



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

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Επίδραση του θαλασσινού νερού στην αποτελεσματικότητα των
χημικών επιβραδυντών DAP,MAP,AS και υδρομαγνησίτη πάνω στη
δασική ύλη *Olea Europaea* με τη μέθοδο Limiting Oxygen
Index(L.O.I.)**

Επιβλέπων Καθηγητής: Λιοδάκης Στυλιανός

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2010

Φίλης Χαράλαμπος



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

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Επίδραση του θαλασσινού νερού στην αποτελεσματικότητα των
χημικών επιβραδυντών DAP,MAP,AS και υδρομαγνησίτη πάνω στη
δασική ύλη *Olea Europea* με τη μέθοδο Limiting Oxygen
Index(L.O.I.)**

Επιβλέπων Καθηγητής: Λιοδάκης Στυλιανός

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2010

Φίλης Χαράλαμπος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
II. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	12
1. Δασικές Πυρκαγιές.....	13
1.1 Ελληνικά δάση.....	13
1.2 Το φαινόμενο των δασικών πυρκαγιών.....	14
1.3 Μηχανισμός καύσης της δασικής ύλης.....	16
1.4 Αιτίες εκδήλωσης δασικών πυρκαγιών.....	17
1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τις δασικές πυρκαγιές.....	17
1.6 Στατιστικά στοιχεία.....	25
2.Δασικές Ύλες.....	33
2.1 Στοιχειακή ανάλυση ξύλου.....	33
2.2 Χημική σύσταση ξύλου.....	34
2.3 Μεταβλητότητα στη χημική σύσταση του ξύλου.....	37
2.4 Olea europaea(ελιά)	40
3. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις επιβραδυντών δασικών πυρκαγιών στο έδαφος και στους υδάτινους αποδέκτες.....	41
3.1 Γενικά.....	41
3.2 Επίδραση νερού στη φωτιά.....	43
3.3 Τρόποι δράσης και διακρίσεις χημικών επιβραδυντών δασικών πυρκαγιών.....	44
3.4 Εφαρμογή των χημικών επιβραδυντών δασικών πυρκαγιών.....	47
3.5 Συνήθεις ποσότητες εφαρμογής των χημικών επιβραδυντών.....	47

3.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης των χημικών επιβραδυντών.....	48
3.7 Αποτελεσματικότητα χημικών επιβραδυντών.....	48
3.8 Επιθυμητά χαρακτηριστικά χημικών επιβραδυντών.....	49
3.9(NH ₄) ₂ SO ₄ ή AS.....	50
3.10(NH ₄) ₂ HPO ₄ ή DAP.....	51
3.11 NH ₄ H ₂ PO ₄ ή MAP.....	52
3.12 Υδρομαγνησίτης ή Hyd.....	52
3.13 Θαλαδδινό νερό χημική σύσταση.....	53
III. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	55
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	55
4.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	55
4.3 Περιεχόμενη Υγρασία.....	56
4.4 Ευφλεκτικότητα.....	57
4.5 Μέθοδοι οξυγόνου & L.O.I.....	58
4.6 Οργανολογία L.O.I.....	60
4.7 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	64
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	67
5.1 Αποτελέσματα καύσης δασικών υλών	67
5.2 Συνοπτικά Αποτελέσματα για L.O.I.	76
5.3 Συμπεράσματα.....	79
V. Βιβλιογραφία.....	80

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι δασικές πυρκαγιές είναι ένα φυσικό φαινόμενο, του οποίου οι αρνητικές συνέπειες είναι γνωστές εδώ και χιλιάδες χρόνια. Τα τελευταία όμως εκατό χρόνια αναγνωρίστηκε ως μείζον πρόβλημα, γιατί οι συνεχείς καταστροφές επηρέασαν σημαντικά τη φυσική ισορροπία των οικοσυστημάτων.

Το φαινόμενο αυτό δείχνει να επεκτείνεται συνεχώς στην Ελλάδα τις τελευταίες δεκαετίες, όπου καίγεται ανά έτος το 0,32% των θαμνωδών εκτάσεων ενώ το 1973 κάηκε το 0,20%.

Για τον έλεγχο των δασικών πυρκαγιών, ήδη από τη δεκαετία του 1930, χρησιμοποιούνται ευρέως διάφορες χημικές ουσίες. Χρησιμοποιούνται με δύο τρόπους:

- α) Είτε με απευθείας ρίψη των ουσιών αυτών στο μέτωπο της πυρκαγιάς, ως κατασβεστικά για την καταστολή της και
- β) Ως προληπτικά για την αποφυγή εκδήλωσης δασικών πυρκαγιών και για την ασφαλή καθοδήγηση μιας ελεγχόμενης πυρκαγιάς.

Τα χημικά καταστολής των δασικών πυρκαγιών περιλαμβάνουν τους επιβραδυντές μικρής διάρκειας και τους επιβραδυντές μακράς διάρκειας. Η εφαρμογή των χημικών καταστολής γίνεται, είτε από αέρος με τη χρήση πυροσβεστικών αεροπλάνων και ελικοπτέρων, είτε από το έδαφος με τη χρήση πυροσβεστικών αντλιών.

Οι επιβραδυντές μακράς διάρκειας έχουν χρησιμοποιηθεί ευρύτατα και για αρκετά χρόνια, σε διάφορες χώρες, σαν αποτελεσματικά μέσα για την πρόληψη και αντιμετώπιση της φωτιάς. Οι χημικές ουσίες που, κυρίως, περιέχονται στους επιβραδυντές μακράς διάρκειας είναι τα αμμωνιακά (NH_4^+), τα φωσφορικά (PO_4^{3-}) και τα θειικά ιόντα (SO_4^{2-}).

Η διάθεση του επιβραδυντή στο περιβάλλον της πυρκαγιάς μπορεί να είναι επικίνδυνη.

Αρχικά είχε θεωρηθεί ότι οι επιβραδυντές δεν θα είχαν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και αυτό γιατί τα κύρια ενεργά συστατικά τους είναι τα ίδια με των γεωργικών προϊόντων. Όμως αρνητική επίδραση στο περιβάλλον μπορούν να έχουν και τα υλικά χαμηλής τοξικότητας όταν χρησιμοποιούνται με μεγάλη συχνότητα και σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Οι επιπτώσεις της χρήσης των χημικών επιβραδυντών αναμένεται να μην είναι σημαντικές για τα χερσαία οικοσυστήματα, αφού η σύστασή τους είναι παρόμοια μ' αυτή των λιπασμάτων. Όμως, σύμφωνα με τελευταίες έρευνες, η πιο δυσμενής επίδραση τους στο περιβάλλον είναι η σημαντική υποβάθμιση των υδατικών οικοσυστημάτων.

Τα χημικά συστατικά τους διηθούνται στο υπέδαφος μέσω της βροχής και μεταφέρονται στα υπόγεια νερά, έτσι επηρεάζεται σημαντικά η ποιότητα των υπόγειων νερών και κατά συνέπεια η ποιότητα του πόσιμου νερού.

Έχουν ήδη αναφερθεί, στη διαθέσιμη βιβλιογραφία, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των επιβραδυντών δασικών πυρκαγιών σε θαμνώδεις εκτάσεις σε συνδυασμό με φωτιά ή χωρίς. Επίσης έχουν πραγματοποιηθεί πειράματα, τόσο σε εργαστηριακή κλίμακα όσο και σε ελεύθερο πεδίο (δασικές εκτάσεις κ.λπ.), ώστε να γίνει εκτίμηση των πιθανών οικολογικών επιπτώσεων από πέντε ευρείας χρήσεως επιβραδυντές σε χερσαία και υδατικά οικοσυστήματα. Όμως δεν έχουν γίνει αρκετές μελέτες που να αφορούν οικο-συστήματα της Μεσογείου και ειδικά της Ελλάδας, καθώς μιλάμε για περιοχές που εκδηλώνεται μεγάλος αριθμός πυρκαγιών, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες.

Στο θεωρητικό μέρος της εργασίας γίνεται μία γρήγορη αναφορά στο πρόβλημα των δασικών πυρκαγιών, αναλύονται οι διάφοροι τύποι χημικών επιβραδυντών καθώς επίσης ο τρόπος χρήσης και δράσης τους. Το πειραματικό μέρος χωρίζεται σε τρία μέρη:

Στο **πρώτο μέρος** γίνεται εκτενής περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας. Αναλύεται η εργαστηριακή τεχνική λήψης των στραγγισμάτων και η διαδικασία ανάλυσής τους. Επίσης αναφέρονται οι πρότυπες αναλυτικές μέθοδοι προσδιορισμού των ιόντων Καλίου, Νατρίου, Σιδήρου και Πυριτίου.

Στο **δεύτερο μέρος** γίνεται παράθεση, επεξεργασία και σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

Τέλος, στο **τρίτο μέρος**, γίνεται η εξαγωγή των συμπερασμάτων και αναλύονται οι προοπτικές για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των επιβραδυντών δασικών πυρκαγιών.

I. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ

1.1 Ελληνικά δάση

Η Ελλάδα παρουσιάζει μια μεγάλη ποικιλία δασών. Στα βόρεια της χώρας υπάρχουν εύκρατα δάση, από εκείνα που είναι κοινά στην Κεντρική και Βόρεια Αμερική, ενώ στα Νότια υπάρχουν μεμονωμένες συστάδες από τροπικά δέντρα, όπως φοίνικες κ.ά. 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 στην Ελλάδα, όπως το κεφαλλονίτικο έλατο, το ρόμππολο και η αμπελισιά, καθώς και δέντρα που εξαπλώνονται σ' όλη την Ευρώπη, αλλά έχουν στη χώρα μας τα νότια σύνορα της εξάπλωσής τους, όπως το δασικό πεύκο, η ερυθρελάτη και η οξυά.

Πέρα από τα πολυάριθμα είδη πουλιών, ερπετών και εντόμων, αξιόλογη είναι και η ποικιλία των θυλαστικών που ζουν στα ελληνικά δάση, με πιο γνωστά από αυτά την καφέ αρκούδα, τον αγριόγατο, το τσακάλι, τον λύκο και τον ασβό.

Το φαινόμενο των δασικών πυρκαγιών αποτελεί ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα ελληνικά δάση και περιγράφεται παρακάτω.

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν μέρος της οικολογίας των Μεσογειακού τύπου οικοσυστημάτων (Trabaud, 1981; Whelan, 1995; Pausas 2004) και για αυτό το λόγο θεωρούνται ένας από τους μεγαλύτερους παράγοντες που καθορίζουν τη μορφή και τη σύσταση του εδάφους σ' αυτές τις περιοχές (Naveh, 1974; Piussi, 1992). Όμως ο αριθμός και ειδικά η καμένη έκταση από τις δασικές πυρκαγιές έχουν αυξηθεί δραματικά τα τελευταία χρόνια (Terradas 1996; Pinol et al., 1998).

1.2 Το φαινόμενο των δασικών πυρκαγιών

Η φωτιά είναι μια ταχύτατη οξειδωση που γίνεται αντιληπτή ως φλόγα, το φαινόμενο αυτό δεν έχει εξηγηθεί επαρκώς έως σήμερα. Οι Frinston και Westenburg (1965), θεωρούν ότι η παραμικρή φλόγα περιλαμβάνει μερικές συνεχόμενες χημικές αντιδράσεις, στις οποίες υπεισέρχονται και θέματα αεροδυναμικής, θερμο-αγωγιμότητας και μοριακής διασποράς .

Η συμπεριφορά της φωτιάς γενικά ορίζεται ως ο τρόπος με τον οποίο το καύσιμο αναφλέγεται, η φλόγα αναπτύσσεται, η φωτιά εξαπλώνεται και εμφανίζει άλλα σχετικά φαινόμενα όπως στροβίλους (δίνες) φωτιάς καθώς και χαρακτηριστικά που καθορίζονται από αλληλεπίδραση των καυσίμων υλικών των καιρικών συνθηκών και της τοπογραφίας (των χαρακτηριστικών της περιοχής), (Edward A. Johnson and Kiyoko Miyanishi, 2001).

Για να προκληθεί μία δασική πυρκαγιά είναι απαραίτητοι τρεις παράγοντες. Ο πρώτος είναι το **καύσιμο**, δηλαδή κάτι που να καίγεται, τα δέντρα, τα νεκρά φύλλα, τα χόρτα, η οργανική ύλη του εδάφους, τα κλήματα, οι θάμνοι και πολλά άλλα εύφλεκτα υλικά. Το δεύτερο στοιχείο που απαιτείται για μία πυρκαγιά στο δάσος είναι το **οξυγόνο**. Περίπου 20% της επιφανειακής ατμόσφαιρας αποτελείται από οξυγόνο (William C. Camp, Thomas B. Daugherty, 1998). Όταν το οξυγόνο που περιβάλλει μία πυρκαγιά καταναλώνεται, η φωτιά σβήνει. Τρίτο στοιχείο που είναι απαραίτητο σε μία δασική πυρκαγιά είναι η **θερμότητα**. Για να καεί ένα εύφλεκτο υλικό, πρέπει να φτάσει στη θερμοκρασία ανάφλεξης. Τα περισσότερα δασικά καύσιμα έχουν θερμοκρασία ανάφλεξης 316 – 471 βαθμούς Κελσίου, (William C. Camp, Thomas B. Daugherty, 1998).

Η σχέση μεταξύ των τριών αυτών παραγόντων μπορεί να αποδοθεί γραφικά ως ένα τρίγωνο που ονομάζεται «τρίγωνο της φωτιάς».



Σχήμα 1: Το τρίγωνο της φωτιάς [1]

Για να υπάρξει λοιπόν φωτιά πρέπει να υπάρχουν και οι τρεις παράγοντες, που έκαστος αποδίδεται με μία από τις πλευρές του τριγώνου, όπως μας δείχνει το σχήμα 1. Άρα εάν δεν υπάρχει ένας εξ αυτών, δεν υπάρχει τρίγωνο, άρα δεν υπάρχει και φωτιά. Σύμφωνα με αυτή τη λογική δημιουργείται η βάση των σύνθετων διαδικασιών για την καταπολέμηση των δασικών πυρκαγιών.

Ανάλυση των τριών παραγόντων:

- α) Καύσιμο: Ονομάζουμε έτσι οτιδήποτε μπορεί να καεί, όπως τα δέντρα, τα νεκρά φύλλα, τα χόρτα, η οργανική ύλη κ.λπ.
- β) Οξυγόνο: Αποτελεί περίπου το 20% της επιφανειακής ατμόσφαιρας. Όταν το Οξυγόνο που περιβάλλει μία πυρκαγιά καταναλώνεται, η φωτιά σβήνει. Επίσης, όταν το περισσότερο Οξυγόνο καταναλωθεί, η φωτιά τείνει να σβήσει. Φορείς του Οξυγόνου προς τη φωτιά είναι οι άνεμοι, οι ασθενέστεροι των οποίων είναι ικανοί να τροφοδοτούν και να επεκτείνουν τις φλόγες. Εξάλλου η ίδια η φωτιά έχει την ικανότητα να δημιουργεί το δικό της άνεμο, ακόμα και όταν δεν φυσάει αέρας, από τη διαφορά θερμοκρασίας που δημιουργεί. Άρα όσο πιο δυνατοί άνεμοι πνέουν στο μέτωπο της φωτιάς, τόσο αυτή δυναμώνει και επεκτείνεται.
- γ) Θερμότητα: Για να καεί ένα εύφλεκτο υλικό πρέπει να φτάσει στη θερμοκρασία ανάφλεξης, η οποία για τα περισσότερα δασικά καύσιμα είναι 600-800 βαθμοί Φαρενάιτ ή 316-471 βαθμοί Κελσίου. Τα υγρά φύλλα και το ξύλο δεν καίγονται εύκολα και αυτό συμβαίνει γιατί το νερό βράζει σε θερμοκρασία πολύ μικρότερη από τη θερμοκρασία ανάφλεξης. Έτσι τα υγρά φύλλα και το ξύλο που εκτίθενται σε ανοιχτή φωτιά δεν ανεβάζουν τη θερμοκρασία τους πολύ πάνω από το σημείο βρασμού του νερού, παρά μόνο όταν εξατμισθεί όλο το νερό που περιέχουν [1].

1.3 Μηχανισμός καύσης της δασικής ύλης

Ουσιαστικά η καύση της δασικής ύλης είναι ακριβώς η αντίθετη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, η οποία καταναλώνει ταχύτατα την ενέργεια, που συγκεντρώθηκε με τρόπο αργό από τη φωτοσύνθεση μέσω της δημιουργίας οργανικών ενώσεων. Κατά την καύση λοιπόν της δασικής ύλης, έχουμε τα εξής στάδια:

- α) Αρχικά με την προθέρμανση του υλικού γίνεται η απομάκρυνση της υγρασίας του φυτού και έπειτα ξεκινάει η πυρόλυση του ξύλου (190°C). Με αυτό το τρόπο απομακρύνονται οι πτητικές ουσίες.
- β) Συνεχίζεται η έκλυση των πτητικών ουσιών, ενώ ταυτόχρονα αρχίζει και η πυράκτωση της καύσιμης ύλης (280°C). Η καύση των πτητικών ουσιών πραγματοποιείται στους $380-425^{\circ}\text{C}$. Έτσι η παρατηρούμενη φλόγα πάνω από το ύψος των δέντρων ή μιας στιβάδας ξύλων οφείλεται στην καύση των πτητικών ουσιών, που αποδίδει μη εμφανείς υδρατμούς και διοξείδιο του άνθρακα. Στην περίπτωση που η καύση δεν είναι πλήρης, μέρος των πτητικών ουσιών συμπυκνώνονται σε σταγονίδια ή στερεά σωματίδια πάνω από τη φωτιά και δημιουργούν καπνό. Επίσης ένα μέρος των υδρατμών, ύστερα από τη συμπύκνωσή του, παράγει καπνό λευκού χρώματος.
- γ) Το ξύλο το οποίο απανθρακώθηκε στο προηγούμενο στάδιο καίγεται και αφήνει στάχτη ως υπόλειμμα.

Σημαντικό ρόλο στη διάδοση της πυρκαγιάς διαδραματίζει και η ακτινοβολούμενη θερμότητα, δηλαδή η θερμική ενέργεια που μεταδίδεται σε ευθείες γραμμές, υπό τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, με την ταχύτητα του φωτός. Η ακτινοβολούμενη θερμότητα φτάνει έως το 40% της θερμότητας που απαιτείται για την επέκταση της πυρκαγιάς [2].

