

Μελέτη ακουστικής αναβάθμισης στο νεοκλασικό κτήριο του Δημοτικού Ωδείου Βόλου

Αναστάσιος Κουκούλης
Πληροφορικός
MSc Acoustics, ΑΣΠ-ΕΑΠ
tasoyylis@hotmail.com

Γεώργιος Καλλίρης
Καθηγητής ΑΠΘ
ΔΠΣ, ΑΣΠ-ΕΑΠ
gkal@jour.auth.gr

Ιωάννης Μουρτζόπουλος
Ομ. Καθηγ. Παν. Πατρών
τΔΠΣ, ΑΣΠ-ΕΑΠ
mourjop@upatras.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την εφαρμογή μεθόδων ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας καθώς και ακουστικού σχεδιασμού για την αναβάθμιση της ακουστικής συμπεριφοράς του νεοκλασικού κτηρίου του Δημοτικού Ωδείου Βόλου. Μέσω της παρούσας μελέτης, εκτιμάται η ικανότητα στέγασης σε νεοκλασικά κτήρια, δραστηριοτήτων που βασίζονται στην ακουστική του χώρου καθώς και τις παρεμβάσεις που είναι αναγκαίες κατά την ανακατασκευή τους ή την αποκατάστασή τους για την βελτίωση της ακουστικής τους.

Acoustic upgrade study of the neoclassical building which hosts the Municipal Conservatory of Volos

ABSTRACT

This paper deals with the upgrade of acoustic design and the application of sound insulation and sound protection methods to improve the acoustic behavior of the neoclassical building of the Municipal Conservatory of Volos. The present study evaluates the ability of neoclassical buildings to host activities based on sound and space acoustics and assess the interventions which are necessary during their reconstruction or restoration to improve their acoustics regarding their future use.

Εισαγωγή

Το κτήριο του Δημοτικού Ωδείου Βόλου είναι ένα από τα καλύτερα δείγματα νεοκλασικού κτηρίου της πόλης του Βόλου και κατασκευάστηκε το 1882 για την στέγαση της Τράπεζας Ηπειροθεσσαλίας. Έπειτα από αρκετές επισκευές και αλλαγές χρήσης το 1984, αποκαταστάθηκε στην πρότερη μορφή του από την τεχνική υπηρεσία του Δήμου Βόλου, για τη χρήση του ως Δημοτικό Ωδείο της Πόλης του Βόλου. Η εσωτερική του διαρρύθμιση και διακόσμηση ακολούθησε το ύφος της νεοκλασικής αρχιτεκτονικής και του πρότερου χαρακτήρα του κτηρίου με ψηλοτάβανα δωμάτια, με περίτεχνες ξύλινες και γύψινες διακοσμήσεις, μαρμάρινα πατώματα και σκάλες, μεγάλες ξύλινες πόρτες και μεγάλα εξωτερικά παράθυρα και μπαλκονόπορτες. Οι παρεμβάσεις της αποκατάστασης του 1984 αφορούσαν εξ ολοκλήρου στα δομικά και οπτικά χαρακτηριστικά του κτηρίου, χωρίς να περιλαμβάνουν καθόλου την ακουστική και την ηχομόνωση του.

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται προδιαγραφές από πρότυπα και μετρήσεις από ωδεία που χαρακτηρίζονται για την καλή τους ακουστική, καθώς και έρευνες ικανοποίησης μουσικών, που αφορούν στην ηχητική των χώρων και σε συνήθειες τακτικές ηχητικού σχεδιασμού αυτών των χώρων. Στο σχεδιασμό των αιθουσών εκμάθησης και εξάσκησης μουσικής, πρότυπα όπως το BB93 (Building Bulletin 93) έκδοσης 2015 [1] της Βρετανικής Κυβέρνησης αναφέρουν γενικότητες για το χρόνο αντήχησης και τη διάχυση του ήχου και επικεντρώνονται στα ακουστικά θέματα από τον περιβαλλοντικό ήχο και στην ηχομόνωση από τους εξωτερικούς και τους εσωτερικούς θορύβους.

