονικός προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της θεμελιώδους συχνότητας με το 5,5, ο όγδοος αρμονικός από τον πολλαπλασιασμό με το 6,5 και ο δέκατος αρμονικός από τον πολλαπλασιασμό με το 7,5. Στην πρώτη στήλη οι πρώτοι 8 αρμονικοί απέχουν περίπου -10 Hz σε σχέση με τα ακέραια πολλαπλάσια της θεμελιώδους συχνότητας ενώ από τον ένατο αρμονικό έως και τον δέκατο έκτο απέχουν περίπου +20 Hz. Στην τρίτη στήλη όλοι οι αρμονικοί απέχουν περίπου +15 Hz από τα ακέραια πολλαπλάσια της θεμελιώδους συχνότητας.



(Εικόνα 4.10) Φασματογράφημα C3 pizzicato

Ανάλυση Φάσματος Νότα: C3-C4 crescendo (131,9 Hz – 261,1 Hz)					
Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών		Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	
C3	Min	Max	C4	Min	Max
1. 131,9 Hz	-31,5 dB	-25,5 dB	261,1 Hz	-25 dB	-12 dB
2. 166,9 Hz	-34 dB	-27,5 dB	527,6 Hz	-27,5 dB	-21,5 dB
3. 261,1 Hz	-25 dB	-12 dB	656,8 Hz	-40 dB	-30 dB
4. 390,3 Hz	-32 dB	-22 dB	786,0 Hz	-27 dB	-18 dB
5. 527,6 Hz	-27,5 dB	-21,5 dB	915,2 Hz	-41 dB	-30 dB
6. 656,8 Hz	-40 dB	-30 dB	1.044,3 Hz	-32 dB	-21,5 dB
7. 786,0 Hz	-27 dB	-18 dB	1.308,1 Hz	-30 dB	-20 dB
8. 915,2 Hz	-41 dB	-30 dB	1.571,9 Hz	-35 dB	-24,5 dB
9. 1.044,3 Hz	-32 dB	-21,5 dB	1.835,7 Hz	-36,5 dB	-23 dB
10. 1.179,0 Hz	-33,5 dB	-24 dB	2.094,1 Hz	-35,5 dB	-28 dB
11. 1.308,1 Hz	-30 dB	-20 dB	2.236,8 Hz	-41 dB	-36 dB
12. 1.571,9 Hz	-35 dB	-24,5 dB	2.396,6 Hz	-38 dB	-26 dB
13. 1.701,1 Hz	-40 dB	-31,5 dB	2.613,6 Hz	-40 dB	-27 dB
14. 1.835,7 Hz	-36,5 dB	-23 dB	2.772,4 Hz	-38,5 dB	-25 dB
15. 1.970,3 Hz	-39 dB	-27,5 dB	2.882,6 Hz	-38,5 dB	-28 dB
16. 2.094,1 Hz	-35,5 dB	-28 dB	3.141,2 Hz	-44,5 dB	-26 dB

Στον τελευταίο πίνακα εξετάζονται οι αρμονικοί των C3 και C4 με την τεχνική crescendo. Και στην πρώτη και στην τρίτη στήλη υπάρχουν και ακέραια και δεκαδικά πολλαπλάσια της θεμελιώδους συχνότητας. Αναλυτικότερα, από την πρώτη στήλη ο δεύτερος αρμονικός προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της θεμελιώδους συχνότητας με το 1,25 ενώ από την τρίτη στήλη ο τρίτος αρμονικός προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό με το 2,5. Τέλος, ο πέμπτος αρμονικός προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό με το 3,5. Στην πρώτη στήλη οι αρμονικοί απέχουν περίπου -12 Hz σε σχέση με το ακριβές πολλαπλάσιο της θεμελιώδους συχνότητας ενώ στην τρίτη στήλη όλοι οι αρμονικοί, εκτός του δωδέκατου, απέχουν περίπου +10 Hz και ο δωδέκατος απέχει +45 Hz.



(Εικόνα 4.11) Φασματογράφημα C3 crescendo)

5. Δημιουργία ψηφιακής βιβλιοθήκης δειγμάτων

5.1. Ψηφιακή επεξεργασία δειγμάτων

Ηχογραφώντας τα δείγματα από την πηγή με μικρόφωνο ο ήχος κωδικοποιείται σε δυαδικά ψηφία και με αυτόν τον τρόπο τα δείγματα είναι έτοιμα για επεξεργασία (Percifull, 1992). Για την επεξεργασία των δειγμάτων στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε το audio editor λογισμικό της Apple, το Logic pro¹⁶. Η επεξεργασία έγινε σε κάθε επιλεγμένο ηχητικό δείγμα νότας και για κάθε δυναμική και τεχνική παιξίματος του οργάνου χωριστά.

Το πρώτο βήμα ήταν να εξισορροπηθούν οι στάθμες έντασης των δειγμάτων καθώς όπως προέκυψε και από την ανάλυση που προηγήθηκε κάποια δείγματα είχαν μεγαλύτερες αποκλίσεις μεταξύ τους και υπήρχε πιθανότητα να επηρεαστεί η ομοιογένεια του ήχου του sampler. Για τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιήθηκε η λειτουργία Normalize. Με το Normalize όλες οι νότες που ακούγονταν χαμηλότερα μετακινήθηκαν προς τη δυναμική της πιο δυνατής νότας. Κάποιες νότες που είχαν ξεπεράσει το ανώτατο όριο που ήταν επιθυμητό με βάση την αρχική δυναμική που είχε επιλεγεί ήρθαν σε ισορροπία με τις υπόλοιπες μειώνοντας λίγο το gain του. Η παραπάνω διαδικασία επαναλήφθηκε για κάθε δυναμική ξεχωριστά.

Το δεύτερο βήμα ήταν η επεξεργασία του τονικού ύψους. Στο στούντιο κατά τη διαδικασία δειγματοληψίας του οργάνου ελεγχόταν αρκετά συχνά το κούρδισμα των χορδών προκειμένου να αποφευχθεί πιθανό ξεκούρδισμά τους. Παρά το γεγονός ότι το μπουζούκι ήταν πάντα κουρδισμένο, στη λειτουργία pitch correct του προγράμματος κάποιες νότες φαίνονταν ξεκούρδιστες. Ενώ η νότα «λα» παραδείγματος χάρη ήταν κουρδισμένη στο 440, στην ίδια χορδή η νότα «ρε» φαινόταν λίγο πιο ψηλή. Πολλοί παλιοί κατασκευαστές του οργάνου υποστηρίζουν πως το «τέλειο» μπουζούκι δεν υπάρχει κι αυτό επειδή η κατασκευή του οργάνου είναι τέτοια που πλέον είναι χαρακτηριστικό της χροιάς του το γεγονός ότι οι νότες δεν είναι ακριβώς κουρδισμένες μεταξύ τους. Βασισμένος σε αυτούς ισχυρισμούς δεν έγινε καμία επεξεργασία του κουρδίσματος των νοτών από το pitch correct ώστε να μην αλλοιωθεί η αυθεντικότητα της χροιάς του οργάνου.

Στη συνέχεια στο τέλος κάθε νότας εφαρμόστηκε ένα διακριτικό fade out προκειμένου να είναι πιο ομαλό το σβήσιμο της ηχογράφησης. Κανονικά, εφόσον η κάθε νότα κρατήθηκε μέχρι να σβήσει φυσικά, δεν είναι απαραίτητο ένα fade out όμως στη συγκεκριμένη περίπτωση εφαρμόστηκε καθώς τα δύο audio technica 4050 έβγαζαν λίγο θόρυβο στην ηχογράφηση.

¹⁶ Για πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία και τη χρήση του λογισμικού «Logic Pro» βλέπε: Langford, 2014 και Sobel, 2010.

Αφού ολοκληρώθηκε η επεξεργασία των νοτών έγινε η εξαγωγή τους και η αποθήκευσή τους στον αντίστοιχο φάκελο. Κάθε αρχείο wav μετονομάστηκε με βάση την ταυτότητα της νότας που περιείχε, την οκτάβα που βρίσκεται, τη δυναμική που έχει και τον αριθμό του υποφακέλου όπου θα τοποθετούταν (π.χ. A4 p, 1). Έτσι δημιουργήθηκαν συνολικά 783 αρχεία ήχου wav.

