



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ Ι ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ
ΟΥΡΥΚΤΩΝ ΣΤΗ ΔΑΣΙΚΗ ΥΛΗ *Cistus incanus* ΜΕ
ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ LIMITING OXYGEN INDEX»**



ΚΟΥΡΑΚΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Σ. ΛΙΟΔΑΚΗΣ

ΑΘΗΝΑ
ΙΟΥΛΙΟΣ 2008

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ανατέθηκε από τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Ε.Μ.Π. κ. Λιοδάκη Στυλιανό και εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ανόργανης και Αναλυτικής Χημείας του Τομέα Ι της Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ κατά το χρονικό διάστημα 2007-2008.

Το θεωρητικό μέρος αυτής της εργασίας αναφέρεται στις δασικές πυρκαγιές, τις δασικές ύλες της μεσογείου, τη σύσταση και την καύση αυτών. Τέλος γίνεται αναφορά στους χημικούς επιβραδυντές, στη χρήση και τη δράση τους.

Στο πειραματικό μέρος παρουσιάζεται η οργανολογία και οι συσκευές του εργαστηρίου στα οποία έλαβε χώρα η πειραματική διαδικασία. Γίνεται αναφορά στη διαδικασία της δειγματοληψίας και προετοιμασίας των δειγμάτων. Στη συνέχεια ακολουθεί η επεξεργασία των μετρήσεων, η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και η συσχέτιση αυτών.

Τέλος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που σχετίζονται με τα πειράματα που διεξήχθησαν και τα αποτελέσματα των πειραμάτων.

Από τη θέση αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω:

1. Τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Λιοδάκη Στυλιανό για την ανάθεση του θέματος, και την βοήθειά του κατά την εκπόνηση της εργασίας.
2. Τον υποψήφιο διδάκτορα, Γιάννη Αντωνόπουλο, που βοήθησε προκειμένου να περατωθεί η διπλωματική μου εργασία.
3. Οποιοδήποτε άλλο από το Εργαστήριο της Ανόργανης και Αναλυτικής Χημείας που με κάθε τρόπο βοήθησε ώστε η παρούσα εργασία να λάβει την τελική της μορφή.

Αθήνα, Ιούλιος 2008
Παναγιώτης Κουράκος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σκοπό την καύση του *Cistus incanus* L. με τη μέθοδο Limiting Oxygen Index και την καταγραφή του δείκτη ελάχιστου οξυγόνου. Η καύση της δασικής ύλης πραγματοποιήθηκε πριν και μετά την εφαρμογή επιβραδυντικών επιβραδυντικών διαλειμμάτων. Χρησιμοποιήθηκαν υδρομαγνησίτης, χουντίτης και εμπορικό μίγμα υδρομαγνησίτη-χουντίτη, Securoc C καθώς και φυσικό μείγμα αυτών

Κατά την πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε η συσκευή Limiting Oxygen Index όπου και αποτέλεσε την κύρια πειραματική διάταξη καθώς χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή του δείκτη ελάχιστου οξυγόνου των δασικών υλών, στοιχείο στο οποίο βασίζεται η εργασία αυτή.

Από την επεξεργασία των δειγμάτων, υπολογίστηκε το ποσοστό της υγρασίας επί υγρής βάσης, το ποσοστό των επιβραδυντών που κατακρατήθηκε από τα δείγματα μετά την εμφάνισή τους και τέλος οι δείκτες ελάχιστου οξυγόνου των δασικών υλών πριν και μετά τη χρήση των επιβραδυντών.

Το συμπέρασμα που προκύπτει από τα παραπάνω είναι πως ο υδρομαγνησίτης σαν επιβραδυντής παρουσιάζει καλύτερη επιβραδυντική δράση, ενώ ο χουντίτης παρουσιάζει μεγαλύτερα ποσοστά κατακράτησης. Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα πως τα μίγματα τους είναι πιο αποτελεσματικά από τη χρήση καθαρών ορυκτών. Τέλος η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ιδιαίτερα απλή, αξιόπιστη και σχετικά φθηνή σε σύγκριση με άλλες αναλυτικές μεθόδους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	6
1. ΔΑΣΗ.....	6
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΑΣΟΥΣ.....	6
1.2 ΔΟΜΗ ΟΙ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	7
1.3 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΔΑΣΩΝ.....	8
1.4 ΔΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	9
1.5 ΦΥΤΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	11
1.6 Η ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΗ ΔΑΣΙΚΗ ΥΛΗ.....	13
1.7 ΖΩΝΕΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ.....	15
1.8 ΟΙ ΠΡΟΣΦΟΡΕΣ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ.....	17
1.9 ΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΤΩΝ ΔΑΣΩΝ.....	18
2. ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ.....	21
2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	21
2.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΙΣ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ.....	22
2.3 ΣΥΝΘΗΚΗ ΚΑΥΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΥΛΙΚΟΥ.....	24
2.4 ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΟΡΕΙΑ ΔΑΣΙΚΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ.....	25
2.5 ΕΙΔΗ ΔΑΣΙΚΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ.....	26
2.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	28
2.6.α ΑΙΤΙΑ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ.....	28
2.6.β ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ.....	30
2.7 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	31
3. ΚΑΥΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΥΛΩΝ.....	32
3.1 ΚΑΥΣΗ.....	32
3.2 ΘΕΜΕΛΙΩΔΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΤΡΙΓΩΝΟ ΤΗΣ ΦΩΤΙΑΣ.....	33
3.3 ΣΤΑΔΙΑ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ.....	33
3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΛΟΓΑΣ.....	36
3.5 ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΥΣΗΣ.....	37

3.6 ΚΑΥΣΗ-ΠΥΡΟΛΥΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΥΛΩΝ.....	39
4.ΧΗΜΙΚΟΙ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΕΣ.....	42
4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	42
4.2 ΕΙΔΗ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΩΝ.....	42
4.3 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ.....	44
4.4 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΩΝ.....	47
4.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΔΑΝΙΚΟΥ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΗ.....	52
4.6 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΝΤΕΣ ΧΗΜΙΚΟΙ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΕΣ.....	52
4.6.α ΥΔΡΟΜΑΓΝΗΣΙΤΗΣ.....	52
4.6.β ΧΟΥΝΤΙΤΗΣ.....	55
4.6.γ ΜΙΓΜΑΤΑ ΥΔΡΟΜΑΓΝΗΣΙΤΗ- ΧΟΥΝΤΙΤΗ.....	57
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	60
1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑ.....	60
1.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	60
1.2 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ.....	61
2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ.....	62
2.1 ΕΥΦΛΕΚΤΟΤΗΤΑ.....	62
2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΟΞΥΓΟΝΟΥ.....	62
2.3 ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ L.O.I.....	65
3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	65
3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ.....	67
3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	68
3.3 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ.....	71
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	72
4.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΥΣΗΣ ΔΑΣΙΚΗΣ ΥΛΗΣ.....	72
4.2 ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ L.O.I.....	90
4.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.....	91
4.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΙΜΩΝ L.O.I.....	92
4.5 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	100
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	101
Γ. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	103
Γ.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	103
Γ.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	103
Γ.3 ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	104
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	106
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	107

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΔΑΣΗ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΑΣΟΥΣ

Ως δάσος ή δασικό οικοσύστημα νοείται το οργανικό σύνολο άγριων φυτών με ξυλώδη κορμό πάνω στην αναγκαία επιφάνεια του εδάφους, τα οποία, μαζί με την εκεί συνυπάρχουσα χλωρίδα και πανίδα, αποτελούν μέσω της αμοιβαίας αλληλεξάρτησης και αλληλοεπίδρασής τους, ιδιαίτερη βιοκοινότητα (δασοβιοκοινότητα) και ιδιαίτερο φυσικό περιβάλλον (δασογενές). Δασική έκταση υπάρχει όταν στο παραπάνω σύνολο η άγρια ξυλώδης βλάστηση, υψηλή ή θαμνώδης, είναι αραιά [1Η].

Το δάσος αντιπροσωπεύει το είδος του χερσαίου οικοσυστήματος με τη μεγαλύτερη κατανομή στον πλανήτη (καλύπτει το 32% της γήινης επιφάνειας [2 Η]). Είναι λοιπόν ένα πολύπλοκο [οικοσύστημα](#), ένας βιολογικός [οργανισμός](#) κοινοβίωσης με [φυτά](#) και [ζώα](#) που χαρακτηρίζεται από την επικράτηση [δέντρων](#). Κάθε δασικό [είδος](#) έχει τις δικές του απαιτήσεις σε [υγρασία](#), [θρεπτικά στοιχεία](#), [κλιματικούς παράγοντες](#). Υπάρχει αμοιβαία αλληλεπίδραση και αλληλεξάρτηση μεταξύ των φυτών, των ζώων και του [φυσικού περιβάλλοντος](#). Από τις σχέσεις αυτές δημιουργείται μια ισορροπία, που παίζει βασικό ρόλο στην [οικολογική ισορροπία](#) του ευρύτερου περιβάλλοντος. Το δάσος διαθέτει εσωτερικούς μηχανισμούς αυτορύθμισης των [βιοτικών](#) και των [αβιοτικών](#) παραγόντων που διαταράσσουν την ισορροπία του. Αν όμως δράσουν εξωτερικοί παράγοντες όπως ο άνθρωπος με τις επαναλαμβανόμενες πυρκαγιές, την [υπερβόσκηση](#), τις εκτεταμένες [υλοτομίες](#) τότε το δασικό οικοσύστημα υποβαθμίζεται [1Η].

1.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η δομή του οικοσυστήματος του δάσους χαρακτηρίζεται από δύο βασικά και προσδιοριστικά στοιχεία.

α) Τους αβιοτικούς παράγοντες, ένα σύνολο μη ζωντανών φυσικών ή χημικών περιβαλλοντικών παραγόντων που συνίσταται από: το έδαφος, το νερό, το κλίμα (ηλιακή ακτινοβολία, φως, θερμοκρασία, υγρασία, άνεμος κ.ά.), ανόργανα στοιχεία και ενώσεις (οξυγόνο, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα κ.ά.), οργανικές ενώσεις (πρωτεΐνες, υδατάνθρακες κ.ά.).

β) Τους βιοτικούς παράγοντες, το σύνολο δηλαδή των ζωντανών οργανισμών που με τη σειρά του διακρίνεται σε:

i) Κοινότητα των φυτών, όπου κυριαρχούν ανώτερα είδη φυτών (δέντρα, θάμνοι, ποώδη φυτά), οι λεγόμενοι **παραγωγοί**.

ii) Κοινότητα των ζώων, που αποτελείται από το σύνολο των ζωικών οργανισμών που απαντώνται στην περιοχή (φυτοφάγοι και σαρκοφάγοι), οι λεγόμενοι **καταναλωτές**.

iii) Κοινότητα των μικροοργανισμών ή **αποικοδομητών** που αποτελείται από ετερότροφους οργανισμούς, κυρίως βακτήρια και μύκητες που διασπούν τη νεκρή οργανική ύλη και τη μετατρέπουν σε ανόργανα μόρια, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν πάλι από τους παραγωγούς.

Οι αβιοτικοί και οι βιοτικοί παράγοντες βρίσκονται σε συνεχή αλληλεπίδραση, με αδιάκοπη μεταφορά ενέργειας μεταξύ των δύο συνόλων, αλλά και στο εσωτερικό τους.

Το δάσος είναι ένα από τα πολυπλοκότερα συστήματα που απαντώνται στη φύση και αντιπροσωπεύει το είδος του χερσαίου οικοσυστήματος με τη μεγαλύτερη κατανομή στον πλανήτη (καλύπτει το 32% της γήινης επιφάνειας).

Διαταραχές των δασών από φυσικούς παράγοντες συνήθως αποκαθίστανται από την ίδια τη φύση μέσα από τους υπάρχοντες αυτορρυθμιστικούς μηχανισμούς, ενώ διαταραχές που οφείλονται σε μη φυσικούς παράγοντες (ανθρωπογενείς), μπορεί να προκαλέσουν αποσταθεροποίηση και υποβάθμιση του οικοσυστήματος και συνήθως οδηγούν σε απλούστερη οργάνωση ή και πλήρη κατάρρευση του οικοσυστήματος [2 Η].

1.3 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΔΑΣΩΝ

Ένα δάσος μπορεί να διακριθεί σε [παρθένο δάσος](#), σε [φυσικό δάσος](#) και σε [τεχνητό δάσος](#).

•**Παρθένο** είναι το [δάσος](#) που δημιουργείται, αναπτύσσεται και αναγεννάται χωρίς καμία ανθρώπινη επέμβαση. Εξελίσσεται σύμφωνα με τους νόμους της φύσης, κάτω από τις επιδράσεις του [βιοτικού](#) και [αβιοτικού](#) περιβάλλοντος. Τα [φυτά](#) μεγαλώνουν, δημιουργούν σπέρματα, πεθαίνουν και τα διαδέχονται άλλα. Υπάρχει ένας αδιάκοπος αγώνας για το [φως](#), το [νερό](#), τα [θρεπτικά συστατικά](#), το ζωτικό χώρο ανάμεσα στα μεμονωμένα άτομα αλλά και ανάμεσα στα [είδη](#). Στα παρθένα δάση τυπικά δεν επιτρέπονται ανθρωπογενείς επιδράσεις, όμως τις τελευταίες δεκαετίες έχουν υποστεί αρκετές καταστροφές [1]. Διακρίνουμε πολλά είδη παρθένων δασών ανάμεσα στα οποία το παρθένο δάσος της ζώνης του ισημερινού είναι το πιο χαρακτηριστικό και το πιο ενδιαφέρον. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του παρθένου δάσους είναι οι υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν σ' αυτό και οι άφθονες βροχές οι οποίες διακόπτονται κάθε χρόνο από δυο περιόδους αραιών βροχών, οι οποίες λέγονται περίοδοι ή εποχές ξηρασίας. Οι περιοχές των παρθένων δασών βρίσκονται εκατέρωθεν του ισημερινού [3Η].

•**Φυσικό** είναι το [δάσος](#) που κάποτε ήταν [παρθένο δάσος](#) αλλά ο άνθρωπος το χρησιμοποίησε για να καλύψει τις ανάγκες του.

•Ως **τεχνητό** δάσος νοείται το [δάσος](#) που δημιουργείται με την επέμβαση του [ανθρώπου](#) μέσω [αναδασώσεων](#) σε γυμνό έδαφος ή σε εκτάσεις που προϋπήρχε δάσος αλλά καταστράφηκε για διάφορους λόγους και δεν μπόρεσε να αναγεννηθεί. Κύριος σκοπός της δημιουργίας ενός τεχνητού δάσους είναι η

αντιπλημμυρική προστασία, η σταθεροποίηση του εδάφους, η αποκατάσταση του [περιβάλλοντος](#) και η ισορροπία αυτού [1Η].

1.4 ΔΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Ελλάδα γεωγραφικά ανήκει στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης και της ανατολικής Μεσογείου και αποτελεί το σταυροδρόμι τριών ηπείρων, της Ευρώπης, της Ασίας και της Αφρικής.

Η γεωμορφολογία της παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλη ποικιλομορφία. Είναι ορεινή κυρίως χώρα καθώς το 70 % της έκτασής της καλύπτεται από βουνά. Η μεγάλη αβιοτική ποικιλομορφία και κυρίως το "μωσαϊκό" των μικροκλιματικών τύπων αντικατοπτρίζεται στην παρουσία μεγάλης ποικιλότητας χλωρίδας, πανίδας και οικοσυστημάτων.

Η ελληνική χλωρίδα αποτελείται από μεσογειακά, μεσευρωπαϊκά και ιρανοκασπικά στοιχεία. Τα είδη φυτών που έχουν καταγραφεί ξεπερνούν τα 6.000 και τα ενδημικά είδη, σε σχέση με το μέγεθος της χώρας, είναι πολλά, εξαιτίας του ψηλού βαθμού απομόνωσης των πολυάριθμων βουνών και νησιών.

Η Ελλάδα φιλοξενεί μεγάλη ποικιλότητα οικοσυστημάτων, από το ημιορεινό της νοτιοανατολικής Κρήτης μέχρι των ψυχρόβιων δασών της σημύδας, της δασικής πεύκης και της ερυθρελάτης, στη Ροδόπη. Χαρακτηριστικό είναι ότι η ποικιλότητα αυτή εμφανίζεται συχνά και σε μικρή σχετικά επιφάνεια.

Χαρακτηριστικό τόσο των χερσαίων όσο και των υγροτοπικών-αζωνικών οικοσυστημάτων είναι ότι παρά τις έντονες ανθρώπινες επιδράσεις διατηρούν σε μεγάλο βαθμό τη φυσικότητά τους, δηλαδή στοιχεία της αρχέγονης σύνθεσής τους. Σε λίγες μεσογειακές και ευρωπαϊκές χώρες έχει διατηρηθεί μια τόσο μεγάλη βιοποικιλότητα τόσο κοντά στις φυσικές συνθήκες [4Η].

Έτσι λοιπόν το 25,4% της συνολικής έκτασης της χώρας μας αποτελείται από δάση που στην πλειοψηφία τους είναι φυσικά και χαρακτηρίζονται από

υψηλή βιοποικιλότητα. Άλλο ένα 23,9% της ελληνικής επικράτειας καλύπτεται από δασικές εκτάσεις, οι οποίες όμως είναι υποβαθμισμένες καθώς βρίσκονται συνήθως κοντά σε αστικές και τουριστικές περιοχές.

Η ποικιλία των ελληνικών δασών είναι μοναδική και δύσκολα απαντάται σε άλλες χώρες με παρόμοια έκταση: στα βόρεια της Ελλάδας υπάρχουν εύκρατα δάση, από εκείνα που είναι κοινά της κεντρικής και βόρειας Ευρώπης, ενώ στα νότια υπάρχουν μεμονωμένες συστάδες από τροπικά δέντρα (φοίνικες). Αυτή η ποικιλομορφία οικοσυστημάτων οφείλεται εκτός από το έντονο ανάγλυφο και τη γεωγραφική της θέση ανάμεσα σε τρεις ηπείρους, και στο γεγονός ότι στη διάρκεια των τελευταίων παγετώνων η Ελλάδα δεν είχε καλυφτεί από πάγους. Έτσι αποτέλεσε "καταφύγιο" για πολλά βορειοευρωπαϊκά είδη δέντρων, των οποίων η ζώνη εξάπλωσης μεταφέρθηκε εδώ, όπου διασταυρώθηκαν με τα νότια είδη και προσαρμόστηκαν στις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες.

Τα περισσότερα ελληνικά δάση χαρακτηρίζονται ως μεσογειακά. Πρόκειται για οικοσυστήματα που είναι προσαρμοσμένα σε ξηρά, ζεστά καλοκαίρια και σε ψυχρούς χειμώνες. Πολλά είναι τα σπάνια και ενδημικά είδη δέντρων που απαντώνται εδώ, όπως το κεφαλλονίτικο έλατο (*Abies cephalonica*), το ρόμπολο (*Pinus leucodermis*) και η αμπελισιά (*Zelcova abelicea*), καθώς και δέντρα που εξαπλώνονται σε όλη την Ευρώπη αλλά έχουν στη χώρα μας τα νότια σύνορά τους, όπως το δασικό πεύκο (*Pinus silvestris*) και που παρακάτω θα αναλυθούν εκτενέστερα [5H].

Γενικά η κατανομή των μορφών εδαφοπονίας του ελληνικού χώρου σύμφωνα με στοιχεία της Δασικής Υπηρεσίας και της ΕΣΥΕ έχει ως ακολούθως :

Πίνακας 1.4.α: Μορφές εδαφοπονίας στην Ελλάδα.

Μορφές εδαφοπονίας	Έκταση στερεμάτων	%
1. Δάση	25.124.180	19,0
2. Μερικώς Δασοσκεπείς εκτάσεις	32.421.400	24,6
3. Φρυγανότοποι	2.773.135	2,1

4. Αλπικές εκτάσεις	4.400.577	3,3
5. Χορτολίβαδα	17.555.073	13,3
6. Έλη - Λίμνες - Ποταμοί	2.728.620	2,1
7. Άγωνα	7.348.513	5,6
8. Γεωργικές Καλλιέργειες	39.638.500	30,0
Σύνολο χώρας	131.990.000	100,0

1.5 ΟΙ ΦΥΤΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

1.5.α Θαμνώδεις Σχηματισμοί.

Οι θαμνώδεις σχηματισμοί καλύπτουν ευρείες περιοχές της Ελλάδας από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι το υψόμετρο των 700 μέτρων. Συνολικά καλύπτουν γύρω στο 13% των δασικών εκτάσεων της Ελλάδας.

Στις υγρότερες περιοχές της ζώνης αυτής και όπου δεν έχει σημειωθεί ακραία υποβάθμιση της βλάστησης (λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων) αναπτύσσεται η λεγόμενη μακεία βλάστηση. Αυτή χαρακτηρίζεται από πλατύφυλλα και αείφυλλα φυτά ύψους 1-3 μέτρα. Τα φυτά αυτά για να προσαρμοστούν και να ρυθμίσουν το υδατικό τους ισοζύγιο κατά την περίοδο ξηρασίας αναπτύσσουν βαθιές και εκτεταμένες ρίζες για μεγαλύτερη πρόσληψη νερού και εκμετάλλευση του εδάφους. Επίσης μειώνουν την διαπνοή από τα φύλλα τους με μια σειρά μορφολογικών, φυσιολογικών και ιστολογικών προσαρμογών (π.χ. αγκάθια).

Χαρακτηριστικοί σχηματισμοί της μακείας βλάστησης είναι :

- ο σχοίνος (συνυπάρχει συνήθως με τη χαρουπιά, την μυρτιά και το θαμνοκυτάρισσο)
- το πουρνάρι (συνυπάρχει συχνά με το μικρό φιλίκι)
- η αριά (συνυπάρχει με το φράξο)
- η κουμαριά
- το ρείκι
- η αγριελιά, το σπάρτο, η αγριοτσικουδιά
- κέδροι και κυπαρίσσια

Στις ξηρότερες περιοχές της ζώνης και όπου φωτιά και βόσκηση έχουν υποβαθμίσει σημαντικά την βλάστηση αναπτύσσονται θαμνώδεις σχηματισμοί που ονομάζονται φρύγανα. Τα φρύγανα χαρακτηρίζονται από χαμηλή πυκνότητα και εποχικό διμορφισμό. Σύμφωνα με αυτή την προσαρμοστική ιδιότητα τα φυτά έχουν δύο τύπους φύλλων, το χειμωνιάτικο και το καλοκαιρινό.

Χαρακτηριστικοί σχηματισμοί φρυγάνων είναι :

- η λαδανιά
- η ασφάκα
- το θυμάρι.

Άλλα είδη που συχνά συνυπάρχουν με τα παραπάνω είναι οι γαλατσίδες, ο αμάραντος, η λεβάντα, η ασπαλαθιά, το λυχναράκι κ.ά.

1.5.β Σχηματισμοί Φυλλοβόλων.

Οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται από φυλλοβόλα δέντρα με υψηλούς κορμούς. Τα χαρακτηριστικότερα και κυρίαρχα είναι τα διάφορα είδη φυλλοβόλου δρυός (χνοώδης, πλατύφυλλος, ήμερη βελανιδιά, μακεδονίτικη βελανιδιά κ.τ.λ.) και οξυάς. Οι σχηματισμοί των φυλλοβόλων καλύπτουν περίπου το 30% της δασικής επιφάνειας της Ελλάδας.

Άλλα είδη που απαντώνται είναι η καστανιά, η οστρυά και στην Βόρεια Ελλάδα η φλαμουριά, γαύροι και κρανιές.

1.5.γ Ορεινοί Σχηματισμοί Φυλλοβόλων και Κωνοφόρων.

Οι σχηματισμοί αυτοί διαδέχονται στην υψομετρική βαθμίδα τους σχηματισμούς φυλλοβόλων δρυών σε όλο τον ελλαδικό χώρο. Στην Νότια Ελλάδα όπου κυριαρχούν ξηρότερες κλιματικές συνθήκες και η επίδραση της μεσογειακής χλωρίδας επικρατεί το έλατο της Κεφαλονιάς. Στην Βόρεια Ελλάδα με τις ψυχρότερες και υγρότερες συνθήκες και την μεγαλύτερη επίδραση των Κεντρο-Ευρωπαϊκών στοιχείων επικρατούν η οξυά, η λευκή ελάτη, είδη ψυχρόβιας πεύκης και λιγότερο η ερυθρελάτη.

1.5.δ Αλπικά Λιβάδια.

Τα αλπικά λιβάδια είναι αραιές θαμνώδεις εκτάσεις όπου κυριαρχούν ο θαμνόκερδος, το θαμνοκυπάρισσο, το σκίλθρο και άλλοι θάμνοι. Αναπτύσσονται μετά τα δασοόρια εκεί όπου τα δέντρα δεν μπορούν να ευδοκιμήσουν. Χαρακτηριστική προσαρμογή τους είναι η σύντομη περίοδος βλάστησης, ανθοφορίας και αναπαραγωγής, μετά το λιώσιμο του χιονιού. Οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται από μια αλπική χλωρίδα μη ξυλωδών φυτών, ποών και γράσεων [1].

1.6 Η ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΗ ΔΑΣΙΚΗ ΥΛΗ

❖ *CISTUS INCANUS* L.



Εικόνα 1.6.α: *Cistus Incanus*.

Το είδος *Cistus incanus*, ή λαδανιά, είναι ένας μικρός, πολύκλαδος, αρωματικός θάμνος με μέγιστο ύψος αλλά και διάμετρο το 1 μέτρο. Ο φλοιός παρουσιάζεται με σχισμές που εκθέτουν ένα ανοιχτότερου χρώματος

υπόστρωμα. Έχει μικρά τριχωτά φύλλα, ωοειδή με παρυφές κυματιστές. Τα νεύρα είναι πολύ εμφανή δίνοντας έτσι στο φυτό ρυτιδιασμένη όψη. Τα φύλλα, 1-4 x 1,2 cm, αντρωοειδή ή σχεδόν κυκλικά, όξυ- ή αμβλυκόρυφα. Ο μίσχος 0,5-1 cm, είναι διαπλατυνόμενος προς τη βάση, πτερυγιοφόρος και μερικές φορές οι βάσεις των αντίθετων μίσχων συμφύονται. Τα άνθη είναι ιωδοροδόχρωμα, ανά 1-3, σε επάκρια, αραιά κύματα. Τα δύο εξωτερικά σέπαλα είναι πλατιά, ωοειδή, με πυκνές ή αραιές τρίχες, με οξεία κορυφή. Τα τρία εσωτερικά είναι παρόμοια αλλά λίγο στενότερα. Τα πέταλα 2,5-3 x 1,5-2 cm είναι αντρωοειδή, αμβλυκόρυφα. Οι στήμονες 0,5-0,8 cm είναι κίτρινοι, με γραμμοειδή νήματα και επιμήκεις ανθήρες. Η ωοθήκη σχεδόν σφαιρική, με πυκνές, λευκές τρίχες ενώ ο στύλος 2,5-4 mm είναι γυμνός, με κεφαλόμορφο στίγμα. Τέλος η κάψα 0,6-1 x 0,7 cm είναι πλατιά ωοειδής ή σχεδόν σφαιρική, ξυλώδης, με λεπτές τρίχες, σκουροκάστανη και τα σπέρματα ακανόνιστα γωνιώδη. Παρουσιάζει έντονη ανθοφορία την άνοιξη από το Μάρτιο μέχρι τον Ιούνιο. Πολλαπλασιάζονται με σπορά, αμέσως μετά την ωρίμανση των σπόρων ή νωρίς την άνοιξη με επικονίαση συνήθως από μέλισσες.

Μπορεί να αναπτυχθεί σε ξηρά, άγονα, ουδέτερα ή αλκαλικά εδάφη, σε ηλιόλουστες, προστατευμένες θέσεις. Έτσι μπορεί να βρεθεί ανάμεσα σε θαμνότοπους και σε πυκνούς θαμνώδεις βράχους, σε ξηρούς λόφους, μέχρι τα 1000 μέτρα υψόμετρο. Είναι φωτόφυλλο είδος, δεν επιδέχεται σκίαση, αντέχει όμως στην ξηρασία και σε εκθέσεις σε θαλασσινούς ανέμους. Μπορεί να αναπτυχθεί ακόμη και στα πλέον ακραία περιβάλλοντα. Παρόλο που είναι ευαίσθητο στους βαρείς χειμώνες, αντέχει για μικρά διαστήματα σε θερμοκρασίες μέχρι και 15°C. Είναι επίσης λιτοδίαιτο είδος αφού αναπτύσσεται και στα πλέον φτωχά εδάφη αρκεί να είναι καλά αποστραγγιζόμενα. Είναι δυνατό τέλος να αναπτυχθεί σε όξινα εδάφη αρκεί να μην επικρατούν ακραίες συνθήκες οξύτητας. Συναντάται σχεδόν σε ολόκληρη τη χώρα και κυρίως στη Θάσο.

Παρέχει όπως προαναφέρθηκε μια αρωματική ρητίνη (λάδανο ή λήδανο των αρχαίων), που χρησιμοποιούνταν στην αρχαιότητα ως φάρμακο και ως θυμίαμα. Σήμερα χρησιμοποιείται στην αρωματοποιία, στη φαρμακοποιία καθώς επίσης και στη σαπωνοποιία.

Στη χώρα μας η χρήση του είναι περιορισμένη παρότι είναι ιθαγενές είδος και είναι εξαιρετικό για περιοχές με μικρές βροχοπτώσεις και ήπιο κλίμα [6H] [7H] [2].

1.7 ΟΙ ΖΩΝΕΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Γενικά στη χώρα μας ανάλογα με τις κλιματεδαφικές συνθήκες και το υψόμετρο μπορούμε να διακρίνουμε ζώνες βλάστησης με διαφορετική ποικιλότητα από την επιφάνεια της θάλασσας μέχρι το υψόμετρο των 1800-2000 μέτρων που αποτελεί και το δασοόριο. Μια αδρή ταξινόμηση των ζωνών αυτών στηριγμένη στα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι:

1.7.α Βλάστηση των μεσογειακών περιοχών

Μεσογειακά δάση κωνοφόρων, είναι χαρακτηριστικά συστήματα στις παράλιες ζώνες της χώρας, όπου κατά περίπτωση κυριαρχεί ένα μόνο είδος κωνοφόρου. Τα πιο κοινά είναι τα δάση με **χαλέπιο πεύκη** (*Pinus halepensis*), που εμφανίζονται κυρίως σε ασβεστολιθικά αλλά και αμμώδη εδάφη μέχρι το υψόμετρο των 1200 μέτρων. Σε κάποιες περιοχές τη θέση της χαλεπίου πεύκης παίρνει ένα άλλο είδος η τραχεία πεύκη ή **θασίτικο πεύκο** (*Pinus brutia*), είδος που παρουσιάζει ανθεκτικότητα τόσο στους ανέμους και την ξηρασία, όσο και στο ψύχος. Ο υπόροφος που σχηματίζεται στα δάση αυτών των δύο κωνοφόρων, ανάλογα με την περιοχή εμφάνισής τους, κυριαρχείται από είδη των μακί και των φρυγάνων. Τα δάση **κουκουναριάς** (*Pinus pinea*) απαντώνται κυρίως σε αργιλοαμμώδη εδάφη και η έκτασή τους είναι εξαιρετικά περιορισμένη στη χώρα μας. Σε ακόμη μικρότερη έκταση παρουσιάζονται τα δάση **κυπαρισσιού** (*Cupressus sempervirens*).

1.7.β Μικτά φυλλοβόλα δάση

Αποτελούν φυτικές διαπλάσεις όπου κυριαρχούν είδη βελανιδιάς (είδη *Quercus*). Τα δάση με την πλατύφυλλη **βελανιδιά** (*Quercus conferta*) είναι τα πιο εκτεταμένα. Στη συμπαγή και συνεχή τους μορφή απαντώνται στη βόρειο Ελλάδα εκεί, όπου επικρατούν σχετικά χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ στη νότιο Ελλάδα σχηματίζουν αραιές συστάδες. Τα δάση με **χνοώδη δρυ** (*Quercus*

rubescens) απαντώνται αμιγή μόνο στις ξηρές περιοχές και ανάμικτα με την πλατύφυλλο στις υπόλοιπες. Η χνοώδης και η **ήμερη βελανιδιά** (*Quercus macrocarpa*) απαντώνται εκτός από την ηπειρωτική Ελλάδα και στα νησιά. Κύρια προσαρμογή των δασών αυτών είναι η φυλλόπτωση το φθινόπωρο σαν μέσο εξοικονόμησης ενέργειας και προστασίας στις σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες.

