



Πολυτεχνείο Κρήτης
Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Διπλωματική Εργασία

Διαδικασία Πιστοποίησης CE Ξύλινων Μελλών Βιομηχανίας Κατασκευών Ξύλου



Χαράλαμπος Λίβας

Επιβλέπων: Γεώργιος Σταυρουλάκης, Καθηγητής ΜΠΔ ΠΚ



Χανιά, Μάιος 2016

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία αποτελεί το τελευταίο στάδιο της πενταετούς φοίτησής στο Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Πρωτίστως λοιπόν, νοιώθω την υποχρέωση να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συνεχή στήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή του ΤΕΙ Θεσσαλίας Τμήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου κ. Γιώργο Νταλό για την συνεχή καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια της εκτέλεσης του πειραματικού μέρους και συγγραφής της εργασίας. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φοιτητές του Τμήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου του ΤΕΙ Θεσσαλίας για τη φιλοξενία και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν κατά την διάρκεια των πειραματικών δοκιμών.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γιώργο Σταυρουλάκη, καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης για τις πολύτιμες υποδείξεις ως προς την συγγραφή της εργασίας.

Πιστοποίηση CE (Conformité Européenne) ξύλινων προϊόντων βιομηχανίας επεξεργασίας ξύλου

Πρόλογος

Για την ολοκλήρωση των σπουδών μου, στο Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, συντάξα την παρακάτω διπλωματική εργασία.

Το θέμα της διπλωματικής εργασίας είναι η πιστοποίηση προϊόντων ξύλου μιας βιομηχανίας κατασκευής ξύλινων δοκών επικολλητής ξυλείας. Το ξύλο, οι εφαρμογές του και ειδικά η χρήση του ως δομικό υλικό, είναι ένας τομέας που μου προκαλούσε πάντα το ενδιαφέρον. Η πιστοποίηση CE με την οποία πραγματεύεται η παρούσα εργασία αποτελεί πλέον μονόδρομο και διαβατήριο των προϊόντων ξύλου προκειμένου να εκτεθούν στην ενιαία ευρωπαϊκή αγορά.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η λεπτομερής παρακολούθηση της διαδικασίας που απαιτεί η πιστοποίησης CE των ξύλινων μελών, η περιγραφή της διαδικασίας αυτής, η καταγραφή των ιδιοτήτων των ξύλινων προϊόντων της συγκεκριμένης βιομηχανίας, η αποδοχή ή η απόρριψη των προϊόντων και η κατάταξή τους σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα.

Στα αρχικά κεφάλαια της διπλωματικής εργασίας γίνεται μια αναφορά των χρήσεων του ξύλου από τον άνθρωπο από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα. Επίσης γίνονται αναφορές στο ξύλο ως δομικό υλικό, οι ιδιότητές του αλλά και τα διάφορα είδη ξυλείας που υπάρχουν σήμερα στο εμπόριο.

Στη συνέχεια γίνεται μια λεπτομερής καταγραφή των σύγχρονων προϊόντων επεξεργασμένης ξυλείας καθώς και των διαφορών που αυτά παρουσιάζουν όσον αφορά τις ιδιότητές τους αλλά και των χρήσεων τους στις κατασκευές.

Ακολούθως παρουσιάζεται η αναγκαιότητα της πιστοποίησης CE. Καταγράφεται αναλυτικά η διαδικασία του ποιοτικού ελέγχου των προϊόντων που εξετάζονται και η διαδικασία που ακολουθείται για να ολοκληρωθεί η πιστοποίησή τους.

Στο τελευταίο κεφάλαιο αναλύονται τα δεδομένα των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν στα πιστοποιημένα εργαστήρια του Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας , Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου για τα πλαίσια της εργασίας και περιγράφεται η κατηγοριοποίηση των προϊόντων που εξετάστηκαν με βάση τα διεθνή πρότυπα.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	3
1. Εισαγωγή.....	7
1.1. Το ξύλο ως υλικό δόμησης.....	7
1.2. Είδη Ξυλείας.....	10
1.3. Ιδιότητες Ξυλείας.....	11
1.4. Προϊόντα Κατεργασμένης Ξυλείας.....	12
2. Υλικά και μέθοδοι.....	14
3. Σύνθετα προϊόντα επεξεργασμένης ξυλείας.....	15
3.1. Επικολλητή ξυλεία.....	15
3.2. Σύνθετη πριστή ξυλεία από επικολλητά ξυλόφυλλα (Laminated Veneer Lumber, LVL) 19	19
3.3. Ξυλοδοκοί από συγκολλημένες λωρίδες ξυλοφύλων (Parallel Strand Lumber, PSL) 21	21
3.4. Σύνθετη ξυλεία από συγκολλημένα πλανίδια ξύλου (Laminated Strand Lumber, LSL) 23	23
3.5. Ξυλοδοκοί με εγκάρσια διατομή τύπου I (I BEAM).....	25
3.6. Σύνθετα προϊόντα ξύλου τύπου Com-ply.....	26
3.7. Ξυλοπλάκες από συγκολλημένες λωρίδες συμπαγούς ξύλου (Solid Wood Panels, Massivholzplatten).....	27
4. Σήμανση Συμμόρφωσης CE (Conformité Européenne).....	28
4.1. Ορισμός.....	28
4.2. Ιστορική Αναδρομή.....	28
4.3. Σκοπός – Λόγος ύπαρξης της σήμανσης CE.....	29
4.4. Διαδικασία Σήμανσης CE.....	31
4.5. Η Σήμανση CE στη δομική ξυλεία.....	32
5. Ποιοτικός έλεγχος - προσδιορισμός των φυσικών και τεχνικών ιδιοτήτων συγκολλητών προϊόντων ξύλου.....	33
5.1. Δειγματοληψία (DIN EN 52180).....	34
5.2. Προσδιορισμός Πυκνότητας (DIN EN 52182).....	37
5.3. Προσδιορισμός Περιεχόμενης Υγρασίας (DIN EN 52183).....	40
5.4. Αντοχή στη Θλίψη (DIN EN 52185).....	42
5.5. Αντοχή σε Κάμψη (DIN EN 52186).....	43
5.6. Προσδιορισμός Περιεχόμενης Φορμαλδεΐδης (EN 120/1992).....	51
6. Συμπεράσματα.....	56
7. Μεθοδολογία.....	61
8. Περίληψη.....	62

Βιβλιογραφία	63
Παράρτημα.....	65

1. Εισαγωγή

1.1. Το ξύλο ως υλικό δόμησης

Το ξύλο είναι ένα από τα αρχαιότερα υλικά που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος και κατείχε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του πολιτισμού. Έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή σκευών καθημερινής χρήσης, όπλων, γλυπτών, έργων τέχνης, πλοίων και υπήρξε ένα από τα κύρια δομικά υλικά από την αρχαιότητα.

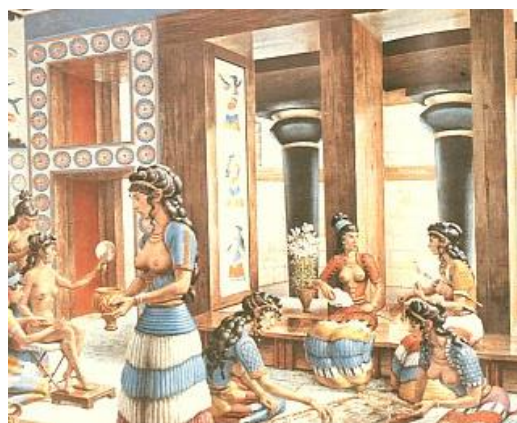


Εικόνα 1: Ζωγραφική αναπαράσταση μινωικού πλοίου.

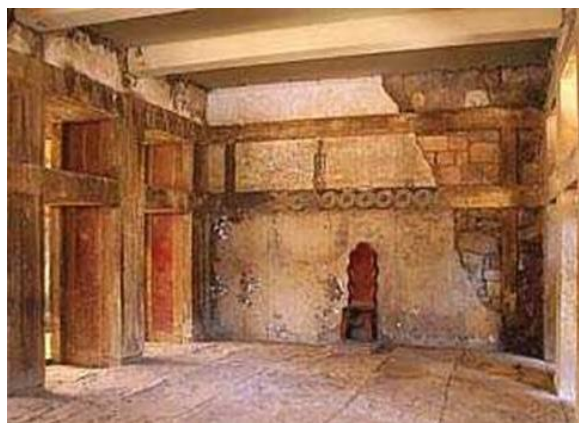


Εικόνα 2: Αρχαίο ελληνικό όπλο (καταπέλτης).

Παραδείγματα από τη μινωική εποχή όπως το ανάκτορο της Κνωσού, αποδεικνύουν τις δυνατότητες που παρείχε η σωστή χρήση του ξύλου στην κατασκευή αντισεισμικών, πολυώροφων κτιρίων με ψηλές και μεγάλες αίθουσες με πολλαπλά και τεράστια ανοίγματα, ήδη από τη δεύτερη χιλιετία π. Χ.



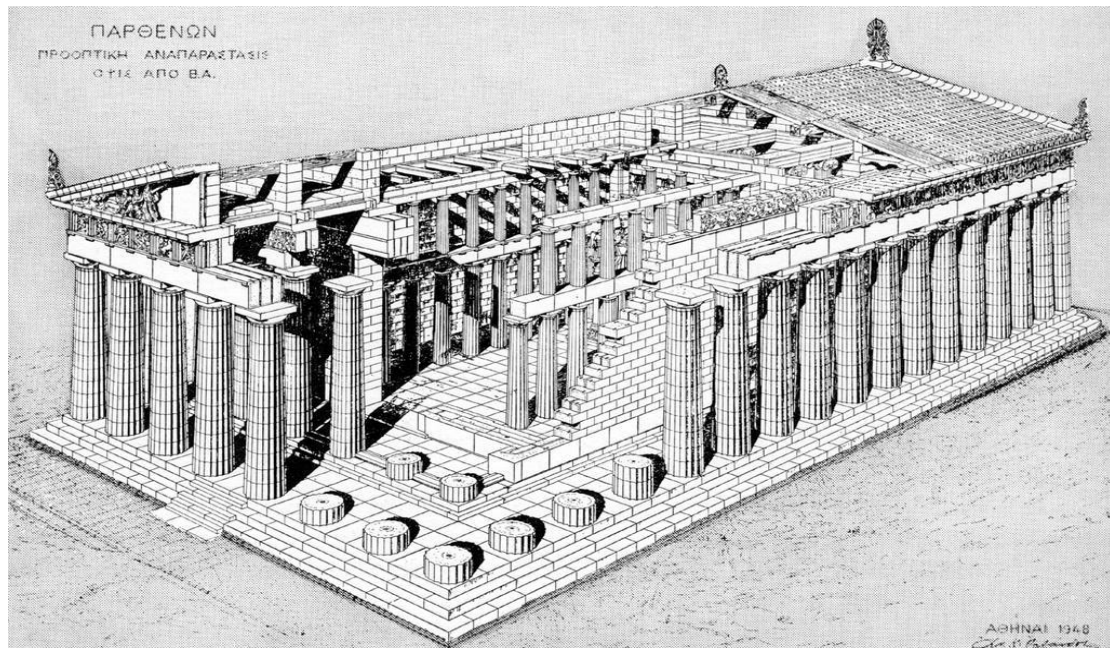
Εικόνα 3: Αναπαράσταση εσωτερικής αίθουσας του μινωικού ανακτόρου.



Εικόνα 4: Αίθουσα θρόνου του Μίνωα.

Στην Αρχαία Ελλάδα μια από τις κύριες χρήσεις του ξύλου ήταν ως φέρον στοιχείο σε στέγες ναών. Τα βασικά είδη ξυλείας που χρησιμοποιούσαν ήταν κέδρος και κυπαρίσσι εξαιτίας των εξαιρετικών μηχανικών τους αντοχών. Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με το πανεπιστήμιο Richmond των ΗΠΑ στον Παρθενώνα υπήρχαν δοκοί μήκους

έντεκα μέτρων. Επίσης στον ναό του Απόλλωνα στην αποικιοκρατούμενη Σικελία οι δοκοί έφταναν σε μήκος τα 18 μέτρα. Τα κείμενα του Θεοφράστου (371- 287 π. Χ.) σχετικά με τα δάση αποδεικνύουν ότι οι Αρχαίοι Έλληνες ήταν γνώστες των διάφορων ειδών δέντρων και των διαφορετικών ιδιοτήτων τους. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούσαν κάθε είδος ξύλου σε διαφορετικές εφαρμογές ανάλογα με την καταλληλότητα των ιδιοτήτων τους.



Εικόνα 5: Σχεδιαστική αναπαράσταση Παρθενώνα.

Κατά την κλασική εποχή (478 – 323 π. Χ.) το ξύλο ήταν ένα από τα κύρια υλικά που χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή ναών, στοών, οικιών και για ναυπηγικούς σκοπούς. Οι αρχαίοι Έλληνες ανέφεραν το ξύλο ως << ερέψιμον ύλη >> δηλαδή υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή ορόφων ή στεγών (Κακαράς 2013).

Την περίοδο του μεσαίωνα (500 – 1500 μ. Χ.) το ξύλο εξακολουθεί να αποτελεί ένα από τα βασικά υλικά δόμησης. Αξιοσημείωτο είναι ότι ακόμα και σε περιπτώσεις όπου ως βασικό υλικό δόμησης χρησιμοποιούνταν κάποιο άλλο υλικό (πλίνθοι, πέτρα), το ξύλο αποτελούσε αναπόσπαστο μέρος της κατασκευής αφού χρησιμοποιούνταν σε θεμελιώσεις, υποστυλώματα, σκαλωσιές, ξυλοδεσιές και για εγκαταστάσεις στρατιωτικής χρήσης.

Στα νεότερα χρόνια, κατά την βιομηχανική επανάσταση η ραγδαία ανάπτυξη του χυτοσιδήρου και του χάλυβα περιόρισε σημαντικά τη χρήση του ξύλου στις δομικές

κατασκευές. Αντίστοιχο αποτέλεσμα έφερε η ανάπτυξη και εξάπλωση του οπλισμένου σκυροδέματος κατά τον Β΄ παγκόσμιο πόλεμο η οποία επηρέασε την παγκόσμια αγορά και ιδιαίτερα την χώρα μας.

Στις μέρες μας η χρήση του ξύλου ως δομικό υλικό παρουσιάζει συνεχή αύξηση που οφείλεται κυρίως στην ευαισθητοποίηση των πολιτών σε θέματα οικολογίας και περιβάλλοντος ενώ ταυτόχρονα επανέρχονται στο προσκήνιο παραδοσιακές μέθοδοι κατασκευής. Επίσης η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών σχετικά με τις μεθόδους παραγωγής σύνθετης ξυλείας αυξάνουν την ποιότητα και μειώνουν το κόστος του προϊόντος. Συγχρόνως μειώνονται δραστικά οι απώλειες της πρώτης ύλης αξιοποιώντας όλα τα μέρη του δέντρου (Slavid Ruth, 2005).



Εικόνα 6: Σχέδιο ξύλινου ουρανοξύστη, Big Wood Skyscraper, Σικάγο ΗΠΑ.

Παρατηρώντας τις σύγχρονες τάσεις δόμησης στις αναπτυγμένες χώρες διαπιστώνεται ότι οι ξύλινες κατοικίες όντας φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο αποτελεί την πρώτη επιλογή τόσο για εξοχική κατοικία όσο και για μόνιμη (Μωραΐτης και Παπαδόπουλος 2011). Στην χώρα μας οι εξελίξεις αυτές αφομοιώνονται σταδιακά οπότε αναμένεται στο μέλλον η χρήση του ξύλου ως δομικό υλικό να ανακτήσει την θέση που του αξίζει στην ελληνική αγορά.



Εικόνα 7: Πολυτελής ξύλινη κατοικία.



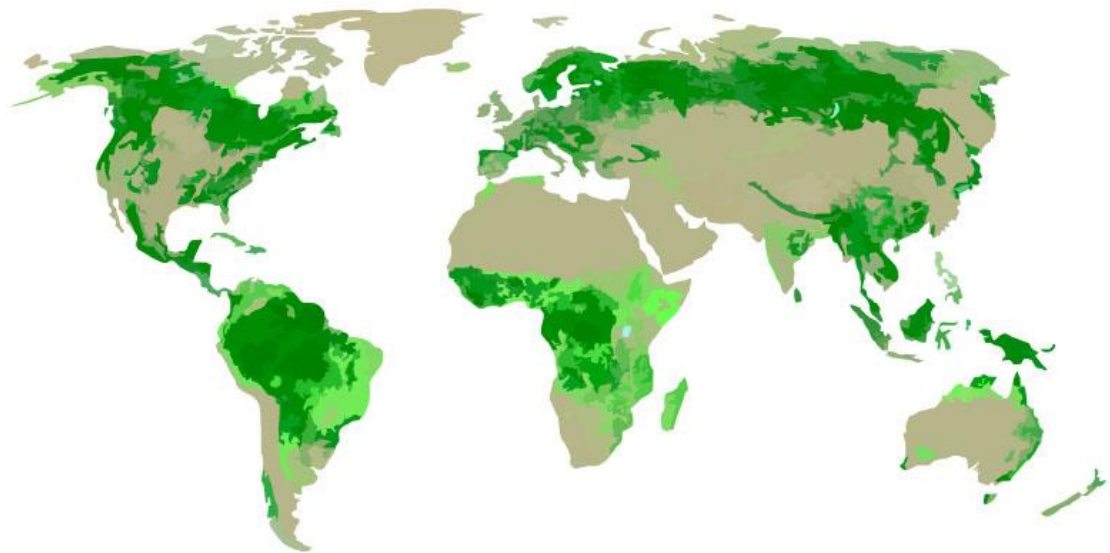
Εικόνα 8: Εσωτερική άποψη ξύλινου σπιτιού.