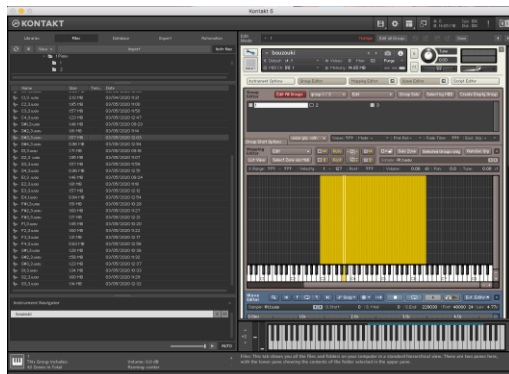
5.2. Δημιουργία Sampler

5.2.1 Επεξεργασία και εισαγωγή δειγμάτων

Το πρόγραμμα Sampler που χρησιμοποιήθηκε για την αναπαραγωγή των δειγμάτων είναι το Kontakt 5 της Native Instruments. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα επιλέχθηκε καθώς θεωρήθηκε ως το πιο φιλικό ως προς τη χρήση και τη διαχείριση από κάποιον που δεν έχει έρθει ξανά σε επαφή με πρόγραμμα δημιουργίας βιβλιοθήκης ήχων. Σε σχέση με άλλα προγράμματα της αγοράς, έχει πολύ λιγότερες απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ, δεν είναι απαραίτητη η χρήση κάρτας ήχου για να λειτουργήσει, έχει πιο ξεκάθαρο περιβάλλον εργασίας, έχει πολλές δυνατότητες παραμετροποίησης του κάθε οργάνου και ενσωματωμένο script editor, μέσω του οποίου παρέχονται πολλές επιπλέον επιλογές λειτουργιών που μπορούν να οδηγήσουν στη δημιουργία ενός sampler πολύ υψηλού επιπέδου. Τέλος, για το Kontakt υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες πληροφορίες και διδακτικά video στο διαδίκτυο οι οποίες αποδείχτηκαν πολύ χρήσιμες.

Με την εκκίνηση του Kontakt το πρώτο βήμα ήταν η τοποθέτηση των δειγμάτων στα αντίστοιχα πλήκτρα του εικονικού κλαβιέ. Όμως προκειμένου να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο έπρεπε να δημιουργηθούν διαφορετικά groups, κάθε ένα από τα οποία να αντιστοιχίζεται σε μια τεχνική. Δημιουργήθηκαν, λοιπόν, τρία groups για τις απλές νότες που ονομάστηκαν «1», «2», «3» και κατασκευάστηκε και ένα group για κάθε διαφορετική τεχνική που είχε ηχογραφηθεί (tremolo αργό, tremolo γρήγορο, crescendo tremolo, pizz. και legato). Αρχικά τα δείγματα των απλών νοτών τοποθετήθηκαν στα τρία πρώτα groups με την απλή διαδικασία της αντιγραφής - επικόλλησης. Τοποθετήθηκαν πρώτα τα δείγματα με δυναμική piano. Για όλες τις νότες υπήρχαν τουλάχιστον τρία δείγματα με την κάθε δυναμική, επομένως τοποθετήθηκαν αντίστοιχα στον κάθε φάκελο τα δείγματα που είναι παιγμένα με δυναμική piano. Μόλις φάνηκαν τα δείγματα στο mapping editor έγινε η επιλογή τους και επιλέχθηκε το auto map. Με αυτή την επιλογή, αν τα δείγματα έχουν σωστή ονομασία ως προς το όνομα

της νότας και την οκτάβα που βρίσκονται, το kontakt τα τοποθετεί αυτόματα στη σωστή θέση πάνω στο εικονικό κλαβιέ. Για καλύτερη ποιότητα του ήχου είχαν ηχογραφηθεί δείγματα για κάθε νότα του οργάνου οπότε δεν προέκυψε κάποιο κενό στην έκταση του οργάνου το οποίο θα έπρεπε να καλυφθεί με άλλα μέσα.



(Εικόνα 5.1) Εισαγωγή ηχητικών δειγμάτων με δυναμική *p*

Στη συνέχεια με αντίστοιχο τρόπο εισήχθησαν στο πρόγραμμα και τα δείγματα των υπόλοιπων δύο δυναμικών σε διαφορετικά groups. Μέσω της επιλογής velocity, που βρίσκεται στις ρυθμίσεις του κάθε group, ρυθμίστηκαν τα αντίστοιχα δείγματα με τέτοιον τρόπο έτσι ώστε να ενεργοποιούνται μόνο από διαφορετικά velocities. Έτσι σχηματίστηκαν τρία επίπεδα δυναμικής τα οποία να αντιστοιχούν στις τρεις διαφορετικές δυναμικές των δειγμάτων. Οι τιμές είχαν ως εξής: από 1-50 τα δείγματα με δυναμική pianissimo, από 50-100 τα δείγματα mezzo piano και από 100-127 τα δείγματα fortissimo. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα τρία επίπεδα δυναμικών πάνω στο Mapping Editor.

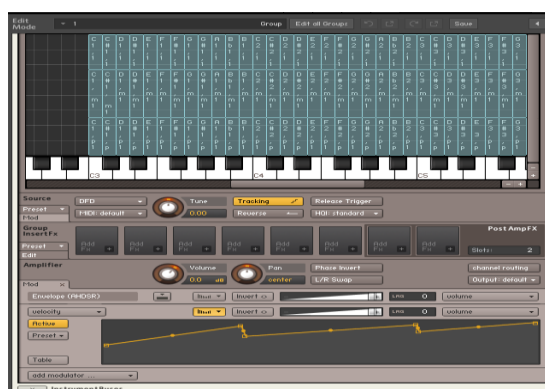


(Εικόνα 5.2) Mapping Editor

Σύντομα όμως διαπιστώθηκε ότι με τον τρόπο αυτό η μετάβαση από τη μια δυναμική στην άλλη δεν ήταν καθόλου ομαλή. Όταν από το δείγμα της δυναμικής piano γινόταν μετάβαση προς το δείγμα με δυναμική mezzo forte η διαφορά ακουγόταν πολύ έντονα. Το ίδιο και κατά τη μετάβαση από mezzo forte σε fortissimo. Ένα ακόμη πρόβλημα που

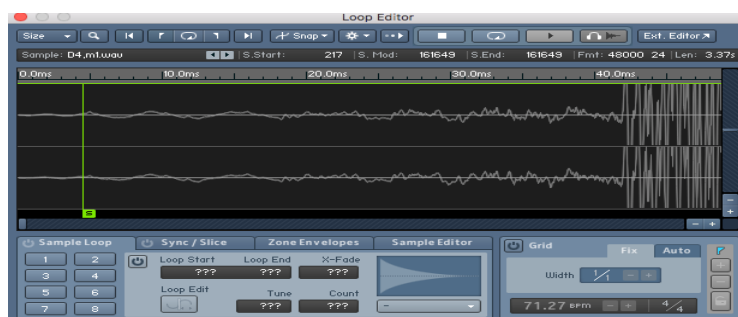
παρατηρήθηκε ήταν ότι πιέζοντας ένα πλήκτρο οι νότες που ακούγονταν δεν είχαν κοινή ατάκα με αποτέλεσμα να ακούγεται κάτι σαν echo.

Και για τα δύο αυτά ζητήματα η λύση ήταν σχετικά εύκολη. Όσον αφορά το πρώτο θέμα η λύση επιτεύχθηκε με τη χρήση ενός modulator στην επιλογή *Source* του Kontakt η οποία μεταξύ άλλων επιτρέπει να προσαρμοστεί το velocity κάθε νότας έτσι ώστε να είναι ομαλή η αλλαγή στις δυναμικές. Επίσης με αυτή την καμπύλη μπορεί ο εκάστοτε χειριστής να ορίσει ποιο να είναι το ανώτατο όριο δυναμικής και ποιο το κατώτατο όπως ο ίδιος επιθυμεί. Όπως φαίνεται στην εικόνα 5.3, δημιουργήθηκαν μετά από συστηματικό πειραματισμό τρεις καμπύλες, οι οποίες επέτρεπαν την μετάβαση από τη μια δυναμική στην επόμενη.



(Εικόνα 5.3) Envelope ADSR

Για το δεύτερο πρόβλημα η λύση βρισκόταν στο wave editor. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η επιλογή καθεμιάς νότας ξεχωριστά και μέσω του wave editor η ρύθμιση του σημείου του δείγματος από όπου θα ξεκινάει η ατάκα της κάθε νότας με το πάτημα του πλήκτρου.



