

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΣΕ ΦΩΤΙΑ ΔΟΜΙΚΩΝ
ΥΛΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΚΑΛΟΡΙΜΕΤΡΙΑΣ ΚΩΝΟΥ ΚΑΙ
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΣΥΝΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ
ΣΤΗΝ ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΚΑΛΟΥΔΗΣ ΜΙΧΑΗΛ , ΠΑΝΤΑΖΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΙΑΝΝΑΔΑΚΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στη πειραματική διερεύνηση της αντίδρασης σε φωτιά δομικών υλικών με την χρήση της μεθόδου Καλοριμετρίας Κώνου. Είναι γνωστό ότι η φωτιά είναι ένα απρόβλεπτο φυσικό φαινόμενο και η αντίδραση της με τα δομικά υλικά εξαιρετικά σημαντική. Με τη χρήση του θερμιδόμετρου κώνου θα πειραματιστούμε σε μικρή κλίμακα ώστε να χαρακτηρίσουμε τα υλικά για την συμπεριφορά τους σε συνθήκες πυρκαγιάς, αλλά και να γίνει συσχέτιση των συνθηκών του πειράματος σε σχέση με την πιστότητα των αποτελεσμάτων.

Αρχικά μελετώνται γενικά τα δομικά υλικά και η συμπεριφορά τους έναντι της φωτιάς. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η συσκευή και τα μέρη από τα οποία αποτελείται. Ακόμη παρουσιάζονται οι μέθοδοι βαθμονόμησης της συσκευής, όπως επίσης και η μέθοδος συντήρησης της. Στο τέλος δίνονται τα διαγράμματα που προκύπτουν και οι μαθηματικοί υπολογισμοί και εξάγονται τα απαραίτητα συμπεράσματα.

Ευχαριστούμε θερμά το Επιβλέποντα Καθηγητή μας κ. Αθανάσιο Γιανναδάκη, Καθηγητή του τμήματος Μηχανολογίας, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε για την πραγματοποίηση της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας.

Καλούδης Μιχαήλ και Πανταζόπουλος Γεώργιος
Μάιος 2013

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στη μελέτη και στην πειραματική διερεύνηση αντίδρασης σε φωτιά δομικών υλικών με τη μέθοδο καλοριμετρίας κώνου, όπως επίσης και η εξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων. Είναι πολύ σημαντική η μελέτη των δομικών υλικών, όπως και των υλικών που χρησιμοποιούμε σε καθημερινή βάση και βρίσκονται σε κάθε σπίτι, υπό συνθήκες πυρκαγιάς. Πιο συγκεκριμένα θα μελετήσουμε την αντίδραση θερμοπλαστικού υλικού (μαύρου PMMA) υπό συνθήκες φωτιάς. Τα δοκίμια εκτέθηκαν σε έξι διαφορετικά επίπεδα εκπομπής ακτινοβολίας από 10 έως και 60 kW/m²

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε έξι κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται και κατηγοριοποιούνται τα δομικά υλικά και η συμπεριφορά τους υπό συνθήκες πυρκαγιάς. Επίσης αναφέρονται κάποιες χρήσιμες πληροφορίες για την πυροπροστασία και την πυραντίσταση.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται η πειραματική διάταξη. Πιο συγκεκριμένα αναλύονται τα μέρη από τα οποία αποτελείται το όργανο. Επίσης αναφέρονται στοιχεία για το υλικό της δοκιμής (PMMA)

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η βαθμονόμηση του οργάνου με τη χρήση του λογισμικού του. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στη χρήση του λογισμικού και στη βαθμονόμηση των αισθητήρων, των αναλυτών αερίων, του συστήματος καπνού και των υπόλοιπων οργάνων του καλοριμετρου. Επίσης αναφέρονται οι διαδικασίες μηδενισμού και εξισορρόπησης, αλλά και οι ενέργειες οι οποίες απαιτούνται βηματικά.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται εξολοκλήρου στην εκτέλεση του πειράματος. Αρχικά συνοψίζονται οι απαραίτητες ενέργειες βαθμονόμησης. Στη συνέχεια δίνονται ορισμένες χρήσιμες πληροφορίες για την εκτέλεση του πειράματος και οι οποίες προκύπτουν από το λογισμικό. Ακόμη περιγράφεται η έναρξη της διαδικασίας όπως επίσης και πληροφορίες και παρατηρήσεις οι οποίες συλλέγονται μετά τη λήξη του πειράματος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφονται τα φαινόμενα που συμβαίνουν από την προθέρμανση ως την ανάφλεξη του δοκιμίου με μορφή μαθηματικών εξισώσεων. Πιο συγκεκριμένα περιγράφεται η διαδικασία μεταφοράς θερμότητας και μάζας σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο, όπως επίσης ο ρυθμός καύσης, η ροή θερμότητας της φλόγας, και η ροή θερμότητας από ακτινοβολία .

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται η ανάλυση των πειραματικών δεδομένων και αποτελεσμάτων και εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα. Αρχικά γίνεται περιγραφή των συνθηκών της δοκιμής. Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων με τη μορφή διαγραμμάτων. Πιο συγκεκριμένα τα διαγράμματα που παρουσιάζονται δείχνουν τον ρυθμό απώλειας μάζας αλλά και την εκλυόμενη θερμότητα, την εξωτερική ακτινοβολία εκπομπής κώνου και τη θερμοκρασία της κάτω πλευράς δοκιμίου συναρτήσει του χρόνου. Στο τέλος εξάγονται συμπεράσματα βάση των αποτελεσμάτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1. ΕΥΦΛΕΚΤΑ ΥΛΙΚΑ.....	1
2. ΤΟ ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΟ ΚΩΝΟΥ.....	1
ΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥΣ ΕΝΑΝΤΙ ΤΗΣ ΦΩΤΙΑΣ.....	5
1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	5
ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.....	6
1.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	7
1.4 ΟΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ.....	9
1.4.1 Πυραντίσταση (Fire Resistance).....	9
Δοκιμές αντίδρασης στη φωτιά.....	11
1.4.3 Δείκτες κατάταξης υλικών και μετρήσεις σύμφωνα με τα νέα κριτήρια των Ευροκλάσεων.....	12
1.4.4 Οι Ευρωκλάσεις και οι απαιτήσεις σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες... ..	14
1.4.5 Αντίδραση στη φωτιά δείκτες κλασικοποίησης & μετρήσεις δοκιμών.....	15
1.4.6 Η δοκιμή μικρής φλόγας κατά EN 11925-3 (small flame test).....	17
1.4.7 Η δοκιμή μεμονωμένου καιόμενου αντικειμένου (SBI) κατά EN 13823.....	17
1.4.8 Η δοκιμή σε Θερμιδόμετρο Κώνου (ISO 5660, ASTM E 1354, NFPA 264A).....	18
1.4.9 Σενάρια και ιδιότητες φωτιάς στο θερμιδόμετρο.....	19
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ.....	21
2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	21
2.2 ΤΟ ΚΑΛΟΡΙΜΕΤΡΟ ΚΩΝΟΥ.....	23
3. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΟΡΓΑΝΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ FTT CONECALC.....	25
3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	25
3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ.....	25
3.3 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΚΛΥΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ.....	26
3.3.1 Υπολογισμός ρυθμού έκλυσης θερμότητας χρησιμοποιώντας μόνο τη συγκέντρωση οξυγόνου.....	26

3.3.2	Υπολογισμός έκλυσης θερμότητας χρησιμοποιώντας τις συγκεντρώσεις οξυγόνου, μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα	27
3.4.	ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΟΥ ΚΩΝΟΥ ΣΕ STANDARD MODE.....	29
3.5	ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΡΟΗΣ ΜΑΖΑΣ	29
3.6	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ	31
3.7	ΑΝΑΛΥΤΕΣ ΑΕΡΙΩΝ.....	32
3.7.1	Διαδικασία μηδενισμού.....	33
3.7.2	Διαδικασία βαθμονόμησης αναλυτών μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα.....	34
3.8	ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΠΝΟΥ	35
3.8.1	Διαδικασία μηδενισμού.....	37
3.8.2	Διαδικασία εξισορρόπησης.....	37
3.8.3	Πρόσθετη βαθμονόμηση του συστήματος καπνού	38
3.9	ΡΥΘΜΙΣΗ ΖΥΓΟΥ.....	39
3.10	ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ.....	41
3.11	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΑ C	41
3.12	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	49
4.	ΕΚΤΕΛΩΝΤΑΣ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ.	52
4.1	ΓΕΝΙΚΑ	52
4.1.1	Βασικά βήματα πριν την έναρξη λειτουργίας του καλορίμετρου.....	52
4.1.2	Διαδικασία ημερήσιας βαθμονόμησης	52
4.2	ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	58
	ΕΝΑΡΞΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	61
4.3.1	Συλλογή δεδομένων BASELINE.....	62
4.3.2	Τοποθέτηση δείγματος και εκτέλεση πειράματος	62
4.4	ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ	64
4.5	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	64
5.	ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΙΝΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΦΛΕΞΗ	67
5.1	ΓΕΝΙΚΑ	67
5.2	ΡΥΘΜΟΣ ΚΑΥΣΗΣ.....	70
5.3	ΡΟΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΦΛΟΓΑΣ	70
	Ροή θερμότητας από ακτινοβολία.....	71
6.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	72
6.1	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΔΟΚΙΜΗΣ.....	72
6.2	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	74
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	77

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	78
--------------------------	-----------

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΕΥΦΛΕΚΤΑ ΥΛΙΚΑ

Στην καθημερινότητα μας ερχόμαστε συνέχεια σε επαφή με εύφλεκτα υλικά όπως το ξύλο, το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), το θερμοπλαστικό (PMMA), τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως ως δομικά υλικά, αλλά και καταναλωτικά προϊόντα. Η μελέτη της συμπεριφοράς των παραπάνω υλικών υπό συνθήκες πυρκαγιάς είναι ιδιαίτερα σημαντική. Έχει παρατηρηθεί ότι η συμπεριφορά αυτών των εύφλεκτων υλικών κατά την προανάφλεξη είναι πολύ διαφορετική από ότι μετά την ανάφλεξη. Ο πειραματισμός με εύφλεκτα υλικά σε υψηλές ροές θερμότητας είναι πολύ χρήσιμος, ώστε να εκτιμήσουμε τον κίνδυνο πυρκαγιάς, αλλά και την τοξικότητα των καυσαερίων. Για παράδειγμα, το υλικό του πατώματος ενός δωματίου μπορεί να εκτεθεί σε θερμική ροή μέχρι 20 kW/m^2 , ενώ η οροφή μπορεί να εκτεθεί σε 50 kW/m^2 αντίστοιχα. Η πιο ασφαλής μέθοδος πειραματισμού και εξαγωγής συμπερασμάτων είναι το θερμιδόμετρο κώνου, τόσο για την εκτίμηση του κινδύνου πυρκαγιάς, όσο και για την τοξικότητα των καυσαερίων που προκύπτουν.

2. ΤΟ ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΟ ΚΩΝΟΥ

Οι επιστήμονες και οι μηχανικοί που ασχολούνται με την ασφάλεια πυρός, επί σειρά ετών προσπαθούν να κατανοήσουν τη πραγματική φύση της φωτιάς και των καταστροφικών αποτελεσμάτων της, ώστε να επιτύχουν τα απαραίτητα μέσα για την προστασία. Για να το επιτύχουν αυτό εκπονήθηκαν σημαντικές έρευνες και πειράματα σε διάφορους τομείς, όπως η μετάδοση θερμότητας που υφίσταται σε περιπτώσεις πυρκαγιάς. Σε αυτές τις περιπτώσεις δοκιμάστηκαν διαφορετικά υλικά ως προς την ανθεκτικότητα τους και σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τους κανόνες που ορίζει ο κατασκευαστής τους. Επίσης μελετήθηκε η προηγμένη σχεδίαση συστημάτων πυροπροστασίας, με αποτέλεσμα όλων των ανωτέρω προσπαθειών να βελτιωθούν οι ήδη υπάρχοντες κωδικοί, αλλά και κανονισμοί. Ωστόσο η κατανόηση των θεμελιωδών αρχών της καύσης δεν ήταν ποτέ εύκολη υπόθεση.

Πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι η πυρκαγιά είναι ένα φυσικό φαινόμενο, το οποίο δρα εναντίον στην ανθρώπινη θέληση, με αποτέλεσμα η συμπεριφορά της να είναι εξαιρετικά απρόβλεπτη στις περισσότερες περιπτώσεις. Αυτό είναι μια μεγάλη πρόκληση για τους επιστήμονες που συνεχώς αναζητούν τρόπους πρόληψης μέτρων για την αποτροπή του φαινομένου. Ακόμη και σήμερα ένας μεγάλος αριθμός από ενθουσιώδης επιστήμονες εξακολουθούν να εργάζονται πολύ σκληρά επάνω στην επίλυση προβλημάτων πυρκαγιάς. Η προσομοίωση μέσω υπολογιστή θεωρείται ένας νέος τομέας ο οποίος προκύπτει από τις συνεχείς προσπάθειες αυτών των ανθρώπων. Στην εποχή που ζούμε η τεχνολογία των ηλεκτρονικών

υπολογιστών έχει εξελιχτεί σε μεγάλο βαθμό, με αποτέλεσμα η προσομοίωση να είναι ένα από τα ταχύτερα αναπτυσσόμενα πεδία στη μηχανική πυρασφάλειας.

Η τεχνολογία των συγχρόνων υπολογιστών μας δίνει το σημαντικό πλεονέκτημα της ικανότητας υπολογισμού τεραστίων αριθμητικών πράξεων σε μηδενικό χρόνο. Τα προηγούμενα χρόνια η επίλυση ενός προβλήματος θερμότητας με τρεις διαφορετικούς τρόπους (μεταγωγή, μετάδοση και ακτινοβολία) σε πυρκαγιά με σχετικά μικρό μέγεθος πλέγματος, απαιτούσε αρκετές ώρες ή ακόμα και ημέρες για να λυθεί. Αυτό συνέβαινε κυρίως λόγω της πολυπλοκότητας και της πολλαπλότητας των αριθμητικών πράξεων. Με την εξέλιξη των υπολογιστών ο χρόνος που απαιτείται πλέον για τους υπολογισμούς είναι πολύ μικρότερος και τα αποτελέσματα πιο εύκολα ανιχνεύσιμα. Τα πλεονεκτήματα από την ανάπτυξη των υπολογιστών ανοίγουν νέους ορίζοντες στην υπολογιστική ανάλυση. Το σημαντικότερο όφελος που μπορεί να προκύψει από την προσομοίωση μέσω υπολογιστή είναι η δυνατότητα εξοικονόμησης χρόνου και χρημάτων. Μέσω του υπολογιστή μας δίνετε η δυνατότητα να διεξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα και να λάβουμε αποτελέσματα χωρίς να χρειάζεται να εκπονηθούν πειράματα. Η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών δίνει μεγάλη ευελιξία στις επιχειρήσεις που ασχολούνται με την ασφάλεια πυρός, οι οποίες μπορούν πλέον να προσφέρουν στους πελάτες τους πολλαπλές επιλογές σε ότι αφορά τα συστήματα ασφάλειας πυρός.

Σε μια προσπάθεια να αναπτύξει ένα μοντέλο υπολογιστή ικανό για καλύτερες προβλέψεις το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (N.I.S.T.) κυκλοφόρησε το Φεβρουάριο του 2000 την πρώτη δημόσια έκδοση της προσομοίωσης της δυναμικής της καύσης (FDS). Το 2005 κυκλοφόρησε την τέταρτη έκδοση του FDS, η οποία είναι ένα μοντέλο υπολογισμού της δυναμικής των ρευστών. Το συγκεκριμένο λογισμικό λύνει αριθμητικά μια νέα μορφή των εξισώσεων navier-stokes κατάλληλη για χαμηλής ταχύτητας ροή και η οποία έχει δημιουργηθεί από θερμοκρασία, με έμφαση στον καπνό και στη μετάδοση θερμότητας από την καύση. Το FDS θεωρείται ένα από τα κορυφαία προγράμματα λογισμικού σε αυτόν το τομέα και χρησιμοποιείται ευρέως από πολλούς αναλυτές και μηχανικούς ανά τον κόσμο με γνώμονα την έρευνα αλλά και για πρακτικούς σκοπούς.

Όσοι όταν έρχεται η ώρα να εφαρμοστούν σε πραγματική κλίμακα τα αποτελέσματα προσομοίωσης μέσω υπολογιστή ερχόμαστε αντιμέτωποι με ένα σημαντικό μειονέκτημα, το οποίο οφείλετε σε περιορισμούς του προγράμματος. Από την έκθεση έρευνας του K. Anderson προκύπτει ότι ενώ υπάρχουν μοντέλα για να βοηθήσουν τον μηχανικό, η τρέχουσα κατάσταση της τεχνολογίας επιβάλλει κάποιους σοβαρούς περιορισμούς. Τα ήδη υπάρχοντα μοντέλα απαιτούσαν από το μηχανικό να καθορίσει την ανάπτυξη της φωτιάς η οποία ήταν και το αρχικό ζητούμενο.

Το συγκεκριμένο πρόβλημα προκύπτει λόγω της έλλειψης κάποιου παγκόσμια αποδεκτού μοντέλου, το οποίο να προβλέπει τη συμπεριφορά των γενικών υλικών κάτω από τις επιθυμητές συνθήκες καύσης. Ο ρυθμός μεταβολής της μάζας και η ταχύτητα της καύσης των υλικών παίζουν σημαντικό ρόλο προκειμένου να προσδιοριστεί ο κίνδυνος της φωτιάς σε κτηριακές δομές. Ο ρυθμός μεταβολής της μάζας του υλικού επίσης εξαρτάται από τις ιδιότητες του.

Οπότε προέκυψε ένα σημαντικό πρόβλημα για τους προγραμματιστές. Ακόμη και αν κατάφεραν να κατασκευάσουν ένα ιδανικό μοντέλο, το οποίο θα είχε τη δυνατότητα να περιγράφει καλύτερα την συμπεριφορά της καύσης και να προβλέπει την ανάπτυξη της φωτιάς δε θα μπορούσαν να είναι βέβαιοι για τα αποτελέσματα, αν δεν γνώριζαν τις ιδιότητες των υλικών. Υπάρχουν εκατοντάδες διαφορετικά υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία και για τα οποία δεν παρέχονται τα πλήρη στοιχεία και οι προδιαγραφές τους. Η ανησυχία για αυτό το πρόβλημα έχει

αυξηθεί και έχουν εκπονηθεί διάφορες μελέτες προκειμένου να λάβουμε το σωστό αριθμό στοιχείων για τις ιδιότητες των υλικών συμπεριλαμβανομένης της ανάφλεξης και των θερμικών ιδιοτήτων.