1.7.γ Ορεινά δάση κωνοφόρων

Πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και συχνές χιονοπτώσεις χαρακτηρίζουν τα ψηλά σημεία των ελληνικών βουνών. Σε υψόμετρα πάνω από τα 800 μέτρα επικρατούν είδη κωνοφόρων που αντέχουν στο ψύχος όπως η **μαύρη πεύκη** (*Pinus nigra*), η **κεφαλληνιακή ελάτη** (*Abies cephalonica*), η **δασική πεύκη** (*Pinus sylvestris*), το **ρόμπολο** (*Pinus leucodermis*), και η **υβριδογενής ελάτη** (*Abies borisii-regis*).

1.7.δ Ηπειρωτικές κεντροευρωπαϊκές δενδρώδεις διαπλάσεις

Παρουσιάζονται σε περιοχές που η θερμοκρασία το χειμώνα πέφτει κάτω από το όριο του παγετού. Οι βροχοπτώσεις κατανέμονται σχετικά ομοιόμορφα σε όλη τη διάρκεια του χρόνου και κυμαίνονται από 600 μέχρι 1500 χιλιοστά. Αποτελούν τα πλουσιότερα αποθέματα ξύλου της χώρας. Διακρίνονται δύο κύριες ζώνες:

- i) Κυριαρχία της **πλατύφυλλης βελανιδιάς** και κυριαρχία της **ευθύφυλλης βελανιδιάς** (*Quercus cerris*). Στα δάση αυτά είναι έντονη και η παρουσία του **γάβρου** (είδη *Carpinus*) και συχνά ονομάζονται δάση βελανιδιάς-γάβρου. Στην ίδια ζώνη απαντά και η **καστανιά** (*Castanea sativa*) που φύεται στις ορεινές περιοχές της χώρας.
- ii) Τα αμιγή δάση **δασικής οξιάς** (*Fagus sylvatica*) πάνω από τα 700 και μέχρι τα 1700 μέτρα και **ανατολικής οξιάς** (*Fagus orientalis*). Τα δάση αυτά έχουν πολύ φτωχό υπόροφο.

1.7.ε Υποαλπικά και αλπικά συστήματα

Στις κορυφές των βουνών και σε υψόμετρα πάνω από 1700 έως 2900 μέτρα απαντώνται φυτά και ζώα που συνθέτουν τα ελληνικά αλπικά συστήματα. Η θερμοκρασία στις περιοχές αυτές δεν ξεπερνά τους 0°C από τον Οκτώβριο μέχρι τον Μάιο και καλύπτονται από χιόνι το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου. Τα δέντρα αναπτύσσονται μεμονωμένα μέχρι κάποιο ύψος και ψηλότερα δίνουν τη θέση τους σε θάμνους και ποώδη φυτά που σχηματίζουν τα αλπικά λιβάδια. Οι συνηθέστεροι θάμνοι είναι η **ξεραγκαθιά** (*Berberis cretica*), οι τετραγκαθιές (είδη *Astragalus*), ο κοινός **αγριόκεδρος** (*Juniperus communis*) και η **σκλήθρα** (*Alnus viridis*). Στα αλπικά λιβάδια που είναι πανέμορφα την εποχή της ανθοφορίας τους συνήθως απαντώνται διάφορα είδη αγριολούλουδων καθώς και είδη αγρωστωδών.

1.7.ζ Υποτροπικά συστήματα

Υποτροπική βλάστηση στη χώρα μας παρουσιάζεται κατά θέσεις μόνο στην Κρήτη και συγκεκριμένα στο περίφημο φοινικόδασος του Βάι με τον **φοίνικα του Θεόφραστου** (*Phoenix theophrastii*), που είναι εύτρωτο είδος και προστατευόμενο από την ελληνική νομοθεσία και τη σύμβαση της Βέρνης. Φοινικοδάση απαντώνται σε πολύ μικρότερη όμως έκταση και σε άλλες περιοχές της Κρήτης [2Η].

1.8 ΟΙ ΠΡΟΣΦΟΡΕΣ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ

- ◆ Μειώνει τους θορύβους.
- ◆ Ενισχύει τα υπόγεια νερά.
- ◆ Μειώνει την ένταση του ανέμου.
- ◆ Συγκρατεί το έδαφος και εμποδίζει τη διάβρωση.
- ◆ Δημιουργεί υγιεινές συνθήκες εργασίας και διαβίωσης.
- ◆ Απορροφά και εξουδετερώνει διάφορες επιβλαβείς ουσίες.
- ◆ Δεν εξαντλεί το έδαφος και βοηθά στη δημιουργία εδάφους.
- ◆ Εμποδίζει την εξάτμιση του εδάφους και αυξάνει την υγρασία του.

- ◆ Δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες διατήρησης διαφόρων φυτικών ειδών.
- ◆ Προσφέρει ευκαιρίες απασχόλησης, δημιουργίας, άθλησης, ψυχαγωγίας.
- ◆ Παράγει το απαραίτητο και αναντικατάστατο για τη ζωή μας οξυγόνο.
- ◆ Μειώνει την ένταση του φωτός και επιδρά στη σύνθεση του, δημιουργώντας ένα ιδιαίτερο φωτοκλίμα.
- ◆ Βελτιώνει την ποιότητα του νερού, ενεργεί σαν μικροβιολογικό χημικό και φυσικό φίλτρο του νερού.
- ◆ Αυξάνει τις βροχές, μετατρέπει σε βροχή (βροχομίχλη), την υγρασία του αέρα και υγρατοποιεί την ομίχλη.
- ◆ Συγκρατεί το νερό της βροχής και δεν το αφήνει να πέφτει με δύναμη στο έδαφος και να το διαβρώνει.
- ◆ Εξασφαλίζει κατάλληλες συνθήκες για την προστασία, διατροφή και διατήρηση πολλών ζωικών οργανισμών.
- ◆ Παράγει σημαντικές ποσότητες βιομάζας, μας προσφέρει διάφορα δασικά προϊόντα και δεσμεύει ενέργεια.
- ◆ Σήμερα τα δάση μας καλύπτουν έκταση 25.124.180 στρεμμάτων που αναλογεί στο 19% της συνολικής έκτασης της χώρας [8H].

1.9 ΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΤΩΝ ΔΑΣΩΝ

Κάθε οικοσύστημα, με διάφορους μηχανισμούς ελέγχου που διαθέτει, μπορεί να ξεπεράσει ικανοποιητικά κάποιες απότομες μεταβολές οι οποίες προκαλούνται από ενδογενείς ή εξωγενείς παράγοντες, εφόσον οι μεταβολές αυτές δεν ξεπερνούν τα όρια "ευστάθειας" του οικοσυστήματος. Με τον όρο ευστάθεια εννοούμε την ικανότητα του συστήματος να επαναφέρει σε κατάσταση ισορροπίας τη δομή και τη λειτουργία του σε σχέση με τις περιβαλλοντικές παραμέτρους.

Η διαταραχή μπορεί να θεωρηθεί ως "φυσικό γεγονός" κι αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο στην εξελικτική δυναμική που χαρακτηρίζει τα οικοσυστήματα, όταν η έκταση, η συχνότητα και η ένταση με τις οποίες εκδηλώνεται δεν ξεπερνά τα όρια της ευστάθειας του οικοσυστήματος.

Ένας συνδυασμός όμως αυξημένης έντασης και συχνότητας διαταραχής και το κυριότερο, ένας συνδυασμός διαταραχών, οδηγεί σε υποβάθμιση του οικοσυστήματος.

Για το δάσος, αιτία διαταραχών μπορεί να είναι η ξηρασία, οι ισχυροί άνεμοι, οι χιονοπτώσεις, τα παθογόνα έντομα και οι μικροοργανισμοί, η φωτιά, η βόσκηση, η ρύπανση και η κακή διαχείρισή του από τον άνθρωπο. Οι διαταραχές αυτές μπορεί να καταταγούν σε βιοτικές ή αβιοτικές, ενδογενείς ή εξωγενείς. Οι εξωγενείς προκαλούνται κυρίως από τον άνθρωπο και οδηγούν στην υποβάθμιση του οικοσυστήματος του δάσους [2Η].

Στον σχήμα 1.1.8.α παρουσιάζονται διαγραμματικά οι σημαντικότερες απειλές των δασών.



Σχήμα 1.8.α: Οι σημαντικότερες απειλές των δασών.

2. ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ.

2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.



Εικόνα 2.1α: Πυρκαγιά σε Δάσος

Οι δασικές πυρκαγιές είναι ένα φαινόμενο άρρηκτα συνδεδεμένο με τον ελληνικό χώρο. Από την αρχαία ακόμη ιστορία υπάρχουν πολλές αναφορές σε δασικές πυρκαγιές, τόσο στην Αττική, όσο και σε άλλες περιοχές.

Η μεγάλη πλειοψηφία των δασικών πυρκαγιών εκδηλώνεται στην παραθαλάσσια ζώνη, όπου η υπάρχουσα βλάστηση είναι τυπικά Μεσογειακή. Στα μεσογειακά δασικά οικοσυστήματα οι κλιματικές συνθήκες (φως, υγρασία, θερμοκρασία) είναι τέτοιες, ώστε ο ρυθμός με τον οποίο παράγεται η βιομάζα (χόρτα, φύλλα, βελόνες κ.α.) με τη φωτοσύνθεση είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό διάσπασης την νεκρής βιομάζας μέσω της δράσης των μικροοργανισμών και της σήψης. Έτσι δημιουργείται ένα πλεόνασμα το οποίο, χωρίς την ύπαρξη

ενός εναλλακτικού τρόπου διάσπασης της βιομάζας, θα οδηγούσε σε μια συσσώρευση της που δε θα επέτρεπε την ανανέωση των οικοσυστημάτων. Στη φύση όμως ο εναλλακτικός αυτός τρόπος υπάρχει και είναι η φωτιά. Εάν λοιπόν η πλεονάζουσα βιομάζα δεν απομακρυνθεί με κάποιο άλλο τρόπο, όπως η βόσκηση των ζώων και η απόληψη ξυλείας από τους ανθρώπους, η φυσική της κατάληξη θα είναι η πυρκαγιά.

Η φωτιά, όσο και αν φαίνεται παράξενο, είναι στοιχείο απαραίτητο για τη φυσική λειτουργία των περισσότερων δασικών οικοσυστημάτων. Όμως το πόσο συχνά εκδηλώνονται πυρκαγιές σε ένα τύπο δασικού οικοσυστήματος εξαρτάται κυρίως από το ρυθμό συσσώρευσης της βιομάζας, δηλαδή από τη διαφορά ανάμεσα στην παραγωγή και τη διάσπαση ή απομάκρυνση της, την πιθανότητα έναρξης της πυρκαγιάς από φυσικά ή ανθρωπογενή αίτια, αλλά και από την ύπαρξη καιρικών συνθηκών που θα ευνοήσουν την εξάπλωσή της.

Δυστυχώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες, είτε λόγω αμέλειας, είτε από πυρομανία, είτε για εξασφάλιση οικονομικού οφέλους, αυξάνουν σημαντικά τη συχνότητα εκδήλωσης πυρκαγιών. Το αποτέλεσμα είναι η φυσική εκτροπή της φυσικής ισορροπίας και της διαδοχής των ειδών και μακροχρόνια η υποβάθμιση των δασικών οικοσυστημάτων. Ιδιαίτερα όταν η μεγάλη συχνότητα των πυρκαγιών συνδυάζεται με την υπερβόσκηση των καμμένων εκτάσεων, τα αποτελέσματα είναι δραματικά καθώς οι εκτάσεις αυτές χάνουν σύντομα το έδαφός τους και τη δυνατότητά τους να συντηρούν πλούσια βλάστηση. Έτσι καταλήγουν σε υποβαθμισμένους βραχύτοπους με μικρή βιοποικιλότητα, ανύπαρκτη σχεδόν παραγωγικότητα και αδυναμία να προστατεύσουν τις πιο κάτω περιοχές από πλημμυρικά φαινόμενα [3].

2.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΙΣ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ.

Ενώ είναι αλήθεια ότι οι αρχές της καύσης εφαρμόζονται σε όλες τις φωτιές είναι επίσης αλήθεια ότι αυτές διαφέρουν αρκετά στην συμπεριφορά και στα χαρακτηριστικά της καύσης. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που καθορίζουν μια φωτιά μόλις ανάψει, πώς θα κάψει. Στην περίπτωση των δασικών πυρκαγιών μιλάμε για 7 συνθήκες που μπορούν να επηρεάσουν την συμπεριφορά μιας φωτιάς και οι οποίες ομαδοποιούνται σε 3 βασικές: στην καύσιμη ύλη, στον καιρό και στις τοπογραφικές συνθήκες.

2.2.α.Καύσιμη ύλη.

Το δάσος στο σύνολό του αποτελεί καύσιμη ύλη. Κάθε δέντρο, κλαδί, φύλλο, πόα και γράστης είναι υλικά αναφλέξιμα. Παρόλα αυτά αυτό εξαρτάται από την εποχή, γιατί με αυτήν ποικίλουν οι συνθήκες καύσης και η σύνθεση της καύσιμης ύλης, άρα ο βαθμός αναφλεξιμότητας διαφέρει τοπικά και χρονικά. Έτσι η συμπεριφορά μιας δασικής πυρκαγιάς εξαρτάται από τον τύπο του καυσίμου και τις συνθήκες καύσης αυτού.

Αξίζει να σημειωθεί ότι όσο πιο ομοιόμορφη και συνεχόμενη κατανομή της καύσιμης ύλης υπάρχει, τόσο μεγαλύτερη και γρηγορότερη ανάφλεξη και πλήρη καύση αναμένεται, ενώ αντίθετα όσο πιο πολλά διάκενα βλάστησης υπάρχουν τόσο περισσότερες είναι οι αλλαγές στην ταχύτητα εξάπλωσης και στην διάδοση μιας πυρκαγιάς.

2.2.β.Τύποι Καύσιμης Ύλης

Οι τύποι της καύσιμης ύλης στα ελληνικά δάση παίζουν σημαντικό ρόλο γιατί κατά κύριο λόγο καθορίζουν τον τύπο συμπεριφοράς μιας δασικής πυρκαγιάς. Η καύσιμη ύλη διακρίνεται σε τρεις ομάδες :

- στο αναφλέξιμο καύσιμο υλικό

- στο βαρύ καύσιμο υλικό
- στο πράσινο καύσιμο υλικό.

2.2.β.1 Αναφλέξιμη καύσιμη ύλη.

Η αναφλέξιμη καύσιμη ύλη συναντάται στον υπόροφο των δασών μας. Η σύνθεσή της συνίσταται από βελόνες πεύκης, φύλλα, φλοιό απφλοίωσης, ξερούς κλάδους, ξερά πρέμνα κτλ. Τυπικά δάση στον ελλαδικό χώρο με αυτό το είδος της καύσιμης ύλης είναι τα αείφυλλα, τα πλατύφυλλα και τα διφυή δάση με ανόροφο από πεύκα (χαλέπιο, τραχεία, μαύρη) και υπόροφο με αείφυλλα πλατύφυλλα. Αυτό το υλικό αναφλέγεται αμέσως γιατί περιέχει ρητίνη και είναι ξερό όλο το καλοκαίρι. Η κρίσιμη αυτή ύλη μετά την ανάφλεξή της εξαπλώνεται ταχύτατα και μεταδίδει τη θερμότητά της στη βαρειά και στην πράσινη καύσιμη ύλη που με τη σειρά της αναφλέγεται. Όταν οι φωτιές καίνε τον υπόροφο τότε συνήθως ελέγχονται αλλά όταν μεταπηδήσουν στην κοσμοστέγη τους δάσους τότε η ταχύτητά τους και η εξάπλωσή τους είναι μεγάλη. Το ίδιο αναφλέξιμο υλικό το συναντάμε σε δάση Δρυός-Πεύκης, Καστανιάς-Ερυθρελάτης-Οξυάς.

2.2.β.2 Βαρειά καύσιμη ύλη.

Η ύλη αυτή καίει αργά και το κάψιμό της διαρκεί πολύ χρόνο. Η σύνθεσή της συνίσταται από κατακείμενους κορμούς, χοντρά κλαδιά, πρέμνα, ανεμορρίματα ή ακόμα και από βαριά υπολείμματα υλοτομιών. Αυτό το υλικό συνήθως παραμένει υγρό και σπάνια αναφλέγεται μόνο του, αλλά χρειάζεται και αναφλέξιμη καύσιμη ύλη για να καεί. Μόλις το υλικό αυτό αναφλεγεί συνεχίζει να καίει για μέρες και είναι δύσκολο να σβηστεί. Όταν η φωτιά αυτή συνεχίζει να καίει για πολύ χρόνο οι καιόμενοι κορμοί σπάνε και πέφτουν στο έδαφος ακόμα και όταν σβηστούν.

2.2.β.3 Πράσινη καύσιμη ύλη.

Αυτές οι συνθέσεις της καύσιμης ύλης συνίστανται από ζωντανό πράσινο υλικό δέντρων, κλαδιών, θάμνων, γραστέων κ.τ.λ. και καίγεται μόνο όταν ξεραθεί

ή στεγνώσει γρήγορα και όταν έλθει σε επαφή με φλόγες άλλου καιόμενου υλικού. Εν τούτοις οι πράσινες βελόνες του πεύκου καίγονται γρήγορα γιατί περιέχουν ρητίνη.

2.3 ΣΥΝΘΗΚΗ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Η συνθήκη καύσης ενός δασικού υλικού αναφέρεται στην περιεχόμενη υγρασία του, η οποία καθορίζεται από τις καιρικές συνθήκες. Φυσικό ξερό ξύλο με ποσοστό υγρασίας μικρότερο του 13% καίγεται γρηγορότερα από ένα υγρό ξύλο. Η αναφλέξιμη καύσιμη ύλη χάνει την υγρασία της γρηγορότερα από την βαριά καύσιμη ύλη. Η πράσινη καύσιμη ύλη έχει υψηλότερο περιεχόμενο υγρασίας την άνοιξη και το καλοκαίρι (αυξητική περίοδος) από ότι το φθινόπωρο και τον χειμώνα. Είναι σημαντικό οι συνθήκες καύσης της καύσιμης ύλης να είναι γνωστές σε μια φωτιά γιατί αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της.

2.3.α Ο Καιρός

Οι καιρικές συνθήκες που αφορούν τις δασικές πυρκαγιές είναι αυτές που επηρεάζουν την περιεχόμενη υγρασία της καύσιμης ύλης. Οι συνθήκες αυτές είναι :

- τα κατακρημνίσματα
- η σχετική υγρασία
- η θερμοκρασία και
- οι άνεμοι.

2.3.α.1 Τα Κατακρημνίσματα

Τα κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι) ή η απουσία αυτών επηρεάζουν την περιεχόμενη υγρασία της καύσιμης ύλης. Μια παρατεταμένη ξηρασία μειώνει πολύ την περιεχόμενη υγρασία αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο για φωτιά. Αντίθετα αποτελέσματα επιφέρει μια παρατεταμένη περίοδος βροχών. Επίσης αν βρέξει κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς η φωτιά σβήνει.

2.3.α.2 Η Σχετική Υγρασία

Η σχετική υγρασία αναφέρεται στην ποσότητα της υγρασίας που περιέχεται στον αέρα. Μεταβάλλεται με την θερμοκρασία και μάλιστα αύξηση της

θερμοκρασίας σημαίνει αύξηση της σχετικής υγρασίας. Όσο η σχετική υγρασία είναι μεγάλη και διατηρείται κοντά στο σημείο κορεσμού τόσο η υγρασία της καύσιμης ύλης αυξάνεται. Έτσι ο υγρός αέρας δεν απορροφά υγρασία από την καύσιμη ύλη και ο κίνδυνος πυρκαγιάς είναι μειωμένος.

2.3.α.3 Η Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία σχετίζεται με την σχετική υγρασία άμεσα. Αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται αύξηση της σχετικής υγρασίας. Για παράδειγμα η ομίχλη ή η πάχνη σχηματίζεται τις βραδινές κυρίως ώρες, όταν ο αέρας που έχει θερμανθεί την ημέρα από τον ήλιο ξαφνικά ψύχεται αυξάνοντας τη σχετική υγρασία μέχρι το σημείο κορεσμού. Συνεπώς η θερμοκρασία και άρα η σχετική υγρασία μπορούν να επηρεάσουν την δυναμική πορεία καύσης της καύσιμης ύλης και γενικότερα την ανάφλεξη της ή όχι.

2.3.α.4 Οι άνεμοι

Οι άνεμοι επηρεάζουν με διάφορους τρόπους την καύσιμη ύλη και την πορεία μιας πυρκαγιάς. Ανάλογα την ταχύτητά τους αφαιρούν από την καύσιμη ύλη υγρασία και όταν είναι ξεροί ευνοούν την ανάφλεξη γιατί τροφοδοτούν την καύσιμη ύλη με οξυγόνο. Οι άνεμοι μεγάλων ταχυτήτων μεταφέρουν καύτρες οι οποίες πολλές φορές υπερπηδούν ακόμα και την αντιπυρική ζώνη και δημιουργούν στα μετόπισθεν νέες εστίες. Ακόμα μια αιφνίδια αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου αλλάζει το μέτωπο της φωτιάς προκαλώντας προβλήματα στο πυροσβεστικό σώμα.

2.4 ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΟΡΕΙΑ ΔΑΣΙΚΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

- 10π.μ.-6μ.μ.: Η φωτιά καίει με μεγάλη ένταση. Ο έλεγχός της είναι δύσκολος.
- 6μ.μ.-4π.μ.: Η ένταση της φωτιάς μειώνεται προοδευτικά, όσο βραδιάζει και είναι ευκολότερο να ελεγχθεί η πορεία της.
- 4π.μ.-6π.μ.: Η φωτιά μειώνεται στην ελάχιστη έντασή της και είναι εύκολο να ελεγχθεί η πορεία της και να καταπολεμηθεί.

- 6π.μ.-10π.μ.: Η φωτιά αναζωπυρώνεται και ο έλεγχός της γίνεται δύσκολος ή αδύνατο [4].

2.5 ΕΙΔΗ ΔΑΣΙΚΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

Στην πράξη ξεχωρίζουν 5 είδη δασικών πυρκαγιών που ξεχωρίζουν από τους παράγοντες που δημιουργήσαν την κάθε μία και από τον τρόπο που καίνε :

- η επιφανειακή ή έρπουσα πυρκαγιά
- η υπόγεια πυρκαγιά
- η επικόρυφη πυρκαγιά
- η σημειακή ή πυρκαγιά καύτρας
- η πυρκαγιά αστραπών ή δέντρων .

2.5.α Επιφανειακή Πυρκαγιά

Το είδος αυτής της πυρκαγιάς είναι κοινό στην χώρα μας. Συμβαίνει στα αείφυλλα πλατύφυλλα και τα διφυή δάση Τραχείας και Χαλεπίου Πεύκης. Το Φθινόπωρο ή τον Χειμώνα συμβαίνει στα φυλλοβόλα δάση καστανιάς, δρυός και οξυάς.

Η επιφανειακή πυρκαγιά καίει γρήγορα, είναι αρκετά θερμή και επηρεάζεται πολύ από τον αέρα. Υπό κανονικές συνθήκες ελέγχεται εύκολα και από λίγους πυροσβέστες.

2.5.β Υπόγεια Πυρκαγιά

Καίει συνήθως σηπόμενη οργανική ύλη, δηλαδή τύρφη ή χούμο ή φύλλωμα και αυτό το κάνει κατά κανόνα υπόγεια. Η ταχύτητα καύσης της είναι μικρή γιατί πραγματοποιείται υπό συνθήκες ύπαρξης ελάχιστου οξυγόνου και το βάθος 1-2μ. Η υπόγεια πυρκαγιά συμβαίνει κυρίως στους λευκώνες. Η ανακάλυψή της γίνεται μετά από ημέρες, όταν πλέον έχει εξαπλωθεί υπογείως σε αρκετές εκατοντάδες μέτρα. Η καταπολέμησή της είναι αρκετά δύσκολη επειδή κάθε εστία της πυρκαγιάς χρειάζεται πρώτα να ανακαλυφθεί και μετά να σβηστεί. Οι υπόγειες πυρκαγιές συμβαίνουν το καλοκαίρι και τις αντιλαμβάνομαστε από τον έντονο καπνό τους και την έλλειψη φλόγας. Μπορούν εύκολα να μετατραπούν σε επιφανειακές.

2.5.γ Επικόρουφη πυρκαγιά

Καίει την κόμη των δέντρων και των θάμνων και τα πράσινα φύλλα τους και νεκρώνει το κάμβιό τους. Συμβαίνει κυρίως στα αείφυλλα πλατύφυλλα και στα διφυή δάση τραχείας, χαλεπίου και μαύρης πεύκης. Η ταχύτητα της επικόρουφης πυρκαγιάς στα κωνοφόρα δέντρα είναι αρκετά μεγάλη και ειδικά όταν συνδυάζεται με τα μελέμια του Αυγούστου. Από τις επικόρουφες πυρκαγιές προέρχονται πολλές σημειακές και δημιουργούνται έτσι πολλές νέες εστίες. Άλλος ένας λόγος που τις κάνει πολύ καταστροφικές.

2.5.δ Σημειακή Πυρκαγιά

Σαν σημειακή πυρκαγιά μπορεί να μετατραπεί οποιοδήποτε άλλο είδος πυρκαγιάς. Ξεχωρίζει απλά λόγω του τρόπου έναρξής της, επειδή δημιουργείται από εκσφενδονισμένες καύτρες που με τη σειρά τους δημιουργούν νέες εστίες μέχρι και 300 μέτρα μπροστά από το μέτωπο της κυρίως πυρκαγιάς. Οι νέες εστίες καίνε αρχικά αυτοτελώς και έπειτα ενώνονται με την μητρική τους πυρκαγιά. Είναι επικίνδυνες γιατί μπορούν να περικυκλώσουν τους πυροσβέστες όταν αυτοί επιτίθενται στο μέτωπο της πυρκαγιάς και γιατί υπερπηδούν την αντιπυρική ζώνη.

2.5.ε Πυρκαγιές από αστραπές

Εμφανίζονται σε μεμονωμένα δέντρα κατά την διάρκεια μιας θύελλας και προέρχονται από αστραπές. Οι πυρκαγιές αυτές ελέγχονται και σβήνουν εύκολα με άμεση προσβολή χωρίς να επεκταθούν. Μπορούν επίσης να συμβούν από κάπνισμα μελισσών.

2.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.6.α Αίτια Δασικών Πυρκαγιών

2.6.α.1 Πρόθεση-Εμπρησμός

Το 27% των πυρκαγιών που συμβαίνουν κάθε χρόνο στην Ελλάδα είναι από πρόθεση. Εσκεμμένες πυρκαγιές που προκαλούνται είτε από πυρομανία είτε από εκδίκηση είτε από κάποιο προσωπικό όφελος όπως γεωργική ή οικοπεδική επέκταση, τουριστική αξιοποίηση κ.τ.λ.

2.6.α.2 Κάπνισμα

Σοβαρή αιτία δασικής πυρκαγιάς στη χώρα μας αποτελεί το απρόσεκτο κάπνισμα μέσα στο δάσος ή και κατά μήκος των δρόμων. Το πέταγμα αναμμένων τσιγάρων ή σπύρτων κατασκηνωτών, κυνηγών, επισκεπτών ή περαστικών μπορεί να προκαλέσει σε περιόδους ξηρασίας ειδικά, μεγάλη πυρκαγιά.

2.6.α.3 Συγκοινωνιακά Μέσα

Σιδηροδρομικοί συρμοί κατά την διέλευσή τους μέσα από το δάσος προκαλούν επίσης δασικές πυρκαγιές. Σπινθήρας και θερμός άνθρακας, που προέρχονται από εξατμίσεις αυτοκινήτων, θερμά δοχεία, φρένα, κάψιμο παλιών υλικών και υπολειμμάτων, απροσεξία (ταξιδιωτών και υπαλλήλων σιδηροδρόμων, φορητών, λεωφορείων) είναι οι κύριες αιτίες αυτής της κατηγορίας.

2.6.α.4 Σκουπιδότοποι

Η συγκέντρωση των σκουπιδιών, πρώτον από αστικές περιοχές και δεύτερον από το περιβάλλον, και στην συνέχεια η καύση τους ή αυτανάφλεξή τους με ζύμωση, αποτελούν βασικά αίτια δασικής πυρκαγιάς. Σε πολλές περιπτώσεις οι πυρκαγιές οφείλονται στα υπολείμματα των σκουπιδιών που αποθηκεύονται απρόσεκτα κοντά ή μέσα στο δάσος.

2.6.α.5 Κατασκηνωτές

Οι κατασκηνωτές σε μη οργανωμένα κάμπινγκ μέσα στα δάση προκαλούν πυρκαγιές από απροσεξία. Όχι μόνο με τα τσιγάρα τους αλλά και με φωτιές που

ανάβουν για ψήσιμο φαγητού, φωτισμό, θέρμανση κλπ . Οι φωτιές αυτές συχνά εγκαταλείπονται χωρίς να σβηστούν με τον κατάλληλο τρόπο.

2.6.α.6 Αστραπές

Οι αστραπές είναι συνηθισμένη αιτία πρόκλησης πυρκαγιάς στην χώρα μας. Αυτές οι πυρκαγιές συνήθως συμβαίνουν κατά την διάρκεια του καλοκαιριού σε δάση τραχείας, χαλεπίου και μαύρης πεύκης, μετά από ηλεκτρική καταιγίδα συνοδευόμενη από βροχή ή από ξηρασία και ισχυρό άνεμο.

2.6.α.8 Χρήση εργαλείων και μηχανών

Η χρήση εκρηκτικών υλών στο δάσος για διάνοιξη δρόμων, για μετάλλευση, για διάνοιξη κορμοπλατειών, ή για σύρση ξυλείας, ή η υλοτομία και η μεταφορά ξυλωδών προϊόντων, πολλές φορές προκαλούν σπινθήρες και πυρκαγιές στο δάσος.

2.6.α.9 Άλλες Αιτίες

Υπάρχει πλήθος άλλων αιτιών και συμπτώσεων που μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιά. Τέτοιες είναι το κάψιμο καλαμιάς, οι θεριζοαλωνιστικές πυρκαγιές, ένωση καλωδίων Δ.Ε.Η., σπασμένα γυάλινα μπουκάλια, η καύση ξερών χόρτων, βλήματα πυροβολικού, κάπνισμα μελισσών, σιδηροδρομικά ή τροχαία ατυχήματα τριβές δένδρων και πλήθος άλλες αιτίες.

Πίνακας 2.6.α: Αιτίες δασικών πυρκαγιών

Αιτίες	Ποσοστό % επί του
	συνόλου πυρκαγιών 1968-81
Φυσικά τυχαία γεγονότα	5,9
Αμέλειες	36,0
Καύση αγρών	16,6
Τσιγάρα	9,3
Καύση σκουπιδιών	4,0
Εργαζόμενοι υπαίθρου	3,2
Εκδρομείς, κυνηγοί	1,3
Προθέσεις- Εμπρησμός	30,0

Διάφορα άλλα	2,4
<u>Άγνωστα</u>	<u>27,4</u>
<u>2.6.α.10 Φυσικοί Κίνδυνοι</u>	

Πέρα από τους ανθρωπογενείς κινδύνους που αναφέρθηκαν παραπάνω, υπάρχουν και φυσικοί κίνδυνοι οι οποίοι βέβαια είναι σπανιότεροι σήμερα. Ο συνδυασμός των δύο αποτελεί ότι χειρότερο και αποφέρει τεράστιες ζημιές. Οι φυσικοί κίνδυνοι είναι το αποτέλεσμα φυσικών παραγόντων όπως ο τύπος σύνθεσης της καύσιμης ύλης, η εποχή, ο καιρός και η τοπογραφική διαμόρφωση, οι οποίοι μπορεί να συνυπάρχουν για να καθορίσουν τις συνθήκες καύσης στο δάσος. Για παράδειγμα στη Νότια Ελλάδα και τα νησιά μπορεί να συναντήσει κανείς τους παρακάτω φυσικούς κινδύνους μέσα στα δάση:

- Άφθονη συγκέντρωση και σύνθεση αναφλέξιμου υλικού, όπως φύλλα ξερά, κλάδους και ξερά δέντρα, θαμνώδες υλικό αναφλέξιμο κ.τ.λ.
- Δάση με ελάχιστη υγρασία, λόγω παρατεταμένης ξηρασίας
- Αδιαπέραστα ή απρόσιτα δάση χωρίς δρόμους και μονοπάτια
- Ισχυρούς ανέμους και ξηρούς (μελτέμια)
- Ηλεκτρισμένες καταιγίδες, χωρίς βροχή ή με λίγη βροχή και πολλές αστραπές.

2.6.β Περίοδος δασικών πυρκαγιών

Κατά την διάρκεια του έτους, οι μήνες Μάιος έως Σεπτέμβριος χαρακτηρίζονται ως περίοδος υψηλού κινδύνου για πυρκαγιές στο δάσος. Κατά την διάρκεια την θερινής περιόδου συγκεντρώνεται μέσα στο δάσος άφθονο αναφλέξιμο υλικό από ξερά κατακείμενα υπολείμματα ή από υπολείμματα υλοτομιών, τα οποία δημιουργούν υψηλό κίνδυνο ανάφλεξης. Τα πρεμνοφυή μας δάση, τα δάση των αείφυλλων πλατυφύλλων και τα διφυή δάση χαλεπίου και τραχεία πεύκης της Ελλάδας, λόγω της σύνθεσής τους και λόγω των δυσμενών ξηρασιών του θέρους εντάσσονται στα δάση υψηλού κινδύνου.

