

Εφαρμογή Καινοτόμου Τεχνολογίας Παραγωγής Εμποτισμένης Ξυλείας Μαύρης Πεύκης και Οξιάς με Εφαρμογή Φυσικών Ελαίων

Καραστεργίου Σωτήριος, Μπιρμπίλης Δημήτριος
Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου
ΤΕΙ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΚΑΡΔΙΤΣΑ 43100, ΕΛΛΑΔΑ
karaso@teilar.gr, dmpirmpi@teilar.gr

Περίληψη—Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε η συμπεριφορά εμποτισμένης με φυσικό έλαιο (κραμβέλαιο) ξυλείας μαύρης πεύκης και οξιάς μετά από έκθεση της σε εξωτερικές συνθήκες για αρκετούς μήνες. Εφαρμόστηκαν διαδοχικά πέντε προγράμματα εμποτισμού με συνεχείς τροποποιήσεις των παραμέτρων ώστε να καταδειχθεί στο τέλος η βέλτιστη μέθοδος εμποτισμού με κραμβέλαιο για κάθε είδος ξυλείας.

Λέξεις κλειδιά—εμποτισμός, φυσικά έλαια, πεύκη, οξύ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με το προτεινόμενο ερευνητικό έργο υιοθετείται μια καινοτόμος διαδικασία προληπτικού χειρισμού των επίπλων εξωτερικού χώρου με μίγμα φυσικών ελαίων και συντηρητικών σε περιβάλλον κενού, παράλληλα προς την εφαρμογή κατάλληλης μεθόδου συναρμολόγησης και συγκόλλησης της ξύλινης κατασκευής και εφαρμογής της τελικής επικάλυψης του επίπλου.

Στόχος του συνολικού προγράμματος είναι η αναζήτηση του αποτελεσματικότερου δυνατού συνδυασμού ελαίων, συγκολλητικής ουσίας, είδους ξύλου και μεθόδου εμποτισμού, συγκόλλησης και επάλειψης των στρώσεων επικάλυψης των επίπλων, ώστε να επιτευχθεί ο βέλτιστος δυνατός εμποτισμός των ξύλινων στοιχείων με φυσικά έλαια, μειώνοντας σημαντικά το φαινόμενο της ρίκνωσης και διόγκωσης και καθιστώντας το έπιπλο μια διαστασιακά πολύ σταθερή κατασκευή. Με αυτόν τον τρόπο θα παραχθούν έπιπλα εξωτερικού χώρου, τα οποία δε θα επηρεάζονται από τις πολύ συνηθισμένες για το μεσογειακό κλίμα εναλλαγές των κλιματικών συνθηκών, θα έχουν σταθερές διαστάσεις, θα είναι το ίδιο εύκολα στο χειρισμό τους καθόλη τη διάρκεια του χρόνου και το κυριότερο δε θα απαιτούν συχνή συντήρηση και βαφή.

Το προτεινόμενο ερευνητικό έργο περιλαμβάνει το χειρισμό πιστής ξυλείας μαύρης πεύκης και οξιάς με επιλογή από διαλύματα διαφόρων ελαίων φυσικής προέλευσης όπως έλαιο ελαιοκράμβης, ελαιόλαδο (πυρηνέλαιο), λινέλαιο, κ.α., και αποδεκτών συντηρητικών ξύλου, σε περιβάλλον κενού και χαμηλής πίεσης, με σκοπό να μειωθεί η υγροσκοπικότητα του ξύλου, να αυξηθεί η ακρίβεια και σταθερότητα των

διαστάσεων και να αποτραπεί η προσβολή του ξύλου από μύκητες και έντομα. Παράλληλα θα διερευνηθεί και η δυνατότητα συγκόλλησης του εμποτισμένου ξύλου.

Στο 1^ο Πακέτο εργασίας («Ανάπτυξη καινοτόμου τεχνολογίας εμποτισμού πιστής ξυλείας με φυσικά έλαια σε πρόγραμμα διπλού κενού και μικρής πίεσης») διερευνάται η δυνατότητα εμποτισμού ελληνικής ξυλείας μαύρης πεύκης (*Pinus nigra*) και οξιάς (*Fagus sylvatica*) με φυσικά έλαια (κραμβέλαιο – rare oil). Ο εμποτισμός πραγματοποιήθηκε σε ειδικό εργαστηριακό θάλαμο εμποτισμού (Εικ. 1) που διαθέτει το Εργαστήριο Τεχνολογίας Ξύλου του Τμήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου, του ΤΕΙ Θεσσαλίας.



Εικ. 1. Θάλαμος εμποτισμού ξυλείας (Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου – Επίπλου, ΤΕΙ Θεσσαλίας).

II. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Στη συγκεκριμένη πειραματική προσπάθεια μελετήθηκε η συγκράτηση ελαίου (oil retention) του ξύλου οξιάς και μαύρης πεύκης το οποίο εκτέθηκε σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες (Εικ. 2 και Εικ. 3). Για τον προσδιορισμό της συγκράτησης ελαίου (oil retention) σε εμποτισμένη με έλαια ξυλεία οξιάς και μαύρης πεύκης, η οποία εκτέθηκε σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, ακολουθήθηκε η διαδικασία που περιγράφεται παρακάτω.

- πίση - πλάνισμα - γώνιασμα δοκιμίων με τελικές διαστάσεις 5 x 5 x 100cm,
- μέτρηση βάρους των δοκιμίων,
- υπολογισμός του όγκου (μέτρηση αρχικών διαστάσεων),
- υπολογισμός της περιεχόμενης υγρασίας,
- υπολογισμός της πυκνότητας,
- εμποτισμός με κραμβέλαιο,
- επανειλημμένη ζύγιση των δοκιμίων με ζυγό ακριβείας, και
- υπολογισμός της συγκράτησης ελαίου με τη βοήθεια του ακόλουθου τύπου:

$$OR = (M2-M1) / V$$

όπου:

OR = συγκράτηση ελαίου, σε kg/m³,

M2 = βάρος δείγματος μετά τον εμποτισμό, σε kg,

M1 = βάρος δείγματος πριν τον εμποτισμό, σε kg, και

V = όγκος δείγματος πριν τον εμποτισμό, σε m³.



Εικ. 2. Εμποτισμένα με κραμβέλαιο δοκίμια οξιάς και μαύρης πεύκης.



