

# ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΘΕΡΜΟ-ΦΥΣΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΚΑΛΟΡΙΜΕΤΡΙΑΣ ΚΩΝΟΥ



ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΥ ΗΛΙΑΝΑ  
ΧΡΥΣΟΠΟΥΛΟΥ ΑΝΔΡΙΑΝΗ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ  
ΓΙΑΝΝΑΔΑΚΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ, 2014

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στην πειραματική διερεύνηση θερμο-φυσικών ιδιοτήτων πρότυπων ειδών ξύλου με τη μέθοδο καλοριμετρίας κώνου. Παράλληλα, θα εξετάσουμε την αντίδραση σε φωτιά των συγκεκριμένων υλικών για διάφορα επίπεδα θέρμανσης.

Είναι γνωστό ότι το ξύλο είναι ένα ευρέως διαδεδομένο υλικό σε όλες του τις μορφές. Με τη χρήση του θερμιδόμετρου κώνου θα πειραματιστούμε σε μικρή κλίμακα ώστε να τα χαρακτηρίσουμε για την συμπεριφορά τους σε συνθήκες πυρκαγιάς, αλλά και για να γίνει συσχέτιση των συνθηκών του πειράματος σε σχέση με την πιστότητα των αποτελεσμάτων.

Ευχαριστούμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Αθανάσιο Γιανναδάκη, καθηγητή του Τμήματος Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών και Πρόεδρο του Τεχνικού Επιμελητηρίου (Τμήμα Δυτικής Ελλάδος) για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, για την πολύτιμη βοήθεια του, τις γνώσεις που μας μετέδωσε και την καθοδήγηση που μας προσέφερε για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας. Ευχαριστούμε επίσης, το Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών για την παραχώρηση του εργαστηρίου Τεχνικής Θερμοδυναμικής για την εκπόνηση του πειράματος και τους αρμόδιους καθηγητές που συνέβαλλαν σε αυτό.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος αυτής της πειραματικής διερεύνησης είναι η γνωστοποίηση των παραγώγων των καιόμενων στο θερμιδόμετρο κώνου υλικών προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν ατυχήματα ή επιπλοκές κατά τη διάθεση τους στο ευρύ κοινό αλλά και για την ορθή τους χρήση από αυτό.

Η ανάπτυξη του θέματος εξελίσσεται σε τέσσερα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται σαφής αναφορά στη φωτιά (καύση) και σε όλες εκείνες τις νομικές και θεσμικές παραμέτρους που την αφορούν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται τα είδη ξύλου που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία της πειραματικής διερεύνησης, καθώς και οι θερμικές και φυσικές ιδιότητές τους. Ακόμα γίνεται εκτενής αναφορά στη διαδικασία καύσης του ξύλου.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται ιστορική αναδρομή στο καλορίμετρο κώνου, που είναι το βασικό όργανο της εκπόνησης της παρούσας εργασίας και αναφέρονται οι ιδιότητες και η χρησιμότητα του στους μελετητές. Εν συνεχεία, παρουσιάζεται η αναλυτική διαδικασία της λειτουργίας του οργάνου αλλά και όλες οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται.

Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο καταγράφονται τα πειραματικά αποτελέσματα, γίνεται μελέτη και διαγραμματική αναπαράσταση αυτών προκειμένου να διεξαχθούν ορθά συμπεράσματα της διαδικασίας που προηγήθηκε.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....4

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Φωτιά .....7

1.1.1 Διάκριση υλικών βάσει αναφλεξιμότητας.....7

1.1.2 Τρίγωνο φωτιάς.....10

1.1.3 Στάδια φωτιάς.....11

1.1.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη φωτιάς.....13

1.1.5 Ρυθμός ανάπτυξης φωτιάς.....14

1.1.6. Παραγωγή και κίνηση καπνού.....14

1.1.7 Περιβαλλοντικοί παράγοντες .....16

1.2 Πυροπροστασία.....18

    Νομοθετικό πλαίσιο.....18

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. Ξύλο.....27

2.1. Το ξύλο στην πυρκαγιά.....28

2.2. Ιδιότητες του ξύλου.....28

2.2.1 Πυκνότητα.....28

2.2.2 Υγροσκοπιμότητα.....28

2.2.3 Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας.....29

2.2.4 Ρίκνωση και διόγκωση.....29

2.2.5 Θερμικές.....30

2.2.6 Απώλεια αντοχών.....30

2.2.7 Ακουστικές.....	31
2.2.8 Ηλεκτρικές.....	31
2.3. Αντίδραση του ξύλου στη φωτιά.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
Θερμιδόμετρο κώνου.....	35
3.1 Ιστορική αναδρομή.....	35
3.2 Διάταξη .....	37
3.3 Βαθμονόμηση οργάνου.....	38
3.3.1 Γενικά.....	38
3.3.2 Χαρακτηριστικά λογισμικού.....	39
3.3.3 Βελτίωση υπολογισμού έκλυσης θερμότητας με ανάλυση CO και CO <sub>2</sub> .....	39
3.3.4 Βαθμονόμηση αισθητήρων .....	42
3.3.5 Μετρητές ροής μάζας.....	43
3.3.6 Αισθητήρας διαφορικής πίεσης.....	45
3.3.7 Αναλυτές αερίων.....	47
3.3.8 Σύστημα καπνού.....	50
3.3.9 Ρύθμιση ζυγού.....	55
3.3.10 Αισθητήρες.....	56
3.3.11 Βαθμονόμηση μεθανίου και σταθερά C.....	57
3.3.12 Επεξεργασμένα αποτελέσματα.....	67
3.4 Εκτελώντας το πείραμα.....	70
3.4.1 Γενικά .....	70
3.4.2 Πληροφορίες πειράματος.....	77
3.4.3 Εκτέλεση πειράματος.....	82
3.4.4 Πληροφορίες και παρατηρήσεις μετά το πείραμα.....	84
3.4.5 Παράμετροι ανάκτησης δεδομένων.....	85
3.5 Φαινόμενα από προθέρμανση προς ανάφλεξη.....	88

3.5.1 Γενικά.....	88
3.5.2 Ρυθμός καύσης.....	90
3.5.3 Ροή θερμότητας φλόγας.....	91
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
4 Ανάλυση πειραματικών δεδομένων.....	92
4.1. Περιγραφή συνθηκών δοκιμής.....	92
4.2 Αποτελέσματα και σύγκριση αποτελεσμάτων.....	93
Βιβλιογραφία.....	104

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.1 ΦΩΤΙΑ

Πρόκειται για χημική αντίδραση κατά την οποία εκλύεται έντονα θερμότητα και κατά το φαινόμενο συντηρείται η φλόγα ως ορατό αποτέλεσμα της εξώθερμης αντίδρασης.

Οι καύσεις είναι εξώθερμες οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις μεταξύ ενός (τουλάχιστον) καυσίμου και ενός (τουλάχιστον) οξειδωτικού. Συνήθως όταν αναφέρεται ο όρος καύση, χωρίς άλλη διευκρίνιση εννοείται ότι πρόκειται για καύσιμο οξυγόνο ( $O_2$ ) ή με αέρα. Παλαιότερα ονομαζόταν καύση κάθε αντίδραση με το οξυγόνο που ελευθερώνει θερμότητα και φως. Σήμερα είναι δεκτό ότι και άλλες χημικές ουσίες εκτός του  $O_2$  μπορούν να προκαλέσουν διάφορες καύσεις. Τέτοιες χημικές ουσίες είναι το όζον  $O_3$ , το φθόριο  $F_2$ , το χλώριο  $Cl_2$  κ.ά.

Το υλικό που αντιδρά κατά την καύση ονομάζεται καύσιμο. Όταν αυτό είναι εύφλεκτο (αναφλέγεται εύκολα) συνήθως έχουμε φλόγα, άρα φωτιά. Μια φωτιά ξεκινά όταν ένα εύφλεκτο καύσιμο υλικό, υπό την παρουσία οξυγόνου ή κάποιου άλλου οξειδωτικού παράγοντα, βρεθεί σε κατάλληλη θερμοκρασία. Αυτή ονομάζεται «θερμοκρασία ανάφλεξης» ή «σημείο ανάφλεξης» και είναι διαφορετικό για κάθε υλικό. Μία φωτιά μπορεί να ξεκινήσει από μία σπίθα, μία άλλη φωτιά, μία έκρηξη, ένα αναμμένο αντικείμενο, πηγές έντονης θερμικής ακτινοβολίας όπως ο ήλιος, ένας λαμπτήρας πυράκτωσης κλπ. Υπάρχουν όμως και υλικά που ανήκουν στην κατηγορία των μη εύφλεκτων.

### 1.1.1 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΒΑΣΕΙ ΑΝΑΦΛΕΞΙΜΟΤΗΤΑΣ

Όλα τα υλικά ταξινομούνται ανεξάρτητα από το είδος τους. Σύμφωνα με το DIN 4102 έχουμε διαχωρισμό μεταξύ εύφλεκτων και μη εύφλεκτων υλικών.

#### α) Μη εύφλεκτα υλικά

Τα υλικά αυτά κατατάσσονται στην τάξη των οικοδομικών υλικών Α. Αυτά είναι υλικά που δεν αναφλέγονται και δεν θεωρούνται πυροφορτίο. Η τάξη Α χωρίζεται σε δυο ομάδες. Στην Α1 όπου κατατάσσονται υλικά για τα οποία δεν χρειάζεται ιδιαίτερη απόδειξη ότι δεν αναφλέγονται, όπως είναι η άμμος, το χαλίκι, το μπετόν, το ασφάλι

και τα αφρώδη υλικά. Στην A2 όπου κατατάσσονται υλικά των οποίων τα συστατικά μέρη δεν είναι εύφλεκτα. Έχουν όμως στην σύνθεση τους μικρές ποσότητες εύφλεκτων ουσιών, όπως πολλές πλάκες πυροπροστασίας από γυψοσανίδες, ή μπετόν.

### **β) Εύφλεκτα υλικά**

Τα εύφλεκτα υλικά κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το:

- πόσο γρήγορα αναφλέγονται.
- πόσο πολύ καίγονται, δηλαδή σε ποιο βαθμό καταστρέφονται λόγω της φωτιάς.
- ποια η εξέλιξη του καπνού στο υλικό, δηλαδή το εμπόδιο κατά την κατάσβεση της φωτιάς (Blassi W., 2000).
- Πρέπει να σημειωθεί ότι για την κατάταξη των υλικών σε τάξεις λαμβάνεται υπ'όψιν και το πόσο γρήγορα παίρνουν φωτιά. Με βάση τα παραπάνω γίνεται ο εξής διαχωρισμός:

### **Δύσκολα αναφλεγόμενα υλικά ( B1 )**

Τα υλικά αυτά έχουν την ιδιότητα ότι δεν συνεχίζουν να καίγονται όταν απομακρύνονται από την πηγή φωτιάς, όπως οι πλάκες πυροπροστασίας από γυψοσανίδες και το ξύλο που είναι επεξεργασμένο με πυροπροστατευτικά μέσα. Χρήση δύσκολα αναφλέξιμων υλικών γίνεται στις επενδύσεις τοίχων και οροφών, για μονωτικά υλικά κάτω από την οροφή, σε πετάσματα, σωληνώσεις, αγωγούς αερισμού εξαερισμού. Δύσκολα αναφλεγόμενα υλικά είναι ελαφρές δομικές πλάκες από ξυλοβάμβακα, πλάκες από ξηρό αφρό κ.ά.

### **Κανονικά αναφλεγόμενα υλικά ( B2 )**

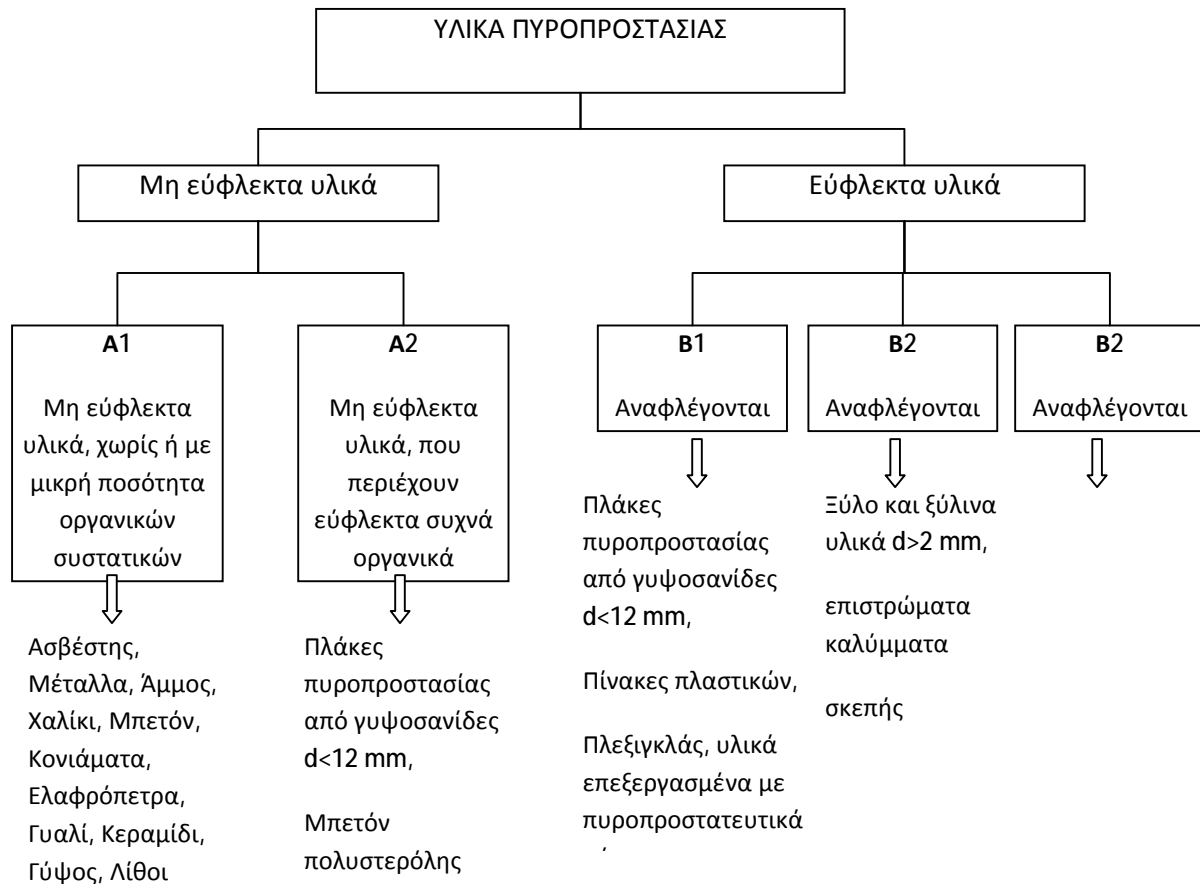
Σε αυτήν την ομάδα ανήκουν όλα τα εύφλεκτα και κυρίως είναι τα ξύλινα υλικά. Η κατάταξη των δομικών υλικών στην κατηγορία αυτή εξαρτάται από το πάχος τους. Για παράδειγμα στα προϊόντα ξυλείας όσα ξεπερνούν τα 2 mm πάχος κατατάσσονται στην παραπάνω κατηγορία. Οι περισσότεροι οικοδομικοί κανονισμοί απαγορεύουν την χρήση των εύφλεκτων οικοδομικών υλικών, αλλά αυτό δεν ισχύει αν υπάρχει συνδυασμός με άλλα υλικά που δεν είναι τόσο αναφλέξιμα. Κανονικά αναφλεγόμενα υλικά είναι τυποποιημένα χαρτόνια στέγης, στρώσεις δαπέδου PVC κ.ά.

### **Εύκολα αναφλεγόμενα υλικά ( B3 )**

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν υλικά όπως το άχυρο, τα αφρώδη πλαστικά, το χαρτί, το χόρτο, το βαμβάκι που αποτελούν στοιχεία της θερμομόνωσης–ηχομόνωσης, όπως είναι το χαρτί, ο ξυλοβάμβακας (είναι παρόμοιο με το



ξυλόμαλλο). Τα παραπάνω υλικά μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο αν με τον τρόπο χρήσης τους παύουν να λειτουργούν ως εύκολα αναφλέξιμα υλικά.



Πίνακας 1.1 : Διαγραμματική απεικόνιση με τις κατηγορίες των υλικών πυροπροστασίας, (Blassi W., 2000)

Η ταχεία ανάπτυξη και επέκταση της τεχνολογικής μας κοινωνίας έχει υιοθετήσει την εμφάνιση, ανάπτυξη και χρήση περισσότερων των 50.000 υλικών που χαρακτηρίζονται Επικίνδυνα Υλικά. Τα περισσότερα από αυτά θεωρούνται ασφαλή μέχρις ότου απελευθερωθούν από το σύστημα διαφύλαξής τους, συσκευασίας τους. Εν τω μεταξύ, καινούρια υλικά συνεχώς εμφανίζονται.

Το πρόβλημα της πυρόσβεσης διάφορων χημικών ουσιών εμφανίζεται σε πολλές περιπτώσεις, όπως στη χρήση, επεξεργασία, παραγωγή, αποθήκευση, διακίνηση, ακόμα και στη διάθεση των διάφορων χημικών προϊόντων. Δεν περιμένει κανείς από τους αξιωματικούς της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας να γνωρίζουν στην

εντέλεια όλα τα προστατευτικά μέτρα που απαιτούνται σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, αλλά τουλάχιστον πρέπει να γνωρίζουν τη φύση του κινδύνου ώστε να μπορούν να βρουν την κατάλληλη λύση αφού συμβουλευθούν τους ειδικούς.

### **Μορφή επικίνδυνων υλικών**

- Υγρά: Εύφλεκτα (ακετόνη, μεθανόλη, βενζίνη κ.ά.)  
Καυστικά (θειικό οξύ, καυστική σόδα, χλωρίνη κ.ά.)  
Δηλητηριώδη (κυανιούχες ενώσεις, φυτοφάρμακα κ.ά.)
- Στερεά: Εύφλεκτα (μαγνήσιο, θείο κ.ά.)  
Αντιδρώντα με νερό (κάλιο, νάτριο)  
Δηλητηριώδη (φυτοφάρμακα κ.ά.)
- Αέρια: Εύφλεκτα-Εκρηκτικά (υδρογόνο, υγραέριο κ.ά.)  
Δηλητηριώδη-Ασφυξιογόνα (κυάνιο, μονοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα)

#### **1.1.2. ΤΡΙΓΩΝΟ ΦΩΤΙΑΣ**

Τα απαραίτητα στοιχεία που πρέπει να συνυπάρχουν για να διατηρηθεί η φωτιά είναι τρία, το καύσιμο, το οξυγόνο ή κάποιος άλλος έντονος οξειδωτικός παράγοντας και φλόγα ή άλλη πηγή θερμότητας. Αυτά τα τρία στοιχεία ορίζουν το «τρίγωνο της φωτιάς».

Αναλυτικά τα τρία στοιχεία της φωτιάς είναι:

- Οξυγόνο: Βρίσκεται ελεύθερο στην ατμόσφαιρα σε ποσοστό 21% του ατμοσφαιρικού αέρα. Το ποσοστό αυτό είναι αρκετό για να συντηρηθεί η καύση. Το οξυγόνο υφίσταται σε πολλές περιπτώσεις καταστροφών ή αλλοιώσεων όπως στην καύση, στο σκούριασμα ή και στο σάπισμα.
- Καύσιμο: Ότι υπάρχει πάνω στη Γη μπορεί να καεί, δηλαδή μέσω μιας χημικής διαδικασίας με το οξυγόνο να παραχθεί φλόγα και θερμική ενέργεια. Για να έχουμε όμως φλόγα πρέπει το καύσιμο να μετατραπεί σε εύφλεκτο αέριο, έτσι ώστε το αέριο να ενωθεί με το οξυγόνο. Αυτή η μετατροπή του υλικού από στερεό σε υγρό ή αέριο ονομάζεται πυρόλυση.
- Θερμότητα: Διευκολύνει την ένωση του καυσίμου με το οξυγόνο. Στην πραγματικότητα, ανεβάζει την θερμοκρασία του υλικού μέχρι το υλικό να εξαερωθεί και στο τέλος να αναφλεγεί. Ως «θερμοκρασία ανάφλεξης» χαρακτηρίζουμε την οριακή θερμοκρασία στην οποία αναφλέγεται και αρχίζει να καίγεται το υλικό.

Η απουσία κάποιου στοιχείου από το τρίγωνο της φωτιάς ή σε περίπτωση που ένα από τα τρία δεν έρχεται σε επαφή επαρκώς με τα άλλα δυο οδηγεί στην καταστολή της.



**Εικόνα:** Στο σχήμα απεικονίζεται το τρίγωνο της φωτιάς και φαίνονται ξεκάθαρα τα τρία στοιχεία του.

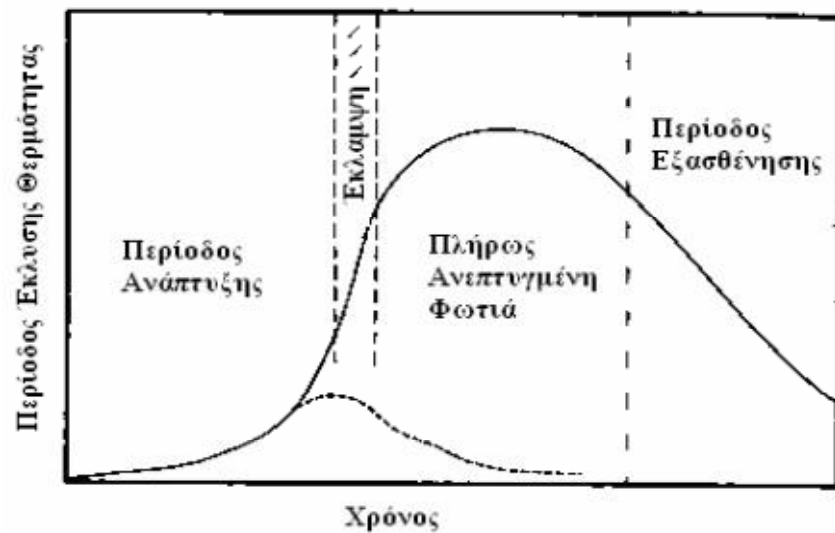
Μια πιο σύγχρονη θεωρία υποστηρίζει ότι το τρίγωνο της φωτιάς είναι τετράγωνο, αφού προστίθεται η χημική αλυσιδωτή αντίδραση στα στοιχεία που απαιτούνται για την ύπαρξη φωτιάς. Λίγο πιο συγκεκριμένα, η αλυσιδωτή χημική αντίδραση είναι η τάση που αποκτά η καύσιμη ύλη να εξαερώνεται και να ατμοποιείται κλιμακωτά και αυτό γιατί στην ήδη υπάρχουσα θερμοκρασία του καυσίμου προστίθεται και η θερμοκρασία του ίδιου του καυσίμου από την καύση του. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η φωτιά να μεγαλώνει όσο υπάρχει ακόμα καύσιμη ύλη.

### 1.1.3. ΣΤΑΔΙΑ ΦΩΤΙΑΣ

Εφόσον υπάρχει επαρκής αερισμός η φωτιά εξελίσσεται σε τρία βασικά στάδια:

- Το στάδιο της ανάπτυξης της φωτιάς (pre-flashoverfire): κατά το οποίο η μέση θερμοκρασία του δωματίου είναι σχετικά χαμηλή και επικρατεί γύρω από την περιοχή που ξεκίνησε το φαινόμενο.
- Το στάδιο της πλήρως ανεπτυγμένης φωτιάς (post-flashoverfire): στο οποίο παρατηρείται καύση των αναφλέξιμων αντικειμένων και εξάπλωση της φλόγας στο δεδομένο χώρο.

- Το στάδιο της εξασθένησης της φωτιάς: το οποίο εφίσταται εφόσον η τιμή της μέσης θερμοκρασίας έχει ως μέγιστη τιμή το 80% της μέγιστης θερμοκρασίας.



**Διάγραμμα:** Στο παραπάνω σχήματα μπορούμε να παρατηρήσουμε την εξέλιξη μιας τυπικής φωτιάς σε κτίριο συναρτήσει του χρόνου.

Στο τρίτο στάδιο οι αναφλέξιμες επιφάνειες εξαντλούνται με αποτέλεσμα την εξασθένηση της φωτιάς και την μείωση του ρυθμού καύσης. Σε αυτήν την περίπτωση, υπάρχει η πιθανότητα τα αναφλέξιμα στερεά να συνεχίσουν να καίγονται διατηρώντας υψηλές θερμοκρασίες.

### Έκλαμψη

Μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου σταδίου υπάρχει ένα μεταβατικό μέρος, η αναφερόμενη έκλαμψη ή έναυση (flashover). Αφού πραγματοποιηθεί η έκλαμψη:

- Η φωτιά μπορεί να κάψει ολοσχερώς το αντικείμενο από το οποίο ξεκίνησε η φωτιά χωρίς να προχωρήσει σε άλλα γειτονικά αντικείμενα και μετά από λίγο να σβήσει λόγω έλλειψης καύσιμης ύλης.
- Η φωτιά να σβήσει λόγω έλλειψης οξυγόνου ή να καίει σε πολύ μικρή έκταση και με πολύ αργούς ρυθμούς εφόσον το διαθέσιμο οξυγόνο δεν είναι αρκετό.
- Η φωτιά να αναπτυχθεί πλήρως λόγω της διαθέσιμης ποσότητας οξυγόνου και καυσίμου και να προχωρήσει σε όλα τα αντικείμενα του χώρου.

Παρόλο που η διάρκεια της έκλαμψης είναι αισθητά μικρότερη και από τα τρία στάδια που αναφέραμε, έχει μεγάλη σημασία γιατί μετά την έκλαμψη οι πιθανότητες επιβίωσης των ανθρώπων μέσα στο χώρο μειώνονται δραματικά. Κατά τη διάρκεια του σταδίου της πλήρως ανεπτυγμένης φωτιάς η έκλαμψη έχει τη μέγιστη τιμή της, πρακτικά σε εκείνο το χρονικό σημείο η φωτιά εξαπλώνεται και μεταδίδεται σε γειτονικούς χώρους μέσα από πόρτες ή παράθυρα. Αποτέλεσμα του συγκεκριμένου φαινομένου είναι μερική ή ολοκληρωτική κατάρρευση του κτιρίου.

#### **1.1.4. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΩΤΙΑΣ.**

Σε περίπτωση που το φλεγόμενο υλικό δεν είναι σε θέση να παράγει την απαιτούμενη θερμότητα ώστε να περάσουμε από το στάδιο της φωτιάς στο φαινόμενο της έκλαμψης πρέπει να αναφλεγούν και άλλα καύσιμα αντικείμενα. Το αν θα αναφλεγεί κάποιο αντικείμενο εξαρτάται από την απόσταση του από το σημείο που ξεκίνησε η φωτιά.

Ανάφλεξη ενός αντικειμένου πραγματοποιείται όταν αυτό βρίσκεται κοντά στην πηγή έναυσης και έρχεται σε επαφή με τη φλόγα. Σε αντίθετη περίπτωση η φωτιά είναι δυνατόν να συνεχιστεί μόνο μέσω ακτινοβολούμενης θερμότητας. Η ακτινοβολούμενη θερμότητα εξαρτάται από το ρυθμό καύσης.

Όλες οι επιφάνειες ενός χώρου μπορούν να οδηγήσουν στην γρήγορη ανάπτυξη της φλόγας σε δυο περιπτώσεις:

- Όταν μεγάλο ποσό θερμότητας εγκλωβίζεται στις εύφλεκτες επιφάνειες.
- Όταν η δημιουργία δυναμικής ροής οδηγεί σε γρήγορους ρυθμούς μετάδοσης θερμότητας.

### 1.1.5. ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΦΩΤΙΑΣ.

Το πόσο γρήγορα αναπτύσσεται η φωτιά εξαρτάται από το ρυθμό με τον οποίο μεταδίδεται, από το σημείο ανάφλεξης στα υπόλοιπα καύσιμα υλικά του χώρου και από τις φυσικές ιδιότητες και τη χημική σύσταση του κάθε υλικού. Για να έχουμε πλήρως ανεπτυγμένη φωτιά απαιτούνται πολύ υψηλές θερμοκρασίες στην οροφή του δωματίου (συνήθως μεγαλύτερες από 600° C). Ο ρυθμός αύξησης του τοπικού ρυθμού καύσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την συνολική καιόμενη επιφάνεια αλλά και από το φαινόμενο μεταφοράς θερμότητας λόγω ακτινοβολίας.

Τα στερεά υλικά έχουν τη δυνατότητα να καούν σε οποιαδήποτε πλευρά τους σε αντίθεση με τα υγρά υλικά τα οποία καίγονται μόνο στην οριζόντια επιφάνεια τους. Ο ρυθμός μετάδοσης της φλόγας επηρεάζεται σημαντικά από τη γωνία κλίσης της καύσιμης επιφάνειας. Συγκεκριμένα, λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του όταν η επιφάνεια είναι κάθετη, και μειώνεται συναρτησίως της γωνίας κλίσης. Ο ρυθμός διάδοσης της φλόγας προς τα πάνω είναι πολύ πιο γρήγορος συγκριτικά με το ρυθμό μετάδοσης της φλόγας προς τα κάτω.

Υπάρχουν τρεις περιπτώσεις στις οποίες διαφοροποιείται ο ρυθμός μετάδοσης της φλόγας:

- Όταν η φλόγα διαδίδεται προς τα κάτω, η εξάπλωσή της εμποδίζεται από τη ροή του αέρα. Σε αυτήν την περίπτωση ο ρυθμός μετάδοσης της φλόγας είναι αργός αλλά σταθερός.
- Όταν η φλόγα εξαπλώνεται ανοδικά κατά μήκος της κάθετης επιφάνειας η φλόγα και τα θερμά αέρια κινούνται με την ίδια φορά με αποτέλεσμα να έχουμε αυξανόμενο ρυθμό μεταφοράς της φλόγας.
- Όταν έχουμε οριζόντια διάδοσης της φωτιάς σε μια οροφή, στην οποία δεν υπάρχουν ανοίγματα (πόρτες, παράθυρα) επομένως δεν έχουμε εισαγωγή περισσότερου αέρα, και έτσι δεν έχουμε γρήγορη εξάπλωση της φλόγας.

### 1.1.6. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΗ ΚΑΠΝΟΥ

Ο καπνός είναι διάφορα σωματίδια άκαυστου άνθρακα που οφείλονται σε ατελή καύση. Εκτός από πολύ λίγες εξαιρέσεις, σε όλες τις φωτιές παρατηρείται παραγωγή καπνού. Ο καπνός προκαλεί μείωση της ορατότητας, με αποτέλεσμα να δυσκολεύεται η εκκένωση ενός κτιρίου, προκαλώντας επιμήκυνση του χρόνου κατά τον οποίο οι ένοικοι είναι εκτεθειμένοι στα προϊόντα της καύσης. Τα προϊόντα της καύσης αποτελούν πολλές φορές ένα εξαιρετικά σύνθετο μείγμα χημικών ενώσεων,

μερικές από τις οποίες είναι ικανές να προκαλέσουν ακόμα και το θάνατο, είτε λόγω μικρής χρονικής έκθεσης σε υψηλής συγκέντρωσης δηλητηριώδη αέρια, όπως για παράδειγμα το μονοξείδιο του άνθρακα, είτε λόγω μεγάλης χρονικής έκθεσης σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Αυτό που είναι σημαντικό είναι η δόση του αερίου που εισπνέεται, δηλαδή η συγκέντρωση των προϊόντων κάθε χρονική στιγμή. Αν η συγκέντρωση αυτή ξεπερνά κάποια συγκεκριμένη τιμή, τότε η εκκένωση ενός χώρου χωρίς εξωτερική βοήθεια είναι αδύνατη. Η διάρκεια της έκθεσης μεγαλώνει εάν η ορατότητα είναι περιορισμένη ή αν τα προϊόντα της καύσης προκαλούν ερεθισμούς στα μάτια και την αναπνοή.

Υπάρχουν δύο ξεχωριστά στάδια όσον αφορά τον καπνό που παράγεται:

1. Τα πρώτα στάδια της φωτιάς, όπου η φωτιά είναι μικρή σε μέγεθος και καίγεται μόνο ένα αντικείμενο.
2. Η πλήρως ανεπτυγμένη φωτιά (αφού έχει παρατηρηθεί έκλαμψη), όπου καίγονται όλα τα αντικείμενα σε ένα δωμάτιο.

Όσον αφορά το πρώτο στάδιο, αυτό σχετίζεται με την ανίχνευση του καπνού σε ένα δωμάτιο. Στο δεύτερο στάδιο, παράγονται μεγάλες ποσότητες καπνού που είναι ικανές να μετατρέψουν σε μη προσβάσιμα, ακόμα και σημεία τα οποία βρίσκονται μακριά από την φωτιά.

Αυτό που έχει ιδιαίτερη σημασία κατά την εξάπλωση μιας πυρκαγιάς σε ένα κτίριο είναι οι λόγοι κίνησης του καπνού και ο τρόπος κίνησής του από την στιγμή που αρχίζει να παράγεται. Ο καπνός, όπως συμβαίνει και με κάθε ρευστό, κινείται λόγω της επίδρασης δυνάμεων που ασκούνται σε ολόκληρο τον όγκο του. Τέτοιες δυνάμεις δημιουργούνται από:

- την άνωση που δημιουργείται άμεσα από την φωτιά,
- την άνωση που προκύπτει από διαφορές ανάμεσα στην εσωτερική και την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος,
- την επίδραση εξωτερικών ανέμων και την κίνηση του αέρα,
- το σύστημα διακίνησης του αέρα μέσα στο κτίριο.

Σχετικά με τον τρόπο κίνησης του καπνού, παρατηρούνται τα εξής: Κατά τα πρώτα στάδια μιας φωτιάς, τα προϊόντα της καύσης αρχίζουν να αραιώνουν καθώς κινούνται κάθετα με φορά προς τα πάνω ώσπου να φτάσουν στην οροφή. Ο θερμός καπνός κινείται στη συνέχεια οριζόντια ώσπου να συναντήσει κάποιο άνοιγμα και να συνεχίσει την ανοδική του πορεία ή, όπως είναι πιο πιθανό, ώσπου να συναντήσει κάποιο εμπόδιο, όπως για παράδειγμα έναν τοίχο, το οποίο θα τον αναγκάσει να σταματήσει την πορεία του. Έτσι, το στρώμα καπνού που είχε δημιουργηθεί αρχίζει να γίνεται πιο πυκνό και να εκτείνεται πιο χαμηλά, ενώ ο όγκος που καταλαμβάνει ο καπνός περιορίζεται από την οροφή και τους τοίχους του δωματίου. Ο ρυθμός με τον οποίο πυκνώνει αυτό το στρώμα καπνού εξαρτάται εν μέρει από τον ρυθμό της καύσης, αλλά κυρίως εξαρτάται από την ποσότητα αέρα που εισάγεται στο πλούμιο της φωτιάς (fire plume)

### 1.1.7. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.

- **Σύνθεση ατμόσφαιρας:** Σε περιοχές που υπάρχει υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου τα εύφλεκτα υλικά αναφλέγονται πιο εύκολα. Μια περιοχή θεωρείται ότι είναι πλούσια σε οξυγόνο όταν η μερική πίεση του οξυγόνου είναι μεγαλύτερη από 160mmHg, δηλαδή την κανονική ατμοσφαιρική πίεση. Γενικά με την αύξηση του οξυγόνου έχουμε και αύξηση στο ρυθμό εξάπλωσης της φλόγας.
- **Θερμοκρασία καυσίμου:** Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του καυσίμου έχουμε και αύξηση του ρυθμού εξάπλωσης της φλόγας, πράγμα αυτονόητο αφού όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του καυσίμου τόσο μειώνεται η θερμότητα που χρειάζεται το άκαυστο αντικείμενο για να αρχίσει να καίγεται.
- **Μετάδοση θερμότητας μέσω ακτινοβολίας:** Η μετάδοση θερμότητας μέσω ακτινοβολίας αυξάνει το ρυθμό μετάδοσης της φλόγας αφού έτσι το καύσιμο θερμαίνεται μακριά από το σημείο της φλόγας. Παρόλα αυτά ο αυξανόμενος ρυθμός καύσης δημιουργεί ισχυρές φλόγες οι οποίες αυξάνουν τη μετάδοση θερμότητας μέσω ακτινοβολίας και κατά συνέπεια η φωτιά εξαπλώνεται γρηγορότερα.
- **Ατμοσφαιρική Πίεση:** Γνωρίζουμε ότι όταν η ατμοσφαιρική πίεση είναι μεγάλη ο ρυθμός εξάπλωσης της φλόγας είναι, επίσης, μεγαλύτερος αφού η φωτιά εμπλουτίζεται με οξυγόνο και ενισχύεται.
- **Κίνηση του αέρα:** Η κίνηση του αέρα επηρεάζει το ρυθμό εξάπλωσης της φωτιάς. Όταν ο αέρας έχει την ίδια κατεύθυνση με τη φλόγα ο ρυθμός εξάπλωσης αυξάνεται. Στην περίπτωση, όμως, που η φλόγα έχει αντίθετη φορά από τον αέρα υπάρχουν δυο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση ο αέρας κινείται με πολύ μεγάλη ταχύτητα και ο ρυθμός της φλόγας μειώνεται. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όταν ο αέρας έχει μικρή σχετικά ταχύτητα ο ρυθμός μετάδοσης αυξάνεται.