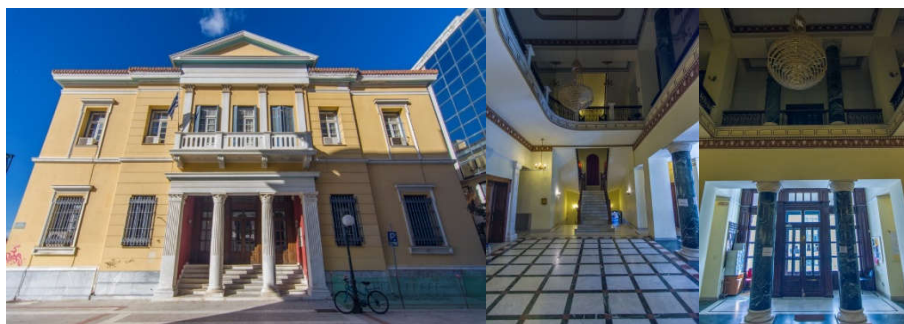
Οι χώροι διδασκαλίας των ωδείων συνήθως έχουν μικρές διαστάσεις και τα μαθήματα, ως επί το πλείστον, είναι ατομικά. Αυτές οι μικρές αίθουσες μουσικής διδασκαλίας θα πρέπει να καλύπτουν ορισμένες ηχητικές απαιτήσεις σχετικές με θέματα συντονισμών και στάσιμων κυμάτων, ιδανικό χρόνο αντήχησης, διαχυτικότητα χώρου και επαναλαμβανόμενους αντίλαλους (flutter echoes), ηχομόνωση και θόρυβο υπόβαθρου (εσωτερικό και εξωτερικό). Πρότυπα όπως το DIN 18041 [2] για εκπαιδευτικούς χώρους και το OeNorm 8115-3 [3] για χώρους μουσικής εξάσκησης συνιστούν χαμηλούς μέσους χρόνους αντήχησης σε αυτούς τους χώρους. Σύμφωνα με βιβλιογραφική μελέτη των (Björn, Weisheit, & Troge, 2018) [4] οι μουσικοί σπουδαστές και δάσκαλοι κατά την εκμάθηση και την εξάσκηση μουσικής προτιμούν στεγνούς (dry) χώρους, δηλαδή χώρους με χαμηλή αντήχηση, ενώ όταν εξασκούνται σε σύνολα και είναι πιο προχωρημένοι τεχνικά, αναζητούν αυξημένη αντήχηση αλλά όχι και υπερβολική για τον εκάστοτε χώρο. Σε ανάλογη μελέτη των (Pop, Osman, & Knight, 2019) [5] προτεινόμενες τιμές του χρόνου αντήχησης σύμφωνα με πρότυπα όπως το BB93 1015 το ANSI S 12.60 και το DfES 2002, για μουσικούς χώρους που συναντώνται σε ωδεία και μουσικές σχολές όπως αίθουσες διδασκαλίας, μουσικά στούντιο και control rooms είναι μικρότερες από 0,8 sec για επιφάνειες έως 70 m² και όγκο έως 200 m³.

Η ελλιπής ηχομόνωση και ο θόρυβος υπόβαθρου αποτελεί κύριο λόγο ενόχλησης μαθητών και σπουδαστών μουσικών σχολών. Οι υψηλές ηχητικές στάθμες από τα μουσικά όργανα σε συνδυασμό με την χαμηλή ηχομόνωση μεταξύ των αιθουσών αποπροσανατολίζει τους εκτελεστές από το αντικείμενο τους. Παρόμοια αρνητική επίδραση έχει και ο εξωτερικός περιβαλλοντικός, κυρίως κυκλοφοριακός θόρυβος. Το πρόβλημα των υψηλών ηχητικών στάθμων είναι συνέπεια της ελλιπούς απόσβεσης των χώρων και του υψηλού συνήθως χρόνου αντήχησης, εκθέτοντας τους σπουδαστές σε δόσεις ηχητικής ενέργειας πολύ μεγαλύτερης από τις προτεινόμενες για την ακουστική υγεία τους.