(Εικόνα 5.4) Wave editor

Αφού ολοκληρώθηκε η επεξεργασία των τριών πρώτων φακέλων, που αποτελούσαν τον βασικό κορμό των δειγμάτων, σειρά είχε η επεξεργασία των αρχείων που περιλάμβαναν τις υπόλοιπες τεχνικές παιξίματος που ηχογραφήθηκαν. Εδώ δεν ακολουθήθηκε η ίδια ακριβώς διαδικασία με εκείνη των βασικών νοτών που προαναφέρθηκε καθώς καταγράφηκε μόνο μία δυναμική για κάθε τεχνική και ένα δείγμα από κάθε νότα. Παρ' όλα αυτά τα βήματα ήταν αρκετά όμοια.

Πρώτον, τα δείγματα από κάθε τεχνική εισάχθηκαν στο group με το αντίστοιχο όνομα που είχε δημιουργηθεί στο Kontakt. Στην συνέχεια, χρησιμοποιώντας το wave editor το κάθε δείγμα ρυθμίστηκε έτσι ώστε να ξεκινάει από την ατάκα της νότας. Τέλος, στο διάγραμμα του velocity ρυθμίστηκαν οι δυναμικές των δειγμάτων.

5.2.2 Προγραμματισμός sampler

Σε πολλά samplers που μελετήθηκαν, διαπιστώθηκε ότι τα πρώτα πλήκτρα του midi keyboard είναι χρωματισμένα και με το πάτημα τους δεν ακούγεται κάποια νότα αλλά χρησιμοποιούνται για την αλλαγή τεχνικής παιξίματος του οργάνου. Τα πλήκτρα αυτά δίνουν δηλαδή στον χρήστη την επιλογή να ορίσει την τεχνική που θέλει να παίζει το sampler κατά την εκάστοτε περίπτωση.

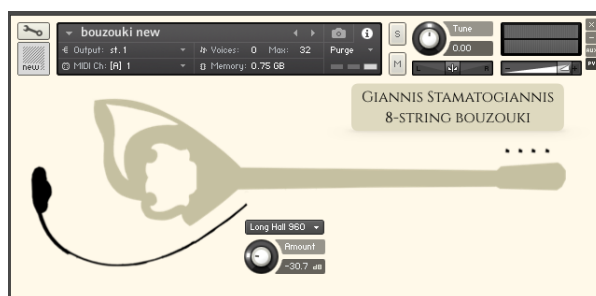
Έτσι και στην προκειμένη περίπτωση, ορίστηκε ότι στα πλήκτρα C0 και C#0 αντιστοιχίζονται οι ήχοι του sampler χωρίς κάποιο εφέ, στα πλήκτρα D0 και D#0 η τεχνική pizzicato, στα πλήκτρα E0 και F0 το αργό tremolo, στα πλήκτρα F#0 και G0 το γρήγορο tremolo, στα πλήκτρα G#0 και A0 το crescendo tremolo, στα πλήκτρα Bb0 και B0 η τεχνική legato σε διάστημα δευτέρας μικρής και στα πλήκτρα C1 και C#1 η τεχνική legato σε διάστημα δευτέρας μεγάλης.

Το επόμενο βήμα ήταν να οριστεί στο κάθε group μέσω της επιλογής modulation μια περιβάλλουσα πλάτους (ADSR). Οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν εξής: Curve : -58, Attack : 1.1 ms, Hold : 3.4 ms, Decay : 205.7 ms, Sustain : -3.0 dB, Release : 520.0 ms.



(Εικόνα 5.5) ADSR

Για τη διαμόρφωση του sampler απαραίτητη ήταν και η οπτική παρουσίασή του. Μέσω του προγράμματος Photoshop δημιούργησα ένα Logo το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως wallpaper στο sampler.



(Εικόνα 5.6)

Στην παραπάνω εικόνα (4.13) φαίνεται το sampler όπως το βλέπει ο χρήστης. Εκτός από την εικόνα, κάτω από το μπουζούκι υπάρχει ένα ποτενσιόμετρο το οποίο δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να επιλέγει το βάθος (reverb) με το οποίο επιθυμεί να ακούγεται ο ήχος του οργάνου. Στον χρήστη προσφέρονται 22 διαφορετικά βάθη (convolution reverb) τα οποία πιστεύουμε ότι θα καλύπτουν τις αισθητικές και εκτελεστικές του ανάγκες.

5.3. Αξιολόγηση Sampler και επίλυση προβλημάτων

Αφού ολοκληρώθηκε η δημιουργία της βιβλιοθήκης ξεκίνησε η διαδικασία αξιολόγησης μέσω της χρήσης της. Για τον σκοπό αυτόν χρησιμοποιήθηκαν ένα Midi κλαβιέ και τα λογισμικά Finale και Logic. Πιο συγκεκριμένα, στο Finale καταγράφηκε παρτιτούρα του κομματιού του Γιώργου Ζαμπέτα «Μπουζούκι Αγάπη μου» για το οποίο χρησιμοποιήθηκε ο ήχος του μπουζουκιού από τη σχετική βιβλιοθήκη του Kontakt.

Το κυρίως πρόβλημα εντοπίστηκε στην τεχνική του tremolo, το οποίο αντί να είναι συνεχόμενο διακόπτονταν με κάθε καινούρια νότα, προφανώς επειδή το κάθε δείγμα ξεκινούσε από την αρχή. Η πρώτη απόπειρα επίλυσης του προβλήματος ήταν μέσω πειραματισμού με την περιβάλλουσα των συγκεκριμένων δειγμάτων. Οι νέες τιμές που ορίστηκαν για να είναι λίγο πιο ομαλή η αλλαγή από τη μια νότα στην άλλη είναι: Attack : 0.00 ms, Hold : 0.00 ms, Decay : 500.0 ms, Sustain : 0.0 dB και τέλος το Release : 25.0k ms. Επίσης, έγινε σχετική παρέμβαση ώστε κάθε επόμενη νότα να ξεκινά μετά το decay του

δείγματος. Μετά από αυτές τις παρεμβάσεις υπήρξε αισθητή διαφορά. Ωστόσο το πρόβλημα δεν αντιμετωπίστηκε πλήρως.

Επίλογος

Το ξεκίνημα αυτής της εργασίας φάνταζε ένα δύσκολο εγχείρημα και οι αμφιβολίες μου για το αν θα το κατορθώσω ήταν πολλές. Στην πορεία αυτή συνάντησα αρκετά εμπόδια και δυσκολίες οι οποίες ωστόσο με συστηματική μελέτη και ενασχόληση αλλά και την καθοδήγηση από την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου επιλύθηκαν. Αναλυτικότερα, αρχικά είχα πλήρη άγνοια της χρήσης των προγραμμάτων που έπρεπε να χρησιμοποιήσω και αυτό αποτελούσε τη βασική μου δυσκολία. Επίσης, μαθαίνοντας τα προγράμματα οι πιθανότητες λανθασμένων χειρισμών ήταν πολύ συχνές με αποτέλεσμα να χρειάζεται να επαναλάβω πολλές φορές την ίδια εργασία για να φτάσω στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Ωστόσο, ολοκληρώνοντας τη συγκεκριμένη εργασία και αναλογιζόμενος την πορεία από την αρχή της μέχρι και το σημείο αυτό διαπιστώνω πως τα οφέλη που αποκόμισα είναι πολύ περισσότερα από τις δυσκολίες που συνάντησα. Κατ' αρχάς, μέσα από αυτή τη διαδικασία ήρθα σε επαφή με τα προγράμματα Kontakt και Sonic Visualizer που μέχρι πρότινος η γνώση τους και η χρήση τους από εμένα ήταν πολύ περιορισμένη. Μέσα από συγκεκριμένη βιβλιογραφία, επιμορφωτικά βίντεο και πολύωρη ενασχόληση και πειραματισμό με αυτά έμαθα να τα χειρίζομαι σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό αποκτώντας τελικά εξοικείωση με τα προγράμματα. Καθώς η χρήση των προγραμμάτων αυτών θα μου είναι απαραίτητη στη μελλοντική μου επαγγελματική πορεία η κατάκτηση αυτής της γνώσης είναι πολύτιμο εργαλείο για το μέλλον. Μια πολύ σημαντική γνώση που έλαβα στην πορεία αυτή σχετίζεται με το ίδιο το μπουζούκι. Συγκεκριμένα έμαθα πράγματα για το όργανο που εξασκώ πάνω από δεκαοχτώ χρόνια που μέχρι πρότινος αγνοούσα. Για την ακρίβεια απέκτησα γνώση σχετικά με το φάσμα των συχνοτήτων του μπουζουκιού και τις ιδιοσυχνότητες συντονισμού του. Με τον τρόπο αυτό έμαθα και κατανόησα πώς παράγεται το ιδιαίτερο ηχόχρωμα του μπουζουκιού γενικά αλλά και του δικού μου οργάνου συγκεκριμένα, με αποτέλεσμα να γνωρίσω ακόμα καλύτερα το όργανό μου. Αυτό επιτεύχθηκε μέσα από τις αναλύσεις των διαφορετικών δυναμικών και τεχνικών και παρακολουθώντας την ανταπόκριση και τη συμπεριφορά του οργάνου. Η γνώση αυτή θα μου είναι χρήσιμη σε επόμενες ηχογραφήσεις μπουζουκιού σε στούντιο καθώς θα ξέρω πώς να χειριστώ το όργανο στη διαδικασία της ηχογράφησης προκειμένου να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Το σημαντικότερο απόκτημα της εργασίας αυτής είναι και το βασικό ζητούμενό της. Με το πέρας όλου αυτού του εγχειρήματος έχω τελικά στα χέρια μου μια βιβλιοθήκη ήχων μπουζουκιού που θα περιλαμβάνει όλα τις τεχνικές που χρειάζομαι στα πρότζεκτ που αναλαμβάνω να διεκπεραιώσω.

