ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΟΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής



Πτυχιακή εργασία

ΕΘΝΟΜΟΥΣΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ CAJON

Χρήστος Νικολόπουλος [TA1993]

Επιβλέποντες: ***Χρυσούλα Αλεξανδράκη, Νικόλαος Στεφανάκης***

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Επίκουρος Καθηγητής

Ρέθυμνο, Δεκέμβριος 2024

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Χρήστος Νικολόπουλος, 2024

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας & Ακουστικής του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου δεν υποδηλώνει απαραιτήτως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσοι συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Αρχικά, ευχαριστώ την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κ. Χρυσούλα Αλεξανδράκη, και τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Νίκο Στεφανάκη, για την καθοδήγηση, τις χρήσιμες παρατηρήσεις και τη συνεχή υποστήριξή τους σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον ραδιοφωνικό σταθμό ΣΤΟ ΚΟΚΚΙΝΟ FM[1] για την παραχώρηση του χώρου και του εξοπλισμού, όπου πραγματοποιήθηκαν οι ηχογραφήσεις του καχόν.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζω στον κ. Γιώργο Αρωνιάδα για τη βοήθειά του και την υποστήριξη του στην κατασκευή του καχόν, το οποίο με ενέπνευσε να το μελετήσω ως το θέμα της πτυχιακής μου εργασίας. Το συγκεκριμένο καχόν χρησιμοποιήθηκε για την εργασία και τη σύγκριση του με συναφή ακουστικά μοντέλα.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια και τους φίλους μου για τη στήριξη και την κατανόηση που έδειξαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

[1] https://www.avgi.gr/sto-kokkino

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζει το καχόν, ένα μουσικό όργανο με σημαντική πολιτιστική ιστορία και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ήχου. Η εργασία έχει δύο πτυχές. Η πρώτη επικεντρώνεται σε εθνομουσικολογικά στοιχεία, ενώ η δεύτερη μελετά τις ακουστικές ιδιότητες του οργάνου με τη χρήση θεωρητικών και πειραματικών μεθόδων.

Αναφορικά με την εθνομουσικολογική διάσταση, παρουσιάζεται η προέλευση και η πορεία εξέλιξης του καχόν, από τις Αφρο-Περουβιανές κοινότητες, όπου δημιουργήθηκε ως αυτοσχέδιο όργανο, μέχρι τη σημερινή του χρήση σε διάφορα μουσικά είδη. Εξετάζεται πώς το αρχικό, απλό ξύλινο κουτί εξελίχθηκε σε ένα αναγνωρισμένο μουσικό όργανο με παγκόσμια απήχηση. Παράλληλα, δίνεται έμφαση στον τρόπο με τον οποίο το καχόν λειτουργεί ως μέσο καλλιτεχνικής έκφρασης και κοινωνικής επικοινωνίας. Η εργασία περιλαμβάνει ανάλυση των τεχνικών παιξίματος και των στοιχείων που καθορίζουν τον ήχο του καχόν. Εξετάζονται τα υλικά κατασκευής, η δομή του και οι εσωτερικοί μηχανισμοί που επηρεάζουν τον ήχο του. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στην εισαγωγή σύγχρονων καινοτομιών, όπως οι μηχανισμοί snare, που διευρύνουν τις δυνατότητες του οργάνου.

Στο πλαίσιο της ακουστικής ανάλυσης, πραγματοποιήθηκαν ηχογραφήσεις του ήχου του καχόν και ανάλυση του φάσματος του ήχου. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με θεωρητικά μοντέλα, όπως το μοντέλο του συντονιστή Helmholtz και το μοντέλο της ορθογώνιας πλάκας, επιβεβαιώνοντας τη σύνθετη ηχητική υφή του οργάνου. Η διαδικασία αυτή παρείχε πολύτιμα δεδομένα για τη χρήση και την κατασκευή του οργάνου.

Η εργασία τονίζει τη σημασία μιας διεπιστημονικής προσέγγισης, που ενσωματώνει στοιχεία μουσικολογίας, ακουστικής και μηχανικής. Αυτή η προσέγγιση καθιστά τη μελέτη χρήσιμη όχι μόνο για μουσικούς και κατασκευαστές οργάνων, αλλά και για ερευνητές που ενδιαφέρονται για τη διατήρηση και προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η έρευνα ολοκληρώνεται με προτάσεις για μελλοντική μελέτη, όπως η χρήση νέων υλικών, η περαιτέρω ανάλυση του ήχου και η διερεύνηση της χρήσης του καχόν σε διαφορετικά πολιτιστικά πλαίσια. Αυτές οι κατευθύνσεις αναμένονται να προσφέρουν βαθύτερη κατανόηση και μεγαλύτερη αναγνώριση του καχόν.

ABSTRACT

This thesis examines the cajón, a musical instrument with significant cultural history and distinctive sound characteristics. The study is divided into two aspects. The first focuses on ethnomusicological elements, while the second explores the acoustic properties of the instrument using theoretical and experimental methods.

Concerning the ethnomusicological dimension, the thesis presents the origin and evolution of the cajón, from its creation as an improvised instrument within Afro-Peruvian communities to its current use across various musical genres. It examines how the original, simple wooden box evolved into a recognized musical instrument with global appeal. Additionally, it emphasizes how the cajón serves as a medium for artistic expression and social communication. The analysis includes performance techniques and the factors that define the sound of the cajón. The study also explores construction materials, structure, and internal mechanisms that influence its sound, with particular attention to the introduction of modern innovations, such as snare mechanisms, which expand the instrument's capabilities.

In the context of acoustic analysis, cajón sounds were recorded in a studio and the sound spectra of the recordings were computed. The results were compared with theoretical models, such as the Helmholtz resonator model and the rectangular plate model, confirming the instrument's complex acoustic texture. This process provided valuable insight to the use as well as the construction of the instrument.

The thesis highlights the importance of an interdisciplinary perspective, incorporating elements of musicology, acoustics, and engineering. This approach makes the study valuable not only for musicians and instrument manufacturers, but also for researchers interested in the preservation and protection of cultural heritage. The research concludes with suggestions for future study, including the use of new materials, further sound analysis, and exploration of the cajón's use in diverse cultural contexts. These directions are expected to offer deeper insights and greater recognition of the cajón.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ iii

ABSTRACT iv

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ v

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ viii

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ix

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ xi

1 Εισαγωγή 1

1.1 Σκοπός της Έρευνας 1

1.2 Αντικείμενο Εργασίας 1

1.3 Κίνητρο 1

1.4 Δομή γραπτού 2

2 Προέλευση και κατασκευή 4

2.1 Σημερινή χρήση του Cajon 6

2.2 Ανατομία του Cajon 7

2.2.1 Γεωμετρία του οργάνου 7

2.2.2 Εσωτερικός μηχανισμός 8

2.2.3 Υλικό κατασκευής 8

3 Τρόποι παιξίματος 10

3.1 Σωστή στάση του σώματος 10

3.2 Τόνοι 11

3.2.1 Τόνος μπάσου (bass tone) 11

3.2.2 Χτύπημα (slap) στο cajon: Δημιουργώντας Μουσική Αντίθεση 11

3.2.3 Ghost notes ή Grace notes 13

3.3 Πρόσθετα για την τροποποίηση της χροιάς του οργάνου 13

3.3.1 Συνδυασμός Πιατινιού με το Καχόν: Crash και ride 15
3.4 Σημειογραφία 16
3.5 Ρυθμοί 17
3.5.1 Rumba clave 17
3.5.2 Son clave 18
3.5.3 Marinera 18
3.5.4 Festejo clave 19
3.5.5 Samba 19
4 Θεωρητικό Υπόβαθρο 21
4.1 Ο συντονιστής Helmholtz 21
4.1.1 Ιστορικά Στοιχεία 21
4.1.2 Βασικές Αρχές και Λειτουργία 21
4.1.3 Υπολογισμός Συχνότητας Συντονισμού Helmholtz 22
4.2 Ακουστική Ορθογώνιας Πλάκας 23
4.2.1 Φυσικοί τρόποι δόνησης 24
4.2.2 Κυματική εξίσωση ορθογώνιας πλάκας 25
4.2.3 Φυσικές συχνότητες ορθογώνιας πλάκας 26
4.3 Έρευνα στην Ακουστική του Cajon 27
4.3.1 Παράδειγμα Αναλυτικής Μεθοδολογίας 27
4.3.2 Παραλλαγές στον παραγόμενο ήχο 29
5 Ακουστική Μελέτη 30
5.1 Πειραματική διαδικασία 30
5.1.1 Το καχόν που χρησιμοποιήθηκε στις ηχογραφήσεις 30
5.1.2 Εξοπλισμός Ηχογράφησης 32
5.1.3 Τοποθέτηση και Ρύθμιση των Μικροφώνων 32
5.2 Ανάλυση Ήχων 33

5.2.1 Φασματική Ανάλυση 34
5.2.2 Συντονισμοί και τρόποι δόνησης στο καχόν 36
5.3 Σύγκριση με θεωρητικό μοντέλο 37
6 Συμπεράσματα 40
6.1 Σύνοψη εργασίας 40
6.2 Συνεισφορά 40
6.3 Μελλοντικές προοπτικές 41

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 5-1: Διαστάσεις του καχόν που χρησιμοποιήθηκε στις ηχογραφήσεις..... 36

Πίνακας 5-2: θεωρητικές τιμές λόγων συχνοτήτων των τρόπων ταλάντωσης της ορθογώνιας πλάκας. 37

Πίνακας 5-3: Πειραματικές τιμές για τον μπάσο ήχο 38

Πίνακας 5-4: Πειραματικές τιμές για τον οξύς ήχο..... 38

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Εικόνα 2-1 :Παράδειγμα ενός από τα πρώτα cajon που ήταν απλά ξύλινα κιβώτια. 5

Εικόνα 2-2 : Roland Corporation El Cajon EC-10. 7

Εικόνα 2-3: Ανατομία του cajon 8

Εικόνα 3-1: Σωστή στάση του σώματος στο καχόν 10

Εικόνα 3-2 Τοποθέτηση χεριού για την δημιουργία του μπάσου 11

Εικόνα 3-3 Τοποθέτηση χεριού για την δημιουργία του «slap tone» 12

Εικόνα 3-4 : Σημειογραφία και Άσκηση για Ghost notes 13

Εικόνα 3-5 : Beaters 14

Εικόνα 3-6 : Wire Brushes 14

Εικόνα 3-7 : Nylon Brushes 15

Εικόνα 3-8: Ενίσχυση του ρυθμού με το χτύπημα του πιατινιού 15

Εικόνα 3-9: Δομή του Πενταγράμμου 16

Εικόνα 3-10: Απεικόνιση Σημειογραφίας Καχόν 17

Εικόνα 3-11 : Ρυθμός Rumba Clave 17

Εικόνα 3-12 : Ρυθμός Son clave 18

Εικόνα 3-13 : Ρυθμός Marinera στο cajon 19

Εικόνα 3-14 : Ο ρυθμός Samba 20

Εικόνα 4-1: Διόρθωση ισοδύναμου μήκους σε συντονιστή Helmholtz, όταν ο λαιμός περιβάλλεται από το εξωτερικό της ηχητικής κοιλότητας (αριστερά) και όταν περιβάλλεται από την ίσια την ηχητική κοιλότητα του συντονιστή. 23

Εικόνα 4-2: Πρώτος τρόπος δόνησης (m=1, n=1) 24

Εικόνα 4-3: Δεύτερος τρόπος δόνησης (m=2, n=1) 25

Εικόνα 4-4: Τρίτος τρόπος δόνησης (m=1, n=2) 25

Εικόνα 4-5: Η πειραματική διάταξη μέτρησης της ακουστικής απόκρισης του καχόν 28

Εικόνα 4-6: Ακουστική απόκριση του καχόν σε διάφορες συνθήκες παιξίματος (Pehmoeller & Ludwigsen 2015) 28

Εικόνα 5-1: Μπροστινή και Πίσω Οπή του καχόν 31

Εικόνα 5-2: Εσωτερικός Μηχανισμός και Ακουστική Βελτίωση του καχόν με Πλευρικό Άνοιγμα 31

Εικόνα 5-3: Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε κατά την ηχογράφηση. Αριστερά απεικονίζεται η κονσόλα StudioLive 32SC και δεξιά η κάρτα ήχου PreSonus STUDIO 2/6 που χρησιμοποιήθηκαν. 32

Εικόνα 5-4: Φωτογραφία του Καχόν με σημασία στην Τοποθέτηση Μικροφώνων 33

Εικόνα 5-5: Φάσμα ισχύος και Φάσμα μέτρου μπάσου ήχου 34

Εικόνα 5-6: Φάσμα ισχύος και Φάσμα μέτρου οξύ ήχου 35

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

Παρακάτω παρατίθεται ορολογία από ξενόγλωσση βιβλιογραφία, η οποία δεν έχει αποδοθεί επισήμως στην ελληνική γλώσσα. Οι όροι αποδοθήκαν ως εξής:

Cajon	Καχόν
Snare	Σουρντίνα
Homotopy Perturbation Method	Μέθοδος Ομοτοπικής Διαταραχής
Subwoofer	Ηχείο Χαμηλών Συχνοτήτων
Medium – Density Fiberboard	Ινοσανίδα Μέσης Πυκνότητας
Direct Tension System	Σύστημα Άμεσης Έντασης

1 Εισαγωγή

1.1 Σκοπός της Έρευνας

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία επιχειρείται μια συστηματική παρουσίαση και μελέτη του μουσικού οργάνου καχόν. Η ακόλουθη υποενότητα παραθέτει το αντικείμενο της εργασίας και τους ερευνητικούς στόχους, έπειτα παρουσιάζεται το κίνητρο που οδήγησε στη μελέτη του συγκεκριμένου μουσικού οργάνου, ενώ στην ενότητα 1.4 παρουσιάζεται η συνολική δομή του παρόντος κειμένου.

1.2 Αντικείμενο Εργασίας

Η εργασία επικεντρώνεται στη διερεύνηση της ακουστικής συμπεριφοράς του καχόν, καθώς και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του ως μουσικό όργανο. Παρουσιάζεται η προέλευση του οργάνου, οι τρόποι παιξίματος και οι κατασκευαστικές παράμετροι που επηρεάζουν τον ήχο του. Για τους σκοπούς της ακουστικής μελέτης, ηχογραφήθηκε το καχόν σε στούντιο και αναλύθηκαν φασματικά οι ηχογραφήσεις. Τα φάσματα που προέκυψαν συγκρίνονται με τους κανονικούς τρόπους ταλάντωσης μιας ορθογώνιας πλάκας που έχει τις ίδιες διαστάσεις με το όργανο που ηχογραφήθηκε, ώστε να διαπιστωθεί εάν υπάρχει συμφωνία της αναμενόμενης δονητικής συμπεριφοράς του οργάνου με το αντίστοιχο θεωρητικό μοντέλο.