1. Χαρακτηριστικά του χώρου του Δημοτικού Ωδείου Βόλου

Το οικόπεδο του Ωδείου έχει διαστάσεις 40,90 μέτρα μήκος, 21,15 μέτρα πλάτος και εμβαδό 865,035 τετραγωνικά μέτρα. Το κτήριο του Ωδείου τοποθετείται στη γωνία των οδών Δημητριάδος και Μεταμορφώσεως, περιοχή με μεγάλο κυκλοφοριακό φόρτο, και αποτελείται από δύο ορόφους, το ισόγειο και τον πρώτο όροφο, μικρό χώρο στο υπόγειο για αποθηκευτική χρήση και δώμα σε μέρος της σκεπής του. Το ισόγειο αποτελείται από 7 αίθουσες διδασκαλίας και μελέτης

μουσικής διαφόρων μεγεθών, μία αίθουσα γραφείου, μία μεγάλη αίθουσα εκδηλώσεων και συναυλιών και έναν μεγάλο χώρο υποδοχής (φουαγιέ) στο κέντρο του, ενώ ο πρώτος όροφος από 9 αίθουσες διδασκαλίας και μελέτης μουσικής διαφόρων μεγεθών, μία μεγάλη αίθουσα κρουστών και χορωδίας και έναν μεγάλο χώρο υποδοχής (φουαγιέ) στο κέντρο του, που αποτελεί συνέχεια σε κάθετο επίπεδο από το ισόγειο (βλ. εικόνα 1.1).



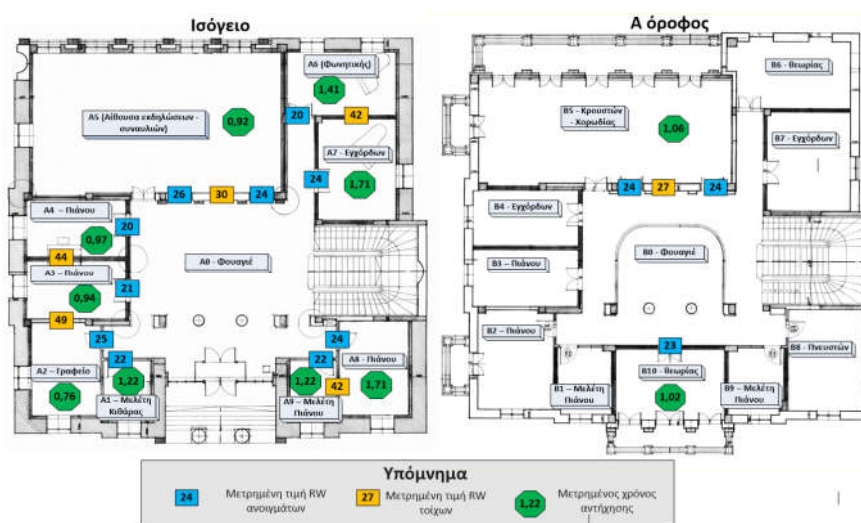
Εικόνα 1.1 Απόψεις του κτηρίου του Δημοτικού Ωδείου Βόλου.

Κατασκευαστικά το κτήριο του Ωδείου αποτελείται από εξωτερικούς τοίχους από μπετόν πάχους 80 έως 95 cm στο ισόγειο και 50cm στον Α΄ όροφο, με τελείωμα βαμμένου σοβά εσωτερικά και εξωτερικά, εσωτερικούς τοίχους από μπετόν ή τούβλο πάχους 15 έως 40 cm στο ισόγειο και στον Α΄ όροφο, με τελείωμα βαμμένου σοβά, κάλυψη μαρμάρου στο μεγαλύτερο μέρος του πατώματος και σε επιλεγμένα σημεία των τοίχων, κάλυψη ξύλου στο πάτωμα των αιθουσών συναυλιών και κρουστών, κάλυψη βαμμένου σοβά με έγχρωμα γύψινα διακοσμητικά στις οροφές των αιθουσών, πλάκα οροφής και ισογείου από μπετόν πάχους 30 cm, παράθυρα και μπαλκονόπορτες ξύλινες μεγάλου ύψους, 2,5 m για τα παράθυρα και 3,35 m για τις μπαλκονόπορτες με διπλό τζάμι (4 10 4) και εσωτερικές ξύλινες πόρτες, μονόφυλλες ή δίφυλλες μεγάλου ύψους και διαστάσεων 1 m x 2,55 m για τις μονόφυλλες και 1,25 m x 2,55 m για τις δίφυλλες.