Παλαιότερα οι ιδιότητες του υλικού, όπως η θερμική αγωγιμότητα, η πυκνότητα και η ειδική θερμότητα λαμβάνονταν από την ASTM E 1321 πρότυπη μέθοδο, ή τη μέθοδο ανάλυσης δεδομένων JANSSEN. Ωστόσο η θερμική αδράνεια δεν μπορεί να παραληφτεί, γιατί το FDS την ορίζει ως ανεξάρτητη μεταβλητή. Επιπλέον ορισμένες θερμικές ιδιότητες, όπως η θερμότητα καυσαερίων, ο προεκθετικός παράγοντας και η ενεργεία ενεργοποίησης της πυρόλυσης θα πρέπει να λαμβάνονται από την θερμική οριακή συνθήκη. Τη λύση σε αυτό το πρόβλημα έρχεται να δώσει μια συμβατική μέθοδος για τον ορισμό της ιδιότητας των υλικών. Αυτή μέθοδος ονομάζεται διαφορική σάρωση θερμιδομετρίας. Στη συγκεκριμένη μέθοδο όμως τα πειράματα διεξάγονται σε πολύ μικρή κλίμακα. Συνεπώς θα υπάρχουν διαφορές στη συμπεριφορά της καύσης σε μια πραγματική εφαρμογή. Συμπερασματικά αυτή η μέθοδος δεν προβλέπεται για πραγματικές εφαρμογές κυρίως λόγω κόστους. Αντίθετα η μέθοδος της καλοριμετρίας κώνου έχει μικρότερο κόστος. Με αυτή τη μέθοδο μπορούμε να λάβουμε σημαντικές πληροφορίες για τον ρυθμό απώλειας μάζας, τον ρυθμό έκλυσης θερμότητας, τα παραγόμενα καυσαέρια κ.α.

Το θερμιδόμετρο κώνου θεωρείται το πιο σημαντικό όργανο μικρής κλίμακας σε δοκιμές πυρκαγιάς. Αυτή η συσκευή έχει εγκριθεί από το διεθνή οργανισμό τυποποίησης (ISO 5660-1) για την μέτρηση του ρυθμού απελευθέρωσης θερμότητας (HRR) ενός δείγματος. Έχει αποδειχτεί ότι τα περισσότερα καύσιμα παράγουν περίπου 13,1 MJ ενέργειας ανά κιλό κατανάλωσης οξυγόνου. Συνεπώς ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας βασίζεται στο γεγονός ότι το οξυγόνο που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της καύσης είναι ανάλογο με την έκλυση θερμότητας. Το θερμιδόμετρο κώνου αναλύει τα αέρια καύσης και μετρά τον παραγόμενο καπνό από ένα δείγμα που εκτίθεται σε συγκεκριμένη ροή θερμότητας. Σε τελικό στάδιο η συγκέντρωση του οξυγόνου αναλύεται ώστε να υπολογιστεί η έκλυση θερμότητας. Επίσης, για να βελτιωθεί η ακρίβεια των μετρήσεων οι συγκεντρώσεις μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα αναλύονται. Τα δεδομένα που συλλέγονται από αυτό το μικρής κλίμακας πείραμα καύσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη προσομοίωση της συμπεριφοράς της φωτιάς σε πραγματική κλίμακα και σε διάφορες άλλες δοκιμές.

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από το πείραμα του κώνου ως παραμέτρους εισόδου, προκύπτει ένα απλό μονοδιάστατο μοντέλο θερμικής. Η κύρια δομή του μοντέλου στηρίζεται σε μια από τις θερμικές οριακές συνθήκες στερεού μοντέλου πυρόλυσης με κάποιες προσαρμογές ως προς την ακτινοβολία και την οριοθέτηση της κατάστασης της οπίσθιας όψης. Ο όρος πυρόλυση έχει μείζονα ρόλο στον έλεγχο του ρυθμού της απώλειας μάζας και της θερμοκρασίας που υφίσταται στην επιφάνεια και σε βάθος του δοκιμίου. Το μοντέλο αυτό έχει σχεδιαστεί ώστε να προσομοιώνει την θερμοκρασία και το ρυθμό απώλειας μάζας ανά μονάδα επιφάνειας του δοκιμίου, στο θερμιδόμετρο κώνου.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος, μια επιφάνεια δείγματος ακτινοβολείται από το όργανο. Το δείγμα αναφλέγεται και καίγεται με περίσσια αέρα. Μεταξύ των αποτελεσμάτων που προκύπτουν είναι ο χρόνος ανάφλεξης, η απώλεια μάζας, η ποσότητα καπνού, οι αναλύσεις των αερίων, ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας και άλλες παράμετροι που σχετίζονται με τις ιδιότητες καύσης ενός υλικού. Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι ως ρυθμός έκλυσης θερμότητας ορίζεται ο ρυθμός απώλειας μάζας του δείγματος επί την θερμότητα καύσης του.

Το σύγχρονο θερμιδόμετρο κώνου άρχισε να λαμβάνει την μορφή που έχει σήμερα στις αρχές της δεκαετίας του '80. Μια νέα τεχνική που ονομάζεται θερμιδομετρία καύσης οξυγόνου και η οποία βασίζεται στη μέτρηση της συγκέντρωσης οξυγόνου στα καυσαέρια εμφανίζεται (HUGGETT, Clayton, 1980). Η ανάπτυξη του θερμιδόμετρου κώνου είχε ήδη ξεκινήσει στα τέλη της δεκαετίας του '50, όταν παρόμοια είδη μετρήσεων είχαν αρχίσει να χρησιμοποιούνται. Τη δεκαετία του '70 το πρώτο θερμιδόμετρο ήταν πλέον γεγονός. Η υλοποίηση έγινε από το NBS, το οποίο αργότερα μετονομάστηκε σε NIST. Οι πρώτες εκδόσεις βασιστήκαν σε διαφορετικές μετρήσεις και λειτουργούσαν με καυστήρες αντί για ηλεκτρικούς θερμαντήρες που χρησιμοποιούνται σήμερα. Οι καυστήρες είχαν το μειονέκτημα της πολυπλοκότητας και της δύσκολης χρήσης τους, αλλά είχαν πολύ μεγάλη ακρίβεια.

Η πρώτη πρόταση για την τυποποίηση των μετρήσεων του θερμιδόμετρου κώνου ήταν το ASTM P 190 το 1986. Η πλήρης έκδοση της δημοσιεύτηκε το 1990 ως ASTM E 1354-90. Η μέθοδος του θερμιδόμετρου κώνου παρουσιάστηκε επίσης ως ένα σχέδιο για το πρότυπο ISO το 1990 και το 1993 η τελική μορφή του δόθηκε στη δημοσιότητα και ονομάστηκε ISO 5660-1. Η τελευταία έκδοση αναθεωρήθηκε το 2002.

Στη συγκεκριμένη Πτυχιακή Εργασία θα παρουσιαστούν τα πειραματικά αποτελέσματα από την καύση δομικών υλικών όπως το θερμοπλαστικό (PMMA) και θα εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για την συμπεριφορά των υλικών κατά την καύση, αλλά και για την τοξικότητα των καυσαερίων. Τα πειράματα εκπονήθηκαν στο εργαστήριο Τεχνικής Θερμοδυναμικής του Πανεπιστημίου Πατρών υπό την επίβλεψη του κ. Αθανάσιου Γιανναδάκη.

ΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥΣ ΕΝΑΝΤΙ ΤΗΣ ΦΩΤΙΑΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή ενός κτιρίου επηρεάζουν τη δομή, τη μορφή, την αισθητική, το κόστος, τη μέθοδο κατασκευής και το εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον, π.χ. οι θερμικές και οπτικές τους ιδιότητες παίζουν σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου αλλά και του περιβάλλοντος χώρου, ενώ η τοξικολογική τους δράση επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα. Τα κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν για την επιλογή των υλικών αφορούν το πόσο κατάλληλα είναι για το σκοπό που επιλέχθηκαν, το κόστος, τη μηχανική αντοχή, τη σταθερότητα, την ασφάλεια, και συμπεριλαμβάνουν τον αντίκτυπο στο περιβάλλον, τον κύκλο ζωής τους, την υγεία, αλλά και την αισθητική. Ο αντίκτυπος στο φυσικό περιβάλλον συμπεριλαμβάνει την περιβαλλοντική υποβάθμιση λόγω της εξαγωγής πρώτων υλών, της διαδικασίας κατασκευής, της μεταφοράς, συντήρησης και τελικής απόρριψης σαν απόβλητα τους και τις αντίστοιχες ενεργειακές δαπάνες.

Τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί αλματώδης ανάπτυξη στον τομέα των δομικών υλικών διεθνώς. Η ανάπτυξη αυτή έχει επιτρέψει στους επιστήμονες να δημιουργούν πολλούς συνδυασμούς υλικών και στις επιχειρήσεις να οργανώνουν καλύτερα την παραγωγή. Οι κατασκευαστές και οι καταναλωτές αναζητούν καλύτερη ποιότητα υλικών και καλύτερες τιμές. Η επιλογή των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή και τον εξοπλισμό ενός κτιρίου απαιτεί προσοχή και εμβάθυνση λόγω της μεγάλης ποικιλίας υλικών που υπάρχει και των ιδιοτήτων που έχουν. Το αρχικό κόστος μιας κατασκευής ενός κτιρίου, είναι ένα μικρό ποσοστό του συνολικού κόστους στην διάρκεια ζωής του κτιρίου. Αν η κατασκευή γίνει μετά από καλό σχεδιασμό και προσεχτική επιλογή υλικών, θα γίνει εξοικονόμηση φυσικών πόρων και θα υποβαθμιστεί λιγότερο το περιβάλλον. Όσο πιο αποδοτικά και περιβαλλοντικά αποδεκτά κτίρια κατασκευάζονται, τόσο λιγότερες θα είναι οι επιπτώσεις στο οικοσύστημα.

Το μέγεθος της ενέργειας που καταναλώνεται στον τομέα των κτιρίων, είναι περίπου το 40% της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα. Τα μεγέθη στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι περίπου αυτής της τάξης, δηλαδή 40%. Είναι προφανές, π.χ. ότι είναι προτιμότερος ο σχεδιασμός του κτιρίου με μικρότερες απαιτήσεις σε θέρμανση από τη χρησιμοποίηση ηλεκτρικού ρεύματος για θέρμανση

του κτιρίου. Οι μικρότερες απαιτήσεις για ενέργεια ενός κτιρίου, εξοικονομούν ενέργεια και έτσι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας πιθανόν να μπορούν να καλύψουν τις ελλείψεις. Ο σχεδιασμός για την βιωσιμότητα είναι, προτιμότερος από τον σχεδιασμό για επανάχρηση/ ανακαίνιση διότι υπάρχουν περισσότερα οικονομικά οφέλη.

ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Μια βασική ιδιότητα των δομικών υλικών είναι η αντοχή τους στην φωτιά και τις υψηλές θερμοκρασίες. Συγκεκριμένα για κάθε υλικό που πρόκειται να ενσωματωθεί σε μια κτιριακή κατασκευή πρέπει να είναι γνωστά τα ακόλουθα :

- Αν στην θερμοκρασία συνηθισμένης πυρκαγιάς καίγεται, ή όχι.
- Αν καίγεται κατά πόσο αναφλέγεται με ευχέρεια και μεταδίδει τη φλόγα με ταχύτητα.
- Αν καίγεται πια συμπεριφορά παρουσιάζει κατά την καύση.
- Αν δεν καίγεται, πώς επηρεάζεται από τα υλικά που καίγονται κοντά του.

Η γνώση των παραπάνω είναι απαραίτητη για να μπορεί να προβλεφθεί ο βαθμός ασφάλειας των ενοίκων και να μπορούν να υπολογίσουν τις καταστροφές που θα προκληθούν σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Τα κτίρια και τα δομικά έργα πρέπει να σχεδιάζονται, να κατασκευάζονται και να εξοπλίζονται έτσι, ώστε σε περίπτωση πυρκαγιάς:

1. Να προστατεύεται η ζωή και η υγεία των ατόμων που βρίσκονται σ' αυτά.
2. Να εμποδίζεται η εξάπλωση της στους άλλους χώρους του κτιρίου.
3. Να αποτρέπεται η μετάδοση της στα όμορα και στα γειτονικά ακίνητα καθώς και στις γειτονικές περιοχές και
4. Να προστατεύονται τα ίδια τα κτίρια και τα περιεχόμενα τους.

Οι απαιτήσεις και τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για την επίτευξη των παραπάνω στόχων καθορίζονται από τον Κανονισμό Πυροπροστασίας Κτιρίων, όπως αυτός κάθε φορά ισχύει (και από άλλες ισχύουσες σχετικές διατάξεις). Στη χώρα μας η Πυροπροστασία μέχρι στιγμής έχει μείνει αρκετά πίσω τόσο σε ακαδημαϊκό και ερευνητικό επίπεδο όσο και στην πολιτική στρατηγική αντιμετώπιση από το επίσημο κράτος συμπεριλαμβανομένης και της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας. Είναι γεγονός αναμφισβήτητο ότι ορισμένες χώρες όπως η Μ. Βρετανία, οι ΗΠΑ, η Ιαπωνία κ.α. έχουν αναπτύξει στον 20ο αιώνα υψηλή τεχνολογία σε αυτόν τον τομέα.

1.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Όλα τα δομικά 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 Α2 όπου κατατάσσονται υλικά των οποίων τα συστατικά μέρη δεν είναι εύφlekτα. Έχουν όμως στην σύνθεση τους μικρές ποσότητες εύφλεκτων ουσιών, όπως πολλές πλάκες πυροπροστασίας από γυψοσανίδες, ή μπετόν.

β) Εύφlekτα υλικά

Τα εύφlekτα 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 υπόψη 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 αναφλεγόμενων 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.

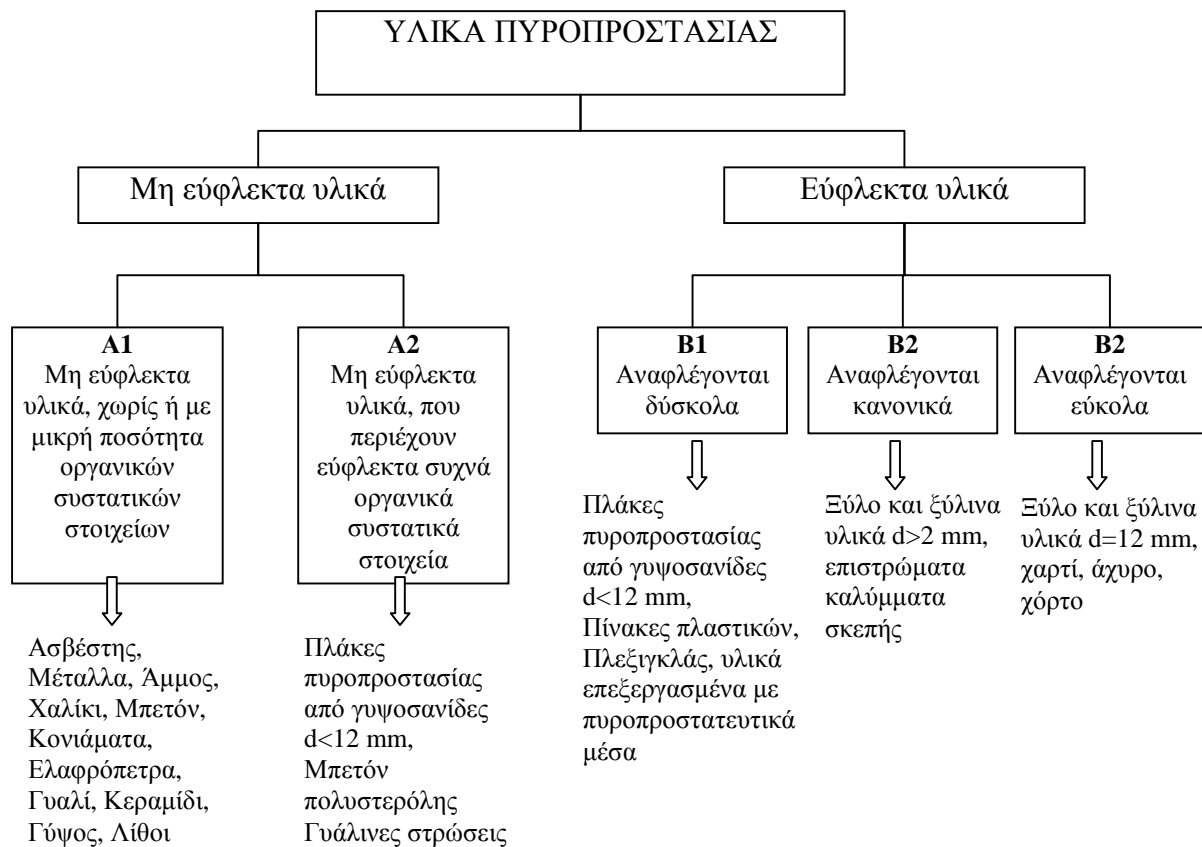
Κανονικά αναφλεγόμενα υλικά (B2)

Σε αυτήν την ομάδα ανήκουν όλα τα εύφlekτα 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, (Blasi W., 2000)

1.4 ΟΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

1.4.1 Πυραντίσταση (Fire Resistance)

Η έννοια της πυραντίστασης ορίζεται στον Ελληνικό Κανονισμό Πυροπροστασίας (Π.Δ 71/1988). Αφορά στα δομικά στοιχεία και όχι στα δομικά υλικά. Σύμφωνα με τη βασική Ευρωπαϊκή Κατευθυντήρια Οδηγία 89/106/ΕΟΚ-CPD (Construction Products Directive) προϊόν του τομέα δομικών κατασκευών ονομάζεται κάθε προϊόν το οποίο έχει κατασκευασθεί για να ενσωματωθεί κατά τρόπο μόνιμο σε δομικά έργα εν γένει, που καλύπτουν τόσο τα κτίρια, όσο και τα άλλα έργα πολιτικού μηχανικού (μεταφορές, υδραυλικά, εδαφοτεχνικά κλπ. Τα ονομαζόμενα «έργα πολιτικού μηχανικού» καλύπτουν επίσης και εγκαταστάσεις για θέρμανση, κλιματισμό, ηλεκτροδότηση και επίτευξη γενικότερα συνθηκών υγιεινής, καθώς και για αποθήκευση ορισμένων βλαπτικών προς το περιβάλλον ουσιών, όπως και διάφορες προκατασκευές (κτίρια, γκαράζ αυτοκινήτων, σιλό κλπ.).

Ο δείκτης πυραντίστασης ενός δομικού στοιχείου με συγκεκριμένη σύνθεση αλλά και λειτουργία μέσα σε μία κατασκευή προσδιορίζεται μετά από δοκιμασία σε πειραματικό φούρνο, όπου ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας, αλλά και οι περιβαλλοντικές συνθήκες μέσα στο φούρνο προσομοιάζουν, όσο αυτό είναι δυνατό, με τις συνθήκες λειτουργίας του δομικού στοιχείου στην αντίστοιχη κατασκευή. Το δοκίμιο εισάγεται σε καθορισμένες από το πρότυπο διαστάσεις μέσα στο φούρνο και υφίσταται την επίδραση μιας αυξανόμενης θερμοκρασίας σύμφωνα με μία πρότυπη καμπύλη θερμοκρασιακής μεταβολής (της γνωστής καμπύλης ISO 834 του 1975, που υιοθετήθηκε κατόπιν και από την CEN) με προσομοίωση των οριακών συνθηκών στήριξης, φόρτισης και θερμοκρασιακής μεταβολής, με αυτές τις συνθήκες που αναμένονται να επικρατήσουν σε μία πυρκαγιά. Τρία είναι τα βασικά κριτήρια που θα καθορίσουν τελικά το δείκτη πυραντίστασης, η ευστάθεια (stability), η ακεραιότητα (integrity) και η θερμομονωτική ικανότητα (insulation).

