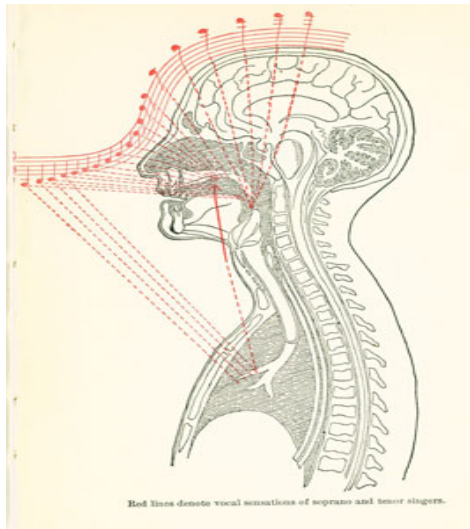




ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
(Τ.Ε.Ι.) ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Μελέτη του βιμπράτο της τραγουδιστικής φωνής
των τριών ειδών σοπράνο.

Εκπονητής: Τατζίδης Πλούταρχος
Επιβλέπων καθηγητής: Σ. Κουζούπης,

Ρέθυμνο 2008

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων.....	2
Ευχαριστίες.....	4
Περίληψη.....	5
Abstract	6
Εισαγωγή.....	7

Κεφάλαιο 1^ο

1.1.	Παραγωγή της φωνής.....	8
1.2.	Το ανθρώπινο σύστημα φώνησης.....	10
1.3	Διαμόρφωση του φάσματος του ήχου από τη φωνητική οδό.....	12
1.4	Τα formants.....	14

Κεφάλαιο 2ο

2.1.	Λειτουργία των φωνητικών χορδών	18
2.2	Φυσική ερμηνεία της λειτουργίας των φωνητικών χορδών	19
2.3.	Τρόπος ταλάντωσης των φωνητικών χορδών	21
2.4.	Μοντελοποίηση της ταλάντωσης των φωνητικών χορδών.....	22
2.5.1	Προσέγγιση της λειτουργίας των φωνητικών χορδών με το μοντέλο μάζας-ελατηρίου.....	24
2.5.2	Μοντελοποίηση της λειτουργίας των φωνητικών χορδών με το μοντέλο πολλαπλών μαζών - ελατηρίων	27
2.6	Κανονικοί τρόποι δόνησης των φωνητικών χορδών	29
2.7	Προσαγωγή και απαγωγή των φωνητικών χορδών.....	31
2.8	Ελεγχος της ταλάντωσης των φωνητικών χορδών	32

Κεφάλαιο 3ο

3.1.	Ορισμός του βιμπράτο	37
3.2.	Παράγοντες που επηρεάζουν το βιμπράτο	40
3.3	Ηλεκτρογλωττογραφία (EGG)	41
3.4	Εξοπλισμός και χώρος ηχογραφήσεων.....	45

Κεφάλαιο 4ο

4.1	Επιλογή δειγμάτων προς ανάλυση.....	48
4.2	Μέθοδος ανάλυσης των δειγμάτων	53

Κεφάλαιο 5ο

5.1	Εκτίμηση και επεξεργασία των μετρήσεων για τη συχνότητα του βιμπράτο.....	65
5.2	Εκτίμηση και επεξεργασία των μετρήσεων για το εύρος του βιμπράτο.....	87
5.3	Συμπεράσματα για τη συχνότητα του βιμπράτο	115
5.4	Συμπεράσματα για το εύρος του βιμπράτο.....	117
5.5	Σύγκριση κοινών δειγμάτων άριας	119
5.6	Σχέση των παραμέτρων του βιμπράτο και της ταχύτητας εκτέλεσης του μουσικού κειμένου (tempo)	121
5.7	Μεταβολή εύρους, intonation και στάθμης ηχητικής πίεσεως κατά τη χρονική διάρκεια κάθε δείγματος της άριας	121
5.8	Ποιοτικές και ποσοτικές απαιτήσεις δειγμάτων για τη διεξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.....	122

Ευχαριστίες

**Ευχαριστώ θερμά,
αυτούς που στήριξαν και βοήθησαν σε αυτήν την εργασία.**

Τους συνεργάτες συμφοιτητές :

Στεφάτο Γιώργο, Τοπούζογλου Χριστίνα, Μπέικοφ Ναστάζια.

Τους συμφοιτητές :

Τσάλη Πολυξένη, Γκακίδη Κάρολο

Τους καθηγητές της Σχολής :

Κουζούπη Σ., Βαλσαμάκη Ν., Χουσίδη Χ., Μπακαρέζο Ε., Παπαδογιάννη Ν.,
Κεφαλογιάννη Ν., Φιτσανάκη Μ.

Τις 9 τραγουδίστριες που συμμετείχαν στις ηχογραφήσεις:

Ζερβού Ελπινίκη, Καμβάκου Διαλεχτή, Καρύδη Έλλη, Κατσούρα Μαρία,
Κουτσούμπη Ελένη, Παγκάλου Άννα, Παπαθανασίου Μυρτώ, Έλενα
Λελίνα, Σπανάκη Λουκία.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αφορά την περιγραφή της παραγωγής της φωνής, της λειτουργίας των φωνητικών χορδών και τη μελέτη των βασικών παραμέτρων του βιμπράτο, δηλαδή της συχνότητας και του εύρους του, στις γυναικείες φωνές σοπράνο. Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων-αναλύσεων των δύο παραπάνω παραμέτρων, ηχογραφήθηκαν εννέα τραγουδίστριες σοπράνο (3 δραματικές, 3 λυρικές, 3 ελαφριές) σε μία άσκηση κατά την οποία τους ζητήθηκε προφέροντας τα φωνήεντα /α/, /ε/, /ι/, /ο/ και /ου/ να τραγουδήσουν όλους τους φυσικούς φθόγγους της έκτασής τους με βιμπράτο και μία άρια χωρίς τη συνοδεία μουσικού οργάνου από την οποία απομονώθηκαν φθόγγοι ικανοποιητικής για τις απαιτήσεις των μετρήσεων διάρκειας οι οποίοι εκτελέστηκαν με βιμπράτο στα αντίστοιχα με την άσκηση φωνήεντα. Για την υλοποίηση των μετρήσεων-αναλύσεων δημιουργήθηκε ειδικό λογισμικό από τον Δρ. Κουζούπη Σ., με το οποίο αναλύθηκαν ως επί το πλείστον ηχογραφήσεις ηλεκτρογλωττογραφικού σήματος, εκτός ορισμένων περιπτώσεων όπου το ηλεκτρογλωττογραφικό σήμα ήταν κατεστραμμένο ή περιείχε μεγάλο ποσοστό θορύβου, οπότε και χρησιμοποιήθηκε αντί αυτού το ηχογραφημένο ακουστικό σήμα. Από τη συγκέντρωση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων επισημαίνονται διαφορές και ομοιότητες του βιμπράτο μεταξύ των τριών ειδών φωνών σοπράνο καθώς και η πιθανότητα να κατηγοριοποιηθούν αυτές με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν σε δραματικές, λυρικές και ελαφριές.

Abstract

The present dissertation is focused on the description of the voice production, the vocal fold oscillation and the study of the two basic vibrato parameters, the rate and the extent, in female soprano voices. For that purpose nine female soprano singers were recorded (3 Dramatic, 3 Lyric and 3 Light) performing an exercise where they were asked to sing all notes of their range with vibrato pronouncing the vowels /a/, /e/, /i/, /o/, /ou/. Also, tones from an aria that was recorded and performed acapella from all singers were isolated. The criteria for these tones were the duration of the tones, the vowels which were the same with the exercise and these tones should be executed with vibrato. All measurements for the rate and the extent of vibrato were made in software which was developed by Dr. Kouzoupis S., using recorded electroglottographical or acoustical signal. By emphasizing on similarities and differences of vibrato among the three soprano voices, a classification of Dramatic, Lyric and Light soprano voices, might be possible.

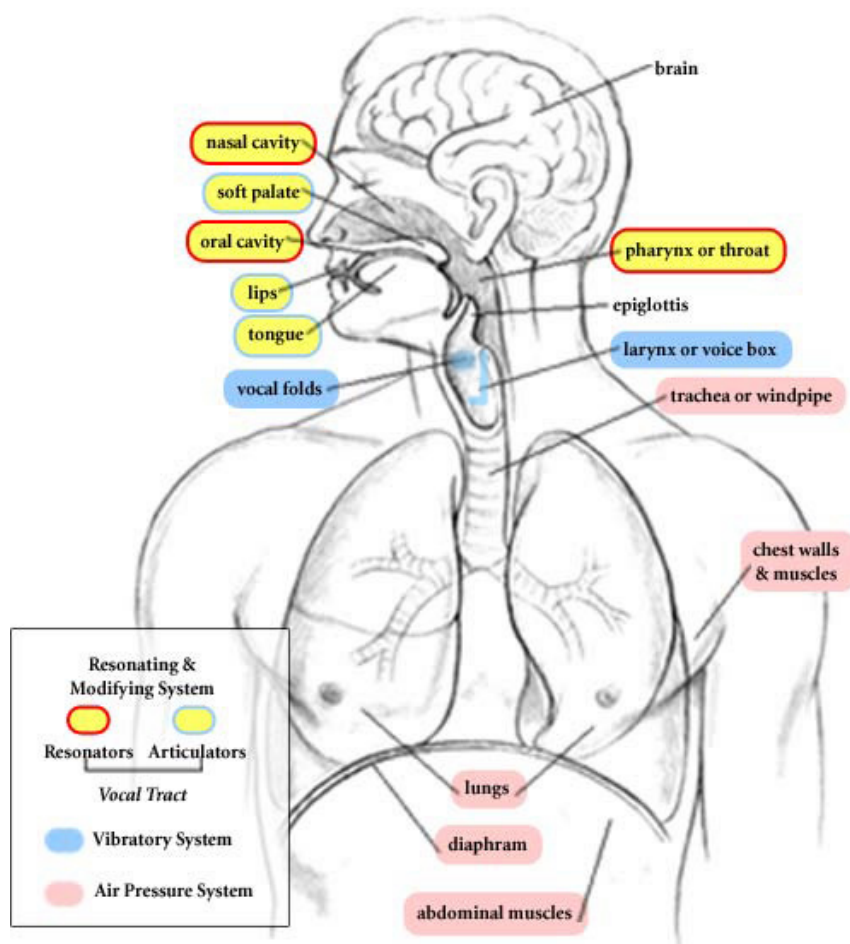
Εισαγωγή

Στη δυτικοευρωπαϊκή μουσική οι τραγουδιστικές φωνές κατηγοριοποιούνται με βάση την έκτασή τους. Αυτό το κριτήριο ισχύει τόσο για τις ανδρικές όσο και για τις γυναικείες φωνές. Η παρούσα εργασία αφορά τις γυναικείες φωνές με την υψηλότερη συχνότητα και μουσικά έκταση οι οποίες είναι οι φωνές σοπράνο. Οι ανάγκες που προέκυψαν από τα μουσικά έργα που συνέθεσαν οι μεγαλύτεροι μουσικοσυνθέτες στην ιστορία της δυτικοευρωπαϊκής μουσικής οδήγησαν στην υποκατηγοριοποίηση των βασικών κατηγοριών των φωνών και συνεπώς και της κατηγορίας των σοπράνο. Η ανάγκη αυτή δημιουργήθηκε κυρίως στα έργα της όπερας, όπου οι τραγουδιστές καλούνταν να ερμηνεύσουν μουσικά αλλά και θεατρικά τους διάφορους ρόλους των έργων. Οι απαιτήσεις όμως των διαφόρων ρόλων δεν μπορούσαν να καλυφθούν από όλες τις φωνές ακόμα και αν αυτές ανήκαν στην ίδια κατηγορία. Με βάση λοιπόν τα κριτήρια τα οποία προέκυψαν από τις απαιτήσεις των ρόλων όπως η χροιά, η ευκινησία της φωνής, ο τρόπος ερμηνείας, ο απαιτούμενος συναισθηματισμός οδήγησαν στις υποκατηγορίες των φωνών. Η σοπράνο φωνή την οποία και αφορά η εργασία αυτή κατηγοριοποιήθηκε στις εξής τρεις κατηγορίες: τη δραματική, τη λυρική και την ελαφριά σοπράνο. Ο διαχωρισμός τους μέχρι και σήμερα γίνεται με βάση τα παραπάνω κριτήρια τα οποία δεν είναι απολύτως αντικειμενικά καθώς είναι κριτήρια ακουστικά. Δεν είναι δε λίγες οι φορές όπου καθηγητές της τέχνης του τραγουδιού διαφωνούν κάθετα μεταξύ τους ως προς την ένταξη μιας μαθητευόμενης τραγουδίστριας σοπράνο στην καταλληλότερη κατηγορία με βάση τα αισθητικά στοιχεία που διαθέτει η φωνή της. Ένα τέτοιο λάθος συμπέρασμα είναι επικίνδυνο καθώς σε μία τέτοια περίπτωση η τραγουδίστρια καλείται να ερμηνεύει λανθασμένο ρεπερτόριο και να εκγυμνάζει λανθασμένα τη φωνή της, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στην καταστροφή της λόγω καταπονήσεων. Για το λόγο αυτό στην παρούσα εργασία πέραν της περιγραφής του μηχανισμού της φώνησης, της λειτουργίας των φωνητικών χορδών και τη μελέτη των βασικών παραμέτρων του βιμπράτο, επιχειρείται και μια προσπάθεια μέσω της ποσοτικοποίησης της συχνότητας και του εύρους του βιμπράτο, να διερευνηθεί κατά πόσο είναι εφικτό οι παράμετροι αυτοί να αποτελέσουν αντικειμενικά κριτήρια για την κατηγοριοποίηση των φωνών σοπράνο σε δραματικές, λυρικές και ελαφριές.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

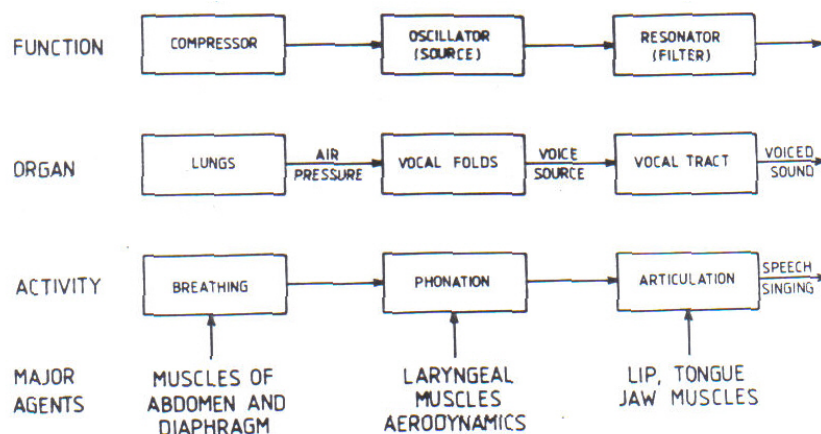
1.1 Παραγωγή της φωνής

Η διαδικασία της παραγωγής της φωνής γίνεται σε τρία διαδοχικά στάδια όπου σε κάθε στάδιο αντιστοιχεί η λειτουργία ενός ξεχωριστού συστήματος (βλέπε Σχ.1.1).



Σχήμα 1.1: Τα τρία στάδια παραγωγής της φωνής με τα αντίστοιχα όργανα, μυς, κοιλότητες..[4]

Κάθε σύστημα επιτελεί διαφορετική λειτουργία και περιλαμβάνει το δικό του σύνολο οργάνων, μυών, χόνδρων και κοιλοτήτων του ανθρώπινου σώματος (βλέπε Σχ.1.2).



Σχήμα 1.2: Τα τρία βασικά όργανα παραγωγής της φωνής και οι αντίστοιχες λειτουργίες που επιτελούν.[31]

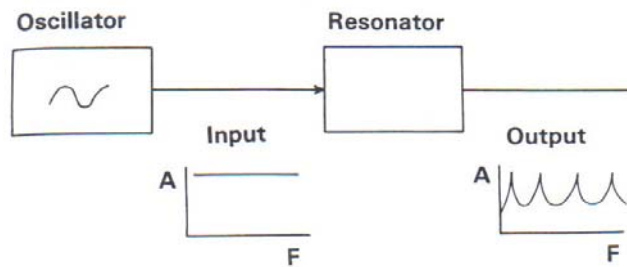
Αναλυτικά αυτά είναι:

1^ο Στάδιο: Το σύστημα της αναπνοής, το οποίο παρέχει τον απαιτούμενο σε πίεση αέρα και περιλαμβάνει τους άνω κοιλιακούς μυς, το διάφραγμα, τους πνεύμονες, το θώρακα, τους θωρακικούς μυς και την τραχεία.

2^ο Στάδιο: Το σύστημα ταλάντωσης, περιλαμβάνοντας το λάρυγγα και πιο συγκεκριμένα την κατασκευή του (χόνδρους και μυς) στην οποία προσαρμόζονται οι φωνητικές χορδές και από την οποία υποστηρίζεται η κίνηση τους, και τις φωνητικές χορδές, οι οποίες με την κίνησή τους μετατρέπουν το ρεύμα αέρα που έρχεται από τους πνεύμονες σε μία περιοδική σειρά παλμών αέρα.

3^ο Στάδιο: Περιλαμβάνει τη φωνητική οδό (vocal tract) που διαμορφώνει το φάσμα των σειρών παλμών αέρα που δημιουργούνται από τις φωνητικές χορδές, προσδίδοντας τα τελικά ηχοχρωματικά χαρακτηριστικά σε κάθε ήχο. Η φωνητική οδός αποτελείται από την φαρυγγική, την στοματική και τη ρινική κοιλότητα (οι κοιλότητες αυτές ονομάζονται resonators ή αντηχεία προσώπου) και από τη μαλακή

υπερώα, τη γλώσσα και τα χείλη (που ονομάζονται articulators ή αρθρώσεις). Η φωνητική οδός επενεργεί στην παλμοσειρά αέρα που παράγεται από τις φωνητικές χορδές σαν φίλτρο (βλέπε Σχ.1.3).[34], [35]



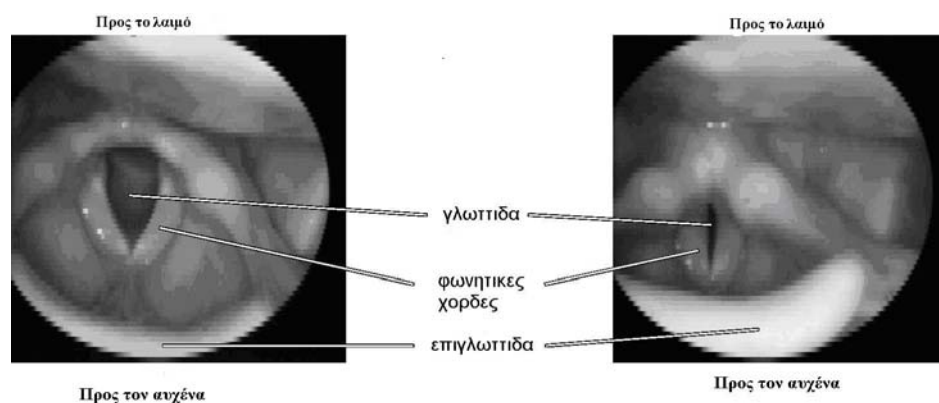
Σχήμα 1.3: Η επίδραση του vocal tract ως αντηχείο (resonator) στο αρχικό σήμα που προέρχεται από τις φωνητικές χορδές (oscillator).[31]

1.2 Το ανθρώπινο σύστημα φώνησης

Οι πνεύμονες έχουν σπογγώδη μορφή και αποτελούνται από πολλές μικρές κοιλότητες. Οι κοιλότητες αυτές ενώνονται με τους βρόγχους οι οποίοι έχουν σωληνοειδή μορφή και με τη σειρά τους αυτοί ενώνονται με την τραχεία. Η τραχεία σταματάει στις φωνητικές χορδές. Αυτή είναι η πορεία του αέρα από τους πνεύμονες μέχρι τις φωνητικές χορδές.

Οι φωνητικές χορδές αποτελούνται από στρώματα μυών οι οποίοι καλύπτονται από μία βλεννογόνο μεμβράνη. Το μήκος τους είναι περίπου 3mm στα νεογέννητα, 9-13mm και 15-20mm στις ενήλικες γυναίκες και άντρες αντιστοίχως. Ο κενός χώρος μεταξύ των φωνητικών χορδών ονομάζεται γλωττίδα (βλέπε Σχ.1.4), ή κατά μία άλλη έννοια η κατασκευή η οποία περιβάλλει αυτόν τον κενό χώρο μεταξύ

των χορδών. Ο μηχανισμός αυτός υποστηρίζεται και ελέγχεται από έναν μεγάλο αριθμό χόνδρων και μυών.[31]



Σχήμα 1.4: Η γλωττίδα, οι φωνητικές χορδές και η επιγλωττίδα σε κάτοψη, κατά τη διάρκεια της αναπνοής (αριστερά) και κατά τη διάρκεια της φώνησης (δεξιά).[14]

Οι εμπρόσθιες άκρες των φωνητικών χορδών είναι προσαρμοσμένες στον θυρεοειδή χόνδρο, ενώ οι οπίσθιες προσαρμόζονται στους αρυτενοειδείς χόνδρους. (λέγοντας εμπρόσθιες εννοούμε τις άκρες που καταλήγουν στην πλευρά του προσώπου προς το λαιμό, ενώ οπίσθιες αυτές που καταλήγουν στην πλευρά του αυχένα).

Η φωνητική οδός αποτελείται από έναν αριθμό διαφόρων κοιλοτήτων και εκτείνεται από την περιοχή πάνω από τις φωνητικές χορδές μέχρι τα χείλη του στόματος και τα ρουθούνια της μύτης. Επενεργεί ως φίλτρο το οποίο διαμορφώνει το φάσμα του ήχου. Στη διαμόρφωση αυτή παίζουν ρόλο οι κοιλότητες του λάρυγγα, του φάρυγγα, η στοματική κοιλότητα η οποία διαμορφώνεται κατά κύριο λόγο από το άνοιγμα της κάτω γνάθου [13], η ρινική και οι γύρω από αυτήν κοιλότητες, [13]. Το

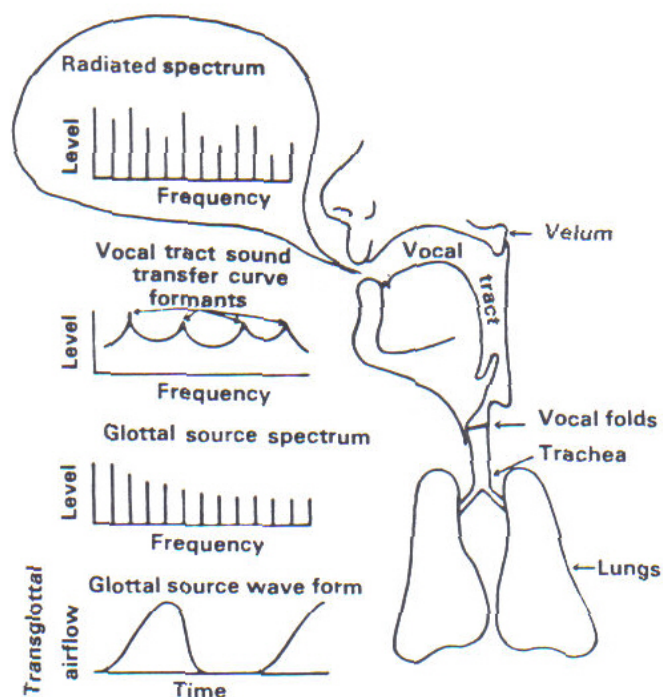
μήκος του vocal tract είναι περίπου 17cm στους άνδρες, 15cm στις γυναίκες και 14cm στα παιδιά, [13].

1.3 Διαμόρφωση του φάσματος του ήχου από τη φωνητική οδό

Οποιαδήποτε μάζα έχει την ιδιότητα της ελαστικότητας αποτελεί αντηχείο. Παρ' όλο που το βάρος μιας μικρής ποσότητας αέρα είναι ελάχιστο, αυτή φέρει τις ιδιότητες της μάζας, έστω και αν αυτή η μάζα είναι αρκετά μικρή. Επίσης συμπιέζοντας τον αέρα, αυτός προσπαθεί να επανακτήσει τον αρχικό του όγκο, υποδηλώνοντας ότι φέρει και την ιδιότητα της ελαστικότητας. Για το λόγο αυτό ο αέρας που εσωκλείεται στις κοιλότητες της φωνητικής οδού λειτουργεί ως αντηχείο. Ο ήχος εντός ενός αντηχείου σβήνει αργά. Χτυπώντας ένα αντηχείο, αυτό θα ηχήσει και ο ήχος θα σβήσει αργά ή γρήγορα αλλά όχι ακαριαία. Σε μια χορδή πιάνου, η οποία μπορεί να εκληφθεί ως μια ακραία περίπτωση αντηχείου, ο ήχος σβήνει πολύ αργά. Στη φωνητική οδό, το σβήσιμο αυτό είναι αρκετά πιο γρήγορο αλλά καμιά φορά είναι δυνατόν να ακουστεί πως σβήνει ο ήχος εκεί αν κάποιος χτυπήσει ελαφρά το λαιμό πάνω από το λάρυγγα με το δάχτυλο ενώ η γλωττίδα παραμένει κλειστή και το στόμα ανοιχτό. Θα ακουστεί ένα γρήγορο σβήσιμο του ήχου, σαν το χτύπημα σε ένα άδειο μπουκάλι ή ένα κουτί αναψυκτικού τα οποία παρεμπιπτόντως αποτελούν άλλα παραδείγματα παρόμοιων με τη φωνητική οδό αντηχείων.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό ενός αντηχείου είναι ότι επιτρέπει σε ήχους να περνούν και να εκπέμπονται από αυτό κάτω υπό ορισμένες συνθήκες οι οποίες εξαρτώνται από τη συχνότητα του ήχου. Ήχοι με συγκεκριμένες συχνότητες ή φάσμα συχνοτήτων περνούν ευκολότερα και εκπέμπονται με μεγαλύτερο πλάτος έντασης. Αυτές οι συχνότητες που εκπέμπονται με αυτόν τον τρόπο ονομάζονται συχνότητες συντονισμού του αντηχείου ή εν προκειμένου για τη φωνή και τη φωνητική οδό

συχνότητες formants. Αν ένας τόνος με συχνότητα διαφορετική από αυτή των formants περάσει από τη φωνητική οδό τότε ο ήχος αυτός θα εκπεμφθεί με μειωμένο πλάτος έντασης. Αντίθετα οι συχνοτικές συνιστώσες του παλμού (ο παλμός αέρα που δημιουργείται από τις φωνητικές χορδές) που είναι πιο κοντά στις συχνότητες των formants θα εκπεμφθούν με μεγαλύτερο πλάτος (βλέπε Σχ.1.5). Επομένως η φωνητική οδός έχει την ικανότητα να μεταδίδει ήχους καλύτερα όταν αυτοί συμπίπτουν συχνοτικά με τις συχνότητες των formants.[32], [34], [37]



Σχήμα 1.5: Διαμόρφωση του φάσματος του παλμού από τη φωνητική οδό και τις συχνότητες των formants.

1.4 Τα formants

Τα formants αρχικά διαφοροποιούνται αναλόγως με την ηλικία και το φύλο αφού τα ανατομικά χαρακτηριστικά της φωνητικής οδού εξαρτώνται από τους δύο παραπάνω παράγοντες. Επίσης οι συχνότητες των formants διαφοροποιούνται από το φωνήεν που προφέρεται κάθε φορά αφού από αυτό εξαρτώνται η θέση και το σχήμα της γλώσσας, των χειλιών, της μαλακής υπερώας, του σαγονιού, δηλαδή των αρθρωτικών κινήσεων του προσώπου. Στη φωνητική οδό οι 4-5 χαμηλότερες formant συχνότητες παίζουν ρόλο στη διαμόρφωση του φάσματος του ήχου της φωνής, δηλαδή στο ηχόχρωμά της. Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται οι πέντε χαμηλότερες συχνότητες formants στη φωνή της σοπράνο σε όλα τα φωνήεντα /a/, /e/, /i/, /o/, /ou/ με τα αντίστοιχα πλάτη και εύροι τους.

Σοπράνο /a/	f1	f2	f3	f4	f5
Συχνότητα (Hz)	800	1150	2900	3900	4950
Πλάτος (dB)	0	-6	-32	-20	-50
Εύρος (Hz)	80	90	10	130	140

Πίνακας 1.1: Οι πέντε χαμηλότερες συχνότητες formants στη φωνή της σοπράνο για το φωνήεν /a/.

Σοπράνο /e/	f1	f2	f3	f4	f5
Συχνότητα(Hz)	350	2000	2800	3600	4950
Πλάτος (dB)	0	-20	-15	-40	-56
Εύρος (Hz)	60	100	120	150	200

Πίνακας 1.2: Οι πέντε χαμηλότερες συχνότητες *formants* στη φωνή της σοπράνο για το φωνήεν /e/.

Σοπράνο /i/	f1	f2	f3	f4	f5
Συχνότητα(Hz)	270	2140	2950	3900	4950
Πλάτος (dB)	0	-12	-26	-26	-44
Εύρος (Hz)	60	90	100	120	120

Πίνακας 1.3: Οι πέντε χαμηλότερες συχνότητες *formants* στη φωνή της σοπράνο για το φωνήεν /i/.

Σοπράνο /o/	f1	f2	f3	f4	f5
Συχνότητα(Hz)	450	800	2830	3800	4950
Πλάτος (dB)	0	-11	-22	-22	-50
Εύρος (Hz)	70	80	100	130	135

Πίνακας 1.4: Οι πέντε χαμηλότερες συχνότητες *formants* στη φωνή της σοπράνο για το φωνήεν /o/.

Σοπράνο /ou/	f1	f2	f3	f4	f5
Συχνότητα(Hz)	325	700	2700	3800	4950
Πλάτος (dB)	0	-16	-35	-40	-60
Εύρος (Hz)	50	60	170	180	200

Πίνακας 1.5: Οι πέντε χαμηλότερες συχνότητες formants στη φωνή της σοπράνο για το δίφθογγο /ou/.

Η επίδραση του μήκους της φωνητικής οδού στις συχνότητες των formants είναι άμεση. Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της φωνητικής οδού τόσο χαμηλότερες είναι οι συχνότητες των formants. Επίσης ενώ δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη αντιστοιχία της κάθε αρθρωτικής κίνησης με ένα συγκεκριμένο formant, εν τούτοις φαίνεται πως κάποια formants είναι περισσότερο ευαίσθητα στην κίνηση κάποιων αρθρωτικών κινήσεων. Για παράδειγμα όλα τα formants χαμηλώνουν συχνотικά από το στένεμα (στρογγύλεμα) του ανοίγματος των χειλιών ή από την επιμήκυνση της φωνητικής οδού. Όσον αφορά το κάθε formant ξεχωριστά :

Το πρώτο είναι πιο ευαίσθητο στις αλλαγές του ανοίγματος του σαγονιού. Μία αύξηση του ανοίγματος του σαγονιού αυξάνει τη συχνότητα του πρώτου formant. Η συχνότητα αυτή μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 250 και 1000 Hz.

Το δεύτερο έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στις αλλαγές του σχήματος της γλώσσας. Όταν η γλώσσα συμπιέσει το ανώτερο τμήμα της φωνητικής οδού η συχνότητα του δεύτερου formant αυξάνεται δραματικά φτάνοντας μέχρι τα 2500 Hz. Το αντίθετο συμβαίνει όταν συμπιέσει το κατώτερο τμήμα της φωνητικής οδού οπότε η συχνότητα του δεύτερου formant μειώνεται μέχρι τα 600Hz.

Το τρίτο, τέταρτο και πέμπτο formant είναι λιγότερο ευκίνητα. Εξαρτώνται περισσότερο από το μήκος της φωνητικής οδού παρά από τις αρθρωτικές κινήσεις. Το τρίτο formant που είναι περισσότερο ευκίνητο, εξαρτάται και από τη θέση της άκρης της γλώσσας ή πιο συγκεκριμένα από το μέγεθος της κοιλότητας που σχηματίζεται πίσω από τα δόντια. Αν η κοιλότητα είναι μεγάλη, η συχνότητα του τρίτου formant χαμηλώνει. Η συχνότητά του είναι μεταξύ 1700 με 3500 Hz. [36],[37].

Ένα πολύ χρήσιμο συμπέρασμα είναι ότι εφόσον η θέση των articulators είναι αυτή που καθορίζει το φωνήεν και αυτή ουσιαστικά επηρεάζει μόνο τα δύο πρώτα formants, άρα και η ποιότητα ή η αναγνωρισιμότητα του φωνήεντος εξαρτάται από τα δύο πρώτα formants. Ένα θέμα που προκύπτει από το παραπάνω συμπέρασμα είναι πώς μπορεί κάποιος να μιλήσει κατανοητά ενώ έχει στο στόμα του ένα μικρό αντικείμενο π.χ ένα τσιγάρο. Έρευνα που διεξήγαγε ο Sundberg έδειξε ότι οι συχνότητες των formants παραμένουν οι ίδιες για κάθε φωνήεν. Αυτό που συμβαίνει ουσιαστικά είναι ότι όταν ένας articulator εμποδιστεί από το να κινηθεί ελεύθερα όπως στο παράδειγμα παραπάνω με το τσιγάρο στα χείλη, η δράση του αντισταθμίζεται από έναν άλλο articulator, όπως τη γλώσσα. Με τον ίδιο τρόπο εξηγείται πως ένας εγαστρίμυθος μπορεί να μιλάει χωρίς να κουνάει τα χείλη του.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2.1 Λειτουργία των χορδών

Οι φωνητικές χορδές μπορούν να χαρακτηριστούν ως ένα σύστημα ταλαντωτή, όπου με τον όρο ταλαντωτή ονομάζουμε οποιοδήποτε σύστημα που μπορεί να συντηρήσει για κάποιο διάστημα επαναληπτικές κινήσεις. Στην περίπτωση του φωνητικού οργάνου, έχουμε παραγωγή ταλαντώσεων από τις φωνητικές χορδές οι οποίες δημιουργούν ένα ακουστικό κύμα (το οποίο λαμβάνουμε σαν ακουστικό σήμα). Ένα τέτοιο σήμα προέρχεται από μικρές και γρήγορες μεταβολές της πίεσης του αέρα. Στους ήχους που παράγονται κατά την φώνηση τις μεταβολές αυτές τις δημιουργούν οι φωνητικές χορδές.

Όταν ο αέρας που προέρχεται από τους πνεύμονες περνάει μέσα από τις φωνητικές χορδές, αυτές αρχίζουν να ταλαντώνονται, ανοίγοντας και κλείνοντας ταυτόχρονα το πέρασμα του ρεύματος αέρα μέσα από αυτές. Με αυτόν τον τρόπο το ρεύμα αέρα διαμορφώνεται σε μια σειρά από μικρούς παλμούς αέρα και σε τακτά διαστήματα αυτοί αυξάνουν την πίεση του αέρα που βρίσκεται πάνω από την περιοχή της γλωττίδας. Η πίεση στη συνέχεια ελαττώνεται και αυξάνεται πάλι εκ νέου, μόλις οι φωνητικές χορδές επιτρέψουν στον επόμενο παλμό αέρα να περάσει. Έτσι, με το εναλλάξ άνοιγμα και κλείσιμο του περάσματος του ρεύματος αέρα, οι ταλαντευόμενες φωνητικές χορδές παράγουν ένα ακουστικό σήμα που δημιουργείται από τις μεταβολές πίεσης του αέρα. Για όσο χρόνο οι φωνητικές χορδές ανοίγουν και κλείνουν τη γλωττίδα, ταυτόχρονα στα ίδια χρονικά διαστήματα παράγεται ένας τόνος σε μία συγκεκριμένη συχνότητα. Η συχνότητα αυτή είναι ίση με τη συχνότητα ταλάντωσης των φωνητικών χορδών όπως επίσης ίση και με τη συχνότητα του παραγόμενου τόνου. Αν π.χ. μία σοπράνο τραγουδήσει τη νότα A5 η οποία έχει συχνότητα ίση με 880 Hz, αυτό σημαίνει ότι οι φωνητικές χορδές ανοίγουν και κλείνουν 880 φορές το δευτερόλεπτο. Η θεμελιώδης συχνότητα (θεμέλιος) που παράγεται κατά τη φώνηση είναι ίση με τον αριθμό των παλμών αέρα που δημιουργούνται από το διαδοχικό άνοιγμα και κλείσιμο των φωνητικών χορδών σε

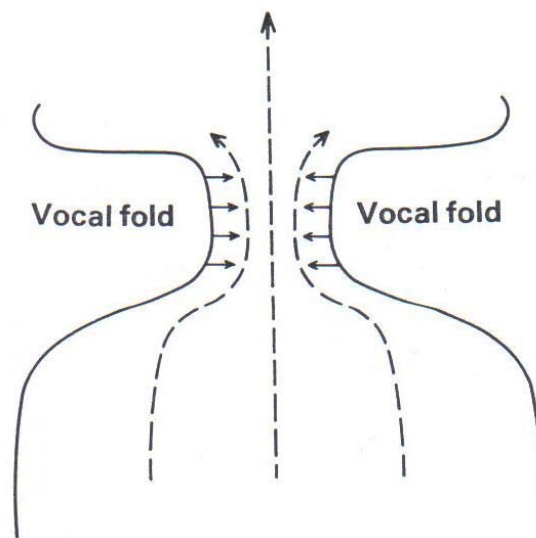
χρονικό διάστημα ενός δευτερολέπτου ή με άλλα λόγια ίση με τη συχνότητα με την οποία πάλλονται οι φωνητικές χορδές.

Βέβαια υπάρχουν και άλλα τμήματα του φωνητικού οργάνου που λειτουργούν σαν ταλαντωτές. Αν το ρεύμα αέρα από τους πνεύμονες υποχρεωθεί να περάσει διαμέσου μίας σχισμής, με θεωρητικά άκαμπτα τοιχώματα, παίρνει τη μορφή αεροστροβίλου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή θορύβου, δηλαδή ενός ακουστικού σήματος χωρίς συγκεκριμένο τονικό ύψος. Ο θόρυβος παράγεται από τις μεταβολές της πίεσης του αέρα με τη διαφορά ότι οι μεταβολές αυτές είναι ακανόνιστες και απεριοδικές. Αν για παράδειγμα προφέρουμε ένα /f/, αυτό παράγεται από τη σχισμή μεταξύ του κάτω χείλους του στόματος και των μπροστινών δοντιών. Αυτό το σύστημα είναι πλέον ο ταλαντωτής που παράγει τον ήχο /f/. Στην περίπτωση του ψίθυρου οι φωνητικές χορδές δεν ταλαντώνονται γιατί βρίσκονται υπό πολύ μεγάλη τάση. Την ίδια όμως στιγμή δημιουργούν ένα πολύ στενό πέρασμα απ' όπου περνάει το ρεύμα αέρα, στροβιλίζεται και παράγεται θόρυβος. Θόρυβος μπορεί να παραχθεί επίσης μεταξύ της γλώσσας και διάφορων σημείων του ουρανίσκου όπως συμβαίνει για παράδειγμα στην περίπτωση της εκφοράς του συμφώνου /χ/.

2.2 Φυσική ερμηνεία της λειτουργίας των φωνητικών χορδών

Όταν ένα ρεύμα αέρα αναγκάζεται να περάσει ανάμεσα από την αρκετά στενή γλωττίδα, οι φωνητικές χορδές αρχίζουν να ταλαντώνονται. Σ' αυτή τη διαδικασία οι λεγόμενες δυνάμεις Bernoulli παίζουν ένα σημαντικό ρόλο. Η δύναμη Bernoulli δημιουργείται όταν ένα αντικείμενο εμποδίζει ένα ρευστό όπως ο αέρας, να έχει ελεύθερη ροή κι έτσι ορισμένα τμήματα της ροής αναγκάζονται να διανύσουν μεγαλύτερη απόσταση από τα υπόλοιπα τμήματα της ροής (βλέπε Σχ.2.1). Υπό αυτές τις συνθήκες η ταχύτητα αυτών των τμημάτων γίνεται μεγαλύτερη γιατί

αναγκάζονται να διανύσουν μεγαλύτερη απόσταση σε σχέση με τα τμήματα της ροής που κινούνται ελεύθερα. Μια τέτοια διαφορά ταχυτήτων μεταξύ τμημάτων της ίδιας ροής δημιουργεί μία υποπίεση η οποία είναι μέγιστη σε διεύθυνση κάθετη από τη διεύθυνση της ελεύθερης ροής του ρευστού. Το μεσαίο (κεντρικό) τμήμα της ροής περνάει ανεπηρέαστο, ελεύθερα μέσα από τη σχισμή της γλωττίδας. Τα ακριανά (στο πλάι) τμήματα της ροής εκτρέπονται από τη διεύθυνση τους από τις φωνητικές χορδές και για αυτό διανύουν μεγαλύτερη απόσταση σε σχέση με το κεντρικό τμήμα της ροής. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται η απαραίτητη συνθήκη εμφάνισης δυνάμεως Bernoulli και επομένως η δημιουργία υποπίεσης κατά μήκος των φωνητικών χορδών, η οποία προσπαθεί να φέρει τις φωνητικές χορδές σε επαφή, δηλαδή να κλείσει τη γλωττίδα, [32], [34]. Επομένως μόλις ανοίξει η γλωττίδα, δημιουργείται δύναμη Bernoulli και εξαιτίας της η γλωττίδα κλείνει ξανά.



Σχήμα 2.1: Η εμφάνιση δυνάμεων Bernoulli κατά τη ροή του αέρα δια μέσου της γλωττίδας..[31]

Όταν η γλωττίδα είναι κλειστή η πίεση του αέρα είναι υψηλότερη κάτω από τη γλωττίδα απ' ό τι πάνω από αυτή. Αν οι φωνητικές χορδές είναι σε θέση, (σε σχήμα τέτοιο), όπου ετοιμάζονται για φώνηση, τότε δεν μπορούν να αντισταθούν σε αυτήν τη διαφορά πίεσης και έτσι ανοίγουν, επιτρέποντας να περάσει ένας νέος παλμός αέρα. Η περιγραφή αυτή εξηγεί τη λειτουργία των φωνητικών χορδών με έναν απλό σχετικά τρόπο καθώς η όλη διαδικασία είναι πιο πολύπλοκη.

2.3 Τρόπος ταλάντωσης των φωνητικών χορδών

Όλες οι περιγραφές του τρόπου ταλάντωσης των φωνητικών χορδών αρχίζουν με την παραδοχή ότι οι φωνητικές χορδές αναρροφώνται εξαιτίας της αρνητικής πίεσης (υποπίεσης) στη γλωττίδα σύμφωνα με τον νόμο του Bernoulli.

Η σύγκλιση της γλωττίδας ακολουθείται από σταδιακή ανάπτυξη της υπογλωττιδικής πίεσης κατά τη διάρκεια που αυτή κλείνει προκαλώντας τις χορδές να κινούνται προς τα έξω και η γλωττίδα να ανοίξει. Η εξωτερική αυτή κίνηση συνεχίζεται μέχρις ότου οι ελαστικές δυνάμεις πάνω στον ιστό να επιβραδύνουν την κίνηση και τελικά να την αναστρέψουν. Ο ιστός κινείται προς την κατεύθυνση της σύγκλισης ξανά και ένα καινούργιος κύκλος (περίοδος) αρχίζει.

Η περιγραφή της ταλάντωσης των φωνητικών χορδών βασισμένη στη αρνητική πίεση της γλωττίδας (Bernoulli effect), την ελαστικότητα του ιστού και την σύγκλιση των φωνητικών χορδών ονομάζεται μυοελαστικο-αεροδυναμική θεωρία της ταλάντωσης των φωνητικών χορδών, [36]. Το πρόθεμα μυο- υπενθυμίζει ότι το μεγαλύτερο μέρος των χορδών είναι μύες και οι ελαστικές ιδιότητές τους μπορούν «ενεργά» να ελέγχονται. Η θεωρία αυτή του Van den Berg αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο σχεδόν όλων των θεωριών γύρω από τη φώνηση.

Οι δυνάμεις Bernoulli δεν μπορούν να εξηγήσουν ή να ερμηνεύσουν όλες τις παραμέτρους που συμμετέχουν στην συντήρηση των ταλαντώσεων, διότι ο

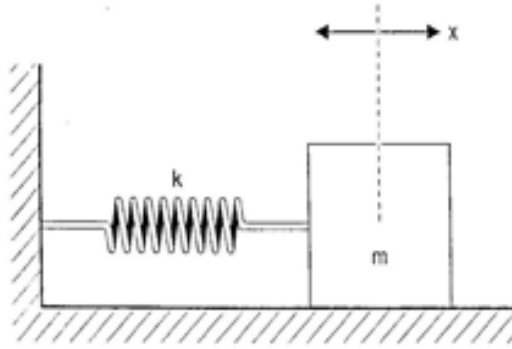
μηχανισμός μετάδοσης ενέργειας από το ρεύμα αέρα στον ιστό περιλαμβάνει κι άλλες παραμέτρους εκτός των δυνάμεων αυτών. Αυτές οι δυνάμεις δεν διαχωρίζουν την κίνηση των φωνητικών χορδών προς τα μέσα ή προς τα έξω.

Ένας συγκεκριμένος τρόπος ταλάντωσης είναι απαραίτητη προϋπόθεση ώστε να μπορέσουν οι δυνάμεις Bernoulli να ελαττώνονται κατά την διάρκεια του κλεισίματος της γλωττίδας και να αυξάνονται κατά τη διάρκεια του ανοίγματός της. Σε άλλη περίπτωση δε θα μπορέσει να μεταδοθεί ενέργεια στον ιστό και η ταλάντωση θα αρχίσει να φθίνει (στην εμπρός και πίσω κίνηση), μέχρις ότου οι φωνητικές χορδές σταματήσουν να πάλλονται και να επανέλθουν στο σημείο ηρεμίας τους.

Η υπογλωττιδιακή πίεση που ασκείται στις φωνητικές χορδές κατά τη διάρκεια του κλεισίματος της γλωττίδας μπορεί επίσης να λειτουργήσει σαν κινητήριος δύναμη, αλλά αυτό δεν έχει καμία σχέση με τις αεροδυναμικές (Bernoulli) δυνάμεις. Κατ' επέκταση ο μηχανισμός θα λειτουργούσε μόνο σε περιπτώσεις όπου η γλωττίδα έκλεινε πολύ βίαια, δηλαδή οι χορδές συγκρούονταν πολύ απότομα, [37].

2.4 Μοντελοποίηση της ταλάντωσης των χορδών

Οι δύο επικρατέστεροι τρόποι μοντελοποίησης των ταλαντώσεων που συναντάμε, είναι π.χ. με ένα μοντέλο εκκρεμούς ή ένα μοντέλο μάζας – ελατηρίου. Αυτό που ταιριάζει περισσότερο στην περίπτωση των φωνητικών χορδών είναι της μάζας – ελατηρίου (βλέπε Σχ.2.2).



Σχήμα 2.2: Μοντέλο μάζας – ελατηρίου

Γνωρίζουμε γενικά ότι στην περίπτωση μάζας – ελατηρίου η δύναμη επαναφοράς δημιουργείται λόγω της επιμήκυνσης ή επιβράγχυνσης του ελατηρίου και είναι αντίθετης φοράς από τη φορά της μετατόπισης, τείνοντας να επαναφέρει το σύστημα στη θέση ισορροπίας. Έτσι, αν μετατοπίσουμε τη μάζα π.χ. προς τα αριστερά από τη θέση ισορροπίας, το ελατήριο σπρώχνει τη μάζα προς τα δεξιά δηλαδή προς τη θέση ισορροπίας. Το αντίστροφο συμβαίνει μετατοπίζοντας τη μάζα προς τα δεξιά. Λόγω της αδράνειας η μάζα δεν σταματάει στη θέση ισορροπίας αλλά την περνάει με αποτέλεσμα να έχουμε ταλάντωση.

Η συχνότητα της ταλάντωσης f_0 είναι

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}} \quad (2.1)$$

όπου K η σταθερά του ελατηρίου (σε N/m) και m η μάζα. Ο λόγος $\left(\frac{K}{m}\right)$ χαρακτηρίζει ποσοτικά την f_0 . Αυτό το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσεγγίσει τις φωνητικές χορδές. Η σταθερά K του ελατηρίου είναι ανάλογη με την ελαστικότητα των χορδών. Ο συντελεστής ελαστικότητας (συντελεστής του Young) ορίζεται ως ο λόγος της δύναμης προς την επιμήκυνση που αυτή προκαλεί. Για μια απλή επιμήκυνση των φωνητικών χορδών η παραπάνω σχέση μπορεί να

χρησιμοποιηθεί για να εξαχθεί η ελαστικότητα των φωνητικών χορδών, αν και η διαδικασία για πολύπλοκες παραμορφώσεις είναι αρκετά δύσκολη.

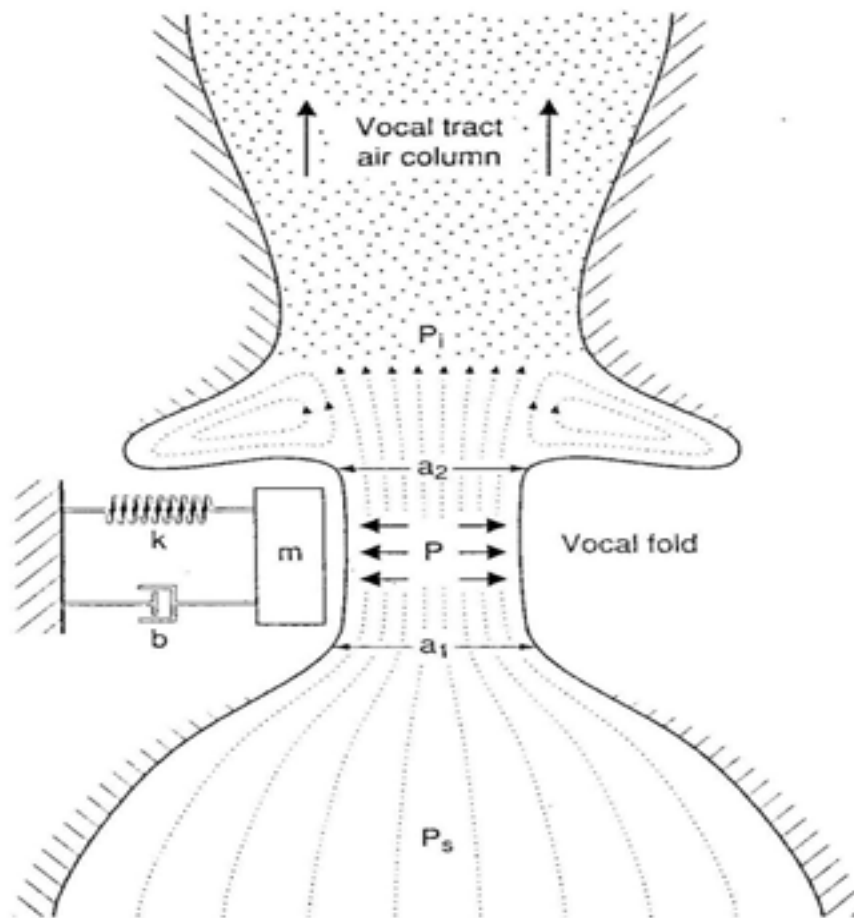
Το βασικό ερώτημα που τίθεται είναι πως επιτυγχάνεται η μείωση απώλειας ενέργειας στην αυτοσυντήρηση της ταλάντωσης των φωνητικών χορδών. Η ταλάντωση μπορεί να παραμείνει αμείωτη μόνο αν μία δύναμη ασκηθεί εξωτερικά στο ταλαντούμενο σώμα η οποία αλλάζει με την διεύθυνση της ταχύτητας. Μια τέτοια δύναμη μπορεί να παραχθεί από τη ροή του αέρα διαμέσου της γλωττίδας, ή αν υπάρχει κυματοειδής κίνηση στην επικάλυψη των φωνητικών χορδών. Υπάρχει επίσης και η αλληλεπίδραση με τους ακουστικούς σωλήνες προς τα πάνω ή προς τα κάτω σε σχέση με τη γλωττίδα

2.5.1 Προσέγγιση των φωνητικών χορδών με το μοντέλο μιας μάζας – ελατηρίου

Κάθε χορδή εκλαμβάνεται ως ένας αρμονικός ταλαντωτής μάζας m , σταθεράς K και μιας σταθεράς b που συμβολίζει τις απώλειες. Στις φωνητικές χορδές η σταθερά b αντιπροσωπεύει τη γλοιώδη υφή των ιστών εξαιτίας της οποίας μέρος της μεταδιδόμενης από το ρευστό (αέρας) ενέργειας απορροφάται πάνω στους ιστούς. Η σταθερά του ελατηρίου K αντιπροσωπεύει την ακαμψία των ιστών και m είναι η μάζα των ιστών που κινούνται.

Η πίεση του ρευστού (αέρας) στη γλωττίδα ασκείται πάντα κάθετα στην επιφάνεια των ιστών. Αν η πίεση αυτή αλλάξει με την διεύθυνση της ταχύτητας των ιστών (μεγαλύτερη προς τα πάνω απ' ό τι προς τα κάτω) θα μεταδοθεί ενέργεια στους

ιστούς από το ρευστό. Αυτή η ενέργεια τότε υπερिशύει των απωλειών πάνω στους ιστούς λόγω της γλοιώδους υφής τους.



Σχήμα 2.3: Μοντελοποίηση των φωνητικών χορδών με το μοντέλο μιας μάζας – ελατηρίου

Η πίεση P που επικρατεί στη γλωττίδα εκφράζεται από τη σχέση

$$P = \left(1 - \frac{a_2}{a_1}\right) (P_s - P_i) + P_i \quad (2.2)$$

όπου a_1 & a_2 τα πλάτη του πάνω και κάτω ανοίγματος της γλωττίδας, P_s η πίεση που επικρατεί κάτω από τη γλωττίδα και P_i η πίεση πάνω από τη γλωττίδα στην

είσοδο της φωνητικής οδού (βλέπε Σχ.2.3). Η ποσότητα $\left(1 - \frac{a_2}{a_1}\right)$ περιγράφει το

σχήμα της γλωττίδας που οφείλεται στη διαφορά φάσης στην κίνηση μεταξύ του άνω και κάτω άκρου της φωνητικής χορδής, δηλαδή όταν αυτή η ποσότητα είναι θετική

($\alpha_1 > \alpha_2$) αυτό υποδηλώνει ότι η γλωττίδα είναι σε συγκλίνουσα διάταξη ενώ όταν είναι αρνητική ($\alpha_1 < \alpha_2$) η γλωττίδα είναι σε αποκλίνουσα διάταξη. Η διαφορά ($P_s - P_i$) είναι η μεσογλωττιδική πίεση. Επειδή το μοντέλο αυτό είναι πολύ απλοποιημένο, προκύπτει ότι $\alpha_1 = \alpha_2$ και οπότε $P = P_i$. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχει μια άμεση σχέση των πιέσεων P και P_i που επικρατούν στη γλωττίδα και στην είσοδο της φωνητικής οδού αντίστοιχα (στο χώρο ακριβώς πάνω από την γλωττίδα) και των μεταξύ τους μεταβολών κατά τη διάρκεια μίας περιόδου. Το στοιχείο κλειδί είναι η αδράνεια του αέρα στη φωνητική οδό. Η «αργή» αντίδραση της στήλης αέρα πάνω από τις φωνητικές χορδές προκαλεί μια άλλη επιπλέον συνθήκη η οποία βοηθάει στην ταλάντωση. Αυτό εξηγείται ως εξής: όταν η γλωττίδα ανοίγει και η ροή του αέρα στη γλωττίδα μεγαλώνει, η στήλη αέρα επιταχύνεται (πιέζεται προς το στόμα) από τη ροή στη γλωττίδα. Αυτό δημιουργεί μια θετική πίεση P_i στην είσοδο της φωνητικής οδού, οδηγώντας τις χορδές στο διαχωρισμό τους. Η ορμή της αέριας στήλης επίσης αυξάνει λόγω της πίεσης. Όταν η γλωττίδα κλείσει η ορμή της αέριας στήλης εξακολουθεί με διεύθυνση τη διεύθυνση της ταχύτητας, δηλαδή από τις φωνητικές χορδές προς το στόμα. Η ροή μέσα από τη γλωττίδα δε μπορεί να συνεχιστεί από τη ροή της αέριας στήλης η οποία δημιουργεί μία αναρρόφηση (αρνητική πίεση) πάνω από τις χορδές και έτσι η γλωττίδα κλείνει. Η πίεση P_i οδηγεί τις χορδές σε συγχρονισμό με την φυσική τους κίνηση.

Η πίεση είναι ανάλογη της δύναμης και η αδράνεια ανάλογη της μάζας. Η αδράνεια για μια στήλη αέρα ορίζεται ως:

$$I = \frac{(\rho L)}{a} \quad (2.3)$$

όπου ρ η πυκνότητα του αέρα, L το μήκος της στήλης και a η διατομή της. Σε αναλογία με το 2^ο Νόμο της κίνησης του Νεύτωνα μπορούμε να γράψουμε:

Πίεση (στην είσοδο της φωνητικής οδού) = αδράνεια * επιτάχυνση της αέριας

στήλης, δηλαδή

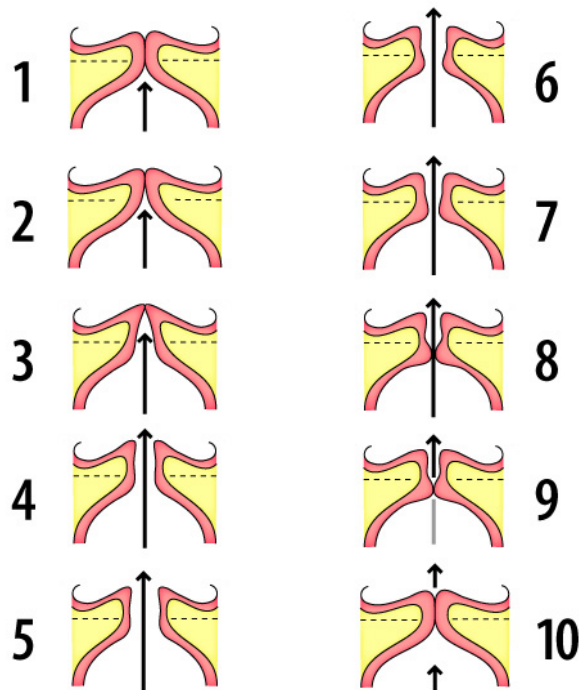
$$P_i = I \left(\frac{dU}{dt} \right) \quad (2.4)$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω η πίεση P_i είναι θετική όταν η γλωττίδα ανοίγει και η επιτάχυνση της αέριας στήλης είναι θετική. Αυτή η θετική πίεση βοηθάει στο να

οδηγηθούν οι χορδές προς τα έξω απ' τη στιγμή που η πίεση P είναι ίση με την P_i . Όταν η γλωττίδα κλείνει και η ροή μειώνεται, ο ρυθμός αλλαγής της ροής του αέρα είναι αρνητικός, δημιουργώντας αρνητική πίεση P_i η οποία ασκείται στην επιφάνεια των χορδών και τις ενώνει. Επομένως και στις δύο φάσεις (άνοιγμα-κλείσιμο) των χορδών η κίνηση υποβοηθείται από την πίεση που υπάρχει πάνω από τη γλωττίδα.

2.5.2 Μοντελοποίηση των χορδών με το μοντέλο πολλαπλών μαζών-ελατηρίων

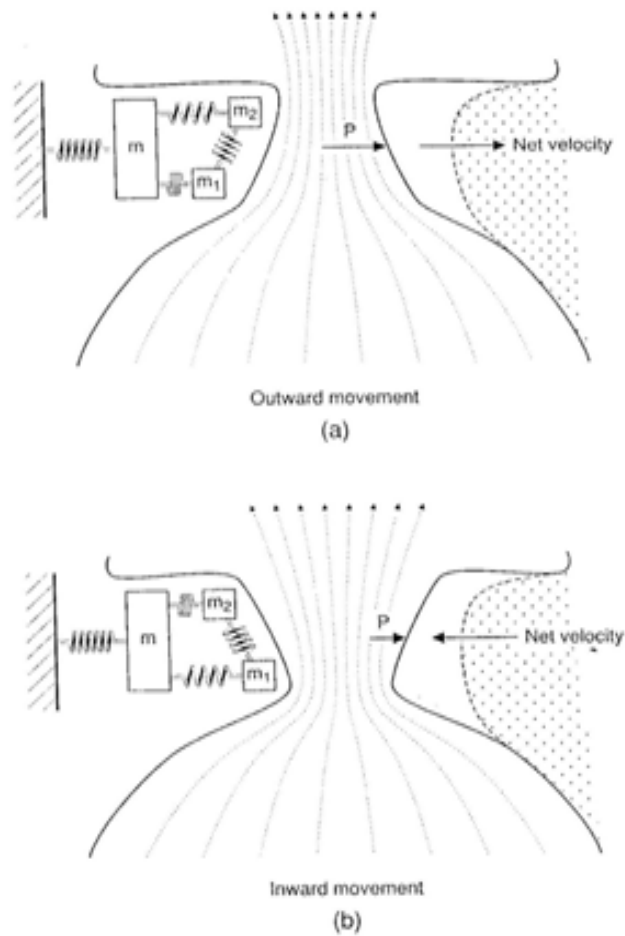
Επειδή οι φωνητικές χορδές δεν κινούνται όπως τα απολύτως στερεά σώματα το μοντέλο μιας μάζας – ελατηρίου δεν αναπαριστά επαρκώς την κίνηση. Πιο συγκεκριμένα η κίνηση μιας φωνητικής χορδής μοιάζει περισσότερο με την κίνηση μιας σημαίας που κινείται υπό την επίδραση του αέρα, με την διαφορά ότι η σημαία είναι δεμένη στο ένα μόνο άκρο της (το άλλο είναι ελεύθερο) ενώ η χορδή είναι πακτωμένη και στα δύο άκρα (μεταξύ θυρεοειδή και αρυτενοειδή αδένα), όμως μπορεί να λυγίζει και να κάμπτεται ελεύθερα στο μέσον της. Επίσης για έναν κανονικό τρόπο ταλάντωσης τα επάνω και τα κάτω άκρα των χορδών δεν κινούνται σε φάση (βλέπε Σχ.2.4).



Σχήμα 2.4: Διαφορά φάσης κατά την κίνηση των πάνω και κάτω άκρων των χορδών κατά τη διάρκεια μιας περιόδου

Στα σχήματα που ακολουθούν (βλέπε Σχ.2.5) φαίνονται στο (a) η προς τα έξω κίνηση και (b) η προς τα μέσα κίνηση η οποία υποδηλώνεται από το βέλος. Και στις δύο περιπτώσεις το κατώτερο μέρος είναι αυτό που οδηγεί το ανώτερο κατά τη διεύθυνση της συνολικής κίνησης. Σε συνάρτηση με τη διεύθυνση της ροής του αέρα το πρώτο σχήμα ονομάζεται συγκλίνων ενώ το δεύτερο αποκλίνων.

Όπως φαίνεται στο σχήμα η επίστρωση των χορδών αντιστοιχεί στις 2 μάζες m_1, m_2 οι οποίες κινούνται ανεξάρτητα ενώ συνδέονται μεταξύ τους αλλά και με τη μάζα m όπου αντιπροσωπεύει το σώμα των χορδών. Το σημαντικό είναι ότι η πίεση στη γλωττίδα P είναι μικρότερη στην αποκλίνουσα κατάσταση απ' ό τι στη συγκλίνουσα. Αυτό συμβαίνει διότι πολύ συχνά το ρεύμα αέρα αποσπάται από την επιφάνεια των χορδών και παίρνει τη μορφή στροβίλου. Η επιφάνεια της επαφής της ροής με το τοίχωμα είναι τότε μικρότερη από την πραγματική της γλωττίδας. Μια χρονική καθυστέρηση ή μια επαναλαμβανόμενη αλλαγή κάποιας παραμέτρου δημιουργεί τέτοιες συνθήκες κατά τις οποίες έχουμε αμείωτη ταλάντωση.

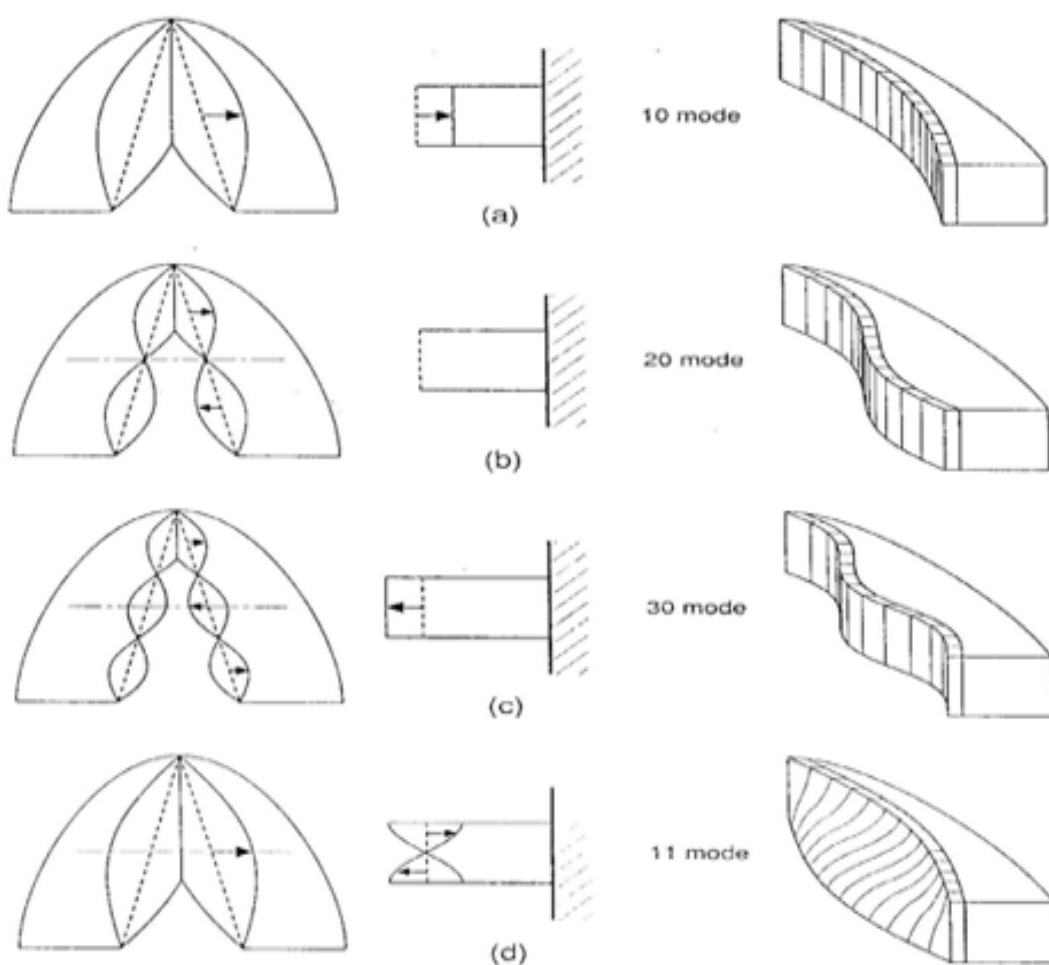


Σχήμα 2.5: Μοντελοποίηση των φωνητικών χορδών με το μοντέλο πολλαπλών μαζών – ελατηρίων

2.6 Κανονικοί τρόποι δόνησης των φωνητικών χορδών

Στις φωνητικές χορδές διακρίνουμε 2 βασικούς βαθμούς ελευθερίας, οριζόντια και κάθετα. Το πόσες μάζες χρειάζεται κάποιος για τους βαθμούς ελευθερίας των φωνητικών χορδών εξαρτάται από το φαινόμενο που θέλει να εξηγήσει και την ακρίβεια των υπολογισμών που θέλει να πετύχει. Αυτό που γνωρίζουμε σίγουρα από τη θεωρία των ταλαντώσεων είναι ότι ο αριθμός των βαθμών ελευθερίας είναι ίσος με τον αριθμό των κανονικών τρόπων ταλάντωσης αντιστοιχώντας κάθε ένα βαθμό με μία μάζα.

Οι τρόποι δόνησης της φωνητικής χορδής μοιάζουν πολύ με τους τρόπους ταλάντωσης μιας ταινίας. Στο σχήμα 2.6(a) βλέπουμε τον 1^ο τρόπο ταλάντωσης ή τον πρώτο αρμονικό, στο 2.6(b) τον 2^ο και στο 2.6(c) τον 3^ο. Αυτά τα τρία σχήματα ισχύουν μόνο για κίνηση κατά την μία διεύθυνση, την οριζόντια, για αυτό και συμβολίζονται 10, 20, 30 που σημαίνει ότι έχουμε π.χ στον 10 (ένα-μηδέν) τον 1^ο αρμονικό τρόπο ταλάντωσης κατά την οριζόντια διεύθυνση και κανέναν κατά την κάθετη. Αντίστοιχα στον 20 (δύο-μηδέν) έχουμε τον δεύτερο τρόπο ταλάντωσης ή δεύτερο αρμονικό κατά την οριζόντια διεύθυνση και κανέναν τρόπο ταλάντωσης κατά την κάθετη. Ομοίως ερμηνεύεται ο συμβολισμός 30. Στο τελευταίο σχήμα 2.6(d) βλέπουμε την κίνηση και στις δύο διευθύνσεις ταυτόχρονα και είναι ο 11 (ένα-ένα) κανονικός τρόπος δόνησης δηλαδή 1^{ος} κανονικός τρόπος στην οριζόντια και 1^{ος} στην κάθετη διεύθυνση. Αυτός ο τρόπος δίνει την εναλλαγή ανάμεσα σε συγκλίνουσα και αποκλίνουσα διάταξη.