2. Μετρήσεις ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας

Οι μετρήσεις θορύβου του εξωτερικού χώρου πραγματοποιήθηκαν απογευματινή ώρα, από τις 18:00 έως τις 20:00, που είναι ενδεικτική ώρα λειτουργίας του ωδείου, σε απόσταση 3 μέτρων από το κέλυφος του κτηρίου και σε ύψος 2 μέτρων από το έδαφος. Οι λήψεις των δεδομένων θορύβου έλαβαν μέρος σε τέσσερα σημεία περιμετρικά του κτηρίου και για χρονικό διάστημα 3 λεπτών για κάθε θέση μέτρησης, οπότε διαπιστώθηκε ότι οι κύριες πηγές θορύβου προέρχονται κυρίως από την κυκλοφορία των οχημάτων, από την ομιλία και τις δραστηριότητες των περαστικών, από τη λειτουργία μηχανημάτων ψύξης-θέρμανσης των γειτονικών κτηρίων. Διαπιστώθηκε επίσης ότι οι τιμές των μετρήσεων πλησιάζουν τις τιμές του δείκτη L_{den} που αναφέρονται στη χαρτογράφηση θορύβου του Υ.Π.Ε.Ν [6].

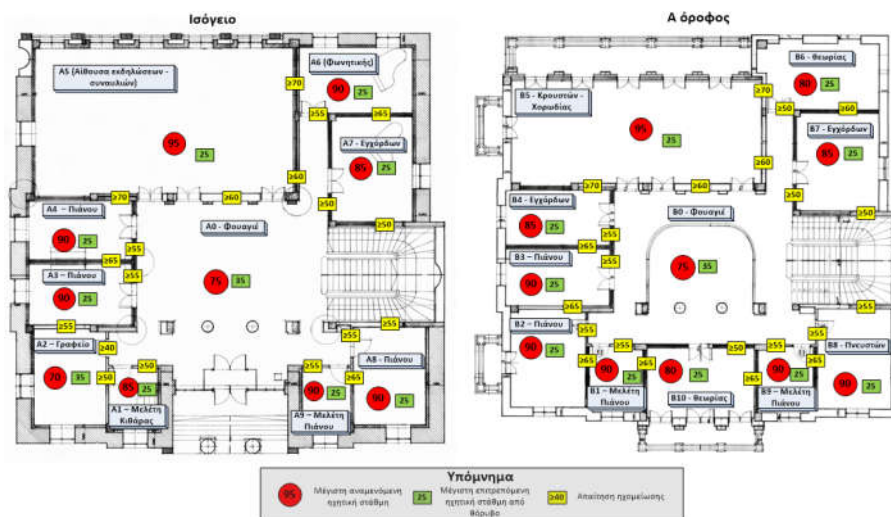
Οι μετρήσεις θορύβου βάθους του εσωτερικού χώρου του ΔΩΒ πραγματοποιήθηκαν απογευματινή ώρα, από τις 18:00 έως τις 20:00, που είναι ενδεικτική ώρα λειτουργίας του ωδείου, σε ημέρα αργίας χωρίς την παρουσία μαθητών και προσωπικού στους χώρους του. Ο εξοπλισμός μετρήσεων τοποθετήθηκε στο κέντρο κάθε αίθουσας μέτρησης και σε ύψος 1,2 μέτρων από το πάτωμα. Οι λήψεις των δεδομένων θορύβου έλαβαν μέρος σε τρεις αίθουσες στην αίθουσα Α5 (συναυλιών) στην Β5 (κρουστών) και στην Β10 (θεωρίας) για χρονικό διάστημα 3 λεπτών για κάθε θέση μέτρησης. Παράλληλα με τις μετρήσεις θορύβου βάθους πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του χρόνου αντήχησης σε επιλεγμένους χώρους του κτηρίου και καταγράφηκαν στην κάτωψη της εικόνας 2.1.