1.3 Κίνητρο

Η ενασχόλησή μου με το καχόν ξεκίνησε σαν μια απλή περιέργεια για τον ρυθμό και τον ήχο του οργάνου, αλλά σταδιακά εξελίχθηκε σε μια πιο συστηματική ενασχόληση. Στο παρελθόν είχα την ευκαιρία να κατασκευάσω ένα καχόν με τη βοήθεια ενός κοντινού προσώπου, γεγονός που με έκανε να εκτιμήσω την επιρροή που έχουν τα υλικά και η γεωμετρία του οργάνου στον παραγόμενο ήχο. Ένα ακόμη κίνητρο είναι ότι το όργανο αυτό έχει πίσω του μια σημαντική ιστορία, που συνδέεται με την καθημερινή ζωή, την παράδοση και την έκφραση των αφροπερουβιανών κοινοτήτων. Μελετώντας την ιστορική εξέλιξη του καχόν, πρόσεξα πως το όργανο αυτό δε χρησιμοποιήθηκε μόνο για μουσική, αλλά και ως μέσο επικοινωνίας και αντίστασης σε δύσκολες κοινωνικές συνθήκες. Σταδιακά, το όργανο αυτό έγινε εξαιρετικά δημοφιλές, ξεπερνώντας τα σύνορα της λαϊκής αφροπερουβιανής μουσικής και απέκτησε θέση σε διάφορα μουσικά είδη και πολιτισμούς. Αυτή η ιστορική διάσταση μου

φάνηκε πολύ ενδιαφέρουσα, καθώς αναδεικνύει πώς ένα απλό ξύλινο κουτί μπορεί να μεταφέρει πολιτιστικά μηνύματα και να έχει έναν διαχρονικό ρόλο στην εξέλιξη και διάδοση διαφορετικών μουσικών παραδόσεων.

Το καχόν είναι ένα όργανο που, παρά την απλότητα του, παρουσιάζει εξαιρετικό ερευνητικό ενδιαφέρον στην ακουστική. Η δομή του επιτρέπει την παραγωγή πολλών διαφορετικών ήχων ανάλογα με τον τρόπο που παίζεται**,** καθένας εκ των οποίων αντιστοιχεί **σε** διαφορετικούς τρόπους δόνησης. Οι δύο κυρίαρχοι τρόποι χτυπήματος, **που** ονομάζονται μπάσο και snare και η ανάλυση των φασμάτων τους παρουσιάζει ενδιαφέρον στη σύγκρισή τους με τους αναμενόμενους συντονισμούς **του** οργάνου**..**

Το καχόν έχει ενταχθεί σε διάφορα σύγχρονα μουσικά είδη, όπως το flamenco, η jazz και η pop, κάτι που οφείλεται στην δυνατότητα του να προσθέτει ρυθμική υποστήριξη και ηχητικό βάθος χωρίς να αλλοιώνει τον βασικό του χαρακτήρα. Αυτό το καθιστά ιδιαίτερα ευέλικτο στην προσαρμογή του σε διαφορετικά μουσικά περιβάλλοντα, ενώ παράλληλα διατηρεί τον παραδοσιακό του ήχο και την απλότητα του.

Όλοι οι παραπάνω λόγοι αποτέλεσαν για εμένα ισχυρό κίνητρο να μελετήσω πιο συστηματικά το όργανο αυτό στην παρούσα πτυχιακή μου εργασία.

1.4 Δομή γραπτού

Η παρούσα εργασία χωρίζεται σε δύο κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος (κεφάλαια 2 και 3) παρουσιάζει μουσικολογικά στοιχεία της προέλευσης και της χρήσης του καχόν σε μουσικές εκτελέσεις. Το δεύτερο μέρος (κεφάλαια 4 και 5) παρουσιάζει στην ακουστική του οργάνου, εστιάζοντας αφενός στην αναμενόμενη δονητική συμπεριφορά του και αφετέρου στην επικύρωση αυτής της συμπεριφοράς μέσω της φασματικής ανάλυσης ηχογραφήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε στούντιο. Συγκεκριμένα, τα κεφάλαια που ακολουθούν παραθέτουν τις εξής πληροφορίες.

Κεφάλαιο 2: Προέλευση και κατασκευή

Εξετάζεται η ιστορική και γεωγραφική προέλευση του καχόν, η εξέλιξη του με την πάροδο του χρόνου και η χρήση του στη σύγχρονη μουσική. Επίσης, γίνεται αναλυτική αναφορά στα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του οργάνου και στην ανατομία του.

Κεφάλαιο 3: Τρόποι Παιξίματος

Περιγράφονται οι βασικές τεχνικές παιξίματος του καχόν, η σωστή στάση του σώματος και οι κύριοι τόνοι που μπορεί να παράγει το όργανο ανάλογα με τη θέση και την ένταση που το χρησιμοποιεί ο οργανοπαίχτης.

Κεφάλαιο 4: Θεωρητικό Υπόβαθρο

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο και η σχετιζόμενη έρευνα για την ακουστική του καχόν, η οποία είναι ομολογουμένως αρκετά περιορισμένη. Το καχόν ως ακουστικό μοντέλο μπορεί να θεωρηθεί ένας συντονιστής Helmholtz, ενώ ο παραγόμενος ήχος μπορεί να αποδοθεί στη δόνηση της μπροστινής επιφάνειας του οργάνου, η οποία αντιστοιχεί στο μοντέλο δόνησης μιας ορθογώνιας πλάκας. Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται επίσης στοιχεία μελέτης τους οργάνου που βρέθηκαν σε δημοσιευμένες ερευνητικές εργασίες.

Κεφάλαιο 5: Ακουστική Μελέτη

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η διαδικασία ηχογράφησης του καχόν που χρησιμοποιήθηκε για την ακουστική μελέτη, η φασματική ανάλυση των ηχογραφήσεων καθώς και η σύγκριση των συντονισμών του οργάνου με τα όσα προβλέπονται από το συντονιστή Helmholtz και τους τρόπους δόνησης της ορθογώνιας πλάκας.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

Στο τελευταίο αυτό κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα της μελέτης και ειδικότερα και παρουσιάζονται ιδέες για μελλοντική έρευνα.

2 Προέλευση και κατασκευή

Το καχόν έχει μια πλούσια ιστορία και παίζει σημαντικό ρόλο στον πολιτισμό. Αρχικά, οι άνθρωποι το χρησιμοποιούσαν ως ένα απλό ξύλινο κουτί στα λιμάνια της Κούβας και του Περού. Σήμερα, το cajon αποτελεί ένα γνωστό μουσικό όργανο που χρησιμοποιείται σε διάφορα είδη μουσικής, από flamenco μέχρι jazz και pop. Ο τρόπος κατασκευής του έχει αλλάξει με τον καιρό, με τους κατασκευαστές να χρησιμοποιούν υλικά όπως κόντρα πλακέ, οξιά και πολυουρεθάνη καθώς και να προσθέτουν μηχανισμούς snare για να βελτιώσουν τον ήχο του. Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει την προέλευση και την κατασκευή του cajon, αναδεικνύοντας πώς εξελίχθηκε από ένα απλό αντικείμενο σε ένα σύνθετο και ευέλικτο μουσικό όργανο. Οι ενότητες που ακολουθούν εστιάζουν στη γεωγραφική και ιστορική προέλευση του οργάνου, στη σημερινή του χρήση καθώς και την ανατομία, τη γεωμετρία και τη δομή του οργάνου. Γεωγραφική και ιστορική προέλευση.

Το καχόν αρχικά εμφανίστηκε ως ένα ξύλινο κουτί με έξι πλευρές, το οποίο χρησιμοποιούνταν ως κρουστό όργανο. Η προέλευση του αποδίδεται στην Αμερική, ενώ έχει τις ρίζες του σε αρχαία ξύλινα τύμπανα που χρησιμοποιούνταν στην Αφρική. Η λέξη "καχόν" σημαίνει "κουτί" στα ισπανικά, και προέκυψε από τη χρήση απλών ξύλινων κιβωτίων που οι εργάτες των λιμανιών στην Κούβα και το Περού χρησιμοποιούσαν για να παίζουν μουσική με τα χέρια τους, από τις αρχές του 16ου αιώνα. (Merlino, 2015).

Σύμφωνα με το Merlino (2015), οι άνθρωποι που εργάζονταν στις ακτές, ιδιαίτερα στην Κούβα και το Περού, χρησιμοποίησαν αυτά τα ξύλινα κιβώτια ως μια μορφή αυτοσχέδιου μουσικού οργάνου. Ένα τέτοιο καχόν που κατασκευάστηκε για καθαρά μουσικούς σκοπούς δημιουργήθηκε γύρω στα μέσα του 20ού αιώνα από σκληρό ξύλο όπως κέδρο. Ένας από τους πρώτους που ανέδειξαν το καχόν ήταν ο μουσικός Lazaro Pedroso, ο οποίος κατασκεύασε ένα καχόν που τοποθετείται στον γοφό, θυμίζοντας ένα παραδοσιακό τύμπανο bata. Αυτό το όργανο έγινε δημοφιλές τη δεκαετία του 1960 επειδή οι ερμηνευτές μπορούσαν να αποφύγουν θρησκευτικές διώξεις κατά τη διάρκεια παραδοσιακών τελετών της Santeria και του Cajon al Muerto.

Το διάστημα από το 1950 έως το 1970 είναι γνωστό ως η Αφρο-Περουβιανική Αναβίωση, με εμβληματικούς καλλιτέχνες όπως οι Nicomedes Santa Cruz, Victoria Santa Cruz και Jose Durand που δημιούργησαν ομάδες που χαρακτήριζαν το σύγχρονο σύνολο Αφρο-

Περουβιανικής μουσικής (Morales and Brivio, 2012). Ιδιαίτερα σημαντική είναι η εργασία του Nicodemes Santa Cruz λόγω της προσπάθειάς του να διατηρήσει και να αναπτύξει την Αφρο-Περουβιανική μουσική και το πολιτισμό. Η ομάδα του, Cumanana, είναι υπεύθυνη για τη συγκέντρωση αυτών των συνόλων, το οποίο επέτρεψε σε όργανα όπως το καχόν να μεταναστεύσουν αργότερα σε διάφορα μουσικά είδη, όπως το flamenco, η jazz και η pop (Merlino 2015).

Κατά τη δεκαετία του 1970, το καχόν γνώρισε μια νέα άνθηση χάρη στον Ισπανό κιθαρίστα flamenco Paco de Lucia και τον Βραζιλιάνο κρουστό Rubem Dantas, οι οποίοι ανακάλυψαν το όργανο και το τροποποίησαν, προσθέτοντας χορδές κιθάρας στην πίσω πλευρά για να παράγουν τον χαρακτηριστικό ήχο "snare". Αυτή η προσαρμογή το έκανε πιο δημοφιλές, ιδίως στη μουσική σκηνή του flamenco..(Dr. A.J. Merlino 2015)



Εικόνα 2-1 :Παράδειγμα ενός από τα πρώτα cajon που ήταν απλά ξύλινα κιβώτια[2].

Παρόλο που το καχόν χρησιμοποιούνταν εδώ και αιώνες στις λαϊκές μουσικές του Περού και της Αφρικής, η πραγματική του δημοτικότητα άρχισε να αυξάνεται μόλις προσέλκυσε το ενδιαφέρον του δυτικού κοινού. Κατά τη δεκαετία του 1960, το καχόν είχε έναν σημαντικό ρόλο και στην Κούβα, όπου χρησιμοποιήθηκε ως αυτοσχέδιο μουσικό όργανο. Κατά την περίοδο αυτή, η νέα κομμουνιστική κυβέρνηση του Fidel Castro απαγόρευσε την μουσική στους δρόμους, και οι Κουβανοί χρησιμοποίησαν το καχόν για να διατηρήσουν τη μουσική ζωντανή και να προσελκύσουν μεγαλύτερα πλήθη.

Ένας από τους πρώτους καλλιτέχνες που αναγνώρισε το δυναμικό του καχόν ήταν ο Alex Acuña, ένας διάσημος ντράμερ και κρουστός από το Περού, που έφερε το όργανο στις

[2] https://rolandcorp.com.au/blog/what-is-a-cajon

Ηνωμένες Πολιτείες στη δεκαετία του '70. Αν και η παρουσία του καχόν στη δυτική μουσική σκηνή ξεκίνησε από τότε, η πραγματική αναγνώριση του ήρθε αργότερα.

Η στροφή στην αναγνώριση ήρθε με τον διάσημο κιθαρίστα Flamenco, Paco de Lucia, ο οποίος δέχθηκε ένα καχόν ως δώρο από τον Περουβιανό συνθέτη Caitro Soto (Gappu Percussion, n.d.). Ο De Lucia ενθουσιάστηκε τόσο με τον ήχο του καχόν που το ενσωμάτωσε στη μουσική του. Αυτή η απόφαση τον έφερε στο επίκεντρο της μουσικής Flamenco και ενίσχυσε τη φήμη του καχόν.

Στο πέρασμα του χρόνου , το καχόν έχει εξελιχθεί, αλλά παραμένει αγαπημένο σύμβολο της περουβιανής μουσικής παράδοσης και έχει κερδίσει διεθνή αναγνώριση ως μέρος της παγκόσμιας μουσικής κληρονομιάς.

2.1 Σημερινή χρήση του Cajon

Το cajon έχει εξελιχθεί με πολλούς τρόπους. Από την αλλαγή του σχήματος του snare, μέχρι την προσθήκη αξεσουάρ και ακόμη και τη χρήση πεντάλ. Η εξέλιξη αυτή προήλθε από τον Paco de Lucia[3], ο οποίος πρόσθεσε χορδές κιθάρας στην μπροστινή όψη, προκαλώντας έναν ήχου buzz. Συνήθως, χρησιμοποιούνται σήμερα ένα ή δύο ζεύγη snare, αλλά ανάλογα με τον κατασκευαστή, μπορείτε να βρείτε και τέσσερα ή περισσότερα ζεύγη, προσφέροντας μεγαλύτερη ευελιξία στον ήχο του snare. Η ένταση αυτών των συρμάτων ρυθμίζεται εύκολα με τις σύγχρονες εξελίξεις στην κατασκευή. Πολλά cajons πλέον είναι εξοπλισμένα με ένα «Direct Tension System» , το οποίο είναι ένα κουμπί για εύκολη ρύθμιση της έντασης. ¨όπως τα ηλεκτρονικά σετ ντραμς κατακλύζουν την αγορά, έτσι και τα ηλεκτρονικά cajons έχουν αρχίσει να καθιερώνονται, με ενδιαφέρουσες επιδράσεις. Ένα από τα ηλεκτρονικά cajons είναι το EL Cajon EC-10[4], ένα πλήρως ακουστικό cajon που μπορεί να ενισχυθεί διακριτικά με ηλεκτρονικούς κρουστικούς ήχους. Μπορείς ακόμα να καθορίσεις ποιες περιοχές της επιφάνειας χτυπήματος θα ενεργοποιούν τους ήχους και πόσο ευαίσθητη θα είναι η επιφάνεια. Το ηχείο στην μπροστινή πλευρά επιτρέπει τον συνδυασμό των δύο, ενώ οι έξοδοι στο πίσω μέρος του cajon επιτρέπουν τη σύνδεση με εξωτερικά ηχεία Με την εισαγωγή του ηλεκτρονικού cajon και την αυξανόμενη αποδοχή της χρήσης των cajons ως μπάσου σε πρακτικά σετ, φαίνεται ότι ολοένα περισσότεροι ντράμερ σε παγκόσμιο επίπεδο υιοθετούν και

[3] History about GAPPU CAJON - GAPPU CAJON

[4] A Guide to the Cajon | Making Music Magazine

ενσωματώνουν το cajon στην καθημερινή τους δραστηριότητα. Η απλή κατασκευή, η εξαιρετική φορητότητα και οι διάφορες δυνατότητες τροποποίησης το καθιστούν έναν διαχρονικό κλασικό στον χώρο των κρουστών.



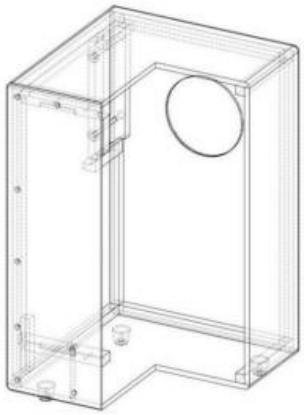
Εικόνα 2-2 : Roland Corporation El Cajon EC-10.

