

## ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΞΥΛΙΝΩΝ ΔΑΠΕΔΩΝ

Σκαρβέλης Μ., Τζιτζιρή Κ., Παπαδόπουλος Ι.

Τ.Ε.Ι. Λάρισας, Παράρτημα Καρδίτσας, Τμήμα Σχεδιασμού & Τεχνολογίας Ξύλου & Επίπλου,  
Β. Γρίβα 11, 43100 Καρδίτσα

### Περίληψη

Για τη μελέτη της διάδοσης του κτυπογενούς θορύβου σε ξύλινα δάπεδα, έγινε μια συγκριτική μελέτη σε 4 διαφορετικούς τύπους ξύλινων δαπέδων: απλό καρφωτό συμπαγές ξύλινο δάπεδο, συμπαγές ξύλινο δάπεδο με μονωτικά υλικά στο διάκενο, κολλητό συμπαγές ξύλινο δάπεδο και πολύστρωμο συνθετικό δάπεδο. Από την επαναλαμβανόμενη μέτρηση του θορύβου που προέκυπτε με την πτώση μεταλλικής σφαίρας από σταθερό ύψος 80 cm και με παράλληλες μετρήσεις σε ισόγειο και υπόγειο χώρο, παρατηρήθηκε ότι: στον ισόγειο χώρο το συμπαγές κολλητό δάπεδο επέδειξε την καλύτερη «συμπεριφορά» και το απλό καρφωτό τη χειρότερη, ενώ στο χώρο του υπογείου το πολύστρωμο συνθετικό δάπεδο επέδειξε την καλύτερη συμπεριφορά και το απλό καρφωτό και πάλι τη χειρότερη. Τη μεγαλύτερη μείωση μεταξύ ισογείου – υπογείου επέδειξε το πολύστρωμο συνθετικό δάπεδο (39,4 dB) και τη μικρότερη το κολλητό δάπεδο (11,6 dB), το οποίο κολλητό και στο χώρο του υπογείου επέδειξε πολύ χαμηλό μέσο όρο έντασης θορύβου (73,0 dB).

**Λέξεις κλειδιά:** Ξύλινο δάπεδο, κτυπογενής ήχος, καρφωτό πάτωμα, κολλητό πάτωμα, laminate.

### 1.Εισαγωγή

Στην Ελλάδα τις τελευταίες δεκαετίες υπήρχε και συνεχίζει να υπάρχει μια ικανή ετήσια παραγωγή συμπαγούς ξύλινου παρκέτου προοριζόμενου για καρφωτή τοποθέτηση, η οποία παλαιότερα ήταν της τάξεως των 48.000 m<sup>3</sup> (Πετειναράκης, 1992). Ακόμη και σήμερα καταναλώνονται σημαντικές ποσότητες, που εκτιμώνται σε ετήσια βάση έφθαναν ή και ξεπερνούσαν τα 2.000.000 m<sup>2</sup> (Σκαρβέλης και Παπαδόπουλος, 2007) πριν την οικονομική κρίση, η οποία έπληξε αναμφίβολα και τον κατασκευαστικό τομέα. Από την ποσότητα αυτή περίπου το 80% ήταν συμπαγές ξύλινο καρφωτό δάπεδο, ωστόσο οι προτιμήσεις του καταναλωτικού κοινού έχουν διαφοροποιηθεί σχετικά και έχει αυξηθεί η κατανάλωση του πολύστρωμου συνθετικού δαπέδου (laminare) αλλά και η κατανάλωση πολύστρωμου δαπέδου από συμπαγές ξύλο και η κατανάλωση δαπέδου από συμπαγές ξύλο που τοποθετείται κολλητά σε δάπεδο από σκυρόδεμα είτε σε υφιστάμενο παλαιότερο δάπεδο.

Η τοποθέτηση ξύλινου δαπέδου έχει ορισμένα αδιαμφισβήτητα πλεονεκτήματα έναντι των ανταγωνιστικών του υλικών (μάρμαρο, κεραμικά πλακίδια, μοκέτες, πλαστικά δάπεδα κλπ.), τα βασικότερα των οποίων είναι:

- Οι εξαιρετικές θερμομονωτικές ιδιότητες του ξύλου,
- Η αισθητική υπεροχή και το αίσθημα «ζεστασιάς» που παρέχει,
- Η μεγάλη διάρκεια ζωής και η δυνατότητα περιοδικής συντήρησης που τα ανανεώνει απόλυτα,

ενώ σε ορισμένους τύπους πατωμάτων το χαμηλό κόστος αγοράς ή/και η εύκολη τοποθέτηση τα καθιστά επίσης ιδιαίτερα ελκυστική επιλογή (Κακαράς, 2004).

Εκτός όμως των πλεονεκτημάτων υπάρχουν και μειονεκτήματα, όπως:

- Η απαίτηση για συγκεκριμένη υγρασία του ξύλου κατά την τοποθέτηση.

- Η απαίτηση για διαρκή έλεγχο της σχετικής υγρασίας του χώρου και προστασία από πιθανές διαρροές νερού.
- Η μετάδοση ή/και ενίσχυση του ήχου, ιδιαίτερα σε κτυπογενείς θορύβους.