Εικόνα 2.1 Μετρήσεις δείκτη ηχομείωσης R_w και χρόνου αντήχησης σε χώρους του ΔΩΒ.

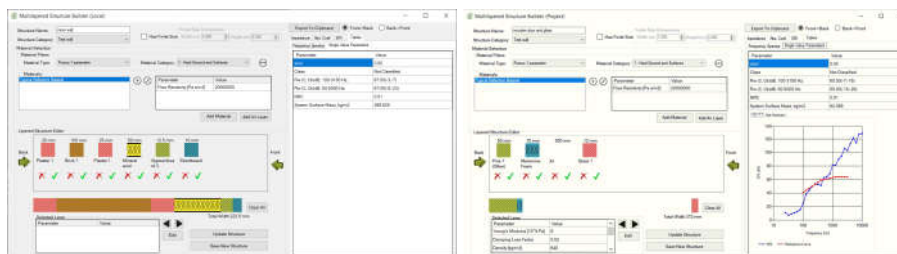
3. Προσδιορισμός της επιθυμητής εσωτερικής ησυχίας και βελτίωση της ηχομόνωσης

Λαμβάνοντας υπόψη την ελλιπή Ελληνική νομοθεσία και το άρθρο 12 του κτιριοδομικού κανονισμού [7] που αναφέρει και καθορίζει κριτήρια ηχομόνωσης για εσωτερικούς και εξωτερικούς θορύβους σε χώρους εκπαίδευσης καθώς και την πρόταση εργασίας του Ελληνικό Ινστιτούτο Ακουστικής (ΕΛ.ΙΝ.Α.) του 2010 [8] που αφορά στην επικαιροποίηση των ορίων θορύβου και στις απαιτήσεις ηχομόνωσης για διάφορες περιπτώσεις εφαρμογής, προσδιορίστηκαν οι απαιτήσεις ηχοπροστασίας στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου και καταγράφηκαν στην κάτωψη της εικόνας 3.1.



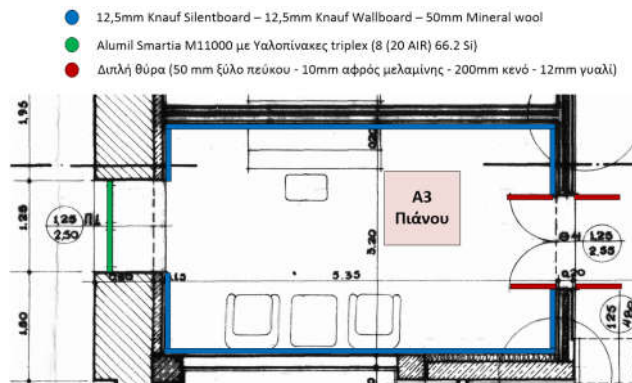
Εικόνα 3.1 Απεικόνιση σε κάτοψη κριτηρίων ηχομόνωσης – ηχοπροστασίας για το κτήριο του ΔΩΒ.