Τα κριτήρια της ακεραιότητας, RI και της θερμομόνωσης, RE, αναφέρονται κυρίως σε δομικά στοιχεία που λειτουργούν για την παρεμπόδιση της εξάπλωσης της φωτιάς (διαχωριστικά τοιχώματα και δάπεδα), ενώ το κριτήριο της ευστάθειας, RS, αναφέρεται κυρίως στα φέροντα δομικά στοιχεία όπως στύλοι και φέροντα τοιχώματα, δοκοί, πλάκες κλπ. Οι Κανονισμοί επιβάλλουν έναν ελάχιστο δείκτη πυραντίστασης για φέροντα, αλλά και διαχωριστικά δομικά στοιχεία, αναλόγως με το βαθμό επικινδυνότητας του κτιρίου (μέγεθος, πυροθερμικό φορτίο, χρήση κλπ.). Οι απαιτήσεις πυραντίστασης των δομικών στοιχείων του κελύφους ενός «πυροδιαμερίσματος», μεταβάλλονται αναλόγως της επιφανείας του πυροδιαμερίσματος, της ύπαρξης μέτρων ενεργητικής πυροπροστασίας και της επικινδυνότητας του κτιρίου.

Σήμερα η επιστημονική πρόοδος είναι αρκετά σημαντική, ώστε οι κανονισμοί να αποδέχονται και αναλυτικούς υπολογισμούς για τον καθορισμό της πυραντίστασης, αντί των πειραματικών δοκιμών, καθώς και τη θεωρία της

αναλογικότητας, που απαλλάσσει τη δαπανηρή επανάληψη δοκιμών στο εργαστήριο για παρόμοιες από άποψη κυρίως διαστάσεων περιπτώσεις με την υιοθέτηση ειδικών προτύπων (extended application tests).

Η πυραντίσταση μετράται σε λεπτά της ώρας και δίνεται σαν ένδειξη για το δομικό στοιχείο με ένα κεφαλαίο γράμμα μεταξύ των F, T, G, W, και έναν αριθμό. (π.χ. ο χαρακτηρισμός ενός ξύλου με το σύμβολο F120 σημαίνει ότι ο τοίχος αντέχει 120 λεπτά στην φωτιά). Τα δομικά στοιχεία της κατηγορίας F περιλαμβάνουν όλες τις κατασκευές όπως τοίχους, πατώματα, οροφές, στηρίγματα, κλιμακοστάσια και δοκούς, ενώ όλες οι άλλες κατηγορίες ισχύουν για ειδικά δομικά υλικά (T = πόρτες/κουφώματα, G= υαλοπίνακες, W= εξωτερικοί μη φέροντες τοίχοι) (Schimitt H. & Heene A., 1994).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται η διάρκεια πυραντίστασης σε λεπτά και κλάσεις (ομάδες πυραντίστασης) κατά DIN 4102, μέρος 2.

Διάρκεια Πυραντίστασης σε λεπτά	Κλάσεις Πυραντίστασης			
	Τοίχοι, οροφές, στηρίγματα, κλιμακοστάσια, δοκοί έδρασης	Μη φέροντες εξωτερικοί τοίχοι στηθαία	Κλεισίματα πυροπροστασίας (πόρτες, θύρες, κλάπες, ρολά)	Πολεοδομικές ονομασίες
30	F30	W30	T30	αντιπυρικά
60	F60	W60	T60	
90	F90	W90	T90	πυρίμαχα
120	F120	W120	T120	
180	F180	W180	T180	υπερπυρίμαχα

Πίνακας 1.2: Κλάσεις πυραντίστασης κατά DIN 4102, μέρος 2

Τα δομικά στοιχεία της κατηγορίας F είναι εκείνα τα οποία πρέπει να εξασφαλίσουν την ικανότητα που διακρίνει την συγκεκριμένη κατασκευή, την ακαμψία της και τον διαχωρισμό των χώρων κατά την πρώτη εκδήλωση της φωτιάς αλλά και κατά τη διάρκεια της κατάσβεσης (Schimitt H. & Heene A., 1994). Τέτοια στοιχεία είναι οι τοίχοι, τα πατώματα, οι σκάλες, οι δοκοί και τα υποστυλώματα.

Στην κατηγορία T έχουμε τα πυράντοχα κουφώματα όπου είναι πόρτες ή άλλα κινητά στοιχεία που κλείνουν κάποιο άνοιγμα όπως, οι πύλες και τα ρολά. Τα υλικά αυτά πρέπει να κλείνουν αυτόματα και να εμποδίζουν την εξάπλωση της φωτιάς. Η ποικιλία των στοιχείων αυτών είναι μεγάλη και μπορούν να αποτελούνται από χάλυβα, ξύλο, ή υαλοπίνακες.

Στην κατηγορία G οι υαλοπίνακες διαθέτουν γυαλί με ενισχυμένο πλέγμα και άλλα στοιχεία με τα οποία εξασφαλίζουν τη στεγανότητα του ανοίγματος σε περίπτωση πυρκαγιάς και εμποδίζουν την διέλευση της φλόγας. Σε γενικές γραμμές τα τζάμια αυτά πρέπει :

- Να αποκλείουν τις φλόγες.

- Να μην επιτρέπουν την διέλευση καπνού.
- Να εμποδίζουν τη διέλευση της θερμικής ακτινοβολίας.

Ωστόσο, δεν προσφέρουν ιδιαίτερη προστασία από την θερμότητα που ελευθερώνεται κατά την ύπαρξη φωτιάς, με αποτέλεσμα να μην εμποδίζουν την ανάφλεξη εύφλεκτων υλικών που βρίσκονται εκεί. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και τζάμια που ανήκουν στην κατηγορία F τα οποία παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή στην θερμότητα και στην θερμική ακτινοβολία από ότι τα τζάμια G.

Οι μη φέροντες εξωτερικοί τοίχοι που ανήκουν στην κατηγορία W είναι τοίχοι για τον διαχωρισμό ή την οριοθέτηση τομέων πυρός ώστε να εμποδίζεται το πέρασμα της φωτιάς ή σε άλλους χώρους του κτιρίου. Πρέπει να διατηρούν την στερεότητα τους σε περίπτωση που εκτεθούν σε πυρκαγιά, να κατασκευάζονται από οικοδομικά υλικά της τάξης A και να υψώνονται μέχρι την ανώτερη επιφάνεια της σκεπής.

Δοκιμές αντίδρασης στη φωτιά

Η επίδραση της φωτιάς στα δομικά υλικά αναφέρεται σε ορισμένες θερμικές παραμέτρους, για τις οποίες άλλωστε έχουν αναπτυχθεί διεθνώς και οι αντίστοιχες πρότυπες δοκιμές. Η κατηγορία αυτή των δοκιμών δεν αφορά μόνον στα κτίρια και στις δομικές εν γένει κατασκευές, αλλά και σε άλλες περιπτώσεις όπως π.χ. τα μέσα μεταφοράς.

Οι κλάσεις αντίδρασης στην φωτιά τυποποιούνται σύμφωνα με το εναρμονισμένο Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13501-1: Κατάταξη των προϊόντων και στοιχείων δομικών κατασκευών ως προς την αντίδραση στην φωτιά. Μέρος 1: Ταξινόμηση βάσει δεδομένων από δοκιμές αντίδρασης στην φωτιά και φέροντα με την ονομασία ΕΥΡΩΚΛΑΣΕΙΣ (EUROCLASSES).

Η ανταπόκριση των δομικών υλικών στην φωτιά προδιορίζεται με τα ακόλουθα τρία κριτήρια:

i) Πρώτο κριτήριο: η έννοια της ευφλεκτότητας (ευφλεξιμότητα, flammability)

Χρόνος έναυσης, διάδοσης της φωτιάς και πυρικό φορτίο (ενεργειακή συνεισφορά στο πυρικό συμβάν). Αφορά την μέτρηση της εκλυόμενης θερμότητας από το υλικό και της δυνατότητας συμμετοχής του στην διάδοση της φωτιάς (μέχρι την φάση γενικής ανάφλεξης).

A	B	C	D	E	F
---	---	---	---	---	---

Αδρανή υλικά

Εύκαυστα υλικά

ii) Δεύτερο κριτήριο: έκλυση καπνού (S από το smoke release)

ΚΛΙΜΑΚΑ

s1	δεν εκλύεται καπνός	πρόκειται για νέο κριτήριο, που εισάγεται με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο
s2	εκλύεται καπνός	
s3	υψηλή έκλυση καπνού	

iii) Τρίτο κριτήριο: παραγωγή καιόμενων σταγονιδίων (production of burning drops)

ΚΛΙΜΑΚΑ

d1	δεν πέφτουν καιόμενες σταγόνες	πρόκειται για νέο κριτήριο, που εισάγεται με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο
d2	πέφτουν καιόμενες σταγόνες	
d3	πέφτουν πολλές καιόμενες σταγόνες	

1.4.3 Δείκτες κατάταξης υλικών και μετρήσεις σύμφωνα με τα νέα κριτήρια των Ευροκλάσεων

i) Πρώτο κριτήριο: ευφλεξιμότητα (αναφλεξιμότητα)

Προβλέπονται τρεις τύποι δοκιμών που ανταποκρίνονται στα ακόλουθα τρία σενάρια.

- Σενάριο 1** Αναφλεξιμότητα υπό έκθεση του υλικού σε μικρή φλόγα. Δοκιμή μικρής φωτιάς (small flame test) κατά ΕΛΟΤ EN 11925-2
- Σενάριο 2** Αναφλεξιμότητα και καύση υλικού υπό έκθεση σε μεμονωμένη καιόμενη εστία (π.χ. καλάθι αχρήστων ή καρέκλα). Η φωτιά μπορεί να εξελιχθεί σε διάφορους βαθμούς, μέχρι του σταδίου της γενικής ανάφλεξης
Δοκιμή SBI: Single burning object: μεμονωμένο καιόμενο αντικείμενο
- Σενάριο 3** Έκθεση του προϊόντος σε συνθήκες γενικής ανάφλεξης
Το σενάριο σχεδιάζεται για την αξιολόγηση των επιδόσεων του προϊόντος υπό συνθήκες μέγιστης θερμοκρασίας (π.χ. συνθήκες γενικής ανάφλεξης δωματίων)
Θερμιδομετρική δοκιμή (cone calorimeter)

Πως προκύπτουν οι Ευρωκλάσεις από τα ανωτέρω σενάρια

Σενάριο 1	ΚΛΑΣΗ F	Το προϊόν δεν υφίσταται δοκιμή ή δεν κατατάσσεται σε κάποια από τις ακόλουθες κατηγορίες
	ΚΛΑΣΗ E	Η αντοχή στη θερμότητα είναι πολύ χαμηλή
	ΛΟΙΠΕΣ ΚΛΑΣΕΙΣ	Το υλικό δεν αναφλέγεται κατά τη δοκιμή μκρής φλόγας
Σενάριο 2	ΚΛΑΣΕΙΣ B, C, D	Οι τρεις κλάσεις αντιπροσωπεύουν διάφορες στάθμες ανταπόκρισης του προϊόντος όταν εκτεθεί σε μεμονωμένο καιόμενο αντικείμενο (μεμονωμένη εστία πυρός). Η κατάταξη βασίζεται στην ικανότητα του υλικού να παρεμποδίζει την διάδοση της φωτιάς μέχρι την έναρξη της φάσης της γενικής ανάφλεξης. Δηλ. όταν το υλικό αρχίζει να καίεται ελέγχεται κατά πόσον συντελεί στην γενική ανάφλεξη, και αν τούτο συμβαίνει σε πόσο χρόνο επέρχεται. Εκτελείται η δοκιμή SBI και προσδιορίζεται η διάδοση του πυρός και το πυρικό φορτίο (ενεργειακή συμμετοχή του προϊόντος στην φωτιά).
	ΚΛΑΣΗ D	Δεν επέρχεται γενική ανάφλεξη κατά τα πρώτα δύο λεπτά (2 min) της δοκιμής
	ΚΛΑΣΗ C	Δεν επέρχεται γενική ανάφλεξη κατά τα πρώτα δέκα λεπτά (10min) της δοκιμής
	ΚΛΑΣΗ B	Δεν επέρχεται γενική ανάφλεξη κατά τα πρώτα είκοσι λεπτά (20 min) της δοκιμής
Σενάριο 3	ΚΛΑΣΕΙΣ A1, A2	Πρόκειται για αδρανή υλικά (σκυρόδεμα, γυαλί,

		μέταλλα, κεραμικά κλπ) τα οποία συμβάλλουν ελάχιστα στο πυρικό συμβάν υπό συνθήκες γενικής ανάφλεξης
--	--	--

ii) Δεύτερο κριτήριο: καπνός

Επισημαίνεται ότι η συμπεριφορά του υλικού κατά την έκθεση του στην φωτιά δεν αποτελεί τον μοναδικό προβληματισμό. Στα πυρικά συμβάντα είναι βασικής σημασίας τόσο η ασφαλής απομάκρυνση των ενοίκων όσο και η προσπελασιμότητα των πυροσβεστών και του εξοπλισμού τους. Ως εκ τούτου η έκλυση καπνού από τα καίόμενα υλικά είναι υψίστης σημασίας.

Ορίζονται τρεις στάθμες ανταπόκρισης των προϊόντων

s1	υλικά χαρακτηριζόμενα από περιορισμένο ρυθμό αύξησης του εκλυόμενου καπνού και, γενικώς, από περιορισμένη συνολική έκλυση καπνού
s2	υλικά που εκλύουν καπνό, αλλά με μικρό ρυθμό αύξησης της έκλυσης
s3	υλικά που εκλύουν σημαντικές ποσότητες καπνού

iii) Τρίτο κριτήριο: εκτίναξη σωματιδίων (καύτρες)

Υλικά κατά την καύση των οποίων παρατηρείται εκτίναξη καίόμενων σωματιδίων μπορούν να προκαλέσουν την ανάπτυξη δευτερογενών εστιών πυρός. Επιπρόσθετα δημιουργούν σοβαρούς κινδύνους για τους επιχειρούντες πυροσβέστες και μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά εγκαύματα.

Ορίζονται τρεις κλάσεις απόκρισης των υλικών:

d0	δεν παράγονται καίόμενα σωματίδια
d1	τα εκτινασσόμενα σωματίδια δεν μένουν αναμμένα για περισσότερο από 10 δευτερόλεπτα
d2	σωματίδια προκαλούν ανάφλεξη χαρτιού κατά την εκτέλεση δοκιμής μικρής φωτιάς

1.4.4 Οι Ευρωκλάσεις και οι απαιτήσεις σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες

Οι Ευρωκλάσεις έχουν εφαρμογή μόνον στα δομικά υλικά. Οι Κανονισμοί πυρασφάλειας στις περισσότερες Ευρωπαϊκές Χώρες δεν έχουν ακόμη εναρμονισθεί

σύμφωνα με τις Ευρωκλάσεις. Παρατίθεται πίνακας Ευρωκλάσεων υλικών καταλλήλων για δομικά στοιχεία πλην δαπέδων.

Αναφλεξιμότητα	Καπνός	Αποσπώμενα	
A1			Αδρανή υλικά
A2	s1	d0	
A2	s1	d1	
	s2 s3	d0 d1	
B	s1	d0	Συνθετικά υλικά
	s2 s3	d1	
C	s1	d0	
	s2 s3	d1	
D	s1	d0	
	s2 s3	d1	

Όπως προκύπτει από τον πίνακα, δεν επιτρέπονται υλικά κατηγοριών E και F ως προς την αναφλεξιμότητα και d2 ως προς τα αποσπώμενα καίόμενα σωματίδια.

Π.χ. η καλύτερη δυνατή Ευρωκλάση προϊόντων κατασκευασμένων από συνθετικά υλικά είναι η:

B δεν προκαλείται γενική ανάφλεξη στα 20min (δοκιμή SDI)

s1 πολύ περιορισμένη έκλυση καπνού

d0 δεν παράγονται αποσπώμενα σωματίδια (καύτρες)

Τέτοια προϊόντα είναι λ.χ. τα παραγόμενα από C-PVC (αναφέρονται ενδεικτικά οι σωλήνες HTA® της Γαλλικής εταιρείας GIPRI S.A.).

1.4.5 Αντίδραση στη φωτιά δείκτες κλασικοποίησης & μετρήσεις δοκιμών

i) Έκλυση θερμότητας και μετάδοση φωτιάς

Ορίζονται δύο δείκτες : FIGRA σε Watts/ sec (W/s) και THR σε Mega joules
 Ο δείκτης FIGRA υποδηλώνει τον ρυθμό ανάπτυξης της φωτιάς (FIGRA: αρχικά Fire Growth Rate). Ο δείκτης THR υποδηλώνει την συνολική ποσότητα θερμότητας που εκλύεται κατά τα πρώτα δέκα λεπτά της δοκιμής και προκύπτει από την ολοκλήρωση των καμπυλών ρυθμού έκλυσης θερμότητας.

THR: αρχικά Total Heat Release: συνολική έκλυση θερμότητας

ΚΑΤΑΤΑΞΗ	
A1 και A2	Αδρανή υλικά από γυαλί, λίθοι, μέταλλα, κεραμικά, σκυρόδεμα
B	FIGRA <120 W/s, THR < 7,5 MJ
C	FIGRA <250 W/s, THR < 15 MJ
D	FIGRA<750 W/s, THR χωρίς όρια

ii) Έκλυση καπνού

Ορίζονται δύο δείκτες : SMOGRA σε m^2/s^2 και TSP σε m^2
 Ο δείκτης SMOGRA υποδηλώνει τον ρυθμό αύξησης της έκλυτης καπνού (SMOGRA: αρχικά Smoke Growth Rate). Ο δείκτης TSP υποδηλώνει την συνολική ποσότητα του καπνού που εκλύεται κατά τα δέκα πρώτα λεπτά της δοκιμής και προκύπτει από ολοκλήρωση των καμπυλών παραγωγής καπνού (TSP:αρχικά Total Smoke Production: Συνολική παραγωγή καπνού).

ΚΑΤΑΤΑΞΗ	
Κλάση s1	SMOGRA $\leq 30m^2/s^2$ TSP $\leq 50m^2$
Κλάση s2	SMOGRA $\leq 180m^2/s^2$ TSP $\leq 200m^2$
Κλάση s3	Υλικά που δεν εντάσσονται στις κλάσεις S1 και S2

iii) Παραγωγή καιόμενων σταγονιδίων ή σωματιδίων (καύτρες)

ΚΑΤΑΤΑΞΗ	
Κλάση d0	10 λεπτά μετά την έναρξη της δοκιμής δεν παράγονται καιόμενα σταγονίδια ή σωματίδια
Κλάση d1	εντός του 10 λέπτου από την έναρξη της δοκιμής παράγονται καύτρες αλλά δεν μένουν αναμμένες για περισσότερο από 10 sec.
Κλάση d2	εντάσσονται τα προϊόντα που δεν έχουν χαρακτηριστεί κλάσεως

	d0 ή d1
--	---------

1.4.6 Η δοκιμή μικρής φλόγας κατά EN 11925-3 (small flame test)

Αποτελεί την δοκιμή πρώτου σταδίου. Όλα τα προϊόντα πρέπει να «περάσουν» από το στάδιο αυτό, προκειμένου στην συνέχεια να αξιολογηθούν σε μεγαλύτερη κλίμακα. Πρόκειται για δοκιμή προεπιλογής, για τον αποκλεισμό υλικών χαμηλής επίδοσης ως προς την πυραντίσταση /πυραντοχή.