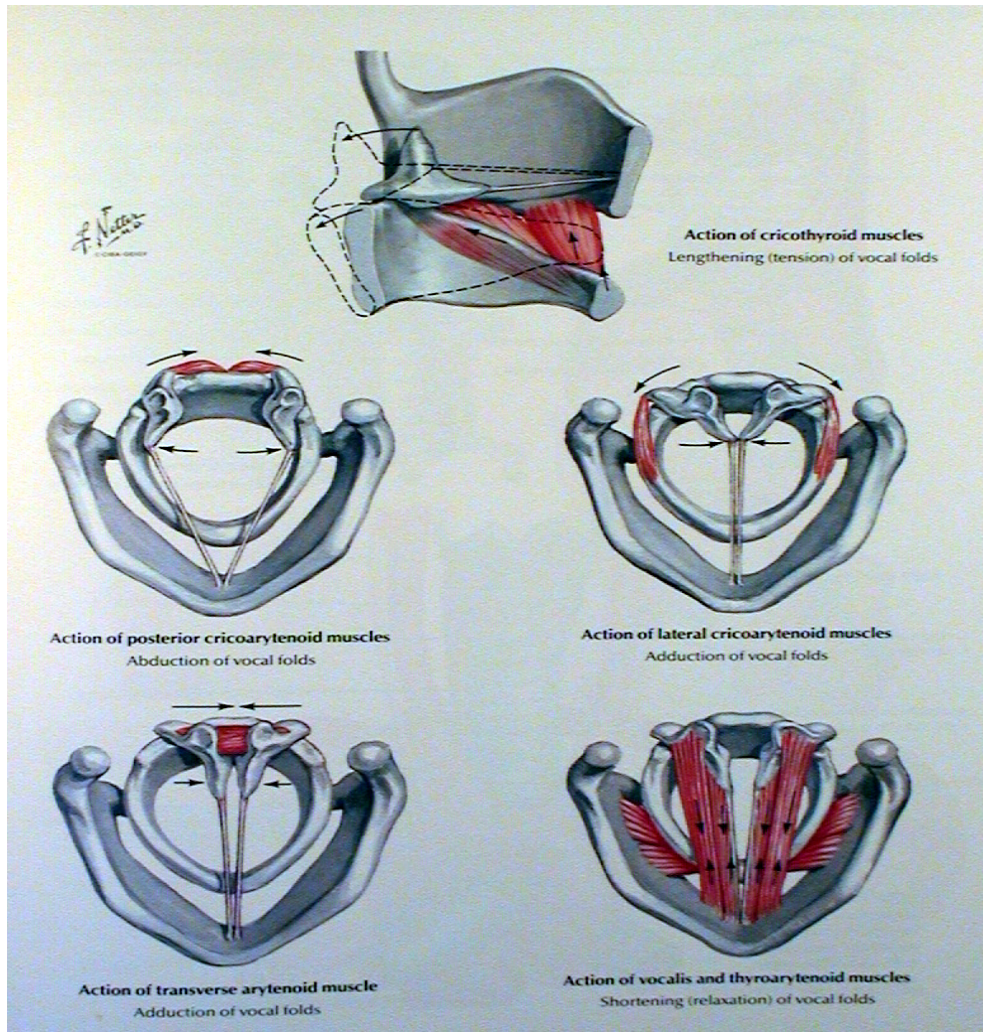
Σχήμα 2.6: Κανονικοί τρόποι ταλάντωσης των φωνητικών χορδών

Η δύναμη Bernoulli δεν αποτελεί τον μοναδικό παράγοντα που οδηγεί τις φωνητικές χορδές να κλείσουν. Υπάρχουν διάφοροι μυς οι οποίοι ρυθμίζουν το άνοιγμα της γλωττίδας έτσι ώστε να έρθουν κοντά και να μπορούν να ταλαντωθούν οι φωνητικές χορδές. Επίσης οι φωνητικές χορδές είναι ελαστικές, ιδιότητα η οποία συμβάλλει με αυτήν της δύναμης Bernoulli. Χωρίς όμως τη δύναμη Bernoulli δεν είναι δυνατή η παραγωγή φωνητικών ήχων. Οι μυς που συμβάλλουν στην σύγκλιση καθώς και τα νευρικά σήματα είναι πολύ αργά για να παράγουν συσπάσεις συχνότητας αρκετών εκατοντάδων το δευτερόλεπτο.

2.7 Προσαγωγή-απαγωγή (abduction-adduction) των φωνητικών χορδών

Η προσαγωγή των χορδών απαιτείται για τη φώνηση και η απαγωγή είναι απαραίτητη τόσο για την αναπνοή όσο και για την παραγωγή άφωνων ήχων. Οι μύες που ελέγχουν τις δύο αυτές λειτουργίες, ελέγχουν επομένως και τη φώνηση.

Η προσαγωγή των χορδών εκτελείται από τη σύσπαση των ακραίων κρικοαριτενοειδών και έσω αρυτενοειδών μυών. Αυτοί τραβούν τις οπίσθιες απολήξεις των αρυτενοειδών χόνδρων μπροστά και έτσι συγκλίνουν μεταξύ τους οι χορδές. Η απαγωγή εκτελείται από τους εμπρόσθιους (προς τη μεριά του λαιμού) κρικοαριτενοειδείς μυς. Αυτοί τραβούν τα πλαϊνά τοιχώματα των αρυτενοειδών χόνδρων προς τα εμπρός και έτσι αποκλίνουν οι φωνητικές χορδές. (βλέπε Σχ.2.7), [19], [27], [32], [34], [36].



Σχήμα 2.7: Μηχανισμός κίνησης χόνδρων και μυών για τη προσαγωγή και απαγωγή των χορδών

2.8 Έλεγχος της ταλάντωσης των φωνητικών χορδών

Κάθε αλλαγή του τονικού ύψους της φωνής γίνεται με αλλαγή της συχνότητας ταλάντωσης των φωνητικών χορδών. Ο όρος που χρησιμοποιείται συνηθέστερα είναι η συχνότητα φώνησης αντί για συχνότητα ταλάντωσης. Η μονάδα μέτρησης της

συχνότητας φώνησης είναι τα Hz και είναι η φυσική έκφραση του τονικού ύψους μιας τραγουδισμένης νότας.

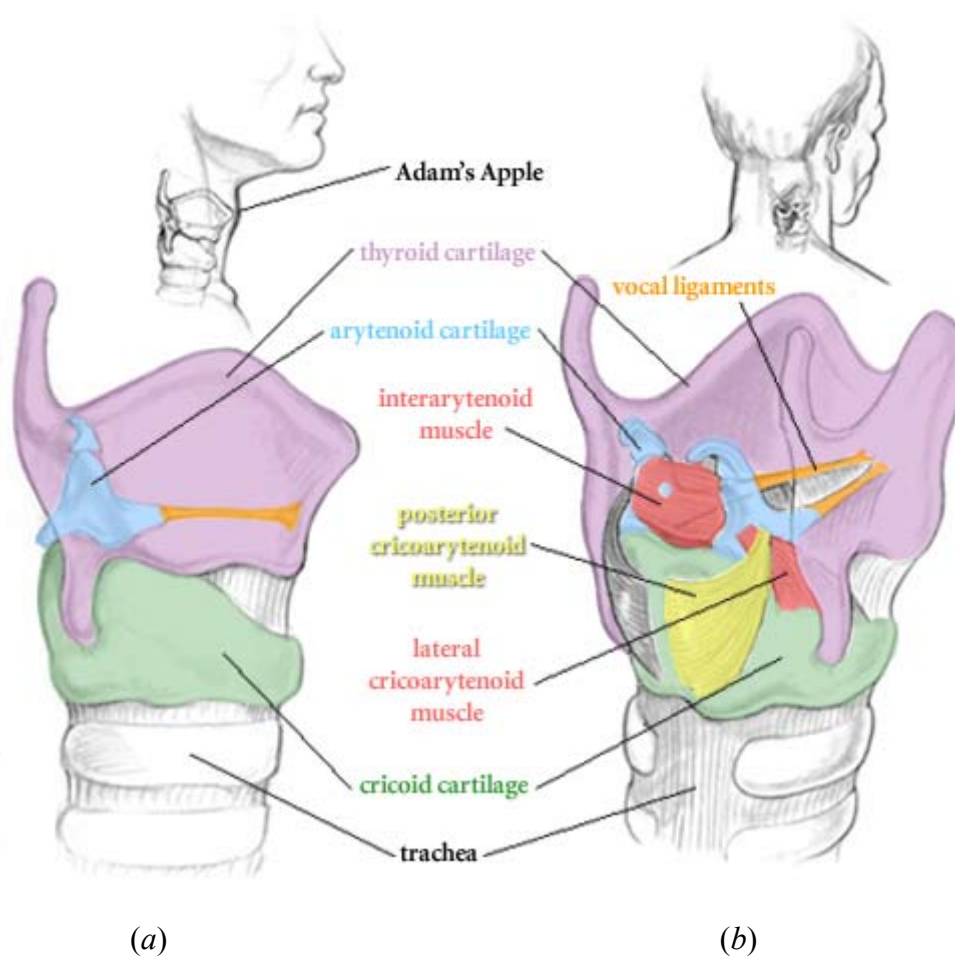
Η μεταβολή στη συχνότητα αυτή επηρεάζεται από δύο παράγοντες:

- 1) Την υπερπίεση του προερχόμενου από τους πνεύμονες αέρα όπου ονομάζεται υπογλωττιδική πίεση.
- 2) Το λαρυγγικό μυϊκό μηχανισμό ο οποίος καθορίζει το μήκος, την τάση και την ταλαντευόμενη μάζα των φωνητικών χορδών.

Αύξηση της υπογλωττιδικής πίεσης έχει ως συνέπεια αύξηση της συχνότητας φώνησης, αν και όχι σε μεγάλο βαθμό. Αυτό που κυρίως επιτυγχάνεται με την αύξηση της υπογλωττιδικής πίεσης είναι η αύξηση της έντασης της φώνησης, [6]. Η αύξηση του τονικού ύψους επιτυγχάνεται κυρίως από τους μυς που ελέγχουν τις ιδιότητες των φωνητικών χορδών. Αυτό που συμβαίνει και γίνεται μηχανικά (χωρίς δηλαδή ουσιαστικά να μπορούμε να το ελέγχουμε) είναι να επιμηκύνονται οι φωνητικές χορδές, επιμήκυνση η οποία καθορίζεται από την συχνότητα φώνησης που θέλουμε να πετύχουμε. Όσο πιο λεπτές, επιμηκυνόμενες και υπό μεγαλύτερη τάση είναι οι φωνητικές χορδές, τόσο υψηλότερη συχνότητα φώνησης παράγεται. Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο και μηχανισμό παράγεται και το βιμπράτο στην τραγουδιστική φωνή, καθώς η διαμόρφωση της συχνότητας φώνησης γίνεται με μικρές αλλαγές στην τάση, και κατ' επέκταση στην επιμήκυνση ή επιβράχυνση των φωνητικών χορδών. Επίσης έχει παρατηρηθεί ότι συμβαίνει μια αντήχηση στο αναπνευστικό σύστημα περίπου στα 6 Hz, συχνότητα η οποία είναι σχεδόν ίδια με μια μέση τιμή της συχνότητας του βιμπράτο. Παρ' όλ' αυτά όμως δεν έχει μέχρι στιγμής προσδιοριστεί κάποια συσχέτιση αυτής της συχνότητας με το βιμπράτο, [34]. Μία άλλη παρατήρηση αναφέρει ότι η συχνότητα του βιμπράτο επηρεάζεται από την ακουστική ανατροφοδότηση (auditory feedback), [34]. Σε σχετική έρευνα που έγινε, κατά τη διάρκεια πειράματος η ακουστική ανατροφοδότηση καθυστερήθηκε εσκεμμένα ώστε οι άνθρωποι που συμμετείχαν να ακούν την ίδια τους τη φωνή με μια μικρή καθυστέρηση. Η μέση τιμή της συχνότητας του βιμπράτο βρέθηκε ότι μειώθηκε αισθητά (1.5 Hz η χαμηλότερη τιμή που μετρήθηκε). Με την αύξηση της καθυστέρησης μειώθηκε και το εύρος του βιμπράτο. Τα αποτελέσματα αυτά οδήγησαν τους ερευνητές Deutsch και Clarkson [34] στο συμπέρασμα ότι η

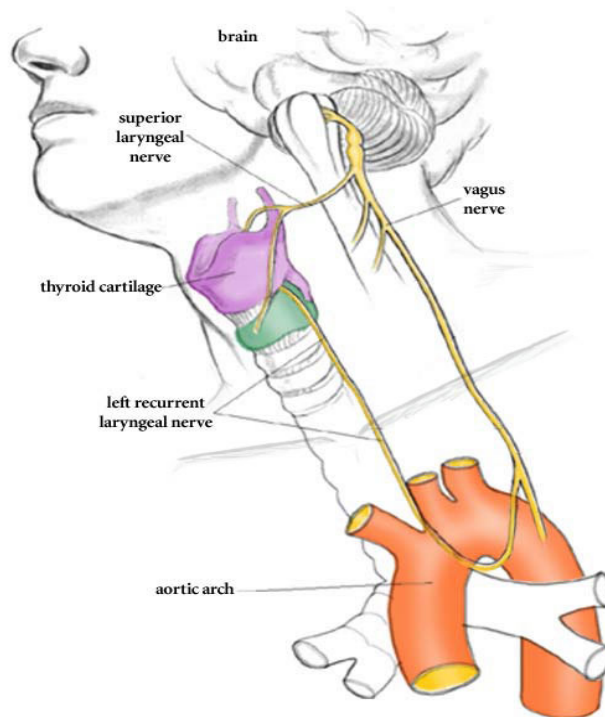
ακουστική ανατροφοδότηση παίζει ρόλο στον έλεγχο της συχνότητας φώνησης. Το ακουστικό σύστημα του ανθρώπου αναγνωρίζει τις μεταβολές στη συχνότητα φώνησης που προκαλούνται από το βιμπράτο και οι μεταβολές αυτές προκαλούν τον εγκέφαλο να δώσει εντολή ώστε αυτές να αντισταθμιστούν μέσω του συστήματος ρύθμισης του τονικού ύψους. Το αρχικό συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν οι Deutsch και Clarkson με βάση τα παραπάνω είναι ότι η καθυστέρηση που δημιουργείται στο σύστημα της ακουστικής ανατροφοδότησης ίσως να συμμετέχει στη δημιουργία του βιμπράτο. Το παραπάνω πείραμα όμως, πραγματοποιήθηκε με άτομα που δεν ήταν τραγουδιστές. Το ίδιο επαναλήφθηκε με τραγουδιστές [34] και παρατηρήθηκε το ίδιο αποτέλεσμα όχι όμως στον ίδιο βαθμό, καθώς σε αυτήν την κατηγορία ατόμων η μείωση της συχνότητας του βιμπράτο ήταν πολύ μικρή από την επίδραση της καθυστέρησης της ακουστικής ανατροφοδότησης, σχεδόν ανεπηρέαστη όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται. Επομένως η ακουστική ανατροφοδότηση δεν αποτελεί γεννησιουργό αιτία του βιμπράτο. Φαίνεται όμως ότι το επηρεάζει.

Η μεγάλη τάση των φωνητικών χορδών επιτυγχάνεται με την αύξηση της απόστασης μεταξύ του θυρεοειδή και των αρρυτενοειδών χόνδρων. Φυσιολογικά αυτό είναι το αποτέλεσμα της σύσπασης των κρικοθυροειδών μυών (βλέπε Σχ.2.8b). Όταν αυτοί οι μύς συσπώνται, ο κρικοειδής χόνδρος είναι υπό κλίση και πλησιάζει τον θυρεοειδή χόνδρο (βλέπε Σχ.2.8a). Αν οι αρρυτενοειδείς χόνδροι στους οποίους εισχωρούν οι φωνητικές χορδές είναι σταθεροί, η σύσπαση των κρικοθυροειδών μυών θα έχει σαν αποτέλεσμα την επιμήκυνση των φωνητικών χορδών. Η σχισμή μεταξύ των πίσω (προς τον αυχένα) τμημάτων των θυρεοειδών και κρικοειδών χόνδρων στενεύει όταν αυξάνει η συχνότητα φώνησης. Επίσης η απόσταση μεταξύ επιγλωττίδας και αρρυτενοειδών χόνδρων αυξάνει όταν αυξάνει η συχνότητα φώνησης και η διατομή της εισόδου του λαρυγγικού σωλήνα μεγαλώνει. Αντιθέτως όταν η συχνότητα φώνησης είναι χαμηλή, η είσοδος του λαρυγγικού σωλήνα γενικότερα είναι πράγματι πολύ στενή.



Σχήμα 2.8: Κατασκευή λάρυγγα, χόνδροι και μυς από τους οποίους ελέγχεται η συχνότητα φώνησης και η ταλάντωση των φωνητικών χορδών. Δύο όψεις, από εμπρός (a) και από πίσω (b), [4].

Έχει αποδειχτεί επίσης ότι κάποια νεύρα (βλέπε Σχ.2.9) συμμετέχουν στην κίνηση των φωνητικών χορδών, μεταφέροντας νευρικά σήματα για τη μυϊκή σύσπαση των μυών του λάρυγγα. Η νευρική αυτή δραστηριότητα έχει καταγραφεί μέσω ηλεκτρομυογραφικών (EMG) μετρήσεων στους μυς του λάρυγγα.



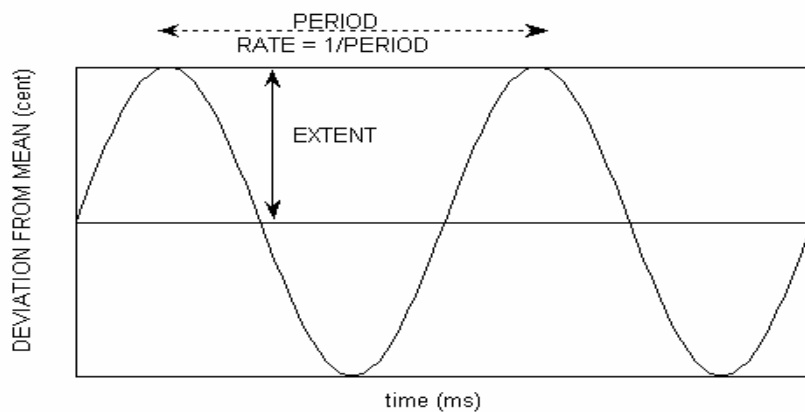
Σχήμα 2.9: Νεύρα που συμμετέχουν στη αλλαγή του τονικού ύψους μεταφέροντας τα απαραίτητα νευρικά σήματα στους μύς για σύσπαση. [4]

Με αυτόν τον τρόπο έχει αποδειχθεί ο ρόλος των κρικοθυροειδών μυών στην αύξηση του τονικού ύψους ή της συχνότητας φώνησης. Η επικρατέστερη άποψη για τον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται η μείωση της συχνότητας φώνησης είναι ότι οι πλευρικοί κρικοαρτενοειδείς μύες εκτελούν αυτή τη λειτουργία. Αυτοί βρίσκονται παράπλευρα, δεξιά και αριστερά, των μυϊκών ιστών των φωνητικών χορδών (θεωρείται ένας μύς και ονομάζεται vocalis) και είναι παράλληλοι προς αυτούς (βλέπε Σχ.2.7). Αυτός ο μύς (vocalis) στενεύει το άνοιγμα του λαρυγγικού σωλήνα όταν συσπάται. Οι πλαϊνοί κρικοαρτενοειδείς μύες είναι αυτοί οι οποίοι με τη δράση τους χαμηλώνουν τη συχνότητα φώνησης. Παρ' όλο που αυτή είναι η επικρατέστερη άποψη για τον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται η μείωση της συχνότητας φώνησης ερευνητές θεωρούν ότι δεν είναι ακόμα απολύτως εξακριβωμένο.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3.1 Ορισμός του βιμπράτο

Το βιμπράτο είναι μια περιοδική, (κατά μεγάλη προσέγγιση) ημιτονοειδής διαμόρφωση της κεντρικής συχνότητας που τραγουδάει ένας τραγουδιστής ή μια τραγουδίστρια, [23]. Παριστάνεται με μια ημιτονοειδή συνάρτηση όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί (σχ.3.1).



Σχήμα 3.1: Ημιτονοειδής συνάρτηση του βιμπράτο

Η πλήρης περιγραφή του βιμπράτο γίνεται από τις εξής τέσσερις παραμέτρους:

1. Τη συχνότητα του βιμπράτο (rate):

Είναι ο αριθμός των κυματισμών που συμβαίνουν σε διάρκεια ενός δευτερολέπτου. Μονάδα μέτρησης είναι τα Hertz (Hz). Ουσιαστικά η συχνότητα του βιμπράτο είναι η χαμηλή συχνότητα η οποία διαμορφώνει την κατά πολύ υψηλότερη τραγουδημένη συχνότητα – νότα [12], [17], [23], [29], [31], [33].

2. Το εύρος του βιμπράτο (extent) :

Είναι η συχνοτική απόκλιση πάνω και κάτω από την κεντρική συχνότητα κατά τη διάρκεια μιας περιόδου. Μονάδα μέτρησης είναι συνηθέστερα τα cents (υποδιαίρεση του μουσικού τόνου – 1 τόνος=100 cents) ή σε μορφή λόγου Df/f_0 όπου f_0 η συχνότητα της τραγουδημένης νότας και Df η διαφορά της μέγιστης και της ελάχιστης συχνότητας πάνω και κάτω από την κεντρική συχνότητα ($f_{max}-f_{min}$) και είναι καθαρός αριθμός. Όταν η τιμή του λόγου είναι 0.06 αντιστοιχεί σε διάστημα ενός ημιτονίου ενώ η τιμή 0.12 σε διάστημα ενός τόνου. Σπανιότερα χρησιμοποιούνται τα Hertz [12], [17], [23], [29], [31], [33].

3. Την κανονικότητα του βιμπράτο (regularity) :

Η παράμετρος αυτή καθορίζεται από την ομαλότητα και σταθερότητα που παρουσιάζει η ημιτονοειδής αναπαράσταση του βιμπράτο και την ομοιότητα μεταξύ των περιόδων. Αποτελεί κριτήριο ποιότητας του βιμπράτο και της ικανότητας και της εμπειρίας του τραγουδιστή-τραγουδίστριας, [12], [17], [23], [29], [31], [33].

4. Την κυματομορφή του βιμπράτο (waveform) :

Η κυματομορφή του βιμπράτο πρέπει να έχει ημιτονοειδή μορφή, [12], [17], [23], [29], [31], [33].

Για να χαρακτηριστεί μια διαμόρφωση όπως περιγράφηκε παραπάνω ως βιμπράτο, θα πρέπει οι τιμές των παραμέτρων που προαναφέρθηκαν να κυμαίνονται εντός κάποιων ορίων. Επίσης η οριοθέτηση των τιμών αυτών συμβάλλει στο να αποφευχθεί να χαρακτηριστεί ένα φαινόμενο ως βιμπράτο ενώ δεν είναι, καθώς υπάρχουν φαινόμενα παρόμοια με το βιμπράτο και ο σαφής διαχωρισμός τους είναι αναγκαίος και σημαντικός αφού υπάρχει για παράδειγμα φαινόμενο που ενώ μοιάζει με το βιμπράτο αποτελεί πάθηση και ο ασθενής χρήζει κλινικής παρακολούθησης. Για αυτό παραθέτονται όλα αυτά τα φαινόμενα με τα αντίστοιχα όρια τιμών των παραμέτρων τους.

Βιμπράτο : Η συχνότητά του κυμαίνεται μεταξύ 5-7 Hz και το εύρος του +/- 1-2 ημιτόνια ((+/-) 30-150 cents). Χαρακτηριστικό του είναι η ημιτονοειδής κυματομορφή και η σάρωση όλων των συχνοτήτων μεταξύ του μέγιστου και του ελάχιστου σημείου της απόκλισης από την κεντρική συχνότητα κατά τη διάρκεια της εκτέλεσής του. Ο τρόπος εκτέλεσής του δεν ορίζεται από το συνθέτη με κάποια σημειογραφία στο μουσικό κείμενο, αλλά αποτελεί προσωπική άποψη της ερμηνείας του ίδιου του εκτελεστή, [12], [17], [23], [29], [31], [33].

Τρέμολο : Παρουσιάζει μικρότερη ομαλότητα στην κυματομορφή του ενώ η συχνότητά του είναι από 7 Hz και πάνω [12], [17], [23], [29], [31], [33].

Trill : Το εύρος της τρίλιας εκτείνεται από ένα μέχρι αρκετά ημιτόνια ενώ η συχνότητά της δεν είναι σταθερή, παρουσιάζει μια διακύμανση από 2-7 Hz. Επίσης δεν γίνεται σάρωση όλων των συχνοτήτων εντός του εύρους που εκτελείται, αλλά ο εκτελεστής/ρια στοχεύει μεταξύ δύο συγκεκριμένων μουσικών τόνων. Για το λόγο αυτό η κυματομορφή της τρίλιας έχει περισσότερο τριγωνική μορφή. Αντίθετα με το βιμπράτο η εκτέλεση της τρίλιας, υποδεικνύεται από τον συνθέτη με ειδική σημειογραφία μέσα στο μουσικό κείμενο [12], [17], [23], [29], [31], [33].

Trillo : Το όριο του εύρους του είναι +/- δύο ημιτόνια. Κατά την εκτέλεσή του ο τραγουδισμένος τόνος επαναλαμβάνεται διακοπτόμενος από διαστήματα

σιωπής. Επίσης όπως και στην τρίλια, ο τρόπος που θα εκτελεστεί υποδεικνύεται από τον συνθέτη [12], [17], [23], [29], [31], [33].

Vocal tremor: Παρουσιάζει μικρότερη ομαλότητα και ομοιομορφία στην κυματομορφή του σε σχέση με το βιμπράτο, ενώ η συχνότητά του είναι περίπου στα 6.8 Hz. Έχει μικρό εύρος τιμών συχνότητας και αποτελεί πάθηση των φωνητικών χορδών. Παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ομοιότητα με το βιμπράτο [12], [17], [23], [29], [31], [33].

3.2 Παράγοντες που επηρεάζουν το βιμπράτο

Το βιμπράτο παράγεται από τις φωνητικές χορδές με τον τρόπο που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 2 στην παράγραφο 2.8. Επομένως είναι λογικό το βιμπράτο να επηρεάζεται από τις φωνητικές χορδές. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις φωνητικές χορδές είναι: α) Το φύλλο και β) Η ηλικία. Το φύλλο και η ηλικία επηρεάζουν το βιμπράτο γιατί από αυτούς τους παράγοντες εξαρτάται η φυσιολογία και η ανατομία των φωνητικών χορδών (μήκος, πάχος) και οι διαστάσεις του λαρυγγικού σωλήνα, [23].

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το βιμπράτο είναι: γ) Η συναισθηματική κατάσταση του τραγουδιστή/ριας. Η συναισθηματική κατάσταση του τραγουδιστή/ριας είναι επίσης σημαντικός παράγοντας γιατί το βιμπράτο αποτελεί μέρος της μουσικής ερμηνείας ενός κομματιού. Πέρα από μια λειτουργία ενός συγκεκριμένου τμήματος του ανθρώπινου οργανισμού και μια τεχνική φώνησης η οποία καλλιεργείται από τον τραγουδιστή με ειδικές ασκήσεις, το βιμπράτο αποτελεί και ένα μουσικό εργαλείο. Γι' αυτό το ύφος της μουσικής που θα δημιουργήσει στον τραγουδιστή μια συναισθηματική κατάσταση θα επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο θα χρησιμοποιήσει το βιμπράτο, στοχεύοντας με προσωπικά πλέον κριτήρια στην καλύτερη και καταλληλότερη μουσική και συναισθηματική ερμηνεία του μουσικού κειμένου, [25].

δ) Το τονικό ύψος και ε) Διακυμάνσεις στην ένταση της φώνησης. Αυτοί οι δύο παράγοντες επηρεάζουν κυρίως τις δύο βασικές παραμέτρους του βιμπράτο τη συχνότητα και το εύρος. Αύξηση του τονικού ύψους συνήθως συνεπάγεται αύξηση της συχνότητας του βιμπράτο, ενώ αύξηση της έντασης συνεπάγεται αύξηση του εύρους του βιμπράτο, [23].

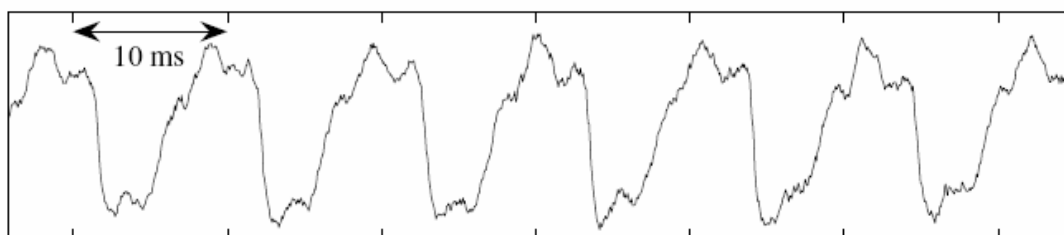
3.3 Ηλεκτρογλωττογραφία (Electroglottography - EGG)

Η ηλεκτρογλωττογραφία είναι μία μέθοδος μελέτης και εξέτασης των ταλαντώσεων των φωνητικών χορδών η οποία εφαρμόζεται με την τοποθέτηση δύο ηλεκτροδίων εξωτερικά του λαιμού πάνω στο δέρμα. Χρησιμοποιείται τόσο για ερευνητικούς όσο και για κλινικούς σκοπούς. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη μέτρηση της εμπέδησης (σύνθετης αντίστασης) κατά μήκος του λαιμού. Όταν οι φωνητικές χορδές είναι κλειστές, ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί και περνάει ανάμεσα από αυτές. Όταν οι φωνητικές χορδές είναι ανοιχτές τις χωρίζει ένα κενό στο οποίο υπάρχει αέρας και η εμπέδηση στο λάρυγγα γίνεται μεγαλύτερη. Έτσι οι μεταβολές της εμπέδησης στο λάρυγγα υποδεικνύουν τις μεταβολές του σημείου επαφής των φωνητικών χορδών.

Τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται στο δέρμα του τραγουδιστή ή του ασθενούς ένα στη δεξιά και ένα στην αριστερή πλευρά του λάρυγγα στο ύψος του λεγόμενου μήλου του Αδάμ όπου βρίσκονται οι φωνητικές χορδές και ένα εναλλασσόμενο υψηλής συχνότητας ηλεκτρικό ρεύμα εκπέμπεται από το ένα ηλεκτρόδιο και ανιχνεύεται από το άλλο, μετρώντας την εμπέδηση μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων. Τυπικά το ρεύμα έχει συχνότητα της τάξης των MHz και έντασης λίγων mA για να διασφαλιστεί ότι το ρεύμα είναι ασφαλές και δε δημιουργεί πρόβλημα ούτε στον

άνθρωπο, ούτε στην λειτουργία των χορδών. Η τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων είναι περίπου 0.5Volts.

Το σήμα που προκύπτει από αυτή τη μέθοδο, το ηλεκτρογλωττογράφημα, δείχνει τις μεταβολές της εμπέδησης συναρτήσει του χρόνου. Μεταβολή της εμπέδησης που οφείλεται στις ταλαντώσεις των φωνητικών χορδών είναι σχετικά μικρές, περίπου 1-2 % της ολικής μετρούμενης εμπέδησης. Η μεταβολή της εμπέδησης οφείλεται περισσότερο στην αλλαγή της υγρασίας του δέρματος και των κάθετων κινήσεων του λάρυγγα. Για αυτό εφαρμόζεται ένα υψηλοπερατό φίλτρο ώστε στο ηλεκτρογλωττογραφικό σήμα να ελαχιστοποιηθεί ο χαμηλής συχνότητας θόρυβος και να εξαχθεί μόνο η μεταβολή που προκαλείται από τις φωνητικές χορδές. Επιπλέον οι συσκευές του ηλεκτρογλωττογραφήματος φέρουν από κατασκευής τους λειτουργία αυτόματης ή χειροκίνητης ενίσχυσης του σήματος ώστε αυτό να διατηρείται στα κατάλληλα επίπεδα παρ' όλες τις αξιοσημείωτες διαφορές εμπέδησης που έχουν μεταξύ τους είτε ασθενείς είτε οι τραγουδιστές κατά τη διάρκεια ηχογραφήσεων. Αυτές οι τεχνικές προκαλούν παραμορφώσεις φάσεως και πλάτους οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν την κυματομορφή του ηλεκτρογλωττογραφικού σήματος (βλέπε Σχ.3.2). Συνεπώς η ηλεκτρογλωττογραφία δεν αποτελεί την απόλυτη μέθοδο καταγραφής της επαφής των φωνητικών χορδών και επιβάλλεται ιδιαίτερη προσοχή για τη σωστή καταγραφή του σήματος.

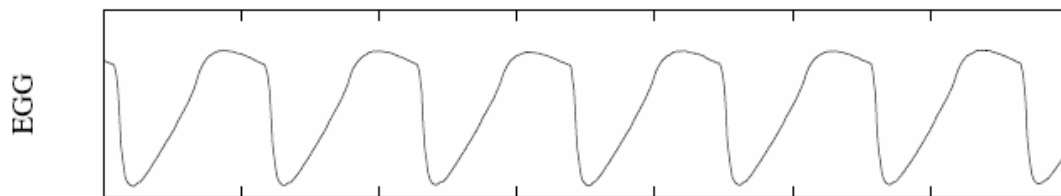


Σχήμα 3.2: Παράδειγμα EGG σήματος με ποσοστό θορύβου

Παρ' όλους αυτούς τους περιορισμούς όμως η ηλεκτρογλωττογραφία παρέχει πολύ χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την συμπεριφορά των φωνητικών χορδών

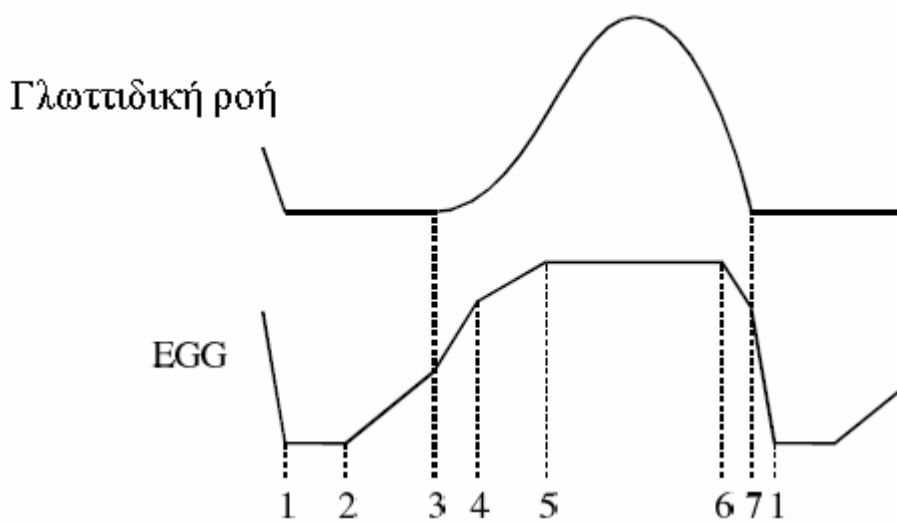
κατά τη διάρκεια της φώνησης. Η μέθοδος αυτή έχει μελετηθεί εκτενώς και η αξία της έχει αποδειχθεί από ένα μεγάλο αριθμό συγκριτικών μελετών με άλλες μεθόδους, όπως στροβοσκοπία, υψηλής συχνότητας απεικόνιση, φωτογλωττογραφία, μέτρηση υπογλωττιδικής πίεσης, ανεστραμμένου φιλτραρίσματος. Όλα τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το ηλεκτρογλωττογραφικό σήμα συσχετίζεται αμεσότερα με την περιοχή επαφής μεταξύ των φωνητικών χορδών.

Στο παρακάτω σχήμα (βλέπε Σχ.3.3) φαίνεται ένα τυπικό παράδειγμα υψηλής ποιότητας ηλεκτρογλωττογραφήματος καταγεγραμμένο κατά τη διάρκεια φώνησης



Σχήμα 3.3: Ηλεκτρογλωττογραφικό σήμα υψηλής ποιότητας

Το πλάτος του παλμού EGG προκαλείται από την απόκλιση των φωνητικών χορδών και κατ' επέκταση τη μείωση της εμπίδησης με την ελάττωση της περιοχής επαφής των χορδών και οι γυρτές κορυφές της κυματομορφής συσχετίζονται με το σφηνοειδές σχήμα των φωνητικών χορδών και της κάθετης διαφοράς φάσης. Η σχετικά απότομη κλίση (γόνατο) στην άνοδο και κάθοδο του παλμού EGG οφείλεται στη διόγκωση των επιφανειών επαφής των χορδών. Οι διάφορες φάσεις στο άνοιγμα και κλείσιμο των χορδών κατά τον κάθετο άξονα εξηγεί τη μεταβολή της κυματομορφής του παλμού μεταξύ τριγωνικής και τετραγωνικής μορφής. Διάφορα άλλα χαρακτηριστικά μπορούν να εξηγηθούν ως ένας συνδυασμός των παραπάνω [13], [15], [21].



Σχήμα 3.4: Οι φάσεις του EGG σήματος και η αντιστοιχία τους με τη γλωττιδική ροή

Στο σχήμα 3.4 φαίνεται η αντιστοιχία των φάσεων του ηλεκτρογλωττογραφικού σήματος με τη γλωττιδική αέρια ροή (μοντέλο Rothenberg, 1981b). Αναλυτικά :

Κατά τη φάση 1-2 οι φωνητικές χορδές είναι τελείως κλειστές.

Κατά τη φάση 2-3 οι φωνητικές χορδές αρχίζουν να αποκλίνουν πρώτα τα κάτω άκρα των χορδών και μετά τα άνω.

Κατά τη φάση 3-4 τα άνω άκρα των χορδών ανοίγουν.

Κατά τη φάση 4-5 τα άνω άκρα συνεχίζουν να ανοίγουν.

Κατά τη φάση 5-6 οι φωνητικές χορδές έχουν διαχωριστεί τελείως. Η απόσταση μεταξύ των χορδών μεταβάλλεται αλλά είναι πολύ μικρές οι αλλαγές στην περιοχή επαφής των.

Κατά τη φάση 6-7 τα κάτω άκρα των χορδών αρχίζουν να κλείνουν με φασική διαφορά κατά μήκος των χορδών.

Κατά τη φάση 7-1 οι φωνητικές χορδές κλείνουν από τα κάτω προς τα άνω άκρα. Ο παλμός της ροής του αέρα ξεκινάει ελάχιστα μετά το σημείο 3 και τελειώνει λίγο πριν από το σημείο 7, [13].

3.4 Εξοπλισμός και χώρος ηχογραφήσεων

Για τη δημιουργία του σώματος των ηχογραφήσεων, που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, επιλέχθηκαν για να συμμετάσχουν στις ηχογραφήσεις, 9 επαγγελματίες σοπράνο Ελληνικής καταγωγής (3 δραματικές, 3 λυρικές και 3 ελαφριές σοπράνο), με καριέρα στη Ελλάδα και το εξωτερικό. Ηχογραφήθηκε το υλικό βάσει ενός πρωτοκόλλου, το οποίο περιελάμβανε 13 ασκήσεις και μερικά μουσικά κομμάτια. Δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στη διαδικασία και τις συνθήκες ηχογράφησης ώστε να ληφθούν υπόψη οι ιδιαιτερότητες της λυρικής φωνής. Για την καταγραφή των φωνητικών ασκήσεων και των μουσικών εκτελέσεων, χρησιμοποιήθηκε τόσο ο χώρος όσο και ο εξοπλισμός του Studio Ηχογραφήσεων του Τμήματος Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής του ΤΕΙ Κρήτης (Παράρτημα Ρεθύμνου).

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά το χώρο ηχογράφησης, επιλέχθηκε η κύρια αίθουσα ηχογραφήσεων επειδή τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά σε επίπεδο ηχομόνωσης και ακουστικής την καθιστούν την πλέον κατάλληλη για το σκοπό αυτό. Αποκλείστηκε η χρήση ανηχοϊκού δωματίου για τις ηχογραφήσεις για να είναι πιο εύκολο για τις τραγουδίστριες να αποδώσουν τις ασκήσεις και τα μουσικά κομμάτια. Οι χρόνοι αντήχησης στο χώρο ηχογράφησης για τις τριτοκταβικές συχνότητες από 160 έως 8000 Hz κυμάνθηκε ομαλά από 0.52 έως 0.36 s, αντίστοιχα. Η παρουσία επίσης άλλου εξοπλισμού, όπως μίας κάμερας βιντεοσκόπησης, μίας οθόνης monitor, ηχώμετρου, παλμογράφου για την άμεση επίβλεψη του ηλεκτρογλωττιδικού σήματος, καθώς επίσης και ενός αριθμού ατόμων για τον χειρισμό των παραπάνω μέσα στο χώρο ηχογράφησης, επέβαλε την επιλογή του χώρου αυτού. Η διάταξη των συστημάτων ηχογράφησης σχεδιάστηκε και στήθηκε ειδικά για το σκοπό της συγκεκριμένης έρευνας. Κατασκευάστηκε μία βάση ανάρτησης μικροφώνου, κάμερας και ηχώμετρου (βλέπε Εικ. 3.1). Η βάση παρέμενε σταθερή στο χώρο και είχε σαν σκοπό να εξασφαλίσει την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια στην τοποθέτηση των παραπάνω τόσο μεταξύ τους όσο και σε σχέση με την κάθε σοπράνο που ηχογραφήθηκε. Η ακρίβεια αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για την σωστή σύγκριση κυρίως άλλων αποτελεσμάτων που αφορούν π.χ. στην ένταση κάθε φωνήματος.



Εικόνα 3.1: Η βάση ανάρτησης μικροφώνου, κάμερας και ηχόμετρου.

Το μικρόφωνο ήταν παντοκατευθυντικό πυκνωτικό (Neumann 89), μεγάλου διαφράγματος το οποίο κάλυπτε με ασφάλεια τις απαιτήσεις του προς ηχογράφιση υλικού σε θέματα συχνοτικού και δυναμικού εύρους, όπως επίσης και σε χαρακτηριστικά ευαισθησίας. Επίσης και η μονάδα προενίσχυσης ήταν πολύ υψηλής ποιότητας με προενισχυτικά κυκλώματα τάξης A και μεγάλο δυναμικό εύρος.

Η εγγραφή έγινε σε ψηφιακό κασετόφωνο πολυκάναλης εγγραφής τύπου DTRS με επιλογή των χαρακτηριστικών ανάλογα με τις δυνατότητες των υπολογιστικών συστημάτων που θα αναλάμβαναν την επεξεργασία και ανάλυση του υλικού ώστε να αποφευχθεί η οποιαδήποτε μετατροπή-αλλοίωση του υλικού κατά την μεταφορά.

Τα επιπλέον κανάλια του πολυκάναλου κασετοφώνου χρησιμοποιήθηκαν για την εγγραφή του ηλεκτρογλωττιδικού σήματος του λαρυγγογράφου CSL (μοντέλο 6103), όπως επίσης και της τροφοδοσίας με χρονοκώδικα SMPTE προς τα audio κανάλια της βιντεοσκόπησης για μετέπειτα συγχρονισμό οπτικού και ηχητικού υλικού κατά την ανάλυση. Η ακρόαση των ηχογραφήσεων γινόταν μέσα στο χώρο του control room από ηχεία υψηλής ευκρίνειας ενώ η ενδοεπικοινωνία με τους συνεργάτες στο χώρο ηχογράφησης γινόταν με τη χρήση ακουστικών. Η συνδεσμολογία των παραπάνω συσκευών παρέμεινε σταθερή σε όλη τη διαδικασία και μετρήθηκε για την εξασφάλιση μη απωλειών σε επίπεδο μεταφοράς σήματος, ενώ οι ρυθμίσεις όπως η κατευθυντικότητα του μικροφώνου, στάθμη εισόδου του προενισχυτή και απόσταση από το διάφραγμα του μικροφώνου παρέμειναν σταθερές, ενώ όπου επιβλήθηκαν αλλαγές υπήρξε σημείωση ώστε να συνυπολογισθεί και αυτή η παράμετρος κατά τις μετρήσεις.

Σε όλη τη διάρκεια της ηχογράφησης καταγράφηκε ταυτόχρονα, με τη βοήθεια δύο ηλεκτροδίων, το ηλεκτρικό σήμα του ηλεκτρογλωτογράφου (EGG), το οποίο δίνει πληροφορίες για το άνοιγμα και το κλείσιμο των φωνητικών χορδών. Η διαδικασία της κάθε ηχογράφησης διήρκεσε περίπου 3 ώρες για την κάθε φωνή ενώ στο τέλος, έγινε ψηφιακή μεταφορά των ηχογραφήσεων με τη χρήση του DAW συστήματος των ProTools σε αρχεία wav και αποθήκευση αυτών. Όλες οι ηχογραφήσεις έγιναν με συχνότητα δειγματοληψίας 48 kHz στα 16bit.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4.1 Επιλογή δειγμάτων προς ανάλυση

Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν για ανάλυση προέκυψαν από την άσκηση 9 (από αυτές που έπρεπε να εκτελέσουν οι τραγουδίστριες) και την άρια “Oh mio Babbino caro”, η παρτιτούρα της οποίας βρίσκεται στο παράρτημα Β, όπου φαίνονται οι νότες που απομονώθηκαν. Κατά την ηχογράφηση της άσκησης 3 ζητήθηκε από τις τραγουδίστριες να τραγουδήσουν απλούς τόνους από την νότα Α3 ως τη νότα C6 εκτός μουσικού κειμένου σε όλα τα φωνήεντα δηλαδή, /α/, /ε/, /ι/, /ο/, /ου/. Σε κάθε έναν από αυτούς τους τόνους η άσκηση απαιτούσε να γίνουν διαδοχικά τα εξής:

- α) Ο τόνος τραγουδισμένος με βιμπράτο,
- β) Ο τόνος χωρίς βιμπράτο,
- γ) Χωρίς να αλλάξουν αρθρωτική θέση (articulation), να ρίξουν το τονικό ύψος σε μια τυχαία και κατά πολύ χαμηλότερη συχνότητα από αυτή του τόνου που τους είχε ζητηθεί να τραγουδήσουν.

Όλα αυτά έγιναν διαδοχικά και συνεχόμενα μεταξύ τους, χωρίς διακοπή. Η κάθε τραγουδίστρια είχε την ελευθερία να αποφασίζει μόνη της αν θα ξεκινούσε να τραγουδάει τον εκάστοτε τόνο πρώτα με βιμπράτο και στη συνέχεια χωρίς ή το αντίθετο. Η διάρκεια και η ένταση στην οποία συνέβαιναν τα παραπάνω καθοριζόταν επίσης από την ίδια την τραγουδίστρια κατά βούληση ενώ ο κάθε τόνος που επρόκειτο να τραγουδηθεί παιζόταν πρώτα στο Triton Korg Synthesizer με ήχο πιάνου ως τόνος αναφοράς τον οποίο άκουγαν οι τραγουδίστριες μέσω ακουστικών. Από αυτά τα δείγματα για τη μελέτη του βιμπράτο απομονώθηκαν τα τμήματα όπου οι τόνοι τραγουδήθηκαν με βιμπράτο. Η διαδικασία αυτή έγινε σε ηλεκτρονικό υπολογιστή με το πρόγραμμα Wavelab και με τη χρήση ακουστικών καθώς ο εντοπισμός αρχής και τέλους του τμήματος που έπρεπε να επιλεγθεί έγινε ως επί των

πλείστων δια της ακοής. Αυτό έγινε διότι η άσκηση 3 (όπως και όλες οι προβλεπόμενες από το πρωτόκολλο ηχογραφήσεων ασκήσεις) δεν αφορούσε αποκλειστικά το βιμπράτο. Επίσης μία εκ των τριών ελαφριών δεν εκτέλεσε τη συγκεκριμένη άσκηση λόγω κάποιου προβλήματος στη φωνή της. Ως εκ τούτου ο αριθμός των τραγουδιστριών που εκτέλεσαν την άσκηση είναι οχτώ αντί εννιά. Η έκταση από A3 ως C6 περιλαμβάνει 17 νότες. Επομένως για κάθε ένα φωνήεν προκύπτουν και από τις 8 τραγουδίστριες 136 δείγματα και συνολικά από τα 5 φωνήεντα 680 δείγματα. Πρέπει όμως να αναφέρουμε ότι λόγω κόπωσης των τραγουδιστριών δεν εκτελέστηκαν όλες οι προβλεπόμενες νότες. Έτσι ο συνολικός αριθμός δειγμάτων (αρχείων) από την άσκηση 3 είναι 465 στέρεο αρχεία ήχου (ακουστικού και ηλεκτρογλωττογραφικού σήματος). Τα αρχεία αυτά είναι συγκεντρωμένα σε πίνακες ανά φωνήεν στο παράρτημα A1. Οι πίνακες έχουν τη μορφή του Πίνακα 4.1 που ακολουθεί και αφορά το φωνήεν /α/.

Πίνακας 4.1: Όλα τα αρχεία ήχου από την άσκηση 3 για το φωνήεν /α/.

/α/	NOTA	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)	ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ			ΕΛΑΦΡΙΕΣ		ΛΥΡΙΚΕΣ		
			1η	2η	3η	1η	2η	1η	2η	3η
A3		220,0	X	X	X	X	X	X	X	X
B3		246,9	X			X	X	X	X	X
C4		261,6	X	X	X	X	X	X	X	
D4		293,7		X	X			X	X	
E4		329,6		X	X	X	X	X	X	
F4		349,2	X			X		X	X	
G4		392,0	X	X	X	X	X	X	X	X
A4		440,0						X	X	
B4		493,8	X	X	X	X	X	X	X	X
C5		523,3						X	X	
D5		587,3	X	X	X	X	X	X		X
E5		659,3						X	X	X
F5		698,5	X	X	X	X	X	X	X	X
G5		784,0	X	X	X		X	X	X	X
A5		880,0	X	X	X	X	X	X	X	X
B5		987,7				X	X	X	X	X
C6		1046,5				X	X		X	

Από αυτά τα 465 αρχεία, τα 26 κρίθηκαν ακατάλληλα προς ανάλυση γιατί είτε τα καταγεγραμμένα σήματα έφεραν μεγάλο ποσοστό θορύβου, είτε γιατί δεν έγινε σωστή εκτέλεση της άσκησης, όπως για παράδειγμα κάποιες νότες που τραγουδήθηκαν ήταν εκτός τόνου ή το εύρος του βιμπράτο ήταν τόσο μικρό που μέσω της ακρόασης δεν διακρινόταν αν γίνεται βιμπράτο ή όχι. Τα δείγματα αυτά

φαίνονται στους πίνακες με γκριζο φόντο κελιού, (υπάρχει ένα στον Πίνακα 4.1, βλέπε και παράρτημα A1). Επομένως ο αριθμός των δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν από την άσκηση 3 είναι 439. Επίσης όπως διαπιστώνεται, υπάρχουν νότες που τραγουδήθηκαν από όλες τις τραγουδίστριες, ήταν δηλαδή κοινές, και άλλες όχι. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να μελετηθούν οι παράμετροι του βιμπράτο στις κοινές νότες ξεχωριστά κάνοντας με αυτόν τον τρόπο σύγκριση μεταξύ των τραγουδιστριών, αλλά και στο σύνολό τους, δηλαδή κοινές και μη κοινές, εξετάζοντας το βιμπράτο σε όλη την έκταση, στην οποία τραγουδάει κάθε μία τραγουδίστρια.

Από την άρια “Oh mio Babbino Caro” της όπερας Gianni Schicchi (Puccini), επιλέχθηκαν νότες όπου εκτελούνται με βιμπράτο έχοντας παράλληλα ικανοποιητική διάρκεια ώστε να μπορούν να αναλυθούν. Οι νότες αυτές απομονώθηκαν σε ξεχωριστά αρχεία χρησιμοποιώντας το ίδιο πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε και για τα δείγματα από την άσκηση 3. Η άρια ερμηνεύτηκε χωρίς τη συνοδεία κάποιου μουσικού οργάνου (acapella) από 9 τραγουδίστριες και τα δείγματα που προσφέρθηκαν για ανάλυση ήταν 16 ανά τραγουδίστρια. Αυτά φαίνονται στον πίνακα Πίνακα 4.2, που ακολουθεί.

Πίνακας 4.2: Οι νότες της άριας που απομονώθηκαν. Αποτυπώνεται επίσης το αντίστοιχο φωνήεν και ο αριθμός του μουσικού μέτρου που βρίσκονται μέσα στην άρια.

Φωνήεν	/α/ Μέτρο	/ε/ Μέτρο	/ι/ Μέτρο	/ο/ Μέτρο	/ου/ Μέτρο
Νότα	F4 2ο	F4 25ο	F5 19ο	C5 14ο	Ab5 17ο
	Ab4 6ο	Ab5 23ο	Ab4 9ο	Ab4 6ο	--
	Ab4 26ο	Eb5 4ο	--	Eb5 4ο	--
	Eb5 12ο	Eb5 14ο	--	--	--
	Eb5 24ο	Bb4 8ο	--	--	--

Είναι γνωστό ότι ένας τραγουδισμένος τόνος με βιμπράτο διακρίνεται σε 3 χαρακτηριστικά μέρη α) την αρχή του τόνου ή την κεφαλή, β) το μεσαίο τμήμα ή το σώμα και γ) το τέλος του τόνου ή την ουρά.

Σ' αυτά τα 3 μέρη παρατηρούνται διαφορετικά φαινόμενα όσον αφορά το βιμπράτο. Στην αρχή του τόνου, η συχνότητα όσο και το εύρος του βιμπράτο είναι τελείως ακανόνιστα και ασταθή. Για το λόγο αυτό αποφεύγεται να συμπεριλαμβάνεται στις μετρήσεις αυτό το τμήμα. Το μεσαίο τμήμα (σώμα) παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ομαλότητα και σταθερότητα και φυσικά συμπεριλαμβάνεται στις μετρήσεις. Το τελευταίο τμήμα δεν είναι ξεκαθαρισμένο από τους ερευνητές αν πρέπει να συμπεριλαμβάνεται ή όχι στις μετρήσεις. Κατά τη διάρκεια της ουράς του βιμπράτο έχει παρατηρηθεί ότι συμβαίνει μία αύξηση της συχνότητας και ταυτόχρονα ελάττωση του εύρους του βιμπράτο. Αυτό συνήθως παρατηρείται στις τελευταίες 10 περιόδους, [20] ή κατά μία άλλη άποψη στις 2-6 τελευταίες περιόδους, [24]. Η διαφορά που έχει παρατηρηθεί μεταξύ μετρήσεων κατά τις οποίες έχει συμπεριληφθεί η ουρά είναι ότι τα αποτελέσματα των μετρήσεων των παραμέτρων του βιμπράτο (συχνότητα και εύρος) διαφέρουν αριθμητικά και όχι ουσιαστικά από τις μετρήσεις όπου η ουρά του βιμπράτο εξαιρέθηκε. Η συχνότητα συγκεκριμένα παρουσίασε μεγαλύτερες τιμές κατά την μέθοδο όπου η ουρά του βιμπράτο συμπεριλήφθηκε στις μετρήσεις όπως επίσης και οι μέσοι όροι που προέκυψαν για αυτήν, [24]. Οι μεγαλύτερες τιμές επηρεάζουν τις τελικές κρίσεις μόνον αριθμητικά καθώς τα συμπεράσματα για τη συχνότητα και το εύρος του βιμπράτο μεταξύ τραγουδιστών/τριών συμπίπτουν από τους δύο τρόπους υπολογισμού τους. Η εξαίρεση της ουράς του βιμπράτο από τις μετρήσεις ενισχύεται από την άποψη ότι τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι πιο αντικειμενικά διότι ανεξαρτητοποιούνται από το χαρακτήρα του μουσικού κομματιού και το στυλ της εκτέλεσης.

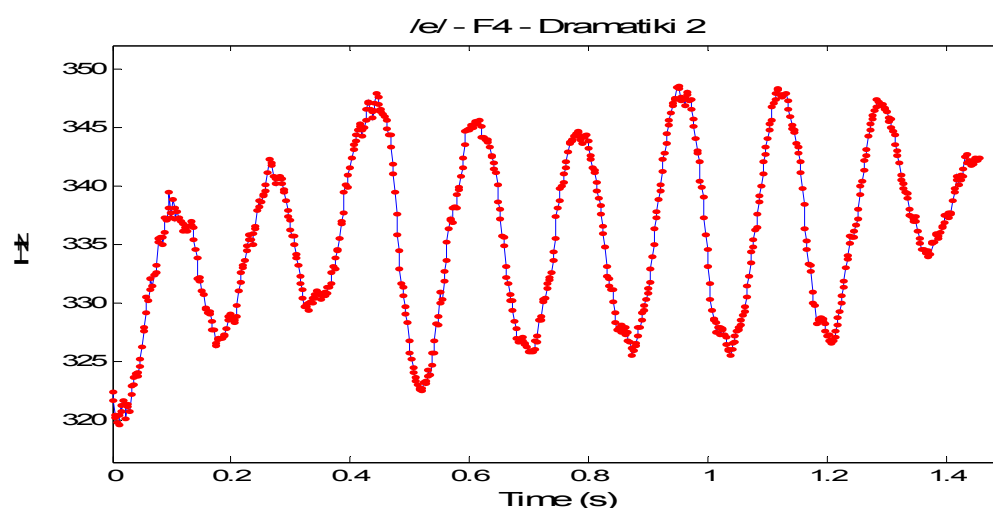
Για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, επιλέχθηκαν για τις μετρήσεις αυτής της εργασίας μόνο τα μεσαία τμήματα των τραγουδημένων τόνων. Τα μεσαία τμήματα απομονώθηκαν και αναλύθηκαν με το λογισμικό που ανέπτυξε ο Δρ. Κουζούπης Σ., σε περιβάλλον Matlab, ειδικά για την πραγματοποίηση των συγκεκριμένων μετρήσεων. Ο εντοπισμός της αρχής και του τέλους του σώματος του βιμπράτο δεν γινόταν αυτόματα από το πρόγραμμα αλλά με οπτική εκτίμηση του ηλεκτρογλωττογραφικού ή ακουστικού σήματος.

4.2 Μέθοδος ανάλυσης των δειγμάτων

Όσον αφορά τη μέθοδο ανάλυσης παρατηρήθηκε ότι δεν υπάρχει τυποποιημένη και κοινά αποδεκτή μέθοδος εύρεσης των παραμέτρων του βιμπράτο. Επιπροσθέτως σε πολλές εργασίες η εφαρμοζόμενη μέθοδος δεν προσδιορίζεται ακριβώς. Στην παρούσα εργασία για την εύρεση των παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε κατά κανόνα το ηλεκτρογλωττογραφικό σήμα, εκτός από περιορισμένες περιπτώσεις όπου το σήμα αυτό εμπεριείχε μεγάλο ποσοστό θορύβου ή δεν ήταν καλό σε ποιότητα, οπότε και χρησιμοποιήθηκε το ακουστικό σήμα. Τα αποτελέσματα ωστόσο από το ηλεκτρογλωττογραφικό όσο και από το ακουστικό σήμα είναι ίδια μετά από μετρήσεις που έγιναν για να διαπιστωθούν τυχόν διαφορές μεταξύ τους. Προτιμήθηκε όμως το ηλεκτρογλωττογραφικό γιατί το συγκεκριμένο σήμα είναι καταγεγραμμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να ευνοεί την ανίχνευση της στιγμιαίας συχνότητας των φωνητικών χορδών.

Στα αρχεία που δημιουργήθηκαν από τις απομονωμένες περιοχές του βιμπράτο, τόσο από την άσκηση, όσο και από την άρια, εφαρμόστηκαν τα εξής: Έγινε η επεξεργασία που περιγράφεται αμέσως παρακάτω σε κάθε μετακινούμενο πλαίσιο. Το κάθε πλαίσιο είχε μήκος από 10-42 ms, ανάλογα με τη νότα και το βήμα μετακίνησης κυμαινόταν από 2-5 ms. Ο αλγόριθμος εύρεσης του τονικού ύψους που χρησιμοποιήθηκε βασίστηκε στον FFT, [3]. Για κάθε πλαίσιο βρίσκονται τα μέγιστα του φάσματος και γίνεται μία πρώτη εκτίμηση της συχνότητας για κάθε μέγιστο. Ακολούθως η τιμή αυτή διορθώνεται χρησιμοποιώντας τη φάση του Μετασχηματισμού Fourier (MF) που βρέθηκε, σε συνδυασμό με αυτήν από τον MF του μετατοπισμένου κατά ένα δείγμα πλαισίου. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται η ακρίβεια στο καθορισμό της συχνότητας του μεγίστου. Η μέθοδος αυτή επιφέρει αρκετά ακριβή αποτελέσματα όπως αποδείχτηκε και με την εφαρμογή της σε σήματα

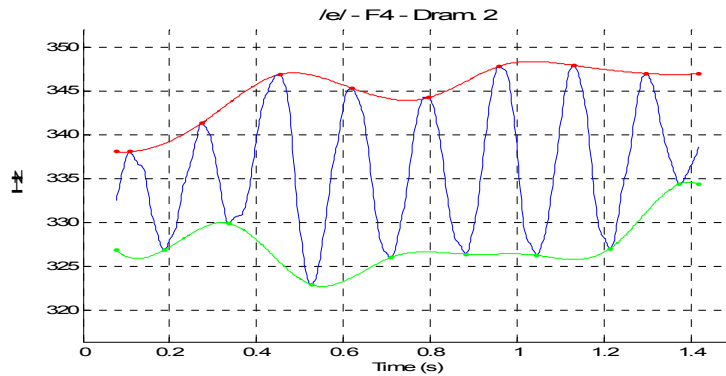
ελέγχου. Για τις συχνότητες που μας ενδιαφέρουν σε αυτή την εργασία και για τη συχνότητα δειγματοληψίας που χρησιμοποιήθηκε (48 kHz), η ακρίβεια είναι καλύτερη του 1/100 του Hz. Με τη χρήση της μεθόδου αυτής και κρατώντας μόνο τις εκτιμήσεις της συχνότητας για τα πρώτα μέγιστα, βρίσκεται η καμπύλη του τονικού ύψους.



Σχήμα 4.4: Καμπύλη τονικού ύψους

Στο σχήμα 4.4 φαίνεται μία περίπτωση καμπύλης τονικού ύψους που είναι μέτριας ποιότητας, όσον αφορά την κανονικότητα και την ομαλότητα της. Προέρχεται από την άσκηση του βιμπράτο. Είναι από το φώνημα /e/, της νότας F4, από την δραματική τραγουδίστρια υπ' αριθμόν 2.

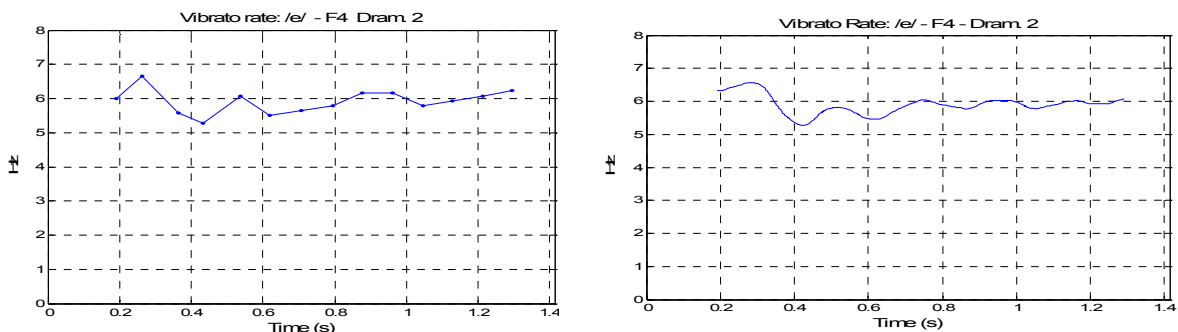
Υπήρχαν αρκετά καλύτερες και χειρότερες περιπτώσεις. Παρατηρούμε ότι υπάρχουν και επί μέρους αρκετά τοπικά μέγιστα και τα ελάχιστα. Ανάλογα με την περίπτωση, αν κρινόταν απαραίτητο, γινόταν μία μικρή εξομάλυνση της καμπύλης. Από μία περιοχή όπως αυτή που φαίνεται στο σχήμα 4.5, επιλέγεται και αποκόπτεται η χρήσιμη περιοχή, (βλέπε την περιοχή στο σχήμα 4.5), με την έννοια ότι το βιμπράτο είναι σαφώς ορισμένο και μπορούν να εξαχθούν οι παράμετροι από την περιοχή αυτή, [20]. Ακολούθως επιλέγεται το υψηλότερο (χαμηλότερο) σημείο για κάθε τοπικό μέγιστο (ελάχιστο), ώστε να χαραχθούν δύο περιβάλλουσες που σχηματίζονται με πολυώνυμα 3^{ου} βαθμού και οι οποίες διέρχονται από τα μέγιστα και τα ελάχιστα, αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.5.



Σχήμα 4.5: Καμπύλη του τονικού ύψους με τις περιβάλλουσες.

Η διαφορά της περιβάλλουσας των ελαχίστων από αυτή των μεγίστων παρέχει την έκταση του βιμπράτο σαν συνάρτηση του χρόνου, ενώ η μέση τιμή τους παρέχει την μεταβολή του τονικού ύψους με το χρόνο. Όσον αφορά τη συχνότητα του βιμπράτο σαν συνάρτηση του χρόνου, αυτή προκύπτει αν η καμπύλη του τονικού ύψους, αφού πρώτα αφαιρεθεί η μέση τιμή της, θεωρηθεί σαν αναλυτικό σήμα του οποίου υπολογίζεται η στιγμιαία συχνότητα μέσω της παραγώγου της φάσης του. Η ανάλυση που επιτυγχάνεται με αυτό τον τρόπο εξαρτάται από τον αριθμό πλαισίων και το βήμα, αλλά είναι αρκετά μεγαλύτερη από άλλες περιπτώσεις, [8], [9], και φτάνει κατά μέσον όρο τα 450 δείγματα το δευτερόλεπτο.

Έγινε επίσης (με άλλο τρόπο) υπολογισμός της καμπύλης της συχνότητας του βιμπράτο, υπολογίζοντας τον αριθμό των περιόδων μέσω των αποστάσεων των μεγίστων και ελαχίστων από τις καμπύλες του τονικού ύψους, παρόμοιες με αυτές του Prame [24], [25], αν και εκεί οι υπολογισμοί έγιναν με βάση το φασματογράφημα.



Σχήμα 4.6: Καμπύλες της συχνότητας του βιμπράτο υπολογισμένες με διαφορετικούς τρόπους.

Η καμπύλη που προκύπτει με τον παραπάνω τρόπο αποτελείται από λίγα σημεία. Στο σχήμα 4.6 φαίνονται μαζί οι δύο τρόποι υπολογισμού που αφορούν την ίδια νότα με τα προηγούμενα σχήματα. Παρατηρούμε την ομοιότητα στις καμπύλες. Για την παρούσα μελέτη, η τιμή για τη συχνότητα του βιμπράτο που απαιτείται (και προσαρτάται) σε κάθε νότα, προκύπτει από την μέση τιμή της δεξιάς καμπύλης.

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για να γίνουν οι μετρήσεις δημιουργούσε μία αναφορά στο τέλος κάθε μέτρησης με τα αποτελέσματα και τις απαραίτητες τιμές που καταχωρούνταν από τον χρήστη κατά τη διάρκεια κάθε μέτρησης. Στη συνέχεια ο χρήστης δημιουργούσε ένα αρχείο κειμένου για κάθε μία μέτρηση όπου περιλάμβανε την αναφορά και τα απαραίτητα διαγράμματα τα οποία προέκυπταν επίσης από το πρόγραμμα ανάλυσης και μέτρησης των δειγμάτων. Ακολουθεί ένα παράδειγμα μιας τέτοιας αναφοράς μαζί με τα διαγράμματα που αφορούν μία δραματική σοπράνο στο φωνήεν /a/, στη νότα F5 (στα αρχεία, για λόγους εργονομίας, είχαν δοθεί τα ονόματα των τραγουδιστριών).

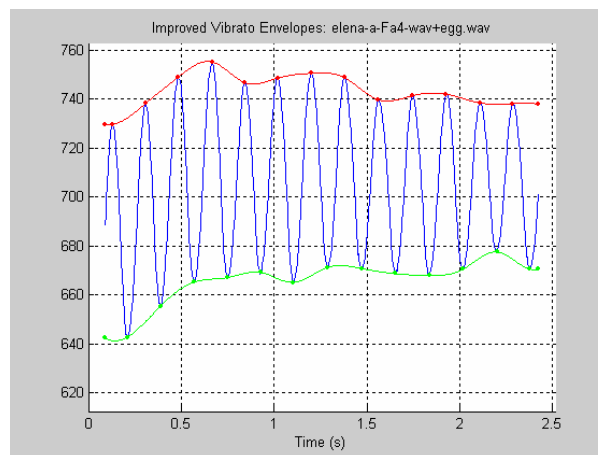
----- Report -----
Analysis using the EGG signal of: elena-a-Fa4-wav+egg.wav
Note frequency entered: 698.0 Hz
Window Length: 512 samples = 11 ms, Time Step of: 100 samples = 2 ms
There are NO zero pitch values in the whole region.
The smoothing factor of pitch contour was set to: 1
The total number of "erroneous" points that were removed, were: 0
The working region was defined between 45 and 1164 sample numbers.
The mean frequency found as the mean value of fig. 7 (=working region), is: 705.7 Hz

The most extreme maximum value of frequency is: 755.2 Hz
The most extreme minimum value of frequency is: 642.5 Hz
Frequency extremes were set to be above: 729.3 and below 677.9 Hz
Leftmost maximum envelope frequency point was set at: 729.6 Hz
and Rightmost point was set to: 738.0 Hz.

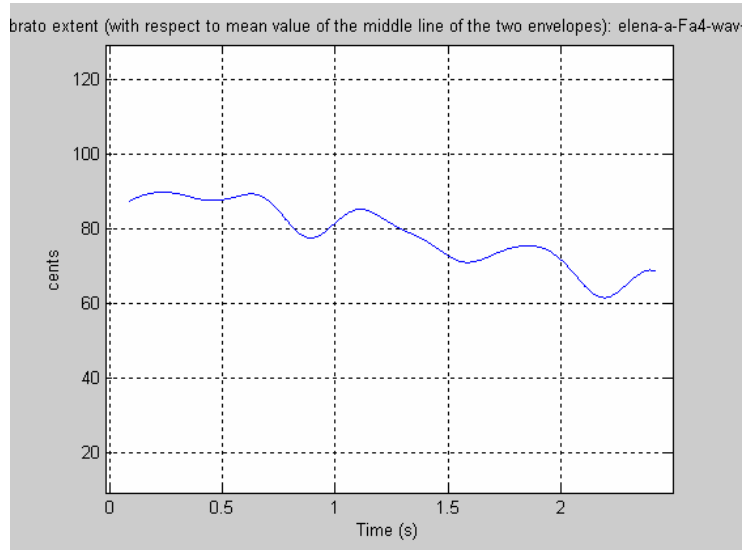
Leftmost minimum envelope frequency point was set at: 642.5 Hz
and Rightmost point was set to: 670.6 Hz.