1.2. Είδη Ξυλείας

Το ξύλο είναι ένα φυσικό προϊόν οι ιδιότητες του οποίου το καθιστούν ένα από τα πιο ανθεκτικά και οικολογικά δομικά υλικά. Χωρίζεται σε δυο μεγάλες κατηγορίες: τη μαλακή ξυλεία που προέρχεται από κωνοφόρα δέντρα (πεύκο, έλατο, κέδρος κ.α.) και την σκληρή ξυλεία που προέρχεται από πλατύφυλλα δέντρα (δρυς, καρυδιά, ιρόκο κ.α.). Υπάρχουν βέβαια και εξαιρέσεις όπως πχ. η Λεύκη που παρόλο που είναι πλατύφυλλο ανήκει στη μαλακή ξυλεία.

Η Ελλάδα στις μέρες μας είναι μια χώρα ελλειμματική σε ξύλο καθώς τα περισσότερα δάση της είναι μη παραγωγικά. Έτσι εισάγουμε ξυλεία από σκανδιναβικές χώρες όπως τη Σουηδία και τη Φινλανδία, αλλά και από άλλες χώρες της Ευρώπης όπως τη Ρουμανία, την Τσεχία, τη Ρωσία, τη Σερβία, τη Βουλγαρία και χώρες της βαλτικής. Επίσης εισάγουμε από τη Ν.Α. Ασία, την Αφρική, τη Βραζιλία και τη Βόρεια Αμερική.

Στην εικόνα 9 παρουσιάζεται ο παγκόσμιος χάρτης με τα κυριότερα είδη ξυλείας που φύονται σε κάθε περιοχή. Με πράσινο χρώμα παριστάνονται οι δασικές εκτάσεις, εκμεταλλεύσιμες και μη. Κάτω από την εικόνα 9 αναφέρονται αναλυτικά οι ήπειροι με τα αντίστοιχα είδη ξυλείας που παράγονται σε αυτές.



Εικόνα 9: Παγκόσμιος χάρτης δασικών εκτάσεων,
<http://www.technologystudent.com/joints/forest2a.html>.

Β. Αμερική: Κέδρος, ψευδοτσούκα, λάρικα, πεύκο, έλατο, ερυθρελάτη, σεκόγια, ελάτη, καρυδιά, φλαμουριά, μπάλσα, σημύδα, καστανιά, δρυς, λεύκη, φτελιά, σφεντάμι, μαόνι.

Ν. Αμερική: Πεύκο, ιτιά, μπάλσα, μοβ καρυδιά, πράσινη καρυδιά, δάφνη.

Ευρώπη: Ιτιά, οξιά, σημύδα, καστανιά, ψευδοτσούκα, λάρικα, δρυς, πεύκο, λεύκη, έλατο, καρυδιά, φίκος, φτελιά.

Αφρική: Καρυδιά, έβενος, ιρόκο, μαόνι, τριανταφυλλιά, ελιά, τικ.

Ασία: Ελάτη, φλαμουριά, οξιά, λάρικα, σφεντάμι, δρυς, λεύκη, πεύκο, έλατο, καρυδιά, σημύδα, τριανταφυλλιά, έβενος, τικ.

Ωκεανία: Πεύκο, κέδρος, δρυς, φλαμουριά, τριανταφυλλιά, μαόνι, καρυδιά.

1.3. Ιδιότητες Ξυλείας

Τα βασικά πλεονεκτήματα του ξύλου:

- Είναι ένα φυσικό οργανικό υλικό το οποίο παράγεται συνεχώς από τη φύση. Είναι φιλικό προς το περιβάλλον και οικολογικό, με την προϋπόθεση ότι η υλοτομία βασίζεται στις αρχές της αειφορίας.
- Έχει μεγάλη αισθητική αξία και διατίθεται σε ποικιλία χρωμάτων, υφής και σχεδίασης. Δίνει αίσθημα ζεστασίας στην αφή και την όραση.

- Έχει μεγάλη μηχανική αντοχή ως προς το βάρος του. Είναι μονωτικό υλικό στη θερμότητα και τον ηλεκτρισμό και παρουσιάζει καλές ακουστικές ιδιότητες.
- Απαιτεί λίγη ενέργεια για την κατεργασία του και έχουν αναπτυχθεί αρκετοί τρόποι συνδεσμολογίας τόσο πλευρικά όσο και κατά μήκος του.
- Είναι ένα πλήρως αξιοποιήσιμο υλικό καθώς μετά το τέλος του κύκλου ζωής του, σαν δομικό υλικό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή άλλων προϊόντων όπως μοριοσανίδες, ινοσανίδες, OSB καθώς και για την παραγωγή ενέργειας μέσω της καύσης του.

Το ξύλο όμως παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα όπως:

- Ως φυσικό υλικό είναι ανισότροπο δηλαδή η δομή, η μηχανική αντοχή και οι ιδιότητες του ποικίλουν μέσα στη μάζα του αλλά και η συμπεριφορά του ανάλογα με τον τρόπο φόρτισης (αξονικά-ακτινικά-εφαπτομενικά). Επίσης είναι υγροσκοπικό υλικό καθώς μεταβάλλονται οι διαστάσεις του με την μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας.
- Είναι εύφλεκτο και αποσυντίθεται με το πέρασμα του χρόνου
- Προσβάλλεται από έντομα, μύκητες και άλλους μικροοργανισμούς

Γνωρίζοντας τις ιδιότητες, τη δομή και τη χημική του σύσταση μπορούμε, εφαρμόζοντας τις κατάλληλες μεθόδους (εμποτισμός, άτμιση, ξήρανση, θερμική ή/και χημική τροποποίηση, χειρισμοί επικαλύψεων με χρήση νανοσκευασμάτων), να βελτιώσουμε τα πλεονεκτήματά του και να εξαλείψουμε ή να περιορίσουμε τα μειονεκτήματά του.

1.4. Προϊόντα Κατεργασμένης Ξυλείας

Ύστερα από μηχανική ή/και χημική κατεργασία, το ξύλο μπορεί να δώσει περίπου 2500 προϊόντα, πολλά από τα οποία (πάνω από 200) είναι άριστα δομικά υλικά με μεγάλη κατασκευαστική και αρχιτεκτονική αξία.

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας, στον τομέα των συγκολλητικών ουσιών, των μηχανημάτων κατεργασίας και των μέσων παραγωγής και η κατάλληλη και εξειδικευμένη τεχνογνωσία δίνει τη δυνατότητα στον άνθρωπο να δημιουργεί συνεχώς νέα προϊόντα, με συγκεκριμένες ιδιότητες, προσαρμοσμένα στις υπάρχουσες και απορρέουσες απαιτήσεις. Με αυτόν τον τρόπο ο άνθρωπος σεβόμενος την φύση

κατεργάζεται και τροποποιεί την πρώτη ύλη, που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το ξύλο, εκμεταλλεύεται τα πλεονεκτήματα του υλικού, εξαλείφει τα ελαττώματά του και δημιουργεί σύνθετα προϊόντα ξύλου για εξειδικευμένη χρήση.

Στη σύγχρονη εποχή που ζούμε η παραγωγή και η χρήση σύνθετων προϊόντων ξύλου αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της κατασκευής είτε ως δομικό ή διακοσμητικό στοιχείο.

Στον παρακάτω Πίνακα φαίνονται τα πιο δημοφιλή προϊόντα ξύλου.

Πίνακας 1: Προϊόντα Ξύλου

Κατεργασμένα Προϊόντα Ξύλου			
Απλά			
1. Στύλοι- Πάσσαλοι	2. Πελεκητή Ξυλεία	3. Πριστή Ξυλεία	
Σύνθετα			
1.Επικολλητοί Δοκοί (Ισοι- Κυρτοί)	2.Αντικολλητά (Κόντρα Πλακέ)	3.Ξυλοπλάκες OSB	4.Μοριοσανίδες
5.Ινοσανίδες MDF	6.Ορυκτοξυλοπλάκες	7.Σύνθετη Πριστή Ξυλεία απο Επικολλητά Ξυλόφυλλα (Laminated Veneer Lumber, LVL)	8.Ξυλοπλάκες απο Συγκολλημένες λωρίδες Συμπαγούς Ξύλου (Solid Wood Panels)
9.Ξυλοδοκοί με Εγκάρσια Διατομή Τύπου Ι (I Beam)	10.Ξυλοδοκοί απο Συγκολλημένες Λωρίδες Ξυλοφύλλων (Parallel Strand Lumber, PSL)	11.Σύνθετη Ξυλεία απο Συγκολλημένα Πλανίδια Ξύλου (Laminated Strand Lumber, LSL)	12.Σύνθετες Πλάκες Τύπου Com-ply
13.Αντικολλητό με Fiberglass (Fiber Glass Reinforced Plastic Plywood, FRP plywood)	14.Σύνθετες Ελαφρές Ξυλοπλάκες Μεγάλου Πάχους	15.Ξυλοδοκοί Τύπου SCRIMBER απο Συγκολλημένες Δεσμίδες Ινών Ξύλου	16.Ξυλοδοκοί απο Τεμάχια Ημίπριστων Τραπεζοειδούς Διατομής

2. Υλικά και μέθοδοι

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε με τη συνεργασία του Πολυτεχνείου Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης και του Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας, Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου-Επίπλου. Η συγγραφή της πραγματοποιήθηκε το δεύτερο εξάμηνο του 2015. Για τον προσδιορισμό των πειραματικών δεδομένων που απαιτήθηκαν χρησιμοποιήθηκε ο πιστοποιημένος εργαστηριακός εξοπλισμός του Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας ο οποίος απαρτίζεται από μία σειρά εξειδικευμένου εξοπλισμού όπως συσκευές μέτρησης της φορμαλδεΐδης η οποία εμπεριέχεται στις συγκολλητικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σύνθετων προϊόντων ξύλου, μηχανήματα δοκιμής της αντοχής στην κάμψη και θλίψη ξύλινων δοκιμίων (μεγάλης και μικρής κλίμακας), ξηραντήριο για την μείωση της περιεχόμενης υγρασίας του ξύλου στα επιθυμητά επίπεδα αλλά και μία σειρά από εργαλεία όπως παχύμετρα και ζυγαριές μεγάλης ακρίβειας.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε προκειμένου να ολοκληρωθεί η εργασία παρουσιάζεται παρακάτω σε βήματα ώστε να είναι πιο εύκολη η κατανόησή της.

Αρχικά, ζητήθηκαν από την υπό εξέταση βιομηχανία αρκετά δείγματα ξύλου κατάλληλων διατομών που θα χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή επικολλητής ξυλείας (λαμέλα) αλλά και δοκίμια έτοιμης επικολλητής ξυλείας πραγματικού μεγέθους. Με αυτόν τον τρόπο θέλουμε να αποκτήσουμε ένα ικανοποιητικό μέγεθος δειγμάτων το οποίο να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να είναι αντικειμενικά τα εξαγόμενα αποτελέσματα αλλά συγχρόνως να είναι όσο μικρότερο γίνεται προκειμένου η βιομηχανία να μπορέσει να ανταπεξέλθει.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ο ποιοτικός έλεγχος των δοκιμίων ως εξής :

Προσδιορισμός Πυκνότητας : Ο προσδιορισμός της πυκνότητας πραγματοποιήθηκε στα δοκίμια των λαμελών και μόνο αυτών μιας και η επικολλητή ξυλεία αποτελείται από λαμέλα οπότε και θα έχουν την ίδια πυκνότητα.

Προσδιορισμός Περιεχόμενης Υγρασίας : Όπως και προηγουμένως και για τον ίδιο λόγο η διαδικασία πραγματοποιείται μόνο στα λαμέλα.

Προσδιορισμός Αντοχής στη Θλίψη : Η αντοχή στη θλίψη πραγματοποιείται σε τμήματα των τελικών επικολλητών δοκιμίων.

Προσδιορισμός Αντοχής στην Κάμψη : Σε αυτό το στάδιο είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός της αντοχής στην κάμψη τόσο των λαμέλων όσο και της επικολλητής ξυλείας.

Προσδιορισμός Περιεχόμενης Φορμαλδεΐδης : Για τον προσδιορισμό της περιεχόμενης φορμαλδεΐδης παίρνουμε τμήματα από τα λαμέλα τα οποία περιέχουν την δακτυλιοειδή σύνδεση (κατά μήκος σύνδεση finger joint).

3. Σύνθετα προϊόντα επεξεργασμένης ξυλείας

3.1. Επικολλητή ξυλεία

3.1.1. Ορισμός

Επικολλητή πλακώδης ξυλεία ή σύνθετη ξυλεία (Glued laminated timber, γνωστό και ως Glulam) ονομάζεται το υψηλής τεχνολογίας προϊόν ξύλου που αποτελείται από τεχνητά ξηραμένες πλάκες ξύλου (λαμέλα) κολλημένες μεταξύ τους έτσι ώστε οι ίνες όλων των λαμέλων να είναι παράλληλες κατά μήκος. Τα λαμέλα έχουν συνήθως 1 ή 2 ίντσες (25.4mm ή 50.8mm) πάχος, χωρίς αυτό να είναι δεσμευτικό, και έχουν αφαιρεθεί τα τμήματα που μειώνουν την αντοχή τους (κηλίδες ρητίνης και ρόζοι)



Εικόνα 10: Επικολλητή ξυλεία.

3.1.2. Ιστορική Αναδρομή

Οι κατασκευές από επικολλητή ξυλεία χρησιμοποιούνται εδώ και αιώνες. Όμως τα πρώτα καταγεγραμμένα παραδείγματα εμφανίστηκαν στην Ευρώπη στις αρχές της δεκαετίας του 1890. Συγκεκριμένα τα πρώτα επικολλητά τόξα καταγράφονται στην Basel στην Ελβετία το 1893. Το πραγματικό ωστόσο ξεκίνημα των κατασκευών από επικολλητή ξυλεία μπορεί να ειπωθεί ότι συνέβη όταν, το 1901, ο Otto Hetzer (1846-

1911) από το Weimar της Γερμανίας κατοχύρωσε την πρώτη πατέντα για επικολλητά δοκάρια και το 1906 την πρώτη πατέντα για καμπύλα-κυρτά μέλη. Από τότε και μετά τα επικολλητά τόξα ήταν γνωστά στην Ευρώπη σαν η μέθοδος Hetzer, η οποία άρχισε να διαδίδεται με ταχείς ρυθμούς. Παραδείγματα κατασκευών από επικολλητή ξυλεία εκείνης της εποχής, βρίσκονται στους σιδηροδρομικούς σταθμούς Malmö (1922) και Stockholm (1925) στη Σουηδία που είναι ακόμα σε χρήση.

Παράλληλα, στην Αμερική, έρευνες σε κόλλες για αντικολλητή ξυλεία συνέβαλαν στην εξέλιξη των επικολλητών δοκών. Ένα από τα πρώτα κτίρια που κατασκευάστηκαν στην Αμερική ήταν το εργαστήριο έρευνας στο USDA Forest Products Laboratory στο Μάντισον. Η κατασκευή ανεγέρθηκε το 1934 και χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα.



Εικόνα 11: Εργαστήριο έρευνας USDA Forest Products Laboratory.

Την ίδια χρονιά κατασκευάστηκε και το γυμναστήριο του Peshtigo High School, του πρώτου σχολείου που χρησιμοποίησε επικολλητή ξυλεία στην κατασκευή του.

Μια αξιοσημείωτη εξέλιξη στη βιομηχανία της επικολλητής ξυλείας ήταν η εισαγωγή αδιάβροχης κόλλας φαινόλης-ρεζορκίνης το 1942 η οποία κατέστησε δυνατή την χρήση επικολλητής ξυλείας σε εξωτερικό περιβάλλον.

Περίπου την ίδια περίοδο το Forest Product Laboratory του τμήματος γεωργίας των ΗΠΑ στο Madison ξεκίνησε ένα ολοκληρωμένο ερευνητικό πρόγραμμα για την επικολλητή ξυλεία με τα πρώτα ευρήματα να εκδίδονται το 1939. Μια δεύτερη πιο συστηματική έρευνα εκδόθηκε το 1954 και περιλάμβανε προτεινόμενες σχεδιαστικές προδιαγραφές.

Τα πρώτα αμερικανικά κατασκευαστικά πρότυπα για επικολλητή ξυλεία (commercial standard CS253-63) εκδόθηκαν από το τμήμα εμπορίου το 1963 και τα πιο πρόσφατα (ANSI/IATC Standard A190.1-02) τέθηκαν σε ισχύ το 2002.

3.1.3. Ιδιότητες Επικολλητής Ξυλείας

Πλεονεκτήματα

- Δίνει την δυνατότητα κατασκευής δοκαριών μεγάλου μήκους και σύνθετων σχημάτων καθώς εμφανίζει υψηλή σταθερότητα στη μορφή της.
- Είναι εύκολη και γρήγορη η διαδικασία παραγωγής και επεξεργασίας της όπως και η τοποθέτησή της στον επιθυμητό χώρο.
- Ο τρόπος παρασκευής της την καθιστά ένα δομικό υλικό με εξαιρετική μηχανική αντοχή και διάρκεια στο χρόνο καθώς τα μικρών διαστάσεων ελάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή της, επεξεργάζονται με τις κατάλληλες μεθόδους (ζήρανση, εμποτισμός, αφαίρεση ελαττωμάτων) ώστε να έχουν τις βέλτιστες ιδιότητες. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα ενίσχυσης των θέσεων που χρειάζονται μεγαλύτερη αντοχή.
- Ο τρόπος παρασκευής της καθιστά δυνατή τη βέλτιστη αξιοποίηση του ξύλου αφού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμη και μικρά τεμάχια για την παρασκευή δοκαριών μεγάλων διατομών.
- Παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στη φωτιά καθώς έχει μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.
- Έχει μικρό ειδικό βάρος και μεγάλη ελαστικότητα γεγονός που καθιστά τις κατασκευές από επικολλητή ξυλεία εξαιρετικά αντισεισμικές.