Ως πηγή πυρός χρησιμοποιείται μικρός καυστήρας ή αναπτήρας. Το δοκίμιο εκτίθεται στην φωτιά κατ' αρχήν επί 15 sec και στην συνέχεια επί 30 sec. Όταν η φλόγα επιβάλλεται επί 15 sec η καθ' ύψος μετάδοσή της στο δοκίμιο δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 150 mm από την κεφαλή του καυστήρα σε χρόνο μικρότερο των 20 sec από την έναρξη της δοκιμής. Εάν τούτο συμβεί το υλικό κατατάσσεται στην κατηγορία F, αλλιώς κατατάσσεται στην κατηγορία E.

Σε δεύτερη φάση το δοκίμιο υποβάλλεται σε πρόσθετη έκθεση επί διπλάσιο χρόνο αυτήν την φορά. Εάν δεν παρατηρηθεί υπέρβαση της γραμμής των 150 mm σε χρόνο ίσες προς 60 sec από την έναρξη της δοκιμής, συνεχίζεται η αξιολόγηση του υλικού με την δοκιμή SBI (Single Burning Item: Μεμονωμένου Καιόμενου Αντικείμενου) προκειμένου αυτό να καταταχθεί σε μία των κατηγοριών B,C,ή D.

1.4.7 Η δοκιμή μεμονωμένου καιόμενου αντικειμένου (SBI) κατά EN 13823

Οι διαδικασίες της δοκιμής SBI διαμορφώθηκαν και προδιαγράφηκαν εξ ολοκλήρου στην Ευρώπη προκειμένου να αποτελέσουν την βάση εκτίμησης των ΕΥΡΩΚΛΑΣΕΩΝ των δομικών υλικών. Κατά την δοκιμή αυτή δημιουργούνται οι συνθήκες που αντιστοιχούν στην έκθεση του προϊόντος ή υλικού σε φωτιά «στην γωνία του δωματίου», που θεωρείται ως η πλέον δυσμενής περίπτωση. Προς τούτο συναρμολογούνται υπό ορθή γωνία δύο πετάσματα (πάνελς), ύψους 1,50 m και πλάτος 0,50 και 1,00 m αντίστοιχα. Γραμμική πηγή φλόγας μήκους 1,00 m και ισχύος 30 kW εφαρμόζεται στην γωνία των πετασμάτων. Επάνω από αυτή την «γωνία δοκιμής» εγκαθίσταται χοάνη για την παραλαβή των καυσαερίων, προς ανάλυση και μέτρηση του θερμικού περιεχομένου και του καπνού συναρτήσεως του χρόνου. Κατά την διάρκεια της δοκιμής ελέγχεται επίσης η δημιουργία αποσπασμένων καιόμενων σωματιδίων ή σταγόνων (καύτρες) για την εκτίμηση του κινδύνου μετάδοσης της φωτιάς μέσω αυτών.

Η δοκιμή διαρκεί συνολικά 21 min. Κατά τα πρώτα δύο λεπτά τίθεται σε λειτουργία ο εξοπλισμός και γίνονται οι αρχικές μετρήσεις. Μετά το δεύτερο λεπτό ενεργοποιείται βοηθητικός καυστήρας επί τρία λεπτά για την βαθμονόμηση της θερμιδομετρικής ροής και τον προσδιορισμό της θερμιδομετρικής βάσης αναφοράς. Μετά το πέμπτο λεπτό ο κύριος καυστήρας τίθεται σε λειτουργία στην γωνία δοκιμών

και καίει μέχρι την συμπλήρωση του 21ου λεπτού, οπότε τίθεται εκτός λειτουργίας. Κατά το χρονικό αυτό διάστημα γίνονται μετρήσεις της θερμότητας που εκλύεται από την καύση του υλικού και της φύσης και ποσότητας του παραγομένου καπνού. Η παραγόμενη θερμότητα από τον καυστήρα έχει υπολογισθεί κατά το στάδιο της θερμιδομετρικής βαθμονόμησης. Οι βασικές παράμετροι αξιολόγησης (η εκλυόμενη θερμότητα και η μείωση της ορατότητας με την εξέλιξη της δοκιμής) καταγράφονται από σύστημα αισθητήρων και οι σχετικοί υπολογισμοί γίνονται με βάση συγκεκριμένη μεθοδολογία, σύμφωνα με το Πρότυπο EN 13823.

1.4.8 Η δοκιμή σε Θερμιδόμετρο Κώνου (ISO 5660, ASTM E 1354, NFPA 264A)

Το όνομα του οργάνου προέρχεται από κωνικό σχήμα του θερμαντήρα ο οποίος χρησιμοποιείται για την εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας στο υπό εξέταση υλικό με ροή θερμότητας έως και της τάξης των 100 kW/m^2 .

Το θερμιδόμετρο κώνου σήμερα είναι ίσως το πιο σημαντικό όργανο στον τομέα μετρήσεων χαρακτηριστικών ιδιοτήτων υλικών, κατά την αντίδρασή τους στη φωτιά. Η βασική παράμετρος με βάση την οποία εκτιμάται η ανάπτυξη μιας φωτιάς είναι ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας (heat release rate – HRR). Ο προσδιορισμός αυτής της παραμέτρου σε πραγματικές συνθήκες καθίσταται δύσκολος, ενώ επιτυγχάνεται εύκολα με τη χρήση του εν λόγω οργάνου σε εργαστηριακή κλίμακα. Η μέθοδος προσδιορισμού του HRR βασίζεται στη μέτρηση του ελλείματος οξυγόνου που παρατηρείται κατά την καύση του υπό εξέταση δοκιμίου – υλικού ή αντίθετα η θερμότητα που εκλύεται από την καύση ενός υλικού είναι ευθέως ανάλογη προς την ποσότητα οξυγόνου που κατακρατείται κατά τη διαδικασία της καύσης.

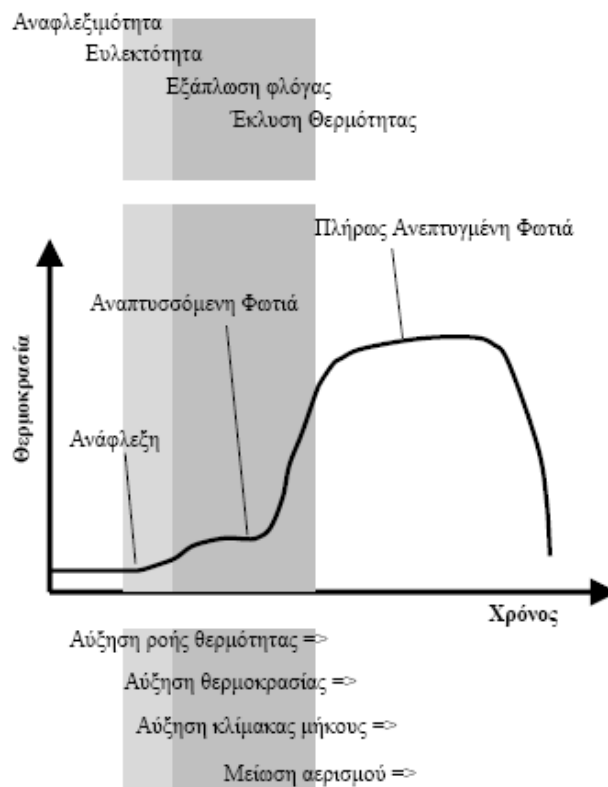
Η διαδικασία μέτρησης με χρήση του οργάνου έχει προτυποποιηθεί από το 1993 και πραγματοποιείται με βάση το ISO 5660 (Reaction to fire). Το Εργαστήριο Τεχνικής Θερμοδυναμικής (ΕΤΘ) εφαρμόζει τα τελευταία χρόνια την παραπάνω διαδικασία (ISO 5660) ενώ πρόσφατα έχει διαπιστευθεί από τον ΕΛΟΤ για την εφαρμογή συστήματος ποιότητας EN ISO/IEC 17025 αναφορικά με παροχή μετρήσεων – παραμέτρων υλικών ως προς την αντίδραση αυτών σε συνθήκες φωτιάς.

Οι μετρήσεις αυτές περιλαμβάνουν χρόνο ανάφλεξης (time to ignition), χρόνο σβέσης (time to flameout), ολικό ποσό έκλυσης θερμότητας (total heat release), ρυθμό έκλυσης θερμότητας (heat release rate), ολική ποσότητα κατανάλωσης οξυγόνου (total oxygen consumed), απώλεια μάζας (mass lost), ρυθμό απώλειας μάζας (mass lost rate), παραγωγή καπνού (total smoke production), καθώς και παραγωγή καπνού στα επιμέρους στάδια της διαδικασίας (πριν και κατά τη διάρκεια παρουσίας φλόγας), ενεργή θερμότητα καύσης (effective heat of combustion). Επίσης αναφορικά με έκλυση τοξικών ρύπων στα αποτελέσματα των μετρήσεων δίνονται ποσότητες μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα κατά την καύση ενός υλικού CO, CO₂.

1.4.9 Σενάρια και ιδιότητες φωτιάς στο θερμιδόμετρο

Οι περιπτώσεις φωτιάς (πυρκαγιάς) είναι γενικά διαφορετικές και ένα μεμονωμένο σενάριο ποτέ δεν καλύπτει όλο το εύρος των περιπτώσεων και της αντίστοιχης συμπεριφορά τους. Μερικές βασικές αρχές των σεναρίων φωτιάς και των ιδιοτήτων τους, περιγράφονται στη συνέχεια ως βάση για την εφαρμογή της μεθόδου θερμιδομετρίας κώνου.

Οι περιπτώσεις φωτιάς (σενάρια) διαφέρουν σημαντικά ως προς τους μηχανισμούς μεταφοράς μάζας και θερμότητας που καθορίζονται από χαρακτηριστικά όπως την εφαρμοζόμενη ροή θερμότητας, τη θερμοκρασία, τις κλίμακες μήκους και τον αερισμό. Η συμπεριφορά της φωτιάς μπορεί να υποδιαιρεθεί σε τρία στάδια (Εικόνα 1.1). Καθένα από αυτά τα στάδια μπορεί να συνιστά και ένα διαφορετικό σενάριο φωτιάς στο οποίο τονίζονται διαφορετικές ιδιότητες της φωτιάς και των καύσιμων υλικών.



Εικόνα 1.1 : Τα στάδια και οι ιδιότητες της πυρκαγιάς, το εύρος των περιπτώσεων πυρκαγιάς που συμπεριλαμβάνονται στη θερμιδομετρία κώνου (γκρι) (Schartel B. and Hull T. R., 2007)

A. Έναυση (στάδιο 1)

Η οδηγούμενη έναυση, συνιστά την έναρξη της καύσης παρουσία φλόγας (flaming combustion), που χαρακτηρίζεται από μια πηγή έναυσης, μια μικρή κλίμακα μήκους (της τάξης των cm), θερμοκρασία περιβάλλοντος στην περιοχή της θερμοκρασίας έναυσης (600 – 700 K) και υψηλά επίπεδα αερισμού. Σε αυτό το στάδιο οι πιο σημαντικές ιδιότητες είναι η αναφλεξιμότητα (χρόνος ανάφλεξης t_{ig} , ο κρίσιμος ρυθμός απώλειας μάζας (critical mass loss rate) ή η απαιτούμενη ροή θερμότητας για την ανάφλεξη (heat release rate for ignition), η θερμοκρασία ανάφλεξης T_{ig}).

B. Αναπτυσσόμενη φωτιά (Developing fire - στάδιο 2)

Η συνέχιση της καύσης παρουσία φλόγας που συμβαίνει σε αυτό το στάδιο ανάπτυξης χαρακτηρίζεται από μια εξωτερική ροή θερμότητας (της τάξης των 20 – 60 kW/m²), μεγαλύτερες κλίμακες μήκους (της τάξης των dm – m), θερμοκρασία περιβάλλοντος υψηλότερη εκείνης της έναυσης (700 – 900K) και διατήρηση υψηλών επιπέδων αερισμού. Σε αυτό το στάδιο οι πιο σημαντικές παράμετροι ενδιαφέροντος είναι η εξάπλωση της φωτιάς (flame spread) σε αντίθετη ροή ανέμου και με υποβοήθηση ανέμου, ο ρυθμός ανάπτυξης της φωτιάς.

Γ. Πλήρως ανεπτυγμένη φωτιά (Fully Developed Fire - στάδιο 3)

Το στάδιο της αναπτυσσόμενης φωτιάς χαρακτηρίζεται από υψηλή εξωτερική ροή θερμότητας (>50kW/m²) μεγάλες κλίμακες μήκους (>m) θερμοκρασία περιβάλλοντος πάνω από τη θερμοκρασία αυτανάφλεξης (>900K) και χαμηλά επίπεδα αερισμού. Σε αυτό το στάδιο οι πιο σημαντικές ιδιότητες είναι η διείσδυση της θερμότητας, η διείσδυση της φωτιάς ή η αντίσταση στη φωτιά, η έκλυση θερμότητας και το φορτίο φωτιάς (fire load).

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το καλορίμετρο κώνου αποτελεί σημαντικό εργαλείο εργαστηριακής κλίμακας στο πεδίο των δοκιμών σε φωτιά, επειδή έχει τη δυνατότητα μέτρησης των σημαντικότερων παραμέτρων της καύσης υλικών, κάτω από ελεγχόμενες και προκαθορισμένες συνθήκες. Τα αποτελέσματα των μετρούμενων μεγεθών μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για αξιολόγηση υλικών και για την εκτίμηση της συμπεριφοράς τους σε περίπτωση πυρκαγιάς. Το καλορίμετρο κώνου χρησιμοποιείται ευρέως στην έρευνα για την ανάπτυξη προϊόντων, αλλά και ως εργαλείο για την συλλογή δεδομένων, για την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης της εξέλιξης της φωτιάς. Το καλορίμετρο κώνου έχει τη δυνατότητα άμεσης μέτρησης σημαντικών ιδιοτήτων σχετικών με την συμπεριφορά υλικών σε πυρκαγιές στις οποίες περιλαμβάνονται : Χρόνος ανάφλεξης, Ρυθμός έκλυσης θερμότητας, Ενεργή θερμότητα καύσης, Ρυθμός παραγωγής καπνού, Ρυθμός απώλειας μάζας, Παραγωγή CO και CO₂. Τα αποτελέσματα μπορούν επί πλέον να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της αναμενόμενης συμπεριφοράς των υλικών σε δοκιμές μεμονωμένου καιόμενου αντικειμένου (SBI) κατά EN 13823, που απαιτούνται για την κατάταξη δομικών υλικών κατά CE. Ο εξοπλισμός του Εργαστηρίου Τεχνικής Θερμοδυναμικής του πανεπιστημίου, όπου και εκπονήθηκε το πείραμα καλύπτει όλες τις απαιτούμενες προδιαγραφές για πλήρεις δοκιμές αντίδρασης υλικών σε φωτιά σύμφωνα με τα πρότυπα : ISO 5660, ASTM E 1354, ASTM E 1474, ASTM E 1740, ASTM F 1550, ASTM D 5485, ASTM D 6113, NFPA 264, NFPA 271, CAN ULC 135, BS 476 Part 15.

Όπως προαναφέραμε το καλορίμετρο κώνου είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται ευρέως για τη μέτρηση του ρυθμού απώλειας μάζας (\dot{m}'') και του ρυθμού έκλυσης θερμότητας (\dot{Q}''), κάτω από συγκεκριμένη ροή θερμότητας ακτινοβολίας. Η αναλογία των δύο αυτών ποσοτήτων (\dot{Q}''/\dot{m}'') μας δίνει τη στιγμιαία θερμότητα της καύσης (ΔH_c), σε σχέση με τα καυσαέρια που παράγονται κατά την καύση. Αυτή η θερμότητα καύσης είναι περίπου σταθερή για το υλικό και μπορεί να μετρηθεί και είναι ανεξάρτητη από το μέγεθος της επιφάνειας που καίγεται και επομένως ανεξάρτητη της κλίμακας που εκπονείται το πείραμα. Ανεξάρτητες κλίμακας είναι επίσης οι θερμοχημικές ιδιότητες του υπό αποσύνθεση υλικού. Σε αντίθεση, η ροή θερμότητας (\dot{q}'') που εκλύεται στην επιφάνεια του υλικού, εξαρτάται από την κλίμακα της φωτιάς και από τις συνθήκες πειράματος. Ως εκ τούτου συνεπάγεται ότι κάτω από συγκεκριμένες διαστασιακές συνθήκες προκύπτει:

$$\dot{m}'' = f(q'', \text{θερμοχημικές ιδιότητες}) \quad (2.1)$$

$$\dot{Q}'' = \dot{m}'' \Delta H_c \quad (2.2)$$

Η πρώτη εξίσωση μας δίνει ένα μοντέλο πρόβλεψης της μεταβαλλόμενης καύσης που σχετίζεται με τη ροή θερμότητας επιφάνειας και τις ιδιότητες. Χρησιμοποιώντας το μπορούμε να εξετάσουμε υλικά όπως το θερμοπλαστικό, τα οποία κατά την καύση τους δεν παράγουν τεφρά, αλλά περισσότερο εξατμίζονται. Συγκεκριμένα στο πείραμα μας χρησιμοποιήσαμε μαυρο PMMA διαστάσεων 100mmx100mmx25mm.

Το PMMA είναι ένα θερμοπλαστικό πολυμερές που παρασκευάζεται με πολυμερισμό του μονομερούς μεθακρυλικού μεθυλίου. Λόγω της διαφάνειας, της αισθητικής και της αντοχής του στις γρατζουνιές, το PMMA μπορεί να θεωρηθεί ως η πιο ελαφριά εναλλακτική του γυαλιού. Κάποιες φορές ονομάζεται και ακρυλικό γυαλί. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί αντί για το πολυανθρακικό (PC), εφόσον απαιτείται υψηλότερη διαφάνεια, αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία, αντοχή στις γρατζουνιές και εφόσον δεν απαιτείται για εφαρμογές με υψηλή αντοχή σε κρούση.

Το PMMA παρασκευάστηκε για πρώτη φορά από την εταιρεία Rohm and Haas το 1933. Οι κυριότερες εμπορικές ονομασίες με τις οποίες διατίθεται το PMMA είναι Altuglas, Plexiglas και Diakon. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του PMMA είναι τα εξής:

- Εξαιρετικές οπτικές ιδιότητες.
- Γυαλιστερό φινίρισμα.
- Ακαμψία και διαστασιακή σταθερότητα.
- Σκληρότητα και αντοχή σε γρατσουνιές.
- Εξαιρετική αντοχή στις ακτίνες του ήλιου (υπεριώδη ακτινοβολία) και τη γήρανση.

