



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Δασολογίας, Επιστημών Ξύλου & Σχεδιασμού **ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΞΥΛΟΥ**

Δ/ντής: καθηγητής Δρ. Γεώργιος Ι. Μαντάνης FIAWS, PhD
Γρίβα 11, Τ.Κ. 43100, Καρδίτσα, τηλ. 6947 300585, e-mail: mantanis@uth.gr
fax: 24410 64.731 · Skype: g.mantanis · URL: <http://mantanis.users.uth.gr>

Καρδίτσα, 03-10-2022

ΠΡΟΣ: **Δήμο Πατρέων**
Δ/νση Αρχιτεκτονικού Έργου – Η/Μ
υπόψη: κ. Δημοσθένη Παυλόπουλου

ΒΕΒΑΙΩΣΗ · ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ ΙΡΟΚΟ

Την Δευτέρα 29-08-2022, ο υπογράφων τη βεβαίωση αυτή, καθηγητής Δρ. Γεώργιος Ι. Μαντάνης, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, παρέλαβε δοκίμια συγκολλητής ξυλείας από την Διεύθυνση Αρχιτεκτονικού Έργου του Δήμου Πατρέων, μαζί με το αριθμ. πρωτ. 71120/25-08-2022 έγγραφο. Η εν λόγω υπηρεσία -σε επικοινωνία με τον αρμόδιο πολιτικό μηχανικό κ. Δημοσθένη Παυλόπουλο- ζητούσε την εθελοντική βοήθεια του εργαστηρίου για τον έλεγχο της ποιότητας συγκολλητής («σύνθετης») ξυλείας, που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε έργο πεζογέφυρας του οικείου δήμου. Τα δοκίμια ξύλου που παρελήφθησαν φαίνονται αναλυτικά στις εικόνες 1-3.



Εικ. 1. Άποψη από κομμένα δοκίμια ξυλείας που παρελήφθησαν στο εργαστήριο στις 29-08-2022.



Εικ. 2Α, 2Β. Άποψη από τυχαία ξύλινο δοκό (διατομής 200x200 mm) που στάλθηκε. Αποτελείται από δέκα (10) επικολλημένα ξύλινα στοιχεία, και φέρει δακτυλοειδείς συνδέσεις (finger-joints) μήκους 12 mm.



Εικ. 3. Μερική άποψη από τις δοκίμια από επικολλημένες ξύλινες δοκίδες (διατομής 100x150 mm) που στάλθηκαν για τον έλεγχο ποιότητας. Αποτελούνται από 4 επικολλημένα στοιχεία.

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΕΙΔΟΥΣ

Κατά τον αρχικό έλεγχο εξακριβώθηκε ότι όλα τα δοκίμια ξυλείας που παραλήφθηκαν ανήκουν στο τροπικό είδος *Iroko (Milicia sp.)*. Στο πόρισμα αυτό είχε επίσης καταλήξει το εργαστήριο μετά από ενδελεχή μελέτη, όπως παρουσιάζεται αναλυτικά στην από 27-04-2022 σχετική βεβαίωση που απεστάλη στην Δ/ση Αρχιτεκτονικού Έργου.

Η χρήση τέτοιας τροπικής ξυλείας, που ως γνωστό είναι υψηλής βιολογικής αντοχής στο χρόνο και στην υγρασία, είναι εξόχως επιθυμητή και συστήνεται για εξωτερικές χρήσεις.

ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Στη συνέχεια διαπιστώθηκε ότι όλα τα δοκίμια ξυλείας ήταν «ξηρά στον αέρα», δηλ. ποσοστού υγρασίας κατ' εκτίμηση 10% έως 18%. Στο Εργαστήριο Επιστήμης και Τεχνολογίας Ξύλου κόπηκαν τυχαία μικρότερα δείγματα, στα οποία έγινε πλήρης ογκομέτρηση και αντίστοιχη ζύγιση -με εργαστηριακό ζυγό ακριβείας, δύο δεκαδικών- ώστε να εκτιμηθεί στο η φαινομενική πυκνότητά τους.

Οι μέσες τιμές που ελήφθησαν ήταν οι εξής:

- 0,61 g/cm³
- 0,62 g/cm³
- 0,62 g/cm³
- 0,63 g/cm³
- 0,61 g/cm³

Συμπερασματικά, η μέση πυκνότητα που ευρέθη στα ξύλινα δοκίμια ήταν περίπου **0,62 g/cm³**, σε αυτό το επίπεδο υγρασίας (δηλ. σε περιεχόμενη υγρασία «ξύλου ξηρού στον αέρα»). Η ξυλεία χαρακτηρίζεται ως *μέτρια* προς *βαριά*. Το επίπεδο αυτό πυκνότητας αντιστοιχεί απολύτως με το συγκεκριμένο είδος ξυλείας (βλ. iroko).

ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Βασική ενέργεια ήταν -στη συνέχεια- η μέτρηση της περιεχόμενης υγρασίας των δοκιμίων (βλ. ποσοστό υγρασίας). Σε άμεση επαφή με το χέρι, όλα τα δοκίμια φαινόταν να είναι «ξηρά». Οι μετρήσεις έγιναν στο εργαστήριο με σύγχρονο υγρόμετρο ακριβείας τύπου ηλεκτρικής αντίστασης (*Gann Hydrometre HT 85T*). Ευρέθησαν οι εξής τιμές:

- Συγκολλητές δοκοί: 12,1% · 11,9% · 12,7% · 12,1% · 13,0%
- Συγκολλητές δοκίδες: 13,7% · 14,2% · 12,9% · 14,0% · 11,8%



Εικ. 4. Μέτρηση της περιεχόμενης υγρασίας του ξύλου με ηλεκτρικό υγρόμετρο.