Μειονεκτήματα

- Για την παραγωγή της απαιτούνται μεγάλες εγκαταστάσεις με ειδικά μηχανήματα και εξοπλισμό (πρέσες, συγκολλητικές ουσίες, κοπτικά εξαρτήματα) καθώς επίσης και εξειδικευμένο προσωπικό.
- Το κόστος παραγωγής είναι αρκετά υψηλό.
- Σε περιπτώσεις που τα επικολλητά μέλη είναι ιδιαίτερα μεγάλου μήκους ή/και σύνθετου σχήματος παρουσιάζονται δυσκολίες στη μεταφορά και την τοποθέτησή τους.

3.1.4. Πρώτη ύλη

Ως πρώτη ύλη για την παραγωγή επικολλητής ξυλείας χρησιμοποιείται ποικιλία ειδών ξύλου όπως ερυθρελάτη, ψευδοτσούγκα, δασική πεύκη, Pitch pine, τούγια, δρυς,

φτελιά, μαόνι κ.α. Στην Ευρώπη χρησιμοποιούνται κυρίως ξυλεία ερυθρελάτης, δασική πεύκη, λάρικα και ψευδοτσούκα.

3.1.5. Χρήσεις

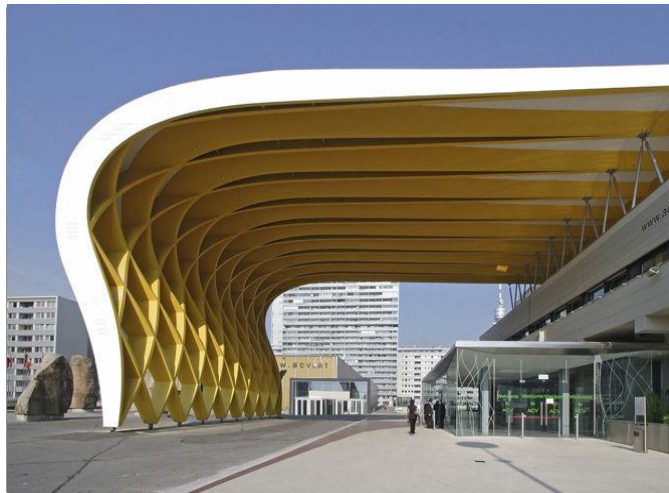
Η επικολλητή ξυλεία χρησιμοποιείται σε μια ευρεία γκάμα εφαρμογών όπως σε δομικές κατασκευές ως φέροντα στοιχεία, σε δάπεδα, στέγες, γέφυρες, περιφράξεις, σκάλες, κιόσκια, στην επιπλοποιία.



Εικόνα 12: Στάδιο ice-skating, Richmond Olympic Oval, τοξωτά δοκάρια μήκους 100m, Καναδάς.



Εικόνα 13: Ξύλινη κατασκευή περίπλοκης γεωμετρίας, Center Pompidou-Metz, Γαλλία.



Εικόνα 14: Σύνθετη ξύλινη κατασκευή, Austria Center Vienna.

3.2. Σύνθετη πριστή ξυλεία από επικολλητά ξυλόφυλλα (Laminated Veneer Lumber, LVL)

3.2.1. Ορισμός

Η σύνθετη πριστή ξυλεία από επικολλητά ξυλόφυλλα (LVL) προκύπτει από τη συγκόλληση αποξηραμένων ξυλοφύλλων (υγρασία κάτω του 5%) πάχους 2,5mm έως 12mm με τις ίνες τους παράλληλες με το διαμήκη άξονα του μέλους. Το πάχος του παραγόμενου προϊόντος ανταποκρίνεται στα συνήθη πάχη της πριστής ξυλείας δηλ. 20-75mm, το φάρδος του δεν ξεπερνάει τα 1.8m και το μήκος του φθάνει μέχρι 25m.



Εικόνα 15: Ξυλοπλάκα LVL.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι LVL ο διαχωρισμός των οποίων γίνεται με βάση τις διαστάσεις και τη μέθοδο παραγωγής τους. Ο πρώτος τύπος LVL έχει μήκος 2,44m και παράγεται σε συνήθεις πρέσες κόντρα πλακέ. Ο δεύτερος τύπος LVL έχει μέγιστο μήκος 25m και παράγεται από πρέσες συνεχούς ροής.

3.2.2. Ιστορική Αναδρομή

Το LVL (ή Master Plank ή Kerto) εμφανίστηκε για πρώτη φορά κατά τον 2^ο παγκόσμιο πόλεμο όπου και χρησιμοποιήθηκε ως υλικό σε τμήματα αεροσκαφών με ιδιαίτερα μεγάλες απαιτήσεις στη μηχανική αντοχή, π.χ. προπέλες. Έπειτα, το 1968 η εταιρία Trust Joint ανέπτυξε και παρήγαγε ένα τύπο του προϊόντος με την ονομασία Microllam χρησιμοποιώντας συνεχής πρέσα. Η πλήρης εργοστασιακή του παραγωγή άρχισε το 1980 στην Φινλανδία (Γρηγορίου 2010).

3.2.3. Ιδιότητες LVL

Πλεονεκτήματα

Το LVL παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με την πριστή ξυλεία. Το γεγονός ότι το προϊόν αποτελείται από ξυλόφυλλα, καθιστά δυνατή την ανακατανομή και τη διασπορά των σφαλμάτων (ρόζοι, στρεψοϊνία κ.α.) αυξάνοντας την ποιότητα, την ομοιογένεια και τη μηχανική αντοχή του. Επίσης παρουσιάζει υψηλή διαστασιακή σταθερότητα με τη μεταβολή της υγρασίας. Παράγεται σε ένα ευρύ φάσμα διαστάσεων και υπάρχει καλύτερη εκμετάλλευση της πρώτης ύλης.

Μειονεκτήματα

Το βασικά μειονεκτήματα είναι το υψηλό κόστος παραγωγής και οι απαιτούμενες μεγάλες εγκαταστάσεις. Επίσης για την παραγωγή του χρησιμοποιούνται μόνο κορμοί δέντρων κατάλληλοι να παράγουν ξυλόφυλλα με περιστροφική τομή.

3.2.4. Πρώτη ύλη

Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιούνται συνήθως κορμίδια κωνοφόρων αλλά δοκιμάζονται και άλλα είδη όπως η λεύκη και η τρέμουσα. Στη Β. Αμερική χρησιμοποιείται κυρίως η ψευδοτσούκα (Oregon pine) και διάφορα είδη πεύκης (Γρηγορίου 1992).

3.2.5. Χρήσεις

Οι βασικές χρήσεις του LVL είναι ως ξυλοδοκοί και ξυλοπλάκες ανάλογα με το πλάτος και το είδος της κατασκευής. Επίσης χρησιμοποιείται σε εφαρμογές ως φέροντα δομικά στοιχεία αλλά και ως στρωτήρες. Είναι κατάλληλο προϊόν για την επιπλοποιία και για την παραγωγή μουσικών οργάνων.

3.3. Ξυλοδοκοί από συγκολλημένες λωρίδες ξυλοφύλων (Parallel Strand Lumber, PSL)

3.3.1. Ορισμός

Η κατασκευή του PSL ξεκινάει με την παραγωγή ξυλοφύλλων πάχους 2,5mm έως 4mm από κορμοτεμαχίδια με τη μέθοδο της περιστροφικής τομής (εκτύλιξη). Στη συνέχεια τα ξυλόφυλλα ξηραίνονται, τεμαχίζονται σε λωρίδες πλάτους 12mm έως 20mm και απομακρύνονται τυχόν σφάλματα. Το μήκος των λωρίδων κυμαίνεται από 60cm έως 2.6m. Μετά την επάλειψη των λωρίδων με συγκολλητική ουσία, στρωματώνονται έτσι ώστε να σχηματίζουν πρισματικές πλάκες ορθογωνικής διατομής και έπειτα προωθούνται προς συμπίεση σε πρέσες



Εικόνα 16: Ξυλοπλάκα PSL.

συνεχούς ροής. Το προϊόν έχει συνήθη διατομή (280mmx480mm) και το μήκος του φθάνει τα 20m. Τέλος το προϊόν τεμαχίζεται στις επιθυμητές διαστάσεις και αποθηκεύεται.

3.3.2. Ιστορική Αναδρομή

Το PSL (ή Parallam) είναι ένα αρκετά νέο προϊόν συγκολλημένου ξύλου. Το 1970 ξεκίνησε η έρευνα για την παραγωγή ενός νέου προϊόντος ξύλου από την εταιρία MacMillan και το 1984 παρουσιάστηκε το PSL. Το προϊόν εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην Ευρώπη το 1997 στην διεθνή έκθεση του Ανοβέρου (Κακαράς 2013).

3.3.3. Ιδιότητες PSL

Πλεονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα του PSL αναφέρονται παρακάτω:

- Παρουσιάζει μεγαλύτερη ομοιογένεια από την πριστή ξυλεία και τα επικολλητά από συμπαγή ξύλο εξαιτίας της απομάκρυνσης των κοινών σφαλμάτων του ξύλου.
- Λόγω της ομοιογένειας αλλά και της συμπίεσης που υπόκειται, αυξάνεται η πυκνότητα και η μηχανική του αντοχή σε σχέση με το συμπαγές ξύλο και την επικολλητή ξυλεία.
- Επιτρέπει τη δημιουργία ξυλοδοκών μεγάλης διατομής χωρίς να υπάρχει η ανάγκη επιπρόσθετης συγκόλλησης όπως συμβαίνει με την πριστή ξυλεία.
- Εμποτίζονται εύκολα με προστατευτικές ουσίες έναντι μικροοργανισμών και πυρός (πιο εύκολα από το LVL).
- Παρουσιάζει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε στρεβλώσεις μετά από μεταβολή της υγρασίας σε σύγκριση με το LVL (Νταλός 2004)

Μειονεκτήματα

Υπάρχουν όμως και αρκετά μειονεκτήματα όπως:

- Η πρώτη ύλη περιορίζεται μόνο σε κορμοτεμάχια κατάλληλα προς εκτύλιξη.
- Η πυκνότητα άρα και το βάρος του PSL είναι μεγαλύτερο από αυτά της πριστής και επικολλητής ξυλείας.
- Η ύπαρξη της συγκολλητικής ουσίας δυσχεραίνει την κατεργασία του και φθείρει ταχύτερα τα κοπτικά εργαλεία.
- Η σύνδεσή του με δομικές κατασκευές απαιτεί τη χρήση μεταλλικών βάσεων και πυρών.
- Η ίδρυση και η επιβίωση εργοστασίων παραγωγής PSL απαιτούν μεγάλα κεφάλαια και συνεχή παραγωγή του προϊόντος.

3.3.4. Πρώτη ύλη

Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιούνται κορμοτεμάχια των δασικών ειδών Douglas fir, Hemlok, Southern Pines και Yellow poplar.

3.3.5. Χρήσεις

Οι βασικές χρήσεις του PSL είναι ως φέρον στοιχείο σε διάφορες δομικές κατασκευές είτε σαν ευθύγραμμος ή καμπύλος δοκός είτε σαν κατακόρυφη δοκός (στύλος) για

υποστυλώσεις. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε κατασκευές που υπόκεινται σε φορτίσεις συμπίεσες π.χ. στρωτήρες (Νταλός 2004).

3.4. Σύνθετη ξυλεία από συγκολλημένα πλανίδια ξύλου (Laminated Strand Lumber, LSL)

3.4.1. Ορισμός

Το LSL, γνωστό και ως INTRALLAM ή TIMBERSTRAND, είναι το νεότερο προϊόν συγκολλημένου ξύλου (εμφανίστηκε το 1990). Είναι παρόμοιο με το OSB δηλαδή αποτελείται από κάθετες συγκολλημένες στρώσεις προσανατολισμένων ξυλοτεμαχιδίων με τη διαφορά ότι το μήκος των τεμαχιδίων είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό του OSB. Τα πλανίδια παράγονται από το θρυμματισμό του ξύλου και έχουν

διαστάσεις 0,75 έως 1.3mm ως προς το πάχος, 15 έως 25mm ως προς το πλάτος και φθάνουν τα 300mm σε μήκος. Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται λεύκη και Yellow poplar (Κακαράς 2013).



Εικόνα 17: Ξυλοπλάκα LSL.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι LSL, το LSL S και LSL P. Η διαφορά τους είναι ότι στον τύπο S τα πλανίδια είναι προσανατολισμένα παράλληλα με το μήκος του προϊόντος ενώ στον τύπο P τα πλανίδια έχουν μικρότερο βαθμό προσανατολισμού. Αποτέλεσμα αυτού είναι το LSL S να παρουσιάζει αυξημένη μηχανική αντοχή στην κατά μήκος διεύθυνση του προϊόντος (κατάλληλο για ξυλοδοκός) ενώ το LSL P παρουσιάζει αυξημένη μηχανική αντοχή και στις άλλες δύο διευθύνσεις, σε βάρος όμως αυτής της κατά μήκος διεύθυνσης (κατάλληλο για ξυλοπλάκα).

3.4.2. Ιδιότητες LSL

Πλεονεκτήματα

Ένα βασικό πλεονέκτημα του LSL είναι ότι σαν πρώτη ύλη δεν χρησιμοποιούνται μόνο κορμοτεμάχια κατάλληλα προς εκτύλιξη αλλά χρησιμοποιούνται επίσης και μη ευθυτενή κορμοτεμάχια μικρού μήκους. Επίσης η χρήση ατμού υπό πίεση κατά την συμπίεση αυξάνει την ομοιογένεια και την πυκνότητα του ξύλου, συνεπώς μειώνεται ο βαθμός διακύμανσης και βελτιώνεται η μηχανική του αντοχή. Παρουσιάζει μεγάλη διάρκεια ζωής επειδή τα ξυλοτεμαχίδια εμποτίζονται πριν τη φάση της παραγωγής τους (στρωμάτωση και συμπίεση) σε αντίθεση με τη ξυλοδοκό κατασκευασμένη από πριστή ξυλεία ή ξυλόφυλλα που ο εμποτισμός πραγματοποιείται μετά την παραγωγή της. Τέλος, το προϊόν εμφανίζει υψηλή ικανότητα συγκράτησης στις πλευρές του σε μεταλλικά συνδετικά μέσα (καρφιά, βίδες, μπουλόνια, καβίλιες κ.α.) εκτός από τις εγκάρσιες διατομές (σόκορα) όπου η ικανότητα αυτή είναι ιδιαίτερα μειωμένη.

Μειονεκτήματα

Το LSL μειονεκτεί όσον αναφορά τη διατήρηση της διαστασιακής του σταθερότητας (με την μεταβολή της υγρασίας) λόγω της μεγάλης πυκνότητάς του ως συνέπεια της υψηλής συμπίεσης που έχει υποστεί κατά την παραγωγή του. Επίσης η μεγάλη πυκνότητά του και η ύπαρξη συγκολλητικής ουσίας δυσχεραίνει τη μηχανική κατεργασία του, επιβάλλοντας κοπτικά μέσα με ιδιαίτερα ενισχυμένες κοπτικές ακμές.

3.4.3. Χρήσεις

Το προϊόν χρησιμοποιείται ως φορέας δυνάμεων σε κατασκευές οι οποίες υφίστανται ελαφρές φορτίσεις π.χ. οριζόντια ή κατακόρυφη δοκός. Είναι ιδανικό ως δοκίδα σε δοκούς I-Beam αλλά και ως πυρήνας κατασκευής θυρών και παραθύρων. Επίσης όντας σε μορφή ξυλοπλάκας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επικάλυψη στεγών. Βρίσκει εφαρμογές και στην επιπλοποιία αντικαθιστώντας επάξια το συμπαγές ξύλο στις περισσότερες εφαρμογές της.

3.5. Ξυλοδοκοί με εγκάρσια διατομή τύπου I (I BEAM)

3.5.1. Ορισμός

Η ξυλοδοκός τύπου I (ή I-JOISTS, TJI, PERFORMANCE PLUS, κ.α.) αποτελείται από δύο παράλληλες δοκίδες συνδεδεμένες με μια ξυλοπλάκα. Οι δοκίδες κατασκευάζονται από συμπαγές ξύλο, επικολλητή ξυλεία ή LVL και έχουν συνήθεις διαστάσεις που κυμαίνονται από 3,8 x 3,8 cm έως 11,6 x 6,6 cm. Η συνδετική ξυλοπλάκα κατασκευάζεται από αντικολλητά ή OSB. Η σύνδεση των



Εικόνα 18: Ξυλοδοκοί τύπου I.

μερών γίνεται με συγκόλληση αφού η ξυλοπλάκα τοποθετηθεί στις εντομές που έχουν διανοιχτεί στις δοκίδες. Το πλάτος του τελικού προϊόντος διαφέρει ανάλογα με τις κατασκευαστικές ανάγκες και κυμαίνεται από 23 έως 95cm και το μήκος του φθάνει τα 24m.

3.5.2. Ιστορική Αναδρομή

Η ιδέα της δημιουργίας ξυλοδοκού τύπου I-Beam εμφανίστηκε το 1920 στις ΗΠΑ από την εταιρία Trust Joint (Κακαράς 2013) αλλά δεν υπήρξε σημαντική εξέλιξη. Το 1940 χρησιμοποιήθηκε σε κάποιες μεμονωμένες κατασκευές και το 1968 παρουσιάστηκε εμπορικά συνοδευόμενο από πίνακες των ιδιοτήτων του και σε πληθώρα διαστάσεων.

3.5.3. Ιδιότητες

Σύντομα βρήκε πλήρη αποδοχή από την αγορά ως δομικό υλικό. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη μηχανική αντοχή που διαθέτει, στην καλή διαστασιακή σταθερότητα, στο μικρό ειδικό βάρος, στην ευκολία κατεργασίας του, στη δυνατότητα κατασκευής του στις επιθυμητές διαστάσεις κ.α.

3.5.4. Χρήσεις

Οι ξυλοδοκοί με εγκάρσια διατομή τύπου I χρησιμοποιούνται στην κατασκευή στεγών, δαπέδων και σαν φέροντα στοιχεία.