Εικ. 3. Δοκίμια οξιάς και μαύρης πεύκης εκτεθειμένα σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Τα πέντε προγράμματα εμποτισμού που εφαρμόστηκαν πάνω στην ξυλεία περιγράφονται αναλυτικά ως εξής:

Πείραμα 1_ο : εισαγωγή ξύλινων δοκιμίων στο θάλαμο και ερμητικό κλείσιμο αυτού, εφαρμογή αρχικού κενού 0,5bar για 15min, γέμισμα του θαλάμου με κραμβέλαιο για 1min, αύξηση της πίεσης στα 5bar και διατήρηση αυτής για 45min, αφαίρεση

πίεσης, άδειασμα του κραμβελαίου, τελικό κενό 0,5bar για 15min, και εξαγωγή ξύλινων δοκιμίων.

Πείραμα 2_ο : εισαγωγή ξύλινων δοκιμίων στο θάλαμο και ερμητικό κλείσιμο αυτού, εφαρμογή αρχικής πίεσης 1,2bar για 15min, γέμισμα του θαλάμου με κραμβέλαιο για 2,5min, αύξηση της πίεσης στα 5bar και διατήρηση αυτής για 45min, αφαίρεση πίεσης, άδειασμα του κραμβελαίου, τελικό κενό 0,5bar για 15min, και εξαγωγή ξύλινων δοκιμίων.

Με τη μέθοδο αυτή το τελικό κενό σε συνδυασμό με την αρχική πίεση (του αέρα στις κυτταρικές κοιλότητες), βοηθά την έξοδο του πλεονάζοντος ελαίου από το ξύλο. Η αρχική πίεση γέμισε με αέρα τις κυτταρικές κοιλότητες του ξύλου, με αποτέλεσμα να εξωθείτε από αυτές το έλαιο κατά το στάδιο της εισαγωγής του.

Πείραμα 3_ο : εισαγωγή ξύλινων δοκιμίων στο θάλαμο και ερμητικό κλείσιμο αυτού, εφαρμογή αρχικού κενού 0,5bar για 15min, γέμισμα του θαλάμου με κραμβέλαιο για 1min, αύξηση της πίεσης στα 5bar και διατήρηση αυτής για 45min, αφαίρεση πίεσης, άδειασμα του κραμβελαίου, τελικό κενό 0,5bar για 30min, και εξαγωγή ξύλινων δοκιμίων.

Με τη μέθοδο αυτή το αρχικό κενό βοηθά στο να εισχωρήσει το έλαιο στις κυτταρικές κοιλότητες. Το τελικό κενό βοηθά την έξοδο του πλεονάζοντος ελαίου από το ξύλο.

Πείραμα 4_ο : εισαγωγή ξύλινων δοκιμίων στο θάλαμο και ερμητικό κλείσιμο αυτού, εφαρμογή αρχικής πίεσης 0,3bar για 30min, γέμισμα του θαλάμου με κραμβέλαιο για 3min, αύξηση της πίεσης στα 5,5bar και διατήρηση αυτής για 45min, αφαίρεση πίεσης, άδειασμα του κραμβελαίου, τελικό κενό 0,6bar για 30 min, και εξαγωγή ξύλινων δοκιμίων.

Με τη μέθοδο αυτή το τελικό κενό σε συνδυασμό με την αρχική πίεση (του αέρα στις κυτταρικές κοιλότητες), βοηθά την έξοδο του πλεονάζοντος ελαίου από το ξύλο. Η αρχική πίεση γέμισε με αέρα τις κυτταρικές κοιλότητες του ξύλου, με αποτέλεσμα να εξωθείτε από αυτές το έλαιο κατά το στάδιο της εισαγωγής του.

Πείραμα 5_ο :

Με βάση τα προηγούμενα αποτελέσματα πραγματοποιήθηκε το 5ο πείραμα. Για κάθε είδος ξύλου ξεχωριστά ακολουθήθηκε διαφορετικό πρόγραμμα ξήρανσης. Το πρόγραμμα ξήρανσης που ακολουθήθηκε για την οξιά περιελάμβανε τα ακόλουθα στάδια: εισαγωγή ξύλινων δοκιμίων στο θάλαμο και ερμητικό κλείσιμο αυτού, εφαρμογή αρχικής πίεσης 0,3bar για 30min, γέμισμα του θαλάμου με κραμβέλαιο για 3min, αύξηση της πίεσης στα 3bar και διατήρηση αυτής για 25min, αφαίρεση πίεσης, άδειασμα του κραμβελαίου, τελικό κενό 0,6bar για 30 min, και εξαγωγή ξύλινων δοκιμίων.

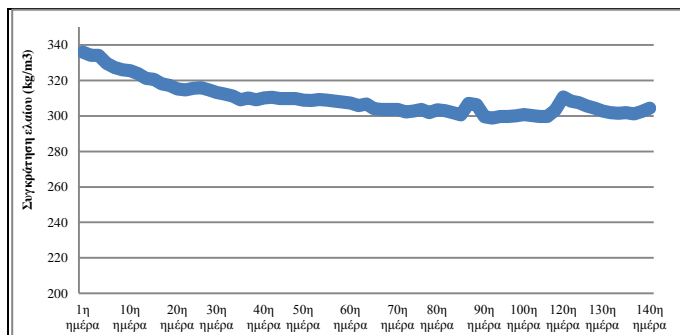
Το πρόγραμμα ξήρανσης που ακολουθήθηκε για τη μαύρη πεύκη περιελάμβανε τα ακόλουθα στάδια: εισαγωγή ξύλινων δοκιμίων στο θάλαμο και ερμητικό κλείσιμο αυτού, εφαρμογή αρχικής πίεσης 0,3bar για 30min, γέμισμα του θαλάμου με κραμβέλαιο 3min, αύξηση της πίεσης στα 3,5bar και

διατήρηση αυτής για 45min, αφαίρεση πίεσης, άδειασμα του κραμβελαίου, τελικό κενό 0,6bar για 30 min, και εξαγωγή ξύλινων δοκιμίων.

III. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

A. Πείραμα 1_ο

Τα αποτελέσματα της συγκράτησης ελαίου (oil retention) για τα δοκίμια της οξιάς που εκτέθηκαν σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, παρουσιάζονται στο Σχ. 1. Όπως παρατηρούμε από το Σχ. 1 η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της οξιάς ανήλθε στα 335,89 kg/m³. Μετά από 140 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η συγκράτηση ελαίου μειώθηκε στα 304,39 kg/m³ (μείωση 9,38%). Συνολικά το ξύλο της οξιάς παρουσίασε συγκράτηση 309,27 kg/m³.

