

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΣΤΗ ΦΩΤΙΑ ΔΟΜΙΚΩΝ ΔΑΣΙΚΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑΣ ΚΩΝΟΥ



ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΜΠΟΥΓΙΟΥΚΛΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α. Μ. 7182)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΓΙΑΝΝΑΔΑΚΗΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Π. Δ 407/80

ΠΑΤΡΑ 2022

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Διπλωματική Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και αναφέρεται στον πειραματικό προσδιορισμό των ιδιοτήτων αντίδρασης στη φωτιά των δομικών δασικής ξυλείας με την μέθοδο της Θερμιδομετρίας Κώνου.

Είναι γνωστό ότι το ξύλο είναι ένα υλικό το οποίο είναι διαδεδομένο παγκοσμίως σε πάρα πολλές μορφές. Στην παρούσα εργασία μελετάται ως δομικό στοιχείο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι άμεση η ανάγκη προσδιορισμού της συμπεριφοράς του σε συνθήκη φωτιάς καθώς σχετίζεται με την προστασία της ανθρώπινης ζωής. Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια χαρακτηρισμού ενός συγκεκριμένου είδους δασικής ξυλείας (Πεύκο) με την βοήθεια του θερμιδόμετρου κώνου σύμφωνα με το πρότυπο δοκιμών αντίδρασης στην φωτιά (ISO 5660). Το πρότυπο αυτό εξάγει αποτελέσματα-συμπεράσματα ως προς την συμπεριφορά των διαφόρων υλικών κατά την αντίδραση στην φωτιά σε κλίμακα εργαστηρίου.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Αθανάσιο Γιανναδάκη, Επίκουρο καθηγητή Π. Δ 407/80, καθηγητή του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε καθώς και για τις γνώσεις που μου μετέδωσε κατά την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης , το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και Αεροναυπηγών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών για την παραχώρηση του Εργαστηρίου Τεχνικής Θερμοδυναμικής για την διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας της εργασίας και το προσωπικό του Εργαστηρίου για την βοήθεια επί τεχνικών ζητημάτων.

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο Φοιτητής
(Ονοματεπώνυμο)

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της πειραματικής εργασίας είναι ο χαρακτηρισμός του δασικού πεύκου ως προς την αντίδρασή του στην φωτιά. Το πείραμα υλοποιήθηκε με την βοήθεια ενός θερμιδόμετρου κώνου και του προτύπου αντίδρασης στην φωτιά ISO 5660 Reaction to fire tests. Οι πειραματικές δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου Τεχνικής Θερμοδυναμικής του Πανεπιστημίου Πατρών.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική αναφορά στην έννοια της φωτιάς και στα φαινόμενα αυτής. Δίνεται ο ορισμός της πυρκαγιάς και μια σύντομη περιγραφή στο που οφείλεται η φωτιά. Στην συνέχεια γίνεται η διάκριση των φαινομένων καύσης ενώ περιγράφονται σύντομα και τα είδη καύσης. Ακόμα γίνεται μια γενική περιγραφή στην καύσιμη ύλη και στο μοντέλο κατανόησης των συστατικών μιας φωτιάς (Τρίγωνο της φωτιάς). Τέλος γίνεται σύντομη αναφορά στους τρόπους μετάδοσης της θερμότητας και στα στάδια της πυρκαγιάς.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο ξύλο και στην ταξινόμηση των δέντρων δομικής ξυλείας. Αρχικά περιγράφονται βασικά μέρη της δομής ενός ξύλου, ενώ στην συνέχεια αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του. Στην συνέχεια γίνεται περιγραφή των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων του ξύλου . Τέλος γίνεται αναφορά στις χαρακτηριστικές ιδιότητες του ξύλου ως προς την αντίδραση αυτού στην φωτιά.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική αναφορά στην υγροσκοπικότητα του ξύλου και την σημαντική επιρροή που έχει αυτή στις υπόλοιπες ιδιότητές του. Επιπλέον αναφέρονται τα συστατικά μέρη του ξύλου και οι ιδιότητες που επηρεάζονται από την υγροσκοπικότητα αυτού. . Στην συνέχεια δίνεται ο ορισμός της υγρασίας ενώ γίνεται και μια σύντομη περιγραφή των μεθόδων υπολογισμού της περιεχόμενης υγρασίας. Τέλος γίνεται η διάκριση και περιγραφή των μεθόδων ξήρανσης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται η σημασία τους δάσους στον πλανήτη και στα οικοσυστήματα. Εν συνεχεία γίνεται διάκριση των ειδών δασικής πυρκαγιάς καθώς και των αιτίων που την προκαλούν. Επιπλέον γίνεται αναφορά στις συνέπειες και στις ζημιές που μπορεί να προκαλέσει μια πυρκαγιά καθώς και στην συχνότητα εμφάνισης πυρκαγιών ανά τον χρόνο. . Τέλος περιγράφονται οι παράγοντες που βοηθούν στην εξάπλωση μιας πυρκαγιάς.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο καλορίμετρο κώνου και στα μέρη από τα οποία αποτελείται. Στην συνέχεια γίνεται αναφορά στα βήματα που προηγούνται του πειράματος καθώς και στην διαδικασία ημερήσιας βαθμονόμησης του οργάνου η οποία αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για

την αξιοπιστία και την ορθότητα των αποτελεσμάτων. Τέλος καταγράφονται τα φαινόμενα που προκύπτουν από την προθέρμανση στην ανάφλεξη.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία του πειράματος. Καταγράφονται τα αποτελέσματα και γίνεται μια μικρή ανάλυση των αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται όλα τα διαγράμματα για κάθε δοκίμιο ξεχωριστά καθώς και τα συγκεντρωτικά διαγράμματα αυτών.

Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται η ανασκόπηση της εργασίας και παρουσιάζονται αναλυτικά τα συμπεράσματα που προέκυψαν μετά το πέρας της πειραματικής διαδικασίας και της ανάλυσης όλου της εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	III
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	V
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	VII
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	IX
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1. Η έννοια της φωτιάς	3
1.1 Ορισμός της Πυρκαγιάς.....	3
1.2 Περιγραφή της Φωτιάς.....	3
1.3 Περιγραφή του Φαινομένου της Καύσης.....	3
1.4 Περιγραφή Ειδών Καύσης.....	4
1.5 Διαχωρισμός φαινομένων καύσης.....	4
1.6 Ορισμός Καύσιμης Ύλης.....	5
1.7 Τρίγωνο-Τετράεδρο της φωτιάς.....	6
1.8 Στάδια της Πυρκαγιάς.....	7
1.8.1 Το φαινόμενο της έκλαμψης.....	8
1.9 Μετάδοση θερμότητας στην φωτιά.....	9
2. Η δομή του ξύλου	10
2.1 Δομή δομικής ξυλείας.....	11
2.2 Ταξινόμηση δέντρων δομικής ξυλείας.....	14
2.3 Πλεονεκτήματα ξύλου ως δομικό υλικό.....	14
2.4 Μειονεκτήματα ξύλου ως δομικό υλικό.....	15

2.5 Φυσικές ιδιότητες ξύλου.....	15
2.6 Μηχανικές ιδιότητες.....	21
2.7 Χαρακτηριστικές ιδιότητες του ξύλου στην φωτιά.....	25
3. Υγροσκοπικότητα του ξύλου.....	27
3.1 Ορισμός Της Υγρασίας.....	27
3.2 Περιγραφή της ισοδύναμης υγρασίας.....	28
3.3 Μέθοδοι Υπολογισμού της Περιεχόμενης Υγρασίας.....	31
3.3.1 Μέθοδος ξήρανσης και ζύγισης.....	31
3.3.2 Μέθοδος απόσταξης.....	32
3.3.3 Μέθοδος ηλεκτρικών υγραμέτρων.....	32
3.4 Το φαινόμενο της υστέρησης.....	33
3.5 Μέθοδοι ξήρανσης.....	35
3.5.1 Περιγραφή της Φυσικής ξήρανσης.....	35
3.5.2 Περιγραφή της τεχνητής ξήρανσης.....	35
3.5.3 Περιγραφή της ηλιακής ξήρανσης.....	36
4. Δασικές πυρκαγιές.....	37
4.1 Ο ορισμός του δάσους.....	37
4.2 Περιγραφή ειδών δασικής πυρκαγιάς.....	37
4.3 Τα αίτια των δασικών πυρκαγιών.....	39
4.3.1 Φυσικά αίτια εκδήλωσης πυρκαγιάς.....	39
4.3.2 Εμπρησμοί από αμέλεια.....	40
4.3.3 Εμπρησμοί από πρόθεση.....	40
4.3.4 Άγνωστα αίτια εκδήλωσης πυρκαγιάς.....	40
4.4 Οι συνέπειες και η συχνότητα των δασικών πυρκαγιών.....	40
4.5 Παράγοντες εξάπλωσης της Πυρκαγιάς.....	41
4.5.1 Χαρακτηριστικά της Καύσιμης Ύλης.....	42
4.5.2 Καιρικές συνθήκες της πυρκαγιάς.....	44
4.5.3 Οι τοπογραφικές συνθήκες.....	44
5. Καλορίμετρο Κώνου- Πειραματική Διαδικασία.....	46
5.1 Διάταξη Κώνου.....	47
5.2 Διαδικασία ελέγχου συσκευής πριν την έναρξη.....	49
5.3 Διαδικασία Ημερήσιας Βαθμονόμησης Οργάνου.....	49
5.4 Πειραματική διαδικασία.....	55
5.5 Φαινόμενα Προθέρμανσης στην ανάφλεξη.....	56
5.5.1 Ο ρυθμός καύσης.....	58
5.5.2 Ροή θερμότητας της φλόγας.....	58
5.5.3 Ροή θερμότητας λόγω της ακτινοβολίας.....	59
6. Διαδικασία μετρήσεων (Reaction to Fire Tests).....	59
6.1 Προετοιμασία δοκιμών.....	60
6.2 Πειραματικά αποτελέσματα.....	63

6.2.1 Αποτελέσματα Ρυθμού έκλυσης θερμότητας δοκιμίων.....	67
6.2.2 Αποτελέσματα ολικής έκλυσης θερμότητας δοκιμίων.....	72
6.2.3 Αποτελέσματα ρυθμού παραγωγής καπνού δοκιμίων.....	76
6.2.4 Αποτελέσματα ρυθμού έκλυσης διοξειδίου και μονοξειδίου του άνθρακα δοκιμίων.	81
6.2.5 Συγκεντρωτικά διαγράμματα δοκιμίων.....	90
7. Ανασκόπηση-Συμπεράσματα.....	100
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	104

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1:Το Τρίγωνο της φωτιάς. (Πηγή: Βικιπαίδεια).....	6
Εικόνα 2: Το τετράεδρο της φωτιάς. (Πηγή: Βικιπαίδεια)	6
Εικόνα 3: Στάδια της πυρκαγιάς σε κτίρια. . (Πηγή: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας).....	7
Εικόνα 4: Ιδιότητες αντίδρασης στην φωτιά επιφανειών δομικών προϊόντων (τοίχοι, επένδυση οροφών). . (Πηγή: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας).....	8
Εικόνα 5: Τρόποι μετάδοσης θερμότητας. (Πηγή Σπιβανάκης, 2016)	9
Εικόνα 6: Σχηματική παράσταση τομών τμήματος κορμού. (Πηγή: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας).....	11
Εικόνα 7: Διάφορες παραμορφώσεις του ξύλου που οφείλονται σε μεταβολές υγρασίας και τις αντίστοιχες διαστασιακές μεταβολές. . (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012).....	21
Εικόνα 8: Φόρτιση ξύλου σε εφελκυσμό. Αριστερά γίνεται φόρτιση μασίφ ξύλου σε εφελκυσμό. Δεξιά γίνεται μέτρηση της αντοχής σε εφελκυσμό συγκολλημένου ξύλου. (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012)	22
Εικόνα 9: Φόρτιση ξύλου σε θλίψη. (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012)	22
Εικόνα 10: Φόρτιση ξύλου σε διάτμηση. (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012).....	23
Εικόνα 11: Φόρτιση ξύλου σε στατική κάμψη. (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012).....	23
Εικόνα 12: Φόρτιση ξύλου σε κρούση. (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012)	24
Εικόνα 13: Φόρτιση ξύλου σε τεστ σκληρότητας (αριστερά), σχίσση του ξύλου (δεξιά). (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012).....	25
Εικόνα 14: Κατηγοριοποίηση δασικών πυρκαγιών (Ground=Εδάφους ,Surface= Έρπουσα , Crown = Κόμης). (Πηγή : Κυβέρνηση του Οντάριο 2021)	38
Εικόνα 15: Απεικόνιση Θερμιδόμετρου Κώνου της εταιρείας Fire Testing Technology (FTT UK).	48
Εικόνα 16 Ανιχνευτής υγρασίας Stanley.....	61
Εικόνα 17 : Απεικόνιση των υπό εξέταση δοκιμίων δασική πεύκης.....	62
Εικόνα 18 Προσόψεις των υπό εξέταση δοκιμίων.	62
Εικόνα 19 Τοποθέτηση δοκιμίων στην βάση - έλεγχος διαστάσεων.....	63
Εικόνα 20 Ρυθμός έκλυσης θερμότητας για το κοινό πεύκο.....	67
Εικόνα 21 Ρυθμός έκλυσης θερμότητας σύμφωνα με τις ονομαστικές τιμές ξύλου πεύκης χωρίς επικάλυψη.....	68
Εικόνα 22 Ρυθμός έκλυσης θερμότητας για ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 22%	69

Εικόνα 23 Ρυθμός έκλυσης θερμότητας για ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 25%.	70
Εικόνα 24 Ρυθμός έκλυσης θερμότητας για ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18%.	71
Εικόνα 25 Ρυθμός έκλυσης θερμότητας για ξύλο πεύκης με επικάλυψη (Φλούδα) με αρχική υγρασία 25%.	71
Εικόνα 26 Ολική έκλυση θερμότητας για το κοινό πεύκο.	72
Εικόνα 27 Ολική έκλυση θερμότητας σύμφωνα με τις ονομαστικές τιμές ξύλου πεύκης χωρίς επικάλυψη.	73
Εικόνα 28 Ολική έκλυση θερμότητας για ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 22%	74
Εικόνα 29 Ολική έκλυση θερμότητας για ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 25%.	74
Εικόνα 30 Ολική έκλυση θερμότητας για ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18%.	75
Εικόνα 31 Ολική έκλυση θερμότητας για ξύλο πεύκης με επικάλυψη (Φλούδα) με αρχική υγρασία 25%.	76
Εικόνα 32 Ρυθμός παραγωγής καπνού για το κοινό πεύκο.	77
Εικόνα 33 Ρυθμός παραγωγής καπνού σύμφωνα με τις ονομαστικές τιμές ξύλου πεύκης χωρίς επικάλυψη.	78
Εικόνα 34 Ρυθμός παραγωγής καπνού ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 22%	79
Εικόνα 35 Ρυθμός παραγωγής καπνού για ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 25%.	80
Εικόνα 36 Ρυθμός παραγωγής καπνού για ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18%.	80
Εικόνα 37 Ρυθμός παραγωγής καπνού για ξύλο πεύκης με επικάλυψη (Φλούδα) με αρχική υγρασία 25%.	81
Εικόνα 38 Ολική έκλυση διοξειδίου του άνθρακα για το κοινό πεύκο.	82
Εικόνα 39 Ολική έκλυση διοξειδίου του άνθρακα σύμφωνα με τις ονομαστικές τιμές ξύλου πεύκης χωρίς επικάλυψη.	83
Εικόνα 40 Ολική έκλυση διοξειδίου του άνθρακα για ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 22%.	83
Εικόνα 41 Ολική έκλυση διοξειδίου του άνθρακα για ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 25%.	84
Εικόνα 42 Ολική έκλυση διοξειδίου του άνθρακα για ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18%.	84
Εικόνα 43 Ολική έκλυση διοξειδίου του άνθρακα για ξύλο πεύκης με επικάλυψη (Φλούδα) με αρχική υγρασία 25%.	85
Εικόνα 44 Ολική έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα για το κοινό πεύκο.	86
Εικόνα 45 Ολική έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα σύμφωνα με τις ονομαστικές τιμές ξύλου πεύκης χωρίς επικάλυψη.	87
Εικόνα 46 Ολική έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 22%.	87
Εικόνα 47 Ολική έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα για ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 25%.	88
Εικόνα 48 Ολική έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα για ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18%.	89
Εικόνα 49 Ολική έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα για ξύλο πεύκης με επικάλυψη (Φλούδα) με αρχική υγρασία 25%.	89
Εικόνα 50 Ρυθμός έκλυσης θερμότητας των υπό εξέταση δοκιμίων.	91
Εικόνα 51 Ολική έκλυσης θερμότητας των υπό εξέταση δοκιμίων.	93
Εικόνα 52 Ρυθμός παραγωγής καπνού των υπό εξέταση δοκιμίων.	95
Εικόνα 53 Ρυθμός έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα όλων των δοκιμίων.	97
Εικόνα 54 Ρυθμός έκλυσης μονοξειδίου του άνθρακα όλων των δοκιμίων.	99

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χημική αντίδραση κατά την οποία εκλύεται έντονα θερμότητα ονομάζεται φωτιά. Η φωτιά είναι καύση που συνοδεύεται από φλόγα. Η φλόγα αποτελεί το ορατό αποτέλεσμα μιας εξώθερμης αντίδρασης και χαρακτηρίζεται ως ο γεωμετρικός τόπος στον οποίο πραγματοποιείται το μεγαλύτερο μέρος της μετατροπής της χημικής ενέργειας του καυσίμου σε θερμική.

Η φωτιά στην συνηθέστερη μορφή της μπορεί να οδηγήσει σε πυρκαγιά η οποία επηρεάζει σημαντικά τα οικολογικά συστήματα σε όλο τον κόσμο. Μια πυρκαγιά μπορεί να επιδράσει θετικά σε θέματα ανάπτυξης και διατήρησης διαφόρων οικολογικών συστημάτων. Ωστόσο περιλαμβάνει και κινδύνους τόσο για την ζωή και την ιδιοκτησία όσο και για την ατμοσφαιρική ρύπανση και την μόλυνση των υδάτων.

Καύση χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε χημική αντίδραση συνοδεύεται από έκλυση θερμότητας, που συνδυάζονται με την εμφάνιση φλόγας, από θερμά αέρια ή λάμψη. Συγκεκριμένα οι καύσεις είναι εξώθερμες οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις ανάμεσα σε ένα τουλάχιστον καύσιμο και ένα τουλάχιστον οξειδωτικό. Οξειδωτικό αποκαλείται ένα σώμα που περιέχει χημικά στοιχεία που μπορούν να αποσπάσουν ηλεκτρόνια από άλλα στοιχεία.

Οι καύσεις διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι πλήρεις, οι ατελείς και οι υποβόσκουσες ανάλογα με την ποσότητα O_2 που είναι διαθέσιμη και τις συνθήκες που επικρατούν κατά την διάρκειά τους.

Το υλικό που αντιδρά κατά την καύση ονομάζεται καύσιμο και έχει πολλούς τρόπους διάκρισης. Μια βασική διάκριση αυτού είναι τα <<φυσικά καύσιμα>> και τα <<τεχνητά καύσιμα>>. Τα φυσικά καύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατευθείαν από την φύση σε αντίθεση με τα τεχνητά τα οποία υπόκεινται σε διάφορες επεξεργασίες. Η νάφθα, το μεθάνιο και ο λιθάνθρακας αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα φυσικών καυσίμων. Αντίθετα η βενζίνη, το οινόπνευμα, ο οπτάνθρακας ή αλλιώς κωκ είναι παραδείγματα τεχνητών καυσίμων.

Μια άλλη διάκριση που γίνεται στα καύσιμα αφορά την κατάσταση/μορφή των καυσίμων. Σύμφωνα με αυτή την διάκριση τα καύσιμα μπορεί να είναι στερεά (λιγνίτης), υγρά (μαζούτ, πετρέλαιο Diesel) ή αέρια (φυσικό αέριο). Όλα τα παραπάνω καύσιμα χαρακτηρίζονται και ως συμβατά καύσιμα. Η ονομασία αυτή προέκυψε για να είναι εύκολος ο διαχωρισμός τους με τα πυρηνικά καύσιμα που έκαναν την εμφάνιση τους λόγω της ανάπτυξης της πυρηνικής τεχνολογίας. Όταν ένα εύφλεκτο καύσιμο, βρεθεί σε κατάλληλη θερμοκρασία και υπό την παρουσία οξυγόνου ή κάποιου άλλου είδους οξειδωτικό παράγοντα είναι πολύ πιθανό να πάρει φωτιά. Η θερμοκρασία κατά την οποία το καύσιμο παίρνει φωτιά ονομάζεται <<θερμοκρασία ανάφλεξης>>. Η θερμοκρασία ανάφλεξης είναι διαφορετική για κάθε υλικό.

Μια πυρκαγιά μπορεί να εκδηλωθεί τόσο σε κλειστούς χώρους (οικεία, γραφείο, κατάστημα) όσο και σε ανοιχτούς(δασικές εκτάσεις). Έτσι ανάλογα με το είδος του χώρου που εκτυλίσσεται και το είδος της καύσιμης ύλης μια πυρκαγιά μπορεί να χαρακτηριστεί ως αστική ή δασική. Ο ρυθμός εξάπλωσης, η διάρκεια και η ένταση μιας πυρκαγιάς καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το μέγεθος των καταστροφών που θα προκαλέσει.

Το ξύλο είναι υγροσκοπικό δηλαδή έχει την τάση να προσλαμβάνει υγρασία από το περιβάλλον. Αυτή του η ιδιότητα παίζει καθοριστικό ρόλο σε διάφορα χαρακτηριστικά του καθώς επηρεάζει τόσο την πυκνότητα και την κατεργασία του όσο και της μηχανικές του ιδιότητες. Συνεπώς το ποσοστό υγρασίας που περιέχει ένα ξύλο είναι μια πληροφορία που πρέπει να είναι γνωστή για την ορθή και αποτελεσματική χρήση του ξύλου.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και των μηχανών σήμερα , είναι αρκετά εύκολο να βρεθεί η υγρασία καθώς υπάρχουν αρκετές μέθοδοι υπολογισμού της , με γνωστότερη και πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη την μέθοδο ξήρανσης .

1. Η έννοια της φωτιάς.

1.1 Ορισμός της Πυρκαγιάς.

Η πυρκαγιά είναι ένα φυσικό φαινόμενο (καταστροφικό), το οποίο συνδέεται με την (αν)ισορροπία των περιβαλλοντικών οικοσυστημάτων. Ως όρος πυρκαγιά νοείται κάθε είδος ανεξέλεγκτης φωτιάς που αναπτύσσεται επί κάποιου είδους καύσιμης ύλης και προκαλεί ανεπιθύμητες ή και καταστροφικές συνέπειες στο περιβάλλον.

Ο σπινθήρας, η καύσιμη ύλη και το οξυγόνο αποτελούν τους παράγοντες εμφάνισης μια πυρκαγιάς. Η πυρκαγιά εμφανίζεται συνήθως με δύο όρους ανάλογα με το που εκτυλίσσεται. Συγκεκριμένα εάν αφορά ανθρωπογενές περιβάλλον τότε συνήθως αναφέρεται ως << Wildland fire >>, σε αντίθεση με τον όρο << fire >> που χρησιμοποιείται όταν βρίσκεται εκτός αυτού.

1.2 Περιγραφή της Φωτιάς.

Η φωτιά οφείλεται στην καύση, μια χημική αντίδραση (εξώθερμη οξειδοαναγωγική αντίδραση) μεταξύ ενός τουλάχιστον καυσίμου και ενός τουλάχιστον μέσου. Το μέσο αυτό συνήθως είναι το οξυγόνο, το οποίο συνοδεύεται από την έκλυση σημαντικού ποσού θερμότητας. Για να πραγματοποιηθεί η ανάφλεξη πρέπει να υπάρχει και προσφορά θερμότητας από εξωτερικές πηγές. Αυτές οι πηγές αποτελούν συνήθως και τα αίτια μιας πυρκαγιάς.

1.3 Περιγραφή του Φαινομένου της Καύσης.

Παλαιότερα καύση ονομαζόταν κάθε αντίδραση με το οξυγόνο (O_2) που απελευθερώνει φως και θερμότητα. Πλέον είναι δεκτό ότι υπάρχουν και άλλες χημικές ουσίες εκτός του οξυγόνου που μπορούν να προκαλέσουν διαφόρων ειδών καύσεις. Τέτοιες χημικές ουσίες είναι το φθόριο (F_2), το όζον (O_3), το χλώριο (Cl_2) κ. α. Ωστόσο όταν αναφέρεται ο όρος καύση, χωρίς διευκρινήσεις, εννοείται ότι πρόκειται για καύση με οξυγόνο ή με αέρα.

Η καύση μιας χημικής ουσίας πραγματοποιείται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία η οποία εξαρτάται από την πίεση που επικρατεί στον χώρο. Η θερμοκρασία αυτή ονομάζεται θερμοκρασία ή σημείο ανάφλεξης της χημικής ουσίας που δέχεται την καύση.

1.4 Περιγραφή Ειδών Καύσης.

Την ποσότητα οξυγόνου που χρειάζεται μια καύση την καθορίζει η στοιχειομετρική εξίσωση. Συνεπώς μια καύση διαχωρίζεται σε 3 είδη:

- I. την ατελή καύση, η οποία πραγματοποιείται όταν η διαθέσιμη ποσότητα οξυγόνου είναι μικρότερη από όση απαιτείται.
- II. την τέλεια καύση, η οποία πραγματοποιείται όταν υπάρχει περίσσεια οξυγόνου κατά την καύση,
- III. την υποβόσκουσα καύση, γνωστή και ως χόβολη είναι μια αργή καύση που πραγματοποιείται σε χαμηλή θερμοκρασία χωρίς την παρουσία φλόγας. Επί της ουσίας είναι μια περίπτωση ατελούς καύσης. Παραδείγματα στερεών καυσίμων που διατηρείται η υποβόσκουσα καύση είναι το κάρβουνο, το ξύλο, ο καπνός, η τύρφη, ο χούμος κ. α. Η καύση αυτή θεωρείται σε πολλές περιπτώσεις ο λόγος έναρξης μιας πυρκαγιάς τόσο σε οικίες όσο και σε δασικές περιοχές.

1.5 Διαχωρισμός φαινομένων καύσης.

Τα περισσότερα φαινόμενα καύσης ανήκουν σε μια από τις ακόλουθες τρεις κατηγορίες (Strehlow (1968), Glassman (1977), Lewis and Von Elbe (1961), Jost (1946)):

1. Φαινόμενα που ρυθμίζονται πρωταρχικά από την χημική κινητική.

Αυτό το φαινόμενο αντιμετωπίζεται συνήθως όταν το καύσιμο και ο οξειδωτής είναι ήδη προαναμιγμένα κατά την είσοδο τους στον χώρο καύσης. Οι φλόγες αυτές ονομάζονται φλόγες πρόμιξης (premixed).

Παραδείγματα αυτού του φαινομένου αποτελούν:

- i. **Έναυση** (ignition) όπου αυξάνεται η θερμοκρασία ουσιών με χρήση ηλεκτρικού σπινθήρα, μεταφορά φλεγόμενων υλικών κ. α.
- ii. **Σταθεροποίηση της φλόγας** (stabilization)
- iii. **Μετάδοση της φλόγας** (flame spread) σε υψηλές ταχύτητες διάδοσης-κρουστική μετάδοση ή έκρηξη (detonation ή explosion).
- iv. **Ψύξη-σβήσιμο φλόγας** (quenching-blow off).

2. Φαινόμενα που ρυθμίζονται πρωταρχικά από την διάχυση μάζας, ορμής και άλλες φυσικές διεργασίες ανάμιξης.

Με τον όρο διάχυση νοείται το φαινόμενο την αυθόρμητης ανάμιξης δύο η περισσοτέρων χημικών ουσιών, που βρίσκονται σε επαφή και που σχηματίζουν μίγμα ή διάλυμα. Κατά το φαινόμενο αυτό έχουμε ανάμιξη του καυσίμου με το οξειδωτικό (οξυγόνο) στον χώρο που πραγματοποιείται η καύση. Οι φλόγες που προκύπτουν από την επαφή αυτών ονομάζονται φλόγες διάχυσης. Παραδείγματα αυτού του φαινομένου αποτελούν:

- i. Καύση σταγονιδίων ή στερεών σωματιδίων.
- ii. Στρωτές και τυρβώδεις φλόγες διάχυσης

3. Φαινόμενα στα οποία ο ρόλος της χημικής κινητικής και της φυσικής ανάμιξης είναι της ίδιας σημασίας.

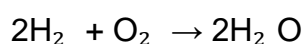
Ο ρυθμός ανάμιξης του οξειδωτή με την καύσιμη ύλη μπορεί να συγκριθεί με τον βαθμό ολοκλήρωσης των χημικών αντιδράσεων στο μέτωπο της φλόγας. Παραδείγματα αυτού του φαινομένου αποτελούν:

- i. οι στρωτές και τυρβώδεις φλόγες προανάμιξης (καύσιμο και οξειδωτικό είναι προανεμιγμένα).
- ii. καύση στις M. E. K. .
- iii. πυρκαγιές
- iv. Καύση σε κινητήρες Ramjet.

1.6 Ορισμός Καύσιμης Ύλης.

Καύσιμα ή καύσιμες ύλες ονομάζονται τα στερεά, υγρά ή αέρια σώματα που με την ολοκλήρωση της καύσης τους παράγουν εκμεταλλεύσιμη θερμότητα. Σε διάφορες εφαρμογες για την παραγωγή θερμότητας και ενέργειας πραγματοποιείται η ελεγχόμενη καύση των καυσίμων σε θαλάμους καύσης (Μηχανές εσωτερικής καύσης, λέβητες).

Ένα παράδειγμα καύσης χημικού στοιχείου είναι η καύση υδρογόνου και οξυγόνου



Επίσης σε κάθε δασική περιοχή υπάρχουν συγκεντρωμένες καύσιμες οργανικές ύλες οι οποίες δημιουργούν ειδικές κρίσιμες συνθήκες. Οι συνθήκες αυτές αποτελούν και τις οριακές τιμές του Τριγώνου της πυρκαγιάς που θα αναλύσουμε παρακάτω. Όταν τα όρια αυτά ξεπεραστούν, τότε έχουμε την λεγόμενη ανάφλεξη (ignition) και την εκκίνηση της πυρκαγιάς.

1.7 Τρίγωνο-Τετράεδρο της φωτιάς.



Εικόνα 1: Το Τρίγωνο της φωτιάς. (Πηγή: Βικιπαίδεια)

Το τρίγωνο της φωτιάς είναι ένα απλό μοντέλο κατανόησης των συστατικών που απαιτούνται για τις περισσότερες φωτιές. Θερμότητα, καύσιμο και οξυγόνο είναι τα στοιχεία που χρειάζεται μια φωτιά για να ανάψει. Μια πυρκαγιά συνήθως συμβαίνει όταν και τα τρία στοιχεία είναι παρόντα και συνδυασμένα στις κατάλληλες ποσότητες. Μια πυρκαγιά μπορεί να προληφθεί ή να κατασβεστεί με την αφαίρεση ενός εκ των τριών στοιχείων.



Εικόνα 2: Το τετράεδρο της φωτιάς. (Πηγή: Βικιπαίδεια)

Το τετράεδρο της φωτιάς περιλαμβάνει εκτός από τα 3 στοιχεία του τριγώνου της φωτιάς, την προσθήκη ενός ακόμη στοιχείου, της χημικής

αλυσιδωτής αντίδρασης. Η εξώθερμη αλυσιδωτή αντίδραση είναι το μέσο που συντηρεί την φωτιά και της επιτρέπει να συνεχίζεται έως ότου κάποιο από τα βασικά στοιχεία της φωτιάς αποκλειστεί.

1.8 Στάδια της Πυρκαγιάς.

Για τον σχεδιασμό της ασφάλειας των κτιρίων σε πυρκαγιά ως προς τα δομικά υλικά και τις κατασκευές υπάρχουν δύο διαφορετικά στάδια σεναρίου πυρκαγιάς. Το πρώτο στάδιο , αφορά το ξεκίνημα της πυρκαγιάς και το δεύτερο την πλήρη ανάπτυξή της. Τα έπιπλα και γενικότερα τα αντικείμενα που βρίσκονται εντός του κτιρίου αποτελούν τον κυριότερο λόγο τόσο για την έναρξη μιας πυρκαγιάς όσο και για την εξάπλωση της. Οι επιφανειακές επενδύσεις αποτελούν επίσης αίτιο έναρξης πυρκαγιάς, ιδιαίτερα στους διαδρόμους διαφυγής. Στην περίπτωση μιας ήδη ανεπτυγμένης πυρκαγιάς η επίδοση της κατασκευής και των διαχωριστικών κατασκευών παίζουν σπουδαίο ρόλο στον περιορισμό της φωτιάς στον χώρο ή στο διαμέρισμα που εκδηλώθηκε. Αυτό αποτελεί την πυραντίσταση μιας κατασκευής.



Εικόνα 3: Στάδια της πυρκαγιάς σε κτίρια. . (Πηγή: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας)

Η εξέλιξη των περισσότερων πυρκαγιών ακολουθεί τα εξής στάδια:

- I. Το στάδιο της ανάπτυξης της φωτιάς, γνωστό και ως **Pre flashover fire**, στο οποίο η θερμοκρασία δωματίου είναι χαμηλή και επικρατεί γύρω από την περιοχή που ξεκίνησε το φαινόμενο.
- II. Το στάδιο της πλήρως ανεπτυγμένης φωτιάς, γνωστό και ως **Post flashover fire**, στο οποίο παρατηρείται καύση των αναφλέξιμων υλικών και εξάπλωση της φλόγας στο δεδομένο χώρο.
- III. Το στάδιο της εξασθένησης- υποχώρησης της φωτιάς, το οποίο πραγματοποιείται όταν η τιμή της μέσης θερμοκρασίας έχει ως μέγιστη τιμή το 80% της μέγιστης θερμοκρασίας.



Εικόνα 4: Ιδιότητες αντίδρασης στην φωτιά επιφανειών δομικών προϊόντων (τοίχοι, επένδυση οροφών). . (Πηγή: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας)

1.8.1 Το φαινόμενο της έκλαμψης.

Ανάμεσα στο στάδιο της αρχικής φωτιάς και αυτό της πλήρως ανεπτυγμένης φωτιάς παρατηρείται ένα μικρής διάρκειας φαινόμενο , το φούντωμα , γνωστό και ως έκλαμψη. Κατά την έκλαμψη:

- i. η φωτιά μπορεί να κάψει ολοσχερώς το αντικείμενο το οποίο προκάλεσε την φωτιά, χωρίς ωστόσο να προχωρήσει σε άλλα υλικά εντός του χώρου και τελικά να σβήσει λόγω έλλειψης καύσιμης ύλης.

- ii. η φωτιά μπορεί να σβήσει λόγω της έλλειψης οξυγόνου ή να σιγοκαίει σε περίπτωση μικρής ποσότητας αυτού,
- iii. η φωτιά να αναπτυχθεί πλήρως λόγω της ικανοποιητικής ποσότητας οξυγόνου και της καύσιμης ύλης στον χώρο και να προχωρήσει σε γειτονικά αντικείμενα προκαλώντας εξάπλωση της πυρκαγιάς.

Αν και η διάρκεια της έκλαμψης είναι αισθητά μικρότερη από τα τρία στάδια που αναφέραμε, έχει πολύ μεγάλη σημασία διότι μετά το πέρας της έκλαμψης μειώνονται σε μεγάλο βαθμό οι πιθανότητες επιβίωσης των ανθρώπων στον καιόμενο χώρο. Όσο εξελίσσεται το στάδιο της πλήρους ανάπτυξης της φωτιάς η έκλαμψη βρίσκεται στα μέγιστα επίπεδα της καθώς τα επίπεδα θερμότητας είναι πολύ υψηλά, με αποτέλεσμα η φωτιά να εξαπλώνεται και σε γειτονικά αντικείμενα στον χώρο (πόρτες, παράθυρα, έπιπλα). Αυτό συνήθως έχει ως αποτέλεσμα την μερική ή πλήρη κατάρρευση του καιόμενου κτιρίου.

1.9 Μετάδοση θερμότητας στην φωτιά.

Η θερμότητα της φλόγας μεταδίδεται στη γύρω καύσιμη ύλη και την προθερμαίνει έως ότου φτάσει και αυτή σε θερμοκρασία ανάφλεξης. Έτσι η φλόγα μετακινείται σε νέα θέση και η πυρκαγιά εξαπλώνεται. Η μετάδοση της θερμότητας με τους εξής τρόπους



Εικόνα 5: Τρόποι μετάδοσης θερμότητας. (Πηγή Στιβανάκης, 2016)

- a) με επαφή, από ένα σημείο της καύσιμης ύλης σε ένα άλλο λόγω της αγωγιμότητας της στην θερμότητα. Η αγωγιμότητα κατά την μετάδοση με επαφή είναι σχετικά μικρή , γι αυτό και έχει πολύ μικρό ρόλο στην εξάπλωση της πυρκαγιάς.
- b) με επαγωγή, δηλαδή με μεταφορά και διάχυση των θερμών αερίων της καύσης .
- c) με ακτινοβολία που προέρχεται από την φλόγα.

2. Η δομή του ξύλου.

Το ξύλο ή ξήλωμα είναι το ινώδες και πορώδες υλικό το οποίο αποτελεί το δομικό στοιχείο των κορμών, των βλαστών και των ριζών στα δασοπονικά δέντρα και στα λοιπά ξυλώδη φυτά. Το ξύλο έχει χρησιμοποιηθεί εδώ και χιλιάδες χρόνια ως καύσιμη ύλη, σαν δομικό υλικό για την κατασκευή εργαλείων και όπλων, πλοιαρίων, κατοικιών καθώς και για έπιπλα και χαρτί. Πρόσφατα, τον 20ο αιώνα, το ξύλο υπήρξε η πρώτη ύλη για την παραγωγή απομονωμένης κυτταρίνης, καθώς και των προϊόντων της (σελοφάν, νιτροκυτταρίνης, οξικής κυτταρίνης κ. α.).