## 1.2. ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Η Πυρασφάλεια περιλαμβάνει την πρόληψη, τον περιορισμό, την ανίχνευση της φωτιάς και την εκκένωση του κτιρίου. Η πρόληψη των πυρκαγιών σημαίνει ουσιαστικά την πρόληψη της ανάφλεξης των εύφλεκτων υλικών ελέγχοντας την πηγή θερμότητας. Αυτό συνεπάγεται τον κατάλληλο σχεδιασμό, την εγκατάσταση ή την κατασκευή και την συντήρηση του κτιρίου και του περιεχομένου του. Τα κατάλληλα



μέτρα πυρασφάλειας εξαρτώνται από την πληρότητα ή τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στο κτίριο. Ελλείψεις στο σχεδιασμό είναι συχνά υπεύθυνες για την εξάπλωση της θερμότητας και του καπνού σε περίπτωση πυρκαγιάς. Η έγκαιρη ανίχνευση της πυρκαγιάς είναι ουσιαστικής σημασίας για τη διασφάλιση επαρκούς χρόνου για την εκκένωση του φλεγόμενου χώρου. Οι απαιτήσεις σχετικά με την πυρασφάλεια καθορίζονται από τις προδιαγραφές για τα κτίρια και τους κώδικες πυρασφάλειας.

Σύμφωνα με τον ορισμό που έχει δωθεί Δομική Πυροπροστασία είναι το σύνολο των μέτρων, εργασιών και κατασκευών, που βασισμένες σε προσεκτική μελέτη όσων διαδραματίζονται στις πυρκαγιές κτιρίων, επιτρέπουν την πυρασφαλή σχεδίαση των δομικών κατασκευών.

Με τη δομική πυροπροστασία επιδιώκεται να γίνουν οι κατάλληλες προβλέψεις, ώστε αν συμβεί πυρκαγιά, να διασφαλίζονται οι ανθρώπινες ζωές και τα αποτελέσματα της να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο καταστρεπτικά για τους ενόικους, το άψυχο περιεχόμενο, αυτό το ίδιο το κτίριο και την περιοχή που το περιβάλλει, ακόμη και αν δεν γίνει επέμβαση για κατάσβεση του πυρός, με τα μέσα της ενεργούς πυροπροστασίας.

Επειδή αναφέρεται σε κατασκευαστικές προβλέψεις χαρακτηρίζεται σαν «παθητική» πυροπροστασία, σε αντίθεση με την «ενεργητική» πυροπροστασία που αναφέρεται σ'ένα σύνολο προβλέψεων και κατασκευών που λειτουργούν μετά την εκδήλωση της πυρκαγιάς. Τα θέματα της «παθητικής» πυροπροστασίας απασχολούν σημαντικό αριθμό ερευνητών και τα κυριώτερα συμπεράσματα των σχετικών προσπαθειών επιβάλλονται νομοθετικά σαν διατάξεις οικοδομικών κανονισμών, σε συνδυασμό με την ειδική χρήση κάθε κατηγορίας κτιρίων.

### **Πυραντίσταση**

Είναι η ικανότητα μιας κατασκευής να αντιστέκεται για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα, που ονομάζεται δείκτης πυραντίστασης, στα θερμικά αποτελέσματα μιας φωτιάς, χωρίς απώλεια της ευστάθειας, της ακεραιότητας και της αντίστασης στη θερμότητα.

### **Ακεραιότητα - Ευστάθεια**

Ακεραιότητα σε φωτιά ενός δομικού στοιχείου είναι η ικανότητά του να εμποδίζει το πέρασμα των φλογών και των θερμών καυσαερίων στην μη εκτεθειμένη πλευρά του, στην περίπτωση προσβολής φωτιάς από την άλλη πλευρά.

Ευστάθεια σε φωτιά ενός δομικού στοιχείου είναι η ικανότητά του να μην καταρρέει ή να μην ξεπερνά όρια παραμόρφωσης όταν φορτισμένο με προκαθορισμένο φορτίο εκτίθεται στην επίδραση της φωτιάς. Σύμφωνα με το κριτήριο μόνωσης, η θερμοκρασία στη μη εκτεθειμένη πλευρά σε φωτιά του δομικού στοιχείου πρέπει να μην ξεπερνάει κατά μέσο όρο τους 140ο C, ή το μέγιστο τους 180ο C, σε οποιοδήποτε σημείο.

### **Πυροδιαμέρισμα**

Πυροδιαμέρισμα ονομάζουμε ένα τμήμα κτιρίου ή και ολόκληρο κτίριο που περικλείεται ερμητικά από δομικά στοιχεία με προκαθορισμένο κατά περίπτωση δείκτη πυραντίστασης

### **Πυροθερμικό Φορτίο**

Πυροθερμικό φορτίο είναι το ποσό της εκλυόμενης θερμότητας από την καύση όλων των υλικών μέσα σε ένα χώρο του κτιρίου. Ο χαρακτηρισμός υψηλού βαθμού κινδύνου ισχύει για την περίπτωση που η πυκνότητα του πυροθερμικού φορτίου του κτιρίου ή μέρος αυτού είναι μεγαλύτερο από 2000 MJ/m<sup>2</sup>.

## **ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

### **1.1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ.**

Λόγω της ύπαρξης πολλών ειδών κτιρίων έχουν διαμορφωθεί κάποιες κατηγορίες σύμφωνα με την χρήση τους. Στην περίπτωση του πειράματός μας έχουμε τριώροφη κατοικία, οπότε ταξινομείται στην Α κατηγορία του Πίνακα 1.

**1.1.1.** Για τους σκοπούς του παρόντος Κανονισμού τα κτίρια ταξινομούνται ανάλογα με τη χρήση τους σε 9 κατηγορίες, σύμφωνα με τον παρακάτω Πίνακα 1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1**

	<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>	<b>ΕΙΔΗ ΚΤΙΡΙΩΝ</b>
<b>A.</b>	<b>Κατοικίες</b>	<b>Κτίρια διαμερισμάτων, Ξεχωριστές κατοικίες, Οικοτροφεία.</b>
<b>B.</b>	<b>Ξενοδοχεία</b>	<b>Ξενοδοχεία, Ξενώνες.</b>
<b>Γ.</b>	<b>Εκπαιδευτήρια</b>	<b>Σχολικά Κτίρια όλων των κατηγοριών και βαθμίδων εκπαίδευσης.</b>
<b>Δ.</b>	<b>Γραφεία</b>	<b>Κτίρια με δημόσια ή και ιδιωτικά γραφεία.</b>

Ε.	Καταστήματα	Κτίρια για αποθήκευση, έκθεση και πώληση εμπορευμάτων.
ΣΤ	Χώροι συνάθροισης κοινού	Κτίρια που χρησιμοποιούνται για τη συνάθροιση ατόμων, για κοινωνικές, οικονομικές, πνευματικές, ψυχαγωγικές ή αθλητικές δραστηριότητες.
Ζ.	Βιομηχανίες - Αποθήκες	Κτίρια που στεγάζουν βιομηχανικές και βιοτεχνικές δραστηριότητες ή και χρησιμοποιούνται για αποθήκευση πρώτων υλών & βιομηχανικών προϊόντων.
Η.	Νοσηλευτικές εγκαταστάσεις – φυλακές	Νοσοκομειακά κτίρια, Γηροκομεία, Παιδοβρεφονηπιακοί σταθμοί (με ύπνο), Κτίρια σωφρονισμού (φυλακές - αναμορφωτήρια).
Θ.	Χώροι στάθμευσης οχημάτων και πρατήρια υγρών καυσίμων	Υπαίθρια, υπόγεια και υπέργεια κτίρια στάθμευσης αυτοκινήτων και πρατήρια υγρών καυσίμων.

**1.1.2.** Λεπτομερέστερος προσδιορισμός των κτιρίων που ανήκουν σε κάθε κατηγορία δίνεται στις Ειδικές Διατάξεις του παρόντος Κανονισμού. Σε περίπτωση αμφιβολίας για τον προσδιορισμό της χρήσης ενός κτιρίου, αρμόδια για την κατάταξή του στη συγγενέστερη κατηγορία είναι η ελέγχουσα Δημόσια Αρχή.

Ο χαρακτηρισμός της κατηγορίας αναφέρεται σε ολόκληρο το κτίριο ή σ' ένα τμήμα του ή σ' ένα πυροδιαμέρισμα. Αφορά στην κυρία χρήση του κτιρίου. Τυχόν δευτερεύουσα άλλη χρήση που συνυπάρχει στο κτίριο εξετάζεται χωριστά, αν πρόκειται για κατοικία ή αν καταλαμβάνει επιφάνεια μεγαλύτερη του 1/4 της συνολικής επιφάνειας του κτιρίου.

**1.1.3.** Ανεξάρτητα από τη χρήση του, ένα κτίριο ή ένα τμήμα κτιρίου μπορεί να χαρακτηριστεί υψηλού βαθμού κινδύνου από τη φύση των περιεχομένων του. Συγκεκριμένα, όταν τα περιεχόμενα παρουσιάζουν μεγάλη αναφλεξιμότητα, ταχύτητα επιφανειακής εξάπλωσης της φλόγας και έκλυση θερμότητας ή παράγουν πολλά τοξικά καυσαέρια ή έχουν κίνδυνο έκρηξης.

Ο χαρακτηρισμός «υψηλού βαθμού κινδύνου» ισχύει και για την περίπτωση που η πυκνότητα του πυροθερμικού φορτίου του κτιρίου είναι μεγαλύτερη από  $2.000 \text{ MJ/m}^2$  (περίπου  $100 \text{ Kg/m}^2$  ισοδύναμο ξύλου). Στην περίπτωση μεμονωμένων επικίνδυνων χώρων (π.χ. λεβητοστάσια, δεξαμενές καυσίμων κ.λ.π.) ισχύουν τα μέτρα της παραγράφου 3.2.5 του κεφαλαίου της Δομικής Πυροπροστασίας.

Στην περίπτωση κτιρίου ή τμήματος κτιρίου, με υψηλό βαθμό κινδύνου, εκτός από τις απαιτήσεις της κύριας χρήσης ισχύουν και τα παρακάτω:

- Το επιτρεπόμενο μέγιστο μήκος της πραγματικής απόστασης απροστάτευτης όδευσης διαφυγής είναι 20 μέτρα.
- Η παροχή ανά μονάδα πλάτους καθορίζεται σε 30 άτομα για τις σκάλες και σε 50 άτομα για τα οριζόντια τμήματα της όδευσης διαφυγής.
- Επιβάλλεται η εγκατάσταση αυτομάτου συστήματος πυρόσβεσης.

## **1.2. ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ.**

### **1.2.1. ΓΕΝΙΚΑ.**

«Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όλα τα κτίρια που χρησιμοποιούνται για κατοικία, δηλαδή μονοκατοικίες, διπλοκατοικίες, πολυκατοικίες, ανεξάρτητα από τον τρόπο δόμησής τους και τη θέση του κτιρίου στο οικόπεδο ή τον αριθμό των ορόφων τους».

Όπου υπάρχουν και άλλες χρήσεις μέσα στο ίδιο το κτίριο ισχύουν τα αναφερόμενα στην παράγραφο 1.2.2. των Γενικών Διατάξεων.

## 1.2.2. ΟΔΕΥΣΕΙΣ ΔΙΑΦΥΓΗΣ.

### 1.2.2.1. Σχεδιασμός.

**2.1.1.** Ο θεωρητικός πληθυσμός των κτιρίων με χρήση κατοικίας υπολογίζεται με την αναλογία 1 ατόμου / 18 τετρ. μέτρα μεικτού εμβαδού κάτοψης, όπου συμπεριλαμβάνονται και οι ανοικτοί εξώστες (πατάρια).

**2.1.2.** Η παροχή ανά μονάδα πλάτους (0,60 του μέτρου) καθορίζεται σε:

- α) 100 άτομα για οριζόντιες οδεύσεις (διάδρομοι - πόρτες).
- β) 75 άτομα για κατακόρυφες οδεύσεις (σκάλες - ράμπες).

Το ελάχιστο πλάτος των οδεύσεων διαφυγής για αυτήν την κατηγορία κτιρίων ορίζεται σε 0,80 του μέτρου. Το ελάχιστο ελεύθερο πλάτος για τις πόρτες των οδεύσεων διαφυγής μπορεί να είναι 0,70 του μέτρου (μόνο στο πρώτο απροστάτευτο στάδιο της όδευσης).

**2.1.3. i)** Επιβάλλεται γενικά ο σχεδιασμός δύο τουλάχιστον εναλλακτικών οδεύσεων διαφυγής, που καταλήγουν σε αντίστοιχες εξόδους κινδύνου για:

- α) Ορόφους με πληθυσμό μεγαλύτερο των 50 ατόμων
- β) Πολυκατοικίες με περισσότερους από 6 ορόφους και πληθυσμό ορόφου μεγαλύτερο των 30 ατόμων.

Η μία από τις απαιτούμενες εξόδους επιτρέπεται να οδηγεί και σε εξωτερικό κλιμακοστάσιο με πλήρεις προδιαγραφές ασφαλείας, σύμφωνα με την παράγραφο 2.3.3 των Γενικών Διατάξεων.

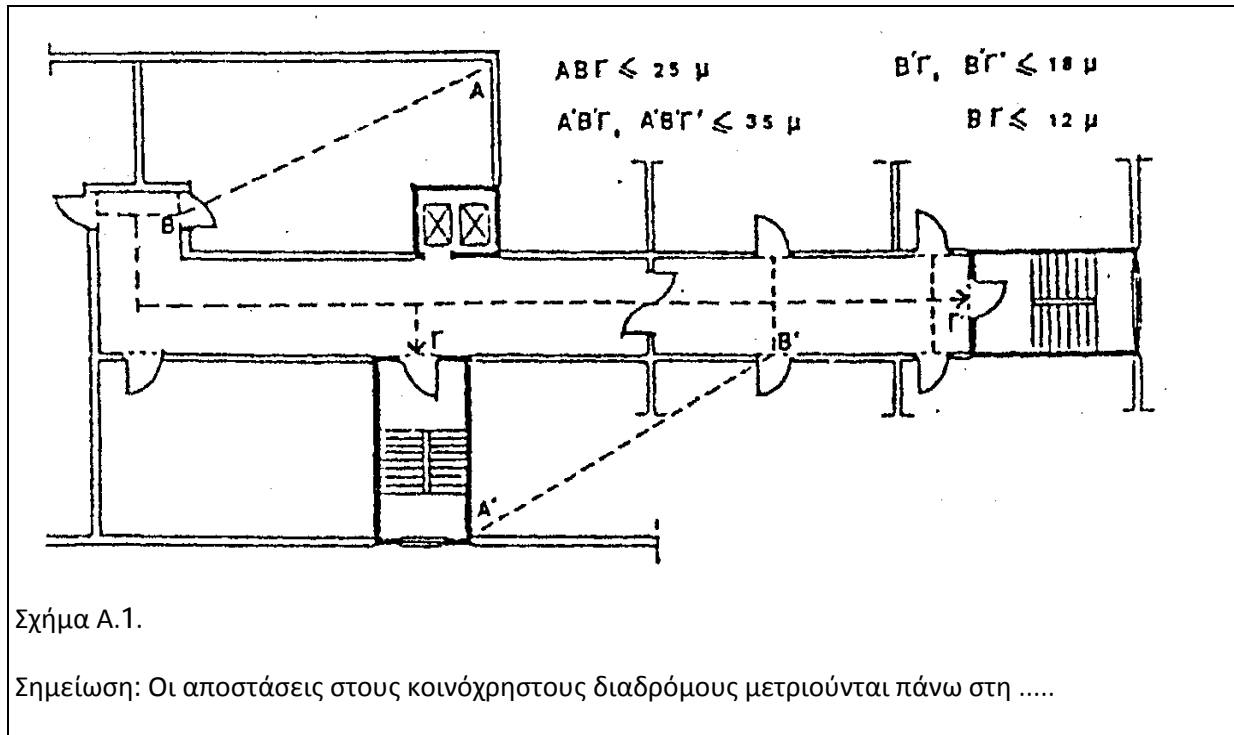
Η απόσταση από την εξώπορτα ενός διαμερίσματος μέχρι την έξοδο κινδύνου δεν πρέπει να ξεπερνά τα 18 μέτρα, ενώ η συνολική πραγματική απόσταση απροστάτευτης όδευσης από το πιο απομακρυσμένο σημείο δεν επιτρέπεται να ξεπερνά τα 35 μέτρα.

Στην περίπτωση που ο κοινόχρηστος διάδρομος περικλείεται από δομικά στοιχεία με δείκτη πυραντίστασης τουλάχιστον 30 λεπτών ή διαθέτει αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης ή πυρόσβεσης, το όριο των 18 μέτρων μπορεί να επεκταθεί σε 30 μέτρα και το όριο των 35 μέτρων σε 45 μέτρα.

Δεν επιτρέπεται η όδευση διαφυγής να περνά από αδιέξοδα μεγαλύτερα των 12 μέτρων.

**ii)** Στην περίπτωση μίας μόνο εξόδου κινδύνου η απόσταση της εξώπορτας ενός διαμερίσματος από αυτήν δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 12 μέτρα, ενώ η μέγιστη πραγματική απόσταση απροστάτευτης όδευσης φθάνει τα 25 μέτρα.

Στην ανάλογη περίπτωση πυροπροστατευμένου διαδρόμου (30 λεπτών) ή με σύστημα πυρανίχνευσης ή πυρόσβεσης, τα αντίστοιχα όρια είναι 25 και 35 μέτρα.



Σχήμα Α.1.

Σημείωση: Οι αποστάσεις στους κοινόχρηστους διαδρόμους μετριοούνται πάνω στη .....

**2.1.4.** Το πλάτος των ή της τελικής εξόδου δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το μισό του αθροίσματος των απαιτούμενων μονάδων πλάτους των οδεύσεων, για όλους τους ορόφους πάνω από τον όροφο εκκένωσης, σε κτίρια κατοικίας με περισσότερους από 3 ορόφους. Στα κτίρια μέχρι 3 ορόφους, το πλάτος της τελικής εξόδου υπολογίζεται από το άθροισμα των παροχών όλων των υπέργειων και υπόγειων ορόφων.

#### 1.4.2.2. Πυροπροστασία.

Τα δομικά στοιχεία του περιβλήματος πυροπροστατευμένης όδευσης διαφυγής (οριζόντιοι διάδρομοι - κλιμακοστάσια) πρέπει να έχουν ελάχιστο δείκτη πυρανίστασης σύμφωνα με τις απαιτήσεις του παρακάτω αναφερόμενου Πίνακα Α.1. Κατά τα άλλα, ισχύουν οι παράγραφοι 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3 των Γενικών Διατάξεων.

Δεν απαιτείται η δημιουργία ξεχωριστού πυροπροστατευμένου φρεατίου (3.2.9 Γενικών Διατάξεων) για κλιμακοστάσια κτιρίων μέχρι 4 ορόφους και με εμβαδόν

ορόφου μικρότερο των 500 τ. μέτρων. Στην περίπτωση όμως αυτή, οι εξώπορτες των διαμερισμάτων πρέπει να είναι πυράντοχες, με δείκτη πυραντίστασης τουλάχιστον 30 λεπτών.

#### 1.4.2.3. Φωτισμός - Σήμανση.

**2.3.1.** Ο τεχνητός φωτισμός των οδεύσεων διαφυγής πρέπει να διαρκεί τουλάχιστον για χρονικό διάστημα ίσο με το γινόμενο: αριθμός ορόφων X 20 δευτερόλεπτα.

**2.3.2.** Φωτισμός ασφαλείας σύμφωνα με την παράγραφο 2.6.3. των Γεν. Διατάξεων απαιτείται για κτίρια με 5 ή περισσότερους ορόφους.

**2.3.3.** Σε κτίρια όπου υπάρχουν τουλάχιστον δύο εναλλακτικές οδεύσεις με τις αντίστοιχες τελικές εξόδους, επιβάλλεται σήμανση σύμφωνα με την παράγραφο 2.6 των Γ. Διατάξεων.

#### 1.4.3. ΔΟΜΙΚΗ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.

**3.1.** Τα φέροντα δομικά στοιχεία, καθώς και τα στοιχεία του περιβλήματος των πυροδιαμερισμάτων (τοίχοι, πατώματα, πόρτες κ.λ.π.), δεν επιτρέπεται να έχουν δείκτη πυραντίστασης μικρότερο από τον αναφερόμενο στον πίνακα Α.1.

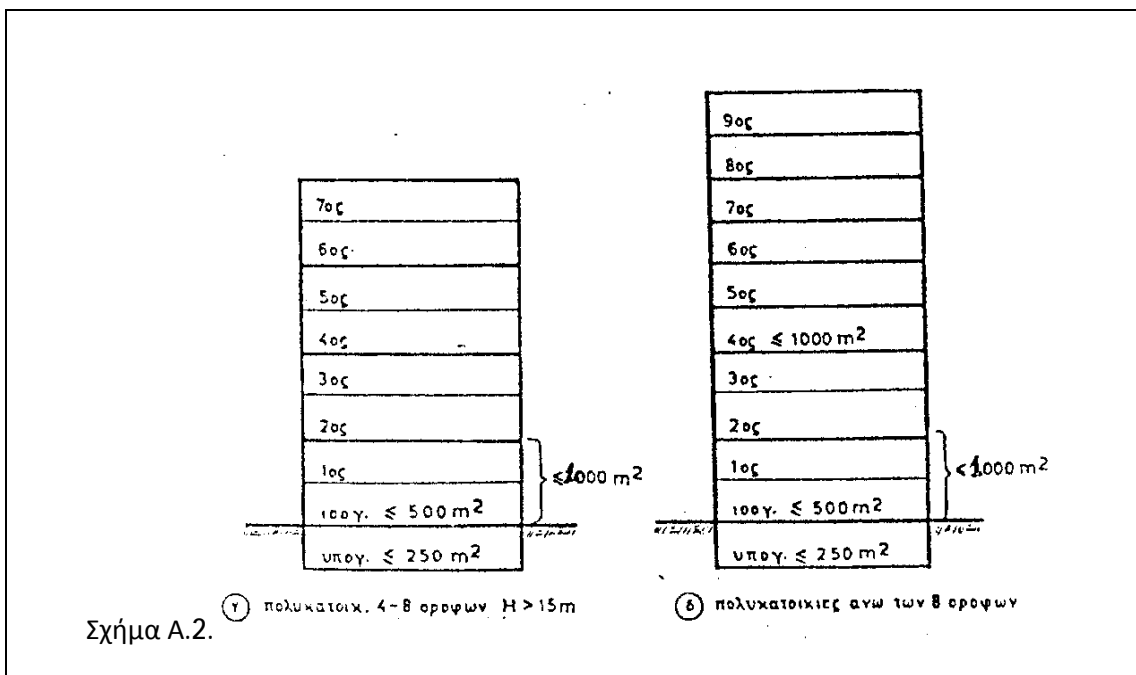
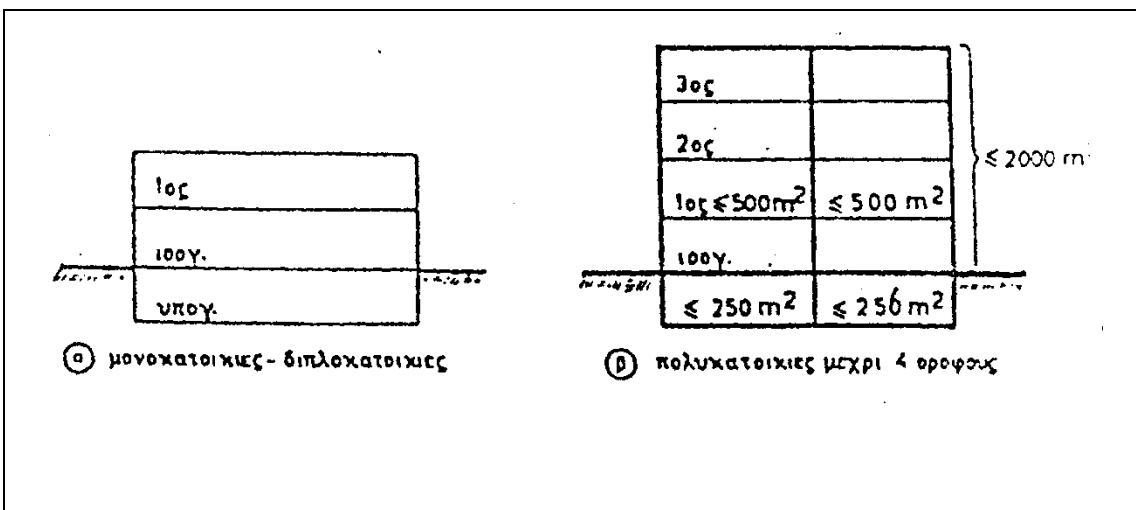
**ΠΙΝΑΚΑΣ Α.1**

ΕΛΑΧΙΣΤΟΙ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΥΡΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ		
Τύπος κτιρίου	Ισόγειο & Όροφοι	Υπόγειο*
Μονόροφα	30 λεπτά	60 λεπτά
<b>Από 2 - 4 ορόφους</b>	<b>30 λεπτά</b>	60 λεπτά
Από 5 - 8 ορόφους	60 λεπτά	90 λεπτά
άνω από 8 ορόφους	90 λεπτά	90 λεπτά

\* Μειώνεται κατά 30 λεπτά για υπόγειο με εμβαδό μικρότερο των 150 τ. μέτρων.

3.2.Κτίρια κατοικιών που δεν ξεπερνούν τους δύο υπέργειους ορόφους απαλλάσσονται από την απαίτηση δημιουργίας πυροδιαμερίσματος (εκτός από τους επικίνδυνους χώρους της παρακάτω παραγράφου 3.3).

Το μέγιστο επιτρεπόμενο εμβαδόν πυροδιαμερίσματος για κάθε όροφο πολυκατοικίας με περισσότερους από δύο και λιγότερους από εννέα ορόφους είναι 500 τ. μέτρα (σχ. Α.2).Το συνολικό εμβαδόν πυροδιαμερίσματος που εκτείνεται σε περισσότερους από έναν ορόφους δεν επιτρέπεται να ξεπερνά τα 2.000 τ. μέτρα (σχ. Α.2).Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις το ισόγειο υπολογίζεται ως όροφος.



Σχήμα Α.2.



**3.3.** Επικίνδυνοι χώροι σύμφωνα με την παράγραφο 3.2.5 των Γενικών Διατάξεων (λεβητοστάσια, αποθήκες καυσίμων, κ.λ.π.), πρέπει ν' αποτελούν ξεχωριστό πυροδιαμέρισμα ανεξάρτητα από το εμβαδόν τους, και να μην τοποθετούνται από κάτω ή σε άμεση γειτονία με τις εξόδους των κτιρίων.

**3.4.** Σε κάθε κτίριο κατοικίας μέχρι 4 ορόφους και με εμβαδόν ορόφου μεγαλύτερο από 500 τ. μέτρα, καθώς και σε όλα τα κτίρια με 5 ή περισσότερους ορόφους, τα λεβητοστάσια, οι αποθήκες καυσίμων και τα μηχανοστάσια πρέπει να είναι εξοπλισμένα με αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης, σύμφωνα με την παράγραφο 4.1 των Γενικών Διατάξεων και με φορητούς πυροσβεστήρες, σύμφωνα με την παράγραφο 4.1 των Γενικών Διατάξεων και με φορητούς πυροσβεστήρες, σύμφωνα με το Π. Δ/γμα 922/1977 (ΦΕΚ 315 τ. Α').

**3.5.** Σε όλα τα κτίρια με χρήση κατοικίας, σε χώρους ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, όπου υπάρχει πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιάς, πρέπει να τοποθετούνται τουλάχιστον δύο φορητοί πυροσβεστήρες.

Με βάση το υπ. Αρθ. 39112 Φ701.2/12-10-98 έγινε κωδικοποίηση ερμηνευτικών και διευκρινιστικών διαταγών επί της εφαρμογής του Π.Δ. 71/88. Παρακάτω παρατίθεται η συμπληρωματική νομοθετική διάταξη για κατοικίες.

### **1.3. ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ(ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ).**

**1.3.1.** Στην παράγραφο 3.1 και συγκεκριμένα στην στήλη του ΠΙΝΑΚΑ «Τύπος κτιρίου» γίνεται η ακόλουθη διάκριση :

- α) Μονόροφα Ισόγειο
- β) 2 - 4 ορόφους
- γ) 5 - 8 ορόφους
- δ) πάνω από 8 ορόφους
- ε) η πυλωτή υπολογίζεται όροφος.

- 1.3.2.** Τα μέτρα και μέσα πυροπροστασίας για κτίρια κατοικιών που εμπíπτουν στις διατάξεις του Π.Δ/τος 71/88 καθορίζονται από το άρθρο 5 αυτού και εφαρμόζονται κατά την διαδικασία του άρθρου 15 όπως αυτό συμπληρώθηκε με το Π.Δ. 374/88 και ισχύει σήμερα.
- 1.3.3.** Ο φωτισμός των οδεύσεων διαφυγής σε κτίρια κατοικιών που αναφέρεται στην παραγρ. 2.3.1 του άρθρου 5 δεν έχει καμμία σχέση με τον εφεδρικό ή το φωτισμό ασφαλείας, αλλά είναι ο τεχνητός φωτισμός με πηγή ενέργειας το ηλεκτρικό ρεύμα της Δ.Ε.Η όπως αυτό σαφέστερα περιγράφεται στις παραγράφους 2.6.1 και 2.6.2 των γενικών διατάξεων του κανονισμού.
- 1.3.4.** Τα μέτρα και μέσα πυροπροστασίας σε υφιστάμενα κτίρια κατοικιών όταν τούτο ζητηθεί προτείνονται από τις Π.Υ. με την σύνταξη έκθεσης επιθεώρησης σύμφωνα με την 7600/700 Φ.51/1/6-7-1960 Εγκύκλιο Δ/γής Α.Π.Σ.
- 1.3.5.** Σύμφωνα με το άρθρο 27 παράγρ. 2.4.3.4 του Κτιριοδομικού Κανονισμού (ΦΕΚ.59/Δ/3-2-89) απαγορεύεται η χρήση υγραερίων καυσίμων για κεντρικές θερμάνσεις, εκτός αν χρησιμοποιείται αέριο με συνεχή ροή από δίκτυο φωταερίου ή φυσικού αερίου πόλης.
- 1.3.6.** Στις περιπτώσεις δεξαμενών πετρελαίου που βρίσκονται σε λεβητοστάσια και χρησιμοποιούνται για ανάγκες κεντρικής θέρμανσης κατοικιών (υφισταμένων-νέων) από άποψη πυροπροστασίας εφαρμόζονται οι διατάξεις του Π.Δ. 922/1977 (ΦΕΚ Α' 315) σε συνδυασμό του άρθρου 27 του Κτιριοδομικού Κανονισμού.

Επίσης σε χώρους λεβητοστασίων, δεξαμενών καυσίμων κ.λ.π., κτιρίων με χρήση κατοικίας, για τα οποία έχει εκδοθεί άδεια οικοδομής μετά την έναρξη ισχύος του Π.Δ. 71/88, επιπλέον των μέτρων του Π.Δ. 922/1977, έχουν εφαρμογή και οι διατάξεις των παραγρ. 3.3 και 4.2 του άρθρου 5 του Π.Δ 71/1988.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΞΥΛΟ**

Το ξύλο είναι ένα υλικό φυσικό, ανανεώσιμο, ανακυκλώσιμο και πλήρως βιοδιασπώμενο που η κατεργασία του δεν απαιτεί μεγάλη κατανάλωση ενέργειας, δεν παράγει σημαντικές ποσότητες αποβλήτων και δεν προϋποθέτει την αγορά ακριβού εξοπλισμού. Η μεγάλη ποικιλία των ειδών του, προσέφερε στον άνθρωπο, ένα υλικό με μεγάλες κατασκευαστικές δυνατότητες και μια σημαντική ποικιλία επιθυμητών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων για χιλιάδες χρήσεις. Στο γεγονός αυτό οφείλεται η αδιάκοπη χρήση του από τον άνθρωπο, από τους προϊστορικούς χρόνους έως και τις σύγχρονες κοινωνίες, αποτελώντας ένα από τα πιο κοινά υλικά από τα οποία κατασκευάστηκε σημαντικό μέρος της παγκόσμιας υλικής πολιτιστικής κληρονομιάς.

Το ξύλο όμως είναι υλικό που οι ιδιότητες του, η σύστασή του και η δομή του μεταβάλλονται μεταξύ των διαφόρων ειδών του, προσβάλλεται από ποικιλία ζώντων οργανισμών και απειλείται από τις συχνές μεταβολές των συνθηκών που επικρατούν στο περιβάλλον όπου φιλοξενείται.

### **2.1. ΤΟ ΞΥΛΟ ΣΤΗΝ ΠΥΡΚΑΓΙΑ**

Η εξέλιξη της τεχνολογίας των δομικών υλών και κατασκευών τα τελευταία χρόνια επέτρεψε τη χρήση δομικών στοιχείων που αποτελούνται και από μη άκαυστα υλικά (εύφλεκτα). Αποφασιστική σημασία έχει η μηχανική του αντίσταση στη φωτιά. Κατά τη δεκαετία του '50-'60 αποδείχθηκε ότι το μη καιόμενο υλικό δεν είναι κατ'ανάγκη και το ασφαλέστερο. Την αρχή αυτή την δέχθηκε η κτιριοδομία για την αντιμετώπιση της πυρκαγιάς, με αποτέλεσμα να διαμορφωθούν και ανάλογα οι διάφοροι οικοδομικοί κανονισμοί.

Από το 1965 οι νέοι αγγλικοί οικοδομικοί κανονισμοί δέχονται τη χρήση δομικών υλικών που καίγονταν, αλλά υποδεικνύουν συγκεκριμένα κριτήρια, κανόνες και μεθόδους χρήσεως και ελέγχου. Η εμπειρία απέδειξε ότι ορισμένες μεταλλικές κατασκευές που δεν καίγονται μπορεί να καταρρεύσουν κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς απότομα, γι'αυτό και η παλαιότερη παρατήρηση ότι ξύλινοι φέροντες οργανισμοί καιόμενοι αυτοπροστατεύονταν μέχρι και να αποσβεστούν όταν σβήσουν και οι φλόγες, διατηρώντας συγχρόνως όλες τις ιδιότητες αντοχών τους στα μη καμένα τμήματα, αποδείχθηκε σωστή στην πράξη.

Τα τελευταία 30 χρόνια στην Αμερική και σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες συνεχείς πειραματισμοί πάνω σε φορείς από μέταλλο, ξύλο ή σύνθετο ξύλο και

μπετόν, διαμόρφωσαν μία σαφή εικόνα της συμπεριφοράς αυτών των υλικών στη πυρκαγιά.

Εφόσον πρώτιστο ρόλο στην πυρκαγιά παίζει η ασφάλεια της ζωής των ανθρώπων και των αγαθών τους, ο πρώτος παράγοντας που έχει σημασία είναι η διατήρηση της αντοχής των φερόντων στοιχείων ενός κτιρίου κατά τη διάρκεια της φωτιάς για ένα ικανό διάστημα.

Εκεί φαίνεται ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας ο χάλυβας και το αλουμίνιο πολύ γρήγορα χάνουν σχεδόν όλη τους την αντοχή, προκαλώντας απότομη κατάρρευση. Το ξύλο χάνει την αντοχή του σταδιακά, ανάλογα με τη μείωση της διατομής του.