2.2 Ανατομία του Cajon

Στον παγκόσμιο χώρο της μουσικής, το cajon ξεχωρίζει από τα άλλα κρουστικά όργανα. Πέραν της εξωτερικής εμφανίσεις, το μυστικό κρύβεται στη δομή του που δίνει ζωντάνια σε κάθε χτύπημα. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα εξερευνήσουμε την ανατομία των βασικών στοιχείων, από την εμπρός επιφάνεια έως την τρύπα από την οποία απελευθερώνεται ο ήχος και από τι ξύλο είναι συνήθως κατασκευασμένο το όργανο αυτό. Επίσης, θα αναδείξουμε κάθε πτυχή που συμβάλει στη μοναδική ακουστική εμπειρία που προσφέρει το cajon.

2.2.1 Γεωμετρία του οργάνου

Το καχόν κατασκευάζεται από διάφορα είδη ξύλου όπως παραδείγματος χάρη κόντρα πλακέ οξιάς και είναι εμπνευσμένες από το σημερινό και πιο κοινό Flamengo cajon με διαστάσεις 300 x 300 x 470 mm. Το πάνω, το κάτω και το πλαϊνό μέρος είναι κατασκευασμένο από κόντρα πλακέ πάχους 8mm. Το πίσω μέρος του cajon είναι ελαφρώς πιο λεπτό (4mm) με ηχητική οπή διαμέτρου 120mm για να διαφεύγουν οι τόνοι αέρα και μπάσων. Η μπροστινή σανίδα είναι κατασκευασμένη από κόντρα πλακέ πάχους 3mm. (Ondrejka et al., 2017)



Εικόνα 2-3: Ανατομία του cajon

2.2.2 Εσωτερικός μηχανισμός

Οι μηχανισμοί «snare wires», που εκτείνονται από μια πλευρά στην άλλη εσωτερικά του cajon, συνήθως καλύπτουν το πάνω μισό του οργάνου. Αυτοί οι μηχανισμοί, είτε είναι αφαιρούμενοι είτε σταθεροί, έχουν σχεδιαστεί με προσοχή από τους κατασκευαστές για να επιτύχουν τη μέγιστη ποιότητα ήχου. Σε περίπτωση αφαιρούμενης μπάρας, ο χρήστης μπορεί να προβεί σε ρυθμίσεις από το εσωτερικό του cajon, ενώ σε περίπτωση σταθερής μπάρας, η ρύθμιση του μηχανισμού γίνεται από τον εξωτερικό χώρο. Τα ρυθμιζόμενα cajons με «snare wires» συνήθως διαθέτουν ένα κουμπί η μοχλό εκτός του cajon, κοντά στην τάπα. Αυτή η εξωτερική ρύθμιση επιτρέπει στον παίκτη να προσαρμόσει ή ακόμα και να σιγάσει τον ήχο «snare» καθώς κάθεται στο cajon.

2.2.3 Υλικό κατασκευής

Η κατασκευή ενός cajon μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση διαφόρων υλικών που επηρεάζουν τον τελικό ήχο και την απόκριση του οργάνου. Ανάλογα με τις προτιμήσεις του κατασκευαστή και του μουσικού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα υλικά, συμπεριλαμβανομένων ξύλο όπως οξιά, μαόνι, κελέμπι, πεύκο και κέδρος, καθώς και υλικών όπως MDF (Medium-Density Fiberboard, Σανίδα Ίνας Μεσαίας Πυκνότητας) (Alexander 2019) και κόντρα πλακέ. Επιπλέον, η χρήση η πολυουρεθάνης που χρησιμοποιείται ως κόλλα για τη συγκόλληση των διάφορων μερών του cajon που προσφέρει ανθεκτικότητα στην υγρασία και στη θερμοκρασία, καθιστώντας την κατάλληλη για μουσικά όργανα που εκτίθενται σε διάφορες συνθήκες. Επίσης, η προσθήκη ενισχυτικών υλικών όπως βίδες και βάρη μπορεί να τροποποιήσει τον ήχο του οργάνου.

Τέλος, η χρήση επιφανειακής επεξεργασίας με πολυεστερικό υλικό μπορεί να προσθέσει μάζα στην κρουστά του cajon, προσφέροντας ποικιλία επιλογών για τη βελτίωση της κατασκευής και του ήχου του cajon, προσφέροντας περισσότερες επιλογές για την προσαρμογή του οργάνου στις ατομικές προτιμήσεις του μουσικού.

3 Τρόποι παιξίματος

Μετά την αναδρομή στην ιστορία του καχόν, εστιάζοντας στην προέλευση και την εξέλιξη του, αναλύονται διάφορες πτυχές του τρόπου παιξίματος, αναδεικνύοντας τη σημασία της σωστής στάσεις του σώματος αλλά και χτυπήματα τα οποία είναι τεχνικές που χρησιμοποιούν, ώστε να εμπλουτίσουν την μουσική τους. Παράλληλα εξετάζονται τα εργαλεία που μπορούν να ενσωματώσουμε στο παίξιμο, επισημαίνοντας πώς διαφορετικές θέσεις των χεριών και οι τεχνικές προσφέρουν διάφορους ήχους και δυνατότητες εκφράσεις του καχόν.

3.1 Σωστή στάση του σώματος

Κατά την εκτέλεση μουσικής στο καχόν, η σωστή στάση και η διατήρηση σταθερότητας αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την καλύτερη απόδοση του ήχου. Ο μουσικός πρέπει να κρατά τα πόδια του ανοιχτά για να έχει σταθερότητα, ενώ το σώμα του πρέπει να είναι σε φυσιολογική θέση, χωρίς υπερβολικές κινήσεις[5]. Αυτή η στάση επιτρέπει άνετες κινήσεις, αποφεύγοντας την καταπόνηση των μυών, και βοηθά τον μουσικό να εκφραστεί καλύτερα και να πετύχει τον επιθυμητό ήχο στο καχόν.



Εικόνα 3-1: Σωστή στάση του σώματος στο καχόν

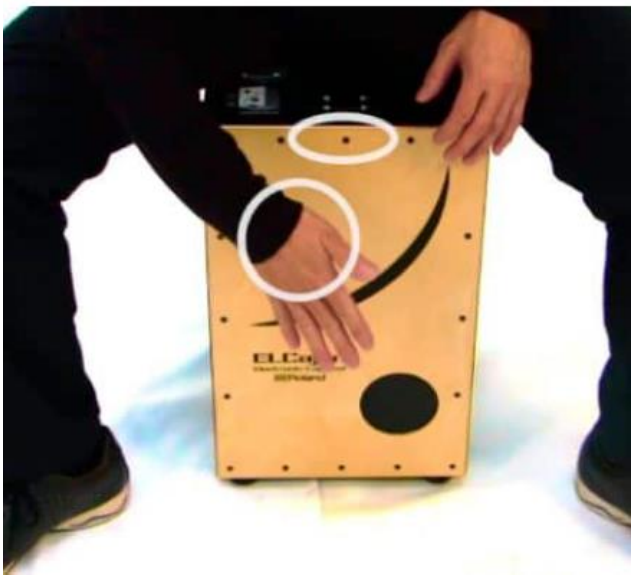
[5] https://abellanoficial.com/appcajon/2019/09/20/how-to-sit-on-the-cajon/

3.2 Τόνοι

Το καχόν, αυτό το παραδοσιακό περουβιανό κρουστό όργανο, ξεχωρίζει για τις πολλές τεχνικές που μπορούν να προσθέσουν βάθος και ποικιλία στη μουσική ερμηνεία. Ήχοι όπως το "slap tone" και οι λεπτοί ήχοι από τις "ghost" και "grace notes"[6] προσφέρουν στους μουσικούς νέες δυνατότητες για να εμπλουτίσουν τις εκτελέσεις τους. Αυτές οι τεχνικές, με βαθιές ρίζες σε πλούσιες μουσικές παραδόσεις, έχουν εξελιχθεί με την πάροδο του χρόνου και αποτελούν πλέον βασικό στοιχείο της σύγχρονης μουσικής.

3.2.1 Τόνος μπάσου (bass tone)

Ο τόνος των μπάσων είναι σημαντικός για τη διαμόρφωση του ήχου σε μια μουσική σύνθεση. Το καχόν, με αυτή την τεχνική, προσφέρει έναν βαθύ ήχο που προσθέτει πλούσιο βάθος στη μουσική. Η σωστή τεχνική χτυπήματος απαιτεί ακρίβεια και κατανόηση του οργάνου. Ο μουσικός πρέπει να τοποθετήσει το χέρι του στην επιφάνεια του καχόν για να πετύχει έναν ισορροπημένο ήχο μπάσου, που συνήθως χρησιμοποιείται για να δίνει ρυθμό στο τραγούδι.



Εικόνα 3-2 Τοποθέτηση χεριού για την δημιουργία του μπάσου

3.2.2 Χτύπημα (slap) στο cajon: Δημιουργώντας Μουσική Αντίθεση

Το “slap tone” είναι ένας από τους βασικούς ήχους του καχόν, ενός παραδοσιακού περουβιανού μουσικού οργάνου με πλούσια ιστορία και παγκόσμια επιρροή. Για να επιτευχθεί

[6] https://www.cajonexpert.com/hints_tips_getting_started_basic_strokes_techniques_playing_cajon.html

αυτός ο ήχος, ο μουσικός χτυπά την τάπα του καχόν στο άκρο της πλευράς, κρατώντας το χέρι ανοιχτό και τα δάχτυλα ελαφρώς κλειστά γύρω από την τάπα, με μια ελαφριά κλίση προς το κέντρο της παλάμης. Αυτή η τεχνική δημιουργεί έναν έντονο και διακριτό ήχο, σε αντίθεση με τον μπάσο ήχο που παράγεται όταν η τάπα χτυπιέται στο κέντρο της πλευράς. Η τεχνική του "slap tone" είναι κρίσιμη για τη μουσική εκτέλεση του καχόν, καθώς προσδίδει έναν εκρηκτικό ήχο που ενισχύει τη ρυθμική πολυπλοκότητα και την έκφραση της μουσικής ερμηνείας. Ο ήχος αυτός παράγεται με το χτύπημα της εξωτερικής επιφάνειας του καχόν με την ανοιχτή παλάμη, δημιουργώντας έναν καθαρό και δυναμικό ήχο, που προσθέτει δυναμική στη μουσική εκτέλεση.

Η ιστορία του "slap tone" ορίζεται από τη λαϊκή μουσική του Περού και της Κούβας, όπου αναπτύχθηκε ως μέρος της τοπικής μουσικής παράδοσης, όπου αργότερα η τεχνική εξελίχθηκε και διαμορφώθηκε από διάφορες πολιτιστικές επιρροές και μουσικές παραδόσεις, ενισχύοντας την πολυμορφία της μουσικής δημιουργίας. Το "slap tone" έχει εξελιχθεί σε ένα βασικό στοιχείο της μουσικής παράδοσης του καχόν, με μουσικούς από όλο τον κόσμο να υιοθετούν και να προσαρμόζουν αυτήν την τεχνική στις εκτελέσεις τους. Η χρήση του "slap tone" προσφέρει στους μουσικούς τη δυνατότητα να εκφραστούν με μεγαλύτερη δυναμική, προσδίδοντας έναν πιο πλούσιο ήχο στις ερμηνείες τους.

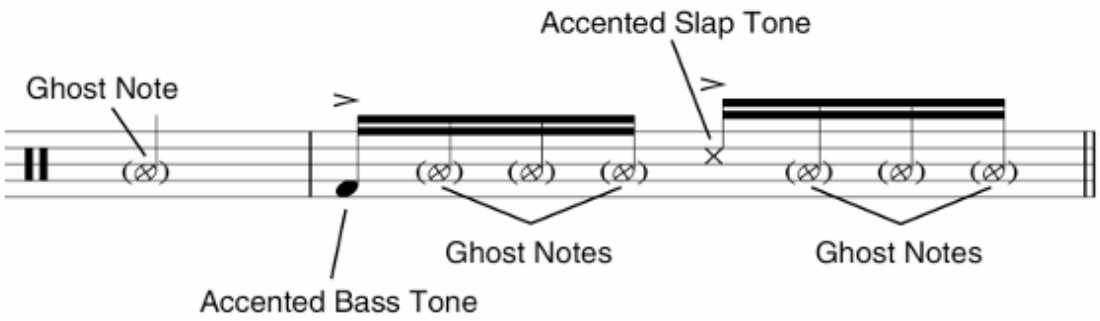


Εικόνα 3-3 Τοποθέτηση χεριού για την δημιουργία του «slap tone»

3.2.3 Ghost notes ή Grace notes

Οι αόρατες νότες "ghost notes» ονομάζονται έτσι γιατί είναι πολύ αθόρυβες και κάποιες φορές μόλις και μετά βίας ακούγονται. Χρησιμοποιούνται για να προσδώσουν χαρακτήρα και ποικιλία σε ένα ρυθμό, ανάμεσα στα κύρια τονισμένα χτυπήματα. Συνήθως παίζονται με χαμηλότερη ένταση σε σχέση με τις κύριες νότες, προσφέροντας έτσι μια πιο πλούσια και πολυδιάστατη αίσθηση στον ήχο.

Τα «Ghost Notes» και τα «Grace Notes» είναι σημαντικά στο παίξιμο του καχόν, προσθέτοντας ποικιλία και έκφραση στον ήχο του. Όπως αποτυπώνεται στην Εικόνα 3-4, τα Ghost Notes είναι αθόρυβα χτυπήματα που προστίθενται μεταξύ των κύριων ρυθμών, ενώ τα Grace Notes είναι σύντομες, έντονες νότες που δίνουν έμφαση στη μουσική. Για να εκτελεστούν σωστά τα Ghost Notes, χρειάζεται σταθερός τόνος και ένταση, κάτι που απαιτεί εξάσκηση. Συνήθως παίζεται στις επάνω γωνίες του καχόν για υψηλότερους τόνους ή για να προσθέσει χαμηλές νότες μπάσου για έναν πιο πλούσιο ήχο. Τα Grace Notes μπορούν να δοθούν με έμφαση στην επάνω επιφάνεια του καχόν για πιο έντονο αποτέλεσμα, ή λίγο πιο κάτω από την τάπα για να δώσεις έμφαση στους τόνους χωρίς να κυριαρχούν υπερβολικά στον ήχο[7].



Εικόνα 3-4 : Σημειογραφία και Άσκηση για Ghost notes

3.3 Πρόσθετα για την τροποποίηση της χροιάς του οργάνου

Η χρήση πρόσθετων στο cajon είναι μία σημαντική προσέγγιση για διαμόρφωση του μουσικού του χαρακτήρα. Πέρα από την χρήση των χεριών, το cajon αναδεικνύεται σε ένα πολυδιάστατο μουσικό όργανο με τη χρήση διάφορων εργαλείων. Υπάρχουν διάφορα εργαλεία

[7] https://www.cajonexpert.com/hints_tips_getting_started_basic_strokes_techniques_playing_cajon.html

που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο μουσικός ώστε να του δώσει τη δυνατότητα να εξερευνήσει νέους ήχους και ρυθμούς. Παρακάτω θα αναλύσουμε μερικά από τα εργαλεία αυτά.

Beaters: Τα beaters μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα πεντάλ η να χειρίζονται χειροκίνητα για να χτυπήσουν την επιφάνεια του οργάνου. Συνήθως είναι καλυμμένο από μαλλί η αφρό για να μαλακώσουν το χτύπημα και να δημιουργήσουν έναν απαλό μπάσο ήχο[8].