Κάνοντας μια αξιολόγηση της βιβλιοθήκης ήχων που δημιουργήθηκε συνειδητοποιώ ότι πέτυχα τους αρχικούς μου στόχους. Για την ακρίβεια εξαρχής είχα σκοπό να δημιουργήσω μια βιβλιοθήκη που να περιλαμβάνει τις περισσότερες τεχνικές του οργάνου. Στη βιβλιοθήκη αυτή διατίθενται όλες οι νότες από την ατάκα τους μέχρι το φυσικό release τους στις τρεις βασικές δυναμικές του οργάνου, δηλαδή piano, mezzo forte και forte. Επίσης, διατίθενται οι επιμέρους τεχνικές του οργάνου οι οποίες είναι οι εξής: pizzicato, legato με ανιούσα κίνηση δευτέρας μικρής και δευτέρας μεγάλης, tremolo δεκάτων έκτων με δυναμική piano, tremolo δεκάτων έκτων με δυναμική forte, tremolo τριακοστών δευτέρων με δυναμική piano, τρέμολο τριακοστών δευτέρων με δυναμική forte και tremolo με crescendo. Οι ήχοι αυτοί ικανοποιούν σε μεγάλο βαθμό το αισθητικό μου κριτήριο και πλησιάζουν αρκετά στον φυσικό ήχο που παράγω ο ίδιος παίζοντας μπουζούκι. Σίγουρα, κάτι τέτοιο έγκειται στη σφαίρα του υποκειμενικού κι είναι πολύ πιθανό άλλοι χρήστες του προγράμματος να μην έχουν την ίδια άποψη.

Για τη δημιουργία μιας βιβλιοθήκης ήχων υψηλών προδιαγραφών είναι ιδιαίτερα σημαντική η ακρίβεια διέγερσης του οργάνου. Για το λόγο αυτό στην παρούσα εργασία αναλύθηκαν τα δείγματα από έξι διαφορετικές νότες – που καλύπτουν όλη την έκταση του οργάνου – ως προς τη συχνότητα και την έντασή τους και στις τρεις δυναμικές που ηχογραφήθηκαν. Σύμφωνα με τις συγκεκριμένες αναλύσεις προέκυψε ότι τα δείγματα ως προς τη συχνότητα είχαν απόλυτη ακρίβεια μεταξύ τους ενώ όσον αφορά τις εντάσεις υπήρχαν μικρές αποκλίσεις οι οποίες, ωστόσο, δεν είναι αισθητές από το ανθρώπινο αυτί. Κάποια άλλα συμπεράσματα που πρέπει να αναφερθούν αφορούν τη συστηματική σύγκριση των φασματικών χαρακτηριστικών του οργάνου. Μέσα από το συγκεκριμένο κεφάλαιο παρατηρήθηκε η διαφορετική συμπεριφορά του οργάνου ως προς τους αρμονικούς κάθε φορά που χρησιμοποιούταν διαφορετική τεχνική.

Κάτι που με αφήνει ανικανοποίητο ολοκληρώνοντας την δημιουργία βιβλιοθήκης σχετίζεται με την τεχνική του tremolo. Συγκεκριμένα, μεταβαίνοντας από τη μία νότα στην άλλη υπάρχει μία αισθητή διακοπή στην αρχή κάθε νέας νότας με αποτέλεσμα αυτό να μη συνάδει με την πραγματικότητα που στο tremolo ο ήχος από τη μία νότα στην άλλη είναι ενιαίος χωρίς ίχνος διακοπής. Η αστοχία αυτή προέκυψε από έλλειψη επαρκών γνώσεων του προγράμματος. Οι γνώσεις αυτές δεν ήταν δυνατόν να καλυφθούν στο χρονικό πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας.

Κλείνοντας, θα ήθελα να αναφέρω πως στόχος μου είναι να ασχοληθώ ξανά στο μέλλον με το ίδιο sampler και να το εξελίξω. Συγκεκριμένα, πρώτο μου μέλημα είναι η επόμενη έκδοσή του να είναι εμπλουτισμένη με μια τεχνική tremolo που να ανταποκρίνεται επαρκώς

στην πραγματικότητα. Η συγκεκριμένη εργασία μπορεί να εξελιχθεί περαιτέρω μελλοντικά με προσθήκη στη βιβλιοθήκη ήχων και άλλων τεχνικών του οργάνου που χρησιμοποιούνται με μικρότερη συχνότητα από αυτές που ανέφερα παραπάνω. Τέτοιες τεχνικές είναι για παράδειγμα το glissando, η τρίλια, το στακάτο αλλά και πολλές άλλες. Επίσης, θα ήθελα η εμπλουτισμένη έκδοση του προγράμματος να περιλαμβάνει ολοκληρωμένες κλίμακες βασισμένες πάνω στην τροπικότητα των λαϊκών δρόμων που χρησιμοποιεί κατά βάση το μπουζούκι. Να σημειωθεί πως κάποιες βιβλιοθήκες ήχων υψηλού επιπέδου που έχουν δημιουργήσει γνωστές εταιρίες εμπεριέχουν ολοκληρωμένες κλίμακες και φράσεις που χρησιμοποιούνται συχνά στο εκάστοτε όργανο. Μια ακόμη επιθυμία μου, η οποία ωστόσο δεν είναι στα άμεσα σχέδιά μου, είναι να φτιάξω βιβλιοθήκες ήχων και για τα υπόλοιπα όργανα της οικογένειας του μπουζουκιού, δηλαδή για το τρίχορδο μπουζούκι, τον μπαγλαμά και τον τζουρά.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Cannam C., Landore, C., Sandler, M. B., Bello, J. P. (2006) «The Sonic Visualizer: A Visualisation Platform for Semantic Descriptors from Musical Signals», Καναδάς 7th International Conference on Music Information Retrieval.
- Carnachan, R. (1999) «Sampling and the Music Industry: A Discussion of the Implications of Copyright Law», Στο *Auckland University Law Review*, Vol. 8, No. 4, σσ. 1033-1058, Νέα Ζηλανδία: University of Auckland.
- Bartlett, B., Bartlett J. (2017) *Practical Recording Techniques. The Step-by-Step Approach to Professional Audio Recording*, 7^η εκδ. Νέα Υόρκη και Λονδίνο: Routledge.
- Δαμιανάκος, Στ. (2001) *Κοινωνιολογία του ρεμπέτικου*, 2^η εκδ. Αθήνα: Εκδόσεις Πλέθρον.
- Huber, D. M., Runstein, R. E. (2005) *Modern Recording Techniques*, 6^η εκδ. ΗΠΑ: Focal Press.
- Kvifte, T. (2007) «Digital sampling and analogue aesthetics». Στο Melberg, A. (επιμ.) *Aesthetics at Work*, Όσλο: Unipub.
- Langford, S. (2014) *Digital Audio Editing. Correcting and Enhancing Audio in Pro Tools, Logic Pro, Cubase and Studio One*, Νέα Υόρκη και Λονδίνο: Focal Press.
- Λιάβας, Λ., Σημειώσεις από το μάθημα *Ελληνικά λαϊκά μουσικά όργανα*, Αθήνα: Τμήμα Μουσικών Σπουδών, ΕΚΠΑ.
- Λιάβας, Λ. «Το ρεμπέτικο», Σημειώσεις από το μάθημα *Αστική λαϊκή μουσική*, σσ. 2-4, Αθήνα: Τμήμα Μουσικών Σπουδών, ΕΚΠΑ.
- Λουκοβίκας, Μ. (2011) «Το Περιώνυμον Τρίχορδον». Στο Λουκοβίκας Μ. και Amelia M. (επιμ.) «*Archipelagos*», Αθήνα: Εκδόσεις Μετρονόμος.

