

Έρευνα και Μελέτη Ελληνικών Ηχοτοπίων

Αντρέας Μνιέστρης Επίκουρος Καθηγητής	Ιωάννης Δ. Παντής Αναπληρωτής Καθηγητής	Χρήστος Κουτσοδημάκης Σύμβουλος Ακουστικής, MSc	Νικόλαος Βαλσαμάκης Καθηγητής Εφαρμογών
Ιόνιο Πανεπιστήμιο Τμήμα Μουσικών Σπουδών	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Σ.Θ.Ε- Τμήμα Βιολογίας	ΑΚΟΥΣΟΝ ΕΠΕ Σύμβουλοι Ακουστικής	Τ.Ε.Ι. Κρήτης Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής
Παλαίο Φρούριο 49 100 Κέρκυρα Τηλ.:26610-87506 e-mail: andreas@ionio.gr	54 124 Θεσσαλονίκη Τηλ.:2310-998254 e-mail: pantis@bio.auth.gr	Έβρου 77 11 527 Αθήνα Τηλ: 210-7797477 e-mail: info@acousone.gr	Περιβόλια, 74100 Ρέθυμνο Κρήτη Τηλ: 28310-23747 e-mail: vals@stef.teicrete.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Περιβαλλοντική έρευνα που οργανώνεται με αυξανόμενους ρυθμούς στην Ελλάδα τα τελευταία κυρίως τριάντα χρόνια, είχε σαν αποτέλεσμα την δημιουργία αξιολογής ερευνητικής εμπειρίας, την ανάπτυξη περιβαλλοντικών εφαρμογών και εκπαιδευτικών προγραμμάτων και δομών, με σημαντικό ήδη έργο τόσο στο πεδίο της θεωρίας της οικολογίας, όσο και στο πεδίο του σχεδιασμού δράσεων προστασίας του περιβάλλοντος. Η περιβαλλοντική έρευνα όμως δεν έχει εστιάσει όσο θα έπρεπε στη σημαντικότερη διάσταση του ηχητικού περιβάλλοντος που είναι μια θεμελιώδης συνιστώσα όλων των οικοσυστημάτων και τοπίων.

Με εξαίρεση τη μελέτη της επιβλαβούς επίδρασης στον άνθρωπο βιομηχανικών ή σχετικών ηχητικών περιβαλλόντων υψηλής ακουστικής στάθμης είναι πολύ περιορισμένο μέχρι σήμερα στην Ελλάδα το ενδιαφέρον για συστηματική μελέτη και ανάλυση του ηχητικού περιβάλλοντος καθώς και των ενδεχόμενων επιδράσεών του, τόσο στον άνθρωπο όσο και στα λοιπά μέρη που συνιστούν τα οικοσυστήματα. Το διεπιστημονικό ερευνητικό πεδίο που ασχολείται με τα παραπάνω ζητήματα είναι η ακουστική οικολογία.

Από το 2005 έχει ιδρυθεί η διεπιστημονική «ομάδα μελέτης και αποτύπωσης ηχητικών τοπίων» με στόχο την ανάπτυξη ερευνητικού έργου στο πεδίο της Ακουστικής Οικολογίας. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι γενικοί ερευνητικοί στόχοι της ομάδας αυτής καθώς και κάποια από τα πρώτα αποτελέσματα που προέκυψαν από την μέχρι σήμερα ερευνητική δραστηριότητα στην περιοχή Αντινιότη της Βόρειας Κέρκυρας. Επιπρόσθετα αναλύεται λεπτομερώς ο μεθοδολογικός σχεδιασμός και η υλοποίηση των ακουστικών μετρήσεων επί του πεδίου.

ABSTRACT

Environmental research is growing rapidly in Greece the past thirty resulting significant development in the field of ecology and environmental protection. However, except the thorough study of industrial and other noisy environments and their harmfulness to humans and other living organisms, little has been the interest for systematic study and analysis of sound environment which is a fundamental constituent of all ecosystems. In 2005 a new interdisciplinary group has been formed by Greek acousticians, ecologists, sound engineers and electroacoustic music composers aiming to the development of research work in the field of Acoustic Ecology. In this paper are presented the general research objectives of this group's first research activity which has been designed for the study and analysis of the soundscape of Antinioti lake on the Northern part of Corfu island and particularly the methodology of the performed acoustic measurements and the evaluation of their results.