Εικόνα 3-5 : Beaters

Wire Brushes (Βούρτσες μεταλλικές): Οι βούρτσες αυτές είναι φτιαγμένες από λεπτά μεταλλικά σύρματα που συγκρατούνται στη βάση της λαβής. Είναι ιδανικές για παραγωγή διαφόρων ήχων, από μια απαλή ψιθυριστή έως έναν δυνατό, μεταλλικό ήχο. Οι μεταλλικές τρίχες μπορούν να παράγουν ένα σφιχτό ήχο στην επιφάνεια του cajon, καθιστώντας τις κατάλληλες για παίξιμο που απαιτεί ήχο snare.



Εικόνα 3-6 : Wire Brushes

[8] Cajon Brushes : An Accessory for Creative Expression - Kopf Percussion®

Nylon Brushes (Βούρτσες νάιλον): Οι βούρτσες νάιλον είναι φτιαγμένες απο νάιλον τρίχες που συγκρατούνται στη βάση της λαβής. Παράγουν έναν πιο απαλό ήχο σε σύγκριση με τις μεταλλικές βούρτσες και είναι κατάλληλες για παίξιμο που απαιτεί έναν πιο ήπιο ήχο. Επίσης, είναι λιγότερο πιθανό να προκαλέσουν ζημιά στην επιφάνεια του cajon σε σχέση με τις μεταλλικές βούρτσες.



Εικόνα 3-7 : Nylon Brushes

3.3.1 Συνδυασμός Πιατινιού με το Καχόν: Crash και ride

Σήμερα, πολλοί μουσικοί που παίζουν το καχόν ανακαλύπτουν ότι η προσθήκη ενός πιατινιού μπορεί να εμπλουτίσει τις δυνατότητες του οργάνου, προσφέροντας νέες και ενδιαφέρουσες εκφραστικές επιλογές. Το πιατίνι μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δύο βασικούς τρόπους:



Εικόνα 3-8: Ενίσχυση του ρυθμού με το χτύπημα του πιατινιού

Κρας (Crash): Η πρώτη χρήση του πιατινιού είναι για τονισμό σημαντικών στιγμών στη μουσική, όπως η αρχή ή το τέλος μιας φράσης. Όταν χτυπάς το πιατίνι δυνατά, δημιουργείται ένας έντονος ήχος που αποκαλείται "κράς" (Jennings et al. 2019). Αυτή η
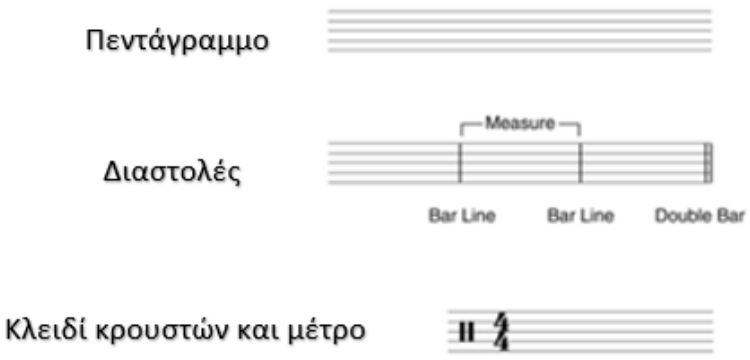
τεχνική προσδίδει ένταση και δυναμική στην εκτέλεση, εστιάζοντας την προσοχή του ακροατή σε κρίσιμα σημεία της σύνθεσης.

Ride: Εναλλακτικά, το πιατίνι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διατήρηση του ρυθμού, παίζοντας ρυθμικά μοτίβα που συμβάλλουν στη συνοχή του groove του κομματιού. Αυτή η χρήση είναι πιο ήπια, και το πιατίνι χρησιμεύει ως στήριγμα του ρυθμικού μέρους.

Για την τεχνική του «κράς», συνήθως προτιμάται ένα ελαφρύτερο πιατίνι, όπως το *thin crash* (λεπτό πιατίνι με μαλακό ήχο) ή το *splash* (μικρό πιατίνι με σύντομο, έντονο ήχο), καθώς αυτά τα μοντέλα είναι πιο ευαίσθητα και ανταποκρίνονται καλύτερα στις έντονες χτυπήματα με το χέρι. Αντίθετα, για ρυθμικά μοτίβα τύπου "ride", συνιστάται η χρήση ενός βαρύτερου πιατινιού, όπως το *crash/ride* ή ένα βαρύτερο *crash*. Αυτά τα πιατίνια παράγουν έναν πιο γεμάτο και στρογγυλό ήχο, ο οποίος είναι κατάλληλος τόσο για ρυθμικές δομές όσο και για δυναμικά "κράς" χτυπήματα (Jennings et al. 2019).
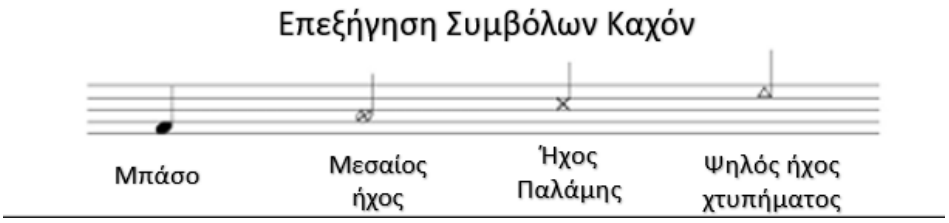
3.4 Σημειογραφία

Η παραδοσιακή μουσική σημειογραφία όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 3-9 χρησιμοποιείται από ένα πεντάγραμμο για να αναπαραστήσει τις νότες. Αυτό το πεντάγραμμο έχει πέντε γραμμές και τέσσερις κενές θέσεις, μία ανάμεσα σε κάθε δύο γραμμές.



Εικόνα 3-9: Δομή του Πενταγράμμου

Τα σύμβολα σημειογραφίας χρησιμεύει ως εργαλείο καθοδήγησης για τον εκτελεστή, παρέχοντας οδηγίες για την αναπαραγωγή του μουσικού έργου. Η θέση ενός σημείου στη γραμμή συνήθως, δείχνει τον τονικό ύψος της νότας. Για το καχόν, η σημειογραφία χρησιμοποιεί ειδικά σύμβολα, όπως στην Εικόνα 3-10, και θέσεις στη γραμμή για να δείξει ποιο τόνο θα χρησιμοποιηθεί κατά το παίξιμο από τον εκτελεστή. Κάθε τόνος έχει το δικό του σύμβολο για ευκολία στην ανάγνωση και την κατανόηση της σημειογραφίας.



Εικόνα 3-10: Απεικόνιση Σημειογραφίας Καχόν

3.5 Ρυθμοί

Η μουσική του Περού έχει έντονες επιρροές από αφρικάνικους ρυθμούς που έφεραν οι Αφρικανοί σκλάβοι[9]. Μερικά από τα πιο χαρακτηριστικά είδη αυτής της μουσικής κληρονομιάς είναι το zapateo, η rumba, το son clave, η marinera, το festejo και η samba. Κάθε περιοχή της Λατινικής Αμερικής, έχει αναπτύξει αυτούς τους ρυθμούς με τις δικές της ιδιαιτερότητες και εξέλιξη. Το καχόν υπήρξε καθοριστικό για την ανάπτυξη αυτών των ρυθμών, καθώς προσαρμόζεται εύκολα σε διάφορους ήχους και τεχνικές, ανάλογα με το μουσικό είδος. Στις επέμενες ενότητες θα αναλύσουμε αυτούς τους ρυθμούς και τις μουσικές εκφράσεις που έχουν αναδείξει.

3.5.1 Rumba clave

Η «ρούμπα» (rumba) είναι έκφραση της ενέργειας και του πάθους της κουβανικής παράδοσης. Παίζεται με χρήση κρουστών οργάνων, όπως τύμπανα quinto και tumbadoras, καθώς και «palitos» (Brushes), που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός ρυθμού «cáscara»[10]. Συχνά, η ρούμπα παίζεται με συνδυασμό με το καχόν, προσδίδοντας έναν ενδιαφέροντα και δυναμικό ήχο στη μουσική.



Εικόνα 3-11 : Ρυθμός Rumba Clave

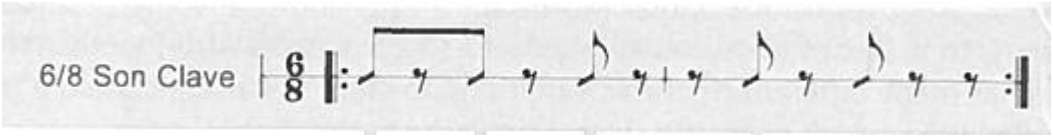
[9] History – Cajón

[10] https://www.masterclass.com/articles/latin-drumming-guide

3.5.2 Son clave

Ο ρυθμός «Son» αναδύθηκε ως σημαντικό κομμάτι της κουβανικής μουσικής, καθώς είναι ένα από τα στοιχεία που συνθέτουν τον ήχο του καχόν. Οι ρίζες του "Son" εντοπίζονται στο ανατολικό μέρος του νησιού και η εξέλιξή του συνδέεται στενά με τον κουβανικό πολιτισμό.

Το χαρακτηριστικό αυτού του ρυθμού είναι ότι έχει καθιερωθεί ως μια από τις θεμελιώδεις εκφράσεις της κουβανικής μουσικής, είναι μπάσος παλμός που προηγείται της κύριας ρυθμικής ενότητας. Αυτό το μουσικό χαρακτηριστικό, γνωστό ως «anticipated bass»[11], προσδίδει έναν μοναδικό ρυθμό στον «Son» και τις παραλλαγές του. Παραδοσιακά, εστιάζεται σε θέματα όπως η αγάπη και η πατριωτικότητα, αν και σύγχρονοι καλλιτέχνες, χρησιμοποιούν αυτό το ρυθμό για να εκφράσουν κοινωνικές και πολιτικές προοπτικές.
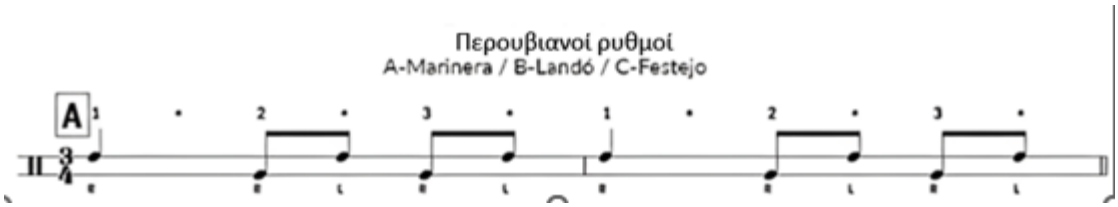


Εικόνα 3-12 : Ρυθμός Son clave

3.5.3 Marinera

Η Marinera είναι ένας χορός που αναδύθηκε από την πλούσια πολιτιστική σύνθεση της ακτής του Περού, συνδυάζοντας τις επιρροές των Ισπανών, των Μαυριτανών, των Άνδεων κα των Τσιγγάνων. Η ονομασία «Marinera» επίσημα αποδόθηκε το 1879[12], κατά τη διάρκεια του πολέμου του Ειρωνικού ως φόρος τιμής προς το Ναυτικό του Περού. Ο χορός αυτός αντικατοπτρίζει την πολεμική ιστορία της περιοχής, συνδυάζοντας την κομψότητα με την ένταση και το πάθος. Η μουσική της Marinera συνοδεύεται, παραδοσιακά από μια ποικιλία οργάνων, όπως το cajon, κλαρίνο, κιθάρα, ντραμς και bugles. Ο ρυθμός του χορού είναι γρήγορος και ζωηρός, απαιτώντας από τους χορευτές υψηλό επίπεδο επιδεξιότητας και συντονισμού. Κάθε κίνηση αποτυπώνει την ποικιλομορφία των πολιτισμών που συνέρχονται, δημιουργώντας ένα εντυπωσιακό θέαμα που αναδεικνύει τον πολιτιστικό πλούτο του Περού μέσα από τον χορό και τη μουσική της Marinera.

[11] Cuban Music History

[12] Marinera - Wikipedia



Εικόνα 3-13 : Ρυθμός Marinera στο cajon

3.5.4 Festejo clave

Το Festejo, προερχόμενο από την λέξη «fiesta» στα ισπανικά, αποτελεί μια εορταστική μορφή αφρό-περουβιανής μουσικής. Αποτελεί βασικό στοιχείο των μαύρων παράκτιων πληθυσμών (αναφέρεται συχνά στους Αφρικανικής καταγωγής πληθυσμούς που ζουν στις παράκτιες περιοχές του Περού) και εορτάζει την απελευθέρωση των σκλάβων. Ο χορός Festejo χαρακτηρίζεται από υψηλή ενέργεια και αυτοσχεδιασμό από τους χορευτές, ενώ η προέλευση του αναζητείται σε ανταγωνιστικούς κύκλους χορού που συνοδεύονταν από το παίξιμο του cajon. Το Festejo συγκεντρώνει συμμετέχοντες από όλες τις καταβολές, αναδεικνύοντας τον πολιτιστικό πλούτο του Περού. Παιζόταν παραδοσιακά στο San Luis de Canete και την περιοχή El Carmen, Chincha. Υπάρχουν θεωρίες για την προέλευση του στη Λίμα τον 17ο αιώνα, αλλά οι αποδείξεις είναι περιορισμένες πριν το 1800[13]. Παρόλα αυτά, η παρουσία των Festejos χρονολογείται από τον 19ο αιώνα, και από το 1960 καθιερώνεται ως το πιο επιδραστικό μουσικό είδος μεταξύ των Αφρό-Περουβιανών καλλιτεχνών. Ο χορός εξελίχθηκε στις αρχές του 1900, όταν η αρχική χορογραφία σχεδόν χάθηκε, και από το 1949 δημιουργήθηκε μια τυπική χορογραφία. Το «Φεστιβάλ Μαύρης Τέχνης» του Canete, από το 1971, εισάγει διαγωνισμούς και συμβάλλει στη δημοτικότητα του Festejo, ενώ τα τελευταία χρόνια οι γυναίκες προσδίδουν νέα στοιχεία, γνωστά ως «στυλ βαλεντίνας».

3.5.5 Samba

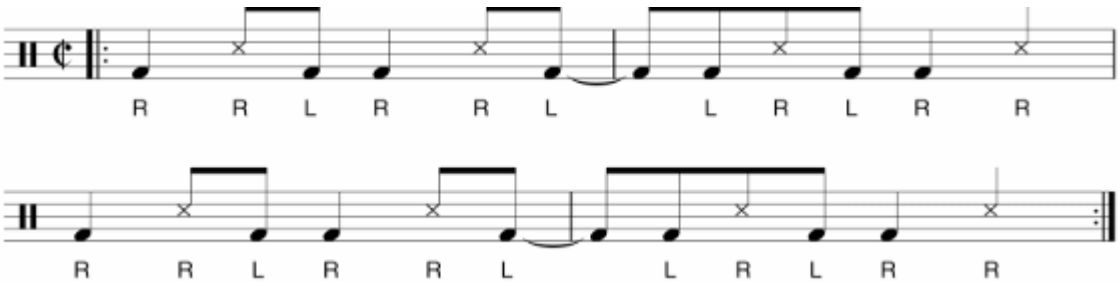
Ο ρυθμός της σάμπα είναι ένα από τα πιο χαρακτηριστικά στοιχεία που μπορεί να αποδώσει το καχόν, καθιστώντας το αναπόσπαστο κομμάτι της βραζιλιάνικης μουσικής παράδοσης. Η σάμπα προέρχεται κυρίως από τις αφροβραζιλιάνικες κοινότητες και έχει ρίζες σε παραδοσιακούς μουσικούς και χορευτικούς τύπους, όπως η samba de roda[14]. Το καχόν μπορεί να προσφέρει μια μοναδική ηχητική υφή που ενισχύει τους ρυθμούς της σάμπα. Οι χαρακτηριστικοί ρυθμοί όπως το «batucada», αναδεικνύοντας μέσα από τις διάφορες τεχνικές

[13] Festejo - Wikipedia

[14] Samba - Wikipedia

παιξίματος, όπως τα χτυπήματα με τις παλάμες και τα δάχτυλα. Αυτές οι τεχνικές προσφέρουν διαφορετικές τονικότητες και δυναμικές, δίνοντας ζωή στους ρυθμούς.