3.6. Σύνθετα προϊόντα ξύλου τύπου Com-ply

Τα σύνθετα προϊόντα Com-ply εμφανίστηκαν στις ΗΠΑ στις αρχές του 1980. Αποτελούνται από συνδυασμούς προϊόντων με επιφανειακές στρώσεις από ξυλόφυλλα και μεσαίες στρώσεις από μοριοπλάκες μεγάλων ξυλοτεμαχιδίων, προσανατολισμένα κάθετα ή παράλληλα στις ίνες των ξυλοφύλλων. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις εξωτερικές στρώσεις και μονωτικά υλικά.



Εικόνα 19: Ξυλοπλάκες τύπου Com-ply.

Οι ξυλοδοκοί τύπου Com-ply αποτελούνται από επιφανειακές στρώσεις 2, 4 ή 5 ξυλοφύλλων πάχους από 4 έως 6 mm. Ως πρώτη ύλη για την παραγωγή των ξυλοφύλλων χρησιμοποιούνται κυρίως κωνοφόρα αλλά και πλατύφυλλα είδη. Η μεσαία στρώση αποτελείται από μοριοπλάκα μεγάλων ξυλοτεμαχιδίων. Η εγκάρσια διατομή (πάχος x πλάτος) της δοκού για χρήσεις σε δάπεδα ανέρχεται σε 50 x 200-250 mm (Νταλός 2004) ενώ για χρήση ως ζευκτά σε 50 x 100 mm.

Άλλα σημαντικά προϊόντα των σύνθετων προϊόντων ξύλου Com-ply είναι η σύνθετη ξυλοπλάκα 5 στρώσεων και η ξυλοπλάκα σύμφωνα με τη μέθοδο Neocor. Η πρώτη αποτελείται από ξυλόφυλλα στις επιφάνειες και στο κέντρο και 2 στρώσεις OSB ενδιάμεσά τους. Το προϊόν αυτό είναι κατάλληλο για εξωτερική χρήση και χρησιμοποιείται σε επενδύσεις τοίχων και υποστρώσεις δαπέδων. Η δεύτερη αποτελείται από ξυλόφυλλα στις εξωτερικές επιφάνειες και μία στρώση από ξυλοτεμαχίδια στο εσωτερικό. Αυτό το προϊόν παρουσιάζει υψηλή αντοχή στη στατική κάμψη.

Οι ξυλοδοκοί αυτού του τύπου μπορούν να αντικαταστήσουν τους δοκούς από συμπαγές ξύλο σε σχετικά ελαφρές κατασκευές. Είναι κατάλληλοι για την κατασκευή δαπέδων και για την κατασκευή δικτυωτών φορέων (ζευκτών).

3.7. Ξυλοπλάκες από συγκολλημένες λωρίδες συμπαγούς ξύλου (Solid Wood Panels, Massivholzplatten)

Το νέο αυτό προϊόν αναπτύχθηκε στην Αυστρία πριν 15 περίπου χρόνια και βρίσκει πλέον μεγάλη αποδοχή στις ξύλινες δομικές κατασκευές. Διακρίνεται σε δύο κατηγορίες τις μονόστρωμες και τις πολύστρωμες. Οι μονόστρωμες ξυλοπλάκες κατασκευάζονται από πλευρική συγκόλληση λωρίδων ξύλου με τις ίνες τους παράλληλες στη διεύθυνση του μήκους τους. Οι ξυλοπλάκες έχουν πάχος από 14 έως 60 mm και οι λωρίδες από τις οποίες αποτελούνται έχουν πλάτος τουλάχιστον 18 mm. Οι πολύστρωμες



Εικόνα 20: Ξυλοπλάκες solid wood panels.

ξυλοπλάκες αποτελούνται από πολλές μονόστρωμες συγκολλημένες σταυρωτά μεταξύ τους.

Το προϊόν όντας ισχυρό δομικό υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φέρον στοιχείο δυνάμεων οι συνηθέστερες εφαρμογές του οποίου είναι η κατασκευή δαπέδων, οροφών, στεγών αλλά και ειδικές κατασκευές επιπλοποιίας.

4. Σήμανση Συμμόρφωσης CE (Conformité Européenne)

Μια από τις βασικότερες επιδιώξεις της Ευρωπαϊκής Κοινότητας ήταν η δημιουργία μιας ενιαίας αγοράς όπου τα προϊόντα θα μπορούσαν να διακινούνται ελεύθερα μεταξύ των κρατών-μελών. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος ήταν απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα κοινό νομοθετικό πλαίσιο με αντικείμενο την ασφάλεια των εργαζομένων, των καταναλωτών και του περιβάλλοντος κατά την παραγωγή και τη χρήση μιας σειράς προϊόντων. Το κοινό αυτό νομοθετικό πλαίσιο βοήθησε στην εξάλειψη εμποδίων και αγκυλώσεων που παρουσιαζόντουσαν κατά την κυκλοφορία των προϊόντων στην κοινή αγορά λόγω των διαφορετικών τεχνικών κανόνων που ίσχυαν παλαιότερα στα κράτη μέλη. Η σήμανση συμμόρφωσης CE είναι το μοναδικό σήμα που κατοχυρώνει την συμμόρφωση των προϊόντων προς τις ισχύουσες οδηγίες της ευρωπαϊκής κοινότητας και αποτελεί βασικό εργαλείο για την επίτευξη της πολιτικής της κοινής αγοράς. Αφορά μια σειρά από προϊόντα όπως ανυψωτικά μηχανήματα, δοχεία πίεσης, δομικά υλικά, παιχνίδια, ιατροτεχνολογικά προϊόντα κ.α.

4.1. Ορισμός

Η σήμανση CE προέκυψε από την γαλλική φράση Conformité Européenne η οποία σημαίνει Συμμόρφωση Ευρωπαϊκή από την οποία προέρχεται και η Ελληνική φράση <<σήμανση Σι-Ε>>. Είναι ένας κρίσιμος δείκτης, ο οποίος δηλώνει τη συμμόρφωση ενός προϊόντος προς όλες τις ισχύουσες ευρωπαϊκές οδηγίες, γεγονός που αποτελεί το εμπορικό διαβατήριο για την ελεύθερη κυκλοφορία του στην ευρωπαϊκή αγορά.

Η σήμανση συμμόρφωσης CE δεν είναι σήμα ποιότητας. Αντίθετα είναι υποχρεωτική και αναφέρεται σε ουσιώδεις απαιτήσεις ασφάλειας και υγείας που καθορίζονται από σχετικές οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

4.2. Ιστορική Αναδρομή

Η Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα (ΕΟΚ), από την ίδρυσή της, επιδίωξε την πραγματοποίηση μιας Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς όπου τα κράτη μέλη θα μπορούσαν να διακινούν τα προϊόντα τους ελεύθερα, χωρίς τεχνικά ή άλλα εμπόδια. Ένα βασικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την προώθηση της Ενιαίας Αγοράς, ήταν η πιστοποίηση CE. Το 1957 η ευρωπαϊκή κοινότητα εξέδωσε αποδεκτές από όλους οδηγίες που περιέγραφαν τις συνθήκες που έπρεπε να πληρούν τα προϊόντα ώστε να διακινούνται ελεύθερα στην αγορά (Συνθήκη της Ρώμης). Η προσπάθεια αυτή δεν ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματική εξ' αιτίας του μικρού αριθμού οδηγιών αλλά και των

αγκυλώσεων που υπήρχαν στους κρατικούς μηχανισμούς και στις διαδικασίες πιστοποίησης (παλιά προσέγγιση). Το 1985 αποφασίστηκε η εφαρμογή μιας νέας προσέγγισης (σφαιρική προσέγγιση) (ME-ΤΠΔΠ ΤΕΕ, 2008), με μια σειρά από αλλαγές, που αφορούσαν το ρόλο των εμπλεκόμενων μερών (κρατικές αρχές, κατασκευαστές, φορείς πιστοποίησης και ελέγχου κλπ.) στην αξιολόγηση της συμμόρφωσης των προϊόντων προς τις βασικές απαιτήσεις ασφάλειας που καθορίζονταν με τη νέα νομοθεσία. Έτσι, το σύστημα (νομοθεσία-πιστοποίηση προϊόντων-εποπτεία και έλεγχος) έγινε πιο αποτελεσματικό, πιο ευέλικτο και πιο αντικειμενικό. Αργότερα, το 1990, εκπονήθηκε μια οδηγία για τις ενότητες που αφορούσαν τις διαδικασίες αξιολόγησης της πιστότητας και τους κανόνες εναπόθεσης της σήμανσης CE. Η οδηγία αυτή τροποποιήθηκε και συμπληρώθηκε το 1993 και ισχύει μέχρι σήμερα (Νταλός 2013).

4.3. Σκοπός – Λόγος ύπαρξης της σήμανσης CE

Η διαδικασία της σήμανσης CE έχει δημιουργηθεί προκειμένου οι διάφοροι εθνικοί κανονισμοί για την παραγωγή και χρήση μιας σειράς καταναλωτικών και βιομηχανικών προϊόντων να εναρμονιστούν έτσι ώστε να ενισχυθεί η πολιτική της Ενιαίας Αγοράς. Η δημιουργία της πιστοποίησης CE ωφελεί τόσο τους παραγωγούς όσο και τους καταναλωτές των πιστοποιημένων προϊόντων. Τα κυριότερα οφέλη της σήμανσης CE είναι:

- Η εξασφάλιση ασφαλέστερων προϊόντων και η ενίσχυση της αξιοπιστίας τους που απορρέουν από την μείωση των αστοχιών κατά την παραγωγή τους.
- Η εξασφάλιση της ασφάλειας των προϊόντων κατά την διακίνησή τους στην κοινή αγορά.
- Ο ισότιμος ανταγωνισμός μεταξύ όλων των επιχειρήσεων της ΕΕ.
- Η ύπαρξη μιας ενιαίας διαδικασίας πιστοποίησης που μπορεί να ελεγχθεί από τους δημόσιους φορείς εύκολα και αποτελεσματικά.
- Η δραστική μείωση των εξόδων των παραγωγών, αφού τα προϊόντα με την σήμανση CE δεν χρειάζονται επιπλέον πιστοποιήσεις ώστε να είναι αποδεκτά από όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ.

Προκειμένου να αποσαφηνιστεί η διαδικασία της σήμανσης CE είναι απαραίτητο να αναφερθούν και να αναλυθούν κάποιοι συγκεκριμένοι όροι ιδιαίτερης σημασίας.

Εναρμονισμένα Πρότυπα θεωρούνται οι τεχνικοί κανόνες που έχουν εκδοθεί από τα ευρωπαϊκά ινστιτούτα τυποποίησης και έχουν τεθεί σε ισχύ σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή επιτροπή.

Οι **Βασικές Απαιτήσεις** έχουν ως σκοπό την διασφάλιση υψηλού επιπέδου προστασίας. Μέσω αυτών ορίζονται τα αποτελέσματα που πρέπει να επιτυγχάνονται χωρίς όμως να προβλέπονται τεχνικές λύσεις για την επίτευξη αυτών.

Οι **Κοινοποιημένοι Οργανισμοί** είναι οργανισμοί τεχνικά ικανοί να εφαρμόσουν τις οδηγίες και να αξιολογούν τις διαδικασίες της πιστότητας οι οποίοι είναι επιλεγμένοι από τα κράτη μέλη και ελέγχονται από αυτά συνεχώς ώστε να τηρείται η συγκεκριμένη δραστηριότητά τους.

Οι **Οδηγίες Τεχνικής Εναρμόνισης** είναι κείμενα που εκπονούνται από τις υπηρεσίες της κοινότητας και αποσκοπούν στη θέσπιση κοινών μέσων και μεθόδων αξιολόγησης της πιστότητας για την κατηγορία προϊόντων που αναφέρονται.

Ο **Τεχνικός φάκελος** περιέχει όλα τα στοιχεία που χρειάζονται προκειμένου να αποδεικνύεται η συμμόρφωση του προϊόντος προς την ισχύουσα οδηγία. Πρέπει να καλύπτει, στο βαθμό που απαιτεί η εκάστοτε οδηγία, τον σχεδιασμό, την κατασκευή και την λειτουργία του προϊόντος. Ο τεχνικός φάκελος πρέπει να παρουσιάζεται στις αρμόδιες κρατικές αρχές για έλεγχο όποτε αυτό ζητηθεί.

Η **Δήλωση επίδοσης (ΔΕ)** περιέχει τα στοιχεία που αναφέρονται σε ποια πρότυπα, ποιες οδηγίες και σε ποια νομοθεσία συμμορφώνεται το προϊόν προς πιστοποίηση.

Ο **Έλεγχος Παραγωγής FPC (Factory Production Control)** είναι ο μόνιμος εσωτερικός έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας. Πραγματοποιείται από τον παραγωγό και περιέχει όλα τα στοιχεία, τις απαιτήσεις και τις προβλέψεις της παραγωγής. Το FPC διασφαλίζει την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος και καθιστά αποτελεσματικό τον έλεγχο της παραγωγής. Ο παραγωγός οφείλει να το δημοσιεύει σε γραπτή μορφή.

Υπάρχουν 4 συστήματα επιβεβαίωσης συμμόρφωσης:

- Το Σύστημα 1/1+ στο οποίο το προϊόν πιστοποιείται από κοινοποιημένο φορέα.
- Το Σύστημα 2/2+ στο οποίο η ροή παραγωγής πιστοποιείται από κοινοποιημένο φορέα.

- Το Σύστημα 3 στο οποίο τα εργαστήρια ελέγχου κάνουν τις αρχικές δοκιμές.
- Το Σύστημα 4 όπου δεν χρειάζεται κοινοποιημένος φορέας και ο κατασκευαστής κάνει όλες τις διεργασίες.

4.4. Διαδικασία Σήμανσης CE

Ένας κατασκευαστής, προκειμένου να συμμορφώσει τα προϊόντα του σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ευρωπαϊκής νομοθεσίας, οφείλει να πράξει τα παρακάτω έξι βήματα.

Βήμα 1^ο

Προσδιορισμός των οδηγιών και των **εναρμονισμένων προτύπων** που ισχύουν για το προϊόν. Τα Εναρμονισμένα Ευρωπαϊκά πρότυπα καταρτίζονται αναφορικά με τις ισχύουσες οδηγίες και διατυπώνουν αναλυτικά τις βασικές απαιτήσεις που το προϊόν θα πρέπει να πληροί.

Βήμα 2^ο

Εξακρίβωση των **βασικών απαιτήσεων** που ισχύουν για ένα προϊόν. Ο κατασκευαστής έχει την ευθύνη να επιβεβαιώσει ότι το προϊόν συμμορφώνεται με τις βασικές απαιτήσεις της σχετικής νομοθεσίας της ΕΕ και να επιλέξει τα κατάλληλα πρότυπα συμμόρφωσης.

Βήμα 3^ο

Εξακρίβωση για το αν είναι απαραίτητη η αξιολόγηση συμμόρφωσης από **κοινοποιημένο οργανισμό**. Κάθε οδηγία καθορίζει το κατά πόσο ένας ανεξάρτητος φορέας (Κοινοποιημένος Οργανισμός) θα πρέπει να εμπλακεί στη διαδικασία αξιολόγησης και συμμόρφωσης. Οι οργανισμοί αυτοί εγκρίνονται από τις εθνικές αρχές, γνωστοποιούνται επίσημα στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή και περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων NANDO (New Approach and Designated Organizations).

Βήμα 4^ο

Διεξαγωγή δοκιμών και έλεγχος της συμμόρφωσης των προϊόντων σύμφωνα με τη σχετική νομοθεσία (ποιοτικός έλεγχος). Μέρος αυτής της διαδικασίας είναι η εκτίμηση της επικινδυνότητας του προϊόντος και τελικά η συμμόρφωσή του στις απαιτήσεις των οδηγιών.

Βήμα 5°

Σύνταξη του **τεχνικού φακέλου**. Ο κατασκευαστής οφείλει να δημιουργήσει την τεχνική τεκμηρίωση που απαιτείται από την σχετική νομοθεσία και να την επιδεικνύει, μαζί με τη δήλωση επίδοσης (ΔΕ), (DoP- Declaration of Performance), όποτε του ζητηθούν.

Βήμα 6°

Τοποθέτηση της σήμανσης CE επάνω στο προϊόν και δήλωση επίδοσης (ΔΕ). Η σήμανση CE τοποθετείται από τον ενδιαφερόμενο κατασκευαστή ή τον εγκατεστημένο στην κοινότητα εντολοδόχο του κατά την φάση ελέγχου της παραγωγής. Οι διαστάσεις και η μορφή της πρέπει να ανταποκρίνονται στην οδηγία και τις απαιτήσεις που την συνοδεύουν. Η σήμανση πρέπει να είναι σε ορατό σημείο και ανεξίτηλη .

4.5. Η Σήμανση CE στη δομική ξυλεία

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 5, η ξυλεία όταν χρησιμοποιείται ως υλικό κατασκευής είναι απαραίτητο να φέρει την σήμανση CE. Κάποια από τα σύνθετα προϊόντα ξύλου που απαιτείται πλέον να είναι πιστοποιημένα είναι τα προκατασκευασμένα δομικά μέρη, τα LVL για δομικές κατασκευές, τα ξύλινα πατώματα, η επικολλητή ξυλεία, η ξυλεία επένδυσης, τα δομικά στοιχεία με δακτυλιοειδείς συνδέσεις, η στρογγυλή ξυλεία για δομικές κατασκευές, τα παράθυρα και οι εξώπορτες.

Συγκεκριμένα, η επικολλητή ξυλεία που χρησιμοποιείται ως δομικό υλικό, πρέπει να συμμορφώνεται στην ευρωπαϊκή οδηγία Regulation No 305/2011 . Σύμφωνα με την οδηγία αυτή η επικολλητή ξυλεία, όπως κάθε δομικό υλικό, οφείλει να πληρεί συγκεκριμένες προδιαγραφές ως προς τις μηχανικές αντοχές και τη σταθερότητα της, την ασφάλεια σε περίπτωση φωτιάς, την υγιεινή και την προστασία του περιβάλλοντος, την ασφάλεια στη χρήση, την προστασία έναντι του θορύβου και την οικονομία στην ενέργεια που απαιτείται για την επεξεργασία της.