The mean value of frequency, (based on the envelopes) is: 704.9 Hz
The mean value of High extrema of vibrato frequency is: 743.8 Hz
The mean value of Low extrema of vibrato frequency is: 666.0 Hz
The mean value of Vibrato Extent is: 77.8 Hz
The mean value of Vibrato Extent (in cents) is: ± 40.4 cents
The ratio Df/f is: 0.11

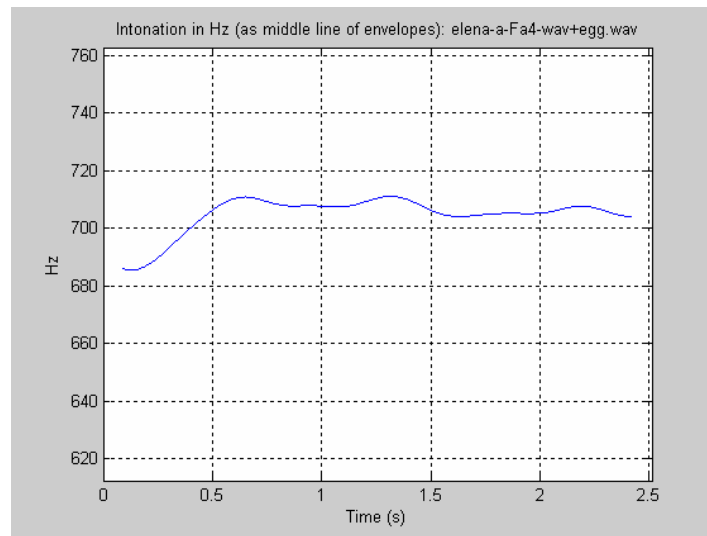
To find the Vibrato Rate you searched between: 5.0 and 6.5 Hz
The Vibrato Rate is estimated to: 5.53 Hz and corrected to 5.54 Hz
The Vibrato Rate as the mean value of fig. 11, is: 5.56 Hz.
The Vibrato Rate as the mean value of fig. 123, is: 5.56 Hz.
The Vibrato Rate as the mean value of fig. 124, is: 5.55 Hz.
Last value of filtering length entered was: 75



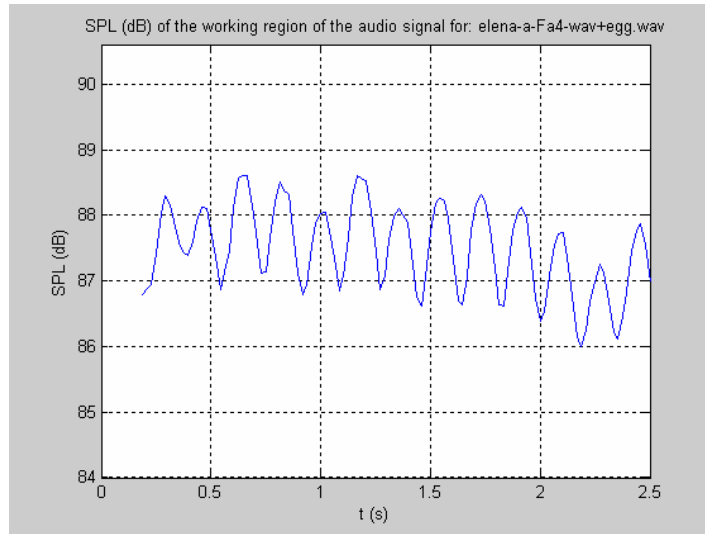
Σχήμα 4.7 : Καμπύλη τονικού ύψους με τις περιβάλλουσες



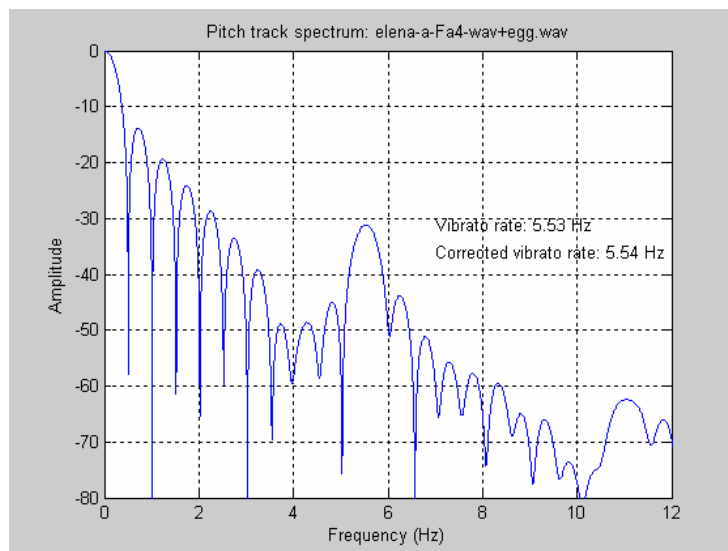
Σχήμα 4.8: Καμπύλη μεταβολής του εύρους του βιμπράτο (*Vibrato Extent*) συναρτήσει της χρονικής διάρκειας του δείγματος



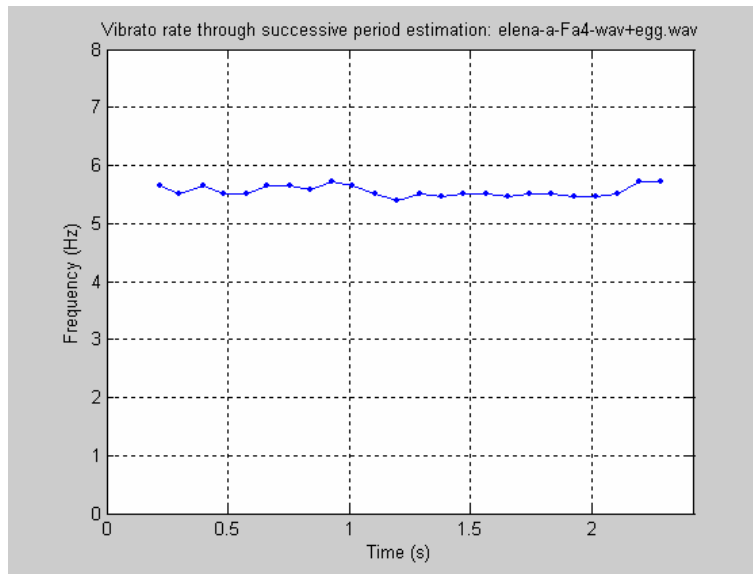
Σχήμα 4.9: Καμπύλη μεταβολής της κεντρικής τραγουδισμένης συχνότητας (*Intonation*) συναρτήσει της χρονικής διάρκειας του δείγματος



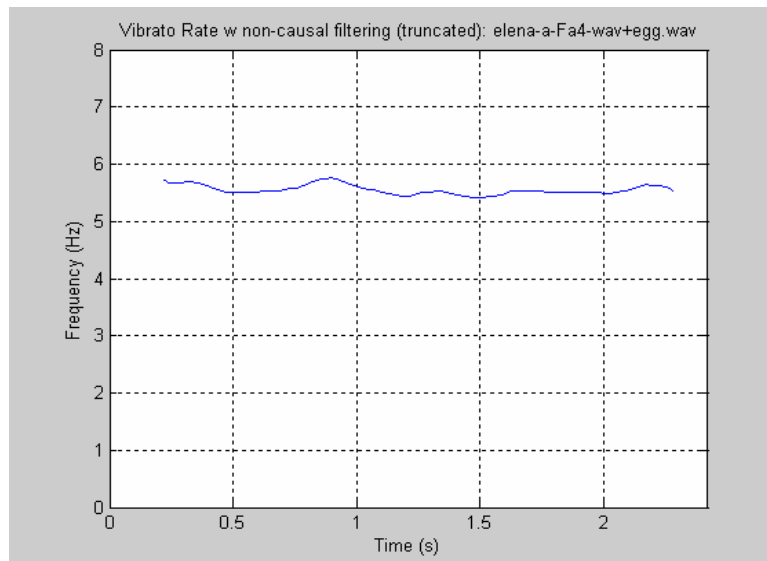
Σχήμα 4.10: Καμπύλη μεταβολής της στάθμης ηχητικής πίεσης (dB SPL) συναρτήσει της χρονικής διάρκειας του δείγματος



Σχήμα 4.11: Μέσω της προαναφερθείσης μεθόδου χρησιμοποιείται ο FFT για την εκτίμηση της συχνότητας του βιμπράτο από την καμπύλη του τονικού ύψους. Η τιμή εμφανίζεται και στο σχήμα.



Σχήμα 4.12: Καμπύλη μεταβολής της συχνότητας του βιμπράτο (Vibrato Rate) συναρτήσει της χρονικής διάρκειας του δείγματος



Σχήμα 4.13: Καμπύλη μεταβολής της συχνότητας του βιμπράτο (Vibrato Rate) συναρτήσει της χρονικής διάρκειας του δείγματος

Οι αναφορές ήταν ίδιες για την άσκηση και την άρια. Το παραπάνω παράδειγμα αφορά δείγμα της άσκησης (όλες οι αναφορές για κάθε ένα δείγμα που αναλύθηκε βρίσκονται σε ηλεκτρονική μορφή στο DVD). Από τις αναφορές συγκεντρώθηκαν οι τιμές των μετρήσεων για τη συχνότητα και το εύρος του βιμπράτο σε πίνακες ανά φωνήεν. Παράδειγμα ενός τέτοιου φαίνεται παρακάτω και αφορά το φωνήεν /α/ (βλέπε Πίνακα 4.3). Όλοι οι πίνακες των μετρήσεων βρίσκονται στο παράρτημα Α2.

Πίνακας 4.3: Συχνότητα του βιμπράτο για δείγματα από την άσκηση – Φωνήεν /α/

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ /α/		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	5.44	6.08	5.11	5.54	5.43	5.42	5.04	5.30	5.89	5.67	5.78
B3	246.9	-----	6.02	-----	6.02	5.66	5.77	-----	5.72	5.88	5.89	5.89
C4	261.6	5.26	5.92	4.90	5.36	-----	5.17	-----	5.17	5.93	6.51	6.22
D4	293.7	5.32	-----	5.43	5.38	5.55	5.75	-----	5.65	-----	-----	-----
E4	329.6	5.17	-----	-----	5.17	5.52	6.06	-----	5.79	6.31	6.23	6.27
F4	349.2	-----	5.88	-----	5.88	5.63	5.70	-----	5.67	6.10	-----	6.10
G4	392.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	5.71	5.40	-----	5.56	-----	-----	-----
B4	493.8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	6.38	5.96	-----	6.17	-----	-----	-----
D5	587.3	5.12	5.70	5.62	5.48	6.19	-----	4.92	5.56	6.45	6.83	6.64
E5	659.3	-----	-----	5.41	5.41	6.56	7.58	4.93	6.36	-----	-----	-----
F5	698.5	5.37	5.64	5.54	5.52	6.84	6.91	5.17	6.31	5.95	6.34	6.14
G5	784.0	5.31	5.75	5.45	5.50	6.49	6.37	5.25	6.04	-----	5.62	5.62
A5	880.0	4.96	5.71	5.18	5.28	6.83	6.13	5.24	6.07	6.39	6.00	6.19
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	7.09	5.87	5.24	6.07	5.88	5.44	5.66
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	5.65	-----	5.65	6.26	6.28	6.27
M.O		5.24	5.84	5.33	5.50	6.14	5.98	5.11	5.80	6.10	6.08	6.07

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων για το εύρος του βιμπράτο εκφρασμένο σε δύο μορφές, σε cents (βλέπε Πίνακα 4.4) και σε μορφή λόγου $\Delta f/f_0$ (βλέπε Πίνακα 4.5)

Πίνακας 4.4: Εύρη του βιμπράτο για δείγματα από την άσκηση εκφρασμένα σε cents

Φωνήεν /α/

ΕΥΡΟΣ /α/ (+/-)cents		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νοτα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	13.0	12.8	28.1	18.0	21.3	19.7	20.2	20.4	7.0	8.2	7.6
B3	246.9	-----	12.8	-----	12.8	18.7	11.3	-----	15.0	16.5	15.0	15.8
C4	261.6	22.8	14.4	33	23.4	-----	9.4	-----	9.4	19.6	11.9	15.8
D4	293.7	16.9	-----	41	28.8	20.9	13.3	-----	17.1	-----	-----	-----
E4	329.6	20.3	-----	34	27.4	15.9	14.3	-----	15.1	15.9	15.9	15.9
F4	349.2	-----	20.0	-----	20.0	17.7	12.7	-----	15.2	11.7	-----	11.7
G4	392.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	27.8	13.9	-----	20.9	-----	-----	-----
B4	493.8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	37.3	20.6	-----	29.0	-----	-----	-----
D5	587.3	32.4	26.8	39.6	32.9	30.4	-----	16.2	23.3	17.3	26.2	21.8
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	29.3	7.8	14.1	17.1	-----	-----	-----
F5	698.5	18.1	34.5	40.4	31.0	47.9	11.4	38.0	32.4	11.6	33.9	22.8
G5	784.0	26.4	28.6	38	31.1	43.4	13.2	34.6	30.4	-----	19.3	19.3
A5	880.0	16.8	28.5	45.0	30.1	43.7	16.5	22.3	27.5	9.7	12.2	11.0
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	40.7	14.4	36.1	30.4	16.0	8.3	12.2
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	10.1	-----	10.1	16.2	13.4	14.8
M.O		20.8	22.3	37.4	25.5	30.4	13.5	25.9	20.9	14.2	16.4	15.3

Πίνακας 4.5: Εύρη του βιμπράτο για δείγματα από την άσκηση εκφρασμένα υπό μορφή του λόγου $\Delta f/f_0$, για το φωνήεν /α/.

ΕΥΡΟΣ /α/ (Df/fo)		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	0.03	0.03	0.08	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.02	0.02	0.02
B3	246.9	-----	0.03	-----	0.03	0.05	0.03	-----	0.04	0.04	0.04	0.04
C4	261.6	0.06	0.04	0.09	0.06		0.03	-----	0.03	0.05	0.03	0.04
D4	293.7	0.05	-----	0.11	0.08	0.06	0.04	-----	0.05	-----	-----	-----
E4	329.6	0.05	-----	0.09	0.07	0.04	0.04	-----	0.04	0.04	0.04	0.04
F4	349.2	-----	0.05	-----	0.05	0.05	0.03	-----	0.04	0.03	-----	0.03
G4	392.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	0.08	0.04	-----	0.06	-----	-----	-----
B4	493.8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	0.10	0.06	-----	0.08	-----	-----	-----
D5	587.3	0.09	0.07	0.11	0.09	0.08	-----	0.04	0.06	0.05	0.07	0.06
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	0.08	0.02	0.04	0.05	-----	-----	-----
F5	698.5	0.05	0.09	0.11	0.08	0.13	0.03	0.10	0.09	0.03	0.09	0.06
G5	784.0	0.07	0.08	0.10	0.08	0.12	0.04	0.09	0.08	-----	0.05	0.05
A5	880.0	0.05	0.08	0.12	0.08	0.12	0.04	0.06	0.07	0.03	0.03	0.03
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	0.11	0.04	0.10	0.08	0.04	0.02	0.03
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	0.03	-----	0.03	0.04	0.04	0.04
M.O		0.06	0.06	0.10	0.07	0.08	0.04	0.07	0.06	0.04	0.04	0.04

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται επεξεργασία και εκτίμηση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των πινάκων του παραρτήματος Α που αφορούν τη συχνότητα και το εύρος του βιμπράτο (ενότητες 5.1 και 5.2 αντίστοιχα) μεταξύ των τριών ειδών σοπράνο, αλλά και για κάθε μία κατηγορία ξεχωριστά. Στις ενότητες 5.3 και 5.4 αναφέρονται τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν για τη συχνότητα και το εύρος του βιμπράτο κάθε κατηγορίας σοπράνο, οι ομοιότητες και οι διαφορές μεταξύ των τριών κατηγοριών, με βάση τις δύο βασικές παραμέτρους του βιμπράτο και εξετάζεται κατά πόσο είναι δυνατόν η συχνότητα και το εύρος του βιμπράτο να αποτελέσουν αντικειμενικά κριτήρια κατηγοριοποίησης των φωνών σοπράνο. Στις επόμενες ενότητες εξετάζονται οι διαφορές των παραμέτρων του βιμπράτο, συγκρίνοντας κοινά δείγματα (δηλαδή ίδιες νότες) κάθε τραγουδίστριας από την άρια (ενότητα 5.5), και το κατά πόσο επηρεάζονται η συχνότητα και το εύρος του βιμπράτο, από την ταχύτητα (tempo) με την οποία εκτελείται το μουσικό κείμενο (ενότητα 5.6). Επίσης εξετάζεται η σχέση μεταβολής του εύρους, της κεντρικής τραγουδισμένης συχνότητας (intonation) και της στάθμης ηχητικής πίεσης (dB SPL) κατά τη χρονική διάρκεια κάθε δείγματος-νότας (ενότητα 5.7) και τέλος ποιες είναι οι ποσοτικές και οι ποιοτικές απαιτήσεις των δειγμάτων για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων για τη συχνότητα και το εύρος του βιμπράτο (ενότητα 5.8).

5.1 Εκτίμηση και επεξεργασία μετρήσεων για τη συχνότητα του βιμπράτο

Από την άσκηση προέκυψαν τιμές της συχνότητας του βιμπράτο που ήταν πολλές φορές χαμηλότερες από τα αντίστοιχα χαμηλότερα όρια, [24], [25], δηλαδή χαμηλότερες από 5 Hz, (βλέπε Κεφ. 3).

Η χαμηλότερη τιμή για τη συχνότητα του βιμπράτο από το σύνολο των μετρήσεων (βλέπε Πίνακες παραρτήματος Α, Α2.1, Α2.2, Α2.3, Α2.4, Α2.5), μετρήθηκε στα 3.79 Hz, η οποία προήλθε από δείγμα της άσκησης στο φωνήεν /ι/ της 2^{ης} δραματικής σοπράνο στη νότα Α3 και η μέγιστη 7.34 Hz στο φωνήεν /ο/ της 2^{ης} ελαφριάς σοπράνο στη νότα Β4. Σε κάθε κατηγορία οι ακραίες τιμές είναι:

α) Στην κατηγορία των δραματικών σοπράνο η μικρότερη τιμή είναι 3.79 Hz (2^η δραματική, /ι/, Α3) και η μέγιστη 6.70 Hz (2^η δραματική, /ο/, Α3),

β) Στην κατηγορία των λυρικών η μικρότερη είναι 4.51 Hz (3^η λυρική, /ι/, D5) και η μεγαλύτερη 7.58 Hz (2^η λυρική, /α/, E5)

γ) Στις ελαφριές η μικρότερη τιμή είναι 5.07 Hz (2^η ελαφριά, /ο/ - /ου/, E4 & A5) και η μεγαλύτερη 7.34 Hz (2^η ελαφριά, /ο/,B4), (βλέπε Πίνακα 5.1).

Οι περισσότερες όμως τιμές κάτω των 5 Hz εντοπίζονται στην 3^η λυρική σοπράνο σε όλα τα φωνήεντα, κυρίως στη χαμηλή περιοχή της έκτασής της και σε μεμονωμένες νότες της μεσαίας και υψηλής περιοχής με τις χαμηλότερες τιμές από αυτές να εντοπίζονται στη νότα D5 σε όλα τα φωνήεντα εκτός του /ε/ που εντοπίζεται στη νότα Β3.

Πίνακας 5.1: Μέγιστες και ελάχιστες τιμές συχνότητας βιμπράτο, ανά σοπράνο και ανά φωνήεν.

ΑΣΚΗΣΗ - ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (Hz)

	α		ε		ι		ο		ου		M.Omin	M.Omax
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max		
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ												
1η	4.96	5.44	4.92	5.34	4.67	5.63	5.04	5.51	5.12	5.62	4.94	5.51
2η	5.64	6.08	5.64	6.43	3.79	6.21	5.71	6.70	5.60	6.29	5.28	6.34
3η	4.90	5.62	5.19	5.64	4.89	5.64	4.93	5.74	4.70	5.57	4.92	5.64
M.O	5.17	5.71	5.25	5.80	4.45	5.83	5.23	5.98	5.14	5.83	5.05	5.83
ΛΥΡΙΚΕΣ												
1η	5.43	7.09	5.40	6.86	5.58	6.52	5.46	6.64	5.41	7.14	5.46	6.85
2η	5.17	7.58	5.49	6.48	5.62	6.57	5.45	6.95	5.22	6.38	5.39	6.79
3η	4.92	5.25	4.56	5.31	4.51	5.20	4.62	5.33	4.68	5.33	4.66	5.28
M.O	5.17	6.64	5.15	6.22	5.24	6.10	5.18	6.31	5.10	6.28	5.17	6.31
ΕΛΑΦΡΙΕΣ												
1η	5.88	6.45	5.91	6.26	5.73	6.41	5.64	6.62	5.72	6.66	5.78	6.48
2η	5.44	6.83	5.52	7.30	5.50	6.80	5.07	7.34	5.07	6.89	5.32	7.03
M.O	5.66	6.64	5.72	6.78	5.62	6.61	5.36	6.98	5.40	6.78	5.55	6.76

Από τους μέσους όρους των μεγίστων και ελαχίστων τιμών (βλέπε Πίνακα 5.1, δύο τελευταίες στήλες, κελιά με σκούρο γκρι χρώμα), προκύπτει ότι:

- α) Η συχνότητα του βιμπράτο των δραματικών κυμαίνεται από 5.05 – 5.83 Hz,
- β) Των λυρικών 5.17 – 6.31 Hz και,
- γ) Των ελαφριών 5.55 – 6.76 Hz.

Παρ' όλο που μεμονωμένες νότες είχαν τιμές χαμηλότερες των 5 Hz και μεγαλύτερες των 7 Hz, εν τούτοις τα εύρη των τιμών αυτών βρίσκονται εντός των τιμών 5 – 7 Hz που αποτελούν και τα όρια τιμών για τη συχνότητα του βιμπράτο. Παρατηρείται επίσης διαφορά στο εύρος που κυμαίνεται η συχνότητα του βιμπράτο για κάθε κατηγορία με μικρότερο αυτό των δραματικών με τιμή 0.78 Hz, μετά των λυρικών με τιμή 1.14 Hz και με μεγαλύτερο από τις τρεις κατηγορίες των ελαφριών σοπράνο με 1.21 Hz. Οι λυρικές σε σχέση με τις ελαφριές έχουν τη μικρότερη διαφορά (0.07 Hz) από ότι οι δραματικές με τις ελαφριές και τις λυρικές, 0.43 Hz και

0.36 Hz αντίστοιχα. Από τον πίνακα 5.2 φαίνεται ότι δεν μπορούμε να καταλήξουμε σε κάποιο συμπέρασμα όσον αφορά τις νότες (άρα και τις συχνότητες ή τις συχνοτικές περιοχές) στις οποίες εντοπίζονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές της συχνότητας του βιμπράτο για κάθε κατηγορία γενικά, αφού όπως φαίνεται στον ίδιο πίνακα, αυτό συμβαίνει σε ξεχωριστές νότες για κάθε μία τραγουδίστρια.

Πίνακας 5.2: Οι νότες στις οποίες παρουσιάστηκαν οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές συχνότητας βιμπράτο ανά σοπράνο και ανά φωνήεν.

	α		ε		ι		ο		ου	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ										
1η	A5	A3	A5	F5	A5	F5	A5	D4	A5	A3
2η	F5	A3	F5	A3	A3	A5	B4	A3	B4	B3
3η	C4	D5	E4	F5	D4	F5	A3	D5	A3	F5
ΛΥΡΙΚΕΣ										
1η	A3	B5	D4	A5	D4	G5	G4	A5	A3	B5
2η	D4	E5	B5	B3	C6	F5	C6-B4	E5	C4	F5
3η	D5	G5	B3	B5	D5	A5	D5	G5	D5	B4
ΕΛΑΦΡΙΕΣ										
1η	B3	D5	C4	B5	B3	G4	A3	F5	A3	F4
2η	B5	D5	A5	B4	G5	G4	E4	B4	A5	D5

Εξετάζοντας κατά ανάλογο τρόπο μόνο τα κοινά δείγματα (νότες) της άσκησης, η μικρότερη τιμή της συχνότητας του βιμπράτο είναι 4.51 Hz και η μεγαλύτερη 7.34 Hz, ενώ σε κάθε κατηγορία οι ακραίες τιμές είναι:

α) Για τις δραματικές η χαμηλότερη 4.70 Hz (3^η δραματική, /ου/, A3) και η υψηλότερη 6.70 Hz (2^η δραματική, /ο/, A3),

β) Για τις λυρικές η χαμηλότερη 4.51 Hz (3^η λυρική, /ι/, D5) και η υψηλότερη 6.91 Hz (2^η λυρική, /α/, F5) και

γ) Για τις ελαφριές η χαμηλότερη 5.07 Hz (2^η ελαφριά, /ου/, A5), και η υψηλότερη 7.34 Hz (2^η ελαφριά, /ο/, B4), (βλέπε Πίνακα 5.3).

Πίνακας 5.3: Μέγιστες και ελάχιστες τιμές συχνότητας βιμπράτο ανά σοπράνο και ανά φωνήεν στις κοινά τραγουδισμένες νότες της άσκησης.

ΑΣΚΗΣΗ -ΚΟΙΝΕΣ ΝΟΤΕΣ - ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ

	α		ε		ι		ο		ου		M.Omin	M.Omax
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max		
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ												
1η	4.96	5.44	4.92	5.34	5.15	5.63	5.04	5.42	5.12	5.62	5.04	5.49
2η	5.64	6.08	5.64	5.97	5.72	5.97	5.71	6.70	5.60	6.22	5.66	6.19
3η	5.11	5.62	5.27	5.64	5.27	5.64	4.93	5.74	4.70	5.57	5.06	5.64
M.O	5.24	5.71	5.28	5.65	5.38	5.75	5.23	5.95	5.14	5.80	5.25	5.77
ΛΥΡΙΚΕΣ												
1η	5.43	6.84	5.81	6.86	5.81	6.49	5.46	6.64	5.41	6.71	5.58	6.71
2η	5.42	6.91	5.67	6.07	5.99	6.57	5.45	6.55	5.25	6.38	5.56	6.50
3η	4.92	5.24	4.81	5.29	4.51	5.07	4.62	5.24	4.68	5.33	4.71	5.23
M.O	5.26	6.33	5.43	6.07	5.44	6.04	5.18	6.14	5.11	6.14	5.28	6.15
ΕΛΑΦΡΙΕΣ												
1η	5.89	6.45	6.04	6.60	5.89	6.41	5.64	6.62	5.72	6.27	5.84	6.47
2η	5.67	6.83	5.52	7.30	6.10	6.80	5.60	7.34	5.07	6.89	5.59	7.03
M.O	5.78	6.64	5.78	6.95	6.00	6.61	5.62	6.98	5.40	6.58	5.71	6.75

Οι μέσοι όροι των ελαχίστων και μεγίστων τιμών για κάθε κατηγορία είναι διαφορετικές σε σχέση με τις μη κοινές νότες.

α) Για τις δραματικές κυμαίνονται 5.27 – 5.77 Hz,

β) για τις λυρικές 5.28 – 6.15 Hz και

γ) για τις ελαφριές 5.71 – 6.75 Hz.

Η διαφοροποίηση παρατηρείται κυρίως στα χαμηλά όρια, τα οποία είναι ελαφρώς μεγαλύτερα αριθμητικά (σε σχέση με τις μη κοινές νότες) και το εύρος τιμών που προκύπτει είναι 0.5 Hz για τις δραματικές, 0.87 Hz για τις λυρικές και 1.04 Hz για τις ελαφριές. Η αύξηση του κάτω ορίου και στις τρεις κατηγορίες οφείλεται στο γεγονός ότι τα κοινά δείγματα κυμαίνονται στην υψηλή κυρίως και μεσαία περιοχή των εκτάσεων των τραγουδιστριών. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι το τονικό ύψος επηρεάζει τη συχνότητα του βιμπράτο. Αν και υπάρχει αυτή η διαφοροποίηση στις τιμές, πάλι το ουσιαστικό αποτέλεσμα είναι το ίδιο. Οι ελαφριές παρουσιάζουν την μεγαλύτερη συχνότητα στο βιμπράτο σε σχέση με τις δραματικές

και τις ελαφριές, οι δραματικές τη χαμηλότερη και οι λυρικές βρίσκονται στη μέση. Αυτή η τάση ανάμεσα στις τρεις κατηγορίες παρατηρείται και για κάθε φωνήεν ξεχωριστά όπως φαίνεται στο παράρτημα Α2, πίνακες Α2.1 έως Α2.5. Στον πίνακα 5.4 φαίνεται επίσης ότι δεν μπορούμε να καταλήξουμε σε κάποιο συμπέρασμα όσον αφορά τις νότες (άρα και για τις συχνότητες ή τις συχνοτικές περιοχές) στις οποίες εντοπίζονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές της συχνότητας του βιμπράτο για κάθε κατηγορία γενικά, αφού όπως φαίνεται στον ίδιο πίνακα αυτό συμβαίνει σε ξεχωριστές νότες για κάθε μία τραγουδίστρια.

Πίνακας 5.4: Οι νότες στις οποίες παρουσιάστηκαν οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές συχνότητας βιμπράτο ανά σοπράνο και ανά φωνήεν στις κοινά τραγουδισμένες νότες της άσκησης.

	α		ε		ι		ο		ου	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ										
1η	A5	A3	A5	F5	G4	F5	A5	F5	A5	A3
2η	F5	A3	F5	D3	G4-B4	F5	B4	A3	B4	A3
3η	A3	D5	A5	F5	G4	F5	A3	D5	A3	F5
ΛΥΡΙΚΕΣ										
1η	A3	F5	G4	A5	G4	F5	G4	A5	A3	A5
2η	A3	F5	G4-B4	A5	G4	F5	B4	F5	B4	F5
3η	D5	A5	D5	B4	D5	F5	D5	A5	D5	B4
ΕΛΑΦΡΙΕΣ										
1η	A3	D5	B4	F5	D5	G4	A3	F5	A3	F5
2η	A3	D5	A5	B4	D5	G4	A3	B4	A5	D5

Παρατηρώντας τις δύο τελευταίες στήλες των πινάκων 5.1 και 5.3 όπου αναγράφονται οι μέσοι όροι των μέγιστων και των ελάχιστων τιμών της συχνότητας του βιμπράτο για κάθε τραγουδίστρια από όλα τα φωνήεντα, το εύρος τιμών της 2^{ης} δραματικής είναι αρκετά υψηλότερο από των άλλων δύο δραματικών και φαίνεται να είναι πιο κοντά στα όρια του εύρους των λυρικών. Θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε τη 2^η δραματική ως λυρική σοπράνο με βάση το εύρος τιμών της συχνότητας του βιμπράτο της. Αντίστοιχα θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε δραματική την 3^η λυρική τραγουδίστρια, αφού το εύρος τιμών της είναι πολύ μικρό σε σχέση με τις άλλες δύο λυρικές και πιο κοντά σε αυτό των δραματικών.

Στον πίνακα αποτελεσμάτων της άριας A2.6 του παραρτήματος A2, δεν υπάρχει τιμή συχνότητας του βιμπράτο κάτω των 5 Hz με εξαίρεση της 3^{ης} ελαφριάς σοπράνο η οποία από τα αποτελέσματα των μετρήσεων επιβεβαιώνεται ότι είναι η λιγότερο έμπειρη και εκπαιδευμένη σε σχέση με τις υπόλοιπες τραγουδίστριες. Επίσης ήταν και η μόνη τραγουδίστρια που δεν ήταν επαγγελματίας. Όλες οι τιμές που αφορούσαν αυτή την τραγουδίστρια (συχνότητα και εύρος βιμπράτο) βρέθηκαν πολύ χαμηλότερες όχι μόνο από τις αντίστοιχες τιμές των άλλων ελαφριών σοπράνο, αλλά χαμηλότερες και από αυτές των τραγουδίστριας δραματικών και των λυρικών. Συμπεριλαμβάνοντας τις τιμές της τραγουδίστριας αυτής στους υπολογισμούς για τις ελαφριές σοπράνο, οι μέσοι όροι προέκυπταν αρκετά χαμηλότεροι σε σχέση με τους μέσους όρους που προέκυπταν χωρίς να λάβουμε υπόψη μας την τραγουδίστρια αυτή. Έχοντας ως στόχο την μεγαλύτερη αντικειμενικότητα και ακρίβεια των αποτελεσμάτων, θεωρήθηκε ορθότερο να εξαιρεθούν οι μετρήσεις της 3^{ης} ελαφριάς σοπράνο για αυτό και δεν συμπεριλήφθηκαν σε κανέναν πίνακα μετρήσεων.

Η μικρότερη τιμή από όλα τα δείγματα της άριας όπως φαίνεται στον πίνακα 5.5 είναι 5.22 Hz (1^η δραματική, /ε/, Eb5, 4ο μέτρο) και η μεγαλύτερη 7.26 Hz (2^η ελαφριά, /ε/, F4, 25^ο μέτρο). Οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές ανά κατηγορία είναι:

α) Για τις δραματικές 5.22 Hz (1^η δραματική, /ε/, Eb5, 4ο μέτρο) και μέγιστη 6.11Hz (2^η δραματική, /ι/, Ab4, 9ο μέτρο),

β) για τις λυρικές 5.35 Hz (3^η λυρική, /ι/, Bb4, 8ο μέτρο) και η μέγιστη 7.28 Hz (2^η λυρική, /ι/, Eb5, 4ο μέτρο),

γ) για τις ελαφριές 5.98 Hz (1^η ελαφριά, /α/, Ab4, 6ο μέτρο) και η μέγιστη 7.26 Hz (2^η ελαφριά, /ε/, F4, 25ο μέτρο).

Πίνακας 5.5: Μέγιστες και ελάχιστες τιμές συχνότητας βιμπράτο, ανά σοπράνο και ανά φωνήεν όπως προκύπτουν από τα δείγματα της άριας.

ΑΡΙΑ - ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ												
	α		ε		ι		ο		ου		M.Omin	M.Omax
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max		
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ												
1η	5.30	5.89	5.22	5.59	5.23	5.47	5.38	5.44	-----	----	5.28	5.60
2η	5.59	5.87	5.48	5.93	5.82	6.11	5.82	5.9	6.08	6.08	5.76	5.98
3η	5.61	5.95	5.56	5.98	5.6	5.66	5.57	6.0	5.6	5.6	5.59	5.84
M.O	5.50	5.90	5.42	5.83	5.55	5.75	5.59	5.78	5.84	5.84	5.54	5.80
ΛΥΡΙΚΕΣ												
1η	5.45	6.41	5.58	6.75	5.78	6.57	5.59	6.31	6.69	6.69	5.82	6.55
2η	5.92	6.58	5.73	6.39	6.48	6.16	5.87	7.28	5.47	5.47	5.89	6.38
3η	5.37	5.85	5.43	5.63	5.35	5.83	5.40	5.80	5.63	5.63	5.44	5.75
M.O	5.58	6.28	5.58	6.26	5.87	6.19	5.62	6.46	5.93	5.93	5.72	6.22
ΕΛΑΦΡΙΕΣ												
1η	5.98	6.32	6.25	6.35	6.18	6.40	6.16	6.51	6.24	6.24	6.16	6.36
2η	6.32	6.93	6.01	7.26	6.28	6.61	6.01	6.92	6.14	6.14	6.15	6.77
M.O	6.15	6.63	6.13	6.81	6.23	6.51	6.09	6.72	6.19	6.19	6.16	6.57

Τα εύρη τιμών της συχνότητας του βιμπράτο όπως προκύπτουν ως μέσοι όροι ανά κατηγορία είναι:

- α) Δραματικές: 5.54 – 5.80 Hz (εύρος 0.26 Hz)
- β) Λυρικές: 5.72 – 6.22 Hz (εύρος 0.50 Hz)
- γ) Ελαφριές: 6.16 – 6.57 Hz (εύρος 0.41 Hz)

Πίνακας 5.6: Οι νότες στις οποίες παρουσιάστηκαν οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές συχνότητας βιμπράτο ανά σοπράνο και ανά φωνήεν από τα δείγματα της άριας.

	α		ε		ι		ο		ου	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ										
1η	Eb5-12o	F4-2o	Eb5-4o	F4-25o	Fa4-19o	Ab4-9o	Ab4-6o	C5-14o	Ab5-17o	Ab5-17o
2η	Eb5-24o	F4-2o	F4-25o	Ab5-23o	Fa4-19o	Ab4-9o	C5-14o	Eb5-4o	Ab5-17o	Ab5-17o
3η	Ab4-26o	Ab4-6o	Ab5-23o	F4-25o	Ab4-9o	Fa4-19o	Ab4-6o	Eb5-4o	Ab5-17o	Ab5-17o
ΛΥΡΙΚΕΣ										
1η	F4-2o	Eb5-24o	Bb4-8o	Ab5-23o	Fa4-19o	Ab4-9o	Ab4-6o	Eb5-4o	Ab5-17o	Ab5-17o
2η	Eb5-24o	F4-2o	Ab5-23o	F4-25o	Ab4-9o	Fa4-19o	C5-14o	Eb5-4o	Ab5-17o	Ab5-17o
3η	Eb5-24o	Ab4-6o	Eb5-14o	Bb4-8o	Fa4-19o	Ab4-9o	Eb5-4o	Ab4-6o	Ab5-17o	Ab5-17o
ΕΛΑΦΡΙΕΣ										
1η	Ab4-6o	F4-2o	Bb4-8o	F4-25o	Fa4-19o	Ab4-9o	Ab4-6o	Eb5-4o	Ab5-17o	Ab5-17o
2η	Eb5-12o	Ab4-26o	Eb5-4o	F4-25o	Fa4-19o	Ab4-9o	Eb5-4o	C5-14o	Ab5-17o	Ab5-17o

Οι μέσοι όροι των ελαχίστων και μεγίστων τιμών της συχνότητας του βιμπράτο που προκύπτουν για την άρια είναι μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές της άσκησης και ιδιαίτερα οι μέσοι όροι των ελαχίστων τιμών. Αυτό σημαίνει ότι και τα εύρη της συχνότητας του βιμπράτο είναι μικρότερα. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό πιθανότατα είναι γιατί το βιμπράτο σε αυτήν την περίπτωση εκτελείται υπό άλλες συνθήκες, δηλαδή μέσα σε ένα μουσικό κομμάτι όπου χρησιμοποιείται από τις τραγουδίστριες ως μέσο απόδοσης και ερμηνείας της μουσικής. Παρατηρήθηκε λοιπόν για την άρια ότι οι μέσες τιμές ελαχίστων και μεγίστων ήταν μεγαλύτερες των αντίστοιχων τιμών της άσκησης, ενώ τα εύρη του βιμπράτο για την άρια ήταν μικρότερα σε σχέση με την άσκηση αφού αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι τραγουδίστριες υποβάλλουν τον εαυτό τους στη συναισθηματική κατάσταση που υπαγορεύει το ύφος του μουσικού κειμένου και γνωρίζουμε ότι η συναισθηματική κατάσταση επηρεάζει τις παραμέτρους του βιμπράτο. Οι νότες που επιλέχθηκαν από την άρια για ανάλυση κυμαίνονται στην υψηλή κυρίως περιοχή της έκτασής τους. Η περιοχή αυτή ήταν κοινή σε γενικές γραμμές με την περιοχή που ήταν οι κοινές νότες

της άσκησης. Παρ' όλ' αυτά οι μέσες τιμές ελαχίστων και μεγίστων για την άρια ήταν μεγαλύτερες από αυτές της άσκησης όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Συνοπτικά όλα τα παραπάνω φαίνονται στον πίνακα 5.7 που ακολουθεί.

Πίνακας 5.7: Συνοπτικός πίνακας μεγίστων, ελαχίστων και εύρους τιμών συχνότητας βιμπράτο δειγμάτων άσκησης και άριας .

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ	ΑΣΚΗΣΗ ΟΛΕΣ ΟΙ ΝΟΤΕΣ		ΑΣΚΗΣΗ ΚΟΙΝΕΣ ΝΟΤΕΣ		ΑΡΙΑ	
	min – max	Εύρος	min - max	Εύρος	min - max	Εύρος
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ	5.05-5.80	0.78	5.27 –5.77	0.50	5.54 - 5.80	0.26
ΛΥΡΙΚΕΣ	5.17– 6.31	1.14	5.28 –6.15	0.87	5.72-6.22	0.50
ΕΛΑΦΡΙΕΣ	5.55–6.76	1.21	5.71 –6.75	1.04	6.16-6.57	0.41

Κατά την επεξεργασία των μετρήσεων δημιουργήθηκαν πίνακες στους οποίους φαίνεται η συμπεριφορά των τραγουδιστριών (ως κατηγορίες) σε όλη την έκτασή τους. Στους πίνακες αυτούς υπολογίζονται μέσες τιμές από όλα τα φωνήεντα για κάθε μία νότα της έκτασής τους (βλέπε Πίνακες 5.8, 5.9, 5.10). Για παράδειγμα υπολογίστηκε για τη νότα A3 μία μέση τιμή συχνότητας βιμπράτο από όλα τα φωνήεντα /α/, /ε/, /ι/, /ο/, /ου/, εφόσον βέβαια η συγκεκριμένη νότα ήταν τραγουδισμένη σε όλα αυτά τα φωνήεντα. Οι τιμές για κάθε ένα φωνήεν, π.χ. το /α/ στη νότα A3 των δραματικών, προέκυψε ως μέσος όρος των μετρήσεων των τριών δραματικών στη συγκεκριμένη νότα και στο συγκεκριμένο φωνήεν, όπως φαίνεται άλλωστε στους πίνακες A2.1, A2.2, A2.3, A2.4, A2.5 του παραρτήματος Α. Νότες που ήταν τραγουδισμένες σε λιγότερα φωνήεντα, η μέση τιμή συχνότητας βιμπράτο προέκυψε από τον αριθμό των φωνηέντων στα οποία είχε τραγουδηθεί. Αυτό έγινε και στην άσκηση και στην άρια [20], [27]. Στη συνέχεια από τους πίνακες αυτούς δημιουργήθηκαν διαγράμματα όπου φαίνονται οι τάσεις των κατηγοριών στην συνολική έκταση των φωνών τους.

Πίνακας 5.8: Μέσες τιμές συχνότητας βιμπράτο δραματικών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέσθηκε κάθε μία νότα της άσκησης.

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ					
ΝΟΤΑ	(Hz)	α	ε	ι	ο	ου	Μ.Ο
A3	220.0	5.53	5.74	4.78	5.62	5.39	5.41
B3	246.9	6.02	6.29	-----	-----	6.29	6.20
C4	261.6	5.36	5.48	5.39	5.43	5.12	5.35
D4	293.7	5.38	5.25	4.95	5.34	5.21	5.22
E4	329.6	5.17	5.17	5.09	5.40	5.19	5.20
F4	349.2	5.88	5.87	5.65	5.93	-----	5.83
G4	392.0	-----	5.45	5.39	5.37	5.41	5.41
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----
B4	493.8	-----	5.50	5.47	5.52	5.35	5.46
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
D5	587.3	5.48	5.59	5.68	5.59	5.63	5.59
E5	659.3	5.41	-----	-----	-----	-----	5.41
F5	698.5	5.52	5.42	5.73	5.56	5.50	5.54
G5	784.0	5.50	5.58	5.63	5.44	5.37	5.50
A5	880.0	5.30	5.26	5.33	5.40	5.30	5.32
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	-----	-----
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
M.O		5.50	5.55	5.37	5.51	5.43	5.50

Πίνακας 5.9: Μέσες τιμές συχνότητας βιμπράτο λυρικών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέσθηκε κάθε μία νότα της άσκησης.

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ		ΛΥΡΙΚΕΣ					
ΝΟΤΑ	(Hz)	α	ε	ι	ο	ου	Μ.Ο
A3	220.0	6.16	5.52	4.70	5.37	5.26	5.40
B3	246.9	5.72	5.59	5.48	5.27	5.54	5.52
C4	261.6	5.17	-----	5.64	6.13	5.56	5.63
D4	293.7	5.65	5.61	5.88	5.84	5.81	5.76
E4	329.6	5.79	6.09	6.06	6.32	5.81	6.01
F4	349.2	5.67	6.19	5.96	5.71	5.75	5.85
G4	392.0	-----	5.56	5.53	5.45	6.46	5.75
A4	440.0	5.56	6.01	6.07	6.06	5.69	5.88
B4	493.8	-----	5.81	5.79	5.72	5.52	5.71
C5	523.3	6.17	6.22	6.41	6.54	6.15	6.30
D5	587.3	5.48	5.80	5.63	5.64	5.57	5.62
E5	659.3	6.36	5.75	5.67	6.20	5.96	5.99
F5	698.5	6.25	5.91	6.04	5.98	5.91	6.02
G5	784.0	6.04	5.94	5.83	6.10	5.92	5.96
A5	880.0	6.07	5.97	5.45	6.09	5.97	5.91
B5	987.7	6.07	5.40	5.67	5.62	6.51	5.85
C6	1046.5	5.65	5.69	5.62	5.45	5.67	5.62
M.O		5.85	5.82	5.73	5.85	5.82	5.81

Πίνακας 5.10: Μέσες τιμές συχνότητας βιμπράτο ελαφριών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέστηκε κάθε μία νότα της άσκησης.

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ		ΕΛΑΦΡΙΕΣ					
ΝΟΤΑ	(Hz)	α	ε	ι	ο	ου	Μ.Ο
A3	220.0	5.81	-----	-----	5.58	5.76	5.71
B3	246.9	5.89	6.12	5.73	6.04	6.33	6.02
C4	261.6	6.22	5.99	6.00	6.11	5.86	6.04
D4	293.7	-----	-----	-----	-----	-----	-----
E4	329.6	6.27	6.10	6.33	5.50	6.10	6.06
F4	349.2	6.10	6.15	5.97	-----	6.66	6.22
G4	392.0	-----	6.52	6.60	6.63	6.29	6.51
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----
B4	493.8	-----	6.64	6.40	6.74	6.42	6.55
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
D5	587.3	6.63	6.29	6.01	6.38	6.21	6.30
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
F5	698.5	6.17	5.79	6.13	6.48	5.49	6.01
G5	784.0	5.62	6.04	5.50	5.49	5.82	5.69
A5	880.0	6.08	6.39	5.93	6.27	5.53	6.04
B5	987.7	5.66	6.26	5.91	6.06	6.15	6.01
C6	1046.5	6.27	6.09	6.18	5.78	6.08	6.08
M.O		6.06	6.20	6.06	6.09	6.05	6.09

Στο τελευταίο κελί κάθε πίνακα, κάτω δεξιά με σκούρο γκρι χρώμα, παίρνουμε μία μέση τιμή για τη συχνότητα του βιμπράτο για κάθε κατηγορία σοπράνο για την άσκηση. Οι τιμές αυτές είναι:

- α) 5.50 Hz για τις δραματικές
- β) 5.81 Hz για τις λυρικές
- γ) 6.09 Hz για τις ελαφριές.

Ακολουθούν οι αντίστοιχοι πίνακες 5.11, 5.12 και 5.13 για τα δείγματα της άριας.

Πίνακας 5.11: Μέσες τιμές συχνότητας βιμπράτο δραματικών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέσθηκε κάθε μία νότα της άριας.

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ					
Νοτα	(Hz)	α	ε	ι	ο	ου	Μ.Ο
F4	349,2	5,84	5,71	-----	-----	-----	5,78
Ab4	415,3	5,78	-----	5,79	5,60	-----	5,72
Bb4	466,2	-----	5,62	-----	-----	-----	5,62
C5	523,3	-----	-----	-----	5,75	-----	5,75
Eb5	622,3	5,60	5,67	-----	5,92	-----	5,73
F5	698,5	-----	-----	5,58	-----	-----	5,58
Ab5	830,6	-----	5,64	-----	-----	5,91	5,78
M.O		5,74	5,66	5,69	5,76	5,91	5,71

Πίνακας 5.12: Μέσες τιμές συχνότητας βιμπράτο λυρικών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέσθηκε κάθε μία νότα της άριας.

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ		ΛΥΡΙΚΕΣ					
Νοτα	(Hz)	α	ε	ι	ο	ου	Μ.Ο
F4	349,2	5,88	5,98	-----	-----	-----	5,93
Ab4	415,3	5,88	-----	6,07	5,99	-----	5,98
Bb4	466,2	-----	5,75	-----	-----	-----	5,75
C5	523,3	-----	-----	-----	5,85	-----	5,85
Eb5	622,3	5,89	5,97	-----	6,41	-----	6,09
F5	698,5	-----	-----	6,03	-----	-----	6,03
Ab5	830,6	-----	5,98	-----	-----	5,93	5,96
M.O		5,88	5,92	6,05	6,08	5,93	5,94

Πίνακας 5.13: Μέσες τιμές συχνότητας βιμπράτο ελαφριών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέστηκε κάθε μία νότα της άριας.

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ		Ε Λ Α Φ Ρ Ι Ε Σ					
Νοτα	(Hz)	α	ε	ι	ο	ου	M.O
F4	349,2	6,52	6,81	-----	-----	-----	6,66
Ab4	415,3	6,44	-----	6,51	6,29	-----	6,41
Bb4	466,2	-----	6,43	-----	-----	-----	6,43
C5	523,3	-----	-----	-----	6,55	-----	6,55
Eb5	622,3	6,28	6,10	-----	6,26	-----	6,21
F5	698,5	-----	-----	6,23	-----	-----	6,23
Ab5	830,6	-----	6,31	-----	-----	6,19	6,25
M.O		6,41	6,41	6,37	6,37	6,19	6,39

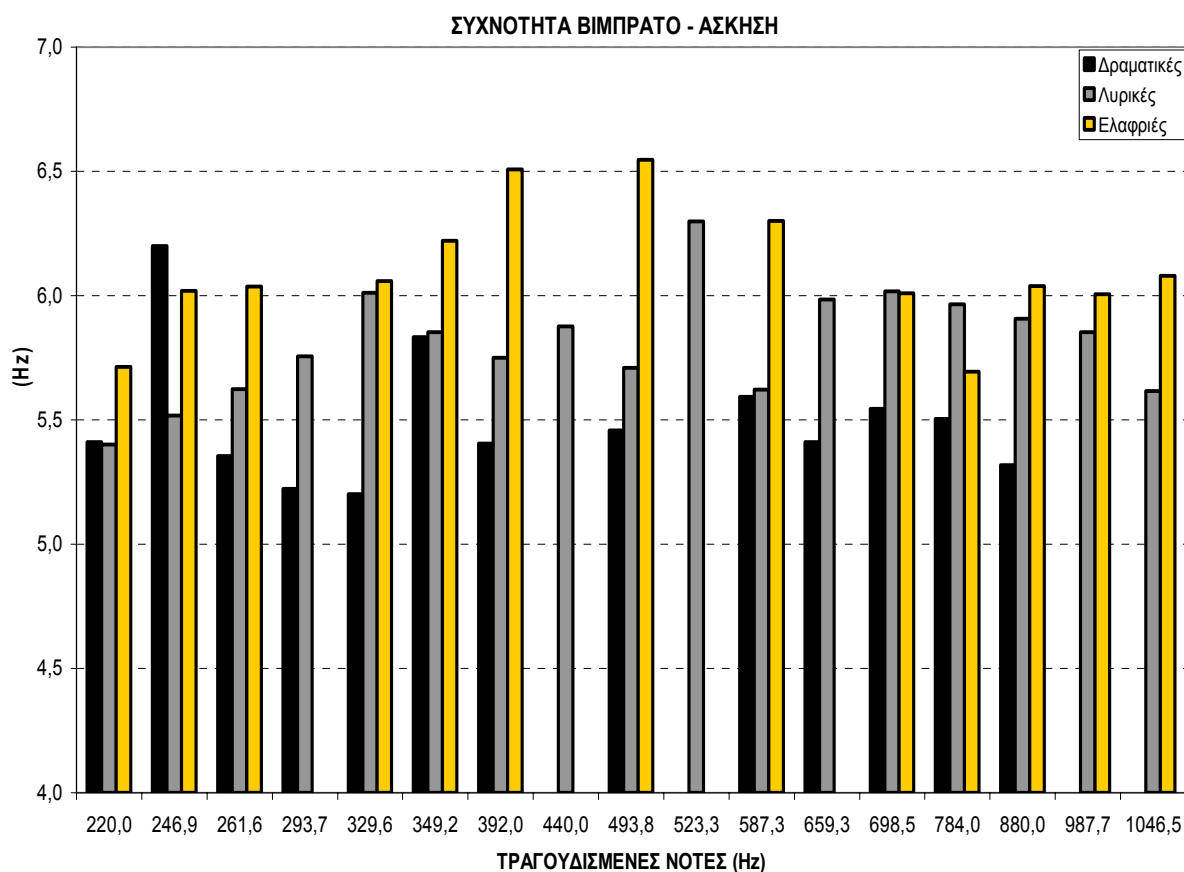
Παρατηρούμε ξανά ότι οι τιμές της συχνότητας του βιμπράτο των δειγμάτων της άριας είναι μεγαλύτερες από τις τιμές των αντίστοιχων πινάκων των δειγμάτων της άσκησης. Είναι φανερή η επίδραση του μουσικού κειμένου στη συχνότητα του βιμπράτο. Διαπιστώνεται η τάση που διαπιστώθηκε και πριν, με μέσες τιμές:

- α) 5.71 Hz για τις δραματικές
- β) 5.94 Hz για τις λυρικές
- γ) 6.39 Hz για τις ελαφριές.

Οι μέσες τιμές της άριας σε σχέση με την άσκηση είναι αυξημένες κατά 0.21 Hz για τις δραματικές, 0.13 Hz για τις λυρικές και 0.39 Hz για τις ελαφριές. Η μεγαλύτερη διαφορά παρουσιάζεται στις ελαφριές, μετά στις δραματικές και τέλος στις λυρικές.

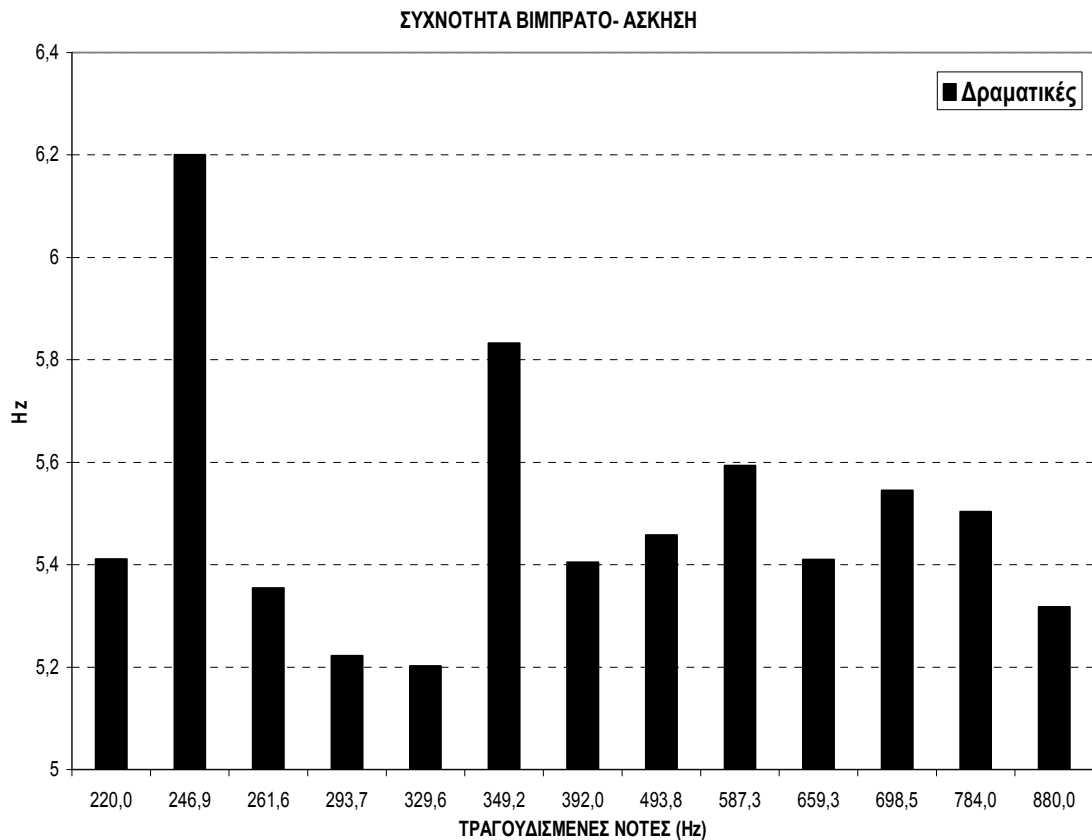
Από τους παραπάνω πίνακες προέκυψαν γραφήματα όπου απεικονίζονται με μορφή μιάς ράβδου για κάθε νότα (οριζόντιος άξονας), οι αντίστοιχες τιμές της συχνότητας του βιμπράτο για κάθε κατηγορία (η τελευταία κάθετη στήλη που έχει

γκρι χρώμα σε κάθε αντίστοιχο πίνακα). Οι τιμές της συχνότητας αντιστοιχούν στο ύψος κάθε μπάρας (κάθετος άξονας σε Hz).



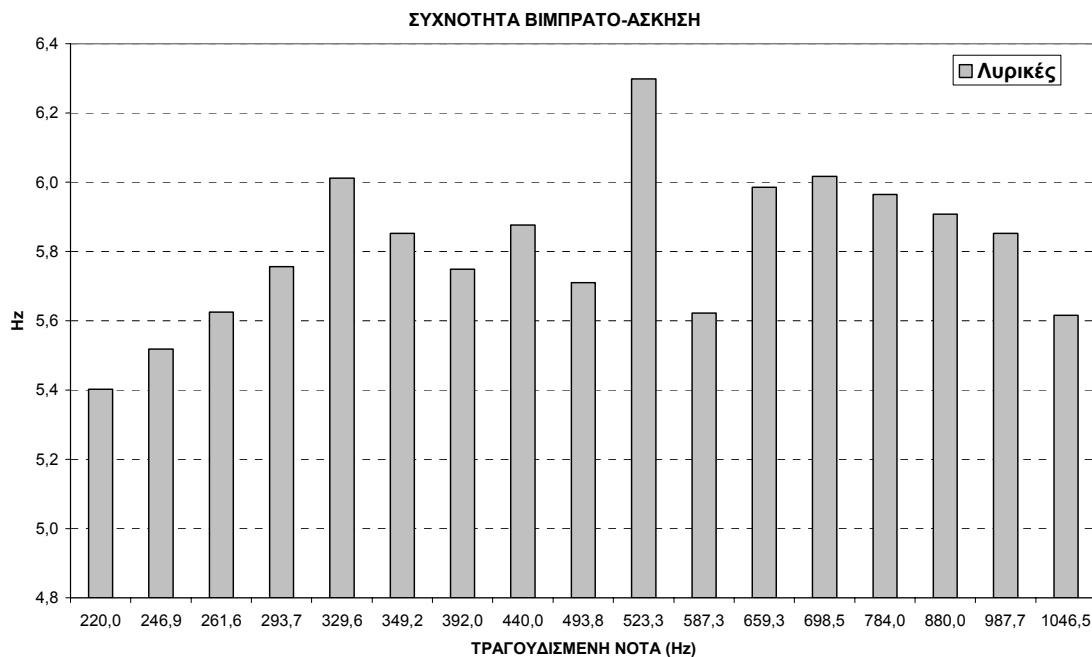
Σχήμα 5.1: Γραφική απεικόνιση μέσω των τιμών συχνότητας βιμπράτο δραματικών, λυρικών και ελαφριών σοπράνο.

Από το Σχήμα 5.1 βλέπουμε ότι την μεγαλύτερη συχνότητα του βιμπράτο, σχεδόν σε όλη την έκταση των νοτών που τραγουδήθηκαν, έχουν οι ελαφριές σοπράνο, τη χαμηλότερη οι δραματικές και στη μέση βρίσκονται οι λυρικές. Στις περισσότερες νότες παρουσιάζεται η τάση αυτή με τη σειρά που προαναφέρθηκε με εξαίρεση την περίπτωση που αντιστοιχεί στη συχνότητα 246.9 Hz όπου οι δραματικές έχουν τη μεγαλύτερη συχνότητα και στις συχνότητες 698.5 και 784 Hz όπου μεγαλύτερη συχνότητα παρουσιάζουν οι λυρικές. Ακολουθούν παρόμοιου είδους διαγράμματα αλλά για κάθε μια κατηγορία ξεχωριστά.



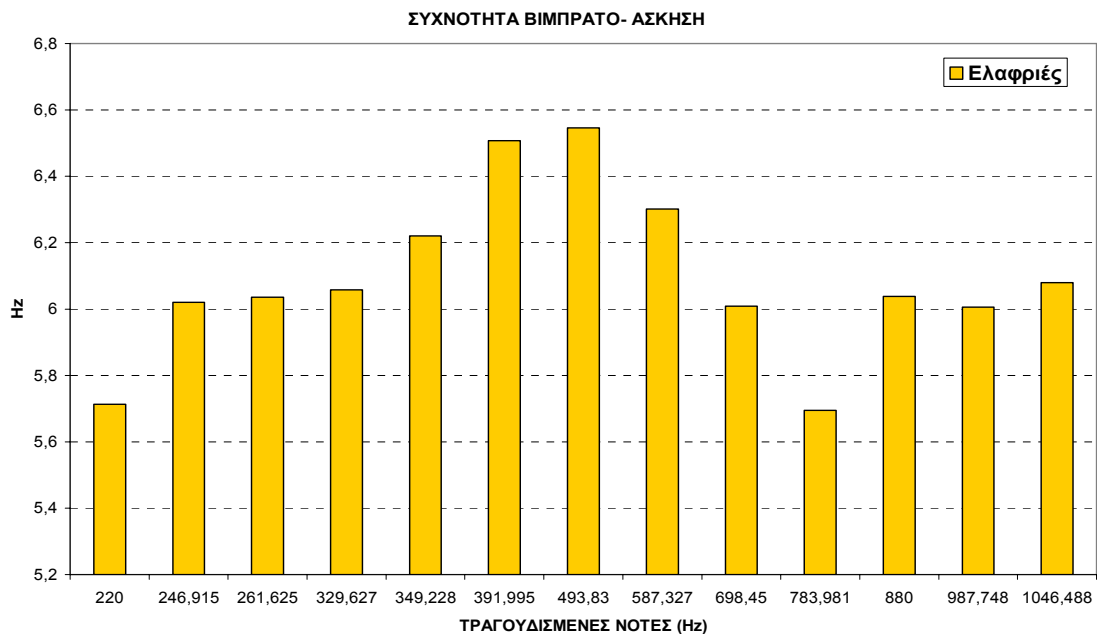
Σχήμα 5.2: Γραφική απεικόνιση μέσω των τιμών συχνότητας βιμπράτο δραματικών σοπράνο

Από το σχήμα 5.2 προκύπτει ότι οι δραματικές παρουσιάζουν τις μέγιστες τιμές για τη συχνότητα του βιμπράτο στις νότες με συχνότητες 493.8 – 698.5 Hz και μεμονωμένα στις νότες με συχνότητες 246.9 και 349.2 Hz. Με άλλα λόγια θα μπορούσαμε να πούμε ότι η συχνότητα του βιμπράτο στις δραματικές σοπράνο φαίνεται να αυξάνεται μεταξύ της μεσαίας και υψηλής περιοχής της έκτασής τους και μεμονωμένα σε κάποιες συχνότητες της χαμηλής περιοχής μεγιστοποιείται.



Σχήμα 5.3: Γραφική απεικόνιση μέσω των τιμών συχνότητας βιμπράτο λυρικών σοπράνο

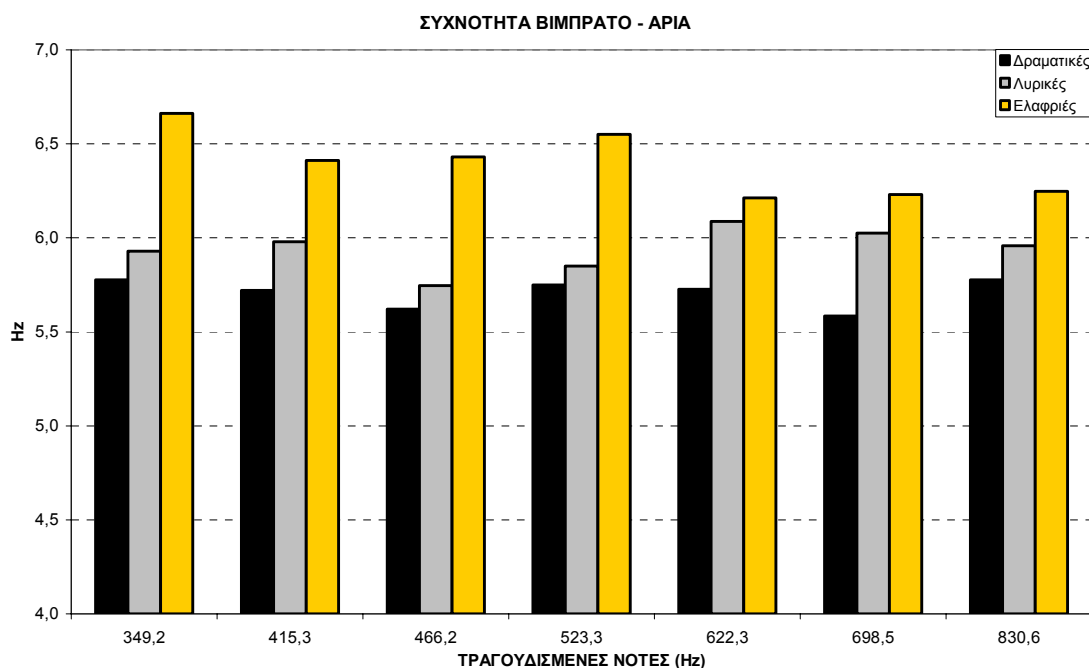
Οι λυρικές όπως φαίνεται από το σχήμα 5.3 παρουσιάζουν δύο περιοχές όπου αυξάνεται η συχνότητα του βιμπράτο. Αυτές είναι μεταξύ της χαμηλής και της μεσαίας περιοχής της έκτασης τους. Μεγιστοποιείται γύρω από την περιοχή των 329.6 Hz, ενώ υπάρχει και μία δεύτερη περιοχή που είναι στην αρχή της υψηλής περιοχής της έκτασης τους δηλαδή γύρω από την περιοχή των 698.5 Hz. Τέλος παρουσιάζει μεμονωμένα τη μέγιστη τιμή στη συχνότητα των 523.3 Hz.



Σχήμα 5.4: Γραφική απεικόνιση μέσω των τιμών συχνότητας βιμπράτο ελαφριών σοπράνο

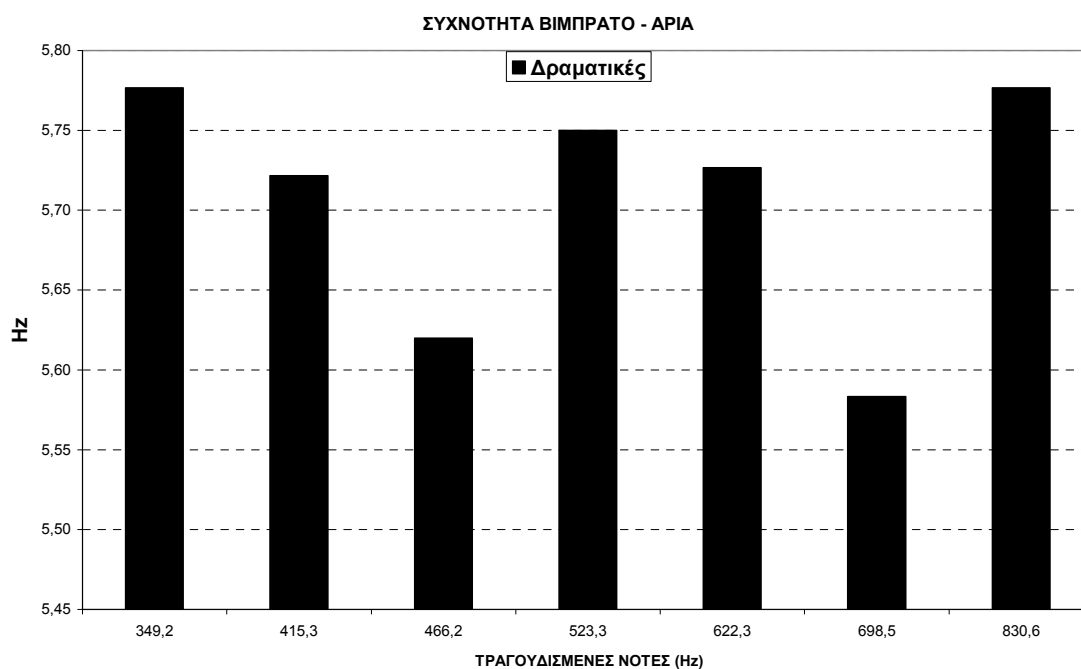
Η συχνότητα του βιμπράτο των ελαφριών αυξάνεται στη μεσαία περιοχή της έκτασης τους όπου παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή (στα 493.8 Hz, βλέπε Σχήμα 5.4). Φαίνεται πως στην υψηλή περιοχή παρουσιάζει μία τάση αύξησης της συχνότητας του βιμπράτο, από τα 880 Hz και πάνω χωρίς όμως να μεγιστοποιείται σε κάποια συχνότητα.

Στο σχήμα 5.5, που αφορά την άρια, παρατηρούμε ότι η τάση της συχνότητας του βιμπράτο παραμένει ίδια, όπως και στην άσκηση και επιπλέον σταθερή (ελαφριές-λυρικές-δραματικές, από τη μεγαλύτερη τιμή προς τη μικρότερη) σε όλες τις νότες μεταξύ των κατηγοριών σοπράνο. Στις 4 πρώτες συχνότητες του γραφήματος οι ελαφριές παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη διαφορά από τις δραματικές και τις ελαφριές ενώ αυτή η διαφορά μικραίνει από τη συχνότητα 622.3 Hz και πάνω. Η διαφορά μεταξύ δραματικών και λυρικών είναι σχεδόν σταθερή για όλες τις νότες με εξαίρεση τις συχνότητες 696.5 και 622.3 Hz, όπου παρουσιάζεται μια μικρή αύξηση.

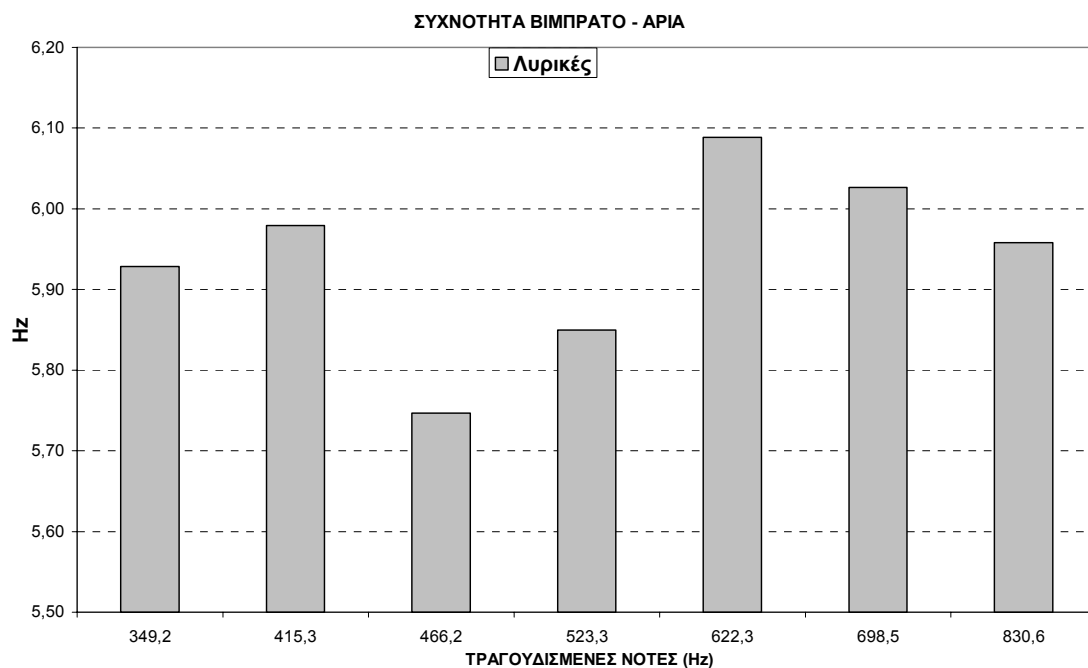


Σχήμα 5.5: Γραφική απεικόνιση μέσω τιμών συχνότητας βιμπράτο δραματικών, λυρικών και ελαφριών σοπράνο (άρια).