Ο ρυθμός της Samba παραδοσιακά σημειώνεται σε ένα μέτρο που ονομάζεται «cut time» (κομμένος χρόνος). Αυτό σημαίνει ότι το μέτρο κόβεται στα δύο, οπότε ένα μέτρο 4/4 δίνεται 2/2. Η samba παίζεται συνήθως σε γρήγορο τέμπο και η χρήση του «cut time» διευκολύνει την ανάγνωση της παρτιτούρας σε γρήγορες ταχύτητες.



Εικόνα 3-14 : Ο ρυθμός Samba

4 Θεωρητικό Υπόβαθρο

4.1 Ο συντονιστής Helmholtz

Ο συντονισμός Helmholtz είναι ένα βασικό φαινόμενο στην ακουστική, που συναντάται συχνά σε διάφορα ακουστικά συστήματα. Συνήθως προκύπτει όταν έχουμε ένα δοχείο αέρα με μία ανοικτή οπή. Η πιο απλή μορφή αυτού του φαινομένου μπορεί να παρατηρηθεί σε ένα άδειο γυάλινο μπουκάλι μπύρας ή αναψυκτικού, όπου φυσώντας μέσα στο μπουκάλι παράγεται ένας ήχος με συγκεκριμένη συχνότητα. Ο συντονιστής Helmholtz, που πήρε το όνομά του από τον Γερμανό φυσικό Hermann von Helmholtz, χρησιμοποιείται για τη μελέτη και ανάλυση αυτών των ακουστικών φαινομένων.

4.1.1 Ιστορικά Στοιχεία

Ο Hermann von Helmholtz ανέπτυξε τον συντονιστή του κατά τη διάρκεια του 19ου αιώνα, γύρω στο 1850, στο πλαίσιο των ερευνών του για τη φυσιολογία της ακοής και τη μουσική θεωρία. Ο Helmholtz χρησιμοποίησε τον συντονιστή του για να απομονώσει συγκεκριμένες συχνότητες από σύνθετους ήχους, όπως τα μουσικά διαστήματα και να αναλύσει πώς οι συγκεκριμένες συχνότητες συμβάλλουν στην αίσθηση του ήχου. Ο Helmholtz χρησιμοποίησε αυτόν τον συντονισμό για να αναπτύξει τους γνωστούς Helmholtz resonators, τα οποία ήταν συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη της ακουστικής των μουσικών οργάνων. Αυτά τα εργαλεία του επέτρεψαν να αναλύσει και να κατανοήσει καλύτερα την παραγωγή και τη διάδοση του ήχου[15].

Η δουλεία του Helmholtz στη φυσική και την ψυχολογία του ήχου είχε σημαντική επίδραση όχι μόνο στην επιστήμη αλλά και στη μουσική θεωρία και πρακτική, κάνοντας τον Helmholtz έναν από τους πιο σημαντικούς επιστήμονες της εποχής του.

4.1.2 Βασικές Αρχές και Λειτουργία

Ο συντονιστής Helmholtz λειτουργεί βάσει των αρχών της μάζας και της ελαστικότητας του αέρα μέσα στο δοχείο (Στεφανάκης και Κεχράκος 2024). Ο λαιμός του δοχείου λειτουργεί ως στοιχείο ακουστικής μάζας, ενώ το υπόλοιπο δοχείο προσθέτει στην

[15] https://en.wikipedia.org/wiki/Hermann_von_Helmholtz

ελαστικότητα. Η συχνότητα του ήχου που παράγεται, γνωστή ως συχνότητα συντονισμού, εξαρτάται από τις διαστάσεις του δοχείου και του λαιμού

Μπορούμε να υπολογίσουμε τη συχνότητα συντονισμού με βάση την εξίσωση:

$$f_0 = \frac{c}{2\pi}\sqrt{\frac{S}{VL}} \quad (4.1)$$

Όπου:

- f_0 είναι η συχνότητα συντονισμού
- c είναι η ταχύτητα του ήχου
- S είναι η διατομή του λαιμού
- V είναι ο όγκος του δοχείου
- L είναι το μήκος του λαιμού

Σε πειραματικές συνθήκες, μπορούμε να εκτελέσουμε μετρήσεις χρησιμοποιώντας γεννήτριες ήχου, οι οποίες παράγουν τόνους συγκεκριμένων συχνοτήτων, καθώς αυτοί διεγείρουν τον συντονιστή Helmholtz, μπορούμε τη μείωση ή την απορρόφηση συγκεκριμένων συχνοτήτων.

4.1.3 Υπολογισμός Συχνότητας Συντονισμού Helmholtz

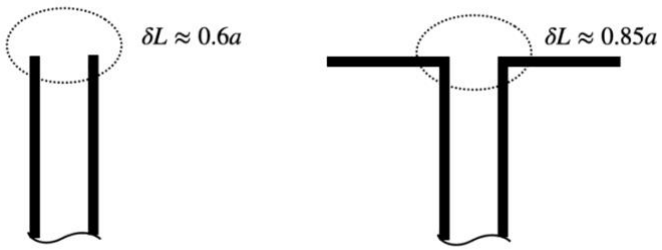
Η συχνότητα συντονισμού για μια κοιλότητα Helmholtz υπολογίζεται με τον τύπο

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{M_A C_A}} \text{ και } f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} \quad (4.2)$$

όπου:

- $C_A = \frac{V}{\rho c^2}$ = είναι η ακουστική χωρητικότητα
- $M_A = \frac{\rho Leff}{s}$ = είναι η ακουστική μάζα
- $L_{eff} = l + 0.85r$ είναι το μήκος του ισοδύναμου σωλήνα, όπου το l είναι το πάχος του MDF και r η ακτίνα της οπής,
- S = πr^2 = είναι η επιφάνεια της οπής
- V = είναι ο όγκος της κοιλότητας
- ρ = είναι η πυκνότητα του αέρα
- c = είναι η ταχύτητα του ήχου στον αέρα

Για να υπολογίσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια τη συχνότητα συντονισμού Helmholtz, χρειάζεται να συμπεριλάβουμε μια διόρθωση στα άκρα: η ισοδύναμη μάζα του αέρα που κινείται μέσα και γύρω από τον λαιμό είναι λίγο μεγαλύτερη από τις γεωμετρικές διαστάσεις του λαιμού, εξαιτίας της κινητικής ενέργειας που εμπλέκεται στη ροή του αέρα κοντά στα άκρα του λαιμού. Αυτό συνήθως λαμβάνεται υπόψη προσθέτοντας ένα μικρό επιπλέον μήκος στο πραγματικό μήκος. Το μέγεθος της απαιτούμενης διόρθωσης εξαρτάται από τη γεωμετρία γύρω από το άνοιγμα και απαιτεί αριθμητικό υπολογισμό. Δύο απλοποιημένες ιδεατές περιπτώσεις δίνουν μια ιδέα για το μέγεθος αυτής της διόρθωσης: αφορούν ένα κυκλικό άνοιγμα ακτίνας r, και έναν λαιμό που είναι περιβάλλεται είτε από την ηχητική κοιλότητα, είτε από το εξωτερικό αυτής. Η διόρθωση του φυσικού μήκους του λαιμού (ή σωλήνα) του συντονιστή, είναι απαραίτητη για την ακριβέστερη περιγραφή της συχνότητας συντονισμού του συστήματος, ώστε να λαμβάνονται υπόψη τα φαινόμενα αδράνειας και η επίδραση του αέρα στις άκρες του λαιμού (Woodhouse 2024).



Εικόνα 4-1: Διόρθωση ισοδύναμου μήκους σε συντονιστή Helmholtz, όταν ο λαιμός περιβάλλεται από το εξωτερικό της ηχητικής κοιλότητας (αριστερά) και όταν περιβάλλεται από την ίσια την ηχητική κοιλότητα του συντονιστή.

Στην περίπτωση του καχόν, ο λαιμός περιβάλλεται από την ακουστική κοιλότητα όπως φαίνεται στο δεξί διάγραμμα της Εικόνα 4-1, κι επομένως, για τον υπολογισμό του ισοδύναμου μήκους επιλέγεται η διόρθωση της εξίσωσης

$$L_{eff} = l + 0.85r \tag{4.3}$$

4.2 Ακουστική Ορθογώνιας Πλάκας

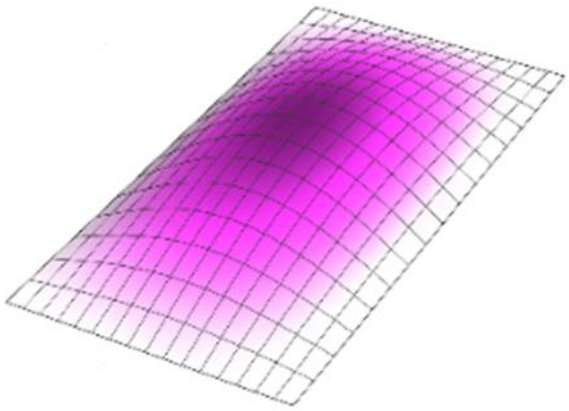
Η ανάλυση των δονήσεων και των φυσικών συχνοτήτων των λεπτών ορθογώνιων πλακών χρησιμοποιείται συνήθως για τη μηχανική, την αρχιτεκτονική και τη μουσική ακουστική. Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε την ακουστική συμπεριφορά των ορθογώνιων πλακών μέσω της μεθόδου ομοτοπικής διαταραχής (Lee et al, 2007). Αυτή μέθοδος

χρησιμοποιείται για την επίλυση μη γραμμικών προβλημάτων και προσφέρει γρήγορη σύγκλιση σε λύσεις που συνδυάζουν ημιτονοειδείς και συνημιτονοειδείς συναρτήσεις.

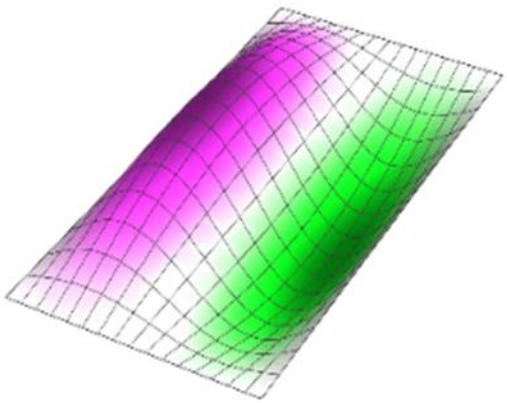
4.2.1 Φυσικοί τρόποι δόνησης

Οι φυσικοί τρόποι δόνησης της ορθογώνιας πλάκας περιγράφουν τις μορφές ταλάντωσης όταν μια τέτοια πλάκα διεγείρεται από εξωτερική δύναμη. Κάθε τέτοια μορφή συνοδεύεται από μια συγκεκριμένη συχνότητα, γνωστή ως ιδιοσυχνότητα, που εξαρτάται από τις διαστάσεις της πλάκας, τις συνθήκες στήριξης και την κατανομή της μάζας. Για τον καθορισμό αυτών των φυσικών τρόπων ταλάντωσης χρησιμοποιούνται δύο ακέραιοι συντελεστές m, n που περιγράφουν την ταλάντωση της πλάκας στις δύο διαστάσεις, x και y, αντίστοιχα, όπου x αντιστοιχεί στην κατεύθυνση του πλάτους, δηλαδή της μικρότερης διάστασης, και y αντιστοιχεί στην κατεύθυνση του μήκους, δηλαδή της μικρότερης διάστασής της πλάκας. Συγκεκριμένα το m αντιστοιχεί στο πλήθος από κοιλίες (antinodes), δηλαδή σημεία μέγιστης μετατόπισης της ταλάντωσης κατά μήκος του άξονα x, δηλαδή κατά μήκος του μήκος a της πλάκας, και το n αντιστοιχεί στον αριθμό των ημιτονοειδών κυμάτων κατά μήκος του άξονα y, δηλαδή κατά μήκος του πλάτους b της πλάκας.

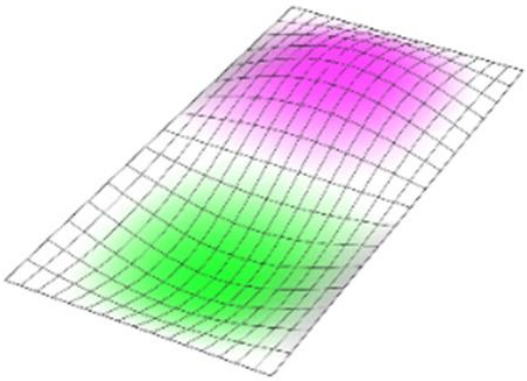
Όπως φαίνεται στα σχήματα στις εικόνες που ακολουθούν, κάθε μοναδικός συνδυασμός (m, n) δημιουργεί ένα συγκεκριμένο πλήθος και μοτίβο τρόπων ταλάντωσης, με τις αντίστοιχες συχνότητές τους. Για παράδειγμα, οι συνδυασμοί (1, 1), (2, 1) και (1, 2) αντιστοιχούν σε στους φυσικούς τρόπους δόνησης που φαίνονται στις εικόνες που ακολουθούν.



Εικόνα 4-2: Πρώτος τρόπος δόνησης (m=1, n=1)



Εικόνα 4-3: Δεύτερος τρόπος δόνησης (m=2, n=1)



Εικόνα 4-4: Τρίτος τρόπος δόνησης (m=1, n=2)

4.2.2 Κυματική εξίσωση ορθογώνιας πλάκας

Η εξίσωση της κίνησης που ρυθμίζει τη εγκάρσια δόνηση των ορθογώνιων πλακών είναι η ακόλουθη (Kausel 2018):

$$\frac{\partial^2 \mathrm{w}}{\partial \mathrm{t}^2} + \mathrm{D}\left(\frac{\partial^4 \mathrm{w}}{\partial \mathrm{x}^4} + 2 * \frac{\partial^4 \mathrm{w}}{\partial \mathrm{x}^4\, \partial \mathrm{y}^2} + \frac{\partial^4 \mathrm{w}}{\partial \mathrm{y}^4}\right) = \mathrm{f}(\mathrm{x}, \mathrm{y}, \mathrm{t}) \qquad (4.4)$$

όπου w είναι η εγκάρσια μετατόπιση, D είναι η ακαμψία και f (x,y,t) η συνάρτηση που περιγράφει την εξωτερική δύναμη. Για τις πλάκες με σταθερό πάχος και απλή στήριξη σε όλες τις πλευρές, η λύση συγκλίνει γρηγορά σε μια συνδυαστική έκφραση ημιτονοειδών και συνημιτονοειδών συναρτήσεων.

4.2.3 Φυσικές συχνότητες ορθογώνιας πλάκας

Για τον υπολογισμό των φυσικών συχνοτήτων, δηλαδή των συχνοτήτων που αντιστοιχούν στους φυσικούς τρόπους ταλάντωσης, χρησιμοποιείται η Μέθοδος Ομοτοπικής Διαταραχής (Homotopy Perturbation Method - HPM), η οποία είναι μια ημι-αναλυτική τεχνική επίλυσης μη γραμμικών μερικών διαφορικών εξισώσεων (Lee et al, 2007). Η μέθοδος αυτή έχει χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη της ακουστικής του καχόν αλλά και για τη δόνηση της πλάτης της κιθάρας. Στην περίπτωση των ορθογώνιων πλακών, εφαρμόζεται για την εύρεση των συχνοτήτων που αντιστοιχούν στους φυσικούς τρόπους ταλάντωσης, με ελάχιστο υπολογιστικό κόστος.