Το PMMA μπορεί να διαμορφωθεί ώστε να αποκτήσει ειδικές ιδιότητες και εφέ:

- Προϊόντα με τροποποιημένη αντοχή σε κρούση.
- Καταλληλότητα για επαφή με τρόφιμα.
- Καταλληλότητα για ιατρικές εφαρμογές.
- Φιλτράρισμα της υπεριώδους ακτινοβολίας.
- Βελτιωμένη αντοχή στα χημικά.
- Ανθεκτικότητα σε αποστείρωση με ακτίνες γ.
- Επιφάνεια ματ και με σχέδιο αμμοβολής.

Όλα τα παραπάνω, όπως επίσης το χαμηλό κόστος του και οι γνωστές του ιδιότητες επιτρέπουν στο PMMA να είναι το προτιμώμενο πολυμερές για πολλές εφαρμογές στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, του φωτισμού, της οικοδομής κλπ.

Ο σκοπός του πειράματος είναι η μέτρηση του ρυθμού απώλειας μάζας, της ροής θερμότητας της φλόγας, ο χρόνος ανάφλεξης και η θερμοκρασία επιφάνειας μαύρου PMMA.

Όταν το φαινόμενο φτάσει στο στάδιο ομαλής και ομοιόμορφης καύσης, τότε η πρώτη εξίσωση μετατρέπεται σε:

$$\dot{m}'' = \dot{q}''/L \quad (2.3)$$

Όπου: \dot{q}'' η ροή θερμότητας της επιφάνειας

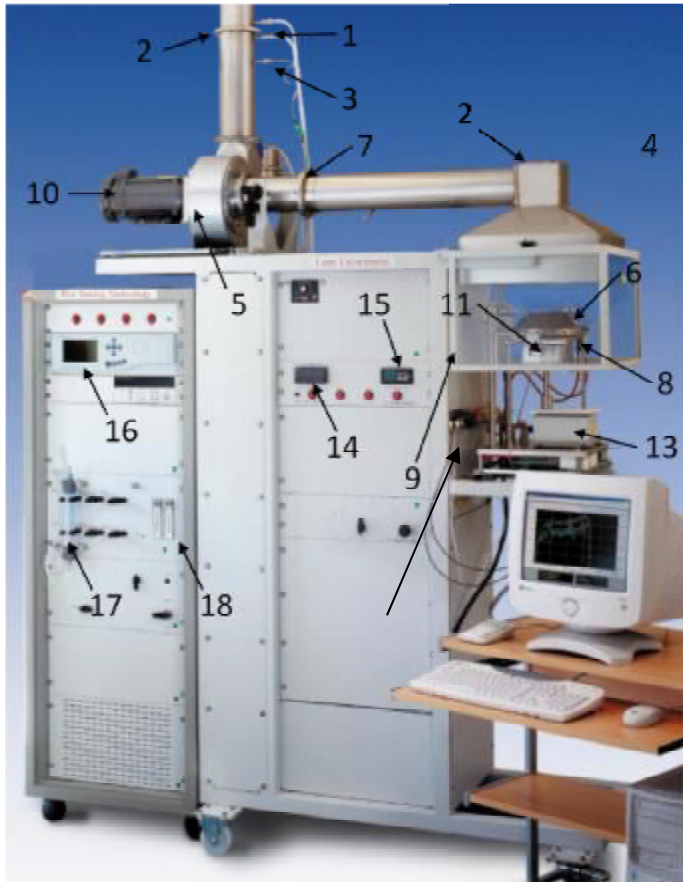
L η ωφέλιμη θερμότητα αεριοποίησης

2.2 ΤΟ ΚΑΛΟΡΙΜΕΤΡΟ ΚΩΝΟΥ

Τα βασικά στοιχεία της διάταξης είναι:

- Θερμαντήρας κώνου με μέγιστη εκλυόμενη θερμότητα 100 kW/m^2 , που μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε οριζόντιο όσο και σε κατακόρυφο προσανατολισμό.
- σπινθηριστής ή αναφλεκτήρας (igniter) 10kV, 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 (O_2 , CO , 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.



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

Εικόνα 2.1 Αναλυτική περιγραφή επιμέρους διατάξεων της συσκευής καλορίμετρο κώνου (κατασκευάστρια εταιρεία Fire Testing Technology, FTT UK)

3. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΟΡΓΑΝΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ FTT CONECALC

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.

3.2 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 θερμιδομετρητών 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 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.

3.3.1 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 στήλων 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/CO₂) 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.

3.3.2 Υπολογισμός έκλυσης θερμότητας χρησιμοποιώντας τις συγκεντρώσεις οξυγόνου, μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα

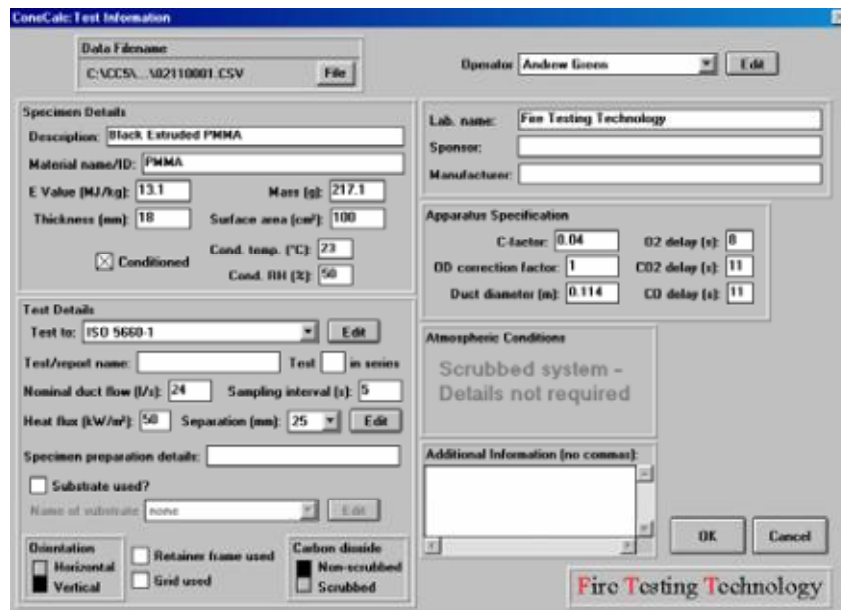
Για τον υπολογισμό του ρυθμού έκλυσης θερμότητας από τη συγκέντρωση οξυγόνου μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα, μόνο το νερό θα πρέπει να απομακρυνθεί πριν οι συγκεντρώσεις καταγραφούν στους αντίστοιχους αναλυτές. Αυτό επιτυγχάνεται με μια διαδικασία εκκαθάρισης την οποία αναφέραμε και παραπάνω. 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.

The image shows a screenshot of the 'ConeCalc: Test Information' software interface. The window title is 'ConeCalc: Test Information'. The interface is divided into several sections for data entry:

- Data Filename:** C:\CCSA\AB2110001.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): 10
 - 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
 - CO2 delay (s): 11
 - Duct diameter (m): 0.114
 - CO delay (s): 11
- Test Details:**
 - Test to: ISO 5660-1
 - 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: Retainer frame used:
 - Vertical: Gnd used:
 - Carbon dioxide: Non-scrubbed: Scrubbed:
- Atmospheric Conditions:**
 - Ambient temperature (°C): 21.7
 - Ambient pressure (kPa): 100.478
 - Relative humidity (%): 60
- Additional Information (no commas):**
- Buttons:** OK, Cancel
- Logo:** Fire Testing Technology

Εικόνα 3.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ NON-SCRUBBED



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).

3.4. 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 εισαχθεί 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 περιγραφεί παρακάτω.

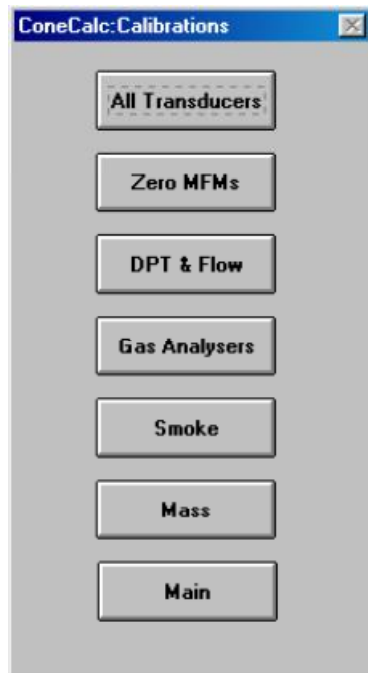
3.5 ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΡΟΗΣ ΜΑΖΑΣ

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 θερμοότητα 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

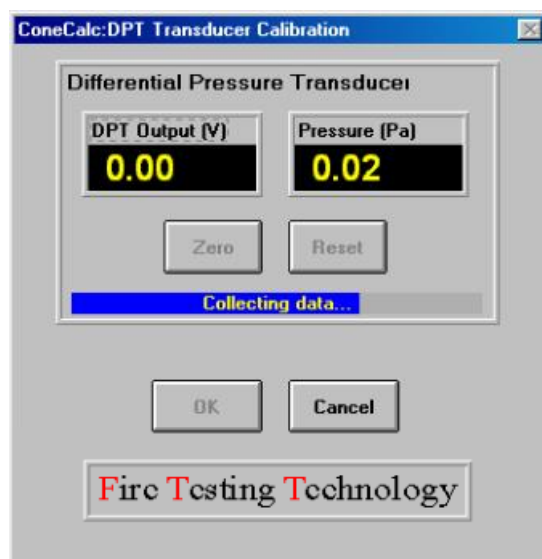
3.6 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

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.

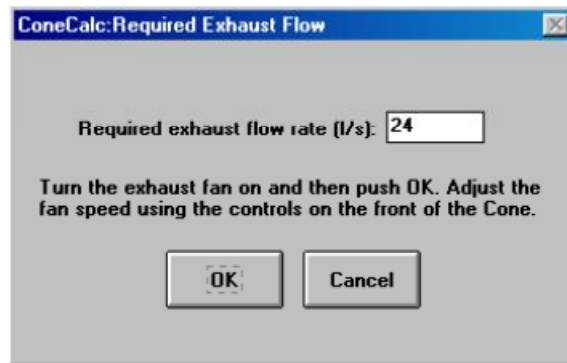
Ο πίνακας βαθμονόμησης του αισθητήρα διαφορικής πίεσης (βλ. εικόνα 3.5) εμφανίζει:

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

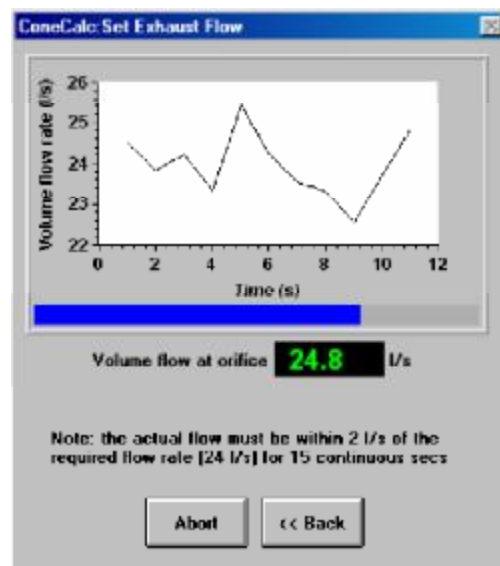
Όταν υπάρχει μηδενική ροή στον αγωγό τότε η διαφορική πίεση καταμήκου της πλάκας ακροφυσίων είναι μηδέν. Βεβαιωνόμαστε ότι ο ανεμιστήρας εξαγωγής αέρα είναι απενεργοποιημένος και ότι δεν υπάρχει ροή στον αγωγό σφραγίζοντας την έξοδο. Αυτό μπορεί να επιτευχτεί τοποθετώντας μια σακούλα ή ένα βιβλίο πάνω 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.

3.7 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.

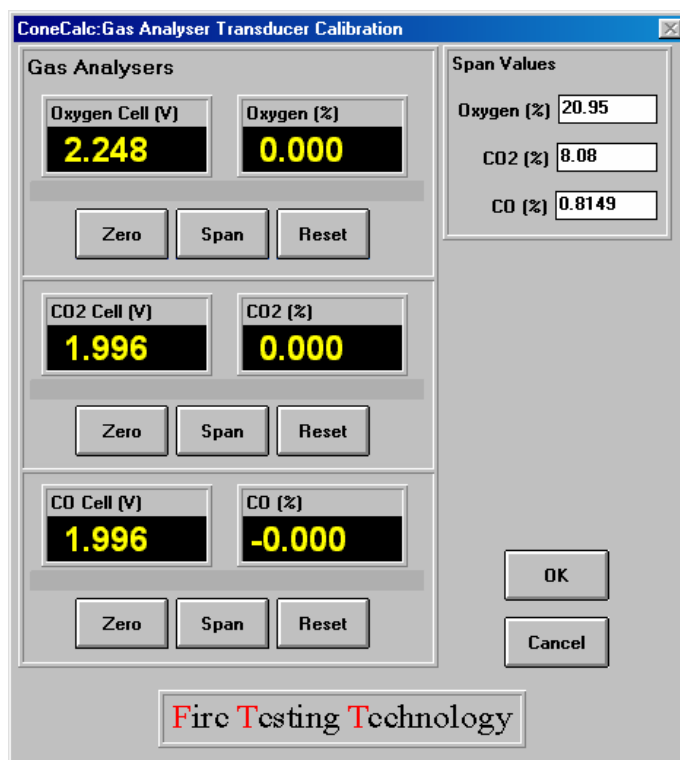
Ο αναλυτής οξυγόνου είναι ευαίσθητος στον ρυθμό ροής. Έτσι κατά την βαθμονόμηση είναι σημαντικό να διασφαλίσουμε ότι ο ρυθμός ροής του αερίου είναι ίδιος με του αναλυτή όπως όταν λειτουργεί κανονικά (με την αντλία ενεργοποιημένη).

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:

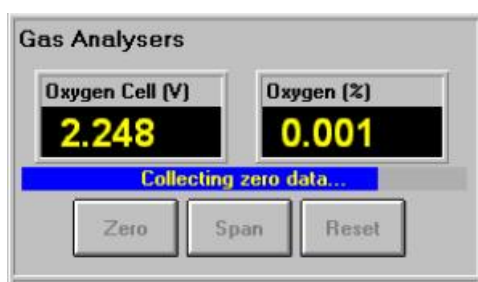
- Την τάση ρεύματος που μεταδίδεται για κάθε μια από τις κυψέλες του αναλυτή.
- Την συγκέντρωση με την οποία η τάση αυτή σχετίζεται (υπολογισμένη από το σημείο μηδέν).
- Τα κουμπιά Zero, Spam και Reset για κάθε αναλυτή.
- Μπάρα προόδου για κάθε βαθμονόμηση αναλυτή.
- Τις τιμές οξυγόνου, μονοξειδίου και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

3.7.1 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

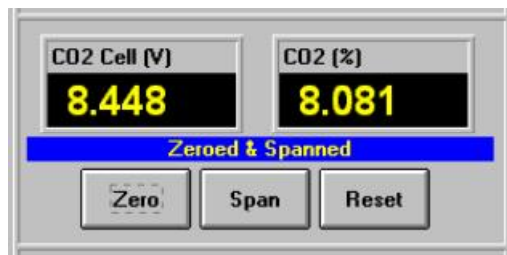


Εικόνα 3.9

3.7.2 Διαδικασία βαθμονόμησης αναλυτών μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα.

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

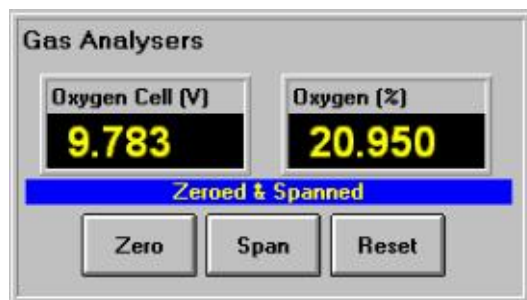
βαθμονόμησης. Οι ενδείξεις του μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα στην οθόνη θα πρέπει να είναι ίσες με τις τιμές Span. (βλ. εικόνα 3.10) .



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

3.8 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.

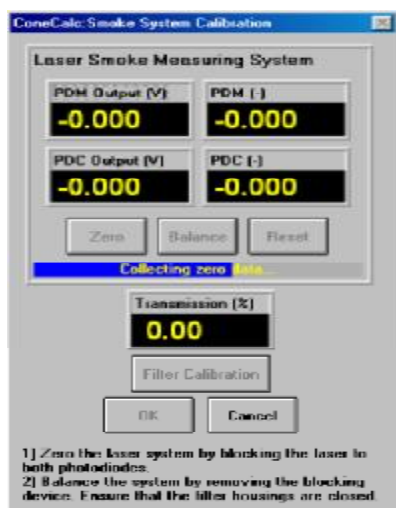
Το τρίτο μέρος της διαδικασίας τίθεται υπό αμφισβήτηση από έναν αριθμό χρηστών.

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.



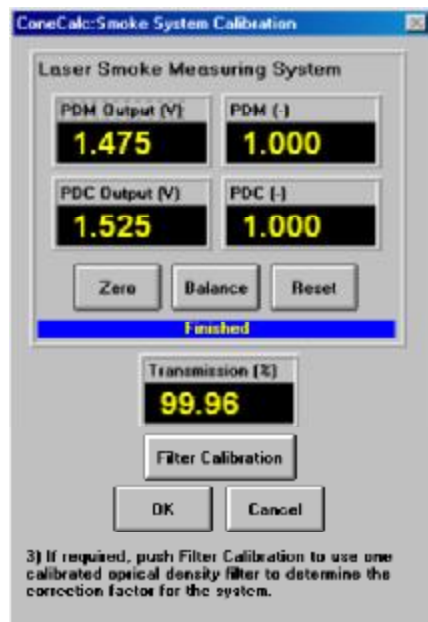
Εικόνα 3.12

3.8.1 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.

3.8.2 Διαδικασία εξισορρόπησης

Αφαιρούμε το αδιαφανές υλικό από τη διαδρομή του φωτός. Η ποσότητα του φωτός που πέφτει σε κάθε μια από τις δυο φωτοδιόδους 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 φωτοδιόδους 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 λέιζερ (632.8 nm για He-Ne λέιζερ). Αν θέλουμε να εκτελέσουμε αυτή την πρόσθετη διαδικασία πατάμε το κουμπί Filter Calibration.

3.8.3 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).

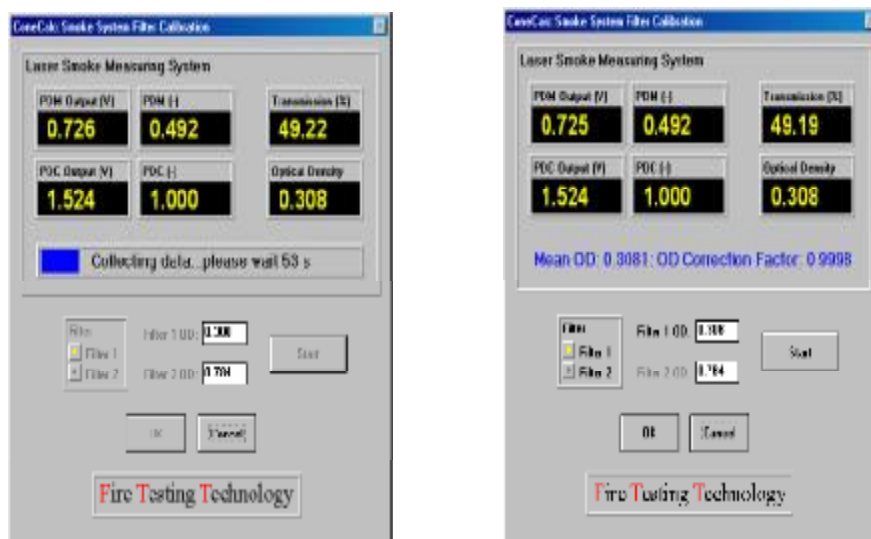
Βεβαιωνόμαστε ότι οι πραγματικές οπτικές πυκνότητες (στο μήκος κύματος του λέιζερ 632,8 nm) για τα φίλτρα έχουν εισαχτεί. Είναι λάθος να υποθέσουμε ότι οι οπτικές πυκνότητες είναι ακριβώς ίσες με τις ονομαστικές τιμές, δηλαδή 0,3 και 0,8 καθώς αυτό μπορεί να προκαλέσει λανθασμένη βαθμονόμηση.