Σύμφωνα με το πρότυπο EN 14081 η δομική ξυλεία ανήκει στην κατηγορία 2+ του συστήματος βεβαίωσης συμμόρφωσης CE οπότε απαιτείται σήμανση τόσο στο τελικό προϊόν όσο και σε κάθε κομμάτι ξύλου από τα οποία αποτελείται η επικολλητή δοκός. Τα εργαστήρια στα οποία διεξάγονται τα πειράματα των δοκιμών αυτής της κατηγορίας (2+) δεν είναι κοινοποιημένα στην ΕΕ αλλά πληρούν βασικές

προϋποθέσεις εργαστηριακών δοκιμών και ελέγχων για το αντικείμενο που ενίοτε εξετάζεται. Επίσης, είναι απαραίτητο να ελεγχθούν οι λειτουργικές και διοικητικές διαδικασίες (FPC) που ακολουθεί ο παραγωγός του προϊόντος και να βελτιωθούν όπου είναι απαραίτητο. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται η ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος δηλαδή το ότι αυτό τηρεί τις προαπαιτούμενες προδιαγραφές των προτύπων αλλά και ότι ακολουθεί τα πρότυπα των δειγμάτων που έχουν εξεταστεί στο αρμόδιο εργαστήριο.

Στο επόμενο κεφάλαιο περιγράφονται οι διαδικασίες του ποιοτικού ελέγχου που πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια του ΤΕΙ Θεσσαλίας Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου για τον προσδιορισμό των φυσικών και τεχνικών ιδιοτήτων συγκολλητών προϊόντων ξύλου ελληνικής βιομηχανίας ξύλινων κατασκευών η οποία είναι στην διαδικασία πιστοποίησης των προϊόντων της.

5. Ποιοτικός έλεγχος - προσδιορισμός των φυσικών και τεχνικών ιδιοτήτων συγκολλητών προϊόντων ξύλου

Ο ποιοτικός έλεγχος είναι ο τομέας εκείνος που ασχολείται με τις προδιαγραφές, τις δειγματοληψίες, τις δοκιμές των υλικών και προϊόντων αλλά και με την οργάνωση και τεκμηρίωση των διαδικασιών που εξασφαλίζουν ότι έχουν τεθεί όλες οι αναγκαίες δοκιμές και έλεγχοι ώστε η ποιότητα των προϊόντων που ελέγχονται να έχει κριθεί ικανοποιητική. Για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων του ξύλου (ποιοτικός έλεγχος) πραγματοποιούνται δοκιμές σύμφωνες με τις διεθνείς προδιαγραφές. Αφού ολοκληρωθούν οι δοκιμές, τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τις ελάχιστες απαιτούμενες τιμές των διεθνών προδιαγραφών και ταξινομούνται ποιοτικά σύμφωνα με αυτές. Η Ελλάδα οφείλει να ακολουθεί τις ιδιότητες των προδιαγραφών που εκδίδονται από την Ευρωπαϊκή κοινότητα (EN: European Norms) και για όσες ιδιότητες δεν έχουν εκδοθεί ακόμη από την Ευρωπαϊκή κοινότητα, ακολουθούνται οι σχετικές γερμανικές προδιαγραφές (DIN).

Το πρώτο βήμα του ποιοτικού ελέγχου είναι η δειγματοληψία και ακολουθούν ο προσδιορισμός της πυκνότητας, η μέτρηση της περιεχόμενης υγρασίας, η αντοχή στη θλίψη και κάμψη, ο προσδιορισμός της περιεχόμενης φορμαλδεΰδης και η εύρεση της κλάσης αντοχής στη φωτιά.

Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά τα στάδια του ποιοτικού ελέγχου. Σε κάθε στάδιο παρατίθενται φωτογραφίες των δοκιμών και του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε καθώς επίσης και πίνακες με τα αποτελέσματα των πειραμάτων.

5.1. Δειγματοληψία (DIN EN 52180)

Η δειγματοληψία δοκιμών ξύλου έχει ως σκοπό τον προσδιορισμό μιας συγκεκριμένης ιδιότητας. Οι διαστάσεις και το γεωμετρικό σχήμα των δοκιμών διαφέρουν ανάλογα με τις ιδιότητες που θέλουμε να προσδιορίσουμε. Εάν επιθυμούμε να προσδιορίσουμε τη μεταβλητότητα του ξύλου λόγω βιολογικών, χημικών και φυσικών επιδράσεων τότε απαιτούνται μικρά δοκίμια απαλλαγμένα από σφάλματα. Εάν επιθυμούμε να προσδιορίσουμε τις φυσικές και τεχνικές ιδιότητες του ξύλου τότε οι διαστάσεις πρέπει να είναι αυτές που χρησιμοποιούνται στις πρακτικές εφαρμογές. Η δειγματοληψία πρέπει να είναι τυχαία και ο αριθμός των δοκιμών πρέπει να είναι επαρκής ώστε τα αποτελέσματα να αντιπροσωπεύουν την πραγματικότητα.

Στην Εικόνα 21 φαίνονται δείγματα από τα λαμέλα που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των μηχανικών τους αντοχών. Τα λαμέλα έχουν διαστάσεις πραγματικές, ίσες με αυτές που χρησιμοποιούνται στις πρακτικές εφαρμογές.



Εικόνα 21: Δειγματοληψία λαμέλων

Η Εικόνα 22 απεικονίζει τα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να προσδιοριστεί η πυκνότητα, η υγρασία και η εκλυόμενη φορμαλδεΐδη. Τα δοκίμια έχουν αρκετά μικρές διαστάσεις ώστε να είναι ευκολότερη η μελέτη τους χωρίς όμως αυτό να επηρεάζει τα αποτελέσματα και την ακρίβεια των μετρήσεων.



Εικόνα 22: Δειγματοληψία δοκιμίων για τον προσδιορισμό της εκλυόμενης φορμαλδεΐδης, πυκνότητας, υγρασίας.

Στην Εικόνα 23 παρουσιάζονται τα δοκίμια της επικολλητής ξυλείας που εξετάστηκαν. Τα δοκίμια έχουν πραγματικό μέγεθος ίσο δηλαδή με αυτό που χρησιμοποιούν στις πρακτικές εφαρμογές.



Εικόνα 23: Δειγματοληψία επικολητής ξυλείας

5.2. Προσδιορισμός Πυκνότητας (DIN EN 52182)

Ο προσδιορισμός της πυκνότητας του ξύλου είναι πολύ σημαντικός αφού η πυκνότητα επηρεάζει σημαντικά τις φυσικές και τεχνικές ιδιότητες του ξύλου. Οι διατομές των δοκιμίων εξαρτάται από τις ιδιότητες που θέλουμε να προσδιορίσουμε. Εάν επιθυμούμε να προσδιορίσουμε τις μηχανικές ιδιότητες του ξύλου, τότε το μέγεθος των διατομών πρέπει να είναι ίδιο με αυτό των διατομών που χρησιμοποιούνται στις πρακτικές εφαρμογές. Εάν επιθυμούμε να μελετήσουμε τις φυσικές ιδιότητες του ξύλου τότε τα δοκίμια πρέπει να έχουν τουλάχιστον 5 ετήσιους δακτυλίους στην εγκάρσια διατομή τους. Η πυκνότητα του ξύλου (με συγκεκριμένη υγρασία) ισούται με το λόγο της μάζας προς τον όγκο του ($\rho = m / v$). Η μάζα του δοκιμίου μετριέται σε ζυγαριά με ακρίβεια εκατοστού και ο όγκος του ισούται με το γινόμενο των μηκών των πλευρών του, με ίδια ακρίβεια. Η πυκνότητα εκφράζεται σε g/cm^3 και συνοδεύεται πάντα με την περιεχόμενη υγρασία του ξύλου.

Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται τα στοιχεία των μετρήσεων των δοκιμίων που μελετήθηκαν.

Στην Εικόνα 24 μπορούμε να δούμε τη ζυγαριά μεγάλης ακριβείας που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να βρεθεί το βάρος των δοκιμίων ώστε στη συνέχεια να υπολογιστεί η πυκνότητά τους.



Εικόνα 24: Ζυγαριά ακριβείας

Στην Εικόνα 25 παρουσιάζεται το παχύμετρο που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση των μηκών των πλευρών των δοκιμίων και ο υπολογισμός των όγκων τους



Εικόνα 25: Παχύμετρο

Στη συνέχεια στον Πίνακα 2. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του βάρους και του όγκου και ο υπολογισμός της πυκνότητας των δοκιμίων.

Πίνακας 2: Προσδιορισμός πυκνότητας

Μέτρηση Πυκνότητας

Ημερομηνία: 21/7/2015

Α/Α	Βάρος (gr)	Διαστάσεις (cm)			Όγκος (cm ³)	Πυκνότητα (gr/cm ³)
		Μήκος	Πλάτος	Ύψος		
Λ.1.2.Y	176,04	12,43	9,82	3,41	416,23	0,42
Λ.2.2.Y	214,1	12,6	9,93	3,47	434,16	0,49
Λ.3.2.Y	255,92	12,56	9,97	3,52	440,79	0,58
Λ.4.2.Y	184,88	11,36	9,97	3,47	393,01	0,47
Λ.5.2.Y	189,24	11,18	10,13	3,53	399,78	0,47
Λ.6.2.Y	254,17	11,43	10,19	3,52	409,98	0,62
X.1.2.Y	207,95	10,3	9,19	4,9	463,82	0,45
X.2.2.Y	176,64	10,48	8,74	4,87	446,07	0,4
X.3.2.Y	228,7	10,1	9,26	4,99	466,69	0,49
X.4.2.Y	190,78	9,84	9,17	4,83	435,82	0,44
Μέσος Όρος						0,483
Μέγιστη						0,62
Ελάχιστη						0,4

5.3. Προσδιορισμός Περιεχόμενης Υγρασίας (DIN EN 52183)

Η ποσότητα της περιεχόμενης υγρασίας του ξύλου υπολογίζεται με το πηλίκο της περιεχόμενης υγρασίας προς την απόλυτα ξηρή μάζα του ξύλου. Τα μεγέθη των δοκιμίων διαφέρουν, όμως συνιστάται το μήκος τους στην κατεύθυνση των ινών να μην υπερβαίνει τα 20mm. Ο προσδιορισμός της απόλυτα ξηρής μάζας του ξύλου επιτυγχάνεται όταν ύστερα από διαδοχικές ξηράνσεις και ζυγίσεις, τα βάρη των δοκιμίων διαφέρουν λιγότερο από 0,1% της μάζας του δοκιμίου.

Παρακάτω φαίνεται η σχέση υπολογισμού της περιεχόμενης υγρασίας του ξύλου εκφρασμένη επί τοις εκατό (%)

$$u(\%) = \frac{m_u - m_0}{m_0} \cdot 100$$

όπου, u : περιεχόμενη υγρασία ξύλου
 m_u : μάζα προ της ξήρανσης
 m_0 : μάζα απόλυτα ξηρού ξύλου ($u=0\%$)

Ακολουθεί ο πίνακας με τα αποτελέσματα των μετρήσεων της υγρασίας των δοκιμίων.

Πίνακας 3: Προσδιορισμός Υγρασίας

Μέτρηση Υγρασίας

Ημερομηνία: 21/7/2015

Ωρα Εισόδου	10:48	14:10	17:00	19:20		
Ωρα Εξόδου	13:48	16:10	19:00	20:20		
A/A	Αρχικό Βάρος (gr)	Βάρος (gr)	Βάρος (gr)	Βάρος (gr)	Βάρος (gr)	Υγρασία (%)
Λ.1.1.Y	150,28	140,91	138,5	137,65	137,25	9,49
Λ.2.1.Y	163,65	153,49	150,63	149,5	149,1	9,76
Λ.3.1.Y	201,57	190,03	185,43	183,52	182,68	10,34
Λ.4.1.Y	214,12	199,87	192,96	190,08	188,98	13,30
Λ.5.1.Y	200,83	184,78	176,24	171,94	170,38	17,87
Λ.6.1.Y	295,32	258,68	234,36	221,46	216,41	36,46
X.1.1.Y	247,95	236,72	231,04	227,65	226,28	9,58
X.2.1.Y	174,32	162,94	158,28	156,19	155,43	12,15
X.3.1.Y	170,52	158,64	155,06	153,03	152,44	11,86
X.4.1.Y	170,06	159,43	156,23	154,56	153,95	10,46
Μέσος Όρος						14,13
Μέγιστη						36,46
Ελάχιστη						9,49

Στην Εικόνα 26 απεικονίζεται το ξηραντήριο που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να αφαιρεθεί η υγρασία των δοκιμίων.



Εικόνα 26: Ξηραντήριο

5.4. Αντοχή στη Θλίψη (DIN EN 52185)

Τα δοκίμια που χρησιμοποιούνται σε αυτή την διαδικασία είναι μικρά, τετραγωνικής διατομής πλευράς 20mm και απαλλαγμένα από σφάλματα. Εάν το ξύλο παρουσιάζει ανομοιόμορφη δομή τότε τα δοκίμια πρέπει να έχουν μεγαλύτερη διατομή ($\alpha=50\text{mm}$) έτσι ώστε να συμπεριλαμβάνει κατ' ελάχιστον 5 ετήσιους δακτυλίους. Οι πλευρές του δοκιμίου πρέπει να είναι κομμένες με ακρίβεια έτσι ώστε η βάση και η επάνω έδρα του να είναι παράλληλες με τις μεταλλικές πλάκες του μηχανήματος θλίψης και το μήκος του να είναι απόλυτα παράλληλο με τη διεύθυνση της φόρτισης.

Παρακάτω φαίνεται η σχέση υπολογισμού της αντοχής στη θλίψη του ξύλου και ακολουθεί ο πίνακας με τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{A} = \frac{F_{\max}}{a \cdot b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{όπου,} \quad F_{\max} : \text{μέγιστο φορτίο σε N}$$

A : εγκάρσια επιφάνεια δοκιμίου
 a, b : διαστάσεις εγκάρσια διατομής

Αποτελέσματα Πειράματος

Πίνακας 4.1: Διαστάσεις δοκιμίων προς θλίψη

Διαστάσεις Δοκιμίων
Ημερομηνία 22/7/2015

A/A	Πλάτος (w)	Πάχος (t)	Ύψος (h)
Μονάδες	mm	mm	mm
1	100	100	100
2	100	100	100

Πίνακας 4.2: Αποτελέσματα μετρήσεων αντοχής σε θλίψη

Μέτρηση Αντοχής στη θλίψη
Ημερομηνία 22/7/2015

A/A	Μέγιστη Δύναμη (F _{max})	Δύναμη Θραύσης (F _{break})
Μονάδες	kN	kN
1	76,5563	76,5563
2	65,5406	65,5406
Μέσος Όρος	71,04845	71,04845
Τυπική Απόκλιση	7,78927617	7,78927617
Μέγιστη	76,5563	76,5563
Ελάχιστη	65,5406	65,5406

5.5. Αντοχή σε Κάμψη (DIN EN 52186)

Η δοκιμή της αντοχής στην κάμψη πραγματοποιείται είτε σε μικρά δοκίμια ορθογωνικής διατομής είτε σε μεγάλα δοκίμια ορθογωνικής ή κυκλικής διατομής με διαστάσεις όμοιες αυτών που χρησιμοποιούνται στην πρακτική εφαρμογή. Στα μικρά δοκίμια το φορτίο εφαρμόζεται στο μέσο των σημείων στήριξης των δοκιμίων ενώ στα μεγάλα εφαρμόζεται σε δύο συμμετρικά σημεία ως προς το μέσο των σημείων στήριξης των δοκιμίων. Η ταχύτητα καθόδου του εμβόλου που ασκεί δύναμη στο δοκίμιο, ρυθμίζεται έτσι ώστε η θραύση να πραγματοποιείται σε χρόνο 90 ± 30 sec. Κατά την διάρκεια του πειράματος, στην οθόνη του μηχανήματος κάμψης απεικονίζεται το διάγραμμα δύναμης F – παραμόρφωσης f .