Για να γίνει αντιληπτό γιατί το ξύλο συμπεριφέρεται τόσο καλά στην πυρκαγιά, είναι απαραίτητο να αναφερθούν μερικές ιδιότητες του υλικού που το ξεχωρίζουν από τα άλλα δομικά υλικά

## **2.2. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΞΥΛΟΥ**

### **2.2.1. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ**

- Ορίζεται ως ο λόγος της μάζας του ξηρού ξύλου που περιέχεται σε ορισμένο όγκο ξύλου και είναι το σημαντικότερο φυσικό χαρακτηριστικό του ξύλου.
- Κυμαίνεται μεταξύ  $100-1.200 \text{ kg/m}^3$  (στα ελληνικά ξύλα  $0.3-0.9 \text{ kg/m}^3$ ). Συνήθως πυκνότητα κωνοφόρων είναι  $400 \text{ kg/m}^3$
- Διαφέρει όχι μόνο σε είδη του ίδιου είδους (π.χ. διαφορετικά είδη δρυός) αλλά και σε διαφορετικά δέντρα του ίδιου είδους και σε διαφορετικές θέσεις της ξυλείας στον κορμό.
- Επειδή σχετίζεται στενά με τις μηχανικές ιδιότητες, έχει αρκετά μεγάλη σημασία ως δείκτης ποιότητας του ξύλου.

### **2.2.2. ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ**

- Είναι η ιδιότητα του ξύλου να αποβάλλει ή να προσλαμβάνει υγρασία ανάλογα με την σχετική υγρασία και θερμοκρασία του περιβάλλοντος ώσπου να φτάσει σε μια κατάσταση ισορροπίας.

### 2.2.3. ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

- Το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας του ξύλου εκφράζεται επί τοις εκατό (%) ως το βάρος του νερού που περιέχεται στο ξύλο ανηγγμένο στο βάρος του ξηρού ξύλου.

$$\text{ποσοστό υγρασίας (\%)} = \frac{\text{βάρος ξύλου} - \text{βάρος ξηρού ξύλου}}{\text{βάρος ξηρού ξύλου}}$$

- Από το ποσοστό υγρασίας εξαρτώνται όλες οι μηχανικές ιδιότητες του ξύλου, η παραμορφωσιμότητα επεξεργασίας, η αντίσταση σε μύκητες, έντομα κλπ.
- Μεταβάλλεται ακολουθώντας τις συνθήκες του περιβάλλοντος (σχετική υγρασία και θερμοκρασία) έως ότου το ποσοστό υγρασίας του ξύλου φτάσει το ποσοστό ισορροπίας του (όχι την σχετική υγρασία του περιβάλλοντος).
- ∅ Η διαδικασία της πρόσληψης του νερού από το περιβάλλον είναι η εξής: Το νερό μαζεύεται στα τοιχώματα των κυττάρων (“δεσμευμένο νερό”) έως ένα ποσοστό υγρασίας (“σημείο κορεσμού των ινών” ή “σημείο ινοκόρου”) της τάξεως 25-30% ανάλογα με το είδος του ξύλου. Προκαλείται αύξηση του όγκου του ξύλου.
- ∅ Το νερό γεμίζει τις κοιλότητες των κυττάρων έως το “ποσοστό ισορροπίας” ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος, χωρίς να σημειώνεται αύξηση του όγκου του ξύλου. Δηλαδή κατά την πρόσληψη νερού, το ξύλο διογκώνεται έως το ποσοστό υγρασίας του να φτάσει το σημείο κορεσμού. Για την αύξηση του ποσοστού υγρασίας πάνω από το σημείο ινοκόρου πρέπει να υπάρχει άμεση διαβροχή του ξύλου. Δεν συμβαίνει εύκολα με πρόσληψη από την ατμόσφαιρα εκτός από την περίπτωση εγκλωβισμού της υγρασίας.
- ∅ Στον Ευρωκώδικα 5 , η επιρροή του ποσοστού υγρασίας όπως και η επιρροή της διάρκειας της φόρτισης, λαμβάνονται υπ’όψιν στον καθορισμό των τιμών σχεδιασμού των αντοχών του ξύλου με την εισαγωγή ενός μειωτικού συντελεστή,  $K_{mod}$ , με τον οποίο πολλαπλασιάζονται οι χαρακτηριστικές τιμές,  $F_k$ , ώστε (και με την διαίρεση με τον επιμέρους συντελεστή  $\gamma_M=1.3$ ) να προκύψουν οι τιμές σχεδιασμού,  $F_d: F_d = K_{mod} \frac{F_k}{\gamma_M}$

### 2.2.4. ΡΙΚΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΓΚΩΣΗ

- Είναι η αυξομείωση των διαστάσεων του ξυλοτεμαχίου, ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας του.
- Οι διαστάσεις μεταβάλλονται ανάλογα με την διεύθυνση των ινών του ξυλοτεμαχίου (περίπου 0.4% αξονικά, 4% ακτινικά, 8% εφαπτομενικά, επί των διαστάσεων του ξηρού ξύλου) άρα ανάλογα με την κοπή του συγκεκριμένου τεμαχίου ξύλου.

### 2.2.5. ΘΕΡΜΙΚΕΣ

**A)** Το ξύλο έχει πολύ χαμηλό συντελεστή θερμικής γραμμικής διαστολής:  $4 \cdot 10^{-6}$  (0.000004) κατά μήκος των ινών του. Ακόμα όμως και αυτή η ασήμαντη διαστολή εξουδετερώνεται με τη συστολή του ξύλου, λόγω αποβολής εσωτερικής υγρασίας κατά την αύξηση της θερμοκρασίας. Το αποτέλεσμα είναι ότι το μήκος ενός ξύλινου στοιχείου στη διάρκεια της πυρκαγιάς είναι ουσιαστικά αμετάβλητο. Άρα, η συστολή και η διαστολή θεωρούνται αμελητέες κατά μήκος και κάθετα στις ίνες (επικαλύπτονται κατά πολύ από ρίκνωση και διόγκωση). Παρουσιάζουν σημαντική διαφορά με τις χαλύβδινες κατασκευές.

**B)** Η ειδική θερμότητα του ξύλου είναι μεγαλύτερη από αυτή των μετάλλων ( $1700 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ ).

**Γ)** Η θερμοαγωγιμότητα είναι μικρή λόγω της πορώδους δομής του ξύλου. Λόγω κυτταρικής κατασκευής του το ξύλο είναι πολύ κακός αγωγός της θερμότητας. Αυτό φαίνεται και από τον παρακάτω πίνακα που συγκρίνει διάφορα μεταξύ τους.

Θερμική Αγωγιμότητα σε  $\text{Kcal/MH}^\circ\text{C}$

1. ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	175
2. ΑΤΣΑΛΙ	45
3. ΜΠΕΤΟΝ	1,2
4. ΤΟΥΒΛΑ	0,1
5. ΞΥΛΟ	0,13
6. ΑΠΑΝΘΡΑΚΩΜΕΝΟ ΞΥΛΟ	0,03

### 2.2.6. ΑΠΩΛΕΙΑ ΑΝΤΟΧΩΝ

Τα φέροντα ξύλινα στοιχεία δεν είναι μόνο δύσκολο να αναφλεγούν, αλλά ακόμα και μετά την ανάφλεξη καίγονται αργά, διατηρούν όλα τα χαρακτηριστικά της αντοχής τους και η καύση αυτοπεριορίζεται μόλις εκλείψουν εξωτερικές πηγές υψηλών θερμοκρασιών.

Σε επίσημη δοκιμή απεδείχθη ότι μόλις τα φλόγιστρα που τροφοδοτούσαν με φωτιά το πείραμα έσβησαν, έσβησαν εύκολα και οι φλόγες της ξύλινης δοκού.

Τα στοιχεία από χάλυβα ή οπλισμένο σκυρόδεμα χάνουν αμέσως ή σχεδόν αμέσως την αντοχή τους από την επίδραση της θερμότητας, ενώ στο ξύλο με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται η αντοχή του, βέβαια έως ένα βαθμό, λόγω της μείωσης της εσωτερικής υγρασίας του.

Η αντοχή ενός φέροντος στοιχείου από ξύλο μειώνεται σταδιακά εξ' αιτίας της απώλειας του υλικού, επειδή απανθρακώνονται οι επιφάνειές του και αυτό έχει ως

αποτέλεσμα την άμεση προστασία της μάζας του ξύλου που βρίσκεται κάτω από αυτήν.

Το απανθρακωμένο ξύλο είναι πολύ καλό θερμομονωτικό υλικό. Μία ευνοϊκή επίδραση της αυτοπροστατευτικής απανθράκωσης των επιφανειών του ξύλου είναι ότι παρεμποδίζει την περαιτέρω διεύθυνση του οξυγόνου, που είναι απαραίτητο για να συνεχιστεί η καύση

### **2.2.7. ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ**

- Είναι κακός αγωγός για ήχους που παράγονται εκτός του ξύλινου στοιχείου και προσπίπτουν στην επιφάνεια του και γι'αυτό είναι κατάλληλο για χώρους ειδικών χρήσεων (π.χ. αίθουσες συναυλιών).
- Είναι καλός αγωγός για ήχους που παράγονται μέσα στη μάζα του ξύλινου στοιχείου, γι'αυτό είναι απαραίτητη η χρήση ηχομονωτικών διατάξεων (π.χ. ξύλινα πατώματα).

### **2.2.8. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ**

- Το ξηρό ξύλο είναι μονωτικό υλικό
- Η ηλεκτρική αντίσταση ελαττώνεται με την αύξηση της υγρασίας

## **2.3. ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΞΥΛΟΥ ΣΤΗ ΦΩΤΙΑ**

- Αναφλέγεται στους περίπου 500°C θερμοκρασία που για να επιτευχθεί σε συνήθεις διαστάσεις δοκιμής ξυλείας απαιτείται αρκετός χρόνος. Το ξύλο δεν είναι εύκολο να αναφλεγεί, πράγμα που ο καθένας ξέρει εάν έχει δοκιμάσει να ανάψει ένα μεγάλο κομμάτι ξύλου. Χωρίς είτε κάποια πηγή φλογών είτε παρατεταμένη προθέρμανση το ξύλο δε μπορεί να αναφλεγεί αυτόνομα πριν φτάσει θερμοκρασίες (450-500)°C, σημείο στο οποίο ο χάλυβας χάνει το μεγαλύτερο μέρος από την απαραίτητη αντοχή του.
- Λόγω της κυτταρικής δομής και της θερμομονωτικής ιδιότητας της κυτταρίνης, η θερμότητα μεταδίδεται αργά στη μάζα του καιόμενου μέλους

και η καύση περιορίζεται στην εκτιθέμενη επιφάνειά του. Οι υψηλές θερμοκρασίες δεν επιφέρουν μηχανική ή χημική αλλοίωση στην μη καιόμενη μάζα του ξύλου. Η απώλεια αντοχής ενός καιόμενου ξύλινου στοιχείου είναι ανάλογη της απομείωσης της διατομής του. Η απομείωση της διατομής ενός καιόμενου στοιχείου οφείλεται στην απανθράκωση του ξύλου, η οποία συμβαίνει με πολύ αργού ρυθμούς ( $0.50-0.65^{mm}/sec$ ).

- Μελέτες και εργαστηριακές δοκιμές στη συμπεριφορά του ξύλου στη φωτιά απέδειξαν ότι η ταχύτητα απανθράκωσης των επιφανειών του ξύλου είναι γνωστή από πριν, σταθερή με πολύ μικρές διαφορές στα διάφορα είδη, (π.χ. πιο αργή στα ξύλα υψηλής πυκνότητας ή στα σύνθετα ξύλα με την προϋπόθεση ότι θα χρησιμοποιηθούν κατάλληλες κόλλες κλπ.). Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι υπολογίζεται εύκολα από πριν όταν ένα ξύλινο στοιχείο εκτίθεται στη φωτιά για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Γενικά αποδεκτή ταχύτητα απανθράκωσης των επιφανειών του ξύλου (για δομική ξυλεία) είναι 0.67 του χιλιοστού ανά λεπτό. Το απανθρακούμενο υλικό περιορίζει και τελικά σβήνει την αναπτυσσόμενη επί αυτού φωτιά – φλόγα μετά την απομάκρυνση του αιτίου που την προκαλεί.
- Ακόμη και χωρίς επικάλυψη πυροπροστασίας έχει μάλλον μικρή συμμετοχή στην πρόκληση και διασπορά της φωτιάς εντός του χώρου σε σύγκριση π.χ. με τον εξοπλισμό ενός κτιρίου, παρ'όλ'αυτά είναι δυνατόν να υποστεί επεξεργασία με χημικές ουσίες επιβραδυντικές της φωτιάς.
- Κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς το ξύλο δεν εμφανίζει σημαντικές διαστολές και παραμορφώσεις.
- Η αύξηση της θερμοκρασίας του άκαυστου ξύλου περιορίζεται σε βάθος 25-30 mm όπου και παρατηρείται μείωση των μηχανικών χαρακτηριστικών του υλικού.
- Η αντιμετώπιση της απομείωσης της διατομής του εκάστοτε ξύλινου δομικού μέλους- που είναι και η βασική βλάβη που προκαλείται, από τη φωτιά-αντιμετωπίζεται είτε με επικάλυψη των μελών με αντιπυρικά υλικά υπό μορφή επιφανειακών στοιχείων είτε με απλή επαύξηση των απαιτούμενων για τη φέρουσα ικανότητα διατομών.
- Επειδή οι ξύλινες κατασκευές έχουν απολύτως προβλέψιμη χρονική εξέλιξη των αντοχών των μελών τους και επαρκώς προβλέψιμη της αντιστοίχισης των συνδέσεων, είναι δυνατόν να υπολογιστούν με μεγάλη ακρίβεια οι απαιτούμενες διαστάσεις των ξύλινων φερόντων στοιχείων μιας κατασκευής, για τον απαιτούμενο χρόνο πυροπροστασίας.
- Διάφορες επεξεργασίες του ξύλου (επαλείψεις-εμποτισμοί) μπορούν να αυξήσουν περισσότερο την αντίστασή του, π.χ. στην απανθράκωση της επιφάνειάς του ή την επιφανειακή διάδοση της φλόγας. Στις βαριές διατομές δεν χρησιμοποιούνται, αλλά για μικρά και ελαφρά στοιχεία ξύλου μας προσφέρουν ικανοποιητικά στοιχεία ξύλου μας προσφέρουν ικανοποιητικά αποτελέσματα.



- Τα φέροντα ξύλινα στοιχεία που εξωτερικά έχουν καεί διατηρούν την εσωτερική τους διατομή ανέπαφη, δεν χάνουν την αντοχή και φέρουν ομαλά τα φορτία στη διάρκεια της πυρκαγιάς και ασφαλώς και μετά από αυτήν. Πολλές φορές τα ξύλινα στοιχεία του φέροντος οργανισμού διατηρούνται στα κτίρια έστω και μετά από σοβαρές πυρκαγιές όπως έγινε και σε εργοστάσιο σε περιοχή της Πάτρας.  
Το «Αμερικανικό Ινστιτούτο Ξύλινων Κατασκευών» αναφέρει: τα στοιχεία μίας φέρουσας κατασκευής από ξύλο ή σύνθετο ξύλο, μπορούν συχνά να καθαριστούν, λειανθούν και βερνικωθούν επί τόπου, μετά από μία σοβαρή πυρκαγιά. Οι κατασκευές από ξύλο μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκ νέου αφού αντικατασταθούν όσα τμήματα καταστράφηκαν από τη φωτιά.
- Αυτές οι φυσικές ιδιότητες, σε συνεργασία με το γεγονός ότι οι μηχανικές ιδιότητες του ξύλου δεν επηρεάζονται σοβαρά από τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται μέσα στο σώμα του ξύλου, που δεν έχει απανθρακωθεί μας φανερώνουν πολύ χρήσιμες δυνατότητες των ξύλινων δομικών στοιχείων.  
Ένα ξύλινο στοιχείο (σε αντίθεση με τα αντίστοιχα από χάλυβα ή οπλισμένο σκυρόδεμα που είναι απροσταύτευτο) μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια πόσο χρόνο θα αντέξει σε μία πυρκαγιά κάτω από ορισμένα φορτία και για μια δεδομένη διατομή του. Φτάνει αυτό το ξύλινο στοιχείο να έχει κάποιες ελάχιστες διαστάσεις διατομής. Έτσι μπορεί να σχεδιαστεί με μία επαύξηση της διατομής του, που αντιστοιχεί σε αντίστοιχη επαύξηση της πυραντοχής του σε συγκεκριμένο χρόνο. Αυτό δεν είναι δυνατό να γίνει για το χάλυβα, όπου η θερμοκρασία σχεδόν ακαριαία μεταφέρεται σε όλη τη μάζα επηρεάζοντας τις μηχανικές του ιδιότητες.

Κατά τη διαδικασία καύσης του ξύλου διακρίνουμε τρία βασικά στάδια:

#### **1) Ατμοποίηση του νερού**

Κατά την αρχική θέρμανση του ξύλου σε μία εστία καύσης, η περισσότερη ενέργεια καταναλώνεται για την απομάκρυνση της υγρασίας από το ξύλο

#### **2) Εκπομπή του καπνού**

Με τη αύξηση της θερμοκρασίας του ξύλου περίπου στους 300°C αρχίζει η παραγωγή καπνού. Ο καπνός είναι ένα σύνολο καύσιμων αερίων (CO, υδρογονάνθρακες). Αναφλέγεται αν η θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή και υπάρχει και ανάλογη ποσότητα οξυγόνου. Εάν ο καπνός δεν αναφλεγεί, θα περάσει στην καμινάδα, όπου είτε θα συμπυκνωθεί ως κρεόζωτο (μίγμα αρωματικών οργανικών ενώσεων ή φαινολών, το οποίο λαμβάνεται από την απόσταξη των ξύλων) είτε εκπέμπεται στο εξωτερικό περιβάλλον ως ατμοσφαιρική ρύπανση.

### **3) Φάση ξυλάνθρακα**

Καθώς η διαδικασία καύσης προχωράει, τα περισσότερα από τα αέρια εξατμίζονται από την μάζα των ξύλων και απομένει κάρβουνο. Το κάρβουνο είναι 100% άνθρακας, ο οποίος καίγεται με μία ελάχιστη κόκκινη φλόγα και καπνό. Η καύση άνθρακα παράγει και μονοξείδιο του άνθρακα (CO), συνεπώς είναι ένας επικίνδυνος ρύπος ιδιαίτερα σε εσωτερικούς χώρους όταν υπάρχουν διαφυγές αερίων από την εγκατάσταση καύσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΟ ΚΩΝΟΥ

#### 3.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Κατά τα τέλη της δεκαετίας του 1970 και στις αρχές του 1980 κρίθηκε αναγκαία η κατασκευή ενός αξιόπιστου μηχανικού εργαλείου για τη μέτρηση του ρυθμού απελευθέρωσης της θερμότητας (σε εργαστηριακή κλίμακα). Αυτό συνέβη γιατί ο ρυθμός απελευθέρωσης της θερμότητας αποτελεί την πιο σημαντική και ταυτόχρονα απλή μεταβλητή που απαιτείται για να περιγράψει τον κίνδυνο της πυρκαγιάς.

Ένας αριθμός τέτοιων συσκευών είχαν ήδη κατασκευαστεί κατά τα παρελθόντα έτη. Κανένα όμως δεν κρίθηκε κατάλληλο για την κανονική εργαστηριακή χρήση από τον μηχανικό. Πρόβλημα παρουσιαζόταν τόσο στα σφάλματα μέτρησης, όσο και στη δυσκολία της λειτουργίας τους. Για να φτάσουμε στον τελικό σχεδιασμό της συσκευής αυτής, η οποία και ονομάστηκε «θερμιδόμετρο κώνου» χρειάστηκαν αρκετά χρόνια διερευνητικής εργασίας.

Η βασική αρχή λειτουργίας του θερμιδόμετρου κώνου έχει παραμείνει αναλλοίωτη έως και σήμερα. Παρ'ολ'αυτά έχουν γίνει πολυάριθμες βελτιώσεις και προσθήκες στην αρχική μορφή της συσκευής του 1982. Η πιο σημαντική αλλαγή της συσκευής αυτής ήταν η εισαγωγή των συστημάτων που αφορούν τη μέτρηση καπνού και αιθάλης. Οι περισσότερες από τις αλλαγές που υπέστη η συσκευή δεν εμπλέκονται με τη λειτουργία της –τεχνικά- αλλά επανασχεδιάστηκαν κάποια μέρη της προκειμένου να είναι πιο αξιόπιστη και πιο εύκολη στη λειτουργία της.

Μια ανάπτυξη έρευνας υπήρξε η κατασκευή της ελεγχόμενης ατμόσφαιρας με το θερμιδόμετρο κώνου. Τα οφέλη αυτής της κατασκευής είναι τρία: Α) Δίνεται η δυνατότητα να διεξάγει δοκιμές σε χαμηλά επίπεδα οξυγόνου, ή σε καθαρό άζωτο, που μπορούν να παρέχουν σημαντικές πρόσθετες πληροφορίες για το πολυμερές. Β) Σε ορισμένες εφαρμογές αεροδιαστημικής χρησιμοποιούνται υλικά αναφλεξιμότητας που θα πρέπει στη συνέχεια να μελετηθούν σε πιο επικίνδυνες συνθήκες. Γ) Κατά τη διάρκεια των φάσεων της φωτιάς ένα μέρος της καύσης λαμβάνει χώρα σε ρεύματα αέρα. Τέτοια συμπεριφορά καύσης μπορεί να ποσοτικοποιηθεί με ένα θερμιδόμετρο κώνου ελεγχόμενης ατμόσφαιρας.

Πολλές παλαιότερες συσκευές για την αξιολόγηση της ευφλεκτότητας δεν βασίζονται σε ρεαλιστικές συνθήκες πυρκαγιάς, ούτε οι μετρήσεις που λαμβάνονται έχουν ιδιαίτερη ποσοτική μηχανική σημασία. Ως εκ τούτου, αυτές οι συσκευές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μόνο για την επιτυχία ή αποτυχία ενός δείγματος, σύμφωνα με κάποια κανονιστική απαίτηση. Επειδή ο σχεδιασμός του και τα στοιχεία του είναι σταθερά και βασίζονται στη μηχανική κατανόηση της φωτιάς, το θερμιδόμετρο κώνου έχει ευρύτερη εφαρμογή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

- Παροχή στοιχείων που απαιτούνται για την state-of-the-art φωτιά.
- Παροχή δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς της φωτιάς, με τη βοήθεια απλών τύπων ή συσχετίσεων.
- Για την κατάταξη των προϊόντων ανάλογα με τις επιδόσεις τους.

Μια μελέτη της δεκαετίας του 1990 έδειξε ότι τα ποσοτικά αποτελέσματα δεν είναι ακόμα ικανά και ορθά σύμφωνα με την πραγματική συμπεριφορά της φωτιάς. Αντίθετα, έχει δειχθεί ότι ο ρυθμός αποδέσμευσης της θερμότητας είναι η πιο σημαντική μεταβλητή που περιγράφει τον κίνδυνο της πραγματικής φωτιάς.

Τα στοιχεία που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια των διάφορων προγραμμαμάτων δοκιμής πυροδωματίου έχουν δείξει ότι αυτή η μεταβλητή θα μπορούσε να εξηγήσει την απελευθέρωση της θερμότητας που προκύπτει από τις επιφάνειες επί των οποίων εξαπλώνεται η φλόγα. Αυτό είναι δυνατό, δεδομένου ότι η διαδικασία της εξάπλωσης της φλόγας και η διαδικασία ανάφλεξης διέπονται από τις ίδιες θερμοφυσικές ιδιότητες του υλικού.

Πολλές μέθοδοι δοκιμής πυρός είχαν ιδιαίτερα απλή έξοδο δεδομένων. Συνήθως όμως, θα πρέπει να αναφέρονται ένας ή δύο αριθμοί ή ,ενδεχομένως, μία ή δύο καμπύλες. Το θερμιδόμετρο κώνου ,ωστόσο, εξάγει μεγάλες ποσότητες δεδομένων: οι καμπύλες της απελευθέρωσης της θερμότητας, καπνού, CO, CO<sub>2</sub> και άλλων αερίων απόδοσης καθώς επίσης και την απώλεια μάζας. Προστίθεται σε αυτό και ένα μεγάλο ποσό των βαθμωτών δεδομένων, πέρα των 100 μεταβλητών.

Αυτά είναι όλα τα δεδομένα που συλλέγονται εύκολα και αυτόματα από το λογισμικό που χρησιμοποιείται στο θερμιδόμετρο κώνου. Το ζήτημα όμως που αντιμετωπίζουν οι μηχανικοί είναι η ανταλλαγή δεδομένων και η εισαγωγή στα μοντέλα πυρκαγιών και των μεθόδων υπολογισμού.

Παρά την εντυπωσιακά μεγάλη ποσότητα της έρευνας που έχει γίνει μέχρι τώρα, αναμένεται ότι θα γίνει ακόμα μεγαλύτερη όσον αφορά και τις εφαρμογές του θερμιδόμετρου κώνου τα χρόνια που έρχονται. Πρόκειται για μια συσκευή η οποία έχει ήδη αποδείξει τη χρησιμότητά της για τη βιομηχανία και τα εργαστήρια δοκιμών.

Ορισμένες από τις σημαντικές τάσεις που αναμένονται για τα επόμενα χρόνια περιλαμβάνουν:

- Αυξημένη χρήση στην ανάπτυξη πολυμερών.
- Έγκριση σε οικοδομικούς κώδικες και άλλες ρυθμίσεις με διάφορες εφαρμογές που οι απαιτήσεις θα πρέπει να εξυπηρετούνται καλύτερα από μία προσέγγιση του ρυθμού έκλυσης της θερμότητας.

- Μία αύξηση του αριθμού των τύπων του προϊόντος για το οποίο είναι διαθέσιμες συσχετίσεις ή αλγόριθμοι.
- Αυξημένο ενδιαφέρον για τα δεδομένα του θερμιδόμετρου κώνου από μηχανικούς πυροπροστασίας, όπου η μοντελοποίηση της φωτιάς είναι πιο ολοκληρωμένη και πιο επιτυχημένη.

### 3.2. ΔΙΑΤΑΞΗ



Τα βασικά στοιχεία της διάταξης είναι:

- θερμαντήρας κώνου με μέγιστη εκλυόμενη θερμότητα  $100 \text{ kW/m}^2$ , που μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε οριζόντιο όσο και σε κατακόρυφο προσανατολισμό.
- σπινθηριστής ή αναφλεκτήρας (igniter)  $10\text{kV}$ , για την ανάφλεξη του υλικού.
- μετρητής ροής θερμότητας (heat flux meter) για την ρύθμιση – βαθμονόμηση της παρεχόμενης θερμότητας στο υπό εξέταση δοκίμιο.
- σύστημα απαγωγής καυσαερίων το οποίο αποτελείται από μία καμινάδα και όργανα καταγραφής των αερίων της καύσης.
- αναλυτές των αερίων της καύσης ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ )
- αισθητήρες θερμοκρασίας (θερμοζεύγη).
- φωτόμετρο για τον προσδιορισμό της ποσότητας του παραγόμενου καπνού,
- ζυγός ακριβείας για τον προσδιορισμό του ρυθμού απώλειας μάζας του υπό δοκιμή υλικού.

- αισθητήρες μέτρησης διαφορικής πίεσης,
- σύστημα αφύγρανσης.

Το δοκίμιο τοποθετείται σε ένα μεταλλικό υποδοχέα που είναι μονωμένος με αλουμινόχαρτο και ο οποίος τοποθετείται στο ζυγό. Ο ζυγός καταγράφει το βάρος του δοκιμίου καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Ένας αναφλεκτήρας βρίσκεται τοποθετημένος ακριβώς πάνω από την επιφάνεια του δοκιμίου και κάτω από το θερμαντήρα κώνου. Ο αναφλεκτήρας θα αναφλέξει τα εύφλεκτα αέρια που εξέρχονται από το δοκίμιο όταν αυτό θερμαίνεται. Όταν ολόκληρη η επιφάνεια του δείγματος αρχίζει να καίγεται ομοιόμορφα, τότε ο αναφλεκτήρας απενεργοποιείται και αποσύρεται.

### **3.3 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΟΡΓΑΝΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ FTT CONECALC**

#### **3.3.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Το θερμιδόμετρο κώνου όπως έχουμε αναφέρει είναι μια εξελιγμένη πειραματική συσκευή και για να μπορέσουμε να το καλιμπράρουμε και να το χρησιμοποιήσουμε με ευκολία η FTT παρέχει το πακέτο λογισμικού ConeCalc ώστε να συμπληρώσει αυτό το όργανο. Το λογισμικό ConeCalc είναι ένα δυνατό αλλά συνάμα εύχρηστο πρόγραμμα βασισμένο στο περιβάλλον των windows το οποίο επιτρέπει στο χρήστη να εκτελεί τις περισσότερες λειτουργίες της συσκευής που απαιτούνται με τη βοήθεια ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Το λογισμικό έχει τρεις διαφορετικές λειτουργίες, η κάθε λειτουργία καθορίζεται σύμφωνα με το σχεδιασμό του θερμιδομέτρου κώνου και θα πρέπει να εγκαθίστανται και να χρησιμοποιούνται τα αρχεία λογισμικού ειδικά για το συγκεκριμένο τύπο θερμιδομέτρου κώνου.

Αυτές οι λειτουργίες είναι:

1. Standard Mode: είναι η τυπική λειτουργία για θερμιδομετρητές κώνου που δεν έχουν την επιλογή αυτόματης βαθμονόμησης και για όλες τις άλλες χειροκίνητες συσκευές.
2. AutoCone Mode: για καλορίμετρα κώνου που είναι εξοπλισμένα με την επιλογή αυτόματης βαθμονόμησης.
3. Atlas Cone2Mode: για συστήματα Atlas.

### 3.3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Τα κύρια χαρακτηριστικά του λογισμικού ConeCalc είναι :

- Οι ρυθμίσεις διαμόρφωσης μπορούν να τροποποιηθούν από το λογισμικό.
- Πλήρης βαθμονόμηση του συστήματος.
- Το υλικό και λογισμικό υποστηρίζει όλες τις σημαντικές μορφές θεμιδομετρητών κώνου.
- Τα σήματα από όλους τους μετατροπείς που συνδέονται με το σύστημα καταγραφής δεδομένων μπορούν να προβληθούν σε μονάδες μηχανικής.
- Η σταθερά c καταγράφεται και μπορεί να προβληθεί από το λογισμικό.
- Η θερμοκρασία του θερμαντήρα κώνου για κάθε συνδυασμό ροής θερμότητας αποθηκεύεται.
- Τα δεδομένα μπορούν να τροποποιηθούν χρησιμοποιώντας μια σειρά από διαφορετικά κριτήρια συμπεριλαμβανομένου και του ISO 5660-1.
- Περιλαμβάνει διαδικασία υπολογισμού θορύβου τόσο για τον αναλυτή οξυγόνου όσο και για το σύστημα καπνού.
- Πλήρης υποστήριξη για τους αναλυτές μονοξειδίου του άνθρακα, έτσι ώστε ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας να μπορεί να υπολογιστεί.

### 3.3.3 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΚΛΥΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ.

Ο υπολογισμός του ρυθμού έκλυσης θερμότητας στο θερμιδόμετρο κώνου βασίζεται στην αρχή κατανάλωσης οξυγόνου και παραδοσιακά υπολογίζεται μόνο ως η συγκέντρωση του οξυγόνου στα καυσαέρια. Αυτό μας οδηγεί σε υπολογισμούς με σφάλμα  $\pm 5\%$ . Η ακρίβεια του υπολογισμού του ρυθμού έκλυσης θερμότητας μπορεί επίσης να βελτιωθεί με την καταγραφή των συγκεντρώσεων μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα στα καυσαέρια. Η συσκευή και το λογισμικό της είναι σχεδιασμένα έτσι, ώστε ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας να μπορεί να υπολογιστεί με κάθε μια από αυτές τις μεθόδους. Είναι όμως επιτακτική ανάγκη οι ρυθμίσεις δειγματοληψίας καυσαερίων να είναι σωστές και στο θερμιδόμετρο κώνου αλλά και στο λογισμικό έτσι ώστε να αξιοποιηθούν πλήρως και να αποφευχθούν τα λάθη.

**A)Υπολογισμός ρυθμού έκλυσης θερμότητας χρησιμοποιώντας μόνο τη συγκέντρωση οξυγόνου**

Για τον υπολογισμό του ρυθμού έκλυσης θερμότητας μόνο από τη συγκέντρωση οξυγόνου, το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό θα πρέπει να απομακρυνθούν με χημικό ή με φυσικό τρόπο από τα καυσαέρια πριν καταγραφεί η συγκέντρωση οξυγόνου. Αυτό επιτυγχάνεται με το πέρασμα των καυσαερίων μέσω μιας ψυκτικής μικρής παγίδας και τριών στηλών αποξήρανσης. Η ψυχρή παγίδα αφαιρεί ένα μεγάλο μέρος του νερού από το καυσαέριο. Η πρώτη στήλη περιέχει ένα ξηραντικό παράγοντα για την απομάκρυνση τυχόν υπολειμμάτων νερού που έχουν απομείνει. Η δεύτερη στήλη περιέχει έναν παράγοντα απομάκρυνσης μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα (CO/CO<sub>2</sub>) και η τρίτη στήλη επίσης περιέχει έναν ξηραντικό παράγοντα. Αυτό γίνεται διότι η χημική αντίδραση που αφαιρεί το διοξείδιο του άνθρακα στη δεύτερη στήλη έχει παράγωγο το νερό το οποίο θα πρέπει και αυτό να αφαιρεθεί. Αυτή η διαδικασία συνήθως αναφέρεται ως scrubbed (εκκαθάριση) και πρέπει να εκτελεστεί αν το θερμιδόμετρο κώνου δεν διαθέτει αναλυτή μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα. Σε αυτή την περίπτωση η τρίοδη βαλβίδα του οργάνου μετά τη στήλη 1 πρέπει να ρυθμιστεί στην θέση scrubbed. Το ίδιο θα πρέπει να γίνει και στον διακόπτη διοξειδίου του άνθρακα στον πίνακα πληροφοριών test του λογισμικού(βλ. εικόνα 3.2).

Η παραπάνω μέθοδος δύναται επίσης να χρησιμοποιηθεί και σε θερμιδόμετρο κώνου το οποίο είναι εξοπλισμένο με αναλυτή μονοξειδίου – διοξειδίου του άνθρακα. Σε αυτή την περίπτωση το σύστημα πρέπει να περιέχει και τις τρεις στήλες και η βαλβίδα και το λογισμικό πρέπει να ρυθμιστούν σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία. Στη συνέχεια οι μετρήσεις μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα είναι αναγνώσιμες και αναφέρονται, όμως δεν ενσωματώνονται στους υπολογισμούς του ρυθμού έκλυσης θερμότητας.

### **B)Υπολογισμός έκλυσης θερμότητας χρησιμοποιώντας τις συγκεντρώσεις οξυγόνου, μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα**

Για τον υπολογισμό του ρυθμού έκλυσης θερμότητας από τη συγκέντρωση οξυγόνου μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα, μόνο το νερό θα πρέπει να απομακρυνθεί πριν οι συγκεντρώσεις καταγραφούν στους αντίστοιχους αναλυτές. Αυτό επιτυγχάνεται με μια διαδικασία εκκαθάρισης την οποία αναφέραμε και παραπάνω. Η μόνη διαφορά που υφίσταται είναι στη δεύτερη φάση της διαδικασίας στην οποία το αέριο περνά μόνο από μια στήλη ξήρανσης, την πρώτη στήλη που αναφέραμε παραπάνω. Αυτή η διαδικασία αναφέρεται συνήθως ως non scrubbed διότι το διοξείδιο του άνθρακα δεν αφαιρείται ή καθαρίζεται από το αέριο το οποίο εισέρχεται στον αναλυτή οξυγόνου. Αυτή η διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο αν το θερμιδόμετρο κώνου είναι εξοπλισμένο με αναλυτές οξυγόνου, διοξειδίου και μονοξειδίου του άνθρακα. Σε αυτή την περίπτωση η τρίοδη βαλβίδα μετά την στήλη ένα πρέπει να ρυθμιστεί στη θέση non scrubbed και ο διακόπτης διοξειδίου του άνθρακα στον πίνακα ελέγχου πληροφοριών(βλ. εικόνα 3.1).

Όταν εκτελούμε ένα πείραμα με αυτή τη μέθοδο ο υπολογισμός ρυθμού έκλυσης θερμότητας απαιτεί μια διόρθωση σχετικά με την περιεκτικότητα του νερού



στον εισερχόμενο αέρα. Ο υπολογισμός της περιεκτικότητας αέρα σε νερό σχετίζεται με τη θερμοκρασία τη σχετική υγρασία και την ατμοσφαιρική πίεση. Αυτές οι τρεις παράμετροι διαφέρουν από μέρα σε μέρα και μπορούν να μετρηθούν με κοινό εργαστηριακό εξοπλισμό. Οι μετρήσεις εισάγονται στον πίνακα ελέγχου πληροφοριών του λογισμικού, στο τμήμα ατμοσφαιρικές συνθήκες.