Κατά συνέπεια, το ποσοστό υγρασίας της ξυλείας κυμαίνεται μεταξύ **12%** και **14%**. Το αποτέλεσμα αυτό είναι θετικό από τεχνικής άποψης, αφού η συγκολλητή αυτή ξυλεία θα χρησιμοποιηθεί σε εξωτερικό περιβάλλον. Για τις ελληνικές συνθήκες, οι ιδανικές υγρασίες τέτοιας δομικής ξυλείας είναι απαραίτητα μεταξύ 12%-16%.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΓΕΙΑΣ

Τα δοκίμια ξύλου εξ' αρχής ελέγχθηκαν οπτικά. Φαίνονται σε άριστη κατάσταση.

Καταρχήν δεν παρατηρούνται μεταχρωματισμοί στην ξυλεία, ούτε και ίχνη οπών ή άλλων ενδείξεων που να δηλώνουν κάποιο πρόβλημα από βιολογικούς παράγοντες (λ.χ. μύκητες ή έντομα). Συνεπώς, όλα τα δοκίμια που παρελήφθησαν στο εργαστήριο ήταν σε πάρα πολύ καλή έως άριστη κατάσταση υγείας.

ΟΠΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Ταυτόχρονα έγινε οπτική παρατήρηση και αξιολόγηση της ποιότητας των ξυλοτεμαχίων της συγκολλητής ξυλείας, που αποτελεί τις *δοκούς* και τις *δοκίδες*. Όπως φαίνεται παρακάτω, τα ξυλοτεμάχια Ιroko που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή της δομικής «σύνθετης» ξυλείας φέρουν εμφανώς τα εξής γνωρίσματα (βλ. εικόνες 5A, 5B):

- «Καθαρή» ξυλεία που είναι απαλλαγμένη από ρόζους, ιδίως ξερούς ρόζους.
- Αποτελούνται ιδίως από εγκάρδιο ξύλο που έχει υψηλότερη αντοχή.
- Οπτικά δεν παρατηρούνται οποιαδήποτε σφάλματα δομής στην ξυλεία.
- Δεν υπάρχουν καθόλου ραγάδες ούτε σχισίματα στην ξυλώδη ύλη.



A.



B.

Εικ. 5A, 5B. Παρατήρηση της ξύλινης δοκού και μακροσκοπική – οπτική αξιολόγηση του ξύλου.

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ

Για μία τέτοια «δύσκολη» εφαρμογή (βλ. υγρό περιβάλλον σε έλος, ξυλεία εκτεθειμένη στις καιρικές συνθήκες) επιτακτική είναι η χρήση ειδών ξυλείας μόνον των κλάσεων «1» και «2», με βάση το πρότυπο EN 350 (2016). Αυτό καλύπτεται στη συγκεκριμένη περίπτωση και στην εικ. 6 φαίνεται ένα απόσπασμα του προτύπου για το είδος *Iroko*.

87	<i>Milicia</i> spp. <i>M. excelsa</i> C. C. Berg <i>M. regia</i> C. C. Berg	MIXX	X: Iroko O: Kambala	W/E Africa	630-650- 670	1-2	D	D	D	4	1	m
----	-----------------------------------------------------------------------------------	------	------------------------	------------	-----------------	-----	---	---	---	---	---	---

Εικ. 6. Απόσπασμα του Ευρωπαϊκού προτύπου EN 350 (2016), στο οποίο φαίνονται τα δεδομένα για την υψηλή ποιότητα στάθμη και ανθεκτικότητα του είδους *Iroko*, σχετιζόμενα με τη βιολογική αντοχή του.

Ουσιαστικά πιστοποιείται ότι με βάση μακροχρόνιες έρευνες, το εγκάρδιο ξύλο του δασοπονικού είδους *Milicia sp.* είναι υψηλής βιολογικής αντοχής και κατατάσσεται ενδιάμεσα των δύο κλάσεων, ήτοι: «1-2». Στο ίδιο πόρισμα καταλήγουν και χρόνιες μελέτες που έχει διεξαγάγει το εργαστήριό μας στην ελληνική επικράτεια.

ΔΑΚΤΥΛΟΕΙΔΕΙΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ & ΤΥΠΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ

Η εν προκειμένω συγκολλητή ξυλεία έχει επικολληθεί κατά μήκος με τυπικούς, ενδεικνυόμενους συνδέσμους, που ονομάζονται *δακτυλοειδείς συνδέσεις (finger joints)*, που έχουν μήκη περίπου 12 χιλ. (εικ. 7) και έχουν εφαρμοστεί πλήρως υπό συμπίεση.



Εικ. 7. Τυπική εμφάνιση των ξύλινων συνδέσεων τύπου δακτυλοειδούς (πλήρη συναρμογή).



Εικ. 8. Συγκολλητική ουσία που έχει «εκχυλισθεί» από τις ενώσεις των ξύλων. Έγινε συλλογή της και αναλύθηκε στο εργαστήριο για εύρεση του τύπου της κόλλας.

Στη συνέχεια τα ξύλινα τεμάχια επικολλήθηκαν πλευρικά σε πρέσα και οδήγησαν στην παραγωγή της «σύνθετης ξυλείας», τύπου **Glulam**. Η οπτική παρατήρηση που έγινε και στους δοκούς και στις δοκίδες επιβεβαίωσε την υψηλή ποιότητα της όλης διαδικασίας της επικόλλησης (βλ. «ποιότητα των δεσμών»).

