



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

**Πεδιακή κατανομή πλησίων αλυσοειδών μονωτήρων-
Πειραματική μελέτη**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημήτριος Ι. Αθανασόπουλος

Καθηγητής : Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος

Επιβλέπουσα: Βασιλική Θ. Κονταργύρη

Αθήνα, Οκτώβριος 2006

**Πεδιακή κατανομή πλησίων αλυσσοειδών μονωτήρων-
Πειραματική μελέτη**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημήτριος Ι. Αθανασόπουλος

Καθηγητής : Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος

Επιβλέπουσα : Βασιλική Θ. Κονταργύρη

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 30ς.10.2006.

Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος
Καθηγητής

Περικλής Δ. Μπούρκας
Καθηγητής

Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Αναπληρωτής Καθηγητής

Αθήνα, Οκτώβριος 2006

Δημήτριος Ι. Αθανασόπουλος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Πτυχιούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Τ.Ε Τει Πειραιά

Copyright © Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αφιερώνεται σε αυτούς που με στήριξαν
σε μια δύσκολη περίοδο της ζωής μου,
στην προσπάθεια μου να μπω στο Εθνικό Μετσόβιο
Πολυτεχνείο και να συνεχίσω!!!

Πρόλογος

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν η μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου πλησίον αλυσοειδών μονωτήρων.

Πραγματοποιήθηκαν 8 σειρές μετρήσεων σε ρυπασμένους, βρεγμένους και καθαρούς αλυσοειδείς μονωτήρες οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την ανάρτηση γραμμών μεταφοράς. Μετρήσαμε τις τρεις συνιστώσες της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και τη μέση τιμή αυτών σε 11 συνολικά σημεία του οριζοντίου επιπέδου (δαπέδου) γύρω από τους αλυσοειδείς μονωτήρες. Οι μετρήσεις έγιναν με τη χρήση ενός πεδιομέτρου και ενός αισθητήρα (probe), τα οποία συνδέθηκαν μέσω οπτικής ίνας. Από τη συγκριτική μελέτη των πειραματικών αποτελεσμάτων διεξήχθησαν χρήσιμα συμπεράσματα για την διηλεκτρική συμπεριφορά των αλυσοειδών μονωτήρων. Διαπιστώθηκε ότι τόσο ο τύπος του αλυσοειδή μονωτήρα, όσο και ο αριθμός των δισκοειδών μονωτήρων επηρεάζει το ηλεκτρικό πεδίο γύρω από τους αλυσοειδείς μονωτήρες. Επιπλέον παρατηρήθηκε ότι η επικάλυψη ρύπανσης στην επιφάνεια του μονωτήρα επηρεάζει σημαντικά το ηλεκτρικό πεδίο γύρω από αυτόν. Πιο αναλυτικά τα κεφάλαια είναι:

Στο **πρώτο** κεφάλαιο γίνεται μια ιστορική αναδρομή για την εξέλιξη των μονωτήρων. Στη συνέχεια γίνεται μια αναφορά στους διάφορους τύπους μονωτήρων που μπορεί κανείς να συναντήσει στις ηλεκτρολογικές εφαρμογές και τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους. Επίσης, παρατίθενται προδιαγραφές τις Δ.Ε.Η για τις αλυσίδες μονωτήρων.

Στο **δεύτερο** κεφάλαιο γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση σημαντικών μελετών σχετικών με τη μέτρηση του ηλεκτρικού πεδίου σε διατάξεις μονωτήρων. Οι μελέτες αυτές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο μέτρησης του ηλεκτρικού πεδίου. Εν συνεχεία, αναλύεται ο παράγοντας ρύπανση και κατά πόσο αυτός επηρεάζει τη μονωτική ικανότητα των μονωτήρων καθώς και το πρόβλημα της ρύπανσης στο ελληνικό σύστημα.

Στο **τρίτο** κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα χαρακτηριστικά των υπό εξέταση δοκιμίων. Επιπλέον, περιγράφεται η πειραματική διάταξη για τη μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου. Αναφέρονται επίσης και τα βασικά χαρακτηριστικά λειτουργίας του πεδιομέτρου και του αισθητήρα (probe).

Στο **τέταρτο** κεφάλαιο παρατίθενται, για τα έντεκα σημεία του επιπέδου και για τις τέσσερις αλυσίδες μονωτήρων, οι οκτώ σειρές μετρήσεων της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου καθώς και η γραφική απεικόνιση των μετρήσεων αυτών.

Στο **πέμπτο** κεφάλαιο παρουσιάζονται συγκεντρωτικές γραφικές παραστάσεις των πειραματικών αποτελεσμάτων ως προς την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, και γίνεται μια συγκριτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων αυτών.

Τέλος στο **έκτο** κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποια γενικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους:

Κο. Ιωάννη. Α. Σταθόπουλο, καθηγητή του τομέα Ηλεκτρικής Ισχύος του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας.

Κα. Βασιλική Θ. Κονταργύρη, υποψήφια διδάκτορα και μηχανικό του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου για την επίβλεψη και την καθοδήγηση που μου παρείχε μέχρι την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας .

Κο. Ιωάννη. Φ. Γκόνο, διδάκτορα μηχανικό του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου για την συνεργασία που μου παρείχε στην πραγματοποίηση της πειραματικής διάταξης και τις πολύτιμες συμβουλές του.

Κο Γεώργιο Ε. Χατζαράκη διδάκτορα μηχανικό του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου για την εμπιστοσύνη και την υποστήριξη που μου έδειξε κυρίως σε ανθρώπινο επίπεδο.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υποστήριξη που μου έδειξε κατά την διάρκεια των σπουδών μου. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους στο εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. για την υποστήριξη που μου παρείχαν και την συνεργασία τους όλο αυτό το διάστημα.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	6
Περιεχόμενα	8
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στους μονωτήρες	10
1.1 Ιστορική αναδρομή	10
1.2.1 Ορισμοί για τους μονωτήρες	13
1.2.2 Είδη μονωτήρων	15
1.2.3 Κατηγορίες μονωτήρων ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης τους	16
1.2.4 Είδη μονωτήρων ανάλογα με τους χώρους χρήσης	17
1.2.5 Είδη μονωτήρων ανάλογα με το υλικό και το σχήμα τους στους πυλώνες των γραμμών μεταφοράς	17
1.2.6 Φωτογραφίες μονωτήρων και μονωτήρες στους πυλώνες της Δ.Ε.Η	21
1.3 Λειτουργίες μονωτήρων	27
1.4 Μονωτικά υλικά	28
1.5 Παράμετροι ενός μονωτήρα	28
1.6 Απώλεια μονωτικής ικανότητας ενός μονωτήρα	34
1.7 Αντοχή μονωτήρων	36
1.8 Ρύπανση μονωτήρων	37
1.9 Προδιαγραφές μονωτήρων αλυσίδας της Δ.Ε.Η	37
Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική ανασκόπηση	46
2.1 Εισαγωγή	46
2.2 Ηλεκτρικό φορτίο	47
2.3 Ηλεκτρικό πεδίο	47
2.4 Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου	48
2.5 Δοκιμές ρύπανσης	56
2.5.1 Δοκιμές με φυσική ρύπανση	56
2.5.2 Δοκιμές τεχνητής ρύπανσης	59
2.6 Δοκιμές ελέγχου ελαττωματικών μονωτήρων	60
2.7 Το πρόβλημα της ρύπανσης στο ελληνικό σύστημα	65

Κεφάλαιο 3: Πειραματική διάταξη	69
3.1 Περιγραφή δοκιμίων	69
3.2 Πειραματική διάταξη	71
3.2.1 Μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου	71
3.3 Περιγραφή πεδιομέτρου (probe) και αισθητήρα	75
Κεφάλαιο 4: Μετρήσεις έντασης ηλεκτρικού πεδίου	81
4.1 Ένταση ηλεκτρικού πεδίου	84
4.1.1 Ρυπασμένος πορσελάνινος, αλυσοειδής μονωτήρας (070), κανονικού τύπου 400kV, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες.	81
4.1.2 Βρέχουμε τους μονωτήρες δημιουργώντας συνθήκες υγρασίας, μετράμε πάλι το πεδίο σε δύο σημεία ($A=0.2, \Theta=2.5$)	97
4.1.3 Καθαρός πορσελάνινος, αλυσοειδής μονωτήρας (070), κανονικού τύπου αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες	100
4.1.4 Γυάλινος ρυπασμένος αλυσοειδής μονωτήρας (082), κανονικού τύπου 400 kV αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες	114
4.1.5 Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας, τύπου ομίχλης, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες	130
4.1.6 Ρυπασμένος πορσελάνινος αλυσοειδής μονωτήρας (100), τύπου ομίχλης 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες	146
4.1.7 Βρέχουμε τους μονωτήρες δημιουργώντας συνθήκες υγρασίας, μετράμε πάλι το πεδίο σε δύο σημεία ($A=0.2, \Theta=2.5$)	162
4.1.8 Καθαρός πορσελάνινος αλυσοειδής μονωτήρας(100), τύπου ομίχλης, αποτελούμενος από δεκαέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες	165
Κεφάλαιο 5: Συγκριτική μελέτη των μετρήσεων	182
5.1 Σύγκριση της μέσης τιμής της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου	182
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα	200
Βιβλιογραφία	203

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή στους μονωτήρες

Οι μονωτήρες είναι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την απομόνωση των ηλεκτροφόρων στοιχείων μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης από τα μη ηλεκτροφόρα [3] αλλά και για την σύνδεση και στήριξη τους. Το πιο συνηθισμένο πεδίο εφαρμογής τους είναι τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας όπου χρησιμοποιούνται έτσι ώστε να στηρίζουν, να διαχωρίζουν ή να εμπεριέχουν αγωγούς υψηλής τάσης [2]. Στην παρούσα εργασία θα μελετηθούν οι μονωτήρες Υπερψηλές Τάσεις 400 kV (Υ.Υ.Τ., EHV), οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως μέσο ανάρτησης των γραμμών μεταφοράς σε ένα δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού.

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει ιστορική αναδρομή, θα αναφερθούν τα διάφορα είδη μονωτήρων με βάση τον τρόπο σύνδεσης τους, τον τρόπο χρήσης τους, το υλικό και το σχήμα τους. Επιπροσθέτως θα εξεταστούν οι παράμετροι που καθορίζουν τον τρόπο κατασκευής αλλά και την απόδοση ενός μονωτήρα επίσης θα αναφερθούν προδιαγραφές για τους μονωτήρες της Δ.Ε.Η και θα αναφερθούν ενδεικτικά κάποια ακραία φαινόμενα επί αυτών.

1.1 Ιστορική αναδρομή

Οι μονωτήρες είναι παλαιότεροι από τη μεταβίβαση ηλεκτρικής ισχύος: οι μονωτήρες που χρησιμοποιήθηκαν στα πρώτα δίκτυα τηλεγράφων το 1835, είχαν φτάσει σε ικανοποιητικό επίπεδο εξέλιξης μέχρι το 1878, ενώ η πρώτη γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας τέθηκε σε λειτουργία το 1882 [1, 2]. Αυτή η σύντομη γραμμή τάσης 1343V D.C., συνέδεσε το Miesbach με το Μόναχο και σχεδιάστηκε από τους Miller και Dyrpez προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός τεχνητού καταρράχτη στην ηλεκτρική έκθεση του Μονάχου. Οι ηλεκτρικές και μηχανικές τάσεις στις οποίες έπρεπε να ανθίστανται οι τηλεγραφικοί μονωτήρες ήταν προφανώς αμελητέες σε σύγκριση με εκείνες που προκύπτουν από το φορτίο μιας εναέριας γραμμής μεταφοράς. Οι νέες απαιτήσεις σίγουρα αποκάλυψαν σοβαρές ελλείψεις όχι μόνο στα υλικά, αλλά και στα σχέδια των

μονωτήρων τα οποία αρχικά ήταν απλά αντίγραφα των αντίστοιχων τύπων των τηλεγραφικών. Ειδικότερα η διάτρηση από τις ηλεκτρικές τάσεις των κεραμικών που είχαν πόρους ή ελαττώματα, οι ρωγμές που προκαλούνταν από τη θερμική διαστολή ή οι διαβρωτικές συνέπειες στο μέταλλο ή το τσιμέντο και οι υπερπηδήσεις με τόξα που δημιουργούνται από τους επιφανειακούς ρύπους σε συνδυασμό με την υγρασία, επέβαλλαν την εξέλιξη των σχεδιαστικών και κατασκευαστικών κανόνων. Μερικοί από τους μονωτήρες των αρχών του 19^{ου} αιώνα αναγνωρίζονται σαν εξελιγμένες κατασκευές των μονωτήρων τηλεγραφικών γραμμών. Όμως το μεγάλο μέγεθος και βάρος των αρχικών μονωτήρων στήριξης αποτέλεσε ανασταλτικό παράγοντα στην κατασκευή, το χειρισμό και την εγκατάστασή τους.

Οι αμερικανικοί μονωτήρες στήριξης αποτελούνταν από λεπτά περιβλήματα πορσελάνης και συνηθισμένο γυαλί που είχε υποστεί ειδική κατεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες. Μερικά τμήματα πορσελάνης συνδέονταν μεταξύ τους με γυαλί το οποίο ήταν συνήθως στερεωμένο σε τσιμέντο. Η ευρωπαϊκή τεχνολογία πορσελάνης όμως προηγούνταν της αμερικανικής καθώς επέτρεπε την κατασκευή μεγάλων μονωτήρων ανάρτησης οι οποίοι αποτελούνταν από ένα ή δυο τμήματα πορσελάνης αποφεύγοντας τις πολλαπλές εσωτερικές μεταλλικές ενθέσεις. Σε όλους αυτούς τους μονωτήρες το κεραμικό υλικό ή το γυαλί συμπίεζονταν μηχανικά. Για τους μονωτήρες που είχαν υποστεί διαδικασία μηχανικής προέντασης κατά την κατασκευή η τακτική που ακολουθήθηκε προερχόταν κυρίως από τις εμπειρίες που είχαν αποκτηθεί από τις τηλεγραφικές γραμμές. Ο βασικός μονωτήρας ωοειδούς σχήματος (ο οποίος χρησιμοποιείται έως και σήμερα ως ισχυρός διαχωριστής εναέριων γραμμών) οδήγησε το 1907 στην κατασκευή ενός δισκοειδούς μονωτήρα, του «Hewlett». Ο μονωτήρας αυτός χαρακτηρίζεται από ένα μεγάλο μήκος ερπυσμού ανάμεσα στα ηλεκτρόδια, ασφαλή καταστροφική συμπεριφορά σε περίπτωση θραύσης από μηχανική κρούση κατά τη λειτουργία και απουσία συνδετικού τσιμέντου εσωτερικά. Υπήρχε βεβαία μεγάλη δυσκολία στην κατασκευή. Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι ενώ μονωτήρες του τύπου αυτού είναι πρακτικά αδύνατο να στηρίξουν μεγάλα φορτία, ο μονωτήρας αυτός χρησιμοποιήθηκε πολύ και για μεγάλο χρονικό διάστημα και βρίσκεται σε λειτουργία ακόμη και σήμερα σε περιοχές όπου η διάβρωση έχει υπερνικήσει πιο σύγχρονες σχεδιάσεις μονωτήρων ανάρτησης.

Οι μεταλλικές ενθέσεις σε κεραμικούς μονωτήρες, πρωτοπαρουσιάστηκαν στις Η.Π.Α. το 1903, και επέτρεψαν στους μονωτήρες στήριξης να τίθενται σε σταθερούς στύλους και να ανθίστανται σε σημαντικά φορτία κάμψης. Αυτό ήταν ένα καθοριστικό βήμα στην ανάπτυξη της τεχνολογίας των μονωτικών υλικών και στους μονωτήρες τύπου αναρτήσεως (cap-and-pin). Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του σχεδίου αυτού είναι ότι μετατρέπει την υφισταμένη καταπόνηση από το εφαρμοσμένο φορτίο σε μια ακτινική τάση θλίψεως στο κεραμικό διηλεκτρικό. Ο Brent Mills παρουσιάζει έναν πολυτμηματικό μονωτήρα τμηματικής καταπόνησης, που χρονολογείται από το 1904. Αυτό είναι αδιαμφισβήτητα ένα σχέδιο κελύφους-πέιρου χωρίς όμως να προβλέπεται το σύστημα της ακτινικής συμπίεσης. Πρώτος Austin εφάρμοσε τη γεωμετρική κατασκευή ακτινικής συμπίεσης σε δίσκους πορσελάνης το 1907. Και ενώ η ουσία αυτής της καινοτομίας ήταν θεωρητικά απλή, εντούτοις αποδείχθηκε δύσκολο να επιτευχθεί στην πράξη ένας κατάλληλος συνδυασμός μεταξύ των μεταλλικών συνδέσεων του τσιμέντου και του κεραμικού. Το τσιμέντο αντιμετωπιζόταν ως η αιτία του κακού-ακόμα και σήμερα-και όλες οι εναλλακτικές σχεδιαστικές προτάσεις για την αποφυγή της χρήσης του διερευνήθηκαν ανεπιτυχώς .

Η ευρωπαϊκή πρακτική, όπως παρουσιάστηκε αρχικά στον μονωτήρα Motor, και αργότερα η εισαγωγή μονωτήρων τύπου ράβδου, χρησιμοποίησε δυο εξωτερικά περιβλήματα δισκοειδούς μορφής συγκρατημένα με τσιμέντο ή χυτό μέταλλο προκειμένου να μπορεί να εφαρμοστεί κατά τη λειτουργία το εφελκυστικό φορτίο στο κεντρικό μέρος της πορσελάνης. Αυτή η σχεδίαση εξουδετέρωνε τις βλάβες λόγω διάβρωσης αφού η μοναδική επίπτωση της χρησιμοποίησης τσιμέντου για τη σύνδεση με το μεταλλικό τμήμα ήταν να τοποθετηθεί η πορσελάνη με αυξημένη μηχανική πίεση ακτινικά. Δυστυχώς όμως δεν διατηρούσε το σημαντικό πλεονέκτημα όλων των μορφών κελύφους –πέιρου δηλαδή την ικανότητα τους να διατηρούν τη μηχανική τους ακεραιότητα ακόμα και όταν συντριβούν.

Με το σταδιακό πέρασμα σε όλο και υψηλότερες τάσεις και με την εμφάνιση της πυρηνικής ενεργείας η ανάγκη για αξιοπιστία αυξήθηκε. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη των δισκοειδών μονωτήρων με μεγάλο μήκος ερπυσμού θέτοντας τις βάσεις για την κατασκευή μεγάλων μονωτήρων στους υποσταθμούς.

Λίγο πριν το 1962 πραγματοποιηθήκαν δοκιμές με βάση τις οποίες πίστευαν ότι θα μπορούσε να προβλεφθεί επιστημονικά η γεωμετρία και ο όγκος των μονωτήρων. Η

σημαντικότερη δοκιμή έγινε σε περιβάλλον ομίχλης και αλάτων βάσει της οποίας απορριφθήκαν πολλά παράδοξα σχήματα μονωτικών (π.χ στύλοι και δίσκοι με ελικοειδείς ραβδώσεις, που είχαν σχεδιαστεί σύμφωνα με λανθασμένες φυσικές υποθέσεις και ερμηνείες μη έγκυρων δοκιμών, όπως η διαδικασία τεχνίτης βροχής). Ο ανθεκτικός ύαλος ή σταθεροποιημένος μονωτήρας που εμφανίστηκαν αυτή την περίοδο είχαν άριστη απόδοση κατά τη λειτουργία σε τεχνητή και πραγματική ρύπανση, τα προβλήματα διάβρωσης όμως περιόρισαν την πρακτική εφαρμογή τους. Εξαιτίας της αύξησης των τάσεων μεταφοράς και της εισαγωγής πολλαπλών αγωγών ανά φάση, τα μηχανικά φορτία που έπρεπε να στηριχθούν από τους μονωτήρες εναέριων γραμμών υπερέβησαν το κατωφλικό επίπεδο των 40 τόννων, που προξενεί θραύση σε έναν απλό δίσκο πορσελάνης λογικού βάρους και όγκου. Κατασκευές ενισχυμένες με πολλαπλές συνθετικές ίνες χρησιμοποιήθηκαν ευρέως για παράδειγμα στη Βρετανία, είχαν όμως το μειονέκτημα της αντιαισθητικής εμφάνισης και μηχανικής πολυπλοκότητας. Αυτό οδήγησε στην χρήση πολυμερών μονωτικών, τα οποία χρησιμοποιούσαν ινώδη συνθετικά υλικά και εμφάνιζαν υψηλές αναλογίες αντοχής εφελκυσμού ως προς το μέγεθος και το βάρος τους. Τα προβλήματα αξιοπιστίας αποδείχθηκαν, και συνεχίζουν να αποδεικνύονται, δύσκολα να επιλυθούν στην πράξη. Για το λόγο αυτό γίνονται προσπάθειες να αντιμετωπιστούν επιτυχώς οι απαιτήσεις μεταφοράς υψηλής ή υπερυψηλής τάσης καθώς και συνεχούς τάσης. Στο ελληνικό δίκτυο και κατόπιν τριετούς ενθαρρυντικής δοκιμασίας τους σε λίγες θέσεις αναρτήσεως (κατά μήκος 2 ανοιγμάτων της γραμμής μεταφοράς) χρησιμοποιούνται, εδώ και ένα περίπου χρόνο, μονωτήρες αναρτήσεως των οποίων ο πυρήνας αποτελείται από εποξεικές ρητίνες και ύαλου ενώ οι κυματώδεις είναι οργανικής συστάσεως.

1.2.1 Ορισμοί για τους μονωτήρες

◆ Τάση Δοκιμής

Η r.m.s. τιμή της τάσης, με την οποία ο μονωτήρας είναι συνεχώς ενεργοποιημένος κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

◆ Ρεύμα βραχυκυκλώματος (I_{sc}) της ελεγχόμενης εγκατάστασης

Η r.m.s. τιμή του ρεύματος που προέρχεται από την ελεγχόμενη εγκατάσταση, όταν το δοκιμαζόμενο αντικείμενο βραχυκυκλώνεται στην τάση δοκιμής

◆ **Ειδικό μήκος ερπυσμού (L_s) ενός μονωτήρα**

Το συνολικό μήκος ερπυσμού L ενός μονωτήρα, διαιρημένο με το γινόμενο της τάσης δοκιμής με το $\sqrt{3}$ γενικά εκφράζεται σε mm/kV

◆ **Συντελεστής μορφής ενός μονωτήρα (F)**

Ο συντελεστής μορφής καθορίζεται από τις διαστάσεις του μονωτήρα. Για γραφικό υπολογισμό του συντελεστή μορφής, σχεδιάζεται η αντίστροφη τιμή της περιφέρειας του μονωτήρα (I/ρ), προς το μερικό μήκος ερπυσμού (1), μετρούμενο από το πέρασ του μονωτήρα μέχρι το σημείο μέτρησης. Ο συντελεστής μορφής δίνεται από την περιοχή κάτω απ' αυτήν την καμπύλη και υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$F = \frac{d(1)}{p(1)}$$

◆ **Αλατότητα**

Η συγκέντρωση του διαλύματος άλατος στο νερό, εκφρασμένη από την ποσότητα άλατος, διαιρεμένη με τον όγκο του διαλύματος. Γενικά εκφράζεται σε kg/m³

◆ **Στρώμα ρύπανσης**

Ένα αγωγίμο ηλεκτρολυτικό στρώμα στην επιφάνεια του μονωτήρα αποτελούμενο από άλατα και αδρανή υλικά.

◆ **Ειδική Αγωγιμότητα στρώματος (K)**

Η αγωγιμότητα του στρώματος των ρύπων πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή μορφής, γενικά εκφράζεται με μS.

◆ **Πυκνότητα απόθεσης άλατος (SDD)**

Το ποσό του άλατος που κατακάθεται σε μια δεδομένη επιφάνεια του μονωτήρα (μεταλλικά τμήματα δεν συμπεριλαμβάνονται), διαιρημένο με το εμβαδόν αυτής της επιφάνειας γενικά δίνεται σε mg/cm².

◆ **Βαθμός ρύπανσης**

Η τιμή της ποσότητας (αλατότητα, ειδική αγωγιμότητα στρώματος, πυκνότητα απόθεσης άλατος) που χαρακτηρίζει την τεχνητή ρύπανση, που υπέστη ο δοκιμαζόμενος μονωτήρας.

◆ **Αλατότητα αναφοράς**

Η τιμή της αλμυρότητας που χρησιμοποιήθηκε και χαρακτηρίζει μια δοκιμή

◆ **Ειδική αγωγιμότητα αναφοράς του στρώματος**

Η τιμή της ειδικής αγωγιμότητας που χρησιμοποιήθηκε και χαρακτηρίζει μια

δοκιμή: ορίζεται ως μέγιστη τιμή της αγωγιμότητας του υγρού στρώματος ενός μονωτήρα.

◆ **Πυκνότητα αναφοράς απόθεσης άλατος**

Η τιμή της πυκνότητας απόθεσης άλατος που χρησιμοποιήθηκε και χαρακτηρίζει μια δοκιμή: ορίζεται ως η μέση τιμή της πυκνότητας που μετρήθηκε σε μερικούς μονωτήρες (ή σε τμήματά τους) που επελέχθηκαν γι' αυτό τον σκοπό από ένα πλήθος ρυπασμένων μονωτήρων, που υπέστησαν οποιαδήποτε δοκιμή.

◆ **Καθορισμένος βαθμός ρύπανσης αντοχής**

Ο βαθμός ρύπανσης στον οποίο ένας μονωτήρας θ' αντέξει την προδιαγεγραμμένη τάση δοκιμής, σε τρία τουλάχιστον από τα τέσσερα τεστ.

◆ **Μέγιστος βαθμός ρύπανσης αντοχής**

Ο υψηλότερος βαθμός ρύπανσης στο οποίο μπορούν να επιτευχθούν τουλάχιστον τρεις στις τέσσερις δοκιμές αντοχής στην καθορισμένη τάση δοκιμής.

◆ **Καθορισμένη τάση αντοχής**

Η τάση δοκιμής την οποία θ' αντέξει ένας μονωτήρας υπό καθορισμένο βαθμό ρύπανσης, τουλάχιστον σε τρία από τα τέσσερα τεστ.

◆ **Μέγιστη τάση αντοχής**

Η υψηλότερη τάση δοκιμής με την οποία μπορούν να επιτευχθούν τουλάχιστον τρεις στις τέσσερις δοκιμές υπό τον καθορισμένο βαθμό ρύπανσης

1.2.2 Είδη μονωτήρων

➤ **Ανάλογα με το υλικό κατασκευής**

Πορσελάνη

Είναι σύνθετη ύλη από αργίλιο, πυρίτιο και μαγνήσιο. Για να επιτευχθεί μείωση της επίδρασης του περιβάλλοντος, αύξηση της επιφανειακής αντίστασης και ομογενές ηλεκτρικό πεδίο στους μονωτήρες η πορώδεις επιφάνειά τους καλύπτεται με διηλεκτρικά υλικά κρυσταλλικής μορφής ελαττώνοντας έτσι τις απώλειες. Οι μονωτήρες από πορσελάνη είναι κατάλληλοι για χρησιμοποίηση σε σχετικά υψηλές τάσεις, αλλά σε χαμηλές συχνότητες.

Γυαλί

Το γυαλί έχει χαρακτηριστικά μονωτικού υλικού (σχετικά μεγάλη διηλεκτρική

σταθερά και ειδική αντίσταση, όπως και μικρό θερμικό συντελεστή). Είναι μίγμα διαφόρων πυριτικών αλάτων (κυρίως του Na ή του K και του Ca), παρουσιάζεται με τη μέθοδο της σύντηξης λεπτής άμμου χαλαζία και CaCO_3 , Na_2CO_3 ή K_2CO_3 . Η οριακή του θερμοκρασία είναι άνω των 200°C . Κατασκευάζεται σε λεπτά φύλλα πάχους μέχρι 10 μm . Χρησιμοποιείται για την κατασκευή μονωτήρων.

Εποξιδική ρητίνη

Χρησιμοποιείται γιατί είναι φθηνότερη από την πορσελάνη και δεν παρουσιάζει τεχνικά προβλήματα στην κατασκευή μονωτήρων. Το μειονέκτημα της είναι ότι όταν υπόκειται σε ένα ηλεκτρικό πεδίο και υπο την επήρεια των ατμοσφαιρικών συνθηκών δημιουργείται μία αποσύνθεση και απελευθέρωση άνθρακα ιδιαίτερα κοντά στους οπλισμούς του μονωτήρα.

Κεραμικά υψηλής συχνότητας

Ανάλογα με την περίπτωση χρήση τους διακρίνονται σε α) μονωτήρες για υψηλές συχνότητες β) εξαρτήματα στηρίξεως γ) κεραμικά πυκνωτών δ) πορώδη κεραμικά. Σαν κεραμικό υψηλής συχνότητας χρησιμοποιείται ο στεατίτης. [21]

1.2.3 Κατηγορίες μονωτήρων ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσής τους

Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσής τους οι μονωτήρες διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες [3]:

- 1. Μονωτήρες αναρτήσεων**, που χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανάρτηση των γραμμών μεταφοράς Υ.Τ. και αποτελούνται από μια ή δυο σειρές δισκοειδών μονωτήρων, διατεταγμένων σε μορφή αλύσου. Το πλήθος των δισκοειδών μονωτήρων σε μια διάταξη αλύσου εξαρτάται προφανώς από την τάση λειτουργίας της γραμμής και από τη διηλεκτρική αντοχή έκαστου δισκοειδούς μονωτήρα.
- 2. Μονωτήρες στηρίξεως**, που χρησιμοποιούνται για τη στήριξη των αγωγών υψηλής τάσης και διακρίνονται σε μονωτήρες μεταφοράς και μονωτήρες σταθμών.
- 3. Μονωτήρες γραμμής**, που χρησιμοποιούνται στις γραμμές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι 70kV.

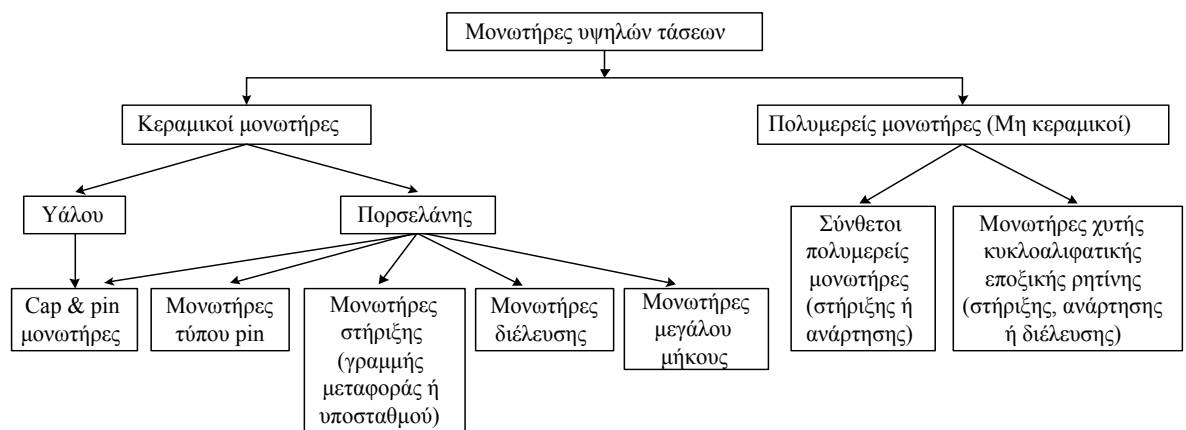
4. **Μονωτήρες διελεύσεως**, που χρησιμοποιούνται στις θέσεις εξόδου των αγωγών από τους μετασχηματιστές.

1.2.4 Είδη μονωτήρων ανάλογα με τους χώρους χρήσης

Ανάλογα με τους χώρους χρήσης τους και, κατ' επέκταση, τον ειδικό τρόπο σχεδιάσής τους, έχουμε τους εξής τύπους μονωτήρων [3]:

- **Τύπου ομίχλης** Χρησιμοποιούνται σε περιοχές όπου επικρατούν συνθήκες έντονης ρύπανσης (συνήθως, κοντά σε βιομηχανικές ή παραθαλάσσιες περιοχές). Οι μονωτήρες αυτοί έχουν μεγάλο μήκος ερπυσμού και τέτοια διαμόρφωση της εξωτερικής επιφάνειας, ώστε να παρέχεται η καλύτερη δυνατή προστασία έναντι επικάλυψης ακαθαρσιών.
- **Κανονικού τύπου** Αυτοί χρησιμοποιούνται σε σύνηθες περιβάλλον και έχουν μικρότερο μήκος ερπυσμού.
- **Εσωτερικού τύπου** Οι μονωτήρες αυτοί χρησιμοποιούνται σε εσωτερικούς χώρους – κυρίως σε κλειστούς υποσταθμούς.