Με την χρήση κατάλληλου λογισμικού προσομοιώθηκαν συνδυασμοί υλικών για την βελτίωση της ηχομόνωσης μεταξύ του εξωτερικού και του εσωτερικού χώρου (παράθυρα και εξωτερικές πόρτες) καθώς και των εσωτερικών χώρων μεταξύ τους (τοιχοποιία και πόρτες) (βλ. εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.2 Προσομοίωση σε λογισμικό βελτιωμένης τοιχοποιίας - $R_w = 67$ (25 mm σοβάς - 100mm τούβλο - 25 mm σοβάς - 50mm πετροβάμβακας - 12,5mm απλή γυψοσανίδα - 12,5mm knauf silentboard) και διπλής πόρτας με ξύλο πεύκου πάχους 50mm και γυαλί 12mm - $R_w = 60$ (50 mm ξύλο πεύκου – 10mm αφρός μελαμίνης – 300mm κενό – 12mm γυαλί).

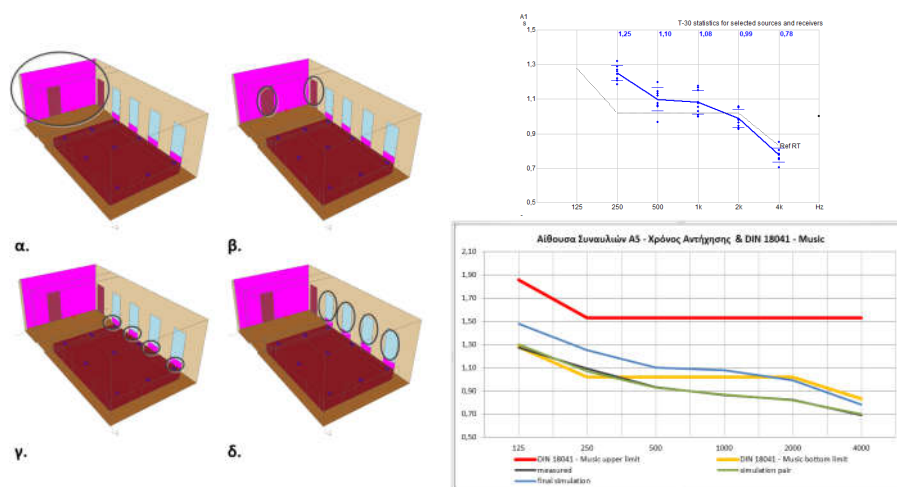
Χρησιμοποιώντας τους συνδυασμούς υλικών από τις προσομοιώσεις των διαφόρων επιφανειών, προτάθηκαν κατάλληλες παρεμβάσεις ηχομόνωσης για κάθε χώρο οι οποίες και αποτυπώθηκαν σε κατόψεις για όλες τις περιπτώσεις ελλιπούς ηχομόνωσης, όπως στο παράδειγμα της αίθουσας πιάνου Α3 που εμφανίζεται στην εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.3 Προτεινόμενες παρεμβάσεις ηχομόνωσης αίθουσας πιάνου A3.

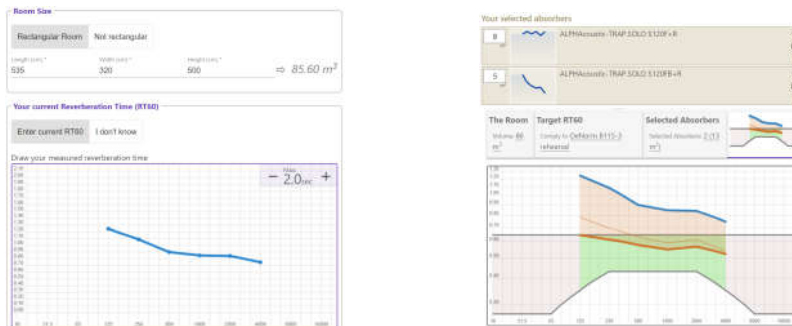
4. Αξιολόγηση και βελτίωση της υφιστάμενης εσωτερικής ακουστικής

Πραγματοποιήθηκε εισαγωγή των τρισδιάστατων αρχιτεκτονικών σχεδίων σε λογισμικό και επιλογή των κατάλληλων υλικών για την κάλυψη των επιφανειών, έτσι ώστε οι τιμές της αντήχησης των αιθουσών να συμβαδίζουν με τις απαιτούμενες από τη βιβλιογραφία για την επιλεγμένη χρήση και τον εκάστοτε όγκο.