Σε ορισμένα στοιχεία, η κόλλα «ξεχειλίζει» των δοκιμίων (βλ. εικ. 8). Έγινε συλλογή και εργαστηριακή ανάλυση της ρητίνης (μέθοδος *Kjendahl*), από δείγμα κόλλας που συλλέχθηκε επί τούτου. Αναγνωρίστηκε ότι η κόλλα είναι μελαμίνης-ουρίας-φορμαλδεΐδης (τύπου MUF), με υψηλή περιεκτικότητα σε μελαμίνη (>20%). Η ρητίνη αυτή (MUF) είναι η πλέον κατάλληλη για τη συγκεκριμένη χρήση - η πιο κατάλληλη για «υγρά» περιβάλλοντα για τα ξύλινα επικολλημένα στοιχεία στη χώρα μας.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΔΕΣΜΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

Στη συνέχεια έγινε εργαστηριακή εκτίμηση της ποιότητας των δεσμών συγκόλλησης στα σύνθετα - επικολλητά δοκίμια. Δείγματα από 3 δοκούς -μήκους 30 εκ.- διογκώθηκαν μέσα σε νερό για 48 ώρες και στη συνέχεια ξηράθηκαν μέσα σε θάλαμο κλιματισμού, ώστε να αποκτηθεί τελική υγρασία περίπου 12% (εντός δύο ημερών). Πρόσθετα, τυχαία δείγματα μικρά από τα τετρακολλητά δοκίμια -τις ξύλινες δοκίδες- τοποθετήθηκαν μέσα σε χύτρα κουζίνας (υπό πίεση) και το νερό ζεστάθηκε προοδευτικά επί μία ώρα.

Ακολούθως υπέστησαν καταπόνηση των συγκολλητικών δεσμών τους με πλήρη βρασμό του νερού για 3 ώρες, όντας πλήρως εμβυθισμένα. Το τεστ αυτό προκαλεί δριμεία καταπόνηση. Κατόπιν, τα δοκίμια απομακρύνθηκαν και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο κλιματισμού, ώστε με επιταχυνόμενη ξήρανση να επανέλθουν σε τελική υγρασία περίπου 12% (εντός 48ώρου), λόγω του μικρού πάχους τους. Στη συνέχεια, οι γραμμές συγκόλλησης αυτών ελέγχθηκαν οπτικά, καθώς και με μεγεθυντικό φακό (βλ. εικ. 10).

Και οι δύο δοκιμές -όπως φαίνεται από τις παρακάτω εικόνες- στέφθηκαν με επιτυχία. Αφενός, το ρητινικό σύστημα MUF που χρησιμοποιήθηκε είναι άριστης ποιότητας και είναι το πλέον κατάλληλο γι' αυτή την χρήση, βλ. εξωτερικές και υγρές συνθήκες χρήσης των τελικών προϊόντων ξύλου. Όπως δεικνύεται στις εικ. 9A και 9B (δοκός) και στην εικ. 10 (δείγματα από δοκίδες) παρά τις δριμείς υδροθερμικές καταπονήσεις των συνδέσεων φάνηκε ότι η συγκολλητή ξυλεία *iroko* είναι σε πολύ καλή κατάσταση έως άριστη. Εν τέλει, δεν παρατηρήθηκαν αποκολλήσεις ούτε και «*ανοίγματα*» των ξύλινων στοιχείων.



Εικ. 9A, 9B. Δείγμα επικολλητής δοκού μετά το βράσιμο (A), και μετά την ξήρανση (B).



Εικ. 10. Δοκιμή βρασμού σε νερό - φωτογραφίες από την εγκάρσια τομή (σκόρο) σε τρία (3) δείγματα από τις δοκίδες, μετά από την ξήρανσή τους (= σχεδόν μηδενικές αποκολλήσεις στις συνδέσεις).

Τελικό πόρισμα του μελετητή -μετά τις ανωτέρω περιγραφόμενες δοκιμές- είναι ότι η εν λόγω συγκολλητή ξυλεία Iroko έχει πολύ ικανοποιητικούς δεσμούς συγκόλλησης (απαραίτητη διευκρίνιση: η πραγματική καταπόνηση των συνδέσμων ξύλου σε τέτοια ξυλεία στις πραγματικές κλιματικές συνθήκες είναι *αρκετά ηπιότερη* σε σύγκριση με αυτές κατά τις δοκιμές βρασμού και ύγρανσης-ξήρανσης που έγιναν στο εργαστήριο).

Πρόσθετα, το χρησιμοποιηθέν ρητινικό σύστημα είναι μελαμινικής ρητίνης MUF (με την εμπορική ονομασία: *AkzoNobel Laminated beam system 1257/7557*), που είναι επίσης πιστοποιημένο από τρεις Ευρωπαϊκούς φορείς ελέγχου ποιότητας, ήτοι, τους NTI, MPA και FCBA (βλ. **Παράρτημα Ι**).

ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ - ΒΕΡΝΙΚΟΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ

Σημειώνεται ότι η εν λόγω ξυλεία είναι πολύ υψηλής βιολογικής ανθεκτικότητας (*κλάσης Ι*) και τα φινιρίσματα έχουν σχετικά *ήσσονος σημασίας* σπουδαιότητα όσον αφορά την αντοχή του στο χρόνο. Ωστόσο, συστήνονται σίγουρα τα κατάλληλα για το Ιρόκο φινιρίσματα, σαφώς και σκούρου χρωματισμού, για ακόμη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της όλης κατασκευής.

Προτείνεται ο Δήμος Πατρέων σε κάθε ξύλινη κατασκευή θα πρέπει να μεριμνά για την **περιοδική συντήρηση** των κατασκευών, κάθε 5-6 έτη, σε προληπτική βάση.

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΕ ΚΛΑΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

Στο **Παράρτημα ΙΙ** της παρούσας αναφοράς παρουσιάζονται τα αποτελέσματα δοκιμών μηχανικής αντοχής των εν λόγω συγκολλητών ξύλων, από εργαστηριακές δοκιμές που διενεργήθηκαν στο Α.Π.Θ. – Εργαστήριο Πειραματικής Αντοχής Υλικών και Κατασκευών, συνεργαζόμενο εργαστήριο με το Εργαστήριο Επιστήμης και Τεχνολογίας Ξύλου του Παν. Θεσσαλίας, την εβδομάδα της 19-23^{ης} Σεπτεμβρίου 2022.