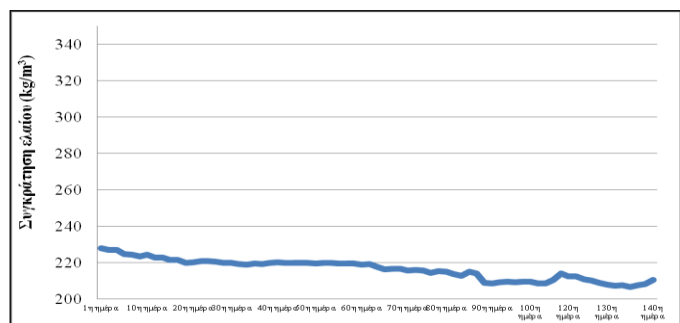


Σχ. 1 Συγκράτηση ελαίου (oil retention) ξυλείας οξιάς που εκτέθηκε σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Γενικά, το βάρος του εμποτισμένου με έλαια ξύλου οξιάς μειωνόταν τις πρώτες 90 ημέρες. Ο ρυθμός απώλειας βάρους το 1ο και το 2ο δεκαήμερο κυμάνθηκε στο 3,14%, και ακολούθως (από το 3ο έως και το 9ο δεκαήμερο) μειώθηκε αισθητά και κυμάνθηκε από 0,08% (8ο δεκαήμερο) έως 1,30% (9ο δεκαήμερο). Ακολούθησαν 2 δεκαήμερα (10ο και 11ο) όπου το βάρος των δοκιμίων αυξήθηκε έως 3,28%, εξαιτίας της πρόσληψης υγρασίας από το περιβάλλον. Στα τελευταία δύο δεκαήμερα (13ο και 14ο), το βάρος των δοκιμίων σταθεροποιήθηκε και αυξήθηκε ελάχιστα (0,52%).

Από τα ανωτέρω συμπεραίνουμε ότι μετά από 4,5 μήνες έκθεσης σε εξωτερικές συνθήκες, το βάρος του εμποτισμένου με κραμβέλαιο ξύλου οξιάς, σταθεροποιείται.

Τα αποτελέσματα της συγκράτησης ελαίου (oil retention) για τα δοκίμια της μαύρης πεύκης που εκτέθηκαν σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, παρουσιάζονται στο Σχ. 2.



Σχ. 2. Συγκράτηση ελαίου (oil retention) ξυλείας μαύρης πεύκης που εκτέθηκε σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

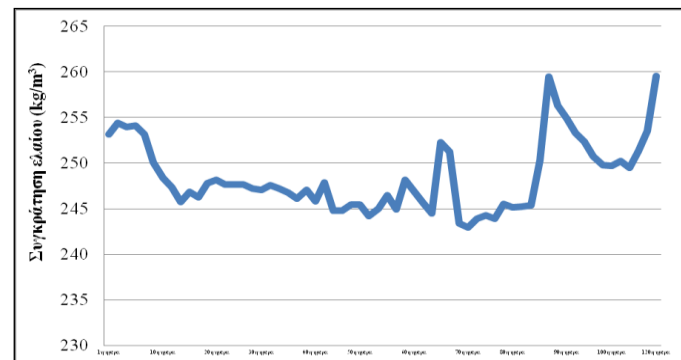
Όπως παρατηρούμε από το Σχ. 2 η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της μαύρης πεύκης ανήλθε στα 227,91 kg/m³. Μετά από 140 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η συγκράτηση ελαίου μειώθηκε στα 210,67 kg/m³ (μείωση 7,57%). Συνολικά το ξύλο της μαύρης πεύκης παρουσίασε συγκράτηση 216,39 kg/m³.

Γενικά, το βάρος του εμποτισμένου με έλαια ξύλου μαύρης πεύκης μειωνόταν τις πρώτες 90 ημέρες. Ο ρυθμός απώλειας βάρους το 1ο και το 2ο δεκαήμερο κυμάνθηκε στο 1,70%, και ακολούθως (από το 3ο έως και το 9ο δεκαήμερο) μειώθηκε αισθητά και κυμάνθηκε από 0,15% (3ο δεκαήμερο) έως 2,94% (9ο δεκαήμερο). Ακολούθησαν 2 δεκαήμερα (10ο και 11ο) όπου το βάρος των δοκιμίων αυξήθηκε έως 1,41%, εξαιτίας της πρόσληψης υγρασίας από το περιβάλλον. Στα τελευταία δύο δεκαήμερα (13ο και 14ο), το βάρος των δοκιμίων σταθεροποιήθηκε και μειώθηκε ελάχιστα (0,92%).

Από τα ανωτέρω συμπεραίνουμε ότι μετά από 4,5 μήνες έκθεσης σε εξωτερικές συνθήκες, το βάρος του εμποτισμένου με κραμβέλαιο ξύλου μαύρης πεύκης, σταθεροποιείται.

B. Πείραμα 2_ο

Τα αποτελέσματα της συγκράτησης ελαίου (oil retention) για τα δοκίμια της οξιάς που εκτέθηκαν σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, παρουσιάζονται στο Σχ. 3.



Σχ. 3. Συγκράτηση ελαίου (oil retention) ξυλείας οξιάς που εκτέθηκε σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Όπως παρατηρούμε από το Σχ. 3 η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της οξιάς ανήλθε στα 253,19 kg/m³. Μετά από 120 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η συγκράτηση ελαίου αυξήθηκε στα 259,56 kg/m³ (αύξηση 2,52%). Συνολικά το ξύλο της οξιάς παρουσίασε συγκράτηση 248,47 kg/m³.

Γενικά, το βάρος του εμποτισμένου με έλαια ξύλου οξιάς μειωνόταν τις πρώτες 50 ημέρες. Ο ρυθμός απώλειας βάρους τα πρώτα 5 δεκαήμερα ήταν μικρός και κυμάνθηκε μετά το 1ο δεκαήμερο σε χαμηλά επίπεδα από 0,1% (2ο δεκαήμερο) έως 0,51% (4ο δεκαήμερο). Από το 6ο δεκαήμερο και μετά το βάρος της εμποτισμένης ξυλείας αυξομειωνόταν. Κατά το 6ο δεκαήμερο το βάρος των δοκιμίων αυξήθηκε κατά 0,6%, το επόμενο δεκαήμερο (7ο) μειώθηκε κατά 1,62%, τα επόμενα δύο δεκαήμερα (8ο και 9ο) αυξήθηκε έως 4,94%. Το 11ο δεκαήμερο τα δοκίμια παρουσίασαν απώλεια βάρους (2,03%) και το τελευταίο αύξηση 3,93%.