2.7 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

✚ Καθάρισμα υπορόφου και διαχείριση ενός δάσους.

Μια πρώτη άμυνα ενάντια στις δασικές πυρκαγιές είναι το καθάρισμα του υπορόφου. Αυτή την πρωτοβουλία μπορούν να αναλάβουν δασοκτήμονες κοινότητες, δήμοι, τα Μοναστήρια και οι ιδιώτες. Ο υπόροφος αποτελείται από κατακείμενο εύφλεκτο υλικό που προέρχεται κυρίως από θεομηνίες (χιονορρίματα, ανεμορρίματα, έντομα κλπ.). Δρόμοι και μονοπάτια ή ακόμη και αντιπυρικές ζώνες μπορεί να διανοιγούν σε απρόσιτα δάση έτσι ώστε να είναι προσπελάσιμα σε περίπτωση πυρκαγιάς. Αντιπυρικές λωρίδες μπορεί να δημιουργηθούν γύρω από οικισμούς ή πλάι σε δρόμους ή σιδηροδρομικές γραμμές ή ακόμη και σε κάθε δασική περιοχή υψηλού κινδύνου.

✚ Χαρτογράφηση περιοχής

Κάθε δασική περιοχή πρέπει να έχει χαρτογραφηθεί. Σε ένα καλό χάρτη δασικών πυρκαγιών πρέπει να έχουν καταχωρηθεί οι δρόμοι, τα μονοπάτια, το ανάγλυφο, οι πυρκαγιές του παρελθόντος, η βλάστηση (τύπος, ευφλεκτικότητα, σύνθεση), λίμνες, ρεύματα, ποτάμια, υδατοδεξαμενές, κρουνοί παροχής νερού, πυροφυλάκια, οικισμοί κλπ.

✚ Πυροφυλάκια και πυροφύλακες

Η έγκαιρη επισήμανση ή ανακάλυψη μιας φωτιάς, έργο που έχουν αναλάβει οι πυροφύλακες, μπορεί να αποτρέψει μια καταστροφική πυρκαγιά. Οι πυροφύλακες μπορεί να είναι α)Κινητοί μέσα στο δάσος οπότε μόλις επισημάνουν εστία πυρκαγιάς την αναγγέλουν στην βάση τους και β)Ακίνητοι και μόνιμα εγκατεστημένοι την εποχή των δασικών πυρκαγιών στα πυροφυλάκια τους.

3. ΚΑΥΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΥΛΩΝ

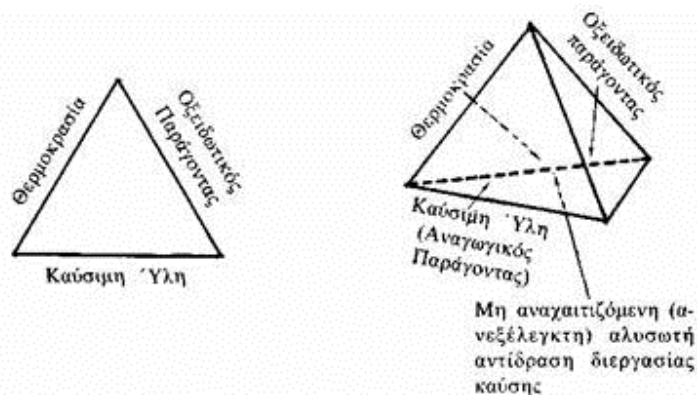
3.1 ΚΑΥΣΗ

Ο όρος καύση αναφέρεται στην χημική αντίδραση μεταξύ ουσιών κατά την οποία εκλύεται θερμότητα και φως υπό την μορφή φλόγας, εκπέμπεται συνήθως καπνός και οπωσδήποτε μεταβάλλεται η εσωτερική ενέργεια του συστήματος (καιόμενη ύλη). Οι διαδικασίες καύσης συμβαίνουν κυρίως όταν ένα είδος καυσίμου καίγεται με κάποιο οξειδωτικό στοιχείο ή αέρα. Η πλειονότητα των καυσίμων περιέχει τα στοιχεία Άνθρακα, Υδρογόνο, Οξυγόνο, Άζωτο και Θείο [5].

Κοινό γνώρισμα των πυρκαγιών είναι ότι αρχίζουν από μία μικρή εστία καύσης. Αν και η προέλευση των πυρκαγιών είναι διαφορετική, η πρόκληση του φαινομένου απαιτεί καύσιμη ύλη, ορισμένη θερμοκρασία και οξυγόνο. Το τρίπτυχο αυτό στο παρελθόν ισοδυναμούσε με «την αναγκαία και ικανή συνθήκη» για να υπάρξει και να συντηρηθεί φωτιά σε κάθε περίπτωση συστήματος προσφερόμενου για ταυτόχρονη ανάπτυξη θερμότητας και φλόγας. Η συνύπαρξη των προϋποθέσεων αυτών χαρακτηριζόταν άλλοτε ως «τρίγωνο πυρκαγιάς». Προκειμένου, όμως, να λαμβάνονται υπόψη και οι αλυσιδωτές αντιδράσεις καύσης, ο επαναπροσδιορισμός των συνθετικών στοιχείων της πυρκαγιάς ήταν αναγκαίος. Έτσι, σήμερα — με επιδίωξη μία σχηματική παράσταση περισσότερο ανταποκρινόμενη στη γενική περίπτωση της πυρκαγιάς, όπου στα κυρίαρχα στοιχεία της περιλαμβάνονται και οι ανεξέλεγκτες αλυσιδωτές αντιδράσεις — θεωρούμε ένα τετράεδρο, το «τετράεδρο της καύσης» (Σχήμα 3.1.α).

Η προσομοίωση αυτή βασίζεται σε νεότερες επιστημονικές έρευνες που απέδειξαν ότι υπάρχει και ένα τέταρτο συνθετικό στοιχείο πυρκαγιάς (θεωρία πυραμίδας), που δεν είναι τίποτε άλλο από ελεύθερες ρίζες οι οποίες δρουν με το οξυγόνο και τα αέρια της καιόμενης ύλης, κατά εξελισσόμενο τρόπο ως αλυσωτή αντίδραση, που μπορεί να ευνοηθεί από διάφορους παράγοντες, για

παράδειγμα από νέα θερμική επιφόρτιση, όταν η πυρκαγιά εξαπλωθεί σε γειτονική περιοχή. Η απαίτηση μιας πυρκαγιάς για οξυγόνο μπορεί να ικανοποιηθεί είτε από ελεύθερο οξυγόνο είτε από ένα οξειδωτικό μέσο γενικότερα. Το καύσιμο (καύσιμη ύλη) είναι ο αναγωγικός παράγοντας.

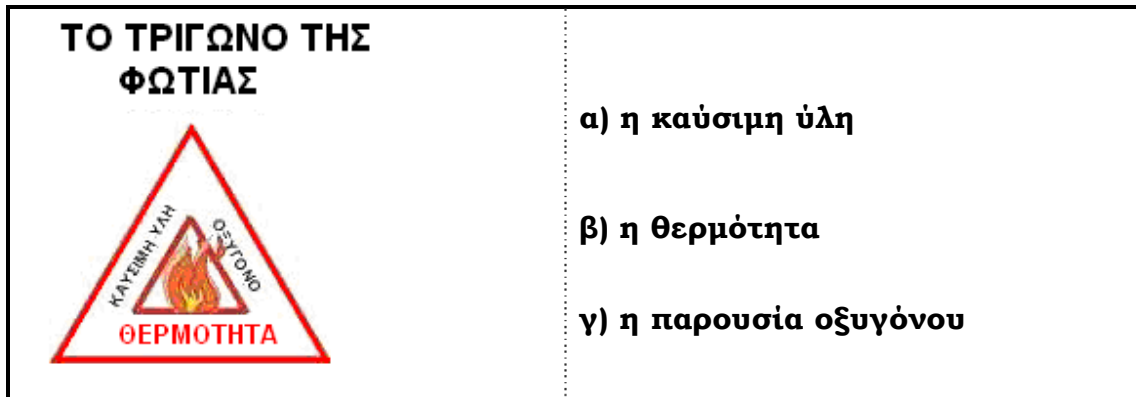


Σχήμα 3.1.α: Τρίγωνο και Τετράεδρο της φωτιάς.

Στο πρωταρχικό στάδιο καύσης, αν παύσει η «κυριαρχία» ενός από τους παράγοντες: καύσιμη ύλη, οξυγόνο, θερμοκρασία, η καύση σταματά. Για να προλάβει κανείς λοιπόν μία πυρκαγιά πρέπει να αποκλείσει τη συνύπαρξη των προαναφερομένων παραγόντων. Έχουν επινοηθεί διάφορες τεχνικές επίτευξης αυτού του στόχου αλλά το εγχείρημα δεν είναι πάντα εύκολο. Αντίθετα, είναι δυνατό η φωτιά να συνεχισθεί, π.χ. στην περίπτωση που απομακρυνθεί η πηγή θερμότητας, αλλά στο μεταξύ αυτή —ενεργειακά—έχει αντικατασταθεί από τη θερμότητα που εκλύεται λόγω του όλου φαινομένου [9H].

3.2 ΘΕΜΕΛΙΩΔΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΦΩΤΙΑΣ-ΤΡΙΓΩΝΟ ΤΗΣ ΦΩΤΙΑΣ

Όλες οι φωτιές είναι το αποτέλεσμα της χημικής διεργασίας που λαμβάνει χώρα όταν συνυπάρχουν τα τρία ουσιώδη στοιχεία: Καύσιμη ύλη, θερμοκρασία και αέρας σε κατάλληλο συνδυασμό ώστε να προκληθεί ανάφλεξη. Τα τρία αυτά στοιχεία συνθέτουν το τρίγωνο της φωτιάς.



Σχήμα 3.2.α: Το τρίγωνο της φωτιάς.

Αν αφαιρέσουμε μια από τις συνθήκες των πλευρών του τριγώνου τότε δεν υφίσταται φωτιά. Σ' αυτή την αλήθεια στηρίζονται η πρόληψη και η καταστολή των δασικών πυρκαγιών. Η φωτιά σβήνει:

- Απομακρύνοντας την καύσιμη ύλη με την κατασκευή μιας αντιπυρικής ζώνης ή ζώνης ελέγχου.
- Απομακρύνοντας την θερμότητα καταβρέχοντας την φωτιά με νερό, ψύχοντας έτσι την καύσιμη ύλη.
- Απομακρύνοντας τον αέρα, δηλαδή σκεπάζοντας την με χώμα και νερό.

3.2.α ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ

Η καύσιμη ύλη είναι η τροφή της φωτιάς. Στην περίπτωση της δασικής πυρκαγιάς αυτή αποτελεί το αναφλέξιμο υλικό του δάσους.

3.2.β ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Δύο είδη θερμότητας είναι αναγκαία. Το ένα για να ανάψει η φωτιά και το άλλο για να συντηρηθεί η θερμότητα της. Η εναρκτήρια θερμότητα υψώνει την θερμοκρασία του καυσίμου μέχρι το σημείο που το καύσιμο αναφλέγεται και καίγεται - σημείο ανάφλεξης.

Το σημείο ανάφλεξης της καύσιμης ύλης των δασών ανέρχεται στους 100-200°C, εξαρτώμενο από την καύσιμη ύλη. Αυτή η εναρκτήρια θερμότητα είναι εκείνη που προκαλεί την ανάφλεξη. Από την στιγμή που θα ξεκινήσει μία πυρκαγιά χρειάζεται πρόσθετη θερμότητα για την συντήρησή της. Αυτή την

πρόσθετη θερμότητα την εφοδιάζει το ίδιο το καύσιμο υλικό και συνεχίζει να υπάρχει όσο υπάρχει καύσιμη ύλη. Φωτιά που αναφλέγεται και συντηρείται με αυτόν τον τρόπο εξαπλώνεται με ακτινοβολία, κινητική ενέργεια και επαφή, προπαρασκευάζοντας τα υλικά για ανάφλεξη ανυψώνοντας την θερμοκρασία τους κοντά στο σημείο ανάφλεξης. Όταν η φωτιά έρθει σε επαφή με αυτά τα προθερμασμένα υλικά αυτά αναφλέγονται και έτσι η φωτιά εξαπλώνεται.

3.2.γ ΑΕΡΑΣ

Στην καύσιμη ύλη και στην θερμότητα όταν προστεθεί και ο αέρας (με το οξυγόνο του) συντηρεί την φωτιά, την αναζωογονεί και την εξαπλώνει. Το οξυγόνο συνδέεται χημικά με τα αναφλέξιμα αέρια που παράγει η θερμαινόμενη καύσιμη ύλη αναφλέγοντας την.

3.3 ΣΤΑΔΙΑ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

Η εξέλιξη των περισσότερων πυρκαγιών ακολουθεί 4 στάδια, τα εξής:

I. Αρχόμενο στάδιο πυρκαγιάς: Σε αυτό το στάδιο δημιουργούνται σωματίδια, από χημική αποσύνθεση, που έχουν βάρος και μάζα αλλά είναι τόσο μικρά που δεν διακρίνονται με γυμνό μάτι· ανιχνεύονται, όμως, με τη συνδρομή σύγχρονης τεχνολογίας (ανιχνευτές ιοντισμού). Χαρακτηριστικό γνώρισμα του σταδίου αυτού είναι ότι δεν έχουμε «ορατό» καπνό, φλόγες και σημαντική θερμότητα.

II. Στάδιο όπου το υλικό σώμα αργοκαίγεται: Στο στάδιο αυτό η πυρκαγιά μπορεί να υποβόσκει· γενικά. Επειδή η ανάπτυξη της πυρκαγιάς συνεχίζεται, η ποσότητα των σωματιδίων, λόγω καύσης, αυξάνει και όταν τα σωματίδια αυτά γίνουν ορατά με γυμνό μάτι έχουμε καπνό, που είναι και το χαρακτηριστικό γνώρισμα του σταδίου. Επειδή δεν έχουν ακόμη δημιουργηθεί φλόγες και μεγάλη θερμότητα, αρκούν φωτοηλεκτρικοί ανιχνευτές (γι' ανίχνευση του ορατού καπνού).

III. Στάδιο φλογών: Στο στάδιο αυτό, η παραπέρα ανάπτυξη της διεργασίας της καύσης έχει ως αποτέλεσμα το καύσιμο υλικό να φθάσει το σημείο ανάφλεξης και να δημιουργηθούν φλόγες. Λεπτομερέστερα: και περισσότερος καπνός βγαίνει και περισσότερη θερμότητα εκλύεται. Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα του σταδίου

αυτού είναι ότι μπορεί να μεταδοθεί υπέρυθρη ακτινοβολία σε αρκετή απόσταση· Έτσι ανιχνευτές φλόγας είναι αναγκαίοι.

IV. Στάδιο απόδοσης θερμότητας: Στο στάδιο αυτό παράγονται μεγάλα ποσά θερμότητας, φλογών, καπνού και τοξικών αερίων. Χαρακτηριστικό του σταδίου είναι ότι αυτό αναπτύσσεται πολύ σύντομα —η μετάβαση από το στάδιο των φλογών σε εκείνο της θερμότητας μπορεί να γίνει σε δευτερόλεπτα. Από άποψη ανίχνευσης το στάδιο αυτό απαιτεί την ύπαρξη καταλλήλων διατάξεων και οπωσδήποτε ανιχνευτών που έχουν φωτοκύτταρο (ανιχνευτές φλόγας), ανιχνευτές ιοντισμού, ανιχνευτές καπνού [10H].

3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΛΟΓΑΣ

3.4.α Θερμοκρασία Φλόγας

Η μέγιστη θερμοκρασία φλόγας θα μπορούσε (θεωρητικά) να προκύψει από τέλεια στοιχειομετρική καύση των στοιχείων καιόμενου υλικού (συστήματος) με καθαρό οξυγόνο.

Στις πυρκαγιές συνεισφέρει —κατά κανόνα— το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα (που, βασικά, είναι μίγμα οξυγόνου και αζώτου μια και όλα τα άλλα συστατικά του, ευγενή αέρια κ.λπ., κυμαίνονται γύρω στο 1%) και, έτσι, η θερμοκρασία φλόγας είναι οπωσδήποτε μικρότερη από τη μέγιστη θεωρητική.

Η θερμοκρασία της φλόγας εξαρτάται από:

- την ποσότητα θερμότητας που εκλύεται κατά την καύση της μονάδας μάζας του καιόμενου σώματος —θερμογόνο δύναμη καύσιμου
- την ενθαλπία του αέρα καύσης,
- την ενθαλπία του καιόμενου σώματος,
- την ποσότητα και την ειδική θερμότητα των καυσαερίων
- την περίσσεια του αέρα,
- την ακτινοβολία από τη φλόγα και
- την αφαιτερίωση του διοξειδίου του άνθρακα και των υδρατμών [10H].

3.4.β Μορφή φλόγας

Η μορφή και η λαμπρότητα της φλόγας εξαρτώνται από τη φύση των καιομένων αερίων καύσης —γενικά τις συνθήκες καύσης. Οι φλόγες, λεπτομερέστερα, συνιστούν μία διαδικασία που γίνεται μεταξύ των συστατικών του (καιόμενου) συστήματος και δίνει ακτινοβολία ενέργεια. Κατά κανόνα η «εικόνα» των φλογών πυρκαγιάς εξαρτάται και από τον καπνό που βγάζει στην τρέχουσα στιγμή παρατήρησης. Αναλυτικά, το χρώμα της φωτεινής ζώνης μεταβάλλεται σύμφωνα με την αναλογία καυσίμου/αέρα. Για πτωχά μίγματα H/C-αέρα δημιουργείται ένα βαθύ μενεξεδί χρώμα, το οποίο οφείλεται στις ρίζες CH. Όταν το μίγμα είναι πλούσιο εμφανίζεται πράσινη ακτινοβολία λόγω της διέγερσης των μορίων του C₂. Τα καυσαέρια υψηλής θερμοκρασίας είναι συνήθως ελαφρά κόκκινα, λόγω του μίγματος ακτινοβολίας του CO₂ και υδρατμών. Όταν το μίγμα γίνεται πολύ πλούσιο η ακτινοβολία γίνεται πολύ κιτρινωπή λόγω της σχηματιζόμενης αιθάλης [5].

3.5 ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΥΣΗΣ

3.5.α Καύση – Οξειδωση

Το οξυγόνο, στοιχείο πολύ ενεργό (που στον ατμοσφαιρικό αέρα περιέχεται σε ποσοστό 21% κατ' όγκο), όπως είναι γνωστό, συνενώνεται με τα περισσότερα των λοιπών χημικών στοιχείων, με βραδύ ή γρήγορο ρυθμό και έκλυση θερμότητας. Η ταχύτητα της αντίδρασης εξαρτάται από διάφορες συνθήκες (αντιδρώντα σώματα, ατμόσφαιρα οξυγόνου κ.λπ.) και αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Όταν η ταχύτητα του πιο πάνω φαινομένου (συνένωσης) είναι «βραδεία», οπότε το εκλυόμενο ποσό θερμότητας δεν γίνεται αμέσως αντιληπτό, η διεργασία λέγεται οξειδωση. Όταν η αντίδραση (συνένωση) είναι έντονη (συνοδεύεται, δηλαδή, από έκλυση μεγάλου ποσού θερμότητας και εμφάνιση φωτός), το φαινόμενο ονομάζεται καύση. Η διαφορά, λοιπόν, μεταξύ οξειδωσης και καύσης έγκειται μόνο στην ταχύτητα διεξαγωγής της αντίδρασης, της συνένωσης — ειδικότερα — των (χημικών) στοιχείων με το οξυγόνο από πλευράς προϊόντων

τα σώματα που προκύπτουν από την αντίδραση ανήκουν στην ίδια κατηγορία ενώσεων (οξειδία). Γι' αυτό, δικαιολογημένα, η καύση αναφέρεται συχνά ως (έντονη)οξειδωση

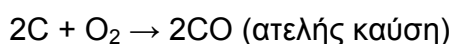
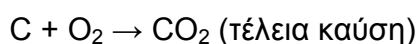
3.5.β Αλυσιδωτές αντιδράσεις.

Στις περισσότερες αντιδράσεις αερίων εκλύεται θερμότητα (εξώθερμες αντιδράσεις). Πολύ συχνά, όταν σε μία χημική αντίδραση απελευθερώνεται θερμότητα, η από την εξώθερμη αντίδραση προερχόμενη ενέργεια προκαλεί τον ενδιάμεσο σχηματισμό ελευθέρων ατόμων ή μη κορεσμένων μορίων (ριζών), τα οποία είναι φορείς αλυσωτών (αλυσιδωτών) αντιδράσεων. Κατά κύριο λόγο, όλες οι καύσεις καυσίμων αερίων και υγρών ανήκουν στην κατηγορία αυτή αντιδράσεων. Κατ' ακολουθία, στις φλόγες και τη φωτιά, γενικά, έχουμε αλυσωτές (αλυσιδωτές) αντιδράσεις (με το φασματοσκόπιο έχουν διαπιστωθεί σε όλες τις φλόγες ελεύθερες ρίζες, όπως OH, CH κ.λπ).

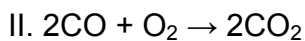
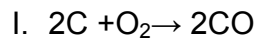
Χαρακτηριστικό των αλυσωτών (αλυσιδωτών) αντιδράσεων είναι ότι μπορούν να επιβραδυνθούν ή και να σταματήσουν εντελώς με προσμίξεις ή κατάλληλη τεχνική.

3.5.γ Καύση Άνθρακα.

Ο άνθρακας καίμενος δίνει ανάλογα των συνθηκών διοξείδιο του άνθρακα (τέλεια καύση) ή μονοξείδιο του άνθρακα (ατελής καύση):



Ειδικές μελέτες απέδειξαν ότι στις καύσεις έχουμε ενδιάμεσες αντιδράσεις· η θερμότητα που εκλύεται είναι ανεξάρτητη από αυτές (εξαρτάται μόνο από τα τελικά προϊόντα-νόμος Hess). Ο μηχανισμός της καύσης είναι κάθε άλλο από απλός και γι' αυτό η εξήγηση του απαιτεί τη συνεκτίμηση ποικίλων κριτηρίων. Έτσι, π.χ. δεν αγνοείται το ενδεχόμενο καύσης του άνθρακα κατά στάδια, που είναι δυνατό να γίνουν με τα παρακάτω βήματα (I και II):



Εμβαθύνσεις στις καύσεις αποκάλυψαν ότι η πυρκαγιά ενός συστήματος ανήκει στα (φυσικά, χημικά κ.λπ.) φαινόμενα που πραγματοποιούνται συγχρόνως με ελάττωση του ενεργειακού του περιεχόμενου και αύξηση της εντροπίας (αταξίας) του· είναι, λοιπόν, αυθόρμητη διεργασία. Αυτό εκφράζεται με τον γενικό νόμο της Χημείας:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

όπου:

ΔG συμβολίζει την ελεύθερη ενέργεια μίας μεταβολής (π.χ. αντίδρασης καύσης) και παριστάνει το συνολικό κίνητρο για το πόσο αυθόρμητα θα συντελεσθεί η μεταβολή.

ΔH , T και Δs είναι η διαφορά ενθαλπίας, η απόλυτη θερμοκρασία και η διαφορά εντροπίας του θεωρούμενου συστήματος, αντίστοιχα.

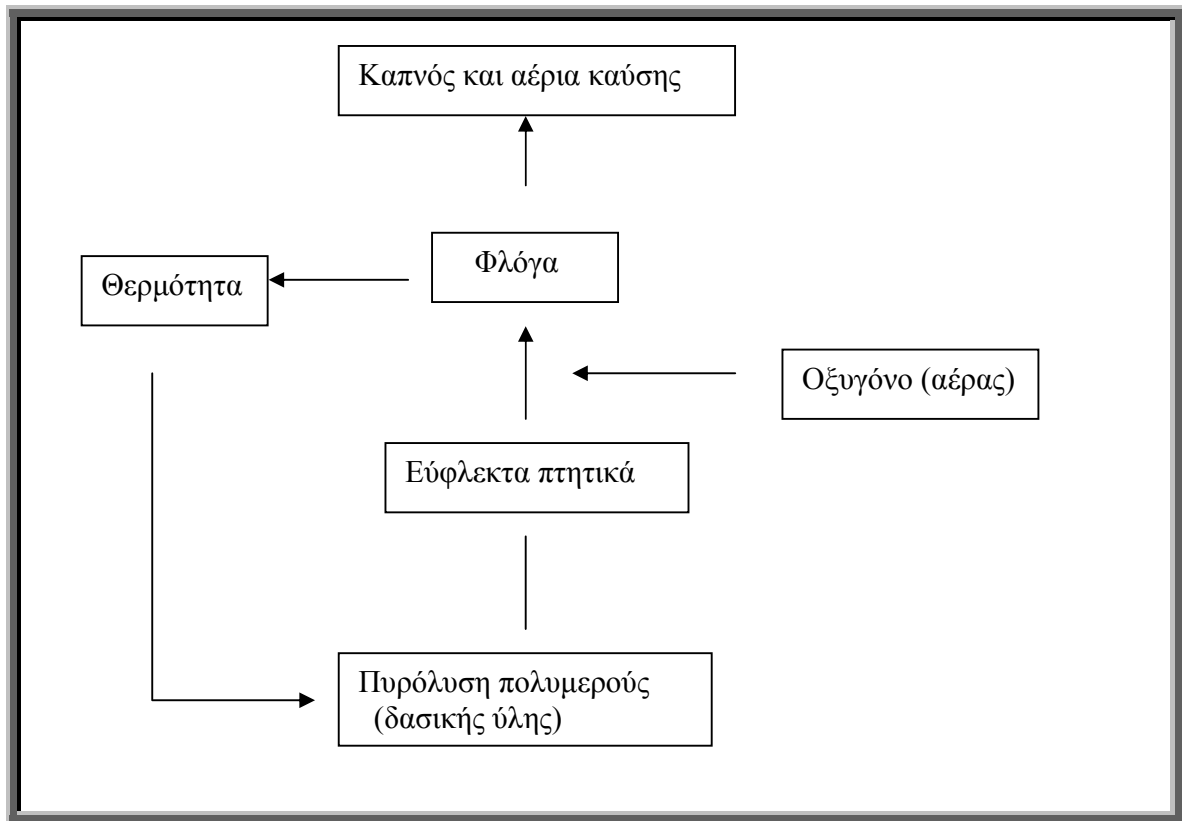
Αν π.χ. μειωθεί η ενθαλπία του συστήματος (πρόκειται, δηλαδή, για εξώθερμη χημική αντίδραση) και η εντροπία του αυξηθεί είναι ενδεχόμενο να παρατηρηθεί αυτανάφλεξη του.

3.6 ΚΑΥΣΗ-ΠΥΡΟΛΥΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΥΛΩΝ

Όταν ένα λιγνινοκυτταρινούχο υλικό θερμαίνεται στην πορεία του για ανάφλεξη υφίσταται μια θερμική αποσύνθεση-υποβάθμιση, αποπολυμερισμό δίνοντας καύσιμα πτητικά προϊόντα τα οποία εμπλέκονται στην καύση και την διάδοση της φωτιάς. Το φαινόμενο "φωτιά" αντιμετωπίζεται σαν ένα σύνολο φυσικών και χημικών μεταβολών εξελισσόμενων με συγκεκριμένους κινητικούς μηχανισμούς και ως εκ τούτου επιδεχομένων επιτάχυνση ή παρεμπόδιση.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι στην περίπτωση των κυτταρινούχων υλικών και των συναφών τους το φαινόμενο της φωτιάς μπορεί να περιγραφεί από δυο διακριτές φάσεις, την πυράκτωση και την καύση με φλόγα. Από αυτά η πυράκτωση είναι μια άμεση οξειδωση της στερεάς κυτταρίνης ή των στερεών προϊόντων αποσύνθεσής της και κύρια του καρβουνώδους υπολείμματος. Είναι γενικά μια βραδεία καύση, ατελής προς CO με πολύ μικρότερο θερμοτονισμό από την πλήρη προς CO₂ καύση (26 έναντι 94 kcal/mol C).

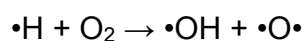
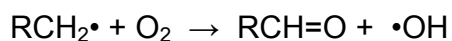
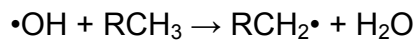
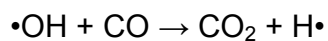
Η καύση με φλόγα από την άλλη πλευρά είναι μια πολύπλοκη διαδικασία η οποία περιλαμβάνει στερεά και αέρια φάση και η οποία μπορεί να αποδοθεί σαν μια κυκλοειδής διαδικασία. Στην αρχική φάση της καύσης θερμότητα προσάγεται στο υλικό προκαλώντας έτσι μια σειρά φυσικών –π.χ. τήξη, εξάτμιση– αλλά κύρια και χημικών φαινομένων ανάμεσα στα οποία κυρίαρχη θέση κατέχουν αντιδράσεις αποπολυμερισμού, αποσύνθεσης, κατά τις οποίες τα τεράστια μόρια της κυτταρίνης σπάζουν σε μικρότερα, πτητικά, καύσιμα προϊόντα. Αυτό είναι το στάδιο της πυρόλυσης. Τα προϊόντα της πυρόλυσης τώρα διαχέονται από την επιφάνεια του υλικού προς τον περιβάλλοντα χώρο όπου και αναμιγνυόμενα με το οξυγόνο του αέρα δίνουν πια καύσιμα αέρια μίγματα τα οποία και αναφλέγονται. Η καύση αυτή τώρα όντας σημαντικά εξώθερμη αντίδραση απελευθερώνει ποσά θερμότητας τα οποία εν μέρει ακτινοβολούνται στο περιβάλλον και εν μέρει επανέρχονται προς το υλικό ανατροφοδοτώντας έτσι την πυρόλυση η οποία συνεχίζει την παροχή καυσίμων πτητικών προϊόντων. Έτσι δημιουργείται ένας κύκλος πυρόλυσης-καύσης όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα .



Σχήμα 3.5.α: Καύση δασικής ύλης.

Τα προϊόντα της πυρόλυσης ομαδοποιούνται σε *αέρια* (κυρίως CO₂, CO, H₂O), *υγρά* (tar ή goudron ή βιοέλαιο) και *στερεά* (το καρβουνώδες υπόλειμμα γνωστό ως char).

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικοί τύποι αντιδράσεων κρίσιμων για την συντήρηση της καύσης:



Οι ρίζες $\bullet\text{H}$, $\bullet\text{O}\bullet$, $\bullet\text{OH}$ είναι κατ' εξοχήν επικίνδυνες διότι αυτές προάγουν την φλόγα [8].

4. ΧΗΜΙΚΟΙ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΕΣ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ως χημικοί επιβραδυντές (fire retardants) χαρακτηρίζονται εκείνες οι ουσίες που καίγονται αργά ή δεν επιτρέπουν την γρήγορη μετάδοση της φωτιάς και έχουν σαν συνέπεια το σβήσιμο ή περιορισμό της φλόγας. Είναι προϊόν της επιστήμης του 20^{ου} αιώνα, αιώνα στον οποίο εκφράστηκε η ανάγκη για αντιμετώπιση μιας από τις μεγαλύτερες μάστιγες που απειλούν το περιβάλλον, της πυρκαγιάς. Αναφέρεται πως αρχικά χρησιμοποιήθηκε το βορικό νάτριο και το χλωριούχο ασβέστιο ενώ αργότερα ανακαλύφθηκε και το βορικό-νάτριο ασβέστιο. Οι ρίψεις αυτών των επιβραδυντών πραγματοποιούνταν από αέρος. Γρήγορα όμως εγκαταλείφθηκαν διότι προκαλούσαν διάβρωση στα μέταλλα των δεξαμενών και αποστέρωναν το έδαφος. Έπειτα χρησιμοποιήθηκαν άλλες ενώσεις όπως ο διογκούμενος άργιλος-μπετονίτης, τα πυκνόμενα φωσφορικά διαμμώνιο και θειϊκό αμμώνιο, αφρώδεις ουσίες κ.τ.λ. Η παγκόσμια κατανάλωση σε επιβραδυντικές ουσίες το 1992 έχει υπολογισθεί ίση με 358 εκατομμύρια kg το κόστος των οποίων ανερχόταν σε \$1169 εκατομμύρια. Σήμερα υπάρχουν πολλές επιβραδυντικές ουσίες αλλά οι μελέτες συνεχίζονται για όλο και αποτελεσματικότερες, οικονομικότερες και με φιλικότερη προς το περιβάλλον συμπεριφορά, ουσίες [Ξ1].