Στην συνέχεια επιλέγουμε το φίλτρο που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε από τα κουμπιά Filter1/Filter2. Τοποθετούμε το φίλτρο στην υποδοχή της κυρίας φωτοδιόδου (η φωτοδίοδος που βρίσκεται στη μεγαλύτερη απόσταση από το λέιζερ). 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

3.9 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 Cell 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.

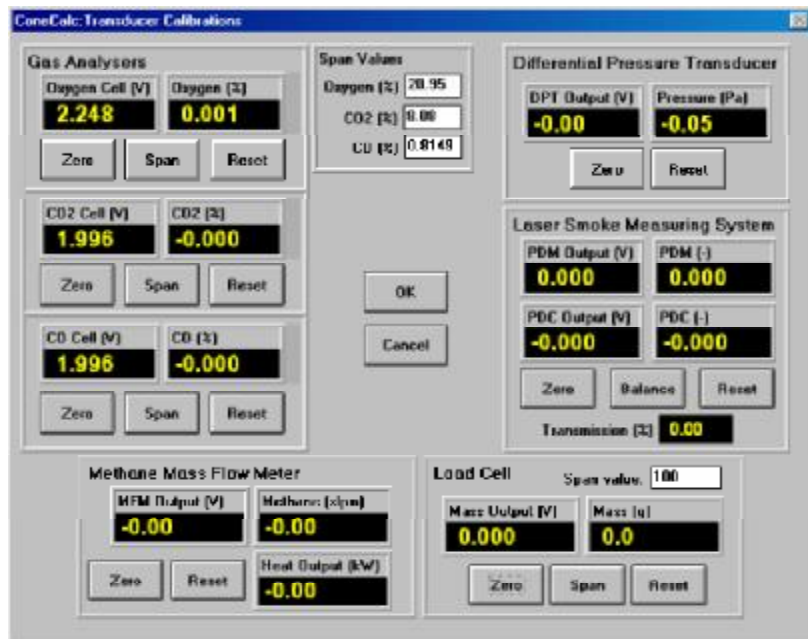
Είναι πολύ σημαντικό η τιμή της μάζας να μην υπερβαίνει την τιμή Span, διότι ενώ η μονάδα ελέγχου New Port θα εμφανίζει τη σωστή μάζα το σήμα που θα στέλνει στον υπολογιστή θα είναι μέγιστο (μεγαλύτερο από 10 Volt) και συνεπώς θα είναι εσφαλμένο. Σε μια τέτοια περίπτωση όλες οι παράμετροι που αφορούν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

3.10 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Χάρην 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

3.11 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 ακριβής 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.

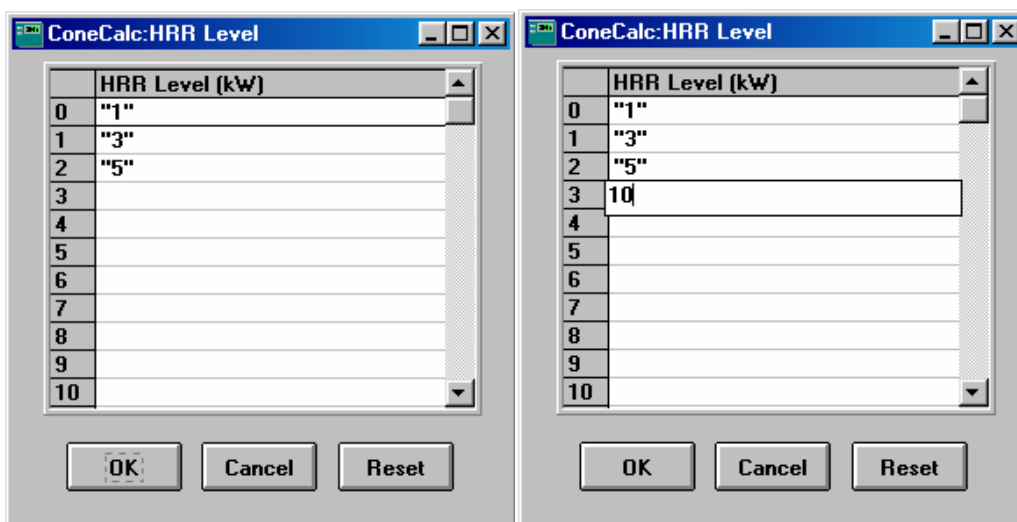
Χρησιμοποιούμε το κουμπί του διοξειδίου του άνθρακα για να επιλέξουμε τον τρόπο λειτουργίας στην εικόνα 3.19 όπως φαίνεται έχουν γίνει επιλογές για διαδικασία non scrubbed. Επιλέγουμε την απαιτούμενη έκλυση θερμότητας από τον καυστήρα μεθανίου στο πεδίο HRR Level. Η προεπιλογή αυτής της τιμής είναι 5 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. Αυτόματα 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



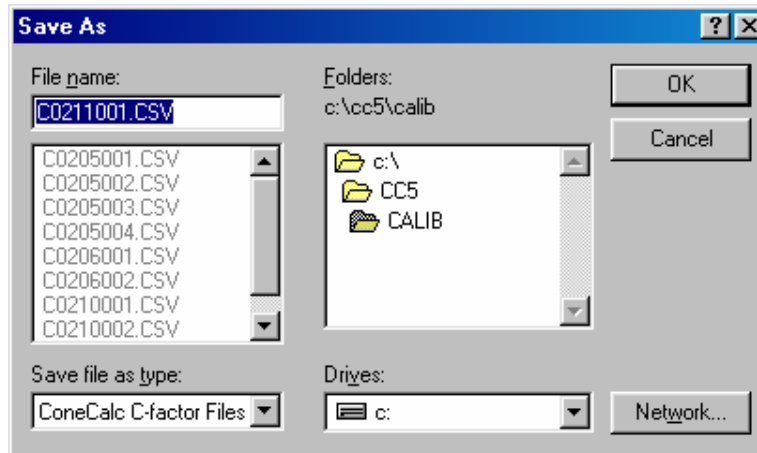
Εικόνα 3.19 : Πίνακας πληροφοριών προβαθμονόμησης



Εικόνα 3.20 : Πίνακας HRR Level

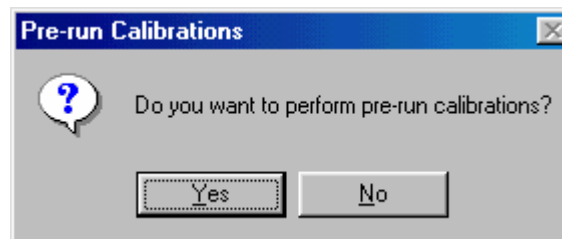
Το σύμβολο E το οποίο εμφανίζεται σε ένα πεδίο του πίνακα 3.19 ορίζεται ως η ποσότητα της θερμότητας που απελευθερώνεται από ένα συγκεκριμένο υλικό ανά κιλό οξυγόνου που καταναλώνεται σε συνθήκες φωτιάς. Αυτή η τιμή είναι σχετικά σταθερή για τα περισσότερα οργανικά υλικά και η μέση τιμή της είναι 13,1 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 διάλογο 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).



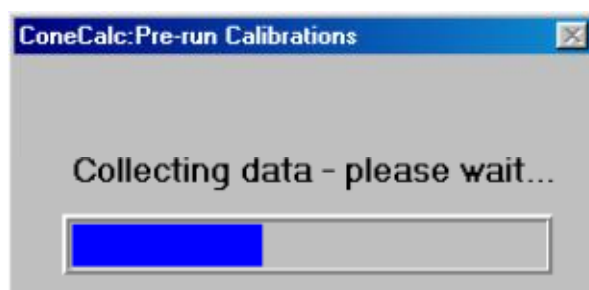
Εικόνα 3.21 : Παράθυρο αποθήκευσης

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).



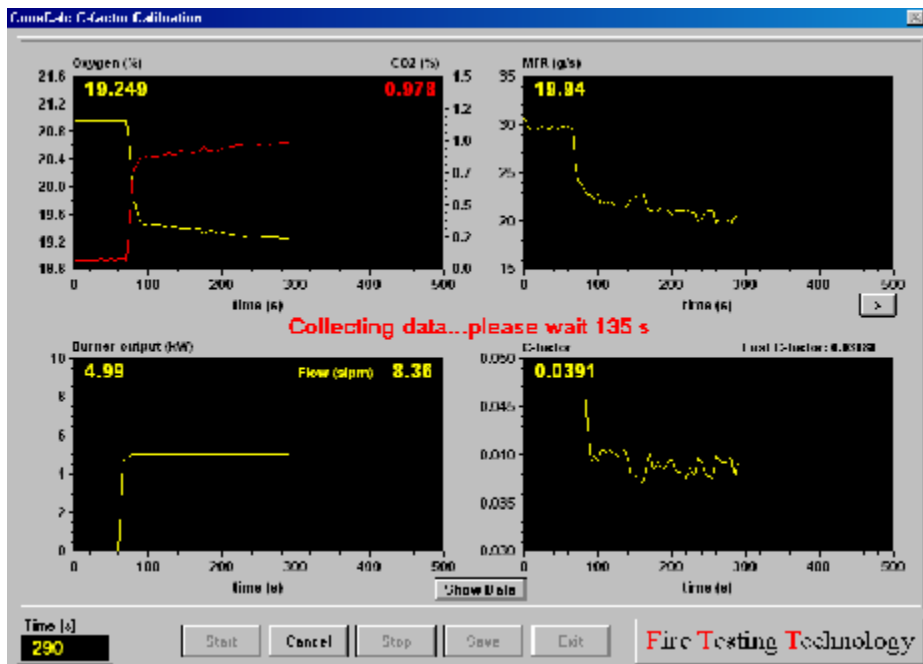
Εικόνα 3.25 : Διαδικασία βαθμονόμησης C κατά το πρώτο στάδιο

Τρίτο στάδιο - Συλλογή δεδομένων

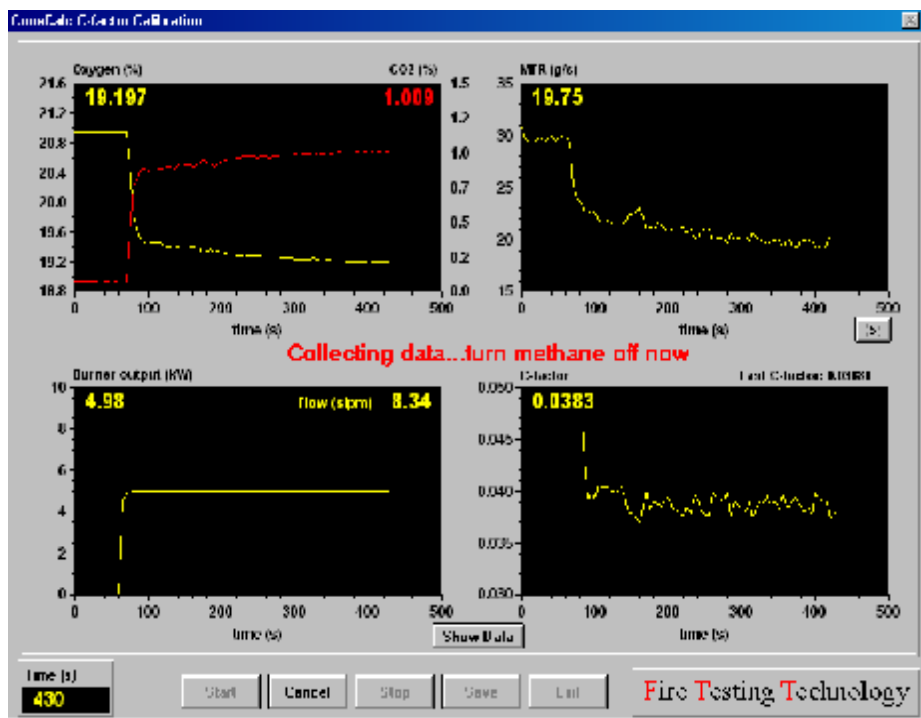
Το τρίτο στάδιο αφορά τη συλλογή δεδομένων που αργότερα θα χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του C. Κατά τη διάρκεια αυτού του βήματος δεν είναι απαραίτητη καμία ενέργεια (βλ. εικόνα 3.26). Η διαδικασία διαρκεί 180 δευτερόλεπτα.

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.

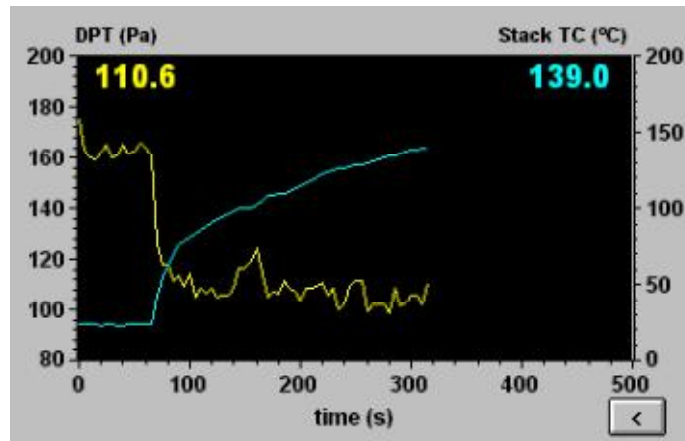


Εικόνα 3.26 : Συλλογή δεδομένων κατά τη διάρκεια του τρίτου σταδίου



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 εξατμίσης. 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

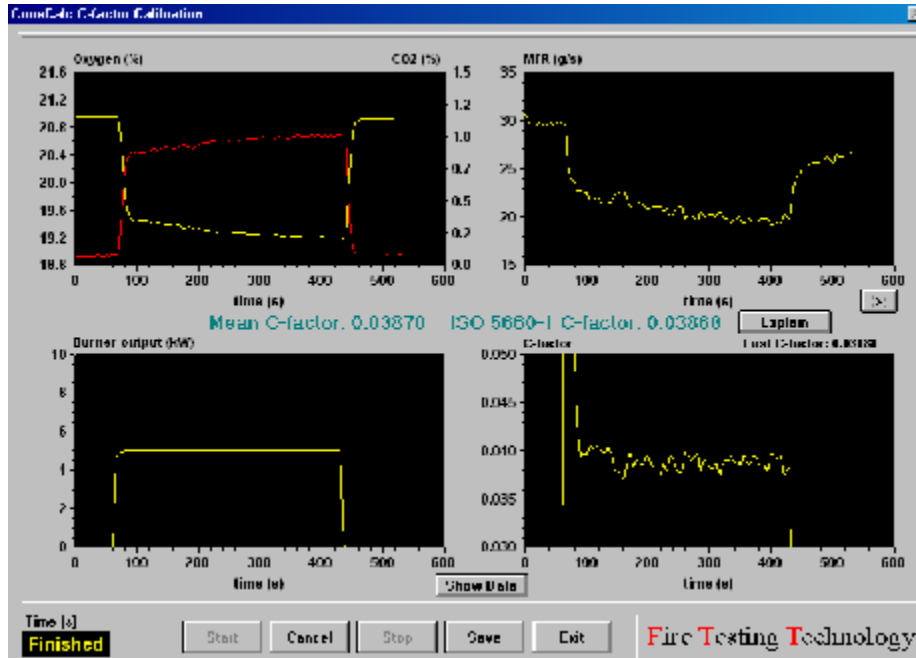
Για να ακυρώσουμε τη διαδικασία οποιαδήποτε στιγμή πατάμε το κουμπί Cancel.

3.12 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 εξάτμισης 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.



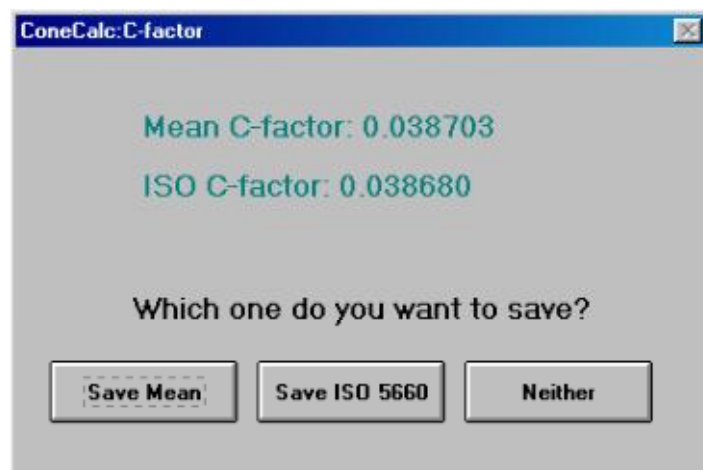
Εικόνα 3.30 : Επεξεργασμένα αποτελέσματα

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.

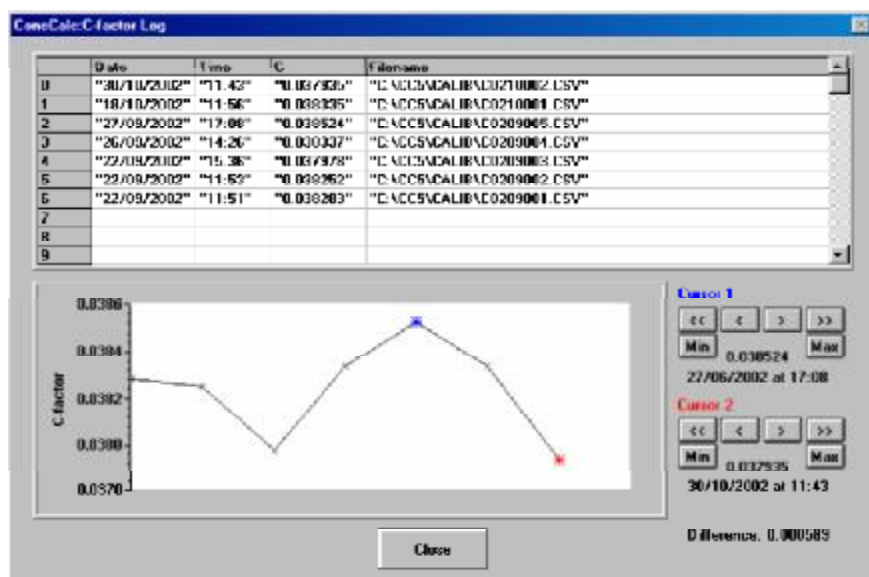
Για να αποθηκεύσουμε τα δεδομένα πατάμε το κουμπί Save. Επειδή υπάρχουν δυο τύποι του C οι οποίοι έχουν προκύψει πρέπει να διαλέξουμε με ποιον θα υπολογίσουμε τον ρυθμό ροής μάζας και τον ρυθμό έκλυσης θερμότητας. Το παρακάτω παράθυρο θα εμφανιστεί και ανάλογα με ποιον τρόπο προσδιορίσαμε το C πατάμε 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. Συνιστάται 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 προβλήματα 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

4. ΕΚΤΕΛΩΝΤΑΣ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ.