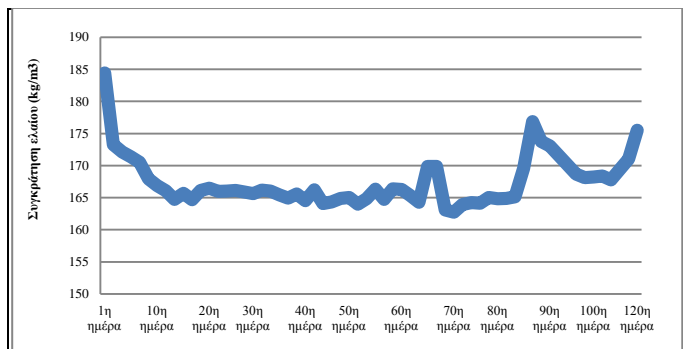
Από τα ανωτέρω συμπεραίνουμε ότι μετά από 50 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές συνθήκες, το βάρος του εμποτισμένου

με κραμβέλαιο ξύλου οξιάς, σταθεροποιείται. Περαιτέρω έκθεση του εμποτισμένου ξύλου σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες προκαλεί μικροαυξομειώσεις στο βάρος του.

Τα αποτελέσματα της συγκράτησης ελαίου (oil retention) για τα δοκίμια της μαύρης πεύκης που εκτέθηκαν σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, παρουσιάζονται στο Σχ. 4.

Όπως παρατηρούμε από το Σχ. 4 η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της μαύρης πεύκης ανήλθε στα 184,44 kg/m³. Μετά από 120 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η συγκράτηση ελαίου μειώθηκε στα 175,49 kg/m³ (μείωση 4,85%). Συνολικά το ξύλο της μαύρης πεύκης παρουσίασε συγκράτηση 216,39 kg/m³.

Γενικά, το βάρος του εμποτισμένου με έλαια ξύλου μαύρης πεύκης μειωνόταν τις πρώτες 70 ημέρες. Ο ρυθμός απώλειας βάρους τα πρώτα 6 δεκαήμερα ήταν μικρός και κυμάνθηκε μετά το 1ο δεκαήμερο σε χαμηλά επίπεδα από 0,25% (2ο δεκαήμερο) έως 2,11% (7ο δεκαήμερο). Από το 8ο δεκαήμερο και μετά το βάρος της εμποτισμένης ξυλείας αυξομειώνονταν. Κατά το 8ο δεκαήμερο το βάρος των δοκιμίων αυξήθηκε κατά 1,28% και το επόμενο δεκαήμερο (9ο) επίσης αυξήθηκε κατά 4,99%. Το 11ο δεκαήμερο τα δοκίμια παρουσίασαν απώλεια βάρους (2,81%) και το τελευταίο αύξηση 4,32%.

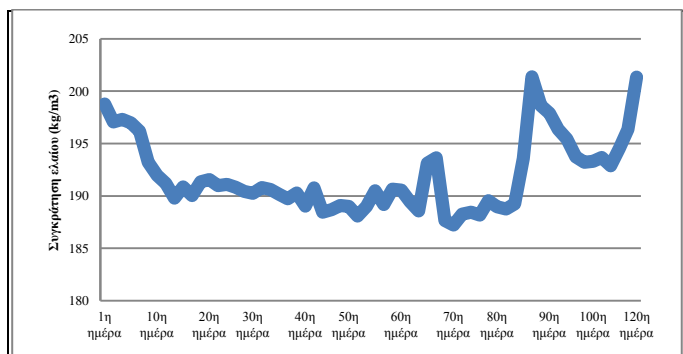


Σχ. 4. Συγκράτηση ελαίου (oil retention) ξυλείας μαύρης πεύκης που εκτέθηκε σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Από τα ανωτέρω συμπεραίνουμε ότι μετά από 70 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές συνθήκες, το βάρος του εμποτισμένου με κραμβέλαιο ξύλου οξιάς, σταθεροποιείται. Περαιτέρω έκθεση του εμποτισμένου ξύλου σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες προκαλεί μικροαυξομειώσεις στο βάρος του.

C. Πείραμα 3ο

Τα αποτελέσματα της συγκράτησης ελαίου (oil retention) για τα δοκίμια της οξιάς που εκτέθηκαν σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, παρουσιάζονται στο Σχ. 5.



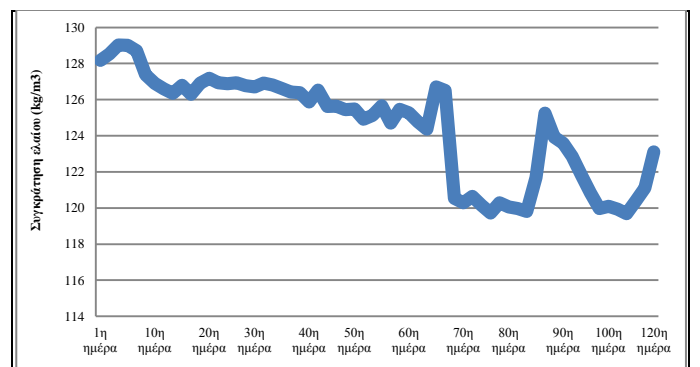
Σχ. 5. Συγκράτηση ελαίου (oil retention) ξυλείας οξιάς που εκτέθηκε σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Όπως παρατηρούμε από το Σχ. 5 η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της οξιάς ανήλθε στα 198,78 kg/m³. Μετά από 120 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η συγκράτηση ελαίου αυξήθηκε στα 201,33 kg/m³ (αύξηση 1,28%). Συνολικά το ξύλο της οξιάς παρουσίασε συγκράτηση 191,9 kg/m³.

Γενικά, το βάρος του εμποτισμένου με έλαια ξύλου οξιάς μειωνόταν τις πρώτες 50 ημέρες. Ο ρυθμός απώλειας βάρους τα πρώτα 5 δεκαήμερα ήταν μικρός και κυμάνθηκε μετά το 1ο δεκαήμερο σε χαμηλά επίπεδα από 0,02% (5ο δεκαήμερο) έως 0,69% (3ο δεκαήμερο). Από το 6ο δεκαήμερο και μετά το βάρος της εμποτισμένης ξυλείας αυξομειώνονταν. Κατά το 6ο δεκαήμερο το βάρος των δοκιμίων αυξήθηκε κατά 0,82%, το επόμενο δεκαήμερο (7ο) μειώθηκε κατά 1,74%, τα επόμενα δύο δεκαήμερα (8ο και 9ο) αυξήθηκε έως 5,69%. Το 10ο δεκαήμερο τα δοκίμια παρουσίασαν απώλεια βάρους (2,31%) και το τελευταίο αύξηση (4,15%).

Από τα ανωτέρω συμπεραίνουμε ότι μετά από 50 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές συνθήκες, το βάρος του εμποτισμένου με κραμβέλαιο ξύλου οξιάς, σταθεροποιείται. Περαιτέρω έκθεση του εμποτισμένου ξύλου σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες προκαλεί μικροαυξομειώσεις στο βάρος του.

Τα αποτελέσματα της συγκράτησης ελαίου (oil retention) για τα δοκίμια της μαύρης πεύκης που εκτέθηκαν σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, παρουσιάζονται στο Σχ. 6.