1. Εισαγωγή

Ο χαρακτηρισμός του ηχητικού περιβάλλοντος γίνεται κυρίως με όρους ηχορύπανσης [1] και η τεχνολογία που αναπτύσσεται για τον έλεγχό της βασίζεται στην αρχή της μείωσης του θορύβου [2]. Μια διαφορετική προσέγγιση έχει προταθεί από τον R.Murray Schafer η οποία έχει σαν στόχο την κατανόηση των συστατικών του ηχητικού περιβάλλοντος, τον προσδιορισμό των αλληλεπιδράσεων τους, την διερεύνηση των αιτίων δημιουργίας των ηχητικών ανισορροπιών, με τελικό στόχο την διατύπωση λύσεων ανάταξής τους.

Στο πλαίσιο αυτής της διαφορετικής προσέγγισης που συνιστά την ακουστική οικολογία, απαραίτητη είναι η συστηματική μελέτη του ηχητικού περιβάλλοντος μέσω μιας συντονισμένης συνεργασίας ερευνητών διαφορετικών ειδικοτήτων η οποία δίνει τη δυνατότητα σχεδιασμού και υλοποίησης εξειδικευμένων ερευνητικών δράσεων καθώς και πολλαπλής ερμηνείας των ηχητικών δεδομένων και αποτελεσμάτων [2, 3, 4, 5].

Η πρώτη στην Ελλάδα διεπιστημονική ομάδα ακουστικής οικολογίας με τίτλο “ομάδα έρευνας και μελέτης ελληνικών ηχοτοπίων” δημιουργήθηκε με πρωτοβουλία του ΕΡΗΜΕΕ (Εργαστήριο Ηλεκτροακουστικής Έρευνας και Εφαρμογών) του Τμήματος Μουσικών Σπουδών του Ιονίου Παν/μου.

Βασικός στόχος της ομάδας αυτής είναι η συστηματική μελέτη συγκεκριμένου ηχοτοπίου καθώς και η συλλογή δεδομένων από χαρακτηριστικά ηχοτοπία του ελλαδικού χώρου σαν απαρχή ενός σχεδίου οργάνωσης του ηχητικού χάρτη της Ελλάδας.

Η έρευνα η οποία αυτή τη στιγμή βρίσκεται σε εξέλιξη, συνίσταται στην μελέτη και ανάλυση του ηχοτοπίου της περιοχής της λίμνης Αντινιότη στη βόρεια Κέρκυρα η οποία ανήκει στο δίκτυο προστατευόμενων περιοχών Natura 2000. Η περιοχή έχει επιλεγεί λόγω της μεγάλης βιοποικιλότητας που παρουσιάζει σε μικρή σχετική επιφάνεια γεγονός το οποίο ενδεχομένως θα μπορούσε να συσχετιστεί με αντίστοιχη υψηλή “ηχοποικιλότητα”. Η επιλογή της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε βασίστηκε τόσο στην ανάγκη επαρκούς κάλυψης των χωρο-χρονικών μεταβολών

της ακουστικής πληροφορίας όσο και στην καταλληλότητα διαχείρισης των δεδομένων, τη δυνατότητα καταγραφής τους και την ικανότητα αποθήκευσης τους.

Η πλήρης ανάπτυξη της μεθοδολογίας και η τεκμηρίωσή της υπερβαίνει το σκοπό της ανακοίνωσης αυτής, ωστόσο παρουσιάζουμε κάποια βασικά σημεία που θεωρούμε απαραίτητα για την κατανόηση του πλαισίου εργασίας και των παραγόμενων αποτελεσμάτων.

2. Συλλογή Δεδομένων

2.1 Περιοχή Έρευνας

Ως ερευνητική περιοχή επιλέχθηκε η λιμνοθάλασας Αντινιότη με εμβαδόν 2,5 τ.χλμ. Επί της περιοχής ορίστηκαν 15 θέσεις καταγραφής ακουστικών πληροφοριών των οποίων οι συντεταγμένες προέκυψαν από χωρική ανάλυση (λαμβάνοντας υπόψιν της μεταξύ τους αποστάσεις και την αντιπροσωπευτικότητα των τύπων οικοτόπων).

2.2 Χρόνος δειγματοληψίας

Οι μετρήσεις διεξήχθησαν σε δύο χρονικούς κύκλους: έναν ημερήσιο και έναν εποχιακό. Ο ημερήσιος κύκλος καλύπτεται με οχτώ (8) δειγματοληψίες σε ένα εικοσιτετράωρο (μία κάθε τρεις ώρες), ενώ ο εποχιακός με τέσσαρις (4) περιόδους ανά έτος (μία για κάθε ηλιοστάσιο και ισημερία).