Για μια ορθογώνια πλάκα που υποστηρίζεται απλά (simply – supported), οι φυσικές συχνότητες f_{mn} δίνονται από τον ακόλουθο τύπο:

$$f_{mn} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{D}{\rho h}}\left(\frac{m^2}{a^2}+\frac{n^2}{b^2}\right) = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{D}{\rho h}}\,\lambda(m,n) \qquad (4.5)$$

όπου:

- f_{mn} είναι η φυσική συχνότητα του τρόπου δόνησης με m των αριθμό κοιλιών κατά μήκος του μήκους a και n τον αριθμό κοιλιών κατά μήκος του πλάτους b.
- *D* είναι η ακαμψία της πλάκας
- ρ είναι η πυκνότητα
- h είναι το πάχος της πλάκας
- a είναι το μήκος της πλάκας
- b είναι το πλάτος της πλάκας
- m και n είναι θετικοί ακέραιοι που αντιστοιχούν στους τρόπους δόνησης

Η ακαμψία D εξαρτάται από τις ιδιότητες του υλικού από το οποίο είναι φτιαγμένη η ορθογώνια πλάκα, και υπολογίζεται με βάση το συντελεστή Young E, το λόγο Poisson v, καθώς και το πάχος της πλάκας, όπως φαίνεται στην εξίσωση (4.3):

$$D = \frac{Eh^2}{12(1-v^2)} \qquad (4.6)$$

Η σχέση μεταξύ των φυσικών συχνοτήτων και των διαστάσεων της πλάκας (πλάτος b και μήκος a) καθορίζεται κυρίως από τον όρο:

$$\lambda(\mathrm{m},\mathrm{n}) = \frac{m^2}{a^2}+\frac{n^2}{b^2} \qquad (4.7)$$

Συνεπώς, οι φυσικές συχνότητες είναι αντιστρόφως ανάλογες με το τετράγωνο των διαστάσεων της πλάκας, δηλαδή αύξηση του μήκους ή του πλάτους αντιστοιχεί σε μείωση των φυσικών συχνοτήτων.

Σε ακουστικές μελέτες, καθώς ο προσδιορισμός της σταθεράς ακαμψίας D δεν είναι εφικτός, προτιμάται ο υπολογισμός του λόγου της συχνότητας κάθε τρόπου ταλάντωσης με το βασικό τρόπο ταλάντωσης, δηλαδή της ποσότητας:

$$\frac{f_{mn}}{f_{11}} = \frac{\lambda_{mn}}{\lambda_{11}} \tag{4.8}$$

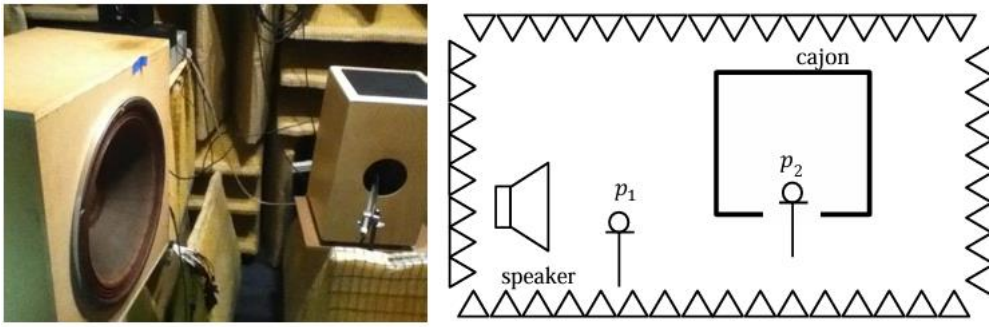
4.3 Έρευνα στην Ακουστική του Cajon

Η μελέτη των ακουστικών χαρακτηριστικών του καχόν είναι απαραίτητη για την κατανόηση την επιρροή των διαφορετικών τεχνικών κατασκευής του, στον παραγόμενο ήχο. Στην έρευνα που παρουσιάζεται από τον Ludwigsen (2015), χρησιμοποιήσαν προηγμένες τεχνικές για να μετρήσουν τις συχνότητες συντονισμού και την ακουστική απόκριση του καχόν. Συγκεκριμένα, οι ερευνητές αυτοί επικεντρώθηκαν στην ανάλυση των χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων του καχόν, με στόχο να κατανοήσουν πώς οι διαφορετικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες, όπως το πάχος του ξύλου ή το μέγεθος της κοιλότητας, επηρεάζουν τη συνολική ηχητική ποιότητα του οργάνου.

4.3.1 Παράδειγμα Αναλυτικής Μεθοδολογίας

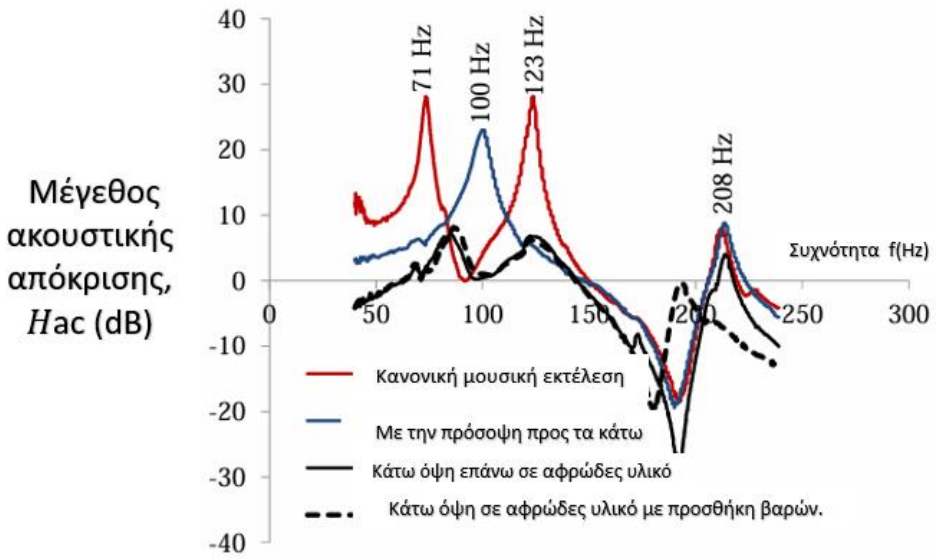
Η ανάλυση του καχόν πραγματοποιήθηκε με μεθόδους μετρήσεις σε ανηχοϊκό θάλαμο. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε ένα ηχείο χαμηλών συχνοτήτων (subwoofer), το οποίο αναπαρήγαγε ένα σήμα διέγερσης που περιλαμβάνει όλες τις συχνότητες (sweep tone), ενώ δυο μικρόφωνα κατέγραφαν την πίεση αναφοράς στον εξωτερικό χώρο και την πίεση εντός της κοιλότητας του καχόν. Η πειραματική διάταξη απεικονίζεται στην Εικόνα 4-5. Με αυτόν τον τρόπο, υπολογίστηκε η ακουστική απόκριση της εσωτερικής προς την εξωτερική πίεση ως εξής:

$$H_{ac}(f) = \frac{P_2(f)}{P_1(f)} \tag{4.9}$$



Εικόνα 4-5: Η πειραματική διάταξη μέτρησης της ακουστικής απόκρισης του καχόν

Η ακουστική απόκριση του καχόν υπολογίσθηκε με βάση την εξίσωση (4.9) και απεικονίζεται στην Εικόνα 4-6. Στον κατακόρυφο άξονα βλέπουμε το μέτρο της ακουστικής απόκρισης σε decibel (dB), ενώ στον οριζόντιο άξονα τη συχνότητα σε Hertz (Hz). Το μέγιστο σημείο της απόκρισης του καχόν, δηλαδή η υψηλότερη ένταση που καταγράφεται ανέρχεται στα 30 dB.



Εικόνα 4-6: Ακουστική απόκριση του καχόν σε διάφορες συνθήκες παιξίματος (Pehmoeller & Ludwigsen 2015)

Η κόκκινη καμπύλη αναφέρεται στην απόκριση του καχόν κατά τη διάρκεια της κανονικής εκτέλεσης, όπου το όργανο αποτυπώνει συγκεκριμένες κορυφές στις συχνότητες 71 Hz, 123Hz και 208 Hz. Οι δύο πρώτες κορυφές στις συχνότητες 71 Hz και 123 Hz, παράγουν τους δυνατούς, χαμηλούς ήχους (μπάσους) του καχόν, ενώ η τρίτη κορυφή στα 208 Hz είναι πιο αδύναμη. Αυτό σημαίνει ότι η συχνότητα των 208 Hz έχει μικρότερη σημασία για το μπάσο ήχου του καχόν.

Η μπλε καμπύλη απεικονίζει την απόκριση του καχόν όταν η πρόσοψη τοποθετείται προς τα κάτω, σε επαφή με μια επιφάνεια MDF (Medium – Density Fiberboard). Σε αυτή τη θέση, οι δύο συχνότητες συντονισμού αντικαθίστανται από μια κορυφή στα 100 Hz, ενώ η κορυφή στα 208 Hz δεν αλλάζει. Αυτό συμβαίνει επειδή δεν υπάρχει αρκετή δόνηση, γεγονός που οδηγεί στη δημιουργία μιας συχνότητας συντονισμού, σύμφωνα με τη θεωρία του συντονισμού Helmholtz με βάση την εξίσωση (4.1) στο κεφάλαιο Βασικές Αρχές Συντονισμού (ενότητα 4.1.2).

Στην μαύρη καμπύλη, όπου υπάρχει αφρός ανάμεσα στην πρόσοψη και στο MDF (Medium – Density Fiberboard) εμφανίζονται πάλι οι συντονισμοί στις συχνότητες 71 Hz και 123 Hz, αλλά με χαμηλότερη ένταση, διότι ο αφρός περιορίζει τη δόνηση της πρόσοψης.

4.3.2 Παραλλαγές στον παραγόμενο ήχο

Σύμφωνα με την μελέτη των Pehmoeller και Ludwigsen (2015), το καχόν, μπορεί να έχει μια απλή κατασκευή αλλά παράγει ένα πλούσιο εύρος συχνοτήτων. Στη σύγχρονη εκδοχή του, η μπροστινή επιφάνεια του οργάνου είναι λεπτότερη και τοποθετημένη χαλαρά στο υπόλοιπο κιβώτιο με αποτέλεσμα να παράγεται ένα snare-like εφέ. Το ηχητικό αυτό φαινόμενο ενισχύεται με τη χρήση σουρντίνας κατασκευασμένης από σύρμα ή χορδές κιθάρας, και τοποθετημένης πίσω από την μπροστινή πλευρά του οργάνου,

5 Ακουστική Μελέτη

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το πειραματικό μέρος της εργασίας, που πραγματοποιήθηκε προκειμένου να επιβεβαιωθούν τα όσα καταγράφονται στη σχετική βιβλιογραφία αναφορικά με το θεωρητικό ακουστικό μοντέλο ταλάντωσης της ορθογώνιας πλάκας καθώς και την καχόν. Στα ακόλουθα περιγράφεται η πειραματική διαδικασία, η οποία περιλαμβάνει την ηχογράφηση ενός καχόν σε στούντιο και τη φασματική ανάλυση των ηχογραφημένων ήχων προκειμένου να εντοπιστούν οι συντονισμοί του οργάνου που χρησιμοποιήθηκε κατά την ηχογράφηση. Τέλος το κεφάλαιο συγκρίνει τους συντονισμούς των ηχογραφημένων ήχων με τις τιμές που έχουν βρεθεί σε αντίστοιχες ερευνητικές πρωτοβουλίες.

5.1 Πειραματική διαδικασία

Στα ακόλουθα περιγράφεται το καχόν που χρησιμοποιήθηκε στην ηχογράφηση. Κατά την διαδικασία της ηχογράφησης, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στη ρύθμιση της κονσόλας, ώστε να επιτευχθεί ένα καθαρό αποτέλεσμα. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκαν, αρκετές δοκιμαστικές ηχογραφήσεις για έλεγχο των επιπέδων του ήχου, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι δεν υπήρχαν τυχόν παραμορφώσεις. Οι επιπρόσθετες ρυθμίσεις της κονσόλας αφαιρέθηκαν για να διατηρηθεί η αυθεντικότητα, προσδίδοντας ένα φυσικό χαρακτήρα στον ήχο. Για την ηχογράφηση χρησιμοποιήθηκαν δύο μικρόφωνα, τοποθετημένα σε κατάλληλες θέσεις στο μπροστινό και πίσω μέρος του καχόν.

5.1.1 Το καχόν που χρησιμοποιήθηκε στις ηχογραφήσεις

Το συγκεκριμένο καχόν απεικονίζεται στην Εικόνα 5-1. Είναι κατασκευασμένο από κόντρα πλακέ θαλάσσης, ένα υλικό γνωστό για την αντοχή του και την ανθεκτικότητα σε υγρασία και φθορά. Οι διαστάσεις του είναι:

- Ύψος: 48 εκατοστά
- Πλάτος: 30 εκατοστά
- Πάχος Μπροστινής Όψης: 0,5 εκατοστά
- Πάχος Πίσω Όψης: 1 εκατοστό
- Τρύπα στο πίσω μέρος, που επιτρέπεται την έξοδο του ήχου έχει διάμετρο: 10 εκατοστά



Εικόνα 5-1: Μπροστινή και Πίσω Οπή του καχόν

Στην εσωτερική δομή του οργάνου, υπάρχει μια οριζόντια ξύλινη ράβδος που βρίσκεται στο κέντρο και συνδέεται με τις πλευρές του κουτιού μέσω ξύλινων βάσεων και βιδών. Στην πίσω πλάκα, η οποία βρίσκεται στην περιοχή όπου παίζει ο μουσικός, δύο κάθετες μεταλλικές σουρντίνες (snare) είναι στερεωμένες, συμβάλλοντας στη δημιουργία του χαρακτηριστικού ήχου.



Εικόνα 5-2: Εσωτερικός Μηχανισμός και Ακουστική Βελτίωση του καχόν με Πλευρικό Άνοιγμα

Όπως απεικονίζεται στην Εικόνα **5-2**, ένας γάντζος στερεώνεται με μια κόκκινη πετονιά, η οποία εκτείνεται από την κορυφή του κουτιού προς την ράβδο, επιτρέποντας τη ρύθμιση των σουρντινών (snare). Όταν ο γάντζος στρέφεται προς τα αριστερά, πιέζεται πάνω στο καπάκι του καχόν, αποτρέποντας την παραγωγή του χαρακτηριστικού ήχου των

μεταλλικών χορδών. Αντίθετα, όταν ο γάντζος περιστρέφεται προς τα δεξιά, χαλαρώνει, επιτρέποντας στον ήχο των χορδών να γίνει πιο αντιληπτός. Επιπλέον, στην πλευρική όψη του καπακιού, υπάρχει ένα μικρό κενό ανάμεσα στο καπάκι και το σώμα του κουτιού, το οποίο διαχωρίζεται από ένα κομμάτι πλαστικού. Το κενό αυτό ενισχύει την ακουστική απόδοση των μεταλλικών σουρτινών (snare).

5.1.2 Εξοπλισμός Ηχογράφησης

Για την διαδικασία της ηχογράφησης, χρησιμοποιήθηκαν δύο πυκνωτικά μικρόφωνα Audio-Technica AT2020 και η κονσόλα StudioLive 32SC, η οποία προσφέρει υψηλή ποιότητα καταγραφής και πολλές δυνατότητες επεξεργασίας του ήχου. Τα μικρόφωνα επιλέχθηκαν για την υψηλή τους ευαισθησία, η οποία επιτρέπει την καταγραφή των λεπτομέρειών του ήχου με μεγάλη ακρίβεια. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε η κάρτα ήχου PreSonus Studio για την μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό.