4.2 ΕΙΔΗ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΩΝ

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες επιβραδυντών της φωτιάς: **οι πρόσθετοι** και **οι αντιδραστικοί**. Οι πρόσθετες ενώσεις είναι αυτές των οποίων η αλληλεπίδραση με την ουσία είναι μόνο φυσική, ενώ οι αντιδραστικές ενώσεις είναι αυτές που αλληλεπιδρούν χημικά με την κυτταρίνη, την ημικυτταρίνη ή τη λιγνίνη.

Οι εφαρμοζόμενες πρόσθετες ενώσεις συμπεριλαμβάνουν: μόνο και δι αμμωνιακά φωσφορικά άλατα, αλογονημένους εστέρες φωσφορικού άλατος, ανόργανες ενώσεις, αμμωνιακά άλατα, αμινορητίνες, ενυδατωμένη αλουμίνα,

ένυδρο οξειδίο του κασσίτερου, χλωρίδιο του ψευδάργυρου και ενώσεις βορίου. Οι παραπάνω ενώσεις ελαττώνουν τη δυνατότητα καύσης του ξύλου, αλλά μπορούν δυσμενώς να επηρεάσουν κάποιες ιδιότητες, όπως τις μηχανικές, την σταθερότητα, την τοξικότητα. Το μόνο-αμμωνιακό φωσφορικό άλας είναι πολύ γνωστό και η επιβραδυντική του δράση συνίσταται στην επιτάχυνση του σχηματισμού μιας απανθρακωμένης μάζας από το κυτταρικό υλικό και την καταστολή των εύφλεκτων πτητικών ουσιών. Παρόλα αυτά προκαλεί μια αύξηση των εκπομπών καπνού και μονοξειδίου του άνθρακα και μια μείωση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα. Οι ενώσεις του φωσφόρου και του αζώτου συχνά εφαρμόζονται από κοινού εξαιτίας της σύμπραξης της αλληλεπίδρασης. Ένα μειονέκτημα πολλών ανόργανων επιβραδυντών βασισμένοι στα άλατα είναι η ευαισθησία τους στη διείσδυση του νερού. Μερικοί από αυτούς μπορούν να απορροφήσουν υγρασία και η διείσδυση του νερού στο εσωτερικό του ξύλου προκαλεί όχι μόνο τη γήρανση αλλά οδηγεί και στην καταστροφή των ενώσεων των μετάλλων και των δομικών στοιχείων. Οι επιβραδυντές που βασίζονται στις ενώσεις βορίου προσφέρουν μια διαρκή προστασία, εξαιτίας της βαθιάς διείσδυσης στο ξύλο. Βορικά οξέα δρουν σαν ανασταλτικοί παράγοντες της πυρκαγιάς και του σχηματισμού του καπνού. Επιπλέον έχουν εντομοκτόνες ιδιότητες. Ένας ιδανικός χημικός επιβραδυντής θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από την παρουσία μιας επίδρασης σύμπραξης που επιτρέπει τη σταθεροποίηση της δομής κυτταρίνης. Συνιστάται για τα φωσφορικά άλατα εσωτερική εφαρμογή στο ξύλο ενώ εξωτερική εφαρμογή για τις βορικές ενώσεις έτσι ώστε να αυξάνεται το ποσοστό της απανθρακωμένης μάζας στην επιφάνειά του. Η παρουσία ενώσεων αζώτου, κυρίως στη μορφή ουρίας αυξάνει την αποδοτικότητα των φωσφορικών αλάτων. Επιπλέον κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης, οι ενώσεις που περιέχουν άζωτο ελευθερώνουν αέρια αζώτου, τα οποία μπορούν να αραιώσουν τα καύσιμα πτητικά συστατικά που απελευθερώνονται από το ξύλο.

Παραδείγματα αντιδραστικών επιβραδυντών είναι χλωρικοί ανυδρίτες, τετραβρωμοφθαλικός ανυδρίτης και πολυυδρικά παράγωγα αλκοολών. Πολλοί από αυτούς βασίζονται σε ενώσεις βρωμίου, χλωρίου και φθορίου, παρόλο που

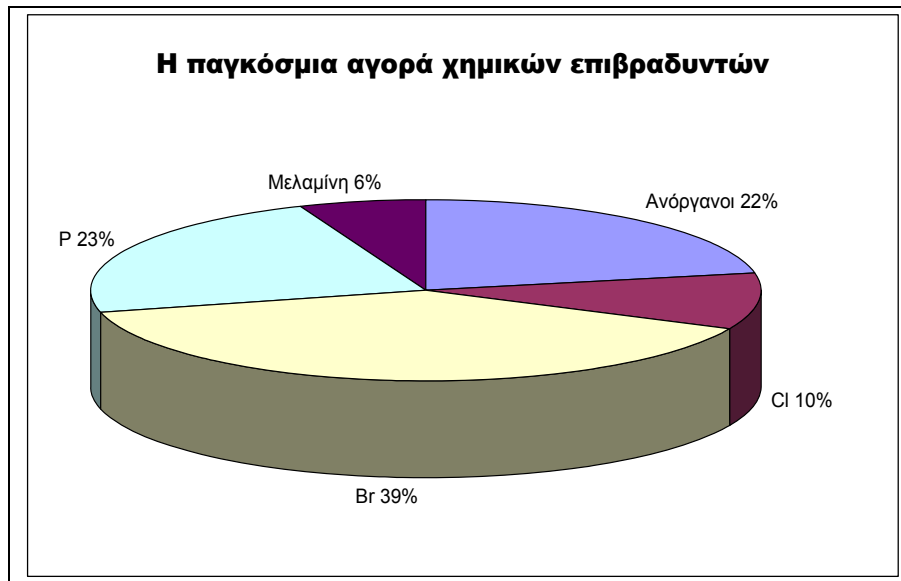
είναι πολύ τοξικές. Είναι γνωστό πως τα αλογόνα αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα στο σχηματισμό των ελεύθερων ριζών. Όμως για περιβαλλοντικούς λόγους η χρήση επιβραδυντών που περιέχουν αλογόνα, χλωριούχες παραφίνες και ουσίες με οξειδίο του αντιμονίου, είναι αμφισβητήσιμη.

4.3 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

4.3.α Ανάλογα με το περιεχόμενό τους

Οι πιο σημαντικές χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται σήμερα ως επιβραδυντές για πυρκαγιές είναι:

1. Οργανικές ενώσεις αλογόνων, κυρίως ενώσεις βρωμίου και χλωρίου, συχνά σε συνδυασμό με οξειδία του αντιμονίου. Το 1998 αποτελούσαν το 50% της παγκόσμιας αγοράς χημικών επιβραδυντών, αλλά σταδιακά έχουν αρχίσει να αντικαθίστανται γιατί πολλοί από αυτούς είναι τοξικοί για το περιβάλλον και έχουν απαγορευθεί σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ (1997).
2. Φωσφορικές ενώσεις, όπως οι φωσφορικοί εστέρες, οι οποίοι αποτελούν το 20% της παγκόσμιας αγοράς επιβραδυντών.
3. Μεταλλικές ενώσεις, όπως $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ και το $Mg(OH)_2$, οι οποίες αποτελούν το 20% της παγκόσμιας αγοράς επιβραδυντών.



Εικόνα 4.3α: Οι κύριες κατηγορίες χημικών επιβραδυντών φλόγας (\$2,2 δισεκατομμύρια το 1997).

4.3.β Ανάλογα με τη δράση τους

Ανάλογα με τη δράση τους, τις χημικές επιβραδυντικές ουσίες τις διακρίνουμε σε: Επιβραδυντές μακράς δράσης, επιβραδυντικά βραχείας δράσης ή πηκτικά, πυροσβεστικούς αφρούς τύπου "Α" ή διαβρεκτικά, βελτιωτικά ροής, πυροσβεστικούς αφρούς χαμηλής διόγκωσης και ξερές σκόνες .

- **Επιβραδυντές Μακράς Δράσης**

Οι επιβραδυντές μακράς δράσης είναι ουσίες οι οποίες ριπτόμενες στη δασική ύλη δρουν και μετά την εξάτμιση του νερού. Η επιβραδυντική δράση μπορεί να διαρκέσει, ανάλογα με τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες, αρκετές ημέρες ή ακόμα και εβδομάδες και απομακρύνονται με απόπλυση από τη βροχή ή τον άνεμο.

Οι επιβραδυντικές ουσίες, που χρησιμοποιούνται κύρια σε όλο τον κόσμο είναι ενώσεις που περιέχουν συνήθως ως δραστικά συστατικά φωσφορικά και θειικά άλατα του αμμωνίου, κυρίως δισόξινο φωσφορικό αμμώνιο (MAP), όξινο φωσφορικό διαμμώνιο (DAP), μείγματα αυτών (APP) και θειικό αμμώνιο (AS), καθώς και διάφορα πρόσθετα σε μικρές ποσότητες, περίπου 5%. Τα θειικά άλατα είναι πιο οικονομικά γι'αυτό πολλές φορές χρησιμοποιούνται μίγματα

φωσφορικών και θειικών αλάτων. Τα πρόσθετα είναι κύρια πυκνωτικά, αντιδιαβρωτικά, χρωστικές, βελτιωτικά ροής, διαβρεκτικά, σταθεροποιητικά ροής, αντιαφριστικά, κ.ά. ουσίες που μπορεί να ποικίλουν ανάλογα με τις ιδιότητες που θέλει να τους δώσει ο κατασκευαστής και που η σύνθεσή τους καθώς και οι αναλογίες τους συνήθως αποτελούν εμπορικό μυστικό.

Διατίθενται στο εμπόριο τόσο σε μορφή σκόνης όσο και πυκνών διαλυμάτων και η αναλογία που προστίθενται στο νερό ποικίλει ανάλογα με τις οδηγίες του κατασκευαστή τους αν και πρακτικά η περιεκτικότητα του τελικού διαλύματος σε ενεργό άλας είναι συνήθως 20% - 25%. Εξαιτίας του γεγονότος αυτού η ρίψη των επιβραδυντών μακράς δράσης γίνεται κύρια από μεγάλα εναέρια μέσα σταθερής τροφοδοσίας (αεροσκάφη).

▪ **Επιβραδυντικά Βραχείας Δράσης ή Πηκτικά**

Τα πηκτικά ή επιβραδυντικά βραχείας διάρκειας είναι ουσίες όπως ο μπετονίτης (είδος αργιλικού ορυκτού με βασικό χημικό τύπο $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 2H_2O$ που έχει την ικανότητα να απορροφά μεγάλες ποσότητες νερού) και διάφορες άλλες συνθετικές ύλες (π.χ. πολυακρυλικό νάτριο) που κάνουν το νερό παχύρρευστο ώστε να κολλά και να παραμένει επάνω στις επιφάνειες των καιγόμενων δασικών υλών δημιουργώντας ένα παχύ στρώμα.

Τα πηκτικά έχουν αντίστοιχα αποτελέσματα με τα επιβραδυντικά μακράς διάρκειας αλλά για πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα διότι η αποτελεσματικότητά τους σταματά με την εξάτμιση του νερού. Οι ουσίες αυτές είναι κατάλληλες για την προσβολή κατά μέτωπο των μεγάλων πυρκαγιών και για τον ραντισμό της μη καμένης ύλης. Έχουν το μειονέκτημα ότι δε διαπερνούν το στρώμα του φυλλοτάπητα και συνεπώς δε διαβρέχουν την καύσιμη ύλη κάτω από το στρώμα αυτό [6].

4.4 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΩΝ

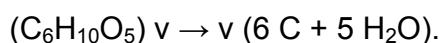
Οι χημικοί επιβραδυντές όπως προαναφέρθηκε, στοχεύουν στην καθυστέρηση της ανάφλεξης του ξύλου και στη μείωση της θερμότητας που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της καύσης. Αυτοί οι στόχοι μπορούν να ακολουθήσουν τους εξής τρόπους:

- ο αλλαγή της διάβασης της πυρόλυσης
- ο προστασία της επιφάνειας με την απομόνωση των στρωμάτων
- ο επιβράδυνση της ανάφλεξης και καύσης αλλάζοντας τις θερμικές ιδιότητες του προϊόντος
- ο μείωση της καύσης με την αραίωση των αερίων πυρόλυσης
- ο μείωση της καύσης με την παρεμπόδιση των αλυσιδωτών αντιδράσεων.

Πολλά πρακτικά συστήματα επιβραδυντών συνδυάζουν τους διαφορετικούς μηχανισμούς. Για παράδειγμα, συστήματα βασισμένα στην προστασία της επιφάνειας με ένα διογκωτικό επίστρωμα απομόνωσης, συχνά περιλαμβάνει τα συστατικά που τροποποιούν την αντίδραση πυρόλυσης. Οι συνδυασμοί χημικών επιβραδυντών με τους διαφορετικούς μηχανισμούς χρησιμοποιούνται συχνά προκειμένου να κατασταθεί η επεξεργασία αποδοτικότερη και για να δημιουργήσουν συνεργισμούς.

4.4.α Αλλάζοντας την πυρόλυση του ξύλου

Οι πιο κοινές και πιο γνωστές μέθοδοι χημικών επιβραδυντών για το ξύλο είναι βασισμένες στην αλλαγή της διάβασης της πυρόλυσης. Σε αυτήν την απλή και ανέξοδη μέθοδο, το ξύλο αντιμετωπίζεται με μια ουσία που ενισχύει την αντίδραση πυρόλυσης της κυτταρίνης μέσω της διάβασης που οδηγεί κυρίως στο σχηματισμό προσροφητικών ανθράκων. Ιδανικά, οι αντιδράσεις θα προχωρούσαν έτσι ώστε η κυτταρίνη να αποσυντέθει για να απανθρακωθεί παράγοντας νερό:



Στην πράξη, οι χημικοί επιβραδυντές που είναι βασισμένοι σε αυτήν την αρχή, μειώνουν το ποσό καύσης των προϊόντων πυρόλυσης και μειώνουν έτσι τη θερμότητα που απελευθερώνεται από το προϊόν.

Οι ουσίες που επηρεάζουν στην πυρόλυση αντιδρούν συχνά με την ομάδα υδροξυλίου που συνδέεται με το έκτο άτομο άνθρακα του μορίου της κυτταρίνης, που οδηγεί τελικά στη σταθεροποίηση της δομής μέσω του σχηματισμού ενός διπλού δεσμού μεταξύ του πέμπτου και έκτου ατόμου άνθρακα. Ο επιβραδυντής ενεργεί ως καταλύτης στις αντιδράσεις. Οι ουσίες που προστίθενται συνήθως όπως, παραδείγματος χάριν, τα αμμωνιακά άλατα αποσυντίθεται στη θερμότητα και παράγουν φωσφορικό ή βορικό οξύ.

Ένας επιβραδυντής μπορεί επίσης να επιβραδύνει τις αντιδράσεις πυρόλυσης και να σταθεροποιήσει τις χημικές δομές του ξύλου ενάντια στην αποσύνθεση. Για παράδειγμα, το θειικό άλας αλουμινίου που προστίθεται στο ξύλο δημιουργεί τους δεσμούς μεταξύ των μορίων κυτταρίνης στις αυξανόμενες θερμοκρασίες, αποτρέποντας κατά συνέπεια τη θερμική αποσύνθεση.

Μερικοί από τους επιβραδυντές που αλλάζουν την πυρόλυση είναι επίσης ενεργοί ενάντια στην μετά-πυράκτωση, π.χ. διάφορα φωσφορούχα προϊόντα και βορικό οξύ. Άλλοι δεν αποτρέπουν την μετά-πυράκτωση, μπορούν ακόμη και να την αυξήσουν, π.χ. βορικά άλατα.

4.4.β Προστατεύοντας την επιφάνεια του ξύλου με την απομόνωση των στρωμάτων

Η επιφάνεια ενός υλικού μπορεί να προστατευθεί με ένα στρώμα που καθυστερεί την άνοδο της θερμοκρασίας και μειώνει την εξάτμιση των αερίων πυρόλυσης και την πρόσβαση του οξυγόνου στην επιφάνεια. Αυτά τα αποτελέσματα μπορούν να ολοκληρωθούν χρησιμοποιώντας τα διογκωτικά επιστρώματα, δηλαδή ουσίες που διογκώνονται έντονα όταν αυξάνεται η θερμοκρασία. Ένα πορώδες, πλούσιο σε άνθρακα στρώμα διαμορφώνεται στην επιφάνεια του ξύλου. Αυτό το στρώμα είναι ένας καλός θερμικός μονωτής και δεν καίγεται. Τα διογκωτικά επιστρώματα είναι συνήθως πολύ αποτελεσματικά στην παρεμπόδιση της καύσης. Τα μειονεκτήματά τους, εντούτοις, είναι το κόστος και μια τάση να καλυφθεί η εμφάνιση του ξύλου. Οι περισσότεροι από αυτούς στερούνται επίσης μηχανικών ιδιοτήτων και αρχικά και μετά από την έκθεση στην πυρκαγιά.

Οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στους διογκωτικούς επιβραδυντές μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις ομάδες βάσει του τρόπου δράσης τους:

- 1) που διαμορφώνουν τον προσροφητικό άνθρακα,
- 2) που ενισχύουν τη διόγκωση, και
- 3) που ενισχύουν την αφυδάτωση και εστεροποίηση.

Οι προαναφερθείσες ουσίες είναι συνήθως οι ίδιες με εκείνες που επηρεάζουν την πυρόλυση, δηλαδή ενώσεις φωσφορικές και βορικές. Οι ουσίες που ενισχύουν τη διόγκωση περιλαμβάνουν τη μελαμίνη, γουανιδίνη και την ουρία. Εκτός από την ιδιότητα διόγκωσής τους, απαιτείται οι ουσίες αυτές να παράγουν τα άφλεκτα προϊόντα καύσης (π.χ. CO_2 , H_2O και NH_3). Οι ουσίες που σχηματίζουν τον προσροφητικό άνθρακα είναι χαρακτηριστικά ένυδρες ουσίες άνθρακα (π.χ. σακχαρόζη ή άμυλο) ή πολυυδρικές αλκοόλες. Η εφαρμογή της απομόνωσης των στρωμάτων περιορίζεται στις εσωτερικές τελικές χρήσεις.

4.4.γ Αλλάζοντας τις θερμικές ιδιότητες του ξύλου

Οι θερμικές ιδιότητες ενός προϊόντος, όπως η πυκνότητα, η καθορισμένη θερμότητα και η θερμική αγωγιμότητα, έχουν μια επίδραση στην αναφλεξιμότητα και τη φλόγα διάδοσης. Ο ευκολότερος τρόπος να γίνει το ξύλο ελάχιστα εύλεκτο είναι να βραχεί. Αυτά τα μέσα έχουν δύο φυσικά αποτελέσματα. Αρχικά, το νερό αλλάζει την συγκεκριμένη θερμότητα του ξύλου. Το νερό έχει υψηλότερη θερμότητα από το ξηρό ξύλο, και έτσι θερμαίνοντας και εξατμίζοντας το νερό καταναλώνει τη θερμότητα. Αφετέρου, το νερό που εξατμίζεται από μια επιφάνεια, μειώνει την ικανότητα καύσης του μίγματος του αέρα και των αερίων πυρόλυσης.

Οι τεχνικές λύσεις των επιβραδυντών είναι βασισμένες στην προσθήκη των συστατικών με μια υψηλά θερμική αδράνεια και διάχυση σε ένα προϊόν. Την προθέρμανση του προϊόντος καθυστερούν έτσι: το ποσοστό αύξησης θερμοκρασίας που είναι πιο αργό και η θερμότητα άγεται μακριά από την επιφάνεια. Τα συνηθέστερα χρησιμοποιημένα συστατικά είναι στρώματα μετάλλων. Το κύριο μειονέκτημά τους είναι το μεγάλο ποσοστό μετάλλου που

απαιτείται για τα ικανοποιητικά αποτελέσματα. Κατά συνέπεια, το βάρος και η τιμή του αυξάνονται.

4.4.δ Μειώνοντας την καύση με την αραίωση των αερίων πυρόλυσης

Τα αέρια καύσης που εξελίσσονται κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης μπορούν να αραιωθούν από τα αέρια που απελευθερώνονται από τους επιβραδυντές.

4.4.ε Μειώνοντας την καύση με την παρεμπόδιση των αλυσιδωτών αντιδράσεων

Μερικοί επιβραδυντές ενεργούν με την παρεμπόδιση των αντιδράσεων στη φάση αερίων. Τα αλογόνα είναι το πιο γνωστό παράδειγμα τέτοιων χημικών ουσιών. Μπορούν να καθυστερήσουν επίσης την αέρια φάση της καύσης των ξύλινων προϊόντων, αλλά δεν είναι ενεργοί στη στερεά φάση. Εντούτοις, πρέπει να αποφεύγονται στα ξύλινα προϊόντα, κυρίως λόγω των περιβαλλοντικών πτυχών.

Έτσι οι χημικοί επιβραδυντές του ξύλου μπορούν αφενός να καθυστερούν την ανάφλεξη για έναν σημαντικό χρόνο και αφετέρου να μειώνουν το ποσοστό απελευθέρωσης θερμότητας μετά από την ανάφλεξη. Και τα δύο αποτελέσματα μαζί μπορούν σαφώς να επηρεάσουν τη διάδοση της πυρκαγιάς πέρα από τη θέση της αρχικής ανάφλεξης. Σε μια δοκιμή πυρκαγιάς δωματίου (ISO 9705) διεξάχθηκε το εξής αποτέλεσμα: Το μη επεξεργασμένο ξύλο αναφλέχθηκε σε περίπου 3 λεπτά, ενώ το ξύλο με επιβραδυντή απέτρεψε την ανάφλεξη ακόμη και για 20 λεπτά ή περισσότερο [6].

Πίνακας 4.4α Οι κυριότεροι μηχανισμοί δράσης των χημικών επιβραδυντών σήμερα

Μηχανισμός δράσης	προστατευτικής	Συστατικά	Παρατηρήσεις
<p>Δημιουργία προστατευτικού αερίου στρώματος από μη εύφλεκτα αέρια σε υψηλές θερμοκρασίες.</p> <p>Θεωρία των ελεύθερων αλυστών αντιδράσεων: παρεμπόδιση της καύσης μέσω των ελευθέρων ριζών. Είναι στην πράξη μια κυκλική αντίδραση που παρατηρείται σε εύφλεκτα αέρια, εξαιτίας του σχηματισμού των ελεύθερων ριζών.</p>		<p>Αμμωνιακές ενώσεις, αλογονούχες ενώσεις (Br, Cl, F), θειικά άλατα, οργανικά παράγωγα αλογόνων (παράγωγα του 4-βρωμοφθαλικού οξέος), HET (χλωρικός ανυδρίτης).</p> <p>Συnergιστικοί συνδυασμοί αλογονούχων οξειδίων των μετάλλων (Sb₂O₃).</p>	<p>Πλεονεκτήματα: αποτελεσματική προστασία ενάντια στη διάδοση της φλόγας, εύκολη εφαρμογή.</p> <p>Μειονεκτήματα: απομακρύνονται εύκολα, χαμηλή σταθερότητα (εκτός από τα οργανικά παράγωγα), εκπομπή σημαντικής ποσότητας τοξικών αερίων κατά την καύση (Αντίθετοι με το πρωτόκολλο Μόντρεαλ)</p>
<p>Παρεμπόδιση της αύξησης της θερμοκρασίας εύφλεκτων υλικών, π.χ. λιγνοκυτταρινικών σωματιδίων, λόγω της υψηλής θερμότητας ζέσεως. Αποσύνθεση και δυνατότητα μετατροπής σε μη-εύφλεκτες υγρές μορφές, οι οποίες αποκόπτουν την παροχή του οξυγόνου, ακόμα και στη θερμοκρασία της φλόγας. Καταλύτες της αντίδρασης της φλόγας με στόχο τη δημιουργία ενός προστατευτικού και μονωτικού στρώματος από άνθρακα.</p>		<p>Μείγματα Βορίου (βορικό οξύ, βόρακας, μεθυλικά ή αιθυλικά άλατα του βορικού οξέος), πολυφωσφορικές ενώσεις, βολφραμικό οξύ, φωσφορικά παράγωγα, οξειδία του μολυβδενίου.</p>	<p>Πλεονεκτήματα: ιδιαίτερα αποτελεσματικά, καθώς αυξάνουν τη θερμοκρασία ανάφλεξης του υλικού. Μείωση της εκπεμπόμενης θερμότητας καύσης.</p> <p>Μειονεκτήματα: οι φωσφορικές ενώσεις επιδρούν στις ιδιότητες του υλικού και προκαλούν ανεπιθύμητη κατάλυση της αντίδρασης της καύσης, με ταυτόχρονη εκπομπή τοξικού CO.</p>
<p>Μηχανισμός δράσης, ο οποίος συνδυάζει τις ιδιότητες και των δυο προαναφερθέντων κατηγοριών.</p>		<p>Φωσφορικά άλατα του αμμωνίου, πολυφωσφορικά άλατα του αμμωνίου, βορικά άλατα του αμμωνίου, φωσφορικά άλατα προσθετικά με ουρία, μελαμίνη, πρωτεΐνες, δικουανιούχα αμίδια, κ.τ.λ.</p>	<p>Πλεονεκτήματα: ιδιαίτερα αποτελεσματικά με έντονη δραστηριότητα. Χρησιμοποιούνται κατά κόρον στις δασικές πυρκαγιές σήμερα.</p> <p>Μειονεκτήματα: απομακρύνονται εύκολα, εκπέμπεται μεγάλη ποσότητα τοξικών αερίων (φωσφορικές ενώσεις)</p>
<p>Μείωση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, αντίσταση στη φωτιά.</p>		<p>Ίνες από ανόργανα υλικά (αμίαντος, υαλοβάμβακας), καολίνη, μίκα και παράγωγα (βερμικουλίτης), σιλικούχα ορυκτά, συνθετικές ίνες από οξείδιο του αλουμινίου και διοξείδιο του τιτανίου, συνθετικές ίνες που βασίζονται σε πολυμερή</p>	<p>Πλεονεκτήματα: ιδιαίτερα αποτελεσματικά σαν μονωτικά υλικά. Μειωμένες εκπομπές τοξικών αερίων.</p> <p>Μειονεκτήματα: είναι πολύ ακριβά για να χρησιμοποιηθούν σε δασοπυρόσβεση. Δεν μειώνουν την θερμότητα που εκλύεται από τη φωτιά και ορισμένα (αμίαντος) είναι τοξικά.</p>
<p>Μόνωση του λιγνοκυτταρινικού υλικού από την διείσδυση της θερμικής ενέργειας.</p> <p>Προφύλαξη και αντανάκλαση της θερμικής ακτινοβολίας.</p>		<p>Κάτοπτρα από Al ή Ag, επικαλύψεις από σύνθετα υλικά.</p>	<p>Πλεονεκτήματα: χαμηλό κόστος, πλήρης παρεμπόδιση της διάδοσης της φλόγας πάνω στην επιφάνεια και απομόνωση των εύφλεκτων υλικών από την ζώνη της καύσης.</p> <p>Μειονεκτήματα: παρέχουν επιφανειακή προστασία μόνο και στην περίπτωση που φθαρεί η επιφάνεια, υπάρχει έντονος κίνδυνος πυρκαγιάς.</p>

4.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΔΑΝΙΚΟΥ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΗ

1. μεγάλη απόδοση, δηλαδή με μικρή ποσότητα (όχι πάνω από 10% της συνολικής μάζας του προς προστασία υλικού), μεγάλη προστασία.
2. χημικά σταθερός σε συνήθεις συνθήκες
3. να μην επηρεάζει τις μηχανικές ιδιότητες και την αισθητική του υλικού.
4. να μην εκλύονται τοξικές και διαβρωτικές ουσίες κατά την χρήση του.
5. να μην αυξάνει τις εκπομπές σε τοξικά του υλικού κατά την καύση
6. εύκολη εφαρμογή
7. εντομοκτόνος και μυκητοκτόνος δράση παράλληλα
8. αντίσταση στο νερό
9. σχετικά χαμηλές τιμές [7].

Πολλοί χημικοί επιβραδυντές είναι διαθέσιμοι στην αγορά, αλλά μόνο λίγοι από αυτούς ικανοποιούν τις παραπάνω απαιτήσεις. Είναι λοιπόν αναγκαίο να μελετηθούν και να εφαρμοστούν επιβραδυντές, οι ιδιότητες των οποίων θα πλησιάζουν τον ιδανικό και φυσικά θα είναι φιλικό προς το περιβάλλον.

4.6 ΟΙ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΝΤΕΣ ΧΗΜΙΚΟΙ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΕΣ

4.6α Υδρομαγνησίτης

♦ Χαρακτηριστικά υδρομαγνησίτη

Ο υδρομαγνησίτης, $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4(H_2O)$, ένα βασικό ανθρακικό άλας μαγνησίου με το γενικό τύπο $xMgO_yCO_2_zH_2O$, είναι το μόνο είδος σταθερό υπό ατμοσφαιρικές συνθήκες στη μεγάλη οικογένεια των βασικών ανθρακικών αλάτων μαγνησίου. Είναι το συνηθέστερα διαθέσιμο ανθρακικό άλας μαγνησίου. Τώρα έχει γίνει αποδεκτό ως σημαντικό ορυκτό στη γεωλογία. Μπορεί να βρεθεί με τη φυσική μορφή του στα ορυκτά αποθέματα στη Βρετανική Κολομβία ή την Ελλάδα συνδεδεμένο συνήθως με τον χουντίτη, $CaMg_3(CO_3)_4$. Εκτός από το να εμφανιστεί φυσικά, θα μπορούσε επίσης να κατασκευαστεί συνθετικά [Ξ5,Ξ6,Ξ7].

Το υλικό αυτό τράβηξε την εποχή των επιστημόνων από τη δεκαετία του '30. Οι Menzel&Brückner (1930) εξέφρασαν τις αμφιβολίες τους σχετικά με την ίδια την ύπαρξη της ένωσης υδρομαγνησίτη, επειδή στα πειράματά τους καθόλου υδρομαγνησίτης δεν διαμορφωνόταν. Όμως, στην αντίδρασή του, ο Levi (1930) ισχυρίστηκε, ότι η σύνθεση ενός ορυκτού που βρέθηκε στη φύση όπως ο υδρομαγνησίτης ήταν επιρρεπής σε παραλλαγές. Γενικά η σύνθεση του υδρομαγνησίτη θα ήταν $4 \text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ ($= 4 \text{MgO} \cdot 3 \text{CO}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$). Ο Levi (1930) πρόσθεσε, ότι ήταν σε θέση να διακρίνει υδρομαγνησίτη κατά τρόπο σαφή στη διάθλαση ακτίνων Χ. Δύο διαφορετικά ανθρακικά άλατα υδροξειδίου μαγνήσιου αναγνωρίστηκαν από τους Walter-Lévy (1937): $5\text{MgO} \cdot 4\text{CO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ και $4\text{MgO} \cdot 3\text{CO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Το πρώτο θα διαμόρφωνε πριν να βράσει $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ στο νερό (Walter-Lévy, 1932). Το δεύτερο διαμορφώθηκε με βρασμό του $\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ στο νερό (Walter-Lévy, 1935) [Ξ8].

♦ Η δομή του Υδρομαγνησίτη

Η δομή αυτού του ορυκτού αποτελείται από ένα τρισδιάστατο πλέγμα οξειδίων του μαγνήσιου που συνδέονται με ομάδες ανθρακικού άλατος και περιλαμβάνονται επίσης συντονισμένα OH και μόρια H_2O (Akao et Al., 1974). Μπορούν να διακριθούν δύο τύποι δομής. Η M1 οκταεδρική και η M2 [Ξ9].

♦ Ιδιότητες Υδρομαγνησίτη

Φυσικές ιδιότητες

Σχίσιμο κρυστάλου: {010}, τελειο

Αντοχή: Εύθραυστο

Σκληρότητα= 3.5

$D\{\text{μέτρ.}\} = 2.24-2.25$, $D\{\text{calc.}\} = 2.25$

Οπτικές ιδιότητες

Διαφανής

υψηλή φωτεινότητα (> 95%)

Χρώμα: άχρωμος στο λευκό

Λαμπρότητα: Γυάλινος,

Άλλες ιδιότητες

Καθαρότητα: (περίπου 97 - 98%)

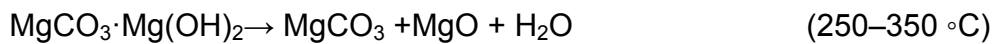
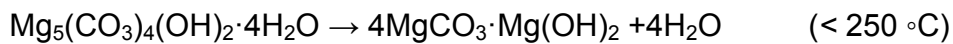
Θερμική σταθερότητα και καλή χημική αδράνεια

Ενδοθερμική αποσύνθεση σε 250 - 500 °C

Χαμηλής θερμοκρασίας υδροθερμικό ορυκτό.