Percifull, M. (1992) «Digital Sampling: Creative or Just Plain "CHEEZOID?"», Vol. 42. Case Western Reserve Law Review 1263.

Sandler, M. B. (2010) «Sonic visualiser: an open source application for viewing, analyzing, and annotating music audio files». Στο Alberto del Bimbo, Shih-Fu Chang και Arnold Smeulders (επιμ.), *MM '10: Proceedings of the 18th ACM international conference on Multimedia*, Νέα Υόρκη: Association for Computing Machinery.

Sobel, J. (2010) *Sound editing in Final Cut Studio*, Μπέρκλεϋ, Καλιφόρνια: Peachpit.

Τουμπακάρη, Ν. (2013) *Ένα βιολί διηγείται!*, Αθήνα: Εκδόσεις Καλειδοσκόπιο.

Waksberg, J. (1978) «Sampling Methods for Random Digit Dialing», *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 73, No. 361, σσ. 40-46, American Statistical Association.

Διαδικτυακές πηγές

Γεωργιάδης, Ν. (2005) «Περιοδολόγηση του λαϊκού (ρεμπέτικου) τραγουδιού», *Η κλίκα*.

Διαθέσιμο στο:

«<http://www.klika.gr/index.php/arthrografia/arthra/74-periodologisi-laikou-tragoudiou.html>»

(Ημ/νία επίσκεψης 16 Μαΐου 2020).

Κουρούσης, Στ. (2017) «Οι σχολές του μπουζουκιού κατά την προπολεμική περίοδο», *Η κλίκα*.

Διαθέσιμο στο:

«<https://www.klika.gr/index.php/arthrografia/arthra/206-oi-sxoles-tou-bouzoukiou-kata-tin-propolemiki-periodo.html>» (Ημ/νία επίσκεψης 18 Μαΐου 2020).

Κουρούσης, Στ. (2011) «Τα κουρδίσματα του μπουζουκιού και του μπαγλαμά στη δισκογραφία των 78 στροφών», *Η κλίκα*.

Διαθέσιμο στο:

«<http://www.klika.gr/index.php/afierwmata/markos-vamvakaris/169-markos-dromoi.html>»

(Ημ/νία επίσκεψης 17 Μαΐου 2020).

Πολίτης, Ν. (2019) «Από την Πανδούρα και το Τρίχορδον στο μπουζούκι», *Η κλίκα*.

Διαθέσιμο στο:

«<https://www.klika.gr/index.php/arthrografia/arthra/212-apo-tin-pandoyra-kai-to-trixordon-sto-bouzoyki.html>» (Ημ/νία επίσκεψης 17 Μαΐου 2020).

Σπυροπούλου, Ε. (2006) «Αναφορά στον ταμπουρά», *Η κλίκα*.

Διαθέσιμο στο:

«<http://www.klika.gr/index.php/arthrografia/arthra/100-anafora-ston-tamboura.html>»

(Ημ/νία επίσκεψης 17 Μαΐου 2020).

Φρονιμόπουλος, Ν. «Καλλιτεχνική οργανοποιία»

Διαθέσιμο στο:

«<https://fronik.wordpress.com/category/%CE%86%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%B1/>»

(Ημ/νία επίσκεψης 15 Μαΐου 2020).

Φρονιμόπουλος Ν., Παντελιάς, Γ. (2008) «Τρόποι δόνησης και διαγράμματα Chladni»

Διαθέσιμο στο:

«<https://www.klika.gr/index.php/peri-mousikis/organopoiia/179-tropoi-donisis-diagrammata-chladni.html>»

(Ημ/νία επίσκεψης 27 Ιουλίου 2020).

«Γιοβάν Τσαούς 1893-1942 Ένας από τους κορυφαίους ρεμπέτες δημιουργούς»

Διαθέσιμο στο:

«<https://mpouzoukimpouzouksides.blogspot.com/2016/12/yovan-cavus-1896-1942.html#>»

(Ημ/νία επίσκεψης 1 Οκτωβρίου 2020).

Βίντεο

How To Build A Piano Instrument In KONTAKT

Διαθέσιμο στο:

«<https://www.youtube.com/watch?v=b9mqaby0Axs&t=166s>» (Ημ/νία επίσκεψης 20 Μαρτίου 2020).

How to Create CUSTOM KONTAKT LIBRARIES That Show Up in the Library Window

Διαθέσιμο στο:

«<https://www.youtube.com/watch?v=LPourQD3Dv4&t=1s>» (Ημ/νία επίσκεψης 4 Απριλίου 2020).

Intro to Kontakt Scripting: Adding your First Knob + FREE KONTAKT INSTRUMENT

Διαθέσιμο στο:

«<https://www.youtube.com/watch?v=uYghRBv1piE&t=3s>» (Ημ/νία επίσκεψης 4 Απριλίου 2020).

Kontakt Tutorial: How to Make Knobs with Custom Graphics + FREE PVC Tube Kontakt Library

Διαθέσιμο στο:

«<https://www.youtube.com/watch?v=hVp07BaFUyI&t=242s>» (Ημ/νία επίσκεψης 4 Απριλίου 2020).

Kontakt Tutorial: Creating an Instrument from a Start to Finish + FREE KALIMBA KONTAKT LIBRARY

Διαθέσιμο στο:

«<https://www.youtube.com/watch?v=B2iEhJcrHxI&t=1108s>» (Ημ/νία επίσκεψης 20 Μαρτίου 2020).

Kontakt – Creating Kontakt Instruments – How To Tutorial

Διαθέσιμο στο:

«<https://www.youtube.com/watch?v=om-aKoLS58U&t=357s>» (Ημ/νία επίσκεψης 20 Μαρτίου 2020).

Πηγές εικόνων

http://www.yontown.de/Gitarre_Laute_Fiedel/Gitarre_Laute_Abendland.htm

<http://www.diakonima.gr/2014/10/12/%CE%B2%CF%85%CE%B6%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%AE-%CF%80%CE%B1%CE%BD%CE%B4%CE%BF%CF%8D%CF%81%CE%B1/>

<http://www.rompogiannakis.com/el/music-instruments/mpourgari.html>

<https://moustakasstruments.com/2015/09/26/pmtambouras2/#jp-carousel-575>

<https://slpress.gr/politismos/pandoyra-tampoyras-kai-mpoyzoyki-ena-taxidi-stoys-aiones/>

<https://www.mixanitouxronou.gr/i-tapinosi-tou-markou-vamvakari-i-periodos-pou-anagkastike-na-vgi-sti-zitiania/>

Παραρτήματα

1) Φασματική ανάλυση

Αντίστοιχα με το υποκεφάλαιο 4.3, στους παρακάτω πίνακες αναλύονται τα φάσματα συχνοτήτων των νοτών G3, D4, A4, F5 και C6 με δυναμικές piano, mezzo forte, forte και με τεχνικές pizzicato και crescendo.