Με βάση τα αποτελέσματα των δοκιμών μηχανικής αντοχής, που έγιναν στο ανωτέρω συνεργαζόμενο εργαστήριο του Α.Π.Θ. (βλ. Παράρτημα ΙΙΙ) και με βάση τα κριτήρια του Ευρωπαϊκού προτύπου EN 14080-2016 (σελ. 23-24), η εν λόγω συγκολλητή – σύνθετη ξυλεία κατατάσσεται στην **κλάση αντοχής GL30**, αποτέλεσμα που είναι πολύ ικανοποιητικό για την εν λόγω κατασκευή (βλ. ξύλινη πεζογέφυρα).

ΤΕΛΙΚΟ ΠΟΡΙΣΜΑ

Η συγκεκριμένη σύνθετη-συγκολλητή ξυλεία (όπως παραλήφθηκε στις 29-08-2022), αξιολογούμε μετά από τους ανωτέρω ενδεδειγμένους εργαστηριακούς ελέγχους, ότι:

*είναι **ποιοτική** όπως αποδείχτηκε από τα εργαστηριακά αποτελέσματα, και

*χαρακτηρίζεται από **υψηλή αντοχή συγκόλλησης (GL30)**, και ως εκ τούτου, θεωρούμε ότι είναι **κατάλληλη** για χρήση στην κατασκευή εξωτερικής πεζογέφυρας που έχει προγραμματίσει η υπηρεσία σας.

Βεβαιώνοντας όλα τα ανωτέρω υπογράφουμε αυτή την τεχνική αναφορά.

Καρδίτσα, 03-10-2022

Ο υπογράφων τη βεβαίωση

Δρ. Γεώργιος Ι. Μαντάνης

επιστήμων ξύλου (FIAWS, PhD)

Καθηγητής πρώτης βαθμίδας · Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Εργαστήριο Επιστήμης & Τεχνολογίας Ξύλου

διδάκτωρ Πανεπιστημίου Wisconsin-Madison, Η.Π.Α.

e-mail: | τηλ. 6947 300.585

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Στις επικολήσεις ξύλου χρησιμοποιήθηκε εγκεκριμένο ρητινικό σύστημα MUF (Laminated beam system 1257/7557) που είναι πιστοποιημένο από τους φορείς ποιότητας NTI, MPA και FCBA.

AkzoNobel Wood Coatings
Marketing Adhesives



Product Information

Laminated beam system 1257/7557

Adhesive system consists of 1257, which is a flexible, liquid MUF adhesive, and 7557, which is a liquid hardener. It is a light coloured system to be used with either mix-in or separate application of glue and hardener in load bearing timber structures, such as laminated beams, cross laminated timber (CLT) and duo- and trio-beams. The system can also be used mixed for the application of finger joints.

1257/7557 is used for applications in the wood working industry, where there is demand for light-coloured bond-lines with high water and weather resistance.

1257/7557 is approved according the requirements in EN 301:2013 as a type 1 adhesive by Norsk Treteknisk Institutt (NTI), Norway, Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart - Otto-Graf-Institut (MPA), Germany and Institut Technologique FCBA, France for flexible mixing ratio (see below).

The system is suitable for the production of laminated beams according to EN14080:2013. The system is also suitable for the production of cross laminated timber (CLT) according to EN 16351 and for the production of structural finger jointed solid timber according to EN15497:2014

1257/7557 meets the demands of following types:

EN 301-I-90-GP-0,6-M

EN 301-I-90-GP-0,3-S

EN 301-I-90-FJ-0,1-M

1257/7557 is tested by Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart – Otto-Graf-Institut - (MPA), Germany according to DIN 68141:2008, and fulfils the requirements to the production of glued load-bearing timber parts according to DIN 1052 for flexible mixing ratio (see below).

When adhesive and hardener are applied separately our Separate Ribbon Spreader 6230 or 7230 Ecoflex are recommended.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Τεχνική αναφορά από το Εργ. Πειραματικής Αντοχής Υλικών και Κατασκευών του Α.Π.Θ.



Θεσσαλονίκη, 27/09/2022

«Δοκιμές στοιχείων επικολλητής ξυλείας»

Η παρούσα τεχνική έκθεση αφορά στην συμπεριφορά δοκιμίων **επικολλητής ξυλείας Iroko**, υπό κάμψη τριών σημείων παράλληλα στις ίνες (έλεγχος έμμεσου εφελκυσμού) και μονοαξονική θλίψη, παράλληλα στις ίνες (κατηγοριοποίηση ξυλείας). Τα δοκίμια φέρουν εγκάρσιες συνδέσεις οδοντωτών εγκοπών μικρών διαστάσεων (finger-joints), οι οποίες απέχουν από το μέσο της εκάστοτε δοκού.

Ο έλεγχος κάμψης τριών σημείων διεξήχθη στην πειραματική διάταξη του Εργαστηρίου Πειραματικής Αντοχής Υλικών και Κατασκευών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του ΑΠΘ, μέγιστης δυναμικότητας 6000 κN (δες εικόνα 1). Το δοκίμιο τοποθετήθηκε με το μήκος του σε οριζόντια θέση και στηρίχθηκε συμμετρικά σε δύο σημεία στην κάτω παρειά του, ενώ το φορτίο εφαρμόστηκε στη μέση του μήκους από την άνω παρειά, με σκοπό να υποβληθεί σε κάμψη 3 σημείων. Η απόσταση μεταξύ των στηριξεων είναι 140cm, ενώ το συνολικό μήκος των δοκών είναι 150cm. Το σύνολο των δοκών, οι οποίες υποβλήθηκαν σε αυτόν τον έλεγχο είναι τέσσερις, με τις δυο πρώτες να δέχονται το φορτίο εγκάρσια στο πλάτος τους (εικόνα 2) και τις δύο επόμενες να το δέχονται εγκάρσια στο ύψος τους (εικόνα 3). Σημειώνεται ότι η διατομή των δοκών είναι 9,7 X 14,8 cm². Στη συνέχεια παρατίθενται τα διαγράμματα φορτίου - μέσης βύθισης, όπως αυτή μετρήθηκε στο μέσο της κάθε δοκού, στο κέντρο βάρους της διατομής και από τις δύο πλευρές της.