Ειδικότερα, στην επέκταση της πυρκαγιάς σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι τρόποι με τους οποίους μεταφέρεται η θερμότητα που είναι:

- α) Με **ακτινοβολία** όπου η θερμική ενέργεια που με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων διαδίδεται σε ευθείες γραμμές με την ταχύτητα του φωτός (Countryman 1978). Η ακτινοβολούμενη θερμότητα, είναι εν γένει μεγάλη, φτάνει ως το 40% της θερμότητας που χρειάζεται η ύλη για την επέκταση της πυρκαγιάς (Καϊλίδης, 1992).
- β) Με **επαφή** η μεταφορά της θερμότητας μιας πυρκαγιάς μπορεί να γίνει με αγωγιμότητα της νεκρής

καύσιμης ύλης που είναι μικρή και γ) με **διάχυση** στην ατμόσφαιρα η οποία έμμεσα μπορεί να συμβάλλει στην ενίσχυση της πυρκαγιάς μεταφέροντας καύτρες που δημιουργούν νέες εστίες πυρκαγιών και ενισχύεται από ρεύματα αέρα. (Lockwood, 1998; Pyne κ.α., 1996)

1.4 Αιτίες εκδήλωσης δασικών πυρκαγιών

Σύμφωνα με τα στοιχεία της δασικής βιομηχανίας, οι κυριότερες αιτίες εκδήλωσης μιας δασικής πυρκαγιάς είναι οι ακόλουθες:

- α) Οι εμπρησμοί, που αποτελούν την κυριότερη αιτία εκδήλωσης δασικών πυρκαγιών. Πυρκαγιές που προήλθαν από δολιοφθορά ή ατύχημα περιλαμβάνονται σ' αυτή την κατηγορία.
- β) Η καύση εύφλεκτων υλικών, όπως είναι τα απορρίμματα, θάμνοι, κορφές δέντρων και κλαδιών, που δημιουργεί πολλές φορές απρόβλεπτα αποτελέσματα.
- γ) Η απροσεξία και η αμέλεια των καπνιστών και των κατασκηνωτών.
- δ) Οι κεραυνοί, που είναι η κύρια φυσική αιτία εκδήλωσης πυρκαγιών στα δάση. Μια μικρή λάμψη αστραπής προκαλεί μεγάλη θερμότητα, αλλά στη διάρκεια μιας βροχόπτωσης υπάρχει μικρή πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιάς.
- ε) Οι υλοτομικές επιχειρήσεις, που δεν αποτελούν όμως τόσο σημαντικό αίτιο δασικών πυρκαγιών όπως παλιότερα.
- στ) Ο χειρισμός μηχανημάτων, η τυχαία ανάφλεξη και πολλά άλλα διάφορα άγνωστα αίτια συνυπολογίζονται σ' αυτά που προκαλούν δασικές πυρκαγιές [1].

1.5. Παράγοντες που επηρεάζουν τις δασικές πυρκαγιές.

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.

1.5.1.Καύσιμη ύλη.

Το δάσος στο σύνολό του αποτελεί καύσιμη ύλη. Κάθε δέντρο, κλαδί, φύλλο, πτόα 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.[11]

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.

Αναφλέξιμη καύσιμη ύλη :Η αναφλέξιμη καύσιμη ύλη συναντάται στον υπόροφο των δασών μας. Η σύνθεσή της συνίσταται από βελόνες πεύκης, φύλλα, φλοιό απφλοίωσης, ξηρούς 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.

Βαριά 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.

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.

Η Συνθήκη Καύσης του Καύσιμου Υλικού.

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.

1.5.2.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.

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.

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.

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.

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.

1.5.3.ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

ΥΨΟΜΕΤΡΟ

Επίσης όσο αυξάνεται το υψόμετρο αυξάνει η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και μεταβάλλεται η διαμόρφωση της βλάστησης. Εκτος όμως από την επίδραση στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας το υψόμετρο επιδρά στη σχετική υγρασία του αέρα η οποία είναι ιδιαίτερα έντονη όταν η κατάσταση της ατμόσφαιρας είναι σταθερή. Στην περίπτωση που η ατμόσφαιρα είναι σταθερή οι τιμές της σχετικής υγρασίας μπορεί να λάβουν ιδιαίτερα χαμηλές ή υψηλές τιμές σε υψηλά σχετικά υψόμετρα.

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

Ο προσανατολισμός επιδρά στην περιεχομένη στα καύσιμα υγρασία. Ειδικότερα παρατηρούμε ότι συνήθως στις νοτιές εκθεσεις, επειδή δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία περισσότερο χρόνο, η βλάστηση βρίσκεται σε πιο ξερή κατάσταση σε σχέση με τις βορείες. Στις ξερές νοτιές όμως πλαγιές, συνήθως, έχουμε λιγότερη βλάστηση έτσι, ώστε οι πυρκαγιές εκεί να είναι σχετικά μικρότερες σε ένταση.

ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Όσον αφορά την τοπογραφική διαμόρφωση εδώ αφορά κυρίως η κλίση του εδάφους γιατί επηρεάζει πολύ την συμπεριφορά της πυρκαγιάς. Η φωτιά καίει με μεγαλύτερη ένταση και ταχύτητα όταν κινείται στις πλαγιές ενός λόφου από κάτω προς τα πάνω, παρά προς τα κάτω, γιατί η φωτιά που καίει ανερχόμενη δημιουργεί ανοδικά θερμά ρεύματα και μεγάλες φλόγες. Η καύσιμη ύλη που βρίσκεται ψηλότερα στην πλαγιά θερμαίνεται γρήγορα και αναφλέγεται. Βέβαια όταν η φωτιά φτάσει στην κορυφή αμέσως μειώνεται η έντασή της και η ταχύτητά της για αυτό και συνηθισμένη τακτική της πυροσβεστικής είναι να τοποθετεί την αντιπυρική ζώνη λίγα μέτρα πίσω από την κορυφή του λόφου. Τέλος, η έντονη διαμόρφωση του εδάφους (ράχες, στενά φαράγγια, κοιλάδες ανάμεσα σε κορυφογραμμές) μπορούν να δημιουργήσουν τοπικά αύξηση της ταχύτητας του ανέμου με συνέπεια την πρόκληση άκρως επικίνδυνης συμπεριφοράς φωτιάς.

1.5.4 ΑΛΛΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

ΥΠΕΔΑΦΙΑ ΣΤΑΘΜΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η υπεδαφια σταθμη του νερου εχει τα ιδια αποτελεσματα με τη βροχη και αντανακλα τη μακροχρονια πορεια του υψους της βροχης.Εαν η σταθμη των υπογειων νερων ειναι τοσο υψηλη,ωστε να μπορει να χρησιμοποιηθει απο τα φυτα τοτε η βλαστηση δεν ξεραινεται(εχουμε υψηλο ποσοστο υγρασιας) κατα τη διαρκεια του καλοκαιριου.Το γεγονος αυτο εχει πρακτικη σημασια μονο σε ορισμενες κοιλαδες ή χαραδρες οπου,συνηθως,φυονται και τα χαρακτηστικα φυτα(πλατανι,ιτια κλπ).

ΑΝΟΔΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

Αν και τα ανοδικα ρευματα της πυρκαγιας αποτελουν ενα αποτελεσμα αυτης θα πρεπει να αναφερθουν και σαν παραγοντας που επιδρα στην πυρκαγια.Η επιδραση των ανοδικων αυτων ρευματων μπορει να προκαλεσουν ανεμοστροβιλους ιδιαιτερα οταν εχουμε ακαριαια αναφλεξη μεγαλης εκτασης.

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 αδύνατος.

ΕΙΔΗ ΔΑΣΙΚΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ.

Στην πράξη ξεχωρίζουν 5 είδη δασικών πυρκαγιών που ξεχωρίζουν από τους παράγοντες που δημιούργησαν 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 .

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.

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.

Επικόρυφη 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 επικόρυφης πυρκαγιάς στα κωνοφόρα δέντρα είναι αρκετά μεγάλη και ειδικά όταν συνδυάζεται με τα μελέμια του Αυγούστου. Από τις επικόρυφες πυρκαγιές προέρχονται πολλές σημειακές και δημιουργούνται έτσι πολλές νέες εστίες. Άλλος ένας λόγος που τις κάνει πολύ καταστροφικές.

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.

Πυρκαγιές αστραπών.

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.

1.6.ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.6.1Αίτια Δασικών Πυρκαγιών

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.

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 σπύριτων κατασκηνωτών, κυνηγών, επισκεπτών ή περαστικών μπορεί να προκαλέσει σε περιόδους ξηρασίας ειδικά, μεγάλη πυρκαγιά.

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, φορτηγών, λεωφορείων) είναι οι κύριες αιτίες αυτής της κατηγορίας.

Σκουπιδοτόποι

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.

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.

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.

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.

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. [1]

<u>Αιτίες</u>	<u>Ποσοστό % επί του συνόλου πυρκαγιών 1968-81</u>
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>

[2].

Φυσικοί Κίνδυνοι

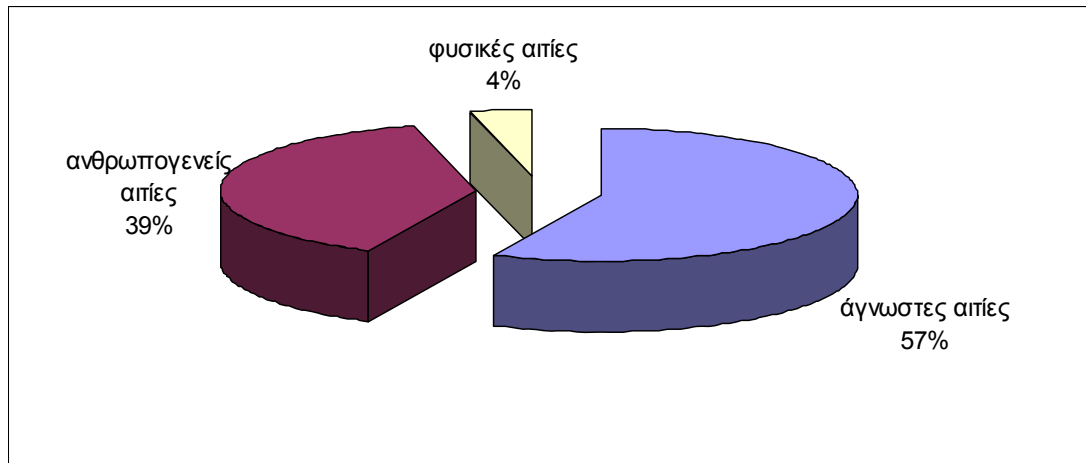
Πέρα από τους ανθρωπογενείς κινδύνους που αναφέρθηκαν παραπάνω, υπάρχουν και φυσικοί κίνδυνοι οι οποίοι βέβαια είναι σπανιότεροι σήμερα. Ο συνδυασμός των δύο αποτελεί ότι χειρότερο και αποφέρει τεράστιες ζημιές. Οι φυσικοί κίνδυνοι είναι το αποτέλεσμα φυσικών παραγόντων όπως ο τύπος σύνθεσης της καύσιμης 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 (μελέμια)
- Ηλεκτρισμένες καταιγίδες, χωρίς βροχή ή με λίγη βροχή και πολλές αστραπές.

Πίνακας 1.1: Ομαδοποίηση των αιτιών των πυρκαγιών που αναπτύχθηκαν στη Ελλάδα την περίοδο 1980-2006 (Υπουργείο Γεωργίας, Δ/ση Δασών, 2007)

Έτος	Συνολικός αριθμός πυρκαγιών στο δάσος	Συνολικά εκτάρια που κάηκαν	Αριθμός πυρκαγιών που οφείλονται σε ανθρώπινες αιτίες	Αριθμός πυρκαγιών που οφείλονται σε φυσικές αιτίες	Αριθμός πυρκαγιών που οφείλονται σε άγνωστες αιτίες
1980	1207	32965	850	20	337
1981	1159	81417	719	12	428
1982	1045	27372	695	48	302
1983	968	19613	545	38	385
1984	1284	33656	917	18	349
1985	1442	105450	804	38	600
1986	1082	24514	596	30	456
1987	1266	46315	659	63	544
1988	1898	110501	898	49	951
1989	1284	42364	599	48	637
1990	1322	38593	643	44	635
1991	941	23574	539	18	484
1992	2042	66347	868	61	1113
1993	2406	54049	860	61	1485
1994	1954	52603	765	96	1102
1995	1493	19177	539	59	895
1996	1527	22990	452	50	1025
1997	2273	34781	805	54	1414
1998	1842	92901	211	46	1585
1999	1486	8289	127	66	1293
2000	2581	145034	336	129	2116
2001	2658	18342	405	177	1953
2002	1400	4337	140	154	1106
2003	1425	3263	157	241	1026
2004	1738	10250	1304	90	1394
2005	1544	6437	741	83	824
2006	1410	10998	1083	82	1165
Μέσος όρος	1580	42078	639	69	948

Στο σχήμα 1.1, βάσει του πίνακα 1.1 βλέπουμε πως ομαδοποιούνται οι αιτίες εμφάνισης των πυρκαγιών στην Ελλάδα.



Σχήμα 1.1: Ποσοτικοποίηση των αιτιών εμφάνισης πυρκαγιών στον Ελλαδικό χώρο την περίοδο 1980-2006 [Υπουργείο Γεωργίας, Δ/ση Δασών, 2007]

Όπως παρατηρείται στο διάγραμμα, το 57% των πυρκαγιών στην Ελλάδα οφείλεται σε άγνωστες αιτίες, το 39% σε ανθρωπογενείς και μόνο το 4% σε φυσικά αίτια.

Παράλληλα παρατηρείται, όπως προαναφέρθηκε, μια συνεχόμενη αύξηση της καιγόμενης έκτασης από το 1980 και μετά (Υπουργείο Γεωργίας, Δ/ση Δασών, 2007).

1.6.2.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.

ΖΗΜΙΕΣ ΑΠΟ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ. Οι υλικές(οικονομικές)ζημιες απο τις δασικες πυρκαγιες εκτιμουνται σε αρκετα εκατομμυρια ευρω καθε χρονο.Οι δασικες πυρκαγιες αποτεφρωνουν,νεκρωνουν ή προκαλουν μειωση της αυξησης των φυτων σε μεγαλες εκτασεις.

Τα δαση εκτος απο τα δασικα προιοντα παρεχουν και αλλες ωφελειες οπως ειναι οι προστατεθοκες οι κοινωνικες οι οικολογικες οι υδρολογικες κ.α.που η αξια τους στο συγχρονο κοσμο ειναι πολλες φορες κατα πολυ μεγαλυτερη απο εκεινη των δασικων προιοντων.

Αμεσες ζημιες

Ειναι εκεινες που προκαλουνται απο τη μερικη ή ολικη καταστροφη του ξυλωδους κεφαλαιου ή της βλαστησης των βοσκοτοπων.Εδω θα πρεπει να καταταγουν και οι ζημιες απο την απωλεια της ρητινης απο τα ρητινευομενα δαση και καθε αλλου δασικου προιοντος καθως και οι καταστροφες ποθου προκαλουνται στα μη νεκρωθεντα φυτα απο μυκητεςή εντομα λογω της μειωμενης ζωτικότητας των προσβληθεντων απο την πυρκαγια φυτων.Στην κατηγορια αυτη περιλαμβανονται και οι ζημιες που προκαλουνται σε γεωργικες καλλιεργεις ποιμνιοστασια σε βιομηχανιες και βιοτεχνικες εγκαταστασεις σε μοναδες των Ενοπλων Δυναμεων κτλ απο τη μεταδοση σ'αυτες δασικων πυρκαγιων.

Εμμεσες ζημιες

Ειναι εκεινες που προκαλουνται στις εμμεσες ωφελειες του δασους και που ειναι αναλυτικότερες οι εξης:

1.οικολογικες.Ως επακολουθο μιας δασικης πυρκαγιας εχουμε την καταστροφη της φυτοκοινωνικης ενωσεως <<κλίμαξ>>.ο ορος <<κλίμαξ>> εχει την εννοια του τελικου σταδιου κατα το οποιο η βιοκοινοτητα αυτοδαιρειται και βρισκεται σε αριστη εναρμονιση με το βιοτοπο.Συμηθως μετα απο μια δασικη πυρκαγια εχουμε οπισθοδρομηση και εγκαταστηση ειδων μικροτερης φυτοκοινωνικης ενωσεως <<κλίμαξ>>,αν αυτο ειναι δυνατο να γινει απαιτει πολυ χρονο.Επισης μετα απο μια δασικη πυρκαγια εχουμε σαν επακολουθο την καταστροφη της ζωοκοινοτητας.Αν η πυρκαγια κατακαυσει μεγαλη εκταση πολλα ζωα θαναταωνονται και απο αυτα που επιζουν πολλα πεθαινουν εξαιτιας της καταστροφης των φωλεων τους αδυναμια ευρεσεως τροφης κτλ.

2.υδρολογικες.Λογω καταστροφης τοθ χουμου απο μια δασικη πυρκαγια καταστρεφεται το πορωδες και η διαπερατοτητα του εδαφους απο το νερο γινεται μικρη.Ετσι το περισσοτερο νερο απορρει επι του εδαφους παρασυρντας αυτο και προκαλωντας καταστροφες στα χαμηλοτερα μερη με πλυμμηρες,αποθεσεις φερτων υλων κτλ.

3.υπερβοσκηση.απο την καταστροφη των βοσκοτοπων εξ αιτιας μιας πυκαγιας εχουμε την αναγκη διατροφης των κοπαδιων με ζωοτροφεςη την μετακινηση των κοπαδιων σε αλλη περιοχη μεχρι να φυτρωσει καινουργια βλαστηση με αποτελεσμα την δημιουργια ζημιων σε μεγαλυτερη εκταση και σε αλλη περιοχη λογω του συνωστισμού πολλων κοπαδιων σε σχετικα μικρη περιοχη.Η κατασταση αυτη ονομαζεται υπερβοσκηση και οδηγει στον υποβαθμισμο του βοσκοτοπου.

4.Την καταστροφη των αισθητικων τουριστικων και πολιτιστικων αξιων των δασων.ο ανθρωπος της σημερινης βιομηχανικης κοινωνιας αναζητα ολο και περισσοτερο την αναζωογονηση που του διδει η παραμονη κοντα στη φυση, μεσα στο δασος για να αποκτησει νεες δυναμεις και να γινει περισσοτερο δημιουργικος στην απαιτητικη σημερινη κοινωνιας μας.