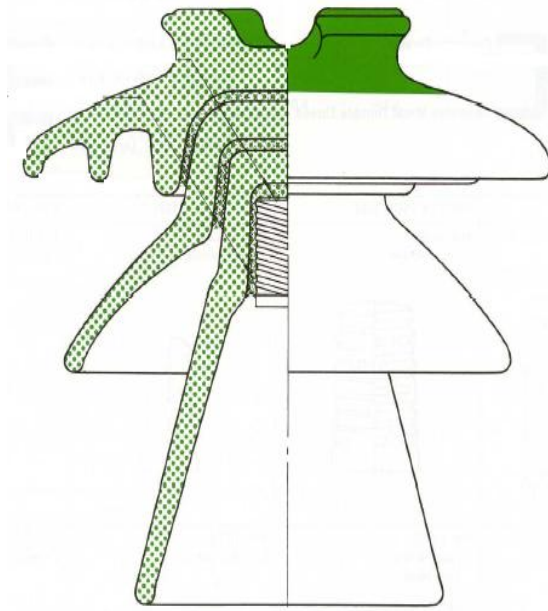
1.2.5 Είδη μονωτήρων ανάλογα με το υλικό και το σχήμα τους στους πυλώνες των γραμμών μεταφοράς [8]



Σχήμα 1.1: Κατηγοριοποίηση μονωτήρων ανάλογα με το υλικό και το σχήμα τους.

Μονωτήρες πορσελάνης τύπου pin (porcelain pin type insulators)

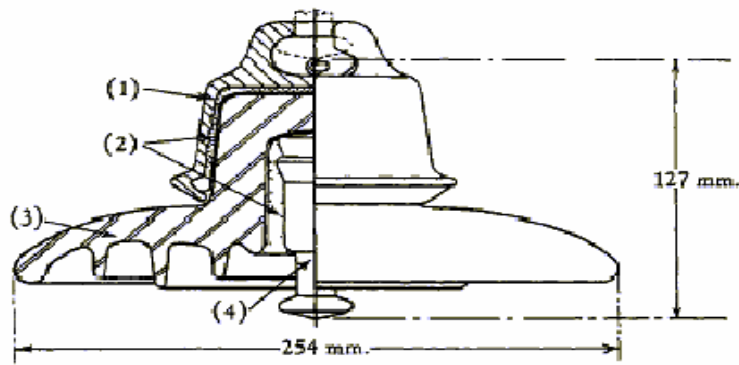
Αυτός ο τύπος μονωτήρων χρησιμοποιήθηκε αρχικά για τις τηλεφωνικές γραμμές και τα αλεξικέραυνα, ενώ στη συνέχεια τροποποιήθηκε για να χρησιμοποιηθεί στις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Μερικές παραλλαγές του είναι ακόμα σε χρήση στα συστήματα μέσης τάσης. Ο μονωτήρας αυτός παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.2.



Σχήμα 1.2: Μονωτήρας τύπου pin.

Μονωτήρες τύπου cap & pin (cap and pin insulators)

Αυτοί κατασκευάζονται από πορσελάνη ή γυαλί και είναι βασισμένοι στις ίδιες κατασκευαστικές αρχές με τους μονωτήρες τύπου pin. Ένας αριθμός τέτοιων μονάδων συνδέεται μέσω χαλύβδινων καλυμμάτων (caps) και πείρων (pins) σχηματίζοντας μια αλυσίδα μονωτήρων. Αυτές οι αλυσίδες χρησιμοποιούνται ως μονωτήρες ανάρτησης και στήριξης γραμμών μεταφοράς. Τα καλύμματα και ο πείρος είναι στερεωμένα στο γυάλινο ή πορσελάνινο δίσκο με τσιμέντο. Οι κωνικές μορφές των συναρμολογήσεων εξασφαλίζουν υψηλή μηχανική αντοχή κατά την άσκηση δυνάμεων εφελκυσμού. Στους μονωτήρες τύπου pin και τύπου cap & pin η συντομότερη απόσταση μεταξύ των μεταλλικών ηλεκτροδίων μέσω της πορσελάνης ή του γυαλιού είναι λιγότερη από το 50% της συντομότερης απόστασης μεταξύ των ηλεκτροδίων μέσω του αέρα. Συνεπώς η πορσελάνη ή το γυαλί μπορεί να διατηρηθεί κατόπιν μεγάλης ηλεκτρικής καταπόνησης. Η διαδικασία κατασκευής των μονωτήρων υάλου περιλαμβάνει τη θερμική ψύξη, που εξασφαλίζει ότι οι γυάλινοι δίσκοι θρυμματίζονται σε περίπτωση διάτρησης, οπότε ο ελαττωματικός δίσκος είναι εμφανής.



Σχήμα 1.3: Τυπικός cap and pin μονωτήρας (1): Γαλβανισμένη μεταλλική θήκη(cap), (2): Τσιμέντο, (3): Πορσελάνη, (4): μεταλλικός πείρος (pin)

Μονωτήρες στήριξης (post type insulators)

Αυτοί οι μονωτήρες αποτελούνται από ένα συμπαγή κύλινδρο πορσελάνης με κυματοειδείς πτυχές, για να αυξάνεται το μήκος ερπυσμού, και από μεταλλικά ηλεκτρόδια σε κάθε άκρη. Οι μονωτήρες στήριξης έχουν μεγάλο μήκος. Χρησιμοποιούνται οριζόντια ή κάθετα για να στηρίξουν τον αγωγό υψηλής τάσης και τοποθετούνται στις βάσεις ή στους εγκάρσιους βραχίονες των γραμμών μεταφοράς (line post insulators). Στους μονωτήρες αυτούς η συντομότερη απόσταση μέσω της πορσελάνης υπερβαίνει το 50% της συντομότερης απόστασης μέσω του αέρα μεταξύ των ηλεκτροδίων, οπότε δεν διαρρηγνύονται εύκολα. Μονωτήρες τύπου post απεικονίζονται στα Σχήματα 1.4 και 1.5.



Σχήμα 1.4: Μονωτήρας τύπου post σε υποσταθμό.



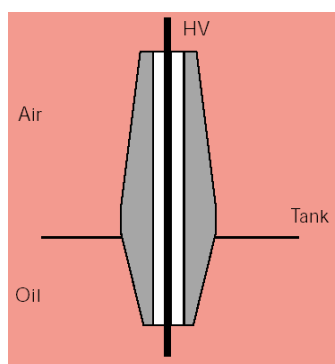
Σχήμα 1.5: Μονωτήρας τύπου post σε γραμμή Υ.Τ.

Μονωτήρες πορσελάνης μεγάλου μήκους (longrod insulators)

Οι μονωτήρες μεγάλου μήκους είναι παρόμοιοι με τους μονωτήρες στήριξης, αλλά είναι ελαφρύτεροι, λεπτότεροι και χρησιμοποιούνται ως μονωτήρες ανάρτησης.

Μονωτήρες διέλευσης (bushings)

Οι μονωτήρες αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται για να μονώσουν τους αγωγούς των ακροδεκτών υψηλής τάσης κυρίως μετασχηματιστών ή άλλων διατάξεων, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.6. Συνήθως οι μονωτήρες διέλευσης κατασκευάζονται από πορσελάνη.



Σχήμα 1.6: Μονωτήρας διέλευσης [8].

Σύνθετοι πολυμερείς μονωτήρες (composite polymeric insulators)

Αυτοί οι μονωτήρες είναι παρόμοιοι με τους πορσελάνινους μονωτήρες μεγάλου μήκους ως προς το σχήμα, αλλά διαφέρουν ως προς τα υλικά κατασκευής, τα οποία είναι τα εξής:

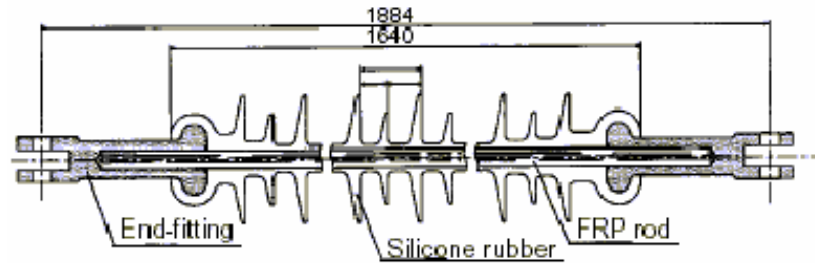
Ένας πυρήνας ρητίνης ενισχυμένος με ίνες γυαλιού, ο οποίος παρέχει μηχανική αντοχή, ενώ ταυτόχρονα ανθίσταται και στην ηλεκτρική καταπόνηση.

Ένα ελαστομερές περίβλημα για να προστατεύει τον πυρήνα από τις καιρικές συνθήκες.

Ελαστομερείς δίσκοι, που αποσκοπούν στην αύξηση του μήκους ερπυσμού, ώστε να ανθίσταται ο μονωτήρας στις εντάσεις που επικρατούν στο σύστημα. Δύο ευρέως χρησιμοποιούμενα υλικά είναι το σιλικονούχο καουτσούκ (silicone rubber) και το αιθυλένιο-προπυλένιο-διένιο μονομερές καουτσούκ (ethylene propylene diene monomer – EDPM).

Οι μεταλλικοί ακροδέκτες αυτών των μονωτήρων είναι συνήθως στερεωμένοι πάνω στην εξωτερική πλευρά της ράβδου του πυρήνα και τα συγκεκριμένα σημεία επαφής

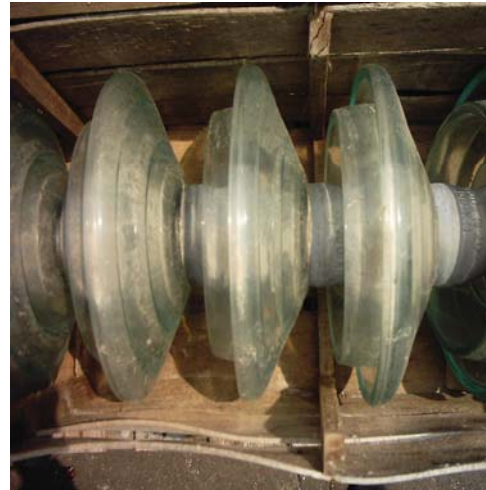
μεταξύ του ελαστομερούς και των ακροδεκτών είναι πολύ σημαντικά. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των σύνθετων πολυμερών μονωτήρων είναι η μείωση βάρους μέχρι και 90% σε σύγκριση με τους αντίστοιχους κεραμικούς.



Σχήμα 1.7: Τυπικός συνθετικός μονωτήρας.

1.2.6 Φωτογραφίες μονωτήρων και μονωτήρες στους πυλώνες της Δ.Ε.Η

➤ Γυάλινοι μονωτήρες σε συσκευασίες



Σχήμα 1.8 Γυάλινοι μονωτήρες κανονικού τύπου.

- Γυάλινοι μονωτήρες σε πυλώνες



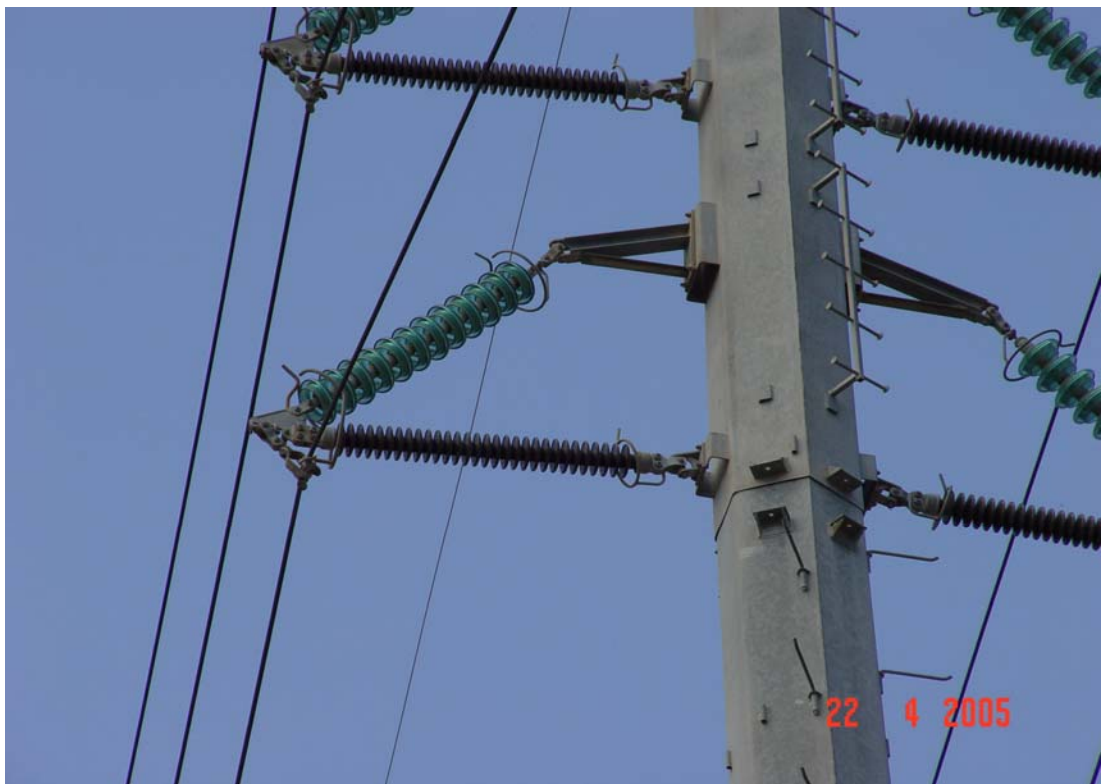
Σχήμα 1.9 Γυάλινοι μονωτήρες σε τερματικούς πυλώνες



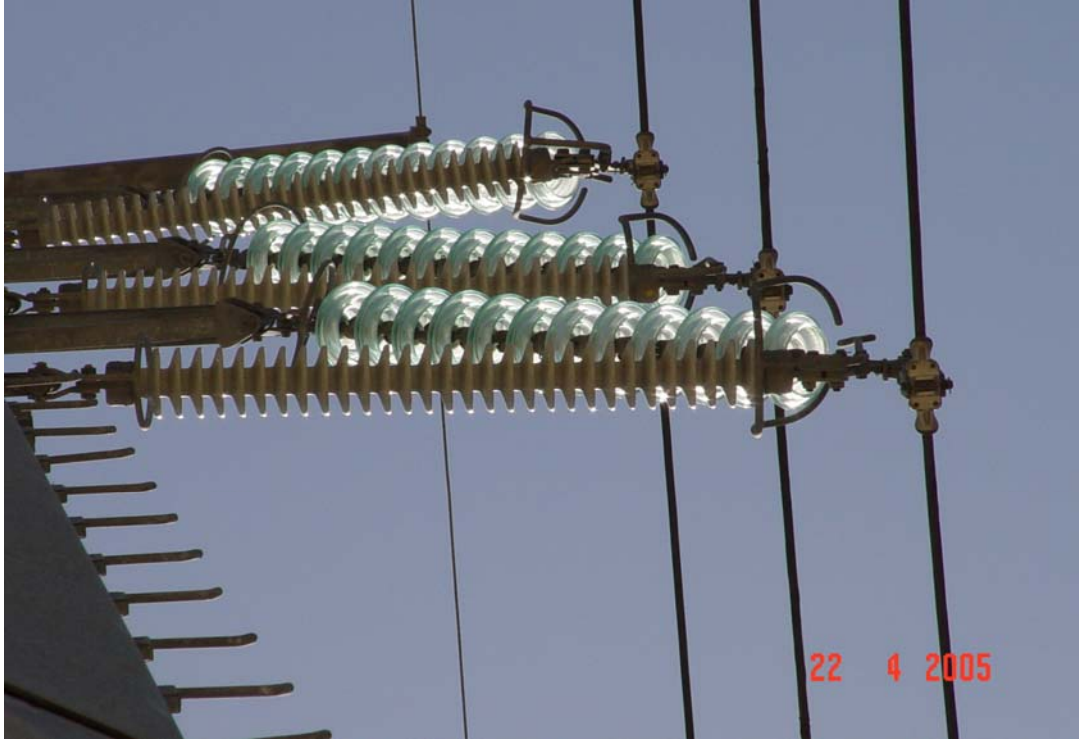
Σχήμα 1.10 Γυάλινοι μονωτήρες σε πυλώνες διέλευσης



Σχήμα 1.11 Γυάλινοι μονωτήρες σε διάταξη λάμδα.



Σχήμα 1.12 Γυάλινοι μονωτήρες σε διάταξη ιστού.



Σχήμα 1.13 Γυάλινοι μονωτήρες σε διάταξη ιστού.



Σχήμα 1.14 Γυάλινοι μονωτήρες σε πυλώνα αεροδρομίου.



Σχήμα 1.15 Γυάλινοι μονωτήρες σε κατεβατά.

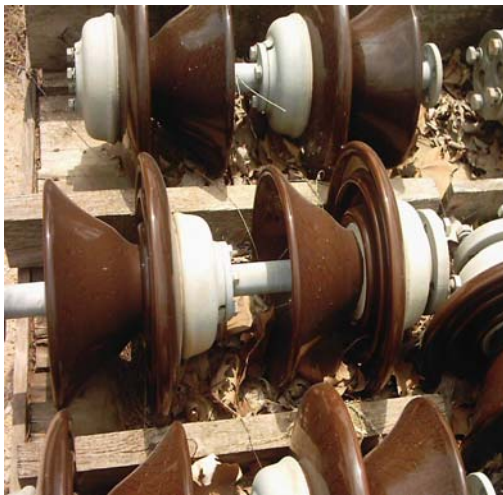
➤ Φωτογραφίες από πορσελάνινους μονωτήρες



Σχήμα 1.16 Πορσελάνινοι μονωτήρες τύπου ομίχλης 150 kV.



Σχήμα 1.17 Πορσελάνινοι μονωτήρες κανονικού τύπου.



Σχήμα 1.18 Πορσελάνινοι μονωτήρες στηρίξεως ζυγών 66kV.

- Πορσελάνινοι μονωτήρες σε πυλώνες



Σχήμα 1.19 Πορσελάνινοι μονωτήρες σε πυλώνες διέλευσης



Σχήμα 1.20 Πορσελάνινοι μονωτήρες σε πυλώνες

1.3 Λειτουργίες μονωτήρων

Όλοι οι μονωτήρες πρέπει να καλύπτουν ηλεκτρικές και μηχανικές λειτουργικές ανάγκες, οι οποίες συνήθως εμφανίζονται στο σχεδιαστή αντιφατικές απαιτήσεις [1, 2]. Ο πιο σημαντικός παράγοντας περιπλοκής είναι η αδυναμία δημιουργίας ενός μη αγώγιμου στοιχείου στην πράξη. Όλοι οι μονωτήρες έχουν εξωτερικές επιφάνειες που θα ρυπανθούν έως ένα βαθμό όσο χρησιμοποιούνται. Μέσω της ρύπανσης θα μεταφέρεται το ρεύμα διαρροής: το επιφανειακό στρώμα, ενός αντιπροσωπευτικά ρυπασμένου μονωτήρα, θα περιέχει αδρανή ορυκτή ύλη, ηλεκτρικά αγώγιμη σκόνη, όπως άνθρακα ή οξειδία μέταλλου, διαλυτά άλατα στο νερό και υγρασία. Αυτό το στρώμα θα συμπεριφέρεται σαν ένας μεταβλητός, μη γραμμικός αντιστάτης, ασταθής στις περισσότερες περιπτώσεις στην εμφάνιση ηλεκτρικών πεδίων. Το ρεύμα διαρροής θα προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας, των ηλεκτροχημικών προϊόντων ηλεκτρόλυσης και των ηλεκτρικών μερικών εκκενώσεων. Οι δευτερογενείς επιπτώσεις μπορούν να ποικίλλουν από την ηλεκτροχημική διάβρωση μέχρι τη δημιουργία μερικών εκκενώσεων, οι όποιοι μπορεί να οδηγήσουν στην υπερπήδηση του μονωτήρα και το σχηματισμό ηλεκτρικού τόξου στο περιβάλλον

μέσο. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι το ρεύμα διαρροής και οι επιπτώσεις του καθορίζουν το σχεδιασμό ενός μονωτήρα, ειδικά στις κατηγορίες των μονωτήρων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε εξωτερικούς χώρους, εκτεθειμένους σε ατμοσφαιρική υγρασία και ρύπανση [1, 2].

1.4 Μονωτικά υλικά

Ως μονωτικά σώματα ή μονωτές χαρακτηρίζονται τα υλικά που, πρακτικά, δεν εμφανίζουν καθόλου ηλεκτρική αγωγιμότητα όταν εκτίθενται σε σχετικά ασθενή πεδία συνεχούς ρεύματος (συνήθως θεωρούνται ως χαμηλές οι τάσεις που δεν ξεπερνούν τα 1000V) [12]. Η μη δυνατότητα εκδήλωσης ουσιαστικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα παραπάνω σώματα έγκειται στο γεγονός ότι σε αυτά δεν υπάρχουν σε κάποια επαρκή ποσότητα ευκίνητοι φορείς ηλεκτρικού φορτίου, τέτοιοι που να επιτρέπουν τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος από το εσωτερικό τους (σε αντίθεση π.χ. με τα μέταλλα). Πραγματικά, στη χημική τους σύσταση οι μονωτές είναι σώματα ιοντικής, ομοιοπολικής ή μοριακής κατασκευής και, σε κάθε μια από τις περιπτώσεις αυτές, τα σωματίδια από τα οποία αποτελούνται δε μπορούν να διασπασθούν εύκολα σε φορτισμένα ιόντα. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε στο γεγονός ότι τα μεγαλύτερα ιόντα από τα οποία αποτελούνται είναι κατά κανόνα δυσκίνητα, είτε στο ότι η ισχύς των ομοιοπολικών δεσμών που αναπτύσσεται στο εσωτερικό τους είναι μεγάλη, είτε, ακόμα, στο ότι τα μόρια τους παρουσιάζουν ιδιαίτερη σταθερότητα [15].

Στην πραγματικότητα, βέβαια, είναι πρακτικά αναπόφευκτη η ύπαρξη σε κάθε μονωτικό σώμα ενός κάποιου πλήθους προσμίξεων, ακαθαρσιών, διεγέρσεων ή διασπάσεων που δημιουργούν ένα μικρό αριθμό φορέων του ηλεκτρικού ρεύματος στο εσωτερικό τους. Ωστόσο, ο γενικός κανόνας είναι πως, χάρη στην έλλειψη αξιόλογης ηλεκτρικής αγωγιμότητας, τα μονωτικά σώματα είναι κατάλληλα για να εμποδίζουν τη δημιουργία ηλεκτρικών ρευμάτων διαμέσου της μάζας τους και για να διατηρούν τις διαφορές δυναμικού στα διάφορα τμήματα των ηλεκτροτεχνικών διατάξεων και εγκαταστάσεων [15].

1.5 Παράμετροι ενός μονωτήρα

Οι τρεις βασικές παράμετροι που καθορίζουν τον τρόπο κατασκευής ενός μονωτήρα αλλά και την απόδοση του είναι οι εξής: α) οι ιδιότητες των κατασκευαστικών

υλικών β)η ικανότητα τους να λειτουργούν κάτω από δυσμενείς καιρικές συνθήκες και σε περιβάλλον βιομηχανικής ρύπανσης γ)το κόστος τους [1, 2, 8].

A) Ιδιότητες μονωτικών υλικών:

Τα τρία βασικά υλικά σε έναν μονωτήρα είναι το διηλεκτρικό, οι ακροδέκτες που συνδέουν το διηλεκτρικό με την υπόλοιπη μηχανολογική δομή και τα ενδιάμεσα υλικά στο εσωτερικό του μονωτήρα όπως τσιμέντο και λιπαντικά. Τα διηλεκτρικά, που είναι συνήθως πορσελάνη, γυαλί ή πολυμερή, απαιτείται να διατηρούν την εφαρμοσμένη διάφορα δυναμικού για αρκετές δεκαετίες χωρίς να αστοχήσουν. Θα πρέπει επίσης να ανθίστανται σε καταπονήσεις κρουστικών τάσεων που προκαλούνται από κεραυνούς ή χειρισμούς διακοπών του δικτύου χωρίς να διασπώνται. Επειδή οι επιφάνειες των διηλεκτρικών είναι ηλεκτρικά αγώγιμες εξαιτίας της υγρασίας και των επικαθίσεων είναι απαραίτητη μια διαχρονική ανθεκτικότητα στις επιφανειακές ηλεκτρικές εκκενώσεις, τα ηλεκτροχημικά προϊόντα και τη διάβρωση. Τα διηλεκτρικά που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στους μονωτήρες είναι τα κεραμικά και τα πολυμερή.

Η **πορσελάνη** αποτελεί το συχνότερα χρησιμοποιούμενο μονωτικό υλικό στις διατάξεις των μονωτήρων. Αποτελείται από τετρασθενή άτομα, τα οποία έχουν την ικανότητα να σχηματίζουν εκτεταμένες δομές. Το πυρίτιο αποτελεί το κυρίως επαναλαμβανόμενο άτομο στην περίπτωση των κεραμικών. Ενώνεται με το οξυγόνο για το σχηματισμό ενός κρυσταλλικού ορυκτού, του χαλαζία, η δομή του οποίου εξαρτάται από τη θερμοκρασία και αποτελείται από κανονικά τετράεδρα Si-O ή μιας άμορφης κατάστασης, που είναι γνωστή με την ονομασία “fuzzed silica”. Η προφανής διαφορά μεταξύ πολυμερών και κεραμικών υλικών έγκειται στη σταθερότητα. Οι ισχυροί ηλεκτροστατικοί δεσμοί πυριτίου – οξυγόνου που συγκρατούν τα κεραμικά υλικά (πορσελάνη και γυαλί) έχουν σαν αποτέλεσμα το υψηλό σημείο τήξης, τη μεγάλη μηχανική αντοχή (αλλά και το εύθραυστο) και, τέλος, υψηλή αντίσταση διάβρωσης από χημικά μέσα [1,2]. Όμως, η ύπαρξη των ισχυρών ηλεκτροστατικών χημικών δεσμών κοντά στην επιφάνεια συμβάλλουν στην αύξηση της ελεύθερης ενέργειας, δηλαδή θερμοδυναμικής ιδιότητας που καθορίζει τη συνάφεια ή δύναμη συνάφειας των επιφανειακών προσμίξεων, και αποτελεί την κύρια αιτία για την οποία οι κεραμικοί μονωτήρες υγραίνονται και ρυπαίνονται εύκολα.

Ως βασικότερο μειονέκτημα της πορσελάνης θα μπορούσε να καταγραφεί η δυσκολία και το υψηλό κόστος βιομηχανικής παρασκευής της σε συμπαγή τεμάχια με πάχος μεγαλύτερο από 2cm. Αυτός είναι και ο λόγος που οι μονωτήρες πορσελάνης μέσης και υψηλής τάσης κατασκευάζονται συνήθως από περισσότερα τεμάχια που συγκολλούνται με τσιμέντο [15]. Τέλος, ένα ακόμα σοβαρό μειονέκτημα της πορσελάνης, είναι το ότι η πορσελάνη μπορεί να υποστεί διάτρηση εσωτερικά χωρίς καμία εξωτερική ένδειξη και, έτσι, ο βαθμός της ενδεχόμενης βλάβης δεν είναι γνωστός μέχρι να επέλθει ολική συντριβή του δοκιμίου [1,2].

Οι πρώτες ύλες που, συνήθως, χρησιμοποιούνται για την παρασκευή **γυαλιού** σα μονωτικό υλικό είναι το πυρίτιο (περίπου σε ποσοστό 57%), ο ασβεστόλιθος (9%), το άνυδρο ανθρακικό νάτριο (14%) κ.α.. Η βελτιωμένη μηχανική αντοχή του σκληρυμένου γυαλιού συγκριτικά με την πορσελάνη επιτρέπει τη χρησιμοποίηση λεπτότερων δακτυλίων στις διατάξεις των δισκοειδών μονωτήρων. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται σημαντικά το μήκος του ερπυσμού, ενώ, η ονομαστική τάση λειτουργίας του μονωτήρα μπορεί να αυξηθεί σε ποσοστό μέχρι και 40% [1, 2]. Εξάλλου, ένα βασικό χαρακτηριστικό των μονωτήρων γυαλιού είναι το ότι έχουν την ιδιότητα να αποθηκεύουν σημαντική ενέργεια όταν οι τελευταίοι υπόκεινται σε μηχανικές καταπονήσεις. Όταν αυτή η ενέργεια απελευθερωθεί, όπως συνήθως συμβαίνει κατά την έντονη μηχανική κρούση ή ύστερα από την καθολική διάβρωση ενός στρώματος, τότε ολόκληρο το τεμάχιο διασπάται σε μικροσκοπικά κυβικά θραύσματα, τα οποία εκτοξεύονται με μεγάλη σφοδρότητα. Αυτός είναι ένας σημαντικός λόγος για τον οποίο δεν ενδείκνυται η χρησιμοποίησή τους κοντά σε κατοικημένες περιοχές. Αξίζει να τονιστεί πως το εύρος της βιομηχανικής εφαρμογής του μονωτήρα από γυαλί είναι περισσότερο περιορισμένο από εκείνο του μονωτήρα πορσελάνης. Στις ηλεκτρολογικές εφαρμογές η χρήση του γυαλιού, το οποίο έχει υποστεί σκλήρυνση, περιορίζεται στους μονωτήρες τύπου “cap and pin” (ανάρτησης) ή σε εκείνους τους τύπους, όπως είναι οι μονωτικοί στύλοι στήριξης των σιδηροδρομικών δικτύων και οι στύλοι πολλαπλών κώνων που αποτελούνται από διακριτές διατάξεις δισκοειδούς μορφής [1, 2].

Τα **πολυμερή** αποτελούνται από τετρασθενή άτομα, τα οποία έχουν την ικανότητα να σχηματίζουν εκτεταμένες δομές, όπως ακριβώς και η πορσελάνη. Ο άνθρακας αποτελεί το κυρίως επαναλαμβανόμενο άτομο στην περίπτωση των πολυμερών. Ο

άνθρακας ενώνεται με άνθρακα, όπως επίσης και με υδρογόνο, οξυγόνο και πολλά αλλά στοιχεία, για το σχηματισμό αλυσίδων και δακτυλίων που μπορούν να συνδέονται σταυροειδώς σε πολύπλοκες δομές σχηματίζοντας μακρομόρια. Οι δεσμοί των μορίων των πολυμερών είναι ασθενείς και κατά συνέπεια δεν παρατηρείται έντονη επιφανειακή ρύπανση. Το σημαντικότερο μειονέκτημα των πολυμερών πηγάζει από το βασικό στοιχείο του τον άνθρακα ο οποίος αποτελεί καλό ηλεκτρικό αγωγό. Οι πιθανές έρπουσες μερικές εκκενώσεις προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας η οποία με τη σειρά της δημιουργεί αγώγιμες επιφανειακές οδούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση επιφανειακών διασπάσεων και τη δημιουργία υψηλών πολύ θερμοκρασιών, τα οποία αναπόφευκτα οδηγούν στην καταστροφή του μονωτήρα. Το σημαντικότερο βέβαια πλεονέκτημα τους αποτελούν οι εξαιρετικά χαμηλές τιμές της ελεύθερης επιφανειακής τους ενέργειας. Το γεγονός ότι τα επιφανειακά άτομα υδρογόνου είναι συνδεδεμένα με άτομα άνθρακα, παρέχει τη δυνατότητα στα πολυμερή να ανθίστανται στην υγρασία και την ατμοσφαιρική ρύπανση περισσότερο από τα κεραμικά υλικά. Ελαφρύτερα, αλλά και εξαιρετικά ανθεκτικά στις μηχανικές καταπονήσεις, μονωτικά υλικά είναι, γενικά, τα πολυμερή υλικά. Από αυτά, ιδιαίτερα διαδεδομένες, λόγω του χαμηλού τους κόστους, είναι οι θερμοπλαστικές εποξειδικές ρητίνες με τη διαφορά ότι χρησιμοποιούνται κυρίως σε εσωτερικούς χώρους λόγω του γεγονότος ότι είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς σε αλλοίωση της χημικής τους σύστασης υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας (φωτόλυση). Μια άλλη ποιότητα πλαστικού, οι κυκλοαλειφατικές ρητίνες, παρουσιάζει ικανοποιητική αντοχή στη φωτόλυση και πιστεύεται ότι θα αντικαταστήσει μελλοντικά την πορσελάνη και το γυαλί στην κατασκευή των μονωτήρων. Εξάλλου, μια άλλη σημαντική κατηγορία συνθετικών μονωτικών είναι οι ελαστομερείς ρητίνες σιλικόνης, οι οποίες αντέχουν ικανοποιητικά στην καύση και δεν υπόκεινται σε μόνιμες βλάβες από τον ερπυσμό και τις μερικές εκκενώσεις (όπως οι οργανικές ρητίνες) αφού αποτελούνται από σκελετό από πυρίτιο και περιέχουν πολύ λίγο άνθρακα στη χημική τους σύσταση [15].