Σχ. 6. Συγκράτηση ελαίου (oil retention) ξυλείας μαύρης πεύκης που εκτέθηκε σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Όπως παρατηρούμε από το Σχ. 3.3. η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της μαύρης πεύκης ανήλθε στα 128,18 kg/m³. Μετά από 120 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η συγκράτηση ελαίου μειώθηκε στα 123,1 kg/m³ (μείωση 3,97%). Συνολικά το ξύλο της μαύρης πεύκης παρουσίασε συγκράτηση 124,5 kg/m³.

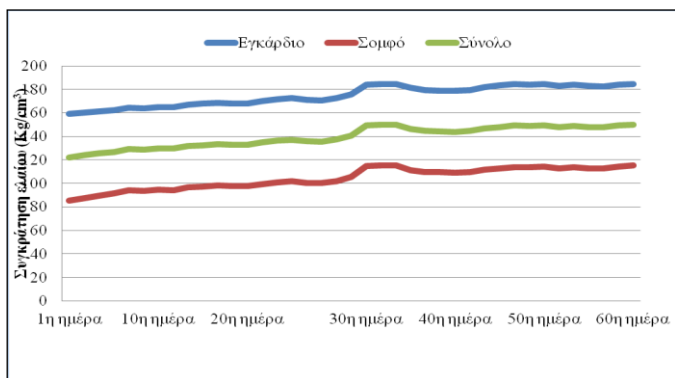
Γενικά, το βάρος του εμποτισμένου με έλαια ξύλου μαύρης πεύκης μειωνόταν τις πρώτες 60 ημέρες. Ο ρυθμός απώλειας βάρους τα πρώτα 6 δεκαήμερα ήταν μικρός και κυμάνθηκε μετά το 1ο δεκαήμερο σε χαμηλά επίπεδα από 0,17% (6ο δεκαήμερο) έως 0,65% (4ο δεκαήμερο). Από το 7ο δεκαήμερο και μετά το βάρος της εμποτισμένης ξυλείας αυξομειώνονταν. Κατά το 7ο δεκαήμερο το βάρος των δοκιμίων αρχικά αυξήθηκε και κατόπιν μειώθηκε απότομα κατά 4,92%. Στο 8ο δεκαήμερο συνεχίστηκε ελαφρά απώλεια βάρους (0,19%) και στο 9ο αύξηση 2,93%. Το 11ο δεκαήμερο τα δοκίμια

παρουσίασαν απώλεια βάρους 2,83% και το τελευταίο αύξηση 2,51%.

Από τα ανωτέρω συμπεραίνουμε ότι μετά από 60 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές συνθήκες, το βάρος του εμποτισμένου με κραμβέλαιο ξύλου μαύρης πεύκης, σταθεροποιείται. Περαιτέρω έκθεση του εμποτισμένου ξύλου σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες προκαλεί μικροαυξομειώσεις στο βάρος του.

D. Πείραμα 4ο

Τα αποτελέσματα της συγκράτησης ελαίου (oil retention) για τα δοκίμια της οξιιάς που εκτέθηκαν σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, παρουσιάζονται στο Σχ. 7.



Σχ. 7. Συγκράτηση ελαίου (oil retention) ξυλείας οξιιάς που εκτέθηκε σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

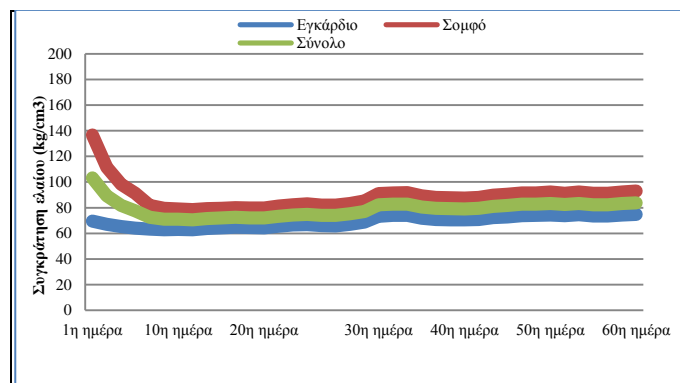
Όπως παρατηρούμε από το Σχ. 7 η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της οξιιάς ανήλθε στα 122,14 kg/m³. Μετά από 60 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η ξυλεία προσρόφησε υγρασία από το περιβάλλον και αυξήθηκε το βάρος της στα 149,89 kg/m³ (αύξηση 22,72%). Συνολικά το ξύλο της οξιιάς παρουσίασε συγκράτηση 139,58 kg/m³.

Γενικά ο ρυθμός πρόσληψης υγρασίας μειώνονταν με την πάροδο του χρόνου και κατά το τελευταίο (60) δεκαήμερο η αύξηση βάρους (πρόσληψη υγρασίας) ήταν μηδαμινή (0,4%). Εξάιρεση στην πτωτική τάση πρόσληψης της υγρασίας από το περιβάλλον, αποτέλεσε ένα χρονικό διάστημα περίπου 3 ημερών, όπου λόγω καταιγίδας τα δοκίμια ήρθαν σε άμεση επαφή με τη βροχή και αυξήθηκε απότομα το βάρος τους.

Το εγκάρδιο ξύλο οξιιάς παρουσίασε υψηλότερη συγκράτηση ελαίου από το σομό. Συνολικά το εγκάρδιο ξύλο οξιιάς παρουσίασε συγκράτηση 174,9 kg/m³ και το σομό 104,38 kg/m³. Η συγκράτηση ελαίου μετά από τον εμποτισμό, κυμάνθηκε για το εγκάρδιο ξύλο στα 159,4 kg/m³ και για το σομό στα 85,24 kg/m³ (διαφορά 87%). Με την πάροδο του χρόνου η διαφορά στην κατακράτηση ανάμεσα στο εγκάρδιο και το σομό ξύλο μειώθηκε στο 60,5%.

Από τα ανωτέρω συμπεραίνουμε ότι μετά από 2 μήνες έκθεσης σε εξωτερικές συνθήκες, το βάρος του εμποτισμένου με κραμβέλαιο ξύλου οξιιάς (εγκάρδιο και σομό), σταθεροποιείται.

Τα αποτελέσματα της συγκράτησης ελαίου (oil retention) για τα δοκίμια της μαύρης πεύκης που εκτέθηκαν σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, παρουσιάζονται στο Σχ. 8.