5.Υγειονομικες.Οι επιπτώσεις απο την καταστροφη του δασους στην υγεια του πληθυσμου μιας περιοχης εινια μεγαλες.Ο μολυσμενος αερας φιλτραρεται απο το δασος περαν απο την κυρια ιδιοτητα του να ειναι το εργοστασιο που παραγει οξυγονο για τον πλανητη μας.Αξιοπαρατηρητη ειναι η ιδιοτητα του αερα να κατακρατει ατμοσφαιρικους ρυπους ακομα και τη ραδιενεργεια.Κατα την διαρκεια των δασικων πυρκαγιων εκτος απο την απωλεια των υγειινων επιδρασεων που αναφεραμε παραπανω εχουμε και μολυνση της ατμοσφαιρας απο τους καπνους μεεπιπτώσεις στην υγεια του πληθυσμου και ιδιατερα των ευαισθητων ομαδων,

6.Το κοινωνιοοικονομικο κοστος προκαλειται απο την αναγκη της πολιτειας να διαθετει οικονομικους πορους για την καταστολη και τη διατηρηση αξιομαχων και εξοπλισμενων δυναμεων καταστολης.

Επίδραση της πυρκαγιάς στο δασικό έδαφος

Μετά την πυρκαγιά παρατηρούνται στο έδαφος αυξημένες συγκεντρώσεις αμμωνιακών και νιτρικών αλάτων, ειδικά στα ανώτερα στρώματά του. Επίσης μειώνεται η ικανότητα του εδάφους για ιονεναλλαγή, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η συγκέντρωση του σε Ασβέστιο και Φώσφορο και μειώνεται η οξύτητά του.

Τα περισσότερα μεσογειακά οικοσυστήματα βρίσκονται σε ποντοσολανικά και γρανιτικά εδάφη, τα οποία είναι από τη φύση τους όξινα και τείνουν να γίνουν περισσότερο όξινα υπό την επίδραση της βλάστησης και ειδικά από τα πεύκα. Ο βαθμός οξύτητας επιδρά στη γονιμότητα του εδάφους και στη βιολογική δραστηριότητα των μικροοργανισμών, επηρεάζοντας έτσι με έμμεσο τρόπο τον κύκλο του Αζώτου και την ταχύτητα αποσύνθεσης του εδαφικού χούμου (η δασική οργανική ύλη που βρίσκεται σε πλήρη αποσύνθεση).

Όταν καίγεται η οργανική ύλη τα περιεχόμενα ορυκτά στοιχεία απελευθερώνονται υπό τη μορφή οξειδίων, τα οποία προσδίδουν στο έδαφος αλκαλική σύσταση. Για το λόγο αυτό παρατηρείται, συνήθως, αύξηση του ΡΗ του παραμένοντος χούμου (κεφ. 3.4) από δύο έως τρεις μονάδες.

Κάτω από το κύριο στρώμα του εδάφους βρίσκεται το ανόργανο έδαφος, όπου οι αλλαγές της οξύτητας είναι σχετικά μικρές. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη μάζα του σε σύγκριση με αυτή του χούμου.

Επίσης σημαντική είναι η επίδραση της πυρκαγιάς στα χρήσιμα, για τα φυτά, ανόργανα στοιχεία, καθώς μεγάλες ποσότητες τους εμφανίζονται στην τέφρα που απομένει μετά τη φωτιά. Γενικά, όταν καίγονται τα φυτά, απελευθερώνουν και εναποθέτουν στο έδαφος κυρίως ιόντα Ασβεστίου, Μαγνησίου και Νατρίου. Παρατηρήθηκε επίσης αύξηση της περιεκτικότητας των φύλλων των δέντρων σε θρεπτικά συστατικά από 24 έως 42% έπειτα από κάψιμο του φυλλοστρώματος [1].

Από τη θερμοκρασία της φλόγας μιας πυρκαγιάς, εξαρτάται το ποσό διάφορων στοιχείων που περιέχονται στην τέφρα. Όσο η θερμοκρασία ανεβαίνει, αυξάνει και το ποσό του Ca, Mg, Na, Si, Fe, P, Cu, ενώ μειώνει το ποσό του K, Al, Zn και μένουν σταθερά τα ποσά των Pb, Mn [31].

2.ΔΑΣΙΚΕΣ ΥΛΕΣ

2.1. Στοιχειακή Ανάλυση Ξύλου

Το ξύλο ως οργανικό υλικό αποτελείται από άνθρακα(49-51%), οξυγόνο(43-45%) και υδρογόνο(5-7%). Από τον μέσο όρο αυτών των ποσοστών δηλαδή 50%, 44%, 6% λαμβάνεται για το ξύλο ο εξής εμπειρικός τύπος : $C_{1.5}H_{1.1}O_{1.0}$. Στο ξύλο υπάρχουν επίσης μικρές ποσότητες αζώτου (0.1-1.0%) καθώς και πολλά ανόργανα μεταλλικά στοιχεία όπως K, Na, Ca, Mg, Fe, S, P, Al, Si, Ni, Ba, Pd κ.ά. Τα μεταλλικά στοιχεία παραμένουν μετά την πλήρη καύση του ξύλου ως τέφρα. Η τέφρα των δένδρων της εύκρατης ζώνης αποτελεί το 0.2-1% της ξηρής μάζας του ξύλου ενώ στα τροπικά δάση το ποσοστό της τέφρας φτάνει και το 5%.

Η σύσταση του ξύλου στα κύρια στοιχεία διαφέρει ελάχιστα μεταξύ των διαφόρων δασικών ειδών αλλά και μεταξύ των διάφορων τμημάτων του κορμού (όσον αφορά το ύψος και τη διάμετρο). Δε συμβαίνει το ίδιο με το άζωτο και την τέφρα για τα οποία έχουν διαπιστωθεί μεγάλες διαφορές τόσο για τα δασικά είδη όσο και για τα τμήματα του κορμού.

Πίνακας 2. σύσταση σε στοιχεία διαφόρων ειδών ξύλου (%)

Είδος ξύλου	C	H	O	N	Τέφρα
Πεύκο	50.2	6.1	43.4	0.2	0.2
Ερυθρελάτη	50.0	6.0	43.5	0.2	0.3
Δρυς	49.2	5.8	44.2	0.4	0.4
Οξιά	48.9	5.9	44.5	0.2	0.5
Λεύκα	49.7	6.3	44.0	-	-

2.2. Χημική Σύσταση Ξύλου

Το ξύλο αποτελείται από μακρομοριακές και μικρομοριακές ενώσεις.

2.2.1. Μακρομοριακές ενώσεις

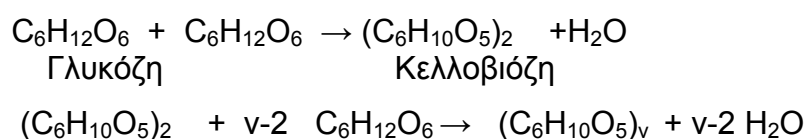
Οι μακρομοριακές χημικές ενώσεις αποτελούν τα δομικά συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων του ξύλου και υπάρχουν σε όλα τα ξυλώδη είδη του φυτικού κόσμου. Το ξύλο των φυτικών ειδών της εύκρατης ζώνης περιέχει περίπου 97-99% μακρομοριακές ενώσεις ενώ τα φυτικά είδη της τροπικής ζώνης περίπου 90%.

Οι μακρομοριακές ενώσεις χωρίζονται σε λιγνίνη και πολυσακχαρίτες. Οι τελευταίοι χωρίζονται σε κυτταρίνη και ημικυτταρίνες.

A) Η **κυτταρίνη** είναι η σπουδαιότερη και αφθονότερη οργανική ουσία που βρίσκεται στη φύση. Αποτελεί το κύριο δομικό συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων των δένδρων και των φυτών(ακόμα και των κατώτερων όπως φτέρες, βρύα, λειχήνες και μύκητες). Το ποσοστό συμμετοχής της στη δόμηση των κυτταρικών τοιχωμάτων διαφέρει για κάθε φυτικό είδος. Στο ξύλο κυμαίνεται σε 40-50% ενώ στο βαμβάκι για παράδειγμα σε 95-99%.

Η κυτταρίνη, η οποία είναι ένας πολυσακχαρίτης της γλυκόζης, αναπαράγεται φυσικά με την φωτοσύνθεση και έχει εμπειρικό τύπο τον $C_6H_{10}O_5$ (αλλιώς, αποτελείται από 44,4% C, 6,2% H, 49,3% O). Αποτελείται από γραμμικά πολυμερή μεγάλου μοριακού βάρους. Η στοιχειώδης μονάδα δόμησης των μακρομορίων είναι η ανυδρογλυκόζη. Ο σχηματισμός του μακρομορίου γίνεται με πολυμερισμό μορίων γλυκόζης και απομάκρυνση ενός μορίου νερού για κάθε προστιθέμενο μόριο γλυκόζης στην αλυσίδα.

Ο πολυμερισμός της κυτταρίνης μπορεί να αποδοθεί με την παρακάτω αντίδραση :



Β) Οι **ημικυτταρίνες** είναι μίγμα συμπολυμερών ουσιών (πολυσακχαριτών) και μαζί με την κυτταρίνη και τη λιγνίνη, με τις οποίες η παρουσία τους είναι στενά συνδεδεμένη, συγκροτούν τα κυτταρικά τοιχώματα των ξύλινων ιστών.

Το ποσοστό των ημικυτταρινών κυμαίνεται σε μεγάλα όρια (17-42%) στα διάφορα φυτικά είδη. Για παράδειγμα ξύλο πλατύφυλλων δένδρων περιέχει κατά μέσο όρο 30% περίπου περισσότερες ημικυτταρίνες από το ξύλο κωνοφόρων δένδρων.

Οι ημικυτταρίνες συγκριτικά με την κυτταρίνη, διαφέρουν στο ότι έχουν μικρότερο μοριακό βάρος, διαλύονται σε αλκαλικά διαλύματα, υδρολύονται ευκολότερα με αραιά οξέα και είναι άμορφες. Επίσης σε αντίθεση με τα πολυμερή μόρια της κυτταρίνης που είναι γραμμικά, τα μόρια των ημικυτταρινών συχνά φέρουν διακλαδώσεις ή πλευρικές ομάδες. [4]

Γ) Εκτός από την κυτταρίνη και τις ημικυτταρίνες στο ξύλο υπάρχουν και άλλοι πολυσακχαρίτες σε μικρά ποσοστά που είναι διαλυτοί στο νερό και απομακρύνονται με εκχύλιση ξύλου. Οι σπουδαιότεροι είναι οι **πηκτινικές ουσίες** και οι **γλυκάνες**.

Οι πηκτινικές ουσίες έχουν δομή ανάλογη των ημικυτταρινών. Διαφέρουν από αυτές στη σύνθεση των πολυμερών μορίων, στο βαθμό διακλάδωσης και στον βαθμό πολυμερισμού. Οι σπουδαιότερες πηκτινικές ουσίες είναι οι γαλακτουρονάνες και οι αραβινάνες.

Οι γλυκάνες περιλαμβάνουν το άμυλο, την αμυλοπηκτίνη, την καλλόζη, τη λαρισάνη και τις ξυλογλυκάνες.

Δ) Η **λιγνίνη** είναι το αφθονότερο και σπουδαιότερο μετά την κυτταρίνη συστατικό της φυτικής βιομάζας. Σε αντίθεση όμως με την κυτταρίνη δε βρίσκεται σε όλα τα φυτικά είδη. Τα πρωτόφυτα (βρύα, λειχήνες κ.τ.λ.) δεν περιέχουν λιγνίνη. Η λιγνίνη είναι ένα άμορφο συστατικό η οποία μαζί με τους πολυσακχαρίτες δομεί τα κυτταρικά τοιχώματα των ξύλινων ιστών. Δεν βρίσκεται ποτέ ελεύθερη στη φύση παρά μόνο παρουσία της κυτταρίνης και των ημικυτταρινών. Η βιολογική εναπόθεσή της στα κυτταρικά τοιχώματα γίνεται μετά αυτής των πολυσακχαριτών. Ο βιολογικός προορισμός της λιγνίνης είναι να σχηματίζει με την κυτταρίνη και τις ημικυτταρίνες ιστούς ικανούς να βαστάζουν το υπέργειο τμήμα των φυτών και ανθεκτικούς στην επίδραση μηχανικών δυνάμεων του περιβάλλοντος ..

Η λιγνίνη είναι ένα πολύπλοκο πολυμερές υλικό . Κάθε προσπάθεια απομόνωσής της από το ξύλο προκαλεί μεταβολές στη χημική δομή της. Έτσι η ακριβής χημική δομή και χημική συμπεριφορά της δεν είναι πλήρως γνωστές. Πάντως χημική διάσπαση της λιγνίνης με οξείδωση, υδρογόνωση, υδρόλυση, αιθανόλυση κ.τ.λ. δίνει διάφορα προϊόντα που έχουν ως χαρακτηριστική ομάδα το φαινυλο-, το γουαϊακυλικό-, συρινγκιλικό-, και π-υδροξυ-φαινυλο-προπάνιο.

Επίσης αποτελέσματα αναλύσεων κατά στοιχείο και ενεργές ομάδες και αναλύσεις με UV και IR φασματοσκοπία, παρασκευασμάτων λιγνίνης, συμφωνούν με την άποψη ότι βασική δομική μονάδα της λιγνίνης είναι το φαινυλοπροπάνιο(γουαϊακυλικό, συρινγκιλικό, π-υδροξυ-φαινυλικό). Με βάση τα παραπάνω έχει προταθεί ως εμπειρικός τύπος της βασικής μονάδας δόμησης της λιγνίνης των κωνοφόρων ο $C_9H_{7.95}O_{2.4}(OCH_3)_{0.92}$. [15]

2.2.2. Μικρομοριακές ενώσεις.

Στο ξύλο υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μικρομοριακών ενώσεων οι οποίες δεν αποτελούν δομικά συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων απλά εναποτίθενται σε αυτά και στις κυτταρικές κοιλότητες.

Διακρίνονται στις οργανικές χημικές ενώσεις, οι οποίες συνήθως ονομάζονται εκχυλίσματα, και στις ανόργανες.

1. Τα **εκχυλίσματα** οφείλουν το όνομά τους στο ότι μπορούν να απομακρυνθούν από το ξύλο χωρίς να αλλάξει η δομή του. Οι κυριότερες ομάδες οργανικών ενώσεων που βρίσκονται στα εκχυλίσματα του ξύλου είναι φαινολικές ενώσεις, τερπένια, λιπαρά οξέα, αλκοόλες και άλλες ενώσεις.
2. Οι **ανόργανες ενώσεις** του ξύλου είναι κυρίως άλατα και οξείδια των K, Na, Ca, Mg κ.ά. Το σύνολο των ανόργανων συστατικών ονομάζεται τέφρα.

Αναλυτικότερα

A) τα εκχυλίσματα δε συμμετέχουν στη δόμηση των κυτταρικών τοιχωμάτων αλλά εναποτίθενται στις κυτταρικές κοιλότητες και σε μικροδιάκενα των κυτταρικών τοιχωμάτων κατά τη διαφοροποίηση των ξύλινων ιστών ως αποταμιευτικές και προστατευτικές ουσίες ή συνιστούν υπολείμματα του νεκρού πρωτοπλάσματος. Οι φυτικές ορμόνες και οι χυμοί των δέντρων

ανήκουν επίσης στα εκχυλίσματα. Τα περισσότερα εκχυλίσματα μπορούν να εκχυλιστούν από το ξύλο με οργανικούς διαλύτες, ορισμένα είναι διαλυτά στο νερό ενώ άλλα δεν εκχυλίζονται.

Το ποσοστό των εκχυλισμάτων στο ξύλο είναι μικρό και κυμαίνεται από 2-10%. Στα τροπικά είδη φτάνει το 20-25 %. Οι ρίζες, τα κλαδιά, ο φλοιός, το φύλλωμα, τα άνθη και οι καρποί περιέχουν επίσης εκχυλίσματα. Πολλά δένδρα όταν πληγώνονται εκκρίνουν ορισμένα εκχυλίσματα από το σομφό ξύλο ή από το εσωτερικό τμήμα του φλοιού. Τέτοια προϊόντα έκκρισης είναι οι ρητίνες και διάφορα κόμμεα.

Τα εκχυλίσματα μπορεί να μοιάζουν μεταξύ συγγενών ειδών αλλά ουσιαστικά είναι διαφορετικά είτε μεταξύ οικογενειών είτε μεταξύ γεννών ή ακόμα και στα διάφορα υβρίδια, ποικιλίες και προελεύσεις του ίδιου είδους.

Επίσης όλα τα είδη εκχυλισμάτων δεν απαντούν σε όλα τα φυτικά είδη. Έχει παρατηρηθεί ότι για κάθε είδος ξύλου υπάρχει μια χαρακτηριστική ένωση η οποία είναι αποκλειστική σε αυτό. Με βάση αυτή την παρατήρηση πραγματοποιείται μια <χημειοταξινόμηση> των φυτών σύμφωνα με την χημική τους σύσταση. Για παράδειγμα για το γένος Pinus, υπάρχουν 11 ενώσεις που ανιχνεύονται μόνο σε αυτό. [9]

2.3.Μεταβλητότητα στην χημική σύσταση του ξύλου.

Όλα τα είδη ξύλου αποτελούνται από τα ίδια χημικά συστατικά. Η σχετική αναλογία όμως των συστατικών ποικίλει στα διάφορα είδη ξύλου, στα διάφορα μέρη ενός δένδρου, στα διάφορα κύτταρα ακόμα και στα διάφορα κυτταρικά τοιχώματα του ίδιου κυττάρου. Παράγοντες όπως η ηλικία των δένδρων, αυξητικοί παράγοντες, οικολογικές συνθήκες κ.ά. επηρεάζουν την χημική σύσταση. Μεγάλη ποικιλότητα υπάρχει κυρίως στο ποσοστό και στην σύνθεση των εκχυλισμάτων.

1.Μεταβλητότητα ανάμεσα σε διαφορετικά είδη ξύλου.

Υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην χημική σύσταση σε κύρια συστατικά μεταξύ των διαφόρων ειδών ξύλου.