Το ξύλο, ορισμένες φορές, ονομάζεται ξήλωμα ή δευτερογενές ξήλωμα (secondary xylem) όταν συναντάται στους βλαστούς και τους κορμούς των δέντρων, ή ορίζεται έτσι , ώστε να καλύπτει τα ξυλώδη μέρη των ριζών των δέντρων ή των θάμνων. Στα ζωντανά δέντρα το ξύλο επιτελεί τρεις θεμελιώδεις λειτουργίες:

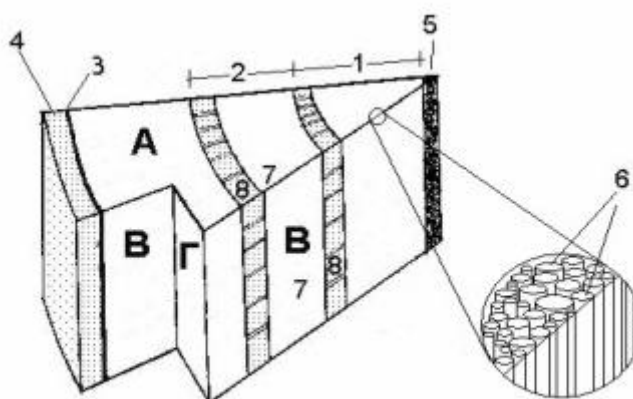
1. Ως κορμός, παρέχει μηχανική στήριξη και υποστήριξη επιτρέποντας τα να γίνουν πιο ψηλά και παχιά.
2. Λειτουργεί ως αγωγικό σύστημα, δηλαδή σαν ένας αγωγός νερού και θρεπτικών ουσιών ή άλλων ενώσεων από τις ρίζες προς τον κορμό, τους μικρότερους βλαστούς και τα φύλλα.
3. Στα ζωντανά δέντρα ορισμένα ξυλώδη κύτταρα συνθέτουν από μόνα τους σημαντικές βιοχημικές ενώσεις για να καλύψουν τις ίδιες ανάγκες του σε πολύτιμες ουσίες (προστατευτικές, θρεπτικές, ορμονικές, επουλωτικές)

Επίσης με τον απλό όρο ξύλο ή ξυλώδη υλικά καλούνται και τα παρόμοια ξυλώδη μέρη άλλων φυτών (μπαμπού, κενάφ κ. α.), χωρίς να αποτελούνται όμως από δευτερογενές ξήλωμα. Πρόσθετα στην καθομιλουμένη γλώσσα, με τη λέξη ξύλο νοούνται και τα προϊόντα του ξύλου που βιομηχανικά μπορεί να παράγονται από ξυλώδη στοιχεία (σύνθετη ξυλεία), λεπτά φύλλα ξύλου (κόντρα-πλακέ), προσανατολισμένα ξύλινα τεμαχίδια (ξυλοπλάκες OSB), μικρά και λεπτά ξυλοτεμαχίδια (μοριοσανίδα), ξυλώδεις ίνες (ινοσανίδα) ή από εμποτισμένη ξυλεία.

2.1 Δομή δομικής ξυλείας.

Η γνώση της δομής εξηγεί την συμπεριφορά του ξύλου ως υλικό. Επίσης επιτρέπει την επιλογή του κατάλληλου είδους για κάθε χρήση , κάνει δυνατή την αναγνώριση των διαφορετικών ειδών και συντελεί στην βελτίωση του ξύλου που παράγεται στο δάσος.

Το ξύλο είναι ένα φυσικό , οργανικό υλικό με κυτταρική δομή. Αποτελείται από ίνες σωληνωτών κυττάρων που συνενώνονται μεταξύ τους με λιγνίνη σε δέσμες.



Εικόνα 6: Σχηματική παράσταση τομών τμήματος κορμού. (Πηγή: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας)

- A = Εγκάρσια τομή
- B = Ακτινική τομή
- Γ = Εφαπτομενική τομή
- 1 = Ετήσιος δακτύλιος 1ος
- 2 = Ετήσιος δακτύλιος 2ος
- 3 = Κάμβιο

4 = Εξωτερικός φλοιός

5 = Εντεριώνη

6 = Κύτταρα ξύλου

7 = Πρώιμο ξύλο

8 = Όψιμο ξύλο

➤ Χαρακτηριστικές τομές κορμού.

Η διάταξη της δομής του ξύλου διαφέρει στις αντιπροσωπευτικές τομές του ξύλου ως προς τον κατακόρυφο άξονα του κορμού, διαμορφώνοντας έτσι και τις παραμορφωτικές ιδιότητες των αντίστοιχων τεμαχίων.

i. εγκάρσια τομή, τέμνει κάθετα τον κύριο άξονα του κορμού.

ii. Ακτινική τομή, παράλληλη με τον κύριο άξονα διέρχεται από την εντεριώνη .

iii. εφαπτομενική τομή, παράλληλη προς τον κύριο άξονα και εφαπτόμενη εντός ενός ετήσιου δακτυλίου.

➤ Μέρη του κορμού.

Από το κέντρο προς την περιφέρεια διακρίνονται μακροσκοπικά :

1. Εντεριώνη,

i. Ο κεντρικός πυρήνας του δένδρου γύρω από τον οποίο αναπτύσσονται οι αυξητικοί δακτύλιοι.

ii. Το σχήμα , το μέγεθος και το χρώμα της εξαρτώνται από το είδος του δέντρου.

2. Εγκάρδιο ξύλο,

Το παλαιότερο εσωτερικό τμήμα του κορμού. Έχει συνήθως το σκουρότερο χρώμα αλλά έχει βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά και μεγαλύτερη ανθεκτικότητα.

3. Σομφό ξύλο,

i. Το περιφερειακό, νεότερο μέρος του κορμού με χρώμα συνήθως πιο ανοιχτό από αυτό του εγκαρδίου.

ii. μέσω του σομφού ξύλου διαχέονται οι χυμοί από τις ρίζες σε όλο το δέντρο.

4. Κάμβιο.

- i. Λεπτό, αναπτυσσόμενο στρώμα ζωντανών κυττάρων, που παράγει τον εσωτερικό φλοιό προς τα έξω και το σομφό ξύλο προς τα μέσα.
- ii. δεν διακρίνεται μακροσκοπικά.

5. Φλοιός(εσωτερικός και εξωτερικός).

- i. Ο προστατευτικός μανδύας του δέντρου, από κυτταρικά στρώματα που περιβάλλει τον ξυλώδη κύλινδρο του βλαστού και της ρίζας.
- ii. η μορφή και το πάχος διαφέρει ανάλογα με το είδος του δέντρου.
- iii. ο εσωτερικός φλοιός είναι λεπτότερος, έχει πιο ανοιχτό χρώμα και είναι χυμώδης.

6. Αυξητικοί (ετήσιοι) δακτύλιοι.

- i. Διακρίνονται συνήθως με το μάτι στην εγκάρσια τομή του κορμού,
- ii. διαμορφώνονται από τον τρόπο που μεγαλώνουν τα δέντρα(με προσθήκη επάλληλων αυξητικών μανδυσών).
- iii. Το πρώιμο ή εαρινό ξύλο διαφέρει από το όψιμο ή θερινό, ως προς την πυκνότητα, το χρώμα και άλλα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά. Έτσι γίνεται δυνατή η διάκριση των ετήσιων δακτυλίων , που βοηθά στην αναγνώριση της ηλικίας του δέντρου.

➤ Φυσικά χαρακτηριστικά του ξύλου.

◆ Χρώμα

- i. Οφείλεται σε εναποθέσεις οργανικών ουσιών στα κυτταρικά τοιχώματα και τις κυτταρικές κοιλότητες.
- ii. Ποικίλει από λευκό μέχρι μαύρο.
- iii. Γίνεται πιο σκούρο, όταν εκτίθεται σε ηλιακή ακτινοβολία.
- iv. Η τεχνητή μεταβολή του χρώματος γίνεται με άτμιση, βαφή και χρήση λευκαντικών ουσιών.

◆ Οσμή

- i. Οφείλεται στην πτητικότητα των εκχυλισμάτων.
- ii. Αποτελεί, ανάλογα με το προϊόν που θα παραχθεί μειονέκτημα ή πλεονέκτημα.

◆ Υφή

- i. Οφείλεται στις διαφορές δομής.
- ii. διακρίνεται σε:
 - a) λεπτή/τραχεία,
 - b) ομοιόμορφη/ανομοιόμορφη.
 - ◆ Μεταβλητότητα δομής: Η δομή του ξύλου μεταβάλλεται , μέσα σε όρια, κατά την διάρκεια ζωής του δέντρου. Η μεταβλητότητα αυτή αφορά:
 - i. στην δομή των αυξητικών δαχτυλίων,
 - ii. την μορφολογία και δομή των κυττάρων,
 - iii. την χημική σύσταση,
 - iv. διαφοροποιείται, μέσα στο ίδιο δέντρο, ανάμεσα σε δέντρα του ίδιου είδους, επιδρά στην αντοχή.

2.2 Ταξινόμηση δέντρων δομικής ξυλείας.

Τα δέντρα από τα οποία παράγεται η δομική ξυλεία κατατάσσονται σε κωνοφόρα ή αιθαλή και πλατύφυλλα ή φυλλοβόλα. Στα κωνοφόρα ανήκουν δέντρα όπως το πεύκο, το έλατο και το κυπαρίσσι. Αντίθετα πλατύφυλλα ή φυλλοβόλα ανήκουν δέντρα όπως η οξιά και η δρυς,

- i. Ξυλεία από κωνοφόρα ή βελονοφόρα: Χαρακτηρίζεται ως μαλακή ξυλεία (softwood). Στα κωνοφόρα συμπεριλαμβάνονται το πεύκο, το έλατο, ο ίταμος, η άρκευθος, η ψευδοτσούγκα, το pitch pine κ. α.
- ii. Ξυλεία από πλατύφυλλα ή φυλλοβόλα: Χαρακτηρίζεται ως σκληρή ξυλεία (hardwood). Στα πλατύφυλλα συμπεριλαμβάνονται η δρυς, η καστανιά, η καρυδιά, η συμήδα, το σφενδάμι, η φτελιά, η μουριά, η ελιά, η ακακία, η οξυά, ο πλάτανος, η φουντουκιά, η φιλύρα κ. α.

2.3 Πλεονεκτήματα ξύλου ως δομικό υλικό.

Το ξύλο είναι ένα από τα παλαιότερα δομικά υλικά που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος στις κατασκευές του. Είναι πολύ εύκολο στην επεξεργασία και σχεδόν πάντα έτοιμο για χρήση. Είναι ένα υλικό το οποίο έχει συντελέσει τόσο στην επιβίωση του ανθρώπου όσο και στην ανάπτυξη του πολιτισμού. Όπως όλα τα υλικά έτσι και το ξύλο έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του. Παρακάτω καταγράφονται τα πλιό σημαντικά πλεονεκτήματα αυτού.

Το ξύλο:

- 1) είναι δομικό υλικό ανανεώσιμο από την φύση , το οποίο μπορεί να ανανεώνεται με ρυθμό μεγαλύτερο από αυτό την κατανάλωσής του.

- 2) έχει υψηλές αντοχές, μικρό βάρος
- 3) εναρμονίζει τις κατασκευές με το περιβάλλον.
- 4) δεν ρυπαίνει το περιβάλλον, καθώς αποσυντίθεται.
- 5) έχει μεγάλη ποικιλία χρωμάτων, υφής και σχεδίασης.
- 6) έχει θερμομονωτικές ιδιότητες.
- 7) είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού.
- 8) έχει μικρή θερμική συστολή και διαστολή.
- 9) έχει καλές ακουστικές ιδιότητες.
- 10) έχει αντοχή σε αραιά διαλύματα οξέων.
- 11) έχει σχετικά εύκολη επεξεργασία, με μικρή κατανάλωση ενέργειας.
- 12) αν και εύφλεκτο υλικό , έχει προβλέψιμο συμπεριφορά στην φωτιά.

2.4 Μειονεκτήματα ξύλου ως δομικό υλικό.

Το ξύλο αν και πολύ εύχρηστο υλικό χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή καθώς διαθέτει και κάποια σημαντικά μειονεκτήματα.

Το ξύλο λοιπόν:

- 1) χαρακτηρίζεται από υγροσκοπικότητα, δηλαδή οι διαστάσεις του μεταβάλλονται μέσα σε όρια, ανάλογα με την πρόσληψη και απώλεια υγρασίας.
- 2) είναι ανισοτροπικό υλικό, δηλαδή έχει διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες και κυρίως διαφορετική αντοχή και δύναμη, ανάλογα με το αν θα δεχτεί την φόρτιση(δύναμη) κάθετα ή παράλληλα.
- 3) διαθέτει μεγάλο κίνδυνο προσβολής από μύκητες ή έντομα, υπό ορισμένες συνθήκες (υγρασία, θερμοκρασία).
- 4) είναι εύφλεκτο υλικό, συνεπώς καίγεται εύκολα

Ωστόσο αξίζει να αναφερθεί ότι πολλά από τα μειονεκτήματα του ξύλου όπως, βιολογική φθορά, μεταβολή διαστάσεων, η ιδιότητά του να συντηρεί την φωτιά μπορούν πολύ εύκολα να αναιρεθούν με τον κατάλληλο σχεδιασμό.

2.5 Φυσικές ιδιότητες ξύλου.

✧ Πυκνότητα

Πυκνότητα ενός υλικού εννοούμε την ποσότητα μάζας του που περιέχεται σε ορισμένο όγκο. Εκφράζεται σε g/cm^3 και δίνεται από τον τύπο:

$$R = \frac{M}{V}$$

R: η πυκνότητα (σε γραμμάρια ανά κυβικό εκατοστό, gr/cm^3)

M: η μάζα σε (σε γραμμάρια, g)

V: ο όγκος (σε κυβικά εκατοστά , cm^3)

Πίνακας 1: Πυκνότητες των πιο σημαντικών ειδών ξύλου. (Πηγή: Τσουμής Γ. (2009))

Είδος ξύλου	Πυκνότητα ξηρή	Πυκνότητα φαινομενική R_{12}	Είδος ξύλου	Πυκνότητα ξηρή	Πυκνότητα φαινομενική R_{12}
Ελάτη, κεφαληνιακή	0,40	-	Φιλόρα, Φλαμούρι	0,50	0,54
Ελάτη, λευκή	0,41	0,44	Φράξος, Δεσποτάκι	0,66	0,70
Ερυθρελάτη	0,41	0,44	Ψευδοτσούγκα	0,49	0,52
Πεύκη, γαλέπιος	0,71	0,75	Λάρικα	0,57	0,60
Πεύκη, τραχεία	0,57	0,60	Πεύκη, ακτινωτή	-	0,50
Πεύκη κουκουναριά	0,52	0,56	Pitch Pine	0,52	0,56
Πεύκη, μαύρη	0,52	0,55	Σεκβόια	0,36	0,39
Πεύκη, δασική	0,49	0,53	Ταξόδιο	0,48	0,52
Πεύκη, λευκόδερμος	0,47	0,53	Ευκάλυπτος, Margi	0,85	0,88
Κυπαρίσσι	0,55	0,60	" Globulus	0,72	0,77
Άρκευθός, οξύκεδρος	0,56	0,60	" Rostrata	-	0,91
Τταμος	0,64	0,67	Teak	0,63	0,67
Καρυδιά	0,64	0,69	Zebrano	0,69	0,78
Λεύκη, τρέμουσα	0,43	0,46	Palissander	0,80	0,87
Λεύκη, λευκή	0,46	0,50	Padauk	0,65	0,70
Λεύκη, μαύρη	0,39	0,41	Bubinga	0,75	0,87
Λεύκη, υβρίδιο I ₂₁₄	0,32	0,34	Afzelia	-	0,81
Λεύκη, καναδική	0,41	-	Iroko	0,60	0,62
Ιτιά, λευκή	0,49	0,52	Afara	0,57	0,60
Κλήθρα, κολλώδης	0,51	0,55	Ramin	0,55	0,60
Σημύδα	0,68	0,73	Idigbo	0,50	0,57
Γαύρος	0,78	0,82	Ako	-	0,55
Οστριά	0,87	0,90	Kosipo	0,65	0,70
Οξιά, δασική	0,70	0,74	Makore	0,59	0,62
Καστανιά	0,58	0,61	Sapele	0,62	0,65
Δρυς, απόδισκη	0,65	0,69	Sipo	0,59	0,63
Δρυς, ευθύφλοια	0,82	0,87	Tiama	0,52	0,59
Πουρνάρι	0,90	0,94	Μαόνι, Ν. Αμερικής	0,55	0,60
Φτελιά, πεδινή	0,63	0,67	Bete	0,60	0,62
Φτελιά, ορεινή	0,62	0,66	Obeche	0,35	0,38
Κελτίς	0,71	0,75	Balsa	0,10	0,16
Μουριά	0,61	0,66	Okoume	0,41	0,43
Πλατάνι	0,58	0,63	Aiele	0,45	0,50
Σορβιά	0,71	0,75	Niangon	0,65	0,70
Ακακία	0,80	0,88	Acajou	0,49	0,51
Ελιά	0,88	0,92	Seraya white	-	0,53
Σφενδάμι, ψευδοπλ.	0,59	0,63	Meranti, dark red	-	0,67
Σφενδάμι, πλαταν.	0,62	0,66	Dibetoy	0,56	0,60
Σφενδάμι, πεδινό	0,62	0,66	Opere	-	0,74
Ιπποκαστανιά	0,51	0,56	Makore	0,59	0,62

Η πυκνότητα με απλά λόγια περιγράφει το πόσο “βαρύ” είναι ένα υλικό. Ωστόσο δεν αρκεί η έννοια βάρος, διότι εκτιμώντας το πόσο βαρύ είναι ένα υλικό πρέπει απαραίτητα να λαμβάνεται υπόψη και ο όγκος του. Αυτό μπορεί να γίνει κατανοητό με ένα απλό παράδειγμα. Ένα κιλό βαμβάκι και ένα κιλό σίδερα έχουν φυσικά το ίδιο ακριβώς βάρος. Όμως γνωρίζουμε ότι το σίδερο γενικά είναι πιο βαρύ σαν υλικό από το βαμβάκι γιατί το ένα κιλό πιθανόν να

είναι ένα μικρό κομμάτι ενώ αντίστοιχα το βαμβάκι μπορεί να είναι ένα ολόκληρο τσουβάλι.

Για να υπολογίσουμε την πυκνότητα ενός υλικού (π. χ ενός ξύλου) χρειάζεται να υπολογίσουμε πρώτα την μάζα και τον όγκο του. Για τον υπολογισμό της μάζας χρειάζεται συνήθως ένας ζυγός ακριβείας, σε αντίθεση με τον όγκο του οποίου ο προσδιορισμός είναι αρκετά πολύπλοκος. Ανάλογα με το σχήμα του δείγματος διακρίνονται δύο μέθοδοι υπολογισμού του όγκου.

- i. Αν το δείγμα έχει κανονικό σχήμα η ογκομέτρηση γίνεται με την μέτρηση των διαστάσεων και την χρήση απλών μαθηματικών πράξεων.
- ii. Αν το δείγμα δεν έχει κανονικό σχήμα τότε ακολουθείτε μια συγκεκριμένη διαδικασία για τον υπολογισμό του όγκου.

✧ Υγροσκοπικότητα.

Η υγροσκοπικότητα μαζί με την πυκνότητα είναι οι πιο σημαντικές ιδιότητες του ξύλου. Προτού εξετάσουμε θέματα που έχουν μεγάλη σημασία όπως την ποσότητα υγρασίας που περιέχεται μέσα στην μάζα του ξύλου, το πως μεταβάλλεται και το πως επηρεάζει την συμπεριφορά του ξύλου, πρέπει να προσδιορίσουμε την υγροσκοπικότητα, ιδιότητα στην οποία και οφείλεται αυτή η συμπεριφορά του ξύλου σαν υλικό.

Υγροσκοπικότητα ορίζεται ως η ιδιότητα που έχει το ξύλο να προσλαμβάνει υγρασία από το περιβάλλον και είναι η αιτία που το ξύλο πάντοτε περιέχει υγρασία, ως σώμα των ζωντανών δένδρων και μετέπειτα ως υλικό.

✧ Περιεχόμενη υγρασία.

Η υγρασία του ξύλου είναι ένα μέγεθος το οποίο δεν παραμένει σταθερό αλλά εξαρτάται σημαντικά από τις συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο τοποθετείται το ξύλο και κυμαίνεται από 0% του ξηρού βάρους του αλλά μπορεί να φτάσει και το 1000% αυτού. Η περιεχόμενη υγρασία ενός ξύλου υπολογίζεται σε ποσοστό επί τοις εκατό (%) της ξηρής μάζας του ξύλου και υπολογίζεται σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο.

$$Y = \frac{M_x - M_0}{M_0} \times 100\% \quad (2.1)$$

Y= περιεχόμενη υγρασία του ξύλου (%).

M_x =Αρχικό βάρος ή υγρό βάρος (g), (ξύλο και υγρασία μαζί)

M_0 =Απόλυτα ξηρό βάρος (g), (<<καθαρό>> ξύλο)

$M_x - M_0$ = Βάρος νερού που περιέχεται στο ξύλο (g), (<<Καθαρό>> νερό).

Συνεπώς χρειάζεται να γνωρίζουμε το υγρό αρχικό βάρος και το ξηρό τελικό βάρος του ξύλου προκειμένου να προσδιοριστεί η υγρασία του.

■ Σημείο ινοκόρου.

Η υγρασία ενός ξύλου βρίσκεται σε σχετικά υψηλά επίπεδα όσο δεν έχει κοπεί από το υπόλοιπο δέντρο. Μόλις το δέντρο κοπεί, η υγρασία του χλωρού ξύλου αρχίζει και μειώνεται σταδιακά (φυσική ξήρανση). όταν ένα χλωρό ξύλο αρχίζει να ξηραίνεται, πρώτα εξατμίζεται η υγρασία από τις κυτταρικές κοιλότητες και μετά των κυτταρικών τοιχωμάτων. Το σημείο κατά το οποίο τα κυτταρικά τοιχώματα του ξύλου είναι πλήρως κορεσμένα με νερό και οι κυτταρικές κοιλότητες τελείως άδειες είναι το λεγόμενο σημείο ινοκόρου με υγρασία περίπου 30% (25%-35%).

Όταν η υγρασία πέσει κάτω από το σημείο ινοκόρου αρχίζει να εξατμίζεται από το ξύλο και η υγρασία που είναι δεσμευμένη μέσα στα κυτταρικά τοιχώματα. Σε αυτό το σημείο ξεκινούν και οι διαστασιακές μεταβολές του ξύλου.

✧ Ρίκνωση και διόγκωση.

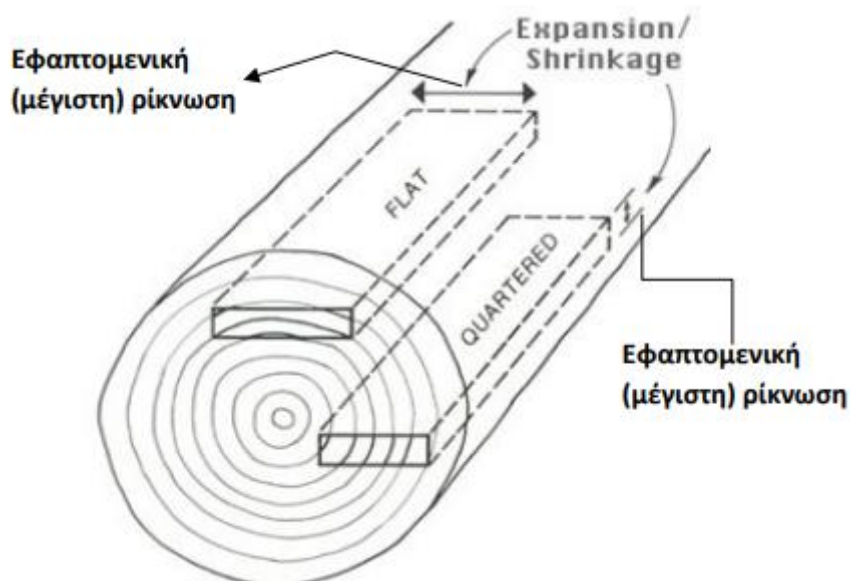
Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του ξύλου, να απορροφά ή να χάνει υγρασία ανάλογα με τις συνθήκες στις οποίες βρίσκεται, έχει σαν αποτέλεσμα το βάρος του να μην παραμένει σχεδόν ποτέ σταθερό και να αυξομειώνεται. Σε περίπτωση που η υγρασία μεταβάλλεται σε ένα εύρος τιμών που βρίσκονται πάνω στο σημείο ινοκόρου τότε αλλάζει μόνο το βάρος του ξύλου. Όταν όμως, η υγρασία του μεταβάλλεται σε τιμές που βρίσκονται κάτω από το σημείο ινοκόρου τότε δεν αλλάζει μόνο το βάρος του ξύλου αλλά και οι διαστάσεις του. Οι μεταβολές αυτές γίνονται με δύο τρόπους.

1. Ρίκνωση. Μείωση των διαστάσεων του ξύλου όταν αυτό αποβάλλει υγρασία και βρίσκεται κάτω από το σημείο ινοκόρου. (από 30% υγρασία μέχρι 0% υγρασία).
2. Διόγκωση. Αύξηση των διαστάσεων του ξύλου όταν αυτό προσλαμβάνει υγρασία και βρίσκεται κάτω από το σημείο ινοκόρου (από 0% υγρασία μέχρι περίπου 30% υγρασία).



Σχημα 1: Διαστασιακές μεταβολές του ξύλου στις 3 διαφορετικές διευθύνσεις. . (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012)

Ωστόσο λόγω της ανισοτροπίας του ξύλου, οι μεταβολές που συμβαίνουν δεν είναι ομοιόμορφες σε όλες τις διευθύνσεις του ξύλου. Οι αυξομειώσεις του ξύλου στην αξονική διεύθυνση είναι ελάχιστες (0. 1-0. 3%) και συχνά δεν λαμβάνονται υπόψη. Στην ακτινική διεύθυνση είναι μεγαλύτερες (2-8%) ενώ στην εφαπτομενική είναι περίπου διπλάσιες (6-13%) της ακτινικής.



Σχημα 2: Μέγιστη ρίκνωση ως προς την θέση του ξύλου μέσα στον κορμό. . (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012)

Στο σχήμα 2 βλέπουμε μια πρακτική επίπτωση της ανισοτροπίας του ξύλου. Ανάλογα με τον τρόπο που έχει κοπεί η ξυλεία, η πλευρά του πριστού που παρουσιάζει την μεγαλύτερη αστάθεια είναι διαφορετική.

Ο υπολογισμός της ρίκνωσης και της διόγκωσης μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τύπους :

$$P_{(\%)} = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100, \Delta_{(\%)} = \frac{L_1 - L_2}{L_2} \times 100.$$

Όπου:

P = ρίκνωση επί της αρχικής χλωρής διάστασης (%)

Δ = διόγκωση επί της αρχικής ξηρής διάστασης (%)

L1 = χλωρή (μεγαλύτερη) διάσταση (mm)

L2 = ξηρή (μικρότερη) διάσταση (mm)

Η ρίκνωση και η διόγκωση υπολογίζονται ξεχωριστά για κάθε διάσταση ενός ξύλου (αξονική, ακτινική, εφαπτομενική). Αν όμως στην θέση των L και L αντί για το μήκος κάποιας συγκεκριμένης διάστασης, βάλουμε τον όγκο του ξύλου, τότε μπορούμε να υπολογίσουμε τη μεταβολή που υφίσταται ένα ολόκληρο πριστό τεμάχιο ξύλου.

Στους παραπάνω τύπους, εάν βάλουμε στην θέση των L1 και L2 την μέγιστη διάσταση (υγρασία ξύλου 30% και πάνω) και ελάχιστη διάσταση (υγρασία ξύλου 0%) μπορούμε να υπολογίσουμε την συνολική διόγκωση (ΣΔ) ή την συνολική ρίκνωση (ΣΡ) που είναι δυνατό να υποστεί η συγκεκριμένη διάσταση στο ξύλο. Εάν οι δύο αυτές τιμές είναι γνωστές, τότε μπορούμε χρησιμοποιώντας τους τύπους που βρίσκονται παρακάτω να υπολογίσουμε την ρίκνωση (Ρμ) ή την διόγκωση (Δμ) που θα συμβεί σε αυτή την διάσταση για μια συγκεκριμένη μεταβολή υγρασίας (ΜΥ).

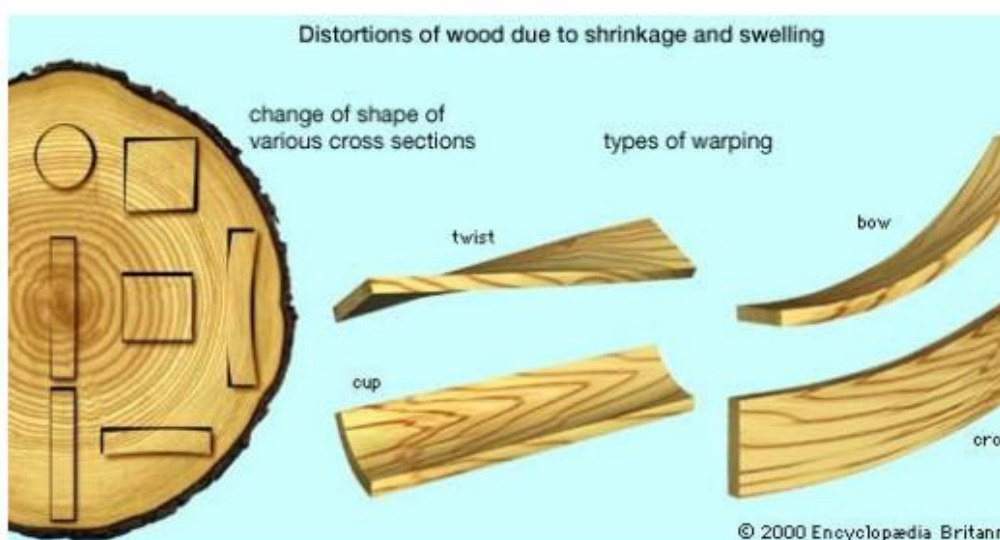
$$P_{\mu} = \frac{\Sigma P \times M Y}{30}, \Delta_{\mu} = \frac{\Sigma M \times M Y}{30}$$

Για τον πειραματικό προσδιορισμό της συνολικής ρίκνωσης και διόγκωσης ακολουθούνται τα παρακάτω εξής στάδια:

1. Παίρνουμε δείγματα ξύλου πλανισμένα. Σημαντικό είναι ο δίσκος κοπής να είναι καλής ποιότητας και το ξύλο από το οποίο προκύπτουν τα δείγματα να είναι ένα σχετικά καλής ποιότητας ξύλο χωρίς σφάλματα.
2. Βυθίζουμε το δείγμα σε νερό για 2 με 3 ημέρες μέχρι να αποκτήσει υγρασία 30-32% (Σημείο ινοκόρου), δηλαδή έως ότου κορεσθούν τα κυτταρικά του τοιχώματα. Η διαδικασία αυτή ακολουθείται αφού πρώτα έχουμε ξηράνει το ξύλο. Ωστόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και χλωρό ξύλο το οποίο περιέχει υγρασία πάνω από το σημείο ινοκόρου.

3. Μετράμε τις ακριβείς διαστάσεις (L1) των χλωρών δειγμάτων με ακρίβεια εκατοστού του χιλιοστού.
4. Τοποθετούμε τα δείγματα σε αεριζόμενο κλίβανο στους $103\pm 2^{\circ}\text{C}$, μέχρι να χάσουν όλη την υγρασία τους (σταθερό βάρος). $Y=0\%$. Για να συμβεί αυτό χρειάζονται πάνω από 24 ώρες.
5. Τοποθετούμε τα δείγματα σε ειδικό δοχείο (ξηραντήρα) πάνω από χλωριούχο ασβέστιο ή πεντοξειδίο του φωσφώρου, και παίρνοντας ένα φωσφόρο τα δείγματα υπολογίζουμε τις ζητούμενες διαστάσεις (L2) με μικρόμετρο.

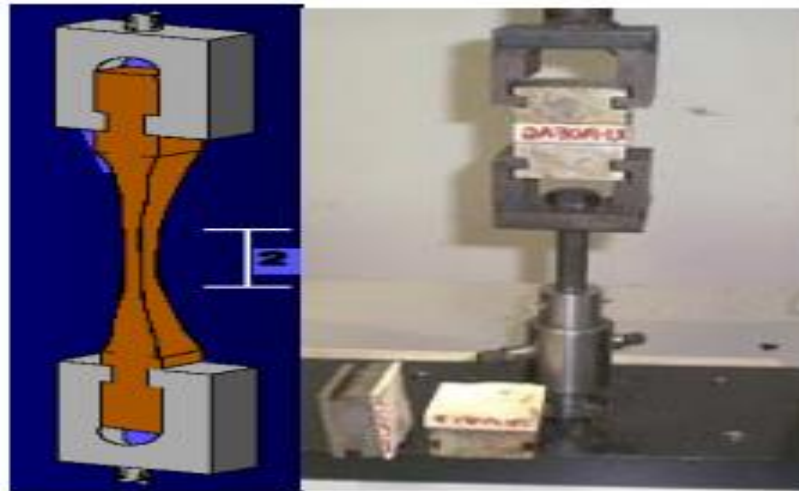
Οι αυξομειώσεις των διαστάσεων του ξύλου λόγω της μεταβολής της περιεχόμενης υγρασίας, είναι ένα μεγάλο μειονέκτημα του ξύλου γιατί μπορεί να προκαλέσουν διάφορα ελαττώματα όπως στρεβλώσεις, ραγαδώσεις κ. α. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με διάφορους τρόπους όπως εμποτισμός του ξύλου με διάφορες ουσίες, με μηχανική μεταποίηση, επιμελημένη ξήρανση κ. α.



Εικόνα 7: Διάφορες παραμορφώσεις του ξύλου που οφείλονται σε μεταβολές υγρασίας και τις αντίστοιχες διαστασιακές μεταβολές. . (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012)

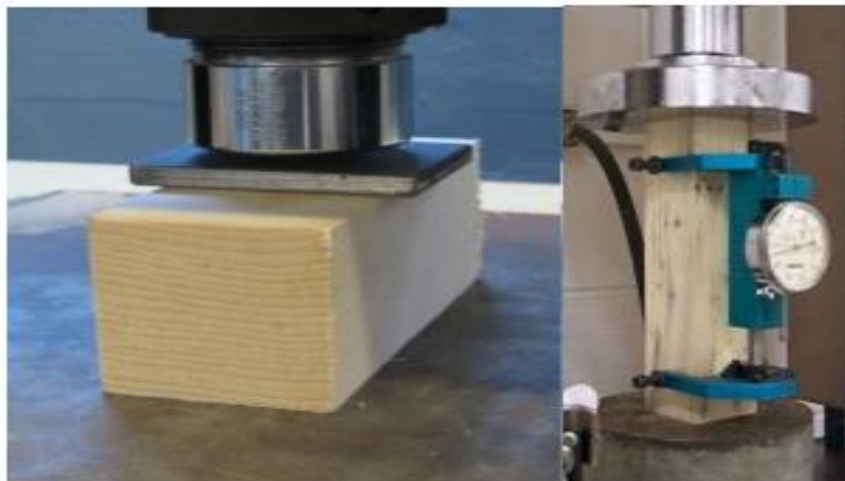
2.6 Μηχανικές ιδιότητες.

- ✧ Αντοχή σε εφελκυσμό. Προσπάθεια αποκόλλησης του ξύλου με 2 αντίρροπες δυνάμεις που ενεργούν στα άκρα.



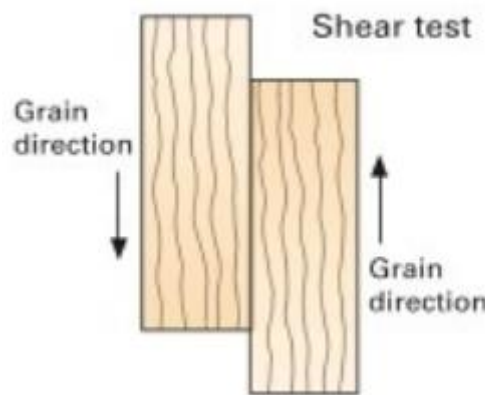
Εικόνα 8: Φόρτιση ξύλου σε εφελκυσμό. Αριστερά γίνεται φόρτιση μασίφ ξύλου σε εφελκυσμό. Δεξιά γίνεται μέτρηση της αντοχής σε εφελκυσμό συγκολλημένου ξύλου. (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012)

- ✧ Αντοχή σε θλίψη. Η συμπίεση του ξύλου ώστε να σπάσει μέσα στην μάζα του.



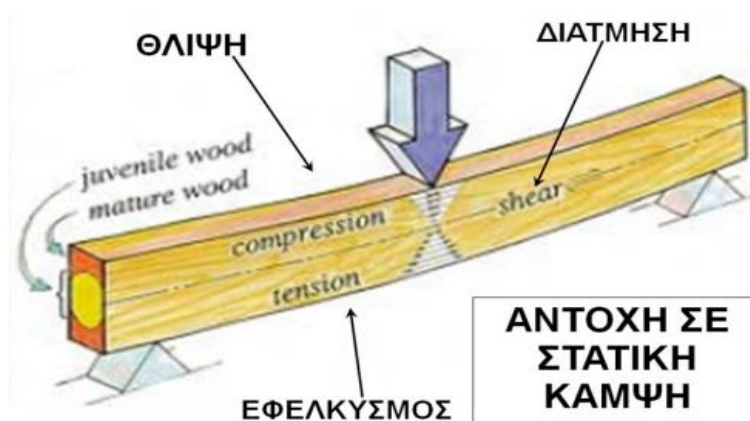
Εικόνα 9: Φόρτιση ξύλου σε θλίψη. (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012)

- ✧ Αντοχή σε διάτμηση. Η πλευρική αποκόλληση του ξύλου.



Εικόνα 10: Φόρτιση ξύλου σε διάτμηση. (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012)

- ✧ Αντοχή σε στατική κάμψη. Η σταδιακή φόρτιση της δοκού που είναι πακτωμένη σε δύο άκρα. Κατά την διάρκεια της φόρτισης αναπτύσσονται και δυνάμεις θλίψης, εφελκυσμού και διάτμησης.



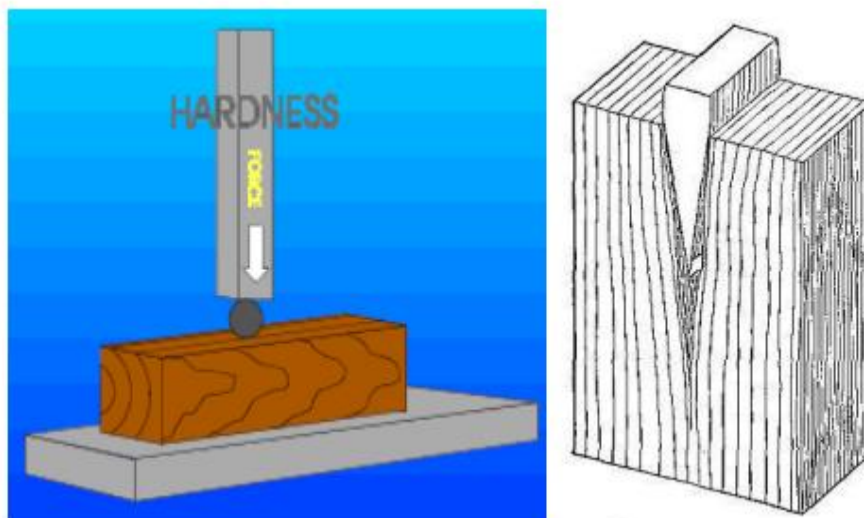
Εικόνα 11: Φόρτιση ξύλου σε στατική κάμψη. (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012)

- ✧ Αντοχή σε κρούση. Η απότομη θραύση του ξύλου.



Εικόνα 12: Φόρτιση ξύλου σε κρούση. (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012)

- ✧ Αντοχή σε σκληρότητα. Η αντίσταση του ξύλου στη διείσδυση ενός ξένου υλικού μέσα στην μάζα του.
- ✧ Αντοχή σε σχίση. Η αντίσταση του ξύλου όταν ένα αιχμηρό υλικό επιχειρεί να διαπεράσει την μάζα του.



Εικόνα 13: Φόρτιση ξύλου σε τεστ σκληρότητας (αριστερά), σχίσση του ξύλου (δεξιά). (Πηγή: Μπιρμπίλης 2012)

2.7 Χαρακτηριστικές ιδιότητες του ξύλου στην φωτιά.