Σε σχέση με την τελευταία παράμετρο, η συμπεριφορά των ξύλινων δαπέδων δεν είναι πανομοιότυπη, καθώς υπάρχουν διαφορές τόσο στη «συμπεριφορά» τους ως προς τη μετάδοση του ήχου όσο και στις χρησιμοποιούμενες τεχνικές τοποθέτησης, ορισμένες από τις οποίες κατατείνουν στην αντιμετώπιση του φαινομένου.

Η αντιμετώπιση ακριβώς του συγκεκριμένου προβλήματος αποτελεί ένα σοβαρό ζήτημα, καθώς με την κατασκευή πολυεπίπεδων κτηρίων και την πολλαπλή διαίρεση των χώρων, η ανάγκη περιορισμού των μεταδόσεων ήχου θεωρείται επιτακτική, ιδιαίτερα για ένα τόσο λειτουργικό στοιχείο όπως το δάπεδο. Καθημερινά φαινόμενα όπως πτώσεις αντικειμένων, μετακίνηση επίπλων, συζητήσεις, παιχνίδια, φωνές, δυνατή μουσική είναι μερικές συνηθισμένες πηγές θορύβου που «ταξιδεύουν» και μέσω των δαπέδων. Ο μεταδιδόμενος θόρυβος μπορεί να είναι ιδιαίτερα ενοχλητικός τόσο στο χώρο της πηγής του όσο και σε παρακείμενους χώρους.

Η σχετική βιβλιογραφία στο παρελθόν για τη χώρα μας είναι πολύ φτωχή, τα τελευταία χρόνια όμως το ενδιαφέρον έχει αυξηθεί όπως φαίνεται από τις δημοσιεύσεις και τα εκδιδόμενα Πρότυπα (Τζιτζιρής, 2010). Για τους παραπάνω λόγους, στο Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου του ΤΕΙ Λάρισας σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε μια μελέτη, που αντικειμενικό στόχο είχε τη διερεύνηση της συμπεριφοράς διαφόρων τύπων πατωμάτων στη μετάδοση του ήχου.

## 2.Υλικά και Μέθοδοι

Ο προσδιορισμός της ηχομονωτικής ικανότητας ενός ξύλινου δαπέδου είναι μια ιδιαίτερα πολύπλοκη υπόθεση. Προϋποθέτει κατάλληλο εργαστηριακό χώρο, την άρτια γνώση των ακουστικών ιδιοτήτων των υλικών που συμπεριλαμβάνονται στη κατασκευή, τη χρήση ειδικών οργάνων (κτυπογεννήτριες) και κατάλληλη μεθοδολογία καταμέτρησης (ΕΛΟΤ EN ISO 140-06). Στην παρούσα εργασία ακολουθήθηκε μια διαφορετική προσέγγιση, καθώς η έρευνα που έγινε είχε στόχο να εξεταστεί η ηχομονωτική ικανότητα των δημοφιλέστερων ξύλινων δαπέδων στην Ελλάδα και να γίνει μια σύγκριση αυτών, μέσα από μια πειραματική διαδικασία στον ίδιο χώρο. Η διαδικασία δεν διεξάχθηκε σε εργαστηριακό αλλά σε «πραγματικό» χώρο, σε μέρος προορισμένο για κατοικία, στοιχείο που αναδεικνύει την ρεαλιστικότητα των τιμών και κατ'επέκταση της διαδικασίας.

Η διαδικασία περιελάμβανε:

- την κατασκευή (με τον τρόπο που συνηθίζεται σε μια μέση κατοικία) τεσσάρων διαφορετικών δειγμάτων ξύλινων δαπέδων,
- την παραγωγή όμοιων κτυπογενών θορύβων σε καθένα από αυτά (με πτώσεις μεταλλικής σφαίρας, ίδιου βάρους, από ίδιο ύψος, με ίδια φορά),
- τις μετρήσεις του θορύβου (100 επαναλήψεις ανά δείγμα), μέσω συσκευής μέτρησης στάθμης του ήχου (ηχόμετρο) και την καταγραφή των αποτελεσμάτων,
- την σύγκριση των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

### 2.1 Τύποι πατωμάτων

Οι τύποι πατωμάτων που επελέγησαν στην παρούσα έρευνα ήταν:

- α) καρφωτό συμπαγές ξύλινο δάπεδο (με κλασική τεχνολογία τοποθέτησης)
- β) καρφωτό συμπαγές ξύλινο δάπεδο με μόνωση («ενισχυμένο» καρφωτό)

γ) κολλητό συμπαγές ξύλινο δάπεδο

δ) πολύστρωμο (laminated) δάπεδο

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε περίπτωση φαίνονται στον Πίνακα 1.