Στην εύκρατη ζώνη κατά μέσο όρο τα κωνοφόρα έχουν λιγότερους πολυσακχαρίτες και περισσότερη λιγνίνη από τα πλατύφυλλα. Το ποσοστό

της κυτταρίνης είναι περίπου το ίδιο στα κωνοφόρα και στα πλατύφυλλα. Τα κωνοφόρα έχουν λιγότερες ημικυτταρίνες. Η κύρια διαφορά μεταξύ των πολυσακχαριτών στα κωνοφόρα και στα πλατύφυλλα βρίσκεται στην σύνθεση των ημικυτταρινών. Το ποσοστό της μαννόζης κυμαίνεται στα κωνοφόρα μεταξύ 10 και 15% ενώ στα πλατύφυλλα σπάνια υπερβαίνει το 3-5%. Αντίθετα το ποσοστό της ξυλόζης κυμαίνεται στα πλατύφυλλα από 12-20% ενώ στα κωνοφόρα δεν υπερβαίνει το 10%.

Επίσης τα πλατύφυλλα έχουν χαρακτηριστικά μεγαλύτερο ποσοστό οξικών ομάδων από τα κωνοφόρα. Το ποσοστό της αραβινόζης είναι μικρό σε όλα τα είδη και κυμαίνεται μεταξύ 1-3%.

Το ποσοστό της λιγνίνης κυμαίνεται μεταξύ 23-33% στα κωνοφόρα και 16-25% στα πλατύφυλλα.

Το ποσοστό των εκχυλισμάτων είναι γενικά μεγαλύτερο στα πλατύφυλλα αλλά το κλάσμα που είναι διαλυτό σε οργανικούς διαλύτες είναι μεγαλύτερο στα κωνοφόρα.

2.Μεταβλητότητα ανάμεσα σε προελεύσεις.

Διαφορές στην χημική σύσταση υπάρχουν όχι μόνο μεταξύ των ειδών, αλλά και μεταξύ γεωγραφικών προελεύσεων και οικοτύπων του ίδιου είδους ακόμα και μεταξύ δένδρων της ίδιας συστάδας. Οι διαφορές αυτές οφείλονται σε γενετικούς παράγοντες ή σε μηχανισμούς προσαρμογής των δένδρων σε μικρο – και μακροκλίμα.

3.Μεταβλητότητα μέσα στο ίδιο δένδρο.

Η χημική σύσταση του ξύλου των δένδρων μεταβάλλεται οριζόντια (από την εντεριώνη προς τον φλοιό) και κατακόρυφα(από την βάση προς την κορυφή).

Οριζόντια μεταβλητότητα: στα κωνοφόρα το ποσοστό της κυτταρίνης αυξάνεται από την εντεριώνη προς τα έξω. Στην ίδια διεύθυνση το ποσοστό των πεντοζών και της λιγνίνης ελαττώνεται. Σε εξωτερικούς δακτυλίους δένδρων πολύ μεγάλης ηλικίας βρέθηκε λιγότερη κυτταρίνη και περισσότερη λιγνίνη σε σύγκριση με προηγούμενους δακτυλίους. Το ποσοστό των

εκχυλισμάτων και της τέφρας επίσης ελαττώνεται από την εντεριώνη προς τα έξω.

Κατακόρυφη μεταβλητότητα: τα ποσοστά της κυτταρίνης και της λιγνίνης αυξάνονται με το ύψος του δένδρου ενώ τα ποσοστά των ημικυτταρινών και των εκχυλισμάτων ελαττώνονται. Στην κορυφή του δένδρου το ποσοστό της κυτταρίνης είναι μικρό. Τα ποσοστά των εκχυλισμάτων είναι ιδιαίτερα μεγάλα στη βάση των δένδρων.

4.Μεταβλητότητα λόγω ηλικίας.

Οι διάφοροι ερευνητές που έχουν μελετήσει την επίδραση της ηλικίας στη χημική σύσταση του ξύλου δεν συμφωνούν μεταξύ τους στα αποτελέσματα. Σύμφωνα με τους περισσότερους τα ποσοστά κυτταρίνης, λιγνίνης και εκχυλισμάτων αυξάνονται ενώ το ποσοστό των ημικυτταρινών μειώνεται με την ηλικία των δένδρων. Σύμφωνα πάλι με άλλους τα δένδρα μεγάλης ηλικίας περιέχουν μεγαλύτερα ποσοστά λιγνίνης, τέφρας και εκχυλισμάτων και μικρότερα ποσοστά κυτταρίνης.

5.Μεταβλητότητα λόγω αυξητικών παραγόντων.

Η ταχύτητα αύξησης των δένδρων επηρεάζει σημαντικά την χημική σύσταση του ξύλου. Για παράδειγμα, μελέτη δένδρων πλατάνου και λεύκης, έδειξε ότι ξύλο δένδρων με μεγάλη κατά πλάτος αύξηση είχε λιγότερη λιγνίνη και περισσότερους πολυσακχαρίτες από ότι σε δένδρα με μικρή αύξηση. Διαφορές υπήρχαν και στη σύσταση των πολυσακχαριτών. Βέβαια οι αυξητικοί παράγοντες επηρεάζουν κάθε δένδρο αλλιώς. Επίσης η χημική σύσταση επηρεάζεται και από την πυκνότητα του ξύλου. Άλλοι αυξητικοί παράγοντες όπως έδαφος, κλίμα, αυξητικός χώρος κ.ά. που επηρεάζουν την ταχύτητα αύξησης και την πυκνότητα του ξύλου επηρεάζουν την χημική σύσταση.

6.Μεταβλητότητα σε κλάδους, κορυφές και ρίζες.

Το ξύλο των κλάδων, κορυφών και ριζών διαφέρει από το ξύλο του κορμού. Συγκριτικές μελέτες χημικής σύστασης διαφόρων μερών κωνοφόρων

δένδρων έδειξαν ότι τα ποσοστά των χημικών συστατικών κυμαίνονται στα διάφορα μέρη του δένδρου με την εξής φθίνουσα σειρά :

-λιγνίνη: λεπτοί κλάδοι, χονδροί κλάδοι, κορυφή, ρίζες, κορμός

-κυτταρίνη: κορμός, ρίζες, κορυφή, χονδροί κλάδοι, λεπτοί κλάδοι

-Ημικυτταρίνες: κλάδοι, κορυφή, κορμός, ρίζες

-εκχυλίσματα: κλάδοι, ρίζες, κορυφή, κορμός

-τέφρα: ρίζες, λεπτοί κλάδοι, κορυφή, χονδροί κλάδοι, κορμός. [3,4]

2.4 *Olea europea*(Ελιά)



Η ελιά (*Olea europaea* var. *Sativa*) είναι αειθαλές, καρποφόρο δέντρο, που ονομάζεται συνηθέστερα ελαιόδεντρο και είναι το χαρακτηριστικότερο της οικογένειας των Ελαιιδών (*Oleaceae*). Τα χαρακτηριστικά της οικογένειας αυτής είναι ο μικρός ή ελλείπων κάλυκας, η άστροφη στεφάνη, οι δύο στήμονες, τα συμφυή καρποπέταλα και η δίχωρη ωοθήκη. Τα άνθη συναντιούνται σε φοβοειδείς ταξιανθίες.

Το γένος Ελαία (*Olea*) περιλαμβάνει τριάντα (30) είδη, από τα οποία μόνον το είδος *Olea europaea* L παρουσιάζει οικονομικό ενδιαφέρον. Η προέλευση του όρου *olea* είναι Ελληνική - οέλαιον έγινε *Oleum* στα Λατινικά. Το ελαιόδενδρο είναι δέντρο αειθαλές και ευδοκίμει σε ξηροθερμικές περιοχές. Είναι ένα από τα λιγότερα δέντρα που ακόμη και σε πετρώδη και άγονα εδάφη, μπορεί να παράγει καρπό. Το κύριο χαρακτηριστικό του γένους *olea* είναι η μακροζωία και η διατήρηση της παραγωγικότητας. Υπάρχουν δένδρα στην περιοχή της Μεσογείου πολλών εκατοντάδων ετών, τα οποία παράγουν ακόμη καρπό. Πολλά μάλιστα ξεπερνούν την χιλιετία.

Η ιστορία της ελιάς ανάγεται σε χρόνια προ της οργανωμένης ζωής του ανθρώπου στη γη. Αυτό συμπεραίνεται από διάφορες πηγές. Οι πρώτες γραπτές μαρτυρίες για την καλλιέργεια της ελιάς προέρχονται από την Έλβα (Βόρεια Συρία) όπου ανακαλύφθηκαν πινακίδες οι οποίες χρονολογούνται από τα μέσα της 3ης χιλιετίας π.Χ. και μιλάνε για μεγάλη παραγωγή λαδιού στην περιοχή. Ανάλογες πληροφορίες χρονολογούμενες από τη δεύτερη χιλιετία υπάρχουν και για την περιοχή της Παλαιστίνης. Ο De Candolle στη μελέτη του «Origin des plantes cultivees», αναφέρει ότι η καλλιέργεια της ελιάς ήταν γνωστή 4000 έτη π.Χ. και ότι το δέντρο κατάγεται από τα παράλια της Μ. Ασίας βασιζόμενος στην ύπαρξη αυτοφυούς βλάστησης άγριας ελιάς καθώς και στα κείμενα αρχαίων συγγραφέων και σε ευρήματα ανασκαφών. Ο Αναγνωστόπουλος (1951) υποστήριξε, βάσει των ευρημάτων των ανασκαφών της Κνωσού, ότι η πατρίδα της ελιάς είναι η Κρήτη. Την υπόθεση αυτή ενισχύει και το γεγονός ότι, το όνομα της ελιάς είναι ελληνικό και διατηρήθηκε σε όλες τις γλώσσες. Πρόσφατες έρευνες στις Κυκλάδες έφεραν στο φως απολιθωμένα φύλλα ελιάς τα οποία σύμφωνα με τις σύγχρονες μεθόδους χρονολόγησης φαίνεται να είναι ηλικίας 60.000 ετών.

3. ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΕΣ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ

3.1 Γενικά

Η χρήση του νερού με σκοπό την κατάσβεση δασικών πυρκαγιών χρονολογείται από τα πανάρχαια χρόνια. Η εξέλιξη της εφαρμογής του, για το σκοπό αυτό, έγινε με την ανάπτυξη των πυροσβεστικών οχημάτων. Η μετατροπή των πολεμικών αεροπλάνων σε πυροσβεστικά, για το βομβαρδισμό των δασικών πυρκαγιών με νερό έγινε αμέσως μετά από τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Όμως οι αναπόφευκτες απώλειες νερού κατά τη διάρκεια της μεταφοράς του, η αδυναμία εύρεσης αρκετής ποσότητας νερού κοντά στον τόπο της πυρκαγιάς και το αυξανόμενο κόστος μεταφοράς του νερού, συνέτειναν ώστε να ερευνηθεί περισσότερο αυτός ο τομέας της επιστήμης και διαπιστώθηκε ότι θα ήταν πρακτικότερο και πιο οικονομικό να ενισχυθεί η κατασβεστική ικανότητα του νερού με χημικά αναχαίτισης δασικών πυρκαγιών.

Οι χημικές αυτές ουσίες όταν προστεθούν στο νερό βελτιώνουν τις φυσικές του ιδιότητες.

Τα χημικά αναχαίτισης των πυρκαγιών είναι διαλύματα αλάτων ή και άλλων χημικών ουσιών, που όταν προσκολληθούν σε φύλλα και σε κλαδιά δέντρων ή θάμνων επιβραδύνουν την πορεία της καύσης τους. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν κατά δύο τρόπους: σαν κατασβεστικά και σαν επιβραδυντικά.

Όταν εφαρμόζονται απευθείας στις φλόγες, χρησιμοποιούνται ως κατασβεστικά, ενώ όταν εφαρμόζονται μπροστά από το μέτωπο της πυρκαγιάς, για να σταματήσουν την εξάπλωσή της, χρησιμοποιούνται ως επιβραδυντικά. Εκτός των ανωτέρω, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόληψη των δασικών πυρκαγιών. Όμως για το σκοπό αυτό θα πρέπει να εξεταστούν κάποιες πολύ σημαντικές παράμετροι, όπως:

- α) Η φύση των χημικών αναχαίτησης.
- β) Η αξία της προστατευόμενης δασικής έκτασης.
- γ) Έλλειψη συχνών βροχών ύψους 7 mm και άνω.
- δ) Πιθανότητες ανάφλεξης [1].

Το θέμα της διαχείρισης δασικών πυρκαγιών έχει τεράστια σημασία, ιδιαίτερα σε ξηρά κλίματα, όπως είναι της χώρας μας. Τα χρησιμοποιούμενα συστήματα καταστολής των δασικών πυρκαγιών περιλαμβάνουν:

- 1) Χημικούς επιβραδυντές μακράς δράσης, που είναι ουσίες που δρουν και μετά την εξάτμιση του νερού (π.χ. φωσφορικά και θειικά άλατα του αμμωνίου)
- 2) Πηκτικά ή επιβραδυντικά βραχείας δράσης, που είναι ουσίες που κάνουν το νερό παχύρρευστο ώστε να κολλά και να παραμένει επάνω στις επιφάνειες. Η δράση τους σταματά με την εξάτμιση του νερού.
- 3) Διαβρεκτικά ή πυροσβεστικοί αφροί τύπου A, που είναι επιφανειακά ενεργές ουσίες που βελτιώνουν τη διαβρεκτική ικανότητα του νερού γιατί κατεβάζουν την επιφανειακή του τάση
- 4) Βελτιωτικά ροής, τα οποία μειώνουν το ιξώδες αυξάνοντας έτσι την ικανότητα ροής του νερού.
- 5) Ξηρά σκόνη, η οποία έχει σαν βάση το Na_2CO_3 και έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως στις Η.Π.Α. για επώμιους πυροσβεστήρες.
- 6) Πυροσβεστικούς αφρούς χαμηλής διόγκωσης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται κυρίως σε πυρκαγιές υγρών καυσίμων και ελάχιστα στη δασοπυρόσβεση.

Τα παραπάνω συστήματα εφαρμόζονται στην πυρκαγιά, είτε εναέρια μέσω κατάλληλων αεροσκαφών, είτε από το έδαφος με τη χρήση μηχανοκίνητων αντλιών.

3.2 Επίδραση του νερού στη φωτιά

Όταν το νερό βράζει σε ελεύθερο αέρα παρατηρείται, αρχικά, απότομη ανύψωση της θερμοκρασίας του. Η ανύψωση αυτή όμως διακόπτεται για να σταθεροποιηθεί τελικά η θερμοκρασία γύρω στους 100° C, που ονομάζεται «θερμοκρασία βρασμού του νερού». Αυτή η ιδιότητα του νερού οφείλεται στο ότι η παρεχόμενη θερμική ενέργεια κατα-ναλώνεται αρχικά για να θερμανθεί αυτό και στη συνέχεια, μόλις αυτό επιτευχθεί, για να μετατρέψει ανάλογη ποσότητα νερού σε υδρατμούς.

Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται «ατμοποίηση».

Το θερμαινόμενο νερό κατά τη διάρκεια της μεταφοράς του από την υγρή στην αέρια φάση, απορροφά από την πηγή ένα σημαντικό ποσό θερμικών μονάδων και έτσι την ψύχει, δηλαδή την οδηγεί κάτω από το σημείο αναφλέξεώς της. Όμως, η καύσιμη ύλη, για να εξακολουθήσει να καίγεται, χρειάζεται Οξυγόνο (αναφέρεται στη βιβλιο-γραφία ότι η ποσότητα Οξυγόνου που είναι αναγκαία για τη συντήρηση της καύσεως διάφορων υλών είναι περίπου 15% της περιεκτικότητας αυτού στον αέρα. Κάτω από το ποσοστό αυτό η καύση αναστέλλεται και η φωτιά σβήνει).

Όταν το νερό πέφτει πάνω στις καύσιμες ύλες έχει την τάση να της περιβάλλει μ' ένα λεπτό στρώμα, το οποίο δέχεται εξ επαφής την επίδραση της θερμικής ακτινοβολίας τους, με αποτέλεσμα να κατεβάζει τη θερμοκρασία τους κάτω από το σημείο ανα-φλέξεως. Επίσης της απομονώνει από το Οξυγόνο του αέρα, άρα υπάρχει διπλός λόγος για την εκτόξευση νερού επάνω στις φλόγες (απομονωτικός και ψυκτικός).

Το νερό όμως, που ρίχνεται στη φωτιά, θα εξατμισθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα και η φωτιά θα δυναμώσει και πάλι. Μέχρι όμως να εξατμισθεί το νερό θα δράσει όπως αναφέρθηκε στην παραπάνω παράγραφο, έστω και για μικρό χρονικό διάστημα. Με τη λογική αυτή, αν ξαναρίξουμε νερό στο ίδιο σημείο για πολλές φορές και μάλιστα πριν προλάβει να εξατμισθεί η προηγούμενη ποσότητα, η φωτιά δεν θα προλάβει να ξαναδυναμώσει, γιατί στο μεταξύ το νερό θα έχει κατεβάσει τη θερμοκρασία κάτω από το σημείο αναφλέξεως των υλικών.

Ο χρόνος στον οποίο θα πρέπει να ρίχνεται νέα ποσότητα νερού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, σπουδαιότεροι των οποίων είναι οι καιρικές συνθήκες που επι-κρατούν τη στιγμή της επεμβάσεως και πιο συγκεκριμένα η σχετική υγρασία και θερμοκρασία του αέρα, η ποσότητα των βροχών που έπεσαν πριν την εκδήλωση της φωτιάς, η ποσότητα νερού που μπορούμε να ρίχνουμε κάθε φορά και τέλος η σύνθεση, η περιεχόμενη υγρασία και ο όγκος της ύλης που καίγεται.

Ο χρόνος αυτός είναι, λοιπόν, μια πολλαπλή συνάρτηση η οποία επηρεάζεται από τις διάφορες παραμέτρους που συμμετέχουν σ' αυτή, σε σημείο μάλιστα να την καθιστούν πολλές φορές εξαιρετικά ακανόνιστη και

δύσκολα προσδιορίσιμη. Στην πράξη όμως ο χρόνος αυτός μπορεί να προσδιοριστεί εύκολα εμπειρικά, αν παρακολουθήσουμε το φαινόμενο της καύσεως των δασικών υλικών [1].

3.3 Τρόποι δράσης και διακρίσεις χημικών επιβραδυντών δασικών πυρκαγιών

Ορισμός: Χημικοί επιβραδυνες δασικών πυρκαγιών είναι οι χημικές ουσίες που όταν αναμιχθούν με το νερό και εφαρμοστούν σε βλάστηση μπροστά από το μέτωπο της φωτιάς επιβραδύνουν την ανάφλεξη.