**ConeCalc: Test Information**

Data filename: C:\CCSA\_M2110001.CSV

Operator: Andrew Green

**Specimen Details**

Description: Black Extruded PMMA

Material name/ID: PMMA

E Value (MJ/kg): 13.1 Mass (g): 217.1

Thickness (mm): 18 Surface area (cm²): 100

Conditioned Cond. temp. (°C): 23

Cond. RH (%): 50

**Lab. name:** Fire Testing Technology

**Sponsor:**

**Manufacturer:**

**Apparatus Specification**

C factor: 0.04 O2 delay (s): 0

OD correction factor: 1 CO2 delay (s): 11

Duct diameter (m): 0.114 CO delay (s): 11

**Atmospheric Conditions**

Ambient temperature (°C): 21.7

Ambient pressure (kPa): 100.478

Relative humidity (%): 60

**Test Details**

Test to: ISO 5650-1

Test/report name: Test  in series

Nominal duct flow (l/s): 24 Sampling interval (s): 5

Heat flux (kW/m²): 50 Separation (mm): 25

**Specimen preparation details:**

Substrate used?

Name of substrate: none

**Orientation:**  Horizontal  Vertical

Retainer frame used  Grid used

**Carbon dioxide:**  Non-scrubbed  Scrubbed

Additional Information (no commas):

OK Cancel

Fire Testing Technology

Εικόνα 3.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ NON-SCRUBBED

**ConeCalc: Test Information**

Data filename: C:\CCSA\_M2110001.CSV

Operator: Andrew Green

**Specimen Details**

Description: Black Extruded PMMA

Material name/ID: PMMA

E Value (MJ/kg): 13.1 Mass (g): 217.1

Thickness (mm): 18 Surface area (cm²): 100

Conditioned Cond. temp. (°C): 23

Cond. RH (%): 50

**Lab. name:** Fire Testing Technology

**Sponsor:**

**Manufacturer:**

**Apparatus Specification**

C factor: 0.04 O2 delay (s): 0

OD correction factor: 1 CO2 delay (s): 11

Duct diameter (m): 0.114 CO delay (s): 11

**Atmospheric Conditions**

Scrubbed system - Details not required

**Test Details**

Test to: ISO 5650-1

Test/report name: Test  in series

Nominal duct flow (l/s): 24 Sampling interval (s): 5

Heat flux (kW/m²): 50 Separation (mm): 25

**Specimen preparation details:**

Substrate used?

Name of substrate: none

**Orientation:**  Horizontal  Vertical

Retainer frame used  Grid used

**Carbon dioxide:**  Non-scrubbed  Scrubbed

Additional Information (no commas):

OK Cancel

Fire Testing Technology

Εικόνα 3.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ SCRUBBED

Συμπερασματικά αν η θέση της βαλβίδας δεν έχει ορισθεί στο λογισμικό ένα σημαντικό σφάλμα θα προκύψει στα αποτελέσματα των υπολογισμών. Το σφάλμα αυτό σχετίζεται με την ποσότητα μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται.

- Για καλορίμετρα κώνου τα οποία είναι εξοπλισμένα με αναλυτή οξυγόνου, το διοξείδιο του άνθρακα πρέπει να αφαιρεθεί ως συνέπεια και οι τρεις στήλες αποξήρανσης θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν και η βαλβίδα πρέπει να ρυθμιστεί στη θέση scrubbed, όπως επίσης και ο διακόπτης διοξειδίου του άνθρακα στο λογισμικό.
  - Για καλορίμετρα κώνου τα οποία είναι εξοπλισμένα με αναλυτή οξυγόνου και μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα έχουμε δυο επιλογές :
1. Μπορούμε να εκτελέσουμε το πείραμα με τη μέθοδο non-scrubbed. Σε αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιούμε μόνο την πρώτη στήλη αποξήρανσης και η βαλβίδα όπως και το λογισμικό πρέπει να ρυθμιστούν στη θέση non-scrubbed. Επίσης είναι πολύ σημαντικό να εισάγουμε στο πρόγραμμα τις τιμές των ατμοσφαιρικών συνθηκών που επικρατούν, δηλαδή της θερμοκρασίας της ατμοσφαιρικής πίεσης και της σχετικής υγρασίας.
  2. Μπορούμε να εκτελέσουμε το πείραμα και με τη μέθοδο scrubbed. Σε αυτή την περίπτωση θα χρησιμοποιηθούν και οι τρεις στήλες αποξήρανσης και η βαλβίδα και το λογισμικό πρέπει να ρυθμιστούν στη θέση scrubbed.

Η ρουτίνα βαθμονόμησης μεθανίου επίσης χρησιμοποιεί υπολογισμούς έκλυσης θερμότητας και ως εκ τούτου υπόκειται σε παρόμοιες με τις παραπάνω επιλογές. Το λογισμικό ConeCalc5 έχει σχεδιαστεί ώστε να επιτρέπει την βαθμονόμηση και στις δυο λειτουργίες (scrubbed non-scrubbed).

### **3.3.4. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΟΥ ΚΩΝΟΥ ΣΕ STANDARD MODE.**

Πριν εκτελέσουμε οποιοδήποτε πείραμα ή καύση c-factor οι αισθητήρες του θερμιδόμετρου πρέπει να βαθμονομηθούν. Πρέπει να βεβαιωθούμε ότι η σωστή διαμόρφωση και οι αρχικές τιμές βαθμονόμησης των αισθητήρων έχουν εισαχτεί στον πίνακα διαμόρφωσης του λογισμικού ConeCalc. Ακόμη πρέπει να σιγουρευτούμε ότι η ψυχρή παγίδα έχει εκκενωθεί και λειτουργεί στην απαιτούμενη θερμοκρασία και ότι υπάρχει φρέσκος χημικός παράγοντας ξήρανσης στη γραμμή δειγματοληψίας αερίου πριν πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε βαθμονόμηση αναλυτή αερίου.

Η διαδικασία βαθμονόμησης είναι ελαφρώς διαφορετική σε καθέναν από τους τρεις τρόπους λειτουργίας, αλλά οι αρχές είναι ίδιες. Η ενότητα αυτή περιγράφει τη διαδικασία βαθμονόμησης σε standard mode.

Για να ξεκινήσουμε τη βαθμονόμηση πατάμε το κουμπί βαθμονόμησης στον κύριο πίνακα και στη συνέχεια επιλέγουμε το κατάλληλο κουμπί από τον πίνακα βαθμονόμησης (βλ. εικόνα 3.3). Κάθε μια από αυτές τις βαθμονομήσεις θα περιγράψει παρακάτω.

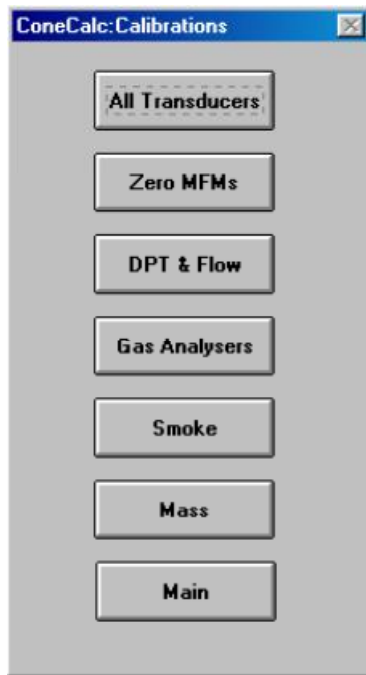
### 3.3.5 ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΡΟΗΣ ΜΑΖΑΣ

Ο μετρητής ροής της μάζας μεθανίου μετρά τη ροή του αερίου που παραδίδεται στον καυστήρα βαθμονόμησης. Ο προαιρετικός μετρητής ροής μάζας αιθάλης (ως μέρος ενός ελεγκτή ροής μάζας) μετρά τη ροή του αερίου που διέρχεται από το σύστημα φίλτρου μάζας της αιθάλης. Ο αισθητήρας του μετρητή ροής μάζας μπορεί να βαθμονομηθεί πατώντας το Zero MFM.

Ο πίνακας βαθμονόμησης MFM (βλ. εικόνα 3.4) εμφανίζει :

- Την τάση που μεταδίδεται από το μεθάνιο και αν παρέχεται τον μετρητή ροής μάζας αιθάλης.
- Τη ροή μάζας με την οποία σχετίζεται η τάση αυτή.
- Τη θερμότητα που εκλύεται από τη ροή του μεθανίου.
- Τα κουμπιά Zero και Reset.
- Εάν το σύστημα αιθάλης δεν παρέχεται, όπως προαναφέραμε τότε ο τομέας της ροής μάζας αιθάλης είναι κενός.

Όταν υπάρχει μηδενική ροή στη γραμμή παροχής μεθανίου τότε η έξοδος του μετρητή ροής μάζας μας δείχνει μηδέν. Βεβαιωνόμαστε ότι δεν υπάρχει αέριο που διέρχεται από τον μετρητή ροής μάζας κλείνοντας τη βαλβίδα της φιάλης μεθανίου. Επίσης κλείνουμε τις σφαιρικές βαλβίδες γύρω από τον μετρητή ροής μάζας και στη συνέχεια πατάμε το κουμπί Zero για να ορίσουμε το σημείο μηδέν. Η εμφανιζόμενη ροή τότε θα είναι περίπου μηδενική (0 ml/sec).



Εικόνα 3.3

Αν παρέχεται σύστημα μέτρησης ροής μάζας αιθάλης, τότε διασφαλίζουμε ότι υπάρχει μηδενική ροή στο μετρητή ροής μάζας αιθάλης, κλείνοντας την αντλία και πατώντας το κουμπί Zero στον τομέα μέτρησης της ροής μάζας αιθάλης για να ορίσουμε το σημείο μηδέν. Η εμφανιζόμενη ροή τότε θα είναι περίπου 0 mg/s. Για να αποθηκεύσουμε τις πληροφορίες βαθμονόμησης πατάμε το πλήκτρο Ok. Για να διαγράψουμε τα στοιχεία βαθμονόμησης πατάμε το κουμπί Cancel. Για να επαναφέρουμε τις προηγούμενες αποθηκευμένες ρυθμίσεις βαθμονόμησης πατάμε το κουμπί Reset. Αφού πατήσουμε το Reset η διαδικασία βαθμονόμησης πρέπει να επαναληφθεί.



Εικόνα 3.4

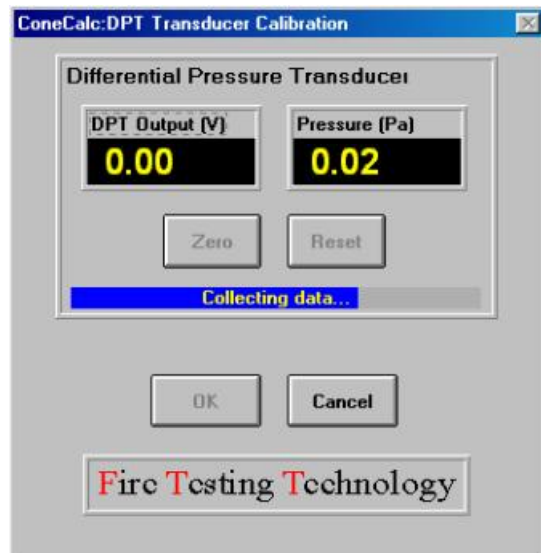
### 3.3.6 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Ο αισθητήρας διαφορικής πίεσης μετρά τη διαφορική πίεση που υπάρχει στο διάφραγμα ακροφυσίου, το οποίο είναι τοποθετημένο στον αγωγό εξαγωγής. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας μπορεί να βαθμονομηθεί πατώντας το κουμπί DPT & Flow.

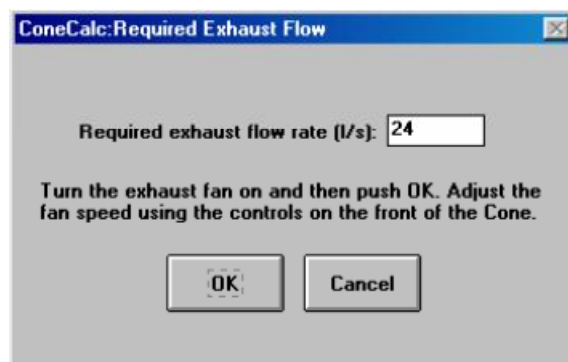
Ο πίνακας βαθμονόμησης του αισθητήρα διαφορικής πίεσης (βλ. εικόνα 3.5) εμφανίζει:

- Την τάση ρεύματος που μεταδίδεται για τον αισθητήρα διαφορικής πίεσης.
- Την πίεση με την οποία σχετίζεται η τάση αυτή.
- Τα κουμπιά reset και zero.

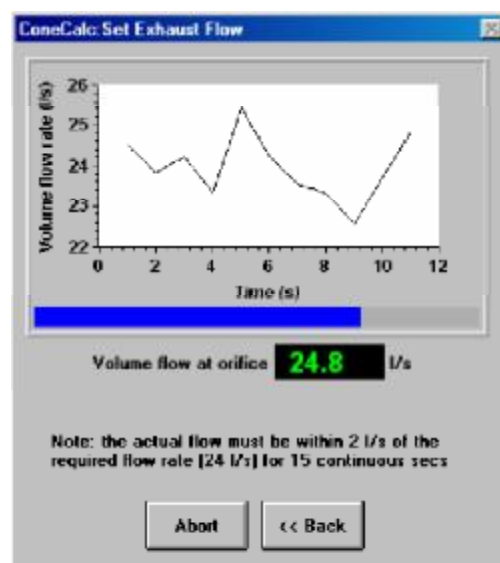
Όταν υπάρχει μηδενική ροή στον αγωγό τότε η διαφορική πίεση καταμήκους της πλάκας ακροφυσίων είναι μηδέν. Βεβαιωνόμαστε ότι ο ανεμιστήρας εξαγωγής αέρα είναι απενεργοποιημένος και ότι δεν υπάρχει ροή στον αγωγό σφραγίζοντας την έξοδο. Αυτό μπορεί να επιτευχτεί τοποθετώντας μια σακούλα ή ένα βιβλίο πάνω στην έξοδο του αγωγού. Πατάμε το κουμπί Zero για να ορίσουμε το μηδενικό σημείο μέτρησης της πίεσεως. Η εμφανιζόμενη πίεση στον αγωγό τότε θα είναι περίπου μηδέν (0 Pa). Παρατηρούμε ότι η τάση από τον πίνακα του αισθητήρα διαφορικής πίεσης δεν επηρεάζεται από τον μηδενισμό. Για να αποθηκεύσουμε τις ρυθμίσεις βαθμονόμησης πατάμε το κουμπί ok. Αφού έχουμε ορίσει το σημείο μηδέν τότε μπορούμε να αφαιρέσουμε το βιβλίο ή τη σακούλα από την έξοδο του αγωγού. Μετά πρέπει να ορίσουμε τη ροή του αγωγού (βλ. εικόνα 3.6). Εισάγουμε τον απαιτούμενο ρυθμό ροής (ο κανονικός ρυθμός ροής λειτουργίας είναι 24 lt/sec και αυτή είναι η προεπιλεγμένη τιμή). Στη συνέχεια ενεργοποιούμε τον ανεμιστήρα εξαγωγής αέρα. Μετά πατάμε το κουμπί Ok για να δούμε την πραγματική ροή μέσα στον αγωγό. Ο πίνακας ορισμού ροής τότε εμφανίζεται. Ο συγκεκριμένος πίνακας μας εμφανίζει τον τρέχοντα ρυθμό ροής, μια μπάρα προόδου και τα κουμπιά Abort και Back (βλ. εικόνα 3.7).



Εικόνα 3.5



Εικόνα 3.6



Εικόνα 3.7

Ρυθμίζουμε την ταχύτητα του ανεμιστήρα για να πετύχουμε τον απαιτούμενο ρυθμό ροής. Όταν εμφανίζονται εντός των ορίων δεκαπέντε συνεχόμενες τιμές ροής τότε η μπάρα προόδου θα δείχνει πλήρης και αυτόματα λαμβάνεται η παραδοχή ότι ο ρυθμός ροής έχει ρυθμιστεί σωστά. Το λογισμικό στη συνέχεια επιστρέφει αυτόματα στον πίνακα βαθμονόμησης.

Εάν ο ρυθμός ροής είναι εκτός ορίων, τότε η ένδειξη στην οθόνη γίνεται κόκκινη αντί για πράσινη και η γραμμή προόδου επανέρχεται στο μηδέν. Περαιτέρω έλεγχος του ρυθμού ροής μπορεί να πραγματοποιηθεί από τον πίνακα κατάστασης.

### 3.3.7 ΑΝΑΛΥΤΕΣ ΑΕΡΙΩΝ

Για να βαθμονομήσουμε των αναλυτή αερίου πρέπει να θέσουμε 2 γνωστά σημεία στην έξοδο του σε μηδενική συγκέντρωση αερίου και σε γνωστή συγκέντρωση σε ευρεία κλίμακα του αναλυτή. Η απόκριση του αναλυτή, δηλαδή η έξοδος ως συνάρτηση της συγκέντρωσης του αερίου είναι γραμμική. Με γνωστά αυτά τα δυο σημεία μπορούμε να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση σε οποιοδήποτε άλλο σημείο.

Ο αναλυτής οξυγόνου είναι ευαίσθητος στον ρυθμό ροής. Έτσι κατά την βαθμονόμηση είναι σημαντικό να διασφαλίσουμε ότι ο ρυθμός ροής του αερίου είναι ίδιος με του αναλυτή όπως όταν λειτουργεί κανονικά (με την αντλία ενεργοποιημένη).

Ο αναλυτής μονοξειδίου, διοξειδίου του άνθρακα είναι επίσης ευαίσθητος στο ρυθμό ροής, αλλά όχι τόσο ευαίσθητος όπως του οξυγόνου. Συνεπώς είναι πολύ καλή πρακτική να ταυτίζουμε τη ροή δειγματοληψίας και τη βαθμονομημένη ροή.

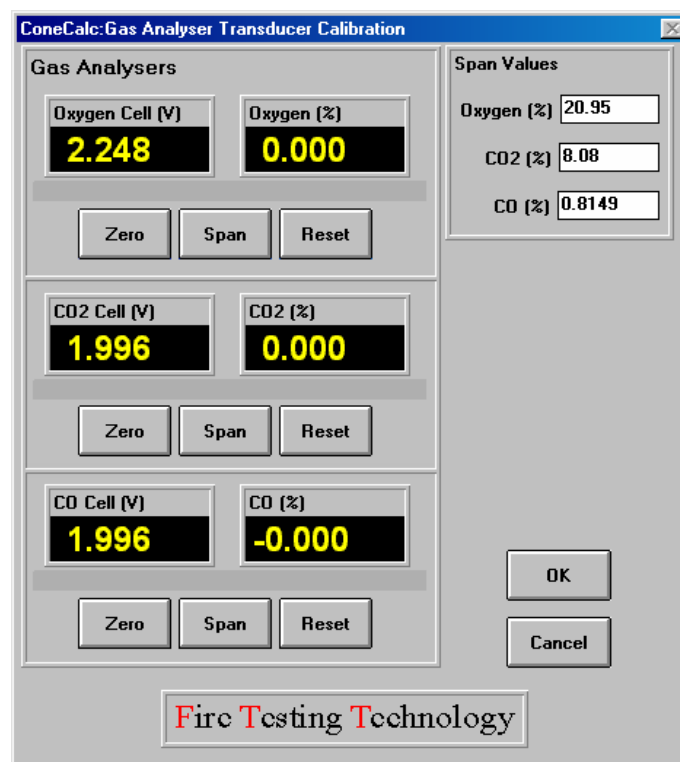
Για την βαθμονόμηση των αναλυτών πατάμε το κουμπί Gas Analyzers. Ο πίνακας βαθμονόμησης αισθητήρα αναλυτών αερίων (βλ. εικόνα 3.8) εμφανίζει:

- Την τάση ρεύματος που μεταδίδεται για κάθε μια από τις κυψέλες του αναλυτή.
- Την συγκέντρωση με την οποία η τάση αυτή σχετίζεται (υπολογισμένη από το σημείο μηδέν).
- Τα κουμπιά Zero, Span και Reset για κάθε αναλυτή.
- Μπάρα προόδου για κάθε βαθμονόμηση αναλυτή.
- Τις τιμές οξυγόνου, μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα επί τοις εκατό.

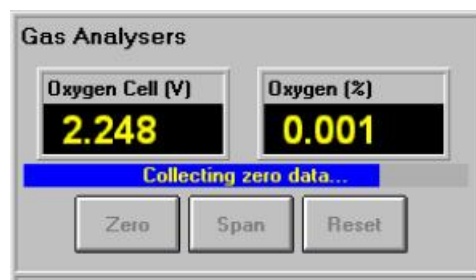
### Α) Διαδικασία μηδενισμού

Δημιουργούμε ροή αζώτου μέσα στον αναλυτή οξυγόνου και μέσα στους αναλυτές μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα. Αυτή η διαδικασία μπορεί να γίνει και με αέρα αντί για άζωτο. Περιμένουμε να σταθεροποιηθούν οι αναλυτές (αυτό

μπορεί να διαρκέσει μέχρι πέντε λεπτά) και συνέχεια εκτελούμε την διαδικασία μηδενισμού στους αναλυτές. Αφού οι αναλυτές έχουν σταθεροποιηθεί και δείχνουν την ένδειξη μηδέν τοις εκατό (0%) πατάμε το κουμπί Zero για να καταγράψουμε τις μηδενικές συνθήκες βαθμονόμησης. Οι ενδείξεις μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα στην οθόνη πρέπει να είναι περίπου 0,0001%. Αφήνουμε το άζωτο να συνεχίζει να ρέει και στη συνέχεια εκτελούμε τη διαδικασία μηδενισμού για τον αναλυτή οξυγόνου. Με τον αναλυτή οξυγόνου να δείχνει την ένδειξη μηδέν τοις εκατό (0%) πατάμε το κουμπί Zero για να καταγράψουμε τις συνθήκες βαθμονόμησης του μηδενισμού και η ένδειξη του οξυγόνου στην οθόνη πρέπει να είναι περίπου 0,000 % (βλ. εικόνα 3.9).



Εικόνα 3.8

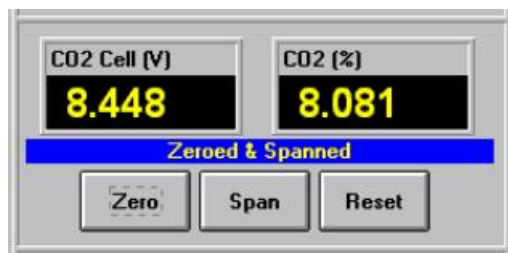


Εικόνα 3.9



## Β) Διαδικασία

Για να μετρήσουμε τους αναλυτές μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα, κλείνουμε τη φιάλη του αζώτου και συνδέουμε τη φιάλη με το μίγμα βαθμονόμησης αερίων στον αναλυτή. Βεβαιωνόμαστε ότι η ροή στον αναλυτή είναι στο σωστό ρυθμό ροής. Αφήνουμε το σύστημα να σταθεροποιηθεί και στη συνέχεια ρυθμίζουμε τη μέτρηση στη μονάδα αναλυτή με τη χρήση του λογισμικού του αναλυτή ή τη βίδα ρύθμισης, έτσι ώστε η τιμή να είναι ίση με την τιμή που αναφέρεται στο πιστοποιητικό βαθμονόμησης που παρέχεται με τη φιάλη. Στη συνέχεια ελέγχουμε ότι οι συγκεντρώσεις στις τιμές Span του λογισμικού συμφωνούν με τις τιμές που αναφέρονται στο πιστοποιητικό. Εφόσον δεν συμφωνούν πληκτρολογούμε τις σωστές τιμές. Στην συνέχεια πατάμε το κουμπί Span για να καταγράψουμε τις τιμές βαθμονόμησης. Οι ενδείξεις του μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα στην οθόνη θα πρέπει να είναι ίσες με τις τιμές Span. (βλ. εικόνα 3.10) .

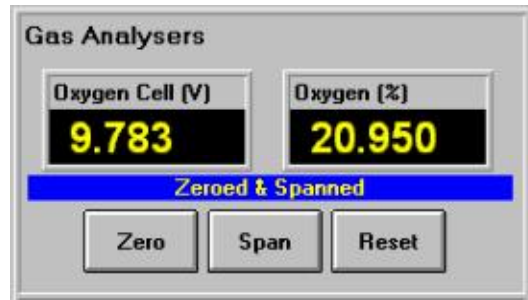


Εικόνα 3.10

Πριν εκτελέσουμε την ίδια διαδικασία για τον αναλυτή οξυγόνου βεβαιωνόμαστε ότι υπάρχει φρέσκος χημικός παράγοντας αποξήρανσης, η στρόφιγγα αποστράγγισης είναι κλειστή και ότι η ψυχρή παγίδα έχει εκκενωθεί και λειτουργεί στην απαιτούμενη θερμοκρασία. Στην συνέχεια ανοίγουμε την αντλία και τον ανεμιστήρα εξαγωγής και βεβαιωνόμαστε ότι η ροή στον αναλυτή βρίσκεται σε σωστό ρυθμό ροής. Αφήνουμε το σύστημα να σταθεροποιηθεί (αυτό μπορεί να διαρκέσει έως και δέκα λεπτά) και στη συνέχεια ρυθμίζουμε την τιμή Span του αναλυτή στο 20,950%.

Στη συνέχεια πατάμε το κουμπί Span για να καταγράψουμε τις συνθήκες βαθμονόμησης. Η ένδειξη του οξυγόνου στην οθόνη θα είναι ίση με 20,950% (βλ. εικόνα 3.11). Για να σώσουμε τις ρυθμίσεις βαθμονόμησης πατάμε το κουμπί Ok.

Εάν στη συνέχεια πλοηγηθούμε στον πίνακα διαμόρφωσης και εξετάσουμε τον τομέα βαθμονόμησης αισθητήρων θα δούμε ότι οι τάσεις και οι τιμές μέτρησης έχουν αλλάξει σύμφωνα με την ρουτίνα βαθμονόμησης.



Εικόνα 3.11

### 3.3.8 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΠΝΟΥ

Η βαθμονόμηση με λέιζερ συστήματος καπνού μπορεί να πραγματοποιηθεί πατώντας το κουμπί Smoke. Υπάρχουν τρεις προσαρμογές που γίνονται σχετικά με το σύστημα μέτρησης του καπνού.

- Διαδικασία μηδενισμού.
- Εξισορρόπηση ή ισοστάθμιση της εξόδου φωτοδιόδου.
- Βαθμονόμηση με χρήση προβαθμονομημένων οπτικών φίλτρων για τον προσδιορισμό της οπτικής πυκνότητας του συντελεστή διόρθωσης.

Το τρίτο μέρος της διαδικασίας τίθεται υπό αμφισβήτηση από έναν αριθμό χρηστών.

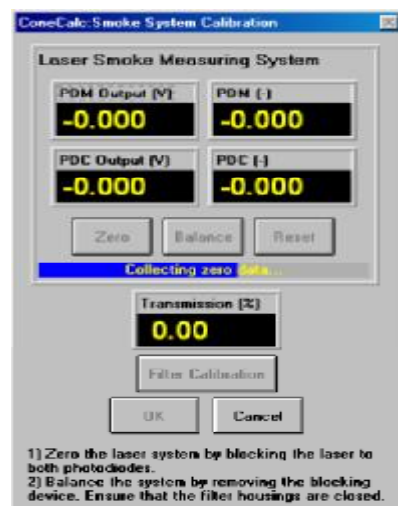
Συνεπώς εξαρτάται από τον χρήστη αν θα αποφασίσει να πραγματοποιήσει αυτό το μέρος της ρουτίνας βαθμονόμησης.

Για την βαθμονόμηση του συστήματος καπνού ανοίγουμε πρώτα τον πίνακα βαθμονόμησης συστήματος καπνού πατώντας το κουμπί Smoke. Αυτός ο πίνακας (βλ. εικόνα 3.12) εμφανίζει:

- Την τάση εξόδου του ρεύματος από τις φωτοδιόδους στο σύστημα.

- Τα βαθμονομημένα σήματα φωτοδιόδων (που υπολογίζονται από το σημείο 0).
- Τη μετάδοση.
- Τα κουμπιά Zero, Balance και Reset.
- Το κουμπί Filter Calibration.
- Τα κουμπιά Ok και Cancel.

Οι τάσεις εξόδου από τις φωτοδιόδους είναι οι μετρήσεις που λαμβάνονται άμεσα από τα δυο κυκλώματα και σε γενικές γραμμές δεν είναι ίδιες. Οι βαθμονομημένες ενδείξεις PDM (-) και PDC (-) είναι δεδομένα τα οποία έχουν διορθωθεί έτσι ώστε όταν δεν υπάρχει καπνός στον αγωγό οι βαθμονομημένες τιμές να είναι ίσες με 1,000 και όταν δεν υπάρχει φως στο σύστημα οι τιμές να είναι 0,000.



Εικόνα 3.12

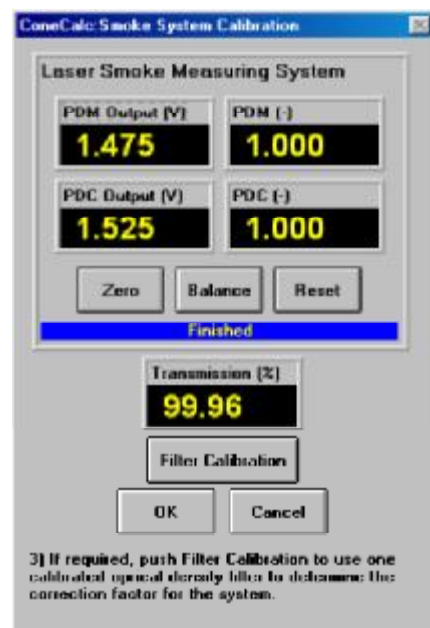
### **A) Διαδικασία μηδενισμού**

Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη διότι σε συνθήκες μηδενικού φωτισμού οι φωτοδιόδοι μπορούν να εξακολουθούν να παράγουν ένα μικρό σήμα εξόδου. Με το μηδενισμό ορίζουμε την έξοδο της φωτοδιόδου να είναι μηδέν σε συνθήκες μηδενικού φωτισμού. Αυτή η αντιστάθμιση παραμένει σταθερή σε συνάρτηση με τον χρόνο (υποθέτοντας πάντα ότι οι φωτοδιόδοι λειτουργούν σωστά). Για να μηδενίσουμε το σύστημα καπνού τοποθετούμε ένα αδιαφανές υλικό στη διαδρομή του λέιζερ πριν τη δίοδο που διαχωρίζει τη δέσμη. Αφήνουμε τις ενδείξεις των

φωτοδίοδων να σταθεροποιηθούν και στη συνέχεια πατάμε το κουμπί Zero. Οι τιμές PDM (-) και PDC (-) όπως επίσης και η τιμή μετάδοσης που εμφανίζονται θα είναι 0,000 και 0,00% αντίστοιχα.

## Β) Διαδικασία εξισορρόπησης

Αφαιρούμε το αδιαφανές υλικό από τη διαδρομή του φωτός. Η ποσότητα του φωτός που πέφτει σε κάθε μια από τις δυο φωτοδίοδους είναι σε γενικές γραμμές άνιση λόγω του οπτικού συστήματος που χρησιμοποιείται. Η εξισορρόπηση του συστήματος κάνει προσαρμογές σε διάφορους παράγοντες και διασφαλίζει ότι υπό οποιεσδήποτε συνθήκες καπνού η διορθωμένες ενδείξεις εξόδου από τις φωτοδίοδους είναι ίσες μεταξύ τους και έχουν την τιμή 1,000. Εάν το λέιζερ έχει απενεργοποιηθεί και ενεργοποιηθεί πάλι, είναι σκόπιμο να το αφήσουμε να μπορέσει να σταθεροποιηθεί για μια ώρα πριν από την εκτέλεση αυτής της βαθμονόμησης. Αφού έχει σταθεροποιηθεί πατάμε το κουμπί Balance. Με αυτό τον τρόπο θα γίνουν οι απαραίτητες διορθώσεις βαθμονόμησης και οι τιμές του PDM (-) και PDC (-) θα είναι 1,000 και η τιμή της μετάδοσης στην οθόνη θα είναι 100,00% (εικόνα βλ. 3.13).



Εικόνα 3.13

Το σύστημα λέιζερ είναι πλέον ρυθμισμένο. Για να αποθηκεύσουμε τις συνθήκες βαθμονόμησης πατάμε το κουμπί Ok ή το κουμπί Filter Calibration. Επειδή το σύστημα λέιζερ είναι εγγενώς γραμμικό η συγκεκριμένη βαθμονόμηση είναι επαρκής για να εξασφαλίσουμε σωστά αποτελέσματα για τον καπνό από τα όργανα.

Επίσης μπορούμε να εκτελέσουμε μια επιπλέον διαδικασία βαθμονόμησης για το σύστημα καπνού εάν έχουμε διαθέσιμο ένα φίλτρο το οποίο είναι βαθμονομημένο στο μήκος κύματος του λείζερ (632.8 nm για He-Ne λείζερ). Αν θέλουμε να εκτελέσουμε αυτή την πρόσθετη διαδικασία πατάμε το κουμπί Filter Calibration.

### **Γ) Πρόσθετη βαθμονόμηση του συστήματος καπνού**

Για τη βαθμονόμηση του συστήματος καπνού, δηλαδή τον προσδιορισμό του συντελεστή διόρθωσης της οπτικής πυκνότητας θα πρέπει να εισάγουμε ένα βαθμονομημένο οπτικό φίλτρο στην πορεία της δέσμης φωτός. Γενικά υπάρχουν δυο ειδών τέτοια φίλτρα τα οποία παρέχονται με διαφορετικές οπτικές πυκνότητες αλλά μόνο το ένα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση της βαθμονόμησης. Η επιλογή του φίλτρου βασίζεται στην πρότερη γνώση του αναμενόμενου εύρους μετρήσεων καπνού που πρέπει να γίνουν κατά την διάρκεια του πειράματος. Το φίλτρο με την πλησιέστερη οπτική πυκνότητα ως προς την αναμενόμενη θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Η εκτέλεση αυτής της βαθμονόμησης εξασφαλίζει ότι το λογισμικό μπορεί να υπολογίσει την πραγματική εξασθένιση φωτός από μια δεδομένη μείωση της έντασης που προκαλείται από τον καπνό μέσα στον αγωγό. Το σύστημα καπνού δεν πρέπει να βαθμονομείται έως ότου εκτελεστεί η διαδικασία μηδενισμού και εξισορρόπησης.

Ο κώνος είναι εξοπλισμένος με δυο οπτικά φίλτρα τα οποία έχουν ονομαστικές τιμές 0,3 και 0,8 αντίστοιχα (περίπου 50,1% και 15,8% εξασθένιση αντίστοιχα). Αφού πατήσουμε το κουμπί Filter Calibration θα δούμε ένα μήνυμα που μας ρωτάει αν θέλουμε να συνεχίσουμε. Μόλις πατήσουμε Yes οι λεπτομέριες βαθμονόμησης καπνού αποθηκεύονται και ο πίνακας System Filter Calibration εμφανίζεται (βλ. εικόνες 3.14, 3.15).

Βεβαιωνόμαστε ότι οι πραγματικές οπτικές πυκνότητες (στο μήκος κύματος του λείζερ 632,8 nm) για τα φίλτρα έχουν εισαχθεί. Είναι λάθος να υποθέσουμε ότι οι οπτικές πυκνότητες είναι ακριβώς ίσες με τις ονομαστικές τιμές, δηλαδή 0,3 και 0,8 καθώς αυτό μπορεί να προκαλέσει λανθασμένη βαθμονόμηση.