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

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

4.1.1 Βασικά βήματα πριν την έναρξη λειτουργίας του καλορίμετρου

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 N₂, CO₂, CO, Μεθανίου.
5. Ελέγχουμε το χρωματικό δείκτη "Drierite" (δείκτης υγρασίας).

4.1.2 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 θερμοδόμετρου 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 N₂ (Nitrogen Non – scrubbed) ώστε να μηδενιστούν όλες οι ενδείξεις των αερίων στον Αναλυτή (Servomex) δηλαδή O₂, CO, CO₂.
 - 3.2 Ρυθμίζοντας την παροχή στη φιάλη αζώτου N₂ πρέπει να έχουμε ένδειξη στα ροόμετρα της πρόσοψης της συσκευής **3.5 lt/min** ή **5 psi** (όργανο ρύθμιση πίεσης εντός του θερμοδόμετρου). Μηδενίζουμε τις ενδείξεις των αερίων (O₂, CO, CO₂) πρώτα στον Αναλυτή και στη συνέχεια στο παράθυρο του λογισμικού.
- 4 **HIGH CAL**
 - 4.1 HIGH CAL (CO, CO₂)

Θέτουμε τη βάνα που αναφέρεται σε αυτά (span gases) από Nitrogen που ήταν πριν σε **SPAN**. Ελέγχουμε τα ροόμετρα στην πρόσοψη της συσκευής (CO, CO₂) 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 H/Y πατάμε στο κουμπί SPAN για (CO, CO₂).
 - 4.4 HIGH CAL (O₂)

Pump ON → Περιμένουμε περίπου 5 min για τη σταθεροποίηση της ροής Ανοίγουμε τώρα το Cold Trap στο θερμοδόμετρο. Στη συνέχεια θέτουμε τη βάνα του O₂ στη θέση **Sampling Gas**.
 - 4.5 Θέτουμε τη μέγιστη τιμή για το O₂ στον Servomex πρώτα και μετά πατάμε το κουμπί span στον H/Y για το O₂. 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 O₂, CO₂,

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/m² 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.

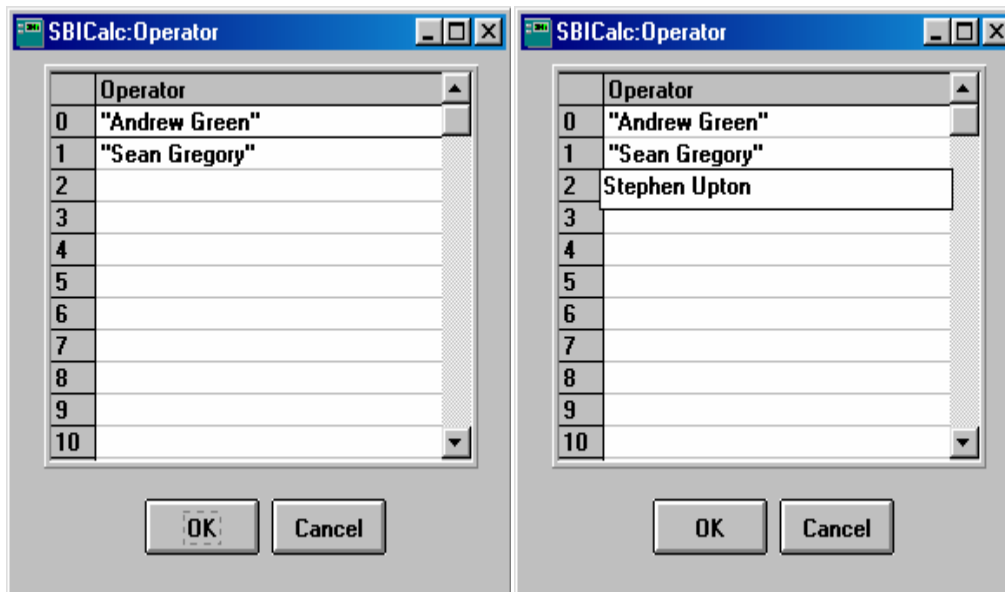
10. Όταν η δοκιμή **ολοκληρωθεί** (περιμένουμε περίπου 1 λεπτό μετά το σβήσιμο της φλόγας) και πατάμε **Stop Test** ή στο remote control **S**.
11. Μπορούμε να δούμε συνολικά τα αποτελέσματα επιλέγοντας στο **Main Menu Print Report**.

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 cm², εάν δεν έχει τοποθετηθεί πλαίσιο συγκράτησης και 88,4 cm² 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.

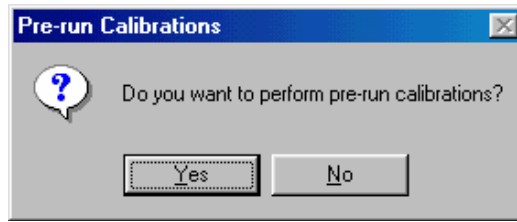
Στην συνέχεια εισάγουμε τις λεπτομέρειες που μας ζητούνται.

- 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.

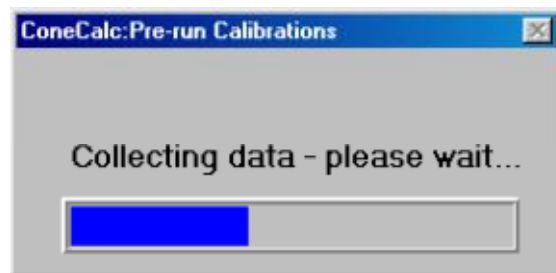
- Για δείγματα τα οποία είναι θερμικά μεταβαλλόμενα η απόσταση μεταξύ της πλάκας βάσεως του θερμαντήρα και του δείγματος μπορεί να ρυθμιστεί στα 60 mm. Η ροή θερμότητας θα πρέπει να καθοριστεί σε αυτό το διαχωρισμό.
- Οποιοσδήποτε άλλες λεπτομέρειες προετοιμασίας του δείγματος μπορούν να συμπεριληφθούν 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 εκτελέσεως του πειράματος (βλ. εικόνα 4.5).

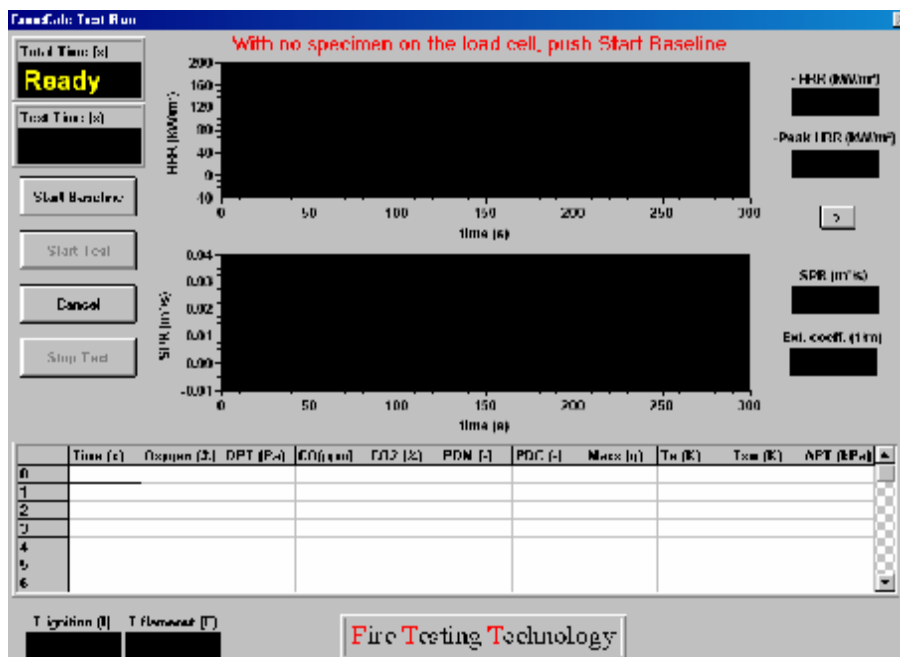
Βεβαιωνόμαστε ότι η αντλία δειγματοληψίας είναι ενεργοποιημένη για τουλάχιστον δέκα (10) λεπτά νωρίτερα, έτσι ώστε οι αναλυτές να έχουν σταθεροποιηθεί. Στην προβαθμονόμηση συλλέγονται δεδομένα για διάρκεια δέκα (10) δευτερόλεπτων από τους αισθητήρες (βλ. εικόνα 4.4) και ο μέσος όρος κατά τη χρονική περίοδο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

ΕΝΑΡΞΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

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

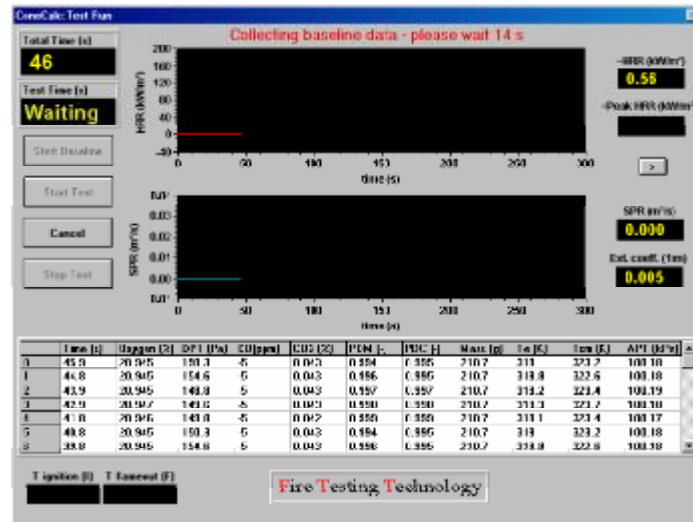
4.3.1 Συλλογή δεδομένων BASELINE

- 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).

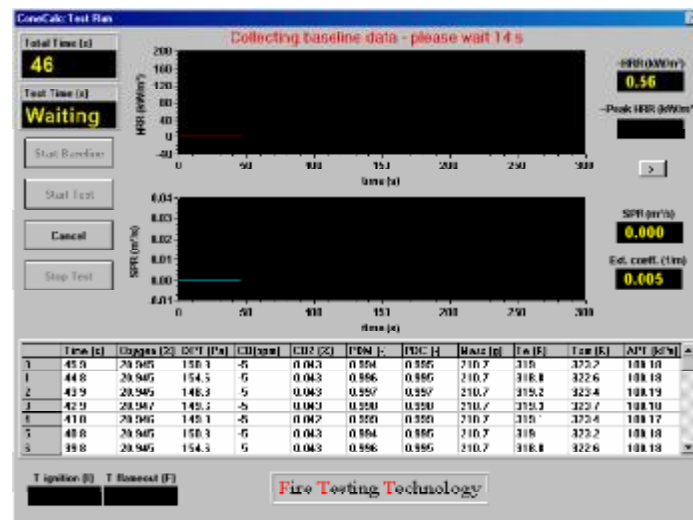
4.3.2 Τοποθέτηση δείγματος και εκτέλεση πειράματος

- 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

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.

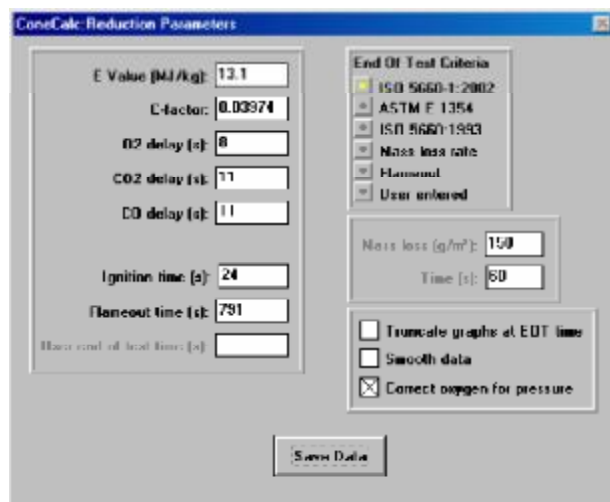


Εικόνα 4.8 : Πίνακας After Test Information

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 επιλεγτεί 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.

5. ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΙΝΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΦΛΕΞΗ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η βασική εξίσωση είναι:

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

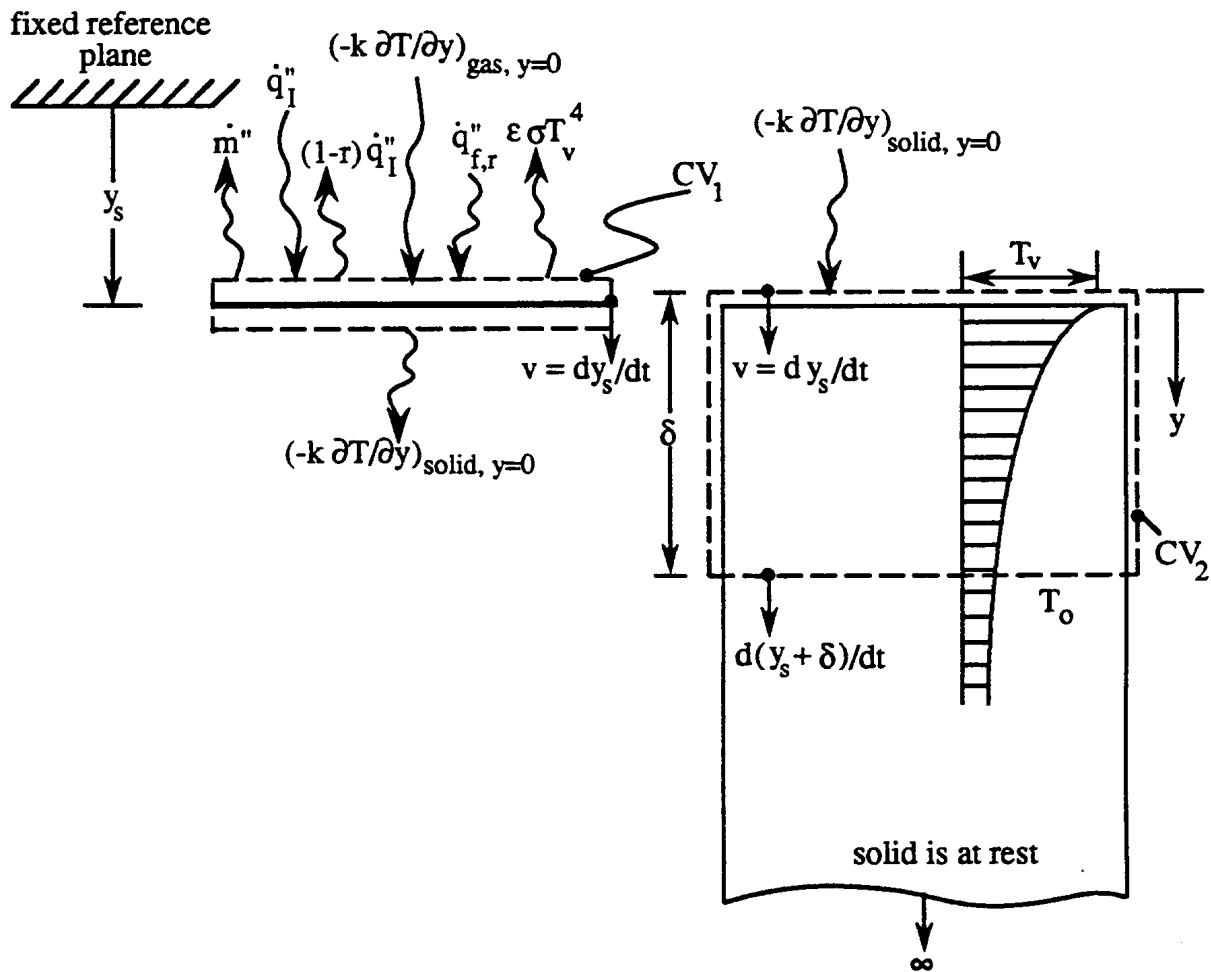
Όπου:

- 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.
- ρ η πυκνότητα.
- c η ειδική θερμότητα.

Η εικόνα 3.1 δείχνει τη διαδικασία μεταφοράς μάζας και θερμότητας για ένα υλικό θερμοπλαστικού τύπου. Οι ιδιότητες θεωρούνται σταθερές και αμετάβλητες. Η εξίσωση παίρνει τιμές από 0 έως δ και όταν $y = \delta$ τότε,

$$T = T_0 \quad (5.2)$$

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



Εικόνα (3.1) : Διαδικασία μεταφοράς θερμότητας και μάζας σε υλικό θερμοπλαστικού τύπου. Το CV1 βρίσκεται γύρω από την επιφάνεια εξάτμισης. Το CV2 οριοθετείται από την επιφάνεια εξάτμισης και από το βάθος διείσδυσης της θερμότητας, δ .

Για $y=0$,

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

Όπου:

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

ε η εκπομπή και η απορροφητικότητα της επιφάνειας (συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας),

h_c ο συντελεστής συναγωγής,

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

σ η σταθερά Stefan-Boltzmann.

Θεωρούμε μια εξίσωση 2^{ου} βαθμού που να πληροί τις οριακές συνθήκες.

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

Ενσωματώνοντας την (3.1) και 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 (3.7) στην (3.5) προκύπτει:

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

ή,

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

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 (3.9) υπολογίζουμε τον χρόνο. Αυτό το αποτέλεσμα θα μας βοηθήσει να υπολογίσουμε την κρίσιμη ροή της ανάφλεξης, \dot{q}''_{cr} .

$$\dot{q}_{ext}'' = \frac{1}{\varepsilon} [h_c (T_{ig} - T_o) + \varepsilon \sigma T_{ig}^4] \equiv \dot{q}_{cr}'' \quad (5.10)$$

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

5.2 ΡΥΘΜΟΣ ΚΑΥΣΗΣ

Η βασική εξίσωση για το ρυθμό καύσης ακολουθεί την (3.1), η οποία ισχύει για την αγωγιμότητα κάτω από την επιφάνεια που εξατμίζεται για συγκεκριμένη θερμοκρασία, T_v (βλ. εικόνα 3.1). 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,

ΔH_v η θερμότητα εξατμίσεως,

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

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

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

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

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

5.3 ΡΟΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΦΛΟΓΑΣ

Η ροή θερμότητας της φλόγας περιγράφεται στην (3.14) 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 εκπομπή ακτινοβολίας της φλόγας αναπαριστάται ως,

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

όπου :

κ η σταθερά απορρόφησης,

l_m το μήκος της ακτίνας.