Οι δραματικές με τις λυρικές (βλέπε Σχ. 5.6 και 5.7 αντίστοιχα) παρουσιάζουν μία ομοιότητα όσον αφορά τα σημεία που παρουσιάζεται αύξηση της συχνότητας του βιμπράτο. Στη συχνότητα 466.2 Hz παρουσιάζουν τη μικρότερη συχνότητα βιμπράτο, ενώ στις συχνότητες αριστερά και δεξιά από αυτήν παρατηρείται μία αυξητική τάση.

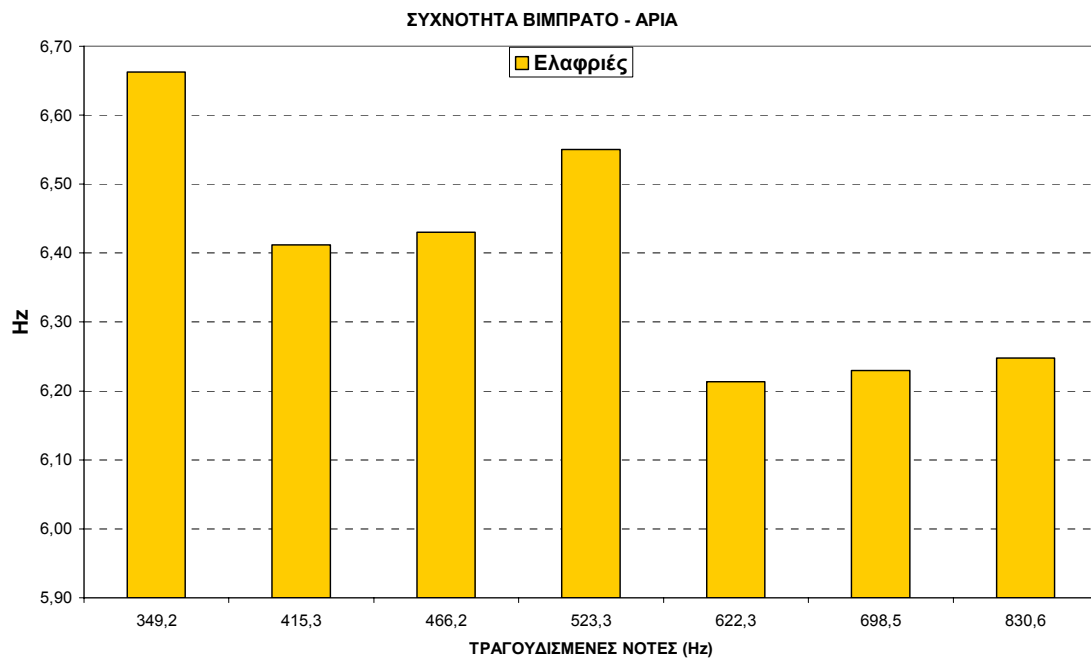


Σχήμα 5.6: Γραφική απεικόνιση μέσω των τιμών συχνότητας βιμπράτο δραματικών σοπράνο (άρια).



Σχήμα 5.7: Γραφική απεικόνιση μέσω των τιμών συχνότητας βιμπράτο λυρικών σοπράνο (άρια).

Αντίθετα οι ελαφριές (βλέπε Σχ. 5.8) παρουσιάζουν τις μέγιστες τιμές στις χαμηλότερες συχνότητες που επιλέχθηκαν από την άρια για ανάλυση με μέγιστη στη συχνότητα 349.2 Hz και τις μικρότερες τιμές στις υψηλότερες τραγουδισμένες συχνότητες.



Σχήμα 5.8: Γραφική απεικόνιση μέσω τιμών συχνότητας βιμπράτο ελαφριών σοπράνο (άρια).

5.2 Επεξεργασία και εκτίμηση αποτελεσμάτων για το εύρος του βιμπράτο

Από τις μετρήσεις φαίνεται ότι οι δραματικές παρουσιάζουν το μεγαλύτερο εύρος του βιμπράτο, ακολουθούν μετά οι λυρικές ενώ οι ελαφριές παρουσιάζουν το μικρότερο. Αυτή η τάση φαίνεται σε όλους τους μέσους όρους για κάθε φωνήεν, κάθε κατηγορίας σοπράνο (βλέπε Πίνακες A2.7, A2.8, A2.9, A2.10, A2.11 του παραρτήματος Α), αλλά και στους μέσους όρους από όλα τα φωνήεντα. Οι ακραίες τιμές που προέκυψαν από τις μετρήσεις είναι:

α) για τις δραματικές η μέγιστη τιμή είναι (+/-) 47.7 cents (2η δραματική, /ο/) και η ελάχιστη (+/-) 5.1 cents (3^η δραματική, /ο/),

β) για τις λυρικές η μέγιστη είναι (+/-) 47.9 cents (1^η λυρική, /α/) και η ελάχιστη (+/-) 5.1 cents (2^η λυρική, /ο/),

γ) για τις ελαφριές η μέγιστη είναι (+/-) 33.9 cents (2^η ελαφριά, /α/) και η ελάχιστη είναι (+/-) 5.5 cents (2^η ελαφριά, /ο/) (βλέπε Πίνακα 5.14).

Πίνακας 5.14: Μέγιστες και ελάχιστες τιμές εύρους βιμπράτο σε (+/-) cents, ανά σοπράνο και ανά φωνήεν.

ΑΣΚΗΣΗ - ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (+/-) cents

	α		ε		ι		ο		ου		M.O.min	M.O.max
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max		
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ												
1η	13.0	32.4	12.7	31.2	14.8	26.6	16.8	32.5	12.4	27.3	13.9	30.0
2η	12.8	34.5	8.6	31.6	10.4	36.5	5.1	31.2	10.4	31.6	9.5	33.1
3η	28.1	45.0	25.0	43.3	22	43.7	23.3	47.7	21.2	39.4	23.9	43.8
M.O	18.0	37.3	15.4	35.4	15.7	35.6	15.1	37.1	14.7	32.8	15.8	35.6
ΛΥΡΙΚΕΣ												
1η	15.9	47.9	5.7	42.8	21.1	45	18.1	45.9	17.6	42.7	15.7	44.9
2η	7.8	20.6	9.5	18.3	9.5	19.0	5.1	15.6	10.3	22.7	8.4	19.2
3η	14.1	38	13.5	35.9	12.9	33.6	14	37.1	14.8	35.8	13.9	36.1
M.O	12.6	35.5	9.6	32.3	14.5	32.5	12.4	32.9	14.2	33.7	12.7	33.4
ΕΛΑΦΡΙΕΣ												
1η	7.0	19.6	6.7	16.8	7.9	12.0	7.0	17.4	5.9	15.1	6.9	16.2

2η	8.2	33.9	7.7	28	10.6	25.4	5.5	27.9	5.6	24.8	7.5	28.0
M.O	7.6	26.8	7.2	22.4	9.25	18.7	6.3	22.7	5.8	20.0	7.2	22.1

Παρατηρούμε ότι οι ελάχιστες τιμές και για τις τρεις κατηγορίες είναι σχεδόν ίδιες, στο ίδιο φωνήεν /ο/ και για τις δραματικές και τις ελαφριές στην ίδια νότα A3 (βλέπε Πίνακα 5.15).

Πίνακας 5.15: Οι νότες στις οποίες παρουσιάστηκαν οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές εύρους βιμπράτο ανά σοπράνο και ανά φωνήεν

	α		ε		ι		ο		ου	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ										
1η	A3	D5	C4	F5	A5	B4	A3	D5	A3	B4
2η	A3-B3	F5	B3	G4	A3	F5	A3	G4	A3	F5
3η	C3	A5	A3	F5	A3	F5	A3	A5	A3	F5
ΛΥΡΙΚΕΣ										
1η	E4	F5	B3	A5	C4	G5	F4	E5	A3	F5
2η	C4	C5	D4	A3	B4	F5	D5	B5	B4-C6	A3
3η	E5	F5	B3	F5	D5	F5	D5	G5	E5	A5
ΕΛΑΦΡΙΕΣ										
1η	A3	C4	A5	F5	A3	D5	A3	C6	E4	B3
2η	A3	F5	G4	F5	A5	B4	A3	B3	A3	B4

Από τους μέσους όρους (βλέπε Πίνακα 5.14), τα εύρη τιμών για κάθε μία κατηγορία είναι:

- α) Δραματικές: +/- 15.8 – 35.6 cents
- β) Λυρικές: +/- 12.7 – 33.4 cents
- γ) Ελαφριές: +/- 7.2 – 22.1 cents.

Οι μέσοι αυτοί όροι δεν μπορούν να αποτελέσουν κριτήριο κατηγοριοποίησης των φωνών, καθώς τα όρια μεταξύ των κατηγοριών είναι πολύ κοντά και παρουσιάζουν μεγάλη επικάλυψη μεταξύ τους. Γενικά οι τιμές του εύρους του βιμπράτο είναι χαμηλές σε σχέση με αυτές που έχουν αναφερθεί σε παλιότερες μελέτες [24], [25]. Ιδιαίτερα τα χαμηλά όρια είναι αυτά που διαφέρουν πολύ. Στο σημείο αυτό πρέπει να διευκρινιστεί ότι ο τρόπος με τον οποίο υπολογίσθηκε το

εύρος του βιμπράτο, μέσω του λογισμικού που αναπτύχθηκε, διαφέρει από τον τρόπο υπολογισμού του εύρους του βιμπράτο με τη μέθοδο του Prame [24], [25]. Η διαφορά είναι ότι στις μελέτες του Prame το εύρος (extent) του βιμπράτο, υπολογίστηκε ως ο μέσος όρος μεταξύ της μέγιστης εκ των μεγίστων τιμών και της ελάχιστης εκ των ελαχίστων τιμών, κατά τη χρονική διάρκεια του κάθε δείγματος (νότας) που αναλύθηκε. Στην παρούσα εργασία η μέθοδος που υλοποιήθηκε μέσω του λογισμικού, ήταν αρχικά να υπολογιστεί κατάλληλα η περιβάλλουσα από τις μέγιστες τιμές του εύρους, όπως αυτές καταγράφηκαν κατά τη χρονική διάρκεια κάθε δείγματος, στην συνέχεια η περιβάλλουσα από τις ελάχιστες τιμές του εύρους και μετά υπολογιζόταν το εύρος του βιμπράτο ως η μέση τιμή της διαφοράς από τις δύο περιβάλλουσες για κάθε χρονική στιγμή. Η μέθοδος υπολογισμού του εύρους του βιμπράτο όπως περιγράφηκε εν συντομία παραπάνω είναι πιο ακριβής και αντικειμενική σε σχέση με αυτήν που εφαρμόστηκε στις μελέτες του Prame και η διαφορά αυτή δικαιολογεί τις αριθμητικές τιμές του εύρους (extent) του βιμπράτο που προέκυψαν. Πάντως η καμπύλη για το εύρος του βιμπράτο, σε σχέση με το χρόνο, που προκύπτει από την παραπάνω μέθοδο, παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με την μορφή της τεθλασμένης καμπύλης (καμπύλη που προκύπτει από ευθύγραμμα τμήματα), της μεθόδου του Prame).

Δεν μπορεί να οριστεί κάποια συγκεκριμένη συχνοτική περιοχή της έκτασης των τραγουδιστριών όπου συμβαίνουν τα μέγιστα και τα ελάχιστα για κάθε κατηγορία αφού αυτά διαφέρουν μεταξύ των τραγουδιστριών που ανήκουν ακόμα και στην ίδια κατηγορία. Σε αρκετές όμως τραγουδίστριες φαίνεται αυτά να συμβαίνουν σε συγκεκριμένες νότες ή συγκεκριμένη περιοχή της έκτασής τους. Μπορούμε να πούμε ότι τα ελάχιστα των δραματικών στα φωνήεντα /ο/ και /ου/ συμβαίνουν στην νότα A3 ενώ τα ελάχιστα των ελαφριών στα φωνήεντα /α/ και /ο/ συμβαίνουν επίσης στη νότα A3.

Από τους μέσους όρους κάθε τραγουδίστριας από όλα τα φωνήεντα, κάποιες φαίνεται να παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες όπως για παράδειγμα η 2^η δραματική έχει πολύ χαμηλό το κάτω όριο +/- 9.5 cents (βλέπε Πίνακα 5.14) και το εύρος τιμών τις ταιριάζει καλύτερα στο εύρος τιμών της κατηγορίας των λυρικών. Επίσης η 2^η λυρική έχει μικρό εύρος τιμών που ταιριάζει καλύτερα με αυτό των ελαφριών. Παρατηρούμε

ότι οι τιμές της συγκεκριμένης τραγουδίστριας κατεβάζουν το μέσο όρο της κατηγορίας των λυρικών. Σε περίπτωση που εξαιρείτο από τις μετρήσεις, οι λυρικές θα είχαν τις μέγιστες τιμές εύρους βιμπράτο, αφού οι τιμές της 1^{ης} και της 3^{ης} λυρικής είναι μεγαλύτερες από αυτές των δραματικών. Από τον πίνακα (βλέπε Πίνακα 5.16) όπου το εύρος είναι εκφρασμένο με τη μορφή λόγου Df/f0 βλέπουμε ότι οι τιμές των δραματικών και των λυρικών είναι αρκετά κοντά με ένα εύρος που κυμαίνεται από μισό έως έναν μουσικό τόνο, ενώ οι τιμές των ελαφριών είναι χαμηλότερες με το εύρος τους να μην ξεπερνάει τον μισό τόνο.

Πίνακας 5.16: Μέγιστες και ελάχιστες τιμές εύρους βιμπράτο σε μορφή λόγου Df/f0, ανά σοπράνο και ανά φωνήεν.

ΑΣΚΗΣΗ - ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (Df/f0)												
	α		ε		ι		ο		ου		M.O.min	M.O.max
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max		
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ												
1η	0.03	0.09	0.03	0.08	0.04	0.07	0.05	0.09	0.03	0.07	0.04	0.08
2η	0.03	0.09	0.02	0.10	0.03	0.10	0.01	0.08	0.03	0.09	0.02	0.09
3η	0.08	0.12	0.07	0.12	0.06	0.12	0.06	0.13	0.06	0.11	0.07	0.12
M.O	0.05	0.10	0.04	0.10	0.04	0.10	0.04	0.10	0.04	0.09	0.04	0.10
ΛΥΡΙΚΕΣ												
1η	0.04	0.13	0.04	0.12	0.06	0.12	0.05	0.13	0.05	0.12	0.05	0.12
2η	0.02	0.06	0.03	0.05	0.03	0.05	0.01	0.04	0.03	0.06	0.02	0.05
3η	0.04	0.10	0.04	0.10	0.03	0.09	0.04	0.10	0.04	0.10	0.04	0.10
M.O	0.03	0.10	0.04	0.09	0.04	0.09	0.03	0.09	0.04	0.09	0.04	0.09
ΕΛΑΦΡΙΕΣ												
1η	0.02	0.05	0.02	0.05	0.02	0.04	0.02	0.05	0.02	0.04	0.02	0.05
2η	0.02	0.09	0.02	0.06	0.03	0.07	0.01	0.07	0.02	0.06	0.02	0.07
M.O	0.02	0.07	0.02	0.06	0.03	0.06	0.02	0.06	0.02	0.05	0.02	0.06

Από τους πίνακες των κοινών νοτών της άσκησης των τραγουδιστριών (βλέπε Πίνακες 5.17 και 5.18), παρατηρείται η ίδια τάση και σχεδόν με τα ίδια νούμερα.

Πίνακας 5.17: Μέγιστες και ελάχιστες τιμές εύρους βιμπράτο σε (+/-) cents, ανά σοπράνο και ανά φωνήεν. (Μόνο κοινές νότες άσκησης).

ΑΣΚΗΣΗ – ΚΟΙΝΕΣ ΝΟΤΕΣ- ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (+/-) cents												
	α		ε		ι		ο		ου			
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	M.O.min	M.O.max
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ												
1η	13.0	32.4	20.7	31.2	23.7	26.6	16.8	32.5	12.4	27.3	17.3	30.0
2η	12.8	34.5	26.1	34.9	28.2	36.5	5.1	31.2	10.4	31.6	16.5	33.7
3η	28.1	45.0	34.2	43.3	23.8	43.7	23.3	47.7	21.2	39.4	26.1	43.8
M.O	18.0	37.3	27.0	36.5	25.2	35.6	15.1	37.1	14.7	32.8	20.0	35.9
ΛΥΡΙΚΕΣ												
1η	21.3	47.9	20.9	42.8	31.1	43.5	21.0	43.6	17.6	42.7	22.4	44.1
2η	11.4	19.7	10.0	16.2	9.5	19.0	5.1	14.3	11.1	22.7	9.4	18.4
3η	16.2	38.0	15.3	35.9	12.9	33.6	14.0	33.1	17.2	35.8	15.1	35.3
M.O	16.3	35.2	15.4	31.6	17.8	32.0	13.4	30.3	15.3	33.7	15.6	32.6
ΕΛΑΦΡΙΕΣ												
1η	7.0	17.3	6.7	16.8	8.5	13.5	7.0	15.9	7.2	13.2	7.3	15.3
2η	8.2	33.9	7.7	28.0	11.6	25.4	5.5	24.1	5.6	24.8	7.7	27.2
M.O	7.6	25.6	7.2	22.4	10.1	19.5	6.3	20.0	6.4	19.0	7.5	21.3

Πίνακας 5.18: Μέγιστες και ελάχιστες τιμές εύρους βιμπράτο σε μορφή λόγου Df/f0, ανά σοπράνο και ανά φωνήεν. (Μόνο κοινές νότες άσκησης).

ΑΣΚΗΣΗ – ΚΟΙΝΕΣ ΝΟΤΕΣ - ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (Df/f0)												
	α		ε		ι		ο		ου			
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	M.O.min	M.O.max
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ												
1η	0.03	0.09	0.06	0.08	0.06	0.07	0.05	0.09	0.03	0.07	0.05	0.08
2η	0.03	0.09	0.07	0.10	0.08	0.10	0.01	0.08	0.03	0.09	0.04	0.09
3η	0.08	0.12	0.09	0.12	0.06	0.12	0.06	0.13	0.06	0.11	0.07	0.12
M.O	0.05	0.10	0.07	0.10	0.07	0.10	0.04	0.10	0.04	0.09	0.05	0.10
ΛΥΡΙΚΕΣ												
1η	0.06	0.13	0.06	0.12	0.08	0.12	0.06	0.12	0.05	0.12	0.06	0.12
2η	0.03	0.05	0.03	0.04	0.03	0.05	0.01	0.04	0.03	0.06	0.03	0.05
3η	0.04	0.10	0.04	0.10	0.03	0.09	0.04	0.09	0.05	0.10	0.04	0.10
M.O	0.04	0.09	0.04	0.09	0.05	0.09	0.04	0.08	0.04	0.09	0.04	0.09
ΕΛΑΦΡΙΕΣ												
1η	0.02	0.05	0.02	0.05	0.02	0.04	0.02	0.05	0.02	0.04	0.02	0.05
2η	0.02	0.09	0.02	0.08	0.03	0.07	0.01	0.07	0.02	0.07	0.02	0.08
M.O	0.02	0.07	0.02	0.07	0.03	0.06	0.02	0.06	0.02	0.06	0.02	0.06

Οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές του εύρους του βιμπράτο από τα δείγματα της άριας όπως προκύπτουν από τον πίνακα 5.19 είναι:

α) Για τις δραματικές +/- 23.0 cents η ελάχιστη (2^η δραματική, /ι/, Fa4-19ο μέτρο) και +/- 60.2 cents η μέγιστη (3^η δραματική, /α/, Eb5-12ο μέτρο).

β) Για τις λυρικές +/- 15.7 cents η ελάχιστη (3^η λυρική, /α/, Ab4-26ο μέτρο) και +/- 55.5 cents η μέγιστη (2^η και 3^η λυρική, /ε/, Eb5-4ο μέτρο και Ab5-23ο μέτρο αντίστοιχα) και

γ) Για τις ελαφριές +/- 16.0 cents η ελάχιστη (2^η ελαφριά, /α/, Ab4-26ο μέτρο) και +/- 43.1 cents η μέγιστη (1^η ελαφριά, /ου/, Ab5-17ο μέτρο).

Πίνακας 5.19: Μέγιστες και ελάχιστες τιμές εύρους βιμπράτο σε (+/-) cents, ανά σοπράνο και ανά φωνήεν. (Άρια)

ΑΡΙΑ - ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (+/-) cents												
	α		ε		ι		ο		ου			
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	M.O.min	M.O.max
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ												
1η	30.2	45.5	37.2	49.3	38.7	40.4	37.5	47.6	-----	-----	35.9	45.7
2η	25.4	45.6	30.8	39.5	23.0	41.4	27.6	38.1	28.5	28.5	27.1	38.6
3η	33.8	60.2	39.9	57.9	35.2	47.2	53.0	57.9	52.8	52.8	42.9	55.2
M.O	29.8	50.4	36.0	48.9	32.3	43.0	39.4	47.9	40.7	40.7	35.3	46.5
ΛΥΡΙΚΕΣ												
1η	18.4	35.3	21.7	36.8	22.8	35.2	27.8	30.8	30.5	30.5	24.2	33.7
2η	30.9	43.7	38.9	55.5	41.5	51.5	37.9	54.3	48.8	48.8	39.6	50.8
3η	15.7	49.6	17.8	55.5	34.7	49.9	24.2	40.4	48.4	48.4	28.2	48.8
M.O	21.7	42.9	26.1	49.3	33.0	45.5	30.0	41.8	42.6	42.6	30.7	44.4
ΕΛΑΦΡΙΕΣ												
1η	33.1	40.7	28.2	41.0	33.0	38.0	40.6	54.6	43.1	43.1	35.6	43.5
2η	16.0	39.1	16.6	42.2	25.0	33.1	27.4	41.9	30.5	30.5	23.1	37.4
M.O	24.6	39.9	22.4	41.6	29.0	35.6	34.0	48.3	36.8	36.8	29.4	40.4

Οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές κάθε μίας τραγουδίστριας παρατηρούμε ότι ως επί το πλείστον απαντώνται στις ίδιες σχεδόν νότες ανά φωνήεν (βλέπε Πίνακα 5.20), κάτι που δεν συμβαίνει στα δείγματα της άσκησης. Βέβαια τα δείγματα της άριας είναι πολύ λιγότερα, από αυτά της άσκησης. Συγκεκριμένα στο φωνήεν /α/ οι ελάχιστες τιμές του εύρους του βιμπράτο απαντώνται στη νότα Ab4 στο 26ο μέτρο, για όλες τις τραγουδίστριες με εξαίρεση την 1^η δραματική και οι μέγιστες στη νότα Eb5 στο 12^ο μέτρο. Το ίδιο συμβαίνει για το φωνήεν /ι/, όπου οι ελάχιστες τιμές απαντώνται στη νότα F4 στο 19^ο μέτρο, ενώ οι μέγιστες τιμές στη νότα Ab4 στο 9^ο μέτρο.

Εξαίρεση αποτελούν η 3^η λυρική και η 2^η ελαφριά τραγουδίστρια. Οι νότες στις οποίες αντιστοιχούν οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές εύρους του βιμπράτο για τα φωνήεντα /ε/ και /ο/ διαφέρουν μεταξύ των τριών κατηγοριών. Έτσι προκύπτει ότι για το φωνήεν /ε/ οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται για τις δραματικές και τις ελαφριές στη νότα F4 στο 25^ο μέτρο και για τις λυρικές στη νότα Bb4 στο 8^ο μέτρο ενώ οι μέγιστες στη νότα Eb5 στο 14^ο μέτρο για τις δραματικές και στο 4^ο μέτρο για τις λυρικές. Οι ελαφριές παρουσιάζουν σε ξεχωριστές νότες τις μέγιστες τιμές. Κατ' ανάλογο τρόπο φαίνεται ότι για το φωνήεν /ο/ οι ελάχιστες τιμές για τις δραματικές παρατηρούνται στη νότα C5 στο 14^ο μέτρο, για τις ελαφριές στη νότα Ab4 στο 6^ο μέτρο.

Οι μέγιστες τιμές για τις δραματικές παρατηρούνται στη νότα Ab4 στο 6^ο μέτρο και για τις ελαφριές στη νότα Eb5 στο 4^ο μέτρο. Οι λυρικές παρουσιάζουν τόσο τις ελάχιστες όσο και τις μέγιστες τιμές σε διαφορετικές νότες, όπως φαίνεται από τον πίνακα. Η μέγιστη διαφορά μεταξύ ελάχιστης και μέγιστης μέσης τιμής παρουσιάστηκε στην 3^η λυρική τραγουδίστρια στο φωνήεν /ε/ και είναι (+/-) 37.7 cents και η μικρότερη στην 3^η δραματική στο φωνήεν /ο/ και είναι μόλις (+/-) 4.9 cents.

Πίνακας 5.20: Οι νότες στις οποίες παρουσιάστηκαν οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές εύρους βιμπράτο ανά σοπράνο και ανά φωνήεν. (Άρια)

ΑΡΙΑ - ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (+/-) cents

	Α		Ε		Ι		Ο		ΟΥ	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ										
1η	F4-2o	Eb5-12o	F4-25o	Ab5-23o	F4-19o	Ab4-9o	Ab4-6o	C5-14o	Ab5-17o	Ab5-17o
2η	Ab4-26o	F4-2o	Bb4-8o	Eb5-14o	F4-19o	Ab4-9o	C5-14o	Ab4-6o	Ab5-17o	Ab5-17o
3η	Ab4-26o	Eb5-12o	F4-25o	Eb5-14o	F4-19o	Ab4-9o	C5-14o	Ab4-6o	Ab5-17o	Ab5-17o
ΛΥΡΙΚΕΣ										
1η	Ab4-26o	F4-2o	Ab5-23o	Eb5-4o	F4-19o	Ab4-9o	Eb5-4o	Ab4-6o	Ab5-17o	Ab5-17o
2η	Ab4-26o	Eb5-24o	Bb4-8o	Eb5-4o	F4-19o	Ab4-9o	C5-14o	Eb5-4o	Ab5-17o	Ab5-17o
3η	Ab4-26o	Eb5-12o	Bb4-8o	Ab5-23o	Ab4-9o	Fa4-19o	Ab4-6o	C5-14o	Ab5-17o	Ab5-17o
ΕΛΑΦΡΙΕΣ										
1η	Ab4-26o	Eb5-12o	F4-25o	Ab5-23o	F4-19o	Ab4-9o	Ab4-6o	Eb5-4o	Ab5-17o	Ab5-17o
2η	Ab4-26o	Eb5-12o	F4-25o	Eb5-4o	Ab4-9o	Fa4-19o	Ab4-6o	Eb5-4o	Ab5-17o	Ab5-17o

Από τους μέσους όρους προκύπτουν τα εξής όρια τιμών για το εύρος του βιμπράτο ανά κατηγορία σε (+/-) cents:

- α) Δραματικές 35.3 – 46.5 cents,
- β) Λυρικές 30.7 – 44.4 cents
- γ) Ελαφριές 29.4 – 40.4 cents.

Από τον πίνακα όπου το εύρος του βιμπράτο είναι εκφρασμένο με τη μορφή του λόγου Df/f0 (βλέπε Πίνακα 5.21) τα όρια ανά κατηγορία είναι:

- α) Δραματικές 0.10 – 0.13,
- β) Λυρικές 0.08 – 0.12

γ) Ελαφριές 0.08 – 0.11.

Πίνακας 5.21: Μέγιστες και ελάχιστες τιμές εύρους βιμπράτο σε μορφή λόγου Df/f0, ανά σοπράνο και ανά φωνήεν. (Άρια)

ΑΡΙΑ - ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (Df/f0)												
	α		ε		ι		ο		ου		M.O.min	M.O.max
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max		
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ												
1η	0.08	0.12	0.10	0.14	0.11	0.11	0.10	0.13	-----	-----	0.10	0.13
2η	0.07	0.13	0.08	0.11	0.06	0.11	0.15	0.16	0.08	0.08	0.09	0.12
3η	0.09	0.17	0.11	0.16	0.10	0.13	0.07	0.10	0.15	0.15	0.10	0.14
M.O	0.08	0.14	0.10	0.14	0.09	0.12	0.11	0.13	0.12	0.12	0.10	0.13
ΛΥΡΙΚΕΣ												
1η	0.05	0.10	0.06	0.10	0.06	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.09
2η	0.08	0.12	0.11	0.15	0.11	0.14	0.10	0.15	0.13	0.13	0.11	0.14
3η	0.04	0.14	0.05	0.15	0.09	0.14	0.07	0.11	0.13	0.13	0.08	0.13
M.O	0.06	0.12	0.07	0.13	0.09	0.13	0.08	0.11	0.11	0.11	0.08	0.12
ΕΛΑΦΡΙΕΣ												
1η	0.09	0.11	0.08	0.11	0.09	0.10	0.11	0.15	0.12	0.12	0.10	0.12
2η	0.04	0.11	0.04	0.12	0.07	0.09	0.07	0.11	0.08	0.08	0.06	0.10
M.O	0.07	0.11	0.06	0.12	0.08	0.10	0.09	0.13	0.10	0.10	0.08	0.11

Τα όρια αυτά δεν μπορούν να αποτελέσουν κριτήριο κατηγοριοποίησης μίας φωνής σοπράνο, όπως συνέβη αντίστοιχα και με τη συχνότητα του βιμπράτο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η 2^η δραματική σοπράνο όπου οι μέσες τιμές των ορίων της είναι 27.1 – 38.6 cents, τιμές που ταιριάζουν ακόμα και με τα όρια της κατηγορίας των ελαφριών σοπράνο (29.4- 40.4 cents).

Παρατηρούμε ότι και στα δείγματα της άριας, όπως και στα δείγματα της άσκησης παραπάνω, οι δραματικές παρουσιάζουν το μεγαλύτερο εύρος βιμπράτο, ακολουθούν οι λυρικές και τέλος οι ελαφριές με το μικρότερο από τις τρεις κατηγορίες.

Ακολουθούν συνοπτικοί πίνακες με τους μέσους όρους των ελαχίστων, μεγίστων τιμών και τα εύρη τιμών του εύρους του βιμπράτο ανά κατηγορία σοπράνο των δειγμάτων της άσκησης και της άριας σε (+/-) cents (βλέπε Πίνακα 5.22) και σε μορφή λόγου Df/f0 (βλέπε Πίνακα 5.23).

Πίνακας 5.22: Συνοπτικός πίνακας μεγίστων, ελαχίστων και εύρη τιμών του εύρους του βιμπράτο από τα δείγματα της άσκησης και της άριας σε (+/-) cents.

ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ	ΑΣΚΗΣΗ ΟΛΕΣ ΟΙ ΝΟΤΕΣ		ΑΣΚΗΣΗ ΚΟΙΝΕΣ ΝΟΤΕΣ		ΑΡΙΑ	
	min-max	Εύρος	min-max	Εύρος	min-max	Εύρος
ΕΥΡΟΣ (+/-)cents						
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ	15.8 - 35.6	19.8	20.0 - 35.9	15.9	35.3 - 46.5	11.2
ΛΥΡΙΚΕΣ	12.7 - 33.4	20.7	15.6 - 32.6	17.0	30.7 - 44.4	13.7
ΕΛΑΦΡΙΕΣ	7.2 - 22.1	14.9	7.5 - 21.3	13.8	29.4 - 40.4	11.0

Πίνακας 5.23: Συνοπτικός πίνακας μεγίστων, ελαχίστων και εύρη τιμών του εύρους του βιμπράτο από τα δείγματα της άσκησης και της άριας σε μορφή λόγου $Df/f0$.

ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ	ΑΣΚΗΣΗ ΟΛΕΣ ΟΙ ΝΟΤΕΣ		ΑΣΚΗΣΗ ΚΟΙΝΕΣ ΝΟΤΕΣ		ΑΡΙΑ	
	Min - max	Εύρος	Min - max	Εύρος	min-max	Εύρος
ΕΥΡΟΣ ($Df/f0$)						
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ	0.04 - 0.10	0.06	0.05 - 0.10	0.05	0.10 - 0.13	0.03
ΛΥΡΙΚΕΣ	0.04 - 0.09	0.05	0.04 - 0.09	0.05	0.08 - 0.12	0.04
ΕΛΑΦΡΙΕΣ	0.02 - 0.06	0.04	0.02 - 0.06	0.04	0.08 - 0.11	0.03

Σε σύγκριση με τα αποτελέσματα των δειγμάτων της άσκησης, οι τιμές του εύρους των δειγμάτων της άριας είναι κατά πολύ μεγαλύτερες (βλέπε Πίνακες 5.22 και 5.23). Οι διαφορές είναι αξιοσημείωτες αφού το εύρος στην άρια φαίνεται να διπλασιάζεται ή ακόμα και να τετραπλασιάζεται όπως παρατηρείται στην κατηγορία των ελαφριών σοπράνο. Στις δραματικές και στις λυρικές σοπράνο οι μέγιστες μέσες τιμές του εύρους του βιμπράτο των δειγμάτων της άσκησης είναι ίσες με τις ελάχιστες μέσες τιμές του εύρους του βιμπράτο των δειγμάτων της άριας. Επίσης το εύρος μεταξύ ελαχίστων και μεγίστων μέσων τιμών είναι μικρότερο στα δείγματα της άριας (λιγότερο από μισό τόνο) από ότι στα δείγματα της άσκησης (σχεδόν μισό τόνο). Σημαντική διαφορά παρουσιάζουν τα δείγματα των ελαφριών όπου στην άσκηση φαίνεται το εύρος του βιμπράτο να μην υπερβαίνει τον μισό τόνο ενώ στην άρια να κυμαίνεται από λίγο παραπάνω από το μισό τόνο, μέχρι σχεδόν έναν ολόκληρο τόνο.

Είναι συνεπώς φανερή η επίδραση του μουσικού κειμένου στον τρόπο με τον οποίο εκτελούν οι τραγουδίστριες το βιμπράτο και το πώς επηρεάζεται το εύρος του, όταν το βιμπράτο χρησιμοποιείται περισσότερο για χάριν ερμηνείας και όχι σαν μία τεχνική όπως γίνεται στην άσκηση χωρίς μουσικότητα.

Κατά την επεξεργασία των μετρήσεων δημιουργήθηκαν πίνακες στους οποίους φαίνεται η συμπεριφορά των τραγουδιστριών (ως κατηγορίες) σε όλη την έκτασή τους. Στους πίνακες αυτούς υπολογίζονται μέσες τιμές από όλα τα φωνήεντα για κάθε μία νότα της έκτασής τους σε cents (βλέπε Πίνακες 5.24, 5.25, 5.26) και σε μορφή λόγου $Df/f0$ (βλέπε Πίνακες 5.27, 5.28, 5.29) για τα δείγματα της άσκησης.

Για παράδειγμα υπολογίστηκε για τη νότα A3 μία μέση τιμή εύρους βιμπράτο από όλα τα φωνήεντα /α/, /ε/, /ι/, /ο/, /ου/, εφόσον βέβαια η συγκεκριμένη νότα ήταν τραγουδισμένη σε όλα αυτά τα φωνήεντα. Οι τιμές για κάθε ένα φωνήεν, π.χ. το /α/ στη νότα A3 των δραματικών, προέκυψε ως μέσος όρος των μετρήσεων των τριών δραματικών στη συγκεκριμένη νότα και στο συγκεκριμένο φωνήεν, όπως φαίνεται άλλωστε στους πίνακες A2.7, A2.8, A2.9, A2.10, A2.11 σε cents και A2.13, A2.14, A2.15, A2.16, A2.17 σε μορφή λόγου $Df/f0$ για τα δείγματα της άσκησης στο παράρτημα A2.

Νότες που ήταν τραγουδισμένες σε λιγότερα φωνήεντα, η μέση τιμή συχνότητας βιμπράτο προέκυψε από τον αριθμό των φωνηέντων στα οποία είχε τραγουδηθεί. Αυτό έγινε και στην άσκηση και στην άρια. Στη συνέχεια από τους πίνακες αυτούς δημιουργήθηκαν διαγράμματα όπου φαίνονται οι τάσεις των κατηγοριών στη συνολική έκταση των φωνών τους.

Πίνακας 5.24: Μέσες τιμές εύρους βιμπράτο δραματικών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέστηκε κάθε μία νότα της άσκησης (+/- cents).

ΑΣΚΗΣΗ - ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (+/-)cents

NOTA	Hz	Δ Ρ Α Μ Α Τ Ι Κ Ε Σ					
		α	ε	ι	ο	ου	Μ.Ο
A3	220.0	18.0	18.0	17.0	15.1	14.7	16.6
B3	246.9	12.8	8.6	-----	-----	16.3	12.6
C4	261.6	23.4	20.7	22.4	17.8	22.2	21.3
D4	293.7	28.8	32.3	26.0	30.3	25.8	28.6
E4	329.6	27.4	27.1	29.5	34.9	28.5	29.5
F4	349.2	20.0	22.6	26.1	17.9		21.7
G4	392.0	-----	31.0	28.0	25.6	23.6	27.1
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----
B4	493.8	-----	30.0	30.7	29.3	27.2	29.3
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
D5	587.3	32.9	30.9	30.5	30.6	27.2	30.4
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
F5	698.5	31.0	35.2	32.7	29.1	30.2	31.6
G5	784.0	31.1	34.0	32.3	35.8	29.6	32.5
A5	880.0	30.1	29.8	26.5	33.6	28.2	29.6
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	-----	-----
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
M.O		25.5	26.7	27.4	27.3	24.8	25.9

Πίνακας 5.25: Μέσες τιμές εύρους βιμπράτο λυρικών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέσθηκε κάθε μία νότα της άσκησης (+/- cents).

ΑΣΚΗΣΗ - ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (+/-)cents

NOTA	Hz	Λ Υ Ρ Ι Κ Ε Σ					
		α	ε	ι	ο	ου	M.O
A3	220.0	20.4	18.3	15.3	20.1	19.7	18.8
B3	246.9	15.0	10.6	15.9	24.6	17.6	16.7
C4	261.6	9.4	-----	17.5	25.7	19.4	18.0
D4	293.7	17.1	12.3	17.5	17.8	20.9	17.1
E4	329.6	15.1	18.1	17.6	17.8	16.4	17.0
F4	349.2	15.2	18.5	19.4	15.3	17.8	17.2
G4	392.0	-----	16.0	21.0	16.4	19.2	18.2
A4	440.0	20.9	20.1	18.2	19.4	20.5	19.8
B4	493.8	-----	20.2	23.1	24.7	22.3	22.6
C5	523.3	29.0	22.6	27.0	36.1	34.2	29.8
D5	587.3	23.3	23.7	19.8	20.9	22.3	22.0
E5	659.3	17.1	21.0	24.9	24.0	20.7	21.5
F5	698.5	32.4	28.7	32.0	27.7	29.5	30.1
G5	784.0	30.4	27.5	28.9	30.3	24.4	28.3
A5	880	27.5	27.5	22.3	27.9	29.9	27.0
B5	987.7	30.4	23.3	15.8	15.6	24.1	21.8
C6	1046.5	10.1	13.3	18.5	11.6	10.5	12.8
M.O		20.9	20.1	20.9	22.1	21.7	21.1

Πίνακας 5.26: Μέσες τιμές εύρους βιμπράτο ελαφριών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέστηκε κάθε μία νότα της άσκησης (+/- cents).

ΑΣΚΗΣΗ - ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (+/-)cents							
ΝΟΤΑ	Hz	Ε Λ Α Φ Ρ Ι Ε Σ					
		α	ε	ι	ο	ου	Μ.Ο
A3	220.0	7.6	-----	-----	6.3	6.4	6.8
B3	246.9	15.8	11.4	10.5	22.4	15.1	15.0
C4	261.6	15.8	13.0	10.1	7.7	12.2	11.7
D4	293.7	-----	-----	-----	-----	-----	-----
E4	329.6	15.9	13.5	13.4	8.4	5.9	11.4
F4	349.2	11.7	9.9	10.4	-----	10.3	10.6
G4	392.0	-----	10.3	10.1	9.4	15.1	11.2
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----
B4	493.8	-----	17.8	18.7	18.4	18.1	18.2
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
D5	587.3	21.8	19.1	18.8	16.1	12.8	17.7
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
F5	698.5	22.8	22.4	17.8	18.2	16.3	19.5
G5	784.0	19.3	22.3	11.9	19.4	21.8	18.9
A5	880	11.0	8.5	9.3	14.7	9.3	10.6
B5	987.7	12.2	15.5	12.0	15.2	11.6	13.3
C6	1046.5	14.8	14.0	9.0	17.4	14.2	13.9
M.O		15.3	14.8	12.7	14.5	13.0	13.8

Πίνακας 5.27: Μέσες τιμές εύρους βιμπράτο δραματικών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέστηκε κάθε μία νότα της άσκησης (Df/f_0).

ΑΣΚΗΣΗ - ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ Df/f_0							
ΝΟΤΑ	Hz	Δ Ρ Α Μ Α Τ Ι Κ Ε Σ					
		α	ε	ι	ο	ου	Μ.Ο
A3	220.0	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
B3	246.9	0.03	0.02	-----	-----	0.04	0.03
C4	261.6	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06
D4	293.7	0.08	0.09	0.07	0.08	0.07	0.08
E4	329.6	0.07	0.08	0.08	0.10	0.08	0.08
F4	349.2	0.05	0.06	0.07	0.05	-----	0.06
G4	392.0	-----	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----
B4	493.8	-----	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
D5	587.3	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.08
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
F5	698.5	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08
G5	784.0	0.08	0.10	0.09	0.10	0.08	0.09
A5	880	0.08	0.08	0.07	0.09	0.08	0.08
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	-----	-----
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
M.O		0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07

Πίνακας 5.28: Μέσες τιμές εύρους βιμπράτο λυρικών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέστηκε κάθε μία νότα της άσκησης (Df/f_0).

ΑΣΚΗΣΗ - ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ Df/f_0

ΝΟΤΑ	Hz	Λ Υ Ρ Ι Κ Ε Σ					
		α	ε	ι	ο	ου	Μ.Ο
A3	220.0	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05
B3	246.9	0.04	0.04	0.04	0.07	0.05	0.05
C4	261.6	0.03	-----	0.05	0.07	0.05	0.05
D4	293.7	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05
E4	329.6	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
F4	349.2	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05
G4	392.0	-----	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05
A4	440.0	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06
B4	493.8	-----	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06
C5	523.3	0.08	0.06	0.07	0.10	0.09	0.08
D5	587.3	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06
E5	659.3	0.05	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06
F5	698.5	0.09	0.08	0.09	0.07	0.08	0.08
G5	784.0	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08
A5	880.0	0.07	0.08	0.06	0.08	0.08	0.07
B5	987.7	0.08	0.06	0.04	0.04	0.07	0.06
C6	1046.5	0.03	0.04	0.05	0.03	0.03	0.04
M.O		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06

Πίνακας 5.29: Μέσες τιμές εύρους βιμπράτο ελαφριών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέστηκε κάθε μία νότα της άσκησης (Df/f_0).

ΑΣΚΗΣΗ - ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ Df/f_0							
		Ε Λ Α Φ Ρ Ι Ε Σ					
ΝΟΤΑ	Hz	α	ε	ι	ο	ου	Μ.Ο
A3	220.0	0.02	-----	-----	0.02	0.02	0.02
B3	246.9	0.04	0.03	0.03	0.07	0.04	0.04
C4	261.6	0.04	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03
D4	293.7	-----	-----	-----	-----	-----	-----
E4	329.6	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.03
F4	349.2	0.03	0.03	0.03	-----	0.03	0.03
G4	392.0	-----	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----
B4	493.8	-----	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
D5	587.3	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
F5	698.5	0.06	0.07	0.05	0.05	0.05	0.06
G5	784.0	0.05	0.06	0.03	0.05	0.06	0.05
A5	880	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
B5	987.7	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03
C6	1046.5	0.04	0.04	0.02	0.05	0.04	0.04
M.O		0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04

Κατ' ανάλογο τρόπο στους πίνακες που ακολουθούν υπολογίζονται οι μέσες τιμές από όλα τα φωνήεντα για κάθε μία νότα της έκτασής τους σε cents (βλέπε Πίνακες 5.30, 5.31, 5.32) και σε μορφή λόγου Df/f_0 (βλέπε Πίνακες 5.33, 5.34, 5.35) για τα δείγματα της άριας από τα αποτελέσματα των μετρήσεων των πινάκων A2.12 σε cents και A2.18 σε μορφή λόγου Df/f_0 για τα δείγματα της άριας στο παράρτημα A2.

Πίνακας 5.30: Μέσες τιμές εύρους βιμπράτο δραματικών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέστηκε κάθε μία νότα της άριας (+/- cents).

ΑΡΙΑ – ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (+/-) cents							
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ							
ΝΟΤΑ	Hz	α	ε	ι	ο	ου	M.O
F4	349.2	40.0	37.6	-----	-----	-----	38.8
Ab4	415.3	35.1	-----	43.0	44.5	-----	40.9
Bb4	466.2	-----	44.8	-----	-----	-----	44.8
C5	523.3	-----	-----	-----	42.7	-----	42.7
Eb5	622.3	41.7	44.87	-----	41.9	-----	41.8
F5	698.5	-----	-----	32.3	-----	-----	32.3
Ab5	830.6	-----	43.9	-----	-----	40.7	42.3
M.O		38.9	42.1	37.7	43.0	40.7	40.5

Πίνακας 5.31: Μέσες τιμές εύρους βιμπράτο λυρικών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέστηκε κάθε μία νότα της άριας (+/- cents).

ΑΡΙΑ – ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (+/-) cents							
ΛΥΡΙΚΕΣ							
ΝΟΤΑ	Hz	α	ε	ι	ο	ου	M.O
F4	349.2	35.5	32.1	-----	-----	-----	33.8
Ab4	415.3	27.4	-----	40.5	32.2	-----	33.4
Bb4	466.2	-----	28.7	-----	-----	-----	28.7
C5	523.3	-----	-----	-----	36.1	-----	36.1
Eb5	622.3	38.1	44.4	-----	39.6	-----	40.7
F5	698.5	-----	-----	38.1	-----	-----	38.1
Ab5	830.6	-----	40.3	-----	-----	42.6	41.4
M.O		33.7	36.4	39.3	36.0	42.6	36.0

Πίνακας 5.32: Μέσες τιμές εύρους βιμπράτο ελαφριών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέστηκε κάθε μία νότα της άσκησης (+/- cents).

ΑΡΙΑ – ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (+/-) cents

ΝΟΤΑ	Hz	Ε Λ Α Φ Ρ Ι Ε Σ					
		α	ε	ι	ο	ου	Μ.Ο
F4	349.2	28.0	22.4	-----	-----	-----	25.3
Ab4	415.3	29.0	-----	31.5	34.0	-----	31.5
Bb4	466.2	-----	30.7	-----	-----	-----	30.7
C5	523.3	-----	-----	-----	39.3	-----	39.3
Eb5	622.3	39.0	35.0	-----	48.3	-----	40.6
F5	698.5	-----	-----	33.1	-----	-----	33.1
Ab5	830.6	-----	32.0	-----	-----	36.8	34.4
M.O		31.8	30.0	32.3	40.5	36.8	33.5

Πίνακας 5.33: Μέσες τιμές εύρους βιμπράτο δραματικών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέστηκε κάθε μία νότα της άριας (Df/f0).

ΑΡΙΑ – ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ Df/f0

ΝΟΤΑ	Hz	Δ Ρ Α Μ Α Τ Ι Κ Ε Σ					
		α	ε	ι	ο	ου	Μ.Ο
F4	349.2	0.11	0.10	-----	-----	-----	0.11
Ab4	415.3	0.10	-----	0.12	0.12	-----	0.11
Bb4	466.2	-----	0.12	-----	-----	-----	0.12
C5	523.3	-----	-----	-----	0.12	-----	0.12
Eb5	622.3	0.12	0.13	-----	0.12	-----	0.12
F5	698.5	-----	-----	0.09	-----	-----	0.09
Ab5	830.6	-----	0.12	-----	-----	0.12	0.12
M.O		0.11	0.12	0.10	0.12	0.12	0.11

Πίνακας 5.34: Μέσες τιμές εύρους βιμπράτο λυρικών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέστηκε κάθε μία νότα της άριας (Df/f0).

ΑΡΙΑ – ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ Df/f0

		Λ Υ Ρ Ι Κ Ε Σ					
		α	ε	ι	ο	ου	M.O
F4	349.2	0.10	0.09	-----	-----	-----	0.09
Ab4	415.3	0.08	-----	0.11	0.09	-----	0.09
Bb4	466.2	-----	0.08	-----	-----	-----	0.08
C5	523.3	-----	-----	-----	0.10	-----	0.10
Eb5	622.3	0.10	0.12	-----	0.11	-----	0.11
F5	698.5	-----	-----	0.10	-----	-----	0.10
Ab5	830.6	-----	0.11	-----	-----	0.11	0.11
M.O		0.09	0.10	0.11	0.10	0.11	0.10

Πίνακας 5.35: Μέσες τιμές εύρους βιμπράτο ελαφριών σοπράνο υπολογισμένες από το πλήθος των φωνηέντων στα οποία εκτελέστηκε κάθε μία νότα της άριας (Df/f0).

ΑΡΙΑ – ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ Df/f0

		Ε Λ Α Φ Ρ Ι Ε Σ					
		α	ε	ι	ο	ου	M.O
F4	349.2	0.08	0.06	-----	-----	-----	0.07
Ab4	415.3	0.08	-----	0.09	0.09	-----	0.08
Bb4	466.2	-----	0.08	-----	-----	-----	0.08
C5	523.3	-----	-----	-----	0.11	-----	0.11
Eb5	622.3	0.11	0.10	-----	0.13	-----	0.11
F5	698.5	-----	-----	0.09	-----	-----	0.09
Ab5	830.6	-----	0.09	-----	-----	0.10	0.09
M.O		0.09	0.08	0.09	0.11	0.10	0.09

Από τους μέσους όρους των παραπάνω πινάκων παρατηρούμε ότι οι δραματικές έχουν τη μεγαλύτερη μέση τιμή εύρους βιμπράτο, ακολουθούν οι λυρικές και τη μικρότερη μέση τιμή έχουν οι ελαφριές. Αυτό φαίνεται στα δείγματα της άσκησης και ισχύει για όλα τα φωνήεντα. Στους πίνακες που αφορούν τα δείγματα της άριας δεν τηρείται η παραπάνω κατάταξη για όλα τα φωνήεντα όπως για παράδειγμα στο φωνήεν /ι/, όπου τη μεγαλύτερη μέση τιμή έχουν οι λυρικές, ακολουθούν οι δραματικές και οι ελαφριές και στο φωνήεν /ο/ οι ελαφριές έχουν μεγαλύτερη μέση τιμή εύρους βιμπράτο από τις λυρικές.

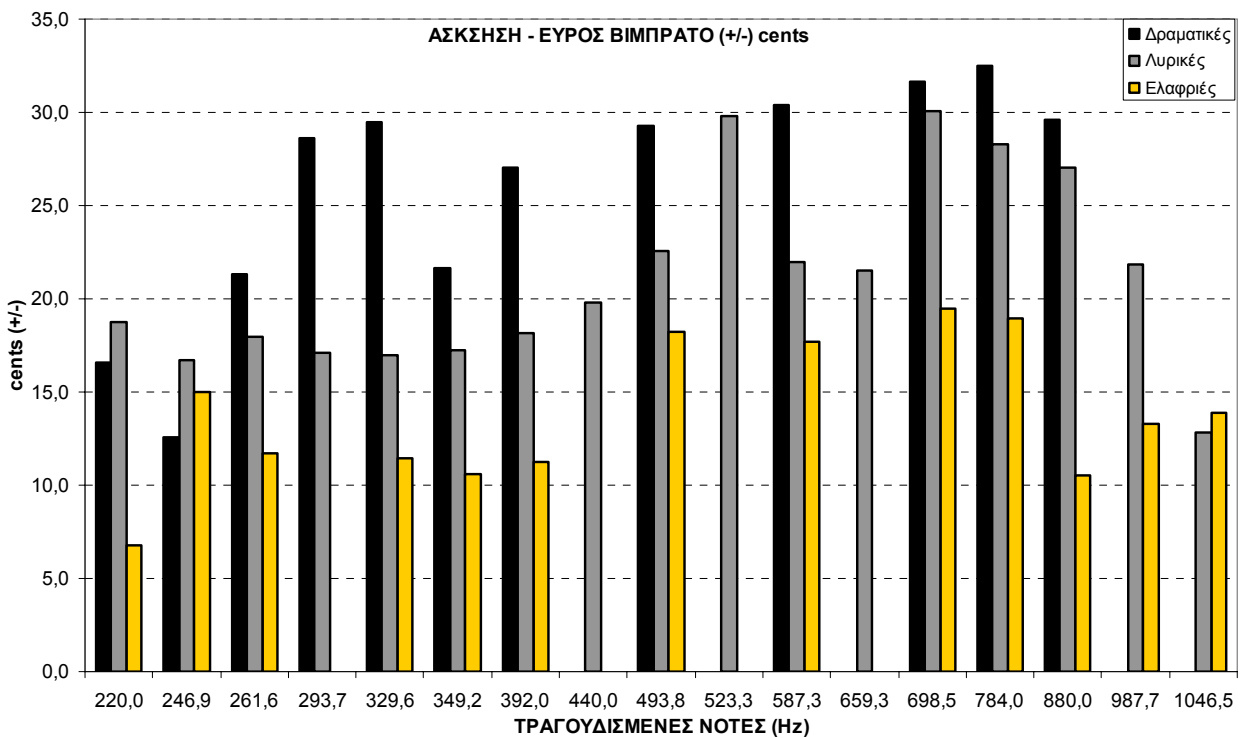
Η κατάταξη των τριών κατηγοριών σοπράνο παραμένει η ίδια με βάση τους μέσους όρους των μέσων τιμών. Έτσι, για τα δείγματα της άσκησης την μεγαλύτερη μέση τιμή εύρους βιμπράτο έχουν

- α) Οι δραματικές +/- 25.9 cents (βλέπε Πίνακα 5.24), μετά
- β) Οι λυρικές +/- 21.1 cents (βλέπε Πίνακα 5.25) και τέλος
- γ) Οι ελαφριές +/- 13.6 cents (βλέπε Πίνακα 5.26)

Οι αντίστοιχες τιμές από τα δείγματα της άριας είναι:

- α) Δραματικές +/- 40.5 cents (βλέπε Πίνακα 5.30)
- β) Λυρικές +/- 36.0 cents (βλέπε Πίνακα 5.31)
- γ) Ελαφριές +/- 33.5 cents (βλέπε Πίνακα 5.32)

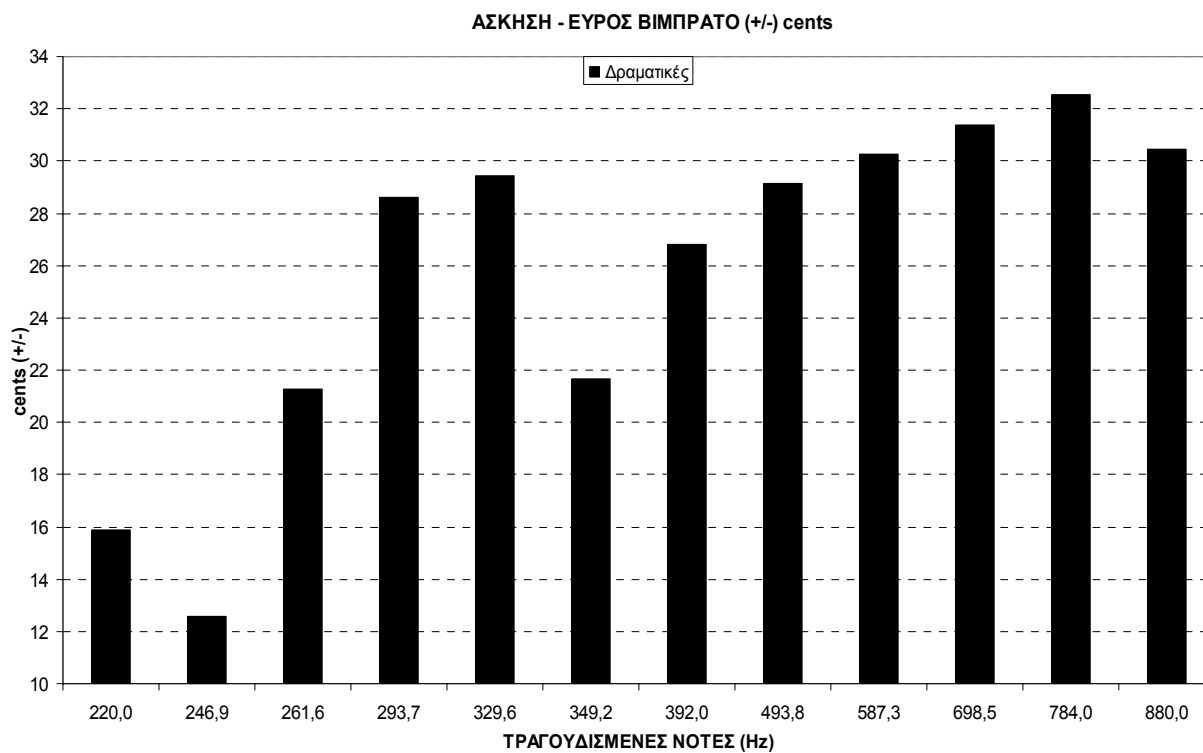
Η κατάταξη των κατηγοριών με βάση το εύρος του βιμπράτο φαίνεται επίσης από το γράφημα που ακολουθεί (βλέπε Σχήμα 5.9) και αφορά την άσκηση.



Σχήμα 5.9: Γραφική απεικόνιση των μέσων τιμών του εύρους του βιμπράτο των δραματικών, λυρικών και ελαφριών σοπράνο.

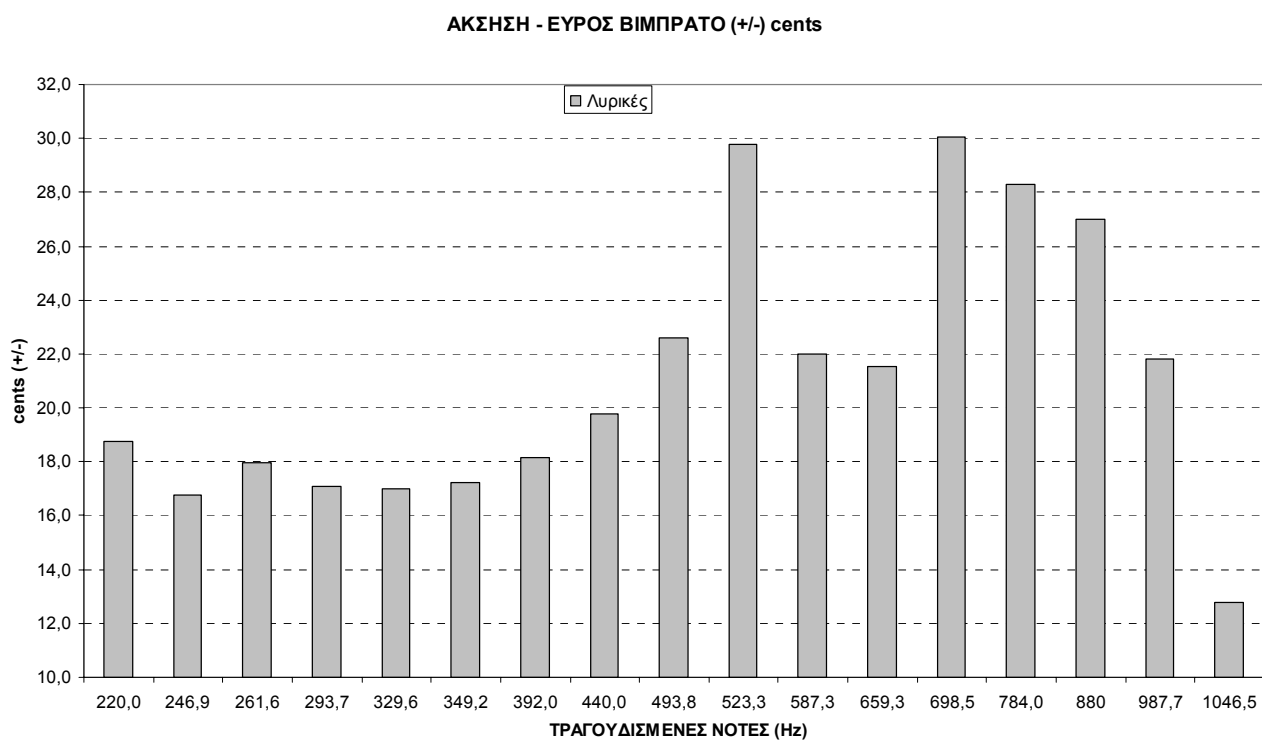
Με εξαίρεση τις συχνότητες των 220.0 και 246.9 Hz παρατηρούμε ότι οι δραματικές παρουσιάζουν το μεγαλύτερο εύρος βιμπράτο, μετά οι λυρικές και τέλος οι ελαφριές. Παρατηρούμε επίσης ότι μόνο στη συχνότητα των 1046.5 Hz, οι ελαφριές έχουν μεγαλύτερο εύρος από τις λυρικές.

Οι δραματικές παρουσιάζουν τις μέγιστες τιμές εύρους του βιμπράτο στις συχνότητες 293.7 και 329.6 Hz, ενώ (βλέπε Σχήμα 5.10) φαίνεται μία τάση αύξησης του εύρους από τη συχνότητα των 349.2 Hz και μετά, μέχρι τη συχνότητα των 784.0 Hz.



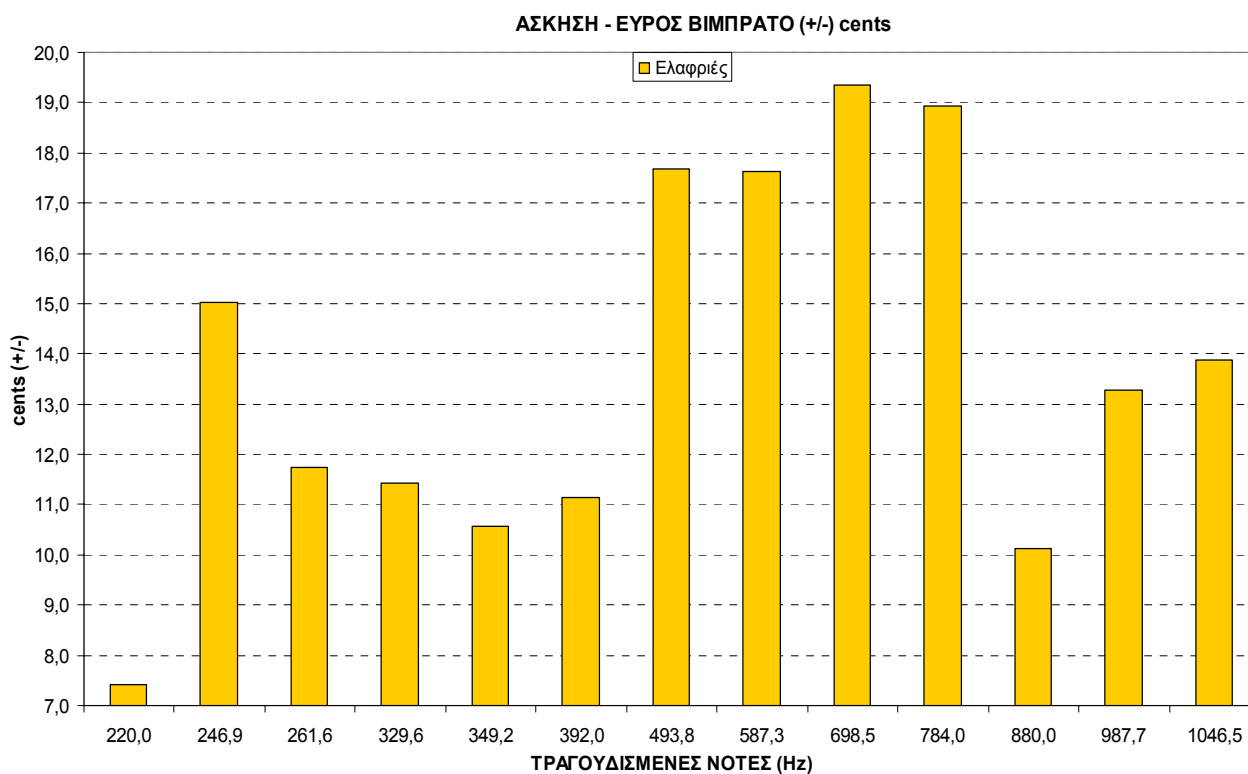
Σχήμα 5.10: Γραφική απεικόνιση μέσω των τιμών συχνότητας του βιμπράτο των δραματικών σοπράνο.

Οι λυρικές παρουσιάζουν τις μέγιστες τιμές εύρους του βιμπράτο στη μεσαία και υψηλή περιοχή της έκτασής τους (βλέπε Σχήμα 5.11), ενώ στη χαμηλή το εύρος κυμαίνεται σε χαμηλές τιμές.



Σχήμα 5.11: Γραφική απεικόνιση μέσων τιμών του εύρους του βιμπράτο των λυρικών σοπράνο.

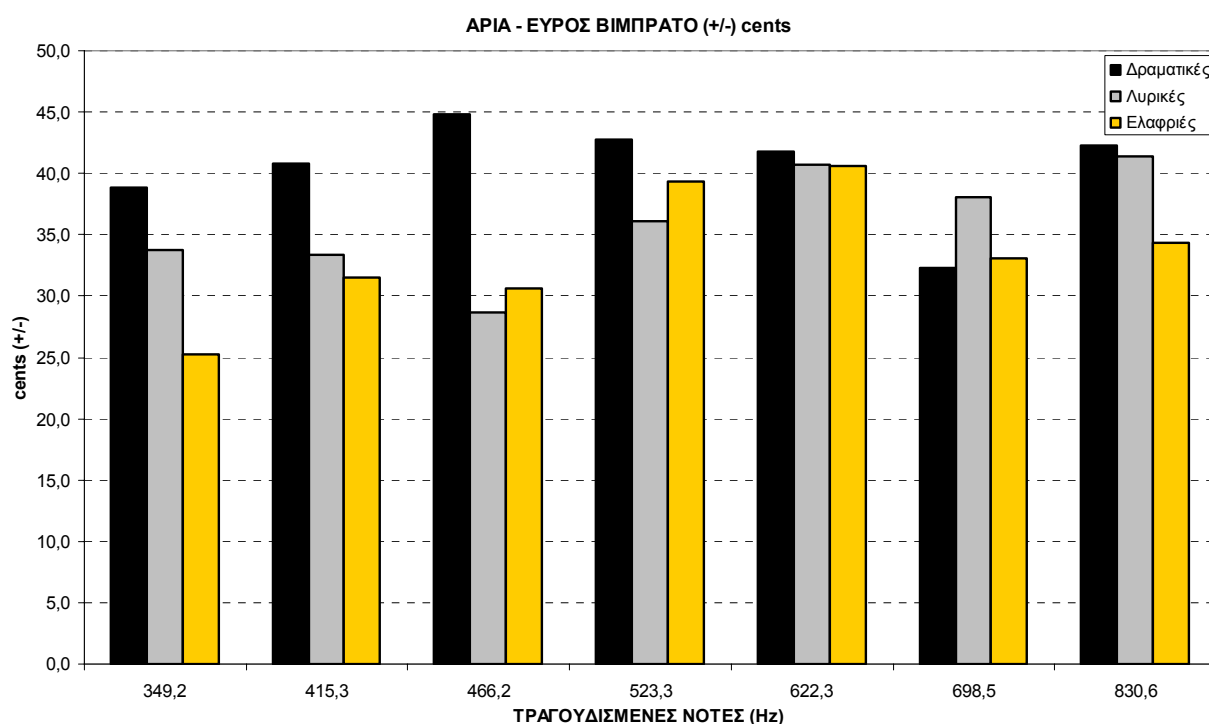
Οι ελαφριές παρουσιάζουν τις μέγιστες τιμές του εύρους στη μεσαία κυρίως περιοχή μεταξύ των συχνοτήτων 493.8 και 784.0 Hz (βλέπε Σχήμα 5.12).



Σχήμα 5.12: Γραφική απεικόνιση των μέσων τιμών του εύρους του βιμπράτο των ελαφριών σοπράνο.

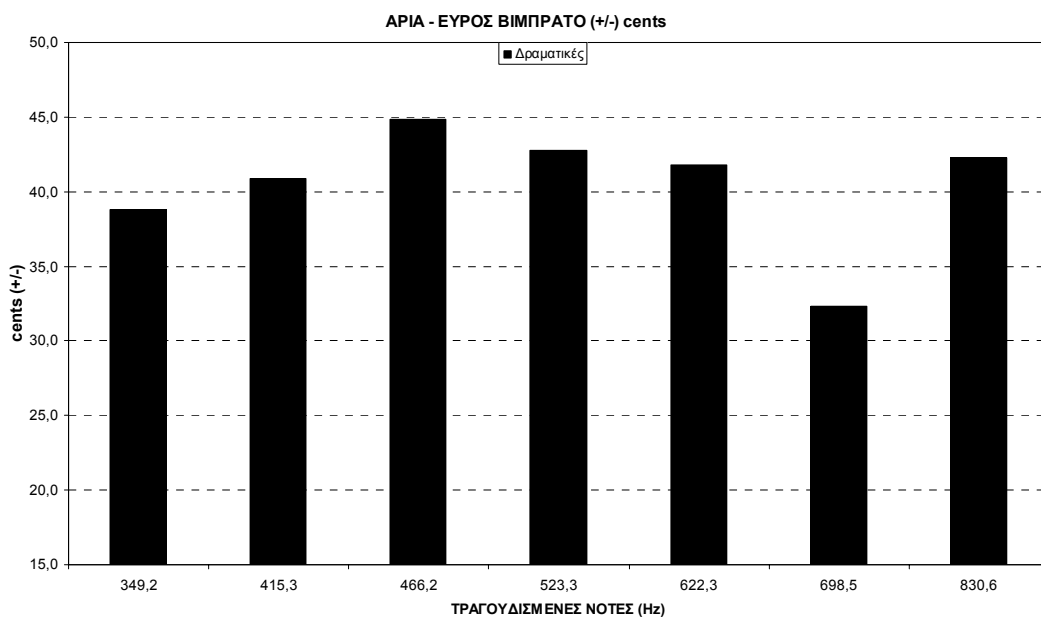
Από το γράφημα που ακολουθεί (Σχήμα 5.13) και αφορά τα δείγματα της άριας φαίνεται ότι οι δραματικές έχουν πάντα μεγαλύτερο εύρος σε σχέση με τις υπόλοιπες, εκτός από την περίπτωση της συχνότητας των 698.5 Hz, όπου οι λυρικές έχουν το μεγαλύτερο εύρος. Συγκρίνοντας τη συχνότητα αυτή με την ίδια από το γράφημα των δειγμάτων της άσκησης, βλέπουμε ότι κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει και στην περίπτωση της άσκησης. Επίσης στις συχνότητες 466.2 και 523.3 Hz, οι ελαφριές έχουν εύρος μεγαλύτερο από τις λυρικές. Στη συχνότητα των 622.3 Hz, οι τρεις κατηγορίες έχουν σχεδόν το ίδιο εύρος. Όπως προέκυψε και προηγουμένως από

τους πίνακες το εύρος του βιμπράτο των δειγμάτων της άριας είναι μεγαλύτερο και για τις τρεις κατηγορίες σε σχέση με τα δείγματα από την άσκηση. Επίσης οι διαφορές μεταξύ των τριών ειδών των φωνών σοπράνο είναι μικρότερες σε σχέση με την άσκηση.