Ανάλυση Φάσματος Νότα: G3-G4 piano (196,5 Hz – 393 Hz)			
Συχνότητες αρμονικών G3	Στάθμη έντασης αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών G4	Στάθμη έντασης αρμονικών
1. 196,5 Hz	-26,5 dB	393,0 Hz	-27 dB
2. 393,0 Hz	-27 dB	791,3 Hz	-31,5 dB
3. 586,8 Hz	-35 dB	1173,6 Hz	-35,5 dB
4. 791,3 Hz	-31,5 dB	1.571,9 Hz	-40 dB
5. 985,1 Hz	-41 dB	1.964,9 Hz	-43 dB
6. 1173,6 Hz	-35,5 dB	2.363,3 Hz	-42,5 dB
7. 1378,1 Hz	-44,5 dB	3.143,8 Hz	-43,5 dB
8. 1.571,9 Hz	-40 dB	3.386,1 Hz	-44 dB
9. 1.776,5 Hz	-42 dB	3.542,2 Hz	-41 dB
10. 1.964,9 Hz	-43 dB	3.940,6 Hz	-39,5 dB
11. 2.174,9 Hz	-43 dB	4.333,6 Hz	-40,5 dB
12. 2.363,3 Hz	-42,5 dB	4.731,9 Hz	-42,5 dB
13. 2.971,6 Hz	-41,5 dB	5.130,3 Hz	-46 dB
14. 3.143,8 Hz	-43,5 dB		

Ανάλυση Φάσματος Νότα: G3-G4 mezzo forte (196,5 Hz – 393 Hz)			
Συχνότητες αρμονικών G3	Στάθμη έντασης αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών G4	Στάθμη έντασης αρμονικών
1. 196,5 Hz	-24,5 dB	393,0 Hz	-26 dB
2. 393,0 Hz	-26 dB	783,3 Hz	-20,5 dB
3. 586,8 Hz	-27 dB	1173,6 Hz	-26,5 dB
4. 783,3 Hz	-20,5 dB	1.571,9 Hz	-29 dB
5. 979,8 Hz	-34,5 dB	1.964,9 Hz	-30,5 dB
6. 1173,6 Hz	-26,5 dB	2.363,3 Hz	-34,5 dB
7. 1378,1 Hz	-36,5 dB	2.745,5 Hz	-35,5 dB
8. 1.571,9 Hz	-29 dB	3.143,8 Hz	-34,5 dB
9. 1.768,4 Hz	-33 dB	3.534,1 Hz	-37 dB
10. 1.964,9 Hz	-30,5 dB	3.919,0 Hz	-43 dB
11. 2.166,8 Hz	-34 dB	4.319,4 Hz	-39,5 dB
12. 2.363,3 Hz	-34,5 dB	4.715,8 Hz	-39 dB
13. 2.557,1 Hz	-40,5 dB	5.106,1 Hz	-36,5 dB
14. 2.745,5 Hz	-35,5 dB	5.676,7 Hz	-48,5 dB
15. 2.933,9 Hz	-41,5 dB	5.923,2 Hz	-42,5 dB
16. 3.143,8 Hz	-34,5 dB	6.317,3 Hz	-40,5 dB

Ανάλυση Φάσματος Νότα: G3-G4 forte (196,5 Hz – 393 Hz)			
Συχνότητες αρμονικών G3	Στάθμη έντασης αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών G4	Στάθμη έντασης αρμονικών
1. 196,5 Hz	-22,5 dB	393,0 Hz	-25 dB
2. 393,0 Hz	-25 dB	783,3 Hz	-20,5 dB
3. 586,8 Hz	-26 dB	1173,6 Hz	-22 dB
4. 783,3 Hz	-20,5 dB	1.571,9 Hz	-28 dB
5. 979,8 Hz	-29,5 dB	1.964,9 Hz	-29 dB
6. 1173,6 Hz	-22 dB	2.355,2 Hz	-31,5 dB
7. 1378,1 Hz	-29,5 dB	2.745,5 Hz	-30 dB
8. 1.571,9 Hz	-28 dB	3.135,8 Hz	-28,5 dB
9. 1.768,4 Hz	-29,5 dB	3.534,1 Hz	-29 dB
10. 1.964,9 Hz	-29 dB	3.927,1 Hz	-30,5 dB
11. 2.199,1 Hz	-34 dB	4.319,4 Hz	-29,5 dB
12. 2.355,2 Hz	-31,5 dB	4.715,8 Hz	-32,5 dB
13. 2.557,1 Hz	-35,5 dB	5.106,1 Hz	-32 dB
14. 2.745,5 Hz	-30 dB	5.676,7 Hz	-38 dB
15. 2.955,4 Hz	-32 dB	5.873,2 Hz	-32,5 dB
16. 3.135,8 Hz	-28,5 dB	6.271,5 Hz	-36 dB

Ανάλυση Φάσματος Νότα: G3-G4 pizzicato (196,5 Hz – 393 Hz)			
Συχνότητες αρμονικών G3	Στάθμη έντασης αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών G4	Στάθμη έντασης αρμονικών
1. 196,5 Hz	-28,5 dB	393,0 Hz	-28 dB
2. 393,0 Hz	-28 dB	783,3 Hz	-34,5 dB
3. 586,8 Hz	-29,5 dB	1.181,6 Hz	-42,5 dB
4. 783,3 Hz	-34,5 dB	1.565,4 Hz	-46 dB
5. 979,8 Hz	-40,5 dB	1.964,9 Hz	-43,5 dB
6. 1049,7 Hz	-43,5 dB		
7. 1.181,6 Hz	-42,5 dB		
8. 1.370,0 Hz	-43,5 dB		
9. 1.565,4 Hz	-46 dB		
10. 1.752,3 Hz	-44,5 dB		
11. 1.964,9 Hz	-43,5 dB		

Ανάλυση Φάσματος Νότα: G3-G4 crescendo (196,5 Hz – 261,1 Hz)					
Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών		Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	
G3	Min	Max	G4	Min	Max
1. 196,5 Hz	-27 dB	-18 dB	393,0 Hz	-28 dB	-20 dB
2. 282,6 Hz	-27 dB	-19 dB	783,3 Hz	-31,5 dB	-16 dB
3. 393,0 Hz	-28 dB	-20 dB	1173,6 Hz	-30 dB	-20 dB
4. 594,9 Hz	-36 dB	-26 dB	1.571,9 Hz	-36 dB	-25 dB
5. 783,3 Hz	-31,5 dB	-16 dB	1.964,9 Hz	-37 dB	-26,5 dB
6. 979,8 Hz	-40 dB	-25 dB	2.363,3 Hz	-41 dB	-24 dB
7. 1173,6 Hz	-30 dB	-20 dB	2.761,6 Hz	-42,5 dB	-28 dB
8. 1378,1 Hz	-48 dB	-28 dB	3.135,8 Hz	-40 dB	-25,5 dB
9. 1.571,9 Hz	-28 dB	-21,5 dB	3.526,1 Hz	-39,5 dB	-30 dB
10. 1.768,4 Hz	-36 dB	-25 dB	3.784,5 Hz	-42,5 dB	-30 dB
11. 1.964,9 Hz	-41,5 dB	-27,5 dB	3.927,1 Hz	-37 dB	-25 dB
12. 2.158,7 Hz	-41,5 dB	-37 dB	4.319,4 Hz	-38,5 dB	-23,5 dB
13. 2.355,2 Hz	-41 dB	-24 dB	4.715,8 Hz	-42 dB	-26,5 dB
14. 2.761,6 Hz	-42,5 dB	-28 dB	5.106,1 Hz	-41,5 dB	-22 dB
15. 3.135,8 Hz	-40 dB	-25,5 dB	5.676,7 Hz	-43 dB	-27,5 dB
16. 3.378,0 Hz	-42 dB	-31 dB	5.923,2 Hz	-40,5 dB	-37 dB

Ανάλυση Φάσματος Νότα: D4 piano (288 Hz)		Ανάλυση Φάσματος Νότα: D4 mezzo forte (288 Hz)		Ανάλυση Φάσματος Νότα: D4 forte (298,8 Hz)	
Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών
1. 288,0 Hz	-27 dB	288,0 Hz	-24,5 dB	298,8 Hz	-21,5 dB
2. 578,7 Hz	-37,5 dB	586,8 Hz	-22,5 dB	586,8 Hz	-25 dB
3. 885,6 Hz	-36 dB	885,6 Hz	-32,5 dB	885,6 Hz	-27 dB
4. 1.162,8 Hz	-46,5 dB	1.170,9 Hz	-31,5 dB	1.181,6 Hz	-25,5 dB
5. 1.469,6 Hz	-45,5 dB	1.469,6 Hz	-30,5 dB	1.477,7 Hz	-26,5 dB
6. 1.768,4 Hz	-47 dB	1.757,6 Hz	-35,5 dB	1.768,4 Hz	-31 dB
7. 2.053,7 Hz	-51 dB	2.053,7 Hz	-30 dB	2.064,5 Hz	-31,5 dB
8. 2.352,5 Hz	-46 dB	2.352,5 Hz	-41,5 dB	2.352,5 Hz	-36 dB
9. 2.659,3 Hz	-46,5 dB	2.659,3 Hz	-38 dB	2.659,3 Hz	-30,5 dB
10. 2.947,4 Hz	-46 dB	2.947,4 Hz	-35 dB	2.947,4 Hz	-30 dB
11. 3.254,2 Hz	-41 dB	3.243,4 Hz	-42,5 dB	3.254,2 Hz	-30 dB
12. 3.550,3 Hz	-39,5 dB	3.542,2 Hz	-32 dB	3.542,2 Hz	-26,5 dB
13. 3.849,1 Hz	-50,5 dB	3.840,1 Hz	-38 dB	3.840,1 Hz	-37 dB
14. 4.155,9 Hz	-47 dB	4.147,8 Hz	-40 dB	4.155,9 Hz	-36 dB
15. 4.454,7 Hz	-49,5 dB	4.443,9 Hz	-36,5 dB	4.425,1 Hz	-22 dB