Επιπρόσθετα, έλαβε χώρα η διεξαγωγή του ελέγχου αντοχής σε (μονοαξονική) θλίψη, τοποθετήθηκαν στην αντίστοιχη διάταξη (εικόνα 4) δύο δοκίμια διατομής 20X20 cm² και ύψους 60 cm, ενώ το μήκος των επιμηκυσιόμετρων που εφαρμόστηκαν σε κάθε πλευρά (τέσσερα συνολικά) ήταν 48 cm. Παρακάτω παρατίθενται φωτογραφίες όπου απεικονίζεται η κατάσταση αστοχίας των δοκιμίων που εξετάστηκαν υπό μονοαξονική θλίψη (εικόνα 5), καθώς και διαγράμματα φορτίου-βράχυνσης και τάσης-παραμόρφωσης.

Στους επόμενους πίνακες 1 και 2 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα από τις δοκιμές κάμψης και θλίψης, αντίστοιχα.

Πίνακας 1. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα κάμψης

Όνομα	Μέγιστο	Αντοχή σε	Δυσκαμψία	Παρατηρήσεις
-------	---------	-----------	-----------	--------------

δοκιμίου	φορτίο σε κάμψη (kN)	κάμψη παράλληλα στις ίνες (MOR σε MPa)	(N/mm)	
Δοκίμιο 1	80.5	79.56	4260	Επιβολή φορτίου στο μεγάλο ύψος (14,8 cm)
Δοκίμιο 2	66	65.23	3740	Επιβολή φορτίου στο μεγάλο ύψος (14,8 cm)
ΜΟ	73.25	72.40	4000	
Δοκίμιο 3	34.8	34.40	2026	Επιβολή φορτίου στο μικρό ύψος (9,7 cm)
Δοκίμιο 4	39	38.55	1920	Επιβολή φορτίου στο μεγάλο ύψος (9,7 cm)
ΜΟ	36.9	36.47	1973	

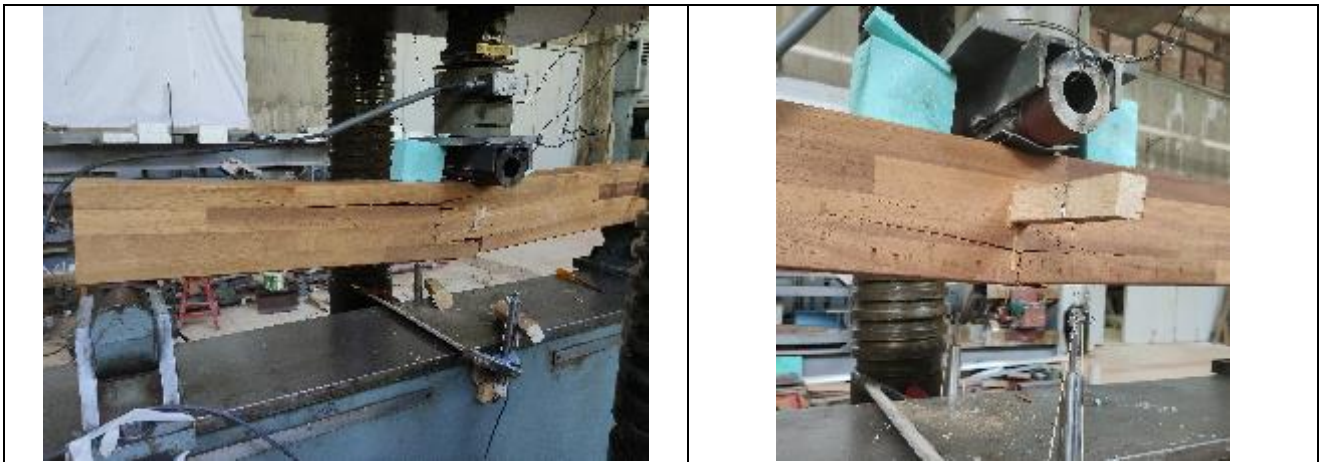
Πίνακας 2. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα θλίψης

Όνομα δοκιμίου	Μέγιστο φορτίο σε θλίψη (kN)	Αντοχή σε θλίψη παράλληλα στις ίνες (MPa)	MOE (GPa)
Δοκίμιο 1	2223	55.58	9960
Δοκίμιο 2	2170	54.25	7410
ΜΟ	2197	54.91	8685