Σχ. 8. Συγκράτηση ελαίου (oil retention) ξυλείας μαύρης πεύκης που εκτέθηκε σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Όπως παρατηρούμε από το Σχ. 8, η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της μαύρης πεύκης ανήλθε στα 103,23 kg/m³. Το 1ο δεκαήμερο η εμποτισμένη ξυλεία απέβαλε κραμβέλαιο με αποτέλεσμα η συγκράτηση του ελαίου να μειωθεί στα 70,63 kg/m³. Μετά η εμποτισμένη ξυλεία προσρόφησε υγρασία από το περιβάλλον και αυξήθηκε το βάρος της στα 83,89 kg/m³ (αύξηση 18,77%). Συνολικά το ξύλο της μαύρης πεύκης παρουσίασε συγκράτηση 78,84 kg/m³.

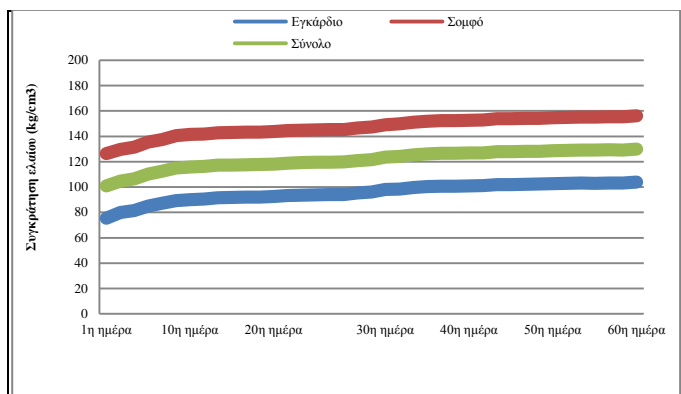
Γενικά ο ρυθμός πρόσληψης υγρασίας ήταν σταθερός με την πάροδο του χρόνου και κατά το τελευταίο (60) δεκαήμερο η αύξηση βάρους (πρόσληψη υγρασίας) ήταν μηδαμινή (0,7%). Εξάιρεση στην πτωτική τάση πρόσληψης της υγρασίας από το περιβάλλον, αποτέλεσε ένα χρονικό διάστημα περίπου 3 ημερών, όπου λόγω καταιγίδας τα δοκίμια ήρθαν σε άμεση επαφή με τη βροχή και αυξήθηκε απότομα το βάρος τους.

Το σομό ξύλο μαύρης πεύκης παρουσίασε υψηλότερη συγκράτηση ελαίου από το εγκάρδιο. Συνολικά το σομό ξύλο μαύρης πεύκης παρουσίασε συγκράτηση 88,60 kg/m³ και το εγκάρδιο 69,07 kg/m³. Η συγκράτηση ελαίου μετά από τον εμποτισμό, κυμάνθηκε για το σομό ξύλο στα 136,8 kg/m³ και για το εγκάρδιο στα 69,66 kg/m³ (διαφορά 96,38%). Με την πάροδο του χρόνου η διαφορά στην κατακράτηση ανάμεσα στο σομό και το εγκάρδιο ξύλο μειώθηκε στο 24,01%.

Από τα ανωτέρω συμπεραίνουμε ότι μετά από 2 μήνες έκθεσης σε εξωτερικές συνθήκες, το βάρος του εμποτισμένου με κραμβέλαιο ξύλου μαύρης πεύκης (εγκάρδιο και σομό), σταθεροποιείται.

E. Πείραμα 5ο

Τα αποτελέσματα της συγκράτησης ελαίου (oil retention) για τα δοκίμια της οξιιάς που εκτέθηκαν σε κλιματισμένες συνθήκες, παρουσιάζονται στο Σχ. 9. Όπως παρατηρούμε από το Σχ. 9 η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της οξιιάς ανήλθε στα 100,85 kg/m³. Μετά από 60 ημέρες έκθεσης σε κλιματισμένες συνθήκες, η ξυλεία προσρόφησε υγρασία από το περιβάλλον και αυξήθηκε το βάρος της στα 129,99 kg/m³ (αύξηση 28,89%). Συνολικά το ξύλο της οξιιάς παρουσίασε συγκράτηση 121,36 kg/m³. Γενικά ο ρυθμός πρόσληψης υγρασίας ήταν σταθερός με την πάροδο του χρόνου και κατά το τελευταίο (60) δεκαήμερο η αύξηση βάρους (πρόσληψη υγρασίας) ήταν μικρή (1,07%).

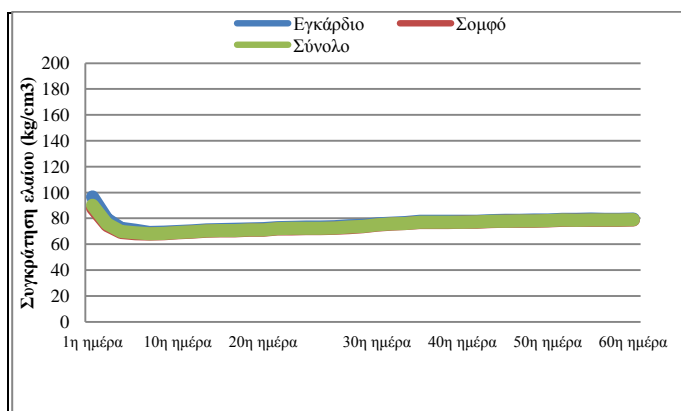


Σχ. 9. Συγκράτηση ελαίου (oil retention) ξυλείας οξιάς που εκτέθηκε σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Το σομφό ξύλο οξιάς παρουσίασε υψηλότερη συγκράτηση ελαίου από το εγκάρδιο. Συνολικά το σομφό ξύλο οξιάς παρουσίασε συγκράτηση $147,08 \text{ kg/m}^3$ και το εγκάρδιο $95,64 \text{ kg/m}^3$. Η συγκράτηση ελαίου μετά από τον εμποτισμό, κυμάνθηκε για το σομφό ξύλο στα $126,38 \text{ kg/m}^3$ και για το εγκάρδιο στα $75,33 \text{ kg/m}^3$ (διαφορά $67,77\%$). Με την πάροδο του χρόνου η διαφορά στην κατακράτηση ανάμεσα στο εγκάρδιο και το σομφό ξύλο μειώθηκε στο $50,34\%$.

Από τα ανωτέρω συμπεραίνουμε ότι μετά από 2 μήνες έκθεσης σε κλιματιζόμενες συνθήκες, το βάρος του εμποτισμένου με κραμβέλαιο ξύλου οξιάς (εγκάρδιο και σομφό), σταθεροποιείται.

Τα αποτελέσματα της συγκράτησης ελαίου (oil retention) για τα δοκίμια της μαύρης πεύκης που εκτέθηκαν σε κλιματισμένες συνθήκες, παρουσιάζονται στο Σχ. 10. Όπως παρατηρούμε από το Σχ. 10 η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της μαύρης πεύκης ανήλθε στα $90,15 \text{ kg/m}^3$. Μετά από 60 ημέρες έκθεσης σε κλιματισμένες συνθήκες, η ξυλεία απέβαλε περιεχόμενη υγρασία προς το περιβάλλον και ελαττώθηκε το βάρος της στα $78,94 \text{ kg/m}^3$ (μείωση $12,43\%$). Συνολικά το ξύλο της μαύρης πεύκης παρουσίασε συγκράτηση $74,77 \text{ kg/m}^3$.