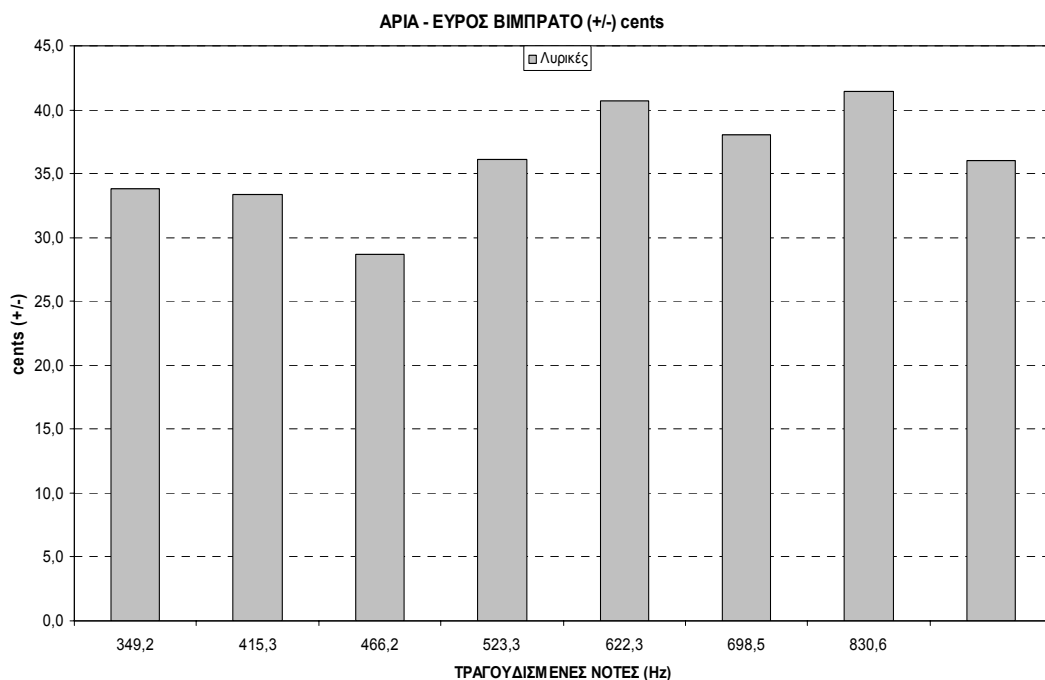
Σχήμα 5.13: Γραφική απεικόνιση μέσω των τιμών εύρους βιμπράτο δραματικών, λυρικών και ελαφριών σοπράνο.

Παρατηρούμε ότι οι διαφορές των τιμών του εύρους του βιμπράτο είναι μικρότερες σε σχέση με τα δείγματα της άσκησης με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολο να ξεχωρίσει κάποια συχνοτική περιοχή της έκτασης της φωνής των δραματικών τραγουδιστριών. Η μέγιστη τιμή του εύρος του βιμπράτο είναι στη συχνότητα των 466.2 Hz χωρίς όμως να διαφέρει ιδιαίτερα από τις γειτονικές συχνοτικές περιοχές (βλέπε και Σχήμα 5.14).



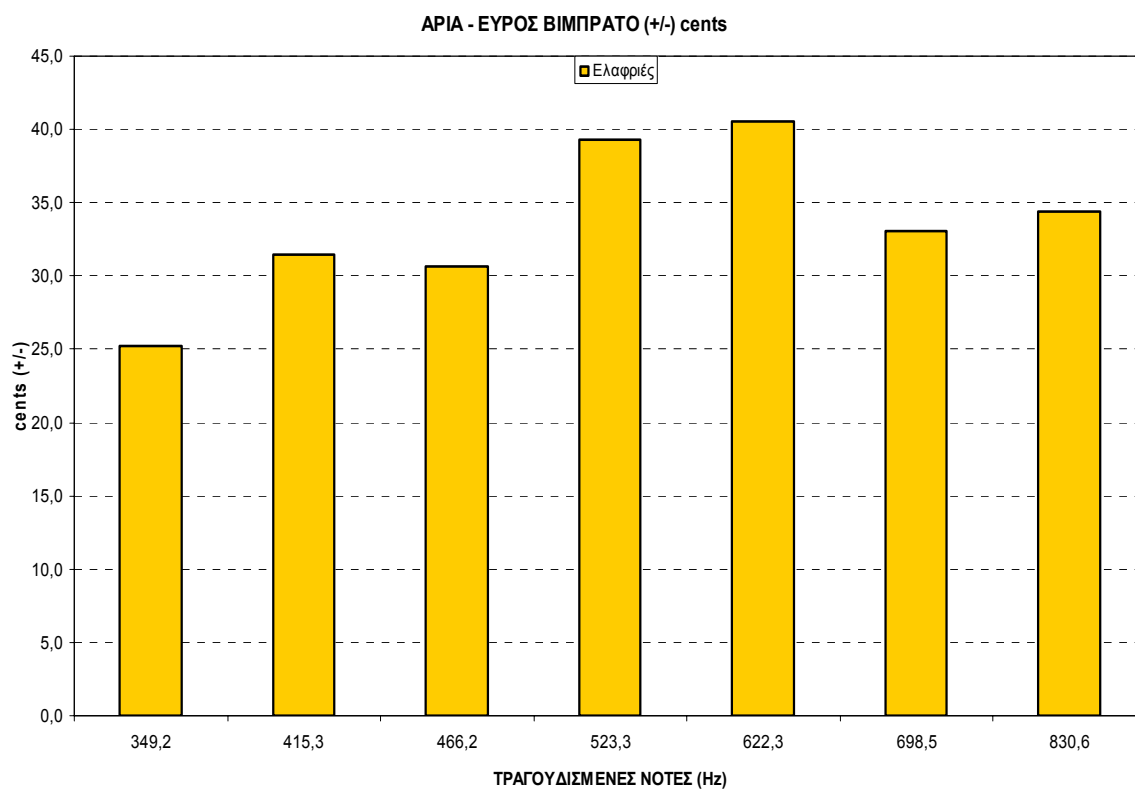
Σχήμα 5.14: Γραφική απεικόνιση μέσω των τιμών εύρους του βιμπράτο των δραματικών σοπράνο.

Οι λυρικές παρουσιάζουν τις μέγιστες τιμές στις συχνότητες των 622.3 - 830.6 Hz (Σχήμα 5.15). Όπως και οι δραματικές, στις τραγουδισμένες συχνότητες, δεν παρουσιάζουν μεταξύ τους μεγάλες διαφορές στο εύρος του βιμπράτο. Επομένως δεν ξεχωρίζει εμφανώς κάποια συχνοτική περιοχή.



Σχήμα 5.15: Γραφική απεικόνιση των μέσω των τιμών του εύρους του βιμπράτο των λυρικών σοπράνο.

Παρόμοια με τις δραματικές και τις λυρικές, οι ελαφριές παρουσιάζουν μικρές διαφορές στο εύρος του βιμπράτο μεταξύ των τραγουδισμένων συχνοτήτων, με τις μέγιστες τιμές να εντοπίζονται στις συχνότητες των 523.3 και των 622.3 Hz (Σχήμα 5.16).



Σχήμα 5.16: Γραφική απεικόνιση των μέσων τιμών του εύρους του βιμπράτο των ελαφριών σοπράνο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.3 Συχνότητα βιμπράτο (vibrato rate)

Από την ενότητα 5.1 προκύπτει ότι οι ελαφριές σοπράνο παρουσιάζουν την μεγαλύτερη μέση τιμή συχνότητας του βιμπράτο, ακολουθούν οι λυρικές ενώ οι δραματικές έχουν την μικρότερη μέση τιμή για τη συχνότητα του βιμπράτο. Αυτό προκύπτει τόσο από τα δείγματα της άσκησης (μέσοι όροι πινάκων 5.8, 5.9 και 5.10), όσο και από τα δείγματα της άριας (μέσοι όροι πινάκων 5.11, 5.12, 5.13). Συγκεκριμένα οι τιμές που προέκυψαν είναι οι ακόλουθες:

α) Από τα δείγματα της άσκησης:

- 1) Δραματικές 5.50 Hz (μέσος όρος πίνακα 5.8)
- 2) Λυρικές 5.81 Hz (μέσος όρος πίνακα 5.9)
- 3) Ελαφριές 6.09 Hz (μέσος όρος πίνακα 5.10)

β) Από τα δείγματα της άριας :

- 1) Δραματικές 5.71 Hz (μέσος όρος πίνακα 5.11)
- 2) Λυρικές 5.94 Hz (μέσος όρος πίνακα 5.12)
- 3) Ελαφριές 6.39 Hz (μέσος όρος πίνακα 5.13)

Εκτός από τη σειρά με την οποία κατατάσσονται οι τρεις κατηγορίες σοπράνο παρατηρούμε και τα εξής: Οι μέσες τιμές μεταξύ των δειγμάτων της άσκησης διαφέρουν με τις αντίστοιχες της άριας για τις τρεις κατηγορίες σοπράνο και πιο συγκεκριμένα οι τιμές των δειγμάτων της άριας είναι ελαφρώς μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των δειγμάτων της άσκησης. Η μεγαλύτερη διαφορά παρουσιάζεται στις

ελαφριές (0.30 Hz) και η μικρότερη στις λυρικές (0.13 Hz). Ο πιθανότερος λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτή η διαφοροποίηση είναι ότι όταν το βιμπράτο χρησιμοποιείται στα πλαίσια της απόδοσης (ερμηνείας) ενός μουσικού κειμένου, τότε δεν αποτελεί απλά μία τεχνική που χρησιμοποιεί η τραγουδίστρια, αλλά χρησιμοποιείται και ως ένα μέσο, ένα μουσικό «εργαλείο», απόδοσης του μουσικού κειμένου σύμφωνα με τα κριτήρια της ερμηνεύτριας. Επομένως φαίνεται ότι στα πλαίσια της απόδοσης (ερμηνείας) ενός μουσικού κειμένου, οι ερμηνεύτριες αυξάνουν τη συχνότητα του βιμπράτο, σε αντίθεση με την περίπτωση μιάς άσκησης βιμπράτο, όπου έχουμε απλή εκτέλεση της τεχνικής του βιμπράτο, εκτός μουσικού κειμένου όπου και δεν υφίσταται κάποιος στόχος όσον αφορά την ερμηνεία. Παρ' όλα αυτά όμως, η κατάταξη των σοπράνο με βάση τη συχνότητα του βιμπράτο, διατηρείται σταθερή και στη μία περίπτωση (άσκηση) και στην άλλη περίπτωση (άρια). Η κατάταξη είναι ελαφριές- λυρικές – δραματικές, από την υψηλότερη προς τη χαμηλότερη τιμή της συχνότητας του βιμπράτο. Δεν μπορεί όμως εύκολα η συχνότητα του βιμπράτο να αποτελέσει το μοναδικό κριτήριο βάσει του οποίου να γίνει η κατάταξη μιας τραγουδίστριας σε μία από τις κατηγορίες των φωνών σοπράνο, για το λόγο ότι τα εύρη των τιμών της συχνότητας του βιμπράτο παρουσιάζουν μεγάλο ποσοστό επικάλυψης μεταξύ των τριών ειδών σοπράνο.

5.4 Εύρος βιμπράτο (vibrato extent)

Από την ενότητα 5.2 προέκυψε ότι την μεγαλύτερη μέση τιμή εύρους του βιμπράτο παρουσιάζουν οι δραματικές σοπράνο, ακολουθούν οι λυρικές ενώ οι ελαφριές παρουσιάζουν την μικρότερη μέση τιμή. Η κατάταξη αυτή προκύπτει ότι είναι ίδια τόσο στα δείγματα της άσκησης όσο και στα δείγματα της άριας. Πιο συγκεκριμένα οι τιμές που αντιστοιχούν σε κάθε κατηγορία είναι οι ακόλουθες: (εκφρασμένες σε cents και σε μορφή λόγου Df/f_0).

α) Από τα δείγματα της άσκησης:

- 1) Δραματικές (+/-)25.9 cents (μέσος όρος πίνακα 5.24)
- 2) Λυρικές (+/-)21.1 cents (μέσος όρος πίνακα 5.25)
- 3) Ελαφριές (+/-)13.8 cents (μέσος όρος πίνακα 5.26)

Σε μορφή του λόγου Df/f_0 οι τιμές είναι:

- 1) Δραματικές 0.07 (μέσος όρος πίνακα 5.27)
- 2) Λυρικές 0.06 (μέσος όρος πίνακα 5.28)
- 3) Ελαφριές 0.04 (μέσος όρος πίνακα 5.29)

β) Από τα δείγματα της άριας:

- 1) Δραματικές (+/-)40.5 cents (μέσος όρος πίνακα 5.30),
- 2) Λυρικές (+/-)36.0 cents (μέσος όρος πίνακα 5.31),
- 3) Ελαφριές (+/-)33.5 cents (μέσος όρος πίνακα 5.32).

Σε μορφή του λόγου Df/f_0 οι τιμές είναι:

- 1) Δραματικές 0.11 (μέσος όρος πίνακα 5.33)
- 2) Λυρικές 0.10 (μέσος όρος πίνακα 5.34)
- 3) Ελαφριές 0.09 (μέσος όρος πίνακα 5.35)

Παρατηρούμε ότι με βάση τις μέσες τιμές που αφορούν το εύρος του βιμπράτο, η κατάταξη των τριών ειδών σοπράνο είναι αντίθετη σε σχέση με αυτή που βρέθηκε σε σχέση με τη συχνότητα του βιμπράτο. Την μεγαλύτερη μέση τιμή εύρους του βιμπράτο παρουσιάζουν οι δραματικές, ακολουθούν οι λυρικές και οι ελαφριές έχουν την μικρότερη μέση τιμή.

Παρατηρούμε όμως ότι, όπως και στην περίπτωση της συχνότητας του βιμπράτο υπάρχει διαφορά μεταξύ των τιμών που υπολογίστηκαν από τα δείγματα της άσκησης και των τιμών που υπολογίστηκαν από τα δείγματα της άριας. Παρομοίως με τη συχνότητα του βιμπράτο, οι τιμές εύρους που υπολογίστηκαν από τα δείγματα της άριας είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις αντίστοιχες μέσες τιμές που προέκυψαν από τα δείγματα της άσκησης.

Η μεγαλύτερη διαφορά παρουσιάζεται στις ελαφριές ((+/-)19.7 cents ή 0.05 Df/f_0) και η μικρότερη στις δραματικές ((+/-)14.6 cents ή 0.04 Df/f_0). Η αύξηση των τιμών του εύρους του βιμπράτο στα δείγματα της άριας οφείλεται στον ίδιο λόγο που προαναφέρθηκε για την περίπτωση της συχνότητας του βιμπράτο. Επίσης το γεγονός ότι παρατηρήθηκε το ίδιο φαινόμενο και στη συχνότητα και στο εύρος του βιμπράτο μεταξύ των δειγμάτων της άσκησης και της άριας επιβεβαιώνει τη λειτουργικότητα του βιμπράτο ως απαραίτητο μέσο έκφρασης και ερμηνείας ενός μουσικού κειμένου.

Όσον αφορά τις τιμές του εύρους του βιμπράτο θα πρέπει να επισημανθεί ότι γενικά παρουσιάζονται μικρότερες σε σχέση με αυτές που αναφέρονται στις έρευνες του Prame [24], [25]. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στην διαφορετική μέθοδο εύρεσης του εύρους του βιμπράτο που εφαρμόστηκε στις μελέτες του Prame και στην

παρούσα μελέτη. Ο υπολογισμός του εύρους του βιμπράτο στις μελέτες του Prame έγινε μεταξύ των δύο ακραίων τιμών (μέγιστης και ελάχιστης) που παρατηρούνταν στα προς ανάλυση δείγματα. Στην παρούσα εργασία, η μέση τιμή του εύρους του βιμπράτο υπολογίστηκε από τη μέση τιμή των μεγίστων και τη μέση τιμή των ελαχίστων τιμών κάθε δείγματος. Είναι λοιπόν λογικό οι τιμές που αφορούν το εύρος του βιμπράτο στην παρούσα εργασία με βάση τη μέθοδο που εφαρμόστηκε να είναι μικρότερες από αυτές που παρουσιάζονται στις μελέτες του Prame.

Όπως και με τη συχνότητα του βιμπράτο έτσι και με το εύρος του βιμπράτο, ενώ υπάρχουν διαφορές όσον αφορά το εύρος του βιμπράτο μεταξύ των τριών κατηγοριών των τραγουδιστριών, δεν μπορεί το εύρος του βιμπράτο να αποτελέσει κριτήριο κατηγοριοποίησης μιας τραγουδίστριας σε ένα από τα τρία είδη σοπράνο επειδή τα εύρη τιμών στα οποία κυμαίνεται το εύρος του βιμπράτο για κάθε κατηγορία σοπράνο, παρουσιάζουν μεγάλο ποσοστό επικάλυψης μεταξύ τους.

5.5 Σύγκριση κοινών δειγμάτων άριας

Στους πίνακες A2.6 και A2.12 του παραρτήματος A2 φαίνονται κάποιες νότες που έχουν αναλυθεί δύο φορές (αντιστοιχούν στο ίδιο τραγουδισμένο φωνήεν) αλλά βρίσκονται σε διαφορετικά μέτρα της άριας. Αυτές είναι η Ab4 στο 6^ο και στο 26^ο μέτρο, η Eb5 στο 12^ο και στο 24^ο μέτρο (για το φωνήεν /a/) και η Eb5 στο 4^ο και στο 14^ο μέτρο, (για το φωνήεν /ε/).

Παρατηρούμε στα δείγματα αυτά ότι ενώ πρόκειται για την ίδια νότα οι μετρήσεις της συχνότητας και του εύρους του βιμπράτο διαφέρουν. Παρ' όλο που οι νότες είναι εκτελεσμένες στην ίδια δυναμική και σε κάποιες περιπτώσεις όπως φαίνεται στα αποσπάσματα από το μουσικό κείμενο (βλέπε Σχ. 5.17, 5.18, 5.19, 5.20,) που ακολουθούν βρίσκονται και στην ίδια ακριβώς μουσική φράση, οι παράμετροι του βιμπράτο διαφέρουν. Η παρατήρηση αυτή δεν μας οδηγεί σε κάποιο ουσιαστικό συμπέρασμα, όσον αφορά την κατηγοριοποίηση των φωνών, αλλά και στο ότι η συχνότητα και το εύρος του βιμπράτο δεν επηρεάζονται μόνο από τη μουσικότητα του κειμένου. Φαίνεται ότι στις περισσότερες περιπτώσεις οι

ερμηνεύτριες εκτελούν με μεγαλύτερη συχνότητα και ταυτόχρονα με μεγαλύτερο εύρος βιμπράτο τις ίδιες νότες που ανήκουν στα ίδια μουσικά μέτρα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για τη νότα Eb5 (/ε/), όλες οι λυρικές τραγουδίστριες παρουσιάζουν μεγαλύτερη συχνότητα και εύρος βιμπράτο στη νότα που βρίσκεται στο 4^ο μέτρο. Το ίδιο ισχύει και για τη νότα Ab4, όπου οι μεγαλύτερες τιμές σημειώθηκαν στη νότα που βρίσκεται στο 6ο μέτρο, ενώ το ίδιο παρατηρήθηκε και στην 1^η και την 3^η δραματική τραγουδίστρια στο 6^ο μέτρο επίσης.

Οι διαφορές στη συχνότητα του βιμπράτο είναι πολύ μικρές, αλλά όσον αφορά το εύρος, σε αρκετές περιπτώσεις οι διαφορές είναι αξιοσημείωτες. Συνήθως όπου παρατηρείτο αύξηση της συχνότητας υπήρχε και ταυτόχρονη αύξηση του εύρους του βιμπράτο. Το γεγονός ότι αυτές οι διαφορές σημειώθηκαν στα ίδια μέτρα, σχεδόν σε όλες τις τραγουδίστριες, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι παράμετροι του βιμπράτο δεν επηρεάζονται μόνο από την μουσική (μελωδική γραμμή) αλλά ενδεχομένως και από το νόημα του μελοποιημένου γραπτού κειμένου, δηλαδή των στίχων.

Σχήμα 5.17:/α/-Ab4-6ο μέτρο

Σχήμα 5.18:/α/-Ab4-26ο μέτρο

Σχήμα 5.19:/α/-Eb5-12ο μέτρο

Σχήμα 5.20:/α/-Eb5-24ο μέτρο

5.6 Σχέση των παραμέτρων του βιμπράτο και της ταχύτητας εκτέλεσης του μουσικού κειμένου (tempo)

Στους πίνακες A2.6 και A2.12 του παραρτήματος A2 αναγράφονται οι χρόνοι εκτέλεσης της άριας από κάθε μια τραγουδίστρια. Από τις τιμές των μετρήσεων στους αντίστοιχους πίνακες φαίνεται ότι η ταχύτητα εκτέλεσης της άριας δεν επηρεάζει ούτε τη συχνότητα ούτε το εύρος του βιμπράτο, δηλαδή δεν παρατηρήθηκε σε καμία περίπτωση η συχνότητα ή το εύρος να έχουν μεγαλύτερες ή μικρότερες τιμές στις περιπτώσεις όπου η άρια εκτελέστηκε σε πιο γρήγορο tempo από τις περιπτώσεις όπου εκτελέστηκε σε πιο αργό tempo. Σημειωτέο ότι ο μικρότερος από το μεγαλύτερο χρόνο εκτέλεσης διέφερε σημαντικά κατά 1 λεπτό περίπου.

5.7 Μεταβολή του εύρους του βιμπράτο, του τονικού ύψους και της στάθμης ηχητικής πίεσης με το χρόνο κατά τη διάρκεια κάθε δείγματος.

Από τα διαγράμματα που βρίσκονται στο παράρτημα Β, τα οποία δείχνουν τη μεταβολή του εύρους του βιμπράτο, του τονικού ύψους και της στάθμης ηχητικής πίεσης με το χρόνο, δεν απορρέει κάποιο συμπέρασμα διότι δεν παρουσιάζουν κάποια σταθερή μεταβολή, [25]. Από τη σύγκριση των διαγραμμάτων κάθε μιας τραγουδίστριας, δεν φαίνεται κάποια ιδιαίτερη τάση σε καμία από τις παραπάνω παραμέτρους μεμονωμένα, αλλά ούτε και κάποια σχέση συσχέτισης μεταξύ των οποιοδήποτε από τις παραμέτρους αυτές στον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλονται με το χρόνο. Επίσης δεν απορρέει κάποιο συμπέρασμα από τη σύγκριση των διαγραμμάτων μεταξύ των τραγουδιστριών, είτε της ίδιας κατηγορίας είτε μεταξύ τραγουδιστριών που ανήκουν σε διαφορετικό είδος σοπράνο.

5.8 Ποσοτικές και ποιοτικές απαιτήσεις δειγμάτων για την διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Ένα στοιχείο που προκύπτει από τα δείγματα της άριας Ab4 στο 6° και στο 26° μέτρο, Eb5 στο 12° και στο 24° μέτρο για το φωνήεν /α/ και Eb5 στο 4° και στο 14° μέτρο για το φωνήεν /ε/ (πίνακες A2.6 και A2.12 του παραρτήματος Α), είναι ότι η συχνότητα του βιμπράτο παρουσιάζει την ίδια εικόνα όπως προέκυψε και από όλο το πλήθος δειγμάτων τόσο της άσκησης όσο και της άριας, δηλαδή ότι τη μεγαλύτερη συχνότητα βιμπράτο παρουσιάζουν οι ελαφριές, μετά οι λυρικές και το μικρότερο οι δραματικές (αυτό προκύπτει από τις κάθετες στήλες των μέσων όρων του πίνακα A2.6, κάθε κατηγορίας σοπράνο στις προαναφερθείσες νότες). Αυτό φαίνεται σε όλες τις «διπλές» αυτές νότες. Δεν ισχύει ακριβώς το ίδιο και για το εύρος του βιμπράτο (κάθετες στήλες των μέσων όρων του πίνακα A2.12, κάθε κατηγορίας σοπράνο στις προαναφερθείσες νότες), καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις φαίνεται ότι οι ελαφριές παρουσιάζουν μεγαλύτερο εύρος από τις λυρικές. Αντίθετα, σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις που αφορούν τις δραματικές το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερο εύρος, από τις λυρικές και τις ελαφριές, καταλήγοντας έτσι σε συμφωνία με το αρχικό μας συμπέρασμα για το εύρος των δραματικών σε σχέση με τις άλλες δύο κατηγορίες σοπράνο. Στον πίνακα 5.36 φαίνονται οι διάρκειες των δειγμάτων αυτών.

Πίνακας 5.36: Χρονικές διάρκειες δειγμάτων άριας Ab4 (6°-26° μέτρο, /α/), Eb5 (12°-24° μέτρο, /α/) και Eb5 (4°-14° μέτρο, /ε/)

		ΔΙΑΡΚΕΙΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΕ SEC					
		/α/-Ab4-6ο	/α/-Ab4-26ο	/α/-Eb5-12ο	/α/-Eb5-24ο	/ε/-Eb5-4ο	/ε/-Eb5-14ο
ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ	1η	0.9	1.6	1.1	2.7	1.4	1,0
	2η	0.9	1.7	1,0	1.8	1,0	0.8
	3η	0.7	4.4	0.4	2.5	0.7	0.5
ΛΥΡΙΚΕΣ	1η	0.8	2.3	1,0	2.1	1,0	1.1
	2η	0.8	3.5	1,0	3,0	0.7	1,0
	3η	1.5	2.8	1.3	4,0	1.7	1.4
ΕΛΑΦΡΙΕΣ	1η	1,0	1.2	1,0	2.1	-----	-----
	2η	0.8	2.0	1.2	2.3	1.2	1.3

Οι διάρκειες των δειγμάτων κυμαίνονται από 0.4 – 4.4 s. Ο μέσος όρος διάρκειας που προκύπτει είναι: 1.6 s. Επομένως με ένα και μόνο δείγμα, με διάρκεια 1.6 s, προερχόμενο από μία τραγουδισμένη άρια, θα ήταν εφικτό να αποφανθούμε για την κατάταξη των κατηγοριών των σοπράνο με βάση τη συχνότητα του βιμπράτο, χωρίς να είναι απαραίτητο ένα μεγάλο πλήθος δειγμάτων και μετρήσεων όπως είχαμε στην περίπτωση της άσκησης και της άριας. Αντίθετα, για το εύρος του βιμπράτο δεν φαίνεται να είναι εφικτό να καταλήξουμε σε ασφαλή συμπεράσματα από ένα μόνο δείγμα, όπως φαίνεται από τις μετρήσεις των συγκεκριμένων δειγμάτων που βρίσκονται στους πίνακες A2.6 και A2.12 του παραρτήματος A2.

Συγγραφικές και βιβλιογραφικές παραπομπές εργασίας

1. Arroabarren Ixone, Alfonso Carlosena, “Modeling of Vibrato Production”, EUSIPCO 2004.
2. Arroabarren Ixone, Miroslav Zivanovic, Alfonso Carlosena, “Analysis and Synthesis of Vibrato in Lyric Singers”, EUSIPCO 2004.
3. Arroabarren Ixone, Xavier Rodet, Alfonso Carlosena, “On the Measurement of the Instantaneous Frequency and Amplitude of Partial in Vocal Vibrato”, IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, Vol.14, No.4, July 2006.
4. www.voiceproblem.org
5. Christopher Dromey, Neisha Carter, and Arden Hopkin, “Vibrato Rate Adjustment”, Journal of Voice, Vol. 17, No. 2, pp. 168-178, 2003, The Voice Foundation.
6. www.en.wikipedia.org/wiki/Larynx
7. D’Alessandro Christophe, Michele Castellengo, “The pitch of short-duration vibrato tones”, J.Acoustic.Soc.Am.95 (3), March 1994.
8. Dejonckere P.H., Minoru Hirano, Johan Sundberg, “VIBRATO”, San Diego: Singular Publishing Group.
9. Diaz A. Jose and Howard B. Rothman, “Acoustical Comparison Between Samples of Good and Poor Vibrato in Singers”, Journal of Voice, Vol. 17, No2, pp.179-184, 2003.
10. Dromey Christopher, Neisha Carter, and Arden Hopkin, “Vibrato Rate Adjustment”, Journal of Voice, Vol. 17, No2, pp.168-178-2003.
11. Fujita Satoru, Honda Kiyoski, “An experimental study of acoustic characteristics of hypopharyngeal cavities using vocal tract solid models”, Acoust. Sci. & Tech.26, 4 (2005).
12. Hakes Jean, Thomas Shipp, and E. Thomas Doherty, “Acoustic Properties of Straight Tone, Vibrato, Trill, and Trillo”, Journal of Voice Vol. 1, No. 2, pp. 148-156 © 1987 Raven Press, New York.

13. Hannu Pulakka, "Analysis of Human Voice Production Using Inverse Filtering, High-Speed Imaging, and Electroglottography", Master's Thesis. Espoo, 14 February 2005.
14. Henrich Nathalie, D'Alessandro and Doval Boris, Castellengo Michele, "Glottal open quotient in singing: Measurements and correlation with laryngeal mechanisms, vocal intensity, and fundamental frequency", *J.Acou..Soc.Am.* 117 (3), Pt.1, March 2005, Pages: 1417-1430.
15. Henrich Nathalie, D'Alessandro and Doval Boris, Castellengo Michele, "On the use of the derivative of electroglottographic signals for characterization of nonpathological phonation", *J.Acou..Soc.Am.* 115 (3), March 2004, Pages: 1321-1332.
16. Herrera Perfecto, Bonada Jordi, "Vibrato Extraction and Parameterization in the Spectral Modeling Synthesis Framework".
17. Horii Yoshiyuki, "Acoustic Analysis of Vocal Vibrato: A Theoretical Interpretation of Data", *Journal of Voice*, Vol.3, No.1, pp36-43, 1989 Raven Press, Ltd., New York.
18. Hunter Eric and Ingo R. Titze, "Dynamics of a three-dimensional model of vocal fold abduction/adduction", The National Center for Voice and Speech Online Technical Memo No.3 April 2004, version 1.1.
19. Jean Hakes, Thomas Shipp, and E.Thomas Doherty, "Acoustic Characteristics of Vocal Oscillations: Vibrato, Exaggerated Vibrato, Trill, and Trillo", *Journal of Voice*, Vol. 1, No. 4, pp. 326-331, 1988.
20. Jose Bretos and Johan Sundberg, "Measurements of Vibrato in Long Sustained Crescendo Notes as Sung by Ten Sopranos", *Journal of Voice*, Vol. 17, pp. 343-352 2003.
21. Kay Elemetrics Corp., Electroglottograph Model 6103, Instruction Manual.
22. L.I. Haizou and Tin Lay, "New Vibrato-Motivated Acoustic Features For Singer Identification", 2006 IEEE, ICASSP 2006.
23. P.H.Dejonckere, Minoru Hirano, Johan Sundberg, "*Vibrato*", 1995 ISBN 1-56593-146-7.

24. Prame E., "Measurements of vibrato rate of ten singers", J. Acoust. Soc. Am. 96(4), pp. 1979-1984, (1994).
25. Prame Eric, "Vibrato and intonation in Classical Singing", Royal Institute of Technology Speech, Music and Hearing, Stockholm 2000.
26. Rothenberg Martin and James J. Mashie, "Monitoring Vocal Fold Abduction Through Vocal Fold Contact Area", Journal of Speech and Hearing Research, Volume 31, 338-351, September 1988.
27. Rothman Howard, J. Francesca Rullman, and A. Antonio Arroyo, "Inter- and Intrasubject Changes in Vibrato: Perceptual and Acoustic Aspects", Journal of Voice, Vol. 4, No. 4, 1990.
28. Shipp Thomas, E. Thomas Doherty, and Jean Hakes, "Mean Frequency of Vocal Vibrato Relative to Target Frequency", Journal of Voice, Vol.3, No.1, pp. 32-35, 1989 Raven Press, Ltd., New York.
29. Shipp Thomas, E. Thomas Doherty, and Stig Haglund, "Physiologic Factors in Vocal Vibrato Production", Journal of Voice, Vol.4, No.4, pp300-304, 1990 Raven Press, Ltd., New York.
30. Stone RE (Ed) 1, Cleveland T.F., Sundberg J. and Prokop J., "Aerodynamic and acoustical measures of speech, operatic, and Broadway vocal styles in a professional female singer", Speech, Music and Hearing, KTH, Stockholm, Sweden. TMH-QPSR, Volume 43: 17-29, 2002.
31. Sundberg Johan, "*The science of the singing voice*", Northern Illinois University Press 1987.
32. Sundberg Johan, "*The Science of Musical Sounds*", Academic Press (1991).
33. Sundberg Johan, "Perception of Singing".
34. Sundberg Johan, Margareta Thale'n, Paavo Alku, and Erkki Vilkmán, "Estimating Perceived Phonatory Pressedness in Singing".
35. Sundberg, Lindblom B, "*Acoustical Consequences of Lip, Tongue, Jaw, and Larynx Movement*", 1971.
36. Titze Ingo R, "*Principles of voice production*", Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. (1994).

37. Titze Ingo R., Brad Story, Marshall Smith, Russel Long, “A reflex resonance model of vocal vibrato”, J. Acoust. Soc. Am. 111 (5), Pt. 1, May 2002.

Επιπρόσθετες συγγραφικές και βιβλιογραφικές αναφορές χωρίς
παραπομπές εντός του κειμένου της εργασίας.

38. Arroabarren Ixone, Alfonso Carlosena, “Effect of glottal source and the vocal tract on the partials amplitude of vibrato in males voices”, J. Acoustical Society of America Pages :2483-249.
39. Arroabarren Ixone, Alfonso Carlosena, “Vibrato in Singing Voice: The Link between Source-Filter and Sinusoidal Models”, EURASIP Journal on Applied Signal Processing 2004:7, 1007-1020, 2004 Hindawi Publishing Corporation.
40. Arroabarren Ixone, Miroslav Zivanovic, Jose Bretos, Amaya Ezcurra & Alfonso Carlosena, “Measurement of Vibrato in Lyric Singers”, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol.51, No.4, August 2002.
41. Bagshaw P.C., Hiller S.M., Jack M.A, “Enhanced pitch tracking and the processing of f_0 contours for computer aided intonation teaching”.
42. Barner E. Kenneth, “Nonlinear Estimation of DEGG Signals with Applications to Speech Pitch Detection”.
43. Bartch Mark and Gregory H. Wakefield, “Singing Voice Identification Using Spectral Envelope Estimation”, IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, Vol.12, No.2, 2004.
44. Benetos Emmanouil, Kotti Margarita, Kotropoulos Constantine, “Musical instrument classification using non-negative matrix factorization algorithms and subset feature selection”, ICASSP 2006.

45. Cano Pedro, "Fundamental frequency estimation in the SMS analysis".
46. Chetry Nicolas, Sandler Mark, "Linear predictive models for musical instrument identification", ICASSP 2006.
47. Cosi P., L. Frigo and G.A. Mian, T. Sinigallia, "On the use of autocorrelation for pitch extraction: some statistical considerations and their application to the sift algorithm", *Speech Communication* 3 (1984) 309-334.
48. D'Alessandro Christophe, "Aspect de la perception du vibrato".
49. Depalle Ph., Helie T, "Extraction of spectral peak parameters using a short-time fourier transform modelling and no sidelobe windows".
50. Djurovic, M. Urlaub, Lj. Stankovic, J.F.Bohme, "Estimation of multicomponent signals by using time-frequency representations with application to knock signal analysis", *EUSIPCO* 2004.
51. Dologlou I. and G.Carayannis, "Pitch Detection on Zero-Phase Filtering", *Speech Communication* 8 (1989) 309-318 North Holland.
52. Doval B. and X. Rodet., "Fundamental frequency estimation and tracking using maximum likelihood harmonic matching and HMMs", In Proc. ICASSP, Volume 1, pages 221-224, April 1993.
53. Doval Boris, Christophe d'Alessandro & Nathalie Henrich, "The voice source as a causal/anticausal linear filter", *VOQUAL'03*, Geneva, August 27-29, 2003.
54. Dziubinski Marek, Kostek Bozena, "Octave Error Immune and Instantaneous Pitch Detection Algorithm", *Journal of New Music Research* 2005, Vol.34, No. 3, pp. 273-292.
55. Erickson Molly, "Dissimilarity and the Classification of Female Singing Voices: A Preliminary Study", *Journal of Voice*, Vol.17, No.2, pp195-206, 2003.
56. Erickson Molly , Susan Perry, and Stephen Handel, "Discrimination Functions: Can They Be Used to Classify Singing Voices?", *Journal of Voice*, Vol.15, No.4, pp. 492-502, 2001.
57. Fujihara Hiromasa, Kitahara Tetsuro, Goto Masataka, Komatani Kazunori, Ogata Tetsuya, Okuno G.Hiroshi, "F0 estimation method for singing voice in

- polyhonic audio signal based on statistical vocal model and viterbi search”, ICASSP 2006.
58. Gilbert J., Simon L., Terroir J., “Vibrato of saxophones”, J.Acoustic.Soc.Am.118 (4), October 2005, Pages: 2649-2655.
 59. Gualda Fernando, “Digital representation of musical vibrato”, ISBN 88-7395-155-4, 2006 ICMPC9.
 60. Herbst Christian, “Evaluation of Various Methods to calculate the EGG Contact Quotient”.
 61. Joliveau Elodie, Smith John, Wolfe Joe, “Vocal tract resonances in singing: The soprano voice”, J.Acoustic.Soc.Am.116 (4), Pt. 1, October 2004, Pages: 2434-2439.
 62. KitaharabTetsuko, Goto Masataka, Komatani Kazunori, Ogata Tetsuya, Okuno G. Hiroshi, “Instrogramma new musical instrument recognition technique without using onset detection nor f0 estimation”, ICASSP 2006.
 63. Krishnaswamy Arvinth, “Application of pitch tracking to south indian classical music”, In Proc. IEEE ICASSP 2003, Apr 6-10, Hong Kong, China.
 64. Marchand Sylvain, “An efficient pitch-tracking algorithm using a combination of fourier transforms”, DAFX-01.
 65. Marchand Sylvain, “Improving Spectral Analysis Precision with an Enhanced Phase Vocoder Using Signal Derivatives”.
 66. Mellody Maureen, Freda Herseth, and Gregory H. Wakefield, “Modal Distribution Analysis, Synthesis, and Perception of a Soprano’s Sung Vowels”, Journal of Voice, Vol. 15, No. 4, pp. 469–482 © 2001.
 67. Mendes Ana P., Howard B. Rothman, Christine Sapienza, and W.S. Brown Jr., “Effects of Vocal Training on the Acoustic Parameters of the Singing Voice”, Journal of Voice, Vol. 17, No. 4, 2003.
 68. Mertens P., D’Allesandro Ch., “Pitch contour stylization using a tonal perception model”.
 69. Molla Khademul Md.Islam, Hirose Keikichi, Minematsu Nobuaki, “Localization based separation of mixed audio signals with binary masking of hilbert spectrum”, ICASSP 2006.

70. Murray Kathleen, "A Study of Automatic Pitch Tracker Doubling/Halving Errors".
71. Oliveira Paulo and Victor Barroso, "Instantaneous Frequency of Multicomponent Signals", IEEE Signal Processing Letters, Vol.6, No.4, April 1999.
72. Paina Rui Pedro, Mendes Teresa, Cardoso, "On the definition of musical notes from pitch tracs for melody detection in polyphonic recordings", Proc.of the 8th Int.Conference on Digital Audio Effects (DAFx'05), Madrid, Spain, September 20-22, 2005.
73. Plack J.Christopher, Carlyon P.Robert, "The detection of differences in the depth of frequency modulation", J.Acoustic.Soc.Am.96 (1), July 1994.
74. Rapoport Eliezer, "Emotional Expression Code in Opera and Lied Singing
75. Raspaud Martin, Marchand Sylvain, Girin Laurent, "A generalized polynomial and sinusoidal model for partial tracking and time stretching", Proc. of the 8th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx'05), Madrid, Spain, September 20-22, 2005.
76. Roark Rick, "Frequency and Voice: Perspectives in the Time Domain", Journal of Voice, Vol.20, No.3, pp325-354, 2006.
77. Robel A., Rodet X., "Efficient spectral envelope estimation and its application to pitch shifting and envelope preservation", Proc.of the 8th Int.Conference on Digital Audio Effects (DAFx'05), Madrid, Spain, September 20-22, 2005.
78. Satar-Boroujeni Hamid, Shafai Bahram, "A robust algorithm for partial tracking of music signals", Proc. of the 8th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx'05), Madrid, Spain, September 20-22, 2005.
79. Schimmel M. Steven, Fitz R. Kelly, Atlas E. Les, "Frequency reassignment for coherent modulation filtering", ICASSP 2006.
80. Seashore Carl E., "The natural history of the vibrato proceedings of the national academy of science-VOL.17-December 15,1931-Number 12.
81. Seok Jongwon, Son Youngho, Bae Keunsung, "Comparison between DyWT- and EGG-based Estimation of Glottal Closure Instant for Speech Signal".

82. Shimodaira Hiroshi, Nakai Mitsuru, "Robust pitch detection by narrow band spectrum analysis".
83. Shonle I. John, Horan E. Kathryn, "The pitch of vibrato tones", *J.Acoustic.Soc.Am.*67(1), Jan. 1980.
84. Sussmann B. Robert, Kahrs Mark, "Analysis and resynthesis of musical instrument sounds using energy separation".
85. Timmers Renee and Peter Desain, "Vibrato: questions and answers from musicians and science".
86. Usui Shiro, Amidror Itzhak, "Digital Low-Pass Differentiation For Biological Signal Processing", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol.BME-29, No.10 October 1982.
87. Verma S.Tony, Meng H.Y. Teresa, "Time Scale Modification Using a Sines+Transients+Noise Signal Model".
88. Weihs Claus, Ligges Uwe, Guttner Jorg, Hasse-Becker Petra, Berghoff Sonja, "Classification and Clustering of Vocal Performances".
89. Weiss Rudolf, Brown W.S.Jr., Morris Jack, "Singer's Formant in Sopranos Fact or Fiction?", *Journal of Voice* Vol. 15, No. 4, pp. 457-468 © 2001
90. Yang Zhihua, Huang Daren, Yang Lihua, "A Novel Pitch Period Detection Algorithm Based on Hilbert-Huang Transform", S.Z.Li et al.(Eds): *Sinobiometrics 2004, LNCS 3338*, pp. 586-593, 2004. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΥΠΟΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α1: Πίνακες δειγμάτων κάθε τραγουδίστριας από την άσκηση και την άρια.....2

ΥΠΟΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α2: Πίνακες μετρήσεων συχνότητας και εύρους βιμπράτο των δειγμάτων της άσκησης και της άριας.....5

Πίνακας Α1.1: Ηχογραφημένα δείγματα ασκήσεως κάθε τραγουδίστριας – Φωνήεν /α/

/α/		ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)	ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ			ΕΛΑΦΡΙΕΣ		ΛΥΡΙΚΕΣ		
			1η	2η	3η	1η	2η	1η	2η	3η
NOTA										
A3	220,0	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B3	246,9	X			X	X	X	X		X
C4	261,6	X	X	X	X	X	X	X		
D4	293,7		X	X			X	X		
E4	329,6		X	X	X	X	X	X		
F4	349,2	X			X		X	X		
G4	392,0	X	X	X	X	X	X	X		X
A4	440,0						X	X		
B4	493,8	X	X	X	X	X	X	X		X
C5	523,3						X	X		
D5	587,3	X	X	X	X	X	X			X
E5	659,3						X	X		X
F5	698,5	X	X	X	X	X	X	X		X
G5	784,0	X	X	X		X	X	X		X
A5	880,0	X	X	X	X	X	X	X		X
B5	987,7				X	X	X	X		X
C6	1046,5				X	X		X		

Πίνακας Α1.2: Ηχογραφημένα δείγματα ασκήσεως κάθε τραγουδίστριας – Φωνήεν /ε/

/ε/		ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)	ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ			ΕΛΑΦΡΙΕΣ		ΛΥΡΙΚΕΣ		
			1η	2η	3η	1η	2η	1η	2η	3η
NOTA										
A3	220,0	X	X	X	X	X	X	X		X
B3	246,9	X			X	X	X	X		X
C4	261,6	X	X	X	X	X		X		
D4	293,7		X	X			X	X		
E4	329,6		X	X	X	X	X	X		
F4	349,2	X			X		X	X		
G4	392,0	X	X	X	X	X	X	X		X
A4	440,0						X	X		
B4	493,8	X	X	X	X	X	X	X		X
C5	523,3					X	X			
D5	587,3	X	X	X	X	X	X	X		X
E5	659,3						X	X		X
F5	698,5	X	X	X	X	X	X	X		X
G5	784,0	X		X		X	X	X		X
A5	880,0	X	X	X	X	X	X	X		X
B5	987,7				X	X		X		X
C6	1046,5				X			X		

Πίνακας Α1.3: Ηχογραφημένα δείγματα ασκήσεως κάθε τραγουδίστριας – Φωνήεν /ι/

/ι/	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)	ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ			ΕΛΑΦΡΙΕΣ		ΛΥΡΙΚΕΣ		
		1η	2η	3η	1η	2η	1η	2η	3η
NOTA									
A3	220,0	X	X	X	X	X		X	X
B3	246,9	X			X	X		X	X
C4	261,6	X	X	X	X	X	X	X	
D4	293,7		X	X			X	X	
E4	329,6		X	X	X	X	X	X	
F4	349,2	X			X		X	X	
G4	392,0	X	X	X	X	X	X	X	X
A4	440,0						X	X	
B4	493,8	X	X	X	X	X	X	X	X
C5	523,3					X	X		
D5	587,3	X	X	X	X	X	X	X	X
E5	659,3						X	X	X
F5	698,5	X	X	X	X	X	X	X	X
G5	784,0	X		X		X	X	X	X
A5	880,0	X	X	X	X	X		X	X
B5	987,7				X	X		X	
C6	1046,5				X			X	

Πίνακας Α1.4: Ηχογραφημένα δείγματα ασκήσεως κάθε τραγουδίστριας – Φωνήεν /ο/

/ο/	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)	ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ			ΕΛΑΦΡΙΕΣ		ΛΥΡΙΚΕΣ		
		1η	2η	3η	1η	2η	1η	2η	3η
NOTA									
A3	220,0	X	X	X	X	X	X	X	X
B3	246,9				X	X	X	X	X
C4	261,6	X	X	X	X	X	X	X	
D4	293,7		X	X			X	X	
E4	329,6		X	X	X	X	X	X	
F4	349,2	X			X		X	X	
G4	392,0	X	X	X	X	X	X	X	X
A4	440,0						X	X	
B4	493,8	X	X	X	X	X	X	X	X
C5	523,3					X	X		
D5	587,3	X	X	X	X	X	X	X	X
E5	659,3						X	X	X
F5	698,5	X	X	X	X	X	X	X	X
G5	784,0	X		X		X	X	X	X
A5	880,0	X	X	X	X	X	X	X	X
B5	987,7				X	X		X	
C6	1046,5				X			X	

Πίνακας Α1.5: Ηχογραφημένα δείγματα ασκήσεως κάθε τραγουδίστριας – Φωνήεν /ου/

/ου/	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)	ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ			ΕΛΑΦΡΙΕΣ		ΛΥΡΙΚΕΣ		
		1η	2η	3η	1η	2η	1η	2η	3η
NOTA									
A3	220,0	X	X	X	X	X	X	X	X
B3	246,9	X			X	X	X	X	X
C4	261,6	X	X	X	X	X	X	X	
D4	293,7		X	X			X	X	
E4	329,6		X	X	X	X	X	X	
F4	349,2	X			X		X	X	
G4	392,0	X	X	X	X	X	X	X	X
A4	440,0						X	X	
B4	493,8	X	X	X	X	X	X	X	X
C5	523,3					X	X		
D5	587,3	X	X	X	X	X	X	X	X
E5	659,3						X	X	X
F5	698,5	X	X	X	X	X	X	X	X
G5	784,0	X	X	X		X	X	X	X
A5	880,0	X	X	X	X	X	X	X	X
B5	987,7				X	X	X	X	
C6	1046,5				X			X	

Πίνακας Α1.6: Δείγματα (νότες) που απομονώθηκαν από την άρια. Τα δείγματα και ο αριθμός τους είναι ίδια για όλες τις τραγουδίστριες.

Φωνήεν	/α/ Μέτρο	/ε/ Μέτρο	/ι/ Μέτρο	/ο/ Μέτρο	/ου/ Μέτρο
Νότα	F4 2ο	F4 25ο	F5 19ο	C5 14ο	Ab5 17ο
	Ab4 6ο	Ab5 23ο	Ab4 9ο	Ab4 6ο	--
	Ab4 26ο	Eb5 4ο	--	Eb5 4ο	--
	Eb5 12ο	Eb5 14ο	--	--	--
	Eb5 24ο	Bb4 8ο	--	--	--

Πίνακας Α2.1: Μετρήσεις συχνότητας βιμπράτο δειγμάτων άσκησης - Φωνήεν /α/

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ /α/		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	5.44	6.08	5.11	5.54	5.43	5.42	5.04	5.30	5.89	5.67	5.78
B3	246.9	-----	6.02	-----	6.02	5.66	5.77	-----	5.72	5.88	5.89	5.89
C4	261.6	5.26	5.92	4.90	5.36	-----	5.17	-----	5.17	5.93	6.51	6.22
D4	293.7	5.32	-----	5.43	5.38	5.55	5.75	-----	5.65	-----	-----	-----
E4	329.6	5.17	-----	-----	5.17	5.52	6.06	-----	5.79	6.31	6.23	6.27
F4	349.2	-----	5.88	-----	5.88	5.63	5.70	-----	5.67	6.10	-----	6.10
G4	392.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	5.71	5.40	-----	5.56	-----	-----	-----
B4	493.8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	6.38	5.96	-----	6.17	-----	-----	-----
D5	587.3	5.12	5.70	5.62	5.48	6.19	-----	4.92	5.56	6.45	6.83	6.64
E5	659.3	-----	-----	5.41	5.41	6.56	7.58	4.93	6.36	-----	-----	-----
F5	698.5	5.37	5.64	5.54	5.52	6.84	6.91	5.17	6.31	5.95	6.34	6.14
G5	784.0	5.31	5.75	5.45	5.50	6.49	6.37	5.25	6.04	-----	5.62	5.62
A5	880.0	4.96	5.71	5.18	5.28	6.83	6.13	5.24	6.07	6.39	6.00	6.19
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	7.09	5.87	5.24	6.07	5.88	5.44	5.66
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	5.65	-----	5.65	6.26	6.28	6.27
M.O		5.24	5.84	5.33	5.50	6.14	5.98	5.11	5.80	6.10	6.08	6.07

Πίνακας Α2.2: Μετρήσεις συχνότητας βιμπράτο δειγμάτων άσκησης - Φωνήεν /ε/

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ /ε/		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	5.28	6.43	5.51	5.74	-----	5.52	-----	5.52	-----	-----	-----
B3	246.9	-----	6.29	-----	6.29	5.73	6.48	4.56	5.59	6.12	-----	6.12
C4	261.6	5.23	5.90	5.3	5.48	-----	-----	-----		5.91	6.07	5.99
D4	293.7	5.25	-----	5.24	5.25	5.4	5.81	-----	5.61	-----	-----	-----
E4	329.6	5.15	-----	5.19	5.17	5.92	6.26	-----	6.09	6.01	6.18	6.10
F4	349.2	-----	5.87	-----	5.87	6.12	6.26	-----	6.19	6.15	-----	6.15
G4	392.0	5.30	5.78	5.30	5.46	5.81	5.67	5.12	5.53	6.24	6.72	6.48
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	6.16	5.86	-----	6.01	-----	-----	-----
B4	493.8	5.21	5.74	5.57	5.51	6.27	5.67	5.29	5.74	6.04	7.30	6.67
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	6.22	-----	-----	6.22	-----	-----	-----
D5	587.3	5.20	5.97	5.63	5.60	6.57	6.00	4.81	5.79	6.19	6.53	6.36
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	6.61	5.65	4.98	5.75	-----	-----	-----
F5	698.5	5.34	5.64	5.64	5.54	6.46	6.06	5.19	5.90	6.60	6.02	6.31
G5	784.0	-----	5.67	5.48	5.58	6.6	6.05	5.16	5.94	-----	6.04	6.04
A5	880.0	4.92	5.70	5.27	5.30	6.86	6.07	4.98	5.97	6.05	5.52	5.79
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	-----	5.49	5.31	5.40	6.26	-----	6.26
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	5.69	-----	5.69	6.09	-----	6.09
M.O		5.21	5.90	5.41	5.56	6.21	5.90	5.04	5.81	6.15	6.30	6.20

Πίνακας Α2.3: Μετρήσεις συχνότητας βιμπράτο δειγμάτων άσκησης - Φωνήεν /i/

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ /i/		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	5.22	3.79	5.32	4.78	-----	-----	4.70	4.70	-----	-----	----
B3	246.9	-----	-----	-----	-----	-----	6.08	4.87	5.48	5.73	-----	5.73
C4	261.6	5.09	5.90	5.17	5.39	5.63	5.65	-----	5.64	6.00	-----	6.00
D4	293.7	5.01	-----	4.89	4.95	5.58	6.18	-----	5.88	-----	-----	----
E4	329.6	5.13	-----	5.04	5.09	5.73	6.39	-----	6.06	6.33	-----	6.33
F4	349.2	-----	5.65	-----	5.65	5.74	6.17	-----	5.96	5.97	-----	5.97
G4	392.0	5.15	5.72	5.27	5.38	5.81	5.99	4.83	5.54	6.41	6.80	6.61
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	5.90	6.24	-----	6.07	-----	-----	----
B4	493.8	5.20	5.72	5.54	5.49	6.22	6.30	5.01	5.84	6.13	6.69	6.41
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	6.41	-----	-----	6.41	-----	-----	----
D5	587.3	5.46	5.93	5.63	5.67	6.28	6.13	4.51	5.64	5.89	6.10	6.00
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	6.47	5.65	4.89	5.67	-----	-----	----
F5	698.5	5.63	5.97	5.64	5.75	6.49	6.57	5.07	6.04	6.00	6.21	6.11
G5	784.0	-----	5.80	5.46	5.63	6.52	5.80	5.17	5.83	-----	5.50	5.50
A5	880.0	4.67	6.21	5.10	5.33	-----	5.69	5.20	5.45	6.08	5.77	5.93
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	-----	5.67	-----	5.67	5.88	5.93	5.91
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	5.62	-----	5.62	6.18	-----	6.18
M.O		5.17	5.63	5.31	5.37	6.07	6.01	4.92	5.74	6.05	6.14	6.05

Πίνακας Α2.4: Μετρήσεις συχνότητας βιμπράτο δειγμάτων άσκησης - Φωνήεν /o/

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ /o/		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	5.20	6.70	4.93	5.61	5.48	5.89	4.73	5.37	5.64	5.60	5.62
B3	246.9	-----	-----	-----	-----	5.71	-----	4.83	5.27	5.97	6.10	6.04
C4	261.6	5.25	5.97	5.08	5.43	6.13	-----	-----	6.13	6.11	-----	6.11
D4	293.7	5.51	-----	5.16	5.34	5.94	5.74	-----	5.84	-----	-----	----
E4	329.6	5.39	-----	5.40	5.40	5.77	6.86	-----	6.32	5.92	5.07	5.50
F4	349.2	-----	5.93	-----	5.93	5.71	5.70	-----	5.71	-----	-----	----
G4	392.0	5.16	5.78	5.16	5.37	5.46	5.70	5.22	5.46	5.99	7.31	6.65
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	6.11	6.01	-----	6.06	-----	-----	----
B4	493.8	5.26	5.71	5.57	5.51	6.40	5.45	5.21	5.69	6.28	7.34	6.81
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	6.54	-----	-----	6.54	-----	-----	----
D5	587.3	5.30	5.75	5.74	5.60	6.40	5.96	4.62	5.66	6.07	6.79	6.43
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	6.49	6.95	5.15	6.20	-----	-----	----
F5	698.5	5.42	5.75	5.57	5.58	6.34	6.55	5.06	5.98	6.62	6.26	6.44
G5	784.0	-----	-----	5.44	5.44	6.62	6.35	5.33	6.10	-----	5.49	5.49
A5	880.0	5.04	5.89	5.26	5.40	6.64	6.34	5.24	6.07	6.43	6.06	6.25
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	-----	5.62	-----	5.62	6.17	5.94	6.06
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	5.45	-----	5.45	5.78	-----	5.78
M.O		5.28	5.94	5.33	5.51	6.12	6.04	5.04	5.85	6.09	6.20	6.10

Πίνακας Α2.5: Μετρήσεις συχνότητας βιμπράτο δειγμάτων άσκησης - Φωνήεν /ου/

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ /ου/		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	5.62	6.22	4.70	5.51	5.41	5.52	4.97	5.30	5.72	5.74	5.73
B3	246.9	-----	6.29	-----	6.29	5.62	5.46	-----	5.54	6.33	-----	6.33
C4	261.6	5.20	-----	5.03	5.12	5.9	5.22	-----	5.56	5.80	5.92	5.86
D4	293.7	5.30	-----	5.11	5.21	5.49	6.12	-----	5.81	-----	-----	-----
E4	329.6	5.31	-----	5.07	5.19	5.68	5.93	-----	5.81	6.10	-----	6.10
F4	349.2	-----	-----	-----	-----	5.83	5.66	-----	5.75	6.66	-----	6.66
G4	392.0	5.14	6.08	5.09	5.44	6.21	6.12	4.90	5.74	6.22	6.55	6.39
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	5.54	5.83	-----	5.69	-----	-----	-----
B4	493.8	5.16	5.60	5.27	5.34	6.00	5.25	5.33	5.53	6.20	6.53	6.37
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	6.15	-----	-----	6.15	-----	-----	-----
D5	587.3	5.50	5.95	5.47	5.64	6.49	5.54	4.68	5.57	6.13	6.89	6.51
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	6.61	6.26	5.00	5.96	-----	-----	-----
F5	698.5	5.29	5.66	5.57	5.51	6.18	6.38	5.18	5.91	6.27	6.27	6.27
G5	784.0	5.23	-----	5.51	5.37	6.86	5.82	5.08	5.92	-----	5.82	5.82
A5	880.0	5.12	5.80	5.00	5.31	6.71	5.99	5.14	5.95	6.00	5.07	5.54
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	7.14	5.87	-----	6.51	6.17	6.13	6.15
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	5.67	-----	5.67	6.08	-----	6.08
M.O		5.29	5.94	5.18	5.45	6.11	5.79	5.04	5.78	6.14	6.10	6.14

Πίνακας Α2.6: Μετρήσεις συχνότητας βιμπράτο δειγμάτων άριας
Όλα τα φωνήεντα

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (Hz)			ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ			
Χρόνος εκτέλεσης άριας (tempo)			1η	2η	3η		1η	2η	3η		1η	2η		
			1m46s	1m45s	2m22s		1m30s	1m54s	2m18s		1m47s	2m04s		
Νότα	Μέτρο	Hz	/α/			M.O	/α/			M.O	/α/			M.O
F4	2ο	349.2	5.89	5.87	5.80	5.85	5.45	6.58	5.66	5.90	6.32	6.72	6.52	
Ab4	6ο	415.3	5.34	5.79	5.95	5.69	6.12	6.36	5.85	6.11	5.98	6.65	6.32	
Ab4	26ο	415.3	5.37	5.62	5.61	5.53	5.52	5.95	5.40	5.62	6.18	6.93	6.55	
Eb5	12ο	622.3	5.30	5.72	5.79	5.60	6.13	6.04	5.47	5.88	6.30	6.32	6.31	
Eb5	24ο	622.3	5.40	5.59	5.70	5.56	6.41	5.92	5.37	5.90	6.06	6.44	6.25	
M.O			5.46	5.718	5.77	5.65	5.93	6.17	5.55	5.88	6.17	6.61	6.39	
Νότα	Μέτρο	Hz	/ε/			M.O	/ε/			M.O	/ε/			M.O
F4	25ο	349.2	5.59	5.48	5.98	5.68	5.98	6.39	5.54	5.97	6.35	7.26	6.80	
Bb4	8ο	466.2	5.24	5.6	5.95	5.60	5.58	6.02	5.63	5.74	6.25	6.61	6.43	
Eb5	4ο	622.3	5.22	5.67	5.94	5.61	6.35	6.19	5.48	6.01	-----	6.01	6.01	
Eb5	14ο	622.3	5.31	5.86	5.87	5.68	6.32	5.85	5.43	5.87	-----	6.19	6.19	
Ab5	23ο	830.6	5.46	5.93	5.56	5.65	6.75	5.73	5.51	6.00	6.27	6.34	6.30	
M.O			5.36	5.71	5.86	5.64	6.20	6.03	5.52	5.92	6.29	6.482	6.35	
Νότα	Μέτρο	Hz	/ι/			M.O	/ι/			M.O	/ι/			M.O
Ab4	9ο	415.3	5.47	6.11	5.6	5.73	5.78	6.48	5.83	6.03	6.40	6.61	6.51	
F5	19ο	698.5	5.23	5.82	5.66	5.57	6.57	6.16	5.35	6.03	6.18	6.28	6.23	
M.O				5.82	5.66	5.57	6.57	6.16	5.35	6.03	6.18	6.28	6.37	
Νότα	Μέτρο	Hz	/ο/			M.O	/ο/			M.O	/ο/			M.O
Ab4	6ο	415.3	5.38	5.83	5.57	5.59	5.59	6.48	5.80	5.96	6.16	6.42	6.29	
C5	14ο	523.3	5.44	5.82	5.80	5.69	5.79	5.87	5.72	5.79	6.18	6.92	6.55	
Eb5	4ο	622.3	-----	5.9	6.00	6.00	6.31	7.28	5.40	6.33	6.51	6.01	6.26	
M.O				5.85	5.79	5.76	5.90	6.54	5.64	6.03	6.28	6.45	6.37	
Νότα	Μέτρο	Hz	/ου/			M.O	/ου/			M.O	/ου/			M.O
Ab5	17ο	830.6	-----	6.08	5.60	5.60	6.69	5.47	5.63	5.93	6.24	6.14	6.19	

Πίνακας Α2.7: Μετρήσεις εύρους βιμπράτο (cents) δειγμάτων άσκησης - Φωνήεν /α/

ΕΥΡΟΣ /α/ (+/-)cents		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	13.0	12.8	28.1	18.0	21.3	19.7	20.2	20.4	7.0	8.2	7.6
B3	246.9	-----	12.8	-----	12.8	18.7	11.3	-----	15.0	16.5	15.0	15.8
C4	261.6	22.8	14.4	33	23.4	-----	9.4	-----	9.4	19.6	11.9	15.8
D4	293.7	16.9	-----	41	28.8	20.9	13.3	-----	17.1	-----	-----	-----
E4	329.6	20.3	-----	34	27.4	15.9	14.3	-----	15.1	15.9	15.9	15.9
F4	349.2	-----	20.0	-----	20.0	17.7	12.7	-----	15.2	11.7	-----	11.7
G4	392.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	27.8	13.9	-----	20.9	-----	-----	-----
B4	493.8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	37.3	20.6	-----	29.0	-----	-----	-----
D5	587.3	32.4	26.8	39.6	32.9	30.4	-----	16.2	23.3	17.3	26.2	21.8
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	29.3	7.8	14.1	17.1	-----	-----	-----
F5	698.5	18.1	34.5	40.4	31.0	47.9	11.4	38.0	32.4	11.6	33.9	22.8
G5	784.0	26.4	28.6	38	31.1	43.4	13.2	34.6	30.4	-----	19.3	19.3
A5	880.0	16.8	28.5	45.0	30.1	43.7	16.5	22.3	27.5	9.7	12.2	11.0
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	40.7	14.4	36.1	30.4	16.0	8.3	12.2
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	10.1	-----	10.1	16.2	13.4	14.8
M.O		20.8	22.3	37.4	25.5	30.4	13.5	25.9	20.9	14.2	16.4	15.3

Πίνακας Α2.8: Μετρήσεις εύρους βιμπράτο (cents) δειγμάτων άσκησης - Φωνήεν /ε/

ΕΥΡΟΣ /ε/ (+/-)cents		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	17.9	11.2	25	18.0	-----	18.3	-----	18.3	-----	-----	-----
B3	246.9	-----	8.6	-----	8.6	5.7	12.6	13.5	10.6	11.4	-----	11.4
C4	261.6	12.7	23.8	26	20.7	-----	-----	-----	-----	11.4	14.6	13.0
D4	293.7	24.7	-----	40	32.3	15.0	9.5	-----	12.3	-----	-----	-----
E4	329.6	21.1	-----	33	27.1	19.7	14.4	20.1	18.1	15.7	11.3	13.5
F4	349.2	-----	22.6	-----	22.6	22.5	14.4	-----	18.5	9.9	-----	9.9
G4	392.0	23.8	34.9	34.2	31.0	20.9	10.8	16.4	16.0	12.8	7.7	10.3
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	28.4	11.7	-----	20.1	-----	-----	-----
B4	493.8	25.8	26.1	38.0	30.0	24.7	10.0	25.9	20.2	12.9	22.6	17.8
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	22.6	-----	-----	22.6	-----	-----	-----
D5	587.3	24.3	29.3	39.1	30.9	40.4	15.4	15.3	23.7	13.5	24.6	19.05
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	28.7	13.3	-----	21.0	-----	-----	-----
F5	698.5	31.2	31.2	43.3	35.2	34.1	16.2	35.9	28.7	16.8	28.0	22.4
G5	784.0	-----	31.6	36	34.0	36.1	13.0	33.5	27.5	-----	22.3	22.3
A5	880.0	20.7	26.2	42.5	29.8	42.8	13.1	26.5	27.5	6.7	10.2	8.5
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	-----	15.6	31.0	23.3	15.5	-----	15.5
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	13.3	-----	13.3	14.0	-----	14.0
M.O		22.5	24.6	35.7	26.7	26.3	13.4	24.2	20.1	12.8	17.7	14.8

Πίνακας Α2.9: Μετρήσεις εύρους βιμπράτο (cents) δειγμάτων άσκησης
Φωνήεν /ι/

ΕΥΡΟΣ /ι/ (+/-)cents		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M,O	1η	2η	3η	M,O	1η	2η	M,O
A3	220.0	18.4	10.4	22	17.0	-----	-----	15.3	15.3	-----	-----	
B3	246.9	-----	-----	-----	-----	-----	15.8	16.0	15.9	10.5	-----	10.5
C4	261.6	23.8	21.0	22	22.4	21.1	13.8	-----	17.5	10.1	-----	10.1
D4	293.7	19.5	-----	33	26.0	21.6	13.4	-----	17.5	-----	-----	
E4	329.6	25.2	-----	34	29.5	23.1	12	-----	17.6	13.4	-----	13.4
F4	349.2	-----	26.1	-----	26.1	27.0	11.8	-----	19.4	10.4	-----	10.4
G4	392.0	23.7	36.5	23.8	28.0	31.1	11.6	20.3	21.0	8.5	11.6	10.05
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	26.1	10.2	-----	18.2	-----	-----	
B4	493.8	26.6	28.2	37.3	30.7	34.4	9.5	25.4	23.1	12.0	25.4	18.7
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	27.0	-----	-----	27.0	-----	-----	
D5	587.3	25.1	30.7	35.6	30.5	35.8	10.6	12.9	19.8	13.5	24.0	18.8
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	42.5	14.3	17.8	24.9	-----	-----	
F5	698.5	24.7	29.8	43.7	32.7	43.5	19.0	33.6	32.0	10.3	25.3	17.8
G5	784.0	-----	28.7	36	32.3	45.0	12.4	29.4	28.9	-----	11.9	11.9
A5	880.0	14.8	23.5	41	26.5	-----	12.7	31.8	22.3	7.9	10.6	9.25
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	-----	15.8	-----	15.8	11.7	12.3	12.0
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	18.5	-----	18.5	9.0	-----	9.0
M.O		22.4	26.1	32.8	27.4	31.5	13.4	22.5	20.9	10.7	17.3	12.7

Πίνακας Α2.10: Μετρήσεις εύρους βιμπράτο (cents) δειγμάτων άσκησης
Φωνήεν /ο/

ΕΥΡΟΣ /ο/ (+/-) cents		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	16.8	5.1	23.3	15.1	30.5	14.0	15.8	20.1	7.0	5.5	6.3
B3	246.9	-----	-----	-----	-----	28.7	-----	20.5	24.6	16.9	27.9	22.4
C4	261.6	18.7	8.1	26.6	17.8	25.7	-----	-----	25.7	7.7	-----	7.7
D4	293.7	22.3	-----	38.3	30.3	22.1	13.5	-----	17.8	-----	-----	-----
E4	329.6	24.7	-----	45.0	34.9	22.3	13.2	-----	17.8	10.1	6.7	8.4
F4	349.2	-----	17.9	-----	17.9	18.1	12.4	-----	15.3	-----	-----	-----
G4	392.0	19.4	31.2	26.3	25.6	21.0	11.8	16.3	16.4	8.0	10.8	9.4
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	24.7	14.1	-----	19.4	-----	-----	-----
B4	493.8	25.7	27.1	35.2	29.3	37.0	14.3	22.7	24.7	12.7	24.1	18.4
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	36.1	-----	-----	36.1	-----	-----	-----
D5	587.3	32.5	25.9	33.5	30.6	43.6	5.1	14.0	20.9	12.8	19.4	16.1
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	45.9	9.1	17.1	24.0	-----	-----	-----
F5	698.5	18.3	26.2	42.9	29.1	37.7	12.2	33.1	27.7	15.0	21.4	18.2
G5	784.0	-----	-----	35.8	35.8	39.4	14.4	37.1	30.3	-----	19.4	19.4
A5	880.0	25.6	27.6	47.7	33.6	40.2	13.2	30.4	27.9	15.9	13.5	14.7
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	-----	15.6	-----	15.6	14.8	15.6	15.2
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	11.6	-----	11.6	17.4	-----	17.4
M.O		22.7	21.1	35.5	27.3	31.5	12.5	23.0	22.1	12.6	16.4	14.5

Πίνακας Α2.11: Μετρήσεις εύρους βιμπράτο (cents) δειγμάτων άσκησης
Φωνήεν /ου/

ΕΥΡΟΣ /ου/ (+/-) cents		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νοτα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	12.4	10.4	21.2	14.7	17.6	22.7	18.7	19.7	7.2	5.6	6.4
B3	246.9	-----	16.3	-----	16.3	22.2	13.0	-----	17.6	15.1	-----	15.1
C4	261.6	19.7	-----	24.6	22.2	26.4	12.4	-----	19.4	11.7	12.6	12.2
D4	293.7	20.6	-----	30.9	25.8	27.2	14.5	-----	20.9	-----	-----	-----
E4	329.6	22.0	-----	34.9	28.5	21.3	11.5	-----	16.4	5.9	-----	5.9
F4	349.2	-----	-----	-----	-----	22.1	13.5	-----	17.8	10.3	-----	10.3
G4	392.0	18.1	24.7	27.9	23.6	28.2	12.2	17.2	19.2	13.2	17.0	15.1
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	26.5	14.5	-----	20.5	-----	-----	-----
B4	493.8	27.3	22.8	31.5	27.2	32.7	10.5	23.7	22.3	11.3	24.8	18.1
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	34.2	-----	-----	34.2	-----	-----	-----
D5	587.3	23.2	22.0	36.3	27.2	35.6	11.7	19.7	22.3	10.1	15.4	12.8
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	35.0	12.4	14.8	20.7	-----	-----	-----
F5	698.5	19.5	31.6	39.4	30.2	42.7	14.3	31.5	29.5	13.3	19.2	16.3
G5	784.0	25.6	-----	33.5	29.6	32.0	10.3	30.8	24.4	-----	21.8	21.8
A5	880.0	23.0	22.2	39.3	28.2	39.1	11.1	35.8	28.7	10.5	8.1	9.3
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	33.3	14.8	-----	24.1	10.4	12.7	11.6
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	10.5	-----	10.5	14.2	-----	14.2
M.O		21.1	21.4	32.0	24.8	29.8	13.1	24.0	21.7	11.1	15.2	13.0