Κάθε δεκάλεπτη δειγματοληψία αποτελείται από σαράντα μικροπεριόδους των 15 δευτερολέπτων. Ο διαμερισμός αυτός κρίθηκε αναγκαίος για την μελέτη της μικρομεταβολής του ηχητικού περιβάλλοντος.

2.3 Εξοπλισμός

Για την εργασία στο πεδίο σχεδιάστηκε ένα σύστημα εξοπλισμού που να καλύπτει τις ανάγκες μιας υψηλής πιστότητας ηχογράφησης καθώς και ενός συστήματος ακουστικών μετρήσεων μεγάλης ακρίβειας. Για την ηχοληψία απαιτήθηκε η καλύτερη στερεοφωνική εικόνα έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί το υλικό αυτό από τους μουσικούς συνθέτες της ομάδας, και ταυτόχρονα, ένα τουλάχιστον από τα κανάλια έπρεπε να περιέχει όλη τη δυνατή ηχητική πληροφορία του ηχοτοπίου, για τις ανάγκες επεξεργασίας σήματος για την ανάλυση του ηχοτοπίου, δηλαδή έπρεπε να εγγράφει παντοκατευθυντικά.

Την απαίτηση αυτή κάλυψε η χρήση της τεχνικής ηχογράφησης (Mid-Side) χρησιμοποιώντας ένα σύστημα δύο μικροφώνων, ενός παντοκατευθυντικού και ενός δικατευθυντικού. Το σήμα από το κάθε μικρόφωνο εγγράφεται χωρίς επεξεργασία στο αντίστοιχο κανάλι του εγγραφέα..

Χρησιμοποιήθηκε ένας ψηφιακός εγγραφέας κασετών μαγνητικής ταινίας (DAT – TASCAM DA-P1 και κασέτες SONY proDAT PLUS DT-120) και ένα MS σύστημα μικροφώνων της SCHOEPS. Το σύστημα αυτό αποτελείτο από δύο πυκνωτικές κάψες (την δικατευθυντική CCM-8 και την CCM-5 στην πανκατευθυντική της ρύθμιση), σύστημα ανάρτησης/στήριξης (SCHOEPS AMS CI elastic suspension με ενεργό καλώδιο KCY 115/0,25Ig), αντιανεμική προστασία (RYCOTE) και προενισχυτή SCHOEPS VMS5U.

Για την ακουστική μέτρηση χρησιμοποιήθηκε Ολοκληρωτικό Ηχόμετρο & Φασματικός Αναλυτής Cesva SC-310, ακρίβειας (Type 1), με φίλτρα πραγματικού χρόνου, 1/1- και 1/3- οκτάβας, με φασματικά σταθμιστικά δίκτυα A, C, Z, παράλληλη ανίχνευση Fast, Slow, Impulse, Max, Min, SEL, Leq, LeqI, στατιστική κατανομή L1%, L5%, L10%, L50%, L90%, L95%, L99% Peak δύο θύρες επικοινωνίας RS232 & USB, εσωτερική μνήμη 64 MB και υπολογισμό χρόνου αντήρησης σε 1/1 και 1/3 οκτάβας. Συγκεκριμένα, στην μέτρηση καταγράφεται σε κάθε χρονικό διάστημα (15 sec) η ισοδύναμη συνεχής ηχοστάθμη Leq με

σταθμιστικά φίλτρα A και Z καθώς επίσης καταγράφεται σε πραγματικό χρόνο η ηχοστάθμη ανά οκτάβα από 31,5Hz-16kHz.

2.4 Δεδομένα καταγραφής

Κάθε δειγματοληψία διαρκεί δέκα λεπτά και τα δεδομένα που λαμβάνονται είναι τεσσάρων ειδών: α) ηχογράφηση, β) ακουστική μέτρηση, γ) υποκειμενική παρατήρηση ανάλυσης των συστατικών του ακουστικού πεδίου ως προς την προέλευσή τους (ανθρωπινή, βιολογική, γεωφυσική) δ) υποκειμενική παρατήρηση αναγνώρισης των ηχητικών πηγών και κατηγοριοποίησής τους ως προς την λειτουργική τους σημασία (υπόβαθρο, επιφάνεια). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από ομάδα τεσσάρων ερευνητών διαφορετικών ειδικοτήτων, οι οποίοι ανάλογα με την ειδικότητά τους λαμβάνουν τα αντίστοιχα δεδομένα ως εξής:
Ηχολήπτης: Χειρίζεται το σύστημα ηχητικής εγγραφής και ηχογραφεί το ηχητικό περιβάλλον.