Ανάλυση Φάσματος Νότα: D4 pizzicato (298,8 Hz)		Ανάλυση Φάσματος Νότα: D4 crescendo (288 Hz)		
Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	
			Min	Max
1. 298,8 Hz	-29,5 dB	288,0 Hz	-25 dB	-15 dB
2. 586,8 Hz	-28 dB	594,9 Hz	-29 dB	-20 dB
3. 874,8 Hz	-28 dB	885,6 Hz	-32,5 dB	-21,5 dB
4. 1.181,6 Hz	-26,5 dB	1.192,4 Hz	-36 dB	-17,5 dB
5. 1.469,6 Hz	-38 dB	1.477,7 Hz	-41 dB	-27 dB
6. 1.757,6 Hz	-34,5 dB	1.761,6 Hz	-38 dB	-24 dB
7. 2.053,7 Hz	-33,5 dB	2.064,5 Hz	-42 dB	-24,5 dB
8. 2.352,5 Hz	-39,5 dB	2.360,6 Hz	-43 dB	-24 dB
9. 2.659,3 Hz	-34,5 dB	2.659,3 Hz	-39 dB	-25 dB
10. 3.235,4 Hz	-38,5 dB	2.947,4 Hz	-46 dB	-24 dB
11. 3.534,1 Hz	-42 dB	3.243,4 Hz	-42,5 dB	-25 dB
12. 3.849,1 Hz	-45 dB	3.550,3 Hz	-42,5 dB	-25,5 dB
		3.849,1 Hz	-45 dB	-32 dB
		4.137,1 Hz	-43 dB	-33,5 dB
		4.425,1 Hz	-44 dB	-22 dB
		4.750,8 Hz	-45 dB	-32 dB

Ανάλυση Φάσματος Νότα: A4 piano (444,1 Hz)		Ανάλυση Φάσματος Νότα: A4 mezzo forte (444,1 Hz)		Ανάλυση Φάσματος Νότα: A4 forte (298,8 Hz)	
Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών
16. 444,1 Hz	-29 dB	444,1 Hz	-27 dB	444,1 Hz	-25 dB
17. 874,8 Hz	-34,5 dB	874,8 Hz	-35 dB	885,6 Hz	-23 dB
18. 1,316,2 Hz	-39 dB	1,326,9 Hz	-31 dB	1,326,9 Hz	-31 dB
19. 1.757,6 Hz	-39,5 dB	1.757,6 Hz	-30,5 dB	1.768,4 Hz	-25,5 dB
20. 2.199,1 Hz	-43 dB	2.199,1 Hz	-37 dB	2.209,8 Hz	-24,5 dB
21. 2.635,1 Hz	-45 dB	2.645,9 Hz	-37,5 dB	2.645,9 Hz	-28 dB
22. 3.076,6 Hz	-50 dB	3.087,3 Hz	-37 dB	3.087,3 Hz	-27,5 dB
23. 3.528,8 Hz	-44,5 dB	3.528,8 Hz	-42 dB	3.528,8 Hz	-35 dB
24. 3.970,2 Hz	-42,5 dB	3.957,4 Hz	-43 dB	3.970,2 Hz	-29,5 dB
25. 4.411,6 Hz	-39,5 dB	4.400,8 Hz	-36,5 dB	4.411,6 Hz	-34 dB
26. 4.845,0 Hz	-44,5 dB	4.845,0 Hz	-33,5 dB	4.869,2 Hz	-26,5 dB
27. 5.299,9 Hz	-46,5 dB	5.289,1 Hz	-34,5 dB	5.263,9 Hz	-31,5 dB
28. 5.741,3 Hz	-45 dB	5.741,3 Hz	-41,5 dB	5.741,3 Hz	-32 dB
29. 6.182,7 Hz	-49,5 dB	6.182,7 Hz	-35 dB	6.204,3 Hz	-26 dB
30. 6.634,9 Hz	-50,5 dB	6.624,2 Hz	-42,5 dB	6.634,9 Hz	-35,5 dB

Ανάλυση Φάσματος Νότα: A4 pizzicato (444,1 Hz)		Ανάλυση Φάσματος Νότα: A4 crescendo (444,1 Hz)		
Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	
			Min	Max
13. 444,1 Hz	-19,5 dB	444,1 Hz	-38 dB	-20 dB
14. 887,1 Hz	-22 dB	885,6 Hz	-33 dB	-20 dB
15. 1,316,2 Hz	-30,5 dB	1.327,0 Hz	-33 dB	-20 dB
16. 1.757,6 Hz	-33 dB	1.757,6 Hz	-40 dB	-22 dB
17. 2,199,1 Hz	-38,5 dB	2.188,3 Hz	-36,5 dB	-25,5 dB
18. 2,635,1 Hz	-37,5 dB	2.645,9 Hz	-41 dB	-19,5 dB
19. 3.076,6 Hz	-38 dB	3.087,3 Hz	-43 dB	-27 dB
20. 3.507,2 Hz	-41 dB	3.528,8 Hz	-41 dB	-24 dB
21. 4.024,0 Hz	-42,5 dB	3.959,4 Hz	-43,5 dB	-25 dB
22. 4.390,1 Hz	-44 dB	4.411,6 Hz	-41 dB	-22,5 dB
		4.858,4 Hz	-42 dB	-28 dB
		5.289,1 Hz	-42 dB	-25,5 dB
		5.730,5 Hz	-41 dB	-24,5 dB
		6.172,0 Hz	-44,5 dB	-27 dB
		6.624,2 Hz	-48 dB	-29 dB
		7.057,1 Hz	-41,5 dB	-27,5 dB

Ανάλυση Φάσματος Νότα: F5 piano (699,8 Hz)		Ανάλυση Φάσματος Νότα: F5 mezzo forte (702,5 Hz)		Ανάλυση Φάσματος Νότα: F5 forte (707,9 Hz)	
Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών
1. 699,8 Hz	-36 dB	702,5 Hz	-32 dB	707,9 Hz	-22 dB
2. 1.405,0 Hz	-35 dB	1.402,3 Hz	-29,5 dB	1.407,7 Hz	-26 dB
3. 2.078,0 Hz	-41,5 dB	2.091,4 Hz	-35 dB	2.112,9 Hz	-26 dB
4. 2.796,6 Hz	-41,5 dB	2.791,2 Hz	-27 dB	2.812,7 Hz	-21,5 dB
5. 3.501,8 Hz	-43,5 dB	3.496,5 Hz	-40 dB	3.507,2 Hz	-25,5 dB
6. 4.201,7 Hz	-44,5 dB	4.194,8 Hz	-31,5 dB	4.207,0 Hz	-23 dB
7. 4.906,9 Hz	-39 dB	4.906,9 Hz	-33,5 dB	4.915,0 Hz	-27 dB
8. 5.606,7 Hz	-36,5 dB	5.596,0 Hz	-30,5 dB	5.622,9 Hz	-28,5 dB
9. 6.322,7 Hz	-45,5 dB	6.311,9 Hz	-35,5 dB	6.333,5 Hz	-25 dB
10. 7.011,7 Hz	-48 dB	7.001,0 Hz	-46 dB	7.027,9 Hz	-31 dB
11. 7.727,7 Hz	-44 dB	7.722,3 Hz	-33,5 dB	7.749,3 Hz	-26 dB
12. 8.443,7 Hz	-40,5 dB	8.438,3 Hz	-36,5 dB	8.459,9 Hz	-30 dB
13. 9.154,3 Hz	-46 dB	9.105,9 Hz	-37,5 dB	9.132,8 Hz	-36,5 dB
14. 9.881,0 Hz	-50 dB	9.864,9 Hz	-37,5 dB	9.891,8 Hz	-36 dB
15. 10.602,4 Hz	-49,5 dB	10.494,7 Hz	-43,5 dB	10.570,1 Hz	-36,5 dB