Η χρήση των επιβραδυντών ως βοηθητικά μέσα στην κατάσβεση των δασικών πυρκαγιών, έχει σαν σκοπό τη μείωση του ρυθμού διάδοσης της φωτιάς. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί σαν μείωση της έντασης και του μεγέθους της φλόγας που αναπτύσσεται. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ταχύτερης ανάπτυξης εξωτερικού καρβουνώδους στρώματος πάνω στην καιόμενη δασική ύλη.

Αυτό το στρώμα εξυπηρετεί δύο σκοπούς:

1. Παρεμποδίζει τις πτητικές ουσίες, οι οποίες βρίσκονται στο εσωτερικό του ξύλου, να εξέλθουν από την επιφάνεια όπου και οξειδούμενα αναφλέγονται.
2. Παρεμποδίζει το περιβαλλοντικό Οξυγόνο να διεισδύσει στο ξύλο και να προ-καλέσει οξειδωτικές δράσεις στο εσωτερικό του.

Η καύση με φλόγα (flame combustion) καταπολεμάται και στις δύο περιπτώσεις.

Η ευκολότερη ανάπτυξη εξωτερικού καρβουνώδους στρώματος σημαίνει και μικρό-τερη θερμοκρασία σχηματισμού του. Άρα συμπεραίνουμε ότι το μέτωπο της πυρκαγιάς θα καίγεται με πυράκτωση, αλλά και σε μικρότερη θερμοκρασία.

Εκτός από την παρεμπόδιση της διάχυσης του Οξυγόνου και των πτητικών ουσιών μέσω του δημιουργούμενου καρβουνώδους στρώματος, η οποία δεν είναι δυνατόν να είναι πλήρης, ο επιβραδυντής που χρησιμοποιείται μπορεί να αλλοιώνει ποσοτικά ή ποιο-τικά τη σύσταση των εκλυόμενων πτητικών ουσιών.

Η ποσοτική αλλοίωση σημαίνει αραίωση των πτητικών ουσιών και μπορεί να προκληθεί με δύο τρόπους:

1. Μέσω της αραίωσης των εύφλεκτων πτητικών με κάποιο αδρανές αέριο, που προέρχεται από τη διάσπαση του επιβραδυντή.
2. Από την επέμβαση του επιβραδυντή στο μηχανισμό πυρόλυσης και μείωση της ποσότητας των πτητικών στη πηγή τους [2].

Οι χημικοί επιβραδυντές δασικών πυρκαγιών χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

α) Βραχείας διάρκειας επιβραδυντικά πυρκαγιών.

Είναι γνωστό εδώ και πολύ καιρό, ότι πολλές χημικές ουσίες, με το που θα ανα-μιχθούν με το νερό, το καθιστούν περισσότερο υδαρές ή περισσότερο ιξώδες. Αυξάνεται δηλαδή η επιφανειακή τάση και η πυκνότητά του. Η δράση αυτών των επιβραδυντών διαρκεί έως ότου εξατμισθεί το νερό στο οποίο έχουν διαλυθεί. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκαν ευρέως τις προηγούμενες δεκαετίες, αλλά σχεδόν εγκαταλείφθηκαν με την πλήρη αποδοχή των μακράς διάρκειας επιβραδυντών.

Οι ουσίες που χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή του νερού σε περισσότερο υδαρές έχουν πάψει να χρησιμοποιούνται σήμερα, γιατί έχει αποδειχθεί ότι εμφανίζουν αυξη-μένα διαβρωτική δράση και είναι δηλητηριώδεις για τον άνθρωπο και τα ζώα.

Για τις ουσίες που καθιστούν το νερό περισσότερο ιξώδες και παχύρευστο, έχει αποδειχθεί ότι:

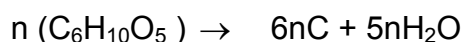
1. Επειδή επικολλούνται εύκολα, συνδέονται στενότερα με τις δασικές καύσιμες ύλες και, ως εκ τούτου, παρουσιάζονται μικρότερες απώλειες κατασβεστικού υγρού.
2. Εξαπλώνονται με μία συνεχή επικάλυψη σε όλη την επιφάνεια των καυσίμων υλών και σε παχύ στρώμα, το πάχος του οποίου αρκετές φορές είναι πολλα-πλάσιο από το στρώμα του κοινού νερού και γι' αυτό απορροφούν μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας από την καιόμενη δασική ύλη, υποβιβάζοντας την έτσι κάτω από το σημείο αναφλέξεώς της.
3. Το σκληρό και ξηρό στρώμα, που σχηματίζεται από τέτοια ιξώδη μέσα μετά την εξάτμιση του νερού, βοηθά στην απομόνωση της καιόμενης δασικής ύλης από το οξυγόνο του αέρα και ακολούθως συντελεί στην κατάσβεση της φωτιάς [1,2].

β) Μακράς διάρκειας επιβραδυντικά

Ο επιβραδυντής Fire Trol 931, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στο πειραματικό μέρος της παρούσης εργασίας, ανήκει σ' αυτή την κατηγορία χημικών επιβραδυντών.

Είναι γνωστό από τη φυσικοχημεία, ότι όταν διαποτιστεί η κυτταρίνη από ορισμένα άλατα, τότε η καύση εμποδίζεται. Τα αμμωνιακά και φωσφορικά άλατα ισχυρών οξέων, τα οποία κατά κανόνα είναι θερμικά ασταθή, όταν επικάθονται στην επιφάνεια των καιόμενων δασικών υλικών, μεταβάλλουν τον χημισμό της προθερμικής φάσης της φωτιάς και συμβάλουν, μ' αυτό τον τρόπο, στο σβήσιμό της.

Με την παρουσία επιβραδυντών μακράς διάρκειας, οι οποίοι είναι κατά βάση φω-σφορικά και θειϊκά λιπάσματα, δημιουργείται στην επιφάνεια της βλάστησης ένα απαν-θρακωμένο στρώμα άκαυστου Άνθρακα, σύμφωνα με την εξής αντίδραση:



Ο ρόλος του άκαυστου Άνθρακα είναι διπλός. Από τη μία συνιστά ένα θώρακα προστασίας κατά της θερμότητας, ο οποίος καθυστερεί την πυρόλυση των εσωτερικών στρωμάτων της καυσίμου ύλης και από την άλλη εμποδίζει την διαφυγή εύφλεκτων αερίων και την ένωσή τους με το Οξυγόνο του αέρα.

Η παρουσία οξέων όπως H_3PO_4 (φωσφορικό οξύ) και H_2SO_4 (θειϊκό οξύ) στους επιβραδυντές, μετατρέπουν την κυτταρίνη κυρίως σε άκαυστο Άνθρακα (Char), αντί σε Tar (βιοέλαιο που περιέχει τα εύφλεκτα προϊόντα της λεβογλυκοζάνης και πτητικά) το οποίο διασπάται σε εύφλεκτα μόρια όπως μεθάνιο, αιθάνιο, βουτάνιο, αλδεΐδες και κετόνες.

Συμβαίνουν λοιπόν οι παρακάτω αλλαγές:

1. Τα οξέα δρουν ως καταλύτες, που μεταβάλλουν την πυρόλυση, ούτως ώστε η θερμική αποσύνθεση να αρχίζει από χαμηλότερες θερμοκρασίες.
2. Αυξάνεται η ποσότητα των υδρατμών και του διοξειδίου του άνθρακα.
3. Η ποσότητα του άκαυστου Char αυξάνεται από 10% σε ποσοστό 30% εις βάρος του Tar.
4. Το τριοξειδίο του Θείου SO_3 και το πεντοξειδίο του φωσφόρου PO_5 , τα οποία παράγονται από τη διάσπαση των ενεργών αλάτων οξειδώνουν το ελεύθερο Υδρογόνο και εμποδίζουν έτσι την καύση του με έκρηξη και υψηλή απόδοση θερμίδων [1,2].

3.4 Εφαρμογή των χημικών επιβραδυντών δασικών πυρκαγιών

Η εφαρμογή των χημικών επιβραδυντών δασικών πυρκαγιών συνήθως λαμβάνει χώρα από εναέρια συστήματα ρίψης, ενώ η επίγεια εφαρμογή αντιπροσωπεύει λιγότερο από 1% της συνολικής ποσότητας επιβραδυντών που χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο.

Έχει υπολογιστεί, ότι κατά τις εναέρια ρίψεις το 30% της ποσότητας χρησιμο-ποιείται για την απευθείας προσβολή της φωτιάς.

Η εναέρια ρίψη είναι συχνότερη από την επίγεια εφαρμογή, δεδομένου ότι η τελευταία παρουσιάζει δυσκολίες στη μεταφορά των χημικών προϊόντων και προβλήματα από τη χρήση του ίδιου του συστήματος εφαρμογής.

Η εναέρια ρίψη και επομένως η τελική επίγεια διανομή του επιβραδυντικού επηρεάζεται από πολλές παραμέτρους, οι οποίες μπορούν να διαιρεθούν σε παράγοντες που επιδρούν στα πραγματικά χαρακτηριστικά των αντιπυρικών ζωνών (ύψος βλάστησης, επίπεδο κάλυψης, κολλοειδές μέσο του επιβραδυντή), στα κρίσιμα χαρακτηριστικά των αντιπυρικών ζωνών (συμπεριφορά της δασικής πυρκαγιάς, πλάτος και μήκος της αντιπυρικής ζώνης) και στο επίγειο σχέδιο [1].

3.5 Συνήθεις ποσότητες εφαρμογής των χημικών επιβραδυντών

Η ποσότητα του χημικού επιβραδυντή, η οποία θα εφαρμοστεί, εξαρτάται από το είδος της βλάστησης και από την ένταση της φωτιάς, όπως καθορίζονται από το σχετικό ενημερωτικό φυλλάδιο του κάθε επιβραδυντή.

Όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του χρησιμοποιούμενου επιβραδυντικού, τόσο τα αποτελέσματα είναι περισσότερο εμφανή.

Σε γενικές γραμμές μπορεί να αναφερθεί ότι η ελάχιστη ποσότητα που θα πρέπει να εφαρμόζεται είναι:

- Για τη χλόη: 0,7 – 0,8 του λίτρου / m² βλάστησης.
- Για τους θάμνους: 0,9 – 1,2 του λίτρου / m² βλάστησης.
- Για το δάσος: 1,5 – 2,2 του λίτρου / m² βλάστησης.

Το πλάτος της ζώνης που θα διαβραχεί με χημικό επιβραδυντή είναι σε γενικές γραμμές ανάλογο με το ύψος της βλάστησης πολλαπλασιασμένο με 2,5. Είναι προφανές ότι όταν ο κίνδυνος πυρκαγιάς είναι πολύ μικρός, τότε και το πλάτος της ζώνης που θα διαβραχεί θα είναι πιο μικρό και αντίθετα, σε περιπτώσεις που ο κίνδυνος της πυρκαγιάς είναι πολύ μεγάλος, τότε και το πλάτος της ζώνης που θα διαβραχεί θα είναι μεγαλύτερο [1].

3.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης των χημικών επιβραδυντών

A. Πλεονεκτήματα:

1. Πολλοί έχουν την ικανότητα να δρουν αποτελεσματικά σαν επιβραδυντικά μέσα ακόμα και μετά την πλήρη εξάτμιση του νερού.
2. Πολλαπλασιάζουν την κατασβεστική ικανότητα του νερού.
3. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιοχές στις οποίες είναι εξαιρετικά δύσκολο να δημιουργηθούν αντιπυρικές ζώνες.
4. Δημιουργούν μια πιο αποτελεσματική και πιά πλατιά γραμμή ελέγχου της φωτιάς.

B. Μειονεκτήματα:

1. Η ανάγκη φροντίδας και γνώσης για την προμήθεια πρόσθετων εφοδίων.
2. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους στο έδαφος και τους υδατικούς αποδέκτες.
3. Υψηλό κόστος.
4. Οι πρόσθετες διαδικασίες για την αποθήκευση, ανάμιξη και διανομή τους.
5. Η ανάγκη εκπαίδευσης για τη σωστή αποθήκευση και χρήση τους [1,2,3].

3.7 Αποτελεσματικότητα χημικών επιβραδυντών

Η αποτελεσματικότητα ενός χημικού επιβραδυντή συνδέεται με τη μείωση της καύσης και της ευφλεκτότητας και σχετίζεται με το διαθέσιμο P_2O_5 στο μίγμα των επιβραδυντών.

Η αποτελεσματικότητα βασίζεται στη χημική ικανότητα του επιβραδυντή να μειώσει ή να εμποδίσει την καύση και μπορεί να αξιολογηθεί από τον παράγοντα SF (superiority factor), η τιμή του οποίου πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,6 για τον επιβραδυντή που εγκρίνεται από τη δασική υπηρεσία.

Η αποτελεσματικότητα των επιβραδυντών επηρεάζεται από παράγοντες οι οποίοι είναι πολλοί και συνεχώς μεταβάλλονται:

1. Η αναλογία του χημικού επιβραδυντικού στο υδατικό διάλυμα.
2. Η ποσότητα του εφαρμοζόμενου επιβραδυντικού.
3. Η ποσότητα των δασικών καύσιμων υλών.
4. Ο τρόπος και ο χρόνος εφαρμογής τους.
5. Τα κλιματολογικά στοιχεία της ημέρας.
6. Η διάταξη, το είδος και η κατάσταση των δασικών καύσιμων υλών.

Από τη διεθνή βιβλιογραφία, καθώς και από τα σχετικά πειράματα που έχουν γίνει για την αξιολόγηση των χημικών επιβραδυντών, προκύπτει ότι αυτοί πολλαπλασιάζουν την αποτελεσματικότητα του νερού στην κατάσβεση των δασικών πυρκαγιών. Μπορεί να ειπωθεί ότι την διπλασιάζουν όταν χρησιμοποιούνται απ' ευθείας επάνω στις φλόγες και την τετραπλασιάζουν όταν χρησιμοποιούνται μπροστά από το μέτωπο της φωτιάς. Επίσης προκύπτει με βεβαιότητα, ότι όσο παρέρχεται ο χρόνος από την στιγμή της εφαρμογής τους στα δασικά καύσιμα, τόσο μειώνεται η αποτελεσματικότητά τους [2].

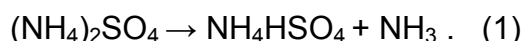
3.8 Επιθυμητά χαρακτηριστικά χημικών επιβραδυντών

Εν κατακλείδι τα επιθυμητά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένας επιβραδυντής είναι:

1. Μικρό κόστος.
2. Μεγάλη επιβραδυντική ικανότητα.
3. Μηδαμινή τοξικότητα.
4. Εύκολη διάλυση και αργή καθίζηση.
5. Μηδαμινή διαβρωτικότητα.
6. Επιβραδυντικότητα μακράς διάρκειας.
7. Καλή προσκόλληση στη βλάστηση.
8. Χρώμα για να φαίνεται πάνω στη βλάστηση [3].

3.9. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ή AS

Το θειικό αμμώνιο ή AS (Ammonium Sulphate) είναι ένα λευκό, ευδιάλυτο κρυσταλλικό στερεό με ελαφρά αμμωνιακή οσμή και με $M_r = 132,14 \text{ g/mol}$. Το σημείο τήξης του σε κλειστό σύστημα είναι $513 \pm 2^\circ\text{C}$. Σε ανοικτό δοχείο το AS αρχίζει να αποσυντίθεται γύρω στους 100°C και μετατρέπεται σε NH_4HSO_4 , το οποίο τήκεται στους $146,9^\circ\text{C}$, σύμφωνα με την αντίδραση :

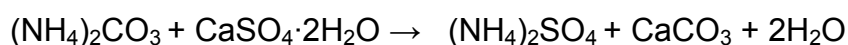


Η διαλυτότητά του στο νερό είναι σημαντική και ίση με $70,6 \text{ g}$ στους 0°C και $103,8 \text{ g}$ στους 100°C ανά 100 g νερό. Πειραματικά αποδεικνύεται ότι στους 250°C η απώλεια μάζας είναι $\approx 2\%$ ενώ στους 300°C φτάνει το 13% . Η θεωρητική απώλεια μάζας για την (1) είναι $17 \cdot 100 / 132,14 = 12,86 \approx 13\%$. Άρα η αντίδραση αυτή ολοκληρώνεται στους 300°C [10].

Ο πιο γνωστός εμπορικός επιβραδυντής με βάση το AS είναι το Fire-Trol.

Μέθοδος παρασκευής.

Λαμβάνεται σε μεγάλα ποσά ως παραπροϊόν της βιομηχανίας φωταερίου και προέρχεται από την δέσμευση της αμμωνίας από θειικό οξύ. Κατά την συνθετική του άλατος στην βιομηχανία αντικαθίσταται το θειικό οξύ από την φθηνότερη γύψο. Για αυτό σε αιώρημα γύψου με μορφή νερού διοχετεύεται μίγμα NH_3 και CO_2 οπότε το παραγόμενο $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ αντιδρά με την γύψο. Τα παραπάνω φαίνονται στις αντιδράσεις :



Με διήθηση από το αδιάλυτο CaCO_3 και συμπύκνωση του διαλύματος λαμβάνεται το θειικό αμμώνιο σε άχρους μη υγροσκοπικούς κρυστάλλους.

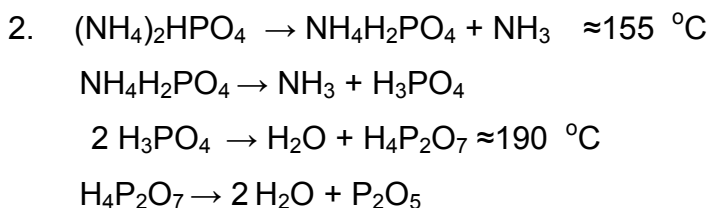
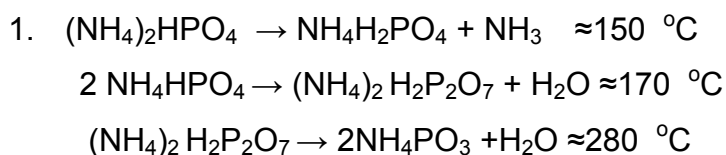
Το AS είναι πολύτιμο αζωτούχο λίπασμα αλλά χρησιμοποιείται κατά κόρον ως επιβραδυντής δασικών πυρκαγιών. Είναι δυο φορές πιο διαλυτό και πιο φτηνό από το DAP.