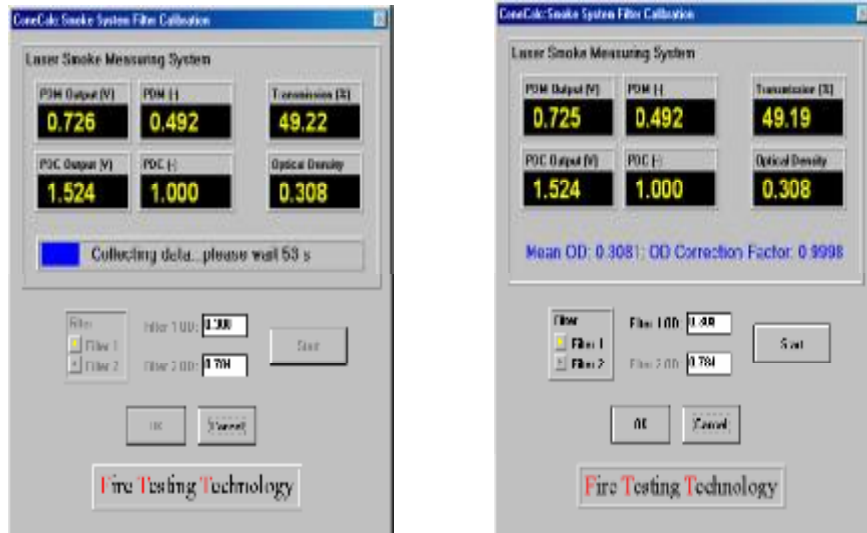
Στην συνέχεια επιλέγουμε το φίλτρο που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε από τα κουμπιά Filter1/Filter2. Τοποθετούμε το φίλτρο στην υποδοχή της κυρίας φωτοδιόδου (η φωτοδιόδος που βρίσκεται στη μεγαλύτερη απόσταση από το λείζερ). Αφήνουμε το σύστημα να σταθεροποιηθεί και στη συνέχεια πατάμε το κουμπί Start. Τα δεδομένα συλλέγονται για ένα λεπτό, κατά τη διάρκεια του οποίου δε πρέπει να αγγίζουμε το φίλτρο.

Η μέση οπτική πυκνότητα η οποία καταγράφηκε κατά τη διάρκεια του ενός λεπτού υπολογίζεται και συγκρίνεται με την πραγματική οπτική πυκνότητα του φίλτρου. Κατόπιν υπολογίζεται ο συντελεστής διόρθωσης οπτικής πυκνότητας και

ορίζεται ως: η πυκνότητα του φίλτρου προς την καταγεγραμμένη πυκνότητα. Για ένα σύστημα που λειτουργεί σωστά η τιμή αυτή θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0,95 και 1,05. Εάν η τιμή δε βρίσκεται σε αυτό το εύρος τιμών τότε θα πρέπει να ελέγξουμε ότι το φίλτρο είναι τοποθετημένο στη σωστή θέση και ότι το σωστό φίλτρο είναι επιλεγμένο στο λογισμικό. Επίσης θα πρέπει η τιμή που εμφανίζεται στην οθόνη να είναι ίδια με αυτήν που είναι πάνω στο φίλτρο. Πατάμε το κουμπί Ok για να αποθηκεύσουμε την τιμή του συντελεστή διόρθωσης οπτικής πυκνότητας. Αφαιρούμε το οπτικό φίλτρο και κλείνουμε την υποδοχή. Για να ακυρώσουμε τη διαδικασία πατάμε το κουμπί Cancel και για να την επαναλάβουμε πατάμε το κουμπί Start.



Εικόνα 3.14 : Πίνακας Smoke System Filter Calibration



Εικόνα 3.15 : Πίνακας Smoke System Filter Calibration

### 3.3.9 ΡΥΘΜΙΣΗ ΖΥΓΟΥ

Η μονάδα ελέγχου ζυγού New Port, η οποία παρέχεται με το θερμιδόμετρο κώνου μπορεί να κλιμακωθεί ώστε να προσαρμοστεί το εύρος εξόδου του για να ταιριάζει με τη μάζα του δείγματος που δοκιμάζουμε. Οπότε μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να δίνει ένα σήμα 10 Volt για κάθε ένα γραμμάριο ή για κάθε 300 γραμμάρια. Το λογισμικό θα πρέπει να ενημερωθεί για τη μέγιστη ρύθμιση της μονάδας ελέγχου. Για να το πετύχουμε αυτό πατάμε το κουμπί Mass, ώστε να εμφανιστεί ο πίνακας Load Sell Calibration (βλ. εικόνα 3.16).



Εικόνα 3.16 : Πίνακας Load Cell Calibration

Για να ρυθμίσουμε το ζυγό καταρχάς καθορίζουμε τη μέγιστη μάζα των δοκιμίων προς δοκιμή και επιλέγουμε ένα εύρος ελαφρώς μεγαλύτερο από την μεγαλύτερη μάζα. Για παράδειγμα αν τα δοκίμια μας ζυγίζουν περίπου 23 γραμμάρια, τότε επιλέγουμε ως κλίμακα πλήρους φορτίου τα 30 γραμμάρια. Η τιμή αυτή πρέπει να εισαχτεί στην μονάδα ελέγχου New Port αλλά και στο λογισμικό. Για να εισάγουμε την τιμή στο λογισμικό την πληκτρολογούμε στο πεδίο Span Value και πατάμε Enter. Η μάζα που εμφανίζεται στον πίνακα θα πρέπει να αντικατοπτρίζεται στη μονάδα ελέγχου New Port. Όταν η μάζα στο λογισμικό ταυτιστεί με αυτή της μονάδας ελέγχου New Port τότε πατάμε Ok.

Είναι πολύ σημαντικό η τιμή της μάζας να μην υπερβαίνει την τιμή Span, διότι ενώ η μονάδα ελέγχου New Port θα εμφανίζει τη σωστή μάζα το σήμα που θα στέλνει στον υπολογιστή θα είναι μέγιστο (μεγαλύτερο από 10 Volt) και συνεπώς θα είναι εσφαλμένο. Σε μια τέτοια περίπτωση όλες οι παράμετροι που αφορούν υπολογισμούς μάζας θα είναι εσφαλμένες.

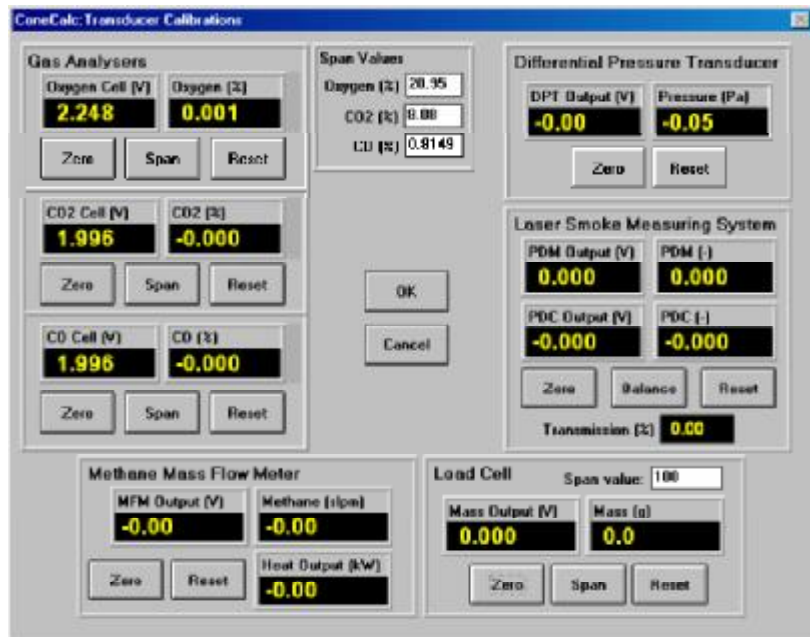
Για να χρησιμοποιήσουμε τη μονάδα ελέγχου New Port θα πρέπει να εκτελέσουμε μια από τις ακόλουθες διαδικασίες:

- Βεβαιωνόμαστε ότι οι παράμετροι βαθμονόμησης αισθητήρα στον πίνακα ελέγχου για το ζυγό είναι 0-10 Volt = 0-Mass FSD, όπου Mass FSD είναι η πλήρης κλιμάκωση εξόδου μάζας που έχει προγραμματιστεί στη μονάδα ελέγχου New Port. Κατόπιν χρησιμοποιούμε τον πίνακα Calibrate Low Sell για να δούμε ακριβώς τη μάζα.
- Τοποθετούμε στο ζυγό μια κενή θήκη και πατάμε το κουμπί Tare στο μπροστινό μέρος του θερμιδόμετρου κώνου. Όταν η μονάδα ελέγχου New Port δείχνει μηδενική μάζα τότε πατάμε το κουμπί Zero για να καταγράψουμε την τάση ρεύματος για μηδενική μάζα. Στην συνέχεια τοποθετούμε μια βαθμονομημένη μάζα στον ζυγό και εισάγουμε την τιμή μάζας στο πεδίο Span Value. Κατόπιν πατάμε το κουμπί Span για να καταγράψουμε την τάση.

### **3.3.10 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ**

Χάριν ευκολίας όλες οι βαθμονομήσεις εκτός αυτής του φίλτρου καπνού μπορούν να εκτελεστούν από έναν πίνακα (βλ. εικόνα 3.17). Για να αποθηκεύσουμε τις πληροφορίες βαθμονόμησης πατάμε το κουμπί Ok. Για να ακυρώσουμε τη διαδικασία πατάμε το κουμπί Cancel. Για να επιστρέψουμε στις προηγούμενες αποθηκευμένες πληροφορίες βαθμονόμησης πατάμε το κουμπί Reset. Εφόσον αυτό συμβεί θα πρέπει όλη η διαδικασία να επαναληφτεί.





Εικόνα 3.17 : Πίνακας Transducer Calibration

### 3.3.11 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΑ C

Η βαθμονόμηση μεθανίου είναι μια πολύ σημαντική διαδικασία ώστε να λειτουργεί αποτελεσματικά το θερμιδόμετρο κώνου, και προσδιορίζει την συνολική σταθερά βαθμονόμησης του οργάνου. Αυτή η σταθερά βαθμονόμησης συμβολίζεται με C και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της μάζας του αερίου που ρέει σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή σύμφωνα με την εξίσωση (3.1).

$$\dot{m}_e = C \sqrt{\frac{\Delta p}{T_e}} \quad (3.1)$$

Όπου:

$\delta(p)$  είναι η διαφορική πίεση κατά μήκος της πλάκας ακροφυσίων σε Pa

$T_e$  είναι η θερμοκρασία καυσαερίων σε βαθμούς K

Για να υπολογίσουμε μια τιμή για τη σταθερά βαθμονόμησης C θα πρέπει να καεί μια συγκεκριμένη μάζα μεθανίου. Κατόπιν καταγράφονται τα δεδομένα συγκέντρωσης αερίων (οξυγόνου, μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα), η

διαφορική πίεση και η θερμοκρασία της καπνοδόχου. Από όλα αυτά τα δεδομένα υπολογίζεται το C. Για να εξασφαλίσουμε την ακριβή βαθμονόμηση όλες οι προαναφερθείσες διαδικασίες βαθμονόμησης θα πρέπει να έχουν πραγματοποιηθεί πριν από την εκτέλεση της συγκεκριμένης διαδικασίας.

Βεβαιωνόμαστε ότι όλες οι προηγούμενες διαδικασίες βαθμονόμησης έχουν τελεστεί σωστά και ότι ο ανεμιστήρας εξαγωγής δουλεύει και είναι ρυθμισμένος σε ροή 24 lt/sec. Επίσης διασφαλίζουμε ότι η αντλία είναι ενεργή για 5 λεπτά πριν την έναρξη της διαδικασίας. Στη συνέχεια πατάμε το κουμπί C-factor από τον κεντρικό πίνακα ώστε να ανοίξουμε τον πίνακα C-factor (βλ. εικόνα 3.18). Στη συνέχεια πατάμε το κουμπί Routine ώστε να ανοίξουμε το σχετικό πίνακα πληροφοριών (βλ. εικόνα 3.19). Η προδιαγραφές της συσκευής εμφανίζονται αυτόματα. Αυτές μπορούμε να τις επεξεργαστούμε εάν απαιτείται. Το λογισμικό θα μας ζητήσει να εισάγουμε τις ατμοσφαιρικές συνθήκες (θερμοκρασία δωματίου σε °C, πίεση ατμοσφαιρική σε Kpa και σχετική υγρασία σε %) στα κατάλληλα πεδία. Η ατμοσφαιρική πίεση καταγράφεται και εισάγεται αυτόματα στο θερμιδόμετρο κώνου.

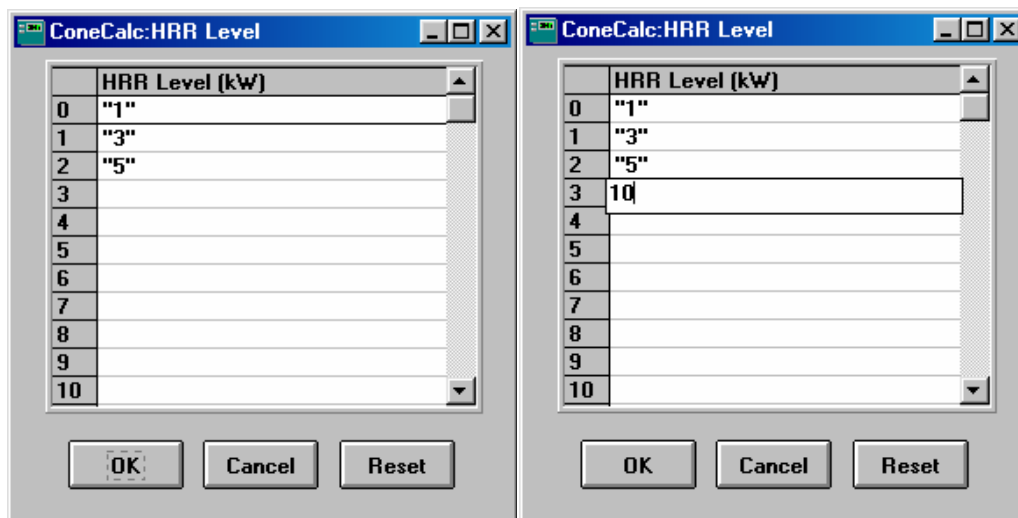
Χρησιμοποιούμε το κουμπί του διοξειδίου του άνθρακα για να επιλέξουμε τον τρόπο λειτουργίας στην εικόνα 3.19 όπως φαίνεται έχουν γίνει επιλογές για διαδικασία non scrubbed. Επιλέγουμε την απαιτούμενη έκλυση θερμότητας από τον καυστήρα μεθανίου στο πεδίο HRR Level. Η προεπιλογή αυτής της τιμής είναι 5 KW θερμότητας. Οι αρχικές τιμές του πεδίου είναι 1, 3 και 5. Εάν εκλύεται διαφορετική θερμότητα από αυτή του μεθανίου τότε οι τιμές αυτές μπορούν να τροποποιηθούν. Για να τροποποιήσουμε την τιμή πατάμε το κουμπί Edit. Αυτόματως θα εμφανιστεί ένας πίνακας (βλ. εικόνα 3.20) στον οποίο πληκτρολογούμε την επιθυμητή τιμή και πατάμε το κουμπί Ok.



Εικόνα 3.18 : Πίνακας C-factor



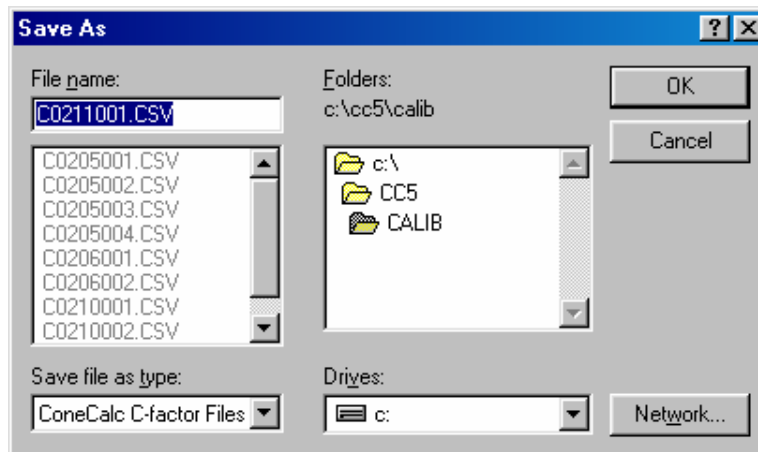
Εικόνα 3.19 : Πίνακας πληροφοριών προβαθμονόμησης



Εικόνα 3.20 : Πίνακας HRR Level

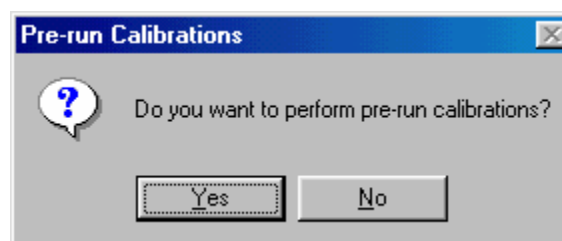
Το σύμβολο E το οποίο εμφανίζεται σε ένα πεδίο του πίνακα 3.19 ορίζεται ως η ποσότητα της θερμότητας που απελευθερώνεται από ένα συγκεκριμένο υλικό ανά κιλό οξυγόνου που καταναλώνεται σε συνθήκες φωτιάς. Αυτή η τιμή είναι σχετικά σταθερή για τα περισσότερα οργανικά υλικά και η μέση τιμή της είναι 13,1 MJ / kg. Συγκεκριμένα για το μεθάνιο η τιμή του E είναι 12,54 MJ / kg και αυτή η τιμή εισάγεται αυτόματα και θα πρέπει να χρησιμοποιείται.

Το όνομα του αρχείου όπου τα δεδομένα θα αποθηκεύονται δημιουργείται αυτόματα. Εάν θέλουμε να τροποποιήσουμε το όνομα του αρχείου πατάμε το κουμπί File. Στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται πληκτρολογούμε το όνομα του αρχείου και πατάμε το κουμπί Ok. Το όνομα του αρχείου θα πρέπει να ξεκινήσει με το γράμμα "C" και να έχει κατάληξη αρχείου ".CSV" (βλ. εικόνα 3.21).



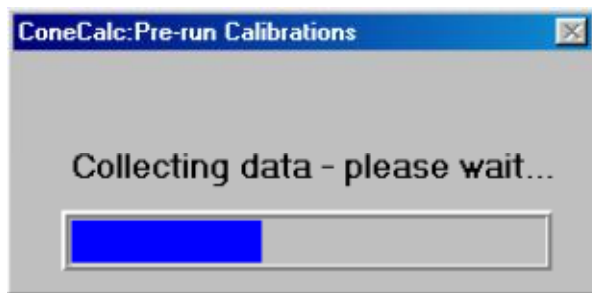
Εικόνα 3.21 : Παράθυρο αποθήκευσης

Όταν όλες οι απαιτούμενες πληροφορίες έχουν εισαχθεί πατάμε το κουμπί Ok. Πριν ξεκινήσουμε την καύση του μεθανίου μπορούμε να εκτελέσουμε την προβαθμονόμηση (βλ. εικόνα 3.22).



Εικόνα 3.22 : Προβαθμονόμηση

Πατάμε το κουμπί Yes για να εκτελέσουμε τη διαδικασία ή το κουμπί No για να παραλείψουμε αυτό το βήμα. Αν επιλέξουμε Yes συλλέγονται δεδομένα για διάρκεια 10 δευτερολέπτων (10 sec) και καταγράφεται ο μέσος όρος (βλ. εικόνα 3.23). Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας είναι πολύ σημαντικό ότι δε ρέει καθόλου μεθάνιο μέσα στον καυστήρα και ότι το αέριο που βρίσκεται μέσα στους αναλυτές είναι ατμοσφαιρικός αέρας.



Εικόνα 3.23 : Συλλογή δεδομένων κατά την προβαθμονόμηση

Στη συνέχεια ο πίνακας βαθμονόμησης του C εμφανίζεται (βλ. εικόνα 3.24). Σε αυτόν τον πίνακα μπορούμε να δούμε:

- Τον χρόνο έναρξης της διαδικασίας.
- Τέσσερις γραφικές παραστάσεις οι οποίες απεικονίζουν:
  - A. τη συγκέντρωση οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα.
  - B. το ρυθμό ροής μάζας (MFR) στον αγωγό.
  - Γ. την παράγωγη θερμότητας του καυστήρα μεθανίου.
  - Δ. την σταθερά βαθμονόμησης C.
- Ένα κουμπί που εμφανίζει έναν πίνακα που παρουσιάζει τα ακόλουθα σύνολα δεδομένων:
  - A. τις ενδείξεις από όλους τους αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο ("raw data").
  - B. τις ενδείξεις από όλους τους αισθητήρες διαχωρισμένες σε διαστήματα τριών δευτερόλεπτων ("int. data").
- Ένα δεύτερο κουμπί το οποίο εναλλάσσει αυτούς τους δυο πίνακες.



Εικόνα 3.24 : Πίνακας βαθμονόμησης σταθεράς C

Πριν από την έναρξη της διαδικασίας ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα :

**Όταν χρησιμοποιούμε το λογισμικό σε *Standard mode*.**

- Τοποθετήστε τον καυστήρα στη θέση κάτω από τον θερμαντήρα κώνου.
- Διασφαλίζουμε ότι η βαλβίδα μεθανίου στην πρόσοψη του κώνου είναι κλειστή.
- Γυρνάμε τον ρυθμιστή του κυλίνδρου μεθανίου στην κανονική πίεση λειτουργίας του (περίπου 5 psi).
- Ανοίγουμε τη βαλβίδα του μεθανίου.
- Βεβαιωνόμαστε ότι ο αναφλεκτήρας δεν είναι τοποθετημένος πάνω από τον καυστήρα.
- Αφαιρούμε οποιοδήποτε εμπόδιο μεταξύ του κώνου θέρμανσης και του καυστήρα.

**Όταν χρησιμοποιούμε το λογισμικό σε *AutoCone mode*.**

- Τοποθετούμε τον καυστήρα στη θέση κάτω από τον θερμαντήρα κώνου.
- Ανοίγουμε τον κύλινδρο μεθανίου και προσαρμόζουμε την πίεση της φιάλης σε περίπου 1,5 bar.
- Ανοίγουμε την βαλβίδα μεθανίου και οποιαδήποτε άλλη βαλβίδα βρίσκεται στη διαδρομή τροφοδοσίας από την φιάλη προς τον καυστήρα.

- Ανοίγουμε το παραθυράκι ασφαλείας που βρίσκεται κάτω από τον θερμαντήρα κώνου.
- Βεβαιωνόμαστε ότι ο αναφλεκτήρας δεν είναι τοποθετημένος πάνω από τον καυστήρα.
- Πατάμε το κουμπί Ignition, το οποίο βρίσκεται στη μονάδα ελέγχου απώλειας μάζας στο λογισμικό.

### **Όταν χρησιμοποιούμε το λογισμικό σε Atlas Cone2 Mode.**

- τοποθετούμε τον καυστήρα σε θέση κάτω από τον θερμαντήρα κώνου.
- Ανοίγουμε τη φιάλη μεθανίου.
- Ανοίγουμε όλες τις βαλβίδες που βρίσκονται στη διαδρομή τροφοδοσίας από τη φιάλη προς τον καυστήρα.

Η διαδικασία βαθμονόμησης αποτελείται από τέσσερα (4) στάδια. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εμφανίζονται μηνύματα στο κέντρο της οθόνης, ανάμεσα στα γραφήματα, ως παρακινήσεις (βλ. εικόνα 3.25).

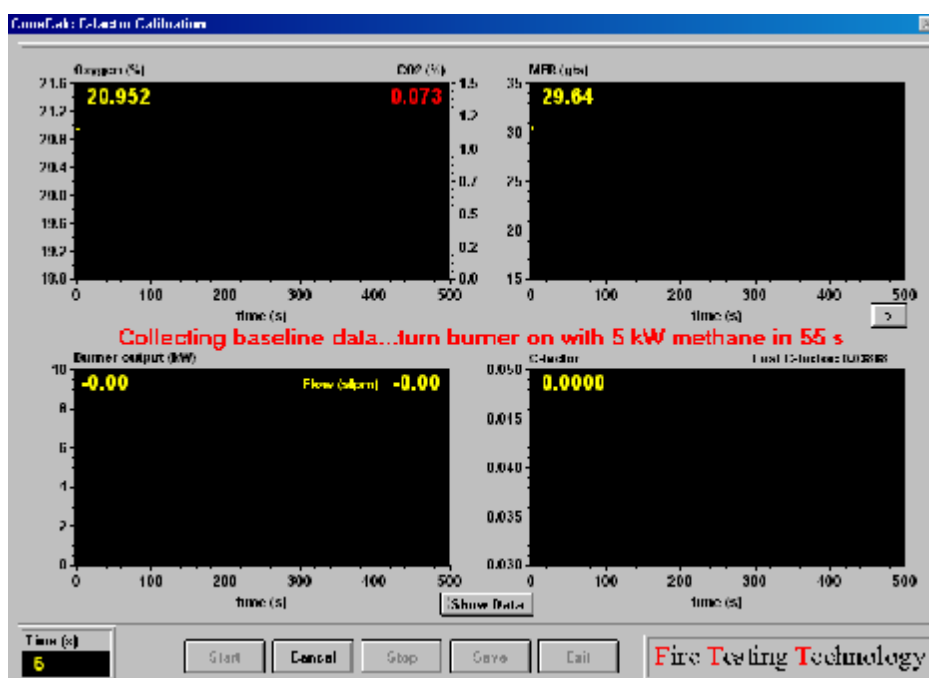
### **Πρώτο στάδιο - Βασικά δεδομένα**

Διασφαλίζουμε ότι δεν υπάρχει ροή αερίου στους καυστήρες και πατάμε το κουμπί Start. Στη συνέχεια συλλέγονται τα βασικά δεδομένα για διάρκεια ενός λεπτού.

### **Δεύτερο στάδιο - Ανάφλεξη και σταθεροποίηση ροής μεθανίου**

Όταν έχουν απομείνει περίπου πέντε (5) δευτερόλεπτα στην αντίστροφη μέτρηση των μηνυμάτων του πρώτου σταδίου μετακινούμε τον αναφλεκτήρα και τον τοποθετούμε ακριβώς πάνω από την έξοδο του καυστήρα μεθανίου. Επίσης διασφαλίζουμε ότι ο αναφλεκτήρας λειτουργεί και παράγει σπινθήρα.

1. Ανοίγουμε αργά τη βαλβίδα μεθανίου. Η ένταση του σπινθήρα θα αλλάξει ελαφρώς και το μεθάνιο πρέπει να αναφλέγει. Εάν μπορούμε να ακούσουμε το θόρυβο από την ροή του μεθανίου, αλλά παρόλα αυτά δεν υπάρχει ανάφλεξη, τότε μειώνουμε ελαφρώς τη ροή ρυθμίζοντας τη βαλβίδα ροής. Μερικές φορές εάν ο ρυθμός ροής είναι αρκετά υψηλός, το μεθάνιο εκτοπίζει τον αέρα του περιβάλλοντος με αποτέλεσμα να μην υπάρχει αρκετό οξυγόνο για να υποστηριχτεί η καύση. Σταματώντας τη ροή στιγμιαία συνήθως πετυχαίνουμε ανάφλεξη.
2. Όταν το μεθάνιο έχει αναφλέγει αφαιρούμε τον αναφλεκτήρα. Ελέγχουμε ότι η φλόγα εκτείνεται προς τα πάνω και ρυθμίζουμε τη θέση του καυστήρα εάν είναι απαραίτητο.
3. Ρυθμίζουμε τη ροή του μεθανίου ώστε να επιτύχουμε τον απαιτούμενο ρυθμό απελευθέρωσης θερμότητας (όπως τον έχουμε επιλέξει στον πίνακα πληροφοριών προβαθμονόμησης).



Εικόνα 3.25 : Διαδικασία βαθμονόμησης C κατά το πρώτο στάδιο

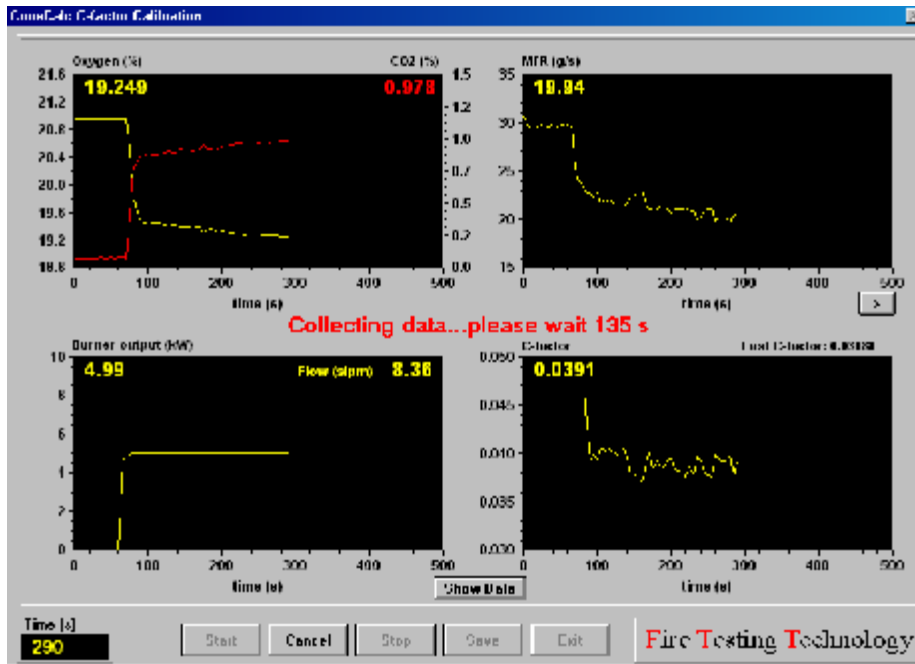
### **Τρίτο στάδιο - Συλλογή δεδομένων**

Το τρίτο στάδιο αφορά τη συλλογή δεδομένων που αργότερα θα χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του C. Κατά τη διάρκεια αυτού του βήματος δεν είναι απαραίτητη καμία ενέργεια (βλ. εικόνα 3.26). Η διαδικασία διαρκεί 180 δευτερόλεπτα.

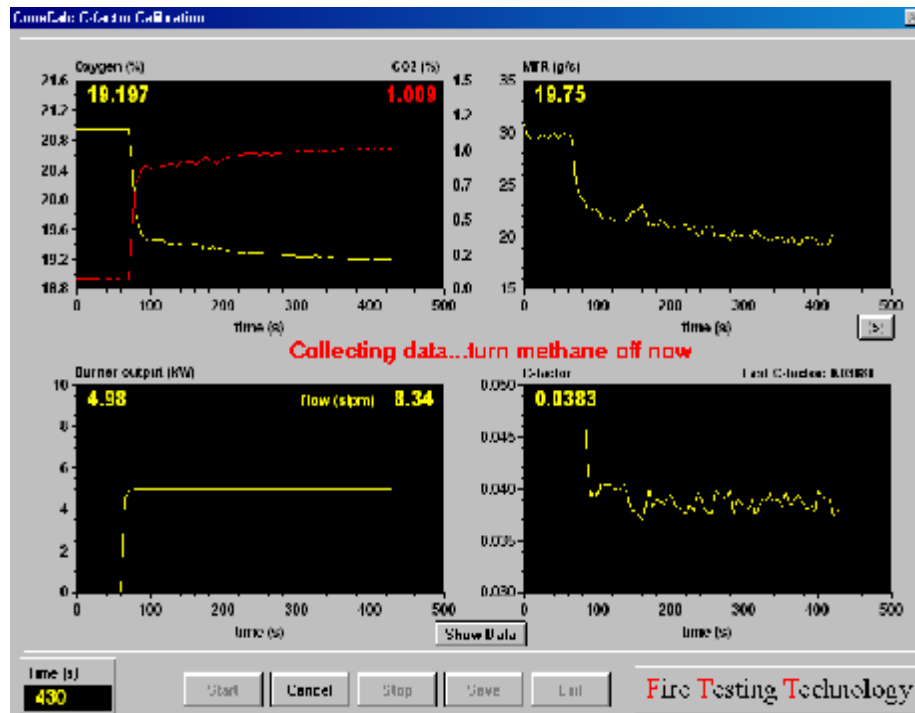
### **Τέταρτο στάδιο – Ολοκλήρωση διαδικασίας**

Μόλις ολοκληρωθεί η αντίστροφη μέτρηση του χρόνου αναμονής πρέπει να διακοπεί η παροχή μεθανίου. Εάν εργαζόμαστε σε Standard mode το λογισμικό θα μας προτρέψει να κλείσουμε την παροχή μεθανίου, ενώ για τις αυτόματες λειτουργίες δεν χρειάζεται να κάνουμε καμία ενέργεια, καθώς η ροή μεθανίου θα κλείσει αυτόματα (βλ. εικόνα 3.27). Κατόπιν πατάμε το κουμπί Stop διαδικασία ολοκληρώνεται.



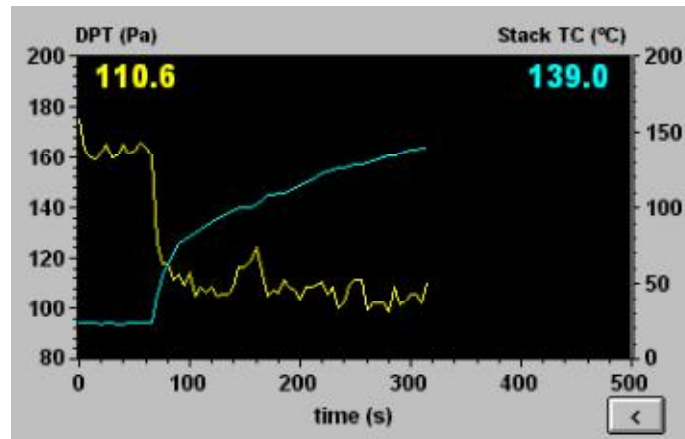


Εικόνα 3.26 : Συλλογή δεδομένων κατά τη διάρκεια του τρίτου σταδίου



Εικόνα 3.27 : Ολοκλήρωση διαδικασίας

Οποιαδήποτε χρονική στιγμή μπορούμε να πατήσουμε το κουμπί > για να αλλάξουμε την τρέχουσα γραφική παράσταση (MFR) σε μια άλλη η οποία δείχνει τη διαφορική πίεση και τη θερμοκρασία εξάτμισης. Εάν θέλουμε να επιστρέψουμε στην προηγούμενη γραφική παράσταση πατάμε το κουμπί < (βλ. εικόνα 3.28).



Εικόνα 3.28 : Γραφική παράσταση διαφορικής πίεσης και θερμοκρασίας εξάτμισης.

Αν σε οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας θέλουμε να ελέγξουμε τις ενδείξεις από τους αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο, τότε πατάμε το κουμπί Show Data. Ένας πίνακας θα εμφανιστεί με τις ενδείξεις από τους αισθητήρες (βλ. εικόνα 3.29).

Int.	Time (s)	Oxygen (%)	DPT (Pa)	CO (ppm)	CO2 (%)	MFM (slpm)	Te (K)	Tsm (K)	APT (kPa)	Tct (K)
0	390	19.207	103.1	-57	1	8.34	421.7	471.3	99.35	271.2
1	385	19.206	105.7	-52	1.008	8.34	421	470.8	99.34	270.9
2	380	19.206	103	-50	1.003	8.35	420.7	471.4	99.35	270.7
3	375	19.204	98.3	-56	1.003	8.35	420.6	471.2	99.35	270.5
4	370	19.206	97.1	-60	1.002	8.35	420	471.3	99.35	270.3
5	365	19.213	103.1	-57	1.001	8.35	418.9	469.9	99.35	270.1
6	360	19.211	101.9	-64	1.005	8.35	418.2	468.9	99.35	270
7	355	19.215	96.6	-56	1.002	8.35	417.6	468.1	99.35	269.9
8	350	19.222	104.6	-50	0.993	8.35	416.5	467.3	99.35	269.8
9	345	19.234	102	-53	0.983	8.35	415.3	465.4	99.35	269.8
10	340	19.224	101.3	-50	0.989	8.35	414.2	463.8	99.35	269.7

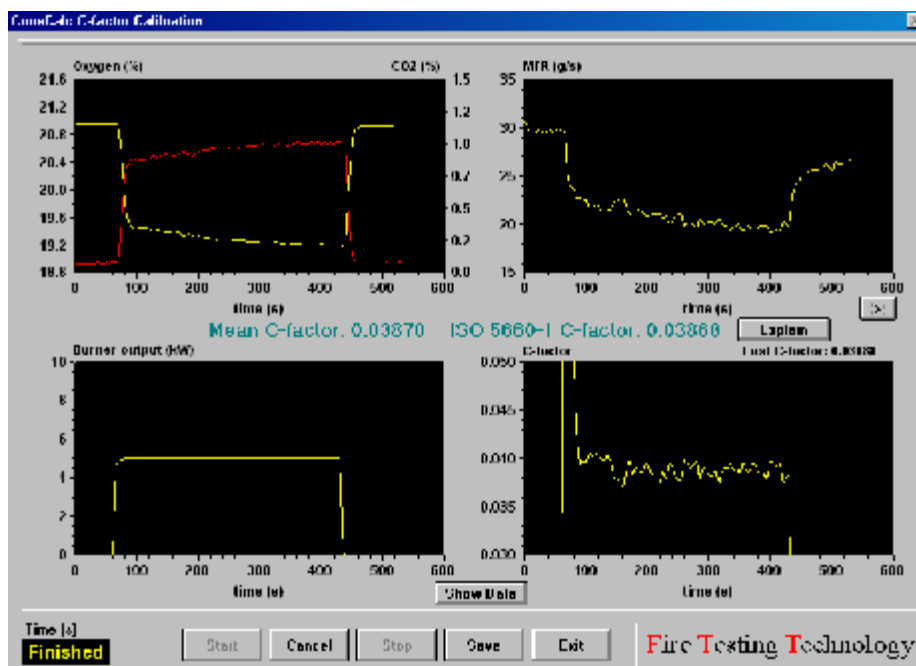
Εικόνα 3.29 : Πίνακας δεδομένων

Για να ακυρώσουμε τη διαδικασία οποιαδήποτε στιγμή πατάμε το κουμπί Cancel.