**Πίν. 1.** Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε τύπο πατώματος.

**Table 1.** Materials used in every type of wooden floor.

	<b>Υλικά</b>	<b>Διαστάσεις</b>
<b>ΚΑΡΦΩΤΟ ΔΑΠΕΔΟ</b>	4 καδρόνια	1000 x 40 x 50 mm
	Πρόκες σκυροδέματος	55/100
	Λευκή ξυλόκολλα (πολυβινυλική)	-
	1 m <sup>2</sup> παρκέτο δρυός	πλάτος στοιχείων 70 mm, πάχος 21 mm
	Καρφιά	17/27
<b>ΕΝΕΧΥΜΕΝΟ ΚΑΡΦΩΤΟ</b>	4 καδρόνια	1000 x 40 x 50 mm
	Εκτονούμενα βίσματα	8/80
	1 m <sup>2</sup> πετροβάμβακας	πάχος 30 mm
	1 m <sup>2</sup> κόντρα πλακέ	πάχος 15 mm
	Ξυλόβιδες	35/40
	Λευκή ξυλόκολλα (πολυβινυλική)	-
	1 m <sup>2</sup> παρκέτο δρυός	πλάτος στοιχείων 70 mm, πάχος 21 mm
	Καρφιά	16/24
<b>ΚΟΛΛ- ΛΗΤΟ</b>	Κόλλα πολουρεθανικής βάσης 2 συστ.	-
	1 m <sup>2</sup> παρκέτο οξιάς	πλάτος στοιχείων 90 mm, πάχος 21 mm
<b>LAMI- NATE</b>	Αφρώδες υπόστρωμα πολυαιθυλενίου	πάχος 3mm
	1 m <sup>2</sup> συνθετικό laminate 3 στρώσεων	πλάτος στοιχείων 20 mm, πάχος 7 mm

\*Τα καρφωτά δείγματα, όπως και το κολλητό, υπέστησαν διαδικασία λείανσης και στίλβωσης, ώστε να πραγματοποιηθεί το πείραμα σε όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικές συνθήκες.

## 2.2. Πειραματικός χώρος και εξοπλισμός

Ο χώρος που επιλέχθηκε να γίνουν οι μετρήσεις έχει ανάλογα χαρακτηριστικά, με αυτά των σύγχρονων κατοικιών.

Διαστάσεις χώρου: 3,70 x 4,50 x 3,00 = 49,95 m<sup>3</sup>

Βάρος σκυροδέματος: 25 kN/m<sup>3</sup>

Πάχος πλάκας σκυροδέματος: 20 cm

Πυκνότητα: B336

Θερμοκρασία χώρου: 20±1 °C

### Βάση ρίψης σφαίρας

Κατασκευάστηκε ένα τρίποδο ειδικά για τις ανάγκες του πειράματος, ώστε να επιτευχθούν όμοιες πτώσεις της μεταλλικής σφαίρας σε όλες τις επαναλήψεις του πειράματος.

Το κεκλιμένο τμήμα του τριπόδου με μήκος 1m, στερεοποιήθηκε στη βάση με γωνία 30° σε σχέση με το πάτωμα. Επίσης, δημιουργήθηκε εντορμία πλάτους 2,5 cm για την καθοδήγηση της

σφαίρας, η οποία πέφτει τελικά πάντα από ύψος 80 cm.

### **Μεταλλικές σφαίρες**

Σαν αντικείμενο πτώσης και πρόκλησης του θορύβου χρησιμοποιήθηκαν 2 μεταλλικές σφαίρες με τα εξής χαρακτηριστικά:

Βάρος/διάμετρος μικρής σφαίρας: 60g / 2,50cm

Βάρος/διάμετρος μεγάλης σφαίρας: 300g / 4,00cm

### **Μετρητής στάθμης ήχου (ηχόμετρο)**

Για τη μέτρηση της έντασης του ήχου χρησιμοποιήθηκε ένα ηχόμετρο τύπου: HGL - 1004

Κατά τις μετρήσεις έγιναν οι ακόλουθες ρυθμίσεις στη συσκευή:

- Επιλογή θέσης Fast για άμεση απόκριση (ο μετρητής αντιδρά γρήγορα στις αλλαγές του περιβάλλοντος, προβάλλοντας τα επίπεδα ακιμής).
- Επιλογή στάθμησης (A) για μετρήσεις σε περιοχές μεγαλύτερης ευαισθησίας για το ανθρώπινο αυτί (500-10.000 Hz).



**Εικόνα 1.** Διεξαγωγή πειραματικών μετρήσεων στις δοκιμαστικές επιφάνειες.

**Fig.1.** Carrying out measurements on the experimental wooden floor surfaces.

### **2.3. Μεθοδολογία**

Το τρίποδο σε όλες τις περιπτώσεις τοποθετήθηκε με τρόπο, ώστε να επιτυγχάνονται πτώσεις της σφαίρας στο μέσον των δειγμάτων και από ύψος 80 cm. Το ηχόμετρο είναι πάντα τοποθετημένο σε απόσταση 0,5 m από το σημείο πτώσης και προσανατολισμένο προς αυτό.