♦ Θερμική αποικοδόμηση Υδρομαγνησίτη

Η θερμική αποικοδόμηση του υδρομαγνησίτη, ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:



♦ Εφαρμογές υδρομαγνησίτη

Το ορυκτό υδρομαγνησίτης βρίσκει εφαρμογές στο βιομηχανικό κόσμο ως φυσικός επιβραδυντής πυρός για τα πλαστικά [Ξ10,Ξ11].

Ο μαγνησίτης (ενδεχομένως υδρομαγνησίτης), και το πυρίτιο είναι σταθερά σε επιφανειακό περιβάλλον και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως πληρωτικά ανοικτών κοιλωμάτων, στην κατασκευαστική βιομηχανία. Η οικοδομική βιομηχανία χρησιμοποιεί αυτήν την περίοδο τα απόβλητα με ποζολανικές ιδιότητες, όπως ο υδρομαγνησίτης, για να μειώσει το CO₂ στην κατασκευή τσιμέντου [Ξ10].

Επίσης, ο υδρομαγνησίτης συνήθως χρησιμοποιείται ως πηγή οξειδίου μαγνήσιου και επιπλέον, όταν η καθαρότητά του είναι κατάλληλη, για φαρμακολογική χρήση.

Άλλες εφαρμογές, όπως η χρήση του ως πρόσθετο στις χρωστικές ουσίες και την κατασκευή χαρτιού, αναπτύσσονται [Ξ12].

Εντούτοις, η βασική εφαρμογή του υδρομαγνησίτη είναι ως επιβραδυντικό πυρός στα πλαστικά.

4.6.β Χουντίτης

♦ Χαρακτηριστικά Χουντίτη

Το ορυκτό ανθρακικού άλατος, χουντίτης ($Mg_3Ca(CO_3)_4$) ανακαλύφθηκε αρχικά το 1943. Ο χουντίτης διαμορφώνεται ως αποτέλεσμα της αποσύνθεσης της επιφάνειας και της μεταβολής του δολομίτη και του μαγνησίτη (Faust, 1953).

Συγκεκριμένα, ο χουντίτης αποτελεί ένα άλυτο ορυκτό ανθρακικού άλατος [Ξ13]. Δεδομένου ότι χουντίτης είναι ένα μετασταθές ορυκτό, βρίσκεται σπάνια σταθερός στη φύση, όπως ο μαγνησίτης και ο δολομίτης. Δηλαδή, επειδή ο χουντίτης είναι ένα μεταβατικό ορυκτό μεταξύ του μαγνησίτη και του δολομίτη, βρίσκεται μαζί με μαγνησίτη, δολομίτη και υδρομαγνησίτη.

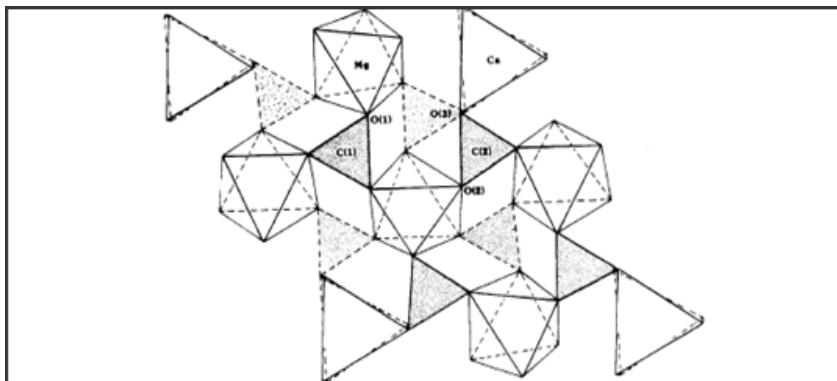
Ο διαχωρισμός του χουντίτη από τα άλλα ανθρακικά άλατα είναι ένα σημαντικό ζήτημα. Γενικά, ο διαχωρισμός των ανθρακικών αλάτων, όπως ο χουντίτης, είναι μάλλον δύσκολος λόγω των παρόμοιων χημικών συνθέσεων τους και των δομών τους. Η επίπλευση είναι μια ευδιάκριτη τεχνική, διαχωρισμού του χουντίτη από τα άλλα ανθρακικά άλατα χρησιμοποιώντας τροποποιημένα αντιδραστήρια [Ξ13].

Σ'ότι αφορά στη σύνθεση αυτού του ορυκτού, έχουν εκτελεσθεί υψηλής θερμοκρασίας συνθέσεις του χουντίτη. Παραδείγματος χάριν, οι Biedl & Preisinger (1962) συνέθεσαν χουντίτη σε υδροθερμικές δοκιμές, κατά τις οποίες MgO , SiO_2 , και μικρές ποσότητες ασβεστίου αντέδρασαν στους 373 K υπό 3.2 bars πίεση CO_2 . Μόνο μια μαρτυρία έχει γίνει γνωστή για χαμηλής θερμοκρασίας σχηματισμό χουντίτη σε ένα εργαστηριακό πείραμα. Ο Davies et al. (1977) περιέγραψε πώς το ορυκτό διαμορφώθηκε σε ένα πείραμα, όπου ο $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ αντέδρασε με ιζήματα ανθρακικού άλατος σε μια υπεραλμυρή άλμη, που βοηθήθηκε από την παρουσία ενός άφθονου μικροβιακού πληθυσμού. Ο χρόνος αντίδρασης ήταν δέκα μήνες και η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του πειράματος ήταν μεταξύ 293 και 303 K [Ξ8].

Ο χουντίτης χρησιμοποιείται ως πληρωτικό (filler) στα πολυμερή, ως επιβραδυντικό πυρός (flame retardant), ως εκτατικό (extender) του TiO_2 στις βιομηχανίες χρωμάτων και ως υλικό επικάλυψης στην χαρτοποιία.

♦ Η δομή του χουντίτη

Η δομή του ορυκτού χουντίτη έχει αναλυθεί από τους Graf & Bradley (1962). Ο χουντίτης μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκει στο ορθορομβικό κρυσταλλικό σύστημα. Σαν το δολομίτη, έτσι και ο ορυκτός χουντίτης αποτελείται από μια διαταγμένη σειρά στρωμάτων, στην οποία υπάρχουν αποκλειστικά είτε ένα από τα δύο διαφορετικά είδη κατιόντων είτε ομάδες ανιόντων ανθρακικού άλατος μόνο. Η εναλλαγή μεταξύ αυτών των διαφορετικών στρωμάτων ακολουθεί ουσιαστικά την κατεύθυνση του c-άξονα, αλλά το δικτυωτό πλέγμα περιπλέκεται ως ένα ορισμένο βαθμό με την κλίση κάποιων CO₃ ομάδων (Graf & Bradley, 1962) [Ξ8].



Εικόνα 4.6.β: Πολύεδρη απεικόνιση δομής χουντίτη όπως φαίνεται κατά μήκος του c άξονα [Ξ14].

♦ Ιδιότητες Χουντίτη

Φυσικές Ιδιότητες

Σχίσσιμο κρυστάλλου: Κανένα

Χρώμα: Λευκό

Πυκνότητα: 2.696

Σπάσιμο: Πολύ εύθραυστο σπάσιμο που παράγει τα μικρά, κογχοειδή τεμάχια.

Σκληρότητα: 1-2

Φωτοβολία: Φθορισμού

Λάμψη: Χωματένιο (θαμπό)

♦ Θερμική αποικοδόμηση Χουντίτη

Η θερμική αποικοδόμηση του χουντίτη, ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:

$Mg_3Ca(CO_3)_4 \rightarrow CaCO_3 \cdot nMgCO_3 + (3-n)MgO + (3-n)CO_2$ (570–620 °C)
(Mg-calcite) (το n σταδιακά μεταβάλλεται από 0.2 to 0.05 αυξανόμενης της θερμοκρασίας),

$CaCO_3 \cdot nMgCO_3 \rightarrow nMgO + CaO + (1+n)CO_2$ (750–920 °C)
($n \leq 0.05$) .

4.6.γ Μίγματα υδρομαγνησίτη-χουντίτη

✓ Φυσικό μίγμα

Υπάρχουν αρκετές εναποθέσεις μίγματος υδρομαγνησίτη και χουντίτη παγκοσμίως. Μόνο μερικές από αυτές τις εναποθέσεις αξιοποιούνται για τις ιδιότητες τους να επιβραδύνουν τη φωτιά. Το ορυκτό από τη λεκάνη της Σερβίας της Κοζάνης στη δυτική Μακεδονία αποτελεί ένα καλό παράδειγμα. Το μαγνήσιο ή τα ένυδρα ανθρακικά άλατα μαγνήσιου εμφανίζονται ως παχιοί ορίζοντες στη σέρβικη λεκάνη της περιοχής της Κοζάνης . Τα βασικά ορυκτά του ορυχείου στην Κοζάνη είναι χουντίτης $CaMg_3(CO_3)_4$, υδρομαγνησίτης $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$ και σε μικρότερο ποσοστό δολομίτης, αραγονίτης, ασβεστίτης, ορυκτά αργίλου, πυρίτιο και άστριοι .

Στη λεκάνη της Σερβίας της Κοζάνης, τα κοιτάσματα με τις γνωστές αναλογίες χουντίτη/υδρομαγνησίτη εξάγονται επιλεκτικά και συνδυάζονται για να λάβουν τη σταθερή σύνθεση και ποιότητα ενός εμπορεύσιμου προϊόντος. Η αρχική επεξεργασία αποτελείται από θραύση σε λιγότερο από 10 χιλιοστόμετρα και ξήρανση σε λιγότερο από 1% υγρασίας. Η τελική επεξεργασία συνίσταται σε απόσυσσώματωση και ταξινόμηση μέσω αέρα για να λάβει την επιθυμητή διασπορά μεγέθους και σχήματος μορίων.

μαγνήσιου και του τριοξειδίου του αλουμινίου (ATH) [Ξ11,17].

♦ Εφαρμογές φυσικού μίγματος Υδρομαγνησίτη-Χουντίτη

1. Πολυολεφίνες

Η αποδοτικότητα του μίγματος χουντίτη/υδρομαγνησίτη στις πολυολεφίνες φαίνεται να εξαρτάται από το συγκεκριμένο τύπο πολυμερούς που χρησιμοποιείται. Στα περισσότερα πολυπροπυλένια, τα συνθετικά και φυσικά υδροξειδία μαγνησίου είναι ελαφρώς αποτελεσματικότερα [Ξ16].

2. Πολυμερή

Ένα φυσικό ορυκτό υλικό πληρώσεως που περιέχει κυρίως χουντίτη και υδρομαγνησίτη μαζί με ένα μίγμα τριοξειδίου αντιμονίου και decabromodiphenyloxide (DBDPO) χρησιμοποιείται για να μειώσει την ευφλεκτότητα ενός συμπολυμερούς αιθυλενοπροπυλενίου. Συγχρόνως σ'ότι αφορά στις μηχανικές ιδιότητές του, βελτιώνεται η ακαμψία του συμπολυμερούς [Ξ17].

3. PVC

Το πολυβινυλοχλωρίδιο είναι ένα ευπροσάρμοστο πολυμερές σώμα με μια άριστη σχέση κόστους/απόδοσης σε αμέτρητες εφαρμογές. Η αυξανόμενη συνειδητοποίηση των πιθανών κινδύνων και η οικολογική επιβάρυνση έχουν οδηγήσει σε πιο αυστηρά πρότυπα σχετικά με τον καπνό και την εκπομπή HCL. Ενώ το τριοξείδιο του αντιμονίου παρέχει υψηλή αποδοτικότητα στην επιβράδυνση της φωτιάς στις ενώσεις PVC, το μειονέκτημά του βρίσκεται στους αυξανόμενη εκπομπή καπνού και HCL και στα τοξικά προϊόντα αποσύνθεσης που δίνει.

Ένα μέρος ή όλο το τριοξείδιο του αντιμονίου μπορεί να αντικατασταθεί από ορυκτούς επιβραδυντές πυρός, προκειμένου να μειωθούν σημαντικά ο καπνός, το HCL και η τοξικότητα.

4. Πολυεστέρες και στις πολυκετόνες

Το μίγμα χουντίτη/υδρομαγνησίτη έχει αναπτυχθεί ως ευπροσάρμοστη εναλλακτική λύση επιβραδυντή. Λόγω της διαφορετικής χημικής σύνθεσής του, δεν αρχίζει την υποβάθμιση του πολυεστέρα και μπορεί να εφαρμοστεί πιο ακίνδυνα. Έτσι, μπορεί να αποτελέσει μια άριστη βάση για τις ενώσεις PBT [Ξ16].

5. Δασικές ύλες

Τα μίγματα χουντίτη-υδρομαγνησίτη, καθώς και ο καθαρός υδρομαγνησίτης και χουντίτης, έχουν αποδειχτεί να παρουσιάζουν επιβραδυντικές ικανότητες πυρός όταν εφαρμόζονται σε δασικές ύλες .

✓ **Εμπορικό μίγμα (Securoc C)**

Το Securoc C αποτελεί μίγμα χουντίτη/υδρομαγνησίτη και βρίσκεται εφαρμογή κατά κύριο λόγο στα πολυμερή ως υλικό πληρώσεως . Τα προϊόντα με Securoc παράγονται είτε από φυσικές είτε συνθετικές πρώτες ύλες, ύστερα από λείανση, επίστρωση και άλλες διαδικασίες που πραγματοποιούνται από την εταιρεία Incemim στις εγκαταστάσεις της στο Holderbank (Ελβετία). Εξαιτίας της προσεκτικής επιλογής των πρώτων υλών και τη σωστή επεξεργασία επιτυγχάνονται κατάλληλα προϊόντα και υψηλή συνέπεια [Ξ15].

◆ **Εφαρμογές εμπορικού μίγματος Υδρομαγνησίτη-Χουντίτη**

1. PVC

Τα προϊόντα με χουντίτη/υδρομαγνησίτη, όπως το Securoc C φαίνεται να εμφανίζουν καλύτερη συνάφεια με το PVC σε σχέση με τα υδροξείδια μετάλλων, όπως το ATH [Ξ15].

2. Θερμοπλαστικά υλικά

Το Securoc C αποτελεί επιβραδυντή πυρός στα θερμοπλαστικά υλικά. Γενικά, χρησιμοποιώντας τα ορυκτά επιβραδυντικά πυρός βασισμένα στο χουντίτη/υδρομαγνησίτη, οι ρυθμοί πλήρωσης των υλικών ποικίλουν σύμφωνα με το πολυμερές, από 100 phg στα πολυαμίδια μέχρι 180 phg στα πολυπροπυλένια.

B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑ

1.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η δειγματοληψία των δασικών ειδών πραγματοποιήθηκε στην περιοχή των Θρακομακεδόνων, στους πρόποδες του όρους Πάρνηθα, στα ευρύτερα όρια του Εθνικού Δρυμού της Πάρνηθας. Απαραίτητη προϋπόθεση πριν τη συλλογή των δειγμάτων, ήταν η πάροδος τουλάχιστον δύο εικοσιτετραώρων μετά από την τελευταία βροχόπτωση στην παραπάνω περιοχή. Αυτό είναι απαραίτητο διότι τα μεγάλα ποσοστά υγρασίας που θα υπήρχαν στα δείγματα δεν θα ήταν επιθυμητά καθώς δε θα μπορούσε να ελεγχθεί η προσβολή από μύκητες, επηρεάζοντας έτσι την ακρίβεια των μετρήσεων. Επίσης η δειγματοληψία έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διασπορά των δειγμάτων (μέγεθος του επιλεγόμενου φυλλώματος, θέση συλλογής στο δέντρο, ηλικία των δέντρων, έκθεση κ.τ.λ.) ώστε τελικά να ληφθεί κατά το δυνατόν αντιπροσωπευτικό δείγμα.

Αναλυτικά το φύλλο δειγματοληψίας καταγράφεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 1.1.α: Δελτίο δειγματοληψίας

Ημερομηνία :	21/1/2008 και ώρα 10:00-12:00 & 20/05/2008 και ώρα 10:00-12:00
Περιοχή :	Θρακομακεδόνες (πρόποδες όρους Πάρνηθα)
Σταθμός:	Do
Γεωγραφικές συντεταγμ.:	38° 07' 50'' N 23° 46' 22'' E
Υψόμετρο :	323m
Έκθεση :	E(97°)
Πετρολογικός σχηματισμός :	Μάργες, χαλαζίες και κροκαλοπαγή
Δασικό είδος :	Cistus Incanus

Παρατηρήσεις :

Οι γεωγραφικές συντεταγμένες και το υψόμετρο λήφθηκαν με τη βοήθεια GPS.

Η έκθεση λήφθηκε με τη βοήθεια πυξίδας.

Η θέση της δειγματοληψίας βρίσκεται σε ακτίνα 50 μέτρων γύρω από τις προαναφερόμενες γεωγραφικές συντεταγμένες

Η ταυτοποίηση της δασικής ύλης έγινε βιβλιογραφικά.

1.2 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Τα διάφορα δασικά είδη παρουσιάζουν διαφορετική περιεχόμενη υγρασία και διαφορετικούς ρυθμούς αποβολής της. Αν ληφθεί υπόψη η μεγάλη επίδραση της υγρασίας στην θερμογόνο δύναμη του καυσίμου και άρα στην ένταση της πυρκαγιάς, η περιεχόμενη υγρασία καθώς και ο ρυθμός αποβολής της επηρεάζουν σημαντικά το χρόνο που η καύσιμη δασική ύλη χρειάζεται να αναφλεγεί. Ο υπολογισμός της περιεχόμενης υγρασίας γίνεται με βάση την εξίσωση :

$$Y\% = \frac{(M_x - M_o)}{M_x} \cdot 100\% \quad (1)$$

Όπου Y% : η υγρασία επί τοις εκατό

M_x : η αρχική μάζα σε g

M_o : η απόλυτα ξερή μάζα σε g.

Για τον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία. Σε εύλογο χρονικό διάστημα (μερικών μόνο ημερών) τα δείγματα ζυγίστηκαν σε ζυγό με ακρίβεια δυο δεκαδικών ψηφίων. Έπειτα τοποθετήθηκαν για 24 ώρες σε πυριατήριο στους 105°C (συνθήκες σταθεροποίησης του βάρους) και ζυγίστηκαν έχοντας πια χάσει την υγρασία τους. Η περιεχόμενη υγρασία προσδιορίστηκε με βάση την σχέση (1).

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

2.1 ΕΥΦΛΕΚΤΟΤΗΤΑ.

Η ευφλεκτότητα είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται ευρύτατα στην μελέτη των δασικών πυρκαγιών. Είναι ορθότερο όμως να αναλυθεί στις τρεις συνιστώσες που την συνθέτουν για τον ακριβέστερο προσδιορισμό της. Σύμφωνα με τον Anderson (1970) η ευφλεκτότητα (flammability) ορίζεται ως ο συνδυασμός των παρακάτω:

1. Αναφλεξιμότητα (ignitability): ο χρόνος που απαιτείται μέχρι να πραγματοποιηθεί ανάφλεξη και η οποία εκφράζει ουσιαστικά την ευκολία με την οποία αναφλέγεται ένα υλικό.
2. Συντήρηση της καύσης (sustainability): το μέτρο του πόσο καλά καίει μια φωτιά με ή χωρίς πηγή θερμότητας, και
3. Καυσιμότητα (combustibility): ένα μέτρο της ταχύτητας με την οποία ένα καύσιμο καταναλώνεται από την φωτιά.

Ο Martin το 1994 πρόσθεσε μια επιπλέον σημαντική συνιστώσα στην έννοια της ευφλεκτότητας την:

4. Κατανάλωση καυσίμου (consumability): η οποία εκφράζει το ποσό του υλικού που καταναλώνεται κατά την διάρκεια της καύσης [22].

2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΟΞΥΓΟΝΟΥ & L.O.I.

Οι μέθοδοι δείκτη οξυγόνου (oxygen index methods), οι οποίες περιγράφουν την τάση ενός υλικού να συντηρεί την φλόγα, χρησιμοποιούνται ευρέως ως εργαλείο εξέτασης της ευφλεκτότητας των πολυμερών υλικών. Είναι πολύ χρήσιμες διότι παρέχουν ένα αριθμητικό μέτρο προσδιορισμού της ευφλεκτότητας. Επίσης οι μέθοδοι αυτοί είναι προσφιλείς διότι ο εξοπλισμός και γενικά όλη η πειραματική διαδικασία δεν κοστίζουν πολύ. Πλεονέκτημά τους ακόμα είναι ότι απαιτούν μικρό μέγεθος δείγματος. Αυτές οι μέθοδοι έχουν συστηματικά χρησιμοποιηθεί για την μελέτη χημικών επιβραδυντών και της επίδρασης που έχουν αυτοί στην ευφλεκτότητας διαφόρων υλικών.

Η πεμπουσία των μεθόδων δείκτη οξυγόνου είναι ότι το δείγμα καίγεται μέσα σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα. Η διαδικασία έχει ως εξής: δίνεται φλόγα στην κορυφή του δείγματος και σε λίγα δευτερόλεπτα αυτή απομακρύνεται. Υπολογίζεται η χαμηλότερη συγκέντρωση οξυγόνου, μέσα σε ένα μίγμα αζώτου και οξυγόνου, που συντηρεί την φλόγα. Τα κριτήρια για να θεωρηθεί ότι συντηρείται η καύση ή όχι, είναι ένα κρίσιμο μήκος δείγματος που πρέπει να καεί ή ένας κρίσιμος χρόνος μέσα στον οποίο η φλόγα δεν πρέπει να σβήσει. Η αποτελεσματικότητα ενός χημικού επιβραδυντή σε ένα υλικό υπολογίζεται με την αλλαγή που επιφέρει στην κρίσιμη συγκέντρωση οξυγόνου που απαιτείται για την καύση του υλικού αυτού. Όσο ο επιβραδυντής αυξάνει την τιμή αυτή τόσο πιο αποτελεσματικός είναι.

Η αντιπροσωπευτικότερη των μεθόδων δείκτη οξυγόνου είναι η μέθοδος του L.O.I. (Limiting Oxygen Index) η οποία αναπτύχθηκε από τους Fenimore και Martin(1970) και η οποία μετρά την ευφλεκτότητα των πολυμερών υλικών σε σχέση με την χημική τους σύσταση. Το δείγμα τοποθετείται κάθετα μέσα σε μια γυάλινη καπνοδόχο σε συνθήκες σταθερής ροής μίγματος οξυγόνου- αζώτου. Στην κορυφή του δείγματος δίνεται τεχνητή φλόγα και το δείγμα καίγεται προς τα κάτω. Η αναλογία του μίγματος αλλάζει σε κάθε δοκιμή μέχρι να προσδιοριστεί το ποσοστό του οξυγόνου που συντηρεί την καύση έως ένα κρίσιμο μήκος ή για κάποιον κρίσιμο χρόνο. Το ποσοστό αυτό του οξυγόνου λέγεται δείκτης οξυγόνου και ορίζεται ως :

$$L.O.I. = [O_{2,cr}] / ([O_{2,cr}] + [N_2]) \quad (2)$$

όπου $[O_{2,cr}]$ είναι η ελάχιστη συγκέντρωση οξυγόνου που συντηρεί την καύση μέχρι το κρίσιμο μήκος ή χρόνο και $[N_2]$ η συγκέντρωση αζώτου στο μίγμα.

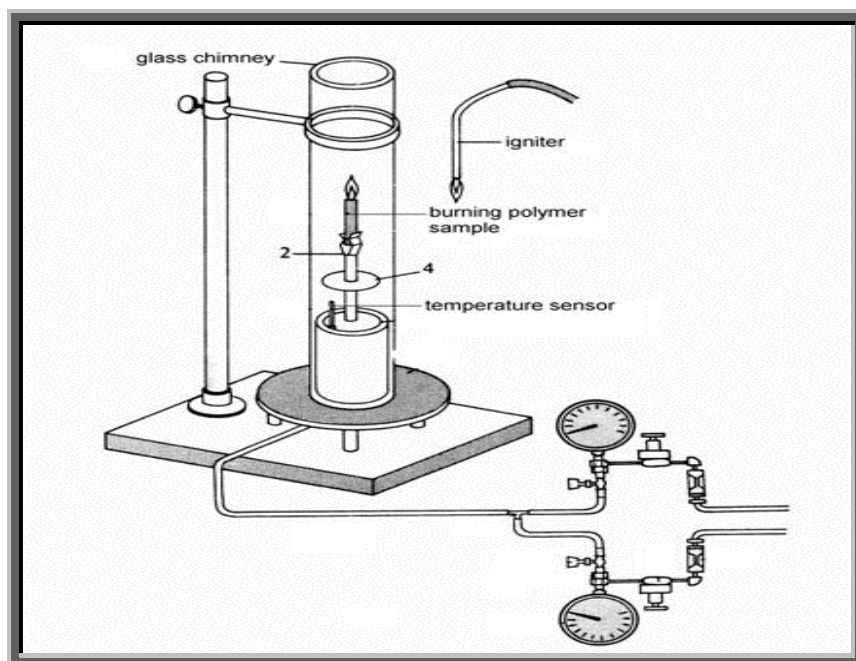
Με βάση αυτή τη μέθοδο είναι δυνατό να κατηγοριοποιηθούν τα υλικά σε ομάδες ανάλογα με τον δείκτη ελάχιστου οξυγόνου. Βάση λοιπόν του δείκτη ελάχιστου οξυγόνου υπάρχουν δυο ομάδες υλικών. Αυτή για την οποία τα υλικά έχουν $L.O.I. < 20,95$ και χαρακτηρίζονται ως *εύφλεκτα (flammable)* και αυτή για την οποία τα υλικά έχουν $L.O.I. > 100$ και χαρακτηρίζονται ως ουσιαστικά *μη αναφλέξιμα (intrinsically non-flammable)*. Πολλοί ερευνητές έχουν προτείνει και μια τρίτη κατηγορία υλικών με $28,00 < L.O.I. < 100$ των οποίων χαρακτηριστικό

είναι ότι σβήνουν μόνο τους (*self-extinguishing*). Μια τέταρτη κατηγορία περιέχει τα υλικά με $L.O.I.=20,95$ χαρακτηριζόμενα ως *οριακά σταθερά*. Τελευταία ομάδα είναι αυτή των υλικών με $20,95 < L.O.I. < 28$ των οποίων χαρακτηριστικό είναι ότι αργοκαίγονται (*slow-burning*) .

ΣΚΟΠΟΣ

Αυτή η μέθοδος δοκιμής στοχεύει στη μέτρηση της ελάχιστης συγκέντρωσης του οξυγόνου σε ένα μίγμα ρέοντος οξυγόνου και αζώτου που θα υποστηρίξει ακριβώς τη φλεγόμενη καύση.

Σε αυτήν την διαδικασία, τα δείγματα υποβάλλονται σε ένα ή περισσότερα συγκεκριμένα σύνολα συνθηκών εργαστηριακής δοκιμής. Εάν αντικαθίστανται οι διαφορετικές συνθήκες δοκιμής ή αλλάζουν οι όροι τελικής χρήσης, μπορεί να μην είναι δυνατό από τη συγκεκριμένη δοκιμή να προβλεφθούν οι αλλαγές στα χαρακτηριστικά απόκρισης δοκιμής πυρκαγιάς που μετρούνται. Επομένως, τα αποτελέσματα ισχύουν μόνο για τους όρους έκθεσης δοκιμής πυρκαγιάς που περιγράφονται σε αυτήν την διαδικασία [23] .



Σχήμα 2.2.α: Πειραματική διάταξη L.O.I.

2.3 ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ L.O.I.

Η συσκευή της μεθόδου όπως σχεδιάστηκε από τους Fenimore και Martin και όπως φαίνεται στο σχήμα, αποτελείται από τρία βασικά μέρη :

1. ροόμετρα και βαλβίδες που ελέγχουν την σύσταση του μίγματος οξυγόνου και αζώτου καθώς και τον ρυθμό ροής τους
2. ένα θάλαμο ξήρανσης πληρωμένο με silica gel, μέσα από τον οποίο περνά το μίγμα
3. ένα θάλαμο όπου πραγματοποιείται η καύση του δείγματος [Ξ4].

Το οξυγόνο και το άζωτο διοχετεύονται μέσα από ξεχωριστούς αγωγούς καθένας από τους οποίους διαθέτει βαλβίδα ελέγχου της ροής. Έπειτα οι δυο αγωγοί διασταυρώνονται, τα δυο αέρια αναμιγνύονται και περνώντας από τον θάλαμο ξήρανσης χάνουν την οποιαδήποτε υγρασία τους. Τα αέρια αναμιγνύονται περαιτέρω διότι περνούν μέσα από ένα στρώμα από μικρές γυάλινες μπίλιες. Το δείγμα τοποθετείται κάθετα μέσα στον θάλαμο καύσης ο οποίος είναι φτιαγμένος από γυαλί pyrex, για να είναι η πορεία της καύσης ορατή(γυαλί) και για να αντέχει σε μεγάλες θερμοκρασίες (pyrex).

3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

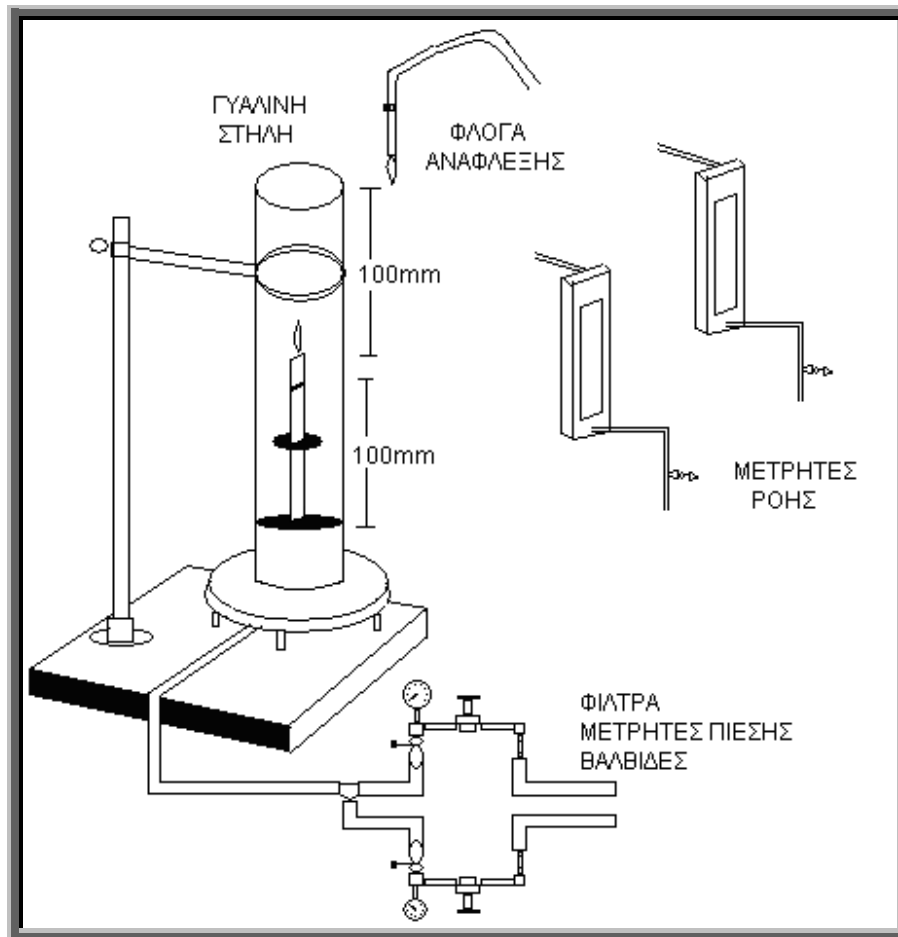
Η πειραματική διαδικασία του L.O.I. υπακούει σε δυο πρότυπα, το ASTM D 2863-00 και το ISO 4589-1-2. Οι παρακάτω μετρήσεις αναφέρονται σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με το πρότυπο ASTM για τη δασική ύλη *Cistus Incanus* (Λαδανία) .

Αρχικά γίνεται βαθμονόμηση της ροής μετρώντας το σύστημα χρησιμοποιώντας έναν υδατοστεγή μετρητή περιστρεφόμενων τυμπάνων (υγρός μετρητής δοκιμής). Το μέγιστο διάστημα μεταξύ της δεύτερης βαθμονόμησης πρέπει να είναι έξι μήνες. Η περιβαλλοντική θερμοκρασία της συσκευής διατηρείται στους $23\pm 2^{\circ}\text{C}$. Εάν είναι απαραίτητο, διατηρούνται και τα δείγματα στους $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ και $50\pm 5\%$ RH και χρησιμοποιούνται αμέσως πριν τη δοκιμή.

Χρησιμοποιείται μια αρχική συγκέντρωση οξυγόνου. Η αρχική αυτή συγκέντρωση βασίζεται σε εμπειρικά αποτελέσματα προηγούμενων μετρήσεων.