### 3.3.12. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τη στιγμή που θα πατήσουμε το κουμπί Stop τα δεδομένα που έχουμε συλλέξει επεξεργάζονται και πλέον μπορούμε να προσδιορίσουμε το C. Υπάρχουν δυο μέθοδοι προσδιορισμού του C, οι οποίες αποφέρουν παρόμοια αποτελέσματα:

1. Προσδιορίζουμε το C για κάθε χρονικό διάστημα συλλογής δεδομένων και απλά βρίσκουμε το μέσο όρο. Αυτή η μέθοδος αναφέρεται και ως Mean C-factor (βλ. εικόνα 3.30).
2. Προσδιορίζουμε τις μέσες τιμές των αερίων, της διαφορικής πίεσης, της θερμοκρασίας εξατμίσης και της ροής μεθανίου όπως αυτά προκύπτουν από το τρίτο στάδιο και στο τέλος χρησιμοποιούμε αυτές τις μέσες τιμές για να υπολογίσουμε το C. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι η συνιστώμενη κατά το πρότυπο ISO 5660-1: 2002.



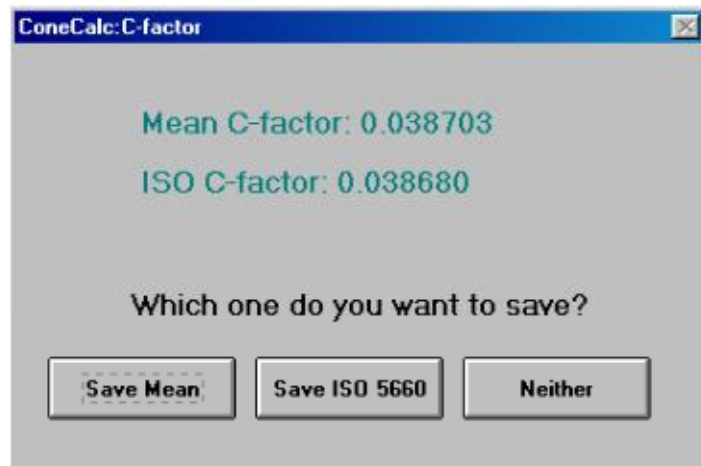
Εικόνα 3.30 : Επεξεργασμένα αποτελέσματα

Τα θερμιδόμετρα κώνου είναι κατασκευασμένα να λειτουργούν με σταθερά C η οποία κυμαίνεται από 0,035 έως 0,045. Εάν η ενδείξεις που παίρνουμε αποκλίνουν πολύ από αυτό το εύρος τιμών τότε μπορεί να υπάρχει βλάβη στο σύστημα. Πιο

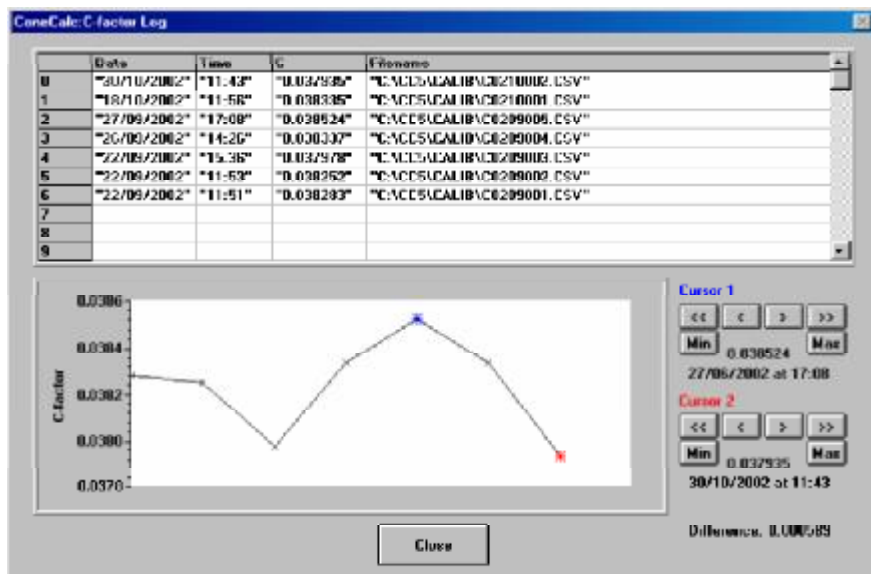
συγκεκριμένα όταν παρατηρούμε μεγάλες διακυμάνσεις τότε μπορεί να υπάρχει διαρροή ή άλλα προβλήματα τα οποία θα πρέπει να διορθωθούν πριν συνεχιστεί η διαδικασία. Ένας άλλος τρόπος για να παρατηρήσουμε εάν το όργανο μας έχει πρόβλημα μπορούμε να εκτελέσουμε το πείραμα σε δυο διαδοχικές ημέρες και αν οι μετρήσεις μας διαφέρουν περισσότερο από 0,002 τότε ίσως υπάρχουν δυσλειτουργίες που απαιτούν διόρθωση πριν τη συνέχεια της διαδικασίας.

Για να αποθηκεύσουμε τα δεδομένα πατάμε το κουμπί Save. Επειδή υπάρχουν δυο τύποι του C οι οποίοι έχουν προκύψει πρέπει να διαλέξουμε με ποιον θα υπολογίσουμε τον ρυθμό ροής μάζας και τον ρυθμό έκλυσης θερμότητας. Το παρακάτω παράθυρο θα εμφανιστεί και ανάλογα με ποιον τρόπο προσδιορίσαμε το C πατάμε Save Mean εάν θέλουμε να αποθηκεύσουμε το C που έχει προκύψει από την πρώτη μέθοδο ή πατάμε Save ISO 5660 εάν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε το C που έχει προκύψει από την δεύτερη μέθοδο. Πατώντας το κουμπί Neither η διαδικασία ακυρώνεται (βλ. εικόνα 3.31). Αφού έχει ολοκληρωθεί η αποθήκευση των δεδομένων το λογισμικό πλέον έχει αποθηκεύσει τη σταθερά C που θα χρησιμοποιούμε.

Κάθε φορά που αποθηκεύουμε μια σταθερά C δημιουργείται ένα αρχείο καταγραφής (C-logs.csv), το οποίο βρίσκεται στον ίδιο φάκελο με τα αρχεία βαθμονόμησης. Πατώντας το κουμπί View Log μπορούμε να δούμε τα περιεχόμενα αυτού του αρχείου (βλ. εικόνα 3.18). Ο συγκεκριμένος πίνακας δείχνει το ιστορικό των αποθηκευμένων C τόσο σε μορφή πίνακα όσο και σε γραφική μορφή. Στο γράφημα υπάρχουν δυο κέρσορες, οι οποίες μπορούν να μετακινηθούν χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα κουμπιά. Τα κουμπιά < και > μετακινούν τον κέρσορα, ενώ με τα κουμπιά << και >> ο κέρσορας μεταπηδά στην αρχή ή στο τέλος του γραφήματος αντίστοιχα. Τα κουμπιά Min και Max μετακινούν τον κέρσορα στο ελάχιστο και στο μέγιστο του C αντίστοιχα. Η τιμή του C για κάθε θέση του δρομέα εμφανίζεται, όπως επίσης η ημερομηνία, η ώρα και η διαφορά μεταξύ τους. Συνίσταται να παρακολουθείται τακτικά το ιστορικό του αρχείου καταγραφής έτσι ώστε να εντοπίζονται πιθανά προβλήματα του συστήματος. Τα περισσότερα προβλήματα υποδεικνύονται είτε από τις ευρείες διακυμάνσεις του C, είτε από ξαφνική αλλαγή στην τιμή του C (παραπάνω από 0,02). Στην πρώτη περίπτωση προκύπτουν διαρροών ενώ στη δεύτερη προκύπτουν δυσλειτουργίες οι οποίες απαιτούν άμεση διόρθωση (βλ. εικόνα 3.32).



Εικόνα 3.31 : Επιλογή υπολογισμένου C



Εικόνα 3.32 : Πίνακας αρχείου καταγραφής

## 3.4. ΕΚΤΕΛΩΝΤΑΣ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ.

### 3.4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Συνοψίζοντας θα περιγράψουμε εν συντομία την προετοιμασία του οργάνου (βαθμονόμηση) καθώς και τη διαδικασία διενέργειας δοκιμών, βηματικά.

#### A) Βασικά βήματα πριν την έναρξη λειτουργίας του καλοριμέτρου

1. Ελέγχουμε τον αναλυτή αερίων ώστε να έχει παραμείνει ανοικτός τουλάχιστον 24 ώρες πριν τη δοκιμή,
2. Ανοίγουμε τη βάνα (Cold Trap) που βρίσκεται για να αφαιρεθούν πιθανά συμπυκνώματα (νερό που παραμένει από τη διαδικασία της προηγούμενης ημέρας). Κατά τη διάρκεια λειτουργίας ο διακόπτης πρέπει να παραμένει κλειστός,
3. Ελέγχουμε την παροχή νερού αν λειτουργεί κανονικά,
4. Ελέγχουμε για τη σωστή παροχή των αερίων N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, Μεθανίου.
5. Ελέγχουμε το χρωματικό δείκτη "Drierite" (δείκτης υγρασίας).

#### B) Διαδικασία ημερήσιας βαθμονόμησης

Από το κεντρικό μενού του προγράμματος οδήγησης επιλέγουμε **Calibrations** για να πραγματοποιήσουμε μια σειρά βαθμονομήσεων που απαιτεί το όργανο πριν τη δοκιμή.

##### A. Zero MFMs

Μηδενίζουμε την παροχή του μεθανίου στο λογισμικό έχοντας βεβαιωθεί ότι όντως η βάνα της φιάλης μεθανίου είναι κλειστή.

##### B. DPT & FLOW

1. Θέτουμε σε λειτουργία το σύστημα απαγωγής αερίων (εξωτερικό απορροφητήρα) και στη συνέχεια να προχωρήσουμε στο μηδενισμό του Differential Pressure Transducer. Πρακτικά δίνουμε σαν αρχική (μηδενική)

συνθήκη στο όργανο, τη λειτουργία του εξωτερικού απορροφητήρα ο οποίος από το σημείο αυτό και μετά παραμένει σε λειτουργία μέχρι να ολοκληρωθούν όλες οι προγραμματισμένες δοκιμές της ημέρας.

2. Στο Calibration Panel επιλέγουμε **DPT & FLOW**. Πατάμε **Zero** εμφανίζεται η μπάρα προόδου της εργασίας (Collecting data) και τέλος **OK**.
3. Τώρα ανάβουμε το exhaust fan του θερμοδομέτρου και αποκαθιστούμε μια ροή στον αγωγό με παροχή **24 lt/sec** Αυτό πρακτικά γίνεται ρυθμίζοντας τις στροφές του κινητήρα - ανεμιστήρα βαθμιαία στην ένδειξη **55**.

### C. Gas Analyzers

1. Στο **Calibration Panel** επιλέγουμε **Gas Analyzers**. Η διαδικασία χωρίζεται σε LOW CAL και HIGH CAL για όλα τα αέρια.
2. Δίνουμε τον κωδικό πρόσβασης PW → 4000 (Password).
3. **LOW CAL**
  - 3.1 Pump OFF → Θέτουμε τις δύο βάνες των αερίων στην πρόσοψη του οργάνου σε Nitrogen. Διοχετεύουμε N<sub>2</sub> (Nitrogen Non – scrubbed) ώστε να μηδενιστούν όλες οι ενδείξεις των αερίων στον Αναλυτή (Servomex) δηλαδή O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>.
  - 3.2 Ρυθμίζοντας την παροχή στη φιάλη αζώτου N<sub>2</sub> πρέπει να έχουμε ένδειξη στα ροόμετρα της πρόσοψης της συσκευής **3.5 lt/min** ή **5 psi** (όργανο ρύθμιση πίεσης εντός του θερμοδομέτρου). Μηδενίζουμε τις ενδείξεις των αερίων (O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>) πρώτα στον Αναλυτή και στη συνέχεια στο παράθυρο του λογισμικού.
4. **HIGH CAL**
  - 4.1 HIGH CAL (CO, CO<sub>2</sub>)

Θέτουμε τη βάνα που αναφέρεται σε αυτά (span gases) από Nitrogen που ήταν πριν σε **SPAN**. Ελέγχουμε τα ροόμετρα στην πρόσοψη της συσκευής (CO, CO<sub>2</sub>) να δείχνουν **3.5 lt/min**.
  - 4.2 Θέτουμε τις μέγιστες τιμές των αερίων και ελέγχουμε τις ενδείξεις που καταγράφει ο Servomex. Σε περίπτωση που διαπιστώσουμε μεγάλη απόκλιση (drift) από αυτές που δώσαμε ως μέγιστες επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία..

**4.3** Στη συνέχεια στο μενού του Η/Υ πατάμε στο κουμπί SPAN για (CO, CO<sub>2</sub>).

**4.4** HIGH CAL (O<sub>2</sub>)

Pump ON → Περιμένουμε περίπου 5 min για τη σταθεροποίηση της ροής  
Ανοίγουμε τώρα το Cold Trap στο θερμιδόμετρο. Στη συνέχεια θέτουμε τη βάνα του O<sub>2</sub> στη θέση **Sampling Gas**.

**4.5** Θέτουμε τη μέγιστη τιμή για το O<sub>2</sub> στον Servomex πρώτα και μετά πατάμε το κουμπί span στον Η/Υ για το O<sub>2</sub>. Εδώ περιμένουμε λίγο περισσότερο να δούμε τι καταγράφει ο Servomex και υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα να έχουμε drift.

## D. Smoke Calibration

1. Για να ξεκινήσει η διαδικασία βαθμονόμησης του καπνού πατάμε το κουμπί **SMOKE** στο θερμιδόμετρο. Τότε ενεργοποιείται μια δέσμη laser η οποία διατρέχει τη βάση της καμινάδας. Η διαδικασία της βαθμονόμησης του καπνού γίνεται σε δύο βήματα.

Εργαζόμαστε με 3 κομμάτια.

{	μαύρο κομμάτι: αποκόπτει εντελώς το μεταδιδόμενο φως
	φίλτρο 0.325 : μείωση της έντασης της φωτεινής δέσμης στο 50%
	φίλτρο 0.8 : μείωση της έντασης της φωτεινής δέσμης στο 16%

Στον Η/Υ ανοίγει ένα παράθυρο που μας δείχνει τις εντάσεις που καταγράφουν οι φωτοδίοδοι. Στο ίδιο παράθυρο προσφέρεται και το **Filter Calibration**.

2. **Zero** Αρχικά τοποθετούμε από τη πίσω πλευρά του θερμιδομέτρου το μαύρο κομμάτι ώστε να κόψουμε εντελώς τη δέσμη. Στον Η/Υ πατάμε “Zero” οπότε πρέπει να δούμε μηδέν στο ποσοστό μετάδοσης.

3. **Balance** Αφαιρώντας το μαύρο κομμάτι στον Η/Υ επιλέγουμε Balance.

4. **Filter Calibration** Διαθέτουμε ακόμα και δύο φίλτρα με ονομαστικές τιμές **0.325**, **0.8**. Τα φίλτρα τίθενται σε κατάλληλες θέσεις στην πρόσοψη του οργάνου. Με το φίλτρο **0.325** πρέπει να έχουμε μείωση της έντασης της δέσμης στο **50%** ενώ με το φίλτρο **0.8** η μετάδοση φωτός φθάνει στο **16%**. Τις τιμές της έντασης (50%, 16%) τις παρακολουθούμε στην οθόνη του Η/Υ.



**E. Mass** Δεν κάνουμε καμία ρύθμιση αφήνουμε τα Factory Settings

#### **F. Εύρεση του C – factor**

1. Έχοντας τελειώσει με όλες τις ρυθμίσεις **Calibrations** επιστρέφουμε στο αρχικό μενού (**ConeCalc Main**) και επιλέγουμε **C – factor**. Αυτός ο συντελεστής προσδιορίζει μια συνολική σταθερά βαθμονόμησης για όλο το όργανο.
2. Επιβεβαιώνουμε ότι ο ανεμιστήρας του οργάνου είναι ήδη σε λειτουργία, η παροχή αέρα στον αγωγό είναι 24 lt/sec, η αντλία αέρα δουλεύει τουλάχιστον για 5 λεπτά πριν την έναρξη της διαδικασίας (PUMP ON), η βάννα του μεθανίου είναι στη θέση OFF στην πρόσοψη του οργάνου.
3. Στο μενού **C – factor** επιλέγουμε **Routine**. Στο μενού αυτό φαίνεται καταρχήν που σώζεται το αρχείο υπολογισμού και ο τύπος του αρχείου (\*.csv). Ακόμα φαίνονται οι συνθήκες του χώρου και η ρύθμιση της εκπεμπόμενης θερμότητας του μεθανίου που πρέπει να είναι στα 5KW. Κατά τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιούμε έναν καυστήρα μεθανίου σε γνωστό επίπεδο “θερμότητας εξόδου” το οποίο πρέπει να είναι 5KW. Ο καυστήρας τίθεται σε απόσταση 25mm από τον κώνο. Η απόσταση ρυθμίζεται με τη ράβδο των 25mm. Τη ρύθμιση αυτή μπορούμε να την κάνουμε κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας δεδομένων από το όργανο στην πρώτη φάση πριν τη λήξη του χρόνου μετά τον οποίο γίνεται η ολοκλήρωση των δεδομένων.
4. Πριν αρχίσει η διαδικασία καύσης του μεθανίου το λογισμικό ενημερώνει για διαδικασίες pre-run calibrations. Επιλέγουμε Yes.
5. Το λογισμικό συλλέγει δεδομένα για 10sec και ένα παράθυρο προόδου εμφανίζεται στην οθόνη. Κατά τη διαδικασία αυτή επιβεβαιώνουμε ότι δεν υπάρχει ροή μεθανίου στον καυστήρα και ότι το “αέριο” στους αναλυτές είναι από τον περιβάλλοντα αέρα.
6. Στη συνέχεια στην οθόνη εμφανίζεται το panel για τη βαθμονόμηση του C-Factor, που περιλαμβάνει γραφικές παραστάσεις για

- α) Συγκέντρωση  $O_2$ ,  $CO_2$ ,
- β) Παροχή μάζας στον αγωγό,
- γ) Εκλυόμενη θερμότητα από την καύση του μεθανίου,
- δ) Εξέλιξη του C- factor.

7. Ελέγχουμε τον σπινθηριστή να βρίσκεται εκτός της περιοχής του κώνου.
8. Ανοίγουμε την παροχή μεθανίου στην μπουκάλα, (ενώ ο διακόπτης στην πρόσοψη του οργάνου εξακολουθεί να είναι OFF).

### 9. Βήμα 1 - Baseline Data

Επιβεβαιώνουμε ότι δεν υπάρχει ροή μεθανίου στον καυστήρα και πατάμε Start. Baseline Data συλλέγονται στα πρώτα 60sec

### 10. Βήμα 2 – Έναυση και σταθεροποίηση της παροχής Μεθανίου

10.1. Όταν έχουν απομείνει περίπου **10 - 15sec** στην αντίστροφη μέτρηση μετακινούμε τον σπινθηριστή ανάφλεξης σε θέση πάνω ακριβώς από τον καυστήρα του μεθανίου και ανοίγουμε σταδιακά τη βάνα του μεθανίου στην πρόσοψη του οργάνου. Προσέχουμε σε αυτό το βήμα να είναι πατημένο το κουμπί **Ignition** στο όργανο. Γίνεται η έναυση και σταθεροποιούμε αν απαιτείται την παροχή μεθανίου στην σωστή τιμή (5KW).

10.2. Αφού γίνει η έναυση μετακινούμε τον σπινθηριστή στην αρχική του θέση. Ελέγχουμε ότι η φλόγα περνά από το κέντρο του κώνου.

### 11. Βήμα 3 – Συλλογή Δεδομένων

Στα επόμενα 180s συλλέγονται δεδομένα ώστε να καθοριστεί η τιμή του C – Factor. Δεν απαιτείται καμιά ενέργεια από τον χρήστη.

## 12. Βήμα 4 - Κλείσιμο παροχής μεθανίου και επεξεργασία των δεδομένων

- 12.1. Όταν η αντίστροφη μέτρηση φθάσει στο 0 κλείνουμε την παροχή του μεθανίου. Θα υπάρξει και μήνυμα στην οθόνη από το πρόγραμμα όπως φαίνεται και στην Εικόνα 18.
- 12.2. Στα επόμενα 90s (αντίστροφη μέτρηση) συλλέγονται τα δεδομένα και κατόπιν ο χρήστης πρέπει να σταματήσει τη διαδικασία πατώντας το κουμπί **Stop** το οποίο τώρα έχει γίνει διαθέσιμο (Εικόνα 19).
- 12.3. Αφού επιλέξουμε **Stop** τα δεδομένα επεξεργάζονται και προκύπτει ο C-Factor. Ο υπολογισμός βασίζεται στο πρότυπο ISO 5660-1 στη διαδικασία που περιγράφεται στο ISO 5660-1: 2002.
- 12.4. Για να σώσουμε τα αποτελέσματα επιλέγουμε **Save**.

## G. Heat Flux

1. Στο βήμα αυτό στην υποδοχή που προηγουμένως ετέθη ο καυστήρας μεθανίου βάζουμε το αισθητήριο μέτρησης ροής θερμότητας και με τη μεταλλική ράβδο ελέγχουμε την απόσταση από τον κώνο ώστε να είναι πάλι στα 25mm.
2. Επιβεβαιώνουμε ότι το κύκλωμα του νερού που διαβρέχει περιμετρικά τον αισθητήρα μέτρησης ροής θερμότητας λειτουργεί.
3. Ζυγίζουμε το προς έλεγχο δοκίμιο και καταγράφουμε τη μάζα του. Τοποθετούμε στη βάση του ζυγού το θερμομονωτικό υλικό προστασίας του ζυγού.
4. Ανάβουμε τον κώνο επιλέγοντας το κουμπί **CONE** στην πρόσοψη του οργάνου.
5. Θέτουμε τη θερμοκρασία λειτουργίας του κώνου (ενδεικτικά στους 790 °C) βαθμιαία. Αυτό μπορεί να γίνει για παράδειγμα σε 2 ή 3 βήματα θέτοντας ενδιάμεσες θερμοκρασίες αποκατάστασης (250 – 550 - 790 ή 350 – 790).
6. Στο λογισμικό από το **Main Menu** επιλέγουμε **Heat Flux**. Θέτουμε στο λογισμικό την ένταση και την απόσταση του αισθητηρίου από το χείλος του κώνου.

Ενδεικτικά για τα κομμάτια PMMA θέτουμε 50 KW/m<sup>2</sup> καθώς και το Separation στα 25mm.

7. Όταν η θερμοκρασία και η ροή θερμότητας έχουν αποκατασταθεί και σταθεροποιηθεί στις τελικά απαιτούμενες το κουμπί **Save & Exit** γίνεται διαθέσιμο στο χρήστη οπότε σώζουμε τις ρυθμίσεις.
8. Αφαιρούμε το αισθητήριο διατηρώντας τη θερμοκρασία του κώνου.
9. Μπορούμε να κλείσουμε τους Shutters του κώνου ώστε στη συνέχεια στη διαδικασία δοκιμών να έχουμε σχετική ελευθερία κινήσεων.

## H. Διαδικασία Δοκιμής Υλικών

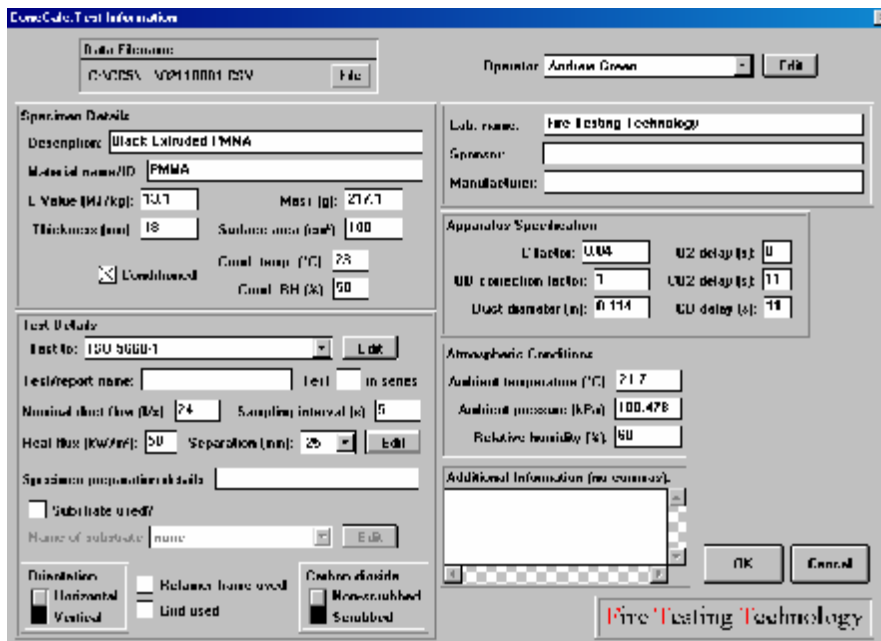
1. Πατάμε στο θερμιδόμετρο το κουμπί **Load Cell**.
2. Στο αρχικό μενού πατάμε **Start Test**. Συμπληρώνουμε στο πάνελ τις τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας και αρχικής μάζας του κομματιού. Αν το κομμάτι έχει προηγουμένως διατηρηθεί σε χώρο με συγκεκριμένες συνθήκες ελέγχουμε και θέτουμε αυτές. Όταν έχουν γίνει όλες οι ρυθμίσεις πατάμε **OK**.
3. Το λογισμικό ενημερώνει για Pre-run Calibrations. Συνίσταται να γίνονται Pre-run Calibrations πριν από κάθε δοκιμή. Στη φάση αυτή πρέπει να επιβεβαιώσουμε ότι η αντλία δουλεύει για τουλάχιστον 10 λεπτά και οι αναλυτές δίνουν σταθερές τιμές. Κατά τη διαδικασία Pre-run Calibrations το όργανο συλλέγει δεδομένα από τους transducers για 10s.
4. **Test Run**. Στο πάνελ πατάμε **Start Baseline**. Το λογισμικό καταγράφει Baseline δεδομένα τα οποία καταγράφει σε 60s. Στο βήμα αυτό πρέπει οι Shutters να είναι ανοικτοί και το θερμομονωτικό υλικό είναι στη βάση του ζυγού.
5. **Position Specimen and Start Test**

Αφού γίνει η συλλογή των δεδομένων κλείνουμε τους Shutters του κώνου και προσεκτικά τοποθετούμε την πλατφόρμα με το δοκίμιο στη βάση του ζυγού έχοντας πρώτα αφαιρέσει το θερμομονωτικό υλικό που είχαμε νωρίτερα.

6. Θέτουμε τον σπινθηριστή στη θέση λειτουργίας (κέντρο του κώνου) και επιβεβαιώνουμε ότι το κουμπί **Ignition** είναι πατημένο στο θερμιδόμετρο.
7. Όταν σταθεροποιηθεί η τιμή του ζυγού (μάζα δοκιμίου) ανοίγουμε τους Shutters του κώνου και αμέσως πατάμε **Start Test** ή **S** στο remote control.
8. Παρακολουθούμε προσεκτικά το δοκίμιο για να δούμε πότε γίνεται η ανάφλεξη. Όταν το δείγμα αναφλεγεί πατάμε **I** στο remote control.
9. Όταν παύσει η φλόγα ενημερώνουμε το λογισμικό και πατάμε **F**. Ο χρόνος σβέσης της φλόγας καταγράφεται από το λογισμικό μαζί με τα άλλα δεδομένα και δίνεται στα αποτελέσματα.
10. Όταν η δοκιμή ολοκληρωθεί (περιμένουμε περίπου 1 λεπτό μετά το σβήσιμο της φλόγας) και πατάμε **Stop Test** ή στο remote control **S**.
11. Μπορούμε να δούμε συνολικά τα αποτελέσματα επιλέγοντας στο **Main Menu Print Report**.

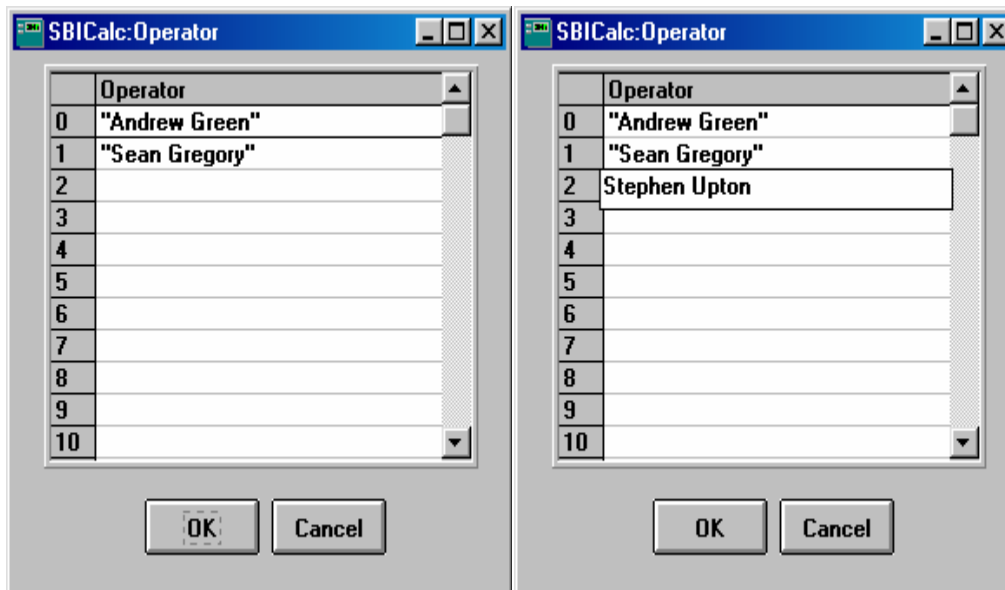
### 3.4.2 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Πατάμε το κουμπί Start Test ώστε να εμφανιστεί ο πίνακας πληροφοριών του πειράματος. Στο συγκεκριμένο πίνακα μπορούμε να ορίσουμε το αρχείο στο οποίο θα αποθηκευτούν τα δεδομένα και να εισάγουμε πληροφορίες σχετικά με το υλικό του δοκιμίου μας, το πείραμα και το όργανο, τα οποία θα συμπεριληφθούν στην αναφορά του πειράματος και θα χρησιμοποιηθούν στην επεξεργασία των δεδομένων.



Εικόνα 4.1 : Πίνακας πληροφοριών πειράματος

Αυτομάτως ένα όνομα αρχείου εμφανίζεται στο πεδίο Data Filename. Αν επιθυμούμε να αλλάξουμε το συγκεκριμένο αρχείο πατάμε το κουμπί File ώστε να εμφανιστεί το παράθυρο αποθήκευσης των Windows. Στη συνέχεια πληκτρολογούμε το όνομα που επιθυμούμε για το αρχείο, το οποίο έχει κατάληξη .CSV. Δεν είναι απαραίτητο να πληκτρολογήσουμε την κατάληξη του αρχείου διότι προστίθεται αυτόματα. Επίσης το λογισμικό μας δίνει την δυνατότητα να εισάγουμε το όνομα του χειριστή του οργάνου. Πατάμε το κουμπί Edit που βρίσκεται δίπλα από το πεδίο Operator έτσι ώστε να εμφανιστεί ένας πίνακας ο οποίος μας επιτρέπει να καταχωρήσουμε μέχρι δέκα (10) ονόματα.



Εικόνα 4.2 : Πίνακας ορισμού ονόματος χειριστή οργάνου

Εάν θέλουμε να διαγράψουμε μια καταχώρηση κάνουμε αριστερό κλικ στο όνομα και πατάμε το πλήκτρο Delete στο πληκτρολόγιο μετά πατάμε το πλήκτρο Row. Εισάγουμε τα στοιχεία του δείγματος στα κατάλληλα πλαίσια κειμένου.

- Η τιμή E είναι η θερμότητα της καύσης ανά μονάδα μάζας οξυγόνου που καταναλώνεται. Η μέση τιμή για τα περισσότερα οργανικά υλικά είναι 13,1 MJ/kg και η τιμή αυτή θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί, εκτός εάν γνωρίζουμε μια τιμή με μεγαλύτερη ακρίβεια.
- Η μάζα είναι η αρχική μάζα του δείγματος.
- Το εμβαδό της επιφάνειας είναι το εμβαδό του δείγματος που εκτίθεται στην ακτινοβολία. Ως προεπιλογή το εμβαδό επιφάνειας είναι 100 cm<sup>2</sup>, εάν δεν έχει τοποθετηθεί πλαίσιο συγκράτησης και 88,4 cm<sup>2</sup> εάν έχει τοποθετηθεί το πλαίσιο συγκράτησης.
- Εάν το δείγμα έχει ρυθμιστεί βεβαιωνόμαστε ότι το πεδίο που αναγράφει τον όρο Conditioned είναι επιλεγμένο. Μόνο τότε τα συγκεκριμένα πεδία θα είναι διαθέσιμα για επεξεργασία.

Στην συνέχεια εισάγουμε τις λεπτομέρειες που μας ζητούνται.

- Επιλέγουμε το πρότυπο δοκιμής από το έτοιμο μενού, ή επεξεργαζόμαστε την λίστα με τον ίδιο τρόπο όπως αναφέραμε παραπάνω.

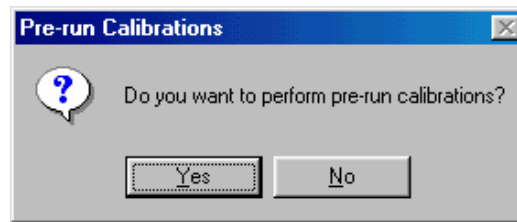
- Ο ονομαστικός ρυθμός ροής εντός του αγωγού είναι η μέση ταχύτητα ροής διαμέσου του αγωγού και παίρνει μια προεπιλεγμένη τιμή 24 lt/sec.
- Το διάστημα δειγματοληψίας είναι το χρονικό διάστημα στο οποίο τα δεδομένα υποβάλλονται σε επεξεργασία. Η προεπιλογή είναι πέντε (5) δευτερόλεπτα.
- Η ροή θερμότητας είναι ένα γεγονός το οποίο λαμβάνει χώρα στην επιφάνεια του δείγματος. Αυτή η τιμή πρέπει να οριστεί και η προεπιλεγμένη τιμή είναι η τελευταία ροή που έχει αποθηκευτεί επιτυχώς.
- Για δείγματα τα οποία είναι θερμικά μεταβαλλόμενα η απόσταση μεταξύ της πλάκας βάσεως του θερμαντήρα και του δείγματος μπορεί να ρυθμιστεί στα 60 mm. Η ροή θερμότητας θα πρέπει να καθοριστεί σε αυτό το διαχωρισμό.
- Οποιοσδήποτε άλλες λεπτομέρειες προετοιμασίας του δείγματος μπορούν να συμπεριληφθούν στις αποθηκευμένες πληροφορίες δοκιμής.
- Εάν το δείγμα είναι προσαρμοσμένο σε ένα υπόστρωμα τότε βεβαιωνόμαστε ότι η επιλογή Substrate used είναι επιλεγμένη. Μόνο τότε το συγκεκριμένο μενού γίνεται διαθέσιμο και τότε μπορούμε να επιλέξουμε το υπόστρωμα που χρησιμοποιούμε.
- Ορίζουμε τον προσανατολισμό της δοκιμής χρησιμοποιώντας τον διακόπτη προσανατολισμού.
- Εάν χρησιμοποιούμε πλαίσιο συγκράτησης τότε το πεδίο Retainer frame είναι επιλεγμένο.
- Εάν χρησιμοποιούμε πλέγμα τότε το πεδίο Grid used πρέπει να είναι επιλεγμένο.
- Όπως έχουμε προαναφέρει το ConeCalc είναι σχεδιασμένο ώστε να επιτρέπει την εκτέλεση του πειράματος σε Scrubbed ή Non Scrubbed λειτουργία. Χρησιμοποιούμε τον διακόπτη του διοξειδίου του άνθρακα ώστε να επιλέξουμε μια από τις δυο λειτουργίες.
- Σε λειτουργία Scrubbed οι ατμοσφαιρικές συνθήκες δεν απαιτούνται και το διοξείδιο του άνθρακα δεν χρειάζεται να αφαιρεθεί με χημικό τρόπο, όπως έχουμε προαναφέρει. Σε λειτουργία Non Scrubbed οι προαναφερθείσες ενέργειες είναι απαραίτητες.