Το ξύλο αποτελεί ένα πολύ φιλικό υλικό ως προς την φωτιά. Παρακάτω αναφέρονται βασικές πληροφορίες της αντίδρασης του ξύλου στην φωτιά.

1. Το ξύλο αναφλέγεται στους 500°C, θερμοκρασία που για να επιτευχθεί σε συνήθεις διαστάσεις δομικής ξυλείας χρειάζεται αρκετός χρόνος.
2. Λόγω της κυτταρικής δομής και της θερμομονωτικής ιδιότητας της κυτταρίνης, η θερμότητα μεταδίδεται με αργούς ρυθμούς στο εσωτερικό του καίόμενου υλικού με αποτέλεσμα η καύση να περιορίζεται μόνο στην εκτεθειμένη επιφάνεια του.
3. Οι υψηλές θερμοκρασίες δεν επιφέρουν καμία αλλοίωση (μηχανική ή χημική) στην μη καίομενη μάζα του ξύλου. Η απώλεια αντοχής ενός καίόμενου ξύλινου στοιχείου είναι ανάλογα της απομείωσης της διατομής του.
4. Η απομείωση της διατομής του καίόμενου υλικού οφείλεται στην απανθράκωση του ξύλου, η οποία συμβαίνει με πολύ αργούς ρυθμούς 0.50-0.65 mm/s.

5. Το απανθρακωμένο υλικό είναι αυτό το οποίο ελαττώνει και εν τέλη σβήνει την φλόγα, μετά την απομάκρυνση του αιτίου που την προκάλεσε.
6. Σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει επικάλυψη πυροπροστασίας, το ξύλο δεν έχει μεγάλη συμμετοχή στην εξάπλωση της φωτιάς, σε σύγκριση με τον εξοπλισμό του κτιρίου (έπιπλα, ηλεκτρικές συσκευές). Παρ' όλα αυτά για περισσότερη ασφάλεια είναι δυνατό να υποστεί επεξεργασία με χημικές επιβραδυντικές ουσίες κατά της φωτιάς.
7. Κατά την διάρκεια της φωτιάς το ξύλο δεν διαστέλλεται και δεν παραμορφώνεται σε μεγάλο βαθμό.
8. Η αύξηση της θερμοκρασίας του άκαυστου ξύλου περιορίζεται σε βάθος 25-30 mm . Αυτό είναι και το βάθος που παρατηρείται σχετική μείωση των μηχανικών χαρακτηριστικών του υλικού.
9. Η αντιμετώπιση της απομείωσης της διατομής του εκάστοτε ξύλινου δομικού μέλους, που αποτελεί και την βασική βλάβη που προκαλείται από την φωτιά, αντιμετωπίζεται είτε με επικάλυψη των μελών με αντιπυρικά υλικά υπό μορφή επιφανειακών στοιχείων είτε με απλή επαύξηση των απαιτούμενων για την φέρουσα ικανότητα διατομών.
10. Επειδή οι ξύλινες κατασκευές έχουν απολύτως προβλέψιμη χρονική εξέλιξη των αντοχών των μελών τους και επαρκώς προβλέψιμη της αντίστοιχης των συνδέσεων, είναι δυνατόν να υπολογιστούν με μεγάλη ακρίβεια οι απαιτούμενες διαστάσεις των ξύλινων στοιχείων μιας κατασκευής, για τον απαιτούμενο χρόνο πυροπροστασίας.

3. Υγροσκοπικότητα του ξύλου.

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο η υγροσκοπικότητα είναι η ιδιότητα του ξύλου να έλκει μόρια νερού από την ατμόσφαιρα. Η υγροσκοπικότητα οφείλεται στην χημική σύνθεση του ίδιου του ξύλου. Αυτός είναι και ο λόγος που το ξύλο περιέχει πάντοτε υγρασία (ποσοστό υγρασίας, περιεχόμενη υγρασία, βαθμοί υγρασίας), είτε ως κορμός δέντρου, είτε ως πριστή ξυλεία, είτε ως στρογγύλη. Τα συστατικά του μέρη είναι:

- 1) Κυτταρίνες,
- 2) Ημικυτταρίνες,
- 3) Πηκτινικές ουσίες.
- 4) Λιγνίνη.

Και οι τέσσερις αυτές ουσίες είναι υδρόφιλες, δηλαδή έλκουν μόρια νερού από την ατμόσφαιρα ή όταν έρθουν σε επαφή με το νερό.

Η υγροσκοπικότητα του ξύλου είναι μια πολύ σημαντική ιδιότητα, γιατί η υγρασία που συγκρατεί το ξύλο μπορεί να επηρεάσει καθοριστικά πολλές από τις ιδιότητές του. Συγκεκριμένα επηρεάζει σημαντικά τις εξής ιδιότητες:

- i. Την πυκνότητα.
- ii. Τις μηχανικές ιδιότητες.
- iii. Την κατεργασία.
- iv. Την ανθεκτικότητα του ξύλου στην προσβολή μυκήτων και εντόμων. Υγρασία μεγαλύτερη του 22% επιτρέπει την δραστηριοποίηση των μυκήτων για σήψη του ξύλου.
- v. Την θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Επιπλέον η υγρασία παίζει καθοριστικό παράγοντα :

- 1) Στην ξήρανση του ξύλου,
- 2) Στον εμποτισμό του.
- 3) Στην παραγωγή επίπλων,
- 4) Στην παραγωγή ξύλινων σπιτιών, δομικών ξύλινων στοιχείων και διαφόρων άλλων ξύλινων κατασκευών.

3.1 Ορισμός Της Υγρασίας

Υγρασία του ξύλου ορίζεται ως το βάρος του νερού που περιέχεται στο ξύλο και εκφράζεται ως ποσοστό επί του απόλυτα ξηρού βάρους του ξύλου.

$$Y = \frac{M_x - M_0}{M_0} \times 100 \quad (3.1)$$

Όπου:

Y =περιεχόμενη υγρασία (%).

M_x =αρχική μάζα ή χλωρή μάζα (g)

M_0 =απόλυτα ξηρή μάζα (g).

Η μέγιστη υγρασία που μπορεί να συγκρατήσει ένα ξύλο εξαρτάται από τα κενά που υπάρχουν στην μάζα του. Τα κενά αυτά εξαρτώνται άμεσα από την πυκνότητα. Η μέγιστη τιμή της υγρασίας σε σχέση με την πυκνότητα υπολογίζεται με την χρήση των παρακάτω εξισώσεων.

$$Y_{\max} = 100 \left(\frac{r_w - R}{r_w R} \right) = 100 \left(\frac{1.5 - R}{1.5R} \right) = 100 \left(\frac{1}{R} - 0.67 \right)$$

$$Y_{\max} = 100 \left(\frac{r_w - \rho_0}{r_w \rho_0} \right) + \Sigma. I. = 100 \left(\frac{1.5 - \rho_0}{1.5 - \rho_0} \right) = 100 \left(\frac{1}{R} - 0.67 \right) + 30 \quad (3.2)$$

Όπου:

Y_{\max} =Μέγιστη υγρασία ξύλου (%)

R = βασική πυκνότητα (g/cm³)

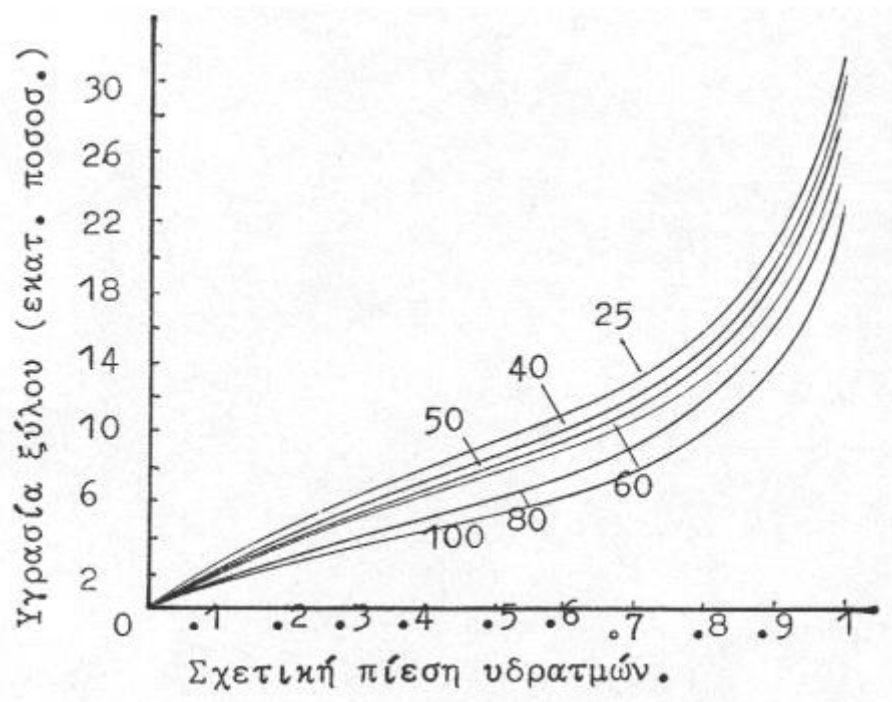
ρ_0 = Ξηρή πυκνότητα (g/cm³)

r_w = Πυκνότητα ξυλώδους ύλης (1, 50 g/cm³)

$\Sigma. I.$ =Σημείο ινοκόρου (%)

3.2 Περιγραφή της ισοδύναμης υγρασίας.

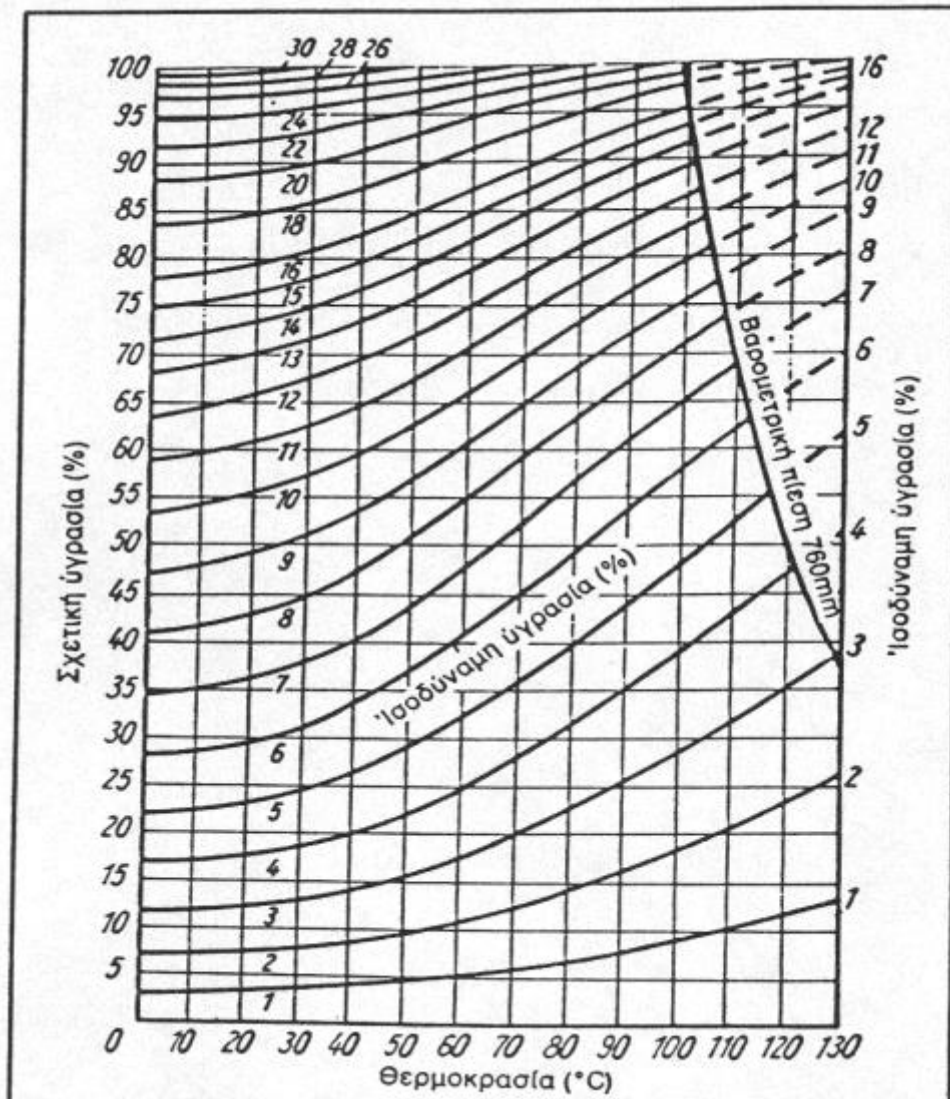
Αν πάρουμε ένα δείγμα ξύλου σε απόλυτα ξηρή κατάσταση και το εκθέσουμε στο περιβάλλον, θα απορροφήσει υγρασία (σε μορφή υδρατμών) από την ατμόσφαιρα μέχρις ότου να φτάσει σε μια υγρασία ισορροπίας με το περιβάλλον. Η υγρασία αυτή ονομάζεται υγρασία ισορροπίας ή ισοδύναμη υγρασία. Το φαινόμενο αυτό κατά το οποίο το ξύλο απορροφά υγρασία καλείται **προσρόφηση** και επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις ιδιότητες του ίδιου του ξύλου (Φυσικές και χημικές ιδιότητες). Αντίθετα το φαινόμενο κατά το οποίο το ξύλο δέχεται απώλεια υγρασίας με εξάτμιση, ονομάζεται **εκρόφηση**.



Σχήμα 3: Ισοθερμικές καμπύλες υγρασίας ξύλου και σχετικής πίεσης υδρατμών σε διάφορες θερμοκρασίες. (Πηγή: Τσουμής 2009).

Η περιεχόμενη υγρασία του ξύλου που βρίσκεται σε ισορροπία με τις συνθήκες του περιβάλλοντος ονομάζεται ισοδύναμη υγρασία ή υγρασία ισορροπίας. Οι παράγοντες που την επηρεάζουν είναι :

1. Η σχετική υγρασία του αέρα.
2. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.



Σχημα 4: Καμπύλες ισοδύναμης υγρασίας για διάφορες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας αέρα. (Πηγή: Τσουμής 2009)

Η ισοδύναμη υγρασία για τις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας κυμαίνεται από 8% έως 23% για όλα τα μέρη και καθ'όλη την διάρκεια του έτους.

3.3 Μέθοδοι Υπολογισμού της Περιεχόμενης Υγρασίας.

Όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο (Βλ. 2.5, σελ 20-21) η περιεχόμενη υγρασία είναι ένα μέγεθος το οποίο δεν είναι σταθερό και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Για τον προσδιορισμό-υπολογισμό της χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τρεις μέθοδοι:

- 1) Μέθοδος ξήρανσης και ζύγισης.
- 2) Μέθοδος απόσταξης.
- 3) Μέθοδος ηλεκτρικών υγραμέτρων.

3.3.1 Μέθοδος ξήρανσης και ζύγισης

Για την χρήση αυτής της μεθόδου η οποία εξάγει ακριβή και ορθά αποτελέσματα , πρέπει να τηρούνται κάποιες προϋποθέσεις.

1. Τα δείγματα πρέπει να έχουν πάχος 15-22mm κατά την κατεύθυνση των ινών.
2. Τα δείγματα πρέπει να παίρνονται από απόσταση 30 cm από το άκρο του πριστού.
3. Τα δείγματα πρέπει να είναι απαλλαγμένα από τυχόν σφάλματα.

Όλα τα δείγματα ζυγίζονται σε ζυγό ακριβείας και στην συνέχεια τοποθετούνται στο πυριατήριο στους 100-103°C. Εκεί θα παραμείνουν μέχρι να χάσουν όλη την υγρασία τους και να αποκτήσουν σταθερό βάρος. Για να συμβεί αυτό απαιτείται σωστός αερισμός του κλιβάνου και σταθερή θερμοκρασία. Ο εκτιμώμενος χρόνος για την ξήρανση ενός δείγματος 100 g είναι 24-48 ώρες και εξαρτάται τόσο από την αρχική υγρασία του ξύλου και το μέγεθός του όσο και από την πυκνότητά του.

Όσο προτείνεται ο τεμαχισμός του δείγματος σε μικρότερα κομμάτια και η επανάληψη της διαδικασίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του χρόνου ξήρανσης σε 4-12 ώρες εξαιτίας του μικρού μεγέθους του ξύλου. Σε περιπτώσεις όπου απαιτείται η μέτρηση της υγρασίας σε ξύλο κατηγορίας Πεύκου η μέθοδος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί λόγω της υψηλής περιεκτικότητας του πεύκου σε πτητικά εκχυλίσματα(Ρετσίνι). Συγκεκριμένα

κατά την ξήρανση τα πτητικά εκχυλίσματα εξαερώνονται με αποτέλεσμα να προκύπτουν εσφαλμένα αποτελέσματα υγρασίας.

Υπολογίζοντας το αρχικό-χλωρό βάρος του ξύλου και το ξηρό βάρος του , μπορούμε να βρούμε την υγρασία του ξύλου με την βοήθεια της εξίσωσης 3. 1 (σελ. 28)

3.3.2 Μέθοδος απόσταξης.

Κατά την μέθοδο της απόσταξης λαμβάνονται δείγματα 20-50 g σε μορφή ξυλοτεμαχιδίων ή πριονιδιού , τα οποία ζυγίζονται με ακρίβεια και τοποθετούνται σε συσκευή απόσταξης, σε ανάμιξη με διαλύτη που δεν διαλύεται στο νερό (τολουόλιο, τριχλωροαιθυλένιο).

Η συσκευή διαθέτει συνήθως ηλεκτρική αντίσταση για την θέρμανσή της. Η συσκευή απόσταξης είναι εφοδιασμένη με συμπυκνωτή που καταλήγει σε αριθμημένο σωλήνα. Στην συνέχεια το νερό που περιέχεται μέσα στο δείγμα (ξύλο) συμπυκνώνεται και συγκεντρώνεται στον αριθμημένο σωλήνα, ενώ ο διαλύτης επιστρέφει πίσω στο δοχείο. Το βήμα αυτό επαναλαμβάνεται μέχρις ότου σταματήσει εντελώς η συμπύκνωση. Ο απαιτούμενος χρόνος είναι 12-24 ώρες.

Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να αξιοποιηθεί η εξίσωση 3. 1 για τον υπολογισμό της υγρασίας εάν πρώτα γνωρίζουμε το αρχικό βάρος του ξύλου και την ποσότητα της υγρασίας που συμπυκνώθηκε. Η μέθοδος της απόσταξης χρησιμοποιείται κυρίως για μέτρηση υγρασίας σε ξύλα Πεύκης (χαλεπίου, τραχείας).

3.3.3 Μέθοδος ηλεκτρικών υγραμέτρων.

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα ξεκίνησε η χρήση των ηλεκτρικών υγραμέτρων (wood moisture meters). Σήμερα η χρήση τους γίνεται κυρίως σε βιομηχανίες ξύλου και επίπλου

Υπάρχουν υγράμετρα που στηρίζονται τόσο στην **ηλεκτρική αντίσταση** του ξύλου όσο και στις **διηλεκτρικές ιδιότητες** αυτού. Τα πρώτα λόγω της μεγαλύτερης ακρίβειάς τους έχουν καταφέρει να καθιερωθούν στην αγορά. Η μέτρηση βασίζεται στο γεγονός ότι για υγρασία ξύλου μεταξύ της ξηρής κατάστασης και του σημείου ινοκόρου (επίπεδα υγρασίας περίπου 30%) υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ του λογάριθμου της ηλεκτρικής αντίστασης και της ποσότητας υγρασίας του ξύλου. Τα ηλεκτρικά υγράμετρα υπολογίζουν με πολύ μεγάλη ακρίβεια υγρασία μεταξύ 7-35%. Για μεγαλύτερα επίπεδα (35-80%) η ακρίβεια τους είναι σχετικά ικανοποιητική.

Τα βήματα της μεθόδου αυτής έχουν ως εξής:

- 1) Τοποθετούμε τα ηλεκτρόδια του υγραμέτρου στην επιφάνεια του δείγματος (είτε σε βάθος, είτε επίπεδα). Τα ηλεκτρόδια των υγραμέτρων είναι αιχμηρά (σαν καρφιά) και το μέγεθός τους διαφέρει ανάλογα το βάθος που θέλουμε να εισχωρήσουν.

- 2) Μετά την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων στο ξύλο καθορίζεται η θερμοκρασία του χώρου και η ρύθμιση του οργάνου (σε κλίμακα 1-5) ανάλογα με τις ιδιότητες του ξύλου (πυκνότητα, είδος).
- 3) Η ένδειξη που εμφανίζει το όργανο είναι και η περιεχόμενη υγρασία του ξύλου κατά προσέγγιση.

3.3.3.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης ηλεκτρικών υγραμέτρων.

Τα ηλεκτρικά υγράμετρα είναι εξαιρετικά σημαντικά και χρήσιμα για την εξαγωγή σημαντικών πληροφοριών για την μελετώμενη ξυλεία. Τα πιο σημαντικά από αυτά αναφέρονται παρακάτω:

1. Μπορεί να γίνει μέτρηση πολλών δειγμάτων
2. Δεν καταστρέφουν το υλικό (μη καταστροφική μέθοδος).
3. Είναι πολύ ελαφριά και είναι εύκολη η μεταφορά τους (φορητά).
4. Η δαπάνη μέτρησης είναι πολύ μικρή.

Πέραν όμως των πλεονεκτημάτων υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα της χρήσης των ηλεκτρικών υγραμέτρων.

1. Έχουν μικρότερη ακρίβεια σε σχέση με άλλες μεθόδους.
2. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δεν είναι αξιόπιστα όταν η υγρασία είναι μικρότερη από 7% και μεγαλύτερη από 30%
3. Τα αποτελέσματα εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την θερμοκρασία, την πυκνότητα του ξύλου.
4. Οι μετρήσεις εξαρτώνται από τις συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα.

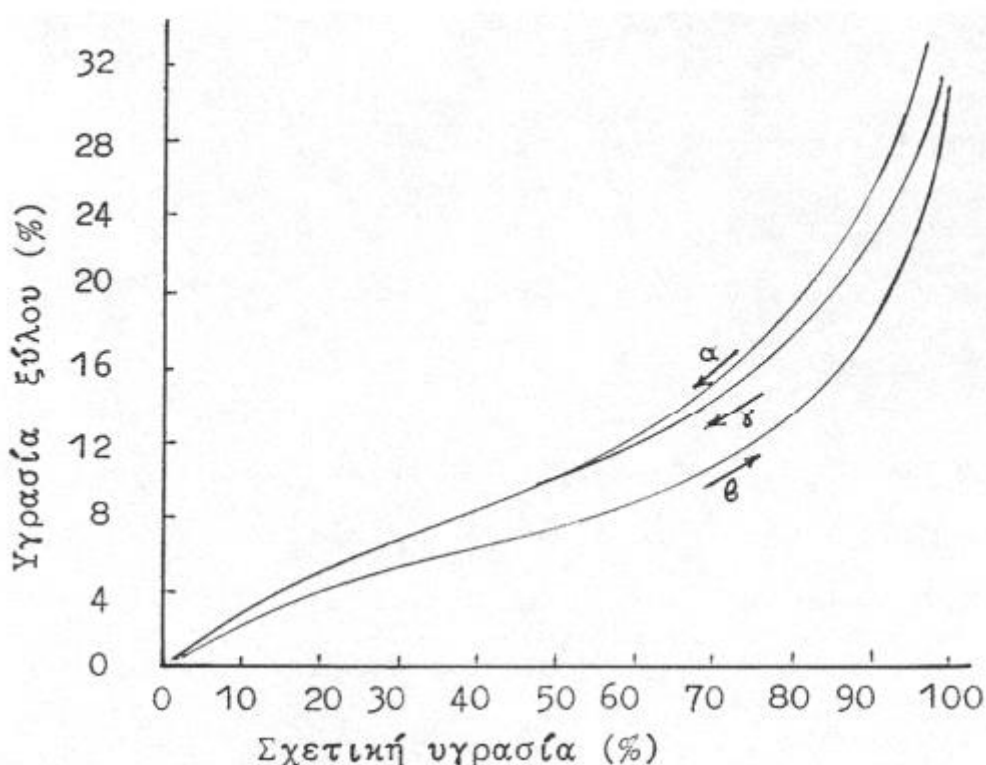
3.3.3.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια των μετρήσεων.

Οι μετρήσεις και η ακρίβεια αυτών επηρεάζονται από συγκεκριμένους παράγοντες του ίδιου του ξύλου. Συγκεκριμένα υπάρχουν παράγοντες που επιδρούν στις ηλεκτρικές ιδιότητες του ξύλου. Οι σημαντικότεροι αναφέρονται παρακάτω:

1. Το είδος του ξύλου. (διαφορές δομής και πυκνότητας)
2. Η θερμοκρασία. (η ηλεκτρική αντίσταση αυξάνεται όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία).
3. Η διεύθυνση των ινών (συνίσταται η ροή του ρεύματος να είναι παράλληλη με τις ίνες).
4. Η μεγάλη επιφανειακή υγρασία έχει ως συνέπεια τις αυξημένες ενδείξεις.
5. Η ανομοιόμορφη κατανομή υγρασίας μέσα στο ξύλο.
6. Το πάχος του δείγματος. Στην περίπτωση που υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή υγρασίας σε όλης την μάζα του ξύλου η επιρροή του είναι μηδαμινή.

3.4 Το φαινόμενο της υστέρησης.

Όταν ένα ξύλο υποστεί μια πρώτη ξήρανση και έρθει σε ισορροπία με τις συνθήκες του περιβάλλοντος στην συνέχεια, σε κάθε μεταβολή των συνθηκών του περιβάλλοντος μεταβάλλονται και οι διαστάσεις του ξύλου, σε μικρότερο όμως βαθμό σε σχέση με την πρώτη ξήρανση. Πιο απλά μετά την πρώτη ξήρανση το ξύλο εμφανίζει μια μειωμένη μεταβλητότητα των διαστάσεων. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι μειώνεται η υγροσκοπικότητα του. Το φαινόμενο της μείωσης της υγροσκοπικότητας του ξύλου μετά την πρώτη ξήρανση ονομάζεται **υστέρηση** και οφείλεται στην μείωση των ιόντων υδροξυλίου της κυτταρίνης και λιγνίνης που λαμβάνει χώρα κατά την διάρκεια της πρώτης ξήρανσης.



Σχήμα 5: Φαινόμενο υστέρησης του ξύλου. α) Καμπύλη πρώτης εκρόφησης ξύλου, β) Καμπύλη προσρόφησης και γ) Καμπύλη δεύτερης εκρόφησης ξύλου (πηγή: Τσουμής 2009)

Η μείωση της μεταβλητότητας των διαστάσεων υπολογίζεται με το άθροισμα της ακτινικής και εφαπτομενικής μεταβολής που προκαλείται όταν με σταθερή θερμοκρασία στους 25°C μεταβάλλουμε την σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας από το 90% στο 60%. Οι συνθήκες αυτές ανταποκρίνονται στα

δεδομένα των φυσικών μεταβολών που υφίστανται οι κατασκευές ξύλου κατά την χρήση τους.

3.5 Μέθοδοι ξήρανσης.

Οι βασικοί παράγοντες για την ξήρανση στο ξύλο είναι η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η κίνηση του αέρα που περιβάλλει την ξηραίνόμενη ξυλεία. Η βασική διάκριση των μεθόδων ξήρανσης είναι αυτή μεταξύ φυσικής και τεχνητής ξήρανσης. Συγκεκριμένα στην φυσική γίνεται εκμετάλλευση της θερμοκρασίας, της σχετικής υγρασίας και της κίνησης του αέρα από το ίδιο το περιβάλλον, σε αντίθεση με την τεχνητή στην οποία δημιουργούμε ελεγχόμενες συνθήκες σε κλειστούς θαλάμους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ξήρανση να είναι ταχύτερη και ποιοτικά ελεγχόμενη. Παρόλα αυτά και η τεχνητή ξήρανση χρειάζεται προσοχή και τήρηση κάποιων βασικών κανόνων καθώς ο γρήγορος (ανεξέλεγκτος) ρυθμός ξήρανσης προκαλεί σφάλματα μέχρι και ολική καταστροφή του ξύλου. Οι Παράγοντες που επηρεάζουν τον χρόνο ξήρανσης είναι τόσο το είδος του υλικού και οι διαστάσεις του (πάχος), όσο και η αρχική και τελική υγρασία, καθώς και η αναλογία σόμφου-εγκάρδιου ξύλου κ. α.

3.5.1 Περιγραφή της Φυσικής ξήρανσης.

Η φυσική ξήρανση θεωρείται η παλαιότερη και πιο απλή μέθοδος και χρησιμοποιείται ευρέως ειδικά σε χώρες με θερμό-ξηρό κλίμα. Κατά την εφαρμογή αυτής της μεθόδου η ξυλεία τοποθετείται κάτω από υπόστεγα, σε στοιβάδες με διαχωριστικούς πήχεις ανάμεσα σε κάθε στρώση και με μικρά διάκενα ανάμεσα σανίδες της ίδιας στρώσης, ώστε να μπορεί να κυκλοφορεί απρόσκοπτα ο αέρας. Η μέθοδος αυτή απαιτεί αρκετό χρόνο και σε σύγκριση με την τεχνητή μέθοδο είναι αισθητά χρονοβόρα, ωστόσο η ξυλεία που προκύπτει μέσω της μεθόδου είναι αρκετά καλής ποιότητας.

Η χρήση μεγάλων ανεμιστήρων συμβάλουν στην εξάτμιση-απομάκρυνση της υγρασίας καθώς διευκολύνουν-επιταχύνουν την κίνηση του αέρα μέσω της στοιβάδας. Αυτή η χρήση αποτελεί μια παραλλαγή της μεθόδου γνωστή και ως Δυναμική φυσική ξήρανση.

3.5.2 Περιγραφή της τεχνητής ξήρανσης.

Σε αυτή την μέθοδο η ξήρανση πραγματοποιείται σε διαμορφωμένους θαλάμους, με έλεγχο των συνθηκών ξήρανσης. Σήμερα οι περισσότεροι τέτοιοι θάλαμοι είναι κατασκευασμένοι από μονωμένα πλαίσια αλουμινίου. Υπάρχουν όμως και θάλαμοι από τούβλα και σκυρόδεμα. Σε αυτή την περίπτωση τα ξύλα τοποθετούνται σε στρώσεις με διαχωριστικούς πήχεις

ανάμεσά τους , χωρίς όμως πλευρικά διάκενα μεταξύ των σανίδων όπως στην περίπτωση της φυσικής ξήρανσης. Η αύξηση της θερμοκρασίας γίνεται σταδιακά και πραγματοποιείται με την καύση πετρελαίου αλλά και διαφόρων υπολειμμάτων ξύλου, όταν υπάρχει επάρκεια σε ποσότητα. Η σχετική υγρασία ελέγχεται με ψεκασμό ατμού ή νερού (για αύξηση) και ανεμιστήρες εξαερισμού (για μείωση) ενώ η κυκλοφορία του αέρα πραγματοποιείται με την βοήθεια ανεμιστήρων που είναι κατάλληλα τοποθετημένοι πάνω ή πλάγια από τις στοιβάδες ξυλείας.

Η διαδικασία πραγματοποιείται με ένα πρόγραμμα ξήρανσης , το οποίο είναι κατάλληλα διαμορφωμένο ανάλογα το είδος και το πάχος του ξύλου. Σήμερα υπάρχουν πλήρως αυτοματοποιημένα συστήματα ελέγχου της πορείας της ξήρανσης, σε αντίθεση παλαιότερα όπου η διαδικασία στηριζόταν σε μεγάλο βαθμό στην εμπειρία του χειριστή του ξηραντηρίου .

Σήμερα υπάρχουν και άλλες μέθοδοι τεχνητής ξήρανσης , όπως η αφύγρανση, η ξήρανση σε μεγάλες θερμοκρασίες, η ξήρανση σε κενό, η ξήρανση με υψίσυχνα ρεύματα , η ξήρανση με υψίσυχνα και κενό. Όλες αυτές οι μέθοδοι απαιτούν αποκλειστική χρήση ηλεκτρικής ενέργειας ή και ξήρανση μεγάλων ποσοτήτων ξυλείας. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος είναι η χρήση ανεμιστήρων για ξήρανση η οποία μετρά τουλάχιστον 100 χρόνια εφαρμογής. Αυτός είναι και ο λόγος που της έχει δοθεί και η ονομασία ‘Συμβατική τεχνητή ξήρανση’.

3.5.3 Περιγραφή της ηλιακής ξήρανσης.

Αυτή η μέθοδος αποτελεί παραλλαγή της συμβατικής τεχνητής ξήρανσης, με αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας που υπάρχει σε αφθονία στο περιβάλλον.

Κατά την εφαρμογή αυτής της μεθόδου η απαιτούμενη ενέργεια για την αύξηση της θερμοκρασίας στον θάλαμο ξήρανσης προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία και πραγματοποιείται με την βοήθεια ηλιακών συλλεκτών (Πάνελ) αέρος. Η υπόλοιπη διαδικασία είναι παρόμοια με αυτή της συμβατικής τεχνητής ξήρανσης, με μόνη διαφορά ότι η παροχή ηλιακής ενέργειας είναι διακοπτόμενη. Αυτό αντιμετωπίζεται είτε με την χρήση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας στην διάρκεια της ημέρας , είτε με την χρήση συμπληρωματικών συστημάτων παροχής ενέργειας (καυστήρες υπολειμμάτων ξύλου).

4. Δασικές πυρκαγιές.

4.1 Ο ορισμός του δάσους.

Το δάσος αποτελεί ένα από τα πολυπλοκότερα οικοσυστήματα στην φύση. Από τα αρχαία χρόνια μέχρι και σήμερα τα δασικά οικοσυστήματα διαδραματίζουν ουσιώδη και καθοριστικό ρόλο στην διαφύλαξη της παγκόσμιας οικολογικής ισορροπίας και κατ' επέκταση της ίδια της ζωής. Είναι γεγονός όμως ότι τα δάση αποτελούν όχι μόνο ένα από τα σπουδαιότερα και πιο ευαίσθητα χερσαία φυσικά οικοσυστήματα , αλλά και αγαθό από τα πλέον ευπαθή και απειλούμενα.

Η σημασία του δάσους είναι αυταπόδεικτη. Αποτελεί τον κύριο ρυθμιστή του κλίματος του πλανήτη , παράγει οξυγόνο και συμβάλει στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, κατακρατώντας σημαντικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Αποτελεί πλούσιο οικοσύστημα με τεράστια σημασία , πολυσύνθετο βιότοπο , που φιλοξενεί σημαντική ποικιλία χλωρίδας και πανίδας. Είναι ο βασικός κρίκος στον υδρολογικό κύκλο, καθώς αυξάνει την διαπερατότητα των εδαφών και κατακρατεί σημαντικές ποσότητες φυσικού νερού. Η σημαντικότερη όμως προσφορά του δάσους στον σύγχρονο άνθρωπο είναι η ευεργετική επίδραση που ασκεί τόσο στην υγιεινή όσο και την αισθητική και πνευματική του κατάσταση , παρέχοντάς του δυνατότητες αναψυχής και επαφή με την φύση.

4.2 Περιγραφή ειδών δασικής πυρκαγιάς.

Οι δασικές πυρκαγιές είναι από τους σπουδαιότερους εχθρούς της διατήρησης και της παραγωγικότητας των δασών. Είναι ο παράγοντας που προκαλεί τις πιο γρήγορες και εκτεταμένες καταστροφές στο δασικό

οικοσύστημα. Ωστόσο αν και αποτελεί ένα εξαιρετικά καταστρεπτικό γεγονός, αποτελεί μέρος του κύκλου της ζωής των δασών και σε κάποιες περιπτώσεις μπορούν να θεωρηθούν και ωφέλιμες (όπως π.χ. στα μεσογειακά οικοσυστήματα).

Οι δασικές πυρκαγιές ταξινομούνται σε 3 διαφορετικές κατηγορίες ανάλογα με την θέση τους στην επιφάνεια του εδάφους και τον τρόπο εξάπλωσής τους.



Εικόνα 14: Κατηγοριοποίηση δασικών πυρκαγιών (Ground=Εδάφους ,Surface= Έρπουσα , Crown = Κόμης). (Πηγή : Κυβέρνηση του Οντάριο 2021)

I. Πυρκαγιές εδάφους ή υπόγειες: Σε αυτές καίγεται οργανική ύλη χαμηλής βλάστησης όπως ξερά φύλλα, κλαδιά και βρύα τα οποία βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους ή ακόμη και κάτω από αυτό. Χαρακτηριστικό της ύλης αυτής είναι ότι βρίσκεται σε στάδιο αποσύνθεσης.

Σημαντικό στις πυρκαγιές εδάφους αποτελεί το γεγονός ότι μπορεί κατά την εκδήλωση της πυρκαγιάς να μην υπάρχει καπνός. Αν και οι πυρκαγιές αυτές διαδίδονται με πολύ αργό ρυθμό, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να γίνουν αρκετά επικίνδυνες διότι δεν δύναται να γίνουν ορατές.

II. Πυρκαγιές επιφανείας ή έρπουσες: Οι πυρκαγιές αυτές καίνε κυρίως χορτοβοσκότοπους, ξερά κλαδιά , τις αναγεννήσεις, το χορτάρι κ. α. Στις πυρκαγιές αυτές υπάγονται και οι πυρκαγιές των θάμνων οι οποίες είναι οι πιο συνηθισμένες αλλά και επικίνδυνες παράλληλα. Από αυτές προέρχονται και οι πυρκαγιές κόμης. Οι έρπουσες διαδίδονται πιο γρήγορα από τις υπόγειες,

διότι υπάρχει άφθονος αέρας, οξυγόνο, άφθονη καύσιμη ύλη (κυρίως ξηρή), φλόγα και κατάλληλη θερμοκρασία .

III. Πυρκαγιές κόμης ή επικόρυφες: Σε μια επικόρυφη πυρκαγιά καίγεται η κόμη των δέντρων , δηλαδή το πάνω μέρος. Τέτοιου είδους πυρκαγιές συναντάμε κυρίως στα κωνοφόρα και στην Χαλέπιο και Τραχεία πεύκη. Η χαλέπιος και Τραχεία πεύκη είναι είδη πεύκων που τα συναντάμε κυρίως στην Μεσόγειο. Οι πυρκαγιές κόμης είναι οι πιο επικίνδυνες δασικές πυρκαγιές στον κόσμο διότι ο ρυθμός εξάπλωσης σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται σε αυτές προκαλούν τεράστιες οικολογικές καταστροφές.

IV. Μικτές (ή σαρωτικές) πυρκαγιές : Σε μερικές περιπτώσεις είναι δυνατή η συνύπαρξη των τριών ειδών δασικής πυρκαγιάς που αναφέρθηκαν παραπάνω. Αυτό συμβαίνει διότι το κάθε είδος πυρκαγιάς καίει διαφορετική καύσιμη ύλη. Συγκεκριμένα όταν συνυπάρχουν επικόρυφη και έρπουσα πυρκαγιά τότε, πολλές φορές , δημιουργείται ένα μέτωπο φλογών που ξεκινά από την επιφάνεια του εδάφους και καταλήγει πιο πάνω από τις κορυφές των δέντρων . Αυτός ο συνδυασμός είναι ικανός να σαρώσει την βλάστηση που βρίσκεται στο πέρασμα του. Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά μιας σαρωτικής πυρκαγιάς είναι:

1. Φωτιά πολύ μεγάλης έντασης,
2. Το μεγάλο ύψος της δημιουργουμένης, πάνω από τις φλόγες, θερμικής στήλης,
3. Η αδυναμία πρόβλεψης της τιμής διάδοσης και της συμπεριφοράς της.