Πίνακας Α2.12: Μετρήσεις εύρους βιμπράτο (cents) δειγμάτων άριας.
Όλα τα φωνήεντα

ΕΥΡΟΣ (+/-) cents			ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ			ΛΥΡΙΚΕΣ			ΕΛΑΦΡΙΕΣ					
			1η	2η	3η		1η	2η	3η		1η	2η		
Χρόνος εκτέλεσης άριας (tempo)			1m 46s	1m45s	2m22s		1m30s	1m54s	2m18s		1m47s	2m04s		
Νότα	Μέτρο	Hz	/α/			M.O	/α/			M.O	/α/			M.O
F4	2ο	349.2	30.2	45.6	44.3	40.0	36.8	35.3	34.5	34.9	35.0	21.2	28.1	
Ab4	6ο	415.3	32.4	36.3	47.8	38.8	32.1	31.6	35.8	33.7	36.4	30.1	33.3	
Ab4	26ο	415.3	34.6	25.4	33.8	31.3	15.7	18.4	30.9	24.7	33.1	16.0	24.6	
Eb5	12ο	622.3	45.5	29.6	60.2	45.1	49.6	34.4	41.1	37.8	40.7	39.1	39.9	
Eb5	24ο	622.3	35.7	35.3	44.0	38.3	36.5	23.3	43.7	33.5	40.0	34.2	37.1	
M.O			35.7	34.4	46.0	38.7	34.1	28.6	37.2	32.9	37.0	28.1	32.6	
Νότα	Μέτρο	Hz	/ε/			M.O	/ε/			M.O	/ε/			M.O
F4	25ο	349.2	37.2	35.7	39.9	37.6	28.4	23.7	44.1	33.9	28.2	16.6	22.4	
Bb4	8ο	466.2	47.5	30.8	56.2	44.8	17.8	29.4	38.9	34.2	34.7	26.6	30.7	
Eb5	4ο	622.3	38.0	34.3	57.2	43.2	54.0	36.8	55.5	46.2	-----	42.2	42.2	
Eb5	14ο	622.3	42.3	39.5	57.9	46.6	42.3	29.8	47.8	38.8	????	27.8	27.8	
Ab5	23ο	830.6	49.3	37.2	45.2	43.9	55.5	21.7	43.6	32.7	41.0	22.9	32.0	
M.O			42.9	35.5	51.3	43.2	39.6	28.3	46.0	37.1	????	27.2	31.0	
Νότα	Μέτρο	Hz	/ι/			M.O	/ι/			M.O	/ι/			M.O
Ab4	9ο	415.3	40.4	41.4	47.2	43.0	34.7	35.2	51.5	43.4	38.0	25.0	31.5	
F5	19ο	698.5	38.7	23.0	35.2	32.3	49.9	22.8	41.5	32.2	33.0	33.1	33.1	
M.O			39.6	32.2	41.2	37.7	42.3	29.0	46.5	37.8	35.5	29.1	32.3	
Νότα	Μέτρο	Hz	/ο/			M.O	/ο/			M.O	/ο/			M.O
Ab4	6ο	415.3	37.5	38.1	57.9	44.5	24.2	30.8	41.6	36.2	40.6	27.4	34.0	
C5	14ο	523.3	47.6	27.6	53.0	42.7	40.4	30.0	37.9	34.0	43.3	35.3	39.3	
Eb5	4ο	622.3	-----	28.9	54.8	54.8	36.8	27.8	54.3	41.1	54.6	41.9	48.3	
M.O			?????	31.5	55.2	47.3	33.8	29.5	44.6	37.1	46.2	34.9	40.5	
Νότα	Μέτρο	Hz	/ου/			M.O	/ου/			M.O	/ου/			M.O
Ab5	17ο	830.6	-----	28.5	52.8	52.8	48.4	30.5	48.8	39.7	43.1	30.5	36.8	

Πίνακας Α2.13: Μετρήσεις εύρους βιμπράτο (Df/f_0) δειγμάτων άσκησης - Φωνήεν /α/

ΕΥΡΟΣ /α/ (Df/f_0)		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	0.03	0.03	0.08	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.02	0.02	0.02
B3	246.9	-----	0.03	-----	0.03	0.05	0.03	-----	0.04	0.04	0.04	0.04
C4	261.6	0.06	0.04	0.09	0.06		0.03	-----	0.03	0.05	0.03	0.04
D4	293.7	0.05	-----	0.11	0.08	0.06	0.04	-----	0.05	-----	-----	-----
E4	329.6	0.05	-----	0.09	0.07	0.04	0.04	-----	0.04	0.04	0.04	0.04
F4	349.2	-----	0.05	-----	0.05	0.05	0.03	-----	0.04	0.03	-----	0.03
G4	392.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	0.08	0.04	-----	0.06	-----	-----	-----
B4	493.8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	0.10	0.06	-----	0.08	-----	-----	-----
D5	587.3	0.09	0.07	0.11	0.09	0.08	-----	0.04	0.06	0.05	0.07	0.06
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	0.08	0.02	0.04	0.05	-----	-----	-----
F5	698.5	0.05	0.09	0.11	0.08	0.13	0.03	0.10	0.09	0.03	0.09	0.06
G5	784.0	0.07	0.08	0.10	0.08	0.12	0.04	0.09	0.08	-----	0.05	0.05
A5	880.0	0.05	0.08	0.12	0.08	0.12	0.04	0.06	0.07	0.03	0.03	0.03
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	0.11	0.04	0.10	0.08	0.04	0.02	0.03
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	0.03	-----	0.03	0.04	0.04	0.04
M.O		0.06	0.06	0.10	0.07	0.08	0.04	0.07	0.06	0.04	0.04	0.04

Πίνακας Α2.14: Μετρήσεις εύρους βιμπράτο (Df/f_0) δειγμάτων άσκησης - Φωνήεν /ε/

ΕΥΡΟΣ /ε/ (Df/f_0)		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	0.05	0.03	0.07	0.05	-----	0.05	-----	0.05	-----	-----	-----
B3	246.9	-----	0.02	-----	0.02	0.06	0.03	0.04	0.04	0.03	-----	0.03
C4	261.6	0.03	0.06	0.07	0.05	-----	-----	-----	-----	0.03	0.04	0.04
D4	293.7	0.07	-----	0.11	0.09	0.04	0.03	-----	0.04	-----	-----	-----
E4	329.6	0.06	-----	0.09	0.08	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03	0.04
F4	349.2	-----	0.06	-----	0.06	0.06	0.04	-----	0.05	0.03	-----	0.03
G4	392.0	0.06	0.10	0.09	0.08	0.06	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.03
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	0.08	0.03	-----	0.06	-----	-----	-----
B4	493.8	0.07	0.07	0.10	0.08	0.07	0.03	0.07	0.06	0.03	0.06	0.05
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	0.06	-----	-----	0.06	-----	-----	-----
D5	587.3	0.07	0.08	0.11	0.09	0.11	0.04	0.04	0.06	0.04	0.07	0.06
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	0.08	0.04	-----	0.06	-----	-----	-----
F5	698.5	0.08	0.08	0.12	0.09	0.09	0.04	0.10	0.08	0.05	0.08	0.07
G5	784.0	-----	0.09	0.10	0.10	0.10	0.03	0.09	0.07	-----	0.06	0.06
A5	880.0	0.06	0.07	0.12	0.08	0.12	0.04	0.07	0.08	0.02	0.03	0.03
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	-----	0.04	0.08	0.06	0.04	-----	0.04
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	0.04	-----	0.04	0.04	-----	0.04
M.O		0.06	0.07	0.10	0.07	0.08	0.04	0.06	0.06	0.03	0.05	0.04

Πίνακας Α2.15: Μετρήσεις εύρους βιμπράτο (Df/f_0) δειγμάτων άσκησης - Φωνήεν /ι/

ΕΥΡΟΣ /ι/ (Df/f_0)		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	0.05	0.03	0.06	0.05	-----	-----	0.04	0.04	-----	-----	-----
B3	246.9	-----	-----	-----	-----	-----	0.04	0.04	0.04	0.03	-----	0.03
C4	261.6	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	-----	0.05	0.03	-----	0.03
D4	293.7	0.05	-----	0.09	0.07	0.06	0.04	-----	0.05	-----	-----	-----
E4	329.6	0.07	-----	0.09	0.08	0.06	0.03	-----	0.05	0.04	-----	0.04
F4	349.2	-----	0.07	-----	0.07	0.07	0.03	-----	0.05	0.03	-----	0.03
G4	392.0	0.06	0.10	0.06	0.07	0.08	0.03	0.05	0.05	0.02	0.03	0.03
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	0.07	0.03	-----	0.05	-----	-----	-----
B4	493.8	0.07	0.08	0.10	0.08	0.09	0.03	0.07	0.06	0.03	0.07	0.05
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	0.07	-----	-----	0.07	-----	-----	-----
D5	587.3	0.07	0.08	0.10	0.08	0.10	0.03	0.03	0.05	0.04	0.06	0.05
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	0.12	0.04	0.05	0.07	-----	-----	-----
F5	698.5	0.07	0.08	0.12	0.09	0.12	0.05	0.09	0.09	0.03	0.07	0.05
G5	784.0	-----	0.08	0.10	0.09	0.12	0.03	0.08	0.08	-----	0.03	0.03
A5	880.0	0.04	0.06	0.11	0.07	-----	0.03	0.09	0.06	0.02	0.03	0.03
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	-----	0.04	-----	0.04	0.03	0.03	0.03
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	0.05	-----	0.05	0.02	-----	0.02
M.O		0.06	0.07	0.09	0.07	0.09	0.04	0.06	0.06	0.03	0.05	0.03

Πίνακας Α2.16: Μετρήσεις εύρους βιμπράτο (Df/f_0) δειγμάτων άσκησης - Φωνήεν /ο/

ΕΥΡΟΣ /ο/ (Df/f_0)		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	0.05	0.01	0.06	0.04	0.08	0.04	0.04	0.05	0.02	0.01	0.02
B3	246.9	-----	-----	-----	-----	0.08	-----	0.06	0.07	0.05	0.08	0.07
C4	261.6	0.05	0.02	0.10	0.05	0.07	-----	-----	0.07	0.02	-----	0.02
D4	293.7	0.06	-----	0.10	0.08	0.06	0.04	-----	0.05	-----	-----	-----
E4	329.6	0.07	-----	0.10	0.10	0.06	0.04	-----	0.05	0.03	0.02	0.03
F4	349.2	-----	0.05	-----	0.05	0.05	0.03	-----	0.04	-----	-----	-----
G4	392.0	0.05	0.08	0.07	0.07	0.06	0.03	0.04	0.04	0.02	0.03	0.03
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	0.07	0.04	-----	0.06	-----	-----	-----
B4	493.8	0.07	0.07	0.10	0.08	0.10	0.04	0.06	0.07	0.03	0.07	0.05
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	0.10	-----	-----	0.10	-----	-----	-----
D5	587.3	0.09	0.07	0.09	0.08	0.12	0.01	0.04	0.06	0.03	0.05	0.04
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	0.13	0.02	0.05	0.07	-----	-----	-----
F5	698.5	0.05	0.07	0.10	0.08	0.10	0.03	0.09	0.07	0.04	0.06	0.05
G5	784.0	-----	-----	0.10	0.10	0.11	0.04	0.10	0.08	-----	0.05	0.05
A5	880.0	0.07	0.07	0.10	0.09	0.11	0.04	0.08	0.08	0.04	0.03	0.04
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	-----	0.04	-----	0.04	0.04	0.04	0.04
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	0.03	-----	0.03	0.05	-----	0.05
M.O		0.06	0.06	0.10	0.07	0.09	0.03	0.06	0.06	0.03	0.04	0.04

Πίνακας Α2.17: Μετρήσεις εύρους βιμπράτο (Df/f_0) δειγμάτων άσκησης
Φωνήεν /ου/

ΕΥΡΟΣ /ου/ (Df/f_0)		ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ				ΛΥΡΙΚΕΣ				ΕΛΑΦΡΙΕΣ		
Νότα	(Hz)	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	3η	M.O	1η	2η	M.O
A3	220.0	0.03	0.03	0.06	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.02	0.02	0.02
B3	246.9	-----	0.04	-----	0.04	0.06	0.03	-----	0.05	0.04	-----	0.04
C4	261.6	0.05	-----	0.1	0.06	0.07	0.03	-----	0.05	0.03	0.03	0.03
D4	293.7	0.06	-----	0.1	0.07	0.07	0.04	-----	0.06	-----	-----	-----
E4	329.6	0.06	-----	0.1	0.08	0.06	0.03	-----	0.05	0.02	-----	0.02
F4	349.2	-----	-----	-----	-----	0.06	0.04	-----	0.05	0.03	-----	0.03
G4	392.0	0.05	0.07	0.08	0.07	0.08	0.03	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05
A4	440.0	-----	-----	-----	-----	0.07	0.04	-----	0.06	-----	-----	-----
B4	493.8	0.07	0.06	0.09	0.07	0.09	0.03	0.06	0.06	0.03	0.07	0.05
C5	523.3	-----	-----	-----	-----	0.09	-----	-----	0.09	-----	-----	-----
D5	587.3	0.06	0.06	0.10	0.07	0.10	0.03	0.05	0.06	0.03	0.04	0.04
E5	659.3	-----	-----	-----	-----	0.1	0.03	0.04	0.06	-----	-----	-----
F5	698.5	0.05	0.09	0.11	0.08	0.12	0.04	0.09	0.08	0.04	0.04	0.04
G5	784.0	0.07	-----	0.1	0.08	0.09	0.03	0.08	0.07	-----	0.06	0.06
A5	880.0	0.06	0.06	0.11	0.08	0.12	0.03	0.10	0.08	0.03	0.02	0.03
B5	987.7	-----	-----	-----	-----	0.09	0.04	-----	0.07	0.03	0.03	0.03
C6	1046.5	-----	-----	-----	-----	-----	0.03	-----	0.03	0.04	-----	0.04
M.O		0.06	0.06	0.09	0.07	0.08	0.04	0.07	0.06	0.03	0.04	0.04

Πίνακας Α2.18: Μετρήσεις εύρους βιμπράτο (Df/f_0) δειγμάτων άριας
Όλα τα φωνήεντα

ΕΥΡΟΣ ΒΙΜΠΡΑΤΟ (Df/f_0)			ΔΡΑΜΑΤΙΚΕΣ			ΛΥΡΙΚΕΣ			ΕΛΑΦΡΙΕΣ				
			1η	2η	3η	1η	2η	3η	1η	2η			
Χρόνος εκτέλεσης άριας (tempo)			1m 46s	1m45s	2m22s	1m30s	1m54s	2m18s	1m47s	2m04s			
Νότα	Μέτρο	Hz	/α/			M.O	/α/			M.O	/α/		M.O
F4	2ο	349.2	0.08	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10	0.06	0.08
Ab4	6ο	415.3	0.09	0.10	0.13	0.11	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.08	0.09
Ab4	26ο	415.3	0.09	0.07	0.09	0.08	0.04	0.05	0.08	0.07	0.09	0.04	0.07
Eb5	12ο	622.3	0.12	0.08	0.17	0.12	0.14	0.09	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11
Eb5	24ο	622.3	0.10	0.10	0.12	0.11	0.10	0.06	0.12	0.09	0.11	0.09	0.10
M.O			0.10	0.10	0.13	0.11	0.09	0.08	0.10	0.09	0.10	0.08	0.09
Νότα	Μέτρο	Hz	/ε/			M.O	/ε/			M.O	/ε/		M.O
F4	25ο	349.2	0.10	0.10	0.11	0.10	0.08	0.06	0.12	0.09	0.08	0.04	0.06
Bb4	8ο	466.2	0.13	0.08	0.16	0.12	0.05	0.08	0.11	0.10	0.09	0.07	0.08
Eb5	4ο	622.3	0.10	0.09	0.16	0.12	0.15	0.10	0.15	0.13	-----	0.12	0.12
Eb5	14ο	622.3	0.12	0.11	0.16	0.13	0.12	0.08	0.13	0.11	-----	0.08	0.08
Ab5	23ο	830.6	0.14	0.10	0.12	0.12	0.15	0.06	0.12	0.09	0.11	0.06	0.09
M.O			0.12	0.10	0.14	0.12	0.11	0.08	0.13	0.10	0.09	0.07	0.09
Νότα	Μέτρο	Hz	/ι/			M.O	/ι/			M.O	/ι/		M.O
Ab4	9ο	415.3	0.11	0.11	0.13	0.12	0.09	0.10	0.14	0.12	0.10	0.07	0.09
F5	19ο	698.5	0.11	0.06	0.10	0.09	0.14	0.06	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09
M.O			0.11	0.09	0.12	0.10	0.12	0.08	0.13	0.10	0.10	0.08	0.09
Νότα	Μέτρο	Hz	/ο/			M.O	/ο/			M.O	/ο/		M.O
Ab4	6ο	415.3	0.10	0.10	0.16	0.12	0.07	0.08	0.11	0.10	0.11	0.07	0.09
C5	14ο	523.3	0.13	0.07	0.15	0.12	0.11	0.08	0.10	0.09	0.12	0.10	0.11
Eb5	4ο	622.3	-----	0.08	0.15	0.12	0.10	0.08	0.15	0.12	0.15	0.11	0.13
M.O			0.12	0.08	0.15	0.12	0.09	0.08	0.12	0.10	0.13	0.09	0.11
Νότα	Μέτρο	Hz	/ου/			M.O	/ου/			M.O	/ου/		M.O
Ab5	17ο	830.6	-----	0.08	0.15	0.15	0.13	0.08	0.13	0.11	0.12	0.08	0.10

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Διαγράμματα μεταβολής εύρους βιμπράτο (extent), intonation και στάθμης ηχητικής πίεσης (db SPL) στο χρόνο (διάρκεια κάθε νότας) των δειγμάτων της άριας.

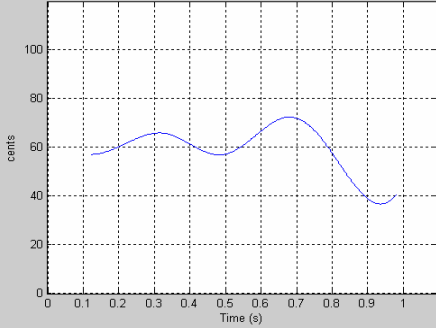
**1^H ΔΠΑΜΑΤΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/α/
intonation**

Extent

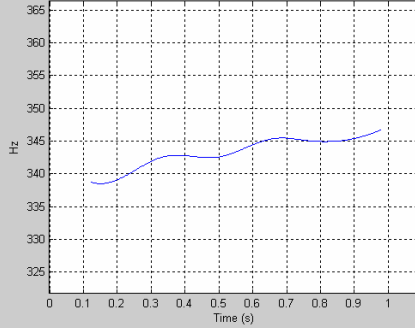
dB SPL

F4-2o m

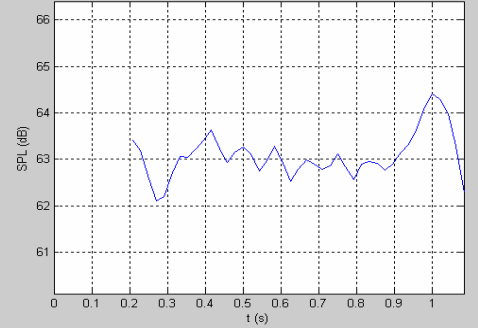
ratio extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-anna-a-Fa3-2o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-anna-a-Fa3-2o metro.wav

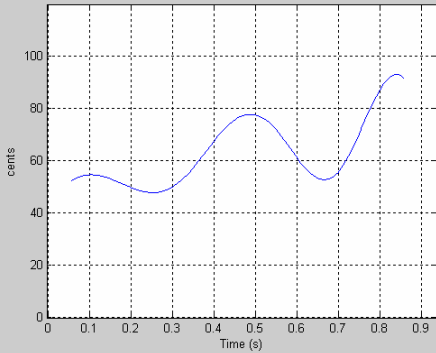


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-anna-a-Fa3-2o metro.wav

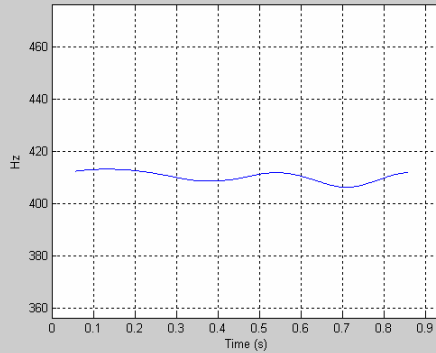


Ab4-6o m

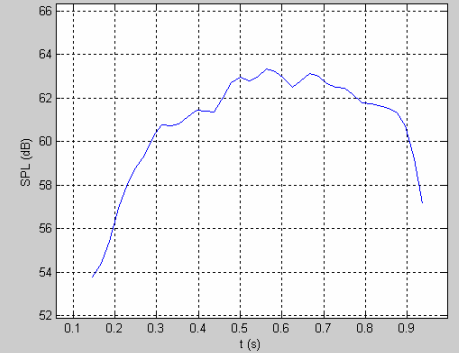
ratio extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-anna-a-Lab3-6o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-anna-a-Lab3-6o metro.wav

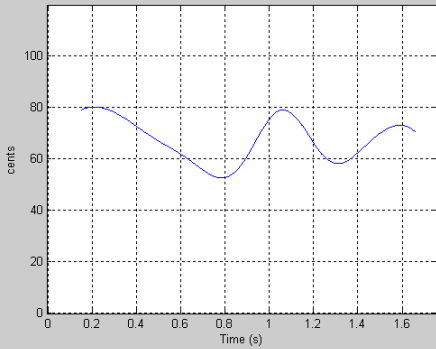


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-anna-a-Lab3-6o metro.wav

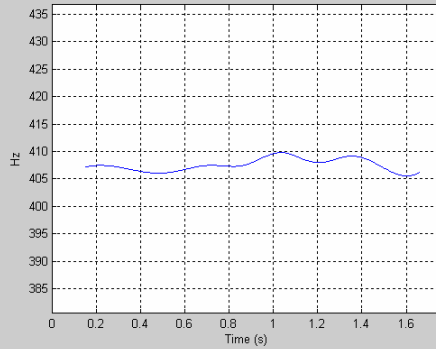


Ab4-26o m

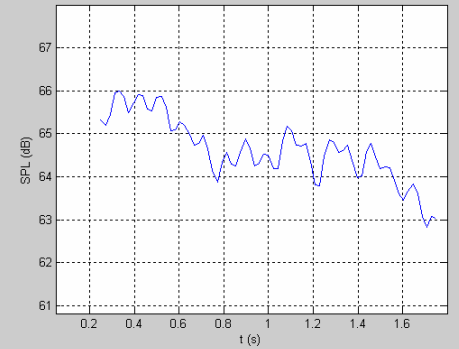
ratio extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-anna-a-Lab3-26o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-anna-a-Lab3-26o metro.wav

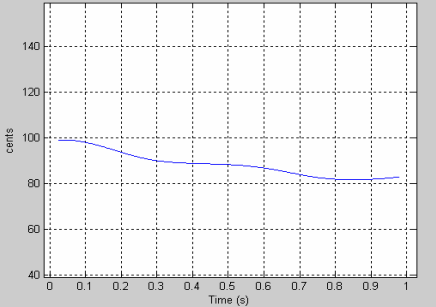


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-anna-a-Lab3-26o metro.wav

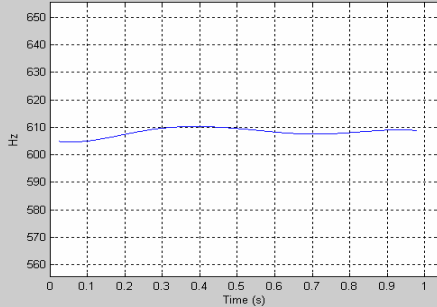


Eb5-12o m

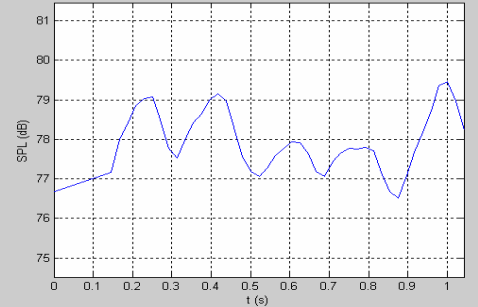
ratio extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-anna-a-Mib4-12o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-anna-a-Mib4-12o metro.wav

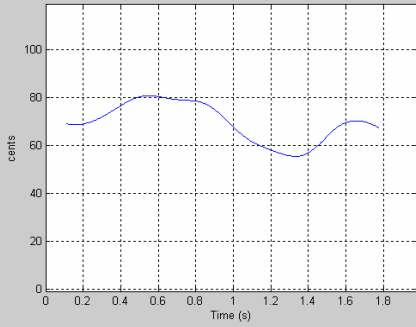


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-anna-a-Mib4-12o metro.wav

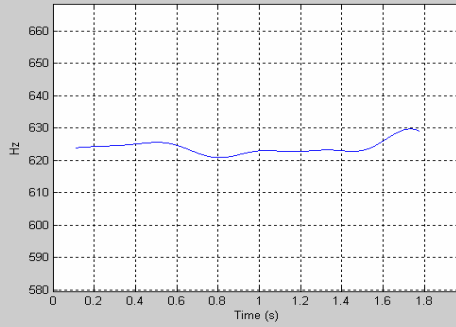


Eb5-24o m

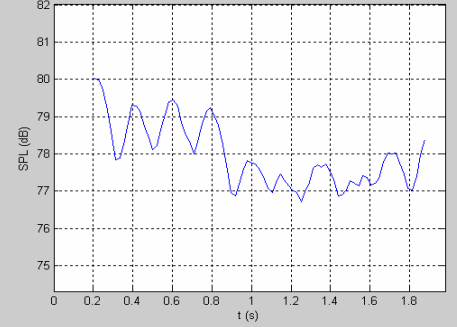
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-anna-a-Mib4-24c



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-anna-a-Mib4-24o metro wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-anna-a-Mib4-24o metro wav



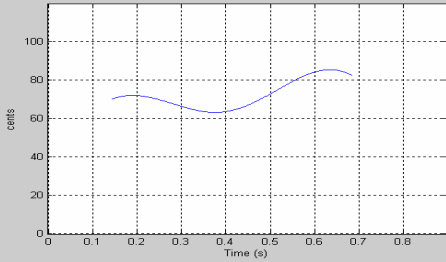
Extent

1^H ΔΡΑΜΑΤΙΚΗ-ΑΡΙΑ-ε/ Intonation

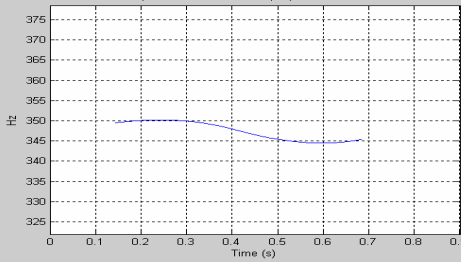
dB SPL

F4-25o m

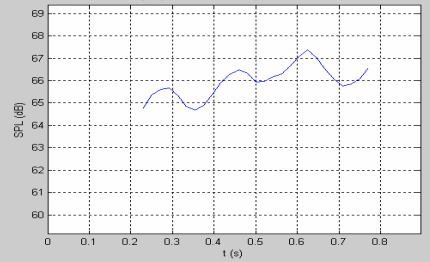
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-anna-e-Fa3-25o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-anna-e-Fa3-25o metro wav

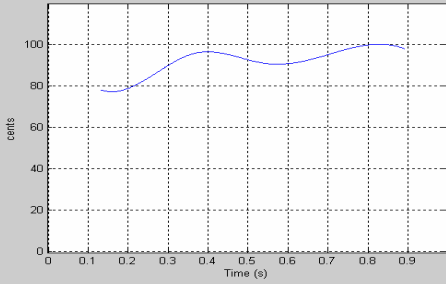


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-anna-e-Fa3-25o metro wav

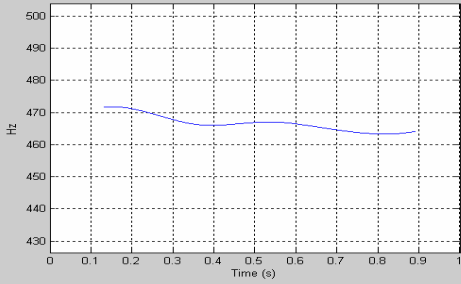


Bb4-8o m

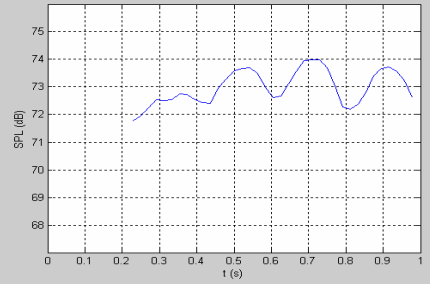
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-anna-e-Sib3-8o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-anna-e-Sib3-8o metro wav

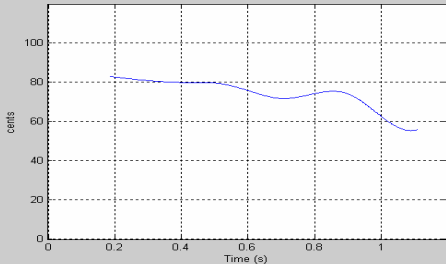


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-anna-e-Sib3-8o metro wav

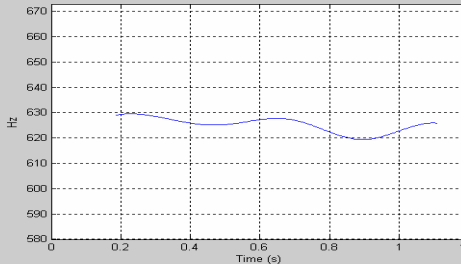


Eb5-4o m

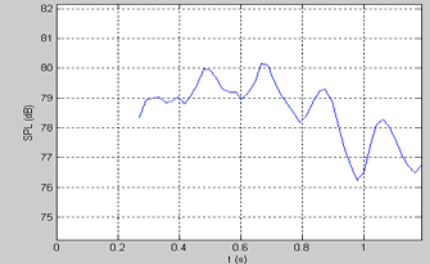
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-anna-e-Mib4-4o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-anna-e-Mib4-4o metro wav

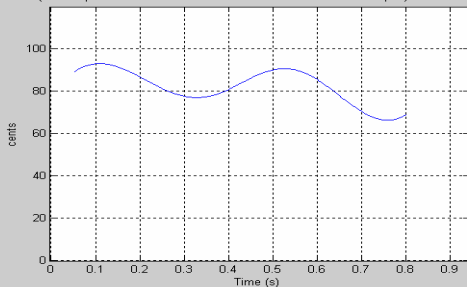


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-anna-e-Mib4-4o metro wav

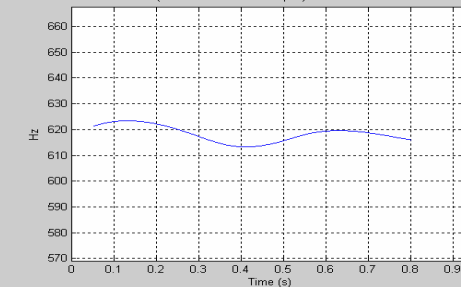


Eb5-14o m

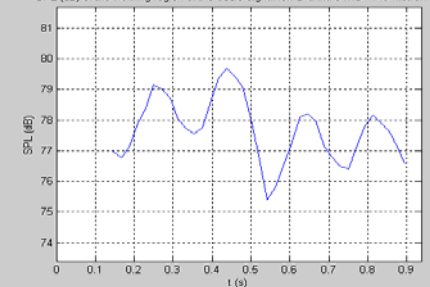
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-anna-e-Mib4-14c



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-anna-e-Mib4-14o metro wav

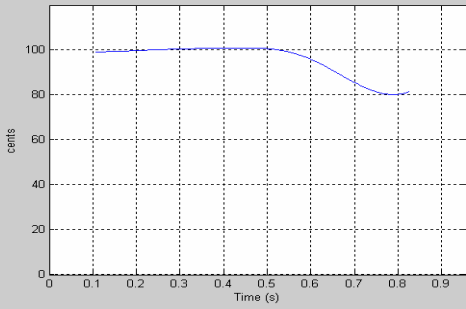


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-anna-e-Mib4-14o metro wav

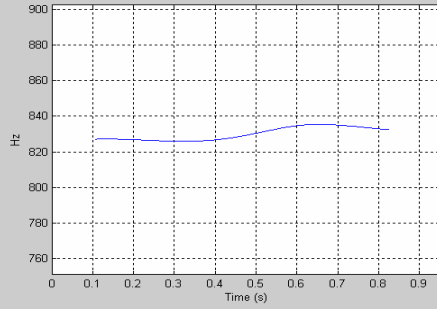


Ab5-23o m

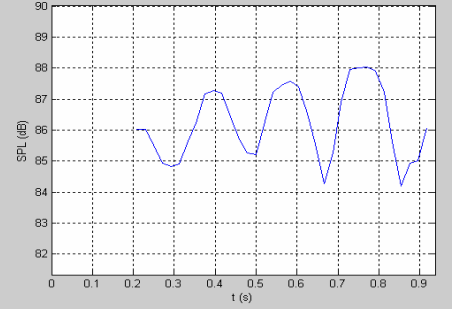
ratio extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-anna-e-Lab4-23o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-anna-e-Lab4-23o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-anna-e-Lab4-23o metro.wav



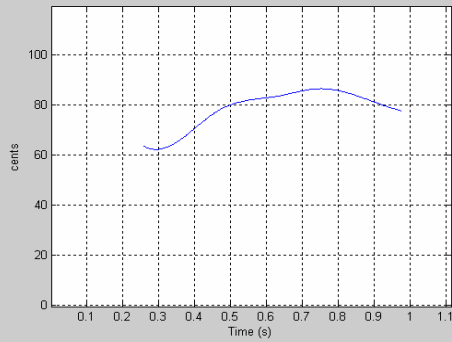
Extent

1^H ΔΡΑΜΑΤΙΚΗ-ΑΡΙΑ-ι/ Intonation

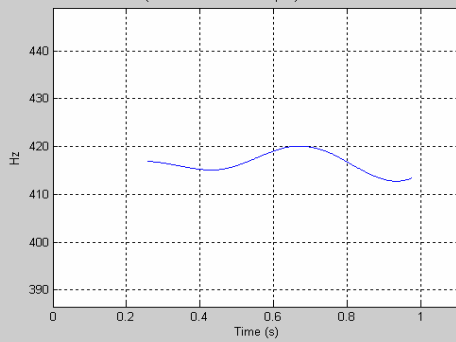
dB SPL

Ab4-9om

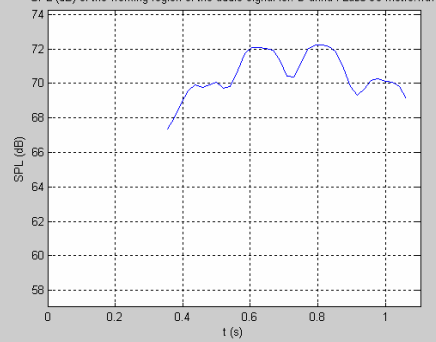
ratio extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-anna-i-Lab3-9o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-anna-i-Lab3-9o metro.wav

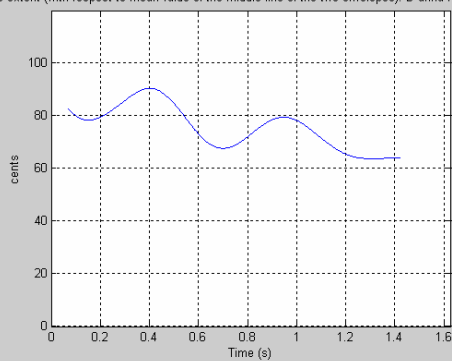


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-anna-i-Lab3-9o metro.wav

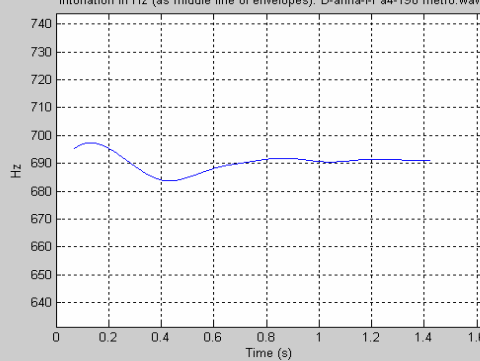


F5-19o m

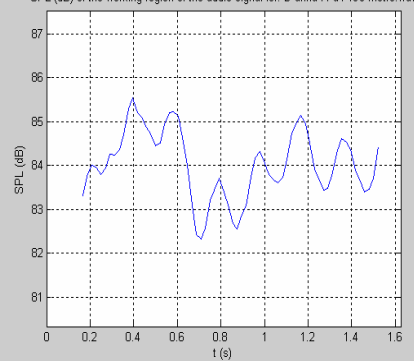
ratio extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-anna-i-Fa4-19o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-anna-i-Fa4-19o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-anna-i-Fa4-19o metro.wav

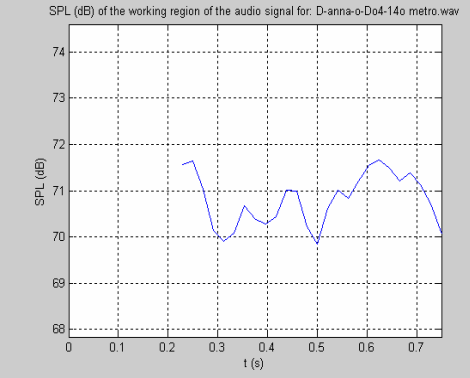
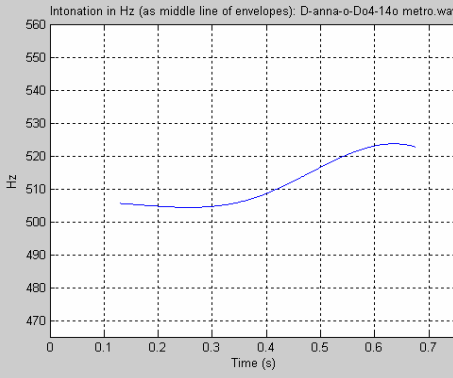
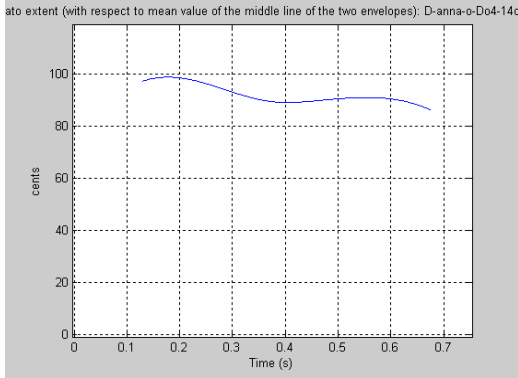
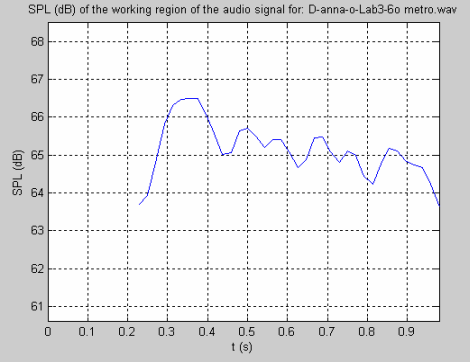
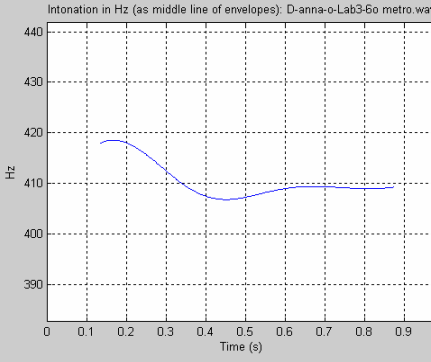
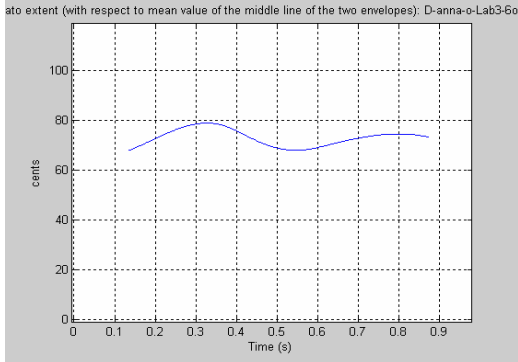


1^H ΔΠΑΜΑΤΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/ο/
Intonation

Extent

dB SPL

Ab4-60 m



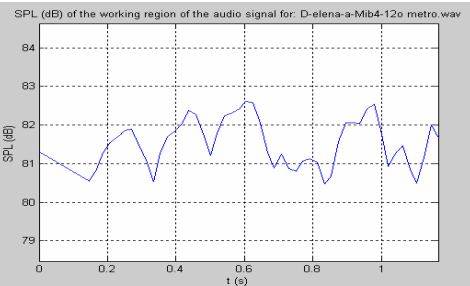
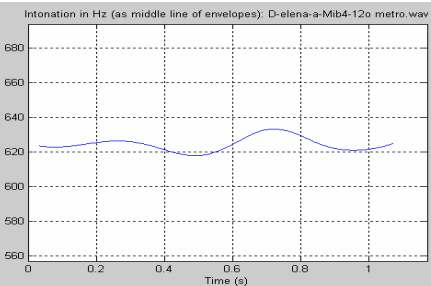
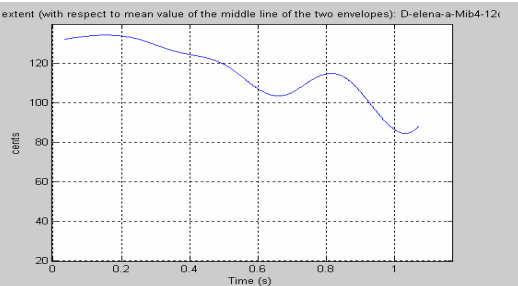
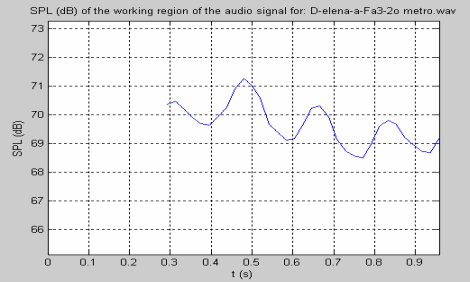
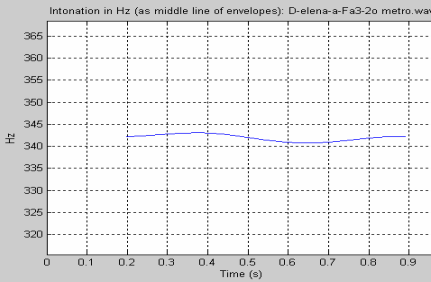
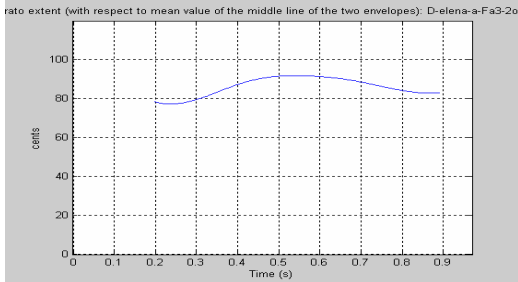
C5-140 m

2^η ΔΠΑΜΑΤΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/α/
Intonation

Extent

dB SPL

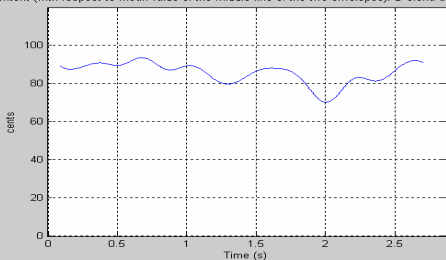
F4-20 m



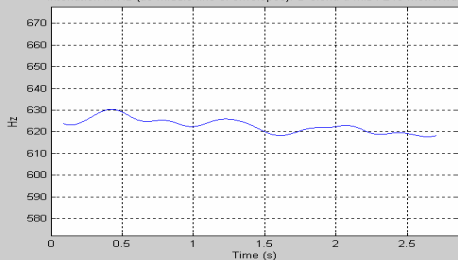
Eb5-120 m

Eb5-240 m

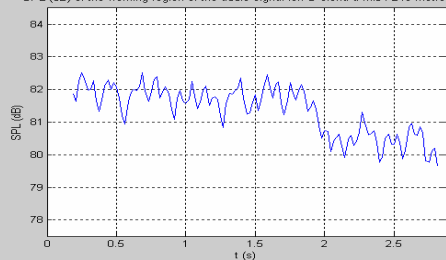
Extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-elena-a-Mib4-240 metro.wav



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-elena-a-Mib4-240 metro.wav

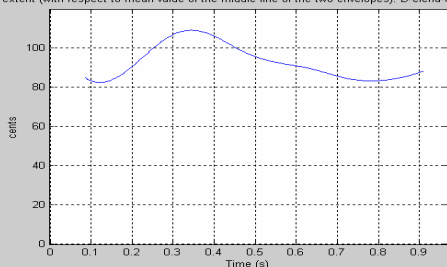


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-elena-a-Mib4-240 metro.wav

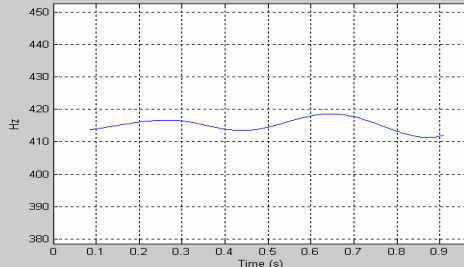


Ab4-60 m

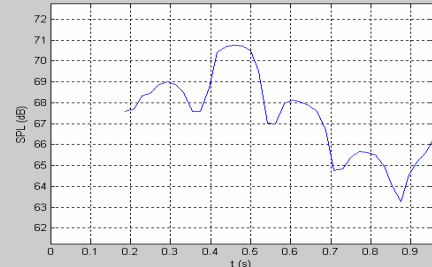
Extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-elena-a-Lab3-60 metro.wav



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-elena-a-Lab3-60 metro.wav

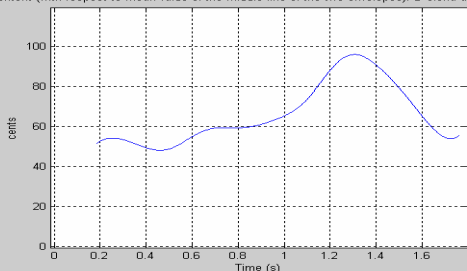


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-elena-a-Lab3-60 metro.wav

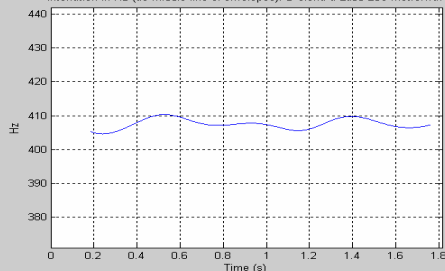


Ab4-260 m

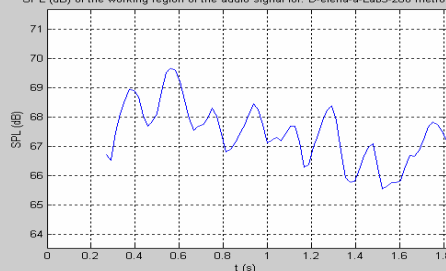
Extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-elena-a-Lab3-260 metro.wav



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-elena-a-Lab3-260 metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-elena-a-Lab3-260 metro.wav



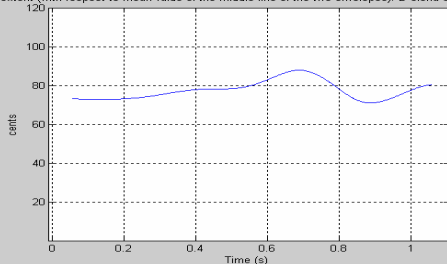
Extent

2^η ΔΡΑΜΑΤΙΚΗ-ΑΡΙΑ-ε/
Intonation

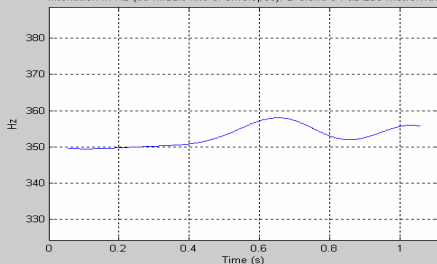
dB SPL

F4-250 m

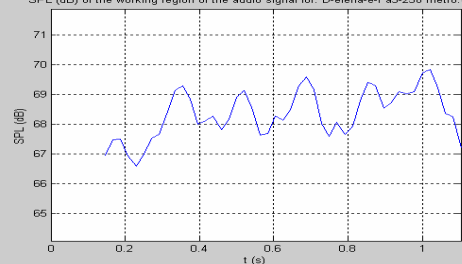
Extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-elena-e-Fa3-250 metro.wav



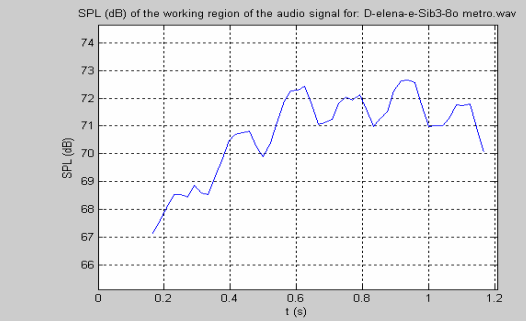
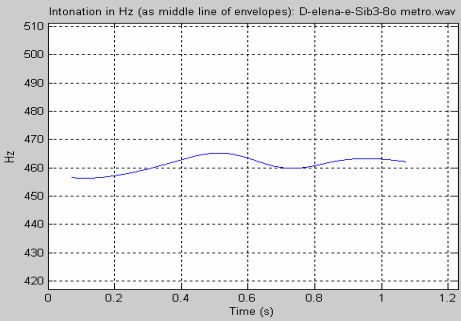
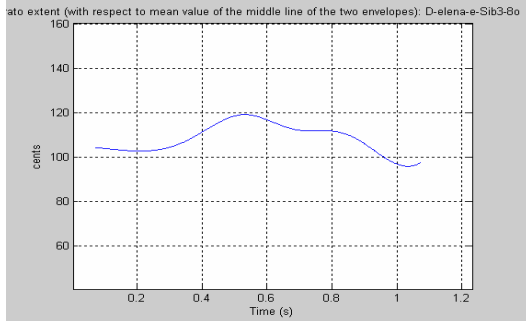
Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-elena-e-Fa3-250 metro.wav



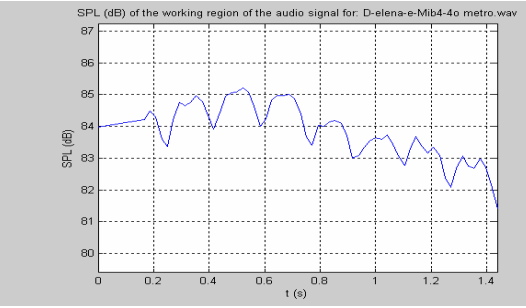
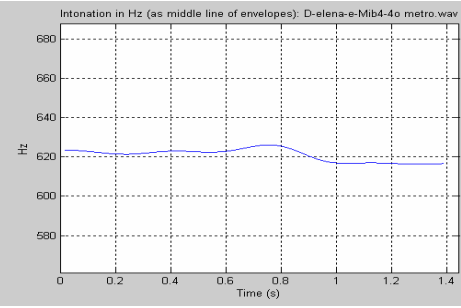
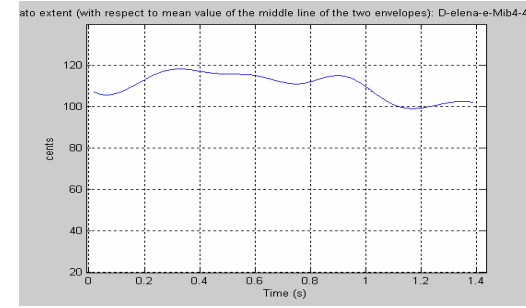
SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-elena-e-Fa3-250 metro.wav



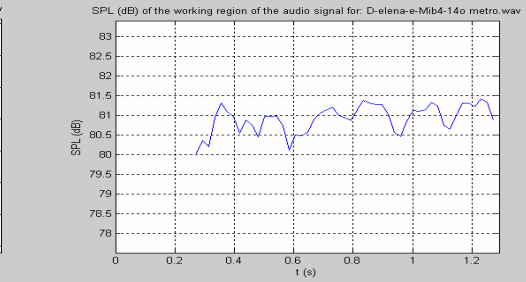
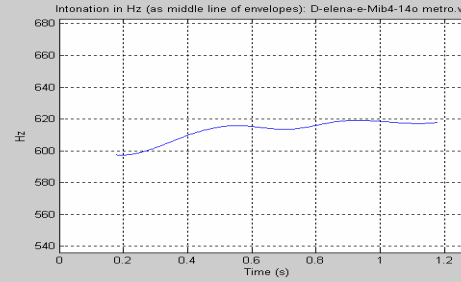
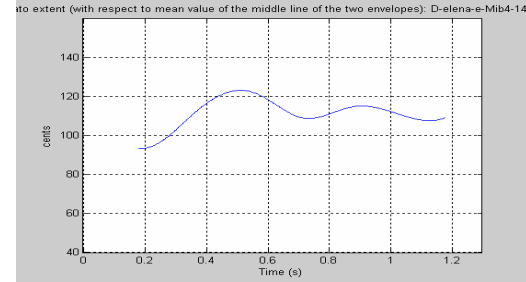
Bb4-80 m



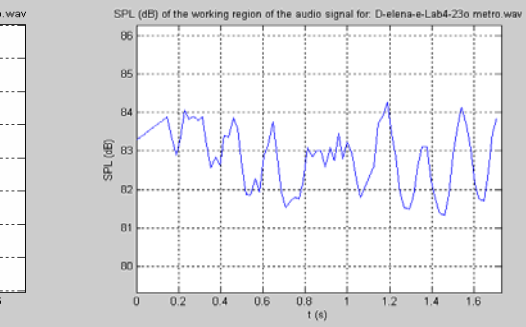
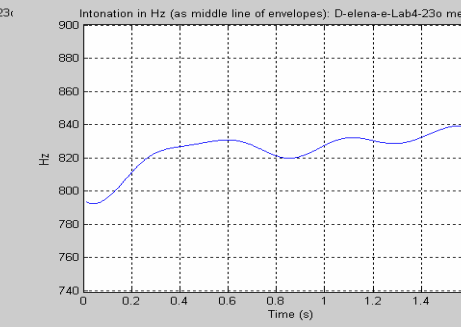
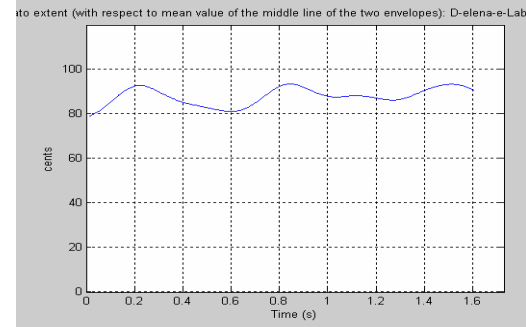
Eb5-40 m



Eb5-140 m



Ab4-230 m



2^η ΔΡΑΜΑΤΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/*ι*/

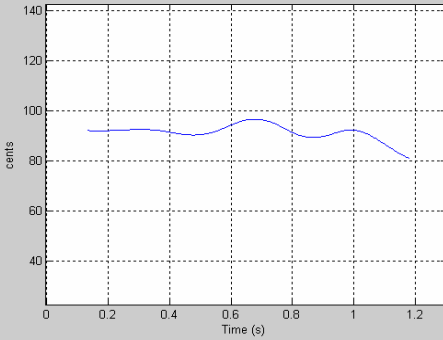
Extent

Intonation

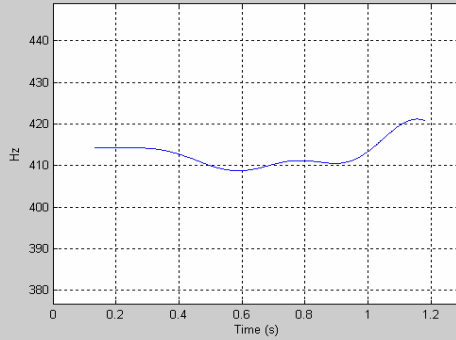
dB SPL

Ab4-90 m

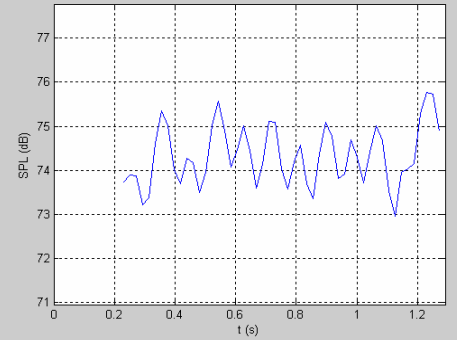
Extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-elena-i-Lab3-90



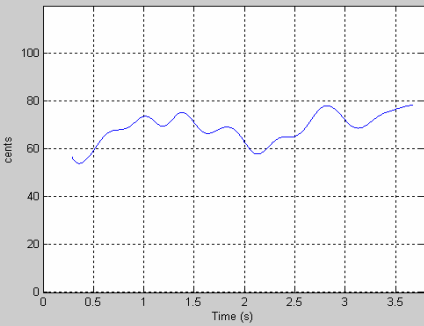
Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-elena-i-Lab3-90 metro.wav



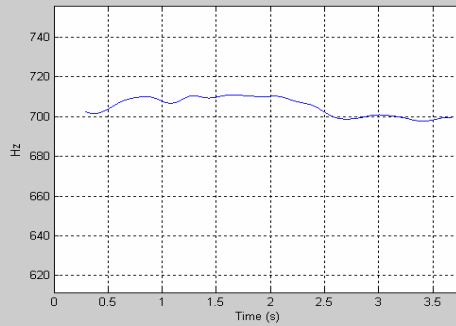
SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-elena-i-Lab3-90 metro.wav



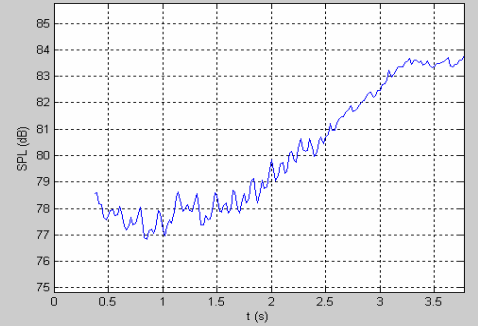
Extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-elena-i-Fa4-190



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-elena-i-Fa4-190 metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-elena-i-Fa4-190 metro.wav



F5-190 m

2^η ΔΡΑΜΑΤΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/*ο*/

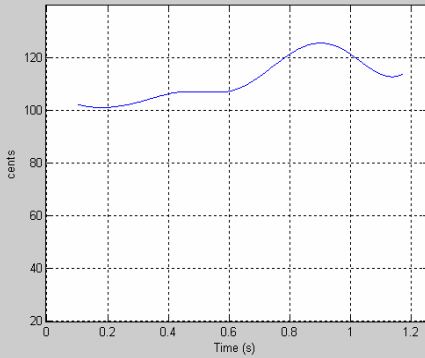
Extent

Intonation

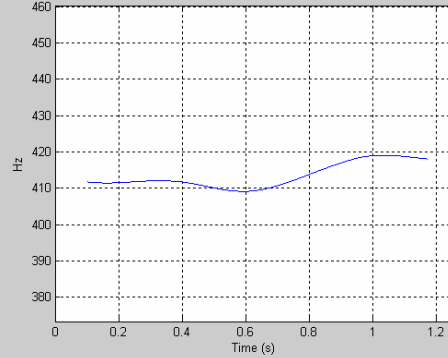
dB SPL

Ab4-60 m

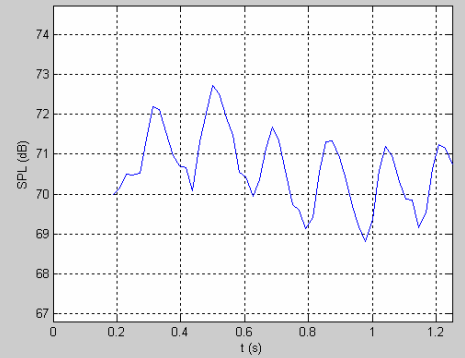
Extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-elena-o-Lab3-60



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-elena-o-Lab3-60 metro.wav

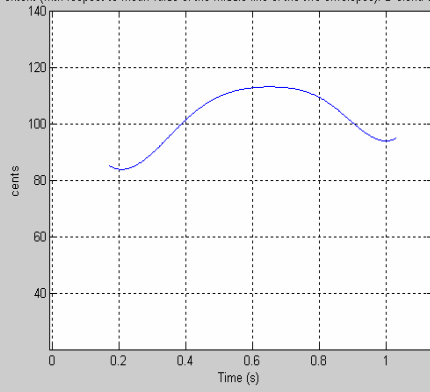


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-elena-o-Lab3-60 metro.wav

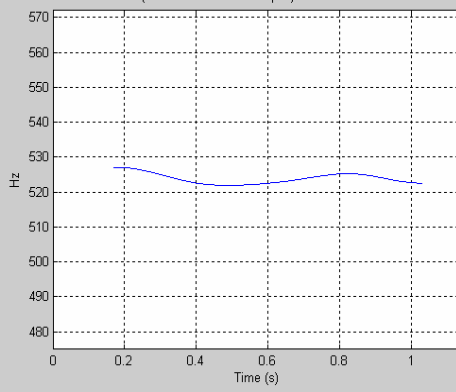


C5-140 m

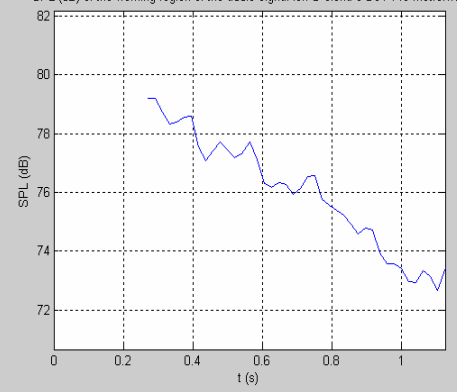
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-elena-o-Do4-14c



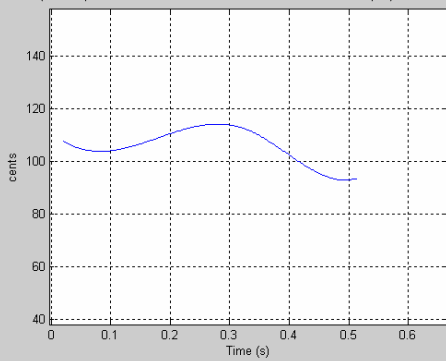
Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-elena-o-Do4-14o metro.wav



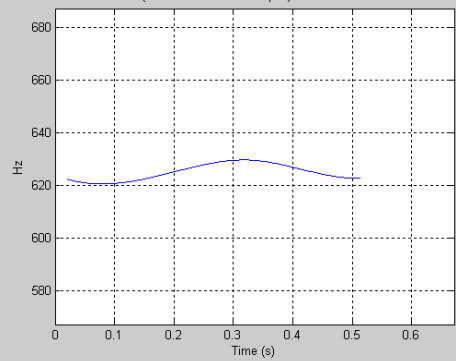
SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-elena-o-Do4-14o metro.wav



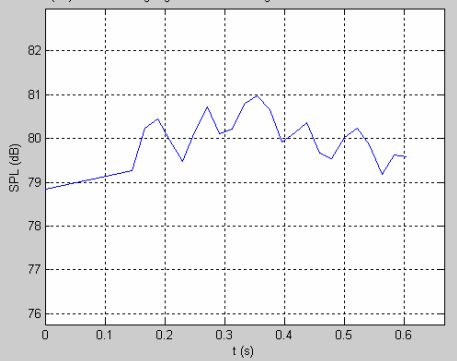
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-elena-o-Mib4-4o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-elena-o-Mib4-4o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-elena-o-Mib4-4o metro.wav



Eb5-4o m

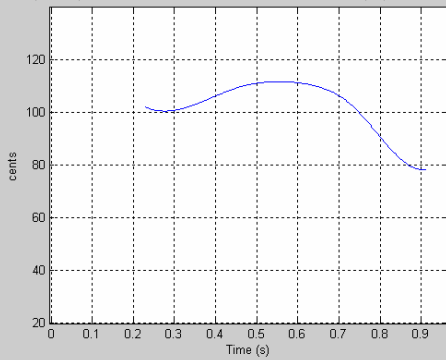
Extent

**2ⁿ ΔΡΑΜΑΤΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/ου/
Intonation**

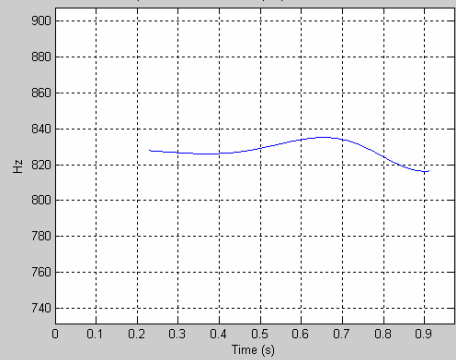
dB SPL

Ab5-17o m

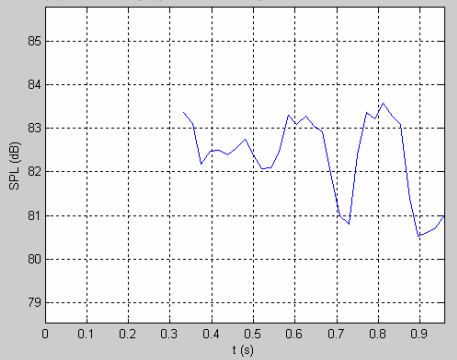
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-elena-ou-Lab4-17



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-elena-ou-Lab4-17o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-elena-ou-Lab4-17o metro.wav



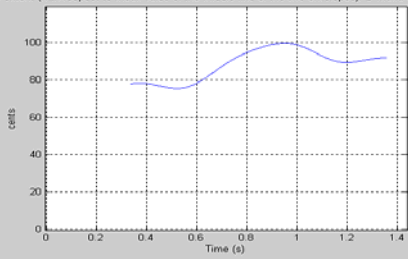
Extent

**3ⁿ ΔΡΑΜΑΤΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/α/
Intonation**

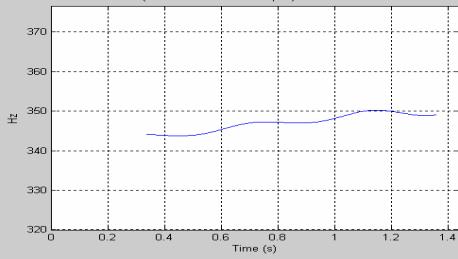
dB SPL

F4-2o m

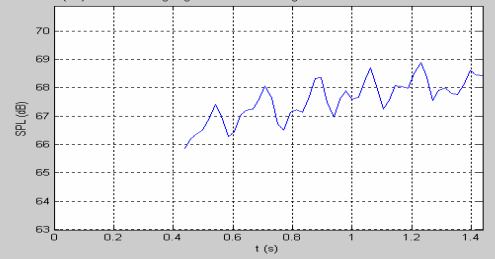
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-a-Fa3-2o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-a-Fa3-2o metro.wav

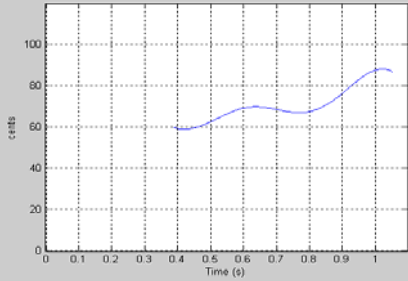


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-a-Fa3-2o metro.wav

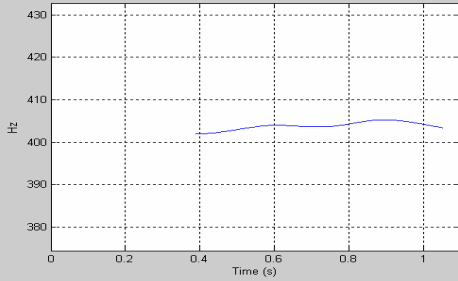


Ab4-6o m

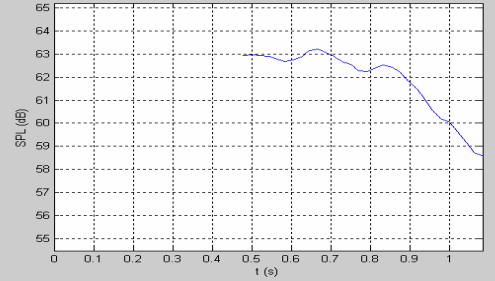
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-a-Lab3-6c



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-a-Lab3-6o metro.wav

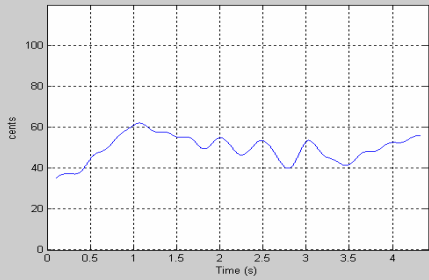


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-a-Lab3-6o metro.wav



Ab4-26o m

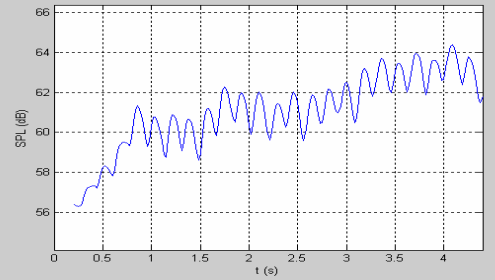
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-a-Lab3-26c



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-a-Lab3-26o metro.wav

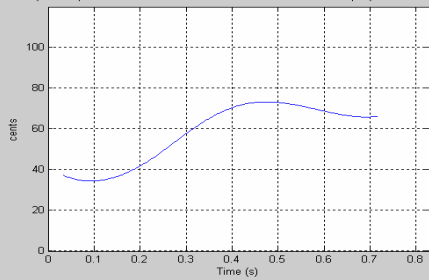


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-a-Lab3-26o metro.wav

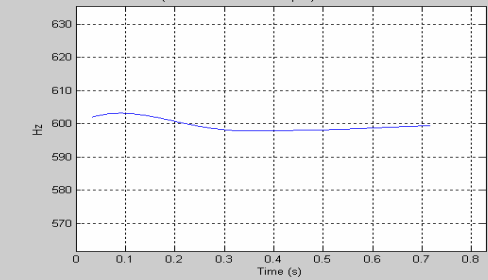


Eb5-12o m

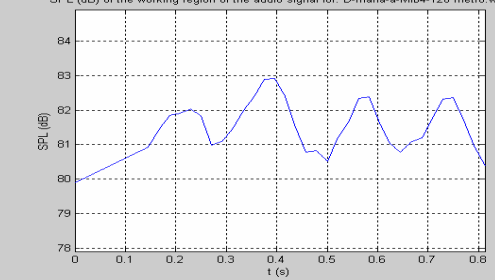
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-a-Mib4-12c