Η πλέον συνηθισμένη εφαρμογή των συνθετικών μονωτήρων είναι η χρησιμοποίησή τους για την ανάρτηση ή στήριξη των γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Στις γραμμές αυτές χρησιμοποιούνται μεγάλες δέσμες αγωγών προκειμένου να περιοριστούν οι ηλεκτρικές απώλειες, οπότε τα μηχανικά φορτία είναι πολύ μεγαλύτερα από εκείνα που έχουν τη δυνατότητα να φέρουν οι συνήθεις μονωτήρες

ανάρτησης, γυαλιού ή πορσελάνης. Πραγματικά, οι συνθετικοί μονωτήρες πολύ δύσκολα προσβάλλονται από τις συνήθεις ηλεκτρικές βλάβες και επιδράσεις χειρισμού, ενώ είναι δυνατό να αντεπεξέλθουν σε συγκράτηση φορτίου που υπερβαίνει τους 100 τόνους. [1, 2]

Από τα πρώτα στάδια της εξελικτικής πορείας των μονωτήρων έχει καταγραφεί η αναγκαιότητα της εκμετάλλευσης των καλών ιδιοτήτων των κεραμικών, με ταυτόχρονη απαίτηση μείωσης:

- Της επιφανειακής τους υγροσκοπικότητας
- Της ανεπιθύμητης έλξης ρύπων

Η έρευνα για να επιτευχθούν οι στόχοι αυτοί συνεχίζεται ακόμα και σήμερα.

Η πορσελάνη, το μονωτικό γυαλί και τα πολυμερή υλικά αποτελούν, λοιπόν, τα διηλεκτρικά εκείνα που συναντώνται συνηθέστερα σε μια διάταξη μονωτήρα. Εκτός από την ικανότητα να διατηρούν την εφαρμοζόμενη διαφορά δυναμικού για μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς να παρουσιάσουν αστοχία, τα υλικά αυτά παρουσιάζουν μηχανικές ιδιότητες τέτοιες που να τα καθιστούν κατάλληλα για την ανάρτηση ή στήριξη μιας σειράς στοιχείων ηλεκτρολογικού εξοπλισμού (όπως είναι π. χ. οι γραμμές μεταφοράς). Στον πίνακα που ακολουθεί μπορεί κανείς να δει τις κυριότερες μηχανικές και ηλεκτρικές ιδιότητες των μονωτικών διηλεκτρικών σε μια συγκεντρωτική μορφή [1,2].

Πίνακας 1.1: Ιδιότητες των μονωτικών διηλεκτρικών [1].

Ιδιότητα	Υαλώδης πορσελάνη	Σκληρυμένο γυαλί	Πολυμερές	Υαλώδεις ίνες συνδεδεμένες με ρητίνη
Ποκνότητα [g/cm]	2.3 – 3.9	2.5	0.9 – 2.5	2.1 – 2.2
Αντοχή σε εφελκυσμό [Mpa]	30 – 100	100 – 120	20 – 35	1300 – 1600
Αντοχή σε θλίψη [Mpa]	240 – 820	210 – 300	80 – 170	700 – 750
Συντελεστής εφελκυσμού [Gra]	50 – 100	7.2	0.6 – 16	43 – 60
Θερμική αγωγιμότητα [W/m °K]	1 – 4	1.0	0.17 – 0.9	0.2 – 1.2
Διασταλτικότητα (20 – 100 °C) [10 ⁻⁶ / °K]	3.5 – 9.1	8.0 – 9.5	45 – 200	7.5 – 20
Διηλεκτρική σταθερά (50 – 60 Hz)	5.0 – 7.5	7.3	2.3 – 5.5	2.5 - 6.5
Εφαπτομένη απωλειών (50 – 60 Hz) [10 ⁻³]	20 – 40	15 – 50	0.1 – 5.0	5.0 – 20
Πεδιακή αντοχή [kV/mm]	10 – 20	>25	>25	3.0 – 20
Ειδική αντίσταση [Ω cm]	10 ¹¹ – 10 ¹³	10 ¹²	10 ¹⁵ – 10 ¹⁷	10 ¹¹ – 10 ¹⁴

Οι ακροδέκτες αποτελούνται από σφυρήλατο χυτό σίδηρο που έχει υποστεί θερμική κατεργασία και έχει γαλβανιστεί εν θερμών. Για ορισμένες εφαρμογές χρησιμοποιούνται μη σιδηρομαγνητικά κράματα που βασίζονται στο χαλκό, ενώ για μικρά φορτία και χαμηλές τάσεις χρησιμοποιούνται χυτά κράματα αλουμινίου ή χυτεύσεις υπό πίεση κραμάτων ψευδαργύρου.

Τα ενδιάμεσα τμήματα που συνδέουν το διηλεκτρικό με τη μεταλλική κατασκευή είναι συνήθως από τσιμέντο, αργιλικό ή πορσελάνη Portland ή σπανιότερα εύτηκτες συγκολλήσεις με βάση το θείο.

B) Λειτουργία σε δυσμενείς συνθήκες.

Η ικανότητα λειτουργίας του μονωτήρα (δηλαδή η αποφυγή δημιουργίας τόξων σε δυσμενείς συνθήκες λειτουργίας) καθορίζεται πρωταρχικά από τη γεωμετρία του διηλεκτρικού και δευτερευόντως από τη θέση λειτουργίας του μονωτήρα (κατακόρυφος, κεκλιμένη, οριζόντια) καθώς και από τις ιδιότητες της επιφανείας (υδροφοβία, τραχύτητα) [1, 2].

Γ) Το κόστος των μονωτήρων.

Η τιμή πώλησης των μονωτήρων, ιδιαίτερα εκείνων από γυαλί ή πορσελάνη, διαμορφώνεται από τους νομούς της αγοράς και δεν εξαρτάται από την τεχνική σημασία της μόνωσης σε μια γραμμή μεταφοράς ή από το κόστος της αντικατάστασης και τις απώλειες σε περίπτωση αστοχίας. Είναι δυνατόν, μάλιστα να ισχυριστεί κανείς ότι οι μονωτήρες είναι παράλογα φθηνοί [1, 2].

1.6 Απώλεια μονωτικής ικανότητας στους μονωτήρες

Το φαινόμενο της ηλεκτρικής διάσπασης των στέρεων μονωτικών που βρίσκονται σε αέριο περιβάλλον και κυρίως στον ατμοσφαιρικό αέρα χρίζει ιδιαίτερης προσοχής. Τέτοιες διατάξεις είναι και οι μονωτήρες, στους οποίους η απώλεια της μόνωσης μπορεί να επέλθει με τρεις διαφορετικούς τρόπους.

✓ Διάσπαση ή διάτρηση (breakdown)

Ο πρώτος είναι η κανονική ηλεκτρική διάσπαση του μονωτήρα (διάτρηση) και η εκκένωση ρεύματος δια μέσου της μάζας του, φαινόμενο που εκδηλώνεται όταν η διαφορά δυναμικού ξεπεράσει την τάση διάσπασης του υλικού [15]. Η διάτρηση του σώματος, δηλαδή, η μεγάλη θερμοκρασία που δημιουργεί η διέλευση του πολύ έντονου ρεύματος της διάσπασης προκαλεί τοπικά την τήξη, καύση ή εξαέρωση του υλικού και έχει σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό μιας λεπτής τρύπας στο σώμα κατά

μήκος του πεδίου. Προκαλείται, επομένως, καταστροφή του υλικού και μόνιμη απώλεια της μονωτικής του ικανότητας. Αντίθετα, στα αέρια και υγρά μονωτικά η διάσπαση δεν προκαλεί σοβαρή μόνιμη βλάβη αφού αν στη συνέχεια μειωθεί η τάση κάτω από την κρίσιμη τιμή έχουμε αποκατάσταση των μονωτικών συνθηκών. Η διάσπαση ή αλλιώς διάτρηση του μονωτήρα μπορεί να επιτευχθεί υπό πολύ υψηλότερη τάση μόνον όταν ο μονωτήρας βυθιστεί μέσα σε λουτρό μονωτικού λαδιού (τούτο απαιτείται για να αποφευχθεί διάσπαση στον αέρα και για να διατηρηθεί υποχρεωτικά το υλικό κατασκευής του μονωτήρα). Διάτρηση, βέβαια, μπορεί να επιτευχθεί και μέσα σε περιβάλλον ατμοσφαιρικού αέρα, εφόσον, όμως, η επιβαλλόμενη τάση είναι κρουστική, μεγάλης τιμής και μεγάλης κλίσεως μετώπου (π.χ. κεραυνοπληξία) [3].

✓ **Ρεύμα ερπυσμού**

Ο δεύτερος τρόπος με τον οποίο είναι δυνατό να επέλθει απώλεια της μόνωσης σε μια διάταξη μονωτήρα είναι η ανάπτυξη ενός ισχυρού **ρεύματος ερπυσμού** (ερπυσμού διότι έρπει, δηλαδή, σέρνεται πάνω στην επιφάνειά του) πάνω στην επιφάνεια του υλικού. Το ρεύμα ερπυσμού μπορεί να εκτείνεται σε όλο το μήκος της επιφάνειας του μονωτικού ή, συνήθως, σε διάφορα μέρη της που συνδέονται με μικρά ηλεκτρικά τόξα. Μάλιστα, τα δημιουργούμενα κατά την υπερπήδηση ηλεκτρικά τόξα έρχονται σε επαφή με το στερεό μονωτικό καθορίζοντας, ταυτόχρονα, (κατά ένα ποσοστό τουλάχιστο 50%) την “οδό διέλευσης” νέου ηλεκτρικού τόξου που, ενδεχόμενα, θα λάβει χώρα στο μέλλον. Για αυτό το λόγο, συνήθως, εφαρμόζονται στους μονωτήρες προστατευτικοί δακτύλιοι ή κερατίδια με τα οποία “υποδεικνύεται” στο ηλεκτρικό τόξο η οδός διέλευσής του, μακριά από το στερεό μονωτικό [4].

✓ **Υπερπήδηση**

Όταν η μεταξύ των δυο ακρότατων σημείων του μονωτήρα επιβαλλόμενη τάση υπερβεί μια κρίσιμη τιμή σημειώνεται υπερπήδηση (flashover) του μονωτήρα, δηλαδή γεφύρωση με ηλεκτρικό τόξο που οδεύει δια μέσου του αέρα του διακένου μεταξύ του σημείου προσδέσεως του αγωγού της γραμμής στο μονωτήρα και του προσγειωμένου σημείου στηρίξεως ή αναρτήσεως του μονωτήρα. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι η υπερπήδηση επέρχεται εν μέρει λόγω επιφανειακών εκκενώσεων,

ερπουσών επί της επιφανείας του μονωτήρα και εν μέρει λόγω διαστάσεως στρωμάτων αέρα [3].

Αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι από τα παραπάνω, τα πλέον συνήθη φαινόμενα που εμφανίζονται στην πράξη είναι η υπερπήδηση των μονωτήρων από επιφανειακό ρεύμα ερπυσμού ή μέσω εναέριου ηλεκτρικού τόξου. Και αυτό, διότι η διηλεκτρική αντοχή των υλικών κατασκευής των μονωτήρων είναι μεγαλύτερη από τη διηλεκτρική αντοχή του περιβάλλοντος αέρα. Έτσι, ο τελευταίος αποτελεί προσφορότερο αγωγίμο δρόμο διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος [15].



Σχήμα 1.21: Η απώλεια της μονωτικής δράσης ενός στερεού μονωτικού μπορεί να γίνει με ηλεκτρική διάσπαση του υλικού ή με υπερπήδηση που εκδηλώνεται με ρεύμα ερπυσμού και με διάσπαση στον αέρα [12].

1.7 Αντοχή μονωτήρων

Η κατάσταση της επιφανείας των μονωτήρων επηρεάζει σημαντικά τη διηλεκτρική αντοχή τους. Η αντοχή των μονωτήρων υπό βροχή είναι πολύ μικρότερη από την αντοχή τους εν ξηρώ. Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι η αντοχή τους υπό βροχή θα ήταν ακόμη μικρότερη εάν οι μονωτήρες δεν είχαν τη γνωστή κυματοειδή διαμόρφωση της επιφανείας τους, που εξασφαλίζει όπως ένα μέρος της επιφανείας του να μένει αδιάβρεκτο ενώ παράλληλα διακόπτεται η συνέχεια του αγωγίμου στρώματος ύδατος. Η επικάθιση δροσιάς, ακαθαρσιών ή θαλασσιάς άλμης που επεκτείνεται σε ολόκληρη την επιφάνεια και όχι μόνο στα πάνω τμήματα της επηρεάζουν εξίσου τη διηλεκτρική αντοχή των μονωτήρων. Ως δυσμενέστατη συνθήκη λειτουργίας των μονωτήρων θεωρείται η συνύπαρξη ακαθαρσιών δροσιάς ή ομίχλης η οποία μπορεί να υποβιβάσει τη διηλεκτρική αντοχή τους σε ποσοστό κυμαινόμενο μεταξύ 40% και 80%. Η επικάθιση θαλάσσιας άλμης μπορεί να

δύναται να προκαλέσει μείωση του μήκους ερπυσμού έως και 38%. Κατόπιν ερευνών διαπιστώθηκε ότι υπό συνθήκες εντόνου ρυπάνσεως οι μονωτήρες εμφανίζουν, ακόμη και υπό την τάση κανονικής λειτουργίας τους, εκκενώσεις ορατές σε ορισμένη απόσταση κατά τη νύχτα και συνοδευόμενες από χαρακτηριστικό τρίζιμο. Τέλος η ύπαρξη διαφόρων επικαθίσεων παρενοχλεί τη λειτουργία των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων [3].

1.8 Ρύπανση μονωτήρων

Ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει τη μονωτική ικανότητα των μονωτικών υλικών, στην περίπτωση που αυτά είναι τοποθετημένα σε εξωτερικούς χώρους, είναι η ρύπανση. Με τον όρο ρύπανση προσδιορίζεται η επικαθιση ακαθαρσιών που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα ή θαλάσσιας άλμης στην επιφάνεια τους. Η ρύπανση στην επιφάνεια μονωτικού υλικού μπορεί να είναι *θαλάσσια*, η οποία οφείλεται στο γεγονός ότι ο μονωτήρας βρίσκεται σε παραθαλάσσια περιοχή και οι άνεμοι μεταφέρουν θαλασσινό νερό υπό τη μορφή καταιωνισμένου νερού στην επιφάνεια του όπου επικάθεται και σχηματίζεται ένα λεπτό υγρό αλατούχο επίστρωμα, ή *βιομηχανική* η οποία προέρχεται από τα στέρεα κατάλοιπα των βιομηχανιών που απορρίπτονται στην ατμόσφαιρα. Η συνύπαρξη ρύπανσης (θαλάσσια ή βιομηχανικής ή συνδυασμό των δυο αυτών) και δροσιάς, ομίχλης ή σιγανής βροχής αποτελεί δυσμενέστατη συνθήκη λειτουργίας των μονωτικών υλικών και μπορεί να υποβιβάσει τη μονωτική τους ικανότητα σε μεγάλο βαθμό (40% έως 80%) με αποτέλεσμα τη δημιουργία ηλεκτρικού τόξου [8].

1.9 Προδιαγραφές μονωτήρων αλυσίδας της ΔΕΗ

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ TR-1

Αυτή η προδιαγραφή περιλαμβάνει την κατασκευή και δοκιμή δισκοειδών μονωτήρων απο πορσελάνη με την υγρή μέθοδο ή απο σκληρυμένο γυαλί.

Οι μονωτήρες θα πρέπει να περνούν με επιτυχία τις δοκιμές που αναφέρονται πιο κάτω και να καλύπτουν όλες τις απαιτήσεις που αναφέρονται στην παρούσα προδιαγραφή.

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Οι μονωτήρες θα είναι σχεδιασμένοι και κατασκευασμένοι ώστε να αντέχουν σε

σκληρή μεταχείριση και να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής σε συνθήκες λειτουργίας, χωρίς αυτό να αποβαίνει σε βάρος των ηλεκτρικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών που προδιαγράφονται.

Η εσωτερική επιφάνεια και οι αυλακώσεις θα διαμορφώνονται κατάλληλα, ώστε να καθαρίζονται εύκολα. Τα κελύφη θα έχουν γενικά συμμετρικό σχήμα και δε θα παρουσιάζουν εμφανείς παραμορφώσεις. Η επιφάνεια των κελυφών της πορσελάνης θα είναι ομαλή χωρίς κυματισμούς και κόκκους. Θα γίνει εφυάλωση καστανού χρώματος σε όλη την επιφάνεια της πορσελάνης που φαίνεται μετά την συναρμολόγηση των μερών του μονωτήρα, ώστε να δημιουργηθεί μία λεία επιφάνεια με ομοιόμορφο χρωματισμό.

Η εφυάλωση θα είναι "τύπου συμπίεσεως" και δεν θα επηρεάζεται απο απότομες μεταβολές θερμοκρασίας και απο τις επιδράσεις όζοντος, όξεων, ή αλκαλικής σκόνης, που μπορούν να εμφανισθούν σε συνηθισμένες ατμοσφαιρικές συνθήκες λειτουργίας. Η εφυάλωση των μονωτήρων απο πορσελάνη θα παρουσιάζει ημιδιαφανή τελική επιφάνεια.

Το σκληρυμένο γυαλί θα είναι υγιές, χωρίς ελατώματα και κηλίδες που μπορούν να μειώσουν τη διάρκεια ζωής του μονωτήρα. Όλες οι εμφανείς επιφάνειες του γυαλιού θα είναι λείες.

Οι μονωτήρες θα έχουν μελετηθεί κατάλληλα, ώστε να αποφεύγονται υπερβολικές πεδιακές εντάσεις, σε οποιαδήποτε διατομή ή επιφάνεια διαρροής. Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του μονωτήρα που επηρεάζουν δυσμενώς τη ραδιοφωνική λήψη θα αποφεύγονται όσο είναι πρακτικά δυνατό.

Η πορσελάνη ή το σκληρυμένο γυαλί δε θα έρχεται σε απευθείας επαφή με σκληρά μέταλλα. Όταν γίνεται χρήση τσιμέντου θα λαμβάνονται μέτρα ώστε να εξασφαλίζεται ότι το τσιμέντο αυτό είναι κατάλληλο και δεν προκαλεί κατά τις διαστολές ρωγμές και κατά τις συστολές χαλαρότητα στη σύνδεση.

Τα μεταλλικά τμήματα, εκτός απο τις περιοχές ασφαλείας, θα κατασκευάζονται απο καλή ποιότητα μαλακτού σιδήρου ή χάλυβα τύπου ανοικτού δαπέδου ή ηλεκτρικής καμίνου και θα είναι επιψευδαργυρωμένα. Οι περόνες ασφαλείας θα κατασκευάζονται απο φωσφορούχο ορείχαλκο ή ανοξείδωτο χάλυβα. Ο ανοξείδωτος χάλυβας θα έχει καλή αντίσταση διαβρώσεως και θα είναι ποιότητας 18 Cr-8Ni ή ισοδύναμης.

Οι διαστάσεις των συνδέσεων κεφαλής - υποδοχής των μονωτήρων θα είναι

σύμφωνα με το πρότυπο IEC 120/1984.

➤ **ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ**

Κάθε δίσκος μονωτήρα θα φέρει ευανάγνωστα και ανεξίτηλα σύμβολα, που θα δείχνουν τον κατασκευαστή, το έτος κατασκευής, τη σύνθετη ονομαστική Μηχανική και Ηλεκτρική αντοχή, που θα χαρακτηρίζεται με το σύμβολο "M-E", Τα διακριτικά επάνω στην πορσελάνη θα πρέπει να είναι τυπωμένα και όχι ανάγλυφα και θα τεθούν πριν από την όπτηση.

➤ **ΔΟΚΙΜΕΣ**

Οι μονωτήρες θα πρέπει να καλύπτουν με επιτυχία τις παρακάτω δοκιμές, όλες σύμφωνα με την προδιαγραφή της IEC 383-1/1993.

➤ **ΔΟΚΙΜΕΣ ΤΥΠΟΥ:**

- 1) Δοκιμή αντοχής σε κρουστική τάση με στεγνή επιφάνεια
- 2) Δοκιμή αντοχής σε τάση με βιομηχανική συχνότητα με υγρή επιφάνεια (η τάση υπερπηδήσεως με υγρή επιφάνεια θα πρέπει επίσης να προσδιοριστεί).
- 3) Δοκιμή θερμομηχανικής.

➤ **ΔΟΚΙΜΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ**

- 1) Επιβεβαίωση των διαστάσεων.
- 2) Δοκιμή του κύκλου θερμοκρασίας
- 3) Δοκιμή της ηλεκτρομηχανικής αντοχής
- 4) Δοκιμή θερμικής κρούσεως
- 5) Δοκιμή διατρήσεως
- 6) Δοκιμή πορώδους (για μονωτήρες από κεραμικό υλικό μόνο).
- 7) Δοκιμή επιψευδαργυρώσεως

ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΕΙΡΑΣ

(Θα πρέπει να διεξαχθούν με την παρακάτω σειρά) .

- 1) Οπτική εξέταση
- 2) Μηχανική δοκιμή (με φορτίο εφελκυσμού ίσο με το 50% της προδιαγραφόμενης αντοχής)

3) Οι μονωτήρες θα πρέπει επίσης υποβληθούν στις παρακάτω δοκιμές τύπου.

4) Δοκιμή σε τάση υπερπηδήσεως με κύμα τάσεως με απότομη κλίση μετώπου.

Η ακόλουθη δοκιμή θα εκτελεστεί σε 10 τεμάχια μονωτήρων επιλεγμένα τυχαία από την παραγωγή σειράς:

α) Κάθε ένας μονωτήρας θα υποστεί (5) διαδοχικές υπερπηδήσεις θετικής πολικότητας και στη συνέχεια πέντε (5) διαδοχικές υπερπηδήσεις αρνητικής πολικότητας, με κρουστικά κύματα με ελάχιστη κλίση μετώπου 2500 KV/μς.

β) Ο μονωτήρας θα πρέπει να τοποθετηθεί σύμφωνα με τον κανονισμό IEC Pub. 60-1, άρθρα 6 και 7. Η μεθοδολογία και διάταξη δοκιμής θα πρέπει να είναι σύμφωνα με τις γενικές απαιτήσεις των κανονισμών IEC. Δεν θα γίνει καμμία διόρθωση των παραμέτρων της κρουστικής τάσης συναρτήσει των ατμοσφαιρικών συνθηκών. Η κυματομορφή της κρουστικής τάσης θα πρέπει να είναι με αποκομένο μέτωπο, με γραμμική ανύψωση όπως ορίζεται στον κανονισμό IEC 60.

γ) Αμέσως μετά το τέλος των δοκιμών με κρουστικά κύματα, κάθε ένας μονωτήρας θα υποβληθεί στη δοκιμή της διηλεκτρικής αντοχής εν υγρώ με τάση βιομηχανικής συχνότητας. Δεν πρέπει να υπάρξει ηλεκτρική διάτρηση ή θραύση του μονωτικού υλικού.

Σε περίπτωση αστοχίας οποιουδήποτε από τους δέκα μονωτήρες σε μια από τις παραπάνω δοκιμές της διηλεκτρικής αντοχής σε τάση κρουστική ή βιομηχανικής συχνότητας θα πρέπει να επαναληφθούν οι δοκιμές σε νέο δείγμα (20) μονωτήρων.

Αστοχία οποιουδήποτε από τους 20 πρόσθετους μονωτήρες αποτελεί αστοχία συμμόρφωσης προς τις απαιτήσεις της προδιαγραφής.

5) Δοκιμή σε τόξο ισχύος

Η δοκιμή θα εφαρμοστεί σε 9 τεμάχια μονωτήρων έκαστου τύπου.

Αλυσίδα τριών τεμαχίων μονωτήρων τοποθετημένων κατακόρυφα χωρίς ακίδες προστασίας ή αγωγούς θα πρέπει να υποβληθούν σε τόξο ισχύος 12 kA (συμμετρικό, r.m.5.) για 0,15 ή 6 KA για 0,25 ως εξής:

α) Μετά από κάθε πλήγμα τόξου ισχύος μόνο ένας μονωτήρας της αλυσίδας στην πλευρά της γραμμής (ο χαμηλότερος) θα πρέπει να αντικαθίσταται με ένα καινούργιο, τα υπόλοιπα δύο τεμάχια θα πρέπει να παραμένουν στη θέση, τους. Με αυτό τον τρόπο το πλήγμα τόξου ισχύος επαναλαμβάνεται επτά φορές για κάθε τύπο μονωτήρα.

β) Η παραπάνω δοκιμή θα πρέπει να εκτελεστεί με την αλυσίδα μονωτήρων υπό

τάνυση τουλάχιστον στο 40% του προδιαγραφόμενου φορτίου της ηλεκτρομηχανικής αντοχής. Το ρεύμα του τόξου θα πρέπει να είναι ημιτονοειδές και σταθερό και δεν θα υπολείπεται της προδιαγραφόμενης τιμής πάνω από 10% στη διάρκεια της δοκιμής.

γ) Μετά τη δοκιμή τόξου ισχύος οι μονωτήρες θα υποβληθούν σε μια κοινή δοκιμή της ηλεκτρομηχανικής αντοχής στο 65% του προδιαγραφόμενου ηλεκτρομηχανικού φορτίου θραύσεως. Οι μονωτήρες θα πρέπει να αντέξουν τη δοκιμή αυτή χωρίς ηλεκτρική διάτρηση ή μηχανική αστοχία.

Σε περίπτωση αστοχίας οποιουδήποτε τεμαχίου μονωτήρα θα πρέπει να δοκιμαστούν επιπλέον εννέα (9) μονωτήρες του ίδιου τύπου σε αλυσίδες 3 τεμαχίων. Αστοχία οποιουδήποτε από τους εννέα πρόσθετους μονωτήρες αποτελεί αστοχία αυτού του τύπου σχεδίασεως μονωτήρα και μη συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις της προδιαγραφής.

6) Δοκιμή τάσεως ραδιοφωνικής παρενόχλησεως σύμφωνα με το πρότυπο IEC 437/73.

7) Δοκιμή παραμένουσας αντοχής

Ο Αγοραστής έχει το δικαίωμα, εάν θεωρεί απαραίτητο, να ζητήσει στις δοκιμές δειγμάτων τη διεξαγωγή της δοκιμής θερμομηχανικής συμπεριφοράς.

➤ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΟΛΗ

Οι μονωτήρες θα πρέπει να συσκευάζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να προστατεύονται κατά τη μεταφορά και τη διακίνηση τους. Τα κιβώτια πρέπει να εκπληρούν όλες τις απαιτήσεις που έχουν καθιερωθεί για την κατηγορία του υλικού που συσκευάζεται και να είναι κατάλληλα για την αποθήκευση στο ύπαιθρο.



Σχήμα 1.22: Κιβώτια συσκευασίας μονωτήρων

Κάθε κιβώτιο πρέπει να φέρει ευανάγνωστα και ανεξίτηλα διακριτικά στοιχεία που να αναφέρουν το μικτό βάρος, τον αριθμό τεμαχίων, τον αριθμό παραγγελίας, τον τυχόν αύξοντα αριθμό του κατασκευαστή και όλα τα διακριτικά αποστολής.

Όλοι οι μονωτήρες, τα κιβώτια καθώς και οι μέθοδοι συσκευασίας, θα υπόκεινται σε τελική επιθεώρηση και δοκιμή στο εργοστάσιο του πωλητή.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΩΤΗΡΩΝ

(Μονωτήρες για Γ.Μ 400kV)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ		Κανονικού Τύπου	Τύπου Ομίχλης
Διάμετρος	mm	280	320
Μήκος	mm	170	170
Μέγεθος κεφαλής και υποδοχής	mm	20	20
Μήκος ερπυσμού	mm	370	540
Ελάχιστη M+H αντοχή	kN	160	160
Αντοχή σε μηχανική κρούση	Inch/Lbs	100	100
Αντοχή εφελκυσμού	kN	80	80
Αντοχή σε τάση με βιομηχανική συχνότητα στεγνή επιφάνεια, ένα λεπτό υγρή επιφάνεια, ένα λεπτό	kV kV	75 45	90 55
Αντοχή σε κρουστική τάση, στεγνή επιφάνεια	kV	110	140
Τάση διατρήσεως με βιομηχανική συχνότητα	kV	130	130
Τάση δοκιμής με βιομηχανική συχνότητα για τον καθορισμό της ραδιοφωνικής παρενοχλήσεως (RIV), ενδεικνυόμενη τιμή προς γη.	kV	10	10
Μέγιστη τάση ραδιοφωνικής παρενοχλήσεως στα 1000 kHz	μV	50	50
Αριθμός τεμαχίων ανά κιβώτιο		5	6
Καθαρό βάρος ανά τεμάχιο	kg	-	-

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΩΤΗΡΩΝ
(Μονωτήρες για Γ.Μ 150KV)

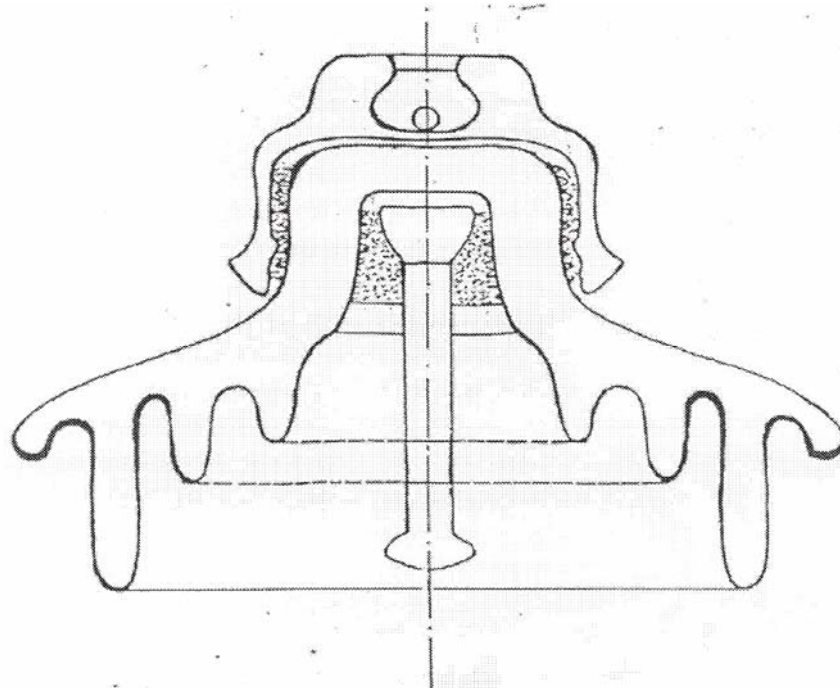
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ		Κανονικού Τύπου	Τύπου Ομίχλης	
			Τύπος 1	Τύπος 2
Διάμετρος	mm	255	255	280
Μήκος	mm	146	127	146
Μέγεθος κεφαλής και υποδοχής	mm	16	16	16
Μήκος ερπυσμού	mm	290	390	430
Ελάχιστη M+H αντοχή	kN	70	80	80
Αντοχή σε μηχανική κρούση	Inch/Lbs	55	100	100
Αντοχή εφελκυσμού	kN	35	40	40
Αντοχή σε τάση με βιομηχανική συχνότητα στεγνή επιφάνεια, ένα λεπτό	kV	70	70	85
Υγρή επιφάνεια, ένα λεπτό	kV	40	40	50
Αντοχή σε κρουστική τάση, στεγνή επιφάνεια	kV	105	110	125
Τάση διατρήσεως με βιομηχανική συχνότητα	kV	110	130	130
Τάση δοκιμής με βιομηχανική συχνότητα για τον καθορισμό της Ραδιοφωνικής παρενοχλήσεως (RIV), ενδεικνύομενη τιμή προς γη.	kV	10	10	10
Μέγιστη τάση ραδιοφωνικής παρενοχλήσεως στα 1000 kHz	μV	50	50	50
Αριθμός τεμαχίων ανά κιβώτιο		5	6	5
Καθαρό βάρος ανά τεμάχιο	kg	-	-	-

Παρατηρήσεις:

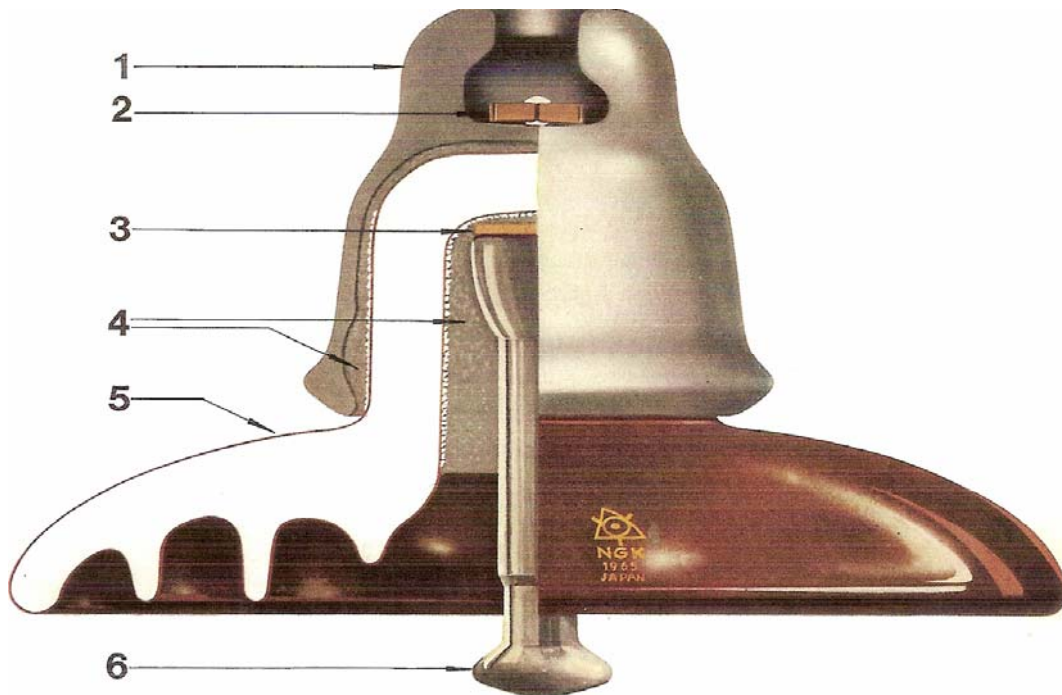
1) Το στέλεχος των μονωτήρων ομίχλης πρέπει να είναι εφοδιασμένο με ένα δακτύλιο από ψευδάργυρο που θα χυτεύεται στο στέλεχος χωρίς κενά.