Ηχομετρητής: Χειρίζεται το σύστημα ηχητικής μέτρησης και παρακολουθεί τη ροή των δεδομένων ηχητικής στάθμης, L_p dB(A), L_p dB(Z), και της Οκταβικής (1/1) ανάλυσης με φίλτρα πραγματικού χρόνου.

Παρατηρητής 1: Σημειώνει του ήχους του ηχοτοπίου και τους κατηγοριοποιεί ανάλογα με την προέλευσή τους ως Ανθρωπογενείς, Γεωλογικούς, Βιολογικούς και ως προς την ιεραρχημένη συμμετοχή τους στη δημιουργία του ηχοτοπίου με κλίμακα σημαντικότητας από 1 - για ασθενή συμμετοχή - έως 3 - για την ισχυρότερη συμμετοχή.

Παρατηρητής 2: Σημειώνει τις ηχητικές πηγές ήχων που συνιστούν το ηχοτόπιο έτσι όπως τις αναγνωρίζει και τις κατηγοριοποιεί ανάλογα με την λειτουργία τους σαν ήχους Επιφανείας ή Υποβάθρου σημειώνοντας ταυτόχρονα και τη σχετική έντασή τους με μια υποκειμενική κλίμακα από 1 (για τους ασθενείς) έως 3 (για τους ισχυρούς).

3. Αποτελέσματα – Ανάλυση Δεδομένων

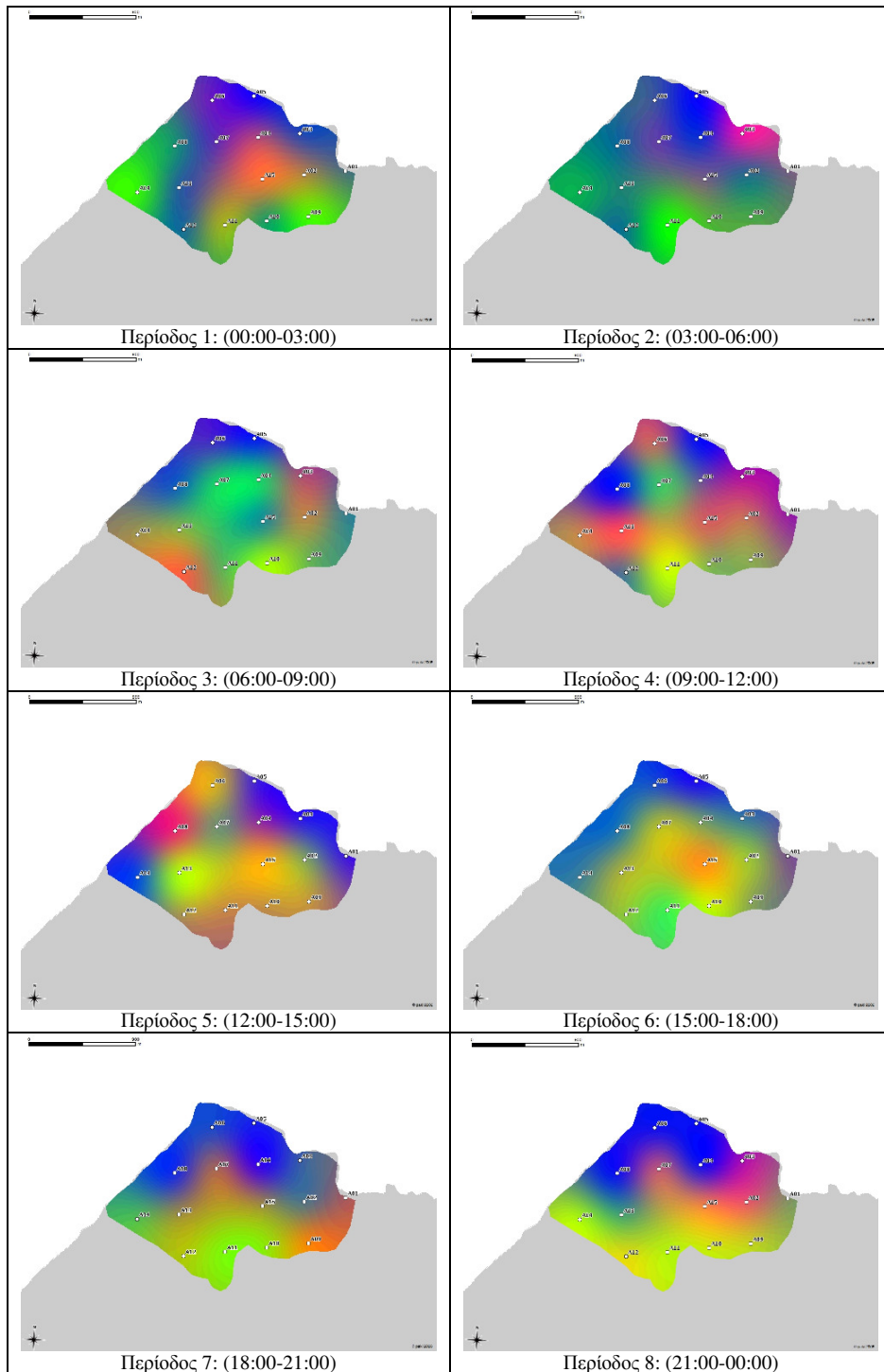
Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται αποτελέσματα που προέρχονται από την εαρινή περίοδο (Μάρτιος 2006) μετρήσεων. Γίνεται ανάλυση των δεδομένων του παρατηρητή 1 (ανάλυση της προέλευσης των ήχων) και των ακουστικών μετρήσεων.