3.10. $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ή DAP

Το μονόξινο φωσφορικό αμμώνιο $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ή DAP (DiAmmonium Phosphate) είναι ένα λευκό ευδιάλυτο κρυσταλλικό στερεό, άοσμο, με μοριακό βάρος 132,06, πυκνότητα $1,619\text{g/cm}^3$, σημείο τήξης $155\text{ }^\circ\text{C}$ και διαλυτότητα $57,5\text{ g/100g H}_2\text{O}$ ($0\text{ }^\circ\text{C}$) και $106,7\text{ g/100g H}_2\text{O}$ ($100\text{ }^\circ\text{C}$).

Τα αμμωνιακά άλατα του H_3PO_4 είναι γενικά ασταθείς ενώσεις και διασπώνται δίνοντας NH_3 σε στερεά κατάσταση αλλά και σε διαλύματα. Το DAP είναι ασταθέστερο του MAP διασπώμενο $\approx 70\text{ }^\circ\text{C}$ προς NH_3 και $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ (MAP). Το MAP αποσυντίθεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες προς NH_3 και πολυφωσφορικό οξύ.

Έχουν προταθεί δυο σειρές αντιδράσεων για την θερμική διάσπαση του DAP.

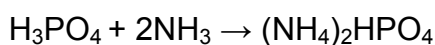


Η βασική διαφορά της δεύτερης αυτής εκδοχής από την πρώτη είναι η πλήρης απομάκρυνση της NH_3 μέχρι τους $190\text{ }^\circ\text{C}$. Επίσης σύμφωνα με την δεύτερη εκδοχή παράγεται ελεύθερο H_3PO_4 η παρουσία του οποίου διευκολύνει την ερμηνεία της επιβραδυντικής δράσης του DAP. [14]

Το DAP είναι πιο αποτελεσματικό από τα άλλα δυο αμμωνιακά άλατα του H_3PO_4 , γιατί το δισόξινο(MAP) έχει πολύ λίγο άζωτο ενώ το ουδέτερο μετατρέπεται στο μονόξινο όταν εκτεθεί στον αέρα σύμφωνα με την αντίδραση:



Η παραγωγή του γίνεται με διοχέτευση αμμωνίας σε διάλυμα φωσφορικού οξέως σύμφωνα με την αντίδραση:

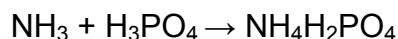


Ο πιο γνωστός εμπορικός επιβραδυντής με βάση το DAP είναι το Phoschsch. Πάντως η πιο μεγάλη ποσότητα που παράγεται καταναλώνεται ως λίπασμα και όχι ως επιβραδυντής δασικών πυρκαγιών. Επίσης αποτελεί αναστολέα της διάβρωσης.

3.11.NH₄H₂PO₄ ή MAP

Το φωσφορικό αμμώνιο NH₄H₂PO₄ ή MAP (MonoAmmonium Phosphate) είναι ένα λευκό ευδιάλυτο κρυσταλλικό στερεό, με χρώμα γκρι-καστανό και ελαφρά αμμωνιακή οσμή. Το μοριακό του βάρος είναι 115,03, η πυκνότητά του 1,803g/cm³, σημείο τήξης 190°C και διαλυτότητα 27,6 g/100g H₂O (19 °C).

Παρασκευάζεται από την αντίδραση φωσφορικού οξέως υψηλής καθαρότητας με αμμωνία σε περιβάλλον αυστηρά ρυθμιζόμενου pH (συχνά με την προσθήκη H₂SO₄) σύμφωνα με την αντίδραση:



Οι ιδιότητες του MAP και οι χρήσεις του είναι αντίστοιχες DAP, μόνο που το MAP είναι πιο ακριβό και λιγότερο αποτελεσματικό.

Η μεγαλύτερη ποσότητα που παράγεται καταναλώνεται ως λίπασμα. Ακόμα αποτελεί αναστολέα της διάβρωσης και χρησιμοποιείται ως επιβραδυντής δασικών πυρκαγιών και άλλων κυτταρινικών υλικών.

[4,10,12]

3.12.ΥΔΡΟΜΑΓΝΗΣΙΤΗΣ

Ο υδρομαγνησίτης [Mg₅(CO₃)₄(OH)₂•4(H₂O)] αποτελεί το μοναδικό βασικό ανθρακικό άλας του μαγνήσιου που είναι σταθερό σε συνήθεις ατμοσφαιρικές συνθήκες και ταυτόχρονα μπορεί να απαντηθεί σε μεγάλες διαθέσιμες ποσότητες. Στη φυσική του μορφή απαντάται μαζί με τον ορυκτό χουντίτη, τόσο στην περιοχή British Columbia του Καναδά, όσο και στην ελληνική Κοζάνη. Εκτός της φυσικής μορφής του, ο υδρομαγνησίτης μπορεί να παρασκευαστεί και συνθετικά.

Ο υδρομαγνησίτης αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης της επιστημονικής κοινότητας από το 1930. Οι Menzel και Brückner (1930) εξέφρασαν αμφιβολίες σχετικά με την ύπαρξή του, επειδή στα πειράματά τους δεν κατόρθωναν να τον απομονώσουν. Όμως, ο Levi (1930) διαπίστωσε με XRD ανάλυση ότι ο υδρομαγνησίτης απαντάται στη φύση με ασταθή σύνθεση. Επιπλέον, δύο διαφορετικά ανθρακικά άλατα υδροξειδίου του μαγνήσιου, τα $5\text{MgO}\cdot 4\text{CO}_2\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ και $4\text{MgO}\cdot 3\text{CO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$, αναγνωρίστηκαν από τους Walter και Lévy το 1937. Το πρώτο διαμορφώθηκε με θέρμανση του $\text{MgCO}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ σε νερό (1932), ενώ το δεύτερο με θέρμανση του $\text{K}_2\text{CO}_3\cdot \text{MgCO}_3\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ σε νερό (1935).

Ο υδρομαγνησίτης αποτελείται από τρισδιάστατο πλέγμα οξειδίων του μαγνήσιου που συνδέονται με ομάδες ανθρακικού άλατος. Περιλαμβάνει συντονισμένα OH- και μόρια H_2O . Μπορούν να διακριθούν δύο διαφορετικοί τύποι δομής του: η οκταεδρική M1 και η M2.

Ο ορυκτός υδρομαγνησίτης βρίσκει εφαρμογές στη βιομηχανία ως επιβραδυντικό πυρός σε πλαστικά υλικά, πολυμερή και καλώδια.

Επίσης, χρησιμοποιείται και ως πληρωτικό (filler) στην κατασκευαστική και οικοδομική βιομηχανία. Συνήθως χρησιμοποιείται ως πηγή οξειδίου του μαγνήσιου, ενώ ο υδρομαγνησίτης υψηλής καθαρότητας είναι κατάλληλος ακόμη και για χρήση ως πληρωτικό σε φάρμακα.

Διάφορες άλλες εφαρμογές του υδρομαγνησίτη, όπως π.χ. σαν πρόσθετο σε χρωστικές ουσίες ή στην παρασκευή χαρτιού, βρίσκονται υπό διερεύνηση και ανάπτυξη.

3.13.Θαλασσινό νερό-χημική σύσταση

Το θαλασσινό νερό περιέχει ανόργανα άλατα κυρίως χλωρίου και νατρίου (το 86% των διαλυμένων ουσιών στο θαλασσινό νερό) και η συγκέντρωση αυτών καθορίζει την αλατότητα του νερού. Επίσης, περιέχει σε μικρότερες ποσότητες άλατα φωσφόρου, αζώτου, πυριτίου, μαγνήσιου, θειικά, ασβεστίου και καλίου.

Το θαλασσινό νερό εμπλουτίζεται με άλατα αζώτου (νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά) και φωσφόρου κατά την αποικοδόμηση των περιττωμάτων και των νεκρών οργανισμών, τα οποία στη συνέχεια ανέρχονται στην επιφάνεια και χρησιμοποιούνται από τους φυτικούς οργανισμούς για την πρωτογενή παραγωγή. Το οργανικό υλικό βρίσκεται στο θαλασσινό νερό είτε ως συστατικό των ιστών των ζωντανών οργανισμών είτε σε διαλυμένη ή κολλοειδή μορφή ή σε μορφή συσσωματωμάτων. Το οργανικό υλικό παράγεται από τα φωτοσυνθετικά φύκη και τα φυτά της θάλασσας και με την κατανάλωση αυτών από τους ζωικούς οργανισμούς εισέρχεται στα **τροφικά πλέγματα**. Η διάσπαση των περιττωμάτων και των νεκρών φυτικών και ζωικών οργανισμών από τους αποικοδομητές μετατρέπει το οργανικό υλικό σε θρεπτικά άλατα που γίνονται ξανά διαθέσιμα στους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς

ΙΙΙ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αρχικά θα αναπτυχθούν οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για την ολοκλήρωση των πειραμάτων. Επίσης αναλύονται τα αποτελέσματα των πειραμάτων που πάρθηκαν από την μέθοδο L.O.I..

Στο τέλος αναπτύσσονται τα γενικά συμπεράσματα των πειραματικών αποτελεσμάτων καθώς επίσης και προοπτικές για την δράση του θαλασσινού νερού κατά την χρήση των επιβραδυντών που χρησιμοποιήσαμε.

4.2.ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η δειγματοληψία της δασικής υλης πραγματοποιήθηκε στους πρόποδες του όρους Υμηττού. Απαραίτητη προϋπόθεση για την διεξαγωγή της ήταν να έχουν παρέλθει τουλάχιστον δύο εικοσιτετράωρα από την τελευταία βροχόπτωση στην περιοχή αυτή, κάτι που ακολουθήθηκε. Επίσης στη δειγματοληψία εξασφαλίστηκε η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διασπορά των δειγμάτων ώστε να ληφθεί το πιο αντιπροσωπευτικό δείγμα. Έτσι δόθηκε προσοχή στη θέση συλλογής, στο δέντρο, στην ηλικία των δέντρων, στο μέγεθος του επιλεγόμενου φυλλώματος, στην έκθεση στον ήλιο κ.τ.λ. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε τρία διαφορετικά σημεία από τα οποία συλλέχτηκε ίσος αριθμός δειγμάτων.

Πίνακας 3 Δελτίο δειγματοληψίας δασικής ύλης

Ημερομηνία	17/9/09 και 21/9/09
Ώρα	11.00π.μ.-13.00π.μ.
Θέση	Καλοπούλα, Υμηττός
Υψόμετρο	490m
Έκθεση	Δ-ΒΔ
Μέση κλίση	68%
Είδος	Olea europaea (ελιά)

Οι γεωγραφικές συντεταγμένες και το υψόμετρο λήφθηκαν με τη βοήθεια GPS, η δε έκθεση με απλή πυξίδα.

4.3. Περιεχόμενη Υγρασία.

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 :

$$Y = (M_x - M_o) / M_x \cdot 100\% \quad (1)$$

Όπου Y% : η υγρασία επί τοις εκατό

M_x : η αρχική μάζα σε g

M_o : η απόλυτα ξερή μάζα σε g.

Διαδικασία προσδιορισμού περιεχόμενης υγρασίας.

Για τον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία. Κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας επιλέχθηκαν 3 δείγματα τα οποία τοποθετήθηκαν σε πλαστικά σακουλάκια και σφραγίσθηκαν επιμελώς για να μην αλλάξει η υγρασία τους.

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).

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Πίνακας 4

Πρίν την ξήρανση	Μετά την ξήρανση	% Y w/w
48,53	30,41	37,33

4.4. Ευφλεκτικότητα.

Η ευφλεκτικότητα 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 ευφλεκτικότητα (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 ευφλεκτικότητας την:

4. Κατανάλωση καυσίμου (consumability): η οποία εκφράζει το ποσό του υλικού που καταναλώνεται κατά την διάρκεια της καύσης.[16]

4.5. Μέθοδοι οξυγόνου & 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 ευφλεκτικότητας των πολυμερών υλικών. Είναι πολύ χρήσιμες διότι παρέχουν ένα αριθμητικό μέτρο προσδιορισμού της ευφλεκτικότητας. 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 ευφλεκτικότητα 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 ευφλεκτικότητα 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 :

$$L.O.I.= [O_{2,cr}] / ([O_{2,cr}] + [N_2]) \quad (1)$$

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. Αν το αέριο μίγμα παρέχεται υπό σταθερή πίεση, ο παρανομαστής της εξίσωσης (1) είναι σταθερός διότι οποιαδήποτε πτώση της μερικής πίεσης του οξυγόνου για παράδειγμα ισοσταθμίζεται από μια αύξηση της μερικής πίεσης του αζώτου. Ο δείκτης του οξυγόνου (L.O.I.) συχνότερα εκφράζεται ως ποσοστό παρά ως κλάσμα.

Το ποσοστό του ατμοσφαιρικού αέρα σε οξυγόνο είναι 20,95% κατ'όγκο και για αυτό οποιοδήποτε υλικό με δείκτη οξυγόνου μικρότερο από αυτό τον αριθμό καίγεται ιδιαίτερα εύκολα. Αντίθετα, η τάση ενός πολυμερούς για ανάφλεξη και διάδοση της φλόγας μειώνεται ή ακόμα και μηδενίζεται όταν ο δείκτης είναι μεγαλύτερος από 20,95. Ένας μεγάλος δείκτης οξυγόνου υποδηλώνει ότι το υλικό χρειάζεται μεγάλη αναλογία οξυγόνου για να καεί. Επίσης η καύση δεν μπορεί να συντηρηθεί για $L.O.I.>100$ και τέτοιοι αριθμοί δεν μπορούν να έχουν φυσική σημασία.

Συχνά είναι χρήσιμο να κατηγοριοποιηθούν τα υλικά σε ομάδες ανάλογα με τον δείκτη οξυγόνου τους. Από την προηγούμενη παράγραφο ήδη φαίνονται 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 μόνα 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*).

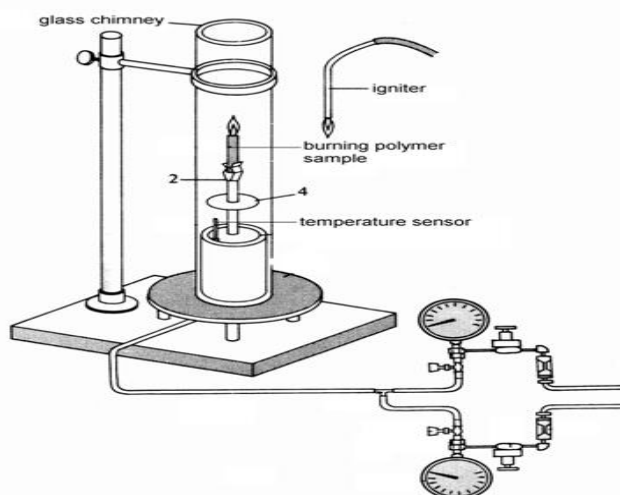
Βέβαια πρέπει να σημειωθεί ότι η παραπάνω διάκριση των υλικών (σε *flammable*, *slow-burning*, *self-extinguishing*, *intrinsically non-flammable*) ισχύει μόνο για την συγκεκριμένη μέθοδο. Σε κάποια άλλη μέθοδο το υλικό που παραπάνω χαρακτηρίστηκε ως *slow-burning* δεν χαρακτηρίζεται απαραίτητα ως *slow-burning* ξανά. Μια αλήθεια όμως κοινώς αποδεκτή είναι ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης οξυγόνου, τόσο πιο "ασφαλές" είναι το υλικό. Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα της μιας μεθόδου συχνά δεν συνάδουν με αυτά κάποιας άλλης. [16]

Ο δείκτης $L.O.I.$ επηρεάζεται από τους χημικούς επιβραδυντές και μάλιστα αυξάνεται. Το πόσο θα αυξηθεί εξαρτάται και από την συγκέντρωση του επιβραδυντή.

6.3. Οργανολογία $L.O.I.$

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. [16, 17]

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).

Συσκευή

Κατά την πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε η συσκευή L.O.I. του αμερικανικού οίκου Dynisco. Τα μέρη της συσκευής περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω αλλά και φαίνονται στην φωτογραφία.

- *θάλαμος καύσης.* Είναι η γυάλινη στήλη κατασκευασμένη από ανθεκτικό στην θέρμανση γυαλί, διαμέτρου 75-100mm , ύψους 450-500 mm, και πάχους περίπου 3 mm. Η στήλη πρέπει να τοποθετείται με προσοχή στην βάση έτσι ώστε να εφαρμόζει και να μην υπάρχει διαρροή αερίων.
- *Δειγματοφορέας και πιαστράκια στήριξης δείγματος.* Χρησιμοποιείται μεταλλικό στήριγμα με πτυσσόμενο άνοιγμα για διαφόρων διαστάσεων δείγματα. Την στήριξη συνήθως βοηθούν μικροί μεταλλικοί συνδετήρες που στερεώνουν το δείγμα στην βάση του και το κρατούν κάθετα στο κέντρο της στήλης.
- *Παροχείς αερίων.* Παραπλεύρως της συσκευής υπάρχουν δυο φιάλες, αζώτου και οξυγόνου. Οι φιάλες συνδέονται με δυο υποδοχείς της

συσκευής(βλ.φωτογραφία κάτω δεξιά) στεγανά έτσι ώστε να μην υπάρχει η παραμικρή διαρροή αερίου. Η υγρασία των αερίων δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,1% γιατί υψηλότερα επίπεδα υγρασίας επηρεάζουν την καύση του δείγματος.