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 $l_m=0.65 \cdot 10=6.5$. Σύμφωνα με τον αλγόριθμο Orloff και deRis, το κ προκύπτει 1.4 m^{-1} . Η ροή θερμότητας που προκύπτει από την ακτινοβολία της φλόγας είναι:

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

6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΔΟΚΙΜΗΣ

Για τον χαρακτηρισμό των ιδιοτήτων των δοκιμίων PMMA γίνονται δοκιμές σε 6 διαφορετικά επίπεδα εκπομπής ακτινοβολίας 10 έως 60 kW/m². Επιπλέον, στη βάση στήριξης των δοκιμίων τοποθετείται θερμοζεύγος το οποίο μετρά τη θερμοκρασία στην πλευρά του δοκιμίου το οποίο δεν εκτίθεται στην πηγή ακτινοβολίας. Ο χρόνος δοκιμής προσδιορίζεται από την πλήρη καύση των δοκιμίων.

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται τα στάδια της δοκιμής σε αντίδραση σε φωτιά των δοκιμίων PMMA.



Σχήμα 6.1. Αρχικό στάδιο έκθεσης δοκιμίου στην πηγή εκπομπής ακτινοβολίας



Σχήμα 6.2. Έναυση διατηρήσιμης φλόγας



Σχήμα 6.3. Πλήρης ανάπτυξη φλόγας

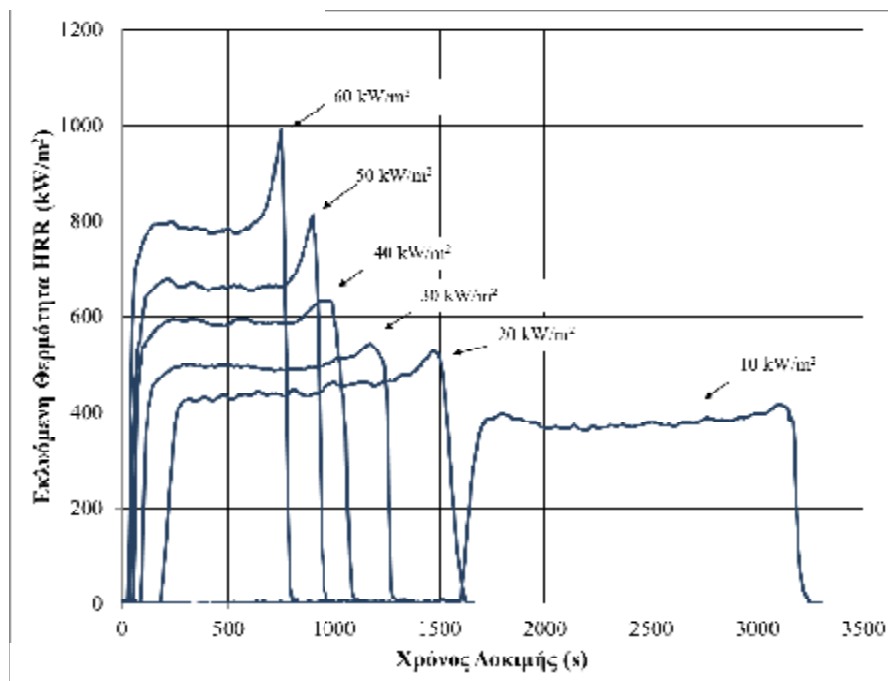


Σχήμα 6.4. Προχωρημένη καύση δοκιμίου

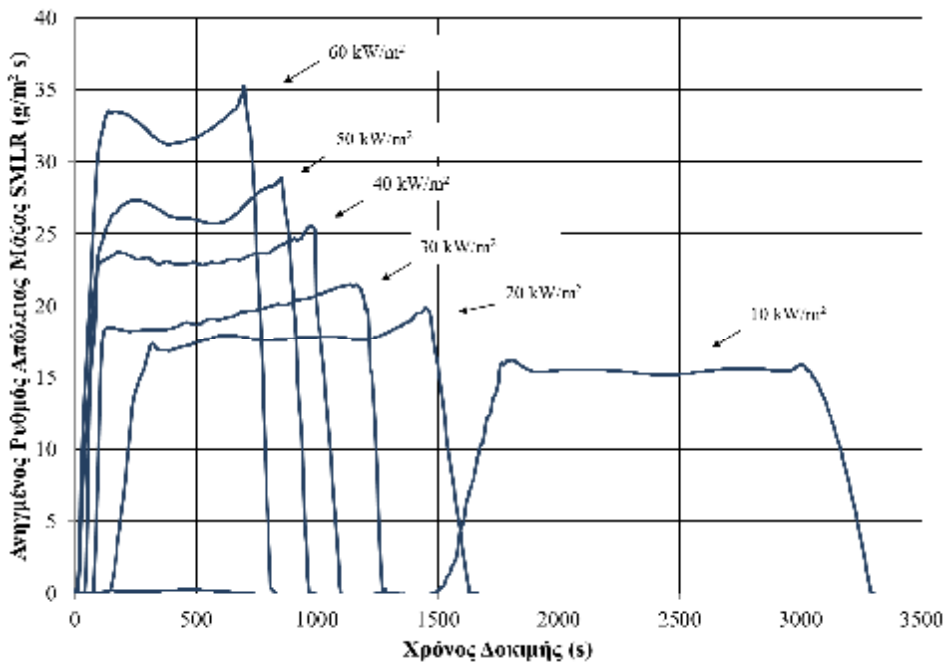
Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται τα μεγέθη μέτρησης με τη μέθοδο καλοριμετρίας κώνου για τα διαφορετικά επίπεδα εκπομπής ακτινοβολίας.

6.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Στα σχήματα 6.3 και 6.4 παρουσιάζονται οι χρονικές κατανομές της εκλυόμενης θερμότητας και του ανηγμένου ανά μονάδα επιφάνειας ρυθμού απώλειας μάζας. Οι κατανομές της εκλυόμενης θερμότητας και του ρυθμού απώλειας μάζας απεικονίζουν σαφώς την επίδραση του επιπέδου ακτινοβολίας κώνου στην καύση υλικού. Η αύξηση των αποτελεσμάτων της εξωτερικής ροής θερμότητας οδηγεί σε συντομότερους χρόνους καύσης και υψηλότερες μέσες τιμές απελευθέρωσης θερμότητας. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι για την περίπτωση των 10 kW/m^2 , ο μέσος χρόνος για την ανάφλεξη είναι 1629 sec , συγκρίσιμη με την ώρα (1800 δευτερόλεπτα), χρησιμοποιείται ως κριτήριο για τον τερματισμό της δοκιμής σύμφωνα με το ISO 5660 και 17554. Χαρακτηριστικό της καύσης των δοκιμίων είναι το γεγονός ότι τόσο η εκλυόμενη θερμότητα όσο και ο ειδικός ρυθμός απώλειας μάζας παρουσιάζουν πλατό στις τιμές τους για το χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί στην πλήρη καύση των δοκιμίων.

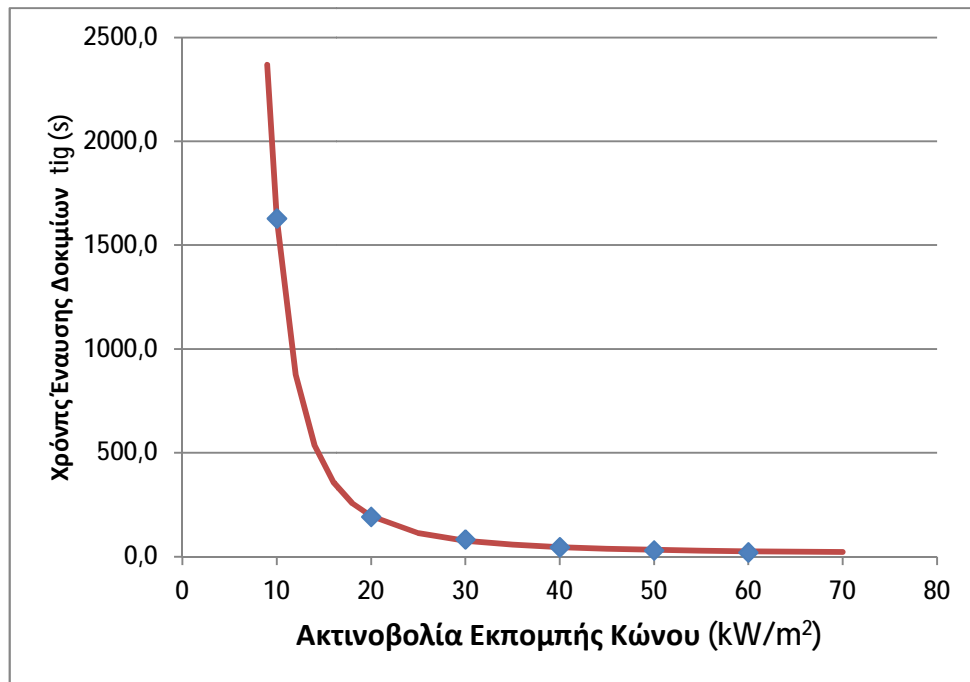


Σχήμα 6.3. Χρονοσειρά Εκλυόμενης Θερμότητας για τα διάφορα επίπεδα εκπομπής ακτινοβολίας των δοκιμίων

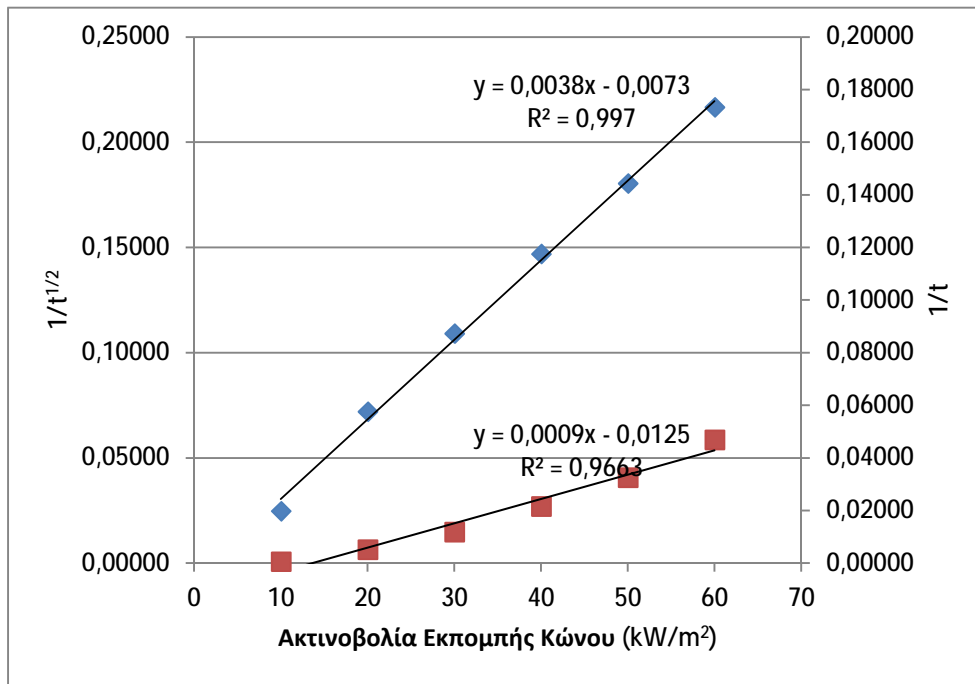


Σχήμα 6.4. Χρονοσειρά Ανηγμένου Ρυθμού Απώλειας Μάζας για τα διάφορα επίπεδα εκπομπής ακτινοβολίας των δοκιμίων

Από τα σχήματα 6.5 και 6.6 προκύπτει η συσχέτιση του χρόνου έναυσης των δοκιμίων ως συνάρτηση της εξωτερικής ακτινοβολίας εκπομπής. Η συσχέτιση παρουσιάζεται για την πρωτογενή τιμή του χρόνου έναυσης ή για την αντίστροφη τιμή του χρόνου έναυσης εκφρασμένη είτε μέσω της πρωτογενούς τιμής της είτε μέσω της αντίστροφης τιμής της τετραγωνικής ρίζας του χρόνου έναυσης.

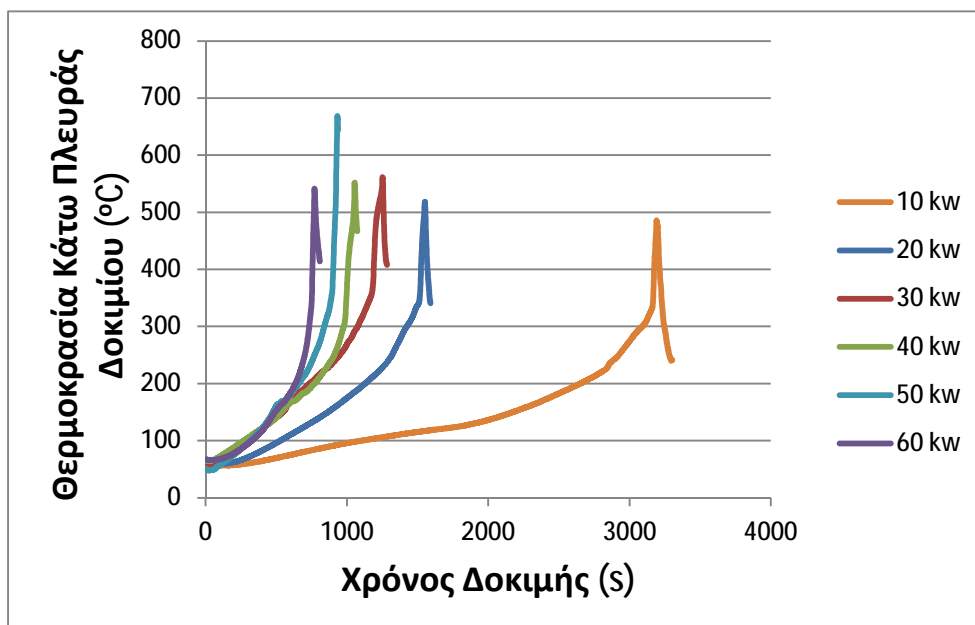


Σχήμα 6.5. Συσχέτιση της τιμής του χρόνου έναυσης δοκιμίων με την εξωτερική ακτινοβολία εκπομπής



Σχήμα 6.6. Συσχέτιση της αντίστροφης τιμής του χρόνου έναυσης δοκιμίων με την εξωτερική ακτινοβολία εκπομπής

Όπως γίνεται εμφανές από το σχήμα 6.5 ο χρόνος έναυσης των δοκιμίων αποτελεί μια εκθετική συνάρτηση της ακτινοβολίας εκπομπής στην οποία εκτίθενται τα δοκίμια. Μάλιστα, μπορεί να ειπωθεί ότι από τα 40 kW/m² και ο χρόνος έναυσης δεν παρουσιάζει έντονες μεταβολές. Παρόλα αυτά στο σχήμα 6.6 γίνεται ασφαλέστερη συσχέτιση (ιδίως για τη συνάρτηση $Q=f(1/t^{1/2})$) όπου γίνεται εμφανές ότι η αντίστροφη τιμή του χρόνου έναυσης αποτελεί μια γραμμική συνάρτηση της εξωτερικής ακτινοβολίας εκπομπής των δοκιμίων.



Σχήμα 6.7. Χρονική εξέλιξη θερμοκρασίας στο εσωτερικό των δοκιμίων για τα διάφορα επίπεδα εξωτερικής ακτινοβολίας εκπομπής

Στο σχήμα 6.7 παρουσιάζεται η μεταβολή της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των δοκιμίων για τα διάφορα επίπεδα εξωτερικής ακτινοβολίας εκπομπής. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνεται η θερμοκρασία για τα μεσαία και υψηλά επίπεδα εξωτερικής ακτινοβολίας (30-60 kW/m²), όπου παρουσιάζει σχεδόν κοινές και μεγάλες τιμές για τα πρώτα 700 sec και διαχωρίζεται έπειτα ποιοτικά, ανάλογα με την εξωτερική ακτινοβολία εκπομπής, για τον υπόλοιπο χρόνο καύσης των δοκιμίων. Με μια πρώτη προσέγγιση θα μπορούσε να ειπωθεί ότι τα δοκίμια για τα μεσαία και υψηλά επίπεδα εξωτερικής ακτινοβολίας παρουσιάζουν χαρακτηριστικά θερμικά λεπτού σώματος κάτι το οποίο φαίνεται να αντιστρέφεται για τα χαμηλά επίπεδα εξωτερικής ακτινοβολίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έχουμε αναπτύξει ένα μοντέλο με το οποίο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα καλορίμετρου κώνου έτσι ώστε να υπολογίσουμε χρήσιμες ιδιότητες για να προβλέψουμε την ανάφλεξη και τον παροδικό ρυθμό καύσης για θερμοπλαστικά υλικά. Το PMMA έχει χαμηλή κρίσιμη ροή και για αυτό μας δίνει φτωχότερα αποτελέσματα για την θερμική αδράνεια και για την θερμοκρασία ανάφλεξης σε σχέση με υλικά με μεγαλύτερες κρίσιμες ροές. Αυτό συμβαίνει διότι το μοντέλο της ανάφλεξης αποδίδει περισσότερη ακρίβεια σε υψηλότερες ροές. Πάραυτα η απλότητα του μοντέλου ανάπτυξης είναι μεγάλο πλεονέκτημα, αφού μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια σε υψηλότερες ροές θερμότητας, ώστε να υπολογίσουμε την κρίσιμη ροή της ανάφλεξης χωρίς απευθείας μέτρηση.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν διαφορές στα αποτελέσματα ανάλογα με τον τύπο του PMMA. Αυτό οφείλεται λόγω της μοριακής δομής η οποία διαφέρει στα επιμέρους θερμοπλαστικά υλικά (PMMA).

Η μέτρηση της ροής θερμότητας της φλόγας είχε αυξημένο βαθμό δυσκολίας, λόγω της ιδιότητας του PMMA να εξατμίζεται σε αντίθεση με άλλα υλικά που αφήνουν τέφρα. Σε αυτό το γεγονός οφείλονται τα χαρακτηριστικά θερμικά λεπτού σώματος που εμφανίζει σε υψηλά επίπεδα εξωτερικής ακτινοβολίας, κάτι το οποίο φαίνεται να αντιστρέφεται για τα χαμηλά επίπεδα εξωτερικής ακτινοβολίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Dougal Drysdale, An introduction to Fire Dynamics 2nd Edit., pp.1-2
2. Kevin McGrattan and Glenn Forney, Fire Dynamics Simulator (Version 4) User's Guide, NIST Special Publication 1019, NIST, 2005
3. Gregory William Anderson, A Burning Rate Model for Charring Materials, NIST,1997
4. ASTM 1354, "Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rate for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter"
5. ISO 5660, "Reaction to Fire Tests-Heat Release, Smoke Production and Mass Loss Rate-Part 1 & Part 2"
6. H.C.Kung, Combustion and Flame, Vol 18, p.p 185-195 1972
7. H.Bradley, Theory of Ignition of a Reactive Solid by Constant Energy Flux, Combustion Science and Technology, 1970
8. Brian T.Rhodes, Burning Rate and Flame Heat Flux for PMMA in the Cone Calorimeter, 1994
9. Richardson, L.R , and Brooks, M.E, Combustibility of Building Materials, Fire and Materials 1991
10. Standard Method of Test for Heat Release Rates for Upholstered Furniture Components or Composites and Mattresses Using an Oxygen Consumption Calorimeter (ASTM E 1474-92)
11. J. Staggs, A Theory for Quasi-Steady Single-Step Thermal Degradation of Polymers, Fire Materials 1997