Το μέτρο θραύσης και το μέτρο ελαστικότητας ανάλογα με το είδος του δοκιμίου αναφέρονται παρακάτω.

$$\sigma_B = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad , \quad E_B = \frac{l^3}{4 \cdot b \cdot h^3} \cdot \frac{\Delta F}{\Delta f} \quad (\text{μικρά δοκίμια})$$

$$\sigma_B = \frac{3 \cdot F \cdot (l - l')}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad , \quad E_B = \frac{(2 \cdot l^3 - 3 \cdot l \cdot l'^2 + l'^3)}{8 \cdot b \cdot h^3} \cdot \frac{\Delta F}{\Delta f} \quad (\text{μεγάλα δοκίμια ορθογωνικής διατομής})$$

$$\sigma_B = \frac{8 \cdot F \cdot (l - l')}{\pi \cdot d^3} \quad , \quad E_B = \frac{2 \cdot (2 \cdot l^3 - 3 \cdot l \cdot l'^2 + l'^3)}{3 \cdot \pi \cdot d^4} \cdot \frac{\Delta F}{\Delta f} \quad (\text{μεγάλα δοκίμια κυκλικής διατομής})$$

όπου , F : φορτίο θραύσης σε N

h : πάχος δοκιμίου σε mm

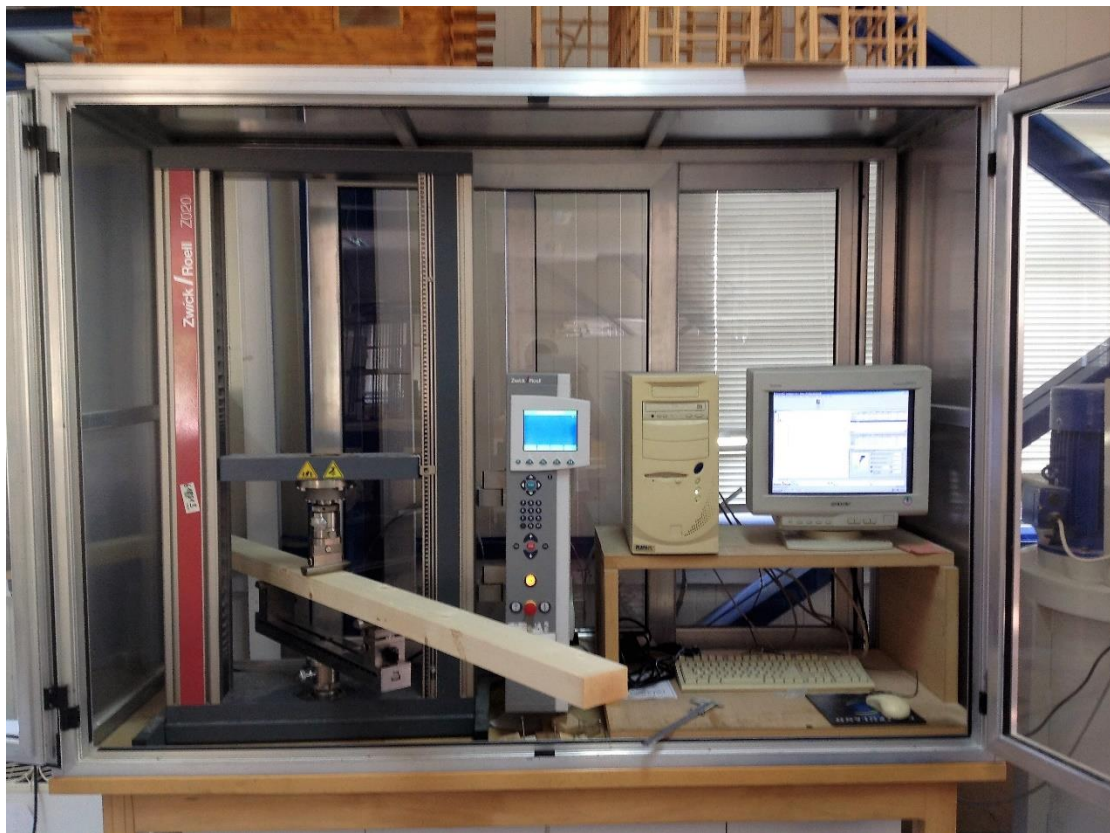
b : πλάτος δοκιμίου σε mm

d : διάμετρος δοκιμίου σε mm

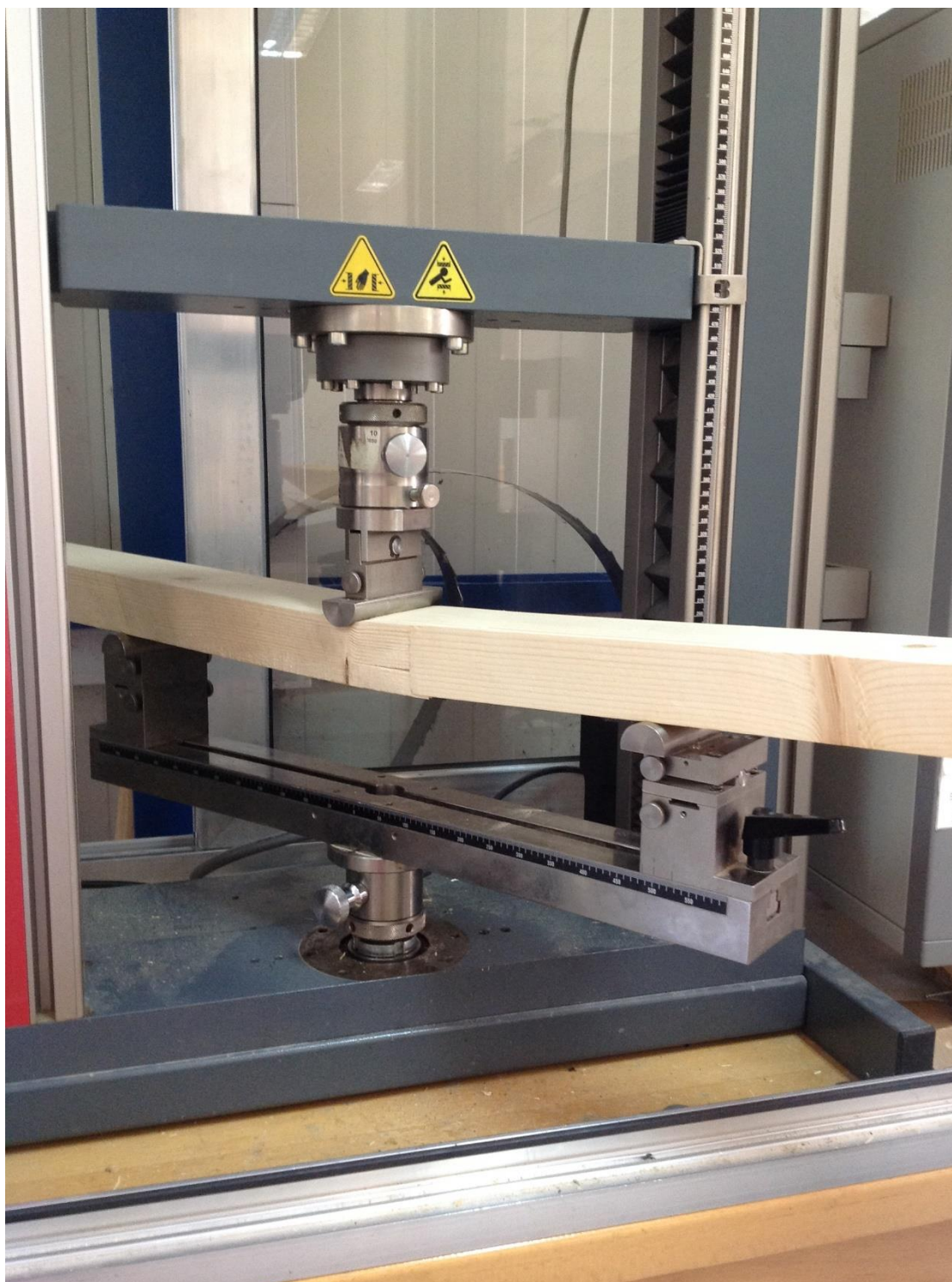
l : απόσταση υποστήριξης δοκιμίου

l' : απόσταση μεταξύ δύο συμμετρικών σημείων φόρτισης

Οι εικόνες 27.1 και 27.2 δείχνουν το μηχάνημα κάμψης μικρής κλίμακας που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να υπολογιστεί η αντοχή της κάμψης των λαμέλων.

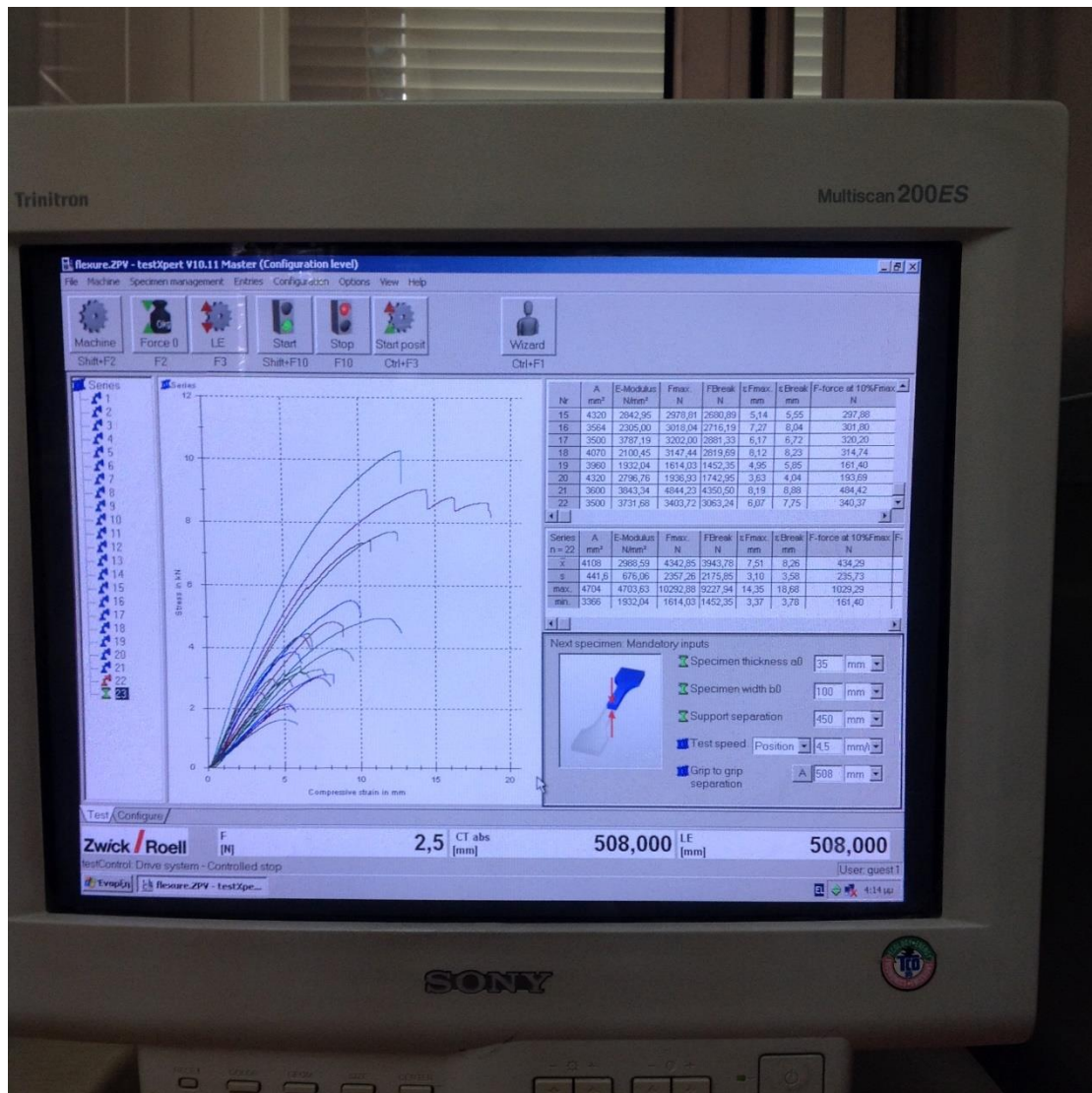


Εικόνα 27.1: Μηχάνημα κάμψης λαμέλων



Εικόνα 27.2: Δοκιμή κάμψης λαμέλου

Στην Εικόνα 28 απεικονίζονται τα διαγράμματα τάσης-παραμόρφωσης των λαμέλων και τα αποτελέσματα των μετρήσεών τους.



Εικόνα 28: Διαγράμματα δύναμης-παραμόρφωσης λαμέλων

Ακολουθούν οι πίνακες των μετρήσεων της αντοχής σε κάμψη των λαμέλων και των επικολλητών δοκιμίων που μελετήθηκαν.

Πίνακας 5: Μέτρηση Αντοχής σε Κάμψη Λαμέλων

Μέτρηση Αντοχής σε Κάμψη Λαμέλων

Ημερομηνία 21/7/2015

A/A	Μέγιστη δύναμη Fmax (N)	Αντοχή σε Κάμψη $\sigma=3F1/2bh^2$ (N/mm2)	F10 (N)	F30 (N)	ΔF (N)	L10 (mm)	L30 (mm)	Δl (mm)	Μέτρο Ελαστικότητας $E=3*\Delta F/4bh^3*$ Δl (N/mm2)
1	13559,34	98,19	1355,90	4067,80	2711,90	0,94	2,05	1,11	48452,63
2	13857,21	104,59	1385,72	4157,16	2771,44	0,97	2,17	1,2	48468,02
3	13087,71	93,53	1308,77	3926,31	2617,54	1,05	2,22	1,17	43280,05
4	11146,06	83,48	1114,64	3343,91	2229,27	1,00	2,2	1,2	38762,94
5	10970,99	79,98	1097,10	3291,30	2194,20	0,87	1,96	1,09	40434,62
6	11381,30	84,55	1138,13	3414,39	2276,26	0,81	1,73	0,92	50855,57
7	14396,36	108,12	1439,64	4318,91	2879,27	0,93	2,07	1,14	52613,3
8	15341,27	113,87	1534,13	4602,38	3068,25	1,08	2,43	1,35	46723
9	14836,60	109,72	1483,66	4450,98	2967,32	0,95	2,16	1,21	50217,08
10	12388,72	92,25	1238,87	3716,62	2477,75	0,87	1,89	1,02	49974,19
11	13208,39	99,55	1320,84	3962,52	2641,68	0,93	1,98	1,05	52661,64
12	14594,33	110,84	1459,43	4378,30	2918,87	0,90	2,04	1,14	54229,79
13	10497,34	77,15	1049,73	3149,20	2099,47	0,93	2,17	1,24	34194,96
14	12373,00	91,08	1237,30	3711,90	2474,60	0,88	1,93	1,05	47718,67
15	11110,63	82,49	1111,06	3333,19	2222,13	0,87	1,89	1,02	44554,66
16	12466,72	93,69	1246,67	3740,02	2493,35	0,97	2,16	1,19	43051,66
17	14546,28	108,98	1454,63	4363,88	2909,25	0,95	2,01	1,06	56935,75
18	10933,25	80,97	1093,32	3279,97	2186,65	0,95	2,04	1,09	41005,39
Μέσος Όρος	12816,42	95,17	1281,64	3844,93	2563,29	0,94	2,06	1,13	46896,33
Τυπική Απόκλιση	1563,54	12,08	156,35	469,06	312,70	0,07	0,16	0,10	5938,62
Μέγιστη	15341,27	113,87	1534,13	4602,38	3068,25	1,08	2,43	1,35	56935,75
Ελάχιστη	10497,34	77,15	1049,73	3149,20	2099,47	0,81	1,73	0,92	34194,96

Η Εικόνα 29.1 παρουσιάζει το πείραμα της αντοχής σε κάμψη μιας επικολλητής δοκού πραγματικών διαστάσεων που διεξάγεται σε μηχανήμα μεγάλης κλίμακας.



Εικόνα 29.1: Δοκιμή αντοχής σε κάμψη επικολλητής δοκού

Στην εικόνα 29.2 απεικονίζεται η αστοχία μιας επικολλητής δοκού μετά το πέρας του πειράματος κάμψης.



Εικόνα 29.2: Αστοχία επικολλητής δοκού που υπόκειται σε κάμψη

Πίνακας 6: Διαστάσεις δοκιμίων

Διαστάσεις Δοκιμίων
Ημερομηνία 22/7/2015

A/A	Πάχος (t)	Πλάτος (w)	Κάτω Στήριξη	Πάνω Στήριξη
Μονάδες	mm	mm	mm	mm
1	200	90	3400	1000
2	200	90	3400	1000
3	200	90	3400	1000
4	200	90	3400	1000
5	200	90	3400	1000

Πίνακας 7: Αντοχή επικολλητών σε κάμψη

Μέτρηση Αντοχής στην Κάμψη
Επικολλητών

Ημερομηνία 22/7/2015

A/A	Μέτρο	Μέγιστη	Μέγιστη	Αντοχή	Max_Strain	Αντοχή
	Ελαστικότητας	Δύναμη	Παραμόρφωση	σε		σε Κάμψη
Μονάδες	N/mm2	N	mm	N/mm2	%	$\sigma=3F(l-l')/2bh^2$ (N/mm2)
1	5637,17	9615	21,792	9,615	0,20178	9,615
2	5568,89	14030,6	33,562	14,0306	0,31076	14,0306
3	6165,86	9322,5	20,938	9,3225	0,19387	9,3225
4	5938,6	21480	44,446	21,48	0,41154	21,48
5	5915,61	11508,8	23,98	11,5087	0,22204	11,5088
Μέσος Όρος	5845,23	13191,4	28,9436	13,1914	0,268	13,1914
Τυπική Απόκλιση	242,965	4999,88	10,0191	4,99989	0,09277	
Μέγιστη	6165,86	21480	44,446	21,48	0,41154	21,48
Ελάχιστη	5568,89	9322,5	20,938	9,3225	0,19387	9,3225

5.6. Προσδιορισμός Περιεχόμενης Φορμαλδεΰδης (EN 120/1992)

Η φορμαλδεΰδη ή μεθανάλη είναι μια καρκινογόνα χημική ένωση που εμπεριέχεται σε πολλά βιομηχανικά προϊόντα όπως τα συνθετικά υφάσματα, οι συνθετικοί τάπητες, οι κουρτίνες, τα μονωτικά υλικά (Μαντάνης 2006), τα βασισμένα σε νερό χρώματα (Brown 1996) καθώς και στις συγκολλητικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στα προϊόντα επικολλητής ξυλείας. Θεωρείται ένας από τους κυριότερους ρύπους εσωτερικού χώρου καθώς όταν υπάρχει σε μεγάλη συγκέντρωση αποτελεί κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου και του περιβάλλοντος. Παρόλα αυτά οι κατασκευάστριες εταιρίες παραγωγής συγκολλητικών ουσιών την προτιμούν λόγω των εξαιρετικών χημικών ιδιοτήτων της. Για το λόγο αυτόν έχουν επιβληθεί σε κάθε χώρα συγκεκριμένα όρια έκλυσης φορμαλδεΰδης.

Ο προσδιορισμός της περιεχόμενης φορμαλδεΰδης σε σύνθετα προϊόντα ξύλου θεωρείται στις μέρες μας απαραίτητος και έχουν αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι (όπως η μέθοδος εκχύλισης, η μέθοδος θαλάμου, η μέθοδος αεριοανάλυσης κ.α.) που το επιτυγχάνουν. Στην παρούσα εργασία, η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στα εργαστηριακά πειράματα είναι αυτή της εκχύλισης (perforator method) της οποίας η διαδικασία τίθεται παρακάτω.