Ανάλυση Φάσματος Νότα: F5 pizzicato (697,1 Hz)		Ανάλυση Φάσματος Νότα: F5 crescendo (697,1 Hz)		
Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	
			Min	Max
1. 697,1 Hz	-20 dB	697,1 Hz	-24 dB	-18 dB
2. 1.397,0 Hz	-30 dB	1.397,0 Hz	-28,5 dB	-20 dB
3. 2.096,8 Hz	-39 dB	2.096,0 Hz	-32,5 dB	-28,5 dB
4. 2.807,4 Hz	-32,5 dB	2.796,6 Hz	-33 dB	-26,5 dB
5. 3.496,5 Hz	-32,5 dB	3.507,2 Hz	-37 dB	-23 dB
6. 4.207,0 Hz	-32 dB	4.196,3 Hz	-35,5 dB	-27 dB
7. 4.893,4 Hz	-45 dB	4.880,0 Hz	-43 dB	-27,5 dB
8. 5.617,5 Hz	-40 dB	5.606,7 Hz	-39,5 dB	-29,5 dB
9. 6.328,1 Hz	-41 dB	6.317,3 Hz	-44,5 dB	-26,5 dB
10. 7.001,0 Hz	-45,5 dB	7.001,0 Hz	-46 dB	-26,5 dB
11. 7.711,6 Hz	-41,5 dB	7.700,1 Hz	-49 dB	-26,5 dB
12. 8.459,9 Hz	-47 dB	8.459,9 Hz	-50 dB	-32 dB
		9.105,9 Hz	-46,5 dB	-28,5 dB
		9.773,4 Hz	-41,5 dB	-35,5 dB
		10.484,0 Hz	-44 dB	-37 dB
		11.329,1 Hz	-48,5 dB	-34,5 dB

Ανάλυση Φάσματος Νότα: C6 piano (1.052,4 Hz)		Ανάλυση Φάσματος Νότα: C6 mezzo forte (1.047,1 Hz)		Ανάλυση Φάσματος Νότα: C6 forte (1.052,4 Hz)	
Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών
1. 1.052,4 Hz	-30 dB	1.047,1 Hz	-20 dB	1.052,4 Hz	-18 dB
2. 2.102,2 Hz	-36,5 dB	2.096,8 Hz	-28 dB	2.102,2 Hz	-26,5 dB
3. 3.154,6 Hz	-37,5 dB	3.154,6 Hz	-28 dB	3.151,9 Hz	-25 dB
4. 4.207,0 Hz	-38 dB	4.193,6 Hz	-33 dB	4.201,7 Hz	-19,5 dB
5. 5.256,8 Hz	-40 dB	5.251,4 Hz	-32,5 dB	5.262,2 Hz	-26 dB
6. 6.317,3 Hz	-34,5 dB	6.306,5 Hz	-32 dB	6.320,0 Hz	-26,5 dB
7. 7.388,6 Hz	-42,5 dB	7.388,6 Hz	-36,5 dB	7.356,3 Hz	-26,5 dB
8. 9.520,4 Hz	-50,5 dB	8.441,0 Hz	-37 dB	8.411,4 Hz	-30 dB
9. 10.594,3 Hz	-48,5 dB	9.523,1 Hz	-37 dB	9.541,9 Hz	-31 dB
10. 11.695,2 Hz	-46 dB	10.602,4 Hz	-37 dB	10.610,5 Hz	-33 dB
		11.576,8 Hz	-41 dB	11.598,3 Hz	-30 dB

Ανάλυση Φάσματος Νότα: C6 pizzicato (1.047,1 Hz)		Ανάλυση Φάσματος Νότα: C6 crescendo (697,1 Hz)		
Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	Συχνότητες αρμονικών	Ένταση αρμονικών	
			Min	Max
1. 1.047,1 Hz	-25 dB	1.047,1 Hz	-30 dB	-13 dB
2. 2.094,1 Hz	-27,5 dB	2.086,0 Hz	-32 dB	-26,5 dB
3. 3.151,9 Hz	-25,5 dB	3.151,9 Hz	-39,5 dB	-26 dB
4. 4.188,2 Hz	-38 dB	4.188,2 Hz	-38,5 dB	-21 dB
5. 5.262,2 Hz	-32,5 dB	5.246,0 Hz	-37 dB	-28 dB
6. 6.317,3 Hz	-34 dB	6.301,2 Hz	-36,5 dB	-25,5 dB
7. 7.356,3 Hz	-38,5 dB	7.340,1 Hz	-43 dB	-26 dB
8. 8.443,7 Hz	-36,5 dB	8.368,3 Hz	-44 dB	-33,5 dB
9. 9.482,7 Hz	-42 dB	9.488,1 Hz	-40,5 dB	-35 dB
10. 10.597,1 Hz	-41 dB	10.537,8 Hz	-40,5 dB	-31 dB

2) Κώδικες προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκαν

2.1 Κώδικας προγραμματισμού για τη δημιουργία ποτενσιόμετρου με επιλογές βάθους:

```
on init
    message ("")

    make_perfvview
    set_ui_height_px(310)
    declare const $num_ir_samples := 23 {the number of ir samples used in this instrument
group}

    declare $count
    declare! ir_names[$num_ir_samples]
    !ir_names[0] := "Masterverb Hall Orven"
    !ir_names[1] := "Small Room"
    !ir_names[2] := "Long Hall 960 "
    !ir_names[3] := "Cathedral A"
    !ir_names[4] := "Cathedral B"
    !ir_names[5] := "Chamber Long"
    !ir_names[6] := "Big Chamber"
    !ir_names[7] := "Class Room"
    !ir_names[8] := "Consert Hall A"
    !ir_names[9] := "BRT 7 Hall Large A"
    !ir_names[10] := "BRT 7 Room Light"
    !ir_names[11] := "L96 Hall Large A"
    !ir_names[12] := "Studio 40x40 ft"
    !ir_names[13] := "Epic Hall Front"
    !ir_names[14] := "Epic Hall Rear"
    !ir_names[15] := "Roomy Hall Orven"
    !ir_names[16] := "Vocal Wet"
    !ir_names[17] := "Vintage Vocal"
    !ir_names[18] := "Warm"
    !ir_names[19] := "Forest"
    !ir_names[20] := "Louvre Pyramid"
    !ir_names[21] := "Big City"
    !ir_names[22] := "Golden Plate 6TC"

    declare ui_knob $Knob_6 (0,1000000,1)
    set_knob_unit ($Knob_6,$KNOB_UNIT_DB)
    set_text ($Knob_6, "Amount")
    set_knob_defval ($Knob_6,0)
    make_persistent ($Knob_6)
    set_control_help ($Knob_6,"Amount: Sets the wet amount of the convolution effect.")
```

```

declare ui_menu $ir_menu
add_menu_item ($ir_menu,"REVERB",-1)
while ($count < $num_ir_samples)
    add_menu_item ($ir_menu,!ir_names[$count],$count)
    inc ($count)
end while
move_control ($ir_menu,3,8)
make_persistent($ir_menu)
set_control_help($ir_menu,"Select Room: Selects an impulse response sample used by
the convolution reverb.")
set_knob_label ($Knob_6,_get_engine_par_disp($ENGINE_PAR_SENLEVEL_0,-
1,7,1))
move_control($Knob_6, 3, 9)

end on

on ui_control ($Knob_6)
    set_engine_par ($ENGINE_PAR_SENLEVEL_0,$Knob_6,-1,7,1)
    set_knob_label ($Knob_6,_get_engine_par_disp($ENGINE_PAR_SENLEVEL_0,-
1,7,1))
end on
on ui_control ($ir_menu)
    if ($ir_menu = -1)
        set_engine_par($ENGINE_PAR_SEND_EFFECT_BYPASS,1,-1,0,0)
    else
        set_engine_par($ENGINE_PAR_SEND_EFFECT_BYPASS,0,-1,0,0)

        load_ir_sample(get_folder($GET_FOLDER_PATCH_DIR) & "VSL Tenor
Sax Samples/IR Samples/" & !ir_names[$ir_menu] & ".wav",0,0)
    end if
end on

```

2. 2 Κώδικας προγραμματισμού για τη δημιουργία φόντου του sampler:

```
on init
    make_perfview
    set_ui_height_px(200)
    set_control_par_str ($INST_WALLPAPER_ID,$CONTROL_PAR_PICTURE,"bouzouki
new")
end on
```