Η σφαίρα τοποθετείται μηχανικά στο υψωμένο άκρο του τριπόδου και αφήνεται να κυλήσει, έως ότου τελικά πέσει στα δείγματα, περίπου στο κέντρο της επιφάνειας του δείγματος. Το ηχόμετρο μετρά το μέγιστο επίπεδο θορύβου που δημιουργήθηκε και σταματά. Ακολουθεί η καταγραφή του αποτελέσματος. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται 100 φορές για κάθε δείγμα και σφαίρα. Επίσης, για λόγους σύγκρισης, έγιναν μετρήσεις και στο γυμνό μπετόν. Αντίστοιχα η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε και για μετρήσεις υπογείου (με τον θόρυβο να προκαλείται στο ισόγειο και τις μετρήσεις να λαμβάνουν χώρα στο υπόγειο). Η μέτρηση καταγράφηκε με το

ηχώμετρο τοποθετημένο σε απόσταση περίπου 15 cm από την τσιμεντένια πλάκα, ακριβώς κάτω από το κέντρο της επιφάνειας του δείγματος. Από τις παρατηρήσεις διαπιστώθηκε ότι η απόσταση του ηχομέτρου από την οροφή δεν επηρέαζε τις ενδείξεις, ωστόσο κατά τις πτώσεις της μικρής σφαίρας, λόγω της μικρής στάθμης μεταδιδόμενου θορύβου, υπήρξε αδυναμία μέτρησης από το ηχώμετρο.

Στην Εικόνα 1 φαίνεται η βάση ρίψης της σφαίρας (τρίποδο), πάνω στις δοκιμαστικές επιφάνειες.

### **3. Αποτελέσματα – Συζήτηση**

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων (μέσοι όροι καταγραφέντων θορύβων και στατιστική επεξεργασία) αναλύονται στη συνέχεια. Είναι προφανές ότι μέσα στο χώρο δοκιμών ο ήχος στις περιπτώσεις του καρφωτού πατώματος ενισχύεται και από τον κενό χώρο κάτω από την ξύλινη επιφάνεια, ο οποίος λειτουργεί ως αντηχείο. Η πλήρωση του κενού με μονωτικό υλικό, στην περίπτωση του «ενισχυμένου» καρφωτού, έχει ακριβώς σαν στόχο να καταγράψει τις διαφορές στη μετάδοση του ήχου όταν μειώνεται το διαθέσιμο κενό κάτω από το πάτωμα. Γενικά, στο χώρο δοκιμών έχουμε παραγωγή και μετάδοση του θορύβου στον ίδιο χώρο ενώ στην περίπτωση του υποκείμενου ορόφου ο παραγόμενος ήχος διέρχεται μέσω της σύνθετης κατασκευής ξύλινο δάπεδο – μετόν, όπου υφίσταται κάποια απόσβεση και καταγράφεται μειωμένος.

Όλες οι μετρήσεις στο βασικό χώρο δοκιμών περιγράφονται με τη γενική ονομασία «Ισόγειο», ενώ οι μετρήσεις στον υποκείμενο όροφο με τη γενική ονομασία «Υπόγειο».

#### **Ισόγειο.**

Στο χώρο της πηγής του θορύβου (ισόγειο) έγιναν μετρήσεις τόσο με την μεγάλη όσο και με την μικρή σφαίρα. Οι τιμές που παρουσιάζονται στην Εικόνα 2 είναι ένας μέσος όρος αποτελεσμάτων, μετά από 100 επαναλήψεις. Η στάθμη του θορύβου στην κάθε περίπτωση εκφράζεται σε dB και όσο μεγαλύτερη είναι αυτή, τόσο μικρότερη είναι η ηχομονωτική ικανότητα του αντίστοιχου δαπέδου.

Τη μεγαλύτερη τιμή την συναντάμε στο απλό καρφωτό δάπεδο (112,4 dB). Ακολουθούν κατά σειρά το Laminate δάπεδο (107,1 dB) και το ενισχυμένο καρφωτό (106,1 dB). Με μεγάλη διαφορά (27,8 dB) από το λιγότερο ηχομονωτικό, στο κολλητό μετρήθηκαν οι χαμηλότερες τιμές (84,6 dB). Μάλιστα οι τιμές του ήταν σχεδόν στα ίδια επίπεδα με αυτά του γυμνού τσιμεντίνου δαπέδου (83,4 dB). Επίσης να σημειωθεί, ότι στο laminate δάπεδο ο θόρυβος ακουγόταν πιο «γεμάτος» και ενοχλητικός, ενώ οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις στις τιμές βρέθηκαν στο κολλητό.