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-a-Mib4-12o metro.wav

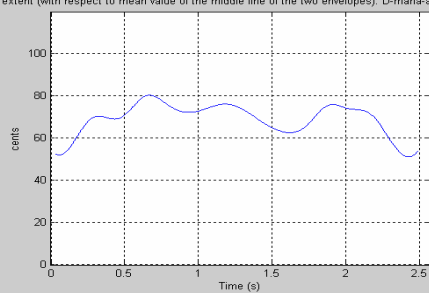


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-a-Mib4-12o metro.wav

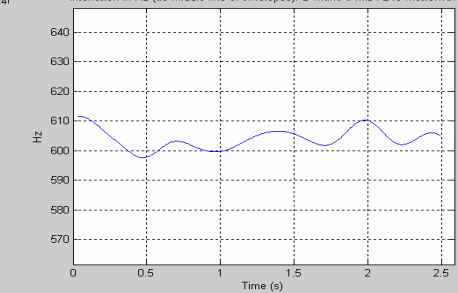


Eb5-24o m

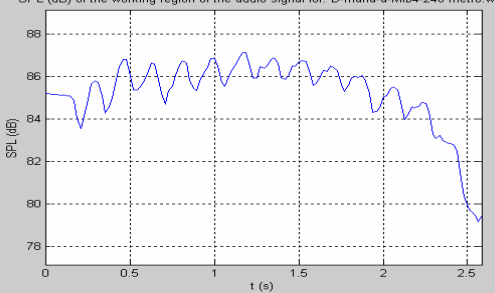
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-a-Mib4-24c



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-a-Mib4-24o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-a-Mib4-24o metro.wav



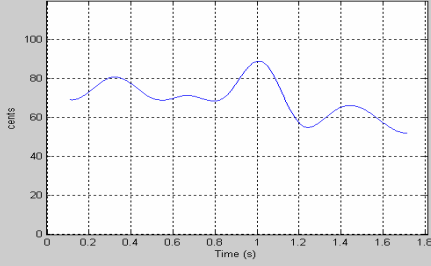
Extent

Intonation

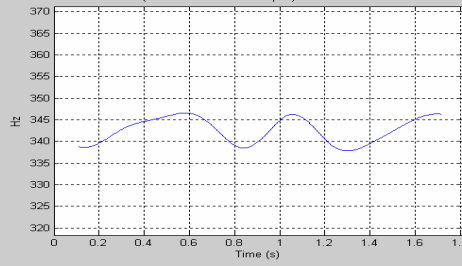
dB SPL

F4-250 m

ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-e-Fa3-250



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-e-Fa3-250 metro.wav

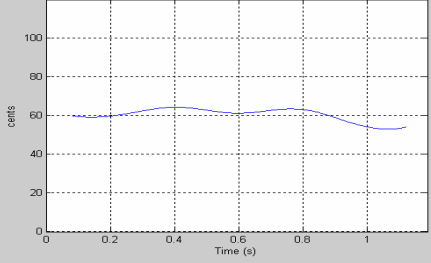


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-e-Fa3-250 metro.wav

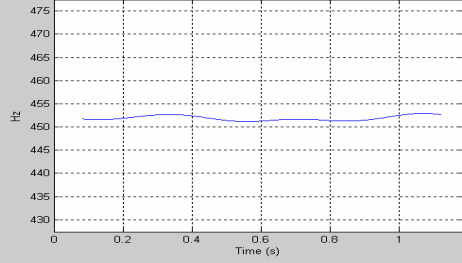


Bb4-80 m

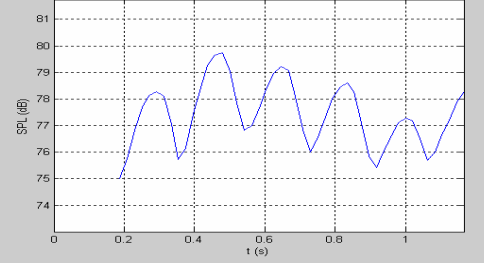
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-e-Sib3-80



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-e-Sib3-80 metro.wav

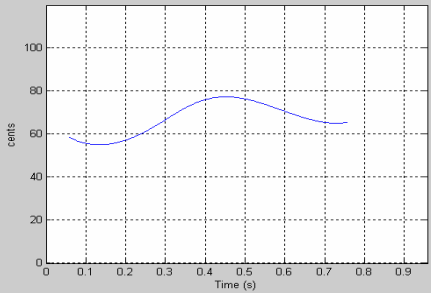


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-e-Sib3-80 metro.wav

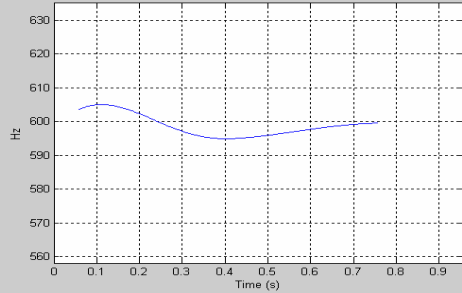


Eb5-40 m

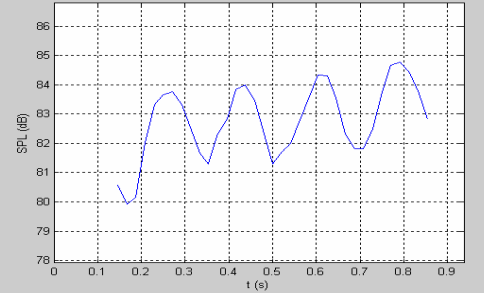
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-e-Mib4-40



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-e-Mib4-40 metro.wav

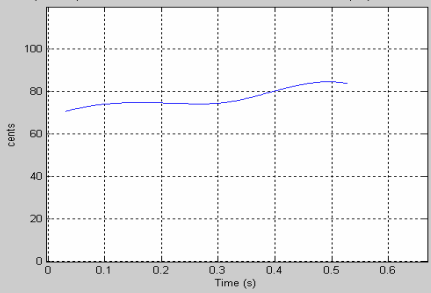


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-e-Mib4-40 metro.wav

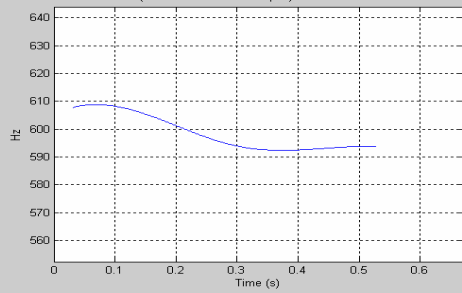


Eb5-140 m

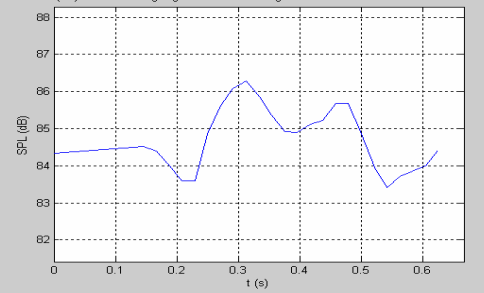
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-e-Mib4-140



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-e-Mib4-140 metro.wav

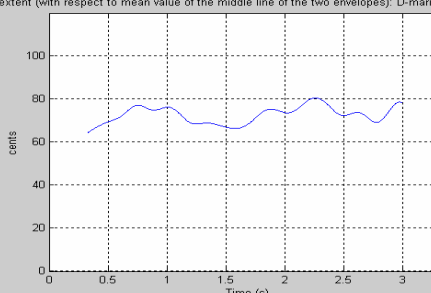


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-e-Mib4-140 metro.wav

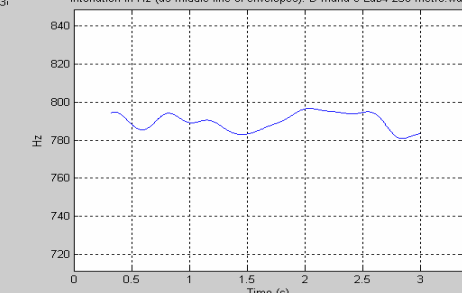


Ab5-230 m

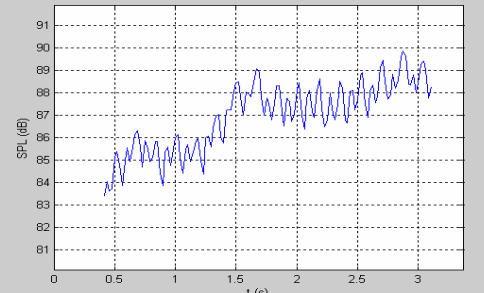
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-e-Lab4-230



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-e-Lab4-230 metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-e-Lab4-230 metro.wav



3^η ΔΡΑΜΑΤΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/*ι*/

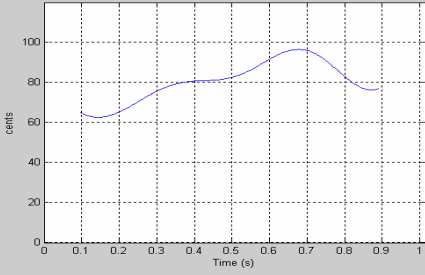
Extent

Intonation

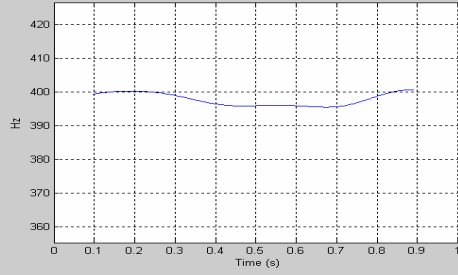
dB SPL

Ab4-9o m

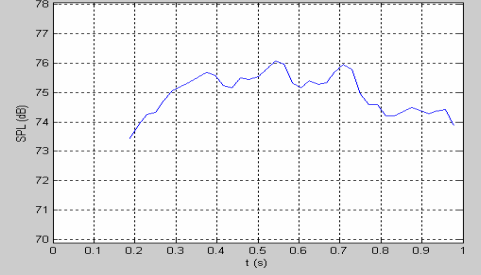
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-i-Lab3-9o



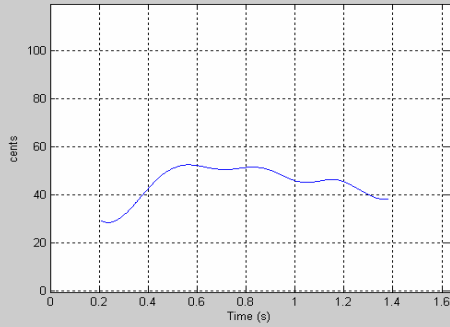
Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-i-Lab3-9o metro.wav



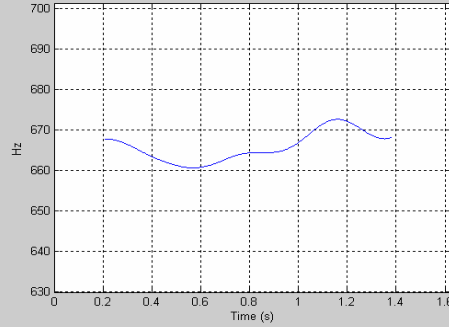
SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-i-Lab3-9o metro.wav



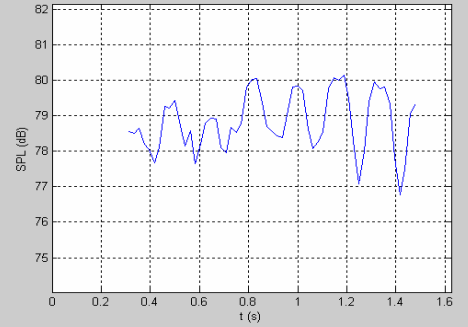
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-i-Fa4-19o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-i-Fa4-19o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-i-Fa4-19o metro.wav



F5-19o m

3^η ΔΡΑΜΑΤΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/*ο*/

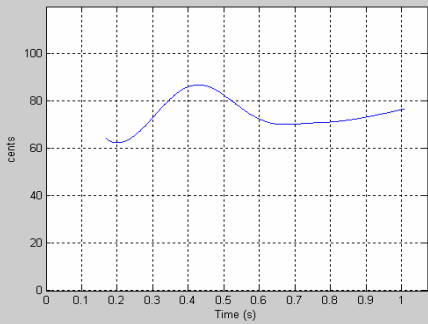
Extent

Intonation

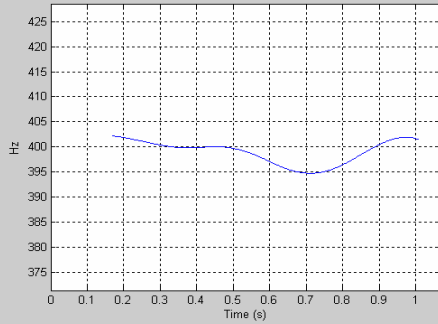
dB SPL

Ab4-6o m

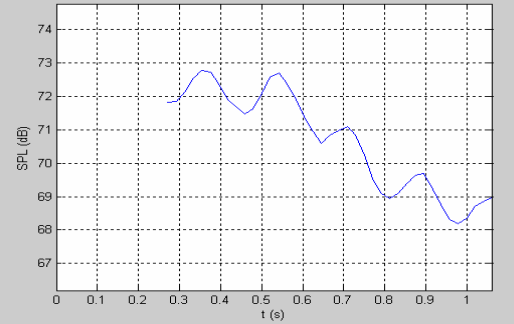
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-o-Lab3-6o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-o-Lab3-6o metro.wav

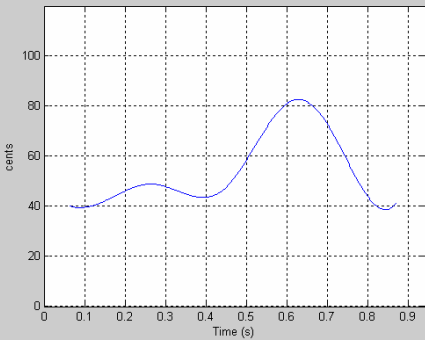


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-o-Lab3-6o metro.wav

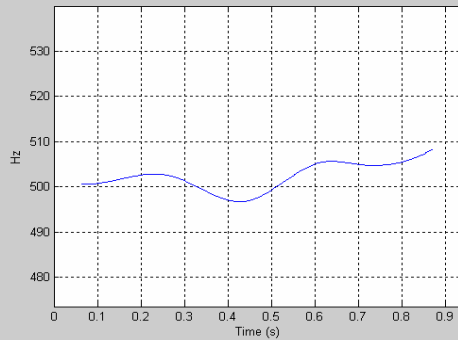


C5-14o m

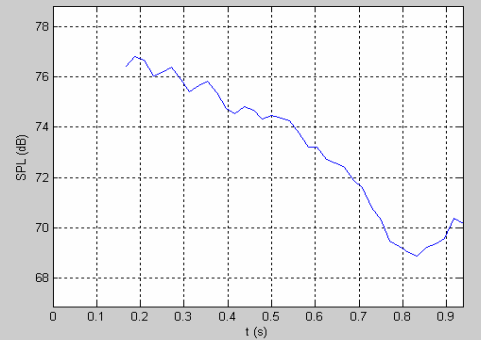
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-o-Do4-14o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-o-Do4-14o metro.wav

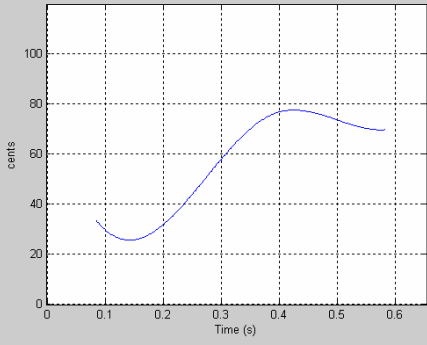


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-o-Do4-14o metro.wav

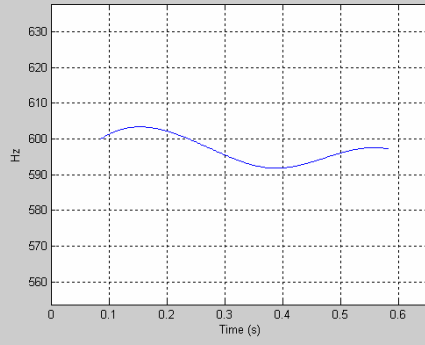


Eb5-4o m

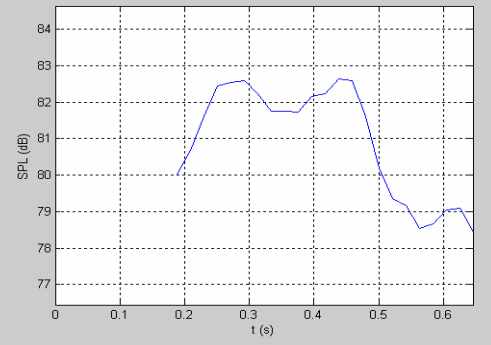
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-o-Mib4-4o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-o-Mib4-4o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-o-Mib4-4o metro.wav



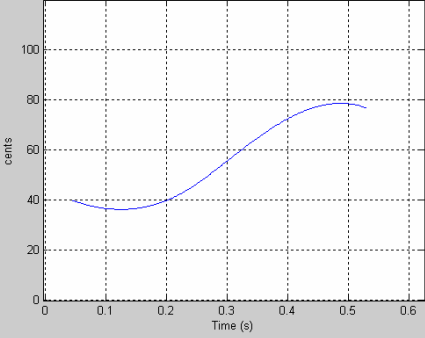
Extent

**3^η ΔΠΑΜΑΤΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/ov/
Intonation**

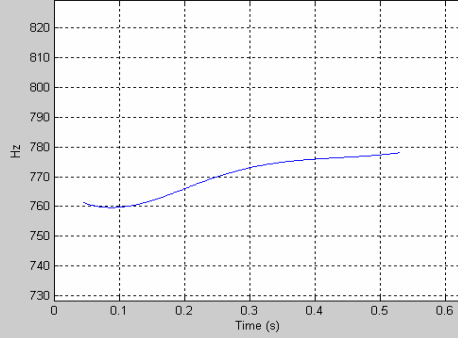
dB SPL

Ab5-17o m

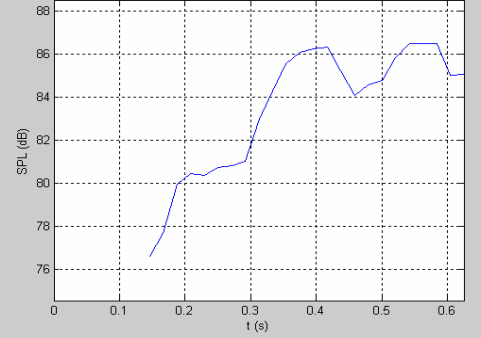
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): D-maria-ou-Lab4-17



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): D-maria-ou-Lab4-17o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: D-maria-ou-Lab4-17o metro.wav



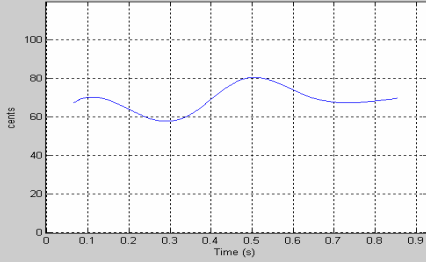
Extent

**1^η-ΔΥΠΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/α/
Intonation**

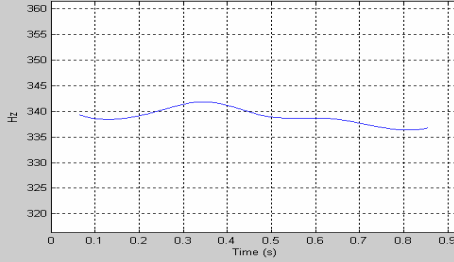
dB SPL

F4-2o m

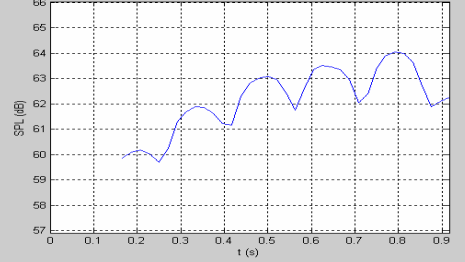
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-a-Fa3-2o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-a-Fa3-2o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-a-Fa3-2o metro.wav



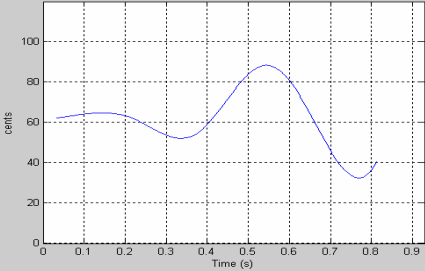
Extent

**1^η-ΔΥΠΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/α/
Intonation**

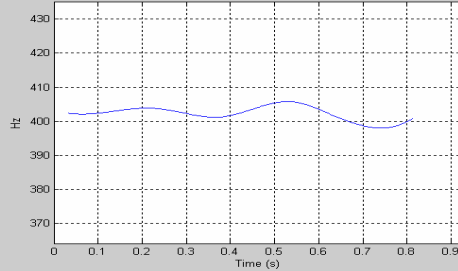
dB SPL

F4-2o m

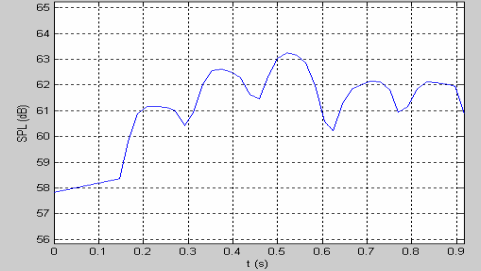
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-a-Lab3-6o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-a-Lab3-6o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-a-Lab3-6o metro.wav



Extent

**1^η-ΔΥΠΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/α/
Intonation**

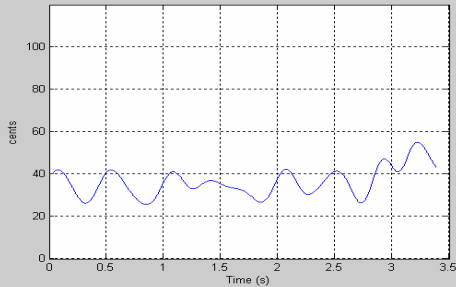
dB SPL

F4-2o m

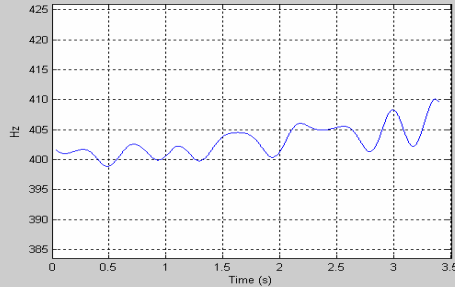
Ab4-6o m

Ab4-26o m

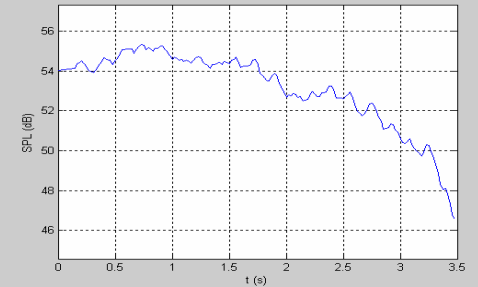
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-a-Lab3-26o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-a-Lab3-26o metro.wav

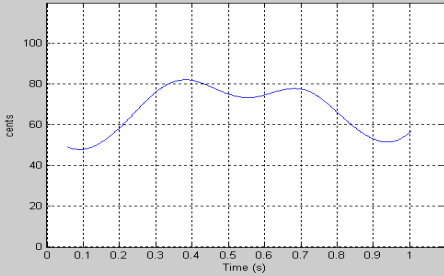


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-a-Lab3-26o metro.wav

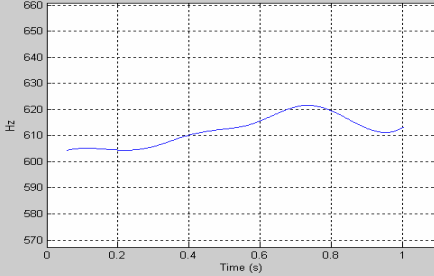


Eb5-12o m

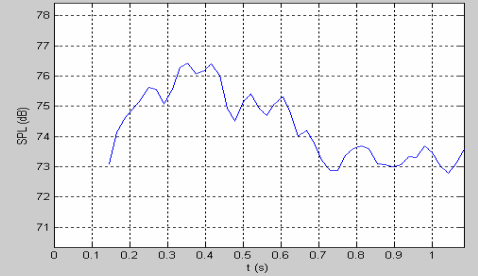
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-a-Mib4-12o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-a-Mib4-12o metro.wav

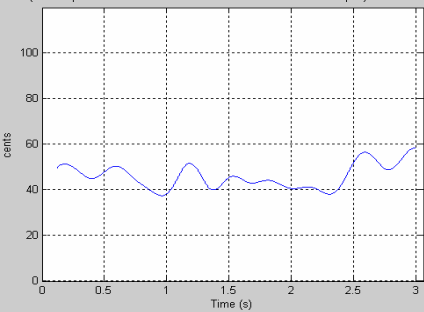


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-a-Mib4-12o metro.wav

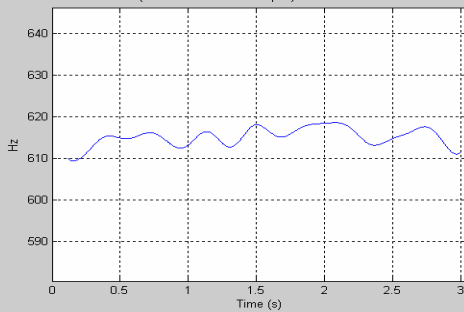


Eb5-24o m

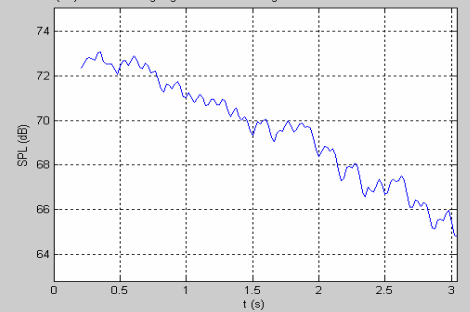
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-a-Mib4-24o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-a-Mib4-24o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-a-Mib4-24o metro.wav



1ⁿ-ΛΥΠΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/ε/

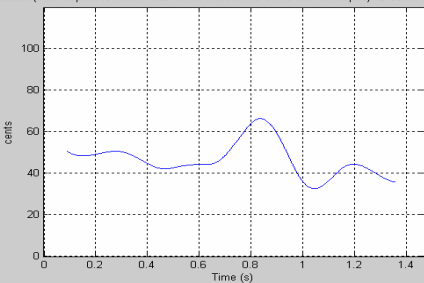
Extent

Intonation

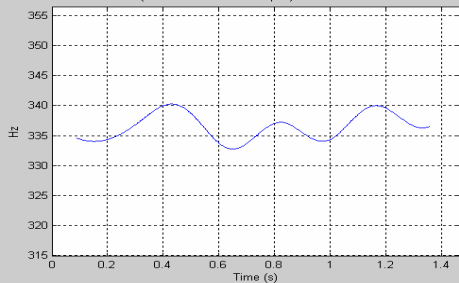
dB SPL

F4-25o m

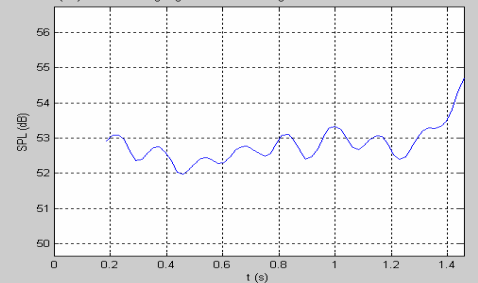
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-e-Fa3-25o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-e-Fa3-25o metro.wav

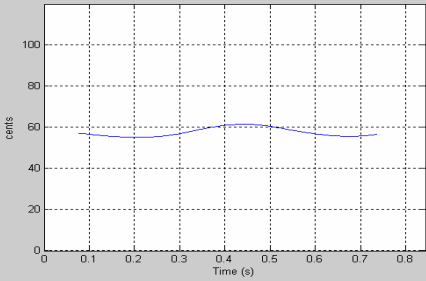


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-e-Fa3-25o metro.wav

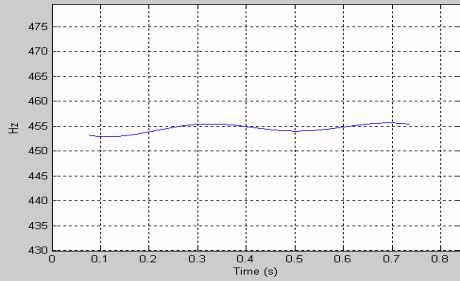


Bb3-6o m

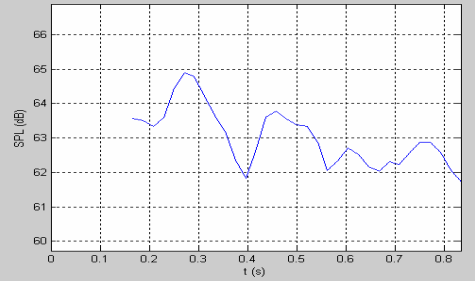
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-e-Sib3-6o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-e-Sib3-6o metro.wav

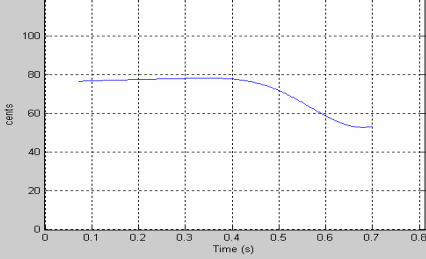


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-e-Sib3-6o metro.wav

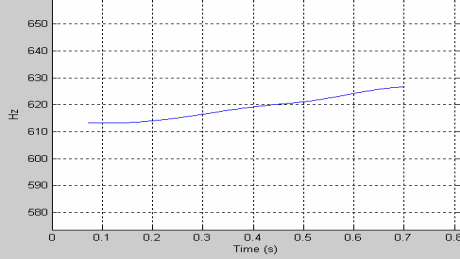


Eb5-4o m

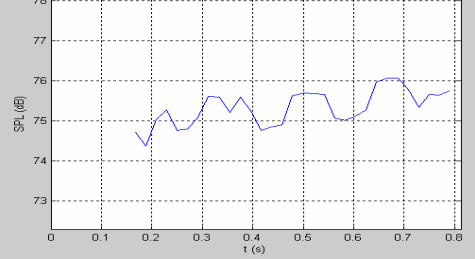
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-e-Mib4-4o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-e-Mib4-4o metro.wav

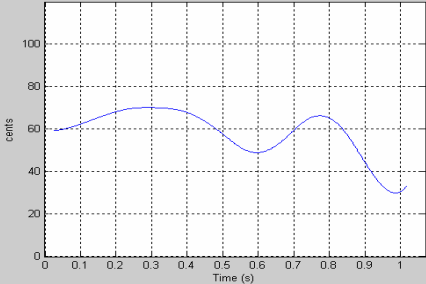


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-e-Mib4-4o metro.wav

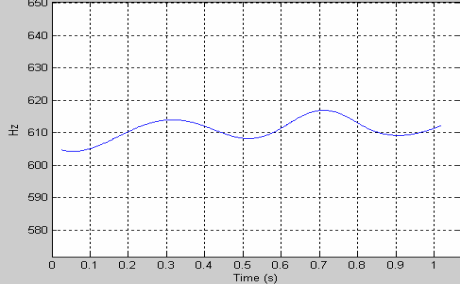


Eb5-14o m

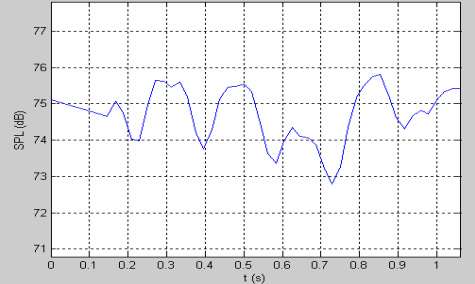
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-e-Mib4-14o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-e-Mib4-14o metro.wav

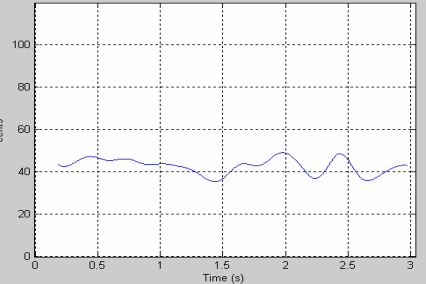


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-e-Mib4-14o metro.wav

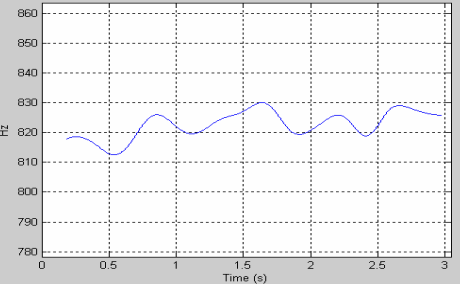


Ab5-23o m

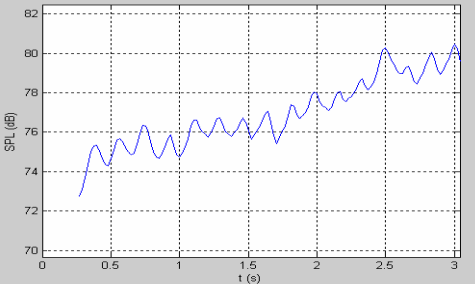
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-e-Lab4-23o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-e-Lab4-23o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-e-Lab4-23o metro.wav



1ⁿ-AYPIKH-APIA-/t/

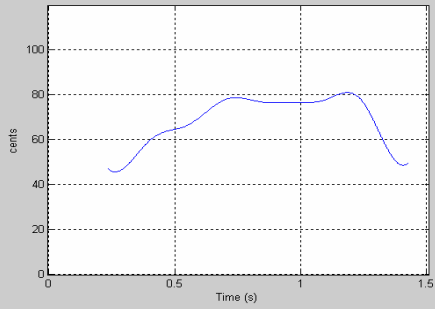
Extent

Intonation

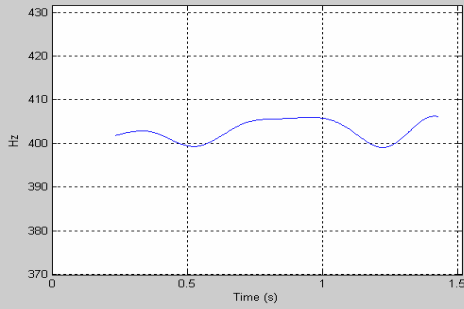
dB SPL

Ab4-6o m

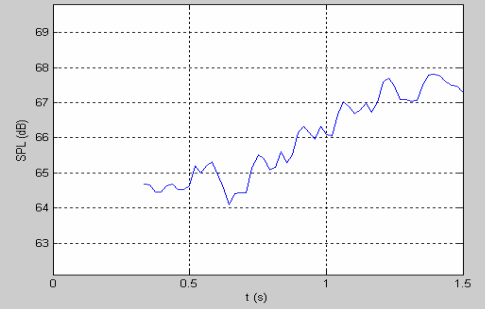
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-i-Lab3-8o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-i-Lab3-8o metro.wav

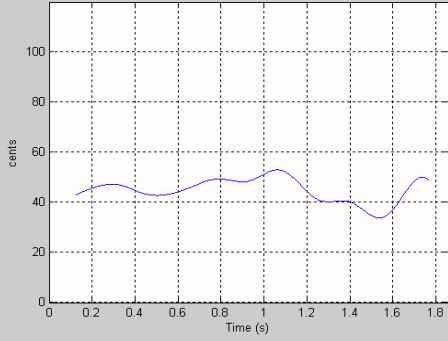


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-i-Lab3-8o metro.wav

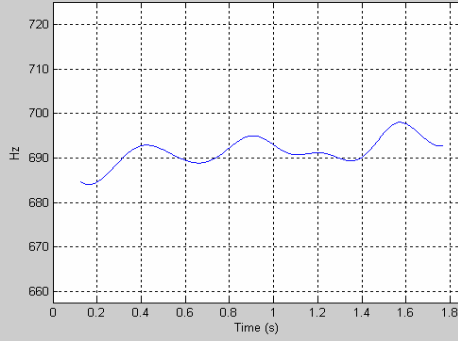


F5-19o m

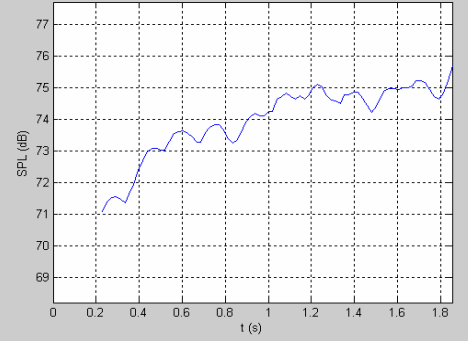
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-i-Fa4-19o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-i-Fa4-19o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-i-Fa4-19o metro.wav



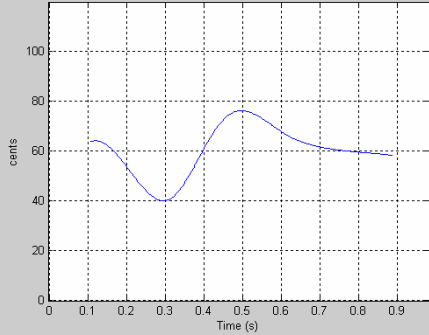
Extent

1ⁿ-ΑΥΠΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/ο/ Intonation

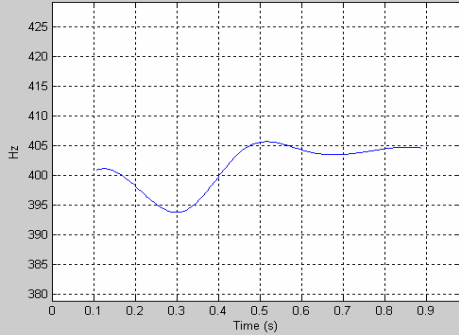
dB SPL

Ab4-6o m

ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-o-Lab3-6o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-o-Lab3-6o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-o-Lab3-6o metro.wav

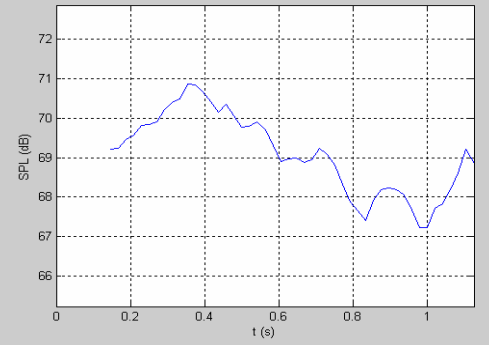
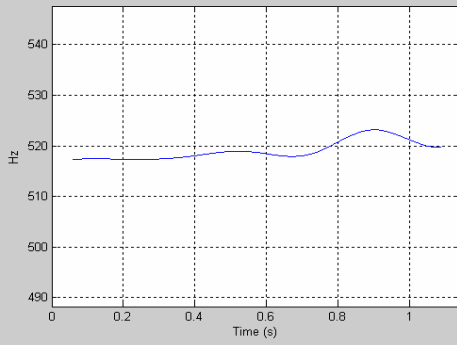
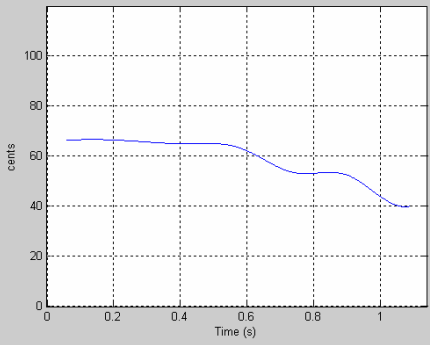


C5-14o m

ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-o-Do4-14c

Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-o-Do4-14o metro.wav

SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-o-Do4-14o metro.wav

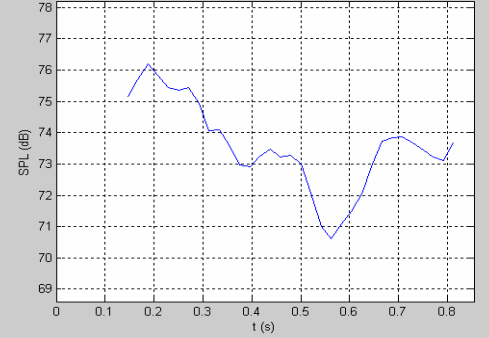
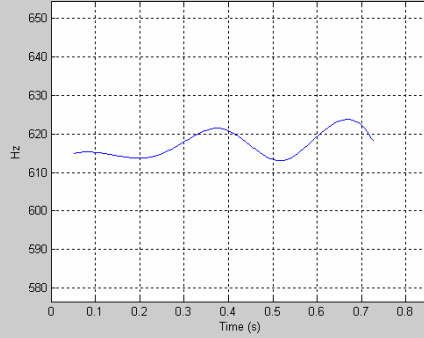
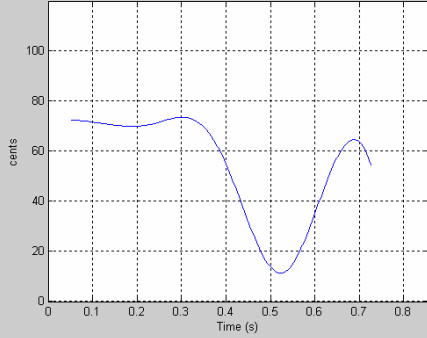


Eb5-4o m

ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-o-Mib4-4o

Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-o-Mib4-4o metro.wav

SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-o-Mib4-4o metro.wav



1^η-ΔΥΠΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/ou/

Extent

Intonation

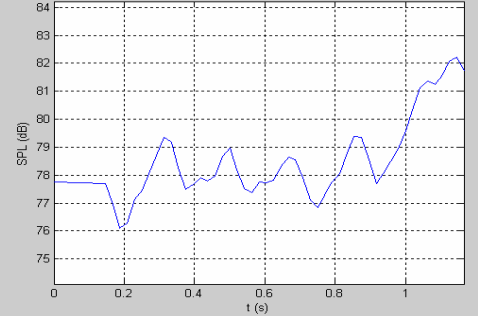
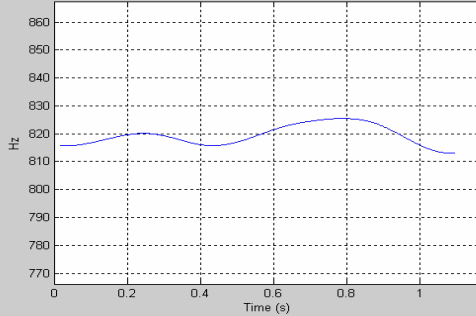
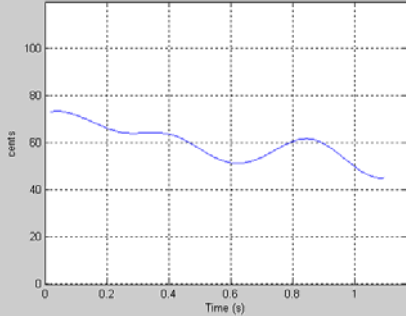
dB SPL

Ab5-17o m

ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-loukia-ou-Lab4-17

Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-loukia-ou-Lab4-17o metro.wav

SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-loukia-ou-Lab4-17o metro.wav



2^η-ΔΥΠΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/α/

Extent

Intonation

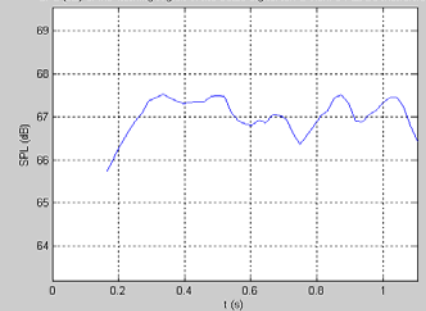
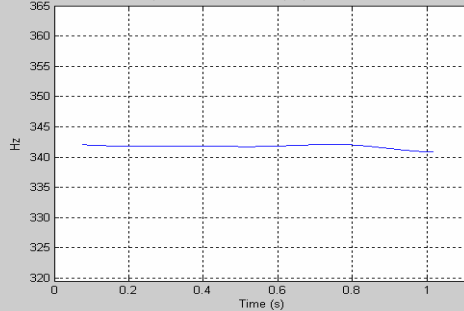
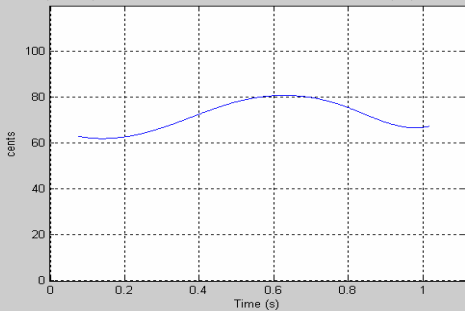
dB SPL

F4-2o m

ratio extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-eleni-a-Fa3-2o

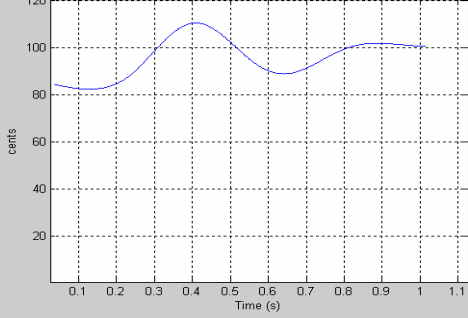
Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-eleni-a-Fa3-2o metro.wav

SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-eleni-a-Fa3-2o metro.wav

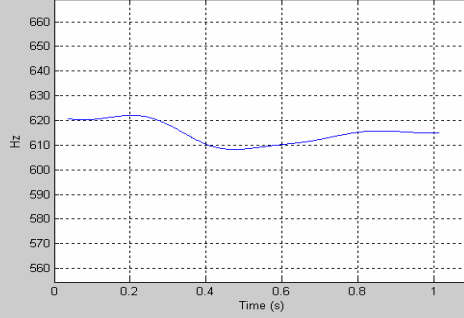


Eb5-120 m

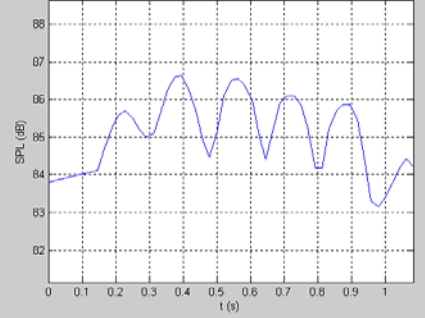
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-eleni-a-Mib4-120



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-eleni-a-Mib4-120 metro.wav

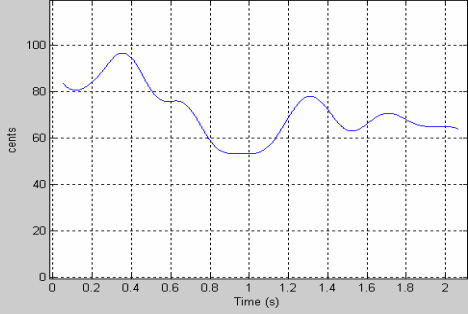


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-eleni-a-Mib4-120 metro.wav

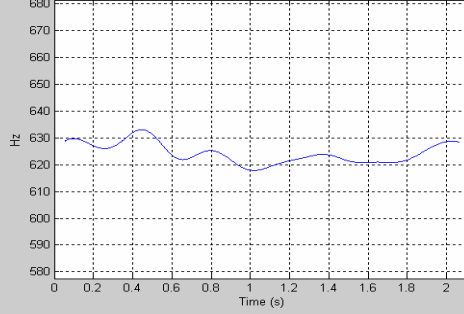


Eb5-240 m

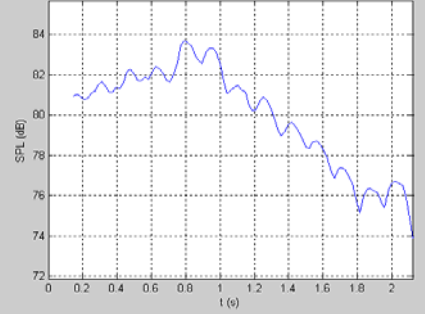
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-eleni-a-Mib4-240



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-eleni-a-Mib4-240 metro.wav

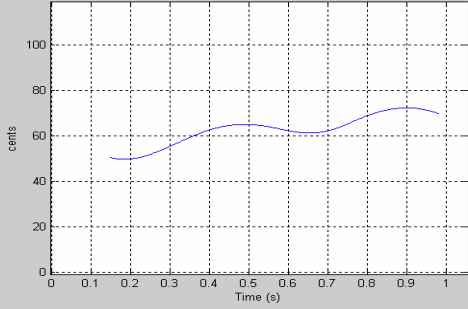


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-eleni-a-Mib4-240 metro.wav

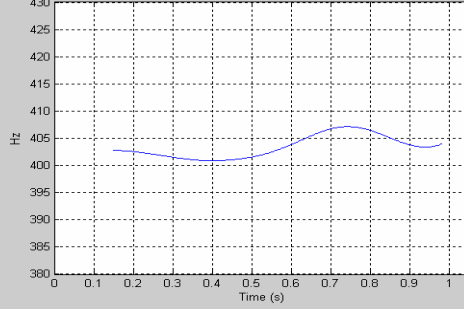


Ab5-60 m

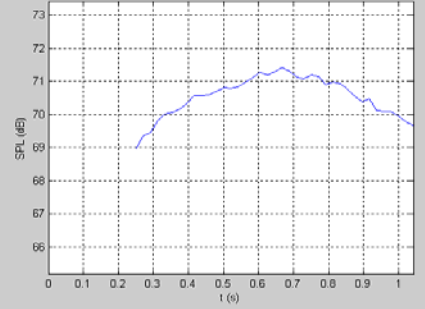
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-eleni-a-Lab3-60



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-eleni-a-Lab3-60 metro.wav

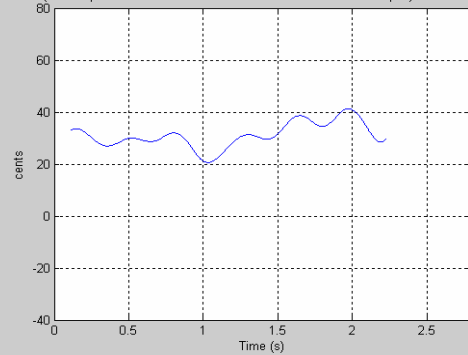


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-eleni-a-Lab3-60 metro.wav

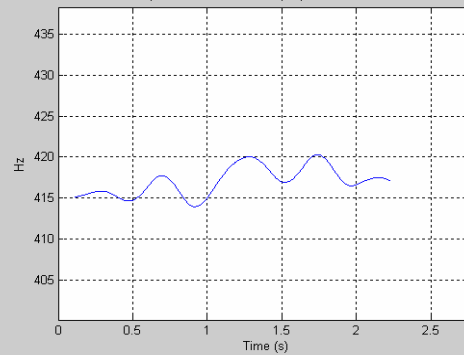


Ab5-260 m

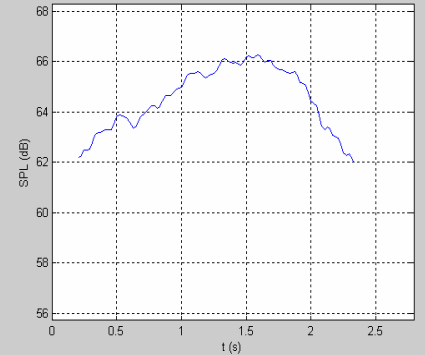
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-eleni-a-Lab3-260



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-eleni-a-Lab3-260 metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-eleni-a-Lab3-260 metro.wav



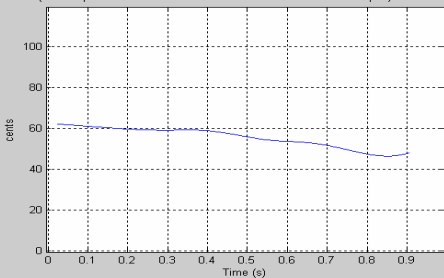
2¹-ΛΥΠΙΚΗ-ΑΡΙΑ-ε/
Intonation

Extent

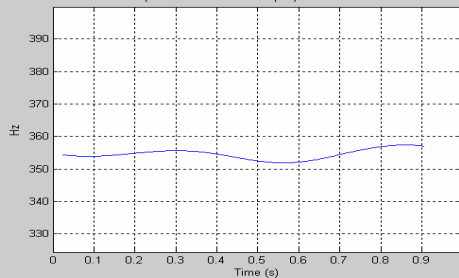
dB SPL

F4-250 m

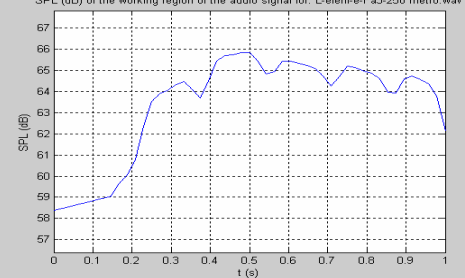
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-eleni-e-Fa3-250



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-eleni-e-Fa3-250 metro.wav

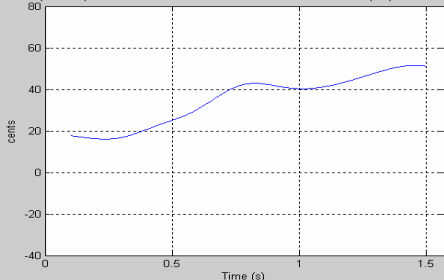


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-eleni-e-Fa3-250 metro.wav

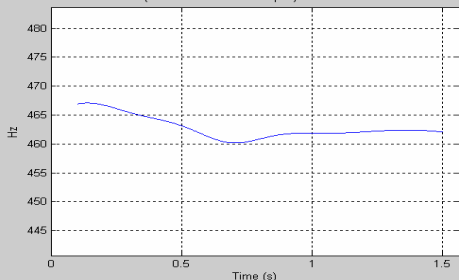


Bb4-80 m

ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-eleni-e-Sib3-80



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-eleni-e-Sib3-80 metro.wav

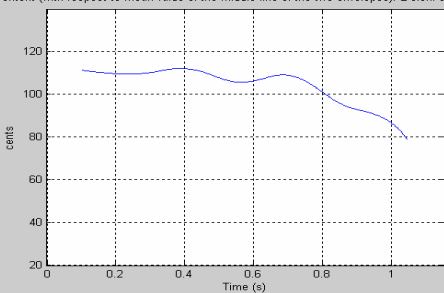


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-eleni-e-Sib3-80 metro.wav

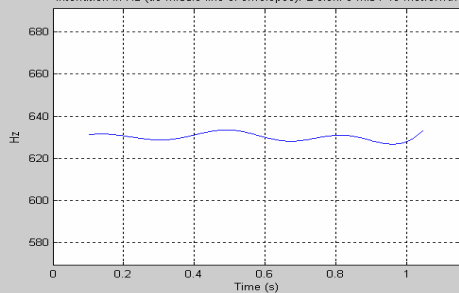


Eb5-40 m

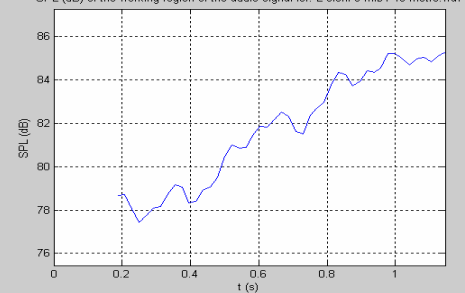
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-eleni-e-Mib4-40



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-eleni-e-Mib4-40 metro.wav

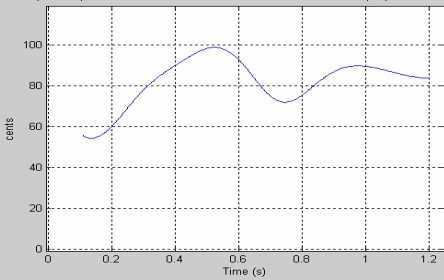


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-eleni-e-Mib4-40 metro.wav

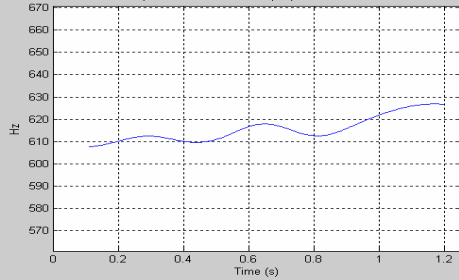


Eb5-140 m

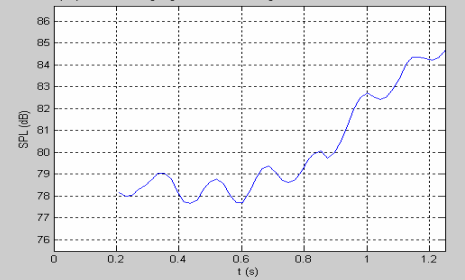
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-eleni-e-Mib4-140



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-eleni-e-Mib4-140 metro.wav

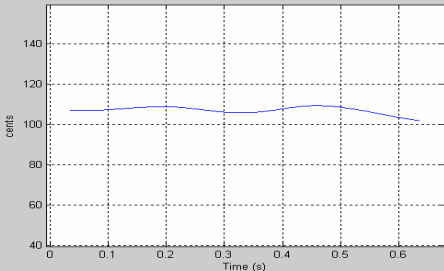


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-eleni-e-Mib4-140 metro.wav

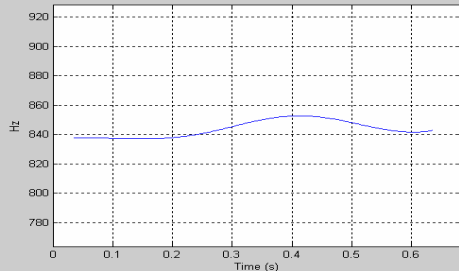


Ab5-230 m

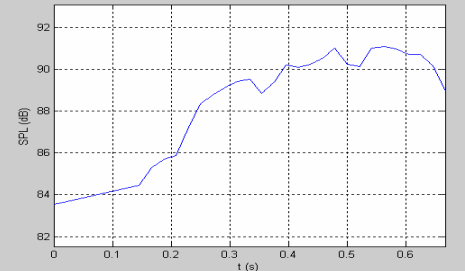
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-eleni-e-Lab4-230



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-eleni-e-Lab4-230 metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-eleni-e-Lab4-230 metro.wav

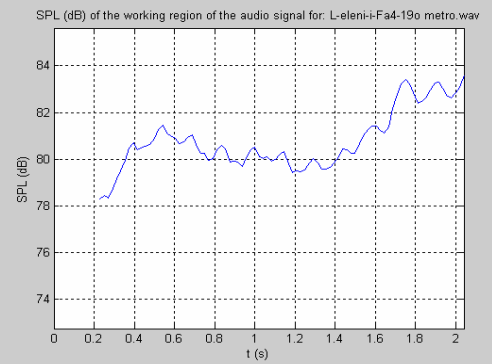
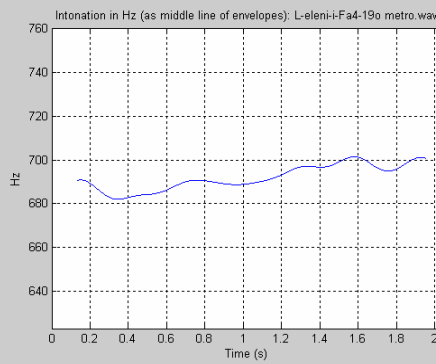
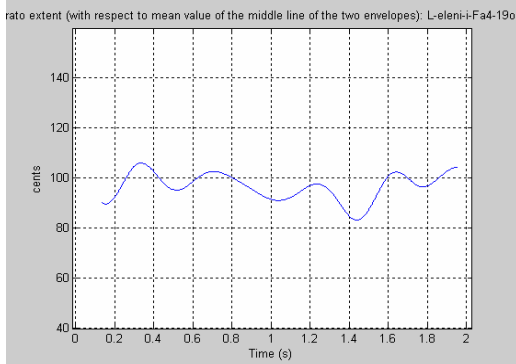
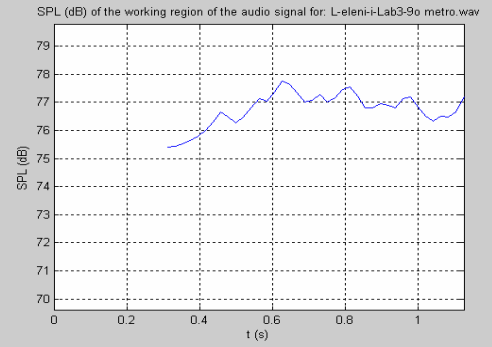
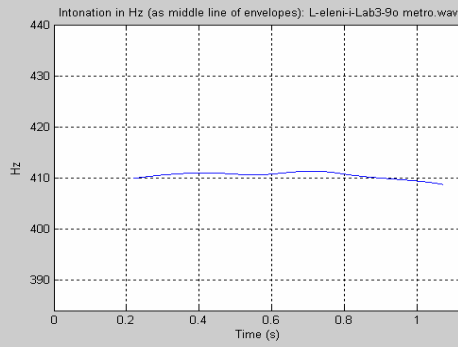
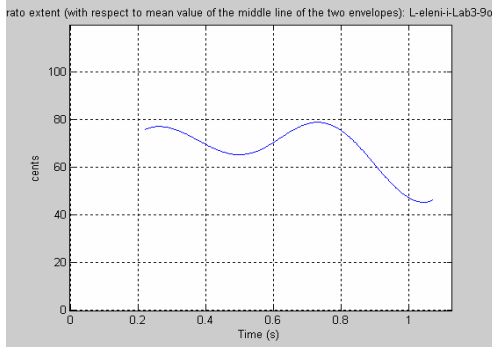


2ⁿ-ΔΥΠΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/ι/
Intonation

Extent

dB SPL

Ab4-90 m



F5-190 m

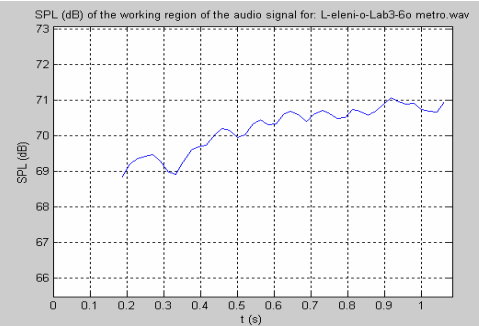
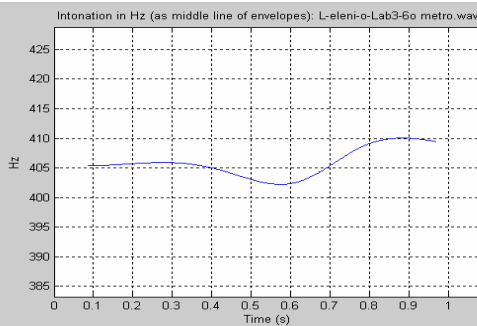
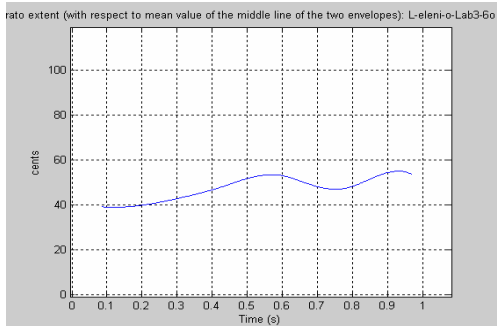
2ⁿ-ΔΥΠΙΚΗ-ΑΡΙΑ-/ο/

Extent

Intonation

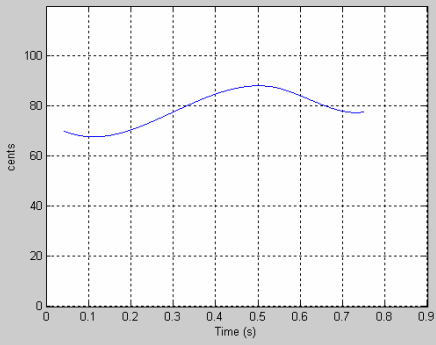
dB SPL

Ab4-60 m

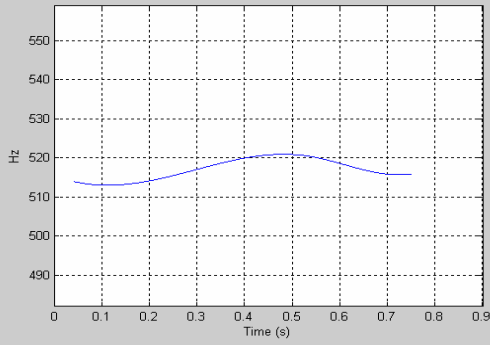


C5-140 m

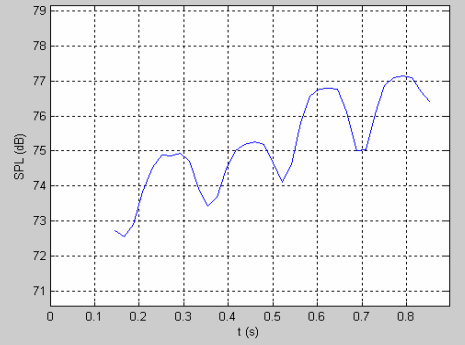
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-eleni-o-Do4-14o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-eleni-o-Do4-14o metro.wav

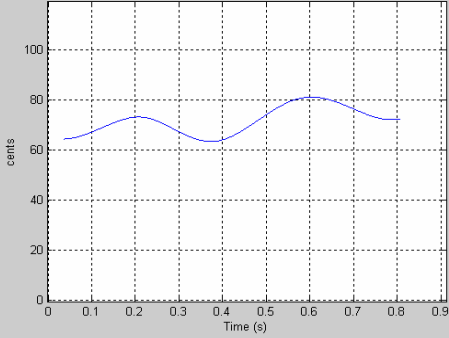


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-eleni-o-Do4-14o metro.wav

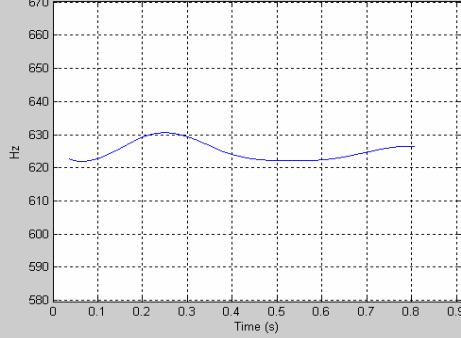


Eb5-4o m

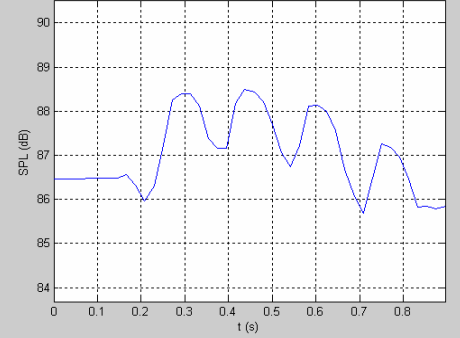
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-eleni-o-Mib4-4o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-eleni-o-Mib4-4o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-eleni-o-Mib4-4o metro.wav



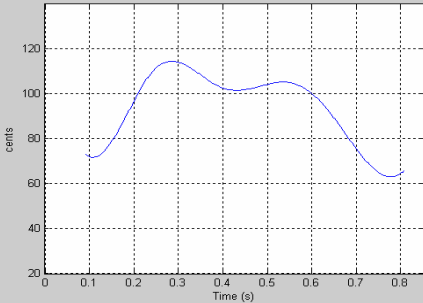
Extent

**2ⁿ-AYPIKH-APIA-/ou/
Intonation**

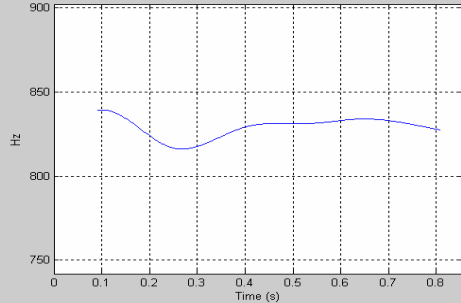
dB SPL

Ab5-17o m

ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-eleni-ou-Lab4-17o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-eleni-ou-Lab4-17o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-eleni-ou-Lab4-17o metro.wav



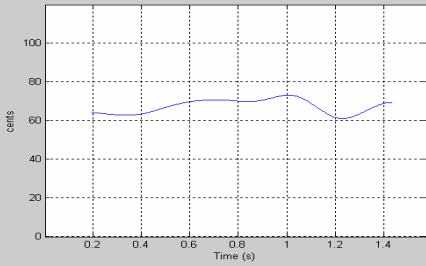
Extent

**3ⁿ-AYPIKH-APIA-/a/
Intonation**

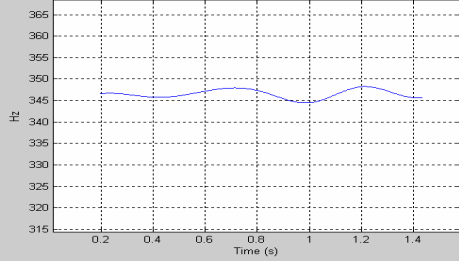
dB SPL

F4-2o m

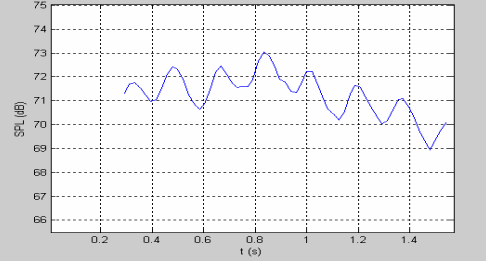
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-myrtyw-a-Fa3-2o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-myrtyw-a-Fa3-2o metro.wav

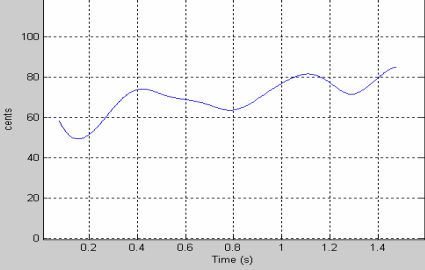


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-myrtyw-a-Fa3-2o metro.wav

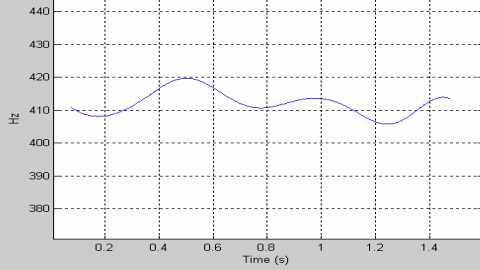


Ab4-60 m

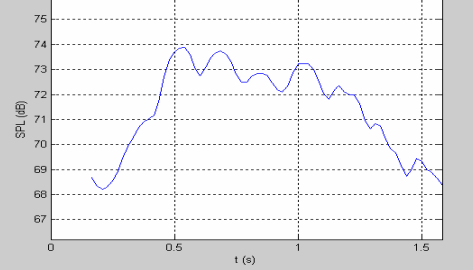
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-myrtyw-a-Lab3-6c