Η επιφάνεια πρόσφυσης θα είναι μεγαλύτερη του 80% της ολικής επιφάνειας επαφής μεταξύ του δακτυλίου και του στελέχους. Ο δακτύλιος ψευδάργυρου θα έχει ικανοποιητικό πάχος και μήκος. Ο ψευδάργυρος θα έχει καθαρότητα τουλάχιστον 99,7%.

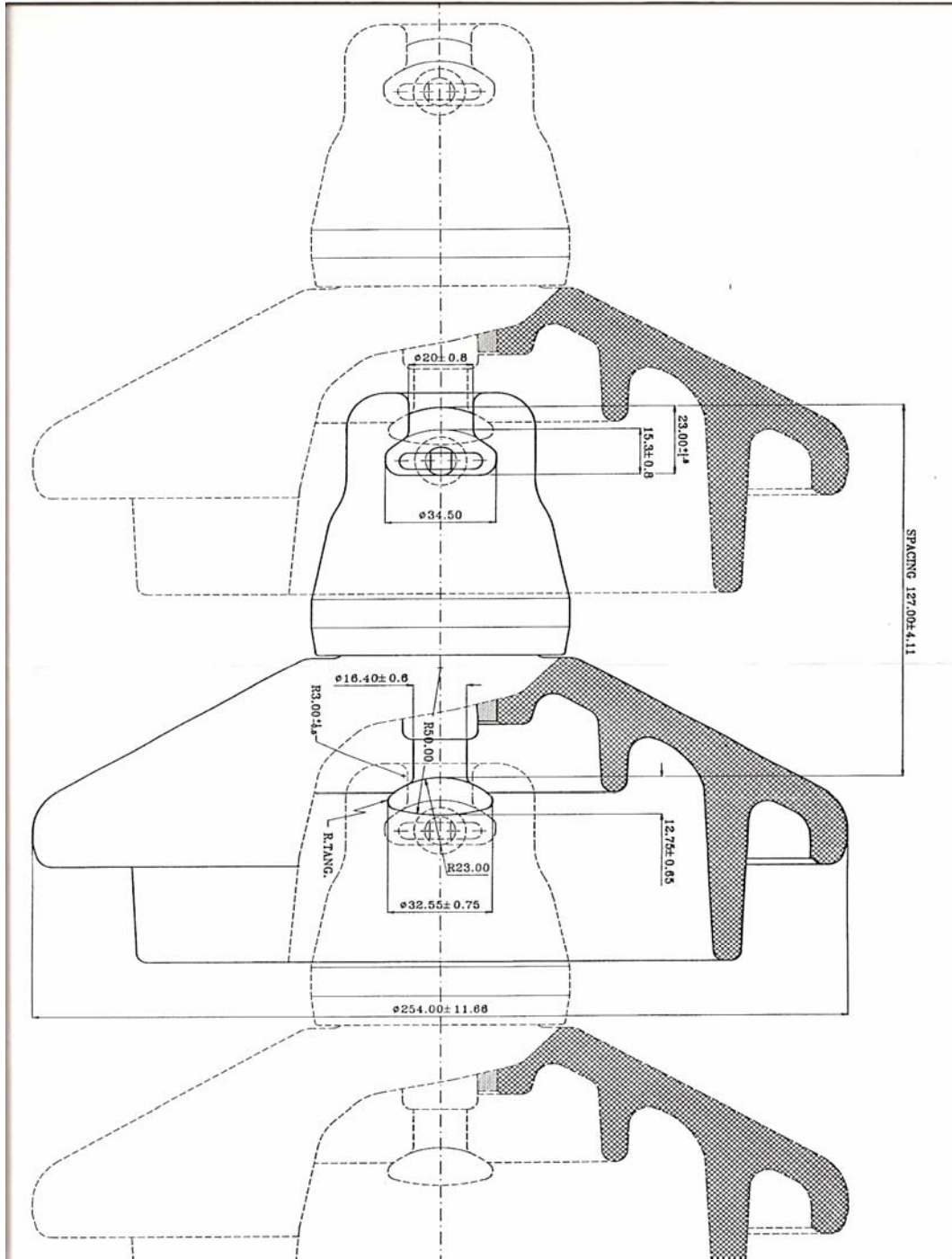
2) Το μεταλλικό κάλυμμα (Cap) των μονωτήρων ομίχλης θα έχει ενισχυμένη επιψευδαργύρωση πάχους 110 μm.



Σχήμα 1.23: Μορφή Μονωτήρα Ομίχλης



Σχήμα 1.24: Μορφή Μονωτήρα Κανονικού τύπου



Σχήμα 1.25: Αλυσίδα Μονωτήρων

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Το χρονομεταβλητό ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο συνδέονται δημιουργώντας το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο [10].

Στον ηλεκτρομαγνητισμό υπάρχουν τέσσερα θεμελιώδη ανύσματα με βάση τα οποία περιγράφεται το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Αυτά είναι: α) ένταση ηλεκτρικού πεδίου E β) πυκνότητα ηλεκτρικής ροής D γ) πυκνότητα μαγνητικής ροής B και τέλος δ) ένταση μαγνητικού πεδίου H . Η ένταση ηλεκτρικού πεδίου είναι το μόνο απαραίτητο άνυσμα στη μελέτη του ηλεκτροστατικού πεδίου στο κενό, όπως και το διάνυσμα D είναι απαραίτητο για τη μελέτη του ηλεκτροστατικού πεδίου σε υλικό μέσο [10].

Παρακάτω δίνεται ένας πίνακας όπου παρουσιάζονται τα τέσσερα θεμελιώδη ηλεκτρομαγνητικά μεγέθη και οι μονάδες μέτρησης τους .

Πίνακας 2.1: Θεμελιώδεις ηλεκτρομαγνητικές ποσότητες

Σύμβολα και μονάδες μέτρησης πεδιακών ποσοτήτων	Πεδιακές ποσότητες	Σύμβολα	Μονάδες μέτρησης
Ηλεκτρικό	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου	E	V/m
	Πυκνότητα ηλεκτρικής ροής	D	C/m^2
Μαγνητικό	Πυκνότητα μαγνητικής ροής	B	T
	Ένταση μαγνητικού πεδίου	H	A/m

Υπάρχουν επίσης τρεις παγκόσμιες σταθερές, οι οποίες σχετίζονται με τις ιδιότητες του κενού. Αυτές είναι: α) η ταχύτητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος στο κενό ($c=3*10^8m/s$), β) η μαγνητική διαπερατότητα του κενού ($\mu_0=4*10^{-7}H/m$) και γ) η ηλεκτρική διαπερατότητα του κενού ($\epsilon_0=8,854*10^{-12}F/m$).

Όταν δεν υπάρχει χρονική μεταβολή οι ποσότητες ηλεκτρικού πεδίου E και D και αυτές του μαγνητικού πεδίου H και B αποτελούν δυο αυτόνομα ζεύγη ανυσμάτων.

Αντίθετα, όταν υπάρχει χρονική μεταβολή τα ζεύγη αυτά συνδέονται ηλεκτρικά, με την έννοια ότι μια χρονική μεταβολή στα E και D θα προκαλέσει αύξηση στα B και H και αντίστροφα και συνδέονται μαθηματικά με τις εξισώσεις Maxwell για τον ηλεκτρομαγνητισμό.

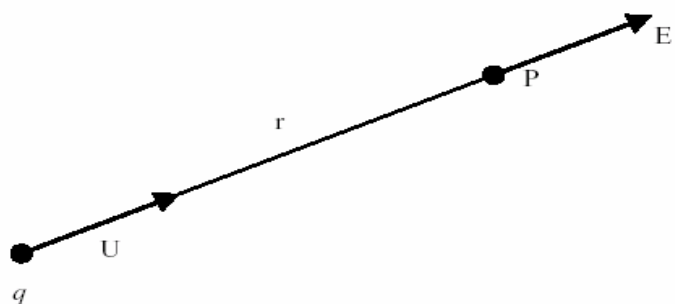
2.2 Ηλεκτρικό φορτίο

Δυο σωματίδια θεωρείται ότι έχουν ηλεκτρικό φορτίο, ή ότι φορτίζονται ηλεκτρικά, αν αλληλεπιδρούν ηλεκτρικά μεταξύ τους. Το φορτίο είναι ιδιότητα στοιχειωδών σωματιδίων, εκ των οποίων τα σημαντικότερα είναι τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια. Και τα δυο αυτά αποτελούν κομμάτι οποιουδήποτε ατόμου οποιουδήποτε υλικού. Το φορτίο των πρωτονίων είναι θετικό και συμβολίζεται με e, ενώ των ηλεκτρονίων αρνητικό και συμβολίζεται με -e [10].

2.3 Ηλεκτρικό πεδίο

Το ηλεκτρικό πεδίο ορίζεται ως η περιοχή όπου μια δύναμη F ασκείται σε ένα ηλεκτρικό φορτίο q [10]. Η δύναμη F πάνω στο φορτίο q είναι ανάλογη του φορτίου και γράφεται: $F = q * E$ (2.1)

Όπου E είναι η ένταση ηλεκτρικού πεδίου και καθορίζεται από το μέγεθος και τη θέση των φορτίων που δρουν πάνω στο q. Το ηλεκτρικό πεδίο σε ένα τυχαίο σημείο εξαρτάται από την απόσταση του από το φορτίο. Αν η απόσταση του σημείου από το φορτίο είναι πολύ μικρή εν συγκρίσει με το μέγεθος του σημείου, τότε μιλάμε για σημειακό φορτίο.



Σχήμα 2.1 : Δύναμη πεδίου από θετικό σημείο q.

Ένα σημειακό φορτίο θα προκαλέσει στο σημείο P ηλεκτρικό πεδίο που θα δίνεται

από τον τύπο: $E = \frac{q}{4\epsilon_0 r^2} u$ (2.2)

2.4 Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου

Η μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου αφ' ενός συμβάλλει στον εντοπισμό βλαβών αι αφ' ετέρου μας δίνεται μια πιο λεπτομερή εικόνα για τη μηχανική και ηλεκτρική κατάσταση του μονωτήρα. Για τη μελέτη του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται γύρω από ένα μονωτήρα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε δυο μεθόδους α) την υπολογιστική και β) την πειραματική μέθοδο.

Υπολογιστική μέθοδος [12, 13]: Η δυνατότητα να μπορεί να υπολογιστεί η ένταση ηλεκτρικού πεδίου και το δυναμικό μονωτήρων χωρίς να απαιτείται η εκτέλεση εργαστηριακών πειραμάτων κρίνεται πολύ χρήσιμη. Υπάρχουν διάφορα λογισμικά πακέτα, η λειτουργία των οποίων βασίζεται στο ηλεκτροστατικό πεδίο και στο εναλλασσόμενο ρεύμα. Για τον κατάλληλο σχεδιασμό και την προστασία των διατάξεων που λειτουργούν σε συνθήκες υψηλών τάσεων (π.χ. μονωτήρες) έχει μεγάλη σημασία να μπορεί κανείς να προσδιορίσει την κατανομή του ηλεκτρικού πεδίου στο εσωτερικό τους, στην επιφάνεια, αλλά και στην ευρύτερη περιοχή που τις περιβάλλει. Γενικά, υπάρχουν δυο κατηγορίες αριθμητικών μεθόδων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μοντελοποίηση του ηλεκτρικού πεδίου στο χώρο [12]. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει μεθόδους πεπερασμένων στοιχείων (*finite element methods*) και μεθόδους πεπερασμένων διαφορών (*finite difference methods*). Το μειονέκτημα, εδώ, είναι το γεγονός ότι για μια ανάλυση πεδίου με ανοιχτές οριακές συνθήκες οι μέθοδοι αυτές χρειάζονται ένα υπερβολικά μεγάλο πλήθος στοιχείων ή γραμμών πλέγματος προκειμένου να μοντελοποιηθεί ο χώρος και οι άπειρης έκτασης περιοχές του. Αυτός είναι και ο λόγος που οι τελευταίες εφαρμόζονται, κυρίως, για τη μοντελοποίηση διατάξεων με περιορισμένες οριακές συνθήκες (*limited boundary conditions*), όπως είναι οι μετασχηματιστές ισχύος ή οι ηλεκτρικές μηχανές.

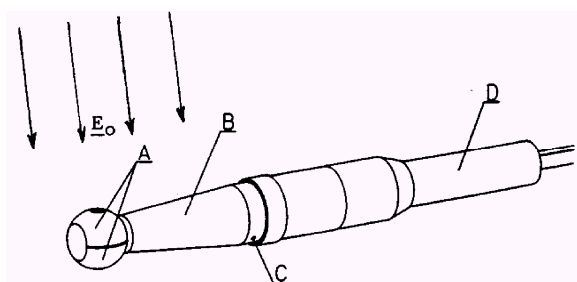
Η δεύτερη κατηγορία των αριθμητικών μεθόδων περιλαμβάνει τη μέθοδο προσομοίωσης φορτίου (*charge simulation method*) και τη μέθοδο συνοριακών στοιχείων (*boundary element method*) ή μέθοδο προσομοίωσης επιφανειακού φορτίου (*surface charge simulation*). Στη μέθοδο προσομοίωσης φορτίου, η συνεχής πυκνότητα φορτίου στην επιφάνεια των αγωγών με οριακές συνθήκες αντικαθίσταται από πεπερασμένα εικονικά φορτία τα οποία κατανέμονται στον όγκο των τελευταίων. Στη μέθοδο συνοριακών στοιχείων, φορτία τοποθετούνται στις συνοριακές επιφάνειες καθώς και στις κοινές επιφάνειες διαφορετικών υλικών, ενώ οι πηγές των φορτίων αρχικοποιούνται με τις οριακές συνθήκες που είναι γνωστές εκ

των προτέρων. Οι δύο αυτές μέθοδοι προτιμούνται σε περιπτώσεις όπου έχουμε προβλήματα «ανοιχτών» συνόρων (*open boundary conditions*) αφού δεν υπάρχει ανάγκη να κατασκευαστεί πλέγμα για το χώρο που περιβάλλει το μοντέλο υπό ανάλυση.

Συγκρίσεις ανάμεσα στις διαφορετικές αριθμητικές μεθόδους έχουν δείξει ότι οι προσεγγίσεις μέσω προσομοίωσης φορτίου και συνοριακών στοιχείων υπερτερούν λόγω χαμηλότερης πολυπλοκότητας και, ως εκ τούτου, μικρότερης χρονικής διάρκειας της φάσης της μοντελοποίησης, εις βάρος, ωστόσο, περισσότερου χρόνου που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια των υπολογισμών. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, η γεωμετρία της αναλυόμενης διάταξης είναι εκείνη που καθορίζει το ποια από τις μεθόδους απαιτεί το λιγότερο χρόνο και είναι, συνεπώς, η πιο συμφέρουσα.

Πειραματική μέθοδος: Τα πειράματα κατά κύριο λόγο είναι πιο χρονοβόρα και πιο απαιτητικά. Παρ' όλα αυτά τα πειράματα μπορούν να μας δώσουν σαφώς πιο αξιόπιστα και έγκυρα αποτελέσματα από ότι οι υπολογισμοί σε θεωρητικό επίπεδο. Γνωρίζοντας την κατανομή του ηλεκτρικού πεδίου μπορούμε να κατανοήσουμε εις βάθος τις ηλεκτρικές εκκενώσεις και τη συμπεριφορά του φαινομένου της υπερπήδησης των εξωτερικών μονωτήρων. Για το λόγο αυτό στη βιβλιογραφία έχουν γίνει προσπάθειες που εστιάζουν στη μέτρηση του ηλεκτρικού πεδίου μέσω κατάλληλων αισθητήρων [4, 5, 8]. Παρ' όλα αυτά η επίδραση του ίδιου του μετρητικού εξοπλισμού στις μετρήσεις του πεδίου, ειδικά κοντά στα μεταλλικά άκρα του μονωτήρα, είναι απαραίτητο να εξετάζεται με προσοχή.

Ο Hornfeldt [4, 8] πραγματοποίησε πειράματα μέτρησης ηλεκτρικού πεδίου γύρω από μονωτήρες με τη βοήθεια ενός μεταλλικού περιστρεφόμενου αισθητήρα πεδιομέτρου, ο οποίος αποτελείται από δυο περιστρεφόμενα μεταλλικά ημισφαίρια διαχωρισμένα μεταξύ τους μέσω ενός μικρού διηλεκτρικού διάκενου.



- A: μεταλλικά ημισφαίρια
- B: διηλεκτρικός κυλινδρικός άξονας
- C: αεροστρόβιλος
- D: διηλεκτρικός σωλήνας

Σχήμα 2.2: Περιστρεφόμενος αισθητήρας πεδιομέτρου συνεχούς ρεύματος.

Ένας τέτοιος αισθητήρας δεν είναι ευαίσθητος σε συνιστώσες του πεδίου κατά μήκος του άξονα περιστροφής του. Επομένως μπορεί να θεωρηθεί ότι το πεδίο E_0

είναι κάθετο στον άξονα περιστροφής. Θα πρέπει να αναφερθεί αφ' ενός ότι δεν υπάρχουν αγώγιμες περιοχές γύρω από τα εν λόγω ημισφαίρια και αφ' ετέρου ότι η περιστροφική κίνηση εξασφαλίζεται μέσω ενός μικρού αεροστροβίλου. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του πεδίου στηρίζονται στην παρακάτω βασική αρχή: αν μια μεταλλική σφαίρα με ακτίνα R βρεθεί σε εξωτερικό ομογενές ηλεκτρικό πεδίο E_0 , τότε η πυκνότητα του επαγόμενου φορτίου σ μεταβάλλεται στην επιφάνεια της σφαίρας σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$\sigma(\theta) = 3 \cdot \epsilon_0 \cdot E_0 \cdot \cos\theta \quad (2.3)$$

το φορτίο Q σε κάθε ημισφαίριο είναι

$$Q = 3 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot R^2 \cdot E_0 \quad (2.4)$$

με αντίθετη πολικότητα.



Σχήμα 2.3: α) Επαγόμενο φορτίο σε μεταλλική σφαίρα, β) φορτίο δύο στερεών ημισφαιρίων σε εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο.

Εν συνεχεία τα ημισφαίρια διαχωρίζονται με ένα διάκενο $d \ll R$ και εμφανίζουν μια μικρή εμπέδηση. Όταν η σφαίρα περιστρέφεται με σταθερό ρυθμό γύρω από άξονα κάθετο στο E_0 , το φορτίο $2Q$ μεταφέρεται μεταξύ των ημισφαιρίων και δημιουργώντας ένα εναλλασσόμενο ρεύμα το οποίο είναι γραμμική συνάρτηση της απόλυτου τιμής του περιβάλλοντος πεδίου. Πιο αναλυτικά: αν η εμπέδηση μεταξύ των ημισφαιρίων είναι μικρή, τότε ολόκληρη η σφαίρα αποτελεί μια ισοδυναμική επιφάνεια. Ο τύπος του πεδίου γύρω από τον αισθητήρα πεδιομέτρου μπορεί εύκολα να υπολογιστεί, αν αυτός τοποθετηθεί σε εξωτερικό ομογενές πεδίο. Το πεδίο δημιουργείται εξαιτίας των τριών εκ των δυο σημείων στα οποία το πεδίο συμπίπτει με τη σφαίρα ακτινικά. Η ποσότητα του φορτίου που πρέπει να μεταφερθεί μεταξύ των ημισφαιρίων ούτως ώστε να διατηρηθεί η ισοδυναμικότητα είναι ανάλογη του τετράγωνου της R και γραμμική ως προς την απόλυτη τιμή της E_0 . Αυτό το φορτίο είναι ανεξάρτητο του d εφόσον ισχύει $d \gg R$.

Σύμφωνα με μια δεύτερη μέθοδο, η οποία προσδιορίζει την επαγομένη τάση, τα ημισφαίρια θεωρούνται ως στέρα και διαχωρισμένα με διάκενο άπειρης

εμπέδησης. Όταν η τομή των σφαιρών είναι κάθετη στο πεδίο E_0 , τα επαγόμενα φορτία στη σφαιρική επιφάνεια αυξάνουν τη φόρτιση των σφαιρικών επιφανειών. Για μικρά διάκενα d το φορτίο είναι ίσο με το Q και το πεδίο στο διάκενο ισούται με:

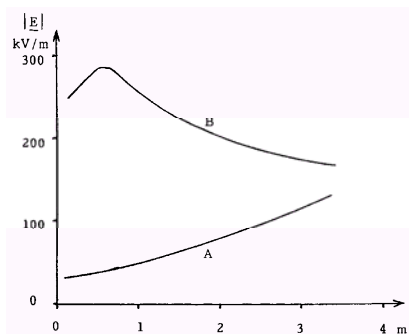
$$\vec{E}_g = 3 \cdot \vec{E}_0 \quad (2.5)$$

Η τάση μεταξύ των ημισφαιρίων V_g είναι:

$$V_g = 3 \cdot E_0 \cdot d \quad (2.6)$$

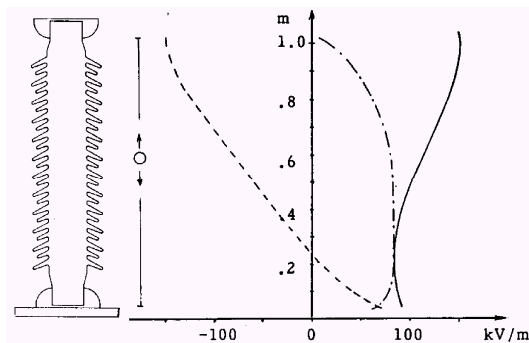
Όταν η σφαίρα περιστρέφεται η παραπάνω τάση V_g μετατρέπεται σε εναλλασσόμενη η οποία δύναται να μετρηθεί. Αυτή η τάση είναι ημιτονοειδής και ανάλογη του πεδίου E_0 , ακόμα και όταν τα ημισφαίρια είναι κελύφη και έχει προστεθεί ένας ξεχωριστός πυκνωτής για τη χωρητική σύζευξη μεταξύ των ημισφαιρικών ηλεκτροδίων. Πιο αναλυτικά, αν η εμπέδηση μεταξύ των ημισφαιρίων είναι πολύ υψηλή, εμφανίζεται μια διαφορά δυναμικού V_g μεταξύ των ημισφαιρίων όταν ο αισθητήρας περιστρέφεται σε ένα δοθέν πεδίο DC. Η τάση V_g παίρνει τη μέγιστη τιμή της όταν η τομή των ημισφαιρίων είναι κάθετη στο πεδίο. Η V_g είναι γραμμική ως προς το διάκενο d για $d \ll R$. Τέλος, όταν ο αισθητήρας πεδιομέτρου περιστρέφεται σε εξωτερικό πεδίο, η τάση μεταξύ των ημισφαιρίων μεταβάλλεται γραμμικά ως προς την απόλυτη τιμή του E_0 .

Με βάση την τελευταία μέθοδο μέτρησης του πεδίου ο Hornfeldt [4, 8] χρησιμοποίησε ένα ηλεκτρο-οπτικό βολτόμετρο για να προσδιορίσει την επαγόμενη τάση μεταξύ των δυο ημισφαιρίων ενός περιστρεφόμενου αισθητήρα προκειμένου να μετρήσει το ηλεκτρικό πεδίο κατά μήκος ενός μονωτήρα διέλευσης και ενός μονωτήρα στήριξης. Το πεδίο μετρήθηκε στην περίπτωση που οι μονωτήρες είναι ξηροί και στην περίπτωση που έχουν υποστεί ύγραση. Στο παρακάτω σχήμα καταγράφονται οι μετρήσεις κατά μήκος ενός μονωτήρα διέλευσης εφαρμόζοντας τάση 600 kV υπό ξηρές συνθήκες και υπό συνθήκες υγρασίας και οι μετρήσεις κατά μήκος ενός μονωτήρα στήριξης εφαρμόζοντας τάση 129 kV υπό ξηρές συνθήκες.



A: ξηρές συνθήκες
B: συνθήκες υγρασίας

(α)



----: ακτινική συνιστώσα του πεδίου
---: κατακόρυφη συνιστώσα του πεδίου
—: συνολικό πεδίο

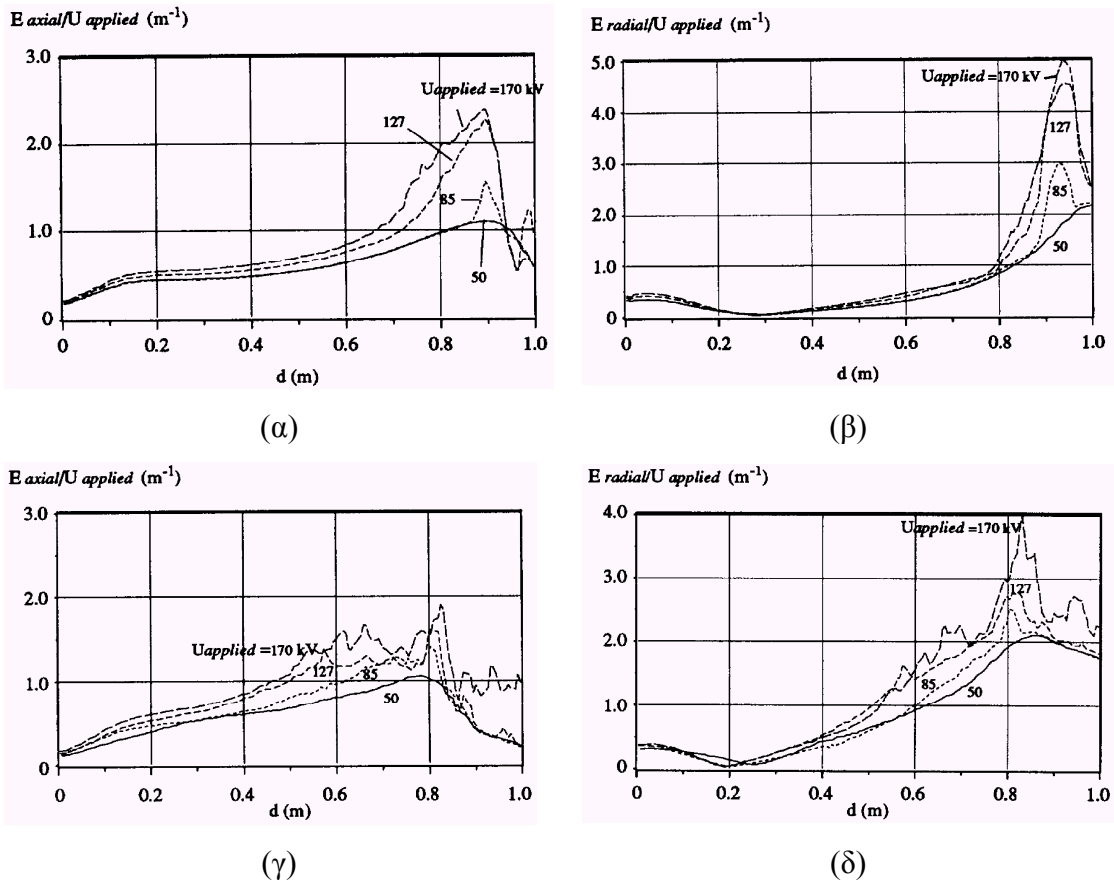
(β)

Σχήμα 2.4: α) Μετρήσεις πεδίου σε μονωτήρα διέλευσης, β) μετρήσεις πεδίου σε μονωτήρα στήριξης.

Το πεδίο γύρω από τους υπό εξέταση μονωτήρες διέλευσης είναι της τάξεως των 100 kV/m υπό συνθήκες ξηρασίας, ενώ υπό συνθήκες υγρασίας αυτό αυξάνεται σημαντικά. Η ακρίβεια των μετρήσεων μπορεί να ελεγχθεί αν η ακτινική και η αξονική συνιστώσα μετρηθούν ξεχωριστά. Σε αυτή την περίπτωση η τάση κατά μήκος μιας διαδρομής ολοκλήρωσης μεταξύ των ηλεκτροδίων μπορεί να μετρηθεί και να συγκριθεί με την εφαρμοζόμενη τάση. Από τα αποτελέσματα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο αισθητήρας με το ηλεκτρο-οπτικό βολτόμετρο παρέχει ακρίβεια της τάξεως του 5% για πεδίο >100 και μικρότερη ακρίβεια για μικρότερου μεγέθους πεδίο. Επίσης με χρήση του συστήματος μέτρησης πεδίου που αναφέρθηκε πιο πάνω είναι δυνατόν να μετρηθεί και η κατανομή πεδίου εναλλασσόμενου ρεύματος. Στην περίπτωση όμως αυτή ο αισθητήρας του πεδιομέτρου δεν πρέπει να περιστρέφεται. Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων αυτών είναι ίδιας τάξεως με αυτή των μετρήσεων συνεχούς ρεύματος.

Ο Hartings [6, 8] διεξήγαγε πειράματα μέτρησης πεδίου χρησιμοποιώντας παρόμοια μετρητική διάταξη με τον Hornfeldt [4, 8]. Ο αισθητήρας που χρησιμοποίησε ήταν σφαιρικός και μπορούσε να μετράει το πεδίο σε δυο διαστάσεις, δίνοντας την ακτινική και αξονική συνιστώσα του πεδίου κατά μήκος του μονωτήρα. Ως δοκίμιο χρησιμοποίησε έναν μονωτήρα των 85 kV, τον οποίο υπέβαλε σε εναλλασσόμενη τάση των 50 kV, 85 kV, 127 kV, και 170 kV σε βιομηχανική συχνότητα 50 Hz. Οι

μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τόσο σε ξηρές συνθήκες όσο και σε συνθήκες υγρασίας. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.5: α) Αξονική συνιστώσα του πεδίου υπό ξηρές συνθήκες, β) ακτινική συνιστώσα του πεδίου υπό ξηρές συνθήκες, γ) αξονική συνιστώσα του πεδίου υπό συνθήκες βροχής, δ) ακτινική συνιστώσα του πεδίου υπό συνθήκες βροχής.

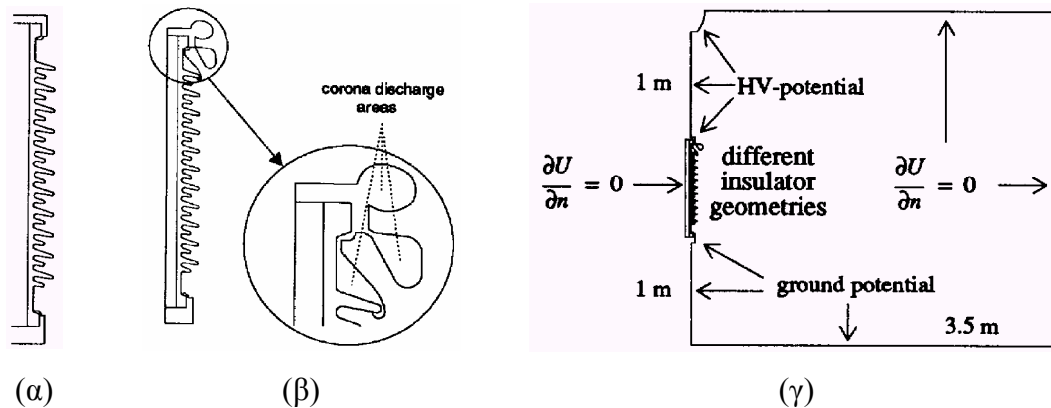
Για την οπτική καταγραφή των εκκενώσεων χρησιμοποιήθηκαν UV φωτογραφικές κάμερες και UV videos. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια των μετρήσεων η επιφάνεια του μονωτήρα (πορσελάνινος) ήταν εντελώς υδρόφιλη. Επίσης παρατηρήθηκε ότι αν ο αισθητήρας του πεδιομέτρου είναι πολύ κοντά στην περιοχή οπού συμβαίνει το εν λόγω φαινόμενο είναι δυνατόν να προκληθεί αύξηση στο φαινομένου Corona. Από τα πειράματα που διεξήχθησαν υπό ξηρές συνθήκες και υπό συνθήκες υγρασίας σε τάση 50 kV δεν παρατηρήθηκε φαινόμενο Corona. Αντίθετα, αυξανόμενης της τάσης οι εκκενώσεις στην περιοχή της ένωσης του ακροδέκτη υψηλής τάσης με το μονωτικό υλικό του μονωτήρα ήταν εμφανείς.