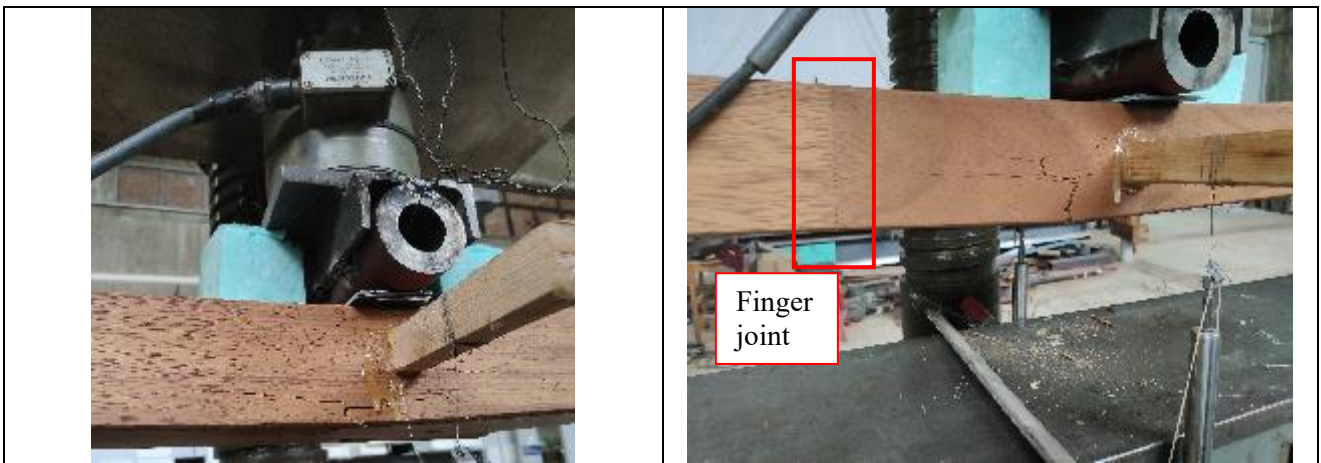
Ακολουθεί η φωτογραφική τεκμηρίωση:



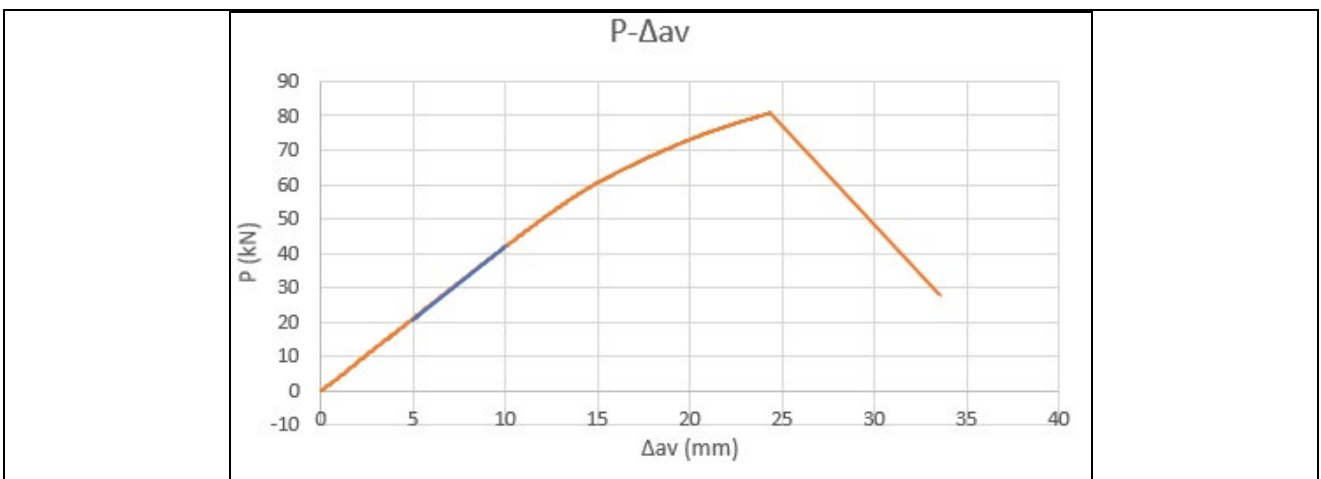
Εικόνα 1: Φωτογραφική απεικόνιση της διάταξης για τον έλεγχο κάμψης τριών σημείων.



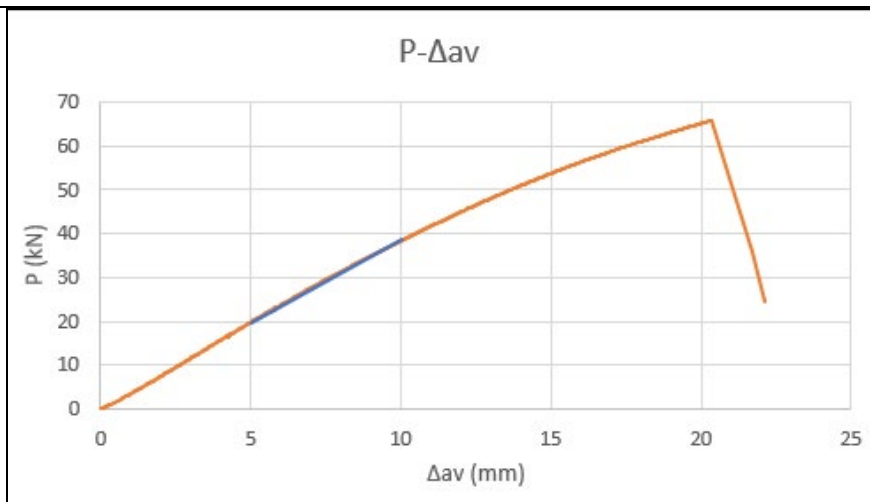
Εικόνα 2: Φωτογραφική απεικόνιση της αστοχίας για τα δοκίμια 1 και 2.