Οι προδιαγραφές της συσκευής αυτόματα εμφανίζονται και μπορούν να επεξεργαστούν αν απαιτείτε. Μπορούμε να εισάγουμε τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, την ατμοσφαιρική πίεση και την σχετική υγρασία στα ανάλογα πεδία αν αυτό είναι απαραίτητο. Όσον αφορά την ατμοσφαιρική πίεση, στα θερμιδόμετρα κώνου FTT καταγράφεται και εισάγεται αυτόματα. Όταν όλες οι πληροφορίες έχουν εισαχτεί πατάμε το κουμπί OK. Ένα παράθυρο διαλόγου θα εμφανιστεί και θα μας ρωτήσει αν θέλουμε να εκτελέσουμε προβαθμονομήσεις (βλ. εικόνα 4.3). Συνιστάται ότι αυτή η διαδικασία πρέπει να εκτελεστεί πριν από κάθε πείραμα. Εάν ωστόσο αυτή η διαδικασία παρακαμφθεί τότε εμφανίζεται ο πίνακας εκτέλεσης του πειράματος (βλ. εικόνα 4.5).

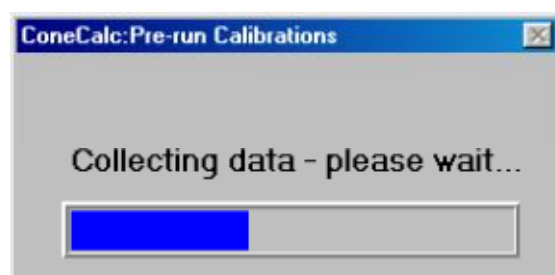
Βεβαιωνόμαστε ότι η αντλία δειγματοληψίας είναι ενεργοποιημένη για τουλάχιστον δέκα (10) λεπτά νωρίτερα, έτσι ώστε οι αναλυτές να έχουν σταθεροποιηθεί. Στην προβαθμονόμηση συλλέγονται δεδομένα για διάρκεια δέκα (10) δευτερόλεπτων από τους αισθητήρες (βλ. εικόνα 4.4) και ο μέσος όρος κατά τη χρονική περίοδο αυτή καταγράφεται. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας έχουμε



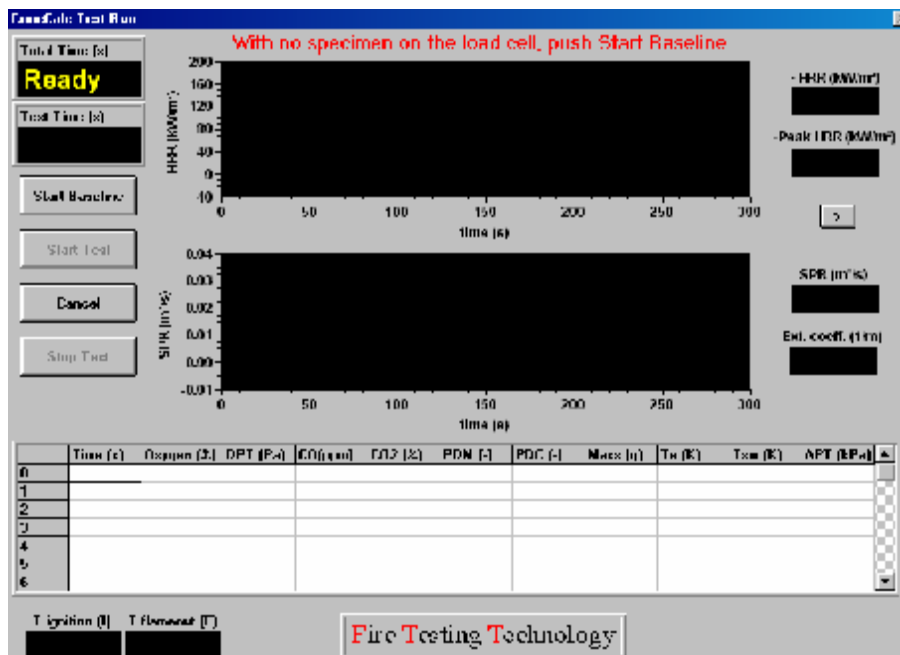
διασφαλίσει ότι ο αέρας μέσα στους αναλυτές είναι ο ατμοσφαιρικός και ότι δεν υπάρχει καθόλου φωτιά.



Εικόνα 4.3 : Παράθυρο διαλόγου προβαθμονόμησης



Εικόνα 4.4 : Διαδικασία συλλογής δεδομένων



Εικόνα 4.5 : Πίνακας εκτέλεσης πειράματος

### 3.4.3. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Αφού όλες οι λεπτομέρειες που χρειάζονται για να εκτελεστεί το πείραμα έχουν εισαχτεί και το σύστημα έχει βαθμονομηθεί, τότε είμαστε έτοιμοι να ξεκινήσουμε το πείραμα. Ο πίνακας εκτέλεσης του πειράματος που θα εμφανιστεί μας δείχνει τις ενδείξεις από τους αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο, την κατά προσέγγιση έκλυση της θερμότητας και καπνού, την κατά προσέγγιση μέγιστη απελευθέρωση θερμότητας και τον συντελεστή απόσβεσης. Επίσης μας δείχνει τον συνολικό χρόνο του πειράματος (συμπεριλαμβανομένου και του χρόνου Baseline). Στην κορυφή του πίνακα υπάρχει μια περιοχή μηνυμάτων η οποία μας δείχνει σημαντικές στιγμές κατά την διάρκεια του πειράματος, όπως για παράδειγμα να τοποθετήσουμε το δείγμα κάτω από τον θερμαντήρα και ποια κουμπιά να πατήσουμε για συγκεκριμένα γεγονότα κατά την διάρκεια του πειράματος. Οι αισθητήρες εμφανίζονται στον πίνακα 4.1.

Time	Χρόνος σε δευτερόλεπτα (s)
Oxygen	Συγκέντρωση οξυγόνου (%)
DPT	Διαφορική πίεση (Pa)
CO	Μονοξειδίο του άνθρακα (ppm)
CO2	Διοξειδίο του άνθρακα (%)
PDM	Βαθμονομημένη κύρια έξοδος φωτοδιόδου (-)
PDC	Βαθμονομημένη έξοδος αντιστάθμισης φωτοδιόδου (-)
MASS	Μάζα δείγματος (g)
Te	Θερμοκρασία εξάτμισης (K)
Tsm	Θερμοκρασία καπνού
APT	Απόλυτη πίεση (kPa)

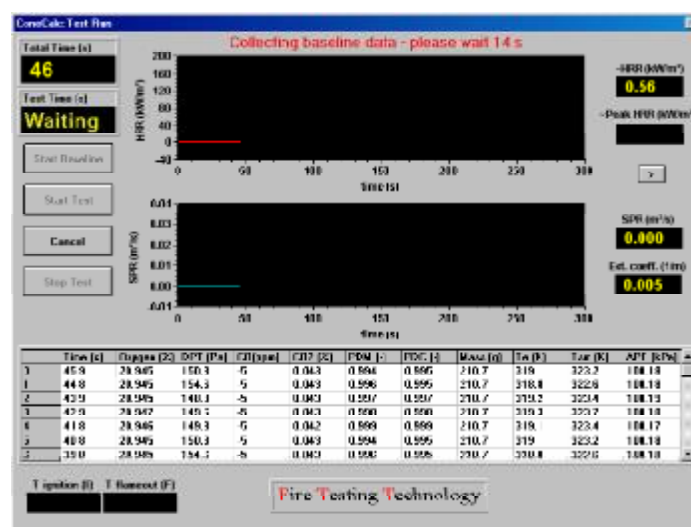
Πίνακας 4.1

## A) Συλλογή δεδομένων BASELINE

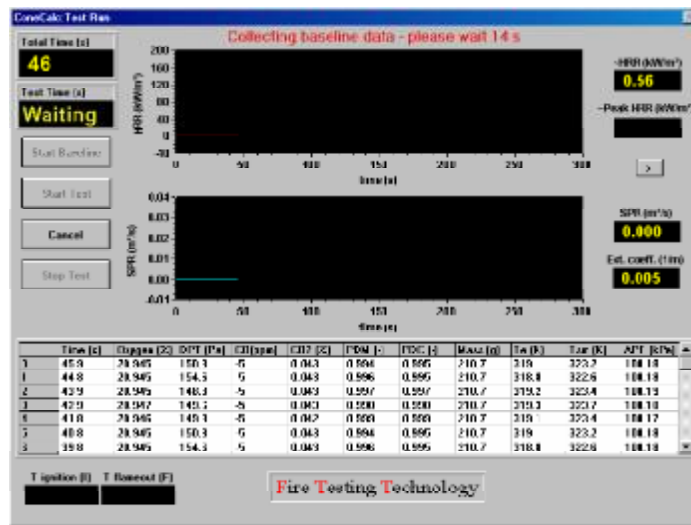
- Βεβαιωνόμαστε ότι τα Shutters που βρίσκονται κάτω από τον θερμαντήρα κώνου είναι ανοιχτά και ότι υπάρχει τοποθετημένο θερμομονωτικό υλικό πάνω από την βάση του ζυγού.
- Μετά πατάμε το κουμπί Start Baseline ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία συλλογής δεδομένων. Τα δεδομένα Baseline συλλέγονται σε εξήντα δευτερόλεπτα (βλ. εικόνα 4.6).

## B) Τοποθέτηση δείγματος και εκτέλεση πειράματος

- Αφού συλλέξουμε τα δεδομένα Baseline και στη συνέχεια κλείσουμε τα Shutters τοποθετούμε προσεκτικά τη πλατφόρμα με το δοκίμιο στη βάση του ζυγού έχοντας πρώτα αφαιρέσει το θερμομονωτικό υλικό που είχαμε νωρίτερα.
- Στη συνέχεια θέτουμε τον αναφλεκτήρα στη θέση λειτουργίας (κέντρο του κώνου) και επιβεβαιώνουμε ότι στο θερμιδόμετρο το κουμπί Ignition είναι πατημένο.
- Όταν σταθεροποιηθεί η τιμή του ζυγού (μάζα δοκιμίου) ανοίγουμε τους Shutters του κώνου και αμέσως πατάμε Start Test ή S στο Remote Control.
- Παρακολουθούμε προσεκτικά το δοκίμιο για να δούμε πότε ακριβώς γίνεται η ανάφλεξη. Όταν το δείγμα αναφλεγεί πατάμε I στο Remote Control. Όταν παύσει η φλόγα ενημερώνουμε το λογισμικό και πατάμε F. Ο χρόνος που θα περάσει μέχρι να σβήσει η φλόγα καταγράφεται από το λογισμικό μαζί με άλλα δεδομένα και δίνεται στα αποτελέσματα (βλ. εικόνα 2.7).
- Όταν η δοκιμή ολοκληρωθεί (περίπου ένα λεπτό μετά το σβήσιμο της φλόγας) πατάμε Stop Test ή S στο Remote Control. Μπορούμε να δούμε συνολικά τα αποτελέσματα επιλέγοντας το Main Menu Print Report.



Εικόνα 4.6 : Συλλογή δεδομένων Baseline



Εικόνα 4.7 : Στιγμιότυπο κατά τη διαδικασία πειράματος από το σχετικό πίνακα

### 3.4.4 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

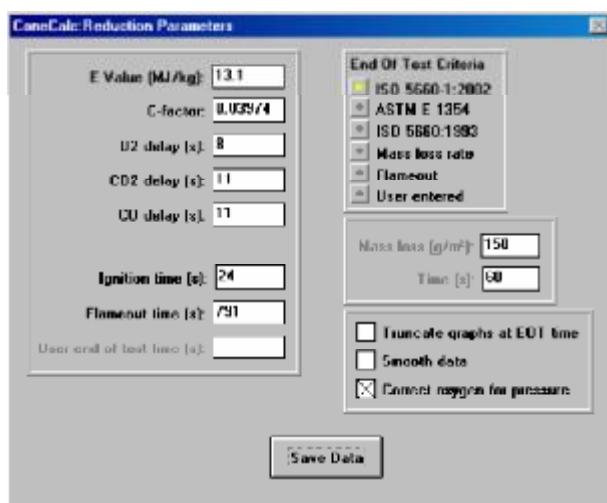
Εισάγουμε οποιαδήποτε σχόλια και παρατηρήσεις σε μορφή κειμένου που πρέπει να συμπεριληφθούν στο πεδίο Comments. Αυτό το πλαίσιο κειμένου δέχεται ως τριακόσιους πενήντα (350) χαρακτήρες. Με το πάτημα του Enter ή Return όλο το κείμενο εμφανίζεται στο χώρο κάτω από το πεδίο Comments. Αν θέλουμε να επεξεργαστούμε κάποιο από τα σχόλια απλά κλικάρουμε μέσα στο πλαίσιο κειμένου και με τα βελάκια μετακινούμαστε και μπορούμε να το επεξεργαστούμε. Για κάθε καταγραφόμενο χρονικά συμβάν κατά τη διάρκεια του πειράματος ένας χρόνος θα εισάγεται στο πλέγμα παρατηρήσεων (βλ. εικόνα 4.8). Κάνουμε κλικ στο κατάλληλο κελί στη στήλη Observations και πληκτρολογούμε το κείμενο που σχετίζεται με το συμβάν. Εάν κάποιος χρόνος είναι εσφαλμένος μπορούμε να πατήσουμε πάνω του και να τον επεξεργαστούμε. Για να αφαιρέσουμε ένα χρόνο από τη λίστα κάνουμε κλικ στο χρόνο και πατάμε το πλήκτρο Delete στο πληκτρολόγιο. Στη συνέχεια επιλέγουμε Row. Τέλος πατάμε το κουμπί Ok για να εμφανιστεί ο πίνακας Reduction Parameters.



Εικόνα 4.8 : Πίνακας After Test Information

### 3.4.5 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η μέθοδος υπολογισμού των παραμέτρων που σχετίζονται με τη φωτιά από ανεπεξέργαστα δεδομένα που συλλέγονται ονομάζεται ως μείωση δεδομένων (Data Reduction) και περιλαμβάνει τη χρήση πολλών εξισώσεων. Ο πίνακας Reduction Parameters (βλ. εικόνα 4.9) περιέχει έναν αριθμό παραμέτρων που περιλαμβάνονται στον υπολογισμό των διαφόρων παραμέτρων της φωτιάς. Τα πεδία και η παράμετροι περιγράφονται στον πίνακα 4.2. πατάμε Save Data για να αποθηκεύσουμε το αρχείο. Μόλις τα δεδομένα αποθηκευτούν στο δίσκο είναι δυνατή η επεξεργασία, η προβολή και η εκτύπωση τους.



Εικόνα 4.9 : Πίνακας Reduction Parameters

E Value	Το ποσό της ενέργειας που απελευθερώνεται από το υλικό για κάθε κιλό οξυγόνου που καταναλώνει. (Η μέση τιμή είναι 13,1 MJ/kg για τα περισσότερα οργανικά υλικά, αλλά αν γνωρίζουμε μια πιο ακριβής τιμή μπορούμε να τη χρησιμοποιήσουμε) (MJ/kg)
C-factor	Η σταθερά βαθμονόμησης του θερμιδόμετρου κώνου ( $m^{1/2} kg^{1/2} K^{1/2}$ ).
O2 Delay	Η καθυστέρηση μεταφοράς του χρόνου για τον αναλυτή οξυγόνου (s). (Αυτός είναι ένας συνδυασμός του χρόνου που χρειάστηκε ώστε τα καυσαέρια να φτάσουν στον αναλυτή και του χρόνου καθυστέρησης του αναλυτή)
CO2 Delay	Η καθυστέρηση μεταφοράς του χρόνου του αναλυτή διοξειδίου του άνθρακα (s).
CO Delay	Η καθυστέρηση μεταφοράς του χρόνου του αναλυτή μονοξειδίου του άνθρακα (s).
Ignition time	Χρόνος ανάφλεξης του δείγματος (s).
Flameout time	Χρόνος σβησίματος φωτιάς (s).
User end of test time	Χρόνος τερματισμού του πειράματος, στον οποίο τα δεδομένα υπολογίζονται (s). (αυτό το πεδίο είναι διαθέσιμο μόνο αν ο χρήστης έχει επιλεγμένη την επιλογή End of test criterion, όπως φαίνεται στη εικόνα 4.9)
Mass loss	Ο ρυθμός απώλειας μάζας κατά τη διάρκεια χρονικού διαστήματος (στο πεδίο Time), κάτω από τον οποίο το πείραμα θεωρείται ότι έχει λήξει ( $g/m^2$ ). (αυτό το πεδίο είναι διαθέσιμο μόνο αν έχει επιλεγεί το Mass loss rate End of test criterion)

Time	Το χρονικό διάστημα κατά το οποίο ο ρυθμός απώλειας μάζας μετράται ώστε να προσδιοριστεί το τέλος του χρόνου πειράματος για το κριτήριο λήξης του πειράματος του ρυθμού απώλειας μάζας (s).	
Truncated graphs at EOT time	Με αυτό το πεδίο επιλεγμένο τα δεδομένα μείωσης εμφανίζονται μόνο με μορφή γραφικής παράστασης. Ο χρόνος καθορίζεται από τα κριτήρια End Of Test.	
Smooth data	Εφαρμογή εξομάλυνσης στα μειωμένα δεδομένα	
Correct oxygen for pressure	Εάν ο αναλυτής οξυγόνου δεν διαθέτει δικό του αντισταθμιστή της πίεσης, τότε οι ενδείξεις του οξυγόνου χρειάζονται διορθώσεις σύμφωνα με τις αλλαγές στην ατμοσφαιρική πίεση. Επιλέγοντας αυτό το πεδίο εφαρμόζεται η διόρθωση. (εάν ο αναλυτής διαθέτει τον δικό του αντισταθμιστή πίεσης, τότε αυτό το πεδίο δεν πρέπει να είναι επιλεγμένο)	
End of test criteria	Αυτή η ομάδα επιλογών επιτρέπει να αλλάξουμε το κριτήριο που χρησιμοποιεί το λογισμικό ώστε να επιλέξει το τέλος του χρόνου του πειράματος, το χρόνο ολοκλήρωσης του πειράματος από:	
	ISO 5660-1: 2002	Βασισμένο στο πρότυπο ISO 5660-1:2002
	ASTM E 1354	Βασισμένο στο πρότυπο ASTM E 1354
	ISO 5660:1993	Βασισμένο στο πρότυπο ISO 5660:1993
	Ρυθμός απώλειας μάζας	Υπολογίζει το χρόνο ολοκλήρωσης του πειράματος σύμφωνα με τα δεδομένα της απώλειας μάζας που έχουμε ορίσει, όπως επίσης και για τους χρόνους.
	Σβήσιμο φωτιάς	Ορίζει ως χρόνο ολοκλήρωσης πειράματος, το χρόνο σβησίματος της φωτιάς
	Εισαγωγές χρήστη	Παρακάμπτει τον υπολογισμό ολοκλήρωσης πειράματος από το λογισμικό και επιτρέπει την απευθείας είσοδο των τιμών από το χρήστη.

### 3.5 ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΙΝΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΦΛΕΞΗ

#### 3.5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η βασική εξίσωση είναι:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad (5.1)$$

Όπου:

- T η θερμοκρασία.
- t ο χρόνος.
- y η μετρούμενη απόσταση από την επιφάνεια.
- a η θερμική διάχυση  $\frac{k}{\rho c}$
- k η θερμική αγωγιμότητα.
- $\rho$  η πυκνότητα.
- c η ειδική θερμότητα.

$$T = T_o \quad (5.2)$$

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

Για  $y=0$ ,

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



Όπου:

$\dot{q}''$  η καθαρή ροή θερμότητας επιφάνειας κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης,

$\epsilon$  η εκπομπή και η απορροφητικότητα της επιφάνειας (συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας),

$hc$  ο συντελεστής συναγωγής,

$\dot{q}''_{ext}$  Η εξωτερική ροή θερμότητας ακτινοβολίας,

$\sigma$  η σταθερά Stefan-Boltzmann.

Θεωρούμε μια εξίσωση 2<sup>ου</sup> βαθμού που να πληροί τις οριακές συνθήκες.

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

Για τις παραπάνω οριακές συνθήκες προκύπτει:

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

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

$$\delta \equiv \sqrt{6 \alpha t}. \quad (5.7)$$

Εισάγοντας την (5.7) στην (5.5) προκύπτει:

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

ή,

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

Με αυτόν τον αλγόριθμο μπορούμε πλέον να υπολογίσουμε τη θερμοκρασία επιφάνειας κατά την πάροδο του χρόνου. Αυτό επιτυγχάνεται υπολογίζοντας την καθαρή ροή θερμότητας για το ανάλογο  $T$ , που έχουμε επιλέξει, ενώ παράλληλα χρησιμοποιώντας την (5.9) υπολογίζουμε τον χρόνο. Αυτό το αποτέλεσμα θα μας βοηθήσει να υπολογίσουμε την κρίσιμη ροή της ανάφλεξης,  $\dot{q}''_{cr}$ .

$$\dot{q}''_{ext} = \frac{1}{\epsilon} [hc (T_{ig} - T_o) + \epsilon \sigma T_{ig}^4] \equiv \dot{q}''_{cr}$$

(5.10)

Η κρίσιμη ροή υπολογίζεται από τις εξισώσεις (5.4) και (5.9). Η θερμοκρασία στην κρίσιμη ροή υπολογίζεται από την (5.10).

### 3.5.2 ΡΥΘΜΟΣ ΚΑΥΣΗΣ

Η βασική εξίσωση για το ρυθμό καύσης ακολουθεί την (5.1), η οποία ισχύει για την αγωγιμότητα κάτω από την επιφάνεια που εξατμίζεται για συγκεκριμένη θερμοκρασία,  $T_v$ . Ως εκ τούτου για  $y=0$ ,

$$T = T_v \quad (5.11)$$

αλλά επίσης,

$$-k \frac{\partial T}{\partial y} = \dot{q}'' - \dot{m}'' \Delta H_v \quad (5.12)$$

Όπου :

$\dot{m}''$  ο ρυθμός απώλειας μάζας ανά μονάδα επιφάνειας,

$\Delta H_v$  η θερμότητα εξατμισμού,

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

Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι το  $\dot{q}''$  διαφέρει από αυτό που ορίζει η εξίσωση (5.4).

$$\dot{q}'' = \epsilon \dot{q}_{ext}'' + \dot{q}_{fl}'' - \epsilon \sigma T_v^4 \quad (5.13)$$

Όπου  $\dot{q}_{fl}''$  είναι η ροή θερμότητα της φλόγας και δίνεται από τον παρακάτω τύπο.

$$\dot{q}_{fl}'' = \epsilon \dot{q}_{fl,r}'' + \dot{q}_{fl,c}'' \quad (5.14)$$

### 3.5.3 ΡΟΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΦΛΟΓΑΣ

Η ροή θερμότητας της φλόγας περιγράφεται στην (5.14) ως η ροή θερμότητας συναγωγής συν τη θερμότητα ακτινοβολίας. Για να υπολογίσουμε τη συνολική ροή θερμότητας θα χρησιμοποιήσουμε μετρήσεις από την απώλεια μάζας, αλλά και από τη ροή θερμότητας στην επιφάνεια. Ωστόσο αυτές οι μετρήσεις δεν συμπεριλαμβάνουν την απορρόφηση της εξωτερικής θερμότητας από τη φλόγα. Επιπροσθέτως, είναι επιθυμητό να εκλάβουμε την επίδραση του αυξημένου ύψους της φλόγας, ως αποτέλεσμα του αυξημένου ρυθμού καύσης.

#### Ροή θερμότητας από ακτινοβολία

Η (emissivity) της φλόγας αναπαριστάται ως,

$$\epsilon_{fl} = 1 - e^{-\kappa l_m} \quad (5.15)$$

όπου :

$\kappa$  η σταθερά απορρόφησης,

$l_m$  (mean beam length).

Σύμφωνα με τον αλγόριθμο Orloff και deRis,

$$l_m = 0.65(2R) \quad (5.16)$$

όπου :

$R$  η ακτίνα της φλόγας.

Η (5.16) ισχύει για ύψη φλόγας μεγαλύτερα από  $4R$ . Αφού το δοκίμιο μας έχει μήκος 10 εκατοστά, τότε  $2R=10$ . Άρα  $l_m=0.065$ . Σύμφωνα με τον αλγόριθμο Orloff και deRis, το  $\kappa$  προκύπτει  $1.4 \text{ m}^{-1}$ . Η ροή θερμότητας που προκύπτει από την ακτινοβολία της φλόγας είναι:

$$\dot{q}_{fl,r} = \epsilon_{fl} \sigma T_{fl}^4 \quad (5.17)$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

#### 4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΔΟΚΙΜΗΣ

Για τον χαρακτηρισμό των ιδιοτήτων των διαφόρων ειδών ξύλου γίνονται δοκιμές σε 7 διαφορετικά δείγματα του κάθε είδους σε σταθερό επίπεδο εκπομπής ακτινοβολίας. Επιπλέον, στη βάση στήριξης των δοκιμίων τοποθετείται θερμοζεύγος το οποίο μετά τη θερμοκρασία στην πλευρά του δοκιμίου το οποίο δεν εκτίθεται στην πηγή ακτινοβολίας. Ο χρόνος δοκιμής προσδιορίζεται από την πλήρη καύση των δοκιμίων.

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τα στάδια της δοκιμής σε αντίδραση σε φωτιά των δοκιμίων ξύλου..



Εικόνα 1. Αρχικό στάδιο έκθεσης δοκιμίου στην πηγή εκπομπής ακτινοβολίας



Εικόνα 2. Έναυση διατηρήσιμης φλόγας



Εικόνα 3. Πλήρης ανάπτυξη φλόγας

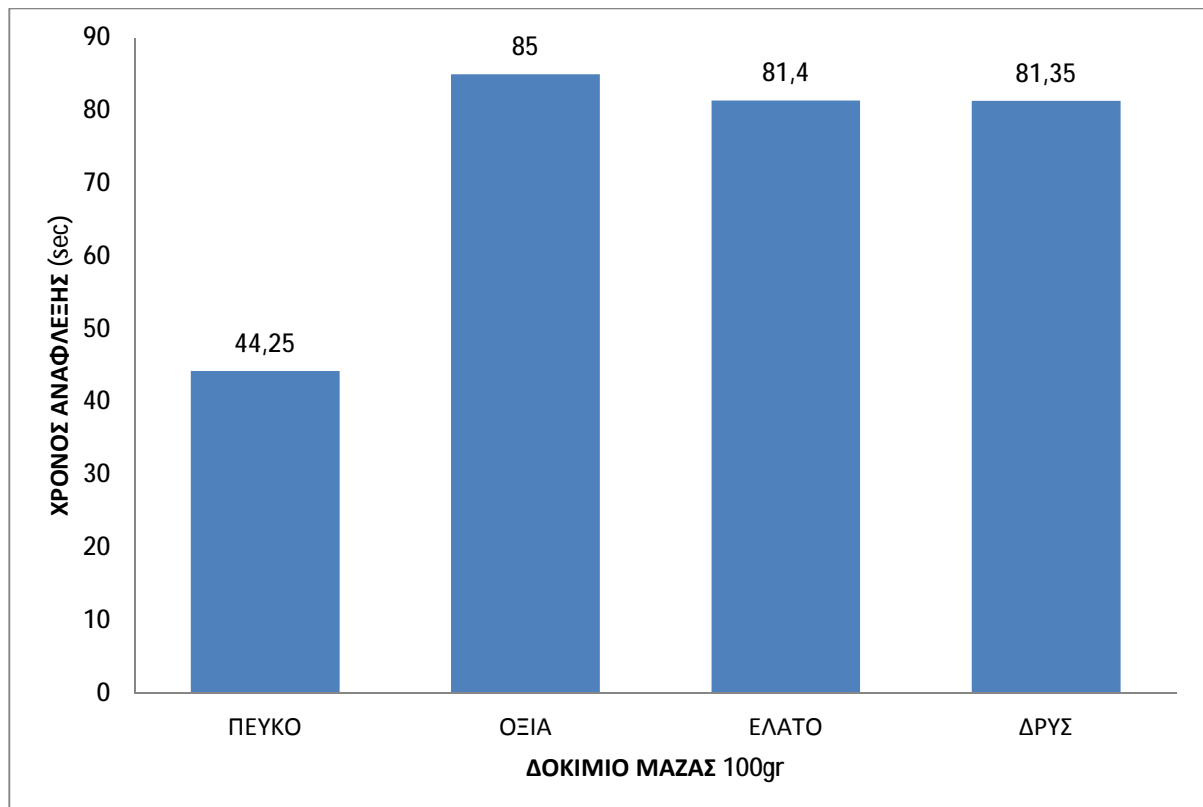


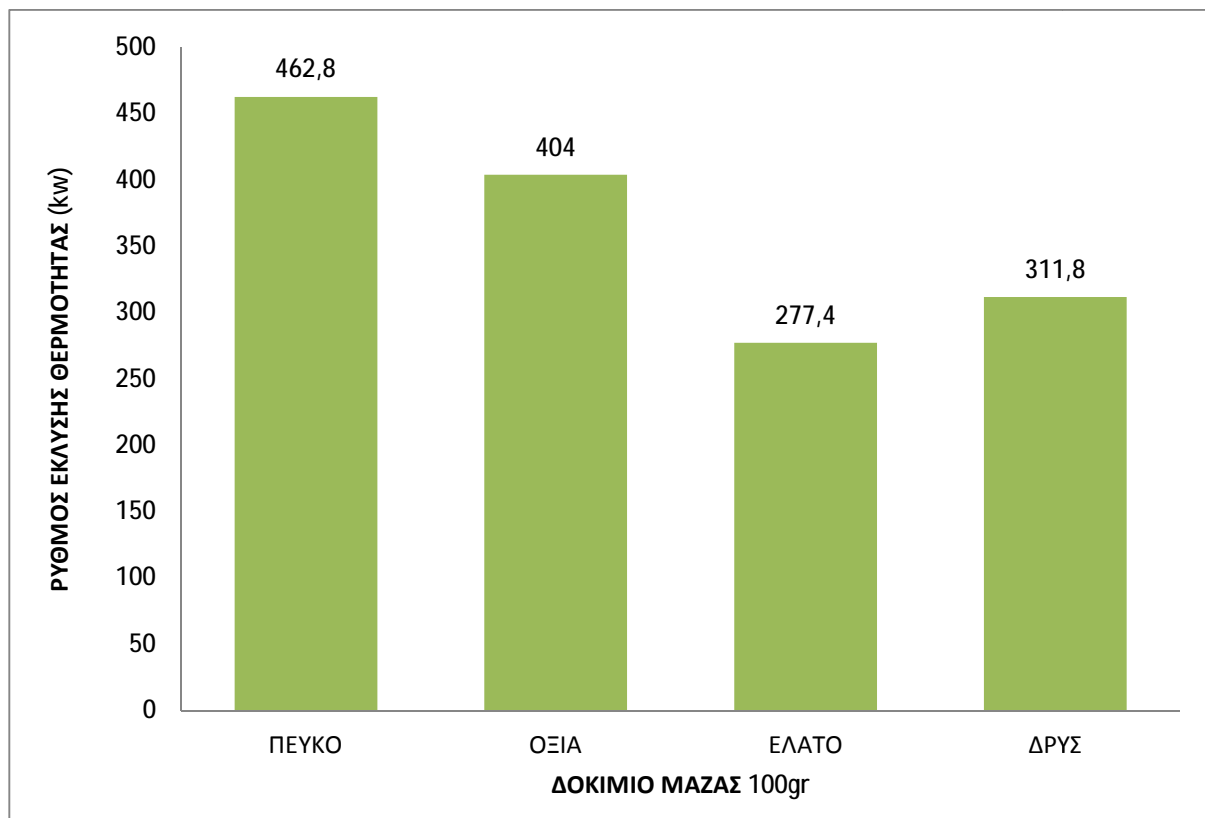
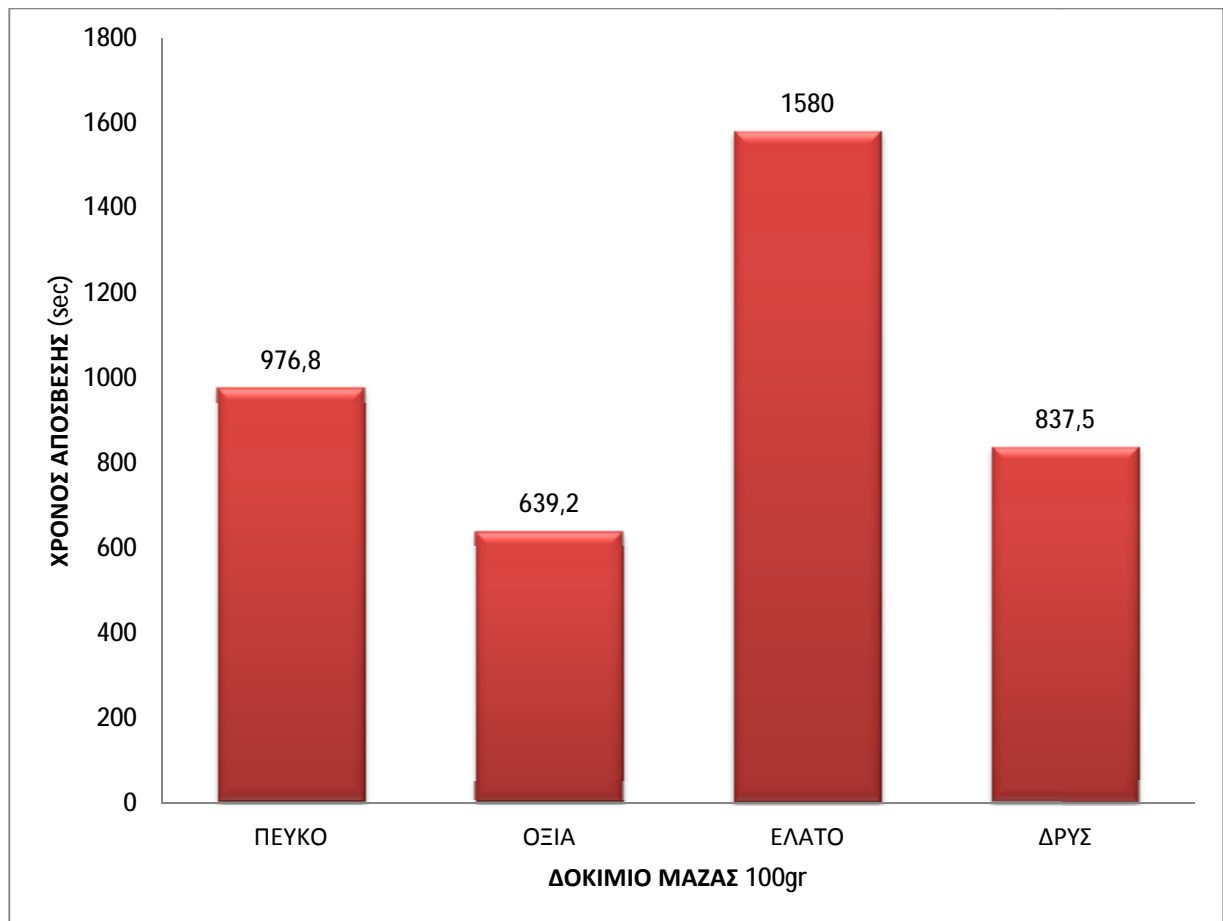
Εικόνα 4. Προχωρημένη καύση δοκιμίου