Παράλληλα [6] με τα πειράματα που έγιναν, επιχειρήθηκε και προσομοίωση του πεδίου με τη βοήθεια ενός δισδιάστατου προγράμματος, βασισμένου στη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων. Η σύγκριση των δυο μεθόδων θα δώσει μια πιο σαφή και

αντικειμενική εικόνα του πεδίου. Τα τρία διαφορετικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα παρακάτω:

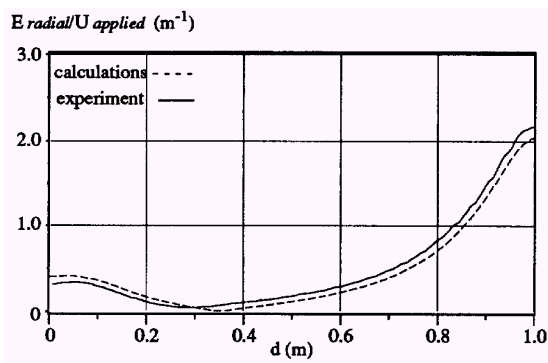
1. Το μοντέλο “χωρίς corona”, το οποίο αποτελείται μόνο από το μονωτήρα
2. Το μοντέλο “με corona”, στο οποίο το ηλεκτρόδιο υψηλής τάσης είναι εκτεταμένο προς την περιοχή όπου εμφανίστηκε το φαινόμενο corona συμπεριλαμβανόμενου και των πρόσθετων εκκενώσεων λόγω της επίδρασης του αισθητήρα του πεδιομέτρου
3. Το μοντέλο αυτό δεν λαμβάνει υπόψη του τις εκκενώσεις που οφείλονται στη μετρητική διάταξη (περιλαμβάνει μόνο τη χαμηλότερη προέκταση του ηλεκτροδίου που φαίνεται στο σχήμα 2.6α).

Στο παρακάτω σχήμα δίνεται η βασική γεωμετρία των μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν, όπως και οι συνοριακές συνθήκες.

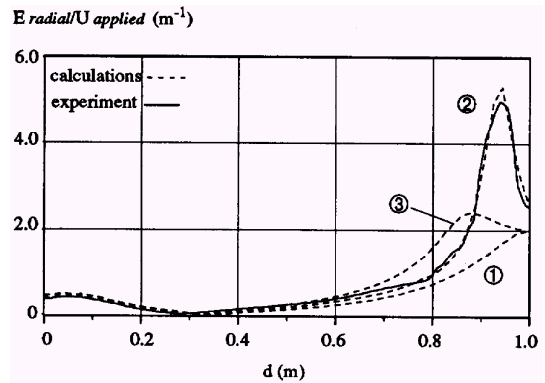


Σχήμα 2.6: α) Το απλό μοντέλο του μονωτήρα, β) το μοντέλο συμπεριλαμβανομένου του φαινομένου Corona και την επίδραση του “probe”, γ) η γεωμετρία των μοντέλων και οι συνοριακές συνθήκες που ορίστηκαν.

Η μετρούμενη ακτινική και αξονική πεδιακή κατανομή στα 50 kV, δεν αποκλίνει από τη αντίστοιχη μετρούμενη, όταν δεν έχουμε το φαινόμενο Corona. Όπως επίσης, με την εφαρμογή των άλλων δυο μοντέλων διαπιστώνουμε ότι οι μετρηθείσες τιμές προσεγγίζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό τις υπολογιζόμενες. Παρατηρήθηκε επίσης ότι αν ο αισθητήρας πεδιομέτρου δεν δημιουργεί φαινόμενο Corona, τότε αυτός δεν φαίνεται να επηρεάζει καθόλου το προς μέτρηση πεδίο. Με αλλά λόγια ο αισθητήρας δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα όταν η τάση έχει κατάλληλη τιμή ώστε να μην εμφανίζονται εκκενώσεις. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων, συγκρίθηκαν με τα πειραματικά δεδομένα, για την ακτινική συνιστώσα και παρουσιάζονται στο σχήμα 2.7.

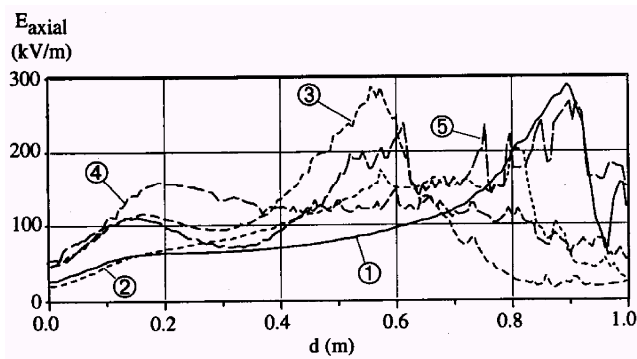


(α)

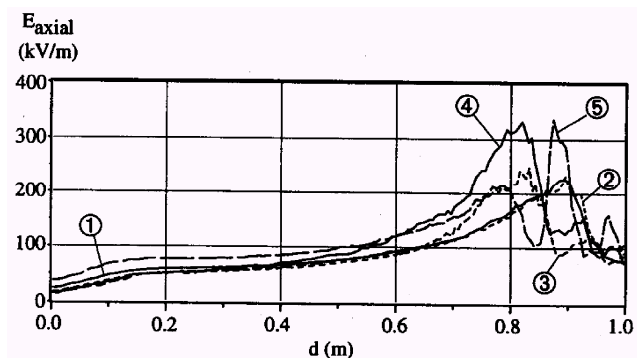


(β)

Σχήμα 2.7: Ακτινική συνιστώσα του πεδίου α) για εφαρμοζόμενη τάση 50kV, απλό μοντέλο μονωτήρα, β) για εφαρμοζόμενη τάση 127kV, ① απλό μοντέλο μονωτήρα, ② μοντέλο φαινομένου Corona και επίδρασης μετρητικής διάταξης, ③ μοντέλο φαινομένου Corona.



(α)



(β)

- ① ξηρές συνθήκες
- ② 50 μ S/cm, 0.4mm/min
- ③ 250 μ S/cm, 0.4mm/min
- ④ 50 μ S/cm, 1.6mm/min
- ⑤ 250 μ S/cm, 1.6mm/min

Σχήμα 2.8: Αξονική συνιστώσα του πεδίου κατά μήκος α) υδρόφιλου μονωτήρα, β) υδροφοβικού μονωτήρα.

Συνεχίζοντας τα πειράματα ο Hartings [6, 8] διεξήγαγε νέες σειρές μετρήσεων ηλεκτρικού πεδίου σε υδρόφιλο και υδροφοβικό μονωτήρα για διαφορετικές συνθήκες υγρασίας. Προκειμένου ο ένας μονωτήρας να αποκτήσει εντελώς

υδρόφοβη επιφάνεια, πλύθηκε προσεκτικά με δυνατό καθαριστικό πριν από κάθε πείραμα. Ο άλλος μονωτήρας ήταν εντελώς υδρόφιλος εξαιτίας ενός καλύμματος RTV. Ως δοκίμιο χρησιμοποίησε μονωτήρες των 85 kV, τους οποίους υπέβαλλε σε εναλλασσόμενη τάση των 50kV, 85 kV, 127 kV, σε βιομηχανική συχνότητα 50 Hz (Σχήμα 2.8). Για την οπτική καταγραφή των εκκενώσεων χρησιμοποίησε, όπως και στα προηγούμενα πειράματα, UV φωτογραφίες και UV video.

2.5 Δόκιμες ρύπανσης

Ένα από τα σημαντικότερα θέματα που απασχολεί πλέον τους κατασκευαστές μονωτήρων είναι τόσο ο προσδιορισμός της λειτουργίας τους, όσο και η βελτιστοποίηση της απόδοσης τους υπό συνθήκες ρύπανσης. Για αυτό και πολλά ερευνητικά κέντρα έχουν ασχοληθεί και ασχολούνται ακόμα με δόκιμες σε μονωτήρες υπό συνθήκες ρύπανσης. Αυτές οι δοκιμές μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες: δόκιμες με φυσική ρύπανση και δόκιμες με τεχνητή ρύπανση [8].

2.5.1 Δοκιμές με φυσική ρύπανση

Σε διάφορες περιοχές επιβαρημένες με ρύπανση έχουν κατασκευαστεί σταθμοί δοκιμών, στους οποίους πραγματοποιούνται δοκιμές, είτε υπό τάση, είτε χωρίς, σε μονωτήρες αφήνοντάς τους να ρυπανθούν φυσικά επί σειρά ετών. Οι δοκιμές αυτές είναι πολύ χρήσιμες, καθώς λαμβάνουν υπόψη τους τις φυσικές συνθήκες ρύπανσης, αλλά τα αποτελέσματά τους δίνουν πληροφορίες χρήσιμες ιδιαίτερα για την περιοχή στην οποία διεξάγονται [8].

Μέθοδοι δοκιμής

Οι δύο παρακάτω κατηγορίες μεθόδων δοκιμής ρύπανσης προτείνονται σαν τυπικές δοκιμές

- ◆ Η μέθοδος αλεσμένης υδατονέφωσης (ομίχλη με διάλυμα άλατος), στην οποία ο μονωτήρας υποβάλλεται σε ορισμένη περιβαλλοντική ρύπανση.
- ◆ Η μέθοδος συμπαγούς στρώματος, στην οποία ένα αρκούντως ομοιόμορφο στρώμα ρύπανσης, καθορισμένης πυκνότητας, εναποτίθεται στην επιφάνεια του μονωτήρα.

Σημείωση: Σ' αυτές τις μεθόδους δοκιμής, η τάση παραμένει σταθερή για μια

περίοδο μερικών τουλάχιστον λεπτών. Μεταβολές στις οποίες η τάση αυξάνεται συνεχώς μέχρι την εκφόρτιση, δεν είναι τυποποιημένες, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ειδικούς σκοπούς.

Στην Ιαπωνία, τη Σαουδική Αραβία αλλά και το Μεξικό κατασκευάστηκαν σταθμοί δοκίμων οι οποίοι εκτέλεσαν πειράματα τόσο υπό όσο και χωρίς τάση σε αλυσίδες πορσελάνινων μονωτήρων [8]. Στους ρυπαντές που συλλέχθηκαν από τους παραπάνω μονωτήρες μετρήθηκε η ισοδύναμη πυκνότητα εναποθέματος αλατιού (ESDD).

Στην Κίνα (Σαγκάη), κάνοντας ένα βήμα παραπάνω, εγκατέστησαν τέσσερις αντιπροσωπευτικούς τύπους πορσελάνινων μονωτήρων σε γραμμή μεταφοράς των 220kV εν λειτουργία για ένα χρόνο και στη συνέχεια τους απεγκατέστησαν προκειμένου να τους υποβάλλουν σε δοκιμές αντοχής σε θάλαμο τεχνητής ρύπανσης [8]. Παρατήρησαν ότι αν προστεθεί μία μικρή ποσότητα αλατιού στους ήδη ρυπασμένους μονωτήρες μειώνεται σε μεγάλο βαθμό η τάση υπερπήδησης, συνεπώς απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή αν η περιοχή είναι ευάλωτη σε ισχυρούς ανέμους προερχόμενους από τη θάλασσα.

Οι Vosloo και Holtzhausen [8], το 2003, παρουσίασαν πειράματα φυσικής ρύπανσης μονωτήρων ίδιου σχήματος, αλλά κατασκευασμένων από διαφορετικά υλικά, τα οποία διήρκεσαν ένα έτος. Η εναπόθεση ρύπανσης ελέγχθηκε στους υπό εξέταση μονωτήρες και συγκρίθηκε με την αντίστοιχη εναπόθεση σε μονωτήρες που βρίσκονταν εκτός τάσης. Τα πειράματα διεξήχθησαν στη Νότια Αφρική, σε περιοχή που συνδυάζει θαλάσσια (Ατλαντικός Ωκεανός), βιομηχανική (καμένο πετρέλαιο, άνθρακας, βαριά σωματίδια καύσιμου λαδιού, εκπομπές διυλιστηρίου κ.α.) και αγροτική (περιστασιακές πυρκαγιές, ψεκασμός φυτειών, θερισμός κ.α.) ρύπανση. Διαπιστώθηκε ότι η ύπαρξη αέρα, αλλά και η κατεύθυνσή του, επηρεάζουν σημαντικά την εναπόθεση ρύπανσης. Παρατηρήθηκε ότι στους μονωτήρες που δεν βρίσκονταν υπό τάση υπήρχε οπτικά περισσότερη ποσότητα ρύπανσης σε σύγκριση με τους μονωτήρες που βρίσκονταν υπό τάση, αν και οι μετρήσεις αγωγιμότητας στην επιφάνεια των μονωτήρων έδειξαν η αγωγιμότητα της ρύπανσης στους μονωτήρες που δεν βρίσκονταν υπό τάση ήταν μικρότερη σε σχέση με την επιφανειακή αγωγιμότητα των μονωτήρων που βρίσκονταν υπό τάση.

Απαιτήσεις για την διεξαγωγή δοκιμής

Τάση "δοκιμής

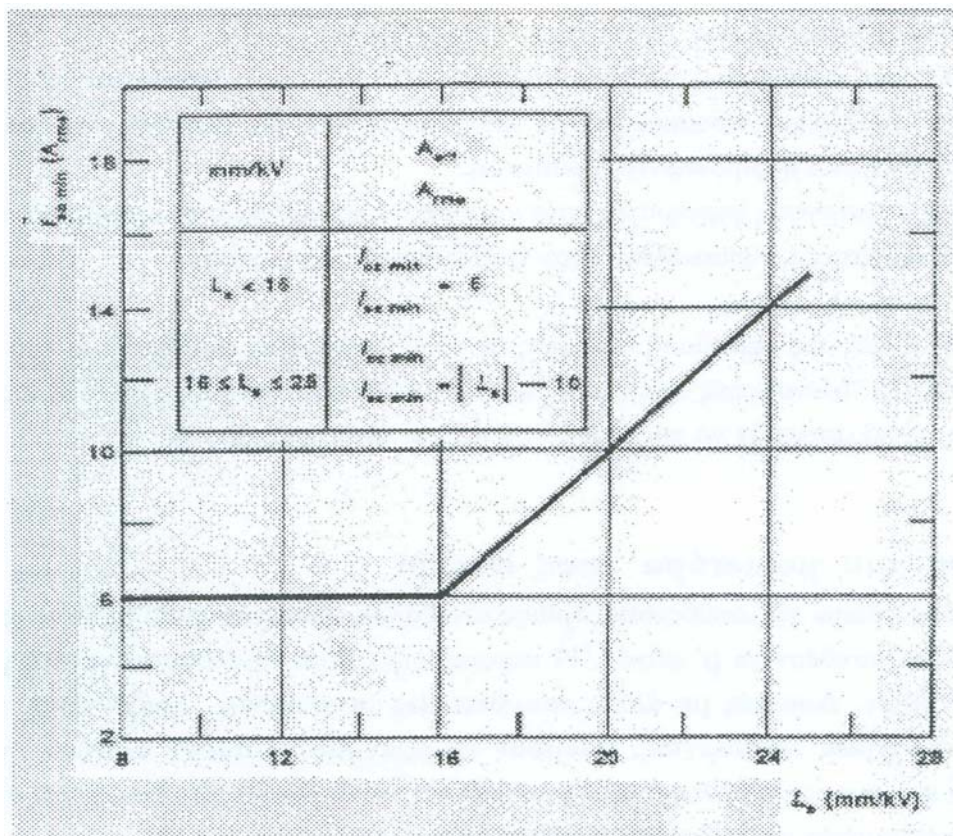
Η συχνότητα της τάσης δοκιμής πρέπει να είναι μεταξύ 48 HZ και 62 HZ.

Γενικά η τάση δοκιμής συμπίπτει με την υψηλότερη φασική τάση που απαιτείται ν' αντέξει ο μονωτήρας, υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

Ελάχιστο ρεύμα βραχυκυκλώσεως

Στις δοκιμές τεχνητής ρύπανσης, η κατασκευή δοκιμής χρειάζεται ένα ρεύμα βραχυκυκλώσεως (I_{sc}) υψηλότερο από τους άλλους τύπους δοκιμών μονωτήρων. Αυτό σημαίνει ότι το I_{sc} πρέπει να έχει μια ελάχιστη τιμή που ποικίλει με τις συνθήκες δοκιμής. Επίσης, υπάρχουν επιπλέον απαιτήσεις και σε άλλες παραμέτρους της κατασκευής δοκιμής.

Η ελάχιστη τιμή του I_{sc} ($I_{sc \text{ min}}$) δίνεται στο σχήμα 2.9 ως συνάρτηση του ειδικού μήκους ερπυσμού L_s του διηλεκτρικού.



Σχήμα 2.9: Ρεύμα βραχυκύκλωσης συναρτήσει του ειδικού μήκους ερπυσμού.

Ελάχιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης $I_{sc \text{ min}}$, που απαιτείται για την κατασκευή του διηλεκτρικού σαν συνάρτηση του ειδικού μήκους ερπυσμού L_s του διηλεκτρικού του υπό δοκιμή μονωτήρα (Η διαθέσιμη εμπειρία κρίνεται ανεπαρκής να δώσει τιμές στο

I_{sc} min για τις δοκιμές σε μήκη L_s μεγαλύτερα από 25 mm/kV

Εκτός από τις παραπάνω απαιτήσεις του I_{sc} min, η κατασκευή δοκιμής θα πρέπει να συμφωνεί με τις δύο ακόλουθες συνθήκες:

- Ο λόγος αντίσταση/ άεργο αντίσταση να είναι ίσος ή μεγαλύτερος από 0.1.
- Ο λόγος χωρητικό ρεύμα/ρεύμα βραχυκυκλώσεως (I_c/I_{sc}) να κυμαίνεται μέσα στα όρια 0.001-0.1.

Σε κάθε ξεχωριστή δοκιμή καταγράφηκε το μέγιστο πλάτος παλμού του ρεύματος διαρροής και η μέγιστη τιμή του (I_h max) ορίστηκε έχοντας υπόψη τα αποτελέσματα των τριών δοκιμών αντοχής.

Η τιμή του I_h max θα πρέπει να συμφωνεί με την ακόλουθη έκφραση:

$$I_{sc} / I_h \geq 11$$

2.5.2 Δοκιμές τεχνητής ρύπανσης

Το γεγονός ότι η πραγματοποίηση πειραμάτων φυσικής ρύπανσης απαιτεί πολύ χρόνο σε συνδυασμό με τη διαφοροποίηση των συνθηκών ρύπανσης από περιοχή σε περιοχή, οδήγησε τους επιστήμονες στη πραγματοποίηση διάφορων τεχνικών δοκιμών για την προσομοίωση φυσικών συνθηκών που προκαλούν υπερπήδηση λόγω ρύπανσης [8].

Ο McIlhagger [8], το 1969, διεξήγαγε πειράματα τοποθετώντας το μονωτήρα μέσα σε θάλαμο ρυθμιζόμενων συνθηκών υγρασίας. Με τη διάταξη που χρησιμοποίησε μέτρησε ταυτόχρονα τη θερμοκρασία και την τάση σε πορσελάνινο μονωτήρα δίνοντας ποσοτικές πληροφορίες για τη συμπεριφορά των μονωτήρων πολύπλοκου σχήματος, οι οποίοι λειτουργούν υπό δυσμενείς συνθήκες.

Γενικά οι δοκιμές τεχνητής ρύπανσης μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο ευρείες κατηγορίες:

- i. σε αυτή στην οποία ο μονωτήρας υπόκειται σε καθορισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες (π.χ. μέθοδος της αλατομίχλης – Salt fog method) και
- ii. σε αυτή στην οποία ο μονωτήρας είναι καλυμμένος με ένα στρώμα ρύπανσης πριν από την εφαρμογή της τάσης.

Πιο αναλυτικά:

- Η μέθοδος της αλατομίχλης μπορεί να συστηθεί για τους μονωτήρες που υποβάλλονται θαλάσσια ή “λεπτού στρώματος” ρύπανση λόγω της ευρύτητας της αξιοπιστίας της, της ακρίβειάς της και της ευκολίας με την οποία μπορούν να

ελεγχθούν οι συνθήκες δοκιμής.

- Η μέθοδος πυριτικού αλεύρου μπορεί να συστηθεί για τους μονωτήρες που υφίστανται βιομηχανική ρύπανση, η οποία χαρακτηρίζεται από τα παχιά στρώματα.
- Η μέθοδος της αντοχής σε ομίχλη και οι μέθοδοι ομίχλης ατμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μονωτήρες που υποβάλλονται τόσο σε θαλάσσια, όσο και βιομηχανική ρύπανση. Αυτές οι δοκιμές είναι ευέλικτες και μπορούν να προσαρμοστούν στις αναμενόμενες, ανά περίπτωση, φυσικές συνθήκες ρύπανσης.

Οι Gorur et al. [8] διεξήγαγαν μία σειρά πειραμάτων σε θάλαμο ρυθμιζόμενων συνθηκών ρύπανσης εξετάζοντας τη συμπεριφορά πολυμερών μονωτήρων, οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι από διαφορετικά υλικά, όταν υποβάλλονται τόσο σε εναλλασσόμενη, όσο και σε συνεχή τάση [8].

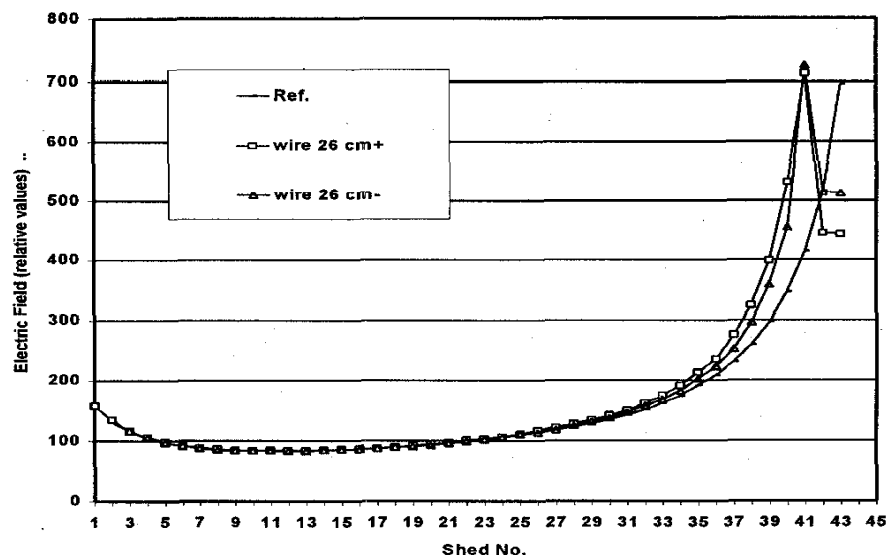
Οι Engelbrecht et al. [8], το 2003, διεξήγαγαν πειράματα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της αλατομίχλης (salt fog method) και με τη μέθοδο ξηρού στρώματος άλατος (dry-salt-layer method) με στόχο να συγκρίνουν τις δύο μεθόδους και να καταδείξουν την πιο αξιόπιστη μέθοδο για προσομοίωση συνθηκών θαλάσσιας ρύπανσης. Ως δοκίμιο χρησιμοποίησαν έναν πολυμερή μονωτήρα διέλευσης 800kV. Από άλλους ερευνητές έχει αποδειχθεί ότι η μέθοδος αλατομίχλης δίνει έγκυρα αποτελέσματα για τους μονωτήρες γυαλιού και πορσελάνης, που είναι τοποθετημένοι σε παράκτιες περιοχές. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων των Engelbrecht et al. έδειξαν ότι η μέθοδος της αλατομίχλης δεν είναι το ίδιο αξιόπιστη σε πολυμερείς μονωτήρες παράκτιων περιοχών [8].

Οι παραπάνω ερευνητές συνέκριναν τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών που διεξήγαγαν με αποτελέσματα άλλων ερευνητών που προέκυψαν από δοκιμές φυσικής ρύπανσης σε παράκτιες περιοχές. Τα αποτελέσματα της εργαστηριακής δοκιμής δεν βρέθηκαν σε καλή συμφωνία με τα αποτελέσματα των δοκιμών φυσικής ρύπανσης. Μια πιθανή εξήγηση για αυτή τη διαφορά είναι ότι στο εργαστήριο η συνολική δοκιμή γίνεται μόνο μία φορά, γεγονός που δεν προσομοιώνει τα αποτελέσματα μιας μακροπρόθεσμης συγκέντρωσης ρύπανσης.

2.6 Δοκιμές ελέγχου ελαττωματικών μονωτήρων

Εκτός από τις δοκιμές ρύπανσης (φυσικής ή τεχνητής) οι ερευνητές εκτελούν και

δοκιμές με βάση τις οποίες διαπιστώνουν την ελαττωματικότητα των μονωτήρων. Μια σειρά τέτοιων δοκιμών πραγματοποιήθηκε στο Quebec του Καναδά [11]. Οι δοκιμές αυτές πραγματοποιήθηκαν σε μονωτήρες οι οποίοι κατεστάθηκαν ελαττωματικοί για τους σκοπούς του πειράματος αλλά και σε μονωτήρες οι οποίοι κατεστάθηκαν ελαττωματικοί λόγω βλάβης κατά τη λειτουργία τους σε εξωτερικό περιβάλλον. Όλοι οι υπό εξέταση μονωτήρες ήταν σχεδιασμένοι για λειτουργία στα 735 kV αλλά για λόγους ασφαλείας τα πειράματα έγιναν υπό τάση 300 kV. Κατά την πρώτη σειρά πειραμάτων μια ρωγμή μήκους 32 cm προκλήθηκε στο μονωτήρα. Στην πρώτη δόκιμη δεν τοποθετήθηκε απολύτως τίποτα στη ρωγμή. Με αυτόν τον τρόπο διαπιστώθηκε ότι η ρωγμή στο σώμα ενός μονωτήρα δεν επηρεάζει καθόλου το πεδίο γύρω από αυτόν. Κατόπιν, ένα λεπτό χάλκινο καλώδιο μήκους 26 cm τοποθετήθηκε στο άκρο της υψηλής τάσης συνδεδεμένο με το άκρο του ηλεκτροδίου. Στην τρίτη δοκιμή το καλώδιο αυτό αποσυνδέθηκε από το άκρο του ηλεκτροδίου. Οι μετρήσεις από τις παραπάνω δοκιμές φαίνονται στο σχήμα 2.10.



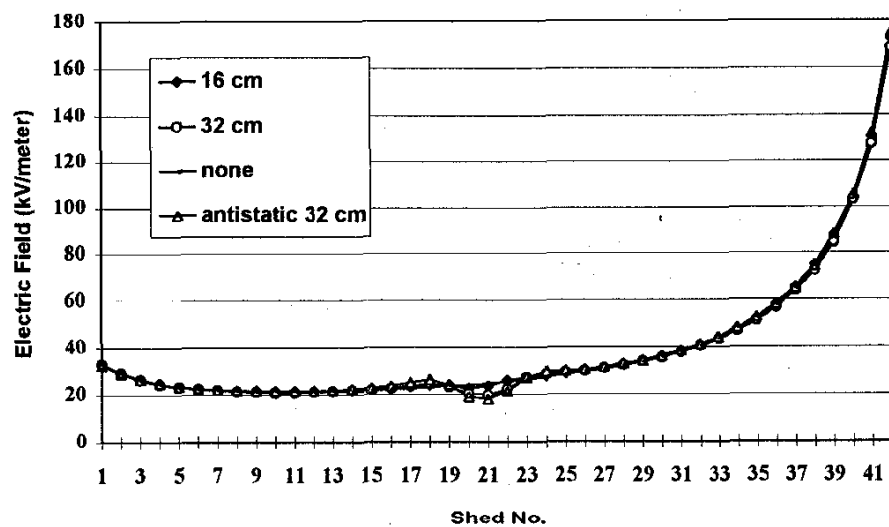
Σχήμα 2.10: Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου υπό τάση 300 kV σε ρωγμή 32 cm.

Στην επόμενη σειρά δοκιμών αγωγία και ημιαγωγία κομμάτια τοποθετήθηκαν στην ρωγμή. Στο σχήμα 2.11 φαίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων και διαπιστώνουμε ότι, ενώ οι τέσσερις γραφικές σχεδόν ταυτίζονται, στο σημείο της ρωγμής υπάρχει μια απόκλιση μεταξύ τους.

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης σειράς πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν τρεις ελαττωματικοί μονωτήρες με τομές μήκους 8cm, 16cm, 42cm αντίστοιχα.

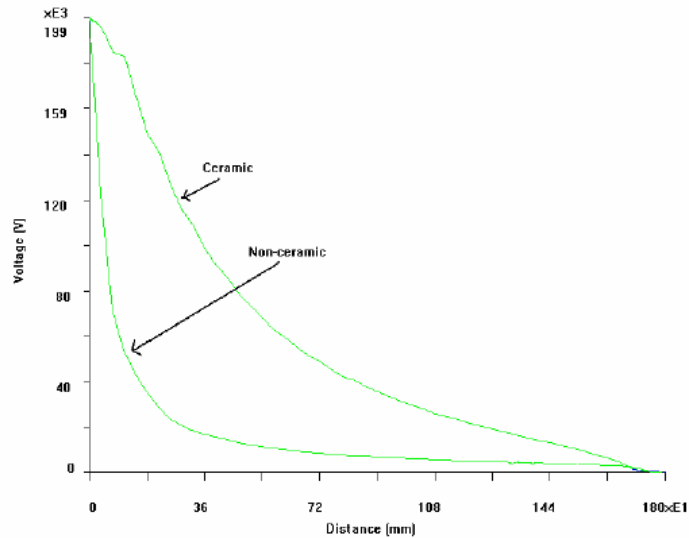
Από το 1993 με τη νέα αυτή μέθοδο εντοπισμού ελαττωματικών μονωτήρων πολλοί μονωτήρες ελέγχθηκαν [11]. Έτσι αναγνωρίστηκαν ελαττωματικοί μονωτήρες που

με τις προηγούμενες μεθόδους ελέγχου (κιάλια, οπτικός έλεγχος εξ αποστάσεως κ.τ.λ.) ήταν αδύνατος ο εντοπισμός τους. Στα επόμενα χρόνια η μέτρηση του ηλεκτρικού πεδίου του μονωτήρα αποτέλεσε σπουδαίο εργαλείο αφού έδωσε πολλές πληροφορίες για την κατάσταση των μονωτήρων, δηλώνοντας κάθε φορά επακριβώς την ανάγκη επισκευής, αντικατάστασης ή παράτασης της λειτουργίας του. Η συσκευή ελέγχου αποδείχθηκε πολύ χρήσιμη στο να καθορίζει την αναγκαιότητα μεσολάβησης συντήρησης τους.



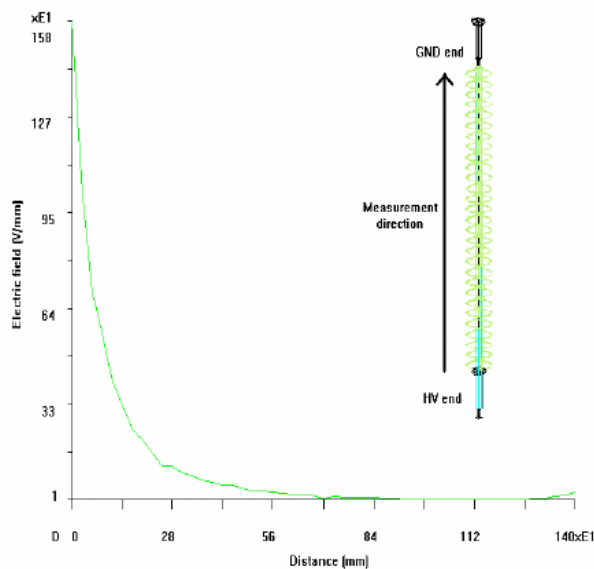
Σχήμα 2.11: Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου υπό τάση 300kV με τοποθέτηση αγωγίμων και ημιαγωγίμων κομματιών στη ρωγμή.

Η κατανόηση της κατανομής του ηλεκτρικού πεδίου είναι θεμελιώδης για το σχεδιασμό των μονωτήρων, αλλά και για τον εντοπισμό των εσωτερικών ελαττωμάτων τους [9]. Στους κεραμικούς μονωτήρες η κατανομή της τάσης είναι σχετικά πιο γραμμική εξαιτίας της παρουσίας των ενδιάμεσων μεταλλικών τμημάτων. Τα υλικά δεν καταστρέφονται με το φαινόμενο Corona. Συνεπώς το φαινόμενο αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα στους κεραμικούς μονωτήρες. Παρ' όλα αυτά στους μη κεραμικούς μονωτήρες, η κατανομή της τάσης είναι πολύ ανομοιόμορφη, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, και μπορεί να προκαλέσει φαινόμενο Corona.



Σχήμα 2.12: Σύγκριση κατανομής τάσης μεταξύ κεραμικών και μη κεραμικών μονωτήρων.

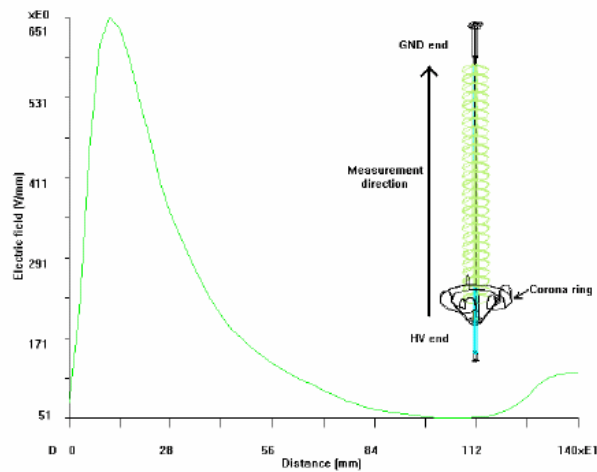
Οι δακτύλιοι Corona κανονικά χρησιμοποιούνται στους μη κεραμικούς μονωτήρες για τάση μεγαλύτερη από 230 kV, με σκοπό να μειωθεί το ηλεκτρικό πεδίο κοντά στο άκρο της γραμμής. Η επίδραση του φαινομένου μπορεί να εξακριβωθεί συγκρίνοντας την κατανομή του πεδίου για μη κεραμικούς μονωτήρες με και χωρίς δακτυλίδι Corona από τα παρακάτω σχήματα. Θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι για τους μονωτήρες με δακτυλίδι Corona, η αιχμή της έντασης του πεδίου αρχίζει να μειώνεται σημαντικά και η κατανομή του πεδίου γίνεται πιο ομοιόμορφη.