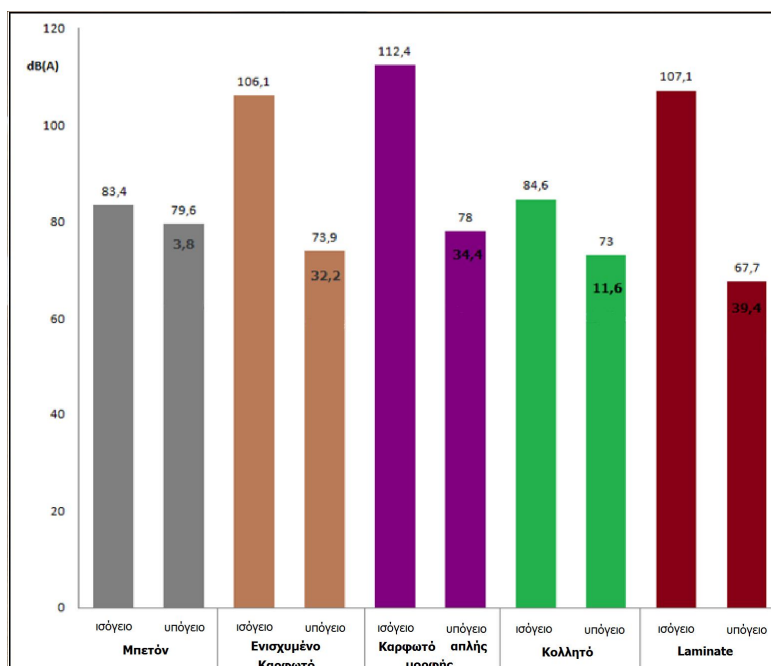
Οι μετρήσεις από τις πτώσεις της μικρής σφαίρας, έδειξαν απολύτως ανάλογα αποτελέσματα, δηλαδή η διαφορά βάρους του προσπίπτοντος αντικειμένου δεν επηρέασε την ηχητική συμπεριφορά των δαπέδων.

#### **Υπόγειο.**

Στον υποκείμενο χώρο μετάδοσης του κτύπου (υπόγειο) έγιναν μετρήσεις του θορύβου που προκλήθηκε απ' την μεγάλη σφαίρα. Ομοίως, οι τιμές που παρουσιάζονται είναι ένας μέσος όρος 100 επαναλήψεων.

Ο θόρυβος που μεταφέρεται εντονότερα προέρχεται από τον κτύπο της μεγάλης σφαίρας στο καρφωτό δάπεδο απλής μορφής (78 dB) το οποίο παραμένει το χειρότερο, από άποψη

μεγέθους θορύβου. Αντίθετα το περισσότερο ηχομονωτικό είναι τώρα το Laminate δάπεδο (67,7 dB). Μεσολαμβάνουν στα ίδια περίπου επίπεδα το ενισχυμένο καρφωτό (73,9 dB) και το κολλητό δάπεδο (73 dB). Η μετάδοση του θορύβου μέσω του γυμνού δαπέδου γίνεται τώρα η πλέον αισθητή, καθώς μειώνεται μόλις κατά 3,8 dB.



**Εικόνα 2.** Αποτελέσματα θορύβου (σε dB) σε ισόγειο και υπόγειο (μεγάλη σφαίρα), στους διάφορους τύπους ξύλινων δαπέδων. Μέσοι όροι 100 επαναλήψεων. Εντός των στηλών του υπογείου σημειώνονται οι μειώσεις του θορύβου σε dB.

**Fig. 2.** Noise results (in dB), in ground floor and basement, in different types of wooden floors. Average of 100 measurements. Within basement columns noise reductions (in dB) are shown.

Η μείωση του θορύβου είναι πολύ μεγάλη στο καρφωτό δάπεδο απλής μορφής (34,4 dB), το οποίο παραμένει ωστόσο το χειρότερο. Τη μεγαλύτερη μείωση (39,4 dB) σημείωσε το δάπεδο τύπου laminate, το οποίο έχει τη χαμηλότερη απόδοση θορύβου στο χώρο του υπογείου με αισθητή διαφορά (5,3 dB) από το αμέσως καλύτερο κολλητό. Ελάχιστα ψηλότερα από το κολλητό βρίσκεται το ενισχυμένο καρφωτό (73,9 έναντι 73,0 dB), στο οποίο παρατηρήθηκε επίσης μεγάλη μείωση της στάθμης του θορύβου (32,2 dB). Ελάχιστη μείωση της στάθμης του θορύβου (μόλις 3,8 dB) παρατηρήθηκε στο γυμνό μπετόν, καθώς η μετάδοση του ήχου είναι πολύ μεγαλύτερη στα συμπαγή δομικά υλικά. Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων του πειράματος, αρχικά έγινε έλεγχος της κανονικότητας, εφαρμόζοντας το κριτήριο t-test για ένα δείγμα του στατιστικού προγράμματος SPSS (Analyze – Descriptive Statistics – Explore). Οι τιμές του Kolmogorov-Smirnova test συγκρίθηκαν αν είναι μεγαλύτερες από το 0,05 γιατί έτσι συμπεραίνεται αν η κατανομή του επιπέδου θορύβου για κάθε μία περίπτωση του πειράματος

είναι κανονική ή όχι (Σιώμκος και Βασιλικοπούλου, 2005).