Εικόνα 5-3: Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε κατά την ηχογράφηση. Αριστερά απεικονίζεται η κονσόλα StudioLive 32SC και δεξιά η κάρτα ήχου PreSonus STUDIO 2/6 που χρησιμοποιήθηκαν.

5.1.3 Τοποθέτηση και Ρύθμιση των Μικροφώνων

Τα μικρόφωνα τοποθετήθηκαν σε μια συγκεκριμένη απόσταση προς και πίσω. Το πρώτο μικρόφωνο τοποθετήθηκε σε απόσταση 40 εκατοστών στο μπροστινό μέρος, ενώ το δεύτερο μικρόφωνο τοποθετήθηκε σε απόσταση 15 εκατοστών στο πίσω μέρος του καχόν. Επιπλέον τα μικρόφωνα ρυθμίστηκαν στην επιλογή omni, που επιτρέπει την καταγραφή του ήχου από όλες τις κατεύθυνσης, έτσι ώστε να έχουμε μια πιο φυσική ηχογράφηση του καχόν.



Εικόνα 5-4: Φωτογραφία του Καχόν με σημασία στην Τοποθέτηση Μικροφώνων

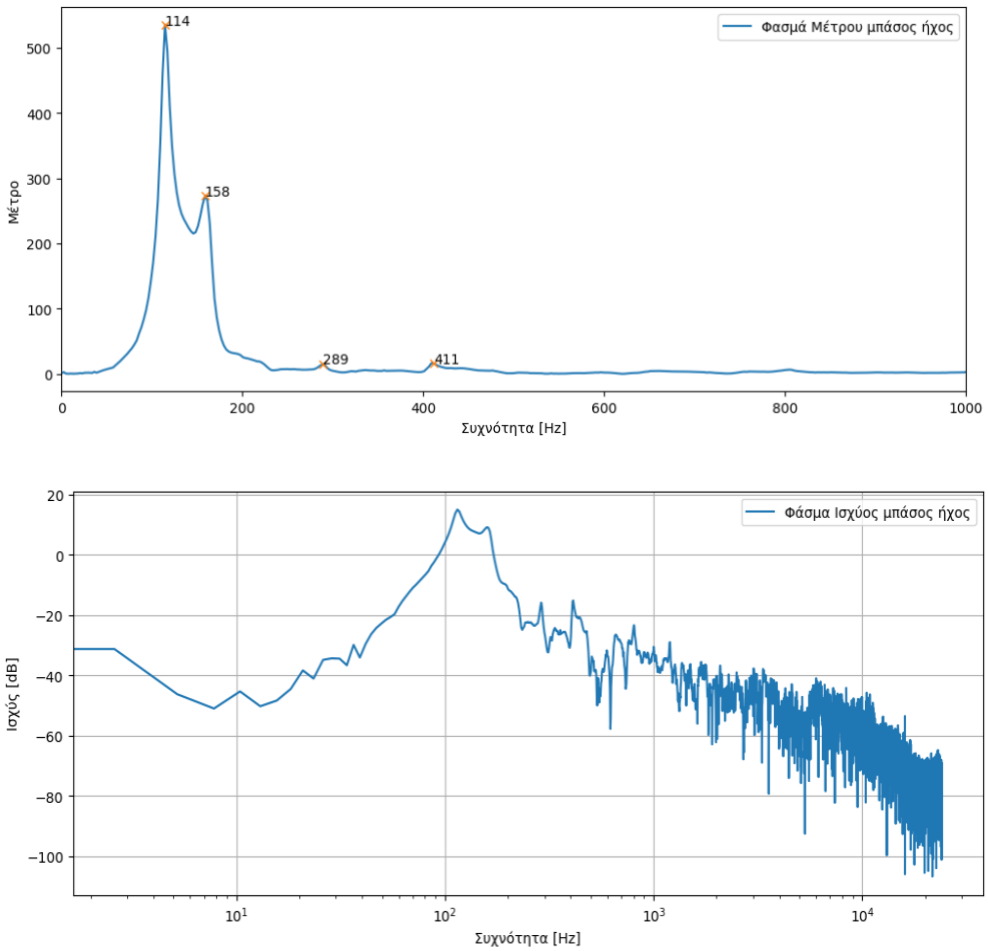
5.2 Ανάλυση Ήχων

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η φασματική ανάλυση των ήχων που παράγει το καχόν, αναδεικνύοντας τη σχέση μεταξύ θεωρητικών προβλέψεων και πειραματικών μετρήσεων. Επιπλέον, μέσω του αλγόριθμου Fast Fourier Transform της βιβλιοθήκης numpy της Python, αναλύονται τα φάσματα ισχύος και μέτρου για τον μπάσο και οξύ ήχο του καχόν. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον ρόλο των χαμηλών συχνοτήτων στον μπάσο ήχο και στην έντονη παρουσία αρμονικών στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες στον οξύ ήχο.

Η ενότητα περιλαμβάνει, σύγκριση των πειραματικών μετρήσεων συχνοτήτων με τις θεωρητικές τιμές που προκύπτουν από δόνησης της ορθογώνιας πλάκας και του συντονισμού Helmholtz, χρησιμοποιώντας δεδομένα για τις διαστάσεις και τους τρόπους δόνησης του καχόν που χρησιμοποιήθηκε στις ηχογραφήσεις. Οι πίνακες και τα διαγράμματα που παρατίθενται στη συνέχεια επιτρέπουν την κατανόηση της ακουστικής συμπεριφοράς του οργάνου.

5.2.1 Φασματική Ανάλυση

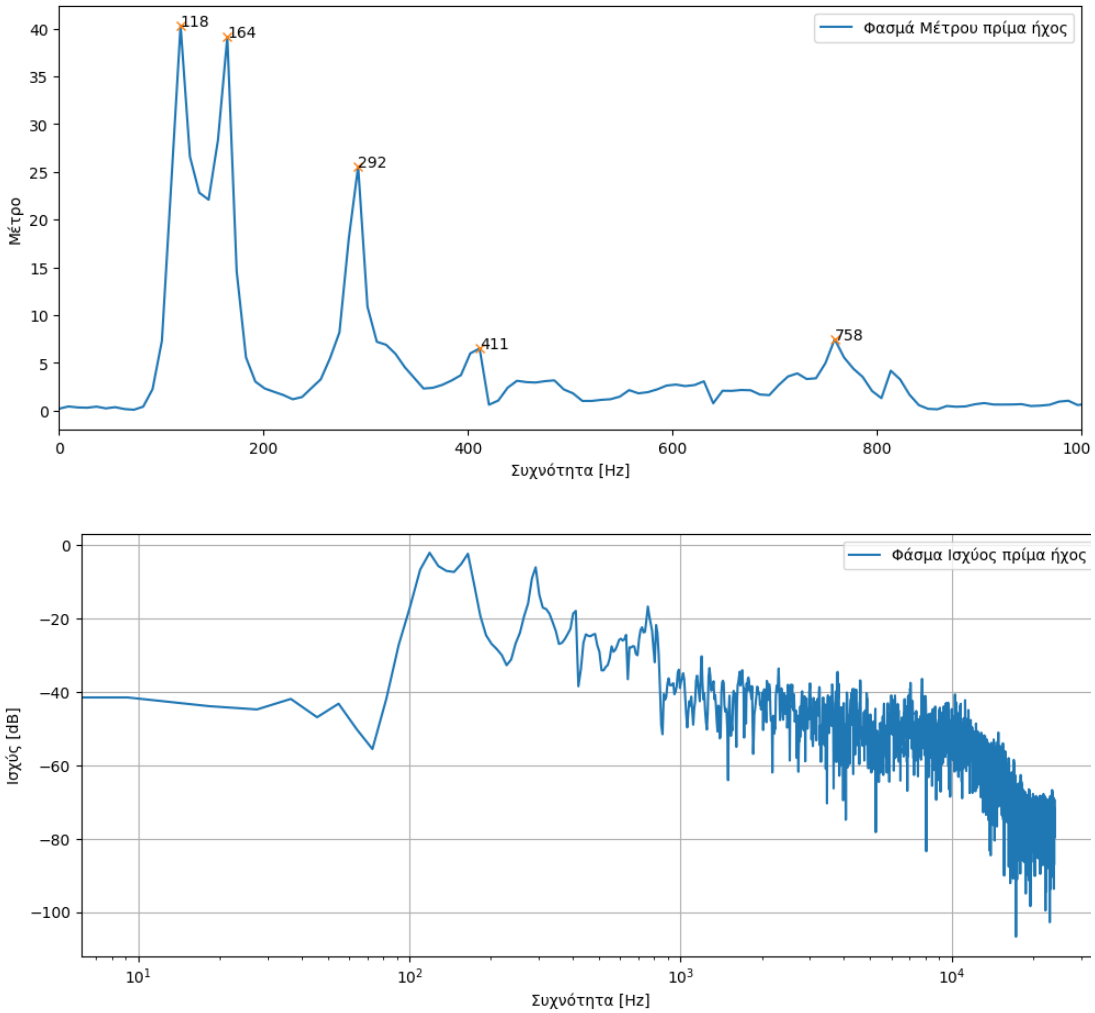
Τα φάσματα των ηχογραφημένων ήχων αναλύθηκαν με Fast Fourier Transform, όπως αυτός υλοποιείται στη βιβλιοθήκη numpy της Python. Το μετασχηματισμένο σήμα απεικονίζεται ως **φάσμα ισχύος** και **φάσμα μέτρου** για δύο ήχους του καχόν, δηλαδή του μπάσου ήχου και του οξύ ήχου.



Εικόνα 5-5: Φάσμα ισχύος και Φάσμα μέτρου μπάσου ήχου

Στην Εικόνα 5-5 παρουσιάζεται το φάσμα ισχύος του μπάσου ήχου όπου παρατηρείται αυξημένη ένταση στις χαμηλές συχνότητες. Στην περιοχή από 10 Hz έως περίπου 100 Hz, καταγράφεται σημαντική αύξηση της ισχύος, υποδεικνύοντας τον κύριο συντονισμό του καχόν. Η θεμελιώδης συχνότητα εντοπίζεται στα 114 Hz, που αποτελεί τον βασικό συντονισμό του οργάνου για το συγκεκριμένο χτύπημα.

Στις μεσαίες συχνότητες (100 – 1000 Hz), η ισχύς μειώνεται σταδιακά, ενώ παρατηρούνται χαρακτηριστικά σημεία αυξημένης έντασης, όπως στις συχνότητες των 158 Hz και 411 Hz, που εικάζουμε ότι αντιστοιχούν στους κανονικούς τρόπους ταλάντωσης της εμπρόσθιας επιφάνειας του οργάνου, που έχει τη μορφή ορθογώνιας πλάκας με απλή στήριξη στα άκρα (ενότητα 4.2). Τέλος, στις υψηλότερες συχνότητες (μεγαλύτερες από 1000 Hz), η ισχύς μειώνεται απότομα, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι ο μπάσος ήχος αποτελείται κυρίως από χαμηλές συχνότητες, με περιορισμένη παρουσία υψηλότερων υπερτόνων.



Εικόνα 5-6: Φάσμα ισχύος και Φάσμα μέτρου οξύ ήχου

Στην Εικόνα 5-6 παρουσιάζεται η κατανομή του φάσματος μέτρου αλλά και της φασματικής ισχύος για τον οξύ ήχο, η οποία διαφοροποιείται αισθητά από αυτή του μπάσου. Συγκριτικά με το φάσμα του μπάσου ήχου και όπως πιο καθαρά φαίνεται στο φάσμα μέτρου, η $2^{η}$, $3^{η}$ και $4^{η}$ κορυφή είναι πιο ευδιάκριτες στον οξύ ήχο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το χτύπημα στη μέση (μπάσος ήχος) προκαλεί εξασθένηση στους τρόπους ταλάντωσης που

εμφανίζουν δεσμό στο κέντρο της ορθογώνιας πλάκας (βλέπε Εικόνα 4-3 και Εικόνα 4-4). Αντίθετα, στον οξύ ήχο όπου το χτύπημα πραγματοποιείται στην άκρη της ορθογώνιας πλάκας, οι συγκεκριμένοι τρόποι ταλάντωσης απελευθερώνονται. Η θεμελιώδης συχνότητα για το οξύ ήχο εντοπίζεται στα 118 Hz, με μια δεύτερη κορφή στα 164 Hz. Στη συνέχεια, το φάσμα παρουσιάζει αυξήσεις της ισχύος στις συχνότητες 292 Hz και 411 Hz, οι οποίες ενισχύουν την ένταση του φάσματος των μεσαίων συχνοτήτων, ενώ η έντονη κορύφωση στα 758 Hz αναδεικνύει τα αυξημένα ποσοστά φασματικής ενέργειας στις υψηλότερες συχνότητες.

5.2.2 Συντονισμοί και τρόποι δόνησης στο καχόν

Η ανάλυση που ακολουθεί εξετάζει τις συχνότητες που παράγονται κατά τη διάρκεια των ηχογραφήσεων, συγκρίνοντας τις καταγεγραμμένες τιμές με τις θεωρητικές προβλέψεις για τους τρόπους δόνησης της πλάκας του καχόν. Η διερεύνηση αυτή έχει σκοπό να αναδείξει πως η μορφή και οι διαστάσεις του καχόν επηρεάζουν τις συχνότητες που παράγει, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα της ακουστικής του συμπεριφοράς.

Μήκος	0.48
Πλάτος	0.3
Πάχος	0.01

Πίνακας 5-1: Διαστάσεις του καχόν που χρησιμοποιήθηκε στις ηχογραφήσεις.

Οι διαστάσεις του καχόν που χρησιμοποιήθηκε στην ηχογράφηση παρατίθενται στον Πίνακας 5-1. Στον Πίνακας 5-2 παρουσιάζονται οι λόγοι συχνοτήτων των κανονικών τρόπων ταλάντωσης της ορθογώνιας πλάκας. Επειδή ο απευθείας υπολογισμός των συχνοτήτων τους δεν είναι εφικτός, καθώς οι σταθερές της πυκνότητας (ρ) και της ακαμψίας (D) δεν είναι γνωστές, επιλέγουμε τον υπολογισμό του λόγου της συχνότητας του κάθε τρόπου ταλάντωσης σε σχέση με το βασικό τρόπο ταλάντωσης, δηλαδή αυτόν που αντιστοιχεί σε m=1 και n=1. Ο λόγος αυτός αντιστοιχεί στην ποσότητα λ(m, n) η οποία υπολογίζεται με βάση την εξίσωση (4.8).

m	n	λ(m,n)	f_{mn}/ f_{11}
1	1	152.5	1.00
2	1	281.0	1.84
1	2	481.0	3.16
2	2	610.0	4.00
3	1	495.2	3.25
1	3	1029.8	6.75
3	2	824.2	5.40

Πίνακας 5-2: θεωρητικές τιμές λόγων συχνοτήτων των τρόπων ταλάντωσης της ορθογώνιας πλάκας.

Υπενθυμίζεται ότι οι ακέραιοι $\boldsymbol{m}$ και $\boldsymbol{n}$ περιγράφουν την κατανομή των ταλαντώσεων της πλάκας στις δύο διαστάσεις, x και y, αντίστοιχα. Συγκεκριμένα το $\boldsymbol{m}$ αντιστοιχεί στον αριθμό των κοιλιών (antinodes) κατά μήκος του άξονα x, δηλαδή της μικρότερης διάστασης a (μήκος), ενώ το $\boldsymbol{n}$ αντιπροσωπεύει τον αριθμό των ημιτονοειδών κυμάτων κατά μήκος του άξονα y, δηλαδή της διάστασης b (πλάτος).