4.3 Τα αίτια των δασικών πυρκαγιών.

Τα αίτια των δασικών πυρκαγιών κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες.

1. Φυσικά αίτια,
2. Εμπρησμοί από αμέλεια,
3. Εμπρησμοί από πρόθεση,
4. Άγνωστα αίτια.

4.3.1 Φυσικά αίτια εκδήλωσης πυρκαγιάς.

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν κυρίως τα φυσικά φαινόμενα όπως οι κεραυνοί και τα ηφαίστεια. Σε ότι αφορά την περίπτωση πυρκαγιάς από κεραυνούς στην περίπτωση που δεν σβήνεται λόγω βροχής , τότε προκαλεί καταστροφές , καθώς οι κεραυνοί πέφτουν κυρίως σε απομακρυσμένες περιοχές που είναι συνήθως απρόσιτες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να καθυστερεί η έναρξη της καταστολής της. Ωστόσο οι πυρκαγιές από φυσικά αίτια σπανίζουν σήμερα και συγκεκριμένα δεν ξεπερνούν το 3%.

4.3.2 Εμπρησμοί από αμέλεια.

Οι πυρκαγιές από αμέλεια αποτελούν την βασική αιτία των δασικών πυρκαγιών με ποσοστό πάνω από 50%. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα πεταμένα τσιγάρα και κυρίως η καύση καλαμιών, ξερών χόρτων κατά τους θερινούς μήνες. Ακόμα άλλες περιπτώσεις αλλά πιο σπάνιες είναι οι σπινθήρες μηχανών, οι βολές των όπλων των ενόπλων δυνάμεων, η χρήση ψησταριάς στην ύπαιθρο.

4.3.3 Εμπρησμοί από πρόθεση.

Αρκετά συχνό αίτιο εκδήλωσης δασικών πυρκαγιών και σε ποσοστό περίπου 30%. Είναι το πλέον καταστροφικό αίτιο , καθώς οι εμπρηστές έχουν μελετήσει όλες τις παραμέτρους που χρειάζονται για γρήγορη και μεγάλη εξάπλωση της φωτιάς (άνεμος, ηλιοφάνεια, υγρασία). Οι λόγοι που πραγματοποιούνται οι εμπρησμοί από πρόθεση ποικίλουν καθώς κάποιες φορές γίνονται για την δημιουργία βοσκοτόπων και την οικοπεδοποίηση , ενώ άλλες απλά για λόγους αντεκδίκησης.

4.3.4 Άγνωστα αίτια εκδήλωσης πυρκαγιάς.

Σε αυτή την κατηγορία τα αίτια δεν μπορούν να εξηγηθούν λογικά ή να αποδειχθούν. Το ποσοστό αυτών των αιτιών είναι αρκετά υπολογίσιμο καθώς αγγίζει το 17%.

4.4 Οι συνέπειες και η συχνότητα των δασικών πυρκαγιών.

Οι ζημιές από τις δασικές πυρκαγιές μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες. Τις έμμεσες και τις άμεσες.

4.4.1 Οι άμεσες συνέπειες των δασικών πυρκαγιών.

Είναι εκείνες που προκαλούνται από την μερική ή ολική καταστροφή της ξυλείας και περιλαμβάνουν τις απώλειες των δασικών προϊόντων (π. χ. ρητίνης) , καθώς και της βλάστησης των βοσκοτόπων. Επιπλέον στις άμεσες συνέπειες κατατάσσονται και οι ζημιές που δέχονται , οι γεωργικές καλλιέργειες, οι κτηνοτροφικές και οι μελισσοκομικές εγκαταστάσεις , οι οικίες ακόμα και οι βιομηχανικές και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις, από την πυρκαγιά.

4.4.2 Οι έμμεσες συνέπειες των δασικών πυρκαγιών

Στις έμμεσες ζημιές μιας δασικής πυρκαγιάς ανήκουν:

1. Οι οικολογικές. Μετά το πέρας της πυρκαγιάς το δασικό οικοσύστημα δέχεται σοβαρή διαταραχή , καθώς αλλοιώνεται το επίπεδο ισορροπίας στο οποίο η βιοκοινότητα συντηρείται και εναρμονίζεται με το βιότοπο.

2. Οι υδρολογικές. Λόγω της πυρκαγιάς καταστρέφεται η οργανική ύλη του εδάφους (χούμος), με αποτέλεσμα να μειώνεται και η διαπερατότητά του. Συνεπώς φαινόμενα όπως οι πλημμύρες είναι συχνότερα με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος για την διατήρηση της ζωής στα οικοσυστήματα.
3. Οι υγειονομικές. Το δάσος αποτελεί την ζωή του πλανήτη καθώς είναι αυτό που παράγει το οξυγόνο, ενώ παράλληλα φιλτράρει τον μολυσμένο αέρα, παρακρατώντας τους ρύπους. Συνεπώς θα μπορούσαμε να πούμε ότι μια δασική πυρκαγιά καταστρέφει μια μονάδα παραγωγής οξυγόνου προκαλώντας έτσι προβλήματα στον πληθυσμό που ζει σε αυτό (δάσος).
4. Η υπερβόσκηση. Η φωτιά καταστρέφει τους βοσκότοπους με αποτέλεσμα να δημιουργείται συνωστισμός κοπαδιών στις περιοχές όπου υπάρχει βλάστηση και να υποβαθμίζονται ή ακόμα και να καταστρέφονται οι νέοι βοσκότοποι

4.4.3 Η συχνότητα των δασικών πυρκαγιών.

Οι δασικές πυρκαγιές χρειάζονται ευνοϊκό περιβάλλον για να μπορέσουν να εξαπλωθούν. Συγκεκριμένα χρειάζονται υψηλές θερμοκρασίες, δυνατούς ανέμους και περιόδους έντονης ξηρασίας όπου τα επίπεδα υγρασίας είναι πολύ χαμηλά. Στην χώρα μας κατά μέσο όρο το 80% των δασικών πυρκαγιών πραγματοποιούνται κατά τους θερινούς μήνες όπου οι συνθήκες είναι εξαιρετικά κατάλληλες (έντονη ζέστη, δυνατοί άνεμοι κ. α.). Κατά την διάρκεια της ημέρας (24ώρου) οι περισσότερες πυρκαγιές (90%) εκδηλώνονται κατά τις ώρες μεταξύ 08:00- 23:00 το βράδυ, με μέγιστο, στο διάστημα από 14:00-17:00 όπου παρατηρούνται οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες και συνεπώς τα χαμηλότερα επίπεδα υγρασίας του αέρα και της θερμοκρασίας.

4.5 Παράγοντες εξάπλωσης της Πυρκαγιάς.

Σε ένα δάσος υπάρχει άφθονη καύσιμη ύλη και αέρας(οξυγόνο). Το ίδιο ισχύει και για τα κτίρια-διαμερίσματα τα οποία έχουν αρκετή καύσιμη ύλη στο εσωτερικό τους(έπιπλα, αντικείμενα). Μια πηγή θερμότητας μπορεί πολύ εύκολα να οδηγήσει στην έναρξη μιας φωτιάς. Ο ρυθμός εξάπλωσης της φωτιάς εξαρτάται από την θερμοκρασία ανάφλεξης, από την ταχύτητα

μετάδοσης της φλόγας καθώς και από διάφορα εύφλεκτα υλικά που βρίσκονται γύρω από αυτή. Η φλόγα είναι πλήρως εξαρτώμενη των φυσικών ιδιοτήτων και της χημικής σύστασης του καιόμενου υλικού. Η νεκρή καύσιμη ύλη παίζει καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη και τον ρυθμό διάδοσης μια δασικής πυρκαγιάς. Αντίστοιχα σε περιπτώσεις αστικών πυρκαγιών τα εύφλεκτα αντικείμενα είναι αυτά που καθορίζουν τον ρυθμό διάδοσης της. Παρακάτω αναφέρονται οι πιο σημαντικοί παράγοντες:

4. 5. 1 Χαρακτηριστικά της Καύσιμης Ύλης.

Το σύνολο ενός δάσους αποτελούν και την καύσιμη ύλη του, καθώς όλα τα μέρη που το αποτελούν θεωρούνται αναφλέξιμα υλικά. Ο τρόπος με τον οποίο αναφλέγεται η καύσιμη ύλη και η επίδρασή της στην φωτιά εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες. Οι πιο σημαντικοί αναφέρονται παρακάτω:

1. Η διάταξη της στον χώρο. Ανάλογα την διάταξη στον χώρο η καύσιμη ύλη διαχωρίζεται σε τρεις επιπλέον υποκατηγορίες.
 - a) Υποεδάφια. Περιλαμβάνει όλα τα αναφλέξιμα υλικά που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της γης (ρίζες, σάπιοι μισοθαμένοι κορμοί). Ο ρυθμός καύσης της ύλης αυτής γίνεται με πολύ αργούς ρυθμούς λόγω της έλλειψης οξυγόνου. Προκαλεί μικρή επιρροή στην εξάπλωση της φωτιάς αλλά θεωρείται ως βασική πηγή αναζωπυρώσεων καθώς διατηρεί την φωτιά για πολλές ώρες ή ακόμα και μέρες.
 - b) Επιεδάφια. Περιλαμβάνει όλα τα αναφλέξιμα υλικά που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους (πευκοβελλόνες, πρεσμένα φύλλα, κλαδιά κ. α.). Η πυρκαγιά μπορεί να πάρει μεγάλες διαστάσεις διότι στο έδαφος επικρατούν οι απαραίτητες συνθήκες για ανάφλεξη της καύσιμης ύλης(οξυγόνο, θερμότητα). Μάλιστα τα μεγάλα επίπεδα οξυγόνου που επικρατούν στην ατμόσφαιρα βοηθούν στην ταχεία εξάπλωσή της.
 - c) Εναέρια. Περιλαμβάνει όλα τα υλικά (νεκρή καύσιμη ύλη, πράσινα μέρη) που βρίσκονται στην κορυφή του δέντρου(κλαδιά, βελόνες, βρύα κ. α.) Επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την πορεία και την εξέλιξη της πυρκαγιάς καθώς είναι η βασική αιτία εξάπλωσης της πυρκαγιάς σε μεγάλες αποστάσεις. Αυτό οφείλεται στα καιόμενα μέρη (καύτρες, κουκουνάρια) του δέντρου που έχουν την τάση να εκρύνονται.
2. Η ποσότητα της καύσιμης ύλης. Μετράται σε τόνους ανά στρέμμα (tn/στρέμμα) ή σε κιλά ανά τετραγωνικό μέτρο (kg/m²). Είναι λογικό ότι όσο περισσότερη καύσιμη ύλη υπάρχει στον χώρο τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η θερμική ένταση της φωτιάς. Αντίθετα η διαθέσιμη ενέργεια εξαρτάται σε μικρότερο βαθμό από την περιεχόμενη ενέργεια σε κάθε κιλό καύσιμης διότι οι διαφορές μεταξύ των διαφόρων δασικών καυσίμων είναι μικρές.

3. Οι διαστάσεις (πάχος) και ο βαθμός συμπίεσης της καύσιμης ύλης. Ο βαθμός συμπίεσης και ο μικρός αριθμός διάκενων στο εσωτερικό του ξηροφυλλοτάπητα αποτελεί τον βασικό λόγο που μπορεί δύο πυρκαγιές με διαφορετική καύσιμη ύλη αλλά ίδια ποσότητα αυτής να έχουν εντελώς αντίθετη συμπεριφορά και εξέλιξη. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα χόρτα και οι πευκοβελόνες. Αν και το πάχος και η διάμετρός τους είναι της ίδιας τάξης κατά την καύση της ίδιας ποσότητας έχουν τελείως διαφορετική συμπεριφορά. Συγκεκριμένα τα χόρτα δίνουν πυρκαγιές ταχείας εξάπλωσης και αρκετά μεγάλης φλόγας η οποία όμως έχει μικρό βάθος και διάρκεια. Αντίθετα οι πευκοβελόνες δίνουν πυρκαγιές χαμηλής έντασης και μικρότερης φλόγας.
4. Η θερμοκρασία της καύσιμης ύλης. Η θερμοκρασία του αέρα και η ηλιακή ακτινοβολία καθορίζουν κατά πολύ την θερμοκρασία της καύσιμης ύλης. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εκτεθειμένης καύσιμη ύλης στον ήλιο και καύσιμη ύλης υπό σκιά νεφών ή της κόμης των δέντρων μπορεί να ξεπεράσει τους 25°C. Η θερμοκρασία της καύσιμης ύλης και ο ρυθμός εξάπλωσης της πυρκαγιάς είναι ανάλογα μεγέθη. Όσο πιο υψηλή είναι η θερμοκρασία της καύσιμης ύλης τόσο πιο εύκολα εξαπλώνεται η πυρκαγιά καθώς απαιτείται λιγότερη ενέργεια για την ανάφλεξή της.
5. Υγρασία της Καύσιμης Ύλης. Η υγρασία είναι ένας παράγοντας ιδιαίτερα μεταβλητός στην διάρκεια του έτους αλλά και σε ημερήσια βάση. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεχόμενη υγρασία τόσο περισσότερη ενέργεια απαιτείται για να φτάσει θερμοκρασία της καύσιμης ύλης στην θερμοκρασία ανάφλεξης (300°C). Η θέρμανση και εξάτμιση του νερού απαιτεί μεγάλα ποσά ενέργειας και αρκετό χρόνο. Αυτό καθορίζει και την εξέλιξη της πυρκαγιάς, διότι μειώνεται ο ρυθμός εξάπλωσής της. Η υγρασία της ζωντανής καύσιμης ύλης και της νεκρής διαφέρουν κατά πολύ. Η υγρασία της ζωντανής καύσιμης ύλης κυμαίνεται από 50% έως 300%. Αυτό σημαίνει ότι σε κάθε γραμμάριο ξερής βιομάζας περιλαμβάνονται 0.5 έως 3 γραμμάρια νερού. Η μεταβολή της ζωντανής ύλης εξαρτάται κυρίως από την φυσιολογική κατάσταση του ίδιου του φυτού. Αυτό σημαίνει ότι η εποχή παίζει πολύ σημαντικό ρόλο καθώς τα φυτά περνούν από διαφορετικές φάσεις ανάπτυξης ανά εποχή. Οι διαφορές στα επίπεδα υγρασίας μεταξύ διαφόρων ειδών φυτών είναι μεγάλες. Η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των δύο (νεκρής-ζωντανής) ως προς την περιεχόμενη υγρασία είναι ότι η υγρασία της νεκρής καύσιμης ύλης εξαρτάται αποκλειστικά από τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Έτσι τα διάφορα καιρικά φαινόμενα (έκθεση στον ήλιο, βροχή, θερμοκρασία αέρα) επηρεάζουν άμεσα την υγρασία της.

Η σχετική υγρασία είναι ο λόγος της υγρασίας που περιέχει ο αέρας με την μέγιστη υγρασία σε συνθήκες κορεσμού (θερμοκρασία, πίεση σταθερές). Συνήθως εκφράζεται σαν ποσοστό (%). Στο φαινόμενο της ομίχλης, η σχετική υγρασία υπολογίζεται στο 100% και γι'αυτό δημιουργούνται υδρατμοί. Όταν η θερμοκρασία ανεβαίνει η σχετική υγρασία μειώνεται. Η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας του αέρα παρατηρείται τις πρωινές ώρες ενώ η μέγιστη κατά τις μεσημβρινές ώρες (13:00-15:00).

4. 5. 2 Καιρικές συνθήκες της πυρκαγιάς.

Ο καιρός είναι μεταβλητός παράγοντας που έχει μεγάλη επιρροή στην συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών. Οι διάφορες καιρικές συνθήκες μπορούν να επηρεάσουν θετικά και αρνητικά μια φωτιά. Οι σημαντικότεροι παράμετροι αναφέρονται παρακάτω.

- i. Η ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου. Αποτελεί ένα κρίσιμο παράγοντα ως προς την φωτιά. Το όργανο μέτρησης του ανέμου είναι το ανεμόμετρο και η μονάδα μέτρησης αυτού είναι τα χιλιόμετρα ανά ώρα (km/h). Σε ορισμένες περιπτώσεις που η χρήση ανεμομέτρου δεν είναι δυνατή τότε μετράται με την βοήθεια της κλίμακας Μποφόρ. Οι μεγάλες ταχύτητες του ανέμου καθιστούν και τις φλόγες πιο ισχυρές δίνοντάς του και σημαντική κλίση προς τα εμπρός. Η κλίση αυτή αυξάνει την αποτελεσματικότητα της ακτινοβολίας και την μεταφορά θερμότητας με επαγωγή για την προθέρμανση της καύσιμης ύλης.
- ii. Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα. Η σχετική υγρασία εξαρτάται από την θερμοκρασία που επικρατεί στην ατμόσφαιρα. Όσο μεγαλύτερη η θερμοκρασία η υγρασία που συγκρατεί ο αέρας αυξάνεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πτώση της σχετικής υγρασίας.
- iii. Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι κ. α.), οι νεφώσεις και η ηλιοφάνεια.
- iv. η σταθερότητα της ατμόσφαιρας. Η θερμοκρασιακή δομή της ατμόσφαιρας μπορεί να καθορίζει τα επίπεδα οξυγόνου που θα δεχτεί μια φωτιά. Συγκεκριμένα όταν η ατμόσφαιρα είναι ασταθής τότε η τροφοδοσία οξυγόνου είναι υψηλή και η πυρκαγιά εξαπλώνεται γρήγορα. Αντίθετα σε μια σταθερή ατμόσφαιρα η τροφοδοσία οξυγόνου είναι πολύ χαμηλή και η εξάπλωση της φωτιάς καθυστερεί σε μεγάλο βαθμό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ασταθούς ατμόσφαιρας είναι ο καταγάλανος ουρανός, η πολύ καλή ορατότητα κ. α. Το φωτοχημικό νέφος αντίστοιχα αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα σταθερής ατμόσφαιρας

4. 5. 3 Οι τοπογραφικές συνθήκες.

Η πυρκαγιά κατά κανόνα εξαπλώνεται προς τα υψηλότερα μέρη. Η γενική τοπογραφική διαμόρφωση μιας περιοχής καθορίζει την ένταση και κατ'επέκταση την έκταση μιας πυρκαγιάς. Τα πιο σημαντικά τοπογραφικά στοιχεία που έχουν ιδιαίτερη σημασία για την πυρκαγιά αναφέρονται παρακάτω:

- I. Η κλίση του εδάφους. Η ταχύτητα της πυρκαγιάς και κατ'επέκταση ο ρυθμός εξάπλωσης αυτής εξαρτώνται από την κλίση . Συγκεκριμένα οι φλόγες προωθούνται με ταχύτετους ρυθμούς προς την καύσιμη ύλη. Αυτό

έχει σαν αποτέλεσμα η ακτινοβολία να αυξάνεται αισθητά και να δημιουργούνται νέες εστίες φωτιάς . Ακόμα η θερμότητα που παράγεται ανέρχεται παράλληλα με την κλίση της πλαγιάς , δημιουργώντας ένα ισχυρό θερμό ρεύμα αέρα. Το ρεύμα αυτό ενισχύει την ένταση και τον βαθμό μετάδοσης της φωτιάς.

- II. Η έκθεση της πλαγιάς. Ο προσανατολισμός της πλαγιάς μπορεί να καθορίσει μια πυρκαγιά. Οι πλαγιές που δέχονται την περισσότερη ακτινοβολία κατά την διάρκεια της ημέρας θεωρούνται οι περισσότερο επικίνδυνες. Μεγαλύτερη ακτινοβολία σημαίνει μεγαλύτερη θερμοκρασία και κατά συνέπεια μικρότερα επίπεδα υγρασίας. Η έλλειψη υγρασίας καθιστά την καύσιμη ύλη περισσότερο εύφλεκτη. Κατά τις νυχτερινές ώρες λόγω της απουσίας ισχυρών ανέμων και της έλλειψης ακτινοβολίας τα επίπεδα υγρασίας είναι υψηλά. Η υγρασία αποτελεί φυσικό επιβραδυντικό της φωτιάς καθώς ο χρόνος ανάφλεξης ενός υλικού αυξάνεται κατά πολύ όταν σε αυτό περιέχονται μεγάλα επίπεδα υγρασίας.
- III. Το υψόμετρο. Το υψόμετρο και το οξυγόνο είναι δύο μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα μεταξύ τους. Όσο μεγαλύτερο είναι το υψόμετρο τόσο μικρότερα είναι τα επίπεδα οξυγόνου στην περιοχή. Το οξυγόνο αποτελεί βασικό συστατικό για την βλάστηση μιας περιοχής. Η βλάστηση με την σειρά της αποτελεί την καύσιμη ύλη μιας περιοχής. Όσο περισσότερη είναι η βλάστηση σε μια περιοχή τόσο περισσότερη καύσιμη ύλη υπάρχει διαθέσιμη προς ανάφλεξη. Ακόμα το υψόμετρο επηρεάζει και την θερμοκρασία του αέρα. Συγκεκριμένα ισχύει ότι η θερμοκρασία μειώνεται κατά 1°C ανά 100 μ. υψομετρικής απόδοσης.
- IV. Τα χαρακτηριστικά της τοπογραφίας (φαράγγια, κορυφογραμμές). Το βαθύ φαράγγι είναι ένα τοπογραφικό στοιχείο το οποίο δημιουργεί ακραίες συνθήκες εξάπλωσης της φωτιάς. Στην περίπτωση που υπάρχει και αρκετή βλάστηση στις πλαγιές του φαραγγιού η συμπεριφορά της φωτιάς μπορεί να αλλάξει δραματικά. Συγκεκριμένα το φαράγγι λειτουργεί σαν καμινάδα και μεταφέρει την φωτιά προς τα υψηλότερα μέρη του φαραγγιού εξαιτίας των ισχυρών θερμών ρευμάτων που δημιουργούνται εντός αυτού.

5. Καλορίμετρο Κώνου- Πειραματική Διαδικασία.

Το όνομα του οφείλεται στον θερμαντήρα που διαθέτει ο οποίος έχει κωνικό σχήμα. Ο θερμαντήρας αυτός χρησιμοποιείται για την εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας στον υπό εξέταση δοκίμιο με ροή θερμότητας έως και της τάξης των 100 kW/m².

Το Καλορίμετρο κώνου είναι από τα πιο σημαντικά όργανα στον τομέα των μετρήσεων χαρακτηριστικών ιδιοτήτων υλικών, κατά την αντίδρασή τους στην φωτιά, σε κλίμακα εργαστηρίου. Ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας (heat release rate-HRR) αποτελεί την βασική παράμετρο μέσω της οποίας εκτιμάται η ανάπτυξη της φωτιάς. Ωστόσο αν και ο προσδιορισμός της παραμέτρου αυτής είναι δύσκολος να υπολογιστεί σε πραγματικές συνθήκες, με την βοήθεια του θερμιδομέτρου επιτυγχάνεται με σχετική ευκολία. Η μέθοδος προσδιορισμού του HRR βασίζεται στην μέτρηση του ελλείμματος οξυγόνου που παρατηρείται κατά την καύση του υπό εξέταση υλικού ή αντίθετα η θερμότητα που εκλύεται από την καύση ενός υλικού είναι ευθέως ανάλογη προς την ποσότητα οξυγόνου που κατακρατείται κατά την διαδικασία της καύσης.

Επίσης τα αποτελέσματα που προκύπτουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για αξιολόγηση υλικών και για την εκτίμηση της συμπεριφοράς τους σε περίπτωση πυρκαγιάς. Το θερμιδόμετρο κώνου χρησιμοποιείται ευρέως στην έρευνα για την ανάπτυξη προϊόντων αλλά και ως εργαλείο για την συλλογή δεδομένων για την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης της πορείας της φωτιάς. Το θερμιδόμετρο κώνου έχει

την δυνατότητα άμεσης μέτρησης σημαντικών ιδιοτήτων σχετικών με την συμπεριφορά υλικών σε πυρκαγιές στις οποίες ανήκουν:

- i. Ο χρόνος ανάφλεξης.
- ii. Ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας.
- iii. Η ενεργή θερμότητα καύσης.
- iv. Ο ρυθμός παραγωγής καπνού.
- v. Ο ρυθμός απώλειας μάζας.
- vi. Η παραγωγή CO και CO₂.

Τα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση:

- a. της θερμοκρασίας,
- b. της θερμικής ροής ανάφλεξης,
- c. των θερμικών ιδιοτήτων του υλικού.
- d. της αναμενόμενης συμπεριφοράς των υλικών σε δοκιμές μεμονωμένου καιόμενου αντικειμένου (Single Burning Item) κατά EN 13823 και δοκιμές σε γωνία δωματίου (Room Corner Test) κατά ISO 9705, που απαιτούνται για την κατάταξη δομικών υλικών κατά CE.

Ο εξοπλισμός του Εργαστηρίου Τεχνικής Θερμοδυναμικής καλύπτει όλες τις απαιτούμενες προδιαγραφές για πλήρεις δοκιμές αντίδρασης υλικών σε φωτιά σύμφωνα με τα πρότυπα :

- i. ISO 5660,
- ii. ASTM E 1354,
- iii. ASTM E 1474,
- iv. ASTM E 1740,
- v. ASTM F1550,
- vi. ASTM D 5485,
- vii. ASTM D 6113,
- viii. NFPA 264,
- ix. NFPA 271,
- x. CAN ULC 135,
- xi. BS 476 Part 15.

5. 1 Διάταξη Κώνου.

Τα βασικά στοιχεία της διάταξης είναι :

- 1) Θερμαντήρας κώνου με μέγιστη εκλυόμενη θερμότητα 100 kW/m², που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε κατακόρυφο και σε οριζόντιο προσανατολισμό.
- 2) σπινθηριστής ή αναφλεκτήρας (igniter) 10kV, για την ανάφλεξη του δοκιμίου,
- 3) μετρητής ροής θερμότητας (Heat flux meter) για την ρύθμιση και βαθμονόμηση της θερμότητας που μεταδίδεται στο υπό εξέταση υλικό.
- 4) σύστημα απαγωγής καυσαερίων το οποίο αποτελείται από μια καμινάδα και όργανα καταγραφής των αερίων της καύσης.

- 5) αναλυτές των αερίων της καύσης (Οξυγόνο, μονοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του άνθρακα),
- 6) αισθητήρες θερμοκρασίας (θερμοζεύγη),
- 7) φωτόμετρο για τον προσδιορισμό της ποσότητας του παραγόμενου καπνού,
- 8) ζυγός ακριβείας για τον προσδιορισμό του ρυθμού απώλειας μάζας του υπό εξέταση δοκιμίου,
- 9) αισθητήρες μέτρησης διαφορικής πίεσης, σύστημα αφύγρανσης.

Εν συνεχεία το δοκίμιο τοποθετείται σε ένα μεταλλικό υποδοχέα που είναι μονωμένος με αλουμινόχαρτο. Αυτός ο υποδοχέας τοποθετείται στον ζυγό. Ο ζυγός καταγράφει την μάζα δοκιμίου καθ'όλη την διάρκεια του πειράματος. Ένας αναφλεκτήρας βρίσκεται τοποθετημένος ανάμεσα στην επιφάνεια του δοκιμίου και τον θερμαντήρα κώνου. Ο αναφλεκτήρας θα προκαλέσει ανάφλεξη στα εύφλεκτα αέρια που εξέρχονται από το δοκίμιο όταν αυτό θερμανθεί. Όταν ολόκληρη η επιφάνεια του δείγματος αρχίζει να καίγεται ομοιόμορφα, τότε ο αναφλεκτήρας απενεργοποιείται και αποσύρεται.



Εικόνα 15: Απεικόνιση Θερμιδόμετρου Κώνου της εταιρείας Fire Testing Technology (FTT UK).

1. Μέτρηση διαφορικής πίεσης.

2. Μετρητικό διάφραγμα ακροφυσίου (orifice plate).
3. Θερμοζεύγος.
4. Κάλυπτρο Κώνου.
5. Φυσητήρας.
6. Θερμική Αντίσταση.
7. Δακτυλιοειδής καθετήρας δειγματοληψίας αερίων.
8. Ηλεκτρικός Σπινθηριστής.
9. Πλευρικά προστατευτικά τοιχώματα.
10. Κινητήρας φυσητηρα.
11. Πλαίσιο τοποθέτησης δοκιμίου.
12. Βάση στήριξης δοκιμίου.
13. Ζυγός ακριβείας.
14. Ψηφιακή ένδειξη ζυγού.
15. Όργανο ελέγχου θερμικής αντίστασης.
16. Αναλυτής αερίων.
17. Αφυγρανήρας
18. Ροόμετρα ελέγχου αερίων.

5. 2 Διαδικασία ελέγχου συσκευής πριν την έναρξη.

Η προετοιμασία της συσκευής θερμιδομέτρου Κώνου περιλαμβάνει μια συγκεκριμένη διαδικασία ελέγχου για επιμέρους διατάξεις του οργάνου προκειμένου να ξεκινήσει η διαδικασία βαθμονόμησης του οργάνου. Οι έλεγχοι αυτοί είναι:

- 1) Ο έλεγχος του αναλυτή αερίων ώστε να παραμείνει ανοικτός τουλάχιστον 24 ώρες πριν την δοκιμή.
- 2) Το άνοιγμα της βάνας (Cold Trap) για να αφαιρεθούν πιθανά συμπυκνώματα (νερό που ίσως να έχει παραμείνει από προηγούμενη μέρα λειτουργίας) Κατά την διάρκεια λειτουργίας ο διακόπτης πρέπει να παραμένει κλειστός.
- 3) Ο έλεγχος της παροχής νερού για την ορθή λειτουργία.
- 4) Ο έλεγχος της ορθής παροχής των αερίων N_2 , CO_2 , μεθανίου.
- 5) Ο έλεγχος του χρωματικού δείκτη 'Drierite' (δείκτης υγρασίας).

5. 3 Διαδικασία Ημερήσιας Βαθμονόμησης Οργάνου.

Πρώτο βήμα για την ημερήσια βαθμονόμηση του οργάνου είναι η επιλογή της λειτουργίας Calibrations. Πατώντας την λειτουργία αυτή πραγματοποιείται μια σειρά βαθμονομήσεων που απαιτεί το όργανο πριν την οποιαδήποτε δοκιμή.

1. Zero MFMs.

Μηδενισμός της παροχής του μεθανίου στο λογισμικό, αφού πρώτα ελέγχεται ότι η βάνα της φιάλης μεθανίου είναι κλειστή.

2. DPT & FLOW.

- a) Ενεργοποιείται το σύστημα απαγωγής αερίων (εξωτερικός απορροφητήρας) και εν συνεχεία μηδενίζεται η ένδειξη Differential Pressure Transducer. Επί της ουσίας δίνουμε σαν αρχική συνθήκη (μηδενική στο όργανο, την λειτουργία του εξωτερικού απορροφητήρα ο οποίος από εκείνη την στιγμή μένει ανοιχτός μέχρι και το πέρας όλων των πειραματικών δοκιμών της ημέρας.
- b) Επιλέγουμε **DPT & FLOW** στο Calibration Panel. Στην συνέχεια πατάμε **Zero** και θα εμφανιστεί η μπάρα προόδου της εργασίας (Collecting data) και τέλος **OK**
- c) Ανάβουμε τον ανεμιστήρα (**Exhaust fan**) του θερμιδομέτρου και αποκαθιστούμε μια ροή στον αγωγό με παροχή **24 lt/sec**. Αυτό πρακτικά συμβαίνει με την ρύθμιση των στροφών του ανεμιστήρα βαθμιαία στην ένδειξη **55**.

3. Gas Analyzers

- A. Επιλέγουμε Gas Analyzers στο Calibration Panel. Για όλα τα αέρια η διαδικασία γίνεται με δύο τρόπους, με LOW CAL και HIGH CAL.
- B. Δίνουμε τον κωδικό πρόσβασης PW. Ο κωδικός στην προκειμένη περίπτωση είναι 4000 (password),
- C. LOW CAL
 - C. 1 Επιλέγουμε Pump OFF, δηλαδή θέτουμε τις δύο βάνες των αερίων του οργάνου σε άζωτο (Nitrogen). Με το άζωτο (N_2) μηδενίζονται όλες οι ενδείξεις των αερίων στον Αναλυτή (SERVOMEX), δηλαδή το O_2 , CO, CO_2
 - C. 2 Ρυθμίζεται η παροχή στην φιάλη αζώτου. Η ένδειξη στα ροόμετρα του θερμιδομέτρου πρέπει να είναι 3. 5 lt/min ή 5 psi (όργανο ρύθμισης πίεσης εντός του θερμιδομέτρου). Στην συνέχεια πραγματοποιούμε τον μηδενισμό των αερίων (O_2 , CO, CO_2) πρώτα στον αναλυτή και έπειτα στο παράθυρο του λογισμικού.
- D. HIGH CAL
 - D. 1 HIGH CAL (CO, CO_2)
Αλλάζουμε θέση την βάνα που αναφέρεται στο CO, CO_2 από άζωτο (Nitrogen) σε SPAN. Στην συνέχεια γίνεται έλεγχος των ροομέτρων (CO, CO_2) οι οποίες πρέπει να δείχνουν 3. 5 lt/min
 - D. 2 Θέτουμε τις μέγιστες τιμές των αερίων και πραγματοποιούμε έλεγχο στις ενδείξεις που καταγράφει ο αναλυτής. Η μέγιστη τιμή για το μονοξείδιο του άνθρακα είναι 0. 86% ενώ για το διοξείδιο 8. 5% αντίστοιχα. Σε περιπτώσεις μεγάλης απόκλισης από τις προβλεπόμενες ενδείξεις πρέπει να επαναληφθεί η διαδικασία.

D. 3 Εν συνεχεία στο κεντρικό μενού του Η/Υ πατάμε το κουμπί SPAN για το μονοξειδίο και το διοξειδίο του άνθρακα.

D. 4 HIGH CAL (O₂)

Επιλέγουμε Pump ON. Η σταθεροποίησης της ροής παίρνει συνήθως 5 min. Ανοίγουμε το Cold Trap στο θερμιδόμετρο. Θέτουμε την βάνα του οξυγόνου στην θέση Sampling Gas. Αφού ρυθμιστεί η παροχή οξυγόνου στα 3. 5 lt/min , θα πρέπει και η αντίστοιχη ένδειξη του οξυγόνου στο θερμιδόμετρο να δείχνει 21. 95%.

D. 5 Θέτουμε την μέγιστη τιμή για το οξυγόνο στον αναλυτή και μετά πατάμε την επιλογή SPAN στον Η/Υ για το O₂ . Περιμένουμε μερικά λεπτά καθώς καταγράφει ο αναλυτής (Servomex). Σε αυτή την περίπτωση η πιθανότητα να έχουμε μεγάλη απόκλιση(drift) είναι πιθανή.

4. Smoke Calibration.

- Για να ξεκινήσει η διαδικασία βαθμονόμησης του καπνού πιέζουμε το κουμπί **SMOKE** στο θερμιδόμετρο. Αμέσως ενεργοποιείται μια δέσμη Laser η οποία διατρέχει την βάση της καμινάδας του οργάνου. Η διαδικασία βαθμονόμησης του καπνού γίνεται σε δύο στάδια.

Εργαζόμαστε με 4 κομμάτια.

1. Ένα Μαύρο κομμάτι το οποίο αποκόπη εντελώς το μεταδιδόμενο φως.
 2. Ένα Φίλτρο 0. 325 , για την μείωση της έντασης της φωτεινής δέσμης στο 50%.
 3. Ένα φίλτρο 0. 8 για την μείωση της έντασης της φωτεινής δέσμης στο 16%.
 4. Χωρίς φίλτρο για να μην αποκόπτεται καθόλου το μεταδιδόμενο φως.
- Αρχικά χωρίς την χρήση κανενός φίλτρου , η ένταση της δέσμης δεν μειώνεται καθόλου. Για αυτό το ποσοστό μετάδοσης της είναι στο **100%**
 - Τοποθετείται στην πίσω πλευρά του οργάνου το μαύρο κομμάτι ώστε να αποκοπεί εντελώς η δέσμη φωτός. Στον Η/Υ πατάμε **ZERO** οπότε πρέπει να δούμε και ποσοστό που να ισοδυναμεί με 0%.
 - Balance: αφαιρώντας το μαύρο κομμάτι , επιλέγουμε το κουμπί **Balance** στον Η/Υ.
 - **Filter Calibration:** Τοποθετούμε τα δύο φίλτρα με ονομαστικές τιμές 0. 325 και 0. 8 σε κατάλληλες θέσεις που υπάρχουν στην πρόσοψη του οργάνου. Με την χρήση των δύο φίλτρων **0. 325** και **0. 8** θα πρέπει οι τιμές έντασης της δέσμης να μειωθούν στο **50%** και **16%** αντίστοιχα.

5. Mass.

Δεν πραγματοποιούμε καμία αλλαγή. Αφήνουμε τις εργοστασιακές ρυθμίσεις (Factory Settings).

6. Εύρεση του C-factor.

- ολοκληρώνοντας την διαδικασία του **Calibrations** επιστρέφουμε στο αρχικό μενού και πατάμε στην επιλογή **C-factor**. Αυτός ο συντελεστής προσδιορίζει μια συνολική σταθερά για όλο το θερμιδόμετρο.
- Ελέγχουμε ότι ο ανεμιστήρας βρίσκεται σε λειτουργία, η παροχή του αέρα στον αγωγό είναι 24 lt/ sec , η αντλία αέρα είναι ενεργοποιημένη και λειτουργεί για τουλάχιστον 5 λεπτά πριν την έναρξη της διαδικασίας (Pump ON). Τέλος ελέγχουμε από την πρόσοψη του οργάνου ότι η βάνα του μεθανίου βρίσκεται στην ένδειξη OFF.
- Στο μενού **C-factor** επιλέγουμε **Routine**. Στο μενού αυτό φαίνεται τόσο το που σώζεται το αρχείο υπολογισμού όσο και ο τύπος του αρχείου (*. cvs). Επιπλέον διακρίνονται οι συνθήκες του χώρου και η ρύθμιση της εκπεμπόμενης θερμότητας του μεθανίου η οποία πρέπει να είναι στα 5 KW. Κατά την διαδικασία χρησιμοποιούμε έναν καυστήρα μεθανίου σε γνωστό επίπεδο ' θερμότητας εξόδου' το οποίο πρέπει να είναι 5 KW. Ο καυστήρας τοποθετείται σε απόσταση 25mm από τον κώνο. Την απόσταση αυτή την ρυθμίζει μια ράβδος των 25 mm . Η ρύθμιση αυτή γίνεται κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας δεδομένων από το όργανο στην πρώτη φάση πριν την λήξη του χρόνου μετά τον οποίο γίνεται η ολοκλήρωση των δεδομένων.
- Πριν την έναρξη της διαδικασίας καύσης του μεθανίου , το λογισμικό ενημερώνει για διαδικασίες pre- run calibrations. Επιλέγουμε YES καθώς έχουμε ολοκληρώσει από πριν το Calibration.
- Κάθε 10 sec το λογισμικό συλλέγει δεδομένα και ένα παράθυρο προόδου εμφανίζεται στην οθόνη. Κατά την διαδικασία αυτή επιβεβαιώνουμε ότι η παροχή μεθανίου στον καυστήρα είναι κλειστή και ότι το αέριο στους αναλυτές είναι από τον περιβάλλοντα αέρα.
- Στο επόμενο βήμα εμφανίζεται στην οθόνη το panel για την βαθμονόμηση το C-factor, που περιλαμβάνει γραφικές παραστάσεις για:
 - i. Συγκέντρωση οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα,
 - ii. παροχής μάζας στον αγωγό,
 - iii. εκλυόμενη θερμότητα από την καύση του μεθανίου.
 - iv. εξέλιξη του C-Factor.