Σχ. 10. Συγκράτηση ελαίου (oil retention) ξυλείας μαύρης πεύκης που εκτέθηκε σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Γενικά μετά από τις πρώτες 4 ημέρες ο ρυθμός αύξησης του βάρους ήταν σχετικά μικρός και κατά το τελευταίο (60) δεκαήμερο η αύξηση βάρους (πρόσληψη υγρασίας) ήταν μικρή ($0,97\%$). Το εγκάρδιο ξύλο μαύρης πεύκης παρουσίασε λίγο υψηλότερη συγκράτηση ελαίου από το σομφό. Συνολικά το

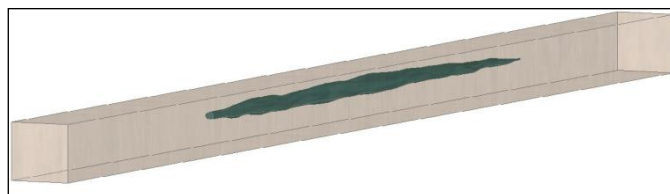
εγκάρδιο ξύλο μαύρης πεύκης παρουσίασε συγκράτηση $75,81 \text{ kg/m}^3$ και το σομφό $74,43 \text{ kg/m}^3$. Η συγκράτηση ελαίου μετά από τον εμποτισμό, κυμάνθηκε για το εγκάρδιο ξύλο στα $96,62 \text{ kg/m}^3$ και για το σομφό στα $87,99 \text{ kg/m}^3$ (διαφορά $9,81\%$). Μετά την πάροδο των 4 πρώτων ημερών η διαφορά στην κατακράτηση ανάμεσα στο εγκάρδιο και το σομφό ξύλο κυμάνθηκε από 1 έως $1,8\%$.

Από τα ανωτέρω συμπεραίνουμε ότι μετά από 2 μήνες έκθεσης σε κλιματιζόμενες συνθήκες, το βάρος του εμποτισμένου με κραμβέλαιο ξύλου μαύρης πεύκης (εγκάρδιο και σομφό), σταθεροποιείται.

Στα σχήματα 11 και 12 απεικονίζεται το βάθος εμποτισμού για κάθε είδος ξυλείας, που επιτεύχθηκε με τις δύο μεθόδους της 5ης πειραματικής διαδικασίας.



Σχ. 11. Τρισδιάστατη απεικόνιση βάθους εμποτισμού ξυλείας οξιάς με κραμβέλαιο



Σχ. 12. Τρισδιάστατη απεικόνιση βάθους εμποτισμού ξυλείας μαύρης πεύκης με κραμβέλαιο

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά την **1η πειραματική** διαδικασία τα δοκίμια οξιάς και μαύρης πεύκης εμποτίστηκαν με τη μέθοδο των πλήρων κυττάρων, η οποία περιελάμβανε τα ακόλουθα βασικά στάδια: αρχικό κενό $0,5 \text{ bar}$ για 15 min , πίεση 5 bar για 45 min , και τελικό κενό $0,5 \text{ bar}$ για 15 min . Η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της οξιάς ανήλθε στα $335,89 \text{ kg/m}^3$. Μετά από 140 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η συγκράτηση ελαίου μειώθηκε στα $304,39 \text{ kg/m}^3$ (μείωση $9,38\%$). Συνολικά το ξύλο της οξιάς παρουσίασε συγκράτηση $309,27 \text{ kg/m}^3$. Η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της μαύρης πεύκης ανήλθε στα $227,91 \text{ kg/m}^3$. Μετά από 140 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η συγκράτηση ελαίου μειώθηκε στα $210,67 \text{ kg/m}^3$ (μείωση $7,57\%$). Συνολικά το ξύλο της μαύρης πεύκης παρουσίασε συγκράτηση $216,39 \text{ kg/m}^3$. Μετά από 4,5 μήνες έκθεσης σε εξωτερικές συνθήκες, το βάρος του εμποτισμένου με κραμβέλαιο ξύλου οξιάς, σταθεροποιήθηκε.

Κατά την **2η πειραματική** διαδικασία τα δοκίμια οξιάς και μαύρης πεύκης εμποτίστηκαν με τη μέθοδο των κενών κυττάρων (Ruepping), η οποία περιελάμβανε τα ακόλουθα

βασικά στάδια: αρχική πίεση (χωρίς έλαιο) 1,2bar για 15min, πίεση 5bar για 45min, και τελικό κενό 0,5bar για 15min. Η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της οξιάς ανήλθε στα 253,19 kg/m³. Μετά από 120 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η συγκράτηση ελαίου αυξήθηκε στα 259,56 kg/m³ (αύξηση 2,52%). Συνολικά το ξύλο της οξιάς παρουσίασε συγκράτηση 248,47 kg/m³. Η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της μαύρης πεύκης ανήλθε στα 184,44 kg/m³. Μετά από 120 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η συγκράτηση ελαίου μειώθηκε στα 175,49 kg/m³ (μείωση 4,85%). Συνολικά το ξύλο της μαύρης πεύκης παρουσίασε συγκράτηση 216,39 kg/m³. Μετά από 2 μήνες έκθεση σε εξωτερικές συνθήκες, το βάρος του εμποτισμένου με κραμβέλαιο ξύλου οξιάς και μαύρης πεύκης, σταθεροποιείται. Περαιτέρω έκθεση του εμποτισμένου ξύλου σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες προκαλεί μικροαυξομειώσεις στο βάρος του.

Κατά την **3η πειραματική** διαδικασία τα δοκίμια οξιάς και μαύρης πεύκης εμποτίστηκαν με τη μέθοδο των πλήρων κυττάρων, η οποία περιελάμβανε τα ακόλουθα βασικά στάδια: αρχικό κενό 0,5bar για 15min, πίεση 5bar για 45min, και τελικό κενό 0,5bar για 30min. Η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της οξιάς ανήλθε στα 198,78 kg/m³. Μετά από 120 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η συγκράτηση ελαίου αυξήθηκε στα 201,33 kg/m³ (αύξηση 1,28%). Συνολικά το ξύλο της οξιάς παρουσίασε συγκράτηση 191,9 kg/m³. Η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της μαύρης πεύκης ανήλθε στα 128,18 kg/m³. Μετά από 120 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η συγκράτηση ελαίου μειώθηκε στα 123,1 kg/m³ (μείωση 3,97%). Συνολικά το ξύλο της μαύρης πεύκης παρουσίασε συγκράτηση 124,5 kg/m³. Μετά από 50 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές συνθήκες, το βάρος του εμποτισμένου με κραμβέλαιο ξύλου οξιάς και μαύρης πεύκης, σταθεροποιείται. Περαιτέρω έκθεση του εμποτισμένου ξύλου σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες προκαλεί μικροαυξομειώσεις στο βάρος του.