**Πίνακας 2.** Έλεγχος κανονικότητας επιπέδου θορύβου μεταβλητών πειράματος με το Test Kolmogorov-Smirnov

**Table 2.** Normality test for the variables of the experiment, using Kolmogorov-Smirnov test.

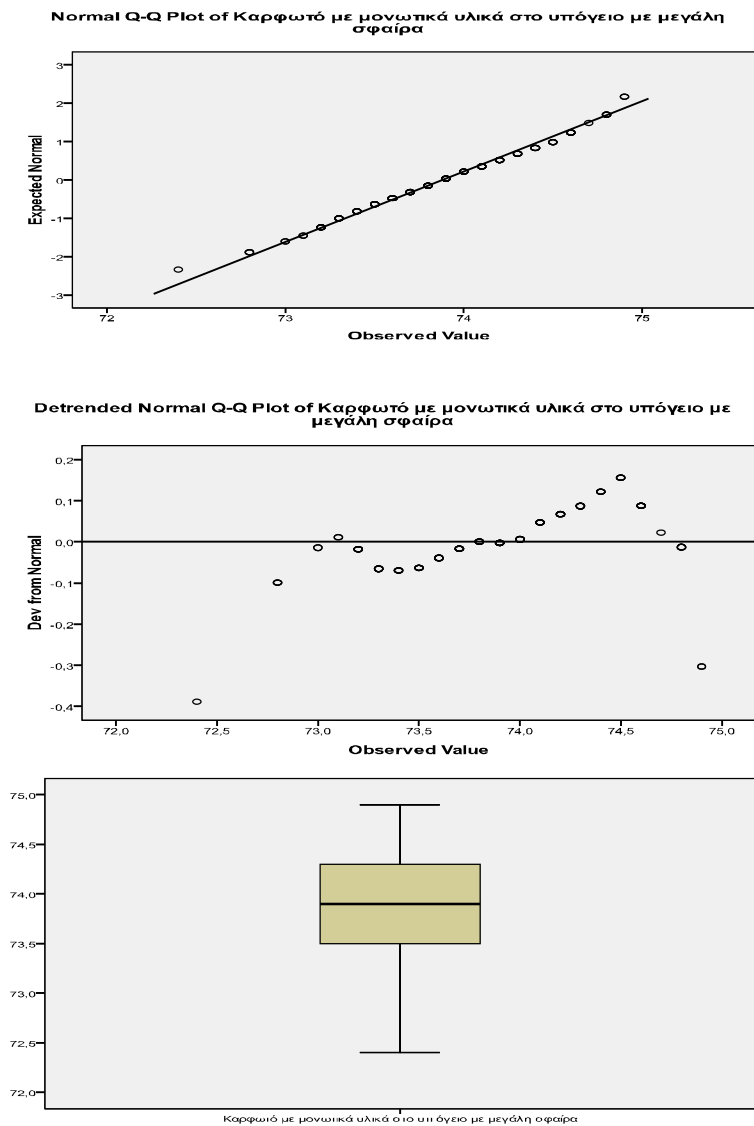
Μεταβλητές	Test Kolmogorov-Smirnov		
	Statistic	df	Sig.
Μπετόν στο υπόγειο με μεγάλη σφαίρα	,102	100	,012
Καρφωτό με μονωτικά υλικά στο υπόγειο με μεγάλη σφαίρα	,052	100	,200
Καρφωτό απλής μορφής στο υπόγειο με μεγάλη σφαίρα	,064	100	,200
Κολλητό στο υπόγειο με μεγάλη σφαίρα	,062	100	,200
Laminate στο υπόγειο με μεγάλη σφαίρα	,075	100	,189
Μπετόν ισογείου με μεγάλη σφαίρα	,072	100	,200
Μπετόν ισογείου με μικρή σφαίρα	,073	100	,200
Καρφωτό με μονωτικά υλικά ισογείου με μεγάλη σφαίρα	,073	100	,200
Καρφωτό με μονωτικά υλικά ισογείου με μικρή σφαίρα	,257	100	,000
Καρφωτό απλής μορφής ισογείου με μεγάλη σφαίρα	,084	100	,081
Καρφωτό απλής μορφής ισογείου με μικρή σφαίρα	,067	100	,200
Κολλητό ισογείου με μεγάλη σφαίρα	,084	100	,081
Κολλητό ισογείου με μικρή σφαίρα	,052	100	,200
Laminate ισογείου με μεγάλη σφαίρα	,088	100	,056
Laminate ισογείου με μικρή σφαίρα	,098	100	,019

Εξετάστηκε επίσης η κανονικότητα για όλες τις μεταβλητές με την εξέταση και ανάλυση όλων των σχετικών διαγραμμάτων Normal Q-Q Plot, Detrended Normal Q-Q Plot και τα θηκογράμματα (Εικόνα 3).

Από τον Πίνακα 2 φαίνεται ότι η κατανομή των τιμών όλων των μεταβλητών του πειράματος είναι κανονική, πλην των παρακάτω περιπτώσεων:

- Μπετόν στο υπόγειο με μεγάλη σφαίρα
- Καρφωτό με μονωτικά υλικά ισογείου με μικρή σφαίρα και
- Laminate ισογείου με μικρή σφαίρα

καθώς το επίπεδο σημαντικότητάς τους είναι μικρότερο του 0,05 (Σιώμος και Βασιλικοπούλου 2005).



**Εικόνα 3.** Διαγράμματα Normal Q-Q Plot, Detrended Normal Q-Q Plot (πάνω) και θηκόγραμμα για τον έλεγχο κανονικότητας επιπέδου θορύβου της μεταβλητής «Καρφωτό με μονωτικά υλικά στο υπόγειο με μεγάλη σφαίρα» (κάτω).

**Fig. 3.** Normal Q-Q Plot, Detrended Normal Q-Q Plot diagrams (top) and box plot for testing noise level normality for the variable “Nailed solid wood floor with insulation in basement, using big ball” (bottom).