- Ελέγχουμε τον σπινθηριστή να βρίσκεται εκτός της περιοχής του κώνου
- Ανοίγουμε την παροχή μεθανίου , ενώ ο διακόπτης στην πρόσοψη του οργάνου είναι στο OFF).
- **Βήμα 1: Baseline Data.** Ελέγχουμε και επιβεβαιώνουμε ότι δεν υπάρχει ροή μεθανίου στον καυστήρα και πατάμε το Start. Για τα επόμενα 60 sec από την στιγμή που πατήσουμε Start συλλέγονται τα βασικά δεδομένα (baseline data).
- Βήμα 2: Έναυση και σταθεροποίηση της παροχής μεθανίου.
 - I. Όταν η αντίστροφη μέτρηση βρίσκεται στα τελευταία 10-15 sec μετακινούμε τον σπινθηριστή ανάφλεξης ακριβώς πάνω από τον καυστήρα μεθανίου και ανοίγουμε σταδιακά την βάνα του μεθανίου στην πρόσοψη του οργάνου. Βασική προϋπόθεση για την σωστή εκτέλεση του βήματος αυτού αποτελεί το κουμπί **Ignition** το οποίο πρέπει να είναι πατημένο (πάνω στο όργανο). Αφού ολοκληρωθεί η έναυση σταθεροποιούμε την παροχή του μεθανίου στα 5 KW εάν αυτό είναι απαραίτητο.
 - II. Αφού γίνει η έναυση μετακινούμε τον σπινθηριστή στην αρχική του θέση. . Ελέγχουμε ότι η φλόγα περνά από το κέντρο του κώνου.
- Βήμα 3: Συλλογή δεδομένων.

Στα επόμενα 180 sec συλλέγονται διάφορα δεδομένα να οποία θα καθορίσουν και την τιμή του C-Factor. Δεν απαιτείται καμία ενέργεια από τον χρήστη.

- Βήμα 4:Κλείσιμο παροχής μεθανίου και επεξεργασία δεδομένων.
 - a. Όταν μηδενίσει η αντίστροφη μέτρηση κλείνουμε την παροχή μεθανίου.
 - b. Στα επόμενα 90 sec (αντίστροφη μέτρηση) συλλέγονται τα δεδομένα και στην συνέχεια πρέπει να σταματήσουμε την διαδικασία πατώντας το κουμπί STOP το οποίο τώρα έχει γίνει διαθέσιμο.
 - c. Αφού επιλέξουμε **STOP** τα δεδομένα επεξεργάζονται και προκύπτει ο C-Factor. Το ISO 5660-1 αποτελεί το πρότυπο που βασίζεται ο υπολογισμός του C-Factor.
 - d. Για να σώσουμε τα αποτελέσματα που προέκυψαν επιλέγουμε **Save**.

7. Heat Flux.

- Στο βήμα αυτό στο βήμα όπου προηγουμένως ετέθη ο καυστήρας μεθανίου βάζουμε το αισθητήριο μέτρησης θερμότητας και με την μεταλλική ράβδο ελέγχουμε την απόσταση από τον κώνο ώστε να είναι στα 25 mm που είναι και το επιθυμητό.
- Ελέγχουμε ότι λειτουργεί το κύκλωμα νερού που διαβρέχει περιμετρικά τον αισθητήρα μέτρησης της ροής θερμότητας .

- Ζυγίζουμε το προ μελέτη υλικό και καταγράφουμε την μάζα του. Τοποθετούμε στην βάση του ζυγού το θερμομονωτικό υλικό το οποίο τον προστατεύει.
- Ανάβουμε τον κώνο. Επιλέγουμε το κουμπί **CONE** στο όργανο.
- Θέτουμε την θερμοκρασία λειτουργίας του κώνου στους 775°C βαθμιαία. Αυτό μπορεί να πάρει λίγα λεπτά και μπορεί να ολοκληρωθεί σε 2 ή και 3 βήματα θέτοντας ενδιάμεσες θερμοκρασίες αποκατάστασης (250-550-750 ή 350-750).
- Επιλέγουμε **Heat Flux** από το αρχικό μενού. Θέτουμε στο λογισμικό την ένταση και την απόσταση του αισθητηρίου από το χείλος του κώνου. Για τα κομμάτια PMMA μια ενδεικτική τιμή έντασης είναι τα 50 KW/m² καθώς και το Separation στα 25 mm.
- Μόλις γίνει αποκατάσταση της θερμοκρασίας και της ροής θερμότητας τότε μπορούμε να σώσουμε τις ρυθμίσεις επιλέγοντας **Save and Exit**
- Αφαιρούμε το αισθητήριο διατηρώντας τη θερμοκρασία του κώνου.
- Μπορούμε να κλείσουμε τα φύλλα (shutters) του κώνου για ασφάλεια και ευκολία κινήσεων στον χώρο του πειράματος.

8. Διαδικασία Δοκιμής Υλικών.

- Επιλέγουμε **Load Cell** στο θερμιδόμετρο.
- Στο αρχικό μενού (Main Menu) πατάμε το **Start-Test**. Συμπληρώνουμε στο πάνελ τις τιμές της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της αρχικής μάζας του δοκιμίου. Σε περίπτωση που το υλικό έχει διατηρηθεί προηγουμένως σε συγκεκριμένες συνθήκες τότε θέτουμε αυτές. Όταν συμπληρωθούν οι τιμές αυτές τότε πατάμε **OK**.
- Το λογισμικό ενημερώνει για Pre-Run-Calibrations. Συνιστάται να γίνονται pre run calibration πριν από κάθε πείραμα. Στην συνέχεια πρέπει να έχουμε φροντίσει να βρίσκεται η αντλία σε λειτουργία για τουλάχιστον 10 λεπτά και οι αναλυτές να δείχνουν τις τιμές που προβλέπονται.
- **Test Run**. Στο πάνελ επιλέγουμε **Start baseline**. Για τα επόμενα 60 sec γίνεται καταγραφή βασικών δεδομένων από το λογισμικό. Για την σωστή εκτέλεση του βήματος αυτού θα πρέπει τα φύλλα του κώνου να είναι ανοιχτά και το θερμομονωτικό υλικό να είναι στην βάση του ζυγού.
- **Position Specimen and Start Test**.

Αφού ολοκληρωθεί η συλλογή των δεδομένων κλείνουμε τα φύλλα του κώνου και τοποθετούμε το δοκίμιο το οποίο βρίσκεται μέσα σε ειδική πλατφόρμα,

στην βάση του ζυγού έχοντας πρώτα αφαιρέσει το θερμομονωτικό υλικό από αυτόν.

- Θέτουμε τον σπινθηριστή στο κέντρο του κώνου και επιβεβαιώνουμε ότι το κουμπί **Ignition** είναι πατημένο στο θερμιδόμετρο.
- Όταν σταθεροποιηθεί η τιμή του ζυγού, δηλαδή η μάζα του υλικού ανοίγουμε τα φύλλα του κώνου(shutters) και αμέσως πατάμε **Start Test** ή το αντίστοιχο **S** στο remote control.
- Παρακολουθούμε προσεκτικά γιατί πρέπει να καταγράψουμε την στιγμή που θα γίνει η ανάφλεξη. Όταν το δείγμα αναφλεγεί πατάμε το **I** στο remote control.
- Όταν η φλόγα εξασθενήσει εντελώς ενημερώνουμε το λογισμικό και πατάμε το **F**. Ο χρόνος σβέσης της φλόγας καθώς και όλα α δεδομένα κατα την διάρκεια του πειράματος καταγράφονται από το λογισμικό του υπολογιστή.
- Όταν το πείραμα ολοκληρωθεί , αφού βεβαιωθούμε ότι η φωτιά έχει σβήσει πλήρως πατάμε το **Stop Test** ή το αντίστοιχο **S** στο remote control.
- Επιλέγοντας το **Main Menu Print Report** μπορούμε να δούμε τα συνολικά αποτελέσματα της δοκιμής.

5. 4 Πειραματική διαδικασία.

Ολοκληρώνοντας όλες τις ενέργειες που απαιτούνται για την σωστή λειτουργία του οργάνου και την βαθμονόμηση του, είμαστε έτοιμοι να προχωρήσουμε στο πείραμα. Ο πίνακας εκτέλεσης που εμφανίζεται δείχνει σε πραγματικό χρόνο τις ενδείξεις από τους αισθητήρες, την κατά προσέγγιση έκλυση θερμότητας και έκλυση καπνού. Επίσης δείχνει την κατά προσέγγιση μέγιστη απελευθέρωση θερμότητας και τον συντελεστή απόσβεσης. Τέλος δείχνει και τον συνολικό χρόνο της δοκιμής συμπεριλαμβανομένου και του χρόνου συλλογής δεδομένων αναφοράς. Στο λογισμικό ελέγχου παρέχονται όλες οι απαραίτητες οδηγίες με την μορφή μηνυμάτων, σχετικά με τα κυριότερα γεγονότα κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας.

Πίνακας 2 Πίνακας αισθητηρίων θερμιδομέτρου κώνου.

Time	Χρόνος (sec)
Oxygen	Συγκέντρωση οξυγόνου (%)

DPT	Διαφορική Πίεση (Pa)
CO	Μονοξείδιο του άνθρακα (ppm)
CO2	Διοξείδιο του άνθρακα (%)
PDM	Βαθμονομημένη κύρια έξοδος φωτοδιόδου (-)
PDC	Βαθμονομημένη έξοδος αντιστάθμισης φωτοδιόδου (-)
MASS	Μάζα δείγματος (gr)
Te	Θερμοκρασία εξάτμισης (K)
TSM	Θερμοκρασία καπνού
APT	Απόλυτη πίεση (kPa)

5. 5 Φαινόμενα Προθέρμανσης στην ανάφλεξη.

Η κύρια εξίσωση είναι :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad (5. 1)$$

όπου:

T ⇒ Θερμοκρασία.

t ⇒ Ο χρόνος.

y ⇒ Η μετρούμενη απόσταση από την επιφάνεια.

a ⇒ Η θερμικής διάχυση.

c ⇒ η ειδική θερμότητα.

k ⇒ η θερμική αγωγιμότητα.

ρ ⇒ η πυκνότητα.

$$T=T_0 \quad (5. 2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad (5.3)$$

Για $y=0$,

$$k \frac{\partial T}{\partial y} = \dot{q}'' \equiv \varepsilon \cdot \dot{q}''_{ext} - h_c(T - T_o) - \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (5.4)$$

όπου:

\dot{q}'' \Rightarrow Η καθαρή ροή θερμότητας επιφάνειας κατά την προθέρμανση.
 ε \Rightarrow Η εκπομπή και η απορροφητικότητα της επιφάνειας (συντελεστής θερμικής ακτινοβολίας).
 h_c \Rightarrow ο συντελεστής συναγωγής.
 \dot{q}''_{ext} \Rightarrow Η εξωτερική ροή θερμότητας της ακτινοβολίας.
 σ \Rightarrow η σταθερά Stefan-Boltzmann.

Θεωρούμε μια εξίσωση δευτέρου βαθμού που να πληροί τις οριακές συνθήκες.

$$(T - T_o) = \frac{\dot{q}'' \cdot \delta}{2k} \left(1 - \frac{y}{\delta}\right)^2 \quad (5.5)$$

Για τις παραπάνω οριακές συνθήκες προκύπτει:

$$\frac{d}{dt}(\dot{q}'' \cdot \delta) = 6 \cdot a \cdot \dot{q}'' \quad (5.6)$$

Εάν υποθέσουμε ότι το \dot{q}'' είναι σταθερό, που είναι μια αρκετά καλή υπόθεση για μεγάλα \dot{q}''_{ext} , τότε έχουμε :

$$\delta \cong \sqrt{6 \cdot a \cdot t} \quad (5.7)$$

Εάν εισάγουμε την εξίσωση 4. 7 στην εξίσωση 4. 5 τότε θα προκύψει:

$$(T_{ig} - T_o) = \frac{\dot{q}''}{2k} \sqrt{6 \cdot a \cdot t_{ig}} \quad (5.8)$$

$$t_{ig} = \frac{2}{3} (k \cdot \rho \cdot c) \cdot \frac{(T_{ig} - T_o)}{(\dot{q}'')^2} \quad (5.9)$$

Ακολουθώντας αυτή την διαδικασία μπορούμε να υπολογίσουμε την θερμοκρασία επιφάνειας κατά την πρόοδο του χρόνου. Αυτό επιτυγχάνεται υπολογίζοντας την καθαρή ροή θερμότητας για την ανάλογη θερμοκρασία (T), που έχουμε επιλέξει. Παράλληλα με την χρήση της εξίσωσης (4. 9) υπολογίζουμε και τον χρόνο. Αυτό το αποτέλεσμα θα μας βοηθήσει να υπολογίσουμε την κρίσιμη ροή της ανάφλεξης, \dot{q}''_{cr} .

$$\dot{q}_{ext}'' = \frac{1}{\varepsilon} \cdot [h_c \cdot (T_{ig} - T_o) - \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_{ig}^4] \equiv \dot{q}_{cr}'' \quad (5. 10)$$

5. 5. 1 Ο ρυθμός καύσης.

Η βασική εξίσωση για τον ρυθμό καύσης σχετίζεται με την εξίσωση 4. 1. Συνεπώς για $y=0$,

$$T=T_o \quad (5. 11)$$

Επίσης,

$$-k \frac{\partial T}{\partial y} = \dot{q}'' - \dot{m}'' \cdot \Delta H_v \quad (5. 12)$$

όπου,

$\dot{m}'' \Rightarrow$ Ο ρυθμός απώλειας μάζας ανά μονάδα επιφάνειας.

$\Delta H_v \Rightarrow$ Η θερμότητα εξατμίσεως

$\dot{q}'' \Rightarrow$ η ροή θερμότητας της επιφάνειας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το \dot{q}'' διαφέρει από αυτό που αναφέρεται στην εξίσωση 4. 4.

$$\dot{q}'' = \varepsilon \cdot \dot{q}_{ext}'' + \dot{q}_{fl}'' - \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_v^4 \quad (5. 13)$$

Το είναι η ροή θερμότητα της φλόγας και υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο.

$$\dot{q}_{fl}'' = \varepsilon \cdot \dot{q}_{fl,r}'' + \dot{q}_{fl,c}'' \quad (5. 14)$$

5. 5. 2 Ροή θερμότητας της φλόγας.

Η εξίσωση 4. 14 περιγράφει την ροή θερμότητας της φλόγας ως την ροή θερμότητας συναγωγής συν την θερμότητα ακτινοβολίας. Για τον υπολογισμό της συνολικής ροής θερμότητας χρησιμοποιούμε διάφορες μετρήσεις όπως , απώλεια μάζας και ροή θερμότητας στην επιφάνεια. Παρ'όλα αυτά οι μετρήσεις αυτές δεν μπορούν να συμπεριλάβουν την απορρόφηση της

εξωτερικής θερμότητας από την φλόγα. Επιπλέον , καλό είναι να εκλάβουμε την επίδραση του αυξημένου ύψους της φλόγας , ως αποτέλεσμα του αυξημένου ρυθμού καύσης.

5. 5. 3 Ροή θερμότητας λόγω της ακτινοβολίας.

Ο βαθμός εκπομπής της φλόγας αναπαρίσταται ως :

$$\varepsilon_{fl} = 1 - e^{-\kappa \cdot lm} \quad (5. 15)$$

όπου:

$\kappa \Rightarrow$ η σταθερά απορρόφησης

$lm \Rightarrow$ (mean beam length).

Με βάση τον αλγόριθμο Orloff και deRis,

$$lm=0. 65 (2R) \quad (5. 16)$$

όπου:

$R \Rightarrow$ Η ακτίνα της φλόγας.

Η εξίσωση 4. 16 ισχύει για ύψη μεγαλύτερα από 4R. Εφόσον τα δοκίμια μας έχουν μήκος περίπου 10 εκατοστά , τότε $2R=10$. Συνεπώς $lm=0. 065$ και το κ προκύπτει $1. 4 \text{ m}^{-1}$ (από τον αλγόριθμο Orloff και deRis).

$$\dot{q}''_{fl} = \varepsilon_{fl} \cdot \sigma \cdot T_{fl}^4 \quad (5. 17)$$

6. Διαδικασία μετρήσεων (Reaction to Fire Tests).

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια σύντομη περιγραφή της διαδικασίας προετοιμασίας των δοκιμών προς καύση σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από τον κατασκευαστή της συσκευής του Θερμιδόμετρου Κώνου αλλά και σύμφωνα με τις οδηγίες του εφαρμοσμένου προτύπου ISO 5660 από το Εργαστήριο Τεχνικής Θερμοδυναμικής.

Κατά το πείραμα πραγματοποιήθηκαν δοκιμές αντίδρασης στην φωτιά ξύλου δασικής Πεύκης. Οι περιπτώσεις που μελετήθηκαν ήταν ξύλο με εξωτερική κάλυψη (φλούδα) και ξύλο χωρίς φλούδα. Η ροή που

χρησιμοποιήθηκε ήταν 50 kW/m^2 . Η ροή θερμότητας επιλέχθηκε καθώς θεωρείται μια τυπική ένταση φωτιάς σε κλειστούς χώρους καθώς και για σύγκριση των αποτελεσμάτων του Θερμιδομέτρου Κώνου με άλλες μεθόδους όπως η δοκιμή κατάταξης υλικών μεμονωμένου καιόμενου αντικειμένου (SBI).

6.1 Προετοιμασία δοκιμών.

Τα δοκίμια του πειράματος δεν δέχτηκαν καμία κατεργασία στο αρχικό τους στάδιο. Η μόνη διαδικασία που πραγματοποιήθηκε ήταν η κοπή τους σε συγκεκριμένες διαστάσεις και πάχος σύμφωνα με τα πρότυπα που όριζε το θερμιδόμετρο κώνου. Επρόκειτο δηλαδή για ακατέργαστη ξυλεία η οποία και διατηρούσε πολλές από τις βασικές φυσικές της ιδιότητες.

Στην συνέχεια ξεκίνησε η διαδικασία του πειράματος με την μέτρηση της αρχικής μάζας κάθε δοκιμίου ξεχωριστά καθώς και των διαστάσεων αυτών για επιβεβαίωση ότι ήταν εντός των προδιαγραφών. Μετά την μάζα πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός της αρχικής υγρασίας κάθε δοκιμίου με την βοήθεια ενός ανιχνευτή υγρασίας. Αφού έγινε καταγραφή των παραπάνω δεδομένων ξεκίνησε η αφύγρανση των υπό εξέταση υλικών με την βοήθεια ενός φούρνου μικροκυμάτων.

Κατά την αφύγρανση τα δοκίμια τοποθετούνταν στο φούρνο μικροκυμάτων ένα-ένα. Για να επιτύχουμε τις όσο το δυνατόν καλύτερες συνθήκες περιβάλλοντος για την θεωρητικά φυσική αποβολή της υγρασίας του ξύλου χρησιμοποιήσαμε την λειτουργία με την χαμηλότερη ισχύ του φούρνου μικροκυμάτων (Defrost ή Low, ανάλογα τον φούρνο). Ο χρόνος που ορίστηκε για την εξαγωγή των πρώτων αποτελεσμάτων ήταν τα 5 λεπτά. Ορισμένα δοκίμια χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο για να φτάσουν στα επιθυμητά επίπεδα υγρασίας είτε λόγω μιας μικρής διαφοράς στο πάχος (της τάξεως του 0,5-1cm) είτε λόγω της αρκετά μεγαλύτερη αρχικής υγρασίας που περιείχαν. Εκτός από την μεταβολή της υγρασίας μετρήθηκε και η μεταβολή της μάζας για κάθε δοκίμιο καθώς η αποβολή της υγρασίας είχε σημαντική επιρροή στην αρχική μάζα (μείωση μάζας δοκιμίου).

Μετά την αφύγρανση των δοκιμών και την καταγραφή των νέων υγρασιών και μαζών τα υλικά τοποθετήθηκαν στην ειδικά διαμορφωμένη βάση και ήταν έτοιμα για καύση.



Εικόνα 16 Ανιχνευτής υγρασίας Stanley. (Πηγή: Σαραγούδας 2022)

Παρακάτω δίνονται κάποιες φωτογραφίες στα διάφορα στάδια προετοιμασίας των δοκιμίων με σκοπό την καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας.



Εικόνα 17 : Απεικόνιση των υπό εξέταση δοκιμών δασική Πεύκης.



Εικόνα 18 Προσόψεις των υπό εξέταση δοκιμών.



Εικόνα 19 Τοποθέτηση δοκιμίων στην βάση - έλεγχος διαστάσεων.

Κατά την τοποθέτηση των δοκιμίων στην βάση πραγματοποιείται έλεγχος στις διαστάσεις κοπής του δοκιμίου, ενώ δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην διατήρηση της ελεύθερης επιφάνειας του δοκιμίου, δηλαδή της επιφάνειας που επρόκειτο να ακτινοβοληθεί ώστε να μην πραγματοποιηθούν μεταβολές, που θα της προκαλέσουν αλλοίωση, διότι θα επηρεαστούν άμεσα και τα πειραματικά αποτελέσματα τα οποία πιθανόν να είναι αναξιόπιστα και να μην ανταποκρίνονται στις πραγματικές συνθήκες καύσης.

6.2 Πειραματικά αποτελέσματα.

Το επίπεδο ακτινοβολίας που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα ήταν τα 50kW/m^2 . Παρακάτω δίνονται οι αρχικές συνθήκες των δοκιμίων όπως η

αρχική μάζα, το πάχος τους, η επιφάνεια ακτινοβολίας καθώς και οι χρόνοι έναυσης και απόσβεσης αυτών.

Πίνακας 3 Αποτελέσματα για το ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 22% (T1.2).

T1.2									
Mx (g)	Y (%)	Mo (g)	ρ_0 (g/cm ³)	Rx (g/cm ³)	Vo (cm ³)	C (%)	Ymax (%)	Απόκλιση μάζας	Σ.Ι. (%)
95,06	22,00	77,92	0,779	0,95	100	48,03	91,34	18,03%	30,0
92,55	20,00	77,13	0,771	0,93	100	48,56	92,66	16,67%	30,0
87,62	18,00	74,25	0,743	0,88	100	50,47	97,67	15,25%	30,0
80,70	15,00	70,17	0,702	0,81	100	53,19	105,50	13,04%	30,0

Για το ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 22% πραγματοποιήθηκαν 4 δοκιμές αφύγρανσης των 5 λεπτών και η μείωση της αρχικής υγρασίας μετά το πέρας των δοκιμών είχε μειωθεί κατά 7%. Αισθητή είναι η διαφορά της τελικής μάζας του δοκιμίου η οποία και μειώθηκε κατά περίπου 15 εκατοστά.

Πίνακας 4 Αποτελέσματα για το ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 25%(T2.1).

T2.1									
Mx (g)	Y (%)	Mo (g)	ρ_0 (g/cm ³)	Rx (g/cm ³)	Vo (cm ³)	C (%)	Ymax (%)	Απόκλιση μάζας	Σ.Ι. (%)
110,03	25,00	88,02	0,880	1,10	100	41,29	76,61	20,00%	30,0
108,20	21,00	89,42	0,894	1,08	100	40,36	74,83	17,36%	30,0
103,99	19,50	87,02	0,870	1,04	100	41,96	77,91	16,32%	30,0
98,89	18,00	83,81	0,838	0,99	100	44,10	82,32	15,25%	30,0
94,07	17,00	80,40	0,804	0,94	100	46,37	87,38	14,53%	30,0
89,38	16,00	77,05	0,771	0,89	100	48,61	92,78	13,79%	30,0
85,14	14,00	74,68	0,747	0,85	100	50,19	96,90	12,28%	30,0
80,38	12,00	71,77	0,718	0,80	100	52,13	102,3	10,71%	30,0

Για το ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 25% πραγματοποιήθηκαν 8 δοκιμές αφύγρανσης των 5 λεπτών . Η τελική υγρασία του ξύλου ήταν 12% και σε σύγκριση με την αρχική (25%) ήταν μειωμένη κατά 13%. Η τελική μάζα του δοκιμίου μειώθηκε κατά 30 εκατοστά χάνοντας έτσι περίπου το 27% της αρχικής του μάζας.

Πίνακας 5 Αποτελέσματα για το ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18% (T3.2).

T 3.2									
Mx (g)	Y (%)	Mo (g)	ρ_0 (g/cm ³)	Rx (g/cm ³)	Vo (cm ³)	C (%)	Ymax (%)	Απόκλιση μάζας	Σ.Ι. (%)
66,76	18,00	56,58	0,566	0,67	100	62,26	139,75	15,25%	30,0
64,06	14,00	56,19	0,562	0,64	100	62,52	140,96	12,28%	30,0
61,16	12,00	54,61	0,546	0,61	100	63,58	146,13	10,71%	30,0
58,63	5,00	55,84	0,558	0,59	100	62,76	142,09	4,76%	30,0

Για το ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18% πραγματοποιήθηκαν 4 δοκιμές των 5 λεπτών. Η τελική υγρασία του ξύλου μετρήθηκε 5%. Συνεπώς η μείωση και σε αυτή την περίπτωση έφτασε το 13% σε σύγκριση με την αρχική (18%). Στην περίπτωση αυτή η μάζα δεν υπέστη μεγάλη διαφοροποίηση. Συγκεκριμένα μειώθηκε κατά περίπου 9 εκατοστά το οποίο αναλογεί σε κάτι λιγότερο από 14%.

Πίνακας 6 Αποτελέσματα για το ξύλο Πεύκης με επικάλυψη (Φλούδα) με αρχική υγρασία 25% (TC 1.2).

T.C 1.2									
Mx (g)	Y (%)	Mo (g)	ρ_0 (g/cm ³)	Rx (g/cm ³)	Vo (cm ³)	C (%)	Ymax (%)	Απόκλιση μάζας	Σ.Ι. (%)
108,32	25,00	86,66	0,867	1,08	100	42,20	78,40	20,00%	30,0
104,98	24,00	84,66	0,847	1,05	100	43,53	81,12	19,35%	30,0
101,35	23,00	82,40	0,824	1,01	100	45,04	84,36	18,70%	30,0
97,78	20,00	81,48	0,815	0,98	100	45,65	85,72	16,67%	30,0
92,04	15,00	80,03	0,800	0,92	100	46,62	87,95	13,04%	30,0
90,27	9,00	82,82	0,828	0,90	100	44,76	83,75	8,26%	30,0
88,35	8,00	81,81	0,818	0,88	100	45,44	85,24	7,41%	30,0

Για το ξύλο πεύκης με επικάλυψη και αρχική υγρασία 25% πραγματοποιήθηκαν 7 δοκιμές των 5 λεπτών. Η υγρασία του ξύλου υπέστη μείωση της τάξεως του 17%. Αντίστοιχα η μάζα μειώθηκε κατά 20 εκατοστά (περίπου 19%)

Πίνακας 7 Αποτελέσματα για το ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 8% (Pine 8%).

Πεύκο με υγρασία 8%									
Mx (g)	Y (%)	Mo (g)	ρ_0 (g/cm ³)	Rx (g/cm ³)	Vo (cm ³)	C (%)	Ymax (%)	Απόκλιση μάζας	Σ.Ι. (%)
87,39	8	80,917	0,809	0,874	100	46,02	86,58	7,41%	30,0

Όπου :

Y_{max} = Μέγιστη υγρασία του ξύλου (%).

R_x = Φαινομενική πυκνότητα (g/cm³)

ρ_0 = Ξηρή πυκνότητα (g/cm³)

Y= υγρασία του ξύλου (%)

M_x = μάζα , σε υγρασία X (%)

M_o =Απόλυτα ξηρή μάζα (g)

V_o = Απόλυτα ξηρός όγκος (cm³)

C = ποσοστό κενών χώρων (%)

Σ.Ι = σημείο ινοκόρου (30%).

Αξίζει να αναφερθεί ότι αν και τα κομμάτια έχουν διαστάσεις 10x10cm², κατά την καύση η επιφάνεια ακτινοβολίας μειώνεται στα 88,4 cm² για όλα τα δοκίμια. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της κάλυψης τμήματος της πάνω επιφάνειας που εφαρμόζει στην βάση στήριξης για την διατήρηση της σωστής θέσης των δοκιμίων πάνω στο ζυγό.

Πίνακας 8 Βασικές οριακές συνθήκες πειράματος.

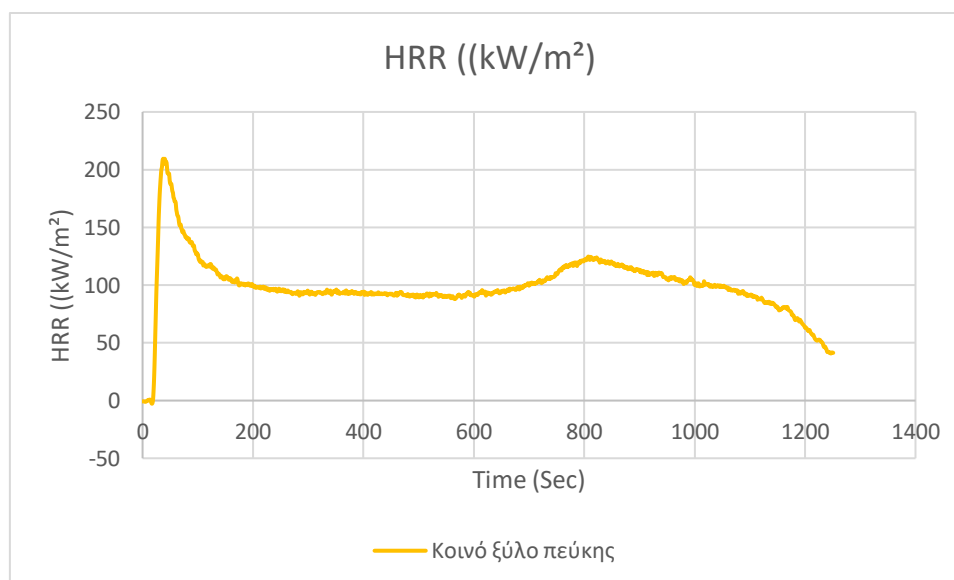
Δοκίμιο	Αρχική μάζα (g)	Πάχος δοκιμίου (mm)	Επιφάνεια (cm ²)	Χρόνος έναυσης(s)	Χρόνος σβέσης (s)
πεύκο χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 22%	95,06	13	88,4	51	839
πεύκο χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 25%	110,03	13	88,4	42	856
πεύκο χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18%	66,76	13	88,4	26	639
πεύκης με φλούδα με αρχική υγρασία 25%	108,32	14	88,4	13	689
Πεύκο χωρίς φλούδα με υγρασία 8%	87,39	14	88,4	24	961

πεύκου χωρίς φλούδα (βιβλιογραφία)	114,65	13	88,4	121	1161
Πεύκο με φλούδα (βιβλιογραφία)	109,21	16	88,4	84	1371

Στον πίνακα 8 αναφέρονται οι βασικές συνθήκες του πειράματος.

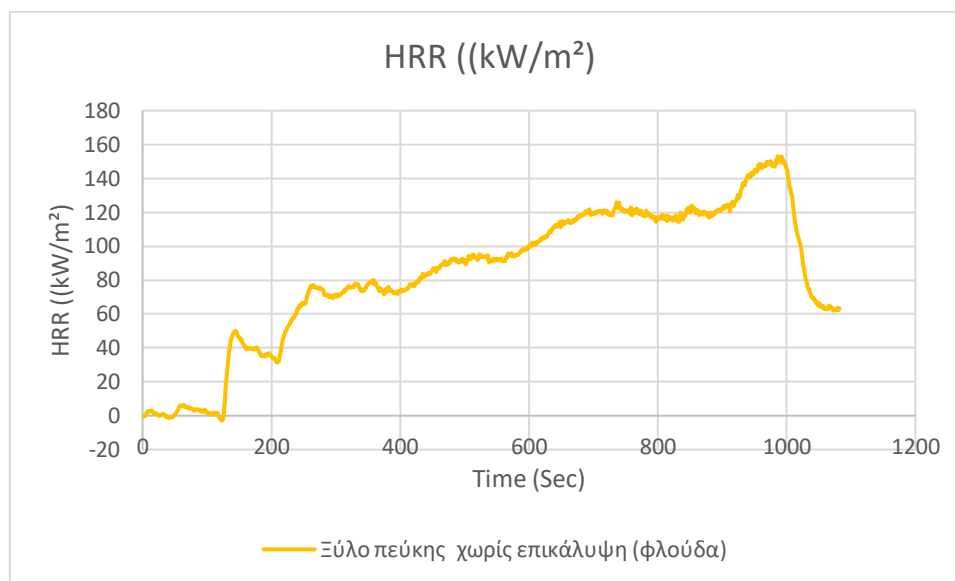
6.2.1 Αποτελέσματα Ρυθμού έκλυσης θερμότητας δοκιμίων.

Παρακάτω δίνονται τα διαγράμματα της χρονικής εξέλιξης του ρυθμού έκλυσης θερμότητας για κάθε δοκίμιο ξεχωριστά ώστε να βρεθεί η διαφορά που επιφέρει το διαφορετικό ποσοστό υγρασίας στην συμπεριφορά των υλικών.



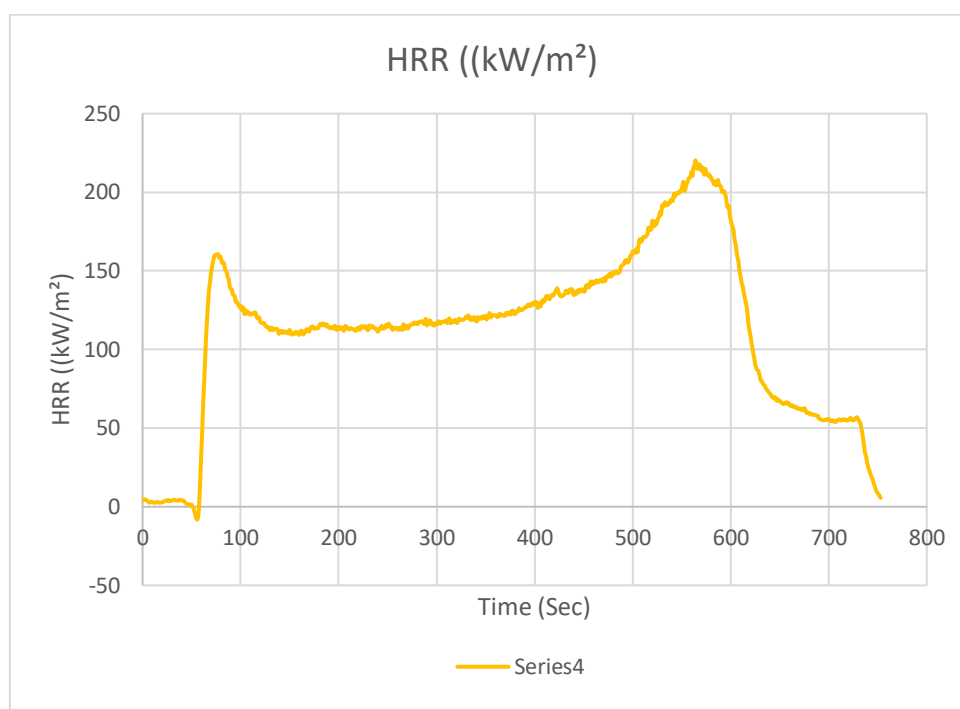
Εικόνα 20 Ρυθμός έκλυσης θερμότητας για το κοινό πεύκο.

Στην εικόνα 20 φαίνεται το διάγραμμα του ρυθμού έκλυσης θερμότητας ενός κοινού πεύκου. Η μέγιστη τιμή παρατηρείται κατά τα πρώτα δευτερόλεπτα πιθανόν λίγο μετά την ανάφλεξη. Η πορεία που ακολουθεί είναι σε πρώτη φάση πτωτική για περίπου 600 δευτερόλεπτα (10 λεπτά). Αυτό οφείλεται στην υγρασία που περιέχει το ξύλο η οποία εμποδίζει την ανάπτυξη μεγάλων θερμοκρασιών λόγω των μορίων νερού που περιέχει. Στα 800 δευτερόλεπτα (περίπου 14 λεπτά) η καμπύλη εμφανίζει μια δεύτερη κορυφή η οποία είναι αισθητά χαμηλότερη από την αρχική. Την δεύτερη κορυφή διαδέχεται μια δεύτερη πτωτική τάση η οποία όμως είναι και η τελική του διαγράμματος καθώς το δοκίμιο οδεύει προς την σβέση του.



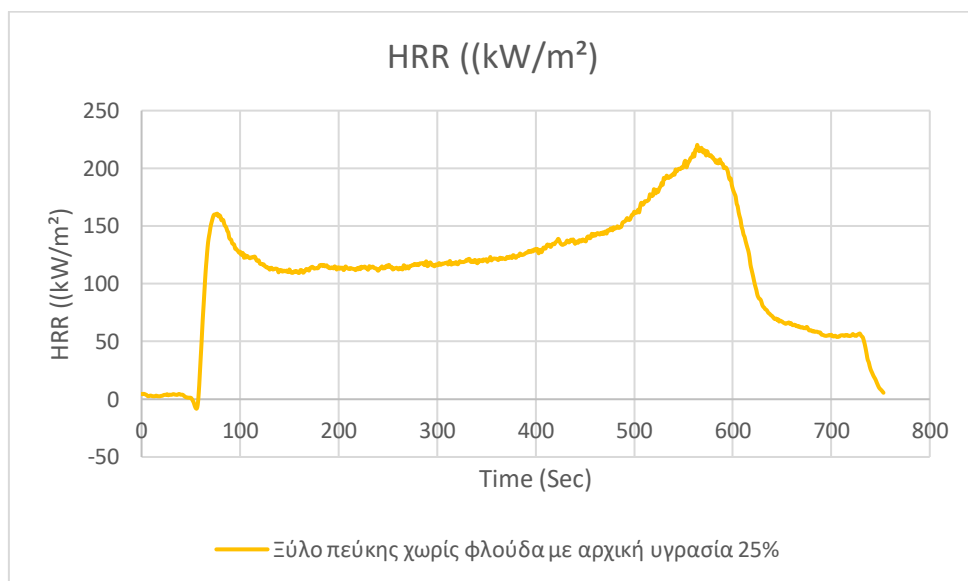
Εικόνα 21 Ρυθμός έκλυσης θερμότητας σύμφωνα με τις ονομαστικές τιμές ξύλου Πεύκης χωρίς επικάλυψη.