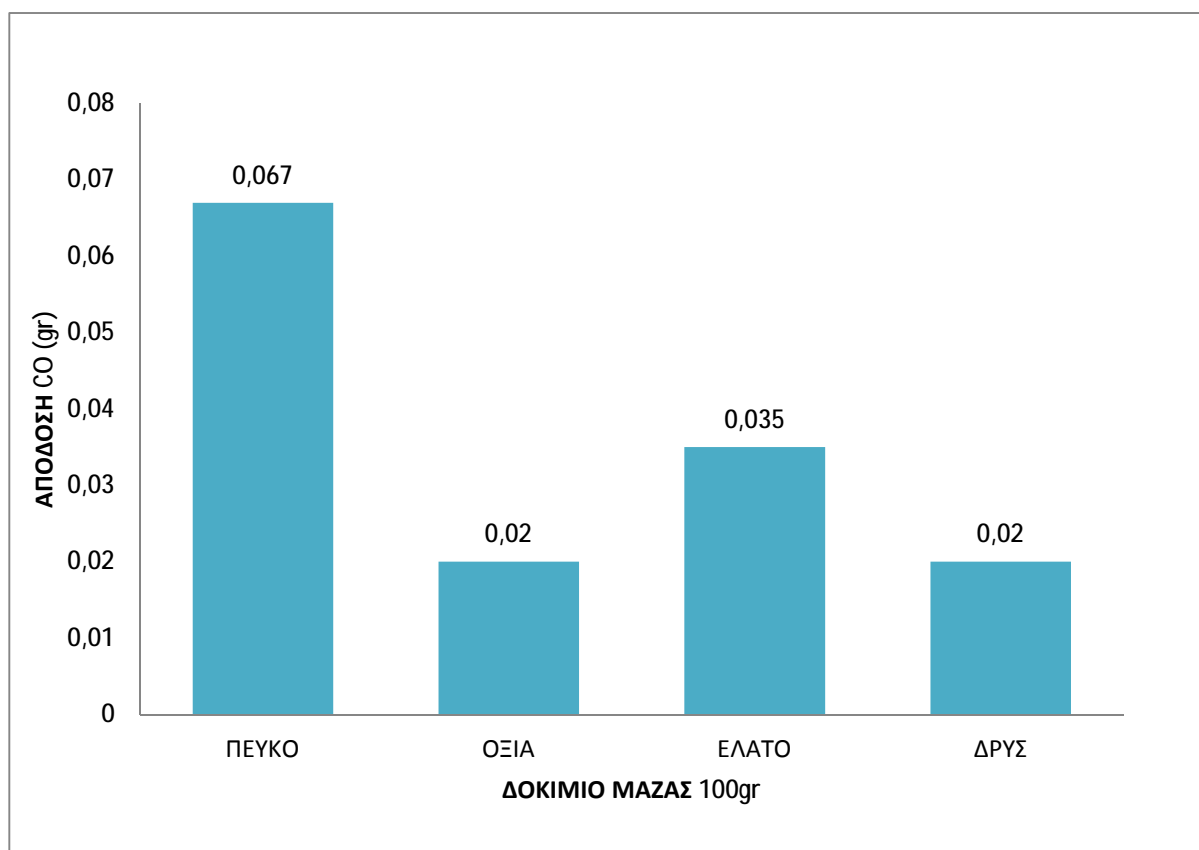
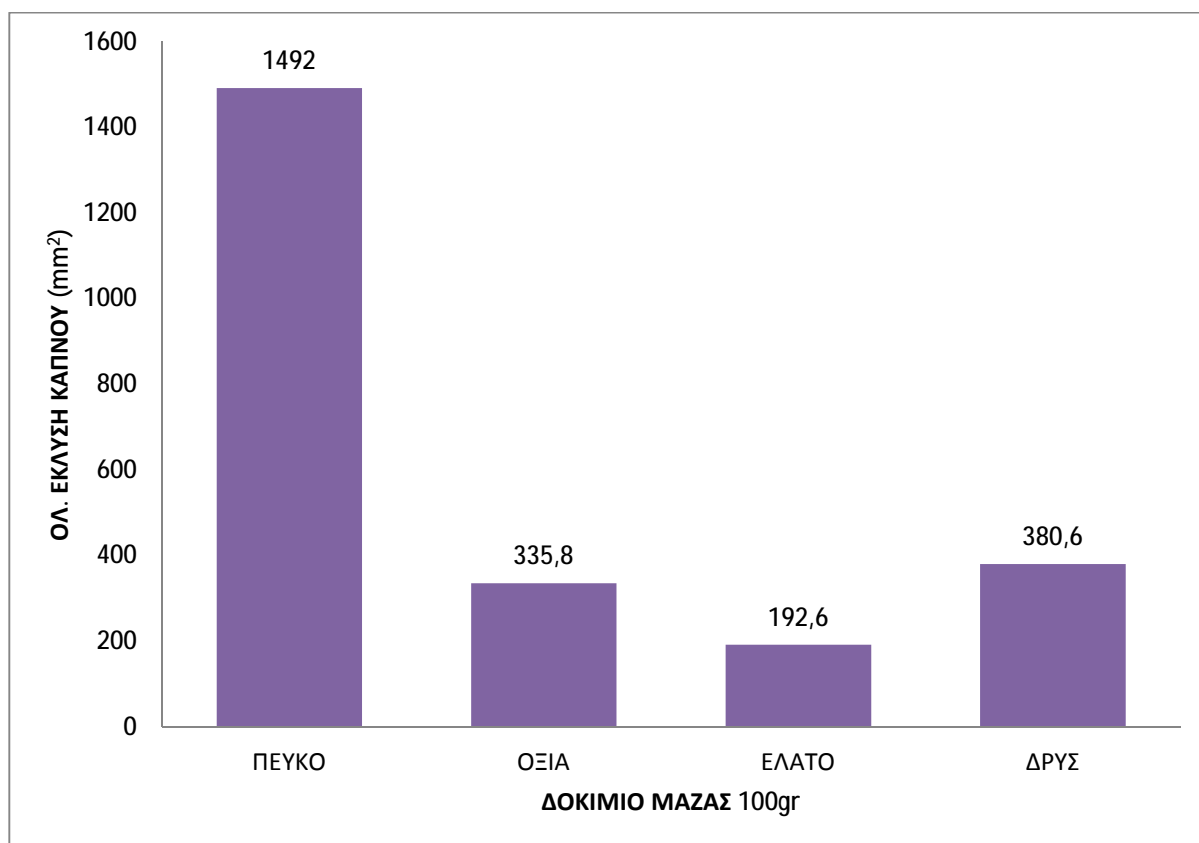
Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται τα μεγέθη μέτρησης με τη μέθοδο καλοριμετρίας κώνου για τα διαφορετικά είδη ξύλου (πεύκο, οξιά, έλατο, δρυς).

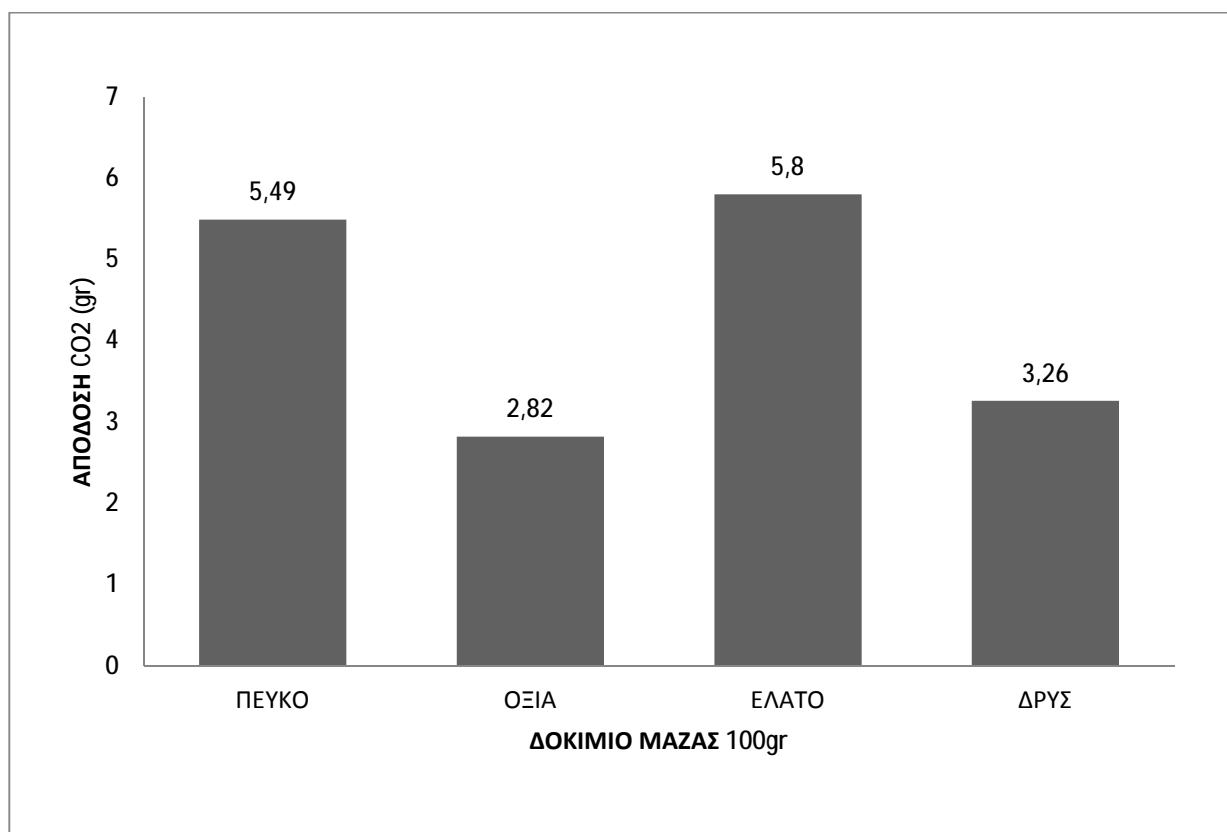
#### 4.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στα γραφήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων της πειραματικής διαδικασίας, για την σαφέστερη απεικόνιση και σύγκριση των τιμών, με αναγωγή των δοκιμίων σε μάζα ( $m=100\text{ gr}$ ).









Όπως γίνεται εμφανές από τα παραπάνω σχήματα παρατηρείται πως εάν εξαιρέσουμε την περίπτωση του πεύκου, το οποίο αναφλέγεται πιο σύντομα, δεν υπάρχουν ιδιαίτερες διακυμάνσεις στο χρόνο ανάφλεξης μεταξύ της οξιάς, του έλατου και του δρυός.

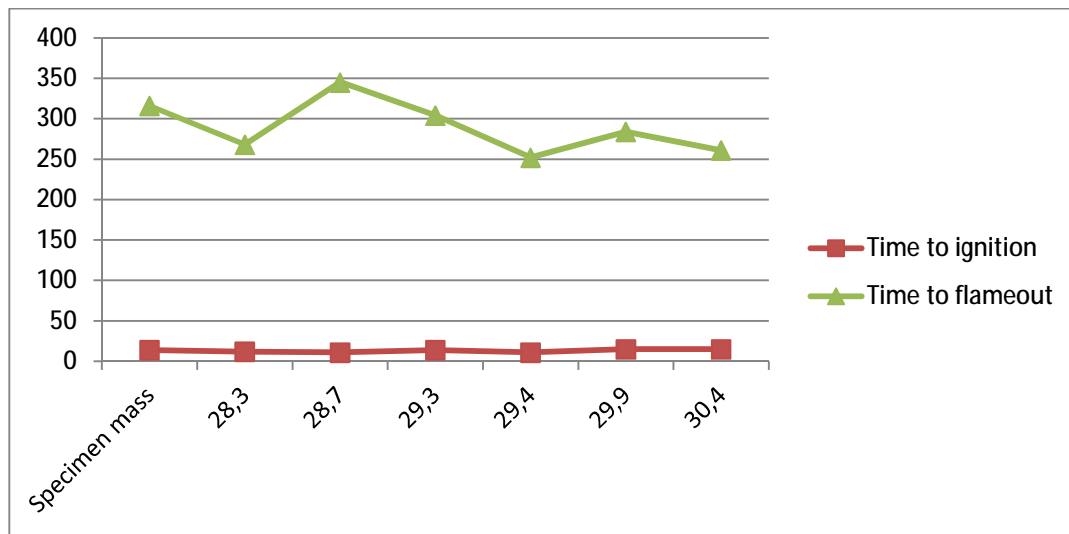
Όσον αφορά το χρόνο απόσβεσης συμπεραίνεται ότι το έλατο είναι βραδύκαυστο, σε αντίθεση με την οξιά. Ο χρόνος απόσβεσης εξαρτάται από την πυκνότητα και το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας του εκάστοτε είδους ξύλου. Ως εκ τούτου εμφανίζονται και αυτές οι αποκλίσεις μεταξύ των δοκιμών.

Το πεύκο παρουσιάζει υψηλά επίπεδα καπναερίων, έκλυσης θερμότητας καθώς και στην απόδοση CO σε σύγκριση με τα υπόλοιπα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκτέλεση του πειράματος. Η απόδοση CO<sub>2</sub> μεταξύ του πεύκου και του έλατου είναι σχεδόν η ίδια σε αντίθεση με την οξιά και το δρυ που κυμαίνονται σε χαμηλότερα επίπεδα.

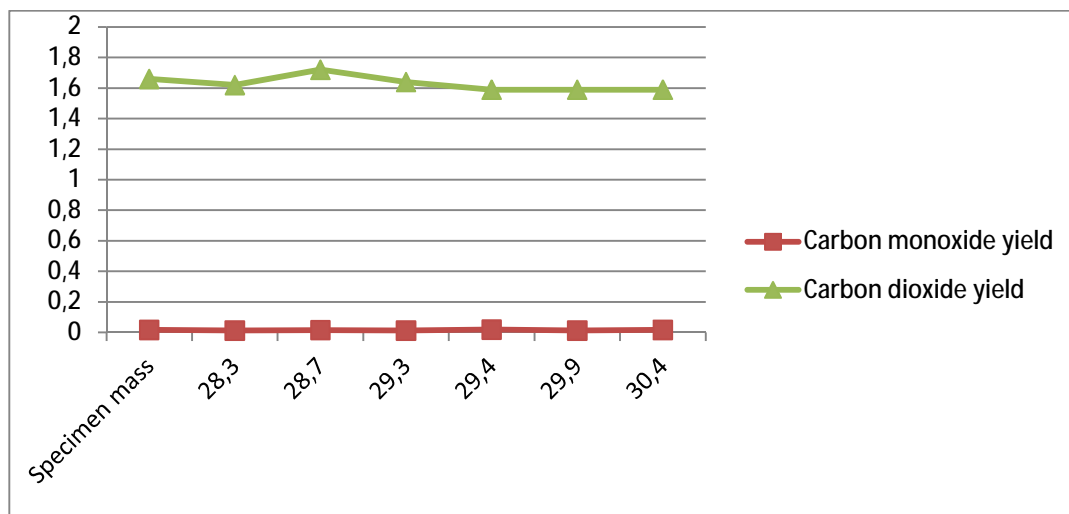
Τα παραπάνω συγκριτικά γραφήματα είναι κατασκευασμένα με τιμές που προήλθαν από το μέσο όρο των επτά δοκιμών του κάθε είδους ξύλου που χρησιμοποιήθηκαν. Ορισμένες από τις μετρήσεις αυτές παρατίθενται στα κάτωθεν διαγράμματα:



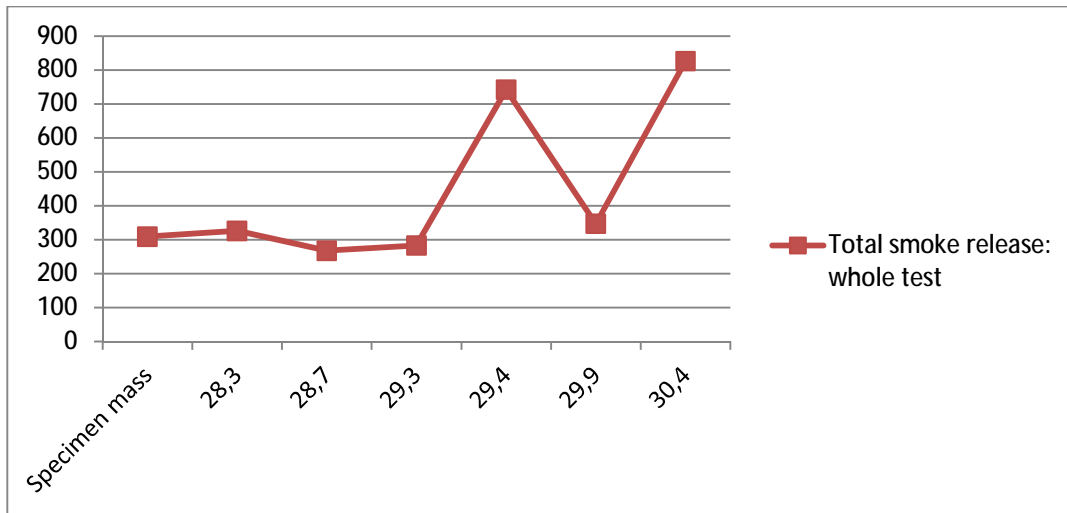
Πεύκο:



Time : ( sec), Mass : (gr)

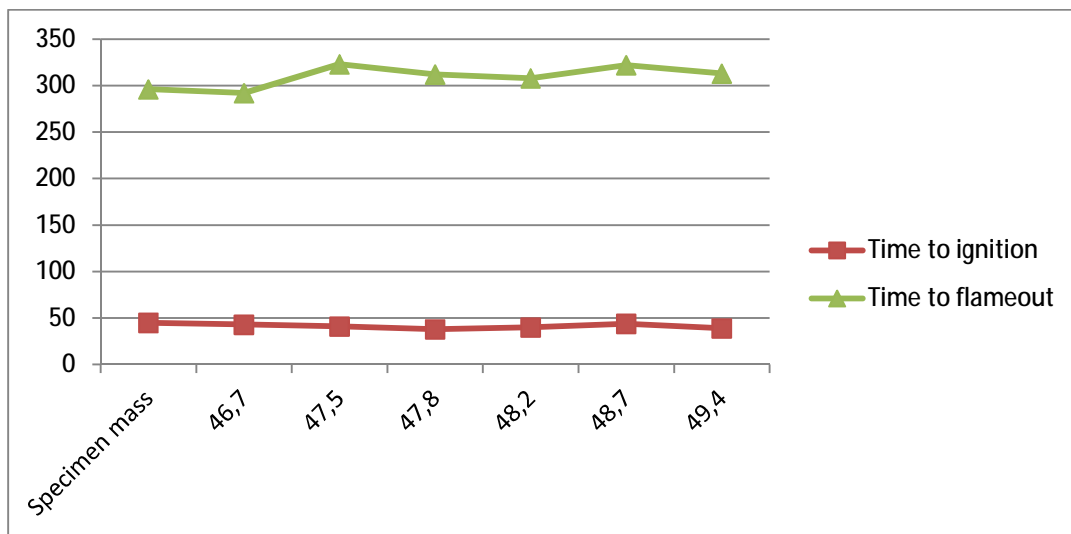


Monoxide/dioxide : (gr) , Mass : (gr)

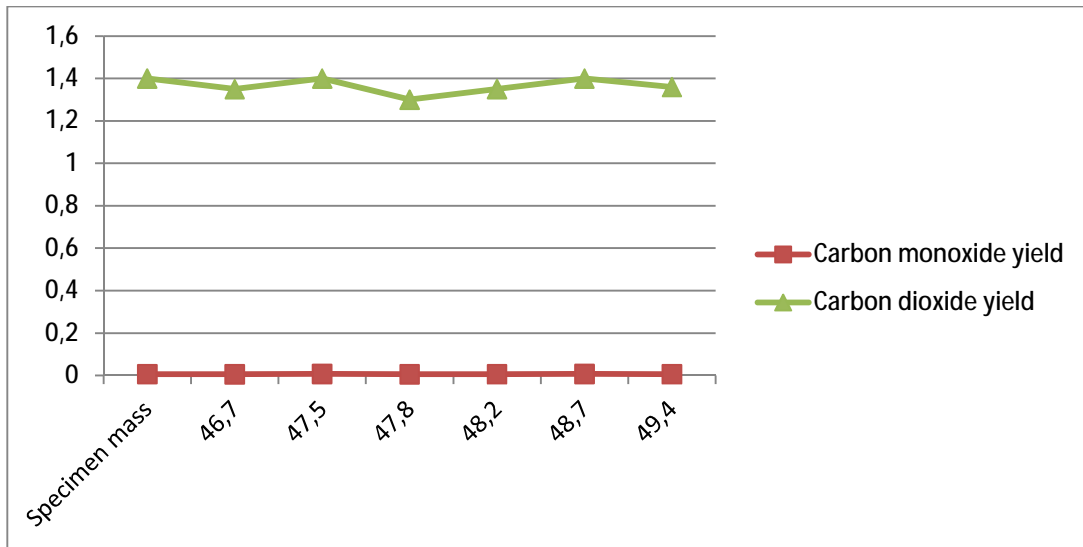


Smoke release : (mm2), Mass : (gr)

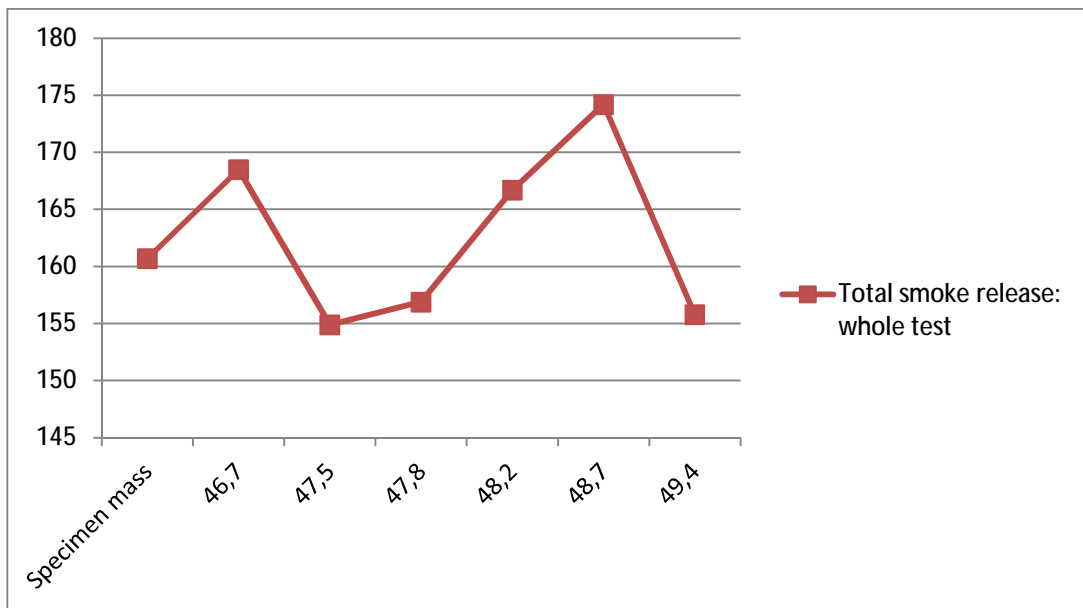
Οξιά:



Time : ( sec), Mass : (gr)

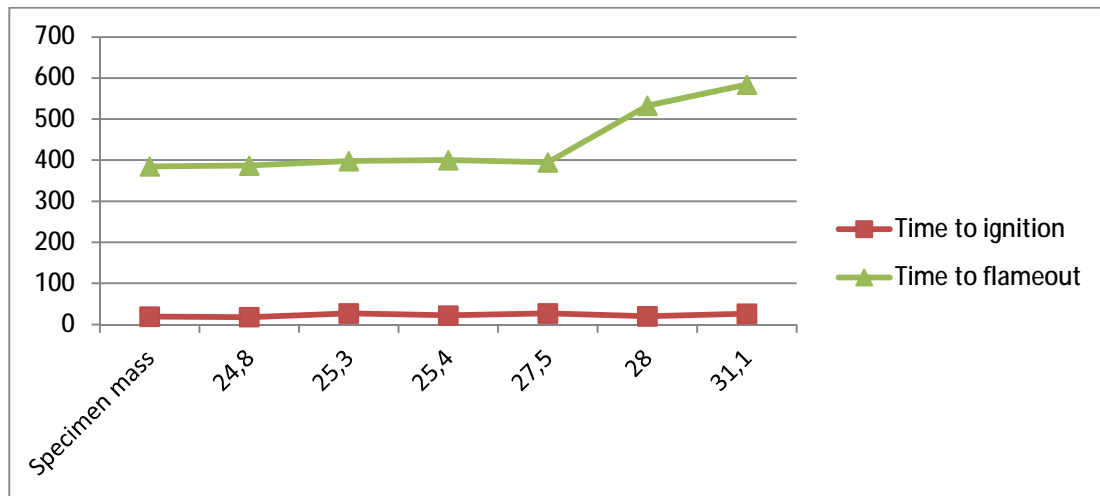


Monoxide/dioxide : (gr) , Mass : (gr)

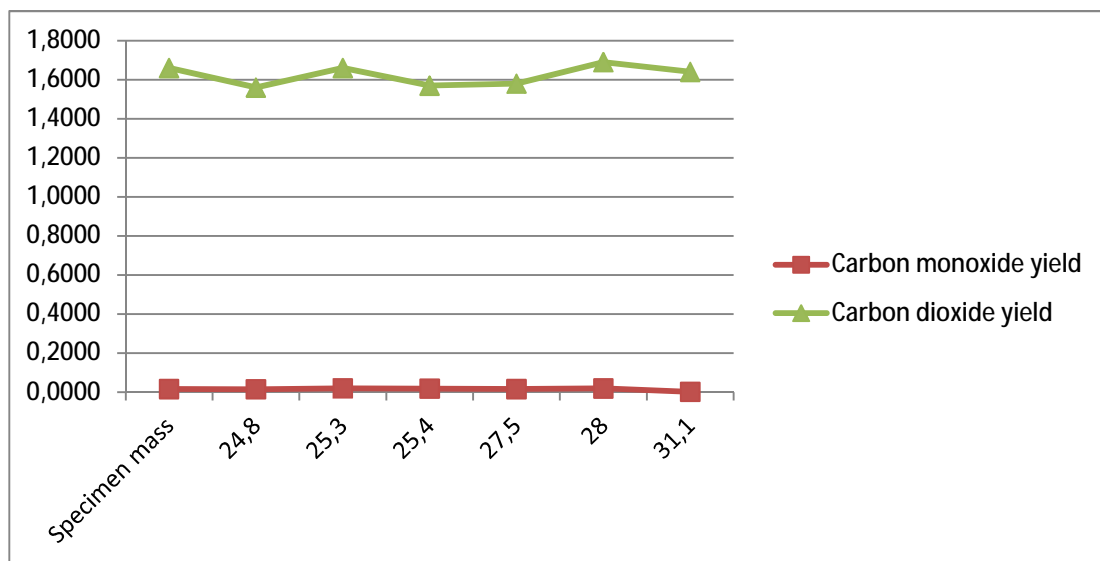


Smoke release : (mm2), Mass : (gr)

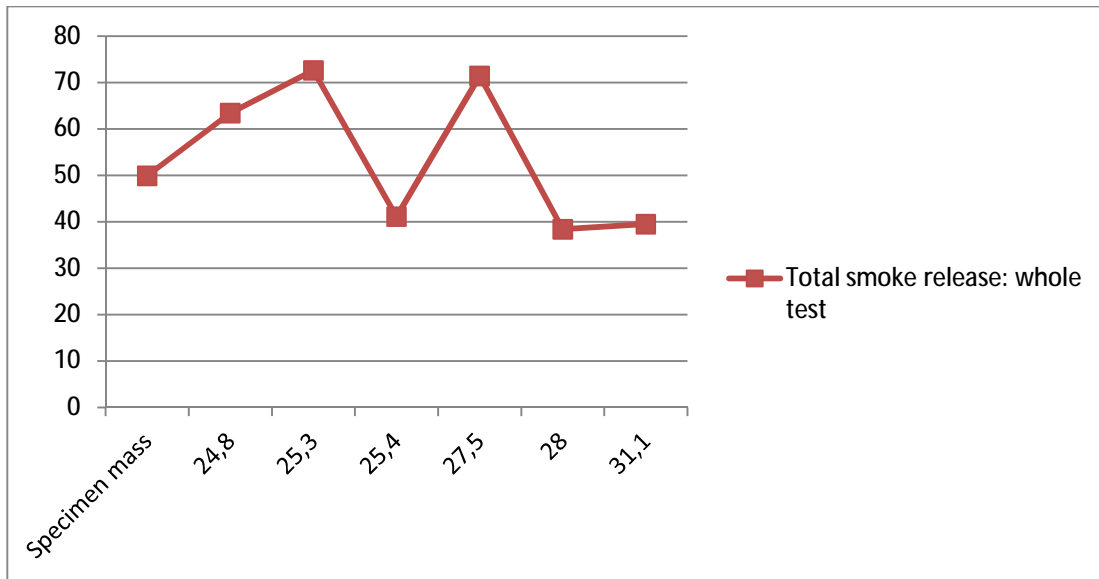
Έλατο:



Time : ( sec), Mass : (gr)

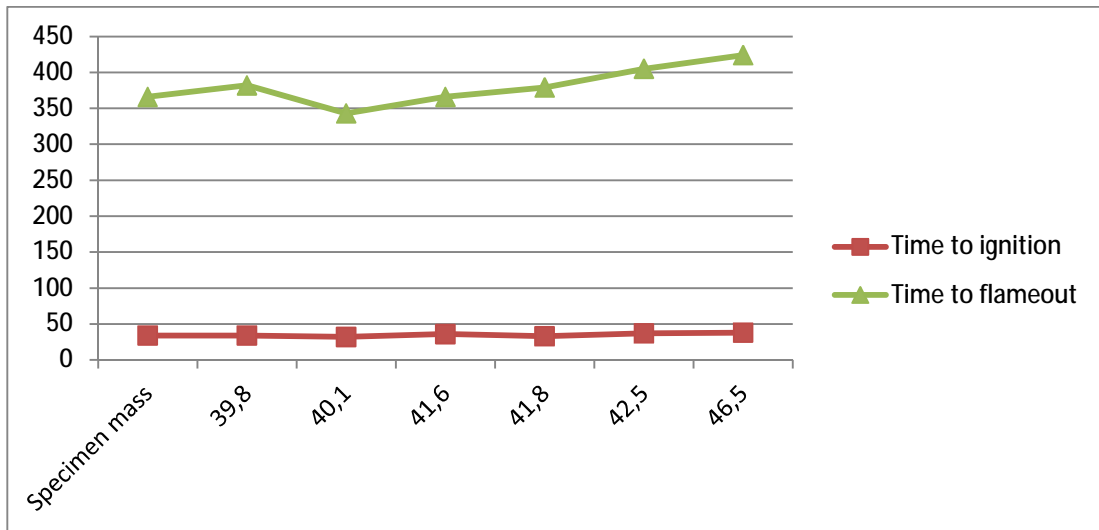


Monoxide/dioxide : (gr) Mass : (gr)

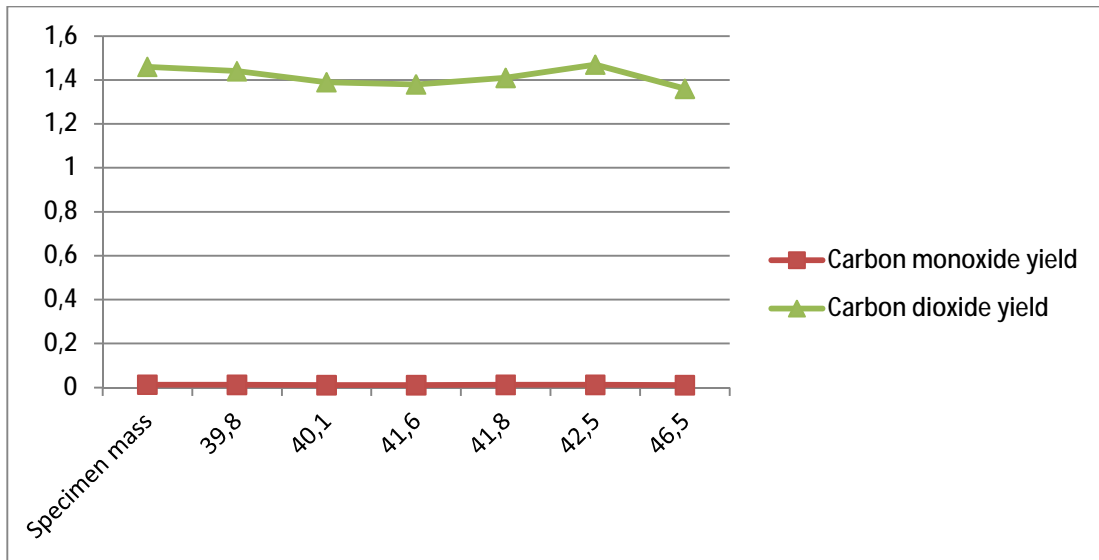


Smoke release : (mm<sup>2</sup>) , , Mass : (gr)

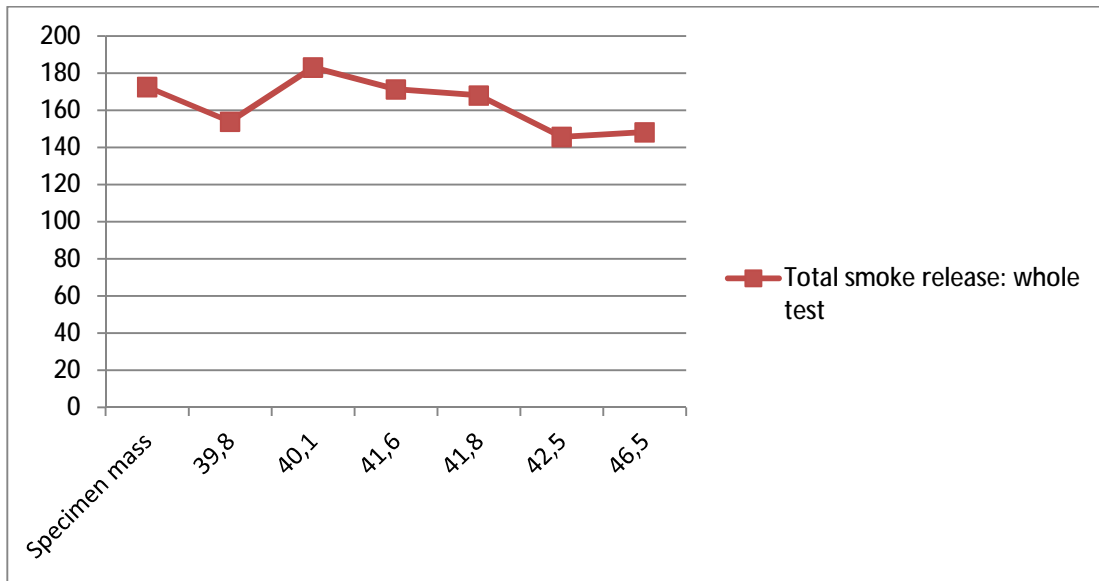
Δρύς:



Time : ( sec), Mass : (gr)



Monoxide/dioxide : (gr) , Mass : (gr)



Smoke release : (mm2) , , Mass : (gr)

Είναι γνωστό ότι κάποια από τα παραγόμενα καπναέρια των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκτέλεση του πειράματος είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία. Συγκεκριμένα το μονοξειδίο του άνθρακα τείνει ιδιαίτερης βαρύτητας διότι αν παρατηρηθεί σε υψηλές συγκεντρώσεις, λόγω του ότι χαρακτηρίζεται ως τοξικό για τον άνθρωπο, κρίνεται όχι μόνο επιβλαβές αλλά και σε αρκετές περιπτώσεις έως και θανατηφόρο. Τα πειραματικά μας αποτελέσματα ταυτίζονται με τη θεωρία που θέλει τις συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα να κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα, σε αντίθεση με τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα που είναι υψηλά.

Όσον αφορά το ρυθμό έκλυσης θερμότητας, δε μπορούμε να δώσουμε μία σαφή απάντηση για το αν είναι ο επιθυμητός. Αυτό συμβαίνει γιατί σημαντικό ρόλο για το χαρακτηρισμό του παίζει η χρήση του υλικού. Στην περίπτωση της πυρκαγιάς επιθυμούμε ο αριθμός αυτός να είναι χαμηλός για να αποφευχθεί η εξάπλωσή της. Αντίθετα, στην περίπτωση που το ξύλο αξιοποιείται ως μέσο θέρμανσης θα ήταν ευνοϊκότερο τα επίπεδα της εκλυόμενης θερμότητας να ήταν υψηλά.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Αριστοθέα Λαζαρίδου, Διαχείριση Επικινδυνότητας
2. Παυλογεωργάτος Γεράσιμος, Ξυλο
3. firesecurity.gr
4. buildnet.gr
5. buildings.gr
6. Portal.tee
7. Εθνικό Τυπογραφείο
8. Πάπυρος Λαρούς Μπριτάνικα
9. Το δέντρο (περιοδικό)
10. Σύγχρονη τεχνική επιθεώρηση