- *Θάλαμος πληρωμένος με γυάλινες μπίλιες.* Βρίσκεται στην βάση του θαλάμου καύσης. Από το εσωτερικό του περνά το αέριο μίγμα. Είναι χρήσιμος για περαιτέρω ανάμιξη αζώτου και οξυγόνου.
- *Μετρητές ταχύτητας αερίων.* Πάνω στην συσκευή είναι ενσωματωμένα δυο ροόμετρα που μετρούν την παροχή των αερίων μέσα από την στήλη καύσης. Η ροή ρυθμίζεται από τις βαλβίδες των φιαλών και επιδιώκεται να είναι ίδια και για τα δυο αέρια και ίση με $40 \pm 2 \text{ mm/s}$ στους $23 \pm 2^\circ\text{C}$.
- *Βαλβίδες ελέγχου συγκέντρωσης των αερίων.* Σε κάθε δοκιμή οι συγκεντρώσεις των αερίων αλλάζουν ρυθμίζοντας αυτές τις βαλβίδες.
- *Σωλήνας ανάφλεξης.* Είναι ένας σωλήνας λεπτός διαμέτρου $2 \pm 1 \text{ mm}$, και μήκους 40 mm . Λόγω των διαστάσεών του εισέρχεται στη στήλη και προκαλεί την ανάφλεξη στο δείγμα. Ο σωλήνας είναι εξάρτημα της συσκευής και σε αυτόν διοχετεύεται φυσικό αέριο (η συσκευή πρέπει να είναι συνδεδεμένη με παροχέα φυσικού αερίου). Με έναν αναπτήρα στην άκρη του σωλήνα προκαλείται φλόγα η οποία δεν σβήνει όσο περνά το φυσικό αέριο.
- *Χρονόμετρο και χάρακας.* Προφανώς το χρονόμετρο χρειάζεται για την μέτρηση του χρόνου καύσης και ο χάρακας για την μέτρηση του μήκους καύσης.
- *Απαγωγός αερίων.* Επειδή αποτέλεσμα της καύσης είναι καπνός χρειάζεται απαγωγός. Επίσης τα προϊόντα της καύσης δειγμάτων εμβαπτισμένων σε επιβραδυντές είναι τοξικά και επικίνδυνα αν εισπνευθούν.
- *Συρμάτινο δίχτυ.* Βρίσκεται στην βάση του θαλάμου καύσης για να κατακρατά τις στάχτες από την καύση των δειγμάτων ώστε να μην εισέρχονται στον θάλαμο τελικής ανάμιξης του αέριο μίγματος.



Εικόνα 1. Η συσκευή του L.O.I. που χρησιμοποιήθηκε.

Ροόμετρα.

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.

4.7.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

4.7.1.ΥΛΙΚΑ

Η δασική ύλη που χρησιμοποιήθηκε είναι το *Olea europaea* (ελιά).
Οι επιβραδυντές που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ή AS
- $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ή MAP
- $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ή DAP
- Υδρομαγνησίτης ή HYD

Επίσης χρησιμοποιήθηκε NaCl περιεκτικότητας 3.8% [18]

4.7.2.ΜΕΘΟΔΟΙ

Η πειραματική διαδικασία ολοκλήρωσης των πειραμάτων χωρίζεται σε τρία μέρη:

- Συλλογή και λειοτρίβηση δασικής ύλης
- Παρασκευή δειγμάτων και παστίλιων
- Εκτέλεση πειραμάτων στο L.O.I.

Ακολουθώς το κάθε μέρος αναλύεται λεπτομερώς.

1) Προετοιμασία δασικής ύλης

Αφού λήφθηκαν τα φυλλώματα της δασικής ύλης σε αλουμινένια ταψάκια, τοποθετήθηκαν στο πυριαντήριο για 24 ώρες στους 105°C προς ξήρανση. Έπειτα χρησιμοποιήθηκε το Multimixer ώστε να θρυμματιστεί η δασική ύλη και ύστερα ο μύλος για να επιτευχθεί μικρότερη κοκκομετρία. Μετά το περιεχόμενο που παραλήφθηκε πέρασε από κόσκινα κοκκομετρίας 100μm-200mm. Η ποσότητα που παραλήφθηκε τοποθετήθηκε σ' ένα γυάλινο δοχείο.

Αφού παράγαμε μια επιθυμητή ποσότητα πεύκου αρχίσαμε να φτιάχνουμε τα δείγματά μας με τους τέσσερις επιβραδυντές και το NaCl.

2) Παρασκευή δειγμάτων

Για την παρασκευή των δειγμάτων μας χρησιμοποιήθηκαν πορσελάνινα σκεύη. Προζυγίζονται οι απαραίτητες ποσότητες δασικής ύλης, επιβραδυντή και NaCl και τοποθετούνται μέσα σε αυτά προσθέτοντας λίγο απιονισμένο νερό.

Συγκεκριμένα φτιάξαμε τα εξής δείγματα :

1. a) Olea europaea
b) Olea europaea +NaCl
2. a) Olea europaea + DAP
b) Olea europaea +DAP +NaCl
3. a) Olea europaea+MAP
b) Olea europaea +MAP +NaCl
4. a) Olea europaea +AS
b) Olea europaea +AS+NaCl
5. a) Olea europaea +HYD
b) Olea europaea + HYD +NaCl

Να σημειώσουμε ότι οι περιεκτικότητες των επιβραδυντών μας ήταν 10% και του NaCl είναι 3,8%. [18]

3) Παρασκευή παστίλιων

Για κάθε δείγμα φτιάξαμε 10 παστίλιες και έπειτα από συνεχείς δοκιμές προσδιορίζεται ο δείκτης οξυγόνου.

Συμπιέστηκαν σε μορφή κυλινδρικών χαπιών διαμέτρου 1,3 cm ποικίλου ύψους, υπό πίεση 10MPa, έτσι ώστε τα δείγματα να είναι ομοιόμορφα.

4) Εκτέλεση πειραμάτων στο L.O.I.

Οι παστίλιες φυλάσσονται σε condition box έτσι ώστε να έχουν όλες το ίδιο ποσοστό υγρασίας και τα αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα.

Μετά το dry box τα δείγματα μεταφέρονται στην συσκευή του L.O.I. με ξηραντήρα έτσι ώστε ακόμα και στην διαδρομή να μην απορροφηθεί καθόλου υγρασία.

Το κάθε δείγμα στη μορφή παστίλιας τοποθετείται κάθετα στο κεντρικό σημείο της γυάλινης στήλης με χρήση του δειγματοφορέα. Η έναρξη του πειράματος γίνεται με εφαρμογή φλόγας στην άνω άκρη της κάθε παστίλιας για 10 sec.

Σαν δείκτης ελαχίστου οξυγόνου σωματιδίων (ή LOI σωματιδίων) ορίζεται η μικρότερη δυνατή συγκέντρωση οξυγόνου (% v/v), για την οποία η παστίλια καίγεται ολόκληρη μέσω καύσης με φλόγα.

[19,20]

Συνεπώς, τα επιβραδυντικά πρόσθετα αναμένεται να αυξάνουν το LOI σωματιδίων της δασικής ύλης στην οποία εφαρμόζονται και η αύξηση αυτή αποτελεί μέτρο της επιβραδυντικής τους ικανότητας

[20,21]

Όπως αναφέραμε παραπάνω για τις μετρήσεις (των οποίων η επαναληψιμότητα είναι τρεις φορές) θεωρήσαμε ότι η ελάχιστη τιμή οξυγόνου καύσης της παστίλιας είναι αυτή στην οποία καίγεται ολόκληρη η παστίλια.

[19]

IV.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1.Αποτελέσματα καύσης δασικών υλών

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	17/9/2009 – 21/9/2009
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	15/12/2009
ΩΡΑ	15:00
ΔΑΣΙΚΟ ΕΙΔΟΣ	Olea
ΠΑΧΟΣ-ΜΑΖΑ	0.50g
ΠΙΕΣΗ	8tn
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ	100μm-200μm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΟΙ%	26	24	22	23	22,4	22,6	22,4	22,6	22,8	22,6
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	x	x	O	X	O	X	O	O	X	x
1.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 37 sec									
2.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 32 sec									
3.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/5 σε 28 sec									
4.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 31 sec									
5.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/3 σε 43 sec									
6.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 51 sec									
7.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/2 σε 57 sec									
8.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/2 σε 59 sec									
9.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 58 sec									
10.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 57 sec									

Η επιθυμητή τιμή είναι **22,6%**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	17/9/2009 – 21/9/2009
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	15/12/2009
ΩΡΑ	15:00
ΔΑΣΙΚΟ ΕΙΔΟΣ	Olea-NaCl
ΠΑΧΟΣ-ΜΑΖΑ	0.50g
ΠΙΕΣΗ	8tn
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ	100μm-200μm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΟΙ%	22	23,6	23,2	23	23,4	23	23,2	23	23,2	23,2
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	Ο	Χ	Χ	Ο	Χ	Χ	Χ	Ο	Χ	Χ
1.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/5 σε 18 sec									
2.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 37 sec									
3.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 45 sec									
4.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκαν τα 2/3 σε 40 sec									
5.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 56 sec									
6.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκαν τα 3/4 σε 43 sec									
7.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 52 sec									
8.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκαν τα 4/5 σε 49 sec									
9.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 46 sec									
10.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 47 sec									

Η επιθυμητή τιμή είναι **23,2%**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	17/9/2009 – 21/9/2009
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	15/12/2009
ΩΡΑ	15:00
ΔΑΣΙΚΟ ΕΙΔΟΣ	Olea-MAP 10%
ΠΑΧΟΣ-ΜΑΖΑ	0.50g
ΠΙΕΣΗ	8tn
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ	100μm-200μm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΟΙ%	25	24	24,4	24,6	24,2	24,4	24,6	24,8	24,6	24,6
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	X	O	X	X	O	O	X	X	X	X
1.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 37 sec									
2.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/2 σε 52 sec									
3.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκαν τα 2/3 σε 62 sec									
4.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 58 sec									
5.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/3 σε 53 sec									
6.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκαν τα 4/5 σε 60 sec									
7.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 51 sec									
8.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 47 sec									
9.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 52 sec									
10.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο 52 sec									

Η επιθυμητή τιμή είναι **24,6%**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	17/9/2009 – 21/9/2009
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	15/12/2009
ΩΡΑ	15:00
ΔΑΣΙΚΟ ΕΙΔΟΣ	Olea-MAP 10%- NaCl
ΠΑΧΟΣ-ΜΑΖΑ	0.50g
ΠΙΕΣΗ	8tn
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ	100μm-200μm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΟΙ%	24	23,6	23,8	24	24,2	24.4	24.6	24,2	24	24
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	X	O	O	X	X	X	X	X	X	x
1.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 48 sec									
2.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/3 σε 37 sec									
3.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/2 σε 31 sec									
4.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 44 sec									
5.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 51 sec									
6.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 49 sec									
7.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 40 sec									
8.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 43 sec									
9.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 44 sec									
10.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 44 sec									

Η επιθυμητή τιμή είναι **24%**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	17/9/2009 – 21/9/2009
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	15/12/2009
ΩΡΑ	15:00
ΔΑΣΙΚΟ ΕΙΔΟΣ	Olea-As 10%
ΠΑΧΟΣ-ΜΑΖΑ	0.50g
ΠΙΕΣΗ	8tn
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ	100μm-200μm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΟΙ%	25	24	23	23,6	23,4	23,2	23,6	23,4	23,6	23,6
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	X	X	O	X	O	O	X	O	X	X
1.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 32 sec									
2.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 36 sec									
3.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε 2/5 σε 48 sec									
4.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 54 sec									
5.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/2 σε 58 sec									
6.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/3 σε 48 sec									
7.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 49 sec									
8.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκαν τα 3/4 σε 52 sec									
9.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 49 sec									
10.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 50 sec									

Η επιθυμητή τιμή είναι **23,6%**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	17/9/2009 – 21/9/2009
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	15/12/2009
ΩΡΑ	15:00
ΔΑΣΙΚΟ ΕΙΔΟΣ	Olea-As 10%-NaCl
ΠΑΧΟΣ-ΜΑΖΑ	0.50g
ΠΙΕΣΗ	8tn
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ	100μm-200μm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΟΙ%	22	24	23	22,8	22,4	22,6	22,8	23	22,8	22,8
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	Ο	Χ	Χ	Χ	Ο	Ο	Χ	Ο	Χ	Χ
1.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/6 σε 27 sec									
2.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 41 sec									
3.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 49 sec									
4.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 57 sec									
5.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/2 σε 46 sec									
6.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκαν τα 3/4 σε 50 sec									
7.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 52 sec									
8.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκαν τα 4/5 σε 51 sec									
9.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 53 sec									
10.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 52 sec									

Η επιθυμητή τιμή είναι **22,8%**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	17/9/2009 – 21/9/2009
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	15/12/2009
ΩΡΑ	15:00
ΔΑΣΙΚΟ ΕΙΔΟΣ	Olea-DAP 10%
ΠΑΧΟΣ-ΜΑΖΑ	0.50g
ΠΙΕΣΗ	8tn
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ	100μm-200μm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΟΙ%	25	24	26	25,4,	25,6	25,8	26	25,8	25,6	25,8
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	Ο	Ο	Χ	Ο	Ο	Χ	Χ	Χ	Ο	Χ
1.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/5 σε 20 sec									
2.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/6 σε 25 sec									
3.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 65 sec									
4.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/5 σε 28 sec									
5.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/3 σε 38 sec									
6.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 72 sec									
7.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 74 sec									
8.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 70sec									
9.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/3σε 71 sec									
10.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 74sec									

Η επιθυμητή τιμή είναι **25,8%**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	17/9/2009 – 21/9/2009
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	15/12/2009
ΩΡΑ	15:00
ΔΑΣΙΚΟ ΕΙΔΟΣ	Olea-DAP 10%-NaCl
ΠΑΧΟΣ-ΜΑΖΑ	0.50g
ΠΙΕΣΗ	8tn
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ	100μm-200μm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΟΙ%	24	24,8	25	25,6	25,4	25,2	25	25,2	25	25,2
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	Ο	Ο	Ο	Χ	Χ	Χ	Ο	Χ	Ο	Χ
1.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/6 σε 22 sec									
2.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/3 σε 31 sec									
3.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/2 σε 52 sec									
4.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 48 sec									
5.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 49 sec									
6.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 60 sec									
7.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/2 σε 51 sec									
8.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 57 sec									
9.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/2 σε 53 sec									
10.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 56 sec									

Η επιθυμητή τιμή είναι **25,2%**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	17/9/2009 – 21/9/2009
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	15/12/2009
ΩΡΑ	15:00
ΔΑΣΙΚΟ ΕΙΔΟΣ	Olea-Hyd 10%
ΠΑΧΟΣ-ΜΑΖΑ	0.50g
ΠΙΕΣΗ	8tn
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ	100μm-200μm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΟΙ%	26	25	24	23	23,2	23,4	23,8	23,6	23,4	23,6
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	X	X	X	O	O	O	X	X	O	X
1.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 36 sec									
2.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 32 sec									
3.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 41 sec									
4.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/4 σε 27 sec									
5.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/3 σε 34 sec									
6.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/2 σε 48sec									
7.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 52 sec									
8.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 50 sec									
9.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/2 σε 53 sec									
10.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 52 sec									

Η επιθυμητή τιμή είναι **23,6%**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓ/ΨΙΑΣ	17/9/2009 – 21/9/2009
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	15/12/2009
ΩΡΑ	15:00
ΔΑΣΙΚΟ ΕΙΔΟΣ	Olea-Hyd 10%-NaCl
ΠΑΧΟΣ-ΜΑΖΑ	0.50g
ΠΙΕΣΗ	8tn
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ	100μm-200μm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΟΙ%	22	23	24	23,8	23,6	23,4	23,2	23	23,2	23
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	Ο	Ο	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Ο	Χ	Ο
1.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/6 σε 22 sec									
2.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/2 σε 38 sec									
3.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 49 sec									
4.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 51 sec									
5.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 52 sec									
6.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 52 sec									
7.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 54 sec									
8.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/2 σε 41 sec									
9.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε όλο σε 55 sec									
10.	Δόθηκε φλόγα για 10 sec – κάηκε το 1/2 σε 43 sec									

Η επιθυμητή τιμή είναι **23,2%**

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.

5.2. Συνοπτικά Αποτελέσματα για L.O.I.

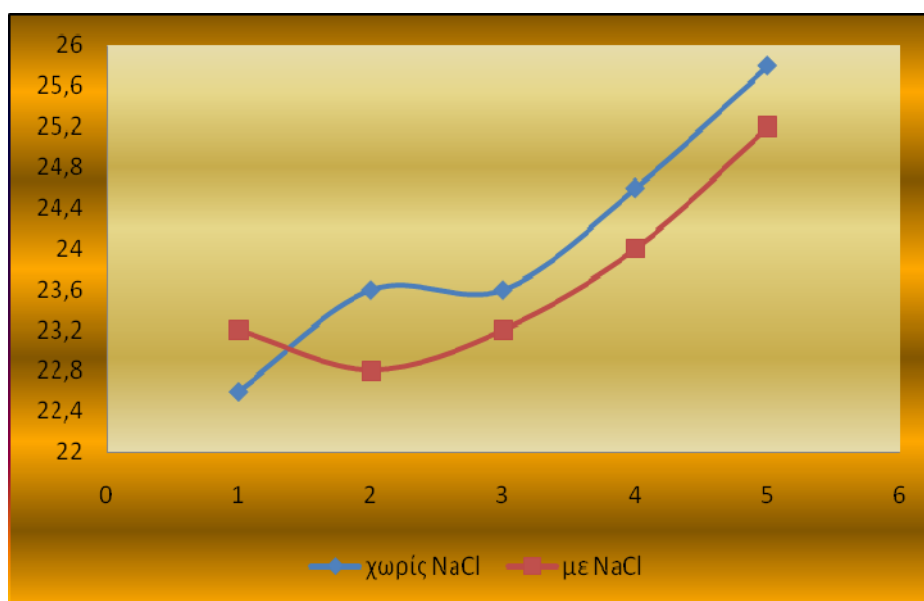
Η δασική ύλη που μελετήθηκε είναι η *Olea europaea*.. Οι επιβραδυντές που χρησιμοποιήθηκαν είναι: όξινο φωσφορικό διαμμώνιο (DAP), δισόξινο

φωσφορκό αμμώνιο (MAP) και θειικό αμμώνιο (AS) και υδρομαγνησίτη (HYD).

Στον πρώτο πίνακα αναγράφονται τα αποτελέσματα από τη δασική ύλη χωρίς NaCl που εξετάστηκε και στο δεύτερο πίνακα αναγράφονται τα αποτελέσματα απο τη δασική ύλη με NaCl

Δείγμα	L.O.I. %
<i>Olea europaea</i> (Χωρίς επιβρ)	22,6
<i>Olea eur.</i> (AS)	23,6
<i>Olea eur.</i> (HYD)	23,6
<i>Olea eur.</i> (MAP)	24,6
<i>Olea eur.</i> (DAP).	25,8

Δείγμα	L.O.I. %
<i>Olea europaea</i> (Χωρίς επιβρ) +NaCl	23,2
<i>Olea eur.</i> (AS) +NaCl	22,8
<i>Olea eur.</i> (HYD) +NaCl	23,2
<i>Olea eur.</i> (MAP)+NaCl	24
<i>Olea eur.</i> (DAP) +NaCl	25,2



- 1-*Olea europaea*
- 2-*Olea eur.*- DAP
- 3-*Olea eur.*-MAP
- 4-*Olea eur.*-HYD
- 5-*Olea eur.*-AS

Μεταβολές

Παρατηρείται ότι για την δασική ύλη *Olea europaea* χωρίς NaCl αποτελεσματικότερος επιβραδυντής είναι ο DAP. Ακολουθούν τα MAP, HYD και AS ως λιγότερο αποτελεσματικοί.