Στην εικόνα 21 φαίνεται το διάγραμμα του ρυθμού έκλυσης θερμότητας δασικού πεύκου χωρίς επικάλυψη. Η πρώτη κορυφή για το διάγραμμα αυτό εμφανίζεται περίπου στα 150 δευτερόλεπτα (2,5 λεπτά). Μεταξύ 0 και 70 δευτερολέπτων παρατηρείται μια ανοδική πορεία στο διάγραμμα η οποία καταλήγει σε μια μικρή κορυφή. Η κορυφή αυτή εμφανίζεται την στιγμή της ανάφλεξης του δοκιμίου. Την πρώτη μεγάλη κορυφή διαδέχεται μια πτωτική πορεία διάρκειας 100-120 δευτερολέπτων. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην υγρασία του ξύλου η οποία μπλοκάρει την ένταση της φωτιάς. Μόλις η φωτιά καταφέρει να αποβάλλει μέρος της υγρασίας αυτής, αρχίζει να επεκτείνεται στο υλικό ανεβάζοντας και υψηλότερες θερμοκρασίες. Αυτό δικαιολογεί και η ανοδική πορεία που παρατηρείται στην συνέχεια του διαγράμματος. Μεταξύ του χρονικού διαστήματος 250 και 1000 δευτερολέπτων η πορεία είναι κατά κύριο λόγο ανοδική με μικρές σταδιακές πτώσεις που οφείλονται στην υγρασία που βρίσκει στο πέρασμα της η φωτιά. Στα 1000 δευτερόλεπτα το υλικό έχει ήδη καεί σε πολύ μεγάλο ποσοστό ,πράγμα που σημαίνει ότι οδηγούμαστε στην σβέση του υλικού.



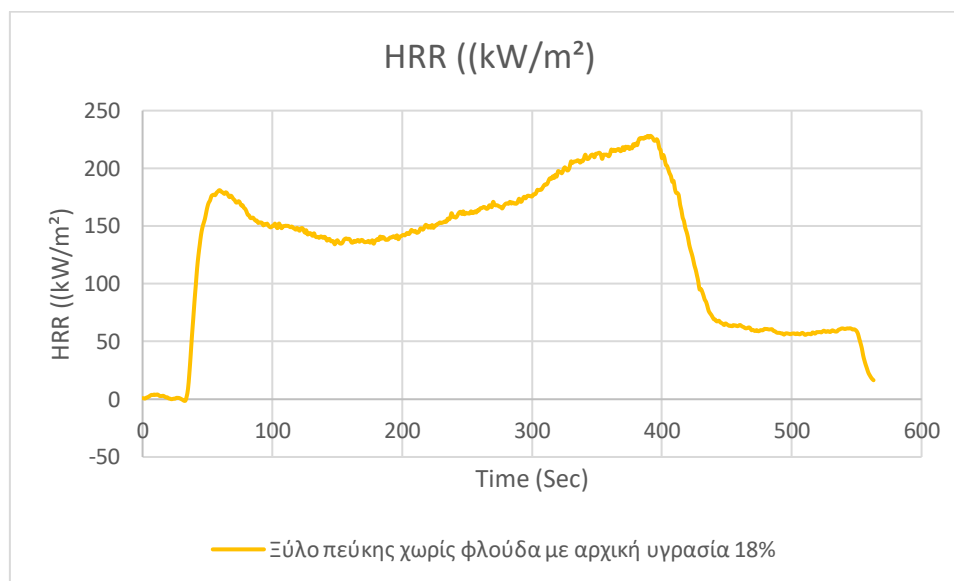
Εικόνα 22 Ρυθμός έκλυσης θερμότητας για ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 22%

Στην εικόνα 22 φαίνεται το διάγραμμα του ρυθμού έκλυσης θερμότητας ξύλου Πεύκης χωρίς επικάλυψη. Στο διάγραμμα παρατηρούνται δύο κορυφές. Η πρώτη κορυφή εμφανίζεται γύρω στα 60 δευτερόλεπτα. Είναι λογικό γιατί την στιγμή που πραγματοποιείται η ανάφλεξη στο υλικό η ύπαρξη της φλόγας ανεβάζει την ισχύ της φωτιάς η οποία αρχίζει πλέον και καίει το δοκίμιο. Η πτωτική πορεία που παρατηρείται μετέπειτα οφείλεται στην υγρασία που περιέχει το ξύλο. Η φωτιά χρειάζεται περισσότερο χρόνο και περισσότερη ενέργεια για να προχωρήσει στο εσωτερικό του ξύλου. Η αποβολή μέρους της υγρασίας είναι αναπόφευκτη. Αυτή η διαδικασία φαίνεται ότι πραγματοποιείται μεταξύ 70 και 180 δευτερολέπτων, όσο δηλαδή διαρκεί και η πτωτική τάση στο διάγραμμα. Από εκείνο το σημείο και μετά η καμπύλη έχει ανοδική πορεία πράγμα που σημαίνει ότι πλέον εισέρχεται στο εσωτερικό του ξύλου καίγοντας το. Η δεύτερη κορυφή εμφανίζεται λίγο πριν τα 10 λεπτά καύσης (περίπου στα 550 δευτερόλεπτα). Η κορυφή αυτή είναι και η μεγαλύτερη στο διάγραμμα. Αυτό σημαίνει ότι η φωτιά έχει κάψει σχεδόν όλο το δοκίμιο και ξεκινάει η διαδικασία σβέσης του ξύλου. Για περίπου 3 με 4 λεπτά το υλικό σιγοκαίγεται μέχρι την στιγμή που σβήνει ολοκληρωτικά. Ο ακριβής χρόνος σβέσης του υλικού είναι 756 δευτερόλεπτα.



Εικόνα 23 Ρυθμός έκλυσης θερμότητας για ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 25%.

Στην εικόνα 23 φαίνεται το διάγραμμα του ρυθμού έκλυσης θερμότητας ξύλου Πεύκης χωρίς επικάλυψη με αρχική υγρασία της τάξεως του 25%. Το διάγραμμα έχει την ίδια μορφή με αυτό της εικόνας 22 μιας και η μόνη διαφορά των δύο δοκιμίων είναι το επίπεδο υγρασίας. Και σε αυτή την περίπτωση έχουμε δύο κορυφές, μια αμέσως μετά την ανάφλεξη και μια λίγο πριν την περίοδο σβέσης του δοκιμίου. Η υγρασία επηρεάζει- εμποδίζει το ίδιο την φωτιά στο διάστημα μεταξύ των δύο κορυφών. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο ακριβής χρόνος σβέσης του υλικού είναι 771 δευτερόλεπτα.



Εικόνα 24 Ρυθμός έκλυσης θερμότητας για ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18%.

Στην εικόνα 24 φαίνεται το διάγραμμα του ρυθμού έκλυσης θερμότητας ξύλου δασικής Πεύκης χωρίς επικάλυψη με υγρασία της τάξεως του 18%. Όπως είναι αναμενόμενο και αυτό το διάγραμμα είναι της ίδιας μορφής με αυτά των εικόνων 22 και 23. Ότι ίσχυε για τα προηγούμενα διαγράμματα ισχύει και εδώ. Συγκεκριμένα παρατηρούνται 2 κορυφές, μια μετά την ανάφλεξη και μια πριν την περίοδο σβέσης του υλικού. Η επιρροή της υγρασίας είναι η ίδια καθώς και σε αυτή την περίπτωση μεταξύ των δύο κορυφών η ισχύς της φωτιάς δεν είναι σταθερή. Μοναδική διαφορά αποτελεί ο ακριβής χρόνος σβέσης ο οποίος απέχει αρκετά από αυτούς των υλικών που απεικονίζονται στις εικόνες 22 και 23.

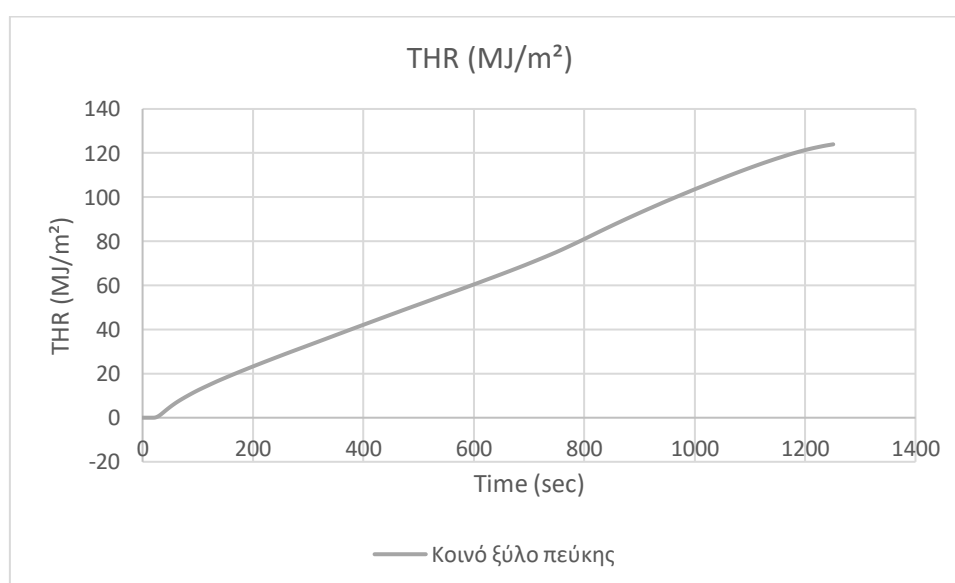


Εικόνα 25 Ρυθμός έκλυσης θερμότητας για ξύλο Πεύκης με επικάλυψη (Φλούδα) με αρχική υγρασία 25%.

Στην εικόνα 25 φαίνεται το διάγραμμα του ρυθμού έκλυσης θερμότητας ξύλου Πεύκης με επικάλυψη (φλούδα) αρχικής υγρασίας της τάξεως του 25%. Το διάγραμμα διαφέρει σε πολύ μεγάλο βαθμό από αυτά των άλλων εξεταζόμενων δοκιμίων. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη της φλούδας στο υλικό. Το ξύλο περιέχει από μόνο του υγρασία, είτε με επικάλυψη είτε χωρίς. Στην περίπτωση της επικάλυψης όμως η υγρασία είναι μεγαλύτερη καθώς η φλούδα περιέχει δική της υγρασία. Αυτός είναι και ο λόγος που υπάρχουν τόσες πολλές εναλλαγές του ρυθμού έκλυσης θερμότητας στο διάγραμμα. Κάθε εναλλαγή που εμφανίζεται στο διάγραμμα οφείλεται στην ύπαρξη υγρασίας η οποία εμποδίζει την φωτιά να αναπτυχθεί στο εσωτερικό του δοκιμίου. Οι εναλλαγές αυτές συμβαίνουν για περίπου 3-4 λεπτά. Μετά το πέρας αυτού του διαστήματος η φωτιά σιγοκαίει το υλικό για περίπου 5-6 λεπτά έως ότου σβήσει εντελώς.

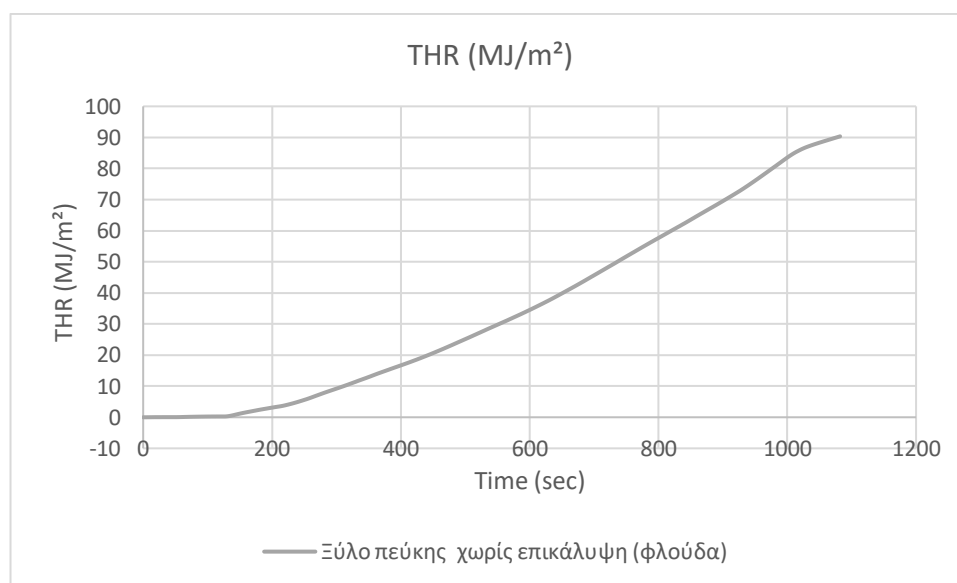
6.2.2 Αποτελέσματα ολικής έκλυσης θερμότητας δοκιμίων.

Στα γραφήματα που ακολουθούν δίνονται τα αποτελέσματα της ολικής έκλυσης θερμότητας για κάθε δοκίμιο ξεχωριστά. Παρατηρείτε ότι όλα τα διαγράμματα έχουν την ίδια ανοδική πορεία. Συγκεκριμένα το THR αυξάνεται όσο αυξάνεται και ο χρόνος. Αυτό είναι αποτέλεσμα της αποβολής της υγρασίας λόγω της θερμότητας. Όταν το ξύλο αποβάλλει όλη την υγρασία ή μεγάλο μέρος αυτής επιτρέπει στην φωτιά να προσδώσει μεγαλύτερα ποσά θερμότητα κατά την καύση.



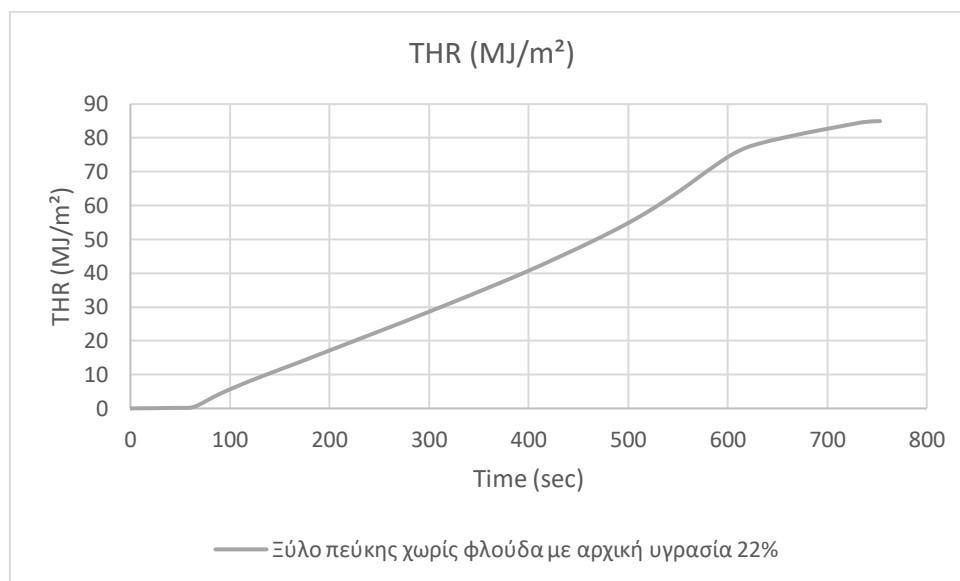
Εικόνα 26 Ολική έκλυση θερμότητας για το κοινό πεύκο.

Στην εικόνα 26 φαίνεται το διάγραμμα της ολικής έκλυσης θερμότητας για το κοινό πεύκο. Πρόκειται για ένα διάγραμμα το οποίο ακολουθεί ανοδική πορεία καθ' όλη την διάρκεια της καύσης. Η ολική θερμότητα που εκλύεται συνεχώς αυξάνεται ακόμα και όταν η φωτιά συναντάει υγρασία στο πέρασμα της. Συγκεκριμένα η υγρασία καθυστερεί την φωτιά υποχρεώνοντας την να αναπτύξει μεγαλύτερα ποσά θερμότητας προκειμένου να την εξατμίσει. Συνεπώς τα ποσά θερμότητας παραμένουν πάντα σε υψηλά επίπεδα. Η στιγμή της ανάφλεξης πραγματοποιείται σχεδόν αμέσως μετά την επιβολή θερμότητας στο υλικό (περίπου στα 20-30 δευτερόλεπτα).



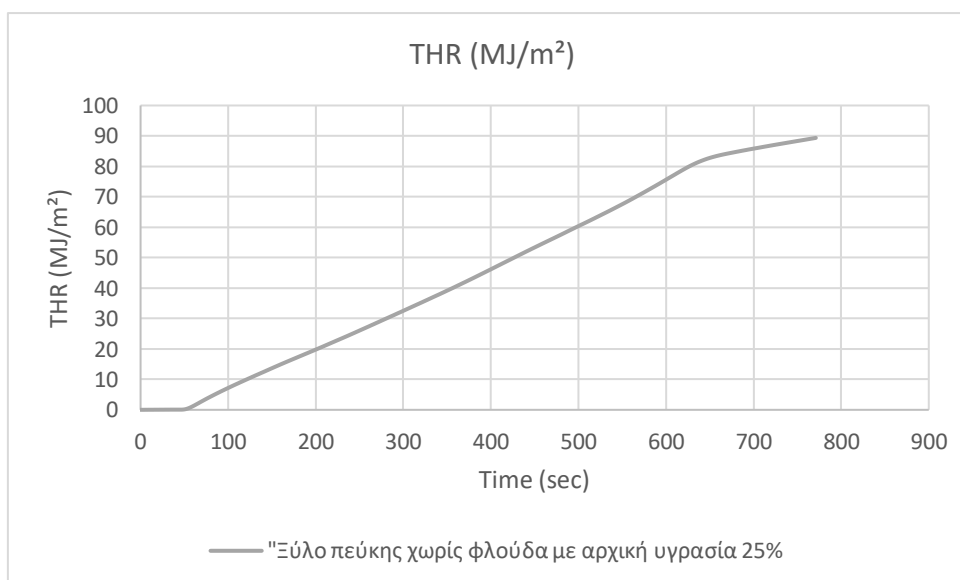
Εικόνα 27 Ολική έκλυση θερμότητας σύμφωνα με τις ονομαστικές τιμές ξύλου Πεύκης χωρίς επικάλυψη..

Στην εικόνα 27 φαίνεται το διάγραμμα της ολικής έκλυσης θερμότητας για το ξύλο Πεύκης χωρίς επικάλυψη σύμφωνα με την βιβλιογραφία. Η καμπύλη φαίνεται να έχει σταθερή πορεία σε ευθεία γραμμή για περίπου 200 δευτερόλεπτα ενώ στην συνέχεια αποκτά μια ανοδική πορεία η οποία και διατηρείται μέχρι το τέλος της καύσης. Μέγιστη τιμή της ολικής έκλυσης θερμότητας φτάνει τα 85 (MJ/m²). Διάρκεια του πειράματος περίπου 1100 δευτερόλεπτα (18-19 λεπτά).



Εικόνα 28 Ολική έκλυση θερμότητας για ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 22%

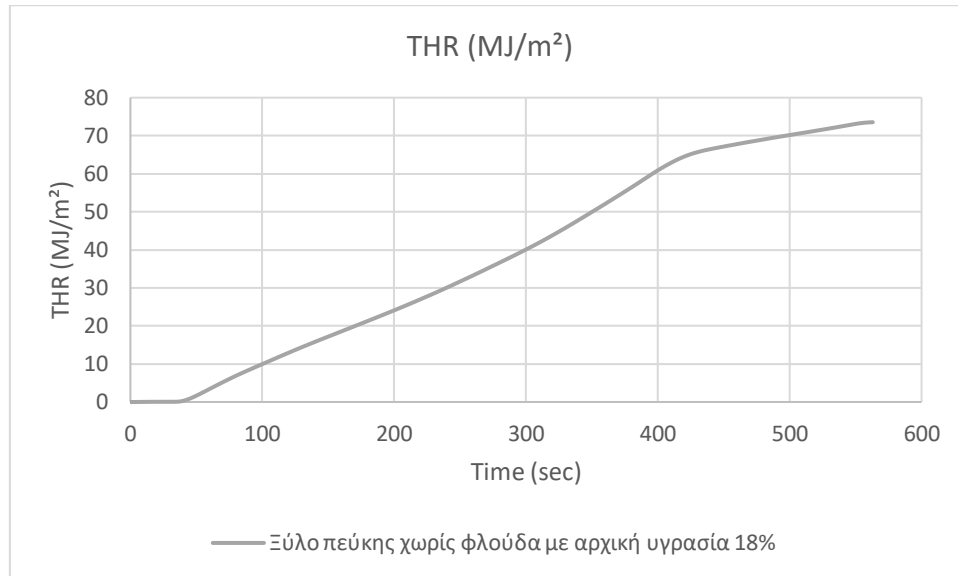
Στην εικόνα 28 φαίνεται το διάγραμμα της ολικής έκλυσης θερμότητας για το ξύλο Πεύκης χωρίς επικάλυψη με αρχική υγρασία 22%. Η καμπύλη ξεκινάει περίπου στα 70-80 δευτερόλεπτα. Από εκείνο το σημείο και έπειτα η πορεία που διαγράφεται καθ' όλη την διάρκεια της καύσης είναι ανοδική. Η μέγιστη τιμή της ολικής έκλυσης θερμότητας είναι 83.46 (MJ/m²). Η διάρκεια του πειράματος είναι περίπου 780 δευτερόλεπτα (13 λεπτά).



Εικόνα 29 Ολική έκλυση θερμότητας για ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 25%.

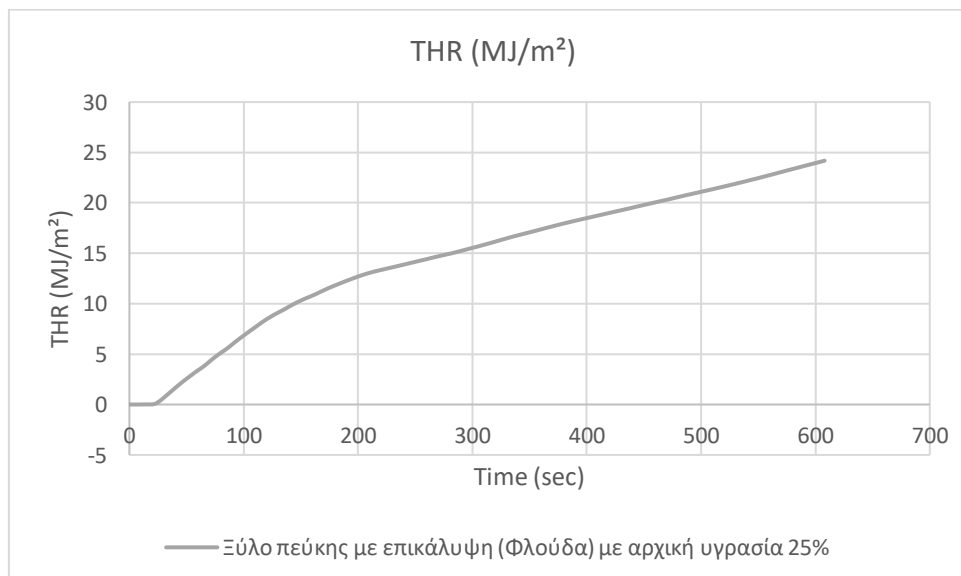
Στην εικόνα 29 φαίνεται το διάγραμμα της ολικής έκλυσης θερμότητας για το ξύλο Πεύκης χωρίς επικάλυψη με αρχική υγρασία 25%. Σταθερή ανοδική πορεία καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος. Η μέγιστη τιμή της ολικής

έκλυσης θερμότητας αγγίζει τα 87 (MJ/m²). Διάρκεια του πειράματος περίπου 800 δευτερόλεπτα (περίπου 14 λεπτά).



Εικόνα 30 Ολική έκλυση θερμότητας για ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18%.

Στην Εικόνα 31 φαίνεται το διάγραμμα της ολικής έκλυσης θερμότητας για ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18%. Σταθερή ανοδική πορεία μέχρι το πέρας της καύσης. Η μέγιστη τιμή ολικής έκλυσης θερμότητας αγγίζει τα 72 (MJ/m²). Η διάρκεια του πειράματος είναι περίπου 560 δευτερόλεπτα (9 λεπτά)



Εικόνα 32 Ολική έκλυση θερμότητας για ξύλο Πεύκης με επικάλυψη (Φλούδα) με αρχική υγρασία 25%.

Στην εικόνα 31 φαίνεται το διάγραμμα ολικής έκλυσης θερμότητας για ξύλο Πεύκης με επικάλυψη και αρχική υγρασία 25%. Η πορεία του είναι ίδια με αυτή που περιμέναμε. Έχει αρκετά κοινά με την εικόνα 26 που περιγράφει την πορεία της ολικής έκλυσης θερμότητας για το κοινό πεύκο. Η καμπύλη ξεκινά σχεδόν αμέσως μετά την επιβολή θερμότητας από το θερμιδόμετρο στο δοκίμιο. Η πορεία είναι ανοδική μέχρι το πέρας της διαδικασίας ενώ η μέγιστη τιμή της ολικής έκλυσης θερμότητας είναι περίπου 23 (MJ/m²). Η διάρκεια του πειράματος είναι περίπου 630 δευτερόλεπτα (περίπου 11 λεπτά).

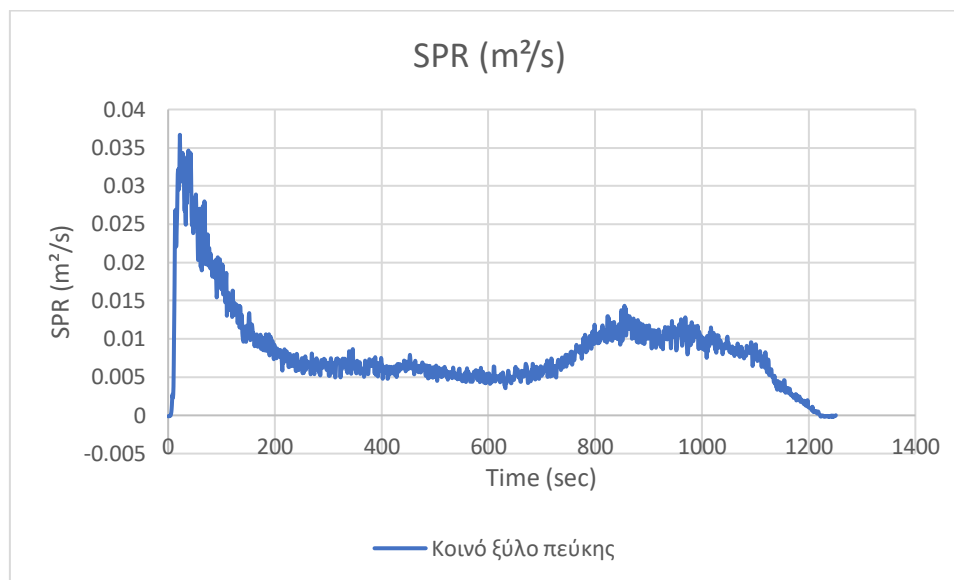
6.2.3 Αποτελέσματα ρυθμού παραγωγής καπνού δοκιμίων.

Ο καπνός που απελευθερώνεται από κάθε τύπο πυρκαγιάς είναι ένα μείγμα σωματιδίων και χημικών ουσιών που παράγονται από ατελή καύση υλικών που περιέχουν άνθρακα. Ο καπνός περιέχει μονοξειδίο και διοξειδίο του άνθρακα καθώς και σωματίδια(αιθάλη). Ακόμα μπορεί να περιέχει και πολλές διαφορετικές χημικές ουσίες όπως όξινα αέρια, διοξειδίο του θείου, οξειδία, του αζώτου, βενζόλιο, τολουόλιο κ.α. Ο τύπος και η ποσότητα των σωματιδίων και των χημικών ουσιών εξαρτάται από το υλικό που καίγεται, το διαθέσιμο οξυγόνο και την θερμοκρασία καύσης.

Ο καπνός αποτελεί απειλή για την ανθρώπινη υγεία. Συγκεκριμένα η εισπνοή του μονοξειδίου του άνθρακα μειώνει την παροχή οξυγόνου του σώματος. Αυτό συνήθως προκαλεί συμπτώματα όπως πονοκεφάλους, ζαλάδες κ.α. Αυτό συμβαίνει γιατί τα λεπτά σωματίδια μπορούν να εισέλθουν βαθιά στην αναπνευστική οδό φτάνοντας μέχρι τους πνεύμονες. Συνεπώς η αποφυγή καταστάσεων με καπνό αποτελούν την καλύτερη λύση πρόληψης.

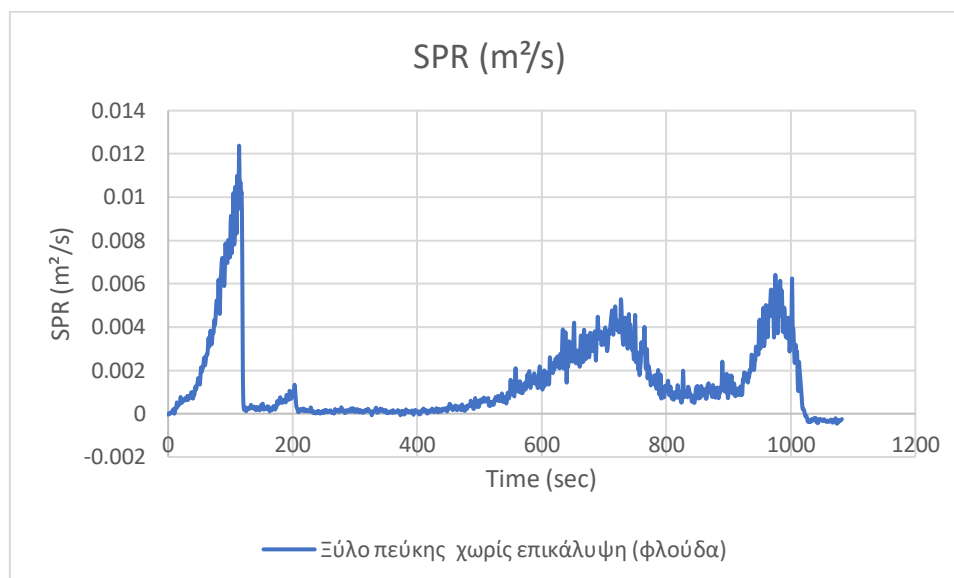
Στα γραφήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ρυθμού παραγωγής καπνού κάθε δοκιμίου κατά την διάρκεια του πειράματος. Παρατηρείται ότι όλα τα διαγράμματα SPR ξεκινούν σε σχετικά υψηλά τιμές κατά την ανάφλεξη. Κατά την διάρκεια της καύσης του υλικού η παραγωγή καπνού έχει πτωτική τάση καθώς η φωτιά αρχίζει και καίει το εσωτερικό του ξύλου. Συγκεκριμένα το κάτω μέρος του ξύλου φτάνει σε θερμοκρασία πυρόλυσης αφού πρώτα η φωτιά διασχίσει πλήρως το πάχος του. Μιλώντας για πυρόλυση αναφερόμαστε στην χημική διάσπαση οργανικών υλικών με την θέρμανση απουσία οξυγόνου και άλλων αντιδραστηρίων εκτός του ατμού. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι φλόγες ενός ξύλου που καίγεται προκαλούνται από την καύση των αερίων που απελευθερώνονται από την πυρόλυση και όχι από την καύση του ίδιου του ξύλου. Η πτωτική πορεία όλων των διαγραμμάτων στα ενδιάμεσα διαστήματα οφείλεται στο γεγονός ότι το επιφανειακό στρώμα του ξύλου που απανθρακώνεται λειτουργεί ως μονωτικό ως προς την

παραγωγή καπνού κατά την διάρκεια της καύσης. Στην συνέχεια όλα τα διαγράμματα διαγράφουν μια ανοδική πορεία μέχρι μια δεύτερη κορυφή. Αυτό συμβαίνει διότι η φωτιά πλησιάζει στο κάτω μέρος του ξύλου το οποίο δεν έχει καεί. Συνεπώς η εκ νέου παραγωγή καπνού θεωρείται απολύτως λογική.



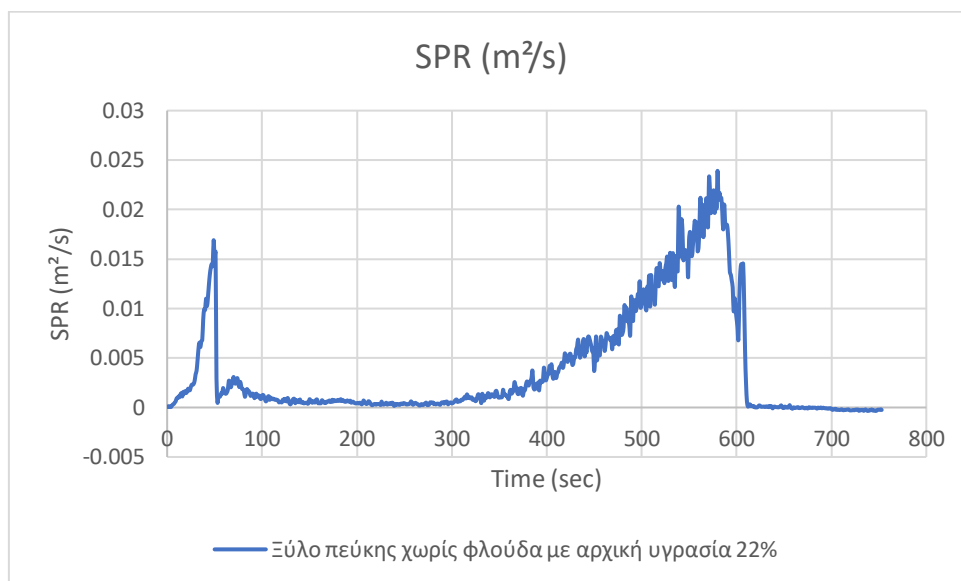
Εικόνα 33 Ρυθμός παραγωγής καπνού για το κοινό πεύκο.

Στο διάγραμμα της εικόνας 32 φαίνεται ο ρυθμός παραγωγής καπνού ενός κοινού ξύλου Πεύκης. Όπως αναφέρεται παραπάνω στην αρχή του διαγράμματος και συγκεκριμένα λίγο πριν και κατά την ανάφλεξη του υλικού παρατηρείται έντονη παραγωγή καπνού. Η πορεία του διαγράμματος στην συνέχεια είναι πτωτική για περίπου 10 λεπτά. Στο διάστημα αυτό πιθανόν να σιγοκαίγεται το εσωτερικό του ξύλου και για αυτό να μην υπάρχει μεγάλη παραγωγή καπνού. Μεταξύ 800 και 1000 δευτερολέπτων παρατηρείτε μια μικρή αύξηση στην παραγωγή του καπνού. Αυτό συμβαίνει διότι όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στην αρχή της ενότητας η φωτιά έχει πλέον φτάσει στο κάτω μέρος του ξύλου το οποίο και αρχίζει να καίει έως ότου φτάσει λίγο μετά τα 1200 δευτερόλεπτα (20 λεπτά) όπου η φωτιά σβήνει εντελώς.



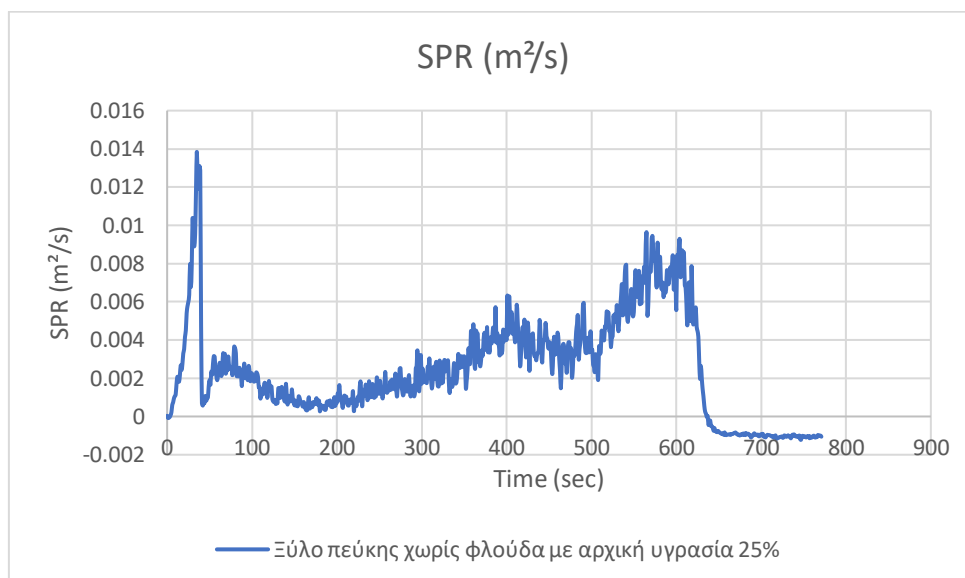
Εικόνα 34 Ρυθμός παραγωγής καπνού σύμφωνα με τις ονομαστικές τιμές ξύλου Πεύκης χωρίς επικάλυψη.

Στην εικόνα 33 φαίνεται ο ρυθμός παραγωγής καπνού για ξύλο χωρίς επικάλυψη με τιμές που προκύπτουν από την βιβλιογραφία. Όπως και στην εικόνα 32 έτσι και εδώ έχουμε στην αρχή μια έντονη παραγωγή καπνού η οποία στην συνέχεια πέφτει κατακόρυφα. Η κατακόρυφη πτώση οφείλεται στην είσοδο της φωτιάς στο εσωτερικό του ξύλου. Η υγρασία που περιέχει το ξύλο επηρεάζει την ένταση της φωτιάς και κατ' επέκταση και την παραγωγή καπνού. Έτσι μπορούν να εξηγηθούν τα μεγάλα διαστήματα όπου φαίνεται να υπάρχει μηδενική παραγωγή καπνού. Μόλις η φωτιά φτάσει στο κάτω μέρος του ξύλου τότε η παραγωγή καπνού εμφανίζει μια αισθητή αύξηση. Στην περίπτωση της εικόνας 33 μεταξύ 750-850 δευτερολέπτων παρατηρείται μια μείωση της παραγωγής καπνού. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην υγρασία του ξύλου η οποία άλλαξε την ένταση της φωτιάς (μείωση έντασης) ,πράγμα που σημαίνει ότι το ξύλο σιγοκαίγεται για κάποια λεπτά έως ότου απομακρυνθεί η υγρασία. Μόλις η φωτιά ξεπεράσει αυτό το εμπόδιο αυξάνει την έντασή της και η καύση συνεχίζεται κανονικά μέχρι την ολική σβέση του υλικού.



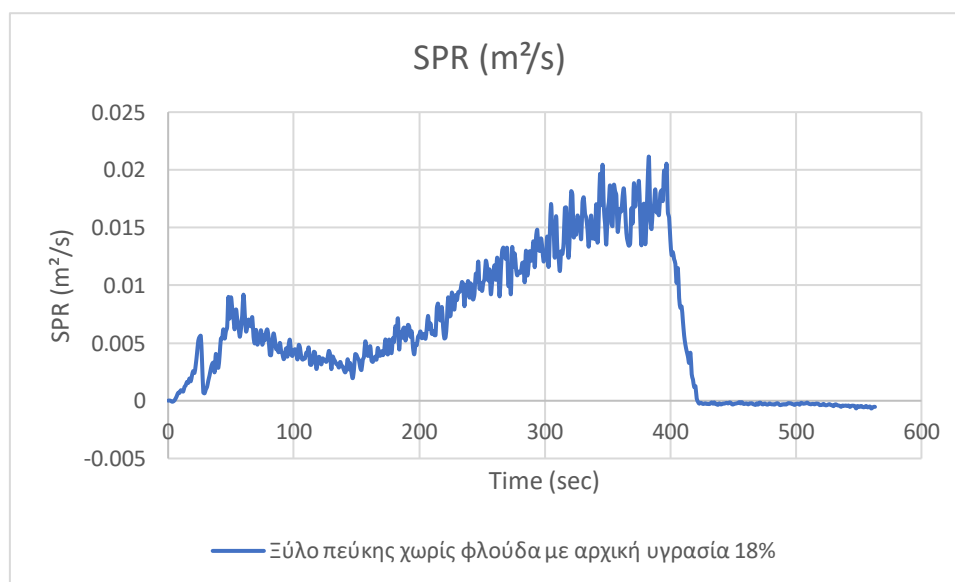
Εικόνα 35 Ρυθμός παραγωγής καπνού ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 22%

Στην εικόνα 34 φαίνεται ο ρυθμός παραγωγής καπνού ξύλου Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 22%. Η αρχή του διαγράμματος είναι η αναμενόμενη με αυξημένη την παραγωγή καπνού. Στην συνέχεια για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα της τάξεως των 5 λεπτών φαίνεται να υπάρχει μια αισθητή μείωση της παραγωγής η οποία σε κάποια σημεία αγγίζει και το μηδέν. Η πορεία του διαγράμματος μετά τα πρώτα 5 λεπτά αποκτά μια ανοδική πορεία η οποία διαρκεί περίπου 4 με 5 λεπτά. Η πορεία αυτή σταματά στην δεύτερη κορυφή του διαγράμματος που είναι και η τελευταία καθώς στην συνέχεια ξεκινά η σταδιακή σβέση του δοκιμίου.