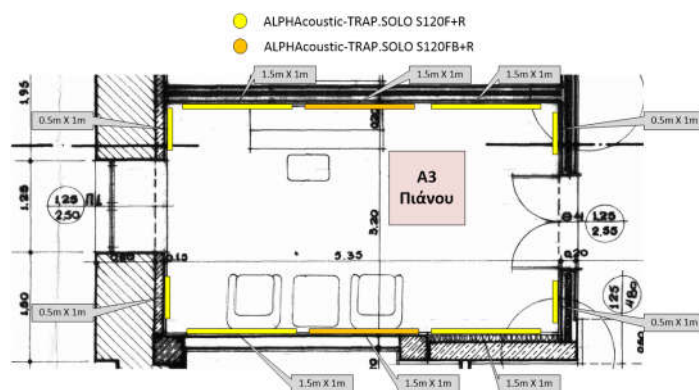


Εικόνα 4.1 Παρεμβάσεις που προτείνονται για βελτίωση της ακουστικής της αίθουσας συναυλιών A5.

Με τη βοήθεια του λογισμικού προσδιορίστηκαν οι ακουστικοί δείκτες και ελέγχθηκαν τα φαινόμενα συντονισμού. Επιλέγοντας κατάλληλα υλικά και εφαρμόζοντας τα σε επιλεγμένες θέσεις κάθε χώρου, δημιουργήθηκαν προσομοιώσεις μέσω λογισμικού και ελέγχθηκαν οι ηχητικοί δείκτες κάθε χώρου έτσι ώστε να προσεγγίζουν τις επιθυμητές τιμές (βλ. εικόνες 4.1 για την περίπτωση της αίθουσας συναυλιών A5 και 4.2, 4.3 για την αίθουσα πιάνου A3).



Εικόνα 4.2 Υπολογισμός των υλικών απόσβεσης για τη βελτίωση της ακουστικής της αίθουσας πιάνου A3.



Εικόνα 4.3 Προτεινόμενες παρεμβάσεις βελτίωσης ακουστικών δεικτών αίθουσας πιάνου A3.

5. Συμπεράσματα

Όσον αφορά στην ηχομόνωση του χώρου, διαπιστώθηκε η θετική συνδρομή των μεγάλου πάχους εξωτερικών τοίχων στην απομόνωση του εξωτερικού θορύβου αλλά και η ελλιπής ηχοπροστασία που προσφέρουν τα ελαττωματικά και παλιού σχεδιασμού κουφώματα από τα παράθυρα, τις μπαλκονόπορτες και τις εξώθυρες. Στον εσωτερικό χώρο η κατάσταση της ηχομείωσης μεταξύ των αιθουσών και των κοινόχρηστων χώρων είναι εξίσου προβληματική. Παρατηρείται ανεπιθύμητη μετάδοση ήχων από χώρο σε χώρο, δίνοντας την αίσθηση ότι όλες οι δραστηριότητες γίνονται στο ίδιο δωμάτιο. Οι κύριοι υπαίτιοι για τις διαρροές αυτές είναι η εσωτερική τοιχοποιία και οι απλές εσωτερικές πόρτες μεγάλων διαστάσεων.

Ερευνώντας τα ηχητικά ποιοτικά χαρακτηριστικά των χώρων μουσικής μελέτης και εξυπηρέτησης του κοινού, διαπιστώθηκε η προβληματική ακουστική τους, με κύριο χαρακτηριστικό τους υπερβολικούς χρόνους αντήχησης, λόγω της απουσίας υλικών απόσβεσης-απορρόφησης και το μεγάλο ύψος των πέντε μέτρων όλων των χώρων αλλά και της γεωμετρίας των χώρων με τις παράλληλες επιφάνειες που

ευνοούν τους συντονισμούς. Ταυτόχρονα, στην αίθουσα συναυλιών επικρατεί αντίθετη κατάσταση με συσσώρευση μεγάλου αριθμού υλικών, οργάνων, διακοσμητικών στοιχείων, βαριών κουρτινών και υπεράριθμων καθισμάτων κοινού για τον υπάρχον μέγεθος της αίθουσας, μειώνοντας υπερβολικά τον επιθυμητό χρόνο αντήχησης και κατ' επέκταση τη μουσική εμπειρία στο χώρο.