Για τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται δοκίμια διατομής 25mm × 25mm και συγκεκριμένου αριθμού έτσι ώστε το συνολικό τους βάρος να είναι 110g. Στη συνέχεια τα δοκίμια εκχυλίζονται σε ειδική συσκευή με 600ml τολουόλιο και θερμαίνονται στους 110°C για 2 ώρες. Η ποσότητα φορμαλδεΰδης που εκχυλίζεται, δεσμεύεται σε αποσταγμένο νερό και μετριέται με την αναλυτική μέθοδο της φωτομετρίας (μέθοδος ακετυλοακετόνης). Η περιεχόμενη φορμαλδεΰδη μετριέται σε mg ανά 100g απόλυτα ξηρού προϊόντος ξύλου.

Στην Εικόνα 30.1 παρουσιάζεται μέρος του εργαστηριακού εξοπλισμού που απαιτείται για την διεξαγωγή του πειράματος ο οποίος αποτελείται από τον δοσομετρητή, το τολουόλιο και τη σφαιρική φιάλη όπου αναμιγνύονται τα δοκίμια με το τολουόλιο.



Εικόνα 30.1: Προετοιμασία μείγματος δοκιμίων-τολουολίου

Η Εικόνα 30.2. απεικονίζει τη συσκευή της μεθόδου εκχύλισης (perforator method) όπου στη βάση της έχει προσαρμοστεί η φιάλη του μίγματος των δοκιμίων και του τολουολίου όπως αυτό παρουσιάστηκε στην εικόνα 30.1.



Εικόνα 30.2: Εξοπλισμός μεθόδου εκχύλισης (perforator method)

Μετά το τέλος της λειτουργίας της συσκευής εκχύλισης το εξαγόμενο μείγμα του αποσταγμένου νερού και της διαλυμένης σε αυτό φορμαλδεΰδης τοποθετείται σε ειδική υπερδιάφανη κάψουλα της συσκευής της αναλυτικής μεθόδου της φωτομετρίας (μέθοδος ακετυλοακετόνης). Η ποσότητα της φορμαλδεΰδης προσδιορίζεται με βάση την διαπερατότητα του φωτός του μείγματος. Η συσκευή της μεθόδου ακετυλοακετόνης παρουσιάζεται στην Εικόνα 31.



Εικόνα 31: Συσκευή σπεκτροφωτόμετρον

Τα αποτελέσματα του πειράματος παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 8: Προσδιορισμός Εκλύομενης Φορμαλδεΐδης

Μέτρηση Φορμαλδεΐδης	
Ημερομηνία 22/7/2015	
Είδος Ξυλείας	Επικολλητή Ξυλεία από Σουηδική Πεύκη
Διαστάσεις Δοκιμίων	90×210×200 mm
Ποσότητα Δοκιμίων	30
Αποτέλεσμα	0,01 ppm

5.7. Προσδιορισμός της αντοχής στη φωτιά επικολλητής ξυλείας (EN 13823)

Οι κλάσεις της επικολλητής ξυλείας ως προς την αντίσταση της στη φωτιά είναι συγκεκριμένες και εξαρτώνται από την πυκνότητα και την διατομή των δοκιμίων. Για το λόγο αυτό δεν είναι απαραίτητο να γίνεται πείραμα πυραντίστασης κάθε φορά που επιθυμούμε να κατηγοριοποιήσουμε μια ομάδα ξυλείας. Αντιθέτως, αρκεί να συγκρίνουμε τα δεδομένα της ελάχιστης πυκνότητας και του ελάχιστου πάχους των υπό εξέταση δοκιμίων στον ήδη υπάρχοντα πίνακα και να εξάγουμε το αποτέλεσμα. Ο πίνακας με τις κλάσεις της επικολλητής ξυλείας στην αντοχή στη φωτιά καθορίζεται σύμφωνα με το πρότυπο EN 14080. Στον Πίνακα 9 αναφέρεται η κλάση των δοκιμίων που μελετήθηκαν στην συγκεκριμένη εργασία στη φωτιά σύμφωνα με το πρότυπο αυτό.

Πίνακας 9: Κλάση επικολλητής ξυλείας αντοχής στη φωτιά

Κλάση επικολλητής ξυλείας σε φωτιά			
Ημερομηνία 22/7/2015			
Υλικό	Ελάχιστη πυκνότητα (kg/m ³)	Ελάχιστο πάχος (mm)	Κλάση
Επικολλητή Ξυλεία	380	40	D-s2, d0

6. Συμπεράσματα

Έχοντας συγκεντρώσει όλα τα απαραίτητα αποτελέσματα των πειραμάτων (προσδιορισμού της πυκνότητας, προσδιορισμού της περιεχόμενης υγρασίας, της αντοχής στην θλίψη και κάμψη και τέλος του προσδιορισμού της περιεχόμενης φορμαλδεΰδης των δοκιμίων), το επόμενο βήμα είναι η σύγκρισή τους με τα διεθνή πρότυπα ώστε να γίνει η κατηγοριοποίηση των δοκιμίων στις αντίστοιχες κατηγορίες.

Μηχανικές Αντοχές

Τα στοιχεία των δοκιμίων που είναι απαραίτητα να μελετηθούν και να συγκριθούν ως προς τις μηχανικές τους αντοχές είναι η αντοχή στην κάμψη, η αντοχή στη θλίψη, η πυκνότητα και το μέσο μέτρο ελαστικότητας παράλληλα με τις ίνες. Τα πρότυπα των στοιχείων αυτών γνωστοποιούνται σε κάθε κράτος από τους κρατικούς οργανισμούς τυποποίησης, οπότε και στην Ελλάδα δίνονται από τον Ελληνικό Οργανισμό Τυποποίησης (ΕΛΟΤ). Το πρότυπο στο οποίο αναφέρονται αυτά τα τέσσερα στοιχεία είναι το EN 338 για τα κωνοφόρα, τη λεύκη και τα πλατύφυλλα και το EN1194 για την επικολλητή ξυλεία. Στο πρότυπο EN 338 υπάρχουν δύο κατηγορίες δομικής ξυλείας. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τη φυσική ξυλεία κωνοφόρων και Λεύκης η οποία συμβολίζεται με C (Coniferous) και αμέσως μετά το σύμβολο αυτό υπάρχει ένας αριθμός ο οποίος δηλώνει την αντοχή στην κάμψη σε MPa. Αυτή η κατηγορία περιέχει δέκα υποκατηγορίες. Η δεύτερη κατηγορία αναφέρεται στη φυσική ξυλεία πλατύφυλλων, συμβολίζεται με D (Deciduous) και αποτελείται από έξι υποκατηγορίες. Τέλος το πρότυπο EN 1194 αναφέρεται στην ομογενή επικολλητή ξυλεία GL h (Glulam homogenous) και στην ανομοιογενή επικολλητή ξυλεία GL c (Glulam combined). Οι GL h και η GL c αποτελούνται από τέσσερις υποκατηγορίες η κάθε μία. Προϋπόθεση για να ανήκει ένας πληθυσμός ξυλείας σε κάποια κατηγορία είναι και τα τρία στοιχεία που μελετώνται να έχουν μεγαλύτερες ή ίσες τιμές από αυτές που αναγράφονται στα πρότυπα της συγκεκριμένης κατηγορίας. Στην ουσία δηλαδή οι αριθμοί που αναγράφονται στα πρότυπα αποτελούν τα κατώτερα επιτρεπτά όρια του μεγέθους που εξετάζουμε για το στοιχείο που μελετάται.

Στο παράρτημα παρουσιάζονται οι πίνακες (1, 2, 3) με τις κατηγορίες αντοχών των τριών ειδών ξυλείας.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία μελετάει ξυλεία που ανήκει στην κατηγορία των κωνοφόρων οπότε οι πίνακες των προτύπων που θα συγκριθούν με τα εργαστηριακά αποτελέσματα είναι ο Πίνακας 1 και ο Πίνακας 3.

Η διαδικασία της σύγκρισης γίνεται ως εξής. Συγκρίνουμε τις ελάχιστες τιμές των πειραματικών δεδομένων του μεγέθους που μελετάμε με τις αντίστοιχες κατηγορίες αντοχών των προτύπων. Προϋπόθεση για να ανήκει ένα δοκίμιο σε κάποια κατηγορία είναι όλα τα υπό εξέταση στοιχεία να υπερβαίνουν ή να ισούνται με τα αντίστοιχα όρια των προτύπων.

Πιο αναλυτικά, η ελάχιστη τιμή της πυκνότητας είναι $0,4 \text{ gr/cm}^3$. Επομένως σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 338 η πυκνότητα των λαμέλων αντιστοιχεί στην κατηγορία C35.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές που βρέθηκαν για τα λαμέλα ως προς την πυκνότητα θα χρησιμοποιηθούν και για την σύγκριση της επικολλητής ξυλείας δεδομένου ότι τα δείγματα τόσο των λαμέλων όσο και των επικολλητών προέρχονται από το ίδιο είδος ξυλείας.

Ως προς την αντοχή των λαμέλων σε θλίψη η ελάχιστη τιμή βρέθηκε 6.55 N/mm^2 . Η τιμή αυτή συγκρινόμενη με το πρότυπο δεν ικανοποιεί ούτε την λιγότερο απαιτητική κατηγορία που είναι η C14.

Για το πείραμα της αντοχής σε κάμψη χρειάστηκε να εξετάσουμε τόσο τα λαμέλα όσο και τα δείγματα της επικολλητής ξυλείας αφού παρουσιάζουν διαφορετικές αντοχές. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του πειράματος αρχικά για τα λαμέλα και έπειτα για την επικολλητή ξυλεία.

Η ελάχιστη τιμή της αντοχής στην κάμψη των λαμέλων είναι $77,15 \text{ N/mm}^2$. Μελετώντας τον πίνακα 12 παρατηρούμε ότι η τιμή αυτή υπερβαίνει κατά πολύ την μέγιστη κατηγορία C40 (αντοχή στην κάμψη 40 N/mm^2). Η ελάχιστη τιμή του μέτρου ελαστικότητας των λαμέλων είναι $34194,96 \text{ N/mm}^2$. Και σε αυτή την περίπτωση η τιμή αυτή είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από το κατώτερο επιτρεπτό όριο της περισσότερο απαιτητικής κατηγορίας C40 που είναι 14000 N/mm^2 . Εφόσον και τα δυο στοιχεία υπερβαίνουν τα όρια της κατηγορίας C40, τα λαμέλα κατατάσσονται, ως προς την αντοχή στην κάμψη, στην κατηγορία αυτή.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω, τα δοκίμια της συγκεκριμένης βιομηχανίας δεν πληρούν τις προϋποθέσεις (μηχανικές αντοχές) ώστε να κατηγοριοποιηθούν σε κάποια από τις κατηγορίες αντοχών C.

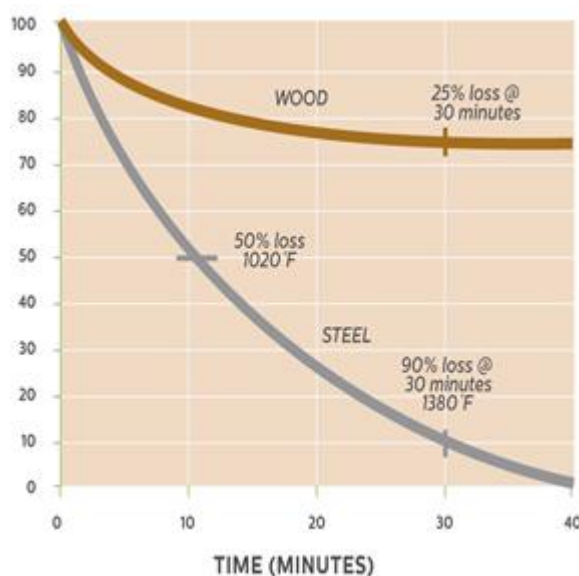
Όσον αφορά τα επικολλητά δοκίμια η ελάχιστη τιμή στην αντοχή στην κάμψη είναι $9,32 \text{ N/mm}^2$. Η πρώτη κατηγορία αντοχών για ομογενή επικολλητή ξυλεία (GL24h) με τις ελάχιστες μηχανικές απαιτήσεις έχει ως κατώτερο επιτρεπτό όριο αντοχής στην κάμψη 24 N/mm^2 . Όπως παρατηρούμε, τα δοκίμια έχουν μικρότερη αντοχή και από την λιγότερο απαιτητική κατηγορία (GL24). Ως προς το μέτρο ελαστικότητας των δοκιμίων, η ελάχιστη τιμή του σύμφωνα με τα πειράματα είναι $5568,89 \text{ N/mm}^2$. Και σε αυτή την περίπτωση η τιμή του μεγέθους αυτού είναι αρκετά μικρότερη από το όριο της πρώτης κατηγορίας (GL24h) 11.600 N/mm^2 . Επομένως ούτε η επικολλητή ξυλεία της συγκεκριμένης βιομηχανίας μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε κάποια από τις υπάρχουσες κατηγορίες Glh.

Φορμαλδεΰδη

Το επόμενο μέγεθος που μελετάται είναι η ποσότητα φορμαλδεΰδης που περιέχεται στα δοκίμια που εξετάζουμε. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, λόγω της επικινδυνότητας της για την υγεία και το περιβάλλον, έχουν τεθεί αυστηρά όρια επιπέδων ποσότητας περιεχόμενης φορμαλδεΰδης στην ξυλεία. Σύμφωνα με το πρότυπο EN 717-1, αν η ποσότητα της εκλυόμενης φορμαλδεΰδης είναι μικρότερη ή ίση από $0,13 \text{ mg HCHO/m}^3$ τότε τα δείγματα κατατάσσονται στην κατηγορία E1. Διαφορετικά κατατάσσεται στην κατηγορία E2. Στην περίπτωση των δοκιμίων που εξετάζονται στην παρούσα διπλωματική οι εκπομπές φορμαλδεΰδης βρέθηκαν να είναι 0.01 mg/m^3 οπότε και κατατάσσονται στην κατηγορία E1.

Πυραντίσταση

Για να ολοκληρωθεί η διαδικασία της κατάταξης των προϊόντων που μελετώνται σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα είναι απαραίτητο να μελετηθεί η αντοχή τους στην φωτιά (πυραντίσταση). Το ξύλο παλαιότερα θεωρούνταν ακατάλληλο δομικό υλικό επειδή είναι εύφλεκτο. Όμως αυτή η αντίληψη άλλαξε επειδή οι έρευνες και οι δοκιμές που διεξήχθησαν αργότερα όσον αφορά την συμπεριφορά του σε περίπτωση πυρκαγιάς, όχι μόνο δεν απέρριψαν το ξύλο αλλά το κατέταξαν σε ένα από τα ιδανικότερα δομικά υλικά με εξαιρετική συμπεριφορά σε περίπτωση πυρκαγιάς. Αυτό οφείλεται σε μια σειρά από ιδιότητες που έχει το ξύλο όπως η πολύ μικρή ταχύτητα απανθράκωσης (0,67mm/min) αλλά και η πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητά του με αποτέλεσμα κατά την διάρκεια της καύσης του η αντοχή του να μειώνεται αργά και σταδιακά ανάλογα με την μείωση της διατομής του. Επίσης, η θερμοκρασία ανάφλεξης του ξύλου είναι μεγάλη 450°C έως 500°C. Ενδεικτικά αξίζει να αναφερθεί ότι σε τόσο υψηλές θερμοκρασίες ο χάλυβας έχει ήδη χάσει το μεγαλύτερο ποσοστό της αντοχής του.



Εικόνα 32: Σύγκριση αντοχής στη φωτιά ξύλου και σιδήρου. <http://mtc.com.my/timbernews/aiming-high-going-vertical-with-timber/>.

Για τον προσδιορισμό της αντοχής στη φωτιά δεν είναι απαραίτητο να διεξαχθεί πείραμα για τα συγκεκριμένα δοκίμια αφού τα αποτελέσματα των πειραμάτων για όλα τα είδη ξυλείας είναι καταγεγραμμένα και γνωστά ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούνται από τον κάθε ενδιαφερόμενο. Το πρότυπο στο οποίο αναφέρονται οι κλάσεις αντοχής του ξύλου στη φωτιά είναι το EN 13238 (EN 14080, Annex E). Σε αυτό υπάρχουν 7 κλάσεις αντοχής στη φωτιά (A1, A2, B, C, D, E και F) για δομική ξυλεία και για ξύλινα πατώματα. Υπάρχει επίσης ένας δείκτης s τριών κλιμάκων (s1, s2, s3) ο οποίος δηλώνει την εκπομπή καπνού κατά την καύση και ένας επιπλέον δείκτης d τριών κλιμάκων (d0, d1, d2) ο οποίος δηλώνει την τυχόν παραγωγή-εκτόξευση φλεγομένων σωματιδίων κατά την καύση. Στην περίπτωση των προϊόντων που μελετώνται στην παρούσα εργασία, δηλαδή στην κατηγορία της επικολλητής

ξυλείας με ελάχιστη πυκνότητα 380 kg/m^3 και ελάχιστο πάχος διατομής 40mm η κλάση της αντίστασης στη φωτιά είναι D-s2, d0.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των ελέγχων των δοκιμών της υπό εξέταση βιομηχανίας καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

Η αντοχή των δοκιμών σε πυρκαγιά είναι σύμφωνη με τις διεθνείς προδιαγραφές ενώ αντίθετα οι μηχανικές τους αντοχές είναι μη αποδεκτές. Επίσης από τους ελέγχους προκύπτει ότι οι τιμές της εκπομπής φορμαλδεΰδης είναι εξαιρετικά χαμηλές, κάτι που μπορεί να συσχετιστεί με τις χαμηλές μηχανικές αντοχές όπως εξηγείται σε επόμενη παράγραφο.

Εκτελώντας το πείραμα της αντοχής στην κάμψη της επικολλητής ξυλείας παρατηρήθηκε ότι η πλειονότητα των αστοχιών εμφανίστηκε στις κατά μήκος επιφάνειες συγκόλλησης αλλά και στις επιφάνειες των δακτυλιοειδών συνδέσεων των λαμέλων μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα τα λαμέλα που αποτελούν την επικολλητή ξυλεία αποκολλούνται μεταξύ τους πριν ακόμη αναπτυχθούν ρωγμές ή άλλου είδους αστοχίες κατά την διάρκεια της σταδιακής αύξησης της ασκούμενης δύναμης κάμψης. Αντίθετα τα λαμέλα όταν εξετάζονται μεμονωμένα παρουσιάζουν εξαιρετικές αντοχές στην κάμψη. Αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία παραγωγής των λαμέλων είναι σωστή αλλά η διαδικασία παραγωγής των επικολλητών δοκών είναι ακατάλληλη. Η ίδια αστοχία παρατηρείται επίσης κατά την εξέταση των λαμέλων στο πείραμα της κάμψης. Και σε αυτή την περίπτωση η δακτυλιοειδής σύνδεση αστοχεί πριν εμφανιστούν άλλες αστοχίες στη μάζα του ξύλου.