Εικόνα 36 Ρυθμός παραγωγής καπνού για ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 25%.

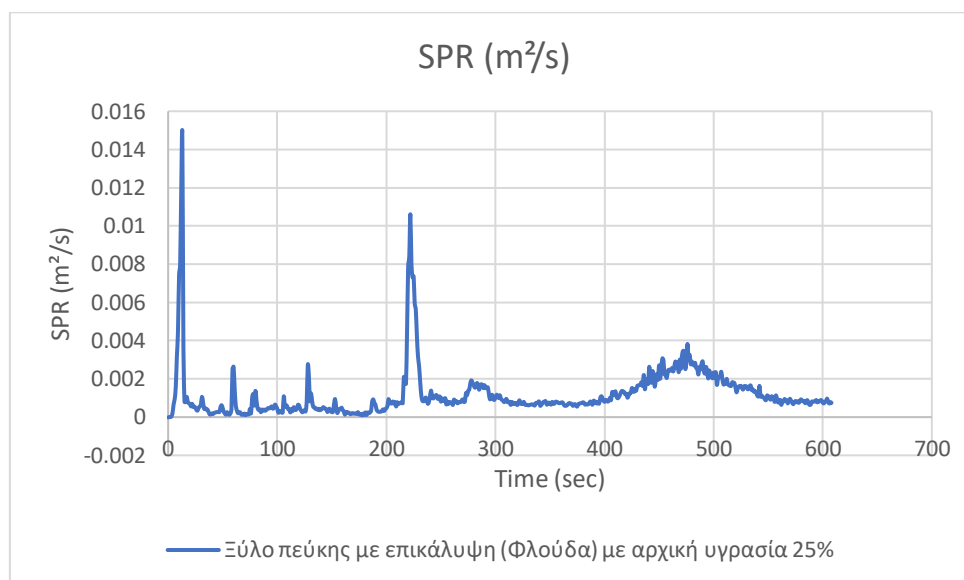
Στην εικόνα 35 φαίνεται ο ρυθμός παραγωγής καπνού για ξύλο πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 25%. Η πορεία όλου του διαγράμματος είναι ίδια με αυτή της εικόνας 34 που περιγράφεται παραπάνω. Η ομοιότητα των δύο διαγραμμάτων είναι απόλυτα φυσιολογική διότι πρόκειται για τα ίδια ξύλα με μοναδική διαφορά μεταξύ τους το επίπεδο υγρασίας. 22% για το δοκίμιο της εικόνας 34 και 25% για το δοκίμιο της εικόνας 35.



Εικόνα 37 Ρυθμός παραγωγής καπνού για ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18%.

Στην εικόνα 36 φαίνεται το διάγραμμα του ρυθμού παραγωγής καπνού ξύλου Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18%. Όπως είναι και σε αυτή την περίπτωση λογικό το διάγραμμα είναι της ίδιας μορφής και ακολουθεί την ίδια

πορεία με αυτά των εικόνων 34 και 35. Μοναδική αλλά σημαντική διαφορά μεταξύ τους είναι ότι στην περίπτωση της εικόνας 36 στην αρχή της καύσης δεν παρατηρείται μεγάλος ρυθμός παραγωγής καπνού όπως συμβαίνει στις εικόνες 34 και 35.



Εικόνα 38 Ρυθμός παραγωγής καπνού για ξύλο Πεύκης με επικάλυψη (Φλούδα) με αρχική υγρασία 25%.

Στην εικόνα 37 φαίνεται το διάγραμμα ρυθμού παραγωγής καπνού για ξύλο Πεύκης με επικάλυψη. η μορφή του διαγράμματος διαφέρει κατά πολύ σε σχέση με τα υπόλοιπα διαγράμματα. Το διάγραμμα της εικόνας 33 φαίνεται να είναι το μοναδικό το οποίο εμφανίζει κοινά στοιχεία με αυτό της εικόνας που μελετάμε. Αν και οπτικά φαίνεται πολύ διαφορετικό τα βασικά χαρακτηριστικά

6.2.4 Αποτελέσματα ρυθμού έκλυσης διοξειδίου και μονοξειδίου του άνθρακα δοκιμών.

Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί υποπροϊόν όλων των καύσεων ορυκτών καυσίμων (κάρβουνο, πετρελαίου, βενζίνης, φυσικού αερίου, κλπ.) παράγεται από την αποσύνθεση οργανικών ουσιών. Μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα εκπέμπονται επίσης από τα ηφαίστεια και από τις θερμές πηγές αλλά και από τη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων.

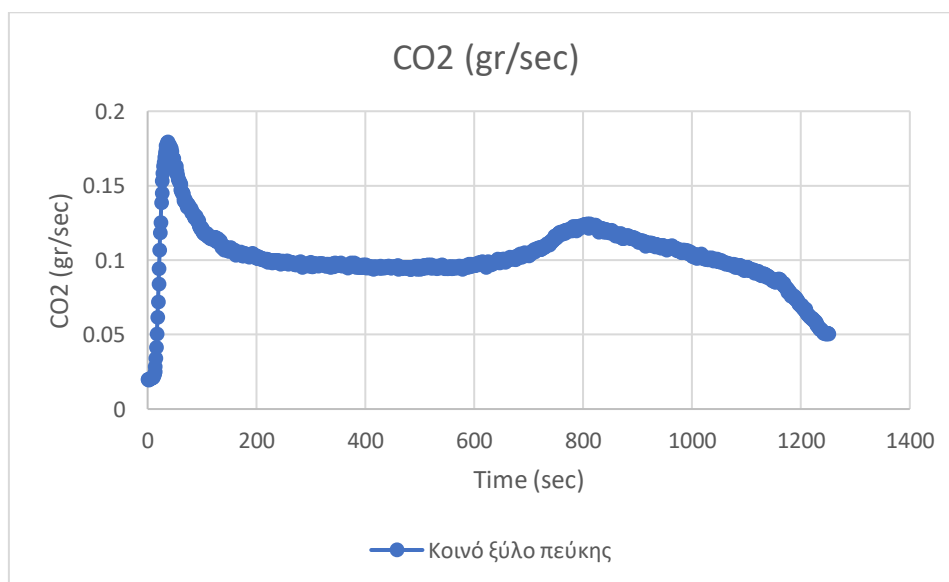
Αντίστοιχα το μονοξείδιο του άνθρακα παράγεται από μερική οξείδωση ανθρακούχων ενώσεων ή και στοιχειακού άνθρακα. Παράγεται όταν δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο για να παραχθεί διοξείδιο του άνθρακα, όπως συμβαίνει όταν λειτουργεί καυστήρας ή μηχανή εσωτερικής καύσης σε κλειστό χώρο. Με την παρουσία οξυγόνου το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να καεί, δίνοντας μια γαλάζια φλόγα και παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα τοξικό αέριο και αποτελεί προϊόν ατελούς καύσης της οργανικής ύλης, όταν επικρατούν συνθήκες ανεπαρκούς παροχής οξυγόνου. Ακόμα το μονοξείδιο είναι άοσμο,

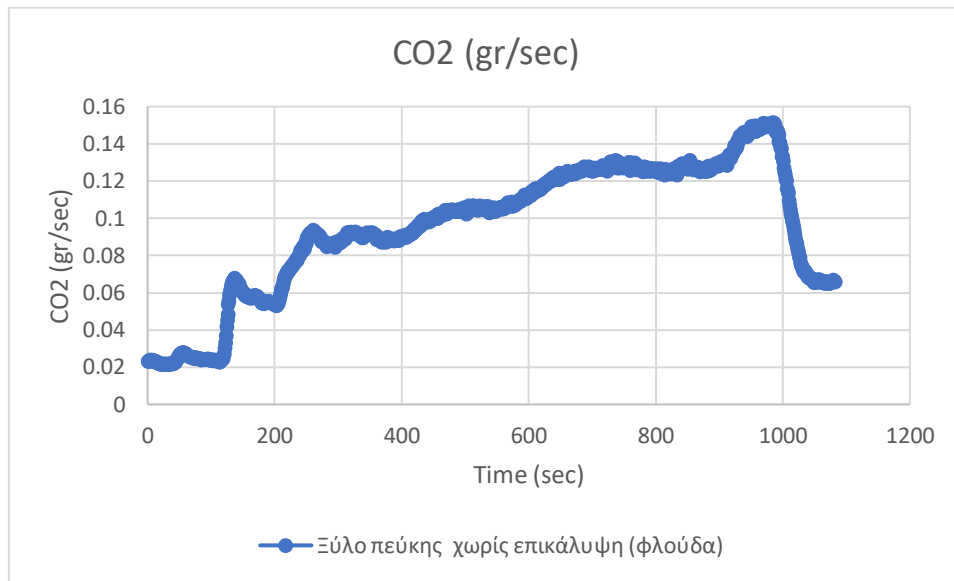
άχρωμο και δύσκολα ανιχνεύσιμο. Επιπλέον είναι επικίνδυνο για τον άνθρωπο πράγμα που καθιστά ζωτικής σημασίας την μέτρηση έκλυσης μονοξειδίου κατά την καύση. Το ίδιο ισχύει και για το διοξείδιο του άνθρακα του οποίο όμως οι επιπτώσεις είναι λιγότερο βλαβερές για τον άνθρωπο. Στα παρακάτω γραφήματα απεικονίζονται οι ρυθμοί έκλυσης μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα κάθε υλικού.

Για τα διαγράμματα του ρυθμού παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι έχουν την ίδια μορφή με αυτά της έκλυσης θερμότητας κοινού πεύκου. Το διοξείδιο του άνθρακα ξέρουμε ότι χρησιμοποιείται για την κατάσβεση πυρκαγιών καθώς έχει την ικανότητα να αραιώνει το οξυγόνο στην περιοχή της φωτιάς. Η ομοιότητα των διαγραμμάτων έκλυσης θερμότητας και παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα είναι φυσιολογική καθώς διοξείδιο του άνθρακα παράγεται κατά την διάρκεια των καύσεων, συνεπώς ταυτίζεται με τον ρυθμό έκλυσης θερμότητας. Όσο ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας είναι σε υψηλά επίπεδα τόσο και η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα παραμένει υψηλά. Με απλά λόγια ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας και ο ρυθμός παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα είναι δύο μεγέθη ανάλογα. Αυτό που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι και μετά το πέρας της διαδικασίας και την ολική σβέση του δοκιμίου το διοξείδιο δεν μηδενίζεται καθώς υπάρχει ακόμα θερμότητα στο ξύλο.

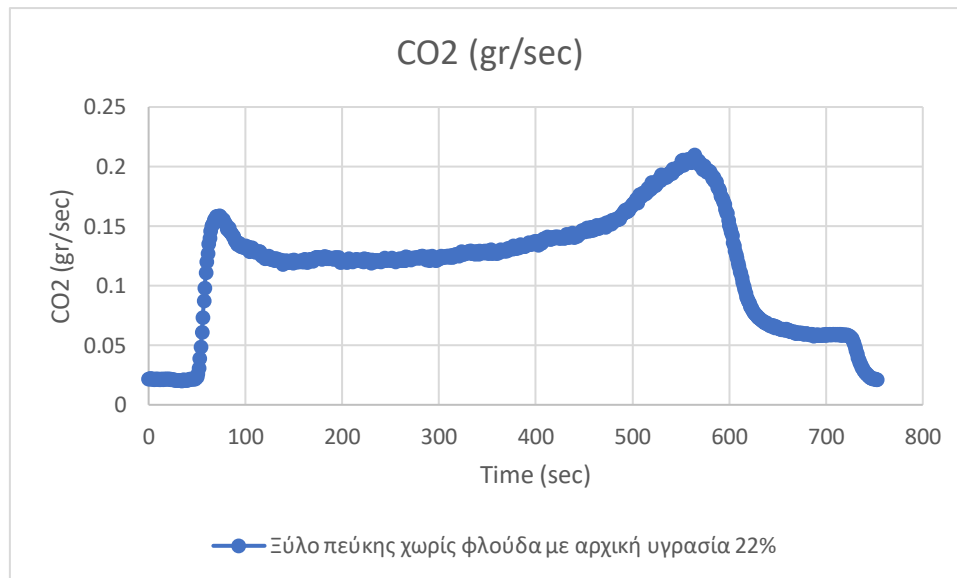
Για τα διαγράμματα του μονοξειδίου θα



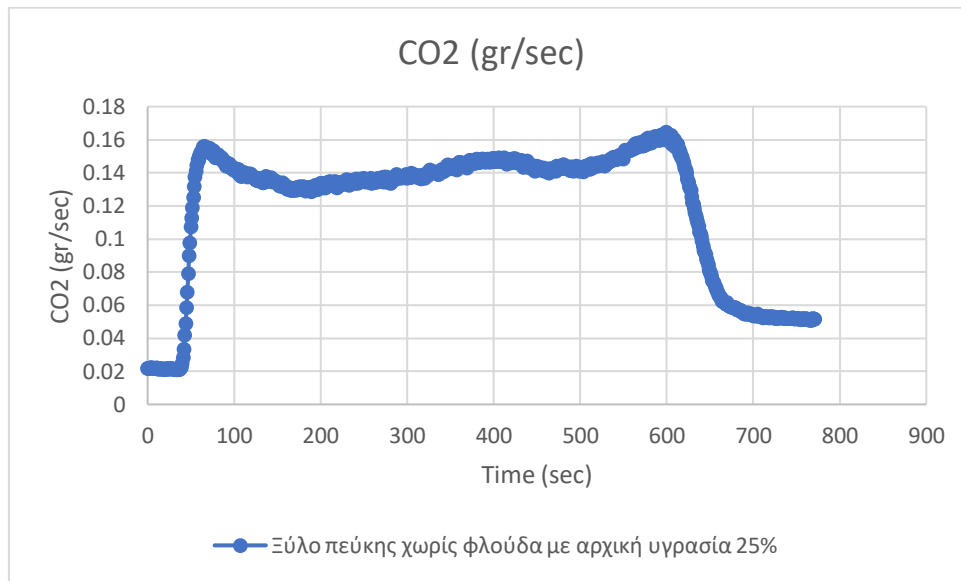
Εικόνα 39 Ολική έκλυση διοξειδίου του άνθρακα για το κοινό πεύκο.



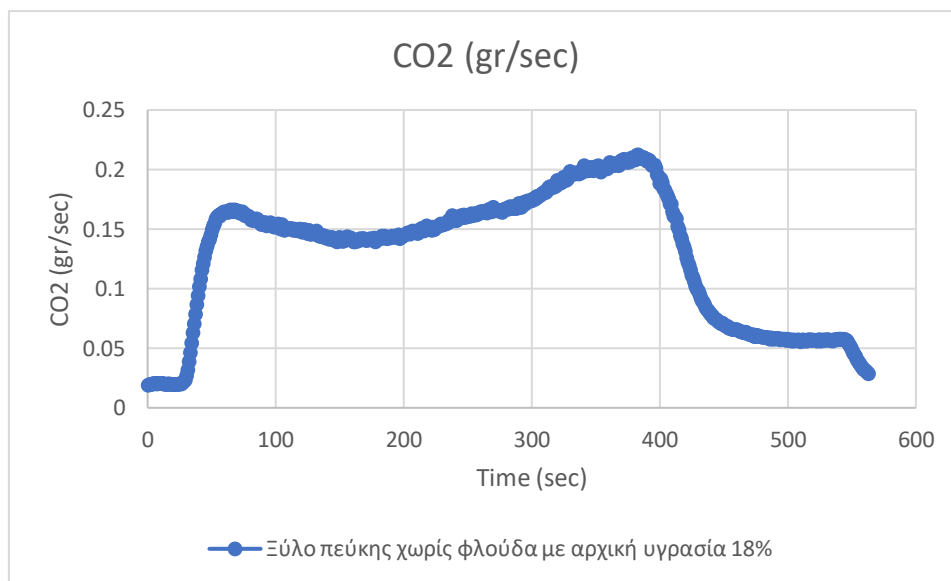
Εικόνα 40 Ολική έκλυση διοξειδίου του άνθρακα σύμφωνα με τις ονομαστικές τιμές ξύλου Πεύκης χωρίς επικάλυψη..



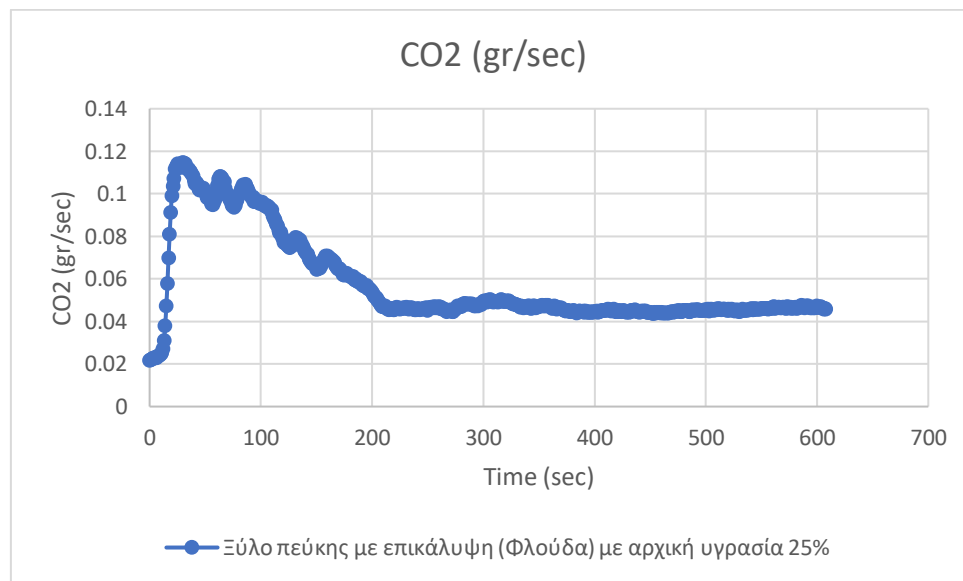
Εικόνα 41 Ολική έκλυση διοξειδίου του άνθρακα για ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 22%



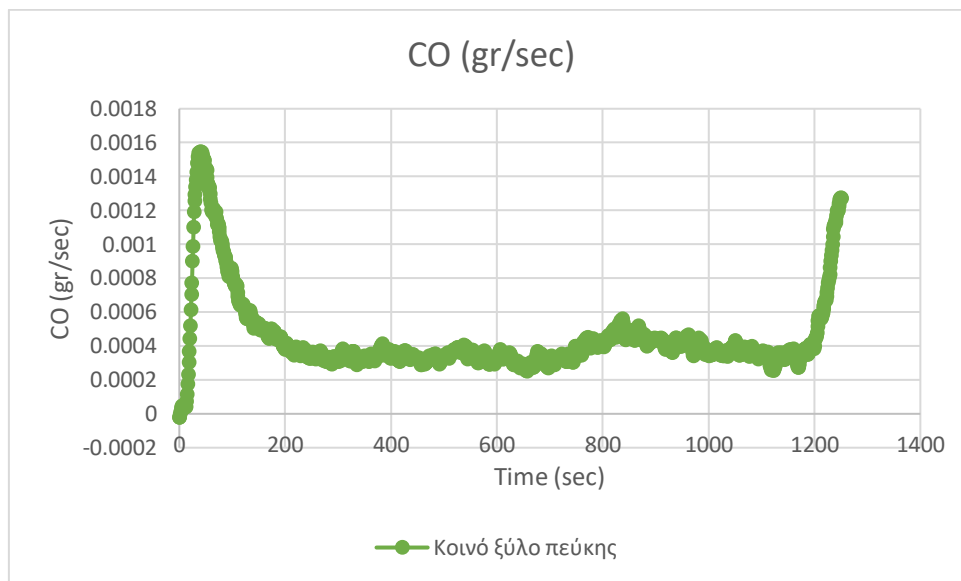
Εικόνα 42 Ολική έκλυση διοξειδίου του άνθρακα για ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 25%.



Εικόνα 43 Ολική έκλυση διοξειδίου του άνθρακα για ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18%.

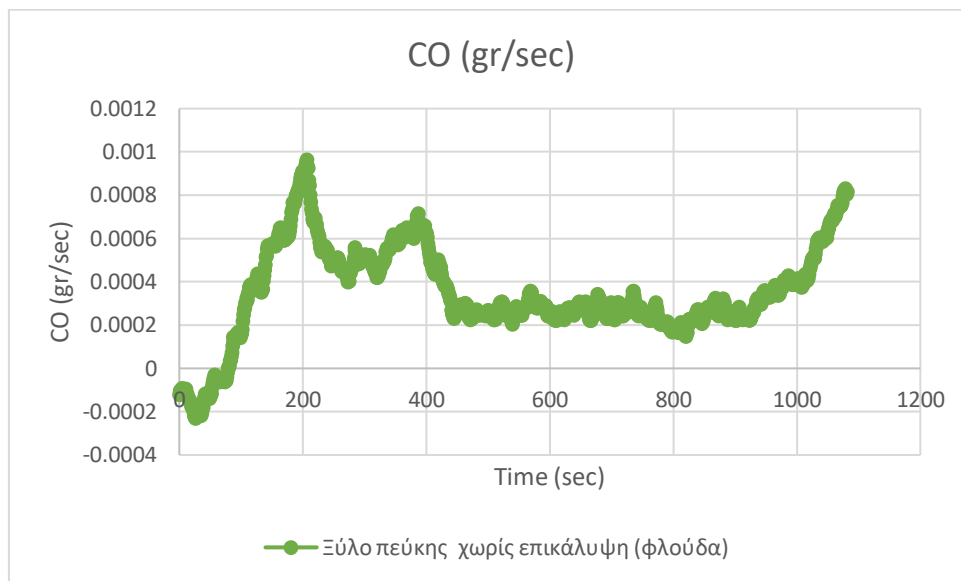


Εικόνα 44 Ολική έκλυση διοξειδίου του άνθρακα για ξύλο Πεύκης με επικάλυψη (Φλούδα) με αρχική υγρασία 25%.



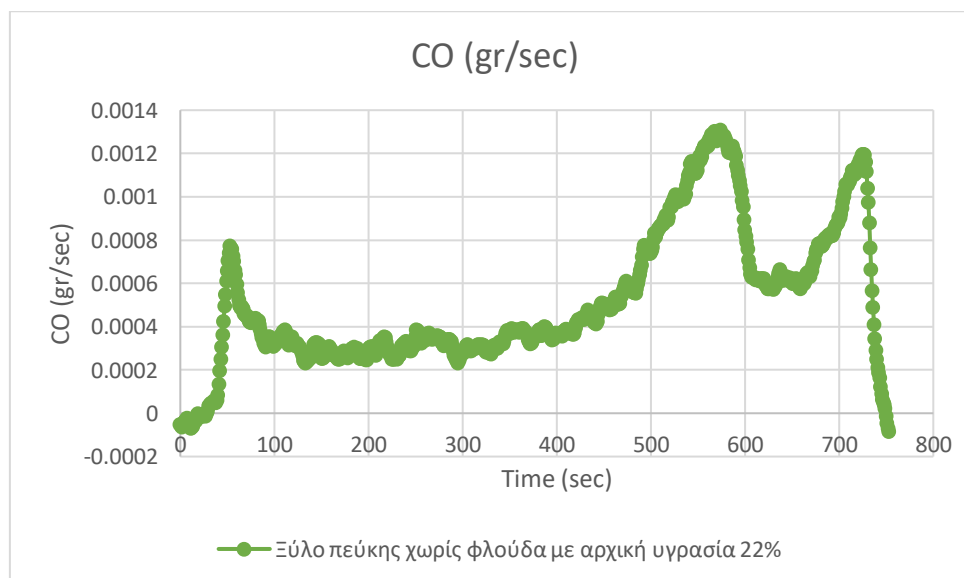
Εικόνα 45 Ολική έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα για το κοινό πεύκο.

Στην εικόνα 44 φαίνεται το διάγραμμα της ολικής έκλυσης μονοξειδίου του άνθρακα για το κοινό πεύκο σύμφωνα με τιμές που προκύπτουν από την βιβλιογραφία. Στην αρχή της καύσης τα επίπεδα μονοξειδίου είναι υψηλά και συγκεκριμένα λίγο πριν την ανάφλεξη. Στα 200 δευτερόλεπτα το διάγραμμα αρχίζει να παίρνει μια σταθερή πορεία η οποία όμως εμφανίζει αρκετές εναλλαγές (αυξήσεις-μειώσεις μονοξειδίου) μέχρι και την σβέση του υλικού. Είναι λογικό ότι μετά την ολική σβέση του ξύλου τα επίπεδα μονοξειδίου είναι αρκετά υψηλά λόγω της ανεπάρκειας οξυγόνου που επικρατεί στον χώρο γύρω από το δοκίμιο.



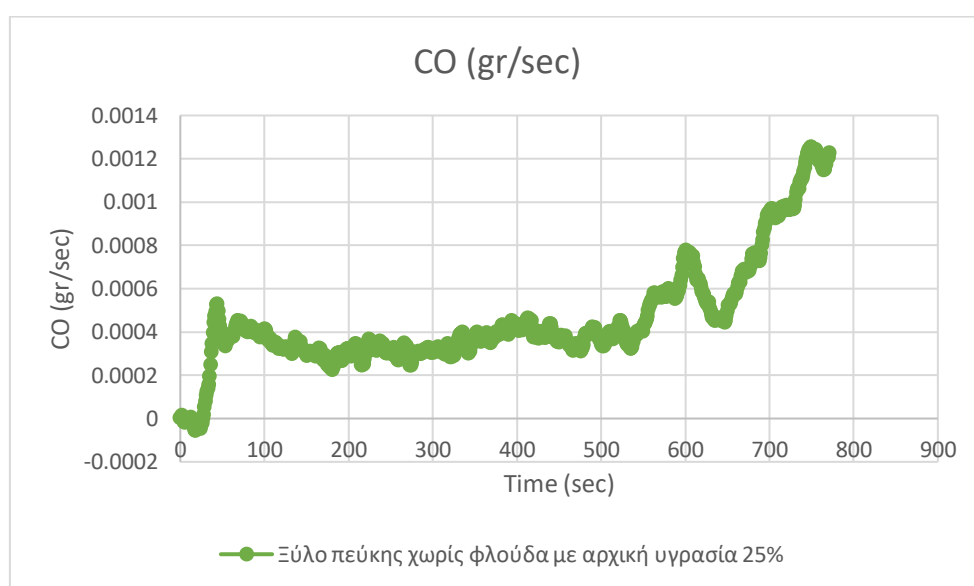
Εικόνα 46 Ολική έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα σύμφωνα με τις ονομαστικές τιμές ξύλου Πεύκης χωρίς επικάλυψη.

Στην εικόνα 45 φαίνεται το διάγραμμα της ολικής έκλυσης μονοξειδίου του άνθρακα για ξύλο πεύκη χωρίς επικάλυψη. Οι τιμές του διαγράμματος έχουν παρθεί από την βιβλιογραφία. Στην περίπτωση αυτή η παραγωγή μονοξειδίου καθυστερεί καθώς η μέγιστη τιμή της εμφανίζεται στα 200 δευτερόλεπτα (3,5 λεπτά). Στα επόμενα 5 λεπτά το μονοξείδιο εμφανίζει κάποιες αστάθειες. Συγκεκριμένα παρατηρούνται αυξομειώσεις μέχρι τα 500 δευτερόλεπτα. Από εκεί και μετά η πορεία είναι σταθερή για περίπου 10 λεπτά έως ότου ολοκληρωθεί η διαδικασία.



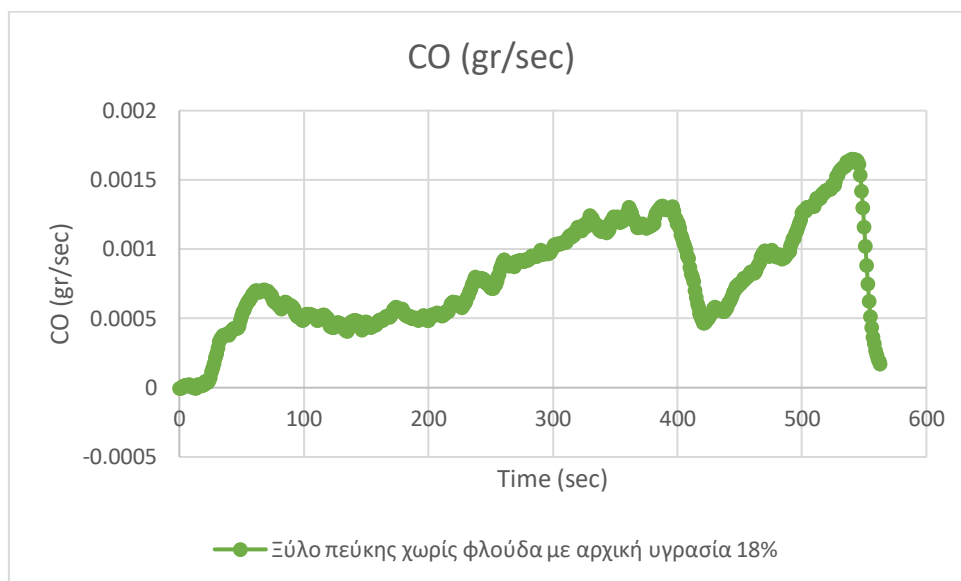
Εικόνα 47 Ολική έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 22%

Στη εικόνα 46 φαίνεται η ολική έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα για ξύλο Πεύκης με αρχική υγρασία 22%. Τα επίπεδα μονοξειδίου είναι υψηλά από τα πρώτα δευτερόλεπτα μέχρι και την στιγμή της ανάφλεξης, Μετά την ένδυση για περίπου 7-8 λεπτά παρατηρούνται αυξομειώσεις. Στα 400 δευτερόλεπτα το μονοξείδιο του άνθρακα αρχίζει να ανεβαίνει και φτάνει περίπου 3 λεπτά μετά στην δεύτερη κορυφή που αποτελεί και την μέγιστη τιμή μονοξειδίου. Αμέσως μετά υπάρχει μείωση ξανά την οποία όμως διαδέχεται μια νέα αύξηση που οδηγεί σε μια τρίτη κορυφή η οποία είναι και η τελευταία για το διάγραμμα καθώς ακολουθεί μια πτωτική τάση έως ότου σβήσει εξ' ολοκλήρου το δοκίμιο. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε αυτή την περίπτωση τα ποσοστά μονοξειδίου φαίνεται να μηδενίζουν όσο πλησιάζει προς το τέλος της καύσης του το υλικό.



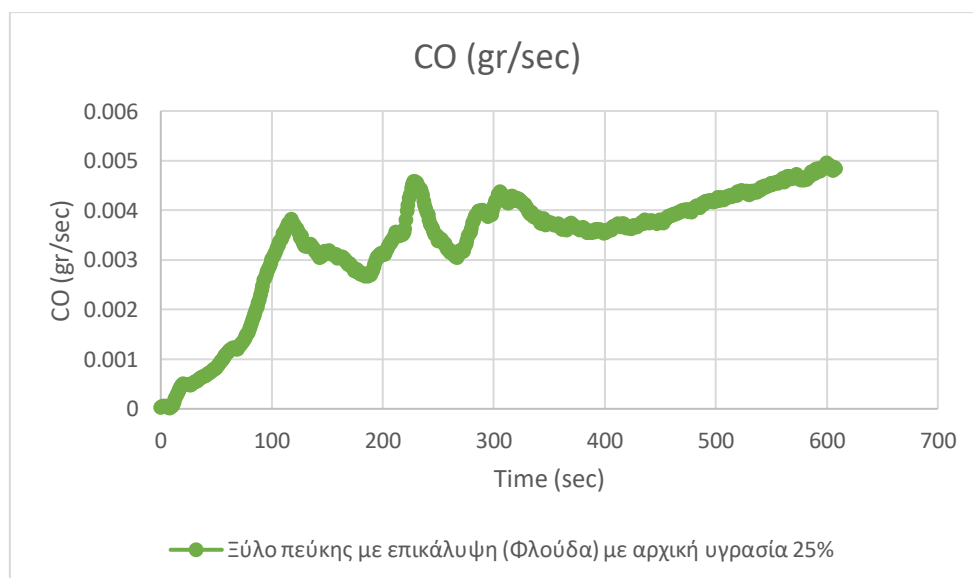
Εικόνα 48 Ολική έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα για ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 25%.

Στην εικόνα 47 φαίνεται η ολική έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα για ξύλο Πεύκης χωρίς επικάλυψη με αρχική υγρασία 25%. Όπως και στα διαγράμματα των εικόνων 44,46 κατά την έναρξη της καύσης εμφανίζεται η πρώτη αύξηση μονοξειδίου του άνθρακα. Η πορεία είναι ανάλογη των προηγούμενων, δηλαδή εμφανίζονται αστάθειες και αυξομειώσεις. Στα 8 λεπτά περίπου ξεκινά η αύξηση του μονοξειδίου. 2 λεπτά αργότερα εμφανίζεται η δεύτερη κορυφή του διαγράμματος η οποία και σηματοδοτεί την έναρξη της σβέσης του δοκιμίου. Και σε αυτή την περίπτωση το μονοξείδιο που υπάρχει μετά το πέρας της διαδικασίας παραμένει σε υψηλά επίπεδα.



Εικόνα 49 Ολική έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα για ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18%.

Στην εικόνα 48 φαίνεται το διάγραμμα της ολικής έκλυσης μονοξειδίου του άνθρακα για ξύλο Πεύκης χωρίς επικάλυψη με αρχική υγρασία 18%. Η ίδια αύξηση παρατηρείται και εδώ κατά την έναρξη του πειράματος. Εξίσου ανάλογη πορεία και μετά την ανάφλεξη του αντικειμένου με αυξομειώσεις. Στα 7 λεπτά (400 δευτερόλεπτα) ξεκινά η σβέση του δοκιμίου και γι' αυτό τα το μονοξείδιο του άνθρακα ξεκινά να αυξάνεται. Με την αύξηση του μονοξειδίου μπορούμε να συμπεράνουμε ότι εκείνη την χρονική στιγμή δεν υπάρχει μεγάλη ποσότητα οξυγόνου στο χώρο καύσης. Και σε αυτή την περίπτωση το μονοξείδιο του άνθρακα σχεδόν μηδενίζεται μετά την ολική σβέση του δοκιμίου.

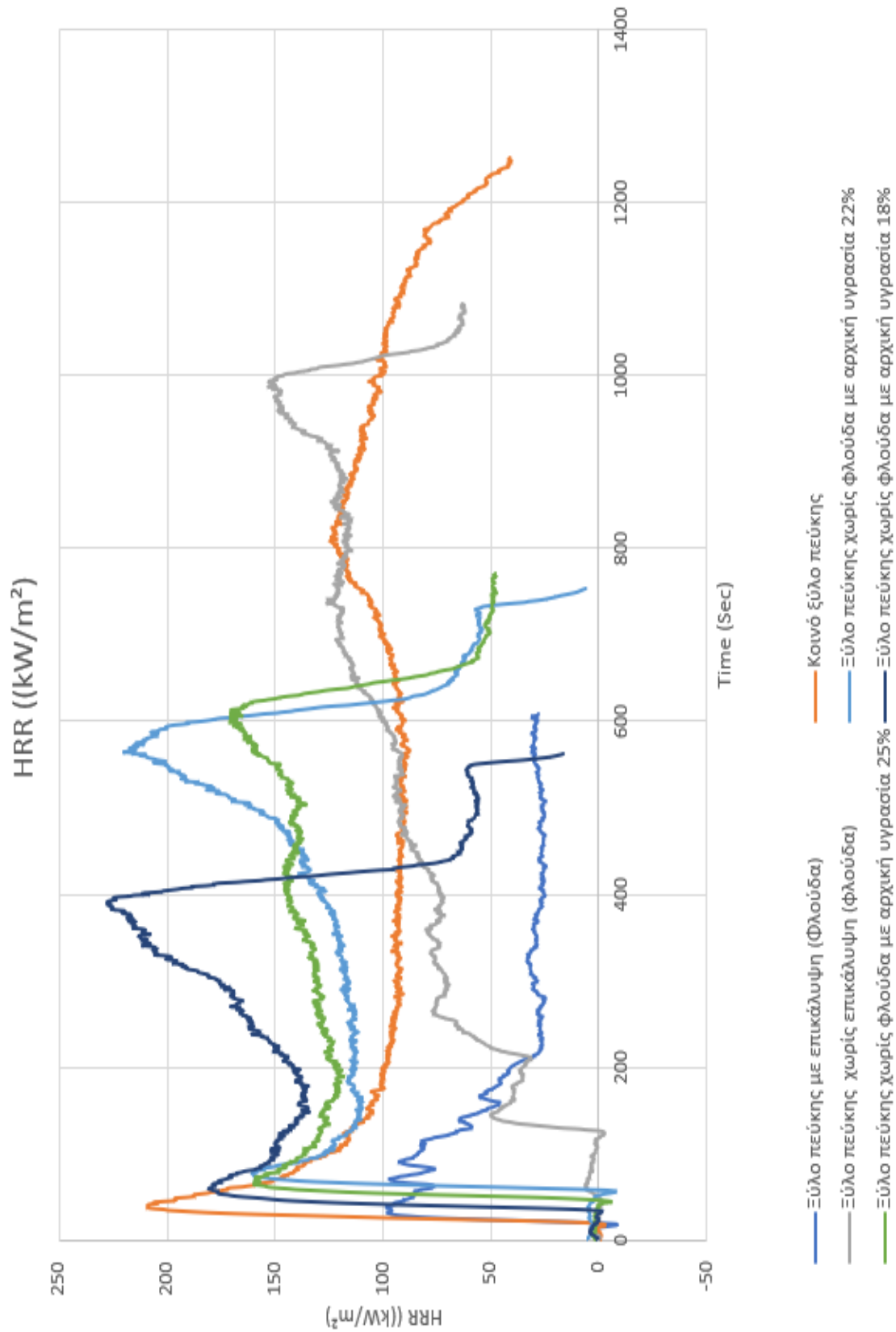


Εικόνα 50 Ολική έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα για ξύλο Πεύκης με επικάλυψη (Φλούδα) με αρχική υγρασία 25%.