3.1 Ανάλυση της ηχητικής πληροφορίας με βάση την προέλευσή τους

Οι χωροχρονικές μεταβολές των ήχων ανθρωπογενούς (A) (κόκκινο χρώμα R), βιολογικής (B) (πράσινο χρώμα, G) και γεωφυσικής (G) (μπλε χρώμα, B) προέλευσης απεικονίζονται στους οχτώ χάρτες του Σχήματος 1.

Οι τιμές των A,B και G απεικονίζονται αντίστοιχα σε τιμές φωτεινότητας R,G,B, δηλαδή χαμηλές τιμές A,B,G δίνουν σκούρες αποχρώσεις ενώ υψηλές τιμές φωτεινές. Ο συνδυασμός των παραπάνω δίνει ενδιάμεσους τόνους χρωμάτων.

Στο Σχήμα 1 απεικονίζονται οι οκτώ χρωματικοί χάρτες, που αντιστοιχούν σε κάθε χρονική περίοδο των μετρήσεων.



Σχήμα 1: Χρωματικοί χάρτες των χωροχρονικών μεταβολών των ήχων Ανθρωπογενούς, Βιολογικής και Γεωφυσικής Προέλευσης

Όπως φαίνεται από τους χάρτες σε περιοχές που υπάρχει έντονο μπλε φωτεινό χρώμα επικρατούν οι Γεωφυσικοί ήχοι, (π.χ. θάλασσα, αέρας), όπου υπάρχει έντονο φωτεινό κόκκινο χρώμα κυριαρχούν ήχοι ανθρώπινης προέλευσης (π.χ αυτοκίνητα, γεωργικές δραστηριότητες), ενώ όπου υπάρχει έντονο πράσινο χρώμα κυριαρχούν ήχοι βιολογικής προέλευσης (π.χ. βάτραχοι, πουλιά).

3.2 Ανάλυση της ηχητικής πληροφορίας με βάση τις ακουστικές μετρήσεις

Γίνεται εξέταση κάποιων χαρακτηριστικών περιπτώσεων σε μια προσπάθεια να διερευνήσουμε την ύπαρξη συγκεκριμένων τάσεων μέσω των ισχυρών συσχετίσεων κυρίαρχων ήχων (ανθρωπογενούς, βιολογικής και γεωφυσικής προελεύσεως) και των καταγεγραμμένων ηχοσταθμών και φασμάτων.

Διερευνάται η συσχέτιση δύο μετρούμενων ηχοσταθμών (i) δείκτη $L_p(Z)$ (ισοδύναμη ηχοστάθμη με σταθμιστικό φίλτρο Z- γραμμικό) και (ii) δείκτη $L_p(A)$ (ισοδύναμη ηχοστάθμη με σταθμιστικό φίλτρο A) με τα οκταβικά φάσματα για περιπτώσεις (θέσεις και χρόνος δειγματοληψίας), όπου καταγράφηκαν ήχοι από συγκεκριμένη προέλευση.