Εναλλακτικά, γίνεται ανάφλεξη ενός δείγματος στον αέρα και καταγράφεται η συμπεριφορά του. Εάν το δείγμα καεί αμέσως χρησιμοποιείται αρχική συγκέντρωση οξυγόνου περίπου 18%. Εάν το δείγμα καίγεται σταθερά και ομαλά, χρησιμοποιείται συγκέντρωση περίπου 21%. Εάν τέλος το δείγμα δεν καίγεται στον αέρα η αρχική συγκέντρωση είναι τουλάχιστον 25%.

Στη συνέχεια το δείγμα τοποθετείται κάθετα στο κέντρο της καπνοδόχου έτσι ώστε το η κορυφή του δείγματος να είναι τουλάχιστον 100 mm κάτω από την ανοιχτό άκρο της καπνοδόχου. Επίσης το χαμηλότερο εκτεθειμένο μέρος του δείγματος είναι τουλάχιστον 100 mm πάνω από την κορυφή της συσκευής διανομής αερίου στη βάση της καπνοδόχου, όπως παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα (Σχ 3.α).



Σχήμα 3.α: Πειραματική διάταξη L.O.I.

Το μίγμα αερίου και οι έλεγχοι ροής θέτονται έτσι ώστε το μίγμα οξυγόνου/αζώτου στους $23\pm 2^{\circ}\text{C}$, περιέχοντας την επιθυμητή συγκέντρωση του οξυγόνου, να διατρέχει την καπνοδόχο σε ένα ποσοστό 40 mm/s. Το αέριο αφήνεται να ρεύσει στην καπνοδόχο για τουλάχιστον 30 δευτερόλεπτα πριν την ανάφλεξη κάθε δείγματος ενώ η ροή παραμένει χωρίς να αλλάζει κατά τη διάρκεια της ανάφλεξης και της καύσης για το κάθε δείγμα.

Η θερμοκρασία ελέγχεται στο κατώτερο σημείο της καπνοδόχου ώστε να είναι $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ και καταγράφεται η συγκέντρωση του οξυγόνου, που χρησιμοποιείται σαν το ποσοστό κατ' όγκο στις εξισώσεις που ακολουθούν [25].

3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

Γενικά τα δείγματα σε αυτή την μέθοδο κατηγοριοποιούνται σε ομάδες και κάθε ομάδα εξετάζεται διαφορετικά. Στον πίνακα 3.1.α κατηγοριοποιούνται τα υλικά με βάση τις διαστάσεις και τη μορφή τους.

Πίνακας 3.1.α: Κατηγοριοποίηση δειγμάτων σύμφωνα με τις διαστάσεις τους.

Δείγματα					
Δείγμα τα	μήκος (mm)	πλάτος (mm)	πάχος (mm)	Χρήση	
I	80 150	to 10	4	Molding Materials	
II	80 150	to 10	10	Cellular Materials	
III	80 150	to 10	<10.5	Sheet Materials (as received)	
IV	70 150	to 6.5	3	Alternative size for molding or sheet materials. For electrical purposes.	
V	140	52	10.5	Flexible Film or Sheet	
VI	140 200	to 20	0.02 0.1	Thin Film (as received)	

Τα κριτήρια μήκους καύσης και χρόνου καύσης που πρέπει να ικανοποιούνται για την εξαγωγή του δείκτη οξυγόνου, σύμφωνα με τον τύπο του υλικού (πιν.2) και σύμφωνα με τον τρόπο ανάφλεξης, φαίνονται στον πίνακα 3.1.β.

Πίνακας 3.1.β: Κριτήρια μήκους και χρόνου καύσης για κάθε τύπο δείγματος.

Διαδικασία	Τύπος δείγματος	Διαδικασία ανάφλεξης	Χρόνος καύσης μετά ανάφλεξη(s)	Μήκος καύσης
A	I,II,III,IV,VI	Ανάφλεξη στην κορυφή	180	50mm κάτω από την κορυφή
B		Ανάφλεξη με διάδοση	180	50mm κάτω από το σημείο αναφοράς
Γ	V		180	80mm κάτω από το σημείο αναφοράς

Στα πειράματα ακολουθήθηκε η διαδικασία A. Αυτό σημαίνει ότι θεωρήθηκε πως η καύση συντηρείται είτε όταν διαρκεί για τουλάχιστον 180s είτε όταν από το δείγμα καίγονται τουλάχιστον 50mm.

3.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Όπως προαναφέρθηκε ακολουθήθηκε η διαδικασία A. Το χαμηλότερο ορατό μέρος της φλόγας εφαρμόζεται στην κορυφή του δείγματος με σαρωτικές κινήσεις καλύπτοντας όλη την επιφάνεια της κορυφής. Δίνεται προσοχή στο να μη δοθεί φλόγα στις παράπλευρες επιφάνειες του δείγματος. Η φλόγα εφαρμόζεται το πολύ για 30s ενώ απομακρύνεται για λίγο κάθε 5s απλά για να παρατηρείται αν η κορυφή έχει αναφλεγεί ή όχι.

Από την στιγμή που απομακρύνεται η φλόγα αρχίζει η μέτρηση του χρόνου και παρατηρείται η συμπεριφορά της καύσης. Αν η καύση σταματήσει αλλά ξαναυπάρξει ανάφλεξη μέσα σε 1s, η παρατήρηση και η μέτρηση συνεχίζονται.

Αν ο χρόνος καύσης είναι μικρότερος από τα 180s που αναφέρθηκαν στον πίνακα 3 και το μήκος μικρότερο από 50mm σημειώνεται ο χρόνος και το μήκος καύσης του συγκεκριμένου δείγματος υπό τη συγκεκριμένη συγκέντρωση οξυγόνου. Η δοκιμή αυτή σημειώνεται ως "Ο" στον πίνακα που συμπληρώνονται οι μετρήσεις.

Εναλλακτικά, αν ο χρόνος καύσης του δείγματος είναι μεγαλύτερος από 180s ή το μήκος ξεπερνά τα 50mm, η δοκιμή σημειώνεται ως "X". Πρέπει η φλόγα να σβηστεί και να σημειωθεί είτε ο χρόνος καύσης είτε ο χρόνος που απαιτήθηκε για να καούν τα 50mm.

Μετά από κάθε καύση το δείγμα απομακρύνεται και η στήλη αφήνεται να ανακτήσει την θερμοκρασία των $23\pm 2^{\circ}\text{C}$, θερμοκρασία στην οποία πραγματοποιούνται όλες οι δοκιμές. Νέο δείγμα τοποθετείται προς καύση.

Μετά από μια "O" μέτρηση στην επόμενη δοκιμή αυξάνεται η συγκέντρωση του οξυγόνου γιατί θεωρείται ότι η συγκέντρωση αυτή δεν είναι ικανή να συντηρήσει την φλόγα, ενώ μετά από μια "X" μέτρηση η συγκέντρωση μειώνεται γιατί αναζητείται η μικρότερη δυνατή συγκέντρωση οξυγόνου που μπορεί να συντηρήσει την φλόγα.

Για κάθε δασική ύλη απαιτούνται τουλάχιστον 15 δείγματα και έπειτα από συνεχείς δοκιμές προσδιορίζεται ο δείκτης οξυγόνου. Έγινε γνωστό από τις πρώτες μετρήσεις ότι ο δείκτης οξυγόνου κυμαίνεται για όλες τις δασικές ύλες από 20-22% χωρίς επιβραδυντή ενώ με επιβραδυντή από 22-25%. Υπό άλλες συνθήκες όπου ο δείκτης οξυγόνου είναι εντελώς άγνωστος απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός δειγμάτων μεταξύ 15 και 30.

Τα δείγματα κόβονται στις κατάλληλες διαστάσεις ώστε να μπορούν να στηριχθούν στον δειγματοφορέα. Επίσης ελέγχονται να είναι καθαρά από άλλες ουσίες ώστε να μη επηρεάζεται η καύση

Τα ροόμετρα της συσκευής ρυθμίζονται σύμφωνα με τον πίνακα του παραρτήματος Α για να επιτευχθεί η κατάλληλη συγκέντρωση του οξυγόνου μέσα στη στήλη καύσης. Το ένα ροόμετρο αφορά το οξυγόνο και το άλλο το άζωτο.

Το μίγμα αερίου και οι έλεγχοι ροής θέτονται έτσι ώστε το μίγμα οξυγόνου/αζώτου στους $23\pm 2^{\circ}\text{C}$, περιέχοντας την επιθυμητή συγκέντρωση του οξυγόνου, να διατρέχει την καπνοδόχο σε ένα ποσοστό 40 mm/s. Το αέριο αφήνεται να ρεύσει στην καπνοδόχο για τουλάχιστον 30s πριν την ανάφλεξη κάθε δείγματος ενώ η ροή παραμένει χωρίς να αλλάζει κατά τη διάρκεια της ανάφλεξης και της καύσης για το κάθε δείγμα.

Αναλυτικότερα η διαδικασία ακολουθεί τα παρακάτω βήματα. Πρώτο βήμα είναι ο αρχικός προσδιορισμός της συγκέντρωσης οξυγόνου. Αυτό γίνεται με αλλαγή διαστήματος της συγκέντρωσης σε κάθε δοκιμή κατά 1%. Η ζητούμενη συγκέντρωση είναι αυτή κατά την οποία πραγματοποιείται αλλαγή από 'X' μετρήσεις σε 'O' ή το αντίθετο. Δεύτερο βήμα είναι ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης του οξυγόνου με αλλαγή της συγκέντρωσης σε κάθε δοκιμή κατά 0,2%. Ο αριθμός των μετρήσεων αυτών σημειώνεται ως N_T . Μέσα σε αυτές τις μετρήσεις είναι και οι N_L μετρήσεις και μεταξύ τους ισχύει η σχέση $N_T = N_L + 5$. Στις πρώτες N_L μετρήσεις προσδιορίζεται η συγκέντρωση όπως παραπάνω δηλαδή η ζητούμενη είναι αυτή κατά την οποία πραγματοποιείται αλλαγή από 'X' μετρήσεις σε 'O' ή το αντίθετο. Αυτή η τελευταία τιμή της συγκέντρωσης ξαναχρησιμοποιείται και είναι η πρώτη από τις πέντε τελευταίες μετρήσεις. Σε αυτές τις πέντε μετρήσεις αν σημειώνεται μια μέτρηση ως 'X' η συγκέντρωση στην επόμενη μέτρηση μειώνεται κατά 0,2% ενώ αν σημειώνεται ως 'O' η συγκέντρωση στην επόμενη μέτρηση αυξάνεται κατά 0,2%. Από τις τελευταίες αυτές 5 μετρήσεις και από τον πίνακα του παραρτήματος Β υπολογίζεται η τιμή του k μιας σταθερής που χρησιμοποιείται έπειτα στον ακριβή υπολογισμό του δείκτη οξυγόνου (OI).

Ο υπολογισμός του δείκτη οξυγόνου στηρίζεται στον τύπο :

$$OI = C_F + k \cdot d$$

Όπου OI : δείκτης οξυγόνου

k : σταθερά υπολογισμένη από τον πίνακα παραρτήματος Β

d : το διάστημα ίσο με 0,2.

C_F : η τελευταία από τις πέντε τελευταίες μετρήσεις

Αν οι πέντε τελευταίες μετρήσεις είναι αυτές της 6^{ης} στήλης τότε ο τύπος υπολογισμού είναι

$$OI = C_F - k \cdot d.$$

Ο δείκτης οξυγόνου βρίσκεται σε ποσοστό.

Για να εγκριθεί η παραπάνω τιμή πρέπει να επιβεβαιωθεί μέσα από μια σειρά πράξεων. Από τις έξι τελευταίες τιμές συγκέντρωσης οξυγόνου από τις N_T μετρήσεις (C_i) αφαιρείται ο δείκτης οξυγόνου (OI). Αυτά τα έξι αποτελέσματα

υψώνονται στο τετράγωνο $[(C_i-O_i)^2]$. Έπειτα υπολογίζεται η τυπική απόκλιση $\sigma^* = [\sum (C_i-O_i)^2 / (\eta-1)]^{1/2}$, όπου $\eta=6$. Για να είναι αποδεκτή η τιμή του δείκτη οξυγόνου πρέπει $2\sigma^*/3 < d < 3\sigma^*/2$. Στην περίπτωση που $2\sigma^*/3 > d$ χρησιμοποιείται μεγαλύτερη τιμή του d , ενώ αν $3\sigma^*/2 < d$ χρησιμοποιείται μικρότερη τιμή κατά την πειραματική διαδικασία [26].

3.3 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Αρχικά πραγματοποιήθηκε διαλογή. Τα δείγματα δηλαδή, ξεχωρίστηκαν και επιλέχτηκαν έτσι ώστε να ταιριάζουν όσο γίνεται μεταξύ τους. Για το σκοπό αυτό τα δασικά υλικά επιλέχτηκαν, κόπηκαν και προσαρμόστηκαν σε παρόμοια δείγματα για να υπάρχει ακρίβεια στις μετρήσεις.

Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν δεκαπέντε περίπου δείγματα, της ίδιας δασικής ύλης, σε ταψάκια που στη συνέχεια οδηγήθηκαν στο πυριαντήριο. Εκεί παρέμεναν για 24 ώρες στους 105°C προκειμένου να απομακρυνθεί όλη η υγρασία. Μετά το πέρας του εικοσιτετραώρου τα δείγματα ήταν έτοιμα για την περαιτέρω πειραματική διαδικασία στη συσκευή του L.O.I. Ήταν σημαντικό όμως κατά τη μεταφορά τους στην πειραματική συσκευή να μην πάρουν υγρασία και για το λόγο αυτό κατά την έξοδό τους από το πυριαντήριο, τοποθετήθηκαν κατευθείαν σε ξηραντήρα ή στο conditioning box εάν επρόκειτο να μείνουν για αρκετή ώρα. Έτσι η υγρασία διατηρούνταν σε επιθυμητό επίπεδο, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές συνθήκες.

Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε και για τα υπόλοιπα τρία δασικά είδη.

Για τη μέτρηση της υγρασίας της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν τα σακουλάκια που προαναφέρθηκαν. Έτσι λοιπόν ανοίχτηκαν, τοποθετήθηκαν και αυτά σε ταψάκια, ένα δείγμα για κάθε παρτίδα, ζυγίστηκαν και τοποθετήθηκαν και αυτά στο πυριαντήριο όπου και παρέμεναν για 24 ώρες στους 105°C . Κατόπιν, ζυγίστηκαν ξανά και καταγράφηκε η απώλεια βάρους για κάθε είδος.

Έπειτα παρασκευάστηκαν τα διαλύματα των επιβραδυντών με την ακόλουθη διαδικασία: αρχικά ζυγίστηκαν 5 g υδρομαγνησίτη, που στη συνέχεια αραιώθηκαν σε 100 ml απιονισμένου νερού. Το διάλυμα έπειτα οδηγήθηκε σε συσκευή ανάδευσης. Η ανάδευση διήρκεσε 10 λεπτά σε θερμοκρασία περίπου

50 °C. Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε και για 10g ,15g και για 20g υδρομαγνησίτη.

Ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

Συλλέχτηκαν πάλι δεκαπέντε ομοιόμορφα δείγματα του ίδιου δασικού είδους και τοποθετήθηκαν σε ένα ταψάκι. Όπως επίσης σε δύο ξεχωριστά ταψάκια τοποθετήθηκαν και δύο ακόμα δείγματα από το ίδιο δασικό υλικό. Στη συνέχεια τα τρία ταψάκια ζυγίστηκαν και έπειτα ακολούθησε η εμφύσηση στον πρώτο επιβραδυντή 5% w/v. Η εμφύσηση δεν έγινε στο τρίτο ταψάκι που περιείχε το ένα δείγμα. Τα ταψάκια οδηγήθηκαν και τα τρία μαζί στο πυριαντήριο για 24 ώρες στους 105 °C. Μετά την έξοδό τους από το πυριαντήριο ζυγίστηκαν για ακόμη μία φορά και τέλος τα εμφυσισμένα δείγματα οδηγήθηκαν στη συσκευή για τη μέτρηση του δείκτη ελάχιστου οξυγόνου, προσέχοντας όμως όπως προαναφέρθηκε την υγρασία.

Η διαδικασία επαναλήφθηκε και για τις άλλες τρεις συγκεντρώσεις (10% 15% και 20%) καθώς επίσης και για τους άλλους τρεις επιβραδυντές. Δηλαδή συνολικά 16 φορές .

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΥΣΗΣ ΔΑΣΙΚΗΣ ΥΛΗΣ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αναλυτικά δελτία πειραμάτων της λαδανιάς για τους 4 επιβραδυντές σε 4 συγκεντρώσεις ο κάθε ένας για τη μέτρηση του δείκτη ελάχιστου οξυγόνου.

4.1.1 Καύση *Cistus incanus* (σκέτο)

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων

Ημερομηνία	18-4-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	22	21							
Χρόνος καύσης / s	31	35							
Μήκος καύσης / mm	50	30							
X ή O	X	O							

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T										
	N _L										
										C _F	
Συγκέντρωση O ₂ %	21	21,2	21,4				21.4	21.2	21.4	21.2	21.4
Χρόνος καύσης / s	65	60	30				38	44	49	44	15
Μήκος καύσης/ mm	40	30	50				50	40	50	38	40
X ή O	O	O	X				X	O	X	O	O
Στήλη	3						Σειρά	5			
k=	0.04										
k= 0.04											

- $OI = C_F + kd = 21.4 + 0.04 \cdot 0,2 = 21.41$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	21.4	21.41	-0,01	0,0001
	2	21.2	21.41	-0,21	0,0441
	3	21.4	21.41	0,01	0,0001
	4	21.2	21.41	-0,21	0,0441
	5	21.4	21.41	0,01	0,0001
n	6	21.2	21.41	-0,21	0,0441
		Σ (C _i -OI) ²			0,1326

$$\sigma^* = [\sum (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,1628$$

$$\text{Σύγκριση με } d: 2\sigma^*/3 = 0,109$$

$$3\sigma^*/2 = 0,244$$

Έγκυρο καθώς $0.109 < 0.2 < 0.244$

4.1.2 Καύση *Cistus incanus* με υδομαγνησίτη 5% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων

Ημερομηνία	23-4-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	23	24							
Χρόνος καύσης / s	35	20							
Μήκος καύσης / mm	30	50							
X ή O	O	X							

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T										C _F
	N _L										
Συγκέντρωση O ₂ %	24	23.8	23.6	23.4	23.2		23.2	23.4	23.2	23.4	23.2
Χρόνος καύσης / s	25	26	30	36	27		36	12	30	20	30
Μήκος καύσης/ mm	50	50	50	50	40		40	10	50	58	50
X ή O	X	X	X	X	O		O	O	X	X	X
Στήλη	5						Σειρά	9			
k=	0.26										
k= 0.26											

- $OI = C_F + kd = 23.2 + 0.2 \cdot 0.26 = 23.25$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	23.2	23.25	-0,05	0,0025
	2	23.4	23.25	-0,15	0,0225
	3	23.6	23.25	0,35	0,0025
	4	23.4	23.25	-0,15	0,0225
	5	23.2	23.25	0,05	0,0025
n	6	23.4	23.25	-0,15	0,0225
		Σ (C _i -OI) ²			0,195

$$\sigma^* = [\sum (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,197$$

$$\text{Σύγκριση με d: } 2\sigma^*/3 = 0,131$$

$$3\sigma^*/2 = 0,296$$

Έγκυρο καθώς $0.131 < 0.2 < 0.296$

4.1.3 Καύση *Cistus incanus* με υδρομαγνησίτη 10% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων			
-----------------------------	--	--	--

Ημερομηνία	23-4-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	23	24							
Χρόνος καύσης / s	35	40							
Μήκος καύσης / mm	40	50							
X ή O	O	X							

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T								C _F	
	N _L									
Συγκέντρωση O ₂ %	24	23.8	23.6			23.6	23.8	24	23.8	24
Χρόνος καύσης / s	35	35	22			26	33	38	31	33
Μήκος καύσης/ mm	50	50	20			20	30	50	30	40
X ή O	X	X	O			O	O	X	O	O
Στήλη	3					Σειρά	12			
k=	0.46									
k= 0.46										

- $OI = C_F + kd = 24 + 0.2 \cdot 0.46 = 23.91$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	24	23.91	0,09	0,0081
	2	23.8	23.91	-0,11	0,0121
	3	24	23.91	0,09	0,0081
	4	23.8	23.91	-0,11	0,0121
	5	23.6	23.91	-0,31	0,0961
n	6	23.8	23.91	0,11	0,0121
		$\Sigma (C_i - OI)^2$			0,1486

$$\sigma^* = [\Sigma (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,172$$

$$\text{Σύγκριση με } d: 2\sigma^*/3 = 0,115$$

$$3\sigma^*/2 = 0,258$$

Έγκυρο καθώς $0.115 < 0.2 < 0.258$

4.1.4 Καύση *Cistus incanus* με υδρομαγνησίτη 15% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων			
-----------------------------	--	--	--

Ημερομηνία	23-4-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	23	24							
Χρόνος καύσης / s	21	19							
Μήκος καύσης / mm	20	50							
X ή O	O	X							

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T								C _F
	N _L								
Συγκέντρωση O ₂ %	24	24.2			24.2	24.4	24.6	24.4	24.6
Χρόνος καύσης / s	35	35			37	45	36	47	35
Μήκος καύσης/ mm	50	50			30	40	50	40	50
X ή O	O	X			O	O	X	O	X
Στήλη	2				Σειρά	11			
k=	0.83								
k=	0.83								

- $OI = C_F + kd = 24.6 + 0.2 \cdot 0.83 = 24.43$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	24.6	24.43	0,17	0,0289
	2	24.4	24.43	-0,03	0,0009
	3	24.6	24.43	0,17	0,0289
	4	24.4	24.43	-0,03	0,0009
	5	24.2	24.43	-0,23	0,0529
n	6	24	24.43	-0,43	0,1849
		Σ (C _i -OI) ²			0,2974

$$\sigma^* = [\sum (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,244$$

$$\text{Σύγκριση με } d: 2\sigma^*/3 = 0,163$$

$$3\sigma^*/2 = 0,366$$

Έγκυρο καθώς $0.163 < 0.2 < 0.366$

4.1.5 Καύση *Cistus incanus* με υδρομαγνησίτη 20% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων

Ημερομηνία	23-4-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	24	25							
Χρόνος καύσης / s	17	33							
Μήκος καύσης / mm	10	50							
X ή O	O	X							

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T										
	N _L										
										C _F	
Συγκέντρωση O ₂ %	25	25.2					25.2	25.4	25.2	25	25.2
Χρόνος καύσης / s	30	27					30	20	27	30	30
Μήκος καύσης/ mm	40	50					40	50	50	30	40
X ή O	O	X					O	X	X	O	O
Στήλη	2						Σειρά	4			
k=	-0.17										
k= 0.17											

- $OI = C_F + kd = 25.2 + 0.2 \cdot 0.17 = 25.23$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	25.2	25.23	-0,03	0,0009
	2	25	25.23	-0,23	0,0529
	3	25.2	25.23	-0,03	0,0009
	4	25.4	25.23	0,17	0,0289
	5	25.2	25.23	-0,03	0,0009
n	6	25	25.23	-0,23	0,0529
		Σ (C _i -OI) ²			0,1374

$$\sigma^* = [\sum (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,165$$

$$\text{Σύγκριση με d: } 2\sigma^* / 3 = 0,11$$

$$3\sigma^* / 2 = 0,248$$

Έγκυρο καθώς $0.110 < 0.2 < 0.248$

4.1.6 Καύση *Cistus incanus* με υδρομαγνησίτη+χουντίτη 5% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων			
-----------------------------	--	--	--

Ημερομηνία	25-4-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	22	23							
Χρόνος καύσης / s	42	30							
Μήκος καύσης / mm	40	50							
X ή O	O	X							

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T										
	N _L									C _F	
Συγκέντρωση O ₂ %	23	23.2	23.4				23.4	23.2	23	22.8	23
Χρόνος καύσης / s	22	37	21				28	44	26	22	21
Μήκος καύσης/ mm	25	30	50				50	50	50	40	50
X ή O	O	O	X				X	X	X	O	X
Στήλη	3						Σειρά	14			
k=	0.19										
k= 0.19											

- $OI = C_F + kd = 23 + 0.2 \cdot 0.19 = 23.04$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	23	23.04	-0,04	0,0016
	2	22.8	23.04	-0,24	0,0576
	3	23	23.04	-0,04	0,0016
	4	23.2	23.04	0,16	0,0256
	5	23.4	23.04	0,36	0,1296
n	6	23.2	23.04	0,16	0,0256
		$\Sigma (C_i - OI)^2$			0,2416

$$\sigma^* = [\Sigma (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,22$$

$$\text{Σύγκριση με } d: 2\sigma^*/3 = 0,146$$

$$3\sigma^*/2 = 0,33$$

Έγκυρο καθώς $0.146 < 0.2 < 0.33$

4.1.7 Καύση *Cistus incanus* με υδομαγνησίτη+χουντίτη 10% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων

Ημερομηνία	25-4-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	22	23							
Χρόνος καύσης / s	30	27							
Μήκος καύσης / mm	10	50							
X ή O	O	X							

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T										
	N _L										
Συγκέντρωση O ₂ %	23	23.2	23.4	23.6	23.8		23.4	23.2	23	22.8	23
Χρόνος καύσης / s	22	30	25	14	23		28	44	26	22	21
Μήκος καύσης/ mm	20	20	50	15	50		50	50	50	40	50
X ή O	O	O	O	O	X		X	X	X	O	X
Στήλη	3						Σειρά 14				
k=	0.19										
k=	0.19										

- $OI = C_F + kd = 23 + 0.2 \cdot 0.19 = 23.04$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	23	23.04	-0,08	0,0064
	2	22.8	23.04	0,12	0,0144
	3	23	23.04	-0,08	0,0064
	4	23.2	23.04	-0,28	0,0784
	5	23.4	23.04	-0,08	0,0064
n	6	23.2	23.04	-0,28	0,0784
		Σ (C _i -OI) ²			0,1904

$$\sigma^* = [\sum (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,195$$

$$\text{Σύγκριση με } d: 2\sigma^*/3 = 0,13$$

$$3\sigma^*/2 = 0,2925$$

Έγκυρο καθώς $0.13 < 0.2 < 0.2925$

4.1.8 Καύση *Cistus incanus* με υδομαγνησίτη+χουντίτη 15% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων

Ημερομηνία	25-4-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	23	24	25						
Χρόνος καύσης / s	42	10	29						
Μήκος καύσης / mm	45	34	50						
Χ ή Ο	Ο	Ο	Χ						

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T										
	N _L										C _F
Συγκέντρωση O ₂ %	25	24.8	24.6	24.4	24.2		24.2	24.4	24.6	24.4	24.2
Χρόνος καύσης / s	35	26	26	35	15		20	15	35	26	28
Μήκος καύσης/ mm	50	50	50	50	10		10	15	50	50	40
Χ ή Ο	X	X	X	X	Ο		Ο	Ο	X	X	Ο
Στήλη	5						Σειρά	10			
k=	0.75										
k= 0.75											

- $OI = C_F + kd = 24.2 + 0.2 \cdot 0.75 = 24.35$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	24.2	24.35	-0,15	0,0225
2		24.4	24.35	0,05	0,0025
3		24.6	24.35	0,25	0,0625
4		24.4	24.35	0,05	0,0025
5		24.2	24.35	-0,15	0,0225
n	6	24.4	24.35	0,05	0,0025
		Σ (C _i -OI) ²			0,115

$$\sigma^* = [\sum (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,152$$

$$\text{Σύγκριση με } d: 2\sigma^*/3 = 0,101$$

$$3\sigma^*/2 = 0,228$$

Έγκυρο καθώς $0.101 < 0.2 < 0.228$

4.1.9 Καύση *Cistus incanus* με υδομαγνησίτη+χουντίτη 20% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων

Ημερομηνία	25-4-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	23	24	25						
Χρόνος καύσης / s	50	15	31						
Μήκος καύσης / mm	35	10	50						
Χ ή Ο	Ο	Ο	Χ						

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T										
	N _L									C _F	
Συγκέντρωση O ₂ %	25	25.2	25.4				25.4	25.2	25.4	25.2	25
Χρόνος καύσης / s	37	15	28				28	19	22	28	50
Μήκος καύσης/ mm	40	19	50				50	10	50	50	25
Χ ή Ο	Ο	Ο	Χ				Χ	Ο	Χ	Χ	Ο
Στήλη	3						Σειρά 7				
k=	1.24										
k= 1.24											

- $OI = C_F + kd = 25 + 0.2 \cdot 1.24 = 25.25$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	25	25.25	-0,25	0,0625
	2	25.2	25.25	-0,05	0,0025
	3	25.4	25.25	0,15	0,0225
	4	25.2	25.25	-0,05	0,0025
	5	25.4	25.25	0,15	0,0225
n	6	25.2	25.25	-0,05	0,0025
		$\sum (C_i - OI)^2$			0,1150

$$\sigma^* = [\sum (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,152$$

$$\text{Σύγκριση με } d: 2\sigma^*/3 = 0,101$$

$$3\sigma^*/2 = 0,228$$

Έγκυρο καθώς $0.101 < 0.2 < 0.228$

4.1.10 Καύση *Cistus incanus* με χουντίτη 5% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων

Ημερομηνία	21-5-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωσ η O ₂ %	22	23	24						
Χρόνος καύσης / s	20	17	35						
Μήκος καύσης / mm	20	10	50						
Χ ή Ο	Ο	Ο	Χ						

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T										
	N _L										
										C _F	
Συγκέντρωσ η O ₂ %	24	23. 8	23. 6	23. 4			23.4	23.2	23. 4	23. 2	23.4
Χρόνος καύσης / s	28	32	35	30			40	28	38	30	45
Μήκος καύσης/ mm	50	50	50	40			50	30	50	35	50
Χ ή Ο	Ο	Ο	Ο	Χ			Χ	Ο	Χ	Ο	Χ
Στήλη	4						Σειρά	6			
k=	-0.45										
k= -0.45											

- $OI = C_F + kd = 23.4 + 0.2 \cdot (-1.24) = 23.31$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	23.4	23.31	0,09	0,0081
	2	23.2	23.31	-0,11	0,0121
	3	23.4	23.31	0,09	0,0081
	4	23.2	23.31	-0,11	0,0121
	5	23.4	23.31	0,09	0,0081
n	6	23.6	23.31	0,29	0,0841
		Σ (C _i -OI) ²			0,1326

$$\sigma^* = [\sum (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,163$$

$$\text{Σύγκριση με } d: 2\sigma^*/3 = 0,109$$

Έγκυρο καθώς $0.109 < 0.2 < 0.245$

$$3\sigma^*/2 = 0,245$$

4.1.11 Καύση *Cistus incanus* με χουντίτη 10% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων

Ημερομηνία	21-5-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	22	23	24						
Χρόνος καύσης / s	10	13	25						
Μήκος καύσης / mm	10	15	50						
Χ ή Ο	Ο	Ο	Χ						

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T										
	N _L									C _F	
Συγκέντρωση O ₂ %	24	23.8					23.8	24	23.8	24	23.8
Χρόνος καύσης / s	28	25					30	28	32	30	25
Μήκος καύσης/ mm	50	40					40	40	50	50	30
Χ ή Ο	Χ	Ο					Ο	Ο	Χ	Χ	Ο
Στήλη	2						Σειρά	10			
k=	-0.83										
k=	-0.83										

- $OI = C_F + kd = 23.8 + 0.2 \cdot (-0.83) = 23.97$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	23.8	23.97	-0,17	0,0289
2		24	23.97	0,03	0,0009
3		23.8	23.97	0,23	0,0529
4		24	23.97	0,03	0,0009
5		23.8	23.97	- 0,17	0,0289
n	6	24	23.97	0,03	0,0009
		Σ (C _i -OI) ²			0,1134

$$\sigma^* = [\sum (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,1505$$

$$\text{Σύγκριση με } d: 2\sigma^*/3 = 0,10$$

$$3\sigma^*/2 = 0,23$$

Έγκυρο καθώς $0.10 < 0.2 < 0.23$

4.1.12 Καύση *Cistus incanus* με χουντίτη 15% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων

Ημερομηνία	21-5-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	23	24	25						
Χρόνος καύσης / s	10	20	22						
Μήκος καύσης / mm	15	20	50						
Χ ή Ο	Ο	Ο	Χ						

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T										
	N _L										
											C _F
Συγκέντρωση O ₂ %	25	24.8	24.6	24.4			24.4	24.6	24.4	24.8	24.4
Χρόνος καύσης / s	24	26	25	20			22	30	28	30	25
Μήκος καύσης/ mm	50	50	50	30			35	40	50	50	40
Χ ή Ο	X	X	X	Ο			Ο	Ο	X	X	Ο
Στήλη	4						Σειρά	10			
k=	-0.75										
k= 0.75											