Στη συνέχεια έγινε έλεγχος ανεξαρτησίας και ομοιογένειας της διακύμανσης όλων των μεταβλητών του πειράματος. Για την ομοιογένεια της διακύμανσης χρησιμοποιήθηκε η στατιστική σημαντικότητα του Levene test. Η μη σημαντικότητα του Levene test ( $p > 0.05$ ) σημαίνει ότι οι διακυμάνσεις είναι ομοιογενείς και το t-test μπορεί να χρησιμοποιηθεί (Σιώμκος και Βασιλικοπούλου 2005).

Ο έλεγχος t-test έγινε μεταξύ των παρακάτω μεταβλητών για ανεξάρτητα μεταξύ τους δείγματα ανά 2 με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος SPSS (Analyze – Compare Means – Independent-Samples T Test):

- Καρφωτό πάτωμα με μόνωση vs Απλό καρφωτό πάτωμα
- Απλό καρφωτό πάτωμα vs Laminate

**Πίνακας 3.** Έλεγχος t-test για ανεξάρτητα μεταξύ τους δείγματα επιπέδου θορύβου μεταβλητών πειράματος.

**Table 3.** T-test for independent samples of noise levels.

Μεταβλητές	Μ. όροι Avg.	Τυπ. από- κλιση StD	Levene's Test		t	df	p	95% διάστημα εμπιστοσύνης	
			F	Sig.				Χαμη- λότερο	Υψη- λότερο
Καρφωτό πάτωμα με μόνωση vs Απλό καρφωτό	73,9	0,553	2,19	,141	48,8	198	<0,001	-4,24	-3,91
	77,9	0,428							
Καρφωτό πάτωμα με μόνωση vs Μπετόν	73,9	0,553	49,16	,000	46,4	198	<0,001	-5,94	-5,46
	79,6	1,009							
Καρφωτό πάτωμα με μόνωση vs Κολλητό	73,9	0,553	27,89	0,000	7,2	198	<0,001	0,56	0,98
	73,1	0,986							
Καρφωτό πάτωμα με μόνωση vs Laminate	73,9	0,553	5,87	0,016	68,7	198	<0,001	5,99	6,34
	67,7	0,537							
Απλό καρφωτό πάτωμα vs Μπετόν	77,9	0,428	32,97	0,000	12,8	198	<0,001	-1,87	-1,37
	79,6	1,009							
Απλό καρφωτό πάτωμα vs Κολλητό	77,9	0,428	15,29	0,000	43,4	198	<0,001	4,63	5,07
	73,1	0,986							
Απλό καρφωτό πάτωμα vs Laminate	77,9	0,428	1,024	0,313	107,3	198	<0,001	10,06	10,44
	67,7	0,537							
Κολλητό vs Μπετόν	73,1	0,986	3,97	0,048	45,1	198	<0,001	-6,76	-6,19
	79,6	1,009							
Κολλητό vs Laminate	73,1	0,986	8,11	0,005	46,3	198	<0,001	5,16	5,62
	67,7	0,537							
Laminate vs Μπετόν	67,7	0,537	22,26	0,000	90,4	198	<0,001	-12,13	-11,61
	79,6	1,009							

Ο Πίνακας 3 έδειξε ότι οι μεταξύ τους διαφορές στις μέσες τιμές των παραπάνω μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντικές. Παράδειγμα, η διαφορά στις μέσες τιμές του θορύβου στο

καρφωτό πάτωμα με μόνωση (73,9 dB) σε σχέση με αυτόν στο απλό καρφωτό πάτωμα (77,9 dB) είναι στατιστικά σημαντική ( $t=48,8$ ,  $df=198$ ,  $p<0,001$ ). Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνεται και από το 95% διάστημα εμπιστοσύνης της διαφοράς των μέσων όρων (-4,24 έως -3,91). Το διάστημα αυτό δεν περιλαμβάνει το μηδέν (μέσος όρος της  $H_0$ ) και έτσι η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Αν για κάποια ζεύγη των μεταβλητών δεν ήταν δυνατόν να εφαρμοστεί το t-test, τότε θα χρησιμοποιούνταν η ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (One-Way ANOVA) με τη διαδικασία Analyze – Compare means – One-Way ANOVA. Ο έλεγχος ομοιογένειας με το Levene's test (18,243) έδειξε ότι το επίπεδο σημαντικότητας ( $p=0,001$ ) είναι σημαντικό σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05 και αυτό φανερώνει ότι οι 5 κατηγορίες πατωμάτων διαφοροποιούνται μεταξύ τους ως προς το επίπεδο θορύβου και δεν είναι ομοιογενείς ως προς τη διακύμανση. Έτσι απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση.

Οι πολλαπλές συγκρίσεις που παρουσιάστηκαν στην 1η στήλη του Πίνακα 3, έγιναν με τη διαδικασία Post-Hoc και το κριτήριο Tukey HSD για να διερευνηθούν οι επιμέρους τους διαφορές. Τελικά αποδείχθηκε ότι οι διαφορές όλων των ζευγών των μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας  $<0,05$ .