1) Οι μεταβολές που έχουν υπεισέλθει από την προσθήκη του NaCl είναι :

Δείγμα χωρίς επιβραδυντή = $((23,2-22,6)/22,6) \times 100\% = +2,65\%$

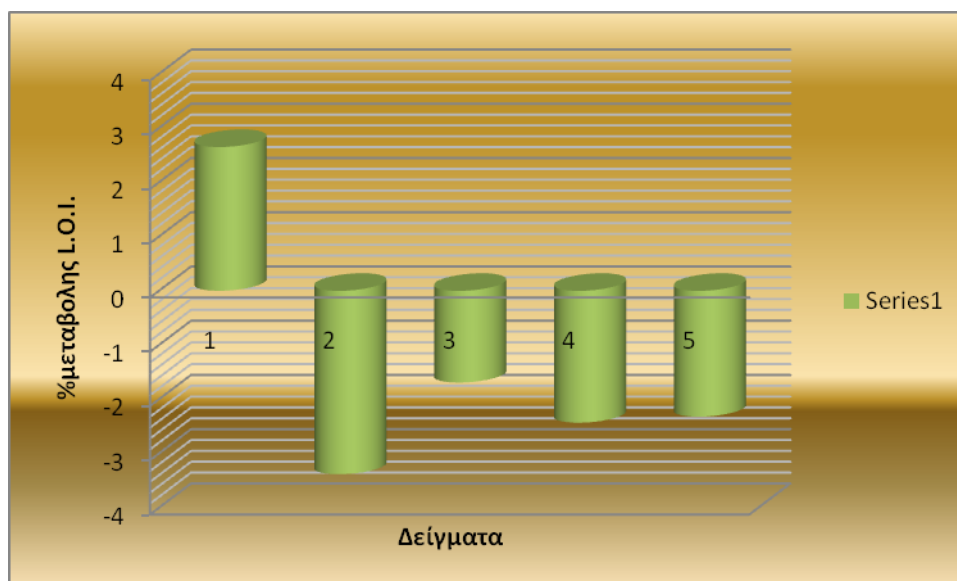
2) Για τα δείγματα με επιβραδυντές οι μεταβολές είναι οι ακόλουθες :

Δείγμα με DAP = $((25,2-25,8)/25,8) \times 100\% = -2,32\%$

Δείγμα με MAP = $((24-24,6)/24,6) \times 100\% = -2,43\%$

Δείγμα με HYD = $((23,2-23,6)/23,6) \times 100\% = -1,69\%$

Δείγμα με AS = $((22,8-23,6)/23,6) \times 100\% = -3,38\%$



5.3.Συμπεράσματα

Παρατηρώντας κανείς την επίδραση των χημικών επιβραδυντών στον δείκτη οξυγόνου, δηλαδή την επίδραση στην ευφλεκτικότητα της δασικής ύλης θα σημείωνε ότι στη συγκεκριμένη δασική ύλη καλύτερη επιβραδυντική συμπεριφορά παρουσιάζει ο DAP. Έπειτα οι MAP και HYD και AS.

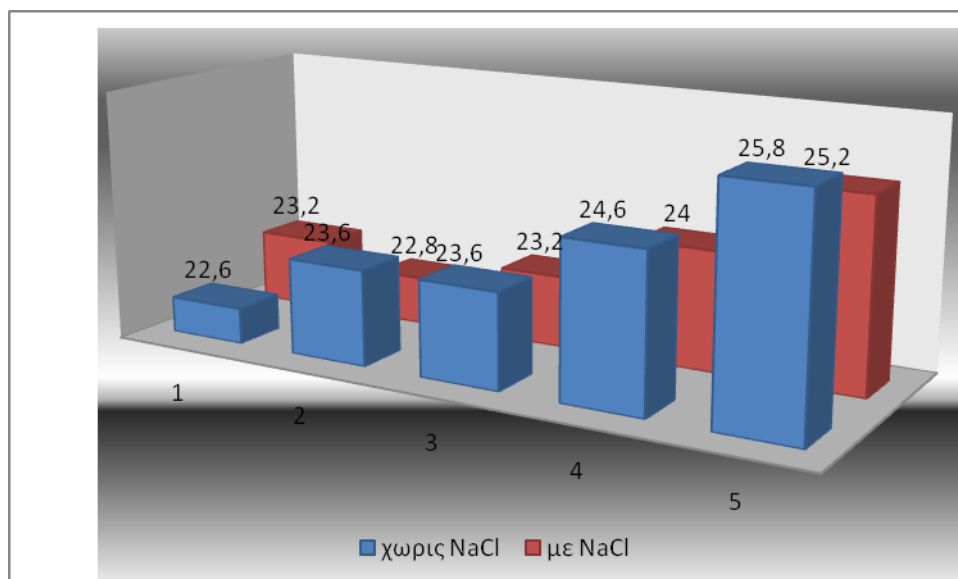
Παρατηρώντας το διάγραμμα 2, βλέπουμε ότι η χρήση NaCl φαίνεται να επιδρά θετικά στη δασική ύλη χωρίς επιβραδυντή διότι ο δείκτης οξυγόνου αυξήθηκε, γεγονός που μας δείχνει ότι η χρήση θαλασσινού νερού κάνει αποτελεσματικότερη την κατάσβεση των δασικών πυρκαγιών όταν δεν υπάρχουν άλλα επιβραδυντικά μέσα.

Αντίθετα, όταν υπάρχει επιβραδυντής το NaCl μειώνει τον δείκτη οξυγόνου άρα και τη αποτελεσματικότητα του επιβραδυντή. Συγκεκριμένα, επηρεάζει περισσότερο τον DAP, έπειτα το MAP και τέλος το AS. Τον υδρομαγνησίτη τον επηρεάζει ελάχιστα.

Με τη χρήση θαλασσινού νερού η σειρά δραστηκότητας είναι $HYD < DAP < AS < MAP$

Σειρά δραστηκότητας επιβραδυντών σε δείγματα χωρίς NaCl

$DAP < MAP < HYD < AS$



Γενικά η μέθοδος του δείκτη οξυγόνου είναι μια φθηνή, αξιόπιστη και εύκολη στην διεξαγωγή των πειραμάτων μέθοδος. Επίσης δεν απαιτεί ιδιαίτερη εξοικείωση με την συσκευή. Σημαντικό είναι και το ότι δεν χρειάζεται μεγάλου μεγέθους δείγματα κάτι που την καθιστά ακόμα πιο προσφιλή. Τα αποτελέσματα της μεθόδου είναι συγκρίσιμα με άλλες αναλυτικές μεθόδους όπως η θερμική ανάλυση με την διαφορά ότι αυτές έχουν υψηλότερο κόστος.

Η μέθοδος έχει πολλές μελλοντικές προοπτικές. Χαρακτηριστικά, μπορεί να μελετηθεί η επίδραση του θαλασσινού νερού σε άλλες δασικές ύλες, σε άλλους επιβραδυντές και με άλλες εργαστηριακές και αναλυτικές μεθόδους. Μπορεί επίσης να μελετηθεί ο μηχανισμός δράσης του NaCl με τους χημικούς επιβραδυντές.

V.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Θ.Σκαρογιάννης, «Περιβαλλοντικές επιπτώσεις επιβραδυντών δασικών πυρκαγιών στο έδαφος και τους υδάτινους αποδέκτες», Μεταπτυχιακή εργασία ΕΜΠ, σελ 101-121, 125-153, Αθήνα 2005.
2. Η.Κρεμμύδας, «Επίδραση επιβραδυντών δασικών πυρκαγιών στο έδαφος, Μελέτη απορροής φωσφορικών ιόντων από δασικό έδαφος σε εργαστηριακή κλίμακα», Διπλωματική εργασία ΕΜΠ, σελ 4-19, 24-29, Αθήνα 2006.
3. Κ.Χ.Σκούφη, «Επίδραση επιβραδυντή μακράς διάρκειας σε στραγγίσματα δασικού εδάφους με ή χωρίς καύση της βλάστησης. Μελέτη παραμέτρων pH, Αγωγιμότητας, TDS, Χλωριόντων και Ολικής Σκληρότητας», Διπλωματική εργασία ΕΜΠ, σελ 2-8, 34-44, Αθήνα 2006.
4. S.Hamilton, D.Larson, S. Finger, B.Poulton, N.Vyas, E.Hill, «Ecological effects of fire retardant chemicals and fire suppressant foams», Published by Northern Prairie Wildlife Research Center Online, USA Jamestown, Version 2Mar98, www.npwrc.usgs.gov/resource/habitat/fireweb/index.htm
5. S.Hamilton, J.Susan, F.McDonald, M.P.Gaikowski, K.J.Buhl, «Toxicity of fire retardant chemicals to aquatic organisms: progress report», Published by International Wildland Fire Foam Symposium, pp132-144, Canada Ontario 1996, <http://www.npwrc.usgs.gov/resource/othrdata/fireweb/toxicity.htm>

6. «Assessment of the effectiveness and environmental risk of the use of retardants to assist in wildfire control in Victoria», Published by the journal «Fire Management», Research report, No 50, Prepared by CSIRO Forestry and Forest Products for the Department of Natural Resources and Environment, Australia 2000.
[http://www.dse.vic.gov.au/CA256F310024B628/0/0C2E1F91D1EE1333CA257223003C639B/\\$File/Research+Report+50.pdf](http://www.dse.vic.gov.au/CA256F310024B628/0/0C2E1F91D1EE1333CA257223003C639B/$File/Research+Report+50.pdf)
7. R.Whitlow, «Basic Soil Mechanics», published by U.K.:Longman Scientific and Technical, pp136-154, 4th edition, England Essex 2000.
8. C.Emiliani, «Planet Earth: Cosmology, Geology, and the Evolution of Life and Environment», Published by the University of Cambridge, pp302-324, England Cambridge 1992.
9. W.Bland, D.Rolls, «Weathering: An introduction to the scientific principles», Copublished by Oxford University Press Inc, pp85-149, USA New York 1998.
10. S.M.Colman, D.P.Dethier, «Rates of Chemical Weathering of Rocks and Minerals», Published by Academic Press Inc, pp 1-15, Orlando USA 1986.
11. Μ.Καβαδάς, «Στοιχεία εδαφομηχανικής», εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1992.
12. N.A.Krasil'nikov, «Soil microorganisms and higher plants», Moscow 1958, Published by the Academy of Sciences of the USSR, Copublished for THE NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, WASHINGTON, D.C. and THE DEPARTMENT OF AGRICULTURE, USA by THE ISRAEL PROGRAM FOR SCIENTIFIC TRANSLATIONS 1961, Part II
<http://www.soilandhealth.org/01aglibrary/010112Krasil/010112krasil.ptII.html>
13. A.Miles, M.Brown, « Teaching Organic Farming and Gardening, Recourses for Instructors», Published by the university of California: Center for Agroecology and Sustainable Food Systems, manual, part II, unit 2.2. USA Santa Cruz 2003
http://casfs.ucsc.edu/education/instruction/tofg/download/unit_2.2a_soil_chem.pdf
14. J.Traynor, «Ideas in Soil and Plant Nutrition», Published by Kovak Books, pp44-48 73-75, USA Bakersfield 1980.
15. P.H.Raven, R.F.Evert, S.E.Eichhorn, «Biology of Plants», published by W.H.Freeman and Company Publishers, 7th Edition, pp726-731, USA New York 2005.
16. Θ.Κουιμτζής,Κ.Φυτιάνος,Κ.Σαμαράς –Κωνσταντίνος, «Χημεία Περιβάλλοντος», Εκδόσεις Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη 1998.

17. Μ.Όξενκιουν-Πετροπούλου, «Περιβάλλον, έλεγχος και προστασία νερού», εκδόσεις ΕΜΠ, σελ 7-10, 21-25, 29, 61-67, Αθήνα 1996.
18. Ε.Ζανάκη, «Έλεγχος Ποιότητας Νερού», ΕΛΚΕΠΑ, εκδόσεις ΙΩΝ, σελ 15-55, 2^η έκδοση, Αθήνα 1983.
19. Μ.Λοιζίδου, «Υγρά απόβλητα», σημειώσεις για το μάθημα «Περιβάλλον», εκδοσεις ΕΜΠ, σελ 1-5, Αθήνα 2003.
20. Φ.Ρήγας, «Επιστήμη και τεχνολογία περιβάλλοντος», εκδόσεις ΕΜΠ, σελ 50-56, 115-116, Αθήνα 2003.
21. Μ.Λοιζίδου, «Εισαγωγή στο περιβάλλον», σημειώσεις για το μάθημα «Περιβάλλον», εκδοσεις ΕΜΠ, σελ 38-44, Αθήνα 2003.
22. Δ.Α.Αναλογίδης, «Έδαφος, θρεπτικά στοιχεία και φυτική παραγωγή», Εκδόσεις Αγρότυπος, σελ 307-361, Αθήνα 2000.
23. Γ.Παππά, «Υγειονομική σημασία των χημικών παραμέτρων στο πόσιμο νερό», δημοσίευση από: Υπουργείο Υγείας και πρόνοιας, Εθνική σχολή δημόσιας υγείας, τομέας υγειονομικής μηχανικής και υγιεινής του περιβάλλοντος, καθηγητής: Ν.Κατσίρης, Αθήνα 2001.
http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros_papers/pappa_g.pdf
24. S.Ratering, S.Schnell, «Localization of Iron-Reducing Activity in Paddy Soil by Profile Studies», Published by the journal «Biogeochemistry» (Publisher: Springer), Vol. 48, No. 3 (Mar., 2000), pp. 341-365, USA New York.
25. J.W.Stucki, B.A.Goodman, U.Schwertmann, «Iron in Soils and Clay Minerals. Proceedings of an Institute Held July 1-3, 1985, in Bad Windsheim, West Germany», Published by the journal «The Quarterly Review of Biology» (Publisher: The University of Chicago Press), Vol. 64, No. 3 (Sep., 1989), pp. 362-363, USA Chicago.
26. Ι.Α.Τοσιδής, Α.Συγκολλίτου-Κουράκου, «Γενική και Ανόργανη Χημεία, Τόμος 2^{ος}, Τα στοιχεία και οι χημικές ενώσεις τους», εκδόσεις ΖΗΤΗ, σελ 99-103, Θεσσαλονίκη 1996.
27. V.Ittekkot, D.Unger, C.Humborg, N.Tac An, «The Silicon Cycle: Human Perturbations and Impacts on Aquatic Systems», Published by Scientific Committee on Problems of the Environment, Island press, pp197-215, USA Washington 2006.
28. Χ.Π.Φτίκος, «Επιστήμη και τεχνική των κεραμικών», εκδόσεις ΕΜΠ, σελ 26-31, Αθήνα 2005.

29. Μ.Όξενκιουν-Πετροπούλου, «Φυσικές μέθοδοι ανάλυσης, οπτικές μέθοδοι», εκδόσεις ΕΜΠ, σελ 77-98, 123-134, Αθήνα 1997.
30. Skoog, Holler, Nieman, «Αρχές Ενόργανης Ανάλυσης», εκδόσεις Κωσταράκης, σελ 254-258, 275-292, 5^η έκδοση, Αθήνα 2002.
31. S.Liodakis, G.Katsigiannis, T.Lymperopoulou, «Ash properties of Pinus halepensis needles treated with diammonium phosphate», Published by Science Direct, Thermochemica Acta 453 (2007) 136-146, November 2006.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- 1 «Wikipedia – The Free Encyclopedia»
<http://en.wikipedia.org/>
- 2 « Βιοποικιλότητα εσωτερικών υδάτων » (Φεβρουάριος 2007)
www.cc.uoa.gr/biology/zoology/freshwgr.htm
- 3 « Mechanical & Chemical Weathering and Soil Farmation » (Φεβρουάριος 2007)
www.ux1.eiu.edu/~cfjps/1300/weathering.html
- 4 « Το νερό και η ρύπανση του » (Μάρτιος 2007)
www.prasino.gr
- 5 Dr. P.Gore, « Earth Systems » (Μάρτιος 2007)
<http://gpc.edu/~pgore/Earth&Space/GPS/Earth-systems.html>
- 6 « MSUcares » (Μάρτιος 2007)
www.msucares.com
- 7 « Fundamentals of Physical Geography » (Μάρτιος 2007)
www.PhysicalGeography.net
- 8 « Κατευθύνσεις για μια αειφόρο γεωργία (1999/C 173/02) » (Απρίλιος 2007)
Ανακοίνωση της Επιτροπής στο Συμβούλιο, στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, στην Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και στην Επιτροπή των Περιφερειών.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:51999DC0022:EL:HTML>
- 9 « Medical Geology (Geomedicine), an indroduction with Brazilian examples »
Wilson Sarpelli (Μάρτιος 2007)
www.publichealth.pitt.edu/supercourse/SupercoursePPT/16011-17001/16081.ppt

- 10** « Soils & plant nutrition for gardeners »
Master Gardener Training, Feb 6, 2001 (Απρίλιος 2007)
http://jefferson.ifas.ufl.edu/ag_pages/mgsoil.PDF
- 11** Wildland Fire Chemical Systems «Products meeting the specification for long terms retardants» (Απρίλιος 2007)
http://www.fs.fed.us/rm/fire/documents/ret_can.pdf
- 12** Silicon. Composed by J. B. Calvert (Απρίλιος 2007)
<http://www.du.edu/~jcalvert/phys/silicon.htm>
- 13** « Plant Nutrition and Soils, chemistry in the garden » (Δεκέμβριος 2006)
<http://www.nzic.org.nz/ChemProcesses/soils/2A.pdf>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΠΡΟΤΥΠΟ ΑΤΛΑΝΤΑ L.O.I. ΟΔΗΓΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΡΟΟΜΕΤΡΟΥ

21°C

21°C

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: ΤΕΤΑΡΤΗ 19 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2006

ΩΡΑ: 11:15:10

S/N: LOI-0012

ΡΟΟΜΕΤΡΟ ΟΞΥΓΟΝΟΥ S/N 150698

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