Ο λόγος της αποτυχίας επίτευξης της επιθυμητής ποιοτικής κόλλησης είναι κάποιος από τους παρακάτω ή συνδυασμός αυτών:

- Μη επαρκής ποσότητα κόλλας στις επιφάνειες προς συγκόλληση
- Λανθασμένο μέτρο άσκησης πίεσης (μεγαλύτερη ή μικρότερη της βέλτιστης πίεσης σύμφωνα με τις προδιαγραφές της συγκολλητικής ουσίας) κατά την διάρκεια της σκλήρυνσης της κόλλας
- Χρήση κόλλας πέραν από την καθορισμένη ημερομηνία λήξης
- Ακατάλληλες επιφάνειες προς συγκόλληση (λαμέλων)
- Μη επαρκής χρόνος άσκησης πίεσης κατά τη συγκόλληση

- Σφάλμα του μηχανήματος δακτυλιοειδούς σύνδεσης (μεγάλη ανοχή μεταξύ των επιφανειών σύνδεσης)

Ως εκ τούτου, τα δοκίμια της συγκεκριμένης βιομηχανίας δεν πληρούν τις προϋποθέσεις ώστε να αποκτήσουν πιστοποίηση CE. Επομένως, προκειμένου η παρούσα βιομηχανία να αποκτήσει την πιστοποίηση CE οφείλει να εντοπίσει και να διορθώσει τα υπάρχοντα προβλήματα και έπειτα να ξεκινήσει εξ αρχής την διαδικασία της πιστοποίησης με τα νέα πλέον δοκίμια που θα παράγει.

7. Μεθοδολογία

Προκειμένου να πιστοποιηθεί κατά CE η επικολλητή ξυλεία που παράγει η υπό εξέταση βιομηχανία ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία.

Το πρώτο βήμα της διαδικασίας πιστοποίησης που πραγματοποιήθηκε ήταν ο προσδιορισμός του προτύπου που χαρακτηρίζει το υπό εξέταση προϊόν. Το πρότυπο αυτό είναι το EN 14080 στο οποίο αναφέρονται οι απαιτήσεις που θα πρέπει να ικανοποιεί η επικολλητή ξυλεία η οποία χρησιμοποιείται σε δομικές κατασκευές και εμπεριέχει όλες τις απαιτήσεις-οδηγίες που θα πρέπει να πληρούνται.

Στο δεύτερο και τρίτο βήμα εξακριβώθηκε ότι το προϊόν (επικολλητή ξυλεία) οφείλει να πληρεί συγκεκριμένες απαιτήσεις ως προς τις μηχανικές αντοχές του, την αντοχή του στη φωτιά και την εκπομπή φορμαλδεΰδης και ότι ανήκει στην κατηγορία του συστήματος επιβεβαίωσης συμμόρφωσης 2+ οπότε είναι απαραίτητη η αξιολόγηση συμμόρφωσής του από κοινοποιημένο οργανισμό.

Στη συνέχεια (βήμα 4) πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμές ελέγχου της συμμόρφωσης των προϊόντων σύμφωνα με τη σχετική νομοθεσία στα εξειδικευμένα εργαστήρια του ΤΕΙ Θεσσαλίας τα οποία είναι ελεγμένα και πιστοποιημένα ώστε να παρέχουν αυτή την υπηρεσία.

Μετά το πέρας των πειραμάτων και την συγκέντρωση των αποτελεσμάτων τα δοκίμια της επικολλητής ξυλείας που μελετήθηκαν κατηγοριοποιήθηκαν, ανάλογα με τις επιδόσεις τους στα επιμέρους πειράματα, στις αντίστοιχες κλάσεις της κάθε κατηγορίας.

Τέλος, η τελική αξιολόγηση των δοκιμίων πραγματοποιήθηκε με κριτήριο τα αποτελέσματα των επιμέρους κλάσεων αντοχών.

8. Περίληψη

Αντικειμενικός σκοπός αυτής της εργασίας είναι η πιστοποίηση CE ξύλινων δομικών μελών μιας βιομηχανίας παραγωγής ξύλων κατασκευών.

Η πιστοποίηση CE σε δομικά υλικά, οπότε και σε ξύλινα μέλη που χρησιμοποιούνται σε δομικές κατασκευές, έχει τεθεί απαραίτητη για κάθε χώρα μέλος της Ε.Ε..

Η διαδικασία της πιστοποίησης CE επιβάλλει την διεξαγωγή μιας σειράς πειραμάτων ώστε να βρεθούν, να καταγραφούν και να συγκριθούν τα δεδομένα που προκύπτουν με τα διεθνή πρότυπα. Τα πειράματα που διεξάγονται είναι συγκεκριμένα και οι μέθοδοι που ακολουθούνται καθορισμένες.

Για την διεξαγωγή των πειραμάτων που απαιτούνται για τον έλεγχο των ιδιοτήτων των εξεταζόμενων δοκιμίων χρησιμοποιήθηκε ο εργαστηριακός εξοπλισμός του Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου το οποίο διαθέτει κατάλληλο και πιστοποιημένο εξοπλισμό για την πραγματοποίηση των συγκεκριμένων πειραμάτων.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας, προκύπτει ότι τα δοκίμια παρουσιάζουν εξαιρετικά χαμηλές τιμές ως προς την εκλυόμενη φορμαλδεΐδη γεγονός που τα καθιστά φιλικά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Επίσης η αντοχή στην φωτιά είναι αποδεκτή, όμως ως προς τις μηχανικές αντοχές παρουσιάζεται αστοχία. Για το λόγο αυτό τα συγκεκριμένα δοκίμια δεν πληρούν τις προϋποθέσεις ώστε να λάβουν την πιστοποίηση CE και να κατηγοριοποιηθούν σε κάποια από τις υπάρχουσες κατηγορίες αντοχών GL.

Βιβλιογραφία

- Κακαράς, Ι. 2013. Τεχνολογία ξύλινων δομικών κατασκευών. Ίων, Αθήνα. Κεφ. 1, 2.
- Νταλός, Γ. 2007. Σημειώσεις τεχνολογίας ποιοτικού ελέγχου ξύλου. Καρδίτσα. Κεφ. 8, 10.
- Βουλγαρίδης, Η. Β. 2008. Ευρωπαϊκά και τροπικά ξύλα με εμπορική σημασία: δομή, ιδιότητες και χρήσεις. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Thelandersson, S. Larsen, H. J. Timber Engineering. Lund university, Sweden. Technical University of Denmark. Wiley LTD. Κεφ. 5, 6.
- Jester T. C. 2014. Twentieth-Century Building Materials. Getty Conservation Institute, Los Angeles. Part III, 15.
- Moody, R. C, Hernandez, R. 1997. Glued-Laminated Timber. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory Madison, Wisconsin.
- Μαντάνης, Γ., Αναστάσης, Γ., Κακαράς, Ι. 2006. Φορμαλδεύδη: Ένας από τους κυριότερους ρυπαντές εσωτερικών χώρων σε νεόδμητες κατοικίες. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα-Σειρά II-Τεύχος 17, Σελ. 52-58.
- Μαντάνης, Γ. 2003. Δομή & Ιδιότητες Ξύλου Μέρος II. Ιδιότητες. Τ.Ε.Ι. Λάρισας
- Κακαράς, Ι. 2003. Τεχνολογία Ξύλου II. Τ.Ε.Ι. Λάρισας
- Νταλός, Γ., Κακαράς, Ι. 2001. Τεχνολογία Ξύλου III. Τ.Ε.Ι. Λάρισας-Παράρτημα Καρδίτσας.
- The Engineered Wood Association, 2008. Glulam Product Guide. From No. X440D.
- Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας Γενική Γραμματεία Βιομηχανίας. 2011. Οδηγός Εφαρμογής Νομοθεσίας Τεχνικής Εναρμόνισης Βιομηχανικών Προϊόντων. Δ/νση Βιομηχ. Πολιτικής. Αθήνα
- Τυποποίηση και Ποιότητα στη σύγχρονη κοινωνία. 2008. ΜΕ-ΤΠΔΠ ΤΕΕ.
- Νταλός, Γ. Η ανάγκη εφαρμογής του CE στα προϊόντα ξύλου. Τ.Ε.Ι. Λάρισας Παράρτημα Καρδίτσας, Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου.

- Σταύρος Κυριάκου, Κυπριακός Οργανισμός Τυποποίησης (CYS). 2013. Εναρμονισμένα Πρότυπα-CE Marking-Δήλωση Επίδοσης.
- APA-The Engineered Wood Association, 1996. Manual For Engineered Wood Construction. Κεφ.1, 2.
- Moody, R. C. 1997. Glued-Laminated Timber. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory Madison, Wisconsin.
- Κακαράς, Ι. Εφαρμογές του ξύλου στην Ελλάδα από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα. Τ.Ε.Ι. Λάρισας
- Βιδάλης, Δ. 2005. Πιστοποίηση Προϊόντων (Σήμανση CE). Θεσσαλονίκη.
- European Commission, 2002. The definition of factory production in technical specification for construction products. <http://europa.eu.int/comm/enterprise/construction/index.htm>.
- PRS Certyfikacja, 2014. Instructions for certification of factory production control, Gdansk, Poland.

Παράρτημα 1

Πίνακας 1: Ευρωκώδικες (ΕΛΟΤ)

A/A	Κωδικός Αριθμός	Τίτλος
Ευρωκώδικας 0	ΕΛΟΤ EN 1990	Βάσεις Σχεδιασμού
Ευρωκώδικας 1	ΕΛΟΤ EN 1991	Δράσεις στους Φορείς
Ευρωκώδικας 2	ΕΛΟΤ EN 1992	Σχεδιασμός Φορέων από Σκυρόδεμα
Ευρωκώδικας 3	ΕΛΟΤ EN 1993	Σχεδιασμός Φορέων από Χάλυβα
Ευρωκώδικας 4	ΕΛΟΤ EN 1994	Σχεδιασμός Σύμμεικτων Φορέων από Χάλυβα και Σκυρόδεμα
Ευρωκώδικας 5	ΕΛΟΤ EN 1995	Σχεδιασμός Ξύλινων Φορέων
Ευρωκώδικας 6	ΕΛΟΤ EN 1996	Σχεδιασμός Φορέων από Τοιχοποιία
Ευρωκώδικας 7	ΕΛΟΤ EN 1997	Γεωτεχνικός Σχεδιασμός
Ευρωκώδικας 8	ΕΛΟΤ EN 1998	Αντισεισμικός Σχεδιασμός
Ευρωκώδικας 9	ΕΛΟΤ EN 1997	Σχεδιασμός Φορέων από Αλουμίνιο

Πίνακας 2: Ορισμένα προϊόντα ξύλου που οφείλουν να φέρουν σήμανση CE

Προϊόν	Εύλου	προς	Εναρμονισμένο Πρότυπο	Ημερομηνία Εφαρμογής	Σύστημα Επιβεβαίωσης Συμόρφωσης
Τεχνικές Ξυλοπλάκες			EN 13986	1/6/2006	1, 2+, 3, 4
Επικολλητή Ξυλεία			EN 14080	1/4/2009	1
Ορθογωνισμένη Δομική Ξυλεία			EN 14081-1	1/9/2009	2+
Δομική Ξυλεία με Στρόγγυλη Διατομή			EN 14544		2+
Ξύλινοι Στύλοι			EN 14229		2+
Ξύλινοι Προκατασκευασμένοι Τοίχοι			EN 14732		1
LVL για Δομική Χρήση			EN 14374		3, 4
Συνδετικά Υλικά Ξύλινων Κατασκευών			EN 14592		3, 4
Στοιχεία Στεγών			EN 14964		1, 3, 4
Ξύλινα Πατώματα - Συμπαγή Επικολλητά Προϊόντα			EN 13228	1/1/2008	3, 4
Ξύλινα Πατώματα - Σανίδες Κωνοφόρων			EN 13990	1/1/2008	3, 4

Πίνακας 3: Κατηγορίες αντοχών επικολλητής ξυλείας

Κατηγορίες αντοχών φυσικής ξυλείας κωνοφόρων και λεύκης (ΕΛΟΤ, EN 338)

Αντοχές (N/mm ²)	σύμβολο	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40
Κάμψη	f _{m,k}	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40
Εφελκυσμός // στις ίνες	f _{t,0,k}	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24
Εφελκυσμός κάθετα στις ίνες	f _{t,90,k}	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6
Θλίψη // στις ίνες	f _{c,0,k}	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26
Θλίψη κάθετα στις ίνες	f _{c,90,k}	2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
Διάτμηση	f _{v,k}	1,7	1,8	2	2,2	2,4	2,5	2,8	3	3,4	3,8
Μέσο μέτρο ελαστικότητας // στις ίνες	E _{0,mean}	7000	8000	9000	9500	10000	11000	11500	12000	13000	14000
(0,05%) μέτρο ελαστικότητας// στις ίνες	E _{0,05}	4700	5400	6000	6400	6700	7400	7700	8000	8700	9400
Μέσο μέτρο ελαστικότητας κάθετα στις ίνες	E _{90,mean}	230	270	300	320	330	370	380	400	430	470
Μέσο μέτρο διάτμησης	G _{mean}	440	500	560	590	630	690	720	750	810	880
Μέση τιμή πυκνότητας (kg/m ³)	ρ _{mean}	350	370	380	390	410	350	450	460	480	500
Χαρακτηριστική τιμή πυκνότητας	ρ _k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420

Πίνακας 4: Κατηγορίες αντοχών για φυσική ξυλεία πλατύφυλλων


Κατηγορίες αντοχών φυσικής ξυλείας πλατύφυλλων (ΕΛΟΤ, EN 338)							
Αντοχές (N/mm²)	σύμβολο	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Κάμψη	f _{m,k}	30	35	40	50	60	70
Εφελκυσμός // στις ίνες	f _{t,0,k}	18	21	24	30	36	42
Εφελκυσμός κάθετα στις ίνες	f _{t,90,k}	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Θλίψη // στις ίνες	f _{c,0,k}	23	25	26	29	32	34
Θλίψη κάθετα στις ίνες	f _{c,90,k}	8	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Διάτμηση	f _{v,k}	3	3,4	3,8	4,6	5,3	6
Μέσο μέτρο ελαστικότητας // στις ίνες	E _{0,mean}	10000	10000	11000	14000	17000	20000
(0,05%) μέτρο ελαστικότητας// στις ίνες	E _{0,05}	8000	8700	9400	11800	14300	16800
Μέσο μέτρο ελαστικότητας κάθετα στις ίνες	E _{90,mean}	640	690	750	930	1130	1330
Μέσο μέτρο διάτμησης	G _{mean}	600	650	700	880	1060	1250
Μέση τιμή πυκνότητας (kg/m ³)	ρ _{mean}	640	670	700	780	840	1080
Χαρακτηριστική τιμή πυκνότητας	ρ _k	530	560	590	650	700	900

Πίνακας 5: Κατηγορίες αντοχών επικολλητής ξυλείας

Κατηγορίες αντοχών επικολλητής ξυλείας (ΕΛΟΤ, EN 1194)

Αντοχές (N/mm ²)	σύμβολο	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h	GL24c	GL28c	GL32c	GL36c
		Ομογενής επικολλητή ξυλεία				Ανομοιογενής επικολλητή ξυλεία			
Κάμψη	f _{m,k}	14	16	18	20	22	24	27	30
Εφελκυσμός // στις ίνες	f _{t,0,k}	8	10	11	12	13	14	16	18
Εφελκυσμός κάθετα στις ίνες	f _{t,90,k}	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6
Θλίψη // στις ίνες	f _{c,0,k}	16	17	18	19	20	21	22	23
Θλίψη κάθετα στις ίνες	f _{c,90,k}	2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
Διάτμηση	f _{v,k}	1,7	1,8	2	2,2	2,4	2,5	2,8	3
Μέσο μέτρο ελαστικότητας // στις ίνες	E _{0,mean}	7000	8000	9000	9500	10000	11000	11500	12000
(0,05%) μέτρο ελαστικότητας// στις ίνες	E _{0,05}	4700	5400	6000	6400	6700	7400	7700	8000
Μέσο μέτρο ελαστικότητας κάθετα στις ίνες	E _{90,mean}	230	270	300	320	330	370	380	400
Μέσο μέτρο διάτμησης	G _{mean}	440	500	560	590	630	690	720	750
Μέση τιμή πυκνότητας (kg/m ³)	ρ _{mean}	350	370	380	390	410	350	450	460
Χαρακτηριστική τιμή πυκνότητας	ρ _k	290	310	320	330	340	350	370	380

Παράρτημα 2

 1865	<i>Marquage CE de conformité, constitué du symbole CE spécifié dans la Directive 93/68/CEE</i>
Ets YYY., Adresse, Ville, Code postal 07 1865 - CPD - XXX..	<i>Numéro d'identification de l'organisme de certification</i> <i>Nom ou marque d'identification et adresse déclarée du fabricant</i> <i>Deux derniers chiffres de l'année d'apposition du marquage</i> <i>Numéro du certificat</i>
EN 14080 Bois lamellé collé, classe de résistance GL 24 Adhésif de type I selon l'EN 301 Épicéa : Picea abies Classe de formaldéhyde : Classe E1 Réaction au feu : Classe D-s2,d0 Classe de durabilité : Classe 4	<i>Numéro de la Norme européenne</i> <i>Description du produit</i> <i>et</i> <i>informations sur les caractéristiques réglementées</i>

Εικόνα 1: Σήμανση πιστοποίησης CE