#### **4. Συμπεράσματα**

Η παράμετρος «ηχομόνωση» πατωμάτων δεν είχε ιδιαίτερη βαρύτητα στην κατασκευή κατοικιών, μέχρι πριν λίγες δεκαετίες. Σήμερα που τα δεδομένα έχουν αλλάξει, η κατασκευή δαπέδου πρέπει να προσαρμόζεται επιπλέον, στις σύγχρονες ηχομονωτικές ανάγκες. Το παραδοσιακό καρφωτό ξύλινο δάπεδο είχε το μονοπώλιο εφαρμογής στο παρελθόν αλλά και σήμερα είναι ευρέως αποδεκτό και με μεγάλη αισθητική αξία. Όμως, όπως παρατηρήθηκε, υστερεί ηχομονωτικά απ' τα υπόλοιπα, όταν έχει την απλούστερη δομή. Αντίθετα, με τη χρήση αντικραδασμικών παρεμβυσμάτων και υλικών πλήρωσης των κενών, η ηχομονωτική του ικανότητα γίνεται άκρως ανταγωνιστική. Αντίστοιχα, το κολλητό συμπαγές ξύλινο δάπεδο εμφανίζει πολύ καλύτερες ηχομονωτικές ιδιότητες, κυρίως στο χώρο εφαρμογής όσο και στον υποκείμενο όροφο. Τέλος, το σύγχρονο laminate δάπεδο έχει πολύ χαμηλή απόδοση από άποψη ηχομόνωσης (ηχοαπορροφητικότητας) στο χώρο χρήσης του. Με τη χρήση κατάλληλων πλαστικών υποστρωμάτων κατά την τοποθέτηση, η ηχομόνωσή του αυξάνεται σημαντικά στον υποκείμενο όροφο. Γενικά, οι διαφορές μεταξύ των διαφόρων τύπων δαπέδων ήταν στατιστικά σημαντικές όσον αφορά τη διάδοση (απορρόφηση) του ήχου και αυτό είναι ένα στοιχείο που θα πρέπει να συνεκτιμάται κατά την επιλογή του ενός ή του άλλου τύπου ξύλινου δαπέδου.

### **SOUND TRANSMISSION IN VARIOUS TYPES OF WOODEN FLOORS**

Skarvelis, M., Tzitziris K., Papadopoulos I.  
Technological Educational Inst. of Larissa,  
Department of Wood and Furniture Design and Technology,  
V. Griva 11, 43100 Karditsa, Greece

To examine the transmission of impact noise in wooden floors, a comparative study of 4 different types of wood flooring was carried out, using: nailed solid wood flooring, nailed solid wood flooring with insulation, glued solid wood flooring (lamarquet) and simple laminate

flooring, in typical conditions of a room in a multi storey building, made from concrete. Repeated measurements of the sound that occurred from felling a small iron ball on the floors from a standard height of 80 cm, revealed that: lamparquet showed the best performance while plain solid nailed wood flooring showed the poorest. Measuring sound in the basement, laminate flooring showed best performance and again plain nailed solid wood flooring the poorest. Highest reduction on sound between ground floor and basement was shown by laminate flooring (39,4 dB less) and smallest reduction was shown by lamparquet (11,6 dB less), which in basement room showed also a low level of noise (73,0 dB).

**Key words:** Wooden floor, parquet, sound insulation, nailed flooring, lamparquet, laminate.

### **Βιβλιογραφία**

- ISO 140-18:2006 . Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements.
- Kaczmar, P. 2009. Wood Flooring, a professional's guide to installation, Trada Technology Ltd, UK, p. 47
- Κακαράς, Ι. 2004. Σημειώσεις στο μάθημα Τεχνολογία Δομικών Κατασκευών Ξύλου. Τμ. Σχεδιασμού-Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου, ΤΕΙ Λάρισας, Καρδίτσα, 2004, σ.133.
- Πετειναράκης, Ι. 1992. Ολοκληρωμένη έρευνα για τη βιομηχανία ξύλου στην Ελλάδα. Α.Π.Θ., Επιστ. Επετηρίδα του Τμήμ. Δασολογίας & Φυσ. Περιβάλλοντος, Τόμος ΛΕ2, Αριθ. 32, 1992, σελ. 943-1015.
- Σιώμκος, Γ. και Βασιλικοπούλου Α., 2005. Εφαρμογή Μεθόδων Ανάλυσης στην Έρευνα Αγοράς. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα, σελ. 193-238.
- Σκαρβέλης, Μ. Παπαδόπουλος, Αντ. 2007. Ποιοτική ταξινόμηση δασικών προϊόντων στην Ελλάδα: Η περίπτωση του ξύλινου δαπέδου. Πρακτικά 13ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, Καστοριά, 7-10/10/2007, σελ. 230-236.
- Τζίτζιρης, Κ. 2010. Τα ξύλινα δάπεδα που επικρατούν στην Ελλάδα. Προσέγγιση των ηχομονωτικών ιδιοτήτων τους. Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Σχεδιασμού & Τεχνολογίας Ξύλου & Επίπλου, ΤΕΙ Λάρισας, σελ. 113.