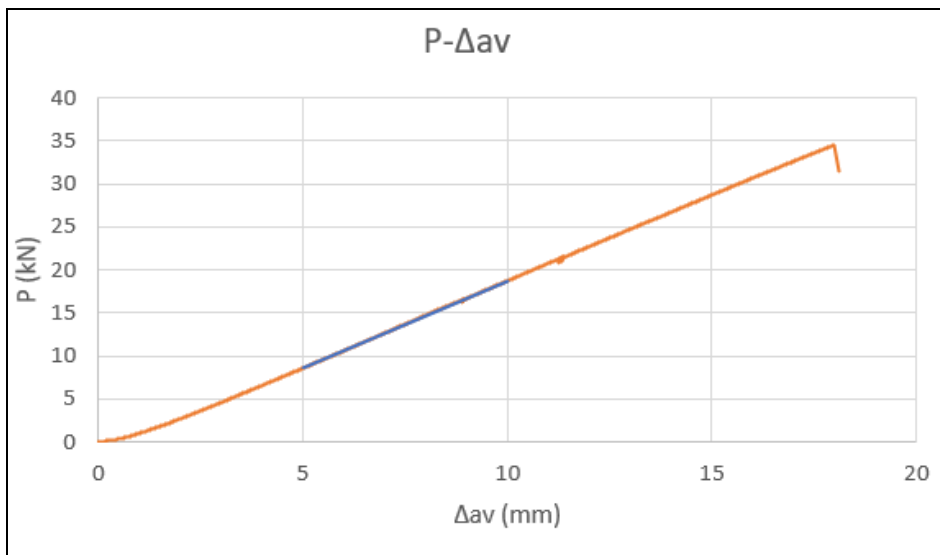
Εικόνα 3: Φωτογραφική απεικόνιση της αστοχίας για τα δοκίμια 3 και 4, τα οποία ήταν τοποθετημένα κάθετα κατά την έννοια του ύψους, στη διάταξη.



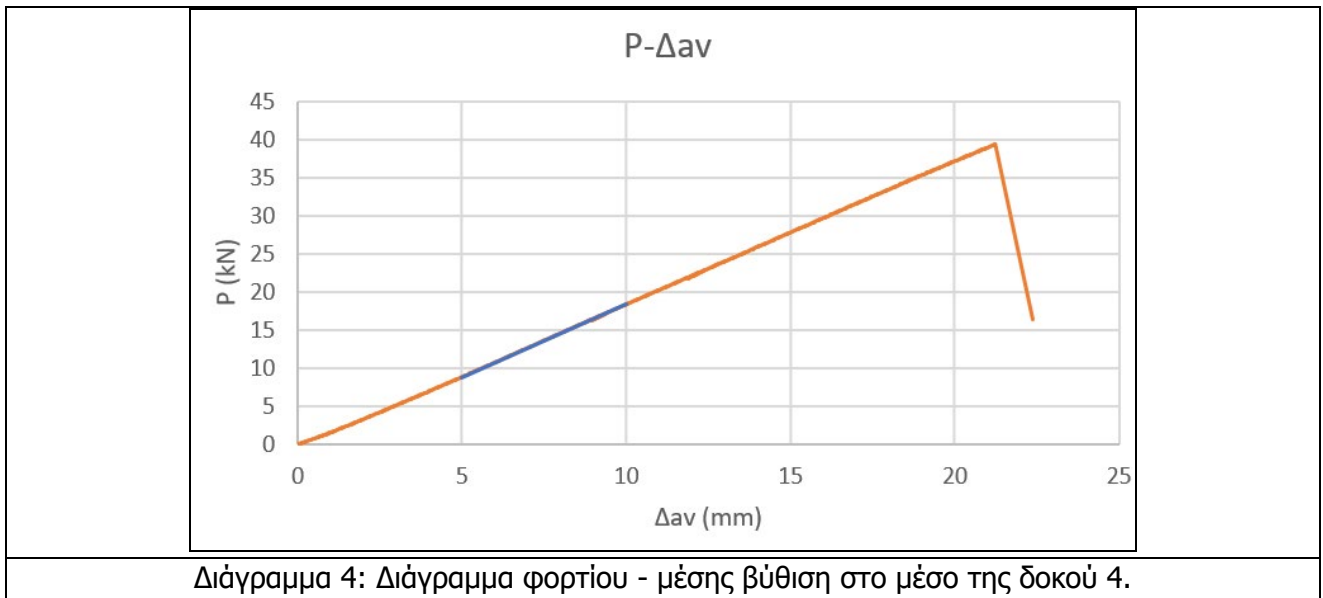
Διάγραμμα 1: Διάγραμμα φορτίου - μέσης βύθιση στο μέσο της δοκού 1.



Διάγραμμα 2: Διάγραμμα φορτίου - μέσης βύθιση στο μέσο της δοκού 2.

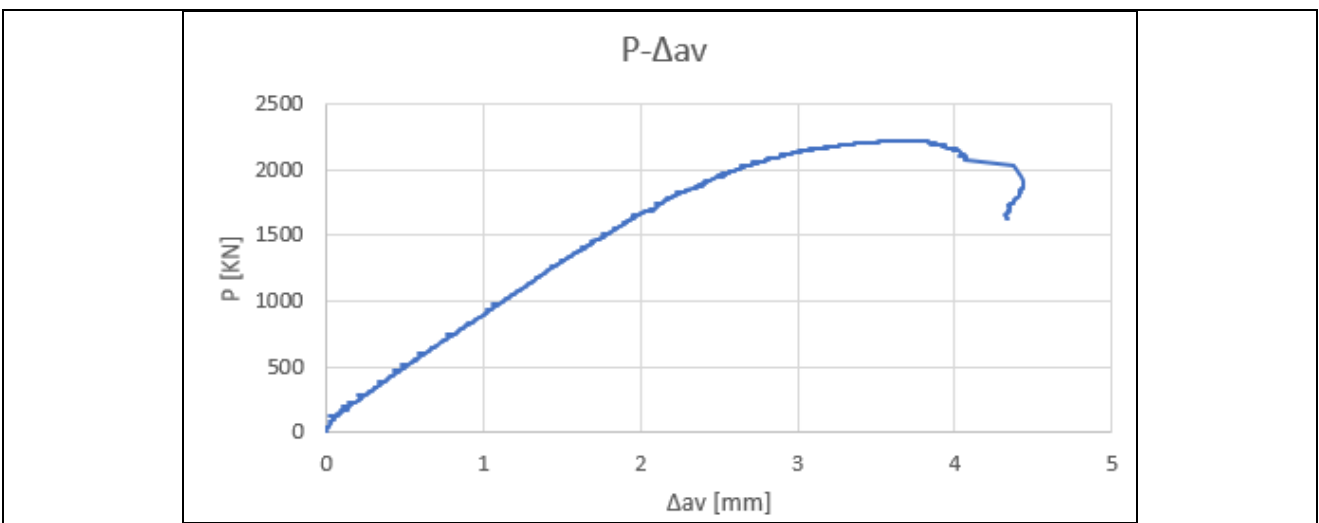


Διάγραμμα 3: Διάγραμμα φορτίου - μέσης βύθιση στο μέσο της δοκού 3.