- $OI = C_F + kd = 24.4 + 0.2 \cdot (-0.75) = 24.55$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	24.4	24.55	-0,15	0,0225
2		24.6	24.55	0,05	0,0025
3		24.4	24.55	0,25	0,0625
4		24.6	24.55	0,05	0,0025
5		24.4	24.55	- 0,15	0,0225
n	6	24.6	24.55	0,05	0,0025
		Σ (C _i -OI) ²			0,1150

$$\sigma^* = [\sum (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,152$$

$$\text{Σύγκριση με } d: 2\sigma^*/3 = 0,101$$

$$3\sigma^*/2 = 0,228$$

Έγκυρο καθώς $0.101 < 0.2 < 0.228$

4.1.13 Καύση *Cistus incanus* με χουντίτη 20% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων

Ημερομηνία	21-5-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	23	24	25	26					
Χρόνος καύσης / s	25	22	30	38					
Μήκος καύσης / mm	30	30	40	50					
Χ ή Ο	Ο	Ο	Ο	Χ					

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T										
	N _L										
											C _F
Συγκέντρωση O ₂ %	26	25.8					25.8	25.6	25.8	26	25.8
Χρόνος καύσης / s	32	29					34	28	32	30	30
Μήκος καύσης/ mm	50	40					50	35	40	50	40
Χ ή Ο	Χ	Ο					Χ	Ο	Ο	Χ	Ο
Στήλη	2						Σειρά 3				
k=	0.37										
k= 0.37											

- $OI = C_F + kd = 25.8 + 0.2 \cdot 0.37 = 25.87$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	25.8	25.87	-0,07	0,0049
2		26	25.87	0,13	0,0169
3		25.8	25.87	-0,07	0,0049
4		25.6	25.87	-0,27	0,0729
5		25.8	25.87	-0,07	0,0049
n	6	26	25.87	0,13	0,0169
		Σ (C _i -OI) ²			0,1214

$$\sigma^* = [\sum (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,156$$

$$\text{Σύγκριση με } d: 2\sigma^*/3 = 0,104$$

$$3\sigma^*/2 = 0,234$$

Έγκυρο καθώς $0.156 < 0.2 < 0.234$

4.1.14 Καύση *Cistus incanus* με Securok 5% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων

Ημερομηνία	27-5-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	22	23	24						
Χρόνος καύσης / s	10	21	37						
Μήκος καύσης / mm	20	30	50						
X ή O	O	O	X						

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T										C _F
	N _L										
Συγκέντρωση O ₂ %	24	23.8	23.6	23.4	23.2		23.2	23	23.2	23	23.2
Χρόνος καύσης / s	32	37	32	35	37		37	30	35	29	34
Μήκος καύσης/ mm	50	50	50	50	40		50	35	50	40	50
X ή O	X	X	X	X	O		X	O	X	O	X
Στήλη	5						Σειρά	6			
k=	-0.45										
k= 0.45											

- $OI = C_F + kd = 23.2 + 0.2 \cdot (-0.45) = 23.11$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	23.2	23.11	0,09	0,0081
2		23	23.11	-0,11	0,0121
3		23.2	23.11	0,09	0,0081
4		23	23.11	-0,11	0,0121
5		23.2	23.11	0,09	0,0081
n	6	23.4	23.11	0,24	0,0576
		Σ (C _i -OI) ²			0,1061

$$\sigma^* = [\sum (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,146$$

$$\text{Σύγκριση με } d: 2\sigma^*/3 = 0,097$$

$$3\sigma^*/2 = 0,219$$

Έγκυρο καθώς $0.097 < 0.2 < 0.219$

4.1.15 Καύση *Cistus incanus* με Securok 10% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων

Ημερομηνία	27-5-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	22	23	24						
Χρόνος καύσης / s	12	32	37						
Μήκος καύσης / mm	20	30	50						
Χ ή Ο	Ο	Ο	Χ						

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T										
	N _L										
										C _F	
Συγκέντρωση O ₂ %	24	23.8					23.8	24	23.8	24	23.8
Χρόνος καύσης / s	37	35					35	30	39	33	34
Μήκος καύσης/ mm	50	45					40	35	50	50	40
Χ ή Ο	Χ	Ο					Ο	Ο	Χ	Χ	Ο
Στήλη	2						Σειρά	10			
k=	-0.83										
k= 0.83											

- $OI = C_F + kd = 23.8 + 0.2 \cdot (-0.83) = 23.97$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	23.8	23.97	-0,17	0,0289
2		24	23.97	-0,03	0,0009
3		23.8	23.97	0,23	0,0529
4		24	23.97	0,03	0,0009
5		23.8	23.97	- 0,17	0,0289
n	6	24	23.97	0,03	0,0009
		Σ (C _i -OI) ²			0,1134

$$\sigma^* = [\sum (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,15$$

$$\text{Σύγκριση με d: } 2\sigma^*/3 = 0,1$$

$$3\sigma^*/2 = 0,225$$

Έγκυρο καθώς $0.1 < 0.2 < 0.225$

4.1.16 Καύση *Cistus incanus* με Securok 15% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων

Ημερομηνία	27-5-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	22	23	24	25					
Χρόνος καύσης / s	18	20	22	28					
Μήκος καύσης / mm	30	35	40	50					
Χ ή Ο	Ο	Ο	Ο	Χ					

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T										
	N _L										
											C _F
Συγκέντρωση O ₂ %	25	24.8	24.6	24.4			24.4	24.2	24.4	24.2	24.4
Χρόνος καύσης / s	33	35	39	34			35	30	39	33	34
Μήκος καύσης/ mm	50	50	50	40			50	35	50	40	50
Χ ή Ο	Χ	Χ	Χ	Ο			Χ	Ο	Χ	Ο	Χ
Στήλη	4						Σειρά 6				
k=	-0.45										
k= 0.45											

- $OI = C_F + kd = 24.4 + 0.2 \cdot (-0.45) = 24.31$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	24.4	24.31	0,09	0,0081
	2	24.2	24.31	-0,11	0,0121
	3	24.4	24.31	0,09	0,0081
	4	24.2	24.31	-0,11	0,0121
	5	23.4	24.31	0,09	0,0081
n	6	24.6	24.31	0,29	0,0841
		Σ (C _i -OI) ²			0,1326

$$\sigma^* = [\sum (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,163$$

$$\text{Σύγκριση με d: } 2\sigma^*/3 = 0,109$$

$$3\sigma^*/2 = 0,2445$$

Έγκυρο καθώς $0.109 < 0.2 < 0.2445$

4.1.17 Καύση *Cistus incanus* με Securok 20% w/v

L.O.I. Πρωτόκολλο Μετρήσεων

Ημερομηνία	27-5-08	Πάχος δείγμ/mm	4mm
Υλικό	<i>Cistus incanus</i>	Conditioning	24h, 105°C
		Διαστήματα(d)	0,2

Αρχικός προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 1%)

Συγκέντρωση O ₂ %	22	23	24	25	26					
Χρόνος καύσης / s	15	10	20	29	38					
Μήκος καύσης / mm	20	10	30	35	50					
Χ ή Ο	Ο	Ο	Ο	Ο	Χ					

Προσδιορισμός συγκέντρωσης (διαστήματα 0,2%)

	N _T										C _F
	N _L										
Συγκέντρωση O ₂ %	26	25.8	25.6	25.4	25.2		25.2	24.2	24.4	24.2	24.4
Χρόνος καύσης / s	35	38	40	43	27		35	30	39	33	34
Μήκος καύσης/ mm	50	50	50	50	30		50	35	50	40	50
Χ ή Ο	Χ	Χ	Χ	Χ	Ο		Χ	Ο	Χ	Ο	Χ
Στήλη	5						Σειρά	10			
k=	-0.75										
k= 0.75											

- $OI = C_F + kd = 25.2 + 0.2 \cdot (-0.75) = 25.35$

Επιβεβαίωση

Τελικά αποτελέσματα	6	Συγκέντρωση οξυγόνου %			
		C _i	OI	C _i -OI	(C _i -OI) ²
C _F	1	25.2	25.35	-0.15	0,0225
	2	25.4	25.35	0,05	0,0025
	3	25.6	25.35	0,25	0,0625
	4	25.4	25.35	0,05	0,0025
	5	25.2	25.35	- 0,15	0,0225
n	6	25.4	25.35	0,05	0,0025
		Σ (C _i -OI) ²			0,1150

$$\sigma^* = [\sum (C_i - OI)^2 / (n-1)]^{1/2} = 0,152$$

$$\text{Σύγκριση με } d: 2\sigma^*/3 = 0,101$$

$$3\sigma^*/2 = 0,220$$

Έγκυρο καθώς $0.152 < 0.2 < 0.220$

4.2 ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ L.O.I.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές L.O.I. των τεσσάρων επιβραδυντών που χρησιμοποιήθηκαν για όλες τις συγκεντρώσεις που μελετήθηκαν:

Πίνακας 4.2.α: Συνοπτικά αποτελέσματα L.O.I.

Συγκέντρωση επιβραδυντή w/w	L.O.I.
Καθαρό	21.41
Υδρομαγνησίτης 5%	23.25
Υδρομαγνησίτης 10%	23.91
Υδρομαγνησίτης 15%	24.43
Υδρομαγνησίτης 20%	25.23
Χουντίτης 5%	23.31
Χουντίτης 10%	23.97
Χουντίτης 15%	24.55
Χουντίτης 20%	25.87
Securok 5%	23.11
Securok 10%	23.97
Securok 15%	24.31
Securok 20%	25.35
Χουντίτης και Υδρομαγνησίτης 5%	23.04
Χουντίτης και Υδρομαγνησίτης 10%	23.88
Χουντίτης και Υδρομαγνησίτης 15%	24.35
Χουντίτης και Υδρομαγνησίτης 20%	25.25

4.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Για τον υπολογισμό του ποσοστού υγρασίας μετά την εμφύσηση με τους επιβραδυντές, όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$Y\% = \frac{(M_x - M_o)}{M_x} \cdot 100\%$$

Έπειτα δεδομένης αυτής της υγρασίας, θα υπολογιστεί η θεωρητική υγρασία που θα είχε καθένα από τα εμβάπτισμένα δασικά υλικά. Θα πολλαπλασιαστεί δηλαδή, το ποσοστό αυτό με την μέτρηση πριν την εμβάπτιση στα διαλύματα των επιβραδυντών, για καθέναν από τους επιβραδυντές. Τέλος για να βρεθεί το ποσοστό του επιβραδυντή που τελικά κατακρατήθηκε από το δείγμα, η τελευταία τιμή θα αφαιρεθεί από την τελευταία μέτρηση των εμβάπτισμένων δειγμάτων.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ποσοστών υγρασίας μετά τη χρήση επιβραδυντών καθώς και τα ποσοστά των επιβραδυντών που κατακρατήθηκαν, όπως αυτά υπολογίστηκαν με τον παραπάνω τρόπο.

Πίνακας 4.3α: Ποσοστό υγρασίας δασικών ειδών % w/w μετά τη χρήση επιβραδυντών και ποσοστά επιβραδυντών που κατακρατήθηκαν.

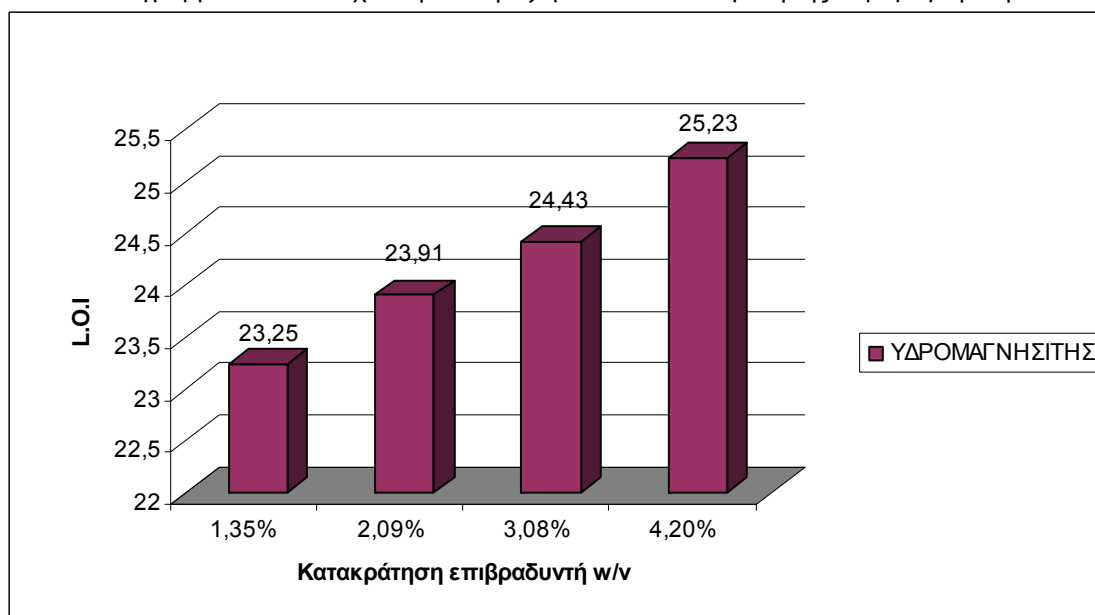
ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΗΣ	% ΥΓΡΑΣΙΑ (w/w)	%ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΗ ΠΟΥ ΚΑΤΑΚΡΑΤΗΘΗΚΕ
Υδρομαγνησίτης		
5% w/v	1,47	1.35
10% w/v		2.09
15% w/v		3.08
20% w/v		4.20
Χουντίτης		
5% w/v	1,41	2.56
10% w/v		3.18
15% w/v		4.38
20% w/v		6.69
Χουντίτης&Υδρομαγνησίτης		

5% w/v	1,44	1.97
10% w/v		2.59
15% w/v		3.86
20% w/v		5.70
Cecuroc		
5% w/v	1,53	1.69
10% w/v		2.30
15% w/v		3.57
20% w/v		5.31

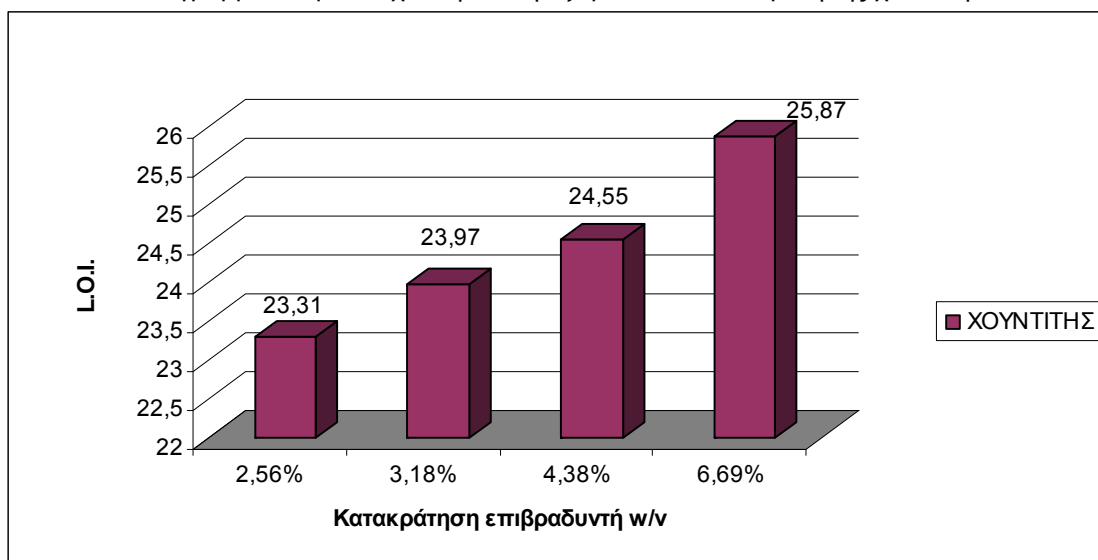
4.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΙΜΩΝ L.O.I.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν καταγράφονται οι τιμές L.O.I. των τεσσάρων επιβραδυντών σε συνάρτηση με τις τιμές L.O.I. για κάθε επιβραδυντή χωριστά (Διαγράμματα 4.4α-4.4δ) αλλά και για όλους μαζί (Διάγραμμα 4.4ε). Πιο αναλυτικά:

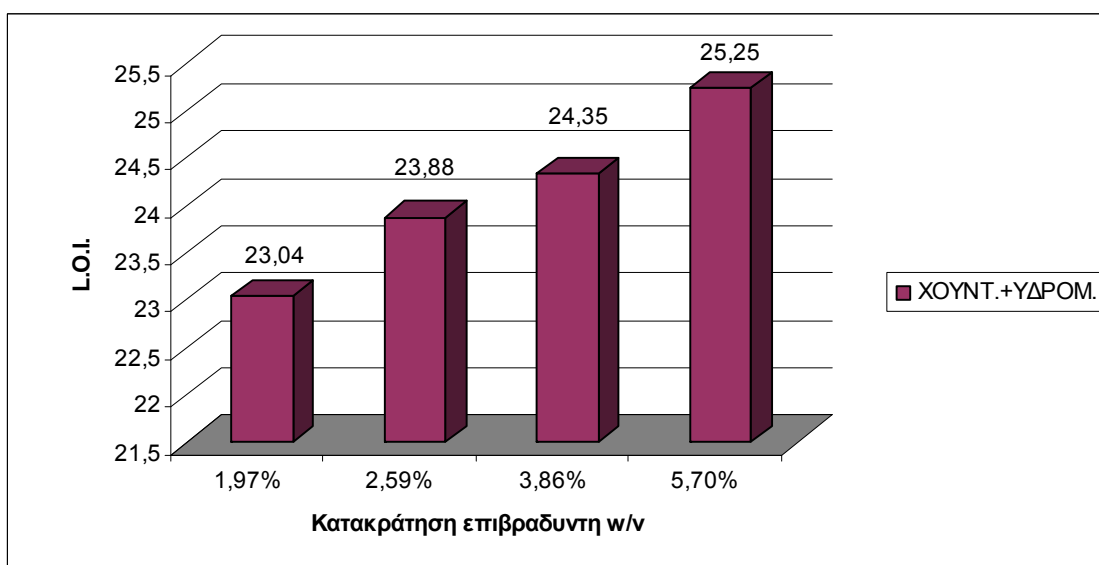
Διάγραμμα 4.4.α: Συσχέτιση δείκτη οξυγόνου και κατακράτησης υδρομαγνησίτη.



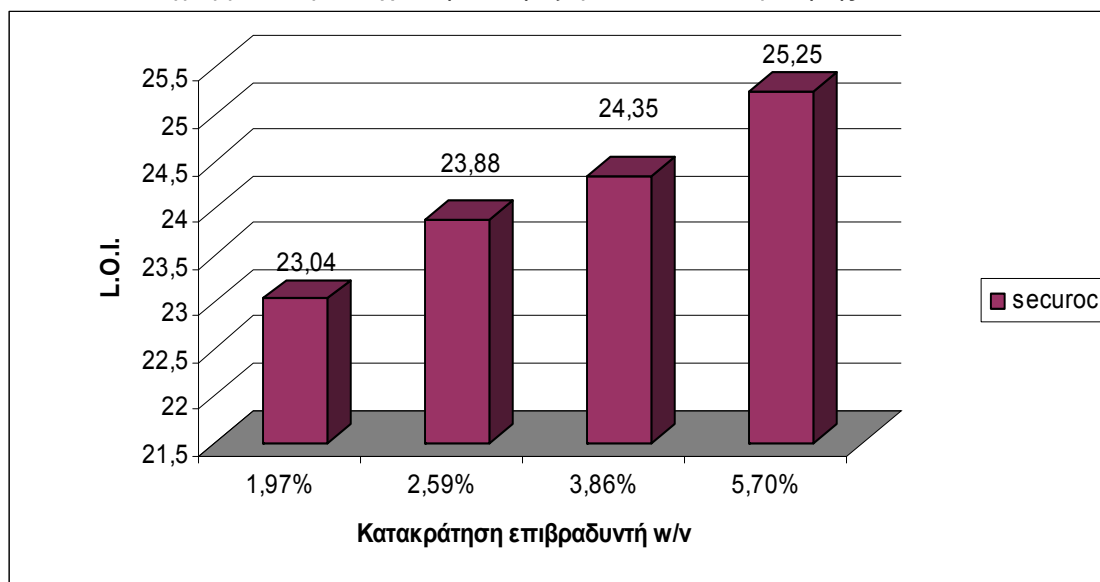
Διάγραμμα 4.4.β: Συσχέτιση δείκτη οξυγόνου και κατακράτησης χουντίτη.



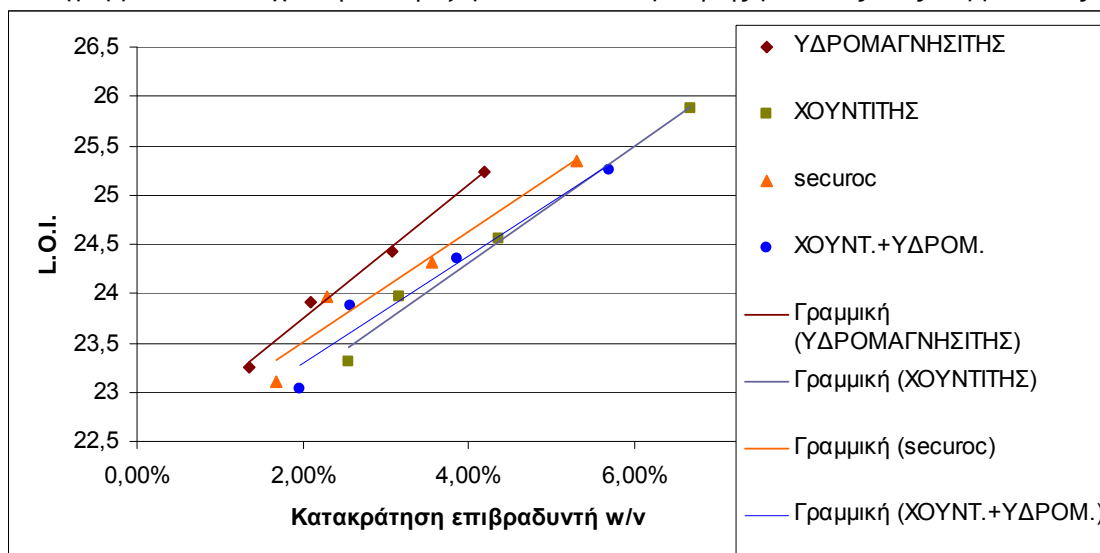
Διάγραμμα 4.4.γ: Συσχέτιση δείκτη οξυγόνου και κατακράτησης μίγματος χουντίτη-υδρομαγνησίτη.



Διάγραμμα 4.4.γ: Συσχέτιση δείκτη οξυγόνου και κατακράτησης securoc C.

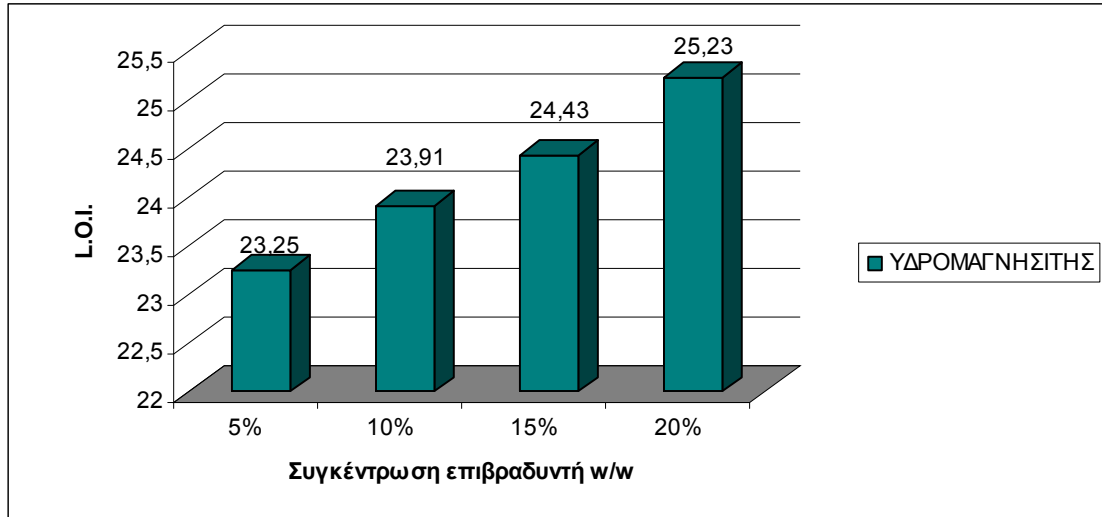


Διάγραμμα 4.4.ε: Συσχέτιση δείκτη οξυγόνου και κατακράτησης για όλους τους επιβραδυντές.

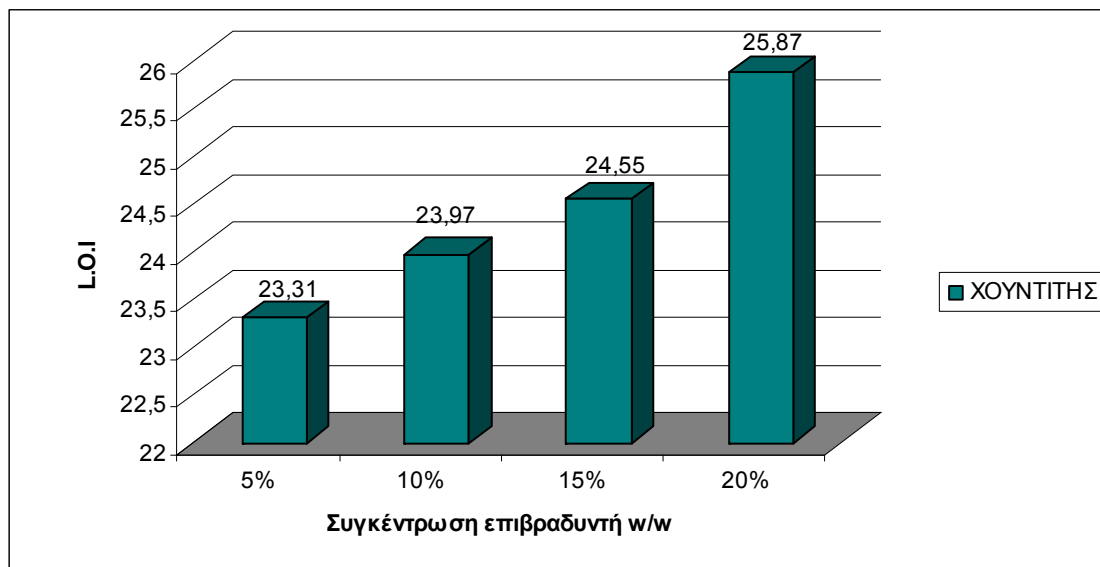


Στα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζεται η συσχέτιση της συγκέντρωσης των επιβραδυντών με τις τιμές ελάχιστου οξυγόνου για κάθε επιβραδυντή και όλους μαζί.

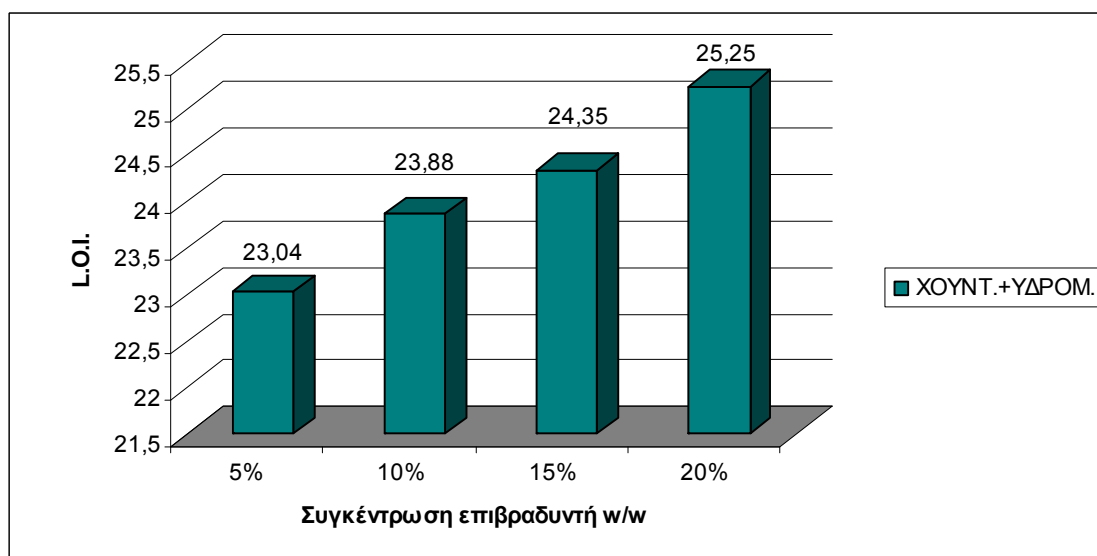
Διάγραμμα 4.4.στ: Συσχέτιση δείκτη οξυγόνου και κατακράτησης των διαφορετικών συγκεντρώσεων για τον υδρομαγνησίτη.



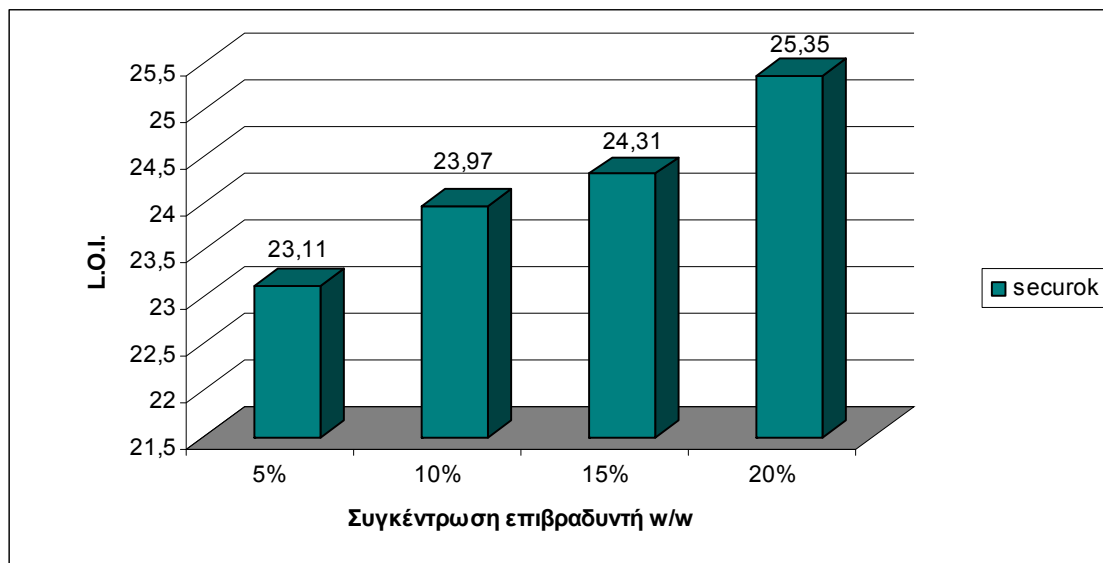
Διάγραμμα 4.4.ζ: Συσχέτιση δείκτη οξυγόνου και κατακράτησης των διαφορετικών συγκεντρώσεων για τον χουντίτη.



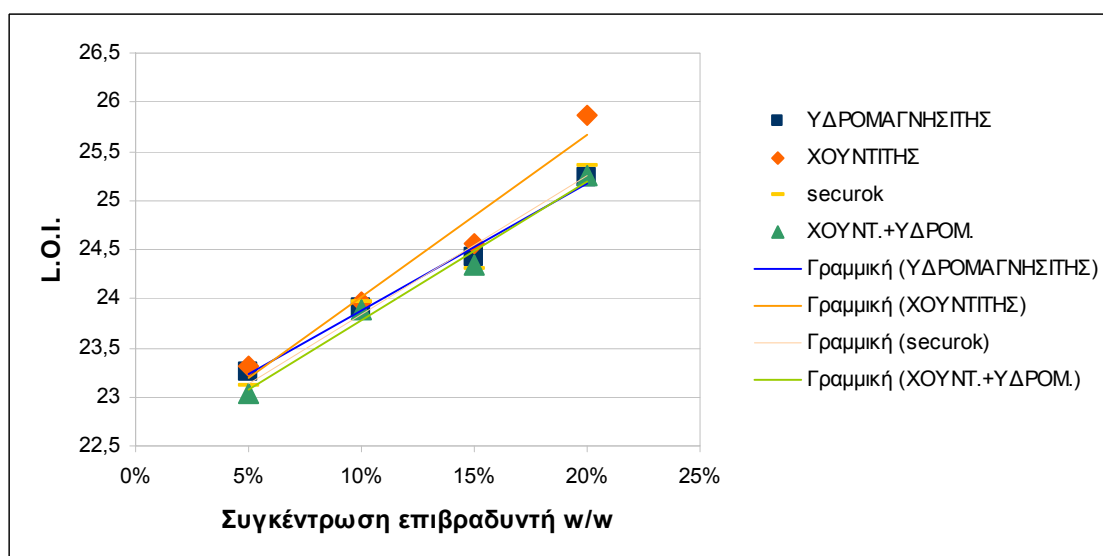
Διάγραμμα 4.4.η: Συσχέτιση δείκτη οξυγόνου και κατακράτησης των διαφορετικών συγκεντρώσεων για το μίγμα χοντρίτη-υδρομαγνησίτη.