Βασική μέριμνα όλου του παραπάνω διορθωτικού σχεδιασμού ήταν να μην αλλοιωθεί ο νεοκλασικός χαρακτήρας του κτηρίου, γεγονός που οδήγησε σε συγκεκριμένες προτάσεις και παρεμβάσεις αποτελεσματικές ακουστικά μεν αλλά μη βέλτιστες. Οι παρεμβάσεις αυτές αφορούσαν κυρίως την αντικατάσταση των εξωτερικών κουφωμάτων των παραθύρων και των θυρών, των εσωτερικών θυρών, την βελτίωση της ηχομόνωσης της εσωτερικής τοιχοποιίας και την προσθήκη υλικών απόσβεσης και διάχυσης στους χώρους διδασκαλίας και μελέτης, ώστε να βελτιωθούν οι ακουστικοί δείκτες. Παράλληλα στην αίθουσα συναυλιών Α5 προτάθηκε η μείωση των απορροφητικών στοιχείων και των υλικών απόσβεσης και η αντικατάστασή τους όσο ήταν δυνατό με υλικά διάχυσης, έτσι ώστε να αυξηθεί ο χρόνος αντήχησης και να βελτιωθούν και σε αυτόν τον χώρο οι ακουστικοί δείκτες.

Ιδανικά, σε περιπτώσεις ανακατασκευής κτηρίων με συγκεκριμένο αρχιτεκτονικό χαρακτήρα και για ειδική χρήση, όπως στην περίπτωση ενός ωδείου, θα έπρεπε κατά την φάση του αρχικού σχεδιασμού τους να συμπεριληφθεί η ακουστική μελέτη για την ιδανικότερη υλοποίηση από πλευράς ακουστικής αλλά και κόστους.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- [1] BB93 (Building Bulletin 93) 2015 Ανάκτηση 11 24, 2021, από *gov.uk*: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a8170d3e5274a2e8ab54012/BB93_February_2015.pdf
- [2] DIN 18041 Acoustic quality in rooms - Specifications and instructions for the room acoustic design, Ανάκτηση 11 20, 2021, από *en-standard.eu*
- [3] OeNorm 8115-3, Ανάκτηση 11 20, 2021, από *austrian-standards.at*: <https://www.austrian-standards.at/de/shop/onorm-b-8115-3-2023-07-01~p2665672>
- [4] Björn, K., Weisheit, L., & Troge, J. (2018). *Musicians and their practice rooms: What do they think about present room acoustics and what would they prefer?* Proceedings of Euronoise.
- [5] Pop, C., Osman, R., & Knight, J. (2019). *Music practice rooms: Ambitions, limitations and practical acoustic design*. Proceedings of International Symposium on Music Acoustics (ISMA). Detmold.
- [6] Δείκτης Lden, Βόλου. (n.d.). Ανάκτηση 11 24, 2021, από *mapsportal.ypen.gr*: http://mapsportal.ypen.gr/layers/geonode:total_lden_volos
- [7] Υπουργική Απόφαση 3046/304/1989 - ΦΕΚ 59/Δ/3-2-1989 - Κτιριοδομικός Κανονισμός. (n.d.). Ανάκτηση 2 10, 2022, από *www.e-nomothesia.gr*: <https://www.e-nomothesia.gr/kat-periballon/antiseismikos-kanonismos/ya-3046-304-1989.html>
- [8] Ελληνικός Κανονισμός Κτιριακής Ηχοπροστασίας - Πρόταση ομάδας εργασίας του ΕΛΙΝΑ. (n.d.). Ανάκτηση 2 10, 2022, από *helina.gr*: https://helina.gr/download.php?fgr=publications/0005_1902.pdf