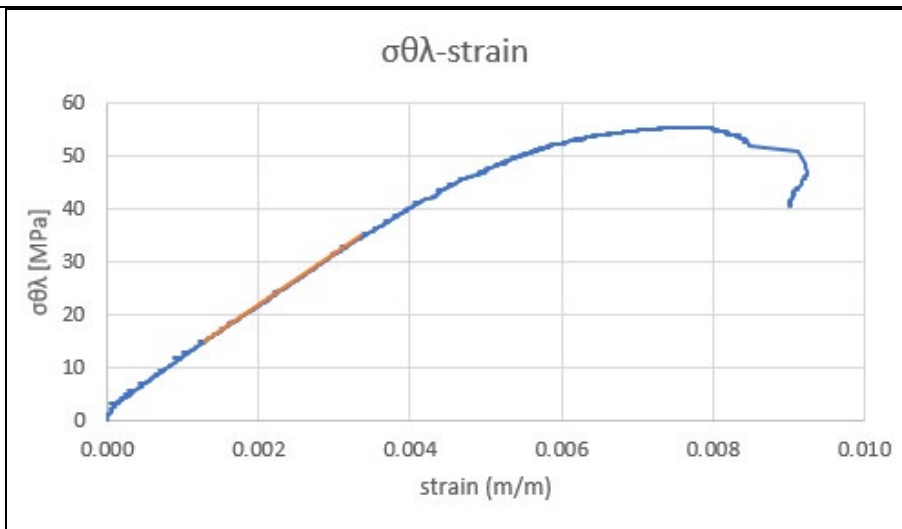




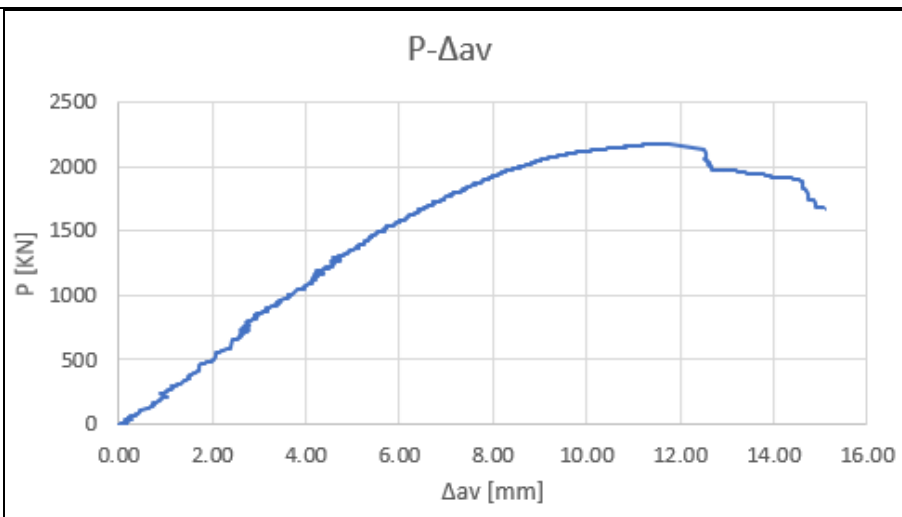
Εικόνα 5: Φωτογραφική απεικόνιση της αστοχίας για τα δοκίμια 1 και 2.



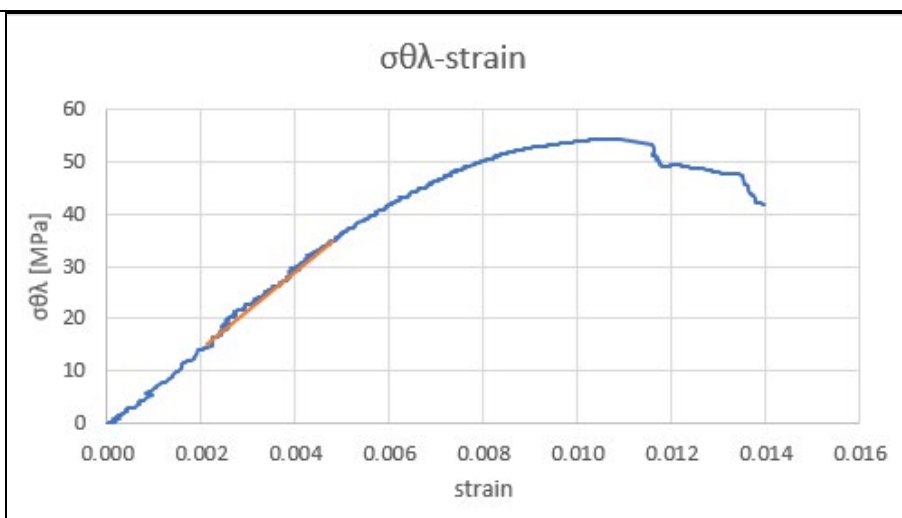
Διάγραμμα 5: Διάγραμμα φορτίου - βράχυνσης του δοκιμίου 1.



Διάγραμμα 6: Διάγραμμα τάσης - παραμόρφωσης του δοκιμίου 1.



Διάγραμμα 7: Διάγραμμα φορτίου - βράχυνσης του δοκιμίου 2.



Διάγραμμα 8: Διάγραμμα τάσης - παραμόρφωσης του δοκιμίου 2.