Διάγραμμα 4.4.θ: Συσχέτιση δείκτη οξυγόνου και κατακράτησης των διαφορετικών συγκεντρώσεων για το securoc.

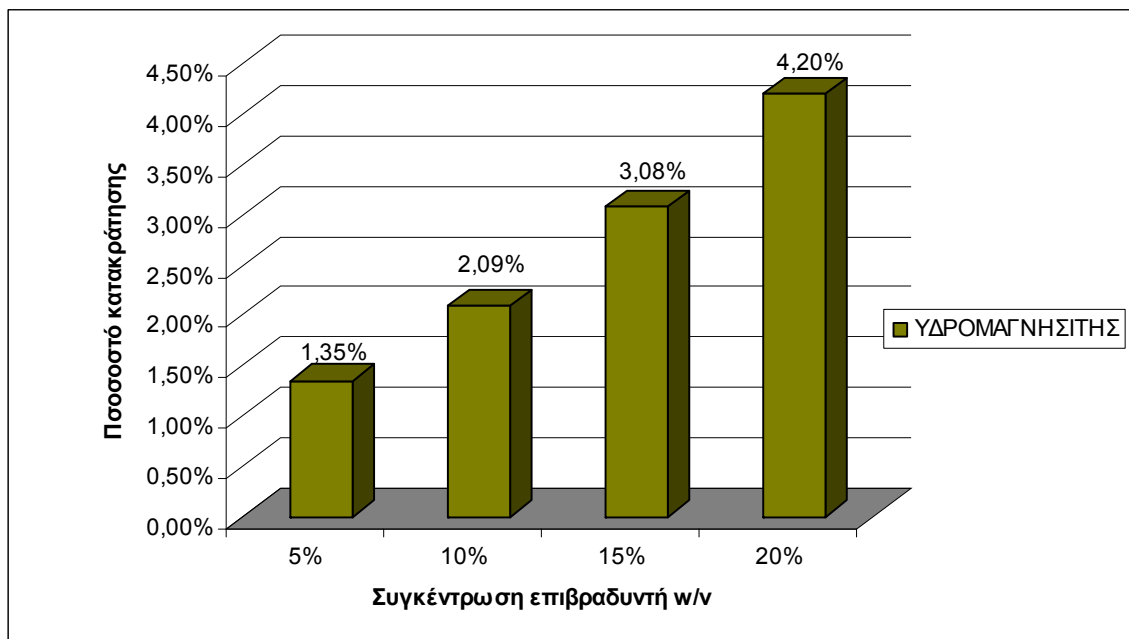


Διάγραμμα 4.4.ι: Συσχέτιση δείκτη οξυγόνου και κατακράτησης των διαφορετικών συγκεντρώσεων για όλους τους επιβραδυντές.

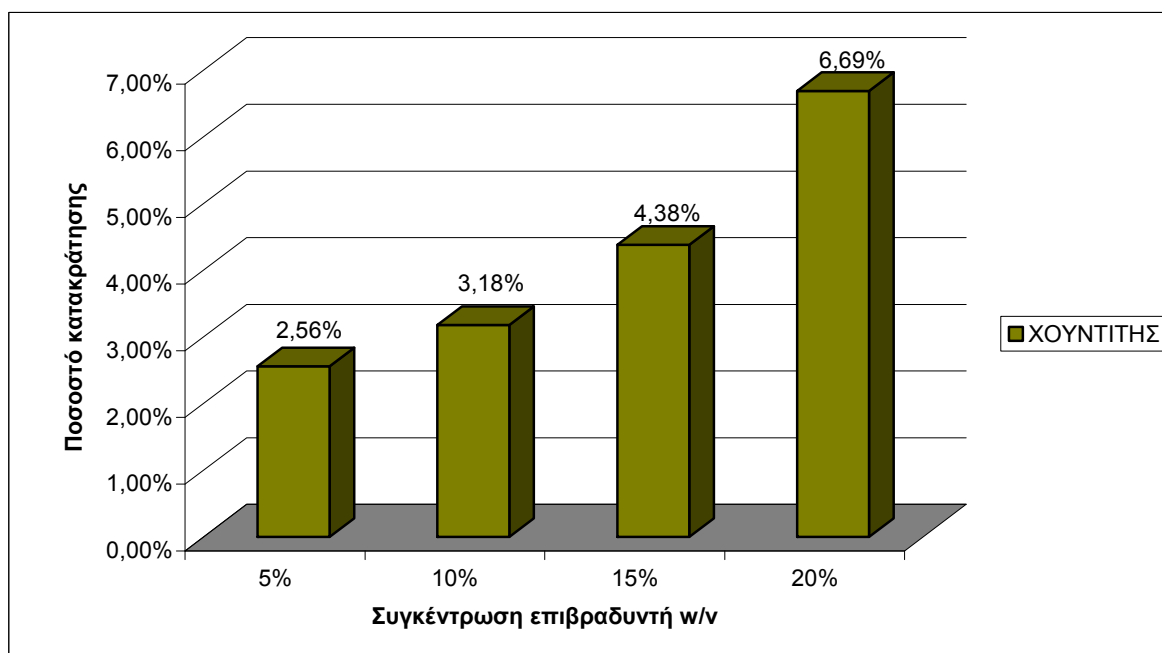


Τέλος στα διαγράμματα που ακολουθούν συσχετίζεται η συγκέντρωση του κάθε επιβραδυντή με το ποσοστό κατακράτησης του καθενός αλλά και όλοι οι επιβραδυντές μαζί.

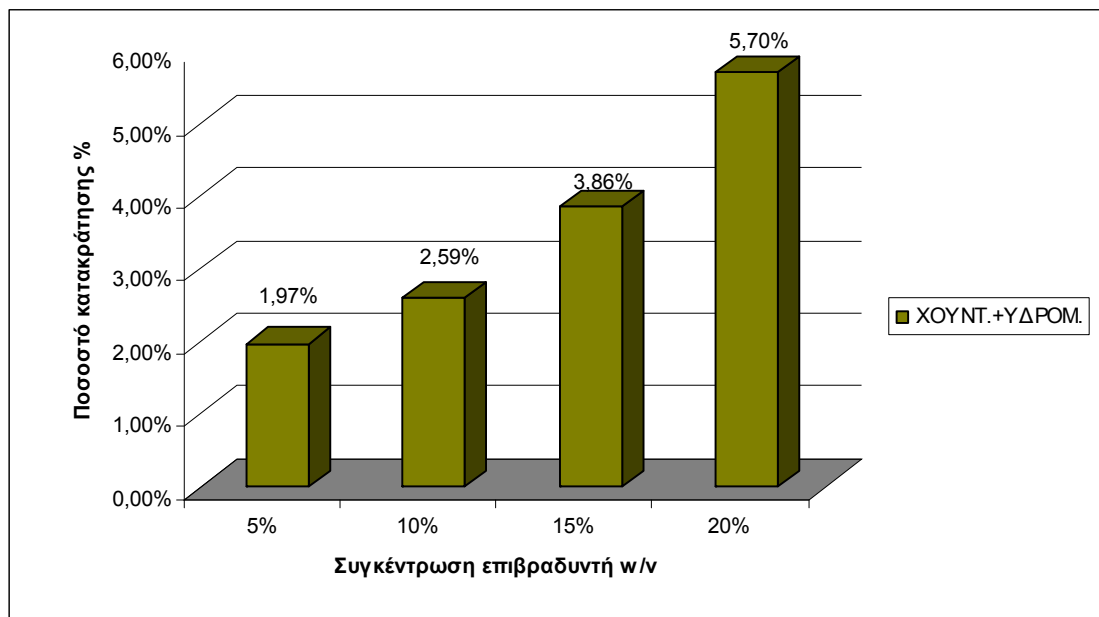
Διάγραμμα 4.4.κ: Συσχέτιση συγκέντρωσης του υδρομαγνησίτη με το ποσοστό κατακράτησης του.



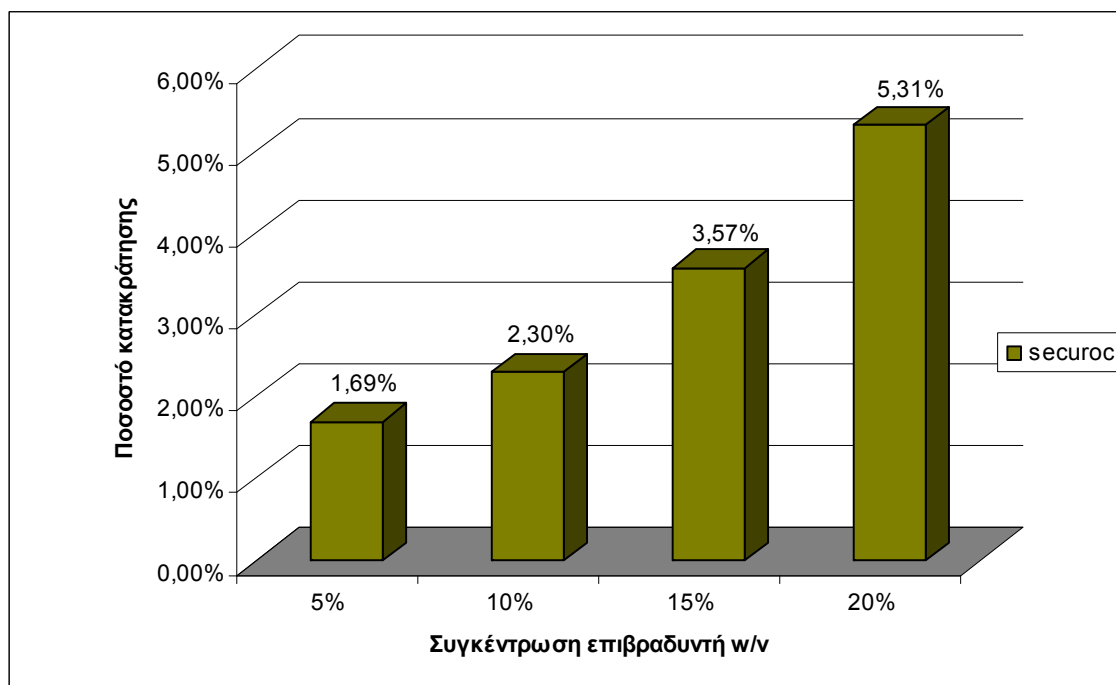
Διάγραμμα 4.4.λ: Συσχέτιση συγκέντρωσης του χουντίτη με το ποσοστό κατακράτησης του.



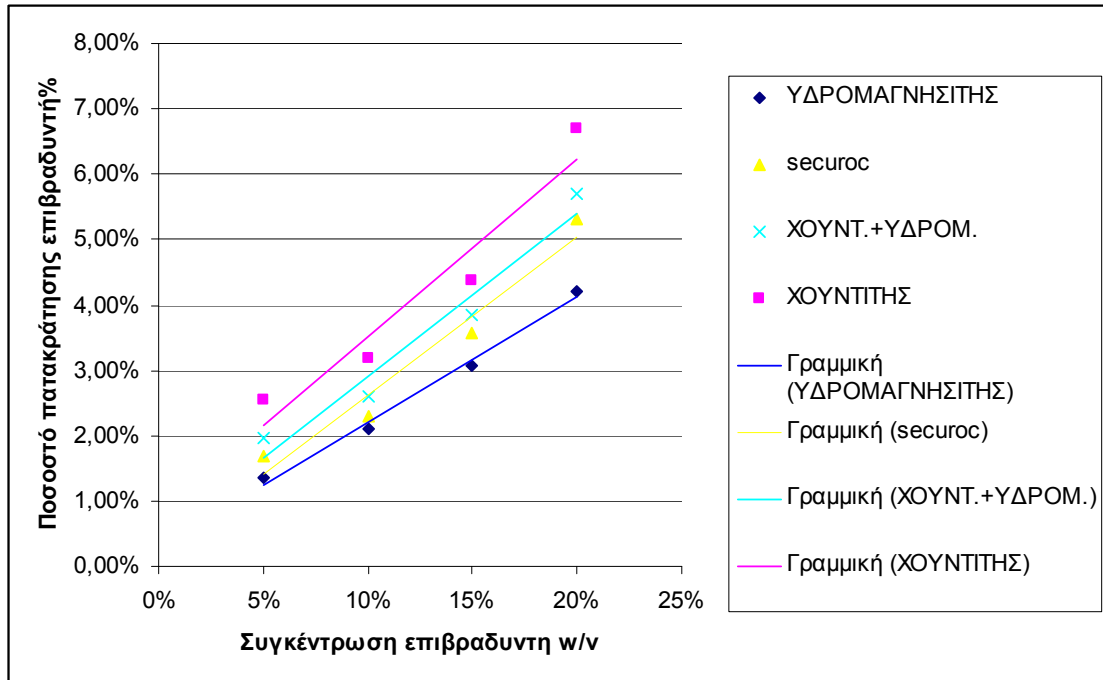
Διάγραμμα 4.4.μ: Συσχέτιση συγκέντρωσης μίγματος χουντίτη και υδρομαγνησίτη με το ποσοστό κατακράτησης του.



Διάγραμμα 4.4.ν: Συσχέτιση συγκέντρωσης μίγματος securoc C με το ποσοστό κατακράτησης του.



Διάγραμμα 4.4.ξ: Συσχέτιση συγκέντρωσης όλων των επιβραδυντών με το ποσοστό κατακράτησης τους.



4.5 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

➤ Στα διαγράμματα 4.4.α- 4.4.δ παρουσιάζονται οι συσχετίσεις των κατακρατήσεων των διαφόρων επιβραδυντών με το δείκτη ελάχιστου οξυγόνου. Στο 4.4.ε παρουσιάζεται η ολική συσχέτιση για όλους τους επιβραδυντές. Είναι φανερό πως όσο αυξάνεται η κατακράτηση του επιβραδυντή, αυξάνεται και ο δείκτης οξυγόνου, μειώνοντας έτσι την ευφλεκτότητα του δασικού είδους. Η σχέση δηλαδή που συνδέει τα δύο αυτά μεγέθη είναι γραμμική και μάλιστα με πολύ μικρό σφάλμα (R^2). Πιο αναλυτικά, ο υδρομαγνησίτης και ο χουντίτης παρουσιάζουν σφάλμα 0.99, το φυσικό τους μίγμα 0.95 και τέλος το εμπορικό τους μίγμα 0.94.

➤ Στα διαγράμματα 4.4.στ- 4.4.θ παρουσιάζονται οι συσχετίσεις των συγκεντρώσεων των διαφόρων επιβραδυντών με το δείκτη ελάχιστου οξυγόνου. Στο 4.4.ι υπάρχει η ολική συσχέτιση με όλους τους επιβραδυντές μαζί. Αντίστοιχα και στα διαγράμματα αυτά παρουσιάζεται μια γραμμική σχέση

ανάμεσα στα προαναφερθέντα μεγέθη. Όσο αυξάνεται η συγκέντρωση των επιβραδυντών, τόσο αυξάνεται και ο δείκτης ελάχιστου οξυγόνου. Συνεπάγεται λοιπόν πως όταν αυξάνεται η περιεκτικότητα των αιωρημάτων, μειώνεται η ευφλεκτότητα του δασικού είδους. Όσον αφορά στα σφάλματα (R^2), αυτά έχουν ως εξής: 0.99 για τον υδρομαγνησίτη και το φυσικό τους μίγμα, 0.97 για το εμπορικό τους μίγμα και τέλος 0.96 για τον χουντίτη.

- Τέλος, στα διαγράμματα 4.4.κ- 4.4.ν παρουσιάζονται οι συσχετίσεις του ποσοστού κατακράτησης των διαφόρων επιβραδυντών με την συγκέντρωση αυτών. Στο 4.4.ξ υπάρχει η ολική συσχέτιση με όλους τους επιβραδυντές μαζί. Γραμμική συσχέτιση παρουσιάζεται και στην περίπτωση αυτή, καθώς τα ποσά φαίνεται να είναι ανάλογα. Μεγαλύτερες κατακρατήσεις παρουσιάζονται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις επιβραδυντών, και αντίστροφα. Το σφάλμα (R^2) και εδώ είναι πολύ μικρό: 0.99 για τον υδρομαγνησίτη, 0.96 για το εμπορικό τους μίγμα, 0.95 για το εμπορικό του, ενώ 0.93 για τον χουντίτη.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η χρήση επιβραδυντικών συστημάτων αναμφισβήτητα μειώνει την ευφλεκτότητα των δασικών υλών. Το εξεταζόμενο δασικό είδος *Cistus incanus* παρουσίασε δείκτη οξυγόνου 21.41 πριν την εμφάνισή του στους επιβραδυντές. Αμέσως μετά την εμφάνισή του ο δείκτης οξυγόνου αυξήθηκε σημαντικά. Η αύξηση αυτή κυμάνθηκε από 23.04 (μίγμα χουντίτης-υδρομαγνησίτης 5%) έως 25.87 (καθαρός χουντίτης 20%).

2. Ο καθαρός υδρομαγνησίτης παρουσιάζει την καλύτερη επιβραδυντική ικανότητα σε σχέση με την ποσοστιαία κατακράτηση του. Ακολουθούν το εμπορικό μίγμα Securoc C, έπειτα έρχεται το μίγμα χουντίτη-υδρομαγνησίτη και τέλος ο καθαρός χουντίτης. Από το διάγραμμα μάλιστα της ολικής συσχέτισης παρατηρείται επίσης πως ο χουντίτης, απαιτεί μεγάλα ποσοστά κατακρατήσεων για να παρουσιάσει υψηλές τιμές LOI.

3. Όσον αφορά στις συγκεντρώσεις των επιβραδυντών σε συνάρτηση με τον L.O.I. διεξάγονται τα εξής συμπεράσματα: Στην περίπτωση 5%w/v ο χουντίτης παρουσιάζει μικρότερη ευφλεκτότητα, ακολουθούν ο υδρομαγνησίτης, το εμπορικό και το φυσικό μίγμα αυτών. Στην περίπτωση 10%w/v παρατηρείται ακριβώς η ίδια σειρά. Στην περίπτωση 15%w/v εξακολουθεί ο χουντίτης να έχει μικρότερη ευφλεκτότητα, έπειτα έρχονται ο υδρομαγνησίτης, το φυσικό και το εμπορικό μίγμα τους. Τέλος στην υψηλότερη συγκέντρωση 20%w/v, ο χουντίτης έχει μεγαλύτερο δείκτη οξυγόνου, έπονται το εμπορικό και το φυσικό μίγμα τους, και τέλος ο υδρομαγνησίτης.

4. Τέλος παρατηρείται πως ο χουντίτης παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσοστό κατακράτησης σε όλες τις συγκεντρώσεις. Ακολουθεί το εμπορικό μίγμα χουντίτη-υδρομαγνησίτη, έπειτα το φυσικό τους μίγμα και τέλος ο υδρομαγνησίτης. Εξαιρεση αποτελεί η συγκέντρωση 20% όπου τα μίγματα χουντίτη-υδρομαγνησίτη εναλλάσσονται.

5. Βάση όλων των παραπάνω, φαίνεται πως ο υδρομαγνησίτης παρουσιάζει καλύτερη επιβραδυντική δράση, ενώ ο χουντίτης παρουσιάζει μεγαλύτερα ποσοστά κατακράτησης. Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα πως τα μίγματα τους είναι πιο αποτελεσματικά από τη χρήση των καθαρών ορυκτών.

6. Όσον αφορά στη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ιδιαίτερα απλή και αξιόπιστη. Η πειραματική διαδικασία δηλαδή της μεθόδου Limiting Oxygen Index, αποτελεί μια φθηνή και εύκολη διαδικασία, χωρίς να απαιτεί ιδιαίτερη εξοικείωση με την πειραματική διάταξη. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται γρήγορα και εύκολα χωρίς να απαιτείται ειδική εκπαίδευση. Ιδιαίτερα αν συγκριθεί με άλλες αναλυτικές τεχνικές, όπως για παράδειγμα τη θερμική ανάλυση (TG), η μέθοδος του L.O.I. πλεονεκτεί όχι μόνο στην ευκολία αλλά και στο κόστος που σε άλλες μεθόδους διαφέρουν.

6. Τέλος, θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν αρκετές εργασίες στο μέλλον βασισμένες στην παρούσα, όπως για παράδειγμα η χρησιμοποίηση δειγμάτων άλλων μορφών ή ακόμα η εμπειριστατωμένη μελέτη μιγμάτων ορυκτών επιβραδυντών.

Γ. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γ.1. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ

- 1 Η. <http://wikipedia.org/>
- 2 Η. <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/dasos/introduction/contents.htm>
- 3 Η. <http://gym-lidor.fok.sch.gr/mikpolites/dasi.htm>
- 4 Η. <http://www.minenv.gr/>
- 5 Η. www.wwf.gr
- 6 Η. <http://www.gardensandplants.com/gr/>
- 7 Η. <http://www.prosotsani.gr/menoikio/>
- 8 Η. <http://www.gpeppas.gr/dasos/dentra/dentra.html>
- 9 Η. <http://firesecurity.gr/bibliothiki/epistimonikitho.htm>
- 10 Η. <http://www.firesecurity.gr/bibliothiki/pyrox3.htm>

Γ.2 . ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Εγχειρίδιο Δασοπροστασίας , Dr Γκόφας Αθανάσιος, Θεσσαλονίκη 2001, εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη.

2. Θεόδωρος Αραμπατζής, «Θάμνοι και Δέντρα στην Ελλάδα», Τόμος II, Οικολογική Κίνηση Δράμας, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καβάλας, Δράμα 2001.
3. Γ. Ξανθόπουλος, «Δασικές Πυρκαγιές στην Ελλάδα: παρελθόν, παρόν και μέλλον», Forest Research Institute of Athens, Εργαστήριο
4. Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Γραμματεία Δασών και Φυσικού περιβάλλοντος, «Εγχειρίδιο Δασοπυρόσβεσης», Θεσσαλονίκη 1995.
5. Ε.Λόης, Φ.Ζαννίκος, Δ.Καρώνης, Θεωρία και Τεχνική της Καύσης, Ε.Μ.Π., Αθήνα 2006.
6. Διπλωματική Ηρακλής Αγιοβλασίτης. Μελέτη της επιβραδυντικής δράσης 28 ανόργανων ενώσεων στην καύση της δασικής ύλης *Pinus halepensis*.
7. Διδακτορική διατριβή Γάκη Β.Δημητρίου, Ηλεκτροχημικές Μέθοδοι για την Αξιολόγηση Χημικών Επιβραδυντών Δασικών Πυρκαγιών, Αθήνα 1998.

Γ.3 ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ξ.1 Green J, 'An overview of the fire retardant chemicals industry, past-present-future', *Fire Mater*, 1995, 19, 197-204.
- Ξ.2 Fire retardant materials, A R Horrocks and D Price, Woodhead Publishing Limited, σελ 10, 298, 301, 302
- Ξ.3 ASTM Designation: D2863-00, Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-Like Combustion of Plastics (Oxygen Index), U.S.A 2000.
- Ξ.4 Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen to Support Candle-like Combustion of Plastics, Designation D 2863-00.
- Ξ.5 L. Haurie, A.I. Fernandez , J.I. Velasco, J.M. Chimenos, J.M. Lopez-Cuesta, F. Espiell
Effects of milling on the thermal stability of synthetic hydromagnesite, *Materials Research Bulletin* 42 (2007) 1010–1018
- Ξ.6 Qing Lia, Yi Dinga, Guihua Yua, Cun Lia, Fanqing Lib, Yitai Qiana, Fabrication of light-emitting porous hydromagnesite with rosette-like architecture, *Solid State Communications* 125 (2003) 117–120

- Ξ.7 A.Botha, C.A. Strydom , Preparation of a magnesium hydroxy carbonate from magnesium hydroxide, *Hydrometallurgy* 62 (2001) 175– 183
- Ξ.8 J. C. DEELMAN, LOW-TEMPERATURE FORMATION OF DOLOMITE AND MAGNESITE , Compact Disc Publications, P.O.Box 1076, 5602 BB Eindhoven, The Netherlands
- Ξ.9 K.J.D. MACKENZIE,R. H. MEINHOLD, Mg nuclear magnetic resonance spectroscopy of minerals and related inorganics
American Mineralogist, Volume 79, pages 250-260, 1994
- Ξ.10 Danae A.Voormeij, George J. Simandl and Bill O'Connor, A systematic assessment of ultramafic rocks and their suitability for mineral sequestration of CO₂
- Ξ.11 George J. Simandl, Jana Simandl and Alicia Debreceni, British Columbia Hydromagnesite-Magnesite Resources:Potential Flame Retardant Material
- Ξ.12 Ana I. Ferná´ ndez, Josep M. Chimenos, Merce` Segarra, Miguel A. Ferná´ ndez, and Ferran Espiell , Procedure to Obtain Hydromagnesite from a MgO-Containing Residue. *Kinetic Study. Ind. Eng. Chem. Res.* 2000, 39, 3653-365
- Ξ.13 O.Kangal, A.A. Sirkeci, A. Guney, Flotation behaviour of huntite (Mg₃Ca(CO₃)₄) with anionic collectors, *Int. J. Miner. Process.* 75 (2005) 31– 39
- Ξ.14 W. A. DOLLASE ,Crystal structure refinement of huntite, CaMg₃(CO₃)₄ with X-ray powder data, *American Mineralogist*, Volume 71, pages 163-166, 1986
- Ξ.15 An expedient flame protection system for plastics.The perfect match.
Securoc in PVC, Incemin AG.
- Ξ.16 Georg S. Kirschbaum, The Benefits of using Huntite/Hydromagnesite in Plastics, Incemin AG, Minerals in Compounding '99
8-10 November 1999, Geneva, Switzerland
- Ξ.17 EFFECTS OF MODIFYING REAGENTS ON HUNTITE FLOTATION, *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, An International Journal*, Volume 26, July-December 2005

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α
ΠΡΟΤΥΠΟ ΑΤΛΑΝΤΑ Λ.Ο.Ι.
ΟΔΗΓΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΡΟΟΜΕΤΡΟΥ

21°C
 ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: ΤΕΤΑΡΤΗ 19 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2006
 ΩΡΑ: 11:15:10
 ΡΟΟΜΕΤΡΟ ΟΞΥΓΟΝΟΥ S/N 150698

21°C
 S/N: L.O.I.-0012
 ΡΟΟΜΕΤΡΟ ΑΖΩΤΟΥ S/N 150690

ΠΟΣΟΣΤΟ ΟΞΥΓΟΝΟΥ	ΡΟΟΜΕΤΡΟ ΟΞΥΓΟΝΟΥ		ΡΟΟΜΕΤΡΟ ΑΖΩΤΟΥ		ΠΟΣΟΣΤΟ ΟΞΥΓΟΝΟΥ	ΡΟΟΜΕΤΡΟ ΟΞΥΓΟΝΟΥ		ΡΟΟΜΕΤΡΟ ΑΖΩΤΟΥ	
	cc/min	SET	cc/min	SET		cc/min	SET	cc/min	SET
18	3078	56,0	14022	125,0	25	4275	77,5	12825	114,5
18,2	3112,2	56,5	13987,8	124,5	25,2	4309,2	78,2	12790,8	113,9
18,4	3146,4	57,1	13953,6	124,2	25,4	4343,4	78,8	12756,6	113,6
18,6	3180,6	57,7	13919,4	123,9	25,6	4377,6	79,4	12722,4	113,3
18,8	3214,8	58,3	13885,2	123,6	25,8	4411,8	80,0	12688,2	113,0
19	3249	59,0	13851	123,0	26	4446	81,0	12654	113,0
19,2	3283,2	59,6	13816,8	123,0	26,2	4480,2	81,3	12619,8	112,4
19,4	3317,4	60,2	13782,6	122,6	26,4	4514,4	81,9	12585,6	112,1
19,6	3351,6	60,8	13748,4	122,3	26,6	4548,6	82,5	12551,4	111,8
19,8	3385,8	61,4	13714,2	122,0	26,8	4582,8	83,1	12517,2	111,6
20	3420	62,0	13680	121,5	27	4617	84,0	12483	111,5
20,2	3454,2	62,7	13645,8	121,4	27,2	4651,2	84,3	12448,8	110,9
20,4	3488,4	63,3	13611,6	121,1	27,4	4685,4	85,0	12414,6	110,6
20,6	3522,6	63,9	13577,4	120,8	27,6	4719,6	85,6	12380,4	110,3
20,8	3556,8	64,5	13543,2	120,5	27,8	4753,8	86,2	12346,2	110,1
21	3591	65,0	13509	120,0	28	4788	87,0	12312	110,0
21,2	3625,2	65,8	13474,8	119,9	28,2	4822,2	87,4	12277,8	109,4
21,4	3659,4	66,4	13440,6	119,6	28,4	4856,4	88,1	12243,6	109,1
21,6	3693,6	67,0	13406,4	119,3	28,6	4890,6	88,7	12209,4	108,8
21,8	3727,8	67,6	13372,2	119,0	28,8	4924,8	89,3	12175,2	108,6
22	3762	68,0	13338	118,5	29	4959	90,0	12141	108,5
22,2	3796,2	68,9	13303,8	118,4	29,2	4993,2	90,5	12106,8	107,9
22,4	3830,4	69,5	13269,6	118,1	29,4	5027,4	91,2	12072,6	107,6
22,6	3864,6	70,1	13235,4	117,8	29,6	5061,6	91,8	12038,4	107,3
22,8	3898,8	70,7	13201,2	117,5	29,8	5095,8	92,4	12004,2	107,0
23	3933	71,0	13167	117,0	30	5130	93,0	11970	106,5
23,2	3967,2	72,0	13132,8	116,9	30,2	5164,2	93,6	11935,8	106,4
23,4	4001,4	72,6	13098,6	116,6	30,4	5198,4	94,3	11901,6	106,1
23,6	4035,6	73,2	13064,4	116,3	30,6	5232,6	94,9	11867,4	105,7
23,8	4069,8	73,8	13030,2	116,1	30,8	5266,8	95,5	11833,2	105,4
24	4104	74,5	12996	116,0	31	5301	96,0	11799	105,0
24,2	4138,2	75,1	12961,8	115,4	31,2	5335,2	96,7	11764,8	104,8
24,4	4172,4	75,7	12927,6	115,1	31,4	5369,4	97,4	11730,6	104,5
24,6	4206,6	76,3	12893,4	114,8	31,6	5403,6	98,0	11696,4	104,2
24,8	4240,8	76,9	12859,2	114,6	31,8	5437,8	98,6	11662,2	103,9

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

1	2	3	4	5	6
ΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΤΩΝ 5 ΤΕΛΕΥΤΑΙΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΤΙΜΗ ΤΟΥ κ ΠΟΥ ΟΙ ΠΡΩΤΕΣ N _L ΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΕΙΝΑΙ:				ΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΤΩΝ 5 ΤΕΛΕΥΤΑΙΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
	(a) Ο	ΟΟ	ΟΟΟ	ΟΟΟΟ	ΤΕΛΕΥΤΑΙΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
	(b) Χ	ΧΧ	ΧΧΧ	ΧΧΧΧ	ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
ΧΟΟΟΟ	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55	ΟΧΧΧΧ
ΧΟΟΟΧ	-1,25	-1,25	-1,25	-1,25	ΟΧΧΧΟ
ΧΟΟΧΟ	0,37	0,38	0,38	0,38	ΟΧΧΟΧ
ΧΟΟΧΧ	-0,17	-0,14	-0,14	-0,14	ΟΧΧΟΟ
ΧΟΧΟΟ	0,02	0,04	0,04	0,04	ΟΧΟΧΧ
ΧΟΧΟΧ	-0,50	-0,46	-0,45	-0,45	ΟΧΟΧΟ
ΧΟΧΧΟ	1,17	1,24	1,25	1,25	ΟΧΟΟΧ
ΧΟΧΧΧ	0,61	0,73	0,76	0,76	ΟΧΟΟΟ
ΧΧΟΟΟ	-0,30	-0,27	-0,26	-0,26	ΟΟΧΧΧ
ΧΧΟΟΧ	-0,83	-0,76	-0,75	-0,75	ΟΟΧΧΟ
ΧΧΟΧΟ	0,83	0,94	0,95	0,95	ΟΟΧΟΧ
ΧΧΟΧΧ	0,30	0,46	0,50	0,50	ΟΟΧΟΟ
ΧΧΧΟΟ	0,50	0,65	0,68	0,68	ΟΟΟΧΧ
ΧΧΧΟΧ	-0,04	0,19	0,24	0,25	ΟΟΟΧΟ
ΧΧΧΧΟ	1,60	1,92	2,00	2,01	ΟΟΟΟΧ
ΧΧΧΧΧ	0,89	1,33	1,47	1,50	ΟΟΟΟΟ