Σχήμα 2.13: Κατανομή πεδίου κατά μήκος ενός μη κεραμικού μονωτήρα χωρίς δακτύλιο Corona.

Παρατηρούμε ότι η ένταση του πεδίου κοντά στο άκρο υψηλής τάσης είναι σημαντικά μειωμένη. Συστήματα υψηλότερων τάσεων απαιτούν δακτύλιο Corona

μεγαλύτερων διαστάσεων.



Σχήμα 2.14: Κατανομή πεδίου κατά μήκος ενός μη κεραμικού μονωτήρα με δακτύλιο Corona.

Αποτελεσματικές μέθοδοι χρειάζονται προκειμένου οι ελαττωματικοί μονωτήρες να εντοπιστούν και να αντικατασταθούν εγκαίρως. Διάφορες μέθοδοι έχουν προταθεί για τον εντοπισμό των ελαττωμάτων αυτών, αλλά η μέθοδος του ηλεκτρικού πεδίου (E-field method) είναι η πιο ελπιδοφόρα, επειδή αυτή παρέχει έναν τρόπο εντοπισμού των εσωτερικών ελαττωμάτων. Τα ελαττώματα μπορεί να προκαλέσουν αλλαγές στην ιδιότητα των υλικών, η οποία αντικατοπτρίζεται σαν αλλαγή στο ηλεκτρικό πεδίο. Παρ' όλα αυτά όλα τα ελαττώματα δεν προκαλούν τόσο σημαντική αλλαγή στο ηλεκτρικό πεδίο ικανή να εντοπιστεί. Έτσι, υπάρχει ανάγκη να χαρακτηριστεί η μέθοδος του ηλεκτρικού πεδίου όσον αναφορά το μέγεθος, τις ιδιότητες και τη θέση του ελαττώματος. Τέλος, είναι απαραίτητο να ξέρουμε πόσο σύντομα θα εντοπιστεί ένα ελάττωμα κατά τη διάρκεια μιας συντήρησης ή επισκευής.

Διάφορες μέθοδοι έχουν προσδιοριστεί για τον εντοπισμό ελαττωμάτων σε ηλεκτροφόρες γραμμές (live line) και υπό συνθήκες εργαστηρίου. Μερικές από αυτές είναι : η ακουστική μέθοδος (buzz method), megger-based resistance method, η μέτρηση διηλεκτρικού ρεύματος (Dielectric current measurements), η μέθοδος των μερικών εκκενώσεων (Partial discharge method), οι μετρήσεις RIV (Radio Influence Voltage, ο χρόνος αντοχής (Time withstand), οι δοκιμές αντοχής υπό κρουστική τάση, η υπέρυθη θερμογραφία (Infrared thermography) και η μέθοδος του ηλεκτρικού πεδίου (Electric field method) [9].

2.7 Το πρόβλημα της ρύπανσης στο ελληνικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

➤ *Εισαγωγή*

Ένα από τα σοβαρά προβλήματα του Συστήματος Μεταφοράς της Ελλάδας είναι η θαλάσσια ρύπανση. Οι κύριες αιτίες που το προξενούν είναι η διαμόρφωση της ελληνικής χερσονήσου, με τη μεγάλη έκταση των πολυσχιδών ακτών και οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην Ανατολική Μεσόγειο, με το παρατεταμένο ξηρό θέρος και τους ισχυρούς και συστηματικούς ανέμους. Έτσι προβάλλει επιτακτική η ανάγκη ανάπτυξης μεθόδων προληπτικού καθαρισμού με τη μεγαλύτερη δυνατή αξιοπιστία, αποτελεσματικότητα και οικονομικότητα.

Αν σκεφτούμε ότι η συνολική επιφάνεια της Ελλάδος είναι 131,944 km², ενώ τα 25,166.24 km² (19.07%) από αυτά ανήκουν στο νησιωτικό τμήμα της χώρα και ότι οι ελληνικές ακτές έχουν συνολικό μήκος 15,021 km, αντιλαμβανόμαστε γιατί η ρύπανση για το Σύστημα Μεταφοράς της Ελλάδας σημαίνει συνήθως θαλάσσια ρύπανση.

Σ' αυτά πρέπει να προσθέσουμε τις κλιματολογικές και μετεωρολογικές συνθήκες, που δημιουργούν και εντείνουν το πρόβλημα της ρύπανσης, δηλαδή τη συχνότητα, την ένταση και την κατανομή των βροχοπτώσεων, τη διάρκεια και την ένταση των ανέμων και την ατμοσφαιρική υγρασία.

Μικροσκοπικά σταγονίδια θαλασσινού νερού, προϊόν έντονου κυματισμού και βραχωδών ακτών, μεταφέρονται από τους ανέμους και εναποτίθενται στα στοιχεία του συστήματος μεταφοράς. Έτσι δημιουργούνται κυρίως δύο προβλήματα: διάβρωση των αγωγών ACSR και ρύπανση των μονωτήρων. Η υγρασία κυρίως υπό μορφή δρόσου, διαβρέχει ολόκληρη την επιφάνεια του μονωτήρα και δημιουργεί συνθήκες υπερπηδήσεων κατά πολύ δυσμενέστερες του ψιλόβροχου, που διαβρέχει μόνο την πάνω επιφάνεια που αντιπροσωπεύει ποσοστό μικρότερο του 40% τόσο του συνολικού μήκος ερπυσμού όσο και της συνολικής επιφάνειας του μονωτήρα.

Στην αρχή γινόταν καθαρισμός των μονωτήρων μόνο στους υποσταθμούς (ΥΣ) αλλά σύντομα έγινε εμφανές ότι θα έπρεπε να επεκταθεί και στις γραμμές μεταφοράς (ΓΜ).

➤ Συμβουλές

Σωστή επιλογή μονωτήρων

Η μέχρι στιγμής εμπειρία έχει δείξει ότι οι συνθετικοί μονωτήρες παρουσιάζουν σαφή υπεροχή έναντι των υπολοίπων, τουλάχιστον ως προς την υπερπήδηση. Επιπλέον υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις για καταφανή υστέρηση των μονωτήρων 150 kV. Έτσι, σε θέσεις δύσβατες, όπου η προσέγγιση για πλύσιμο είναι δύσκολη, συνιστάται η αντικατάσταση των μονωτήρων 400 kV με διατάξεις Λ από συνθετικούς μονωτήρες 150 kV (ISOFLON). Η επικρατούσα άποψη είναι ότι η αποτυχία του συγκεκριμένου τύπου μονωτήρων οφείλεται σε μορφολογικά αίτια, που εμποδίζουν τον αυτοκαθαρισμό από το νερό της βροχής, χωρίς να τον προστατεύουν από τη συγκέντρωση των ρύπων.

Πιο συγκεκριμένα, ενώ στους μονωτήρες ομίχλης πορσελάνης 150 kV τα 21 από τα 43 cm συνολικά του μήκους ερπυσμού (48.8%) ή τα 1,640 στα 3,090 cm² της συνολικής επιφάνειας (53%) αντιστοιχούν σε επιφάνεια εξωτερική που μπορεί δηλαδή να διαβραχεί και να καθαριστεί από το νερό της βροχής, στους μονωτήρες 400 kV τα αντίστοιχα μεγέθη είναι για μεν το μήκος ερπυσμού 18 στα 54 cm (33.3%) για δε την επιφάνεια 1,430 στα 3,910 cm² (36.6%).

Επιπλέον, στο μονωτήρα των 150 kV ένα μεγάλο μέρος της εσωτερικής επιφάνειας της «φούστας» του μονωτήρα καθορίζεται από τις σταγόνες δυνατής βροχής λόγω ανακλάσεων στην πάνω (εξωτερική) επιφάνεια του επόμενου μονωτήρα. Αντίθετα, στους μονωτήρες των 400 kV δεν συμβαίνει το ίδιο λόγω μεγάλης απόστασης μεταξύ των πτυχώσεων της κάτω επιφάνειας του ενός και της πάνω επιφάνειας του επόμενου μονωτήρα, που είναι σχεδόν διπλάσια απ' ότι στους μονωτήρες 150 kV .

Η επικάλυψη των μονωτικών διατάξεων με ειδικό σιλικονούχο λίπος (silicon grease) έχει αποδειχθεί πολύ αποτελεσματικό αντίμετρο για τα προβλήματα της ρύπανσης.

Η κατά τακτά χρονικά διαστήματα αντικατάστασή του όμως αποτελεί ένα σοβαρό εμπόδιο στη γενίκευση της χρήσης του δεδομένου ότι η σχετική εργασία και χρονοβόρα είναι και δεν είναι από τις πλέον προσιλεις για το προσωπικό των συνεργείων. Έτσι συνιστάται περιορισμένη χρήση της μεθόδου σε ευαίσθητα στοιχεία όπου κατά κανόνα οι απομονώσεις για συχνά πλυσίματα είναι από δύσκολες έως ανέφικτες.

Καθαρισμός

Με δεδομένο ότι η εργασία του καθαρισμού των μονωτήρων γίνεται προληπτικά, ο

χρόνος και ο τόπος των επεμβάσεων πρέπει να επιλέγεται προσεκτικά. Σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη είναι οι καιρικές συνθήκες και η πιθανότητα βροχοπτώσεων που μπορεί να κάνει περιττή μια επέμβαση καθαρισμού, σε αντίθεση με μια κακοκαιρία με έντονους ανέμους, αλλά χωρίς βροχή.

Επίσης είναι χρήσιμη η αξιολόγηση της επίδρασης διαφόρων μικροπεριβαλλόντων (π.χ. ο σχηματισμός δρόσου είναι εντονότερος στα χαμηλά μέρη μιας πεδιάδας) ή κάποιων ανθρώπινων δραστηριοτήτων συστηματικών (π.χ. καλλιεργητικές συνήθειες, κυκλοφορία οχημάτων-μηχανημάτων, που είναι εντονότερες στα πεδινά μέρη, η λειτουργία ενός λατομείου αδρανών οικοδομικών υλικών σε συνάρτηση με την απόσταση και τους ανέμους, ένας πολυσύχναστος αγροτικός χωματόδρομος κλπ.) ή έκτακτων (π.χ. τεχνικά έργα) ή κάποιων τοπικών φαινομένων (π.χ. πυρκαγιά).

Μέθοδοι αξιολόγησης της ανάγκης επέμβασης καθαρισμού

Η μέθοδος της επιθεώρησης με το φως της ημέρας βασίζεται στην οπτική εντύπωση που προκαλούν οι ρύποι πάνω στο μονωτήρα. Είναι εύκολη και γρήγορη μέθοδος, δεν απαιτεί ειδικά όργανα και γίνεται με τις εγκαταστάσεις υπό τάση μέσα στο κανονικό ωράριο εργασίας. Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι δεν υπάρχει πάντα αντιστοιχία μεταξύ της οπτικής εντύπωσης και της σοβαρότητας της ρύπανσης.

Ειδικά η θαλάσσια ρύπανση, που είναι και η σοβαρότερη, προκαλεί ελάχιστη οπτική εντύπωση. Επί πλέον η, ίδια ρύπανση δίνει άλλη οπτική εντύπωση σε ένα γυάλινο μονωτήρα από ότι σ' ένα μονωτήρα πορσελάνης. Τελικά είναι μια εμπειρική μέθοδος επί της οποίας δεν είναι σωστό να εδραιώνονται τόσο σοβαρές αποφάσεις όπως το πλύσιμο ή μη των εγκαταστάσεων.

Η επιθεώρηση τη νύχτα με συνθήκες υγρασίας στηρίζεται στην οπτική και ακουστική εντύπωση που προκαλούν οι υπερπηδήσεις. Εκ της φύσεώς η μέθοδος αυτή είναι απαλλαγμένη από τους παράγοντες «είδος μονωτήρα» και «είδος ρύπου», εντοπίζοντας αυτό καθ' εαυτό το πρόβλημα.

Η μέτρηση του ρεύματος διαρροής είναι μια παραλλαγή της προηγούμενης μεθόδου. Η διάγνωση του προβλήματος στηρίζεται τώρα σε ένα μετρήσιμο μέγεθος άρα καθίσταται αυτομάτως πιο ακριβής και αξιόπιστη.

Απαιτεί όμως και αυτή ειδικές συνθήκες καθώς και ειδικές εγκαταστάσεις και όργανα. Είναι μια εργαστηριακή μέθοδος (υπό την ευρεία έννοια).

Με τη μέθοδο ESDD (ισοδύναμου αλμυρότητας) μετριέται η συνιστώσα του ρύπου

που έχει σχέση με το πρόβλημα της υπερπήδησης.

Είναι ακριβής μέθοδος, απαιτεί τη χρήση ενός απλού οργάνου και κάποιων απλών μέσων (ογκομετρικό δοχείο, αποσκληρωμένο νερό, θερμομέτρο κλπ.)

➤ **Η αντιμετώπιση του προβλήματος της ρύπανσης**

Προληπτικά μέτρα

Πρέπει να γίνει από το στάδιο της μελέτης των ΓΜ και των ΥΣ πρόβλεψη για αυξημένο μήκος ερπυσμού των μονωτικών διατάξεων ειδικότερα στις περιοχές όπου η επίδραση της θάλασσας έχει εκτιμηθεί ως αμεσότερη.

Επιλογή κατάλληλου σχεδιασμού εγκαταστάσεων Μεταφοράς

Για τις ΓΜ σημαίνει επιλογή της κατάλληλης όδευσης των ΓΜ, ώστε κατά το δυνατόν να αποφεύγεται η έκθεση τους σε ρυπογόνους παράγοντες. Για τους ΥΣ ο αντιρρυπαντικός σχεδιασμός οδήγησε (εκτός από την επιλογή της αυξημένης μόνωσης στην πλευρά των 150 kV) στην κατασκευή κλειστών ΥΣ για την πλευρά των 15 kV.

Κατασταλτικά μέσα

Προς το παρόν εφαρμόζεται το πλύσιμο των μονωτήρων εκτός τάσεως με εκτόξευση δέσμης νερού υπό πίεση. Για το πλύσιμο των ΓΜ η συνηθέστερη μέθοδος είναι η εκτόξευση δέσμης από το άκρο άκαμπτου μεταλλικού ή πλαστικού σωλήνα (μαρκούτσι) που καταλήγει σε μπεκ διαμέτρου Φ4 mm.

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερο η χρήση ελικοπτέρου για πλύσιμο των ΓΜ υπό τάση. Παράλληλα καθιερώνονται και άλλες μορφές αντιρρυπαντικών επεμβάσεων όπως το πλύσιμο υπό τάση στους ΥΣ με σταθερά ή κινητά συστήματα και η χρήση ειδικών υλικών επικαλύψεων (R.T.V). Σημειώνεται εδώ ότι το νομοθετικό κενό που υπάρχει στην Ελλάδα για εργασίες υπό τάση στο Σύστημα Μεταφοράς δημιουργεί εμπόδια στην καθιέρωση του πλυσίματος υπό τάση.

Κεφάλαιο 3

Πειραματική διάταξη

3.1 Περιγραφή δοκιμών

Στο Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. διεξήχθησαν πειράματα για τη μέτρηση του ηλεκτρικού πεδίου σε αλυσοειδείς μονωτήρες τύπου cap and pin, οι οποίοι χρησιμοποιούνται από τη ΔΕΗ για την ανάρτηση γραμμών μεταφοράς 400kV. Κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν τυποποιημένες αλυσίδες μονωτήρων πορσελάνης ή υάλου, τύπου κανονικού ή ομίχλης. Πιο αναλυτικά μελετήθηκαν οι εξής αλυσίδες:

- ♦ Δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες πορσελάνης για 400 kV (κωδικός Δ.Ε.Η 070), τύπου κανονικού με διάμετρο 280mm, βήμα 170mm, και μήκος ερπυσμού 370mm (Σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1: Πορσελάνινος δισκοειδής μονωτήρας, τύπου κανονικού

- ◆ Δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες γυαλιού για 400 kV (κωδικός Δ.Ε.Η 082), τύπου κανονικού με διάμετρο 280mm, βήμα 170mm, και μήκος ερπυσμού 270 (Σχήμα 3.2).



Σχήμα 3.2: Γυάλινος δισκοειδής μονωτήρας, τύπου κανονικού

- ◆ Δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες γυαλιού για 400 kV (κωδικός Δ.Ε.Η 112), τύπου ομίχλης με διάμετρο 320mm, βήμα 170mm, και μήκος ερπυσμού 540mm (Σχήμα 3.3).



Σχήμα 3.3: Γυάλινος δισκοειδής μονωτήρας, τύπου ομίχλης

- ♦ Δεκαέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες πορσελάνης για 400 kV (κωδικός Δ.Ε.Η 100), τύπου ομίχλης με διάμετρο 320mm, βήμα 170mm, και μήκος ερπυσμού 540mm (Σχήμα 3.4).



Σχήμα 3.4: Πορσελάνινος δισκοειδής μονωτήρας, τύπου ομίχλης

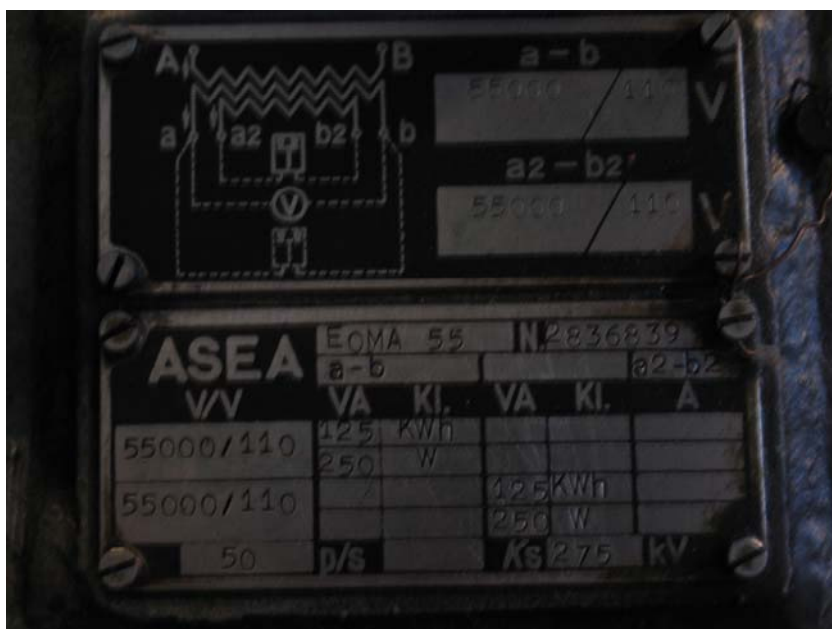
3.2 Πειραματική διάταξη

3.2.1 Μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου. Στο σχήμα 3.5 φαίνεται η τράπεζα χειρισμών του εργαστηρίου από όπου τροφοδοτούσαμε το πρωτεύον του μετασχηματιστή που είναι συνδεδεμένος ο αγωγός με την αλυσίδα.. Ακριβώς πίσω από την τράπεζα χειρισμών βρίσκεται ο μετασχηματιστής.



Σχήμα 3.5: Τράπεζα χειρισμών

Στο σχήμα 3.6 φαίνονται τα χαρακτηριστικά του μετασχηματιστή.



Σχήμα 3.6: Χαρακτηριστικά λειτουργίας Μ/Σ

Για τη μέτρηση του ηλεκτρικού πεδίου χρησιμοποιείται το πεδιόμετρο PMM 8053A (Σχήμα 3.7) και ο αισθητήρας (probe) PMM EHP 50B (Σχήμα 3.8), τα οποία συνδέονται μέσω οπτικής ίνας. Το probe τοποθετήθηκε σε διάφορα σημεία του οριζόντιου επιπέδου (δαπέδου), ενώ παράλληλα, με τη βοήθεια επάλληλων σωλήνων, πάνω στους οποίους ενσωματώθηκε ο αισθητήρας, λήφθηκαν μετρήσεις και σε 34 σημεία του κατακόρυφου επιπέδου, παράλληλου στον άξονα του αλυσοειδούς μονωτήρα. Στο σχήμα 3.9 παρουσιάζεται αναρτημένος ο προς μέτρηση μονωτήρας καθώς και το πεδιόμετρο τοποθετημένο σε κάποια θέση του χώρου. Σημείο αναφοράς για τις μετρήσεις στο κατακόρυφο επίπεδο θεωρήθηκε το ύψος του αγωγού. Στο σχήμα 3.10 φαίνονται τα 11 σημεία του επιπέδου στα οποία έγιναν οι μετρήσεις. Στο δισδιάστατο επίπεδο, ως άξονας x θεωρείται ο άξονας που είναι παράλληλος στον αγωγό υψηλής τάσης, ενώ ως άξονας y θεωρείται ο άξονας κάθετος στον αγωγό. Το σημείο (0,0) είναι το σημείο όπου ο κατακόρυφος άξονας του μονωτήρα τέμνει το οριζόντιο πεδίο.



Σχήμα 3.7:Πεδιόμετρο



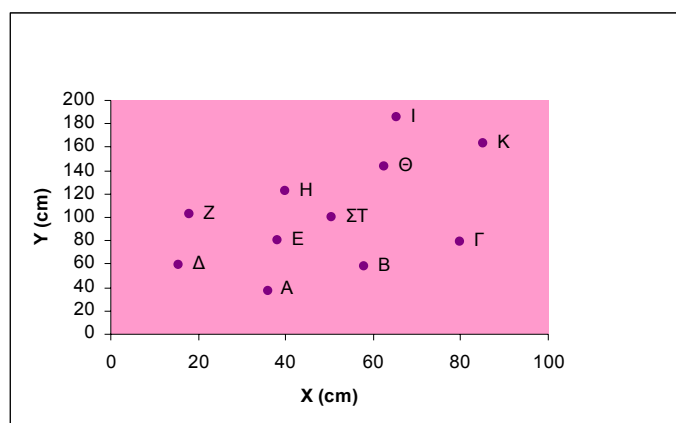
Σχήμα 3.8:Αισθητήρας (probe)



Σχήμα 3.9: Η θέση του πεδιομέτρου γύρω από το μονωτήρα και τον αγωγό Υ.Τ.

Με τη βοήθεια του πεδιομέτρου μετρήσαμε τις τρεις συνιστώσες του πεδίου (συνιστώσα x , συνιστώσα y , συνιστώσα z), αλλά και το μέσο όρο αυτών κατ' απόλυτη τιμή.

Θέση	X [cm]	Y [cm]
A	36	37,5
B	58	57,5
Γ	80	78,5
Δ	15,5	59,5
E	38	80
ΣΤ	50,5	100,5
Z	18	102
H	40	122,5
Θ	62,5	143
I	85	163,5
K	65,5	185



Σχήμα 3.10: Απεικόνιση σημείων στο δισδιάστατο επίπεδο.

Η εφαρμοζόμενη τάση στο πρωτεύον του Μ/Σ ήταν σταθερή και ίση με 40V, πολλαπλασιαζόμενη με το λόγο μετασχηματισμού α μας έδινε την εφαρμοζόμενη τάση στον αλυσοειδή μονωτήρα που ήταν ίση με 20 kV.

3.3 Περιγραφή πεδιομέτρου και αισθητήρα (probe)

Παρακάτω δίνεται περιγραφή χειρισμού του συγκεκριμένου πεδιομέτρου αλλά και τα βασικά χαρακτηριστικά του probe.

Χαρακτηριστικά του αναλυτή ηλεκτρομαγνητικού πεδίου EHP-50B			
	ηλεκτρικό πεδίο		μαγνητικό πεδίο
εύρος συχνότητας	5Hz-100kHz		
επίπεδο κλίμακας	0.01V/m-100kV/m		1nT-10mT
υπερφόρτιση	200kV/m (@50Hz)		20mT (@50Hz)
δυναμικό		>140dB	
διάσπαση	0.001V/m		1nT
ευαισθησία	0.01V/m		1nT
απόλυτο σφάλμα	± 0.5dB(50Hz, 1 kV/m)		± 0.5dB(50Hz, 0.1mT)
ομαλότητα (40Hz-10kHz)	± 0.5dB		± 0.5dB
ισοτροπικότητα	± 1dB		
γραμμικότητα	± 0.2dB(1V/m-100kV/m)		± 0.2dB((200nT-10mT)
SPAN	100Hz, 200Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz, 10kHz, 100kHz,		
συχνότητα έναρξης	1.2% του SPAN		
συχνότητα λήξης	ίση με του SPAN		
απόρριψη ηλ. Πεδίου	-		>20dB
απόρριψη μαγν. Πεδίου	>20dB		-
βαθμονόμηση	εσωτερική στα E ² PROM		
Σφάλμα θερμοκρασίας	0.05dB/ °C		
Μέγεθος	96*96*115mm		
βάρος	525g		
τρίποδο στήριξης			
εσωτερική μπαταρία	επαναφορτιζόμενες NiMH μπαταρίες (5*1.2V)		
χρόνος λειτουργίας	>10 hours>150 hours σε χαμηλής ισχύος mode		
χρόνος επαναφόρτισης	<4 hours		
εξωτερική DC τροφοδότηση	DC, 10-15V, I= περίπου 200mA		
σύνδεση οπτικής ίνας	πάνω από 80 μέτρα		
ενημέρωση λογισμικού	μέσω του serial port		
αυτόματος έλεγχος	αυτόματα όταν σβήνει ο μετρητής		
θερμοκρασία λειτουργίας	10oC έως 40oC		
θερμοκρασία αποθήκευσης	20°C έως 70°C		



Σχήμα 3.11:Σύνδεση πεδιομέτρου με την οπτική ίνα

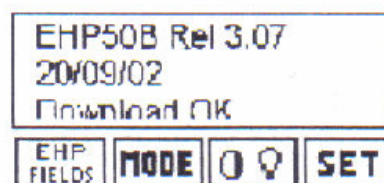
Εγκατάσταση του EHP-50B στο 8053A: Για να εγκαταστήσουμε το probe τύπου EHP-50B, συνδέουμε α) την οπτική ίνα η οποία παρέχεται με το probe, στην υποδοχή του με την επιγραφή OPTIC LINK, φροντίζοντας το βύσμα να ταιριάζει στην υποδοχή (σχήμα 3.11) β) και το άλλο άκρο της οπτικής ίνας στην υποδοχή με την επιγραφή OPTIC LINK του PMM 8053A.

Ο συνδυασμός PMM EHP-50B μπορεί τώρα να ενεργοποιηθεί πατώντας το Κόκκινο κουμπί POWER για ένα δευτερόλεπτο. Τότε το 8053A και το EHP-50B θα ξεκινήσουν να επικοινωνούν. Το EHP-50B θα αρχίσει να φορτώνει όλα τα εσωτερικά δεδομένα στο 8053A και στην οθόνη είναι πιθανό να εμφανιστεί ο τύπος του probe(EHP-50B) που συνδέθηκε και ο εσωτερικός τύπος του λογισμικού του.

Ενεργοποίηση του EHP-50B στο 8053A: Το EHP-50B συνδέεται με το μετρητή PMM 8053A μέσω της οπτικής ίνας. Για να ενεργοποιήσουμε τη σύνδεση, εγκαθιστούμε το PMM 8053A ως εξής:

1. Πιέζουμε το κουμπί SET για να ενεργοποιηθεί ένα παράθυρο από το οποίο οι κύριες παράμετροι και ρυθμίσεις μπορούν να επιλεγούν.
2. Επιλέγουμε την εντολή SERIAL.
3. Επιλέγουμε OPTICAL.

Με βοήθεια όλων αυτών των ρυθμίσεων γίνεται δυνατή μέσω της οπτικής ίνας, η σύνδεση και η αναγνώριση του EHP-50B από το 8053A.



Αφού γίνει η απαραίτητη σύνδεση, ο τύπος του probe, EHP-50B, θα εμφανιστεί στην οθόνη του μετρητή, στο πάνω αριστερό πλαίσιο με την επιγραφή Rep.ter.

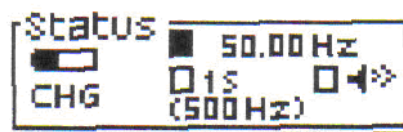


Στο σχήμα 3.12 φαίνεται το κυρίως μενού του πεδιομέτρου.

Στην πρώτη γραμμή του σχ. 3.12 στο αριστερό πλαίσιο απεικονίζεται η ισχύουσα κατάσταση διαφόρων παραμέτρων και ρυθμίσεων του πεδιομέτρου. Φαίνεται ο τύπος του probe που συνδέθηκε, όπως και η τάση της μπαταρίας.

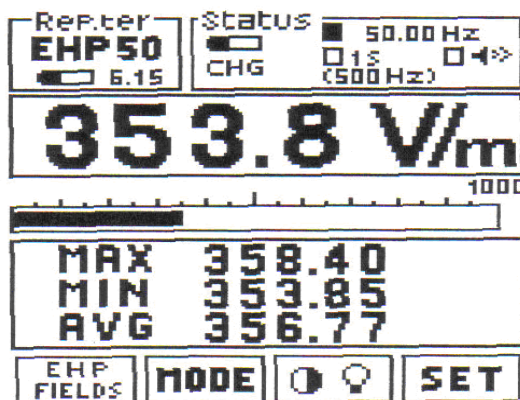


Στην πρώτη γραμμή του σχ. 3.12 στο δεξί πλαίσιο φαίνεται το επίπεδο φόρτισης της μπαταρίας. Υπάρχει μια ένδειξη σήματος κινδύνου και οι σχετικές ρυθμίσεις για αυτό, η συχνότητα στην οποία πραγματοποιούνται οι μετρήσεις και τέλος αναφέρεται και η συχνότητα καταγραφής των μετρήσεων από το πεδιόμετρο.



Στη δεύτερη γραμμή του σχήματος 3.12 αναγράφεται η ψηφιακή τιμή της ένδειξης του οργάνου σύμφωνα με την ισχύουσα μονάδα μέτρησης. Αυτή η ένδειξη υπολογίζεται με βάση τον παρακάτω τύπο: $V / m_{ολικό} = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$

Στην τρίτη γραμμή του σχήματος 3.12 αναγράφεται η αναλογική τιμή της ένδειξης του οργάνου η οποία μπορεί να είναι γραμμική ή λογαριθμική.



Σχήμα 3.12: Κυρίως μενού πεδιομέτρου

Επίσης μας δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουμε τη μονάδα μέτρησης για το

ηλεκτρικό πεδίο ή για το μαγνητικό πεδίο με δυο διαφορετικής κλίμακας τιμές μέσω ενός κομβίου που βρίσκεται στην πέμπτη γραμμή του σχήματος 3.12:



Για το ηλεκτρικό πεδίο υπάρχουν:

1k=1000V/m 100k=100kV/m

Για το μαγνητικό πεδίο υπάρχουν:

100μ=100μT 10m=10mT

Με την ενεργοποίηση του κουμπιού MODE, οι τέσσερις πιθανές μέθοδοι λειτουργίας είναι οι εξής:



1. ABS %: παρουσιάζονται οι τρεις ανυσματικές συνιστώσες του μετρούμενου πεδίου σε απόλυτες και ποσοστιαίες τιμές.

X	274.64	ABS	X	64.0	%
Y	115.75		Y	11.3	
Z	177.97		Z	24.6	

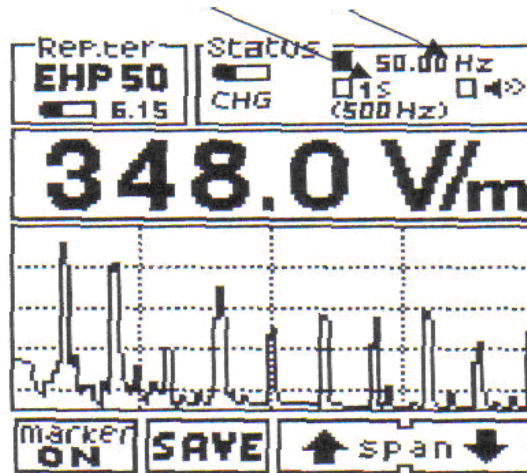
2. MIN-MAX/AVG, MIN-MAX/RMS: οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές εκφράζονται ως αριθμητικοί μεσοί όροι (AVG) ή ως τετραγωνικοί μεσοί όροι (RMS). Παρακάτω δίνονται οι αναλυτικοί τύποι υπολογισμού για τους αριθμητικούς και τετραγωνικούς μέσους όρους.

$$AVG = \frac{1}{T} \int_0^T |E(t)| dt$$



$$RMS = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T |E(t)|^2 dt}$$

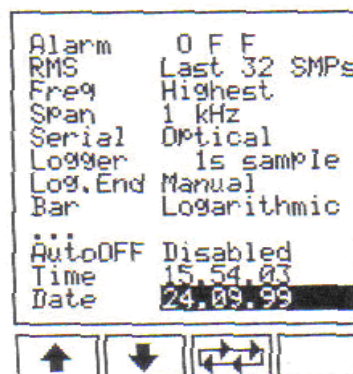
3. SPECT MODE: Σε αυτή τη μέθοδο, το EHP-50B παρουσιάζει μια FFT (γρήγορη σύγκλιση Fourier) ανάλυση μεταξύ των επιλεγμένων SPAN και εμφανίζει τα αποτελέσματα στην οθόνη του 8053A. Η υψηλότερη συχνότητα σήματος παρουσιάζεται στην πρώτη σειρά ενώ το set value του

SPAN παρουσιάζεται στις αγκύλες του πλαισίου STATUS.