Κατά την **4η πειραματική** διαδικασία τα δοκίμια οξιάς και μαύρης πεύκης εμποτίστηκαν με τη μέθοδο των κενών κυττάρων (Ruerping), η οποία περιελάμβανε τα ακόλουθα βασικά στάδια: αρχική πίεση (χωρίς έλαιο) 0,3bar για 30min, πίεση 5,5bar για 45min, και τελικό κενό 0,6bar για 30min. Η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της οξιάς ανήλθε στα 122,14 kg/m³. Μετά από 60 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η ξυλεία προσρόφησε υγρασία από το περιβάλλον και αυξήθηκε το βάρος της στα 149,89 kg/m³ (αύξηση 22,72%). Συνολικά το ξύλο της οξιάς παρουσίασε συγκράτηση 139,58 kg/m³. Η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της μαύρης πεύκης ανήλθε στα 103,23 kg/m³. Το 1ο δεκαήμερο η εμποτισμένη ξυλεία απέβαλε κραμβέλαιο με αποτέλεσμα η συγκράτηση του ελαίου να μειωθεί στα 70,63 kg/m³. Μετά η εμποτισμένη ξυλεία προσρόφησε υγρασία από το περιβάλλον και αυξήθηκε το βάρος της στα 83,89 kg/m³ (αύξηση 18,77%). Συνολικά το ξύλο της μαύρης πεύκης παρουσίασε συγκράτηση 78,84 kg/m³. Μετά από 2 μήνες έκθεσης σε εξωτερικές συνθήκες, το βάρος του εμποτισμένου

με κραμβέλαιο ξύλου οξιάς και μαύρης πεύκης (εγκάρδιο και σμφό), σταθεροποιείται.

Κατά την **5η πειραματική** διαδικασία τα δοκίμια οξιάς εμποτίστηκαν με τη μέθοδο των κενών κυττάρων (Ruerping), η οποία περιελάμβανε τα ακόλουθα βασικά στάδια: αρχική πίεση (χωρίς έλαιο) 0,3bar για 30min, πίεση 3bar για 25min, και τελικό κενό 0,6bar για 30min. Τα δοκίμια μαύρης πεύκης εμποτίστηκαν με τη μέθοδο των κενών κυττάρων (Ruerping), η οποία περιελάμβανε τα ακόλουθα βασικά στάδια: αρχική πίεση (χωρίς έλαιο) 0,3bar για 30min, πίεση 3,5bar για 45min, και τελικό κενό 0,6bar για 30min. Η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της οξιάς ανήλθε στα 76,77 kg/m³. Μετά από 100 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η συγκράτηση ελαίου μειώθηκε στα 70,18 kg/m³ (μείωση 8,58%). Συνολικά το ξύλο της οξιάς παρουσίασε συγκράτηση κραμβελαίου 74,84 kg/m³. Η συγκράτηση ελαίου αμέσως μετά τον εμποτισμό για το σύνολο της μαύρης πεύκης ανήλθε στα 40,47 kg/m³. Μετά από 100 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η συγκράτηση ελαίου μειώθηκε στα 20,28 kg/m³ (μείωση 49,89%). Συνολικά το ξύλο της μαύρης πεύκης παρουσίασε συγκράτηση κραμβελαίου 25,92 kg/m³. Μετά από 100 ημέρες έκθεσης σε εξωτερικές συνθήκες, το βάρος του εμποτισμένου με κραμβέλαιο ξύλου οξιάς και μαύρης πεύκης (εγκάρδιο και σμφό), σταθεροποιείται.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) – Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ. Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Bak, M. and R. Nemeth. 2012. Modification of wood by oil heat treatment. In: *Proceedings* (Eds. Neményi M., Heil B., Kovács J., Facskó F.) of the "International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint", March 26-27 2012, Sopron, Hungary. Paper 11, pp. 1-5. (ISBN: 978-963-334-047-9).
- [2] Βουλγαρίδης, Η. 1986. Προστασία ξύλου σε υπηρεσία από προσβολές μυκήτων και εντόμων. *Δασικά Χρονικά* 1986, (7-12): 48-64.
- [3] Dubey, M.K.. 2010. Improvements in stability, durability and mechanical properties of radiata pine wood after heat-treatment in a vegetable oil. Doctoral thesis in Forestry at the University of Canterbury, p. 191.
- [4] Κακαράς Ι. 1984. Προστασία πιστής ξυλείας πεύκης από κύνωση με εμποτισμό. *Δασαρχείο Καλαμπάκας*.
- [5] Κακαράς Ι. 1989. Εμποτισμός με υδατοδιαλυτά εμποτιστικά ξύλου ελληνικών δασοπονικών ειδών. *Δαδ/κή διατριβή*. Α.Π.Θ. 1989.
- [6] Κακαράς Ι. 2008. *Τεχνολογία ξύλου*. ΙΩΝ Εκδοτική 2008.
- [7] Κακαράς Ι. 2013. *Τεχνολογία ξύλινων δομικών κατασκευών*. Εκδόσεις ΙΩΝ 2013.
- [8] Kaps, T., Reiska, R., Kallavus, U., Luga, Ü., Koolme, M. and J. Kers. 2012β. Effective protection of pinewood against fungal attack. *Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue 1*: 123-129.
- [9] Octavia, Z., Loredana, B. nad E. Beldean. 2011. Improvements in Stability of the Oil Treated Wood. *Recent Researches in Energy*,

Environment and Landscape Architecture. WSEAS Press, pp. 146-150. (ISBN: 978-1-61804-052-7).

- [10] Sailer M., A.O. Rapp and H. Leithoff. 2000. Improved Resistance of Scots pine and Spruce by application of an oil heat treatment. IRG/WP 00-40162.
- [11] Τσουμήζ, Γ. 2009. Επιστήμη και Τεχνολογία του ξύλου. Εκδόσεις Γαρταγάνη. Θεσσαλονίκη.
- [12] Jones D., B. Tjeerdsma, M. Spear and C. A. S. Hill 2005. Properties of wood following treatment with a modified hot oil. In proceedings of "The Second European Conference on Wood Modification" October 6th / 7th, 2005 Göttingen, Germany.
- [13] Thévenon, M.F.. 2002. Oils and water repellents in wood protection. Research and development in France. *COST Action E22 Workshop 2002*.