Σε 6 συνολικά περιπτώσεις καταγράφηκαν μόνο Γεωφυσικοί ήχοι (βλ. Σχήμα 2) και διαπιστώθηκαν στατιστικά ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ του δείκτη $L_p(Z)$ και των συχνοτήτων 31.5, 63 και 125 Hz (σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01), ενώ μόνο σε μια περίπτωση ο $L_p(Z)$ σχετίστηκε στατιστικά σημαντικά με το σύνολο των συχνοτήτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης ο δείκτης $L_p(A)$ σχετίστηκε ισχυρά σε όλες τις περιπτώσεις με την συχνότητα των 500 Hz. Στο Σχήμα 2 απεικονίζουμε με κόκκινο χρώμα τις ισχυρές συσχετίσεις (σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01) του δείκτη $L_p(Z)$ με τις διάφορες συχνότητες και με πράσινο χρώμα τις ισχυρές συσχετίσεις (σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01) του δείκτη $L_p(A)$ με τις διάφορες συχνότητες.

Περίοδος	Σημείο		31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	16 kHz		
1	5	LZT	■											
		LAT					■							
2	5	LZT	■											
		LAT					■							
6	5	LZT	■											
		LAT					■							
8	4	LZT	■											
		LAT					■							
8	5	LZT	■											
		LAT					■							
8	8	LZT	■											
		LAT					■							

Σχήμα 2: Συσχέτιση των ηχοσταθμών $L_p(A)$ και $L_p(Z)$ με τα καταγεγραμμένα φάσματα για Γεωφυσικούς ήχους

Σε 14 συνολικά περιπτώσεις ήταν κυρίαρχοι οι Βιολογικοί ήχοι κάτω από την απουσία των Γεωφυσικών ήχων (βλ. Σχήμα 3). Παρατηρώντας τις ισχυρότερες συσχετίσεις διαπιστώνουμε ότι την περίοδο 1 στο σημείο 9, την περίοδο 8 στα σημεία 10 και 14 ο δείκτης $L_p(Z)$ σχετίζεται ισχυρά με τις συχνότητες 1, 2 kHz και 4 kHz. Στο σύνολο των υπολοίπων περιπτώσεων ο ίδιος δείκτης σχετίζεται ισχυρά με τις χαμηλότερες συχνότητες. Ο δείκτης $L_p(A)$ σχετίζεται ισχυρά μόνο με τις υψηλότερες συχνότητες άνω των 125 Hz (με μια μόνο περίπτωση στατιστικά σημαντικής συσχέτισης με χαμηλότερη συχνότητα 63 Hz). Ο δείκτης $L_p(A)$

5. Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς ευχαριστούν τα μέλη της “ομάδας έρευνας και μελέτης ελληνικών ηχοτοπίων” καθώς και τους φοιτητές που εργάστηκαν, πολλές φορές με αντίξοες συνθήκες, για την λήψη των δεδομένων:(σε αλφαβητική σειρά) Βάλια Δράκου, Ιωάννα Ετμεκτσόγλου, Φίλιππο Θεοχαρίδη , Θόδωρο Λώτη, Νίκο Κεφαλογιάννη, Απόστολο Λουφόπουλο, Αντώνη Μάζαρη, Δημήτρη Μαϊόγλου, Γιάννη Ματσίνο, Διονύση Μπατζάκη, Κατερίνα Τζεδάκη, Γιώργο Φραγκίσκο, Γιώργο Χατζηγιαννίδη, Ιορδάνη Χουβαρδά.

Η έρευνα αυτή χρηματοδοτείται από το ΕΠΕΑΕΚ στο πλαίσιο του προγράμματος ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ ΙΙ.

6. Αναφορές

[1] Berglund, B., Eriksen, C.A., Nilsson, M.E., 2001. Exploring perceptual content in soundscapes, in: E. Sommerfeld, R. Kompass & T. Lachmann (Eds.), Fechner Day, Pabst Science Publishers,

[2] Schafer, R.M., 1994. The Soundscape. Our Sonic Environments and the Tuning of the World

[3] Remadier, T., 2003. Transdisciplinarity and its challenges: the case of urban studies, Futures, 36, 423-439

[4] Rosenfield, P.L., 1992. The potential of transdisciplinary research for sustaining and extending linkages between the health and social sciences. Social science and medicines, 35, 1343-1357

[5] Truax, B., 1984. Acoustic Communication. Ablex, New Jersey