4. DATA LOGGER: ο χρήστης αποθηκεύει τα δεδομένα των μετρήσεων και τα σώζει σε ένα αρχείο. Όλα τα αρχεία είναι αριθμημένα προοδευτικά και περιλαμβάνουν α)ημερομηνία και ώρα που ξεκίνησαν οι μετρήσεις β)τη μέση τιμή των μετρήσεων γ)την τιμή του κάθε μεμονωμένου δεδομένου δ)τα σχόλια του χρήστη. Με βάση το σχήμα 3.12, στην πέμπτη γραμμή

- ◆  Το τρίτο κατά σειρά κουμπί μας δίνει τη δυνατότητα να προσαρμόσουμε το φωτισμό της οθόνης με βάση το περιβάλλον φωτισμό έτσι ώστε να βλέπουμε καλύτερα την οθόνη.
- ◆  Το τέταρτο κατά σειρά κουμπί επιτρέπει στο χρήστη να επέμβει και να επιλέξει βασικές παραμέτρους και ρυθμίσεις για τις μετρήσεις. Πατώντας λοιπόν το SET εμφανίζεται στην οθόνη ο παρακάτω πίνακας:



- ◆ Alarm: Με αυτή τη λειτουργία, όταν το μετρούμενο πεδίο υπερβεί την τάση κατωφλίου, ενεργοποιούνται κάποιες διαδικασίες, οι οποίες μας ειδοποιούν για αυτή την υπέρβαση.

- ✚ Μπορούμε να επιλέξουμε RMS ή AVG πατώντας τα βελάκια στο κάτω μέρος της σελίδας. Επίσης, μπορούμε εμείς να θέσουμε το χρονικό εύρος υπολογισμού των δυο παραπάνω μεγεθών.
- ✚ Freq: σε αυτή τη λειτουργία υπάρχουν δυο επιλογές, wideband και highest.
- ✚ Span: Δυνατότητα επιλογής φάσματος
- ✚ Serial: Υπάρχουν δυο επιλογές ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης του πεδιομέτρου με το probe. Αν η σύνδεση είναι καλωδιακή τότε επιλέγουμε 'wired', ενώ αν η σύνδεση έγινε μέσω οπτικής ίνας επιλέγουμε 'optical'.
- ✚ Logger: Καθορισμός δειγματοληψίας για τη λειτουργία απόκτησης και αποθήκευσης μετρήσεων πεδίου για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- ✚ Log.End: αυτή η λειτουργία καθορίζει πόσος χρόνος απαιτείται για την απόκτηση των στοιχείων. Οι πιθανές επιλογές είναι:
 1. χειροκίνητα: η καταγραφή θα σταματήσει χειροκίνητα.
 2. 1 min : η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 1 λεπτό.
 3. 2 min: η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 2 λεπτά.
 4. 4 min: η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 4 λεπτά.
 5. 6 min: η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 6 λεπτά.
 6. 12 min: η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 12 λεπτά.
 7. 20 min: η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 20 λεπτά.
 8. 30 min: η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 30 λεπτά.
 9. 60 min: η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 60 λεπτά.
- ✚ Bar: σε αυτό το πεδίο επιλέγουμε γραμμική ή λογαριθμική κλίμακα στην αναλογική μπάρα.
- ✚ AutoOFF: το πεδιομέτρο μπορεί να σβήσει χειροκίνητα ή αυτόματα, αφού αυτό ήταν ενεργό για μια καθορισμένη χρονική διάρκεια, χωρίς να χρειαστεί να πατήσουμε κάποιο κουμπί. Υπάρχουν τρεις εναλλακτικές
 1. disabled: χειροκίνητο σβήσιμο
 2. 10 min: το PMM 8053A θα σβήσει μετά από 10 λεπτά
 3. 60 min: το PMM 8053A θα σβήσει μετά από 60 λεπτά.
 Αυτή η λειτουργία είναι ιδιαίτερα σημαντική στην μείωση κατανάλωσης μπαταρίας.
- ✚ Time: σε αυτό το πεδίο ο χρήστης μπορεί να εισάγει ώρα.
- ✚ Date: σε αυτό το πεδίο ο χρήστης μπορεί να εισάγει ημερομηνία.

Κεφάλαιο 4

Μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου

4.1 Ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρατεθούν αναλυτικά οι μετρήσεων που έγιναν στις τέσσερις (κωδικός Δ.Ε.Η : 070, 082, 100, 112) αλυσίδες μονωτήρων. Επειδή όμως οι αλυσίδες (070, 100) ήταν αρκετά ρυπασμένες μετρήσαμε το πεδίο στις ρυπασμένες αλυσίδες, κατόπιν τις βρέξαμε δημιουργώντας συνθήκες υγρασίας μετρήσαμε πάλι το πεδίο σε δύο σημεία (0,2&2,5) και τέλος την καθαρίσαμε και επαναλάβαμε τις μετρήσεις στις καθαρές αλυσίδες. Άρα συνολικά πραγματοποιήθηκαν 6 σειρές μετρήσεων και τα αποτελέσματα τους παρουσιάζονται παρακάτω. Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3, για κάθε αλυσίδα μονωτήρων, η ένταση του πεδίου μετρήθηκε σε 11 (0,2-0,3-0,4-1,2-1,3-1,4-2,3-2,4-2,5-2,6-3,6) διαφορετικές θέσεις του οριζόντιου επιπέδου. Πιο αναλυτικά:

4.1.1 Ρυπασμένος πορσελάνινος, αλυσοειδής μονωτήρας (070), κανονικού τύπου 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο αλυσοειδής μονωτήρας στο περιβάλλον του εργαστηρίου κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των μετρήσεων όπου μπορούμε να διακρίνουμε την ρύπανση την οποία έχει υποστεί.



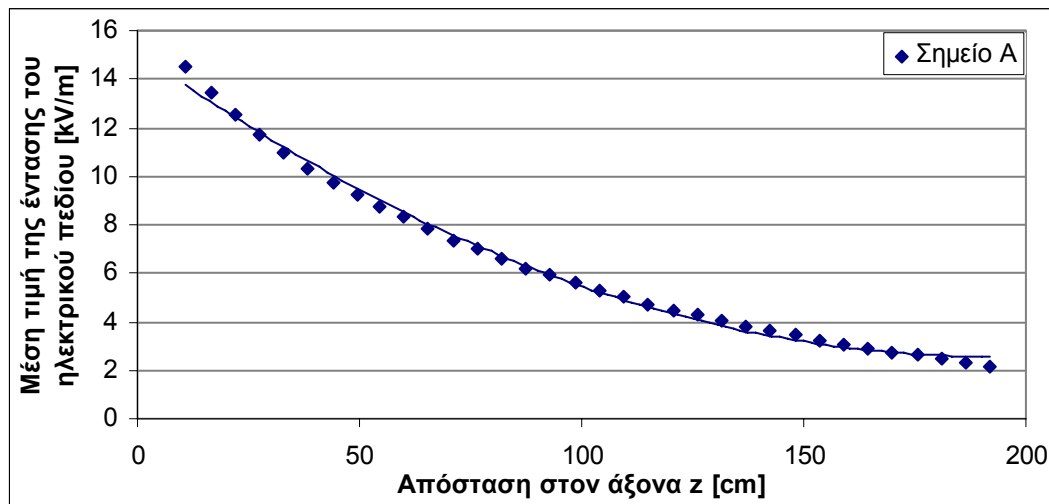
Σχήμα 4.1: Ρυπασμένος πορσελάνινος αλυσοειδής μονωτήρας (070), τύπου κανονικού 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες,

Για το σημείο A=0.2 με συνιστώσες (x=36cm, y=37,5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.1: Μετρήσεις

P=986 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E _x [kV/m]	E _y [kV/m]	E _z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
0,2-1	11,0	1,598	14,295	1,821	14,480	38,8	29,8
0,2-2	16,5	2,491	12,860	3,061	13,440	38,8	29,7
0,2-3	22,0	3,418	11,381	3,968	12,520	38,8	29,7
0,2-4	27,5	3,874	10,076	4,537	11,700	38,8	29,7
0,2-5	33,0	4,127	8,894	4,933	10,960	38,8	29,8
0,2-6	38,5	3,804	8,169	5,042	10,320	42,2	28,1
0,2-7	44,0	3,915	7,254	5,158	9,711	42,1	28,1
0,2-8	49,5	3,887	6,564	5,205	9,222	41,9	28,2
0,2-9	54,5	4,361	5,557	5,198	8,768	41,7	28,3
0,2-10	60,0	4,301	4,939	5,146	8,327	41,5	28,4
0,2-11	65,5	4,063	4,500	4,985	7,838	41,4	28,5
0,2-12	71,0	3,788	4,085	4,812	7,379	41,0	28,8
0,2-13	76,5	3,689	3,651	4,652	6,971	40,8	28,9
0,2-14	82,0	3,593	3,204	4,517	6,606	40,7	28,9
0,2-15	87,5	3,364	2,943	4,331	6,225	40,4	29,0
0,2-16	93,0	3,211	2,684	4,196	5,915	40,3	29,1
0,2-17	98,5	2,994	2,476	4,035	5,609	40,2	29,1
0,2-18	104,0	2,894	2,229	3,883	5,318	40,0	29,2
0,2-19	109,5	2,629	2,110	3,700	5,011	40,0	29,2
0,2-20	115,0	2,426	1,987	3,552	4,730	39,9	29,3
0,2-21	120,5	2,253	1,874	3,407	4,491	39,7	29,4
0,2-22	126,0	2,069	1,768	3,263	4,251	39,7	29,4
0,2-23	131,5	1,968	1,630	3,137	4,047	39,7	29,4
0,2-24	137,0	1,807	1,542	2,991	3,824	39,6	29,5
0,2-25	142,5	1,739	1,369	2,867	3,617	39,5	29,5
0,2-26	148,0	1,647	1,259	2,752	3,445	39,4	29,5
0,2-27	153,5	1,518	1,171	2,621	3,243	39,5	29,6
0,2-28	159,0	1,394	1,090	2,503	3,065	39,4	29,6
0,2-29	164,5	1,323	0,975	2,377	2,891	39,3	29,6
0,2-30	170,0	1,246	0,897	2,277	2,739	39,3	29,6
0,2-31	175,5	1,111	0,898	2,191	2,616	39,4	29,6
0,2-32	181,0	1,033	0,792	2,080	2,450	39,3	29,6
0,2-33	186,5	0,918	0,793	1,990	2,331	39,2	29,6
0,2-34	192,0	0,822	0,718	1,890	2,184	39,2	29,6



Σχήμα 4.2: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο A=0.2

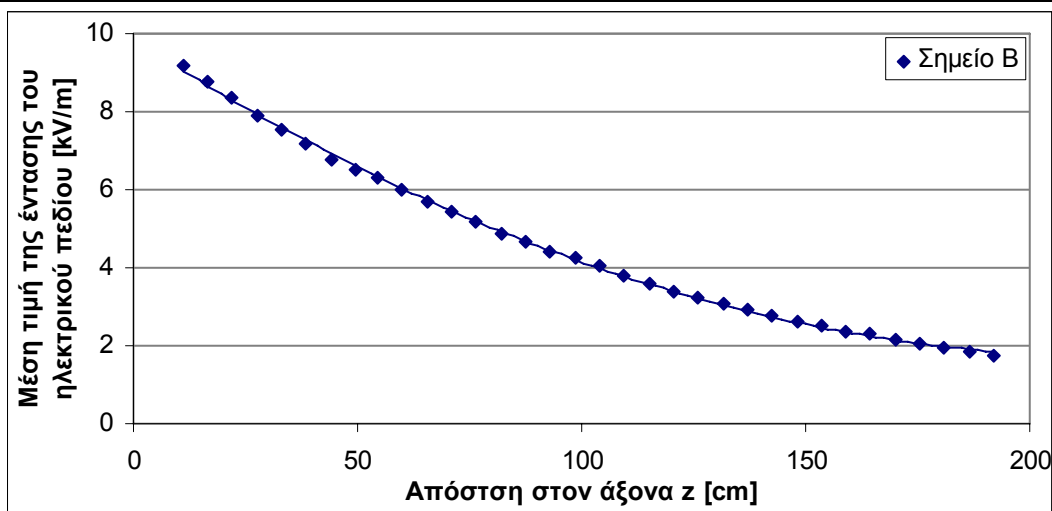
Για το σημείο B=0.3 με συνιστώσες (x=58cm, y=57,5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές

Πίνακας 4.2: Μετρήσεις

P=985 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
0,3-1	11,0	2,251	8,866	0,724	9,176	38,7	22,0
0,3-2	16,5	1,178	8,587	1,386	8,777	38,8	22,2
0,3-3	22,0	0,780	8,116	1,926	8,375	38,9	22,2
0,3-4	27,5	0,227	7,522	2,295	7,872	38,9	22,2
0,3-5	33,0	0,688	7,010	2,651	7,518	39,0	22,2
0,3-6	38,5	1,267	6,450	2,850	7,193	39,2	22,2
0,3-7	44,0	1,464	5,939	3,013	6,775	39,3	22,2
0,3-8	49,5	2,047	5,337	3,152	6,530	39,3	22,1
0,3-9	54,5	2,335	4,877	3,230	6,309	39,4	22,1
0,3-10	60,0	2,436	4,399	3,234	5,975	39,3	22,1
0,3-11	65,5	2,293	4,082	3,208	5,715	39,3	22,1
0,3-12	71,0	2,264	3,782	3,180	5,456	39,4	22,1
0,3-13	76,5	2,285	3,425	3,169	5,193	39,3	22,1
0,3-14	82,0	2,231	3,068	3,056	4,884	39,4	22,1
0,3-15	87,5	2,154	2,828	2,987	4,645	39,5	22,1
0,3-16	93,0	2,020	2,613	2,870	4,388	39,6	22,1
0,3-17	98,5	2,016	2,413	2,855	4,255	39,6	22,1
0,3-18	104,0	1,963	2,218	2,779	4,058	39,4	22,1
0,3-19	109,5	1,761	2,073	2,631	3,783	39,4	22,1
0,3-20	115,0	1,687	1,892	2,545	3,592	39,5	22,1
0,3-21	120,5	1,525	1,805	2,436	3,405	39,6	22,1
0,3-22	126,0	1,422	1,701	2,363	3,239	39,6	22,1

0,3-23	131,5	1,331	1,582	2,273	3,074	39,6	22,1
0,3-24	137,0	1,262	1,466	2,181	2,917	39,7	22,1
0,3-25	142,5	1,212	1,330	2,097	2,767	39,7	22,0
0,3-26	148,0	1,158	1,243	2,022	2,641	39,8	22,0
0,3-27	153,5	1,075	1,149	1,943	2,497	39,8	22,0
0,3-28	159,0	1,025	1,058	1,864	2,376	39,8	22,0
0,3-29	164,5	0,977	0,981	1,817	2,286	39,7	22,0
0,3-30	170,0	0,901	0,896	1,724	2,141	39,8	22,0
0,3-31	175,5	0,766	0,899	1,664	2,041	39,6	22,0
0,3-32	181,0	0,785	0,778	1,591	1,936	39,8	22,0
0,3-33	186,5	0,677	0,785	1,551	1,866	39,9	22,0
0,3-34	192,0	0,661	0,685	1,484	1,763	39,9	22,0



Σχήμα 4.3: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο B=0.3

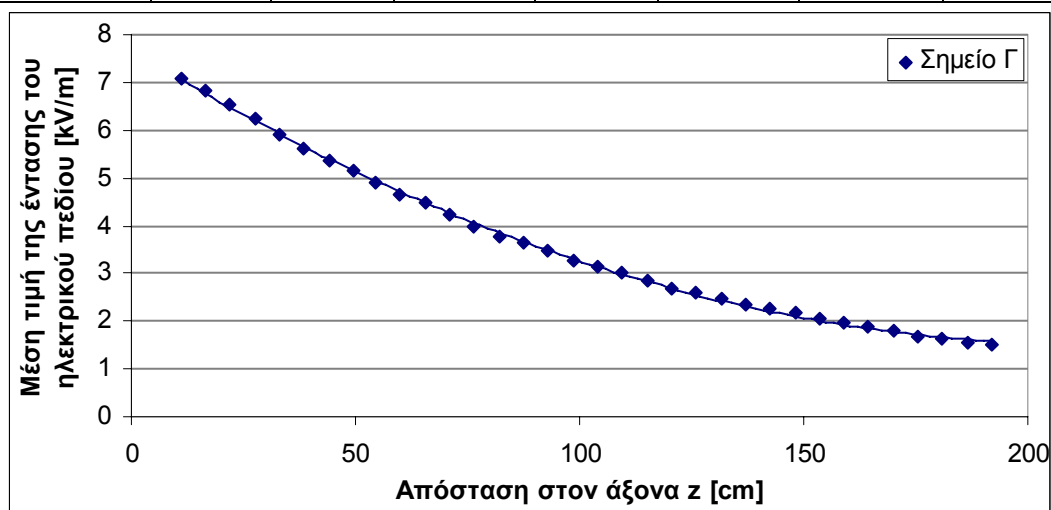
Για το σημείο Γ=0.4 με συνιστώσες (x=80cm, y=78,5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.3: Μετρήσεις

P=986 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
0,4-1	11,0	1,367	6,953	0,434	7,098	37,4	27,1
0,4-2	16,5	1,852	6,526	0,856	6,836	36,9	27,3
0,4-3	22,0	1,755	6,208	1,144	6,531	35,2	27,9
0,4-4	27,5	1,958	5,777	1,408	6,252	35,2	28,1
0,4-5	33,0	2,162	6,232	1,608	5,897	34,5	28,4
0,4-6	38,5	2,215	4,848	1,765	5,618	34,1	28,5
0,4-7	44,0	2,365	4,443	1,908	5,359	34,2	28,6
0,4-8	49,5	2,223	4,160	1,996	5,160	33,6	28,7

0,4-9	54,5	1,966	4,018	2,039	4,916	33,2	28,9
0,4-10	60,0	1,754	3,791	2,065	4,653	32,9	28,9
0,4-11	65,5	1,781	3,522	2,097	4,471	33,0	29,0
0,4-12	71,0	1,744	3,251	2,100	4,236	32,7	29,1
0,4-13	76,5	1,597	3,015	2,052	3,964	32,8	29,2
0,4-14	82,0	1,501	2,784	2,021	3,752	32,6	29,3
0,4-15	87,5	1,560	2,581	2,023	3,631	32,3	29,4
0,4-16	93,0	1,495	2,384	1,970	3,460	32,3	29,4
0,4-17	98,5	1,375	2,253	1,934	3,283	31,4	29,5
0,4-18	104,0	1,389	2,061	1,904	3,133	31,3	29,5
0,4-19	109,5	1,251	1,986	1,868	3,009	31,5	29,5
0,4-20	115,0	1,150	1,872	1,812	2,850	31,4	29,5
0,4-21	120,5	1,016	1,776	1,762	2,691	31,3	29,5
0,4-22	126,0	0,909	1,729	1,730	2,612	31,7	29,6
0,4-23	131,5	0,840	1,620	1,670	2,463	31,2	29,6
0,4-24	137,0	0,808	1,506	1,626	2,366	30,9	29,7
0,4-25	142,5	0,851	1,373	1,580	2,257	30,9	29,7
0,4-26	148,0	0,791	1,301	1,539	2,165	31,0	29,7
0,4-27	153,5	0,748	1,200	1,482	2,048	31,1	29,7
0,4-28	159,0	0,734	1,131	1,449	1,981	30,9	29,7
0,4-29	164,5	0,646	1,058	1,388	1,864	31,1	29,7
0,4-30	170,0	0,659	0,997	1,357	1,805	30,8	29,7
0,4-31	175,5	0,499	0,959	1,300	1,691	30,9	29,8
0,4-32	181,0	0,514	0,902	1,280	1,648	31,0	29,8
0,4-33	186,5	0,361	0,861	1,215	1,535	31,3	29,8
0,4-34	192,0	0,379	0,818	1,194	1,494	31,1	29,8



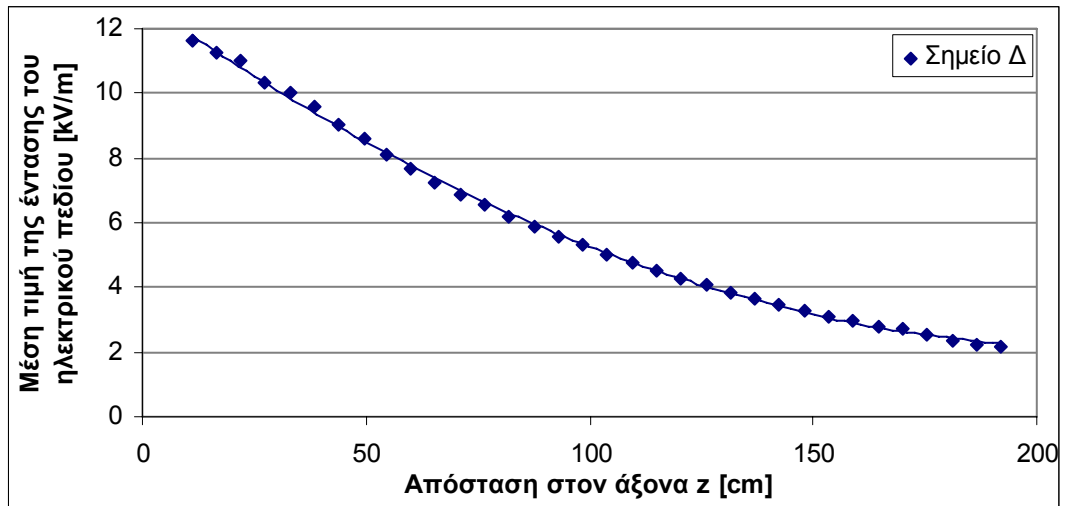
Σχήμα 4.4: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο $\Gamma=0.4$

Για το σημείο $\Delta=1.2$ με συνιστώσες ($x=15,5\text{cm}$, $y=59,5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.4: Μετρήσεις

P=986 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
1,2-1	11,0	0,296	11,602	0,331	11,610	31,1	29,8
1,2-2	16,5	1,077	11,170	1,265	11,230	30,8	29,9
1,2-3	22,0	1,649	10,794	1,173	10,980	31,0	29,9
1,2-4	27,5	1,637	10,100	1,701	10,340	30,7	29,9
1,2-5	33,0	2,289	9,485	2,249	10,000	30,9	29,9
1,2-6	38,5	1,899	9,073	2,551	9,613	30,7	29,9
1,2-7	44,0	2,085	8,317	2,852	9,038	30,8	29,9
1,2-8	49,5	2,096	7,733	3,090	8,588	30,8	29,9
1,2-9	54,5	3,024	6,817	3,233	8,133	31,5	29,2
1,2-10	60,0	2,715	6,330	3,315	7,646	31,9	29,2
1,2-11	65,5	2,360	5,982	3,346	7,253	31,6	29,2
1,2-12	71,0	2,227	5,539	3,354	6,894	30,8	29,2
1,2-13	76,5	2,273	5,078	3,362	6,526	31,0	29,2
1,2-14	82,0	2,282	4,690	3,374	6,185	31,2	29,2
1,2-15	87,5	2,199	4,345	3,321	5,882	31,1	29,2
1,2-16	93,0	2,141	3,973	3,246	5,573	32,5	28,7
1,2-17	98,5	2,006	3,761	3,231	5,347	31,7	28,9
1,2-18	104,0	1,817	3,465	3,089	4,990	32,0	29,0
1,2-19	109,5	1,700	3,229	3,025	4,749	31,8	29,1
1,2-20	115,0	1,657	3,032	2,968	4,546	30,7	29,2
1,2-21	120,5	1,441	2,854	2,863	4,298	31,0	29,3
1,2-22	126,0	1,417	2,650	2,785	4,100	30,9	29,3
1,2-23	131,5	1,213	2,500	2,682	3,864	30,8	29,4
1,2-24	137,0	1,195	2,315	2,586	3,678	30,8	29,4
1,2-25	142,5	1,106	2,139	2,487	3,462	30,8	29,5
1,2-26	148,0	1,083	1,987	2,407	3,300	30,8	29,5
1,2-27	153,5	0,974	1,836	2,299	3,082	31,2	29,4
1,2-28	159,0	0,951	1,712	2,222	2,969	30,6	29,4
1,2-29	164,5	0,861	1,585	2,121	2,790	31,2	29,4
1,2-30	170,0	0,889	1,485	2,079	2,712	30,5	29,5
1,2-31	175,5	0,703	1,392	1,974	2,518	31,2	29,5
1,2-32	181,0	0,730	1,255	1,885	2,377	30,3	29,5
1,2-33	186,5	1,239	1,246	1,813	2,245	31,2	29,6
1,2-34	192,0	0,505	1,155	1,762	2,171	30,2	29,5



Σχήμα 4.5: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Δ=1.2

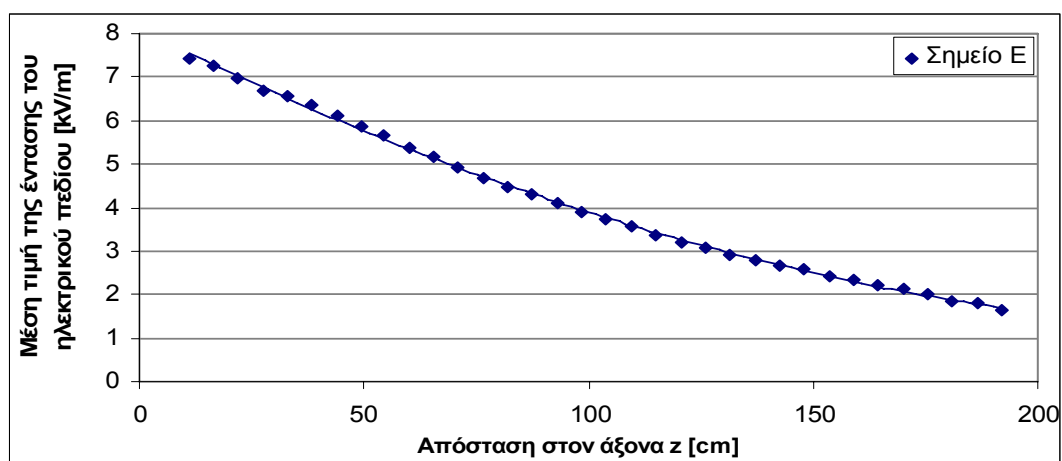
Για το σημείο E=1.3 με συνιστώσες (x=38cm, y=80cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.5: Μετρήσεις

P=986 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
1,3-1	11,0	0,576	7,410	0,179	7,426	30,3	29,5
1,3-2	16,5	0,918	7,214	0,234	7,266	30,1	29,6
1,3-3	22,0	0,988	6,888	0,585	6,972	30,6	29,7
1,3-4	27,5	0,512	6,594	0,888	6,685	30,5	29,7
1,3-5	33,0	1,326	6,288	1,203	6,550	30,6	29,7
1,3-6	38,5	1,451	6,044	1,428	6,371	30,5	29,8
1,3-7	44,0	1,861	5,579	1,644	6,101	30,6	29,8
1,3-8	49,5	2,134	5,158	1,828	5,875	30,4	29,7
1,3-9	54,5	2,228	4,811	1,948	5,649	30,6	29,7
1,3-10	60,0	2,030	4,552	2,040	5,390	30,6	29,8
1,3-11	65,5	2,021	4,250	2,111	5,160	30,7	29,8
1,3-12	71,0	1,933	3,994	2,164	4,934	30,6	29,8
1,3-13	76,5	1,900	3,680	2,187	4,687	30,5	29,8
1,3-14	82,0	1,805	3,459	2,211	4,483	30,5	29,8
1,3-15	87,5	1,866	3,172	2,220	4,301	30,6	29,8
1,3-16	93,0	1,854	2,933	2,217	4,111	30,2	29,8
1,3-17	98,5	1,705	2,744	2,174	3,895	30,2	29,8
1,3-18	104,0	1,643	2,563	2,157	3,732	30,3	29,8
1,3-19	109,5	1,516	2,407	2,121	3,559	30,3	29,8
1,3-20	115,0	1,450	2,239	2,069	3,380	30,5	29,8

1,3-21	120,5	1,294	2,131	2,026	3,212	30,6	29,8
1,3-22	126,0	1,259	1,992	1,993	3,084	30,5	29,8
1,3-23	131,5	1,144	1,869	1,933	2,925	30,5	29,9
1,3-24	137,0	1,100	1,744	1,886	2,798	30,4	29,7
1,3-25	142,5	1,047	1,613	1,823	2,652	30,3	29,6
1,3-26	148,0	1,029	1,512	1,797	2,567	30,6	29,7
1,3-27	153,5	0,949	1,406	1,729	2,422	30,6	29,8
1,3-28	159,0	0,914	1,320	1,683	2,326	30,6	29,8
1,3-29	164,5	0,870	1,218	1,628	2,214	30,3	29,8
1,3-30	170,0	0,844	1,137	1,584	2,125	30,5	29,8
1,3-31	175,5	0,698	1,095	1,522	2,003	30,5	29,8
1,3-32	181,0	0,683	0,969	1,439	1,862	30,7	29,8
1,3-33	186,5	0,564	0,963	1,404	1,793	30,6	29,9
1,3-34	192,0	0,514	0,858	1,313	1,650	30,4	29,8



Σχήμα 4.6: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο E=1.3

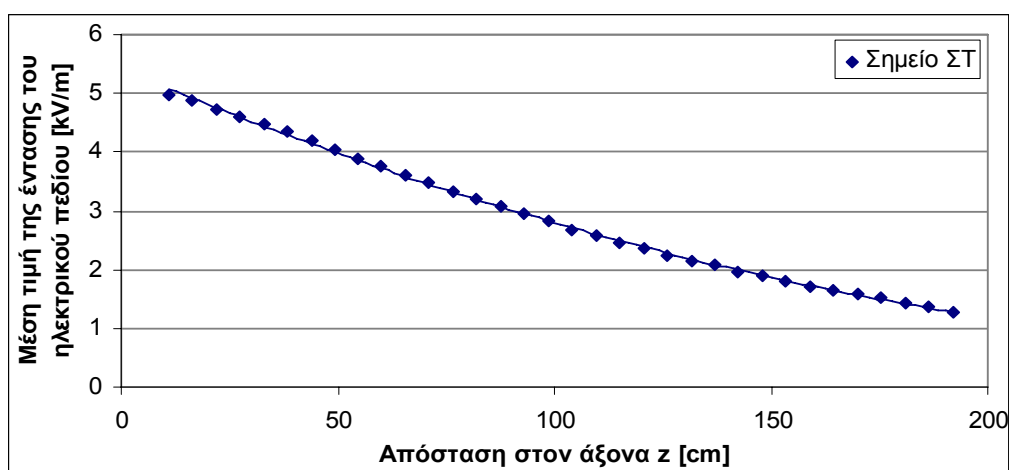
Για το σημείο ΣΤ με συνιστώσες ($x=50,5\text{cm}$, $y=100,5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.6: Μετρήσεις

P=986 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}\text{C}$]
1,4-1	11,0	1,349	4,792	0,056	4,979	29,9	29,8
1,4-2	16,5	1,351	4,676	0,153	4,869	29,5	29,8
1,4-3	22,0	1,535	4,465	0,364	4,730	29,6	29,8
1,4-4	27,5	1,658	4,278	0,535	4,614	29,7	29,8
1,4-5	33,0	1,543	4,150	0,682	4,465	29,5	29,8