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-myrtyw-a-Lab3-6o metro.wav

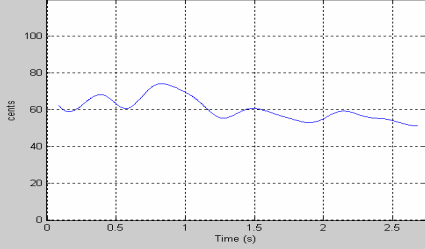


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-myrtyw-a-Lab3-6o metro.wav

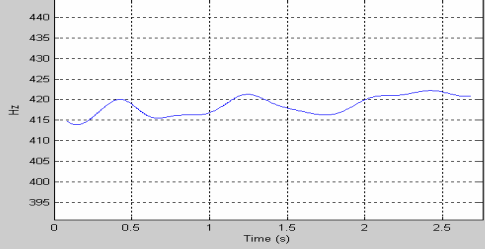


Ab4-26o m

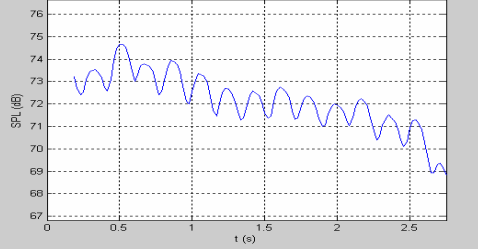
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-myrtyw-a-Lab3-26c



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-myrtyw-a-Lab3-26o metro.wav

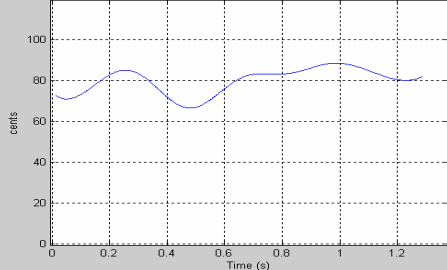


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-myrtyw-a-Lab3-26o metro.wav

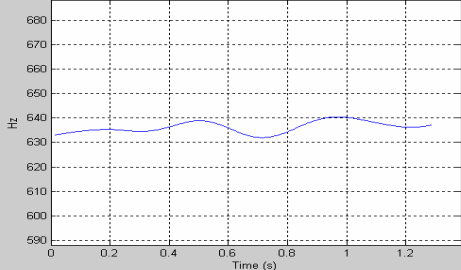


Eb5-12o m

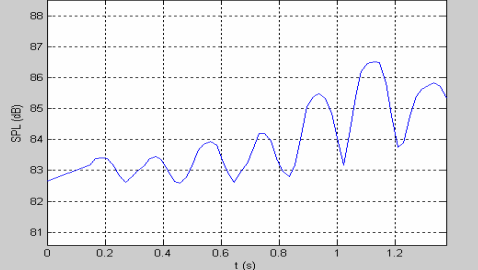
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-myrtyw-a-Mib4-12c



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-myrtyw-a-Mib4-12o metro.wav

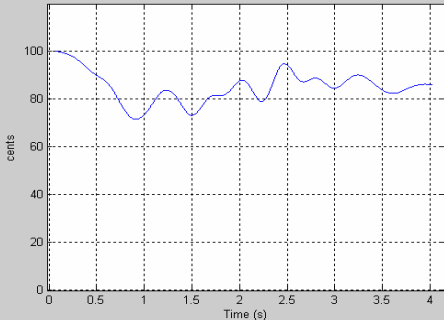


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-myrtyw-a-Mib4-12o metro.wav

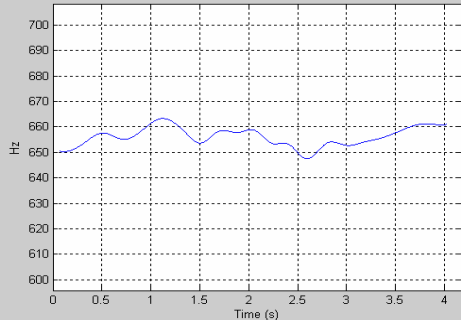


Eb5-24o m

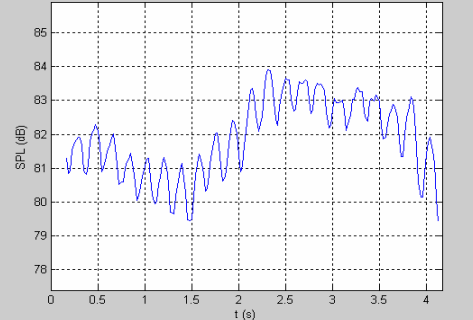
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-myrtyw-a-Mib4-24c



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-myrtyw-a-Mib4-24o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-myrtyw-a-Mib4-24o metro.wav

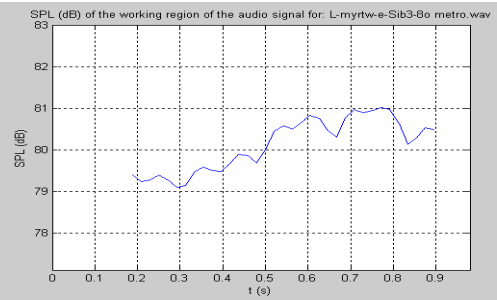
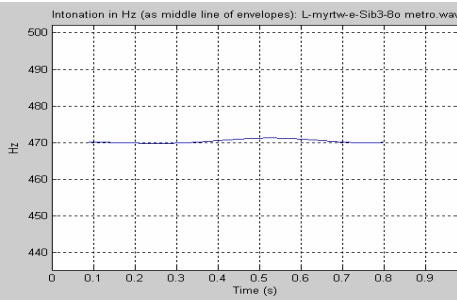
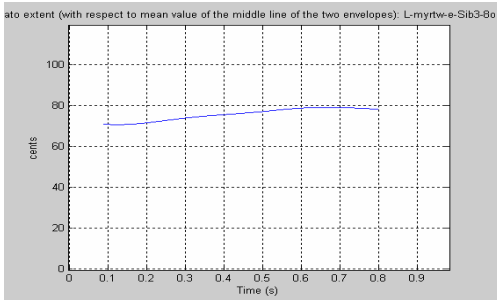
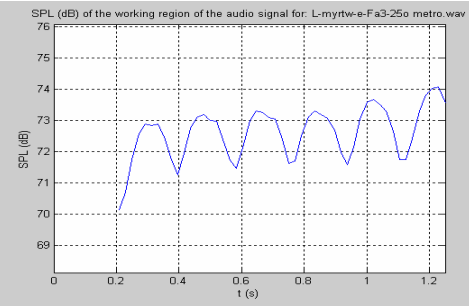
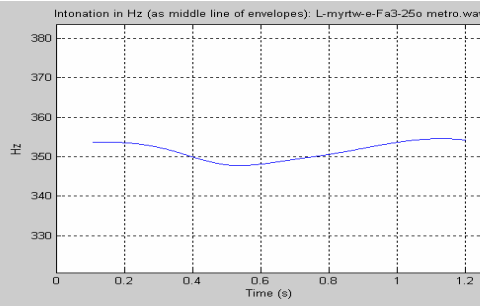
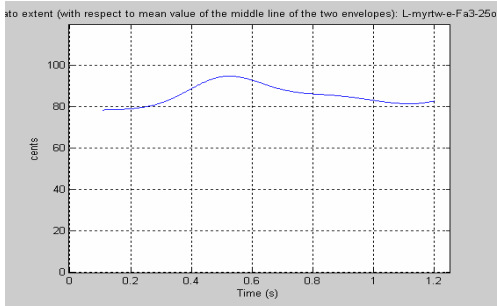


3ⁿ-ΛΥΠΙΚΗ-ΑΡΙΑ-ε/
Intonation

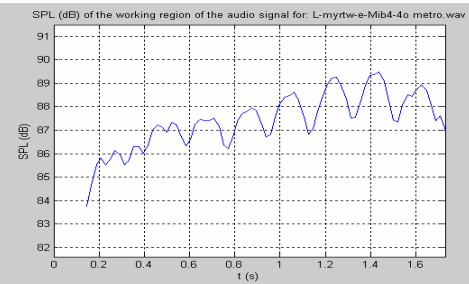
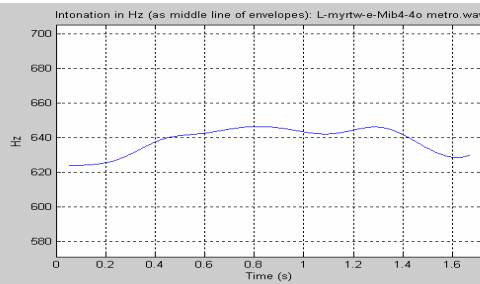
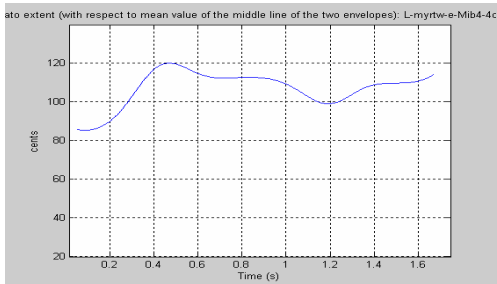
Extent

dB SPL

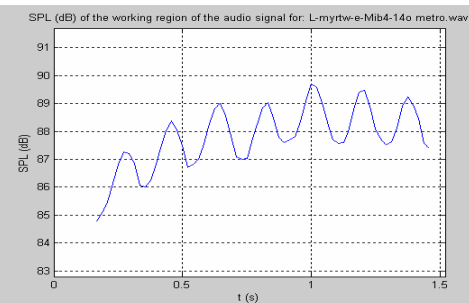
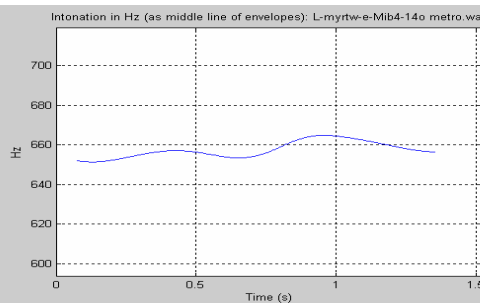
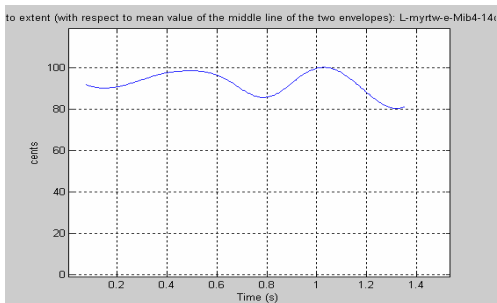
F4-250 m



Bb4-80 m



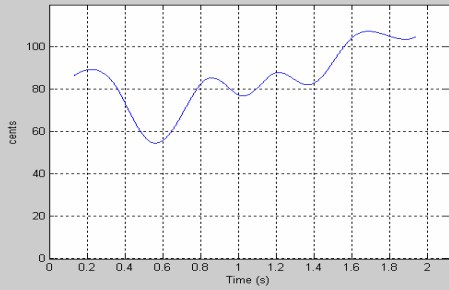
Eb5-40 m



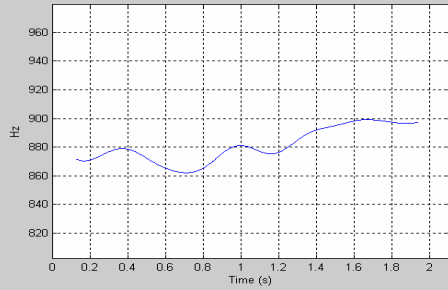
Eb5-140 m

Ab5-230 m

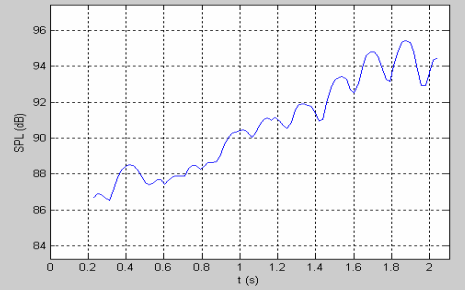
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-myrtw-e-Lab4-23o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-myrtw-e-Lab4-23o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-myrtw-e-Lab4-23o metro.wav



3ⁿ-AYPIKH-APIA-/t/

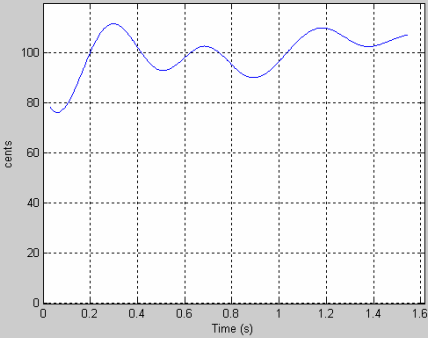
Extent

Intonation

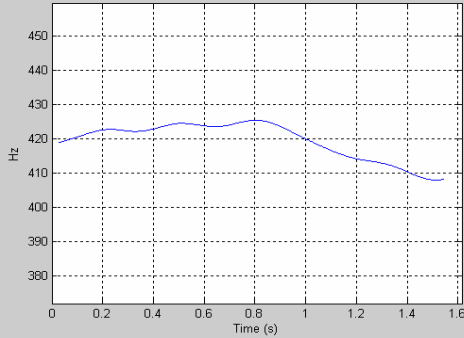
dB SPL

Ab4-9o m

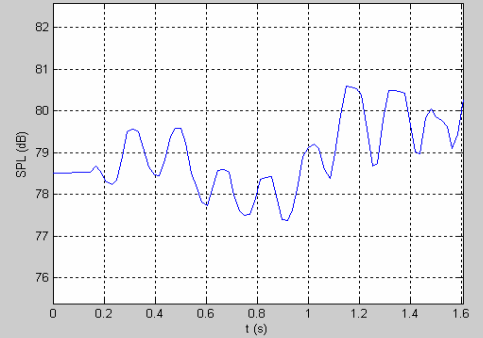
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-myrtw-i-Lab3-9o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-myrtw-i-Lab3-9o metro.wav

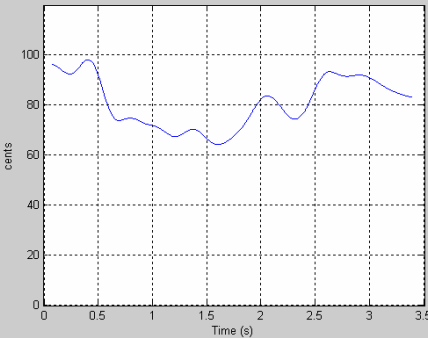


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-myrtw-i-Lab3-9o metro.wav

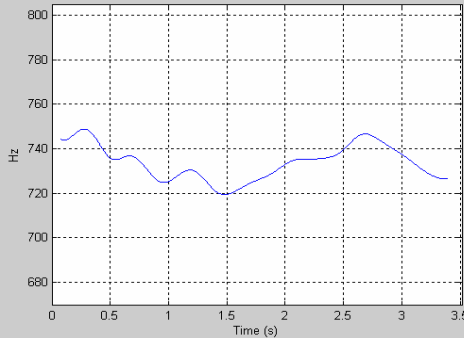


F5-19o m

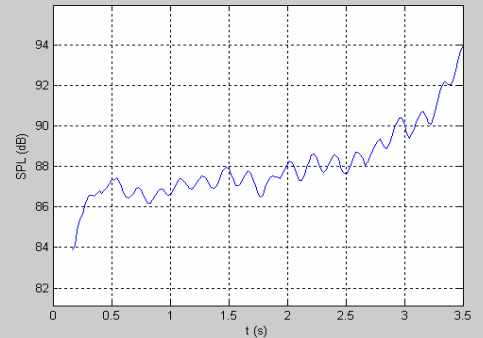
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-myrtw-i-Fa4-19o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-myrtw-i-Fa4-19o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-myrtw-i-Fa4-19o metro.wav



3ⁿ-AYPIKH-APIA-/o/

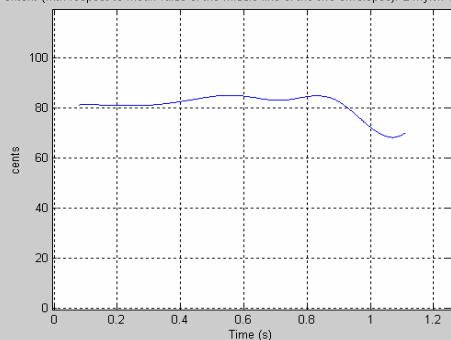
Extent

Intonation

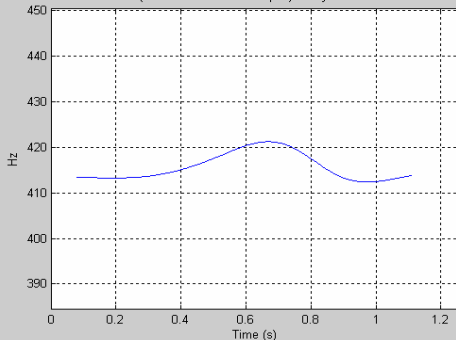
dB SPL

Ab4-60 m

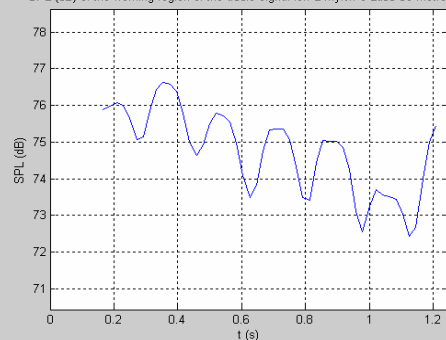
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-myrw-o-Lab3-6c



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-myrw-o-Lab3-6o metro.wav

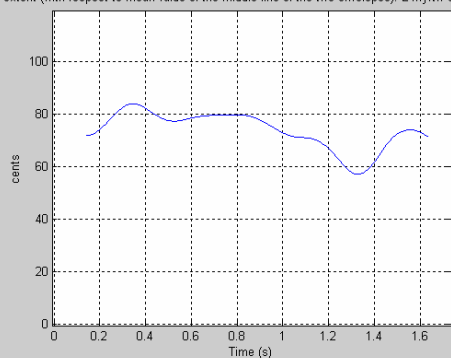


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-myrw-o-Lab3-6o metro.wav

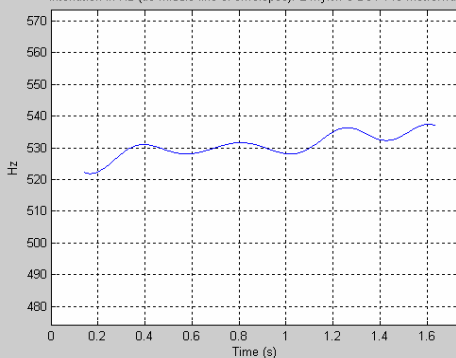


Do4-140 m

ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-myrw-o-Do4-14c



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-myrw-o-Do4-14o metro.wav

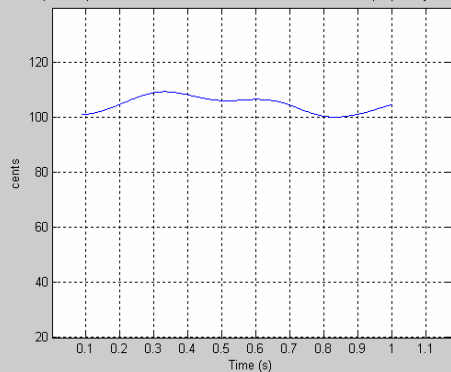


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-myrw-o-Do4-14o metro.wav

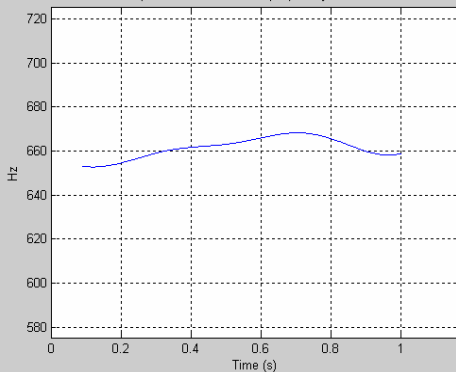


Eb5-40 m

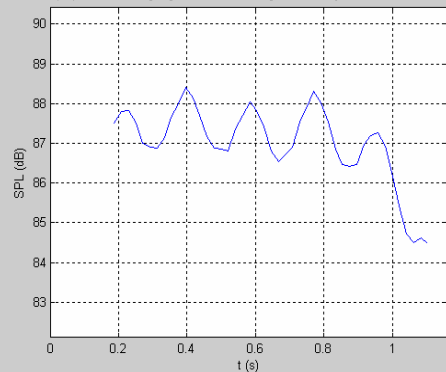
ato extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-myrw-o-Mib4-4c



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-myrw-o-Mib4-4o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-myrw-o-Mib4-4o metro.wav



3ⁿ-AYPIKH-APIA-/ov/

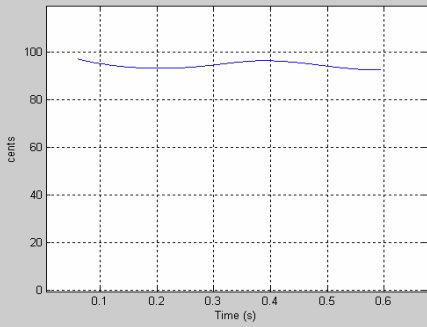
Extent

Intonation

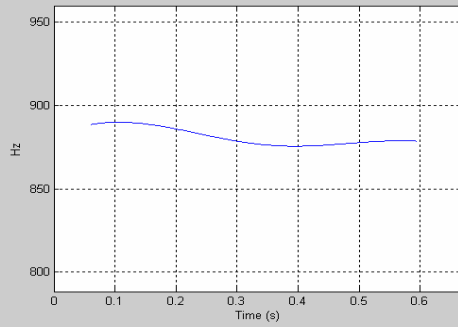
dB SPL

Ab5-170 m

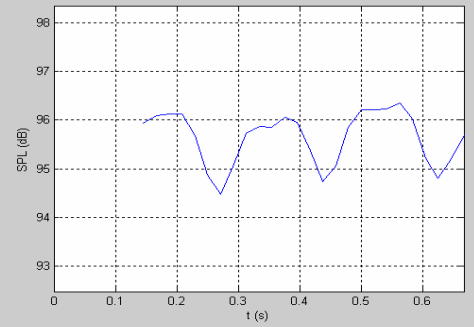
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): L-myrtw-ou-Lab4-17



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): L-myrtw-ou-Lab4-17o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: L-myrtw-ou-Lab4-17o metro.wav



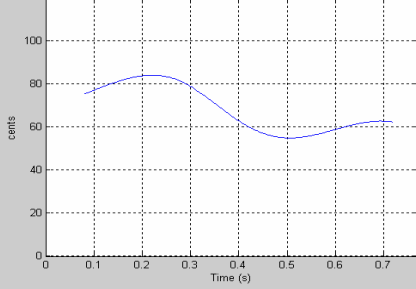
Extent

1^η ΕΛΛΟΡΙΑ-ΑΡΙΑ-/α/ intonation

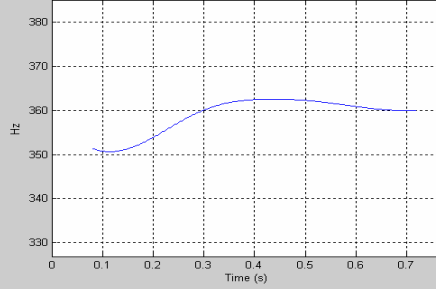
dB SPL

Fa3-2o m

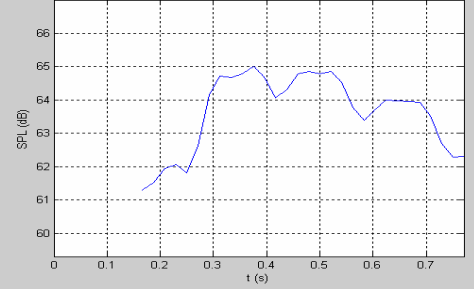
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-dialekti-a-Fa-2o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-dialekti-a-Fa-2o metro.wav

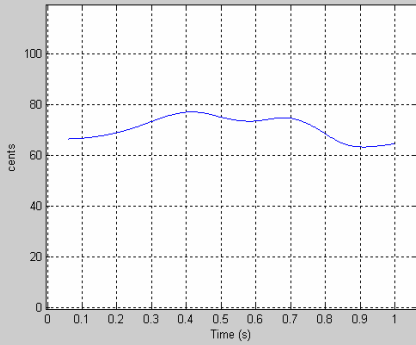


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-dialekti-a-Fa-2o metro.wav

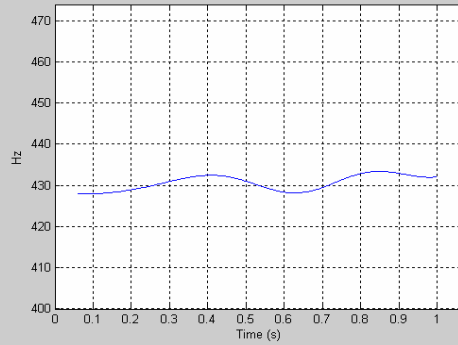


LAB4-6o m

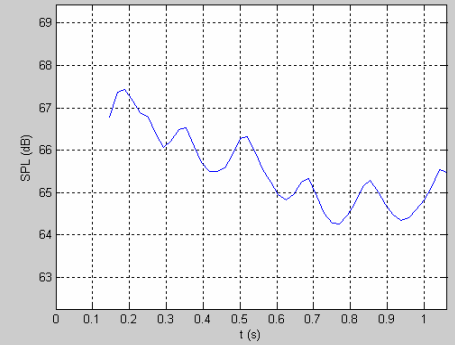
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-dialekti-a-Lab3-6



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-dialekti-a-Lab3-6o metro.wav

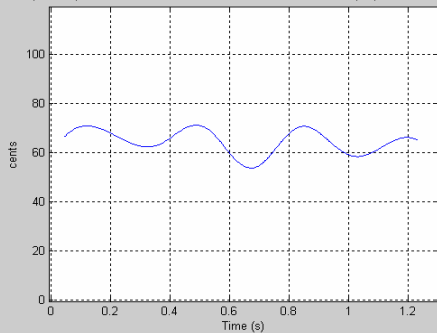


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-dialekti-a-Lab3-6o metro.wav

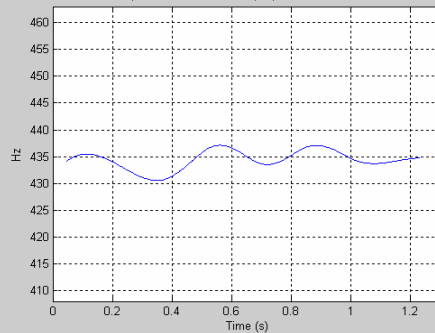


LAB4-26o m

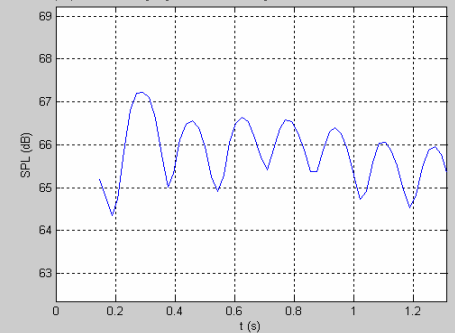
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-dialekti-a-Lab3-2E



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-dialekti-a-Lab3-26o metro.wav

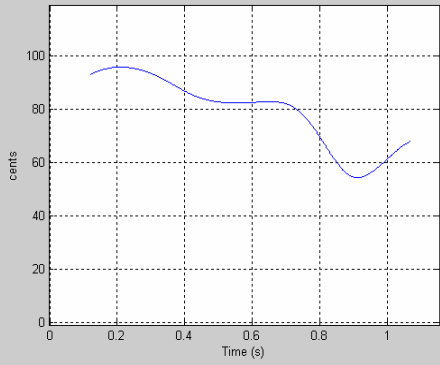


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-dialekti-a-Lab3-26o metro.wav

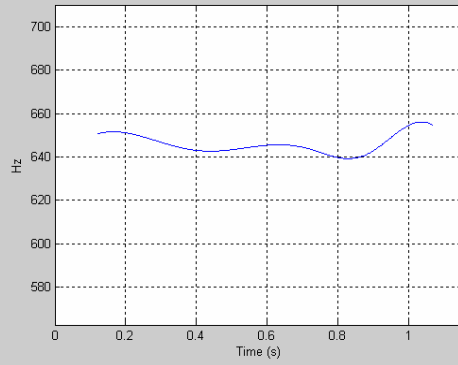


Mib4-12o m

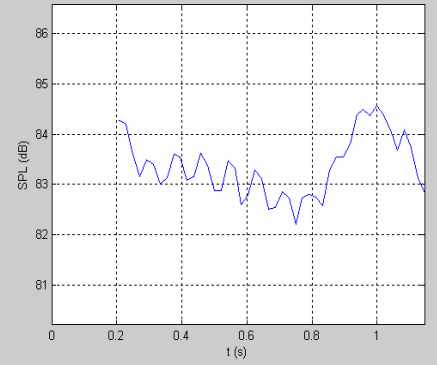
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-dialekti-a-Mib4-12



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-dialekti-a-Mib4-12o metro.wav

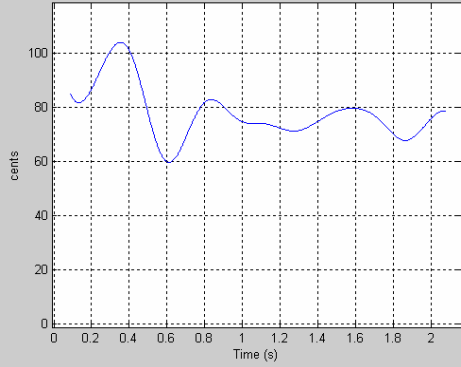


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-dialekti-a-Mib4-12o metro.wav

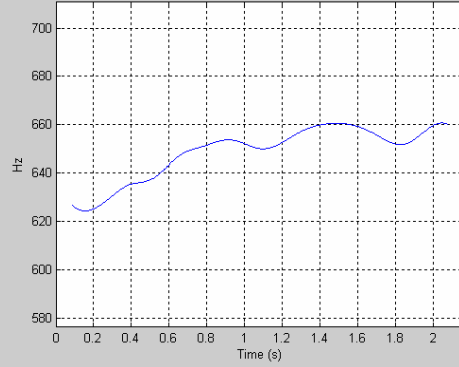


Mib4-24o m

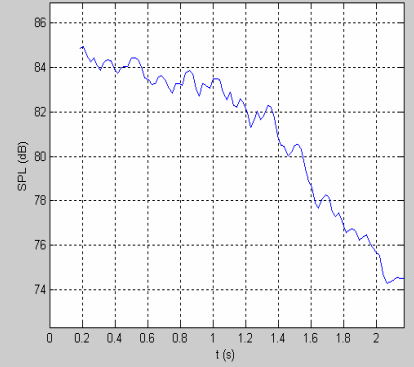
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-dialekti-a-Mib4-24



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-dialekti-a-Mib4-24o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-dialekti-a-Mib4-24o metro.wav



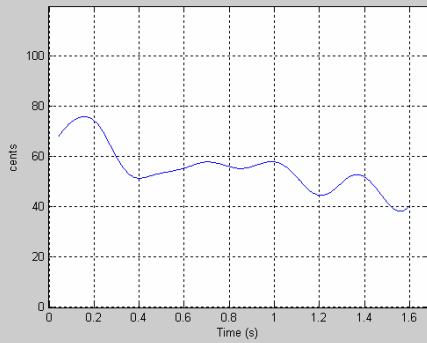
Extent

1^η ΕΛΛΑΦΡΙΑ-ΑΡΙΑ-ε/
intonation

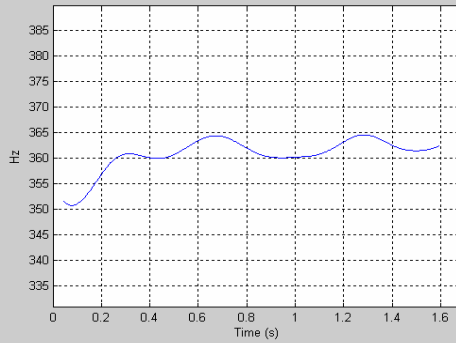
dB SPL

F4-25o m

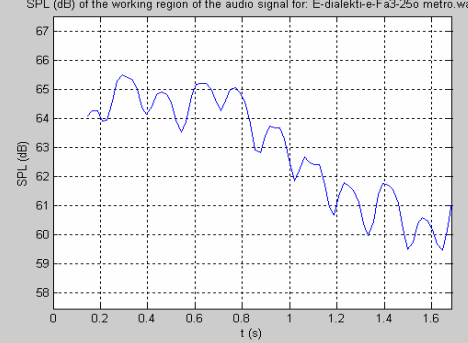
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-dialekti-e-Fa3-25



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-dialekti-e-Fa3-25o metro.wav

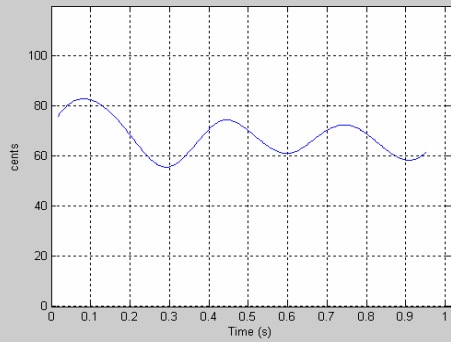


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-dialekti-e-Fa3-25o metro.wav

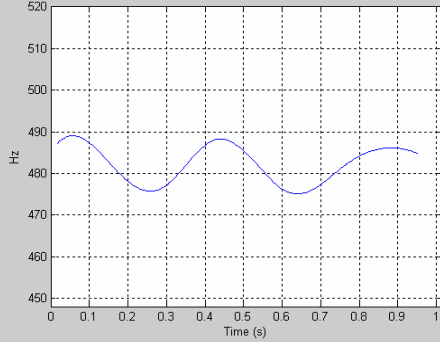


Bb4-8o m

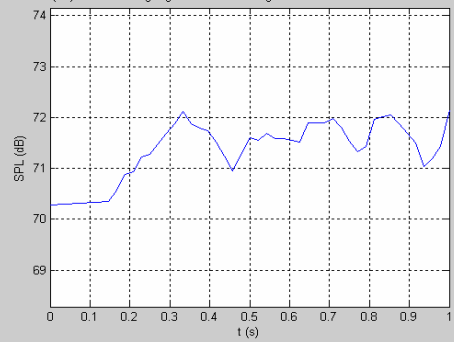
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-dialekti-e-Sib3-8i



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-dialekti-e-Sib3-8o metro.wav

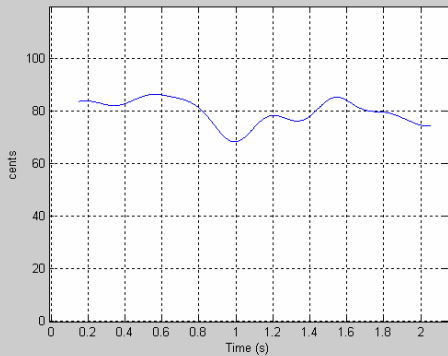


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-dialekti-e-Sib3-8o metro.wav

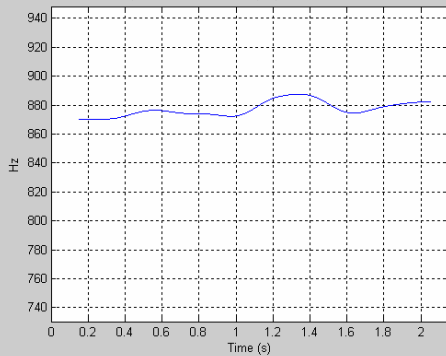


Ab5-23o m

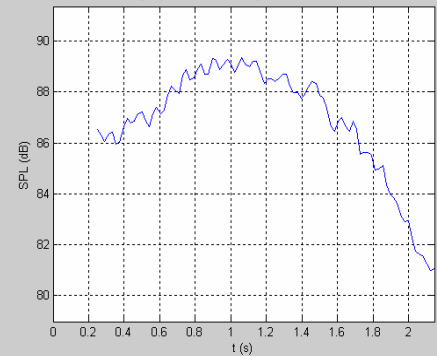
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-dialekti-e-Lab4-2i



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-dialekti-e-Lab4-23o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-dialekti-e-Lab4-23o metro.wav



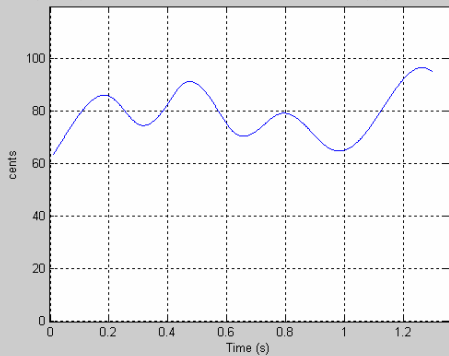
Extent

**1^η ΕΛΛΦΡΙΑ-ΑΡΙΑ-/ο/
intonation**

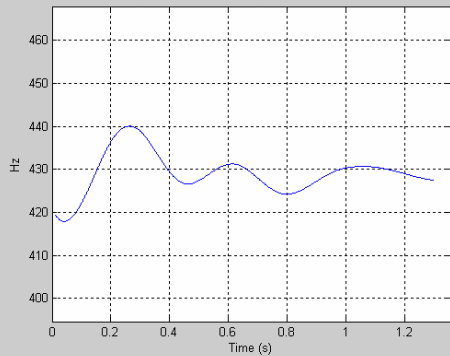
dB SPL

Ab4-6o m

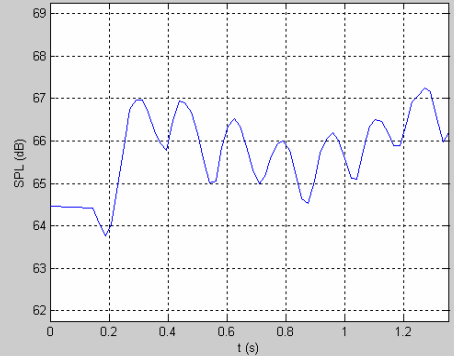
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-dialekti-o-Lab3-6



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-dialekti-o-Lab3-6o metro.wav

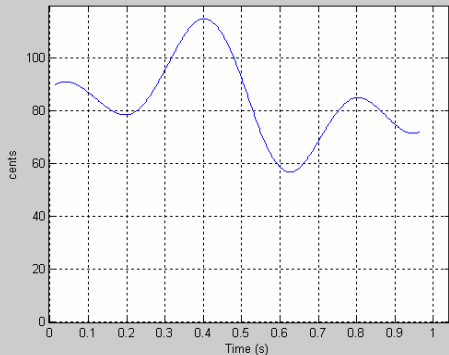


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-dialekti-o-Lab3-6o metro.wav

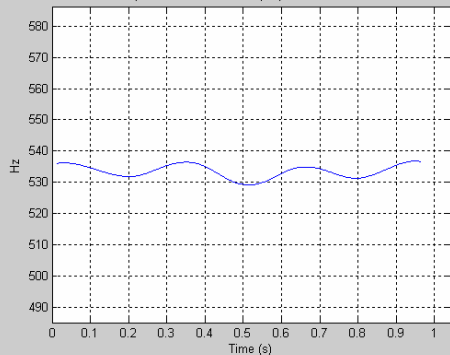


C5-14o m

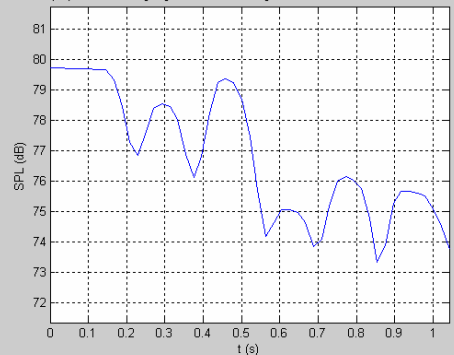
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-dialekti-o-Do4-14



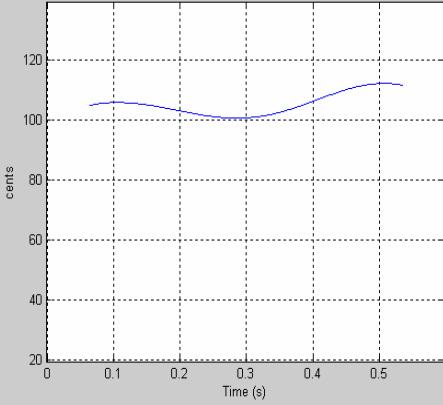
Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-dialekti-o-Do4-14o metro.wav



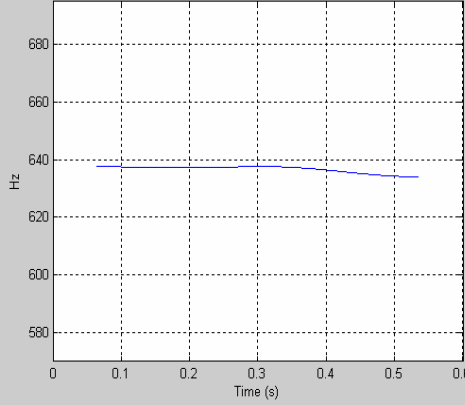
SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-dialekti-o-Do4-14o metro.wav



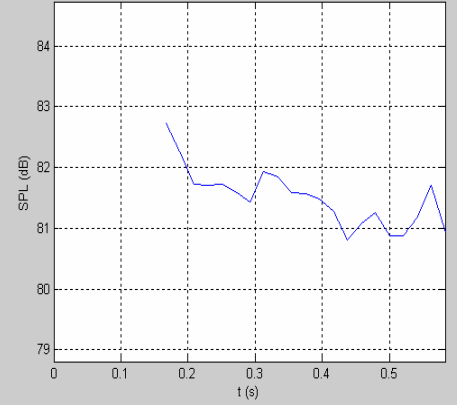
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-dialekti-o-Mib4-4



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-dialekti-o-Mib4-4o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-dialekti-o-Mib4-4o metro.wav

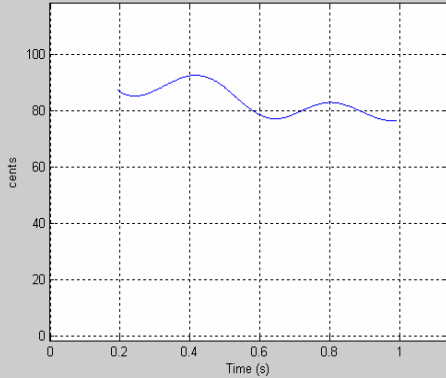


1^η ΕΛΛΦΡΙΑ-ΑΡΙΑ-/ου/ intonation

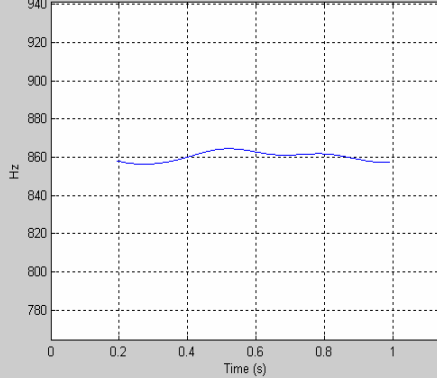
Extent

dB SPL

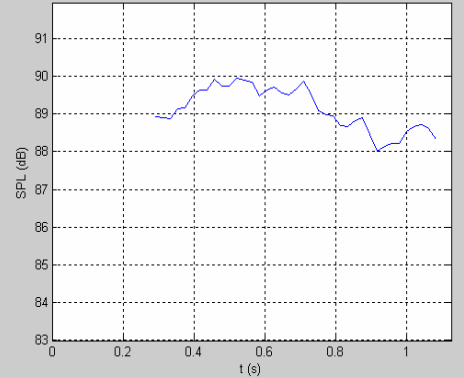
o extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-dialekti-ou-Lab4-1



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-dialekti-ou-Lab4-17o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-dialekti-ou-Lab4-17o metro.wav

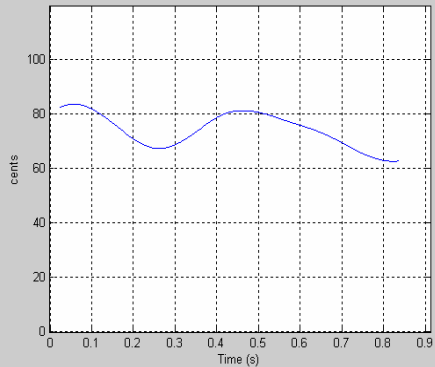


1^η ΕΛΛΦΡΙΑ-ΑΡΙΑ-/ι/ intonation

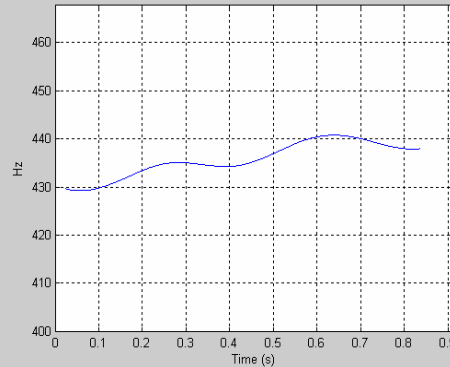
Extent

dB SPL

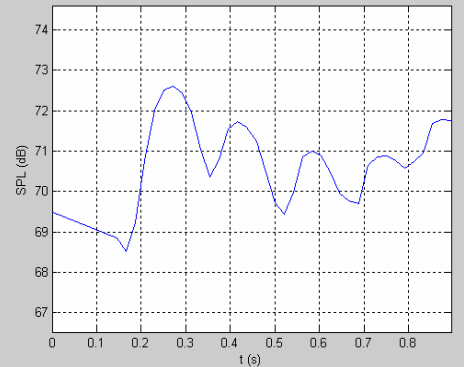
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-dialekti-i-Lab3-9i



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-dialekti-i-Lab3-9o metro.wav

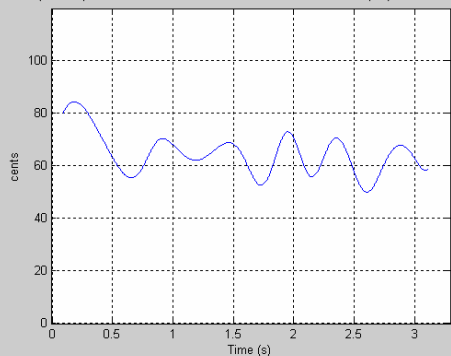


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-dialekti-i-Lab3-9o metro.wav

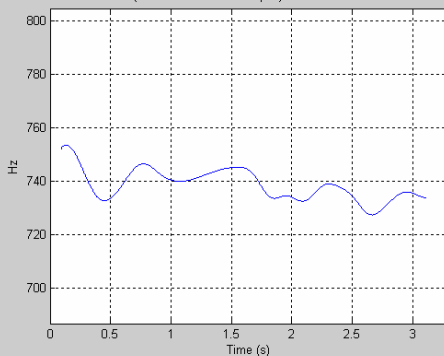


F5-19o m

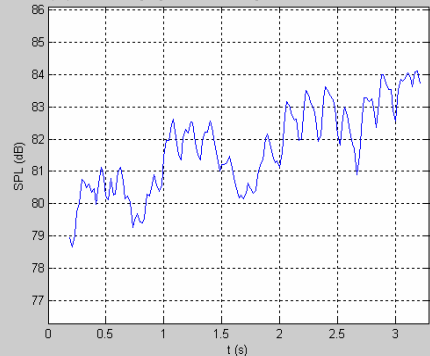
Extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-dialekti-i-Fa4-19o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-dialekti-i-Fa4-19o metro wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-dialekti-i-Fa4-19o metro.wav



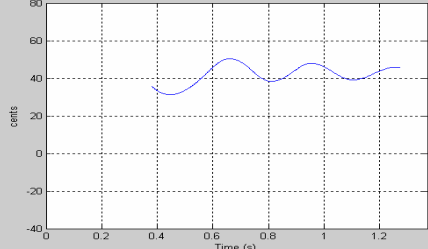
Extent

2η ΕΛΛΟΦΡΙΑ-ΑΡΙΑ-/α/ Intonation

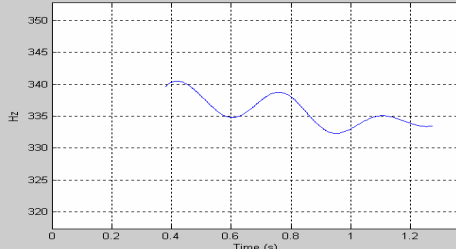
dB SPL

F4-2o m

Extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-a-Fa3-2o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-a-Fa3-2o metro wav

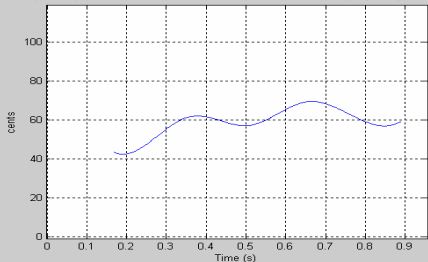


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-a-Fa3-2o metro.wav

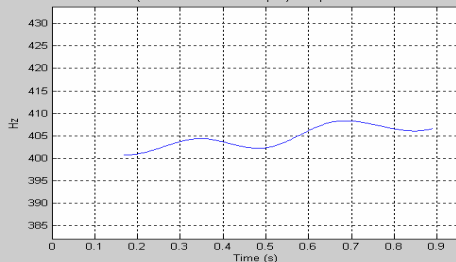


Ab4-6o m

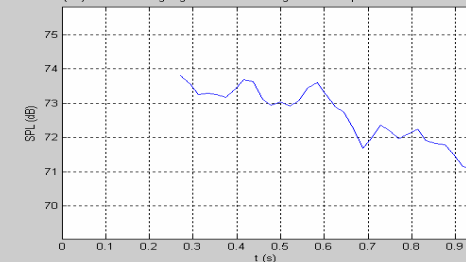
Extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-a-Lab3-6o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-a-Lab3-6o metro wav

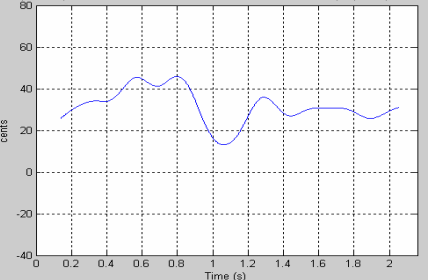


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-a-Lab3-6o metro.wav

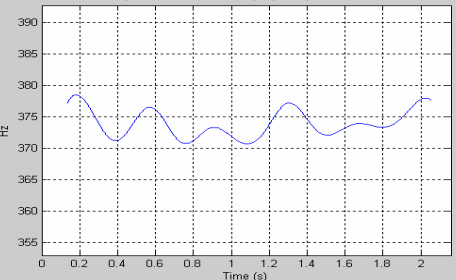


Ab4-26o m

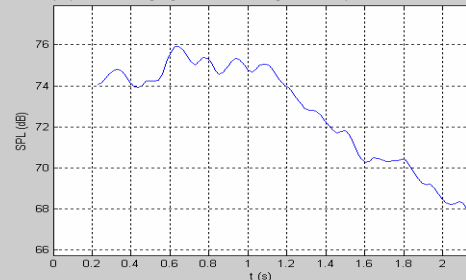
Extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-a-Lab3-26o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-a-Lab3-26o metro wav

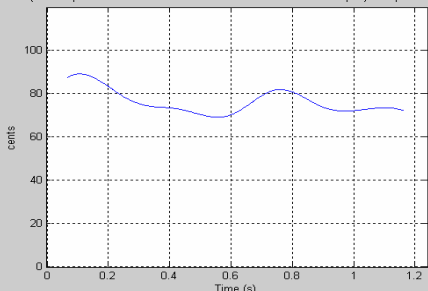


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-a-Lab3-26o metro.wav

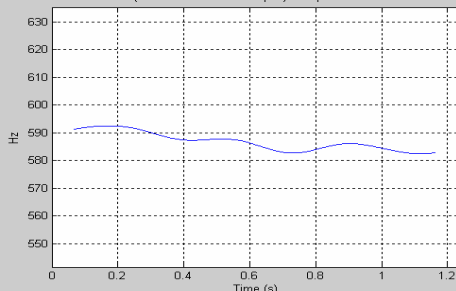


Eb5-12o m

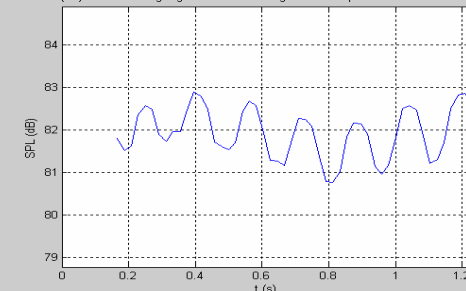
Extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-a-Mib4-12o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-a-Mib4-12o metro wav

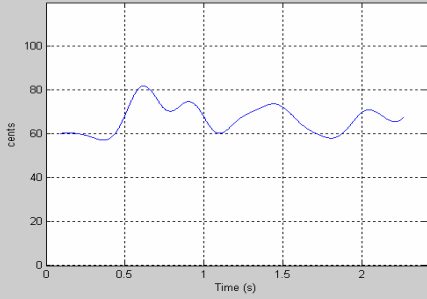


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-a-Mib4-12o metro.wav

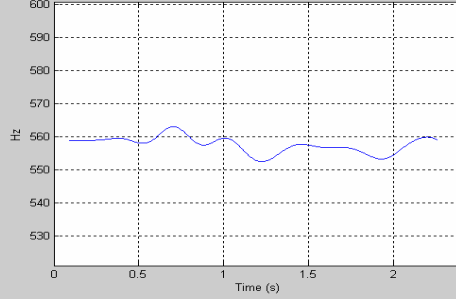


Eb5-240 m

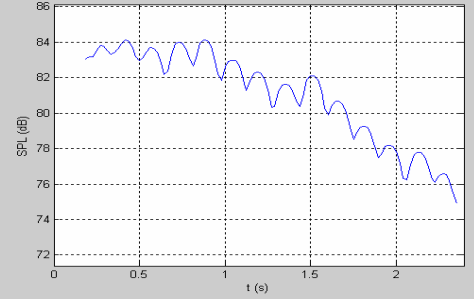
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-a-Mib4-24



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-a-Mib4-24o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-a-Mib4-24o metro.wav



2η ΕΛΑΦΡΙΑ-ΑΡΙΑ-/α/

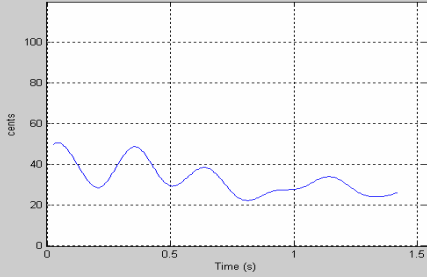
Extent

Intonation

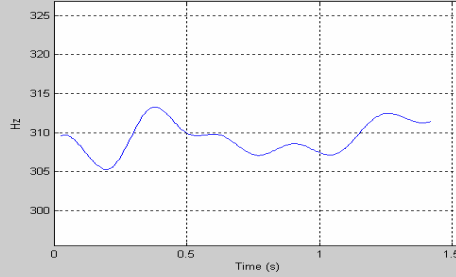
dB SPL

F4-250 m

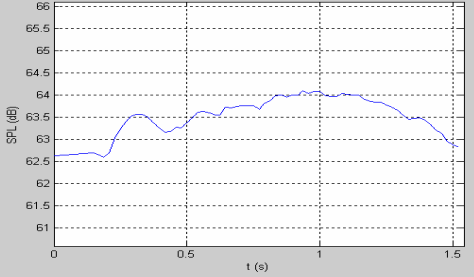
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-e-Fa3-25



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-e-Fa3-25o metro.wav

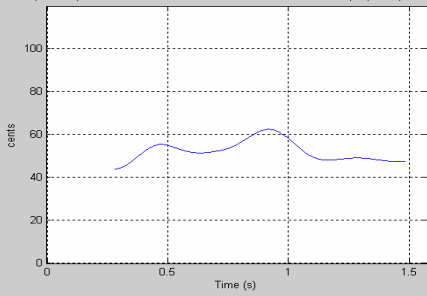


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-e-Fa3-25o metro.wav

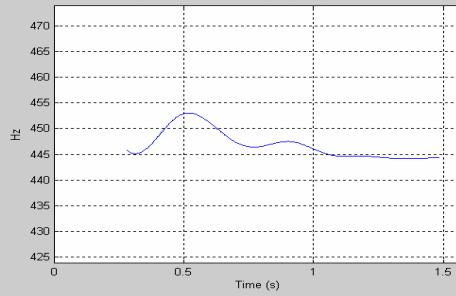


Bb4-80 m

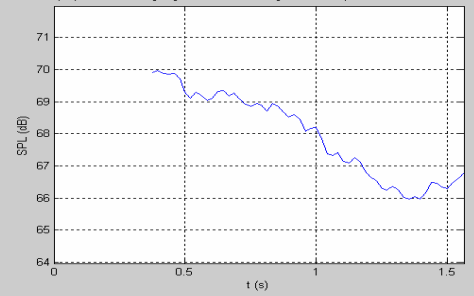
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-e-Sib3-8o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-e-Sib3-8o metro.wav

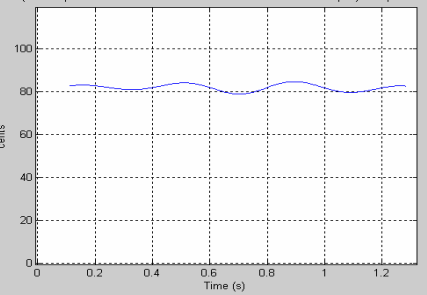


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-e-Sib3-8o metro.wav

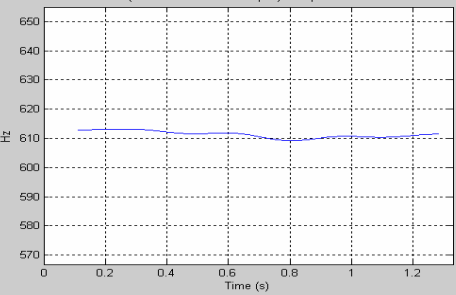


Eb5-40 m

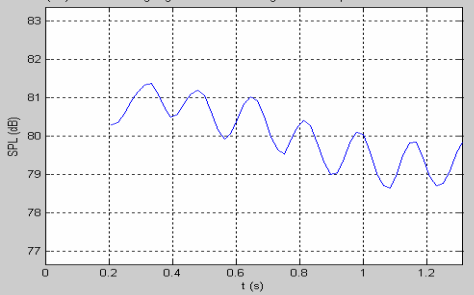
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-e-Mib4-4o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-e-Mib4-4o metro.wav

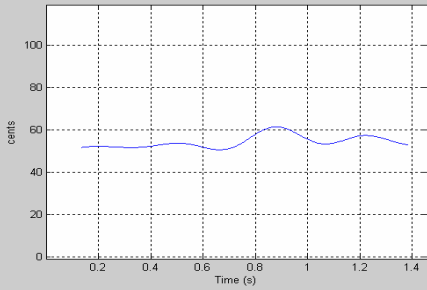


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-e-Mib4-4o metro.wav

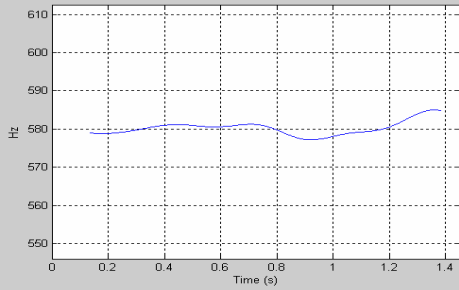


Eb5-140 m

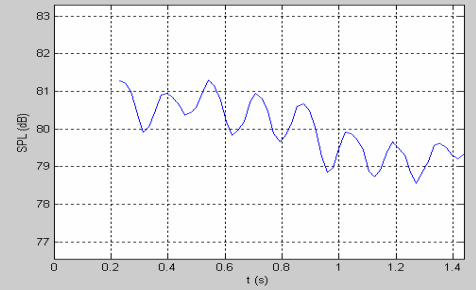
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-e-Mib4-14



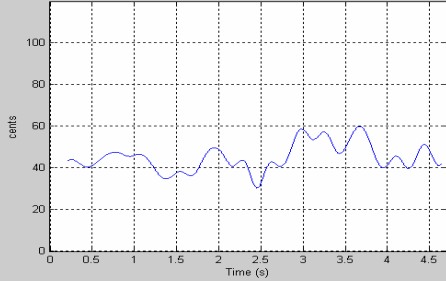
Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-e-Mib4-14o metro.wav



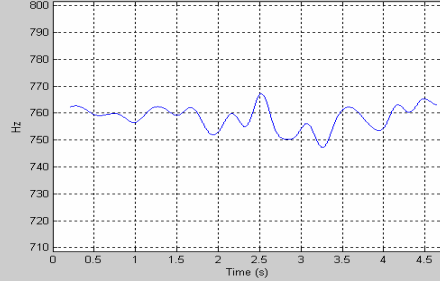
SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-e-Mib4-14o metro.wav



to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-e-Lab4-25



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-e-Lab4-23o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-e-Lab4-23o metro.wav



Ab5-23o m

2η ΕΛΛΟΦΙΑ-ΑΡΙΑ-ι/

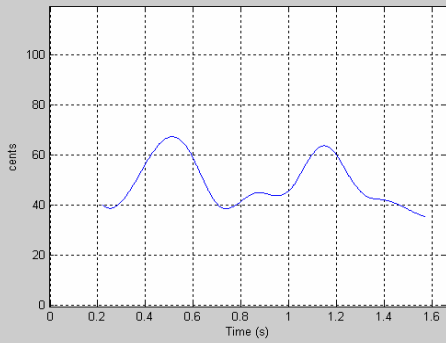
Extent

Intonation

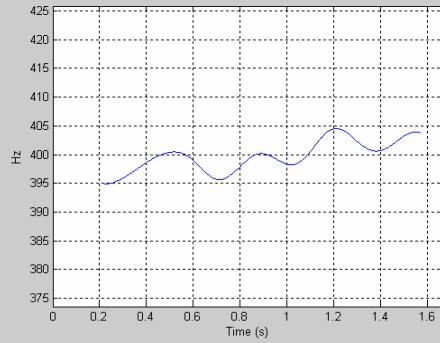
dB SPL

Ab4-9o m

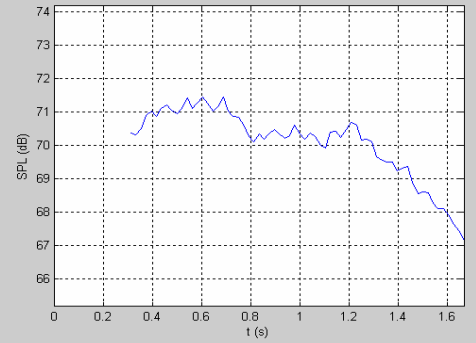
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-i-Lab3-9c



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-i-Lab3-9o metro.wav

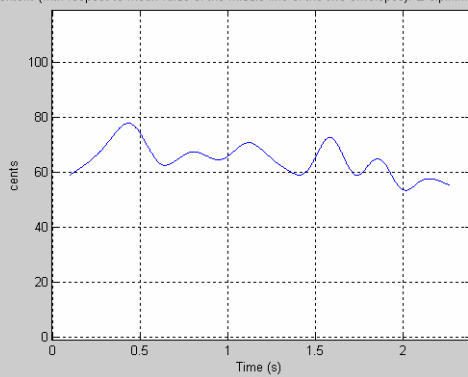


SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-i-Lab3-9o metro.wav

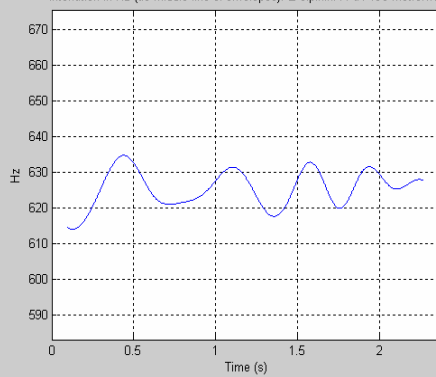


F5-19o m

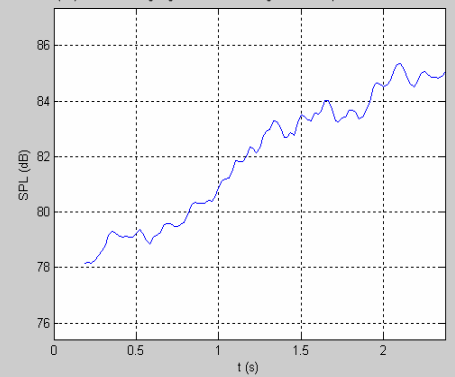
to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-i-Fa4-19c



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-i-Fa4-19o metro.wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-i-Fa4-19o metro.wav



2η ΕΛΑΦΡΙΑ-ΑΡΙΑ-/ο/

Extent

Intonation

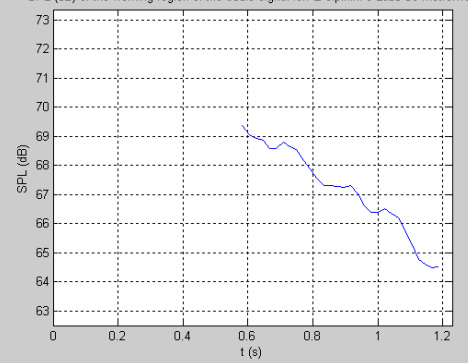
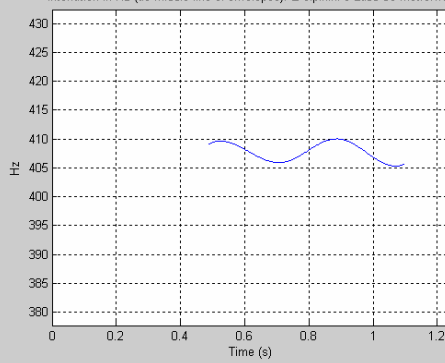
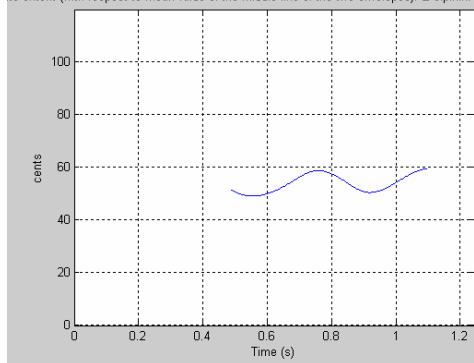
dB SPL

Ab4-6o m

to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-o-Lab3-6o

Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-o-Lab3-6o metro.wav

SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-o-Lab3-6o metro.wav

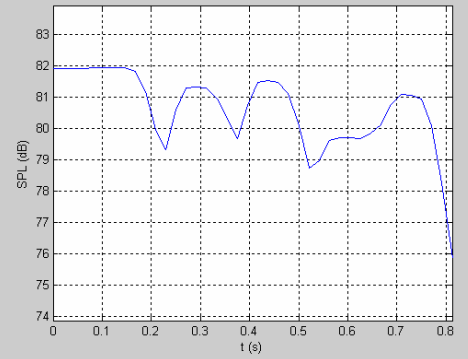
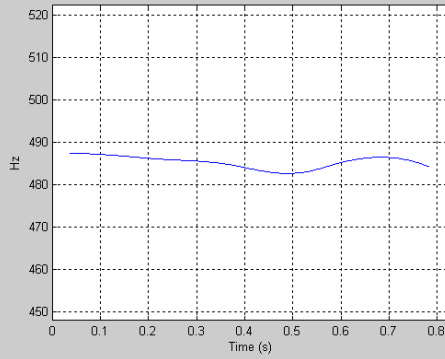
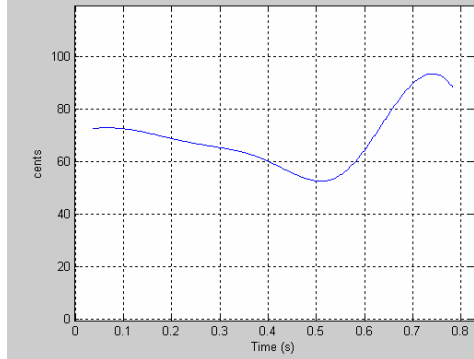


C5-14o m

to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-o-Do4-14

Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-o-Do4-14o metro.wav

SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-o-Do4-14o metro.wav

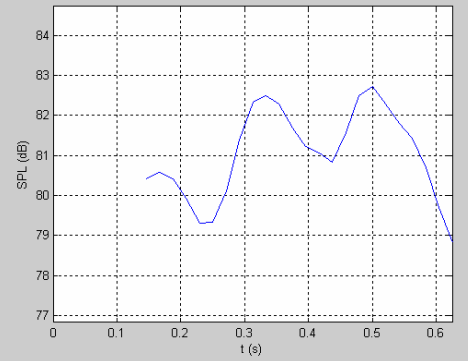
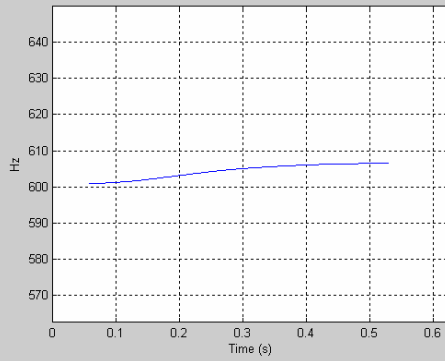
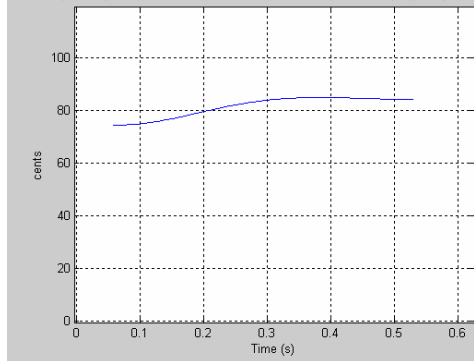


Eb5-4o m

to extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-o-Mib4-4o

Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-o-Mib4-4o metro.wav

SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-o-Mib4-4o metro.wav



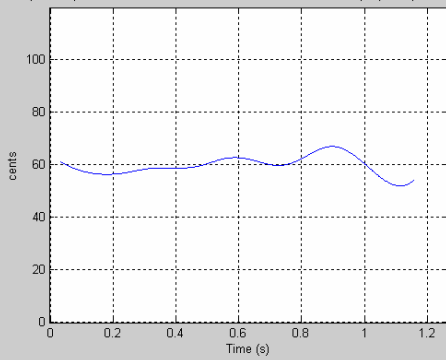
Extent

2η ΕΛΛΦΡΙΑ-ΑΡΙΑ-/ου/ Intonation

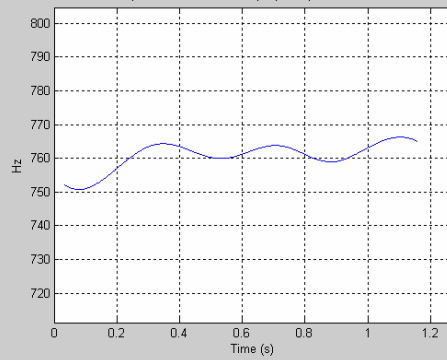
dB SPL

Ab5-17o m

o extent (with respect to mean value of the middle line of the two envelopes): E-elpiniki-ou-Lab4-17o



Intonation in Hz (as middle line of envelopes): E-elpiniki-ou-Lab4-17o metro wav



SPL (dB) of the working region of the audio signal for: E-elpiniki-ou-Lab4-17o metro.wav