5.3 Σύγκριση με θεωρητικό μοντέλο

Σε αυτή την ενότητα, συγκρίνονται οι θεωρητικές τιμές των συχνοτήτων συντονισμού, με το συντονισμό της αέριας μάζας στην ηχητική κοιλότητα, δηλαδή το συντονισμό Helmholtz, καθώς και τις προβλεπόμενες τιμές για τους κανονικούς τρόπους ταλάντωσης του μοντέλου της ορθογώνιας πλάκας. Αυτή η σύγκριση βοηθά στη διερεύνηση της προσέγγιση του οργάνου με το θεωρητικό μοντέλο και στον εντοπισμό τυχόν αποκλίσεων.

Με βάση τις διαστάσεις του καχόν, η θεωρητική τιμή της συχνότητας συντονισμού της αέριας μάζας (Helmholtz), υπολογίζεται από την εξίσωση (4.1). Λαμβάνοντας υπόψη τις διαστάσεις του καχόν που χρησιμοποιήθηκε στις ηχογραφήσεις, και οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακας 5-1, η προβλεπόμενη τιμή για το συντονισμό αυτόν αντιστοιχεί στα 108 Hz. Αυτή η τιμή προσεγγίζει την πρώτη κορυφή του φάσματος συντονισμού του καχόν, η οποία είναι κοντά στη συχνότητα 114 Hz (Εικόνα 5-5) στον ήχο του μπάσου και στην 118 Hz (Εικόνα 5-6) στον οξύ ήχο. Η πρώτη κορυφή των φασμάτων είναι πολύ κοντά ±10 Hz στην

αναμενόμενη συχνότητα Helmholtz, η οποία αποδίδεται στην ταλάντωση του αέρα μέσα στην κοιλότητα του οργάνου.

Τρόποι Δόνησης (m, n)	**Πειραματικές Συχνότητες**	f_{mn}/ f_{11}
1,1	158	1.00
2,1	289	1.83
1,2	411	2.60

Πίνακας 5-3: Πειραματικές τιμές για τον μπάσο ήχο

Η σύγκριση των πειραματικών και θεωρητικών τιμών του μπάσου ήχου αποδεικνύει ότι το θεωρητικό μοντέλο αποδίδει με ακρίβεια τη συμπεριφορά των τρόπων δόνησης της πλάκας. Ειδικότερα, η πειραματική συχνότητα των 289 Hz, που αντιστοιχεί στο λόγο $f_{21}/ f_{11} =$ 1.83, βρίσκεται πολύ κοντά στον θεωρητικό λόγο 1.84 (Πίνακας 5-2) για τον τρόπο δόνησης (2, 1). Η επόμενες πειραματική συχνότητα 411 Hz, με λόγο $f_{12}/ f_{11} =$ 2.60 αντίστοιχα, παρουσιάζει μεγαλύτερη απόκλιση από τη θεωρητική τιμή που είναι 3.16. Η απόκλιση αυτή εικάζουμε ότι οφείλεται στην απόκλιση του πραγματικού οργάνου του καχόν από το μοντέλο της ορθογώνιας πλάκας. Για παράδειγμα, η συχνότητα 411 Hz, που εμφανίζεται τόσο στον μπάσο όσο και στον οξύς ήχο, θα μπορούσε να αποδοθεί σε περιστροφική ταλάντωση της πλάκας λόγω μη σταθερής στήριξης.

Τρόποι Δόνησης (m, n)	**Πειραματικές Συχνότητες**	f_{mn}/ f_{11}
1,1	164	1.00
2,1	292	1.78
1, 2	411	2.51
2,2	758	4.62

Πίνακας 5-4: Πειραματικές τιμές για τον οξύς ήχο.

Αντίστοιχα, για τον οξύ ήχο, πέρα από τη συχνότητα συντονισμού της ηχητικής κοιλότητας στα 118 Hz, ο λόγος των συχνοτήτων του φάσματος που απεικονίζεται στην Εικόνα 5-6, και αποτυπώνεται στον Πίνακας 5-4. Σε αυτήν την περίπτωση, ο λόγος των συχνοτήτων συντονισμού f_{mn}/ f_{11} εμφανίζει συμφωνία με το μοντέλο της ορθογώνιας πλάκας για δύο συντονισμούς. Συγκεκριμένα, η πειραματική συχνότητα των 292 Hz, με λόγο $f_{21}/ f_{11} =$ 1.78, προσεγγίζει τον θεωρητικό λόγο $f_{21}/ f_{11} =$ 1.84 (Πίνακας 5-2), που αντιστοιχεί στον τρόπο

δόνησης (2, 1). Επιπλέον, η συχνότητα των 758 Hz, που αντιστοιχεί σε λόγο $f_{22}/f_{11} = 4.62$, βρίσκεται κοντά στον θεωρητικό λόγο $f_{22}/f_{11} = 4.00$ (Πίνακας 5-2) για τον τρόπο δόνησης (2, 2). Και πάλι εδώ εμφανίζεται ένας συντονισμός στη συχνότητα 411 Hz, όπως και στην περίπτωση του μπάσου, ο οποίος πιθανότατα οφείλεται σε ασταθή στήριξη της πλάκας.

Γενικά, οι αποκλίσεις του μπάσου και του οξύ ήχου, μπορούν να εξηγηθούν από τον τρόπο που οι δονήσεις της πλάκας επηρεάζονται από τη συνολική κατασκευή του καχόν και τον τρόπο που συντονίζεται.

6 Συμπεράσματα

6.1 Σύνοψη εργασίας

Η παρούσα πτυχιακή εργασία παρέχει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στη μελέτη του καχόν, ενός μουσικού οργάνου που συνδυάζει πλούσια πολιτιστική ιστορία και εξαιρετική ακουστική ευελιξία. Ο βασικός στόχος της έρευνας ήταν να αναλυθούν η ιστορική του προέλευση, η εθνομουσικολογική του σημασία και η ακουστική συμπεριφορά του, χρησιμοποιώντας θεωρητική και πειραματική μεθοδολογία.

Η ανάλυση επικεντρώθηκε σε τρεις κύριες πτυχές. Η πρώτη αφορούσε την αναλυτική παρουσίαση της ιστορικής και γεωγραφικής προέλευσης του καχόν, ξεκινώντας από τη χρήση του ως απλού ξύλινου κουτιού στις αφροπερουβιανές κοινότητες και καταλήγοντας στην εξέλιξή του σε σύγχρονο μουσικό όργανο. Η δεύτερη πτυχή περιλάμβανε την ανάλυση των τεχνικών παιξίματος και των τρόπων που χρησιμοποιούνται, καθώς και την επίδραση κατασκευαστικών παραμέτρων, όπως τα υλικά και η γεωμετρία, στην παραγωγή του ήχου.

Αναφορικά με την ακουστική μελέτη του οργάνου, πραγματοποιήθηκε μια σειρά από ηχογραφήσεις σε στούντιο, οι οποίες αναλύθηκαν φασματικά για τη διερεύνηση των συντονισμών του καχόν. Το αποτέλεσμα της φασμάτικής ανάλυσης συγκρίθηκε με τα θεωρητικά μοντέλα του συντονιστή Helmholtz καθώς και των τρόπων δόνησης της ορθογώνιας πλάκας, η οποία προσομοιάζει την εμπρόσθια επιφάνεια του καχόν. Η σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων με τα θεωρητικά μοντέλα κατέδειξε ότι: ο κύριος συντονισμός του καχόν που χρησιμοποιήθηκε στην ηχογράφηση οφείλεται στην ταλάντωση της μάζας αέρα στην ηχητική κοιλότητα του καχόν, δηλαδή το συντονισμό Helmholtz, ενώ οι ανώτεροι υπερτόνοι εμφανίζονται σε συχνότητες των οποίων ο λόγος προσεγγίζει τους αναμενόμενους λόγους συχνοτήτων των συντονισμών της ορθογώνιας πλάκας σε ικανοποιητικό βαθμό.

6.2 Συνεισφορά

Η παρούσα εργασία συνέβαλε στην κατανόηση της ακουστικής συμπεριφοράς του καχόν, συνδυάζοντας θεωρητικές αναλύσεις και πειραματικές μετρήσεις. Μέσω της φασματικής ανάλυσης των ηχογραφήσεων και των πειραματικών μεθόδων, καταγράφηκαν οι κύριοι συντονισμοί του οργάνου και αναλύθηκε η ακουστική απόκριση του καχόν σύμφωνα

με τις θεωρητικές αρχές του συντονιστή Helmholtz και των τρόπων δόνησης της ορθογώνιας πλάκας.

Τα αποτελέσματα της πειραματικής ανάλυσης έδειξαν ότι οι συντονισμοί του καχόν, όπως αυτοί της μπροστινής και της πίσω επιφάνειας, επηρεάζουν σημαντικά την παραγωγή τόσο των μπάσων όσο και των οξύ τόνων. Οι συντονισμοί της μπροστινής επιφάνειας συμβάλλουν στην ενίσχυση των μπάσων τόνων, ενώ οι υψηλότερες συχνότητες, που σχετίζονται με τους οξύς τόνους, επηρεάζονται από τη γεωμετρία του οργάνου και τη θέση του χτυπήματος. Αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν εν μέρει με τις θεωρητικές προβλέψεις του συντονιστή Helmholtz, ο οποίος εξηγεί τη συμπεριφορά της κοιλότητας και της οπής του καχόν, καθώς και με την ανάλυση της ορθογώνιας πλάκας που μοντελοποιεί τους τρόπους δόνησης της μπροστινής επιφάνειας του οργάνου.

Η συνεισφορά αυτής της μελέτης είναι να διευκρινίσει τη σχέση ανάμεσα στη δομή και τον ήχο του καχόν, παρέχοντας σημαντικά δεδομένα για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι διαφορετικοί συντονισμοί του οργάνου επηρεάζουν την ακουστική απόκριση. Τα αποτελέσματα της έρευνας ενισχύουν τα θεωρητικά μοντέλα της ακουστικής και προσφέρουν χρήσιμες κατευθύνσεις για τη βελτίωση της κατασκευής του καχόν.

6.3 Μελλοντικές προοπτικές

Η μελέτη του καχόν προσφέρει ενδιαφέροντα πεδία για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη. Ένα βασικό πεδίο μελλοντικής μελέτης είναι η διερεύνηση των επιδράσεων νέων υλικών κατασκευής, όπως τα σύνθετα υλικά και η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών, που μπορούν να βελτιώσουν την ακουστική του απόδοση. Η εξερεύνηση διαφορετικών γεωμετρικών προσαρμογών στην κατασκευή του καχόν θα μπορούσε να προσφέρει πολύτιμα δεδομένα για τη βελτίωση της ακουστικής του συμπεριφοράς και να αναδείξει νέες δυνατότητες στον ήχο του.

Μια πολλά υποσχόμενη κατεύθυνση είναι η ενσωμάτωση ηλεκτρονικών αισθητήρων και ενισχυτών στο καχόν, προκειμένου να δημιουργηθούν νέες εκδοχές του καχόν που συνδυάζουν τα παραδοσιακά χαρακτηριστικά του με σύγχρονες τεχνολογίες, όπως αισθητήρες και ενισχυτές. Αυτές οι τεχνολογίες θα μπορούσαν να διευρύνουν τις δυνατότητες του καχόν επιτρέποντας την ενσωμάτωσή του σε σύγχρονα μουσικά περιβάλλοντα, όπως η ηλεκτρονική μουσική και οι ζωντανές παραστάσεις.

Επιπλέον, μια ψυχοακουστική ανάλυση του ήχου του καχόν θα μπορούσε να αναδείξει στη συναισθηματική επίδραση του οργάνου στο κοινό, προσφέροντας νέα δεδομένα για την αισθητική του αξία και τη συνεισφορά του στην εκφραστικότητα μιας μουσικής ερμηνείας. Η κατανόηση αυτών των παραμέτρων θα μπορούσε να ενισχύσει την αξιολόγηση του καχόν όχι μόνο ως δονούμενο αντικείμενο, αλλά και ως εργαλείο καλλιτεχνικής έκφρασης.

Παράλληλα, η μελέτη της χρήσης του καχόν σε διαφορετικά πολιτισμικά και μουσικά πλαίσια μπορεί να ενισχύσει τη γνώση για την προσαρμοστικότητά του σε ποικίλες κουλτούρες και μουσικά είδη. Αυτή η διερεύνηση θα επιτρέψει την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το καχόν ενσωματώνεται σε διαφορετικά μουσικά περιβάλλοντα και τη σημασία του στην πολιτιστική κληρονομιά.

Τέλος, η συνεργασία με μουσικούς και κατασκευαστές από διάφορες περιοχές του κόσμου θα μπορούσε να συμβάλει στην ανάπτυξη νέων σχεδίων και τεχνικών, ενισχύοντας τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς του καχόν. Παράλληλα, αυτή η συνεργασία θα προάγει την εξέλιξη του καχόν ως σύγχρονο μουσικό όργανο, το οποίο θα συνεχίσει να εμπνέει νέες γενιές μουσικών και ερευνητών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Στεφανάκης, Ν., & Κεχράκος, Κ. (2024). Σημειώσεις θεωρίας: Ηλεκτροακουστική. Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο, Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, Ανακτήθηκε στις 8 Νοεμβρίου 2024

Alexander, E. J. (2019). Cajon. Patent application US20190012994A1. Available in https://patents.google.com/patent/US20190012994A1/en, Retrieved 26 March 2024

Hal Leonard. (2015). Cajon method by Jennings Paul. Mạnh Phúc Bùi. Available in https://www.academia.edu/97460775/Cajon_method Retrieved 9 February 2024

Kausel, W. (2018). Waves in Two and Three Dimensions. In: Bader, R. (eds) Springer Handbook of Systematic Musicology. Springer Handbooks. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55004-5_3, Retrieved 24 November 2024

Lee, M. K., Fouladi, M. H., & Namasivayam, S. N. (2017). Natural frequencies of thin rectangular plates using homotopy-perturbation method. Applied Mathematical Modelling, 50, 524-543. https://doi.org/10.1016/j.apm.2017.05.050, Retrieved 6 November 2024

Ludwigsen D. (2015): Acoustic and structural resonances of the cajon. Proc. Mtgs. Acoust. 2 November 2015; 25 (1): 035005. https://doi.org/10.1121/2.0000516, Retrieved 3 November 2024

Merlino, A. J. (2015). The History and Development of the Cajon. Available in https://www.academia.edu/21567272/The_history_of_the_cajon, Retrieved 20 February 2024

Morales, H., & Brivio, A. (2012). The Afro-Peruvian Percussion Ensemble: From the Cajon to the Drum Set. Petaluma, CA: Sher Music Co. Retrieved 22 February 2024

Nedelcu, D., Barbinta, C.-I., Gillich, G.-R., Korka, Z.-I., & Hatiegan, C. (2020). A Python application to calculate the mode shapes of rectangular plates. Vibroengineering Procedia, 33, 66-71. https://doi.org/10.21595/vp.2020.21719, Retrieved 2 January 2024

Ondrejka, V., Danihelová, A., Čulík, M., & Němec, M. (2017, May). Musical instrument Cajon – Sound quality and construction systems. Conference Paper, Physics Teaching in Engineering Education (PTEE 2017), University of Ţilina, Slovakia. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/317248308

Pehmoeller, J., & Ludwigsen, D. (2015). Acoustic and structural resonance characteristics of the cajon. The Journal of the Acoustical Society of America, 138(3), 1935-1935. https://doi.org/10.1121/1.4934104, Retrieved 22 January 2024

Woodhouse J. (2024) The Helmholtz resonator. Available at: https://euphonics.org/4-2-1-the-helmholtz-resonator/, Retrieved November, 2024