Στην εικόνα 49 φαίνεται το διάγραμμα της ολικής έκλυσης μονοξειδίου του άνθρακα για ξύλο Πεύκης με επικάλυψη. Όπως και στο διάγραμμα της εικόνας 45 έτσι και εδώ το μονοξείδιο του άνθρακα ανεβαίνει με πιο αργό ρυθμό. Συγκεκριμένα η πρώτη κορυφή του διαγράμματος χρειάστηκε περίπου 2 λεπτά. Στην συνέχεια η πορεία είναι η ανάλογη. Εμφανίζονται και σε αυτή την περίπτωση οι αυξομειώσεις μεταξύ 150 και 300 δευτερολέπτων. Μετά τα 5 λεπτά ξεκινά η σβέση του υλικού καθώς παρατηρείται αισθητή αύξηση του μονοξειδίου του άνθρακα πράγμα που δηλώνει έλλειψη οξυγόνου. Ο λόγος που θεωρούμε ότι υπάρχει έλλειψη οξυγόνου όταν εμφανίζονται μεγάλα ποσά μονοξειδίου του άνθρακα είναι γιατί είναι γνωστό ότι το μονοξείδιο παράγεται όταν δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο για να παραχθεί το διοξείδιο του άνθρακα.

6.2.5 Συγκεντρωτικά διαγράμματα δοκιμίων.

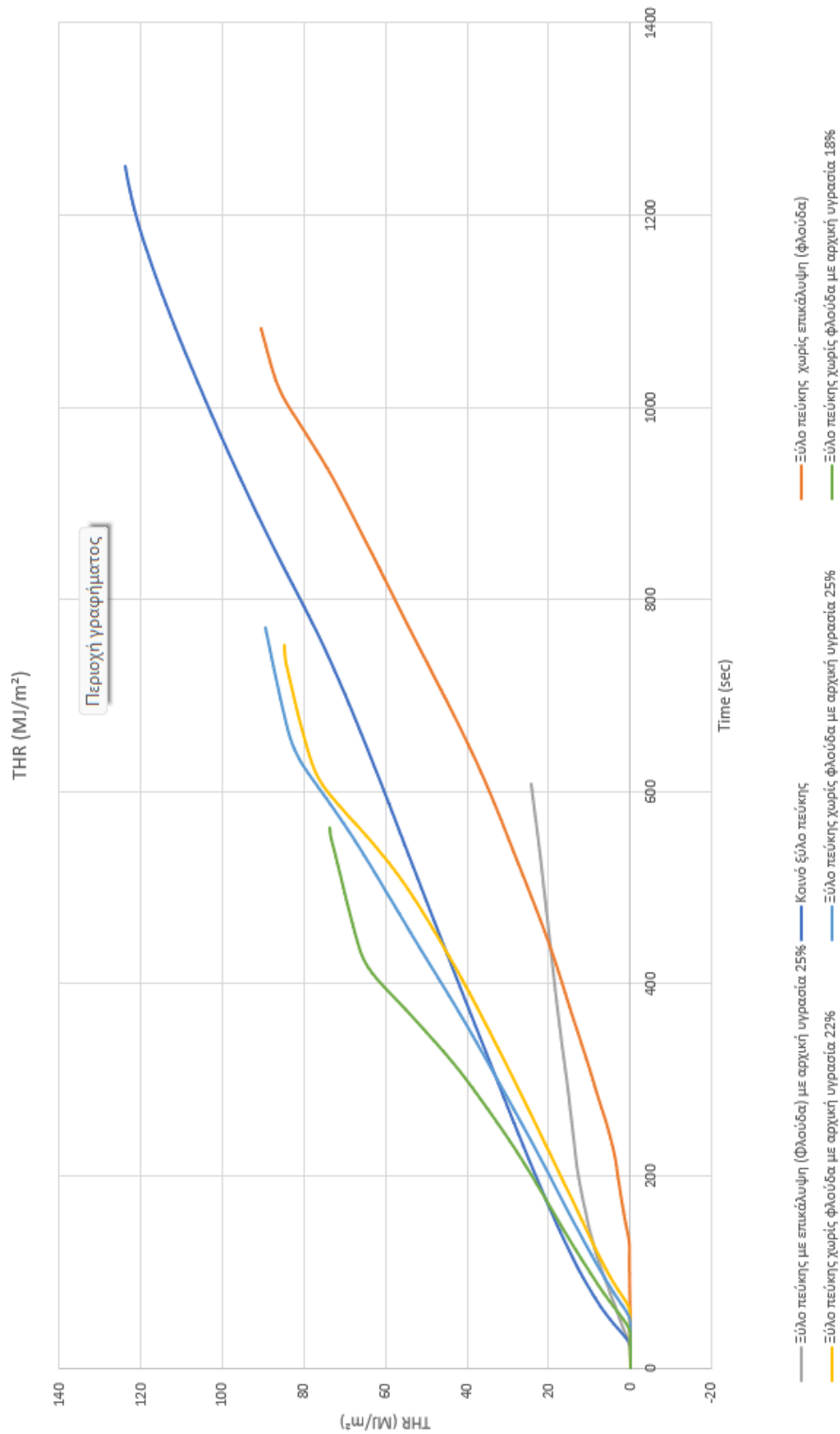
Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την καύση κατά την διάρκεια του πειράματος για όλα τα δοκίμια. Παρατηρώντας αυτά τα συγκεντρωτικά διαγράμματα είναι εύκολο να εξαχθούν συμπεράσματα για την αντίδραση που είχε κάθε δοκίμιο κατά την καύση του.



Εικόνα 51 Ρυθμός έκλυσης θερμότητας των υπό εξέταση δοκιμίων.

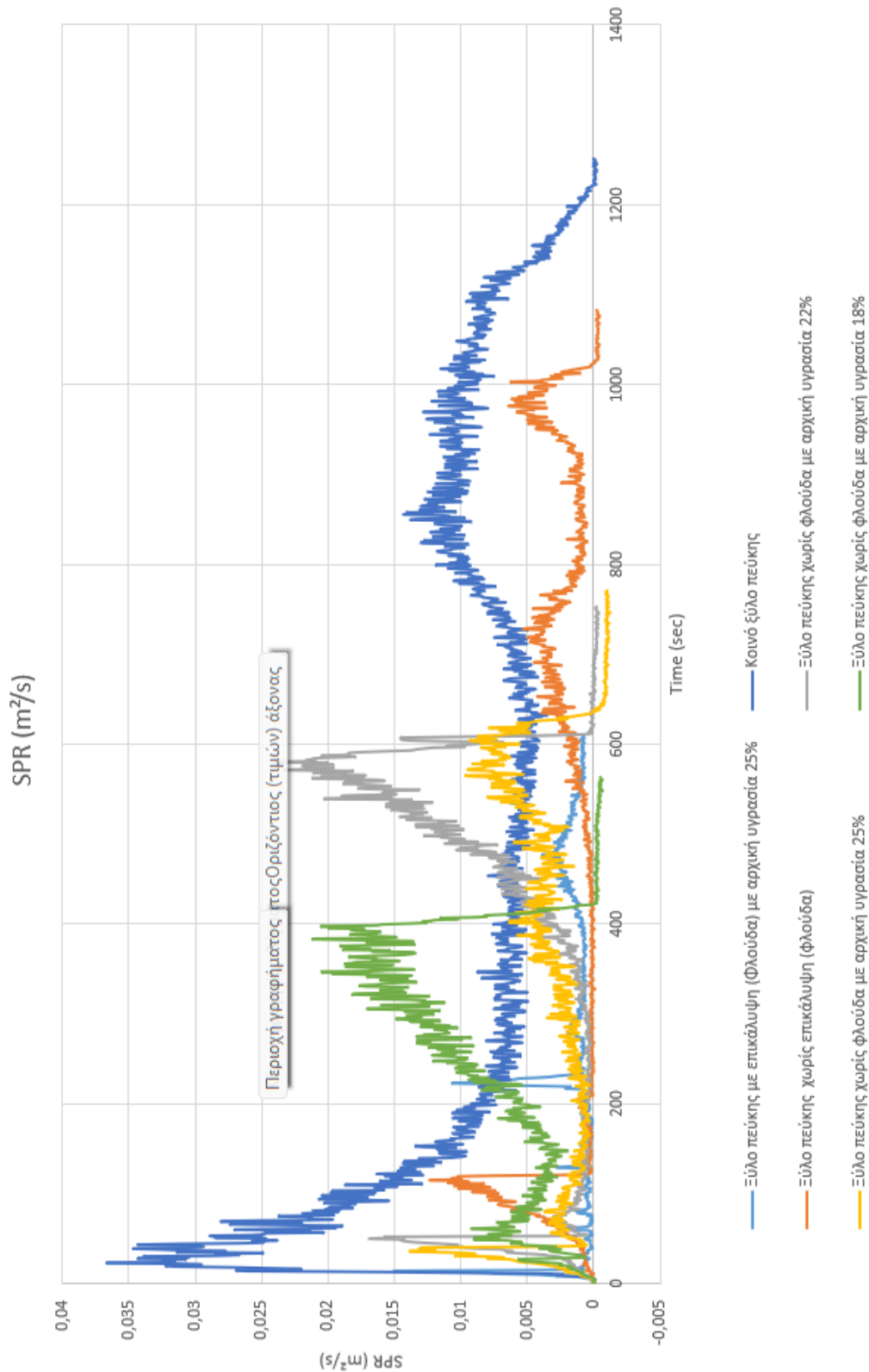
Στην εικόνα 50 φαίνεται το συγκεντρωτικό διάγραμμα του ρυθμού έκλυσης θερμότητας όλων των υπό εξέταση δοκιμίων. Μπορούμε να αντιληφθούμε ότι όλα τα διαγράμματα εμφανίζουν αρκετές ομοιότητες. Μια από αυτές είναι η απότομη αύξηση της θερμότητας την στιγμή της ανάφλεξης. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί το δοκίμιο που απεικονίζεται στην εικόνα 21 το οποίο φαίνεται ότι χρειάστηκε περίπου 2 λεπτά για να εμφανίσει την πρώτη υψηλή τιμή της έκλυσης θερμότητας. όλα τα διαγράμματα εμφανίζουν και δεύτερη υψηλή τιμή με διαφορά ότι σε κάποια η δεύτερη μέγιστη τιμή είναι μικρότερη από την πρώτη. Αυτό ισχύει για το:

1. Κοινό ξύλο πέυκης,
2. Ξύλο Πεύκης με επικάλυψη.



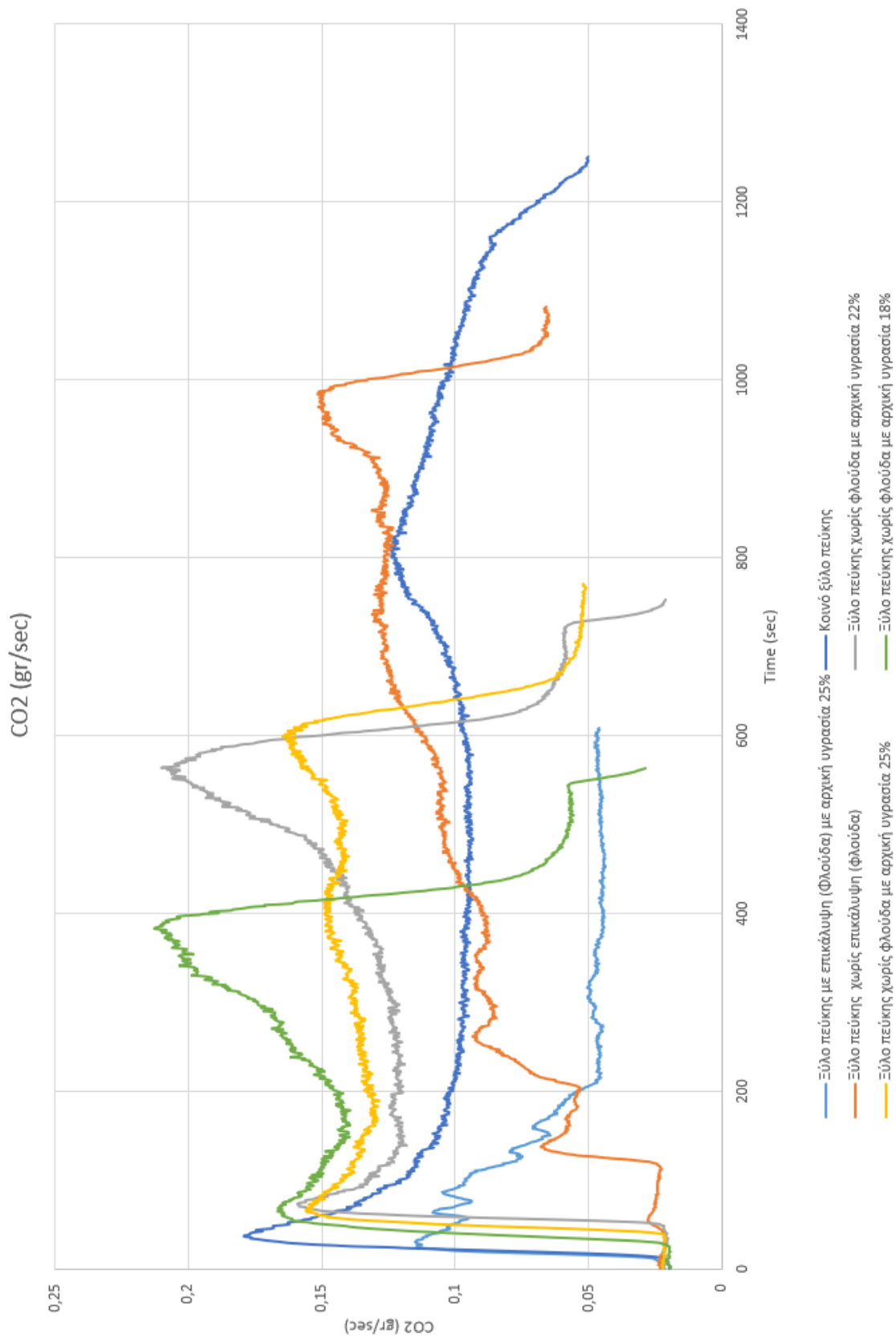
Εικόνα 52 Ολική έκλυση θερμότητας των υπό εξέταση δοκιμών.

Στην εικόνα 51 φαίνεται το συγκεντρωτικό διάγραμμα ολικής έκλυσης θερμότητας όλων των δοκιμίων. Όλα τα διαγράμματα έχουν την ίδια μορφή που μοιάζει με ευθεία γραμμή. Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι όλα τα διαγράμματα έχουν πολλά κοινά μεταξύ τους. Ένα στοιχείο που διαφέρει είναι πειραματικός χρόνος κάθε δοκιμίου. Υπάρχουν δοκίμια που χρειάστηκαν 20 λεπτά και άλλα που χρειάστηκαν μόλις 10 λεπτά. Επίσης και οι τιμές ολικής έκλυσης θερμότητας διαφέρουν κατά πολύ. Συγκεκριμένα για το κοινό ξύλο Πεύκης η μέγιστη τιμή αγγίζει τα 121 MJ/ m² ενώ για το ξύλο πεύκης με επικάλυψη και αρχική υγρασία 25% φτάνει μόλις στα 21 MJ/ m². Παρατηρείται δηλαδή μια διαφορά της τάξεως των 100 MJ/ m². Για τα ξύλα πεύκης χωρίς επικάλυψη και αρχικές υγρασίες 18%,22% και 25% τα διαγράμματα δεν διαφέρουν κατά πολύ ούτε ως προς τον πειραματικό χρόνο, ούτε ως προς τις μέγιστες τιμές θερμότητας.



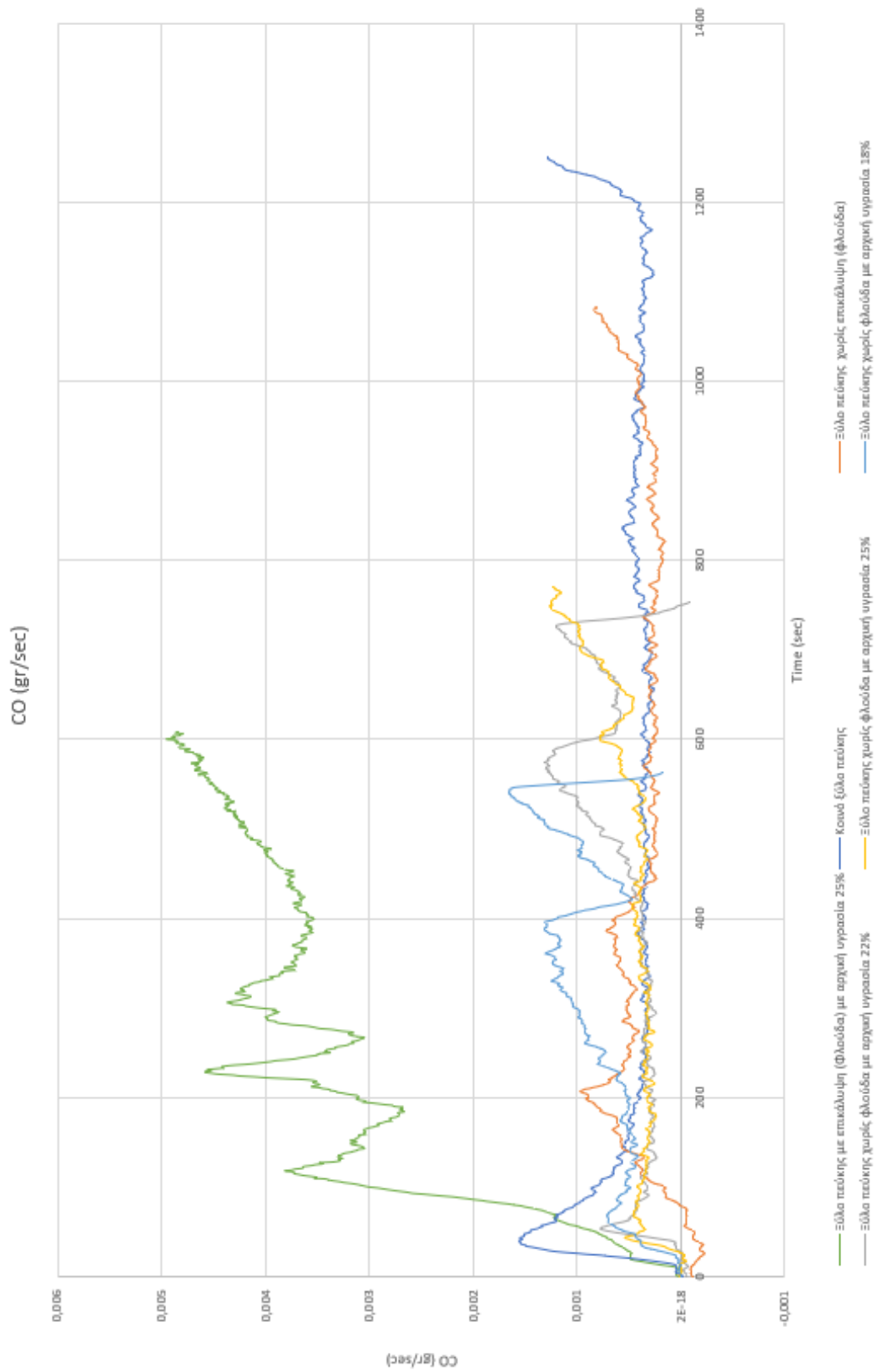
Εικόνα 53 Ρυθμός παραγωγής καπνού των υπό εξέταση δοκιμών.

Στην εικόνα 52 φαίνεται το συγκεντρωτικό διάγραμμα του ρυθμού παραγωγής καπνού όλων των εξεταζόμενων δοκιμίων. Μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτό ότι τα διαγράμματα έχουν αρκετές ομοιότητες αλλά και διαφορές μεταξύ τους. Συγκεκριμένα όλα τα δοκίμια εμφανίζουν στην αρχή μέχρι και την στιγμή της ανάφλεξης αρκετά μεγάλο ρυθμό παραγωγής καπνού. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί το ξύλο Πεύκης με την επικάλυψη το οποίο παρουσιάζει μια εντελώς διαφορετική πορεία. Συγκεκριμένα αν και η αρχή μοιάζει με αυτή των άλλων δοκιμίων (υψηλό ποσοστό παραγωγής καπνού στην ανάφλεξη) , στην πορεία το διάγραμμα αποκτά μια εντελώς διαφορετική μορφή με πολλές αυξομειώσεις. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην φλούδα η οποία λειτουργεί σαν προστατευτικό για το ξύλο. Η φλούδα σε συνδυασμό και με τη υγρασία που περιέχει λειτουργεί αρνητικά και ως προς την ανάπτυξη της φωτιάς στο εσωτερικό του δοκιμίου. Ως προς τις διαφορές ο ρυθμός έκλυσης καπνού διαφέρει κατά πολύ σε ορισμένα δοκίμια. Συγκεκριμένα το δοκίμιο με την επικάλυψη έχει μέγιστη τιμή παραγωγής καπνού τα $0,014 \text{ m}^2/\text{s}$ την στιγμή που για το κοινό ξύλο Πεύκης φτάνει τα $0,036 \text{ m}^2/\text{s}$. Η διαφορά τους αγγίζει τα $0,022 \text{ m}^2/\text{s}$. Οι διαφορές των υπόλοιπων δοκιμίων είναι πολύ μικρές και δεν υπολογίζονται ως σημαντικές.



Εικόνα 54 Ρυθμός έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα όλων των δοκιμών.

Στην εικόνα 53 φαίνεται το συγκεντρωτικό διάγραμμα του ρυθμού έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα όλων των εξεταζόμενων δοκιμίων. Τα διαγράμματα που αφορούν τα ξύλα Πεύκης χωρίς επικάλυψη με υγρασία 18,22,25% είναι της ίδιας μορφής. Υψηλός ρυθμός έκλυσης διοξειδίου στην αρχή της καύσης, αυξομειώσεις καθ' όλη την διάρκεια της καύσης. Επίσης εμφανίζουν 2 κορυφές μεγίστων τιμών. Αντίθετα το ξύλο με την επικάλυψη έχει μια εντελώς διαφορετική πορεία. Μοναδικό κοινό αποτελεί η απότομη αύξηση του διοξειδίου κατά την ανάφλεξη του υλικού. Από εκείνο το σημείο και μετά διακρίνεται μια μόνιμη πτώση του διοξειδίου μέχρι και το τέλος του πειράματος. Αντίθετα το ξύλο Πεύκης χωρίς επικάλυψη με τιμές που προκύπτουν από την βιβλιογραφία (πορτοκαλί διάγραμμα) ξεκινά από χαμηλά επίπεδα διοξειδίου και παρουσιάζει μια αυξητική τάση για το υπόλοιπο της καύσης. Τέλος το κοινό πεύκο έχει μια παρόμοια πορεία με αυτή των ξύλων χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 18,22,25%



Εικόνα 55 Ρυθμός έκλυσης μονοξειδίου του άνθρακα όλων των δοκιμών.

Στην εικόνα 54 φαίνεται το συγκεντρωτικό διάγραμμα του ρυθμού έκλυσης μονοξειδίου του άνθρακα για όλα τα δοκίμια που εξετάστηκαν. Τα ξύλα χωρίς φλούδα με αρχικές υγρασίες 18,22,25% ακολουθούν μια παρόμοια πορεία από την αρχή μέχρι το τέλος της καύσης τους. Αντίθετα το ξύλο με την φλούδα εμφανίζει μια εντελώς διαφορετική πορεία. Συγκεκριμένα παρατηρούμε μια απότομη αύξηση του μονοξειδίου η οποία έχει την τάση να πέφτει ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Η πτώση αυτή είναι μικρής διάρκειας καθώς μια νέα αύξηση κάθε φορά έρχεται να την αντικαταστήσει. Αυτό συμβαίνει καθ' όλη την διάρκεια της καύσης του δοκιμίου. Προς το τέλος της διαδικασίας το μονοξείδιο δεν μειώνεται αλλά παραμένει σταθερό σε αρκετά υψηλά επίπεδα. Παρόμοια συμπεριφορά στο τέλος της καύσης με υψηλά επίπεδα μονοξειδίου εμφανίζουν και τα ξύλα χωρίς φλούδα με αρχικές υγρασίες 18%,25% καθώς και το ξύλο χωρίς επικάλυψη με τιμές που έχουν προκύψει από την βιβλιογραφία.(πορτοκαλί διάγραμμα). Η τιμή του ρυθμού έκλυσης μονοξειδίου για το ξύλο με επικάλυψη διαφέρει κατά πολύ με αυτές των υπολοίπων. Συγκεκριμένα για το ξύλο με την φλούδα η τιμή αγγίζει το 0,0048 gr/sec την στιγμή που για τα υπόλοιπα ξύλα οι τιμές δεν ξεπερνάνε τα 0,0020 gr/sec.

7. Ανασκόπηση-Συμπεράσματα.

Η φωτιά γενικότερα μπορεί να περιγραφεί σε 4 στάδια (ανάφλεξη, ανάπτυξη, περίοδος έκλαμψης ,εξασθένηση - απόσβεση). Η πορεία και η ένταση της φωτιάς καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από τα επίπεδα υγρασίας και γενικότερα την υγροσκοπικότητα του καιόμενου ξύλου.

Η υγροσκοπικότητα των ξύλων ενός δάσους διαφέρει καθώς κάθε κομμάτι ξύλου μπορεί να έχει διαφορετικά επίπεδα υγρασίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κατά την καύση αυτών (σε μια πυρκαγιά) κάποια δέντρα να επιβραδύνουν την φωτιά και άλλα να την επιταχύνουν. Συγκεκριμένα τα ξύλα με υψηλά επίπεδα υγρασίας απαιτούν μεγαλύτερα ποσά θερμότητας και περισσότερο χρόνο για να πραγματοποιηθεί η καύση συνεπώς επιβραδύνουν την εξάπλωση της πυρκαγιάς, ενώ αντίθετα τα ξύλα με χαμηλά επίπεδα υγρασίας επιταχύνουν την φωτιά καθώς η ανάφλεξη πραγματοποιείται σε πολύ σύντομο χρόνο.

Οι τρόποι με τους οποίους ένα ξύλο μπορεί να αποβάλλει την υγρασία του ποικίλουν. Οι περισσότεροι διαδεδομένοι τρόποι ξήρανσης του ξύλου είναι η φυσική ξήρανση, η τεχνητή ξήρανση και η ηλιακή ξήρανση. Η φυσική ξήρανση αποτελεί τον παλαιότερο και πιο συνηθισμένο τρόπο ξήρανσης και με αποτελέσματα ξύλου πολύ καλής ποιότητας. Οι δύο άλλοι τρόποι αν και αποφέρουν επίσης ξύλα καλής ποιότητας είναι γνωστά και χρησιμοποιούνται συχνά λόγω του αισθητά λιγότερου χρόνου που απαιτείται για την ξήρανση του ξύλου σε σχέση με την χρήση της φυσικής ξήρανσης. Ως προς τις πυρκαγιές τα δάση έχουν ως τρόπο ξήρανσης κυρίως την φυσική ξήρανση και την ηλιακή ξήρανση (κυρίως σε τροπικά κλίματα). Αυτό συμβαίνει διότι τα δέντρα ανάλογα την εποχή και τις συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον προσλαμβάνουν ή αποβάλλουν υγρασία αντίστοιχα. Συγκεκριμένα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες τα επίπεδα υγρασίας είναι χαμηλά λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, της ξηρασίας και της έντονης ηλιοφάνειας. Αντίθετα κατά τους χειμερινούς μήνες τα επίπεδα υγρασίας είναι υψηλά λόγω των έντονων βροχοπτώσεων και των χαμηλών θερμοκρασιών.

Η γνώση της δομής και άλλων διαφόρων ιδιοτήτων του ξύλου αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την σωστή και λεπτομερή μελέτη αυτού. Επιπλέον η γνώση των μηχανικών και των φυσικών ιδιοτήτων οδηγούν σε συμπεράσματα που σχετίζονται στην αντίδραση που έχει το ξύλο ως προς την φωτιά. Όλες οι παραπάνω γνώσεις είναι σημαντικές και ως προς τις πυρκαγιές καθώς ανάλογα με το είδος της καιόμενης ξυλείας μπορεί να διαφέρει ο τρόπος αντιμετώπισης ή και κατάσβεσης αυτής.

Στην παρούσα εργασία έγιναν δοκιμές ξύλων σε κλίμακα εργαστηρίου με το Θερμιδόμετρο Κώνου ακολουθώντας το πρότυπο ISO 5660. Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές αντίδρασης στην φωτιά για 1 είδος ξύλου σε μια ακτινοβολούμενη ροή θερμότητας (50 kW/m^2). Η ροή των 50 kW/m^2 επιλέγεται συνήθως με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία, ως μια τυπική ένταση φωτιάς σε κλειστούς χώρους καθώς και για σύγκριση αποτελεσμάτων του Θερμιδόμετρου Κώνου με άλλες μεθόδους όπως η δοκιμή κατάταξης υλικών μεμονωμένου καιόμενου αντικειμένου (SBI).

Από πλευράς πειραματικών αποτελεσμάτων το Θερμιδόμετρο Κώνου δίνει μεγάλο πλήθος αποτελεσμάτων. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας τα μεγέθη ενδιαφέροντος ήταν η ολική έκλυση θερμότητας (THR), ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας (HRR), ο ρυθμός παραγωγής καπνού (SPR), ο ρυθμός παραγωγής μονοξειδίου (COP) και διοξειδίου του άνθρακα (CO_2P), καθώς και ο υπολογισμός των περιεχόμενων υγρασιών και των πυκνοτήτων των μελετώμενων δοκιμίων. Όλα τα παραπάνω μεγέθη έχουν καταγραφεί κατά την πειραματική διαδικασία, δίνονται τα διαγράμματα αυτών και σχολιάζονται ως προς την συμπεριφορά τους κατά τα διάφορα στάδια της καύσης.

Τα προφίλ των HRR (ρυθμός έκλυσης θερμότητας) για όλα τα δοκίμια ακολουθούν μια παρόμοια πορεία με μοναδική διαφορά το ξύλο Πεύκης με επικάλυψη του οποίου η πορεία διαφέρει αισθητά από τα υπόλοιπα. Συγκεκριμένα κατά την έναρξη της καύσης παρατηρείται μια απότομη αύξηση του ρυθμού έκλυσης θερμότητας. Σε αυτό το σημείο

εμφανίζεται και η πρώτη κορυφή του διαγράμματος. Στην συνέχεια το HRR έχει μια πτωτική τάση, η οποία πιθανόν να οφείλεται στην υγρασία που περιέχουν τα δοκίμια, η οποία καθυστερεί την ανάπτυξη μεγάλων θερμοτήτων έως ότου αποβληθεί από αυτά. Η πορεία του διαγράμματος ξαναγίνεται ανοδική έως ότου φτάσει στην δεύτερη κορυφή που είναι και η τελευταία καθώς αμέσως μετά ξεκινά το στάδιο της σβέσης της φωτιάς. Για το ξύλο Πεύκης με επικάλυψη η πορεία του διαγράμματος μέχρι την εμφάνιση της πρώτης κορυφής είναι ίδια με των υπόλοιπων υλικών. Από εκείνο το σημείο και έπειτα η συμπεριφορά του δοκιμίου είναι εντελώς διαφορετική. Σε αυτό ευθύνεται η ύπαρξη της εξωτερικής κάλυψης (φλούδα) που έχει το ξύλο η οποία καθυστερεί ή ακόμα και εμποδίζει την είσοδο της φωτιάς στο εσωτερικό του ξύλου.

Ως προς το μέγεθος THR (ολική έκλυση θερμότητας) παρατηρείται μια ανοδική τάση για όλα τα δοκίμια και καθ' όλη την διάρκεια της καύσης. Μοναδική διαφορά των ολικών θερμοτήτων αποτελούν οι μέγιστες τιμές οι οποίες για κάθε δοκίμιο είναι διαφορετικές και σε κάποιες περιπτώσεις δοκιμίων ξεπερνούν και τα 90 MJ/m² (ξύλο Πεύκης με επικάλυψη και ξύλο Πεύκης χωρίς φλούδα με αρχική υγρασία 25%). Αξίζει να σημειωθεί ότι για το δοκίμιο με την εξωτερική επικάλυψη (φλούδα) η μέγιστη έκλυση θερμότητας είναι σχετικά χαμηλή σε σύγκριση με τα άλλα δοκίμια. Συγκεκριμένα για τα υπόλοιπα υλικά οι τιμές THR κυμαίνονται μεταξύ 65-125 MJ/m² την στιγμή που για το δοκίμιο με την επικάλυψη είναι μόλις 20 MJ/m². Από αυτό συμπεραίνουμε ότι η φλούδα λειτουργεί ως εμπόδιο στην ανάπτυξη υψηλών ποσών θερμότητας και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το δοκίμιο περιέχει και αρκετά υψηλό ποσοστό υγρασίας, καθυστερεί την καύση του.

Ως προς το μέγεθος SPR (ρυθμός παραγωγής καπνού) παρατηρείται σε όλα τα δοκίμια μια ραγδαία αύξηση του καπνού από την αρχή της καύσης. Στα πρώτα δευτερόλεπτα έχουμε και την πρώτη κορυφή στο διάγραμμα. Η συνέχεια των διαγραμμάτων διαφέρει σε κάποια δοκίμια. Συγκεκριμένα σε κάποια δοκίμια ακολουθείται μια πιο ομαλή πορεία με σταθερά διαστήματα ενώ σε κάποια άλλα παρατηρείται μια πιο γρήγορη αύξηση του SPR. Η πάνω και κάτω επιφάνεια των δοκιμίων είναι οι δύο περιοχές που δέχονται τα υψηλότερα επίπεδα θερμότητας κατά την καύση. Οι στιγμές αυτές αποτελούν και τις κορυφές του διαγράμματος. Αντίθετα οι χαμηλότερες τιμές του SPR στα ενδιάμεσα στάδια των κορυφών οφείλονται στην απανθράκωση του επιφανειακού στρώματος του ξύλου, γνωστό και ως Charring, το οποίο λειτουργεί ως μονωτικό προς τον καπνό κατά την καύση.

Τα προφίλ των CO (μονοξειδίο του άνθρακα) και CO₂ (διοξειδίο του άνθρακα) φέρουν πολλά κοινά στοιχεία με το διάγραμμα του ρυθμού έκλυσης θερμότητας. Είναι γνωστό ότι το διοξειδίο του άνθρακα σβήνει τις φωτιές με τον καταπνιγμό. Συγκεκριμένα το διοξειδίο του άνθρακα είναι ένα αδρανές αέριο που έχει την ικανότητα να αραιώνει το οξυγόνο στην περιοχή της πυρκαγιάς. Κατά την έναρξη της καύσης και συγκεκριμένα κατά την έναυση εμφανίζεται η πρώτη κορυφή για όλα τα δοκίμια. Στην συνέχεια η πορεία όλων των δοκιμίων είναι ομαλή έως το σημείο που εμφανίζεται η δεύτερη κορυφή στο διάγραμμα. Το σταθερό διάστημα ανάμεσα στις δύο κορυφές

οφείλεται στο γεγονός ότι η φωτιά εισέρχεται στο εσωτερικό του ξύλου όπου τα επίπεδα οξυγόνου είναι χαμηλά και σε συνδυασμό με την ύπαρξη υγρασίας δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων θερμοκρασιών.

Από την αρχή του πειράματος είχαμε ως δεδομένες τις υγρασίες των δοκιμίων. Από την βιβλιογραφία συμπεράναμε ότι για κάθε περίπτωση υλικού όπου μεταβάλλεται η μάζα του αλλάζουν και αρκετοί άλλοι παράμετροι. Τέτοιου είδους παράμετροι είναι η πυκνότητα και ο όγκος (καθαρός) των δοκιμίων. Υπολογίστηκε η περιεχόμενη και η μέγιστη υγρασία, η ξηρή και φαινομενική πυκνότητα καθώς και η απόλυτη ξηρή μάζα και το ποσοστό κενών χώρων για κάθε ένα δοκίμιο ξεχωριστά. Μέσα από τους υπολογισμούς αυτούς καταφέραμε να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα σχετικά με το πως επιδρά σε πρώτη φάση η υγρασία στο ξύλο και σε δεύτερο στάδιο την αντίδραση αυτής κατά την διάρκεια της καύσης. Συγκεκριμένα είναι εύκολα αντιληπτό ότι η αρχική μάζα των δοκιμίων διαφέρει σε μεγάλο βαθμό από την καθαρή μάζα του δοκιμίου. Οι αποκλίσεις των μαζών των δοκιμίων ξεπερνούν στις περισσότερες περιπτώσεις και τα 20 gr. Από αυτό συμπεραίνουμε πόσο μεγάλη επιρροή έχει η υγρασία στο ξύλο καθώς μπορεί να αυξήσει κατά πολύ την μάζα και αντίστοιχα και τον όγκο του ξύλου. Στο θέμα της υγρασίας και συγκεκριμένα της μέγιστης υγρασίας φαίνεται ότι το ποσοστό υγρασίας που μπορεί να φτάσει ένα δοκίμιο ξεπερνά κατά πολύ το 50%.

Ως προς την επιρροή της υγρασίας στην φωτιά το συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι η υγρασία αποτελεί επιβραδυντικό παράγοντα στην εξάπλωση μιας φωτιάς. Αυτό συμβαίνει διότι πρέπει πρώτα να εξατμιστούν τα μόρια νερού από τα οποία αποτελείται η υγρασία. Για να συμβεί αυτό απαιτείται μεγαλύτερο ποσό θερμότητας το οποίο είναι χρονοβόρο. Αυτή η καθυστέρηση που μπορεί να προκαλέσει η υγρασία μπορεί να αποβεί σωτήρια σε περιπτώσεις πυρκαγιάς, ειδικά εάν πρόκειται για αρχικό στάδιο πυρκαγιάς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κούτμος Π., (2015), Εισαγωγή στις βασικές αρχές της θεωρίας και της τεχνολογίας της καύσης.
2. Τσουμής Γ., Επιστήμη και Τεχνολογία του Ξύλου, Τόμοι Α΄ κ Β΄, Θεσσαλονίκη 1992
3. Τσουμής Γ., Το ξύλο ως υλικό: Δομή και Ιδιότητες, Διημερίδα «Μνημείο και Περιβάλλον», Θεσσαλονίκη, 1997
4. Παπαθανάσης, Ηλίας: «Φωτιά: Το φαινόμενο, το εργαλείο, το όπλο, το σύμβολο», *Περισκόπιο της Επιστήμης*, τεύχος 219 (Ιούλιος-Αύγουστος 1998), σσ. 46-59.
5. Pyne St. J., (2009), *Eternal Flame: An Introduction to the Fire History of Mediterranean*. In Chuvieco, Em. (ed.) *Earth Observation of Wildland Fires in Mediterranean Ecosystems*, NY: Springer-Verlag.
6. Quintiere, J.G, "Βασικές Αρχές Συμπεριφοράς της Φωτιάς", Εκδόσεις "ΙΩΝ", Αθήνα (2000).
7. Fire Testing Technology Limited , (2006) , Users Guide for the ConeCale Software package , version 5
8. Ostaman, B.A-L & Tsantaridis L.D., (1991) Smoke production in the cone calorimeter and thw romm fire test, *J. Fire Safety* 17, 27-43
9. Quintiere, J.G. (1982) Smoke measurements: An assessment of correlations between laboratory and full-scale experiments. *Fire and Materials* 6, 145 -160.
10. Quintiere J., (2006), *Fundamentals of fire phenomena*, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, England.

Σχετικές Ιστοσελίδες

1. <https://web.tee.gr>
2. <https://www.firesecurity.gr/index.htm>
3. <http://www.fria.gr/mmfrtia/index.php?lan=GR&start=true>
4. <https://sites.google.com/site/mechanologoi94/>
5. <https://www.firesafe.org.uk/>
6. <https://www.hantsfire.gov.uk/>