1,4-6	38,5	1,704	3,914	0,830	4,347	29,4	29,8
1,4-7	44,0	1,828	3,640	0,956	4,182	29,7	29,8
1,4-8	49,5	1,938	3,363	1,069	4,034	29,7	29,7
1,4-9	54,5	1,516	3,400	1,113	3,894	29,7	30,0
1,4-10	60,0	1,473	3,254	1,190	3,764	30,0	29,7
1,4-11	65,5	1,454	3,078	1,244	3,617	29,9	29,7
1,4-12	71,0	1,382	2,912	1,292	3,470	30,3	29,8
1,4-13	76,5	1,455	2,690	1,330	3,332	30,2	29,8
1,4-14	82,0	1,428	2,523	1,361	3,200	30,1	29,8
1,4-15	87,5	1,413	2,347	1,374	3,067	30,2	29,8
1,4-16	93,0	1,360	2,205	1,382	2,938	30,2	29,8
1,4-17	98,5	1,328	2,067	1,386	2,817	30,3	29,8
1,4-18	104,0	1,263	1,928	1,374	2,679	30,2	29,8
1,4-19	109,5	1,174	1,840	1,365	2,573	30,3	29,8
1,4-20	115,0	1,112	1,737	1,357	2,464	30,3	29,8
1,4-21	120,5	1,047	1,641	1,337	2,361	30,2	29,8
1,4-22	126,0	0,935	1,554	1,302	2,239	30,3	29,8
1,4-23	131,5	0,917	1,455	1,290	2,157	30,2	29,7
1,4-24	137,0	0,904	1,386	1,288	2,096	30,4	29,8
1,4-25	142,5	0,859	1,264	1,236	1,969	30,5	29,8
1,4-26	148,0	0,835	1,185	1,221	1,896	30,6	29,8
1,4-27	153,5	0,796	1,105	1,187	1,807	30,6	29,8
1,4-28	159,0	0,749	1,031	1,157	1,720	30,4	29,9
1,4-29	164,5	0,739	0,958	1,132	1,655	30,4	29,9
1,4-30	170,0	0,685	0,896	1,096	1,571	30,4	29,9
1,4-31	175,5	0,639	0,858	1,070	1,510	30,4	29,9
1,4-32	181,0	0,611	0,777	1,029	1,427	30,4	29,9
1,4-33	186,5	0,526	0,771	1,004	1,372	30,4	29,9
1,4-34	192,0	0,492	0,698	0,958	1,283	30,3	29,9



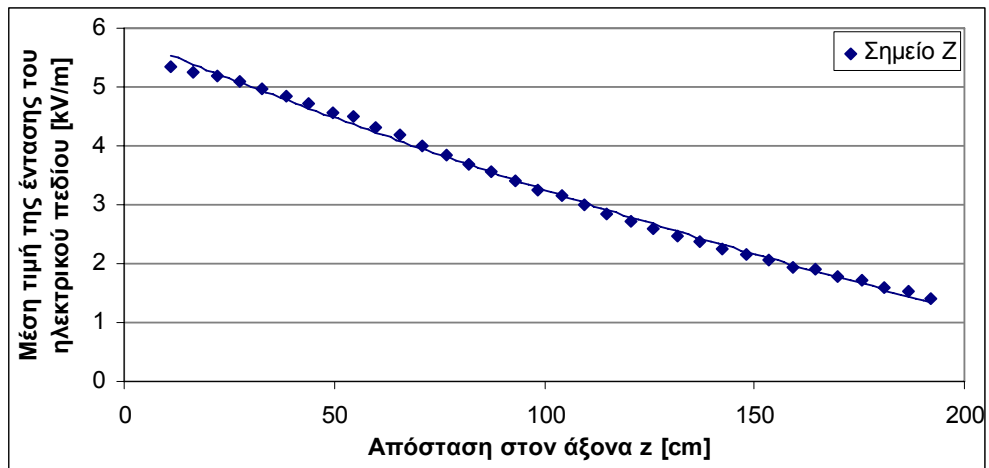
Σχήμα 4.7: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο ΣΤ=1.4

Για το σημείο Z =2.3 με συνιστώσες (x=18cm, y=102cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.7: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
2.3-1	11,0	0,110	5,343	0,385	5,352	41.5	27.5
2.3-2	16,5	0.320	5.249	0.128	5,265	41.1	27.7
2.3-3	22,0	0.528	5.154	0.094	5,182	40.8	27.8
2.3-4	27,5	0.591	5.032	0.289	5,088	40.7	27.9
2.3-5	33,0	0.918	4.860	0.491	4,963	40.6	28.0
2.3-6	38,5	1.736	4.470	0.719	4,852	40.3	28.2
2.3-7	44,0	1.787	4.288	0.873	4,734	40.2	28.3
2.3-8	49,5	1.633	4.153	0.996	4,573	40.0	28.3
2.3-9	54,5	1.746	3.987	1.114	4,494	39.8	28.4
2.3-10	60,0	1.549	3.843	1.201	4,319	39.7	28.5
2.3-11	65,5	1.650	3.632	1.295	4,189	39.7	28.6
2.3-12	71,0	1.401	3.513	1.353	4,015	39.4	28.6
2.3-13	76,5	1.586	3.214	1.413	3,855	39.3	28.7
2.3-14	82,0	1.433	3.065	1.448	3,683	39.1	28.8
2.3-15	87,5	1.552	2.835	1.493	3,555	39.0	28.8
2.3-16	93,0	1.514	2.660	1.515	3,413	39.0	28.9
2.3-17	98,5	1.393	2.524	1.518	3,258	38.8	28.9
2.3-18	104,0	1.372	2.377	1.531	3,144	38.6	28.9
2.3-19	109,5	1.235	2.260	1.515	2,994	38.5	29.0
2.3-20	115,0	1.112	2.146	1.498	2,845	38.2	29.0
2.3-21	120,5	1.040	2.030	1.482	2,719	38.2	29.0
2.3-22	126,0	0.950	1.924	1.466	2,604	38.1	29.1
2.3-23	131,5	0.917	1.803	1.439	2,483	38.0	29.1
2.3-24	137,0	0.876	1.695	1.421	2,383	37.8	29.1
2.3-25	142,5	0.841	1.582	1.386	2,264	37.7	29.1
2.3-26	148,0	0.772	1.487	1.350	2,151	37.4	29.2
2.3-27	153,5	0.753	1.383	1.318	2,055	37.4	29.2
2.3-28	159,0	0.710	1.281	1.274	1,940	37.3	29.2
2.3-29	164,5	0.695	1.212	1.257	1,898	37.2	29.2
2.3-30	170,0	0.653	1.123	1.212	1,777	37.0	29.2
2.3-31	175,5	0.566	1.088	1.186	1,704	36.9	29.2
2.3-32	181,0	0.553	0.974	1.125	1,588	37.0	29.3
2.3-33	186,5	0.454	0.960	1.108	1,542	36.7	29.3
2.3-34	192,0	0.362	0.876	1.039	1,405	36.6	29.3



Σχήμα 4.8: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Z=2.3

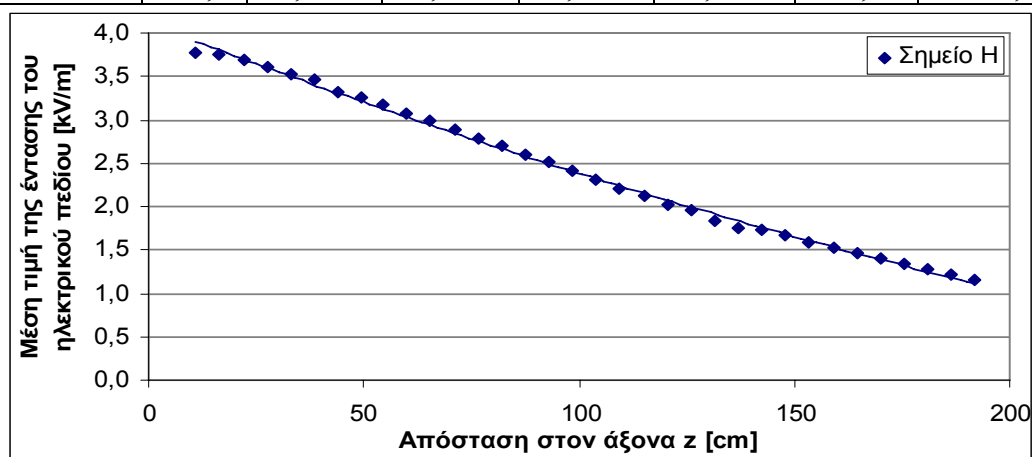
Για το σημείο H=2.4 με συνιστώσες (x=40cm. y=122.5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.8: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
2.4-1	11,0	0,993	3,635	0,230	3,775	36,6	29,3
2.4-2	16,5	1,128	3,583	0,080	3,755	36,4	29,3
2.4-3	22,0	0,813	3,586	0,030	3,681	36,5	29,3
2.4-4	27,5	0,980	3,481	0,159	3,615	36,5	29,3
2.4-5	33,0	0,981	3,372	0,283	3,526	36,4	29,4
2.4-6	38,5	0,785	3,346	0,368	3,457	36,5	29,4
2.4-7	44,0	0,677	3,211	0,454	3,318	36,2	29,4
2.4-8	49,5	0,770	3,106	0,553	3,250	36,1	29,4
2.4-9	54,5	0,966	2,958	0,633	3,180	35,8	29,3
2.4-10	60,0	0,928	2,843	0,698	3,067	35,9	29,3
2.4-11	65,5	0,921	2,721	0,758	2,980	35,4	29,4
2.4-12	71,0	0,922	2,609	0,814	2,884	35,5	29,4
2.4-13	76,5	0,942	2,478	0,864	2,783	35,5	29,4
2.4-14	82,0	0,919	2,372	0,903	2,693	35,4	29,4
2.4-15	87,5	0,967	2,226	0,938	2,601	35,3	29,4
2.4-16	93,0	0,912	2,128	0,963	2,511	35,2	29,5
2.4-17	98,5	0,905	2,014	0,982	2,419	35,3	29,5
2.4-18	104,0	0,864	1,908	0,991	2,316	35,2	29,5
2.4-19	109,5	0,806	1,806	0,990	2,210	35,2	29,5
2.4-20	115,0	0,787	1,711	0,998	2,130	35,2	29,5
2.4-21	120,5	0,705	1,623	0,985	2,024	35,2	29,5
2.4-22	126,0	0,662	1,542	0,987	1,949	35,3	29,5
2.4-23	131,5	0,616	1,432	0,955	1,831	35,4	29,5

2.4-24	137,0	0,571	1,364	0,952	1,761	35,3	29,4
2.4-25	142,5	0,597	1,310	0,966	1,734	35,6	29,5
2.4-26	148,0	0,567	1,240	0,956	1,665	35,2	29,5
2.4-27	153,5	0,555	1,160	0,939	1,590	35,4	29,5
2.4-28	159,0	0,518	1,097	0,921	1,523	35,3	29,5
2.4-29	164,5	0,523	1,026	0,907	1,466	35,4	29,5
2.4-30	170,0	0,496	0,960	0,887	1,401	35,2	29,5
2.4-31	175,5	0,421	0,933	0,870	1,344	35,2	29,5
2.4-32	181,0	0,412	0,858	0,844	1,273	35,3	29,5
2.4-33	186,5	0,345	0,833	0,825	1,222	35,0	29,5
2.4-34	192,0	0,371	0,748	0,791	1,151	35,1	29,5



Σχήμα 4.9: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο H=2.4

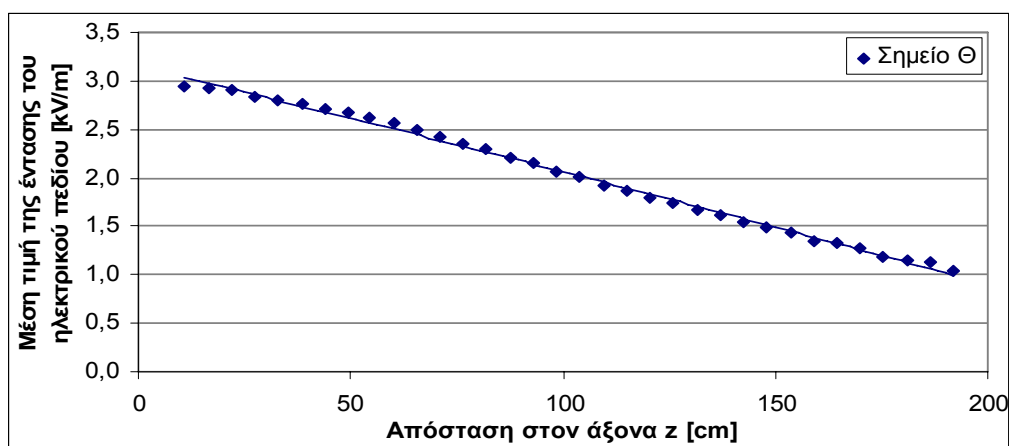
Για το σημείο Θ=2.5 με συνιστώσες (x=62.5cm. y=143cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.9: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
2.5-1	11,0	0,533	2,869	0,353	2,946	34,7	29,5
2.5-2	16,5	0,336	2,887	0,239	2,921	34,8	29,6
2.5-3	22,0	0,094	2,893	0,132	2,900	34,7	29,6
2.5-4	27,5	0,093	2,842	0,031	2,836	34,5	29,5
2.5-5	33,0	0,111	2,793	0,055	2,796	34,6	29,5
2.5-6	38,5	0,168	2,745	0,125	2,756	34,6	29,5
2.5-7	44,0	0,402	2,667	0,217	2,712	34,6	29,5
2.5-8	49,5	0,897	2,506	0,318	2,674	34,3	29,5
2.5-9	54,5	1,032	2,389	0,386	2,628	34,3	29,5
2.5-10	60,0	1,066	2,294	0,448	2,571	34,6	29,5

2.5-11	65,5	1,008	2,220	0,494	2,492	34,4	29,4
2.5-12	71,0	0,982	2,145	0,543	2,420	34,7	29,4
2.5-13	76,5	1,014	2,030	0,588	2,347	34,8	29,4
2.5-14	82,0	1,033	1,933	0,630	2,289	34,6	29,3
2.5-15	87,5	1,027	1,843	0,664	2,212	34,6	29,3
2.5-16	93,0	1,006	1,772	0,692	2,154	34,6	29,3
2.5-17	98,5	0,972	1,688	0,713	2,073	34,7	29,3
2.5-18	104,0	0,975	1,595	0,734	2,009	34,9	29,3
2.5-19	109,5	0,887	1,534	0,741	1,925	34,7	29,4
2.5-20	115,0	0,898	1,456	0,758	1,868	34,5	29,4
2.5-21	120,5	0,785	1,419	0,759	1,792	34,5	29,4
2.5-22	126,0	0,782	1,347	0,766	1,733	34,6	29,4
2.5-23	131,5	0,705	1,303	0,766	1,667	34,8	29,4
2.5-24	137,0	0,688	1,236	0,765	1,607	34,8	29,4
2.5-25	142,5	0,672	1,162	0,763	1,547	35,0	29,4
2.5-26	148,0	0,652	1,101	0,759	1,488	34,8	29,4
2.5-27	153,5	0,629	1,042	0,755	1,432	34,8	29,4
2.5-28	159,0	0,598	0,953	0,728	1,339	35,1	29,5
2.5-29	164,5	0,605	0,922	0,741	1,327	35,2	29,5
2.5-30	170,0	0,576	0,863	0,726	1,269	35,2	29,5
2.5-31	175,5	0,459	0,845	0,702	1,191	35,1	29,5
2.5-32	181,0	0,497	0,770	0,692	1,147	35,0	29,5
2.5-33	186,5	0,422	0,776	0,692	1,123	35,2	29,5
2.5-34	192,0	0,393	0,701	0,656	1,036	35,1	29,5



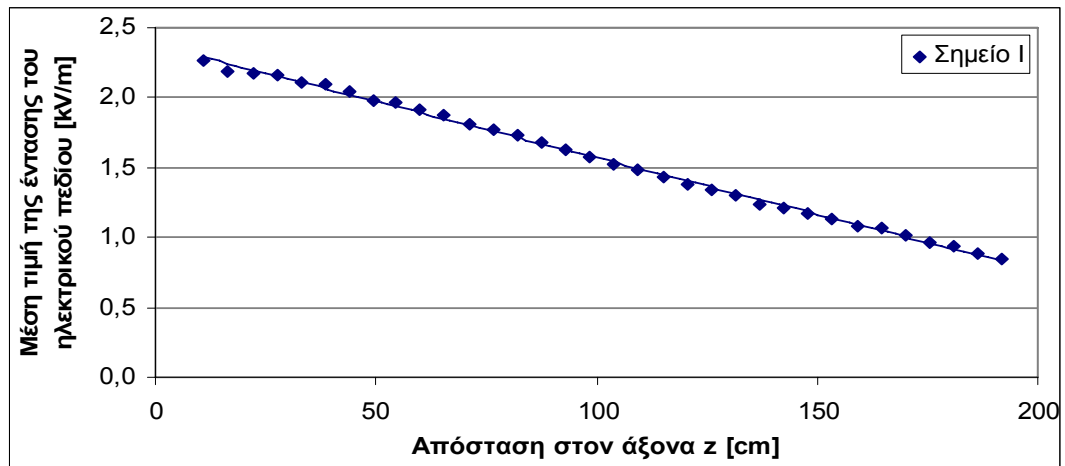
Σχήμα 4.10: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Θ

Για το σημείο I=2.6 με συνιστώσες (x=85cm, y=163.5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.10: Μετρήσεις

P=990 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
2.6-1	11,0	0,209	2,187	0,308	2,270	34,9	29,6
2.6-2	16,5	0,112	2,183	0,236	2,191	34,7	29,6
2.6-3	22,0	0,010	2,172	0,169	2,179	34,7	29,6
2.6-4	27,5	0,102	2,148	0,105	2,159	34,6	29,6
2.6-5	33,0	0,137	2,108	0,042	2,111	34,5	29,6
2.6-6	38,5	0,199	2,085	0,011	2,098	34,6	29,6
2.6-7	44,0	0,293	2,019	0,065	2,041	34,5	29,6
2.6-8	49,5	0,349	1,952	0,117	1,985	34,2	29,6
2.6-9	54,5	0,609	1,866	0,177	1,967	44,2	27,6
2.6-10	60,0	0,533	1,823	0,215	1,915	43,8	27,7
2.6-11	65,5	0,610	1,756	0,259	1,880	43,6	27,8
2.6-12	71,0	0,543	1,702	0,290	1,811	43,5	27,9
2.6-13	76,5	0,617	1,631	0,331	1,775	43,3	28,0
2.6-14	82,0	0,584	1,587	0,361	1,731	43,2	28,1
2.6-15	87,5	0,638	1,507	0,394	1,684	42,7	28,3
2.6-16	93,0	0,626	1,440	0,415	1,624	42,5	28,4
2.6-17	98,5	0,606	1,392	0,438	1,580	42,3	28,5
2.6-18	104,0	0,553	1,354	0,455	1,529	42,2	28,6
2.6-19	109,5	0,552	1,294	0,471	1,486	42,1	28,7
2.6-20	115,0	0,482	1,265	0,484	1,435	41,2	28,9
2.6-21	120,5	0,484	1,200	0,494	1,385	41,0	29,0
2.6-22	126,0	0,478	1,151	0,504	1,342	40,8	29,1
2.6-23	131,5	0,426	1,113	0,509	1,298	40,6	29,1
2.6-24	137,0	0,388	1,063	0,510	1,237	40,6	29,2
2.6-25	142,5	0,428	1,005	0,520	1,208	40,5	29,2
2.6-26	148,0	0,417	0,960	0,523	1,168	40,3	29,2
2.6-27	153,5	0,403	0,913	0,524	1,129	40,3	29,3
2.6-28	159,0	0,408	0,859	0,523	1,083	40,2	29,3
2.6-29	164,5	0,401	0,832	0,528	1,062	40,2	29,4
2.6-30	170,0	0,392	0,781	0,523	1,019	40,2	29,4
2.6-31	175,5	0,304	0,760	0,509	0,964	40,0	29,5
2.6-32	181,0	0,345	0,705	0,510	0,937	40,0	29,4
2.6-33	186,5	0,216	0,696	0,494	0,881	40,0	29,5
2.6-34	192,0	0,256	0,638	0,485	0,844	40,0	29,5



Σχήμα 4.11: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο I

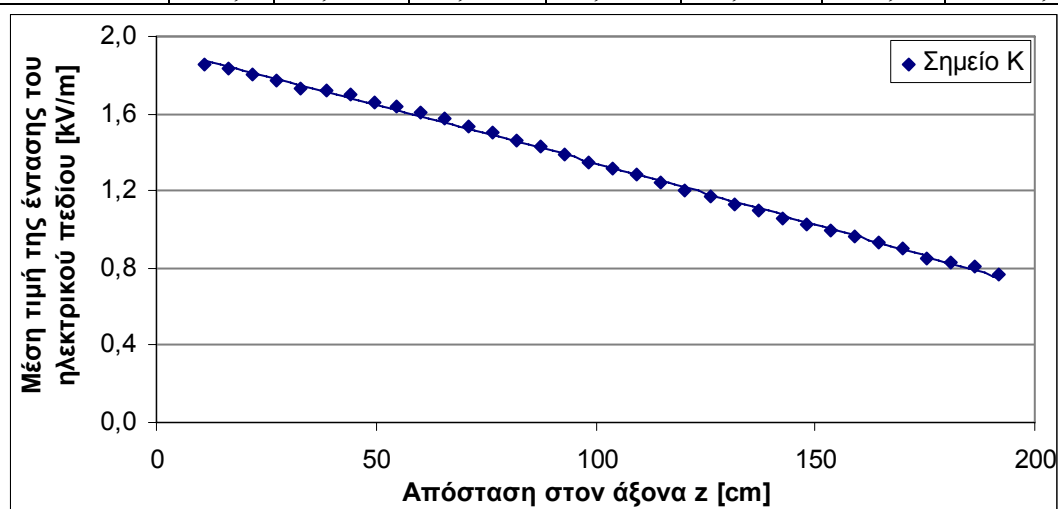
Για το σημείο K=3.6 με συνιστώσες (x=65.5cm, y=185cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.11: Μετρήσεις

P=988 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
3.6-1	11,0	0,331	1,796	0,300	1,850	39,5	29,5
3.6-2	16,5	0,308	1,795	0,250	1,836	39,6	29,5
3.6-3	22,0	0,430	1,738	0,190	1,798	39,6	29,6
3.6-4	27,5	0,394	1,727	0,144	1,775	39,7	29,6
3.6-5	33,0	0,556	1,642	0,087	1,731	39,6	29,6
3.6-6	38,5	0,602	1,615	0,045	1,723	39,5	29,6
3.6-7	44,0	0,623	1,583	0,006	1,701	39,3	29,6
3.6-8	49,5	0,611	1,541	0,036	1,658	39,3	29,6
3.6-9	54,5	0,532	1,544	0,064	1,637	39,4	29,6
3.6-10	60,0	0,528	1,508	0,098	1,604	39,5	29,6
3.6-11	65,5	0,524	1,481	0,132	1,577	39,4	29,6
3.6-12	71,0	0,454	1,459	0,158	1,535	39,4	29,6
3.6-13	76,5	0,537	1,387	0,195	1501	39,2	29,6
3.6-14	82,0	0,553	1,337	0,223	1,464	39,1	29,6
3.6-15	87,5	0,551	1,297	0,249	1,429	39,2	29,6
3.6-16	93,0	0,538	1,252	0,270	1,391	39,1	29,7
3.6-17	98,5	0,530	1,205	0,291	1,349	39,1	29,7
3.6-18	104,0	0,496	1,178	0,310	1,316	39,1	29,7
3.6-19	109,5	0,491	1,143	0,327	1,284	38,9	29,7
3.6-20	115,0	0,447	1,115	0,339	1,248	38,8	29,7
3.6-21	120,5	0,427	1,068	0,350	1,202	38,9	29,7
3.6-22	126,0	0,406	1034	0,362	1,168	39,0	29,7
3.6-23	131,5	0,383	0,996	0,368	1,131	38,9	29,7
3.6-24	137,0	0,369	0,958	0,376	1,097	39,1	29,8

3.6-25	142,5	0,375	0,914	0,382	1,062	38,9	29,8
3.6-26	148,0	0,366	0,873	0,385	1,022	38,8	29,8
3.6-27	153,5	0,358	0,837	0,392	0,994	38,8	29,8
3.6-28	159,0	0,355	0,803	0,395	0,962	38,8	29,8
3.6-29	164,5	0,354	0,766	0,397	0,933	38,8	29,8
3.6-30	170,0	0,355	0,724	0,398	0,899	38,8	29,8
3.6-31	175,5	0,251	0,711	0,389	0,852	38,8	29,8
3.6-32	181,0	0,322	0,655	0,395	0,829	38,7	29,8
3.6-33	186,5	0,253	0,660	0,394	0,810	38,8	29,8
3.6-34	192,0	0,250	0,611	0,387	0,766	38,7	29,8



Σχήμα 4.12: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο K

4.1.2 Βρέχουμε τους μονωτήρες δημιουργώντας συνθήκες υγρασίας , μετράμε πάλι το πεδίο σε δύο σημεία (A=0.2,Θ=2.5)

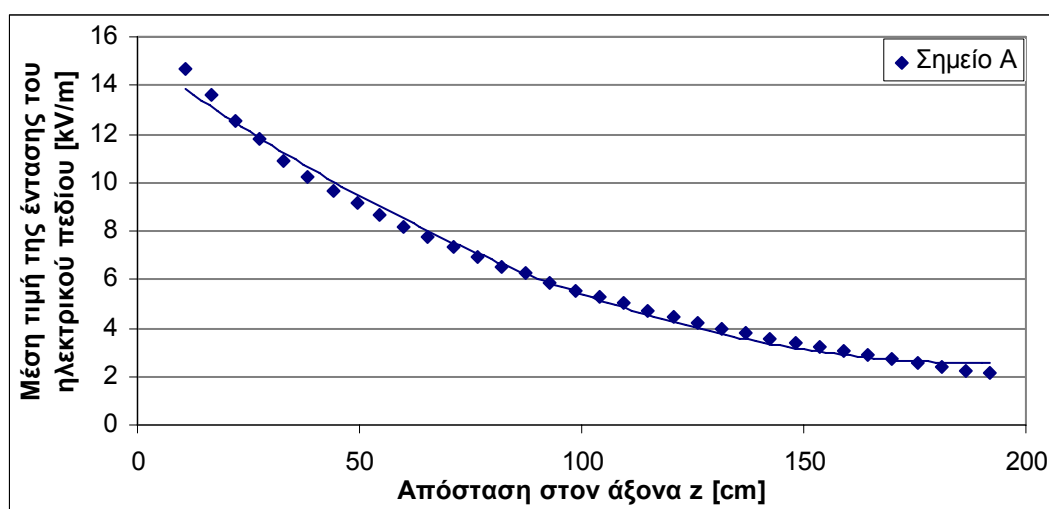
Για το σημείο A=0.2 με συνιστώσες (x=36cm, y=37,5cm) και για τους βρεγμένους μονωτήρες η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.12: Μετρήσεις

P=993 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
0,2-1	11,0	3,019	14,291	1,701	14,700	35,2	28,0
0,2-2	16,5	4,041	12,664	2,928	13,610	35,0	28,1
0,2-3	22,0	4,413	11,177	3,793	12,570	35,1	28,2
0,2-4	27,5	4,627	9,987	4,387	11,820	35,0	28,3
0,2-5	33,0	4,113	9,038	4,743	10,920	34,6	28,6
0,2-6	38,5	3,649	8,233	4,887	10,230	34,1	28,7
0,2-7	44,0	3,755	7,312	5,007	9,612	34,2	28,8

0,2-8	49,5	3,799	6,590	5,040	9,123	34,3	28,9
0,2-9	54,5	4,736	5,174	5,057	8,627	34,2	29,0
0,2-10	60,0	4,378	4,796	4,994	8,188	34,1	29,1
0,2-11	65,5	4,360	4,193	4,882	7,764	34,0	29,1
0,2-12	71,0	4,122	3,822	4,766	7,367	33,3	29,4
0,2-13	76,5	3,949	3,382	4,595	6,931	33,4	29,4
0,2-14	82,0	3,726	3,047	4,429	6,536	33,3	29,5
0,2-15	87,5	3,610	2,704	4,303	6,231	33,4	29,5
0,2-16	93,0	3,342	2,489	4,105	5,863	33,3	29,5
0,2-17	98,5	3,180	2,254	3,951	5,561	33,2	29,5
0,2-18	104,0	2,970	2,103	3,808	5,263	33,1	29,6
0,2-19	109,5	2,770	1,947	3,653	4,992	32,9	29,6
0,2-20	115,0	2,570	1,826	3,494	4,708	32,8	29,7
0,2-21	120,5	2,387	1,722	3,331	4,445	32,8	29,7
0,2-22	126,0	2,219	1,592	3,176	4,188	32,6	29,8
0,2-23	131,5	2,058	1,496	3,028	3,952	32,5	29,8
0,2-24	137,0	1,940	1,394	2,895	3,758	32,4	29,8
0,2-25	142,5	1,823	1,266	2,784	3,560	32,6	29,9
0,2-26	148,0	1,737	1,145	2,672	3,385	32,5	29,9
0,2-27	153,5	1,567	1,087	2,553	3,203	32,4	29,9
0,2-28	159,0	1,499	1,004	2,449	3,050	32,5	29,9
0,2-29	164,5	1,406	0,913	2,344	2,871	32,2	30,0
0,2-30	170,0	1,285	0,826	2,209	2,686	32,0	30,0
0,2-31	175,5	1,098	0,872	2,109	2,535	32,2	30,0
0,2-32	181,0	1,080	0,747	2,026	2,415	32,2	30,0
0,2-33	186,5	0,845	0,834	1,917	2,259	32,2	30,0
0,2-34	192,0	0,857	0,698	1,837	2,145	32,0	30,0



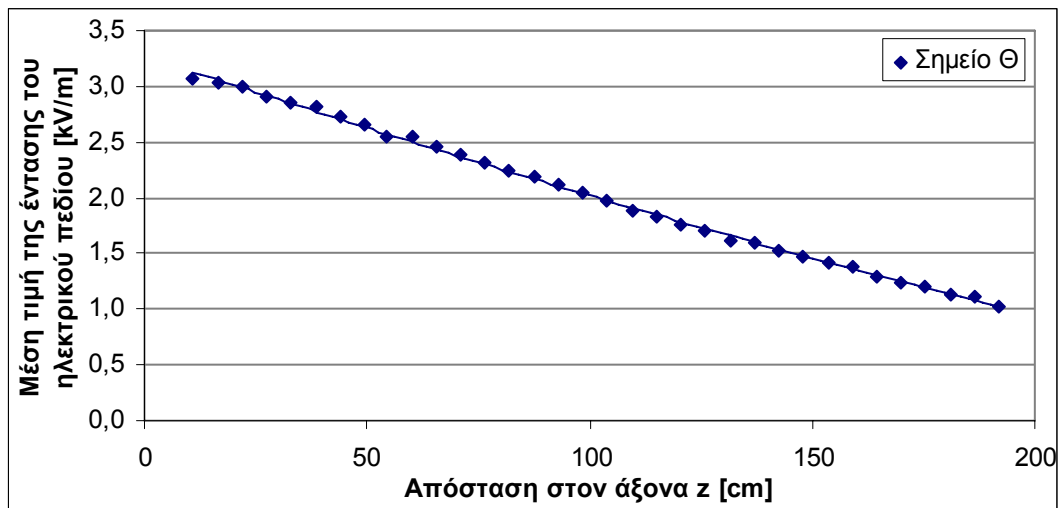
Σχήμα 4.13: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο A=0.2 για βρεγμένους μονωτήρες

Για το σημείο Θ=2.5 με συνιστώσες (x=62.5cm. y=143cm) και για τους βρεγμένους μονωτήρες η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.13: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E _x [kV/m]	E _y [kV/m]	E _z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
2.5-1	11,0	0,647	2,970	0,303	3,061	32,0	29,9
2.5-2	16,5	0,537	2,981	0,211	3,042	32,0	29,8
2.5-3	22,0	0,484	2,945	0,117	2,989	32,4	29,7
2.5-4	27,5	0,585	2,855	0,023	2,912	32,3	29,7
2.5-5	33,0	0,587	2,796	0,065	2,852	32,5	29,7
2.5-6	38,5	0,591	2,749	0,144	2,817	32,5	29,7
2.5-7	44,0	0,657	2,635	0,226	2,728	32,5	29,7
2.5-8	49,5	0,631	2,557	0,296	2,656	32,4	29,7
2.5-9	54,5	0,630	2,447	0,353	2,552	32,4	29,7
2.5-10	60,0	0,713	2,392	0,419	2,540	32,2	29,7
2.5-11	65,5	0,648	2,321	0,465	2,454	32,4	29,7
2.5-12	71,0	0,640	2,246	0,515	2,388	32,4	29,8
2.5-13	76,5	0,678	2,149	0,561	2,320	32,5	29,8
2.5-14	82,0	0,618	2,072	0,596	2,243	32,5	29,8
2.5-15	87,5	0,720	1,959	0,635	2,184	32,6	29,8
2.5-16	93,0	0,749	1,860	0,664	2,115	32,4	29,8
2.5-17	98,5	0,698	1,793	0,685	2,041	32,5	29,9
2.5-18	104,0	0,688	1,702	0,703	1,967	32,3	29,9
2.5-19	109,5	0,638	1,626	0,711	1,877	32,5	29,9
2.5-20	115,0	0,630	1,547	0,724	1,826	32,5	29,9
2.5-21	120,5	0,558	1,504	0,737	1,764	32,4	29,9
2.5-22	126,0	0,535	1,433	0,741	1,697	32,4	29,9
2.5-23	131,5	0,489	1,366	0,738	1,624	32,4	30,0
2.5-24	137,0	0,503	1,312	0,752	1,592	32,2	30,0
2.5-25	142,5	0,479	1,235	0,745	1,518	32,3	30,0
2.5-26	148,0	0,493	1,173	0,747	1,475	32,0	30,0
2.5-27	153,5	0,425	1,124	0,740	1,412	32,0	30,0
2.5-28	159,0	0,473	1,056	0,741	1,380	32,1	30,0
2.5-29	164,5	0,411	0,990	0,715	1,289	32,3	30,0
2.5-30	170,0	0,419	0,920	0,703	1,231	32,3	30,0
2.5-31	175,5	0,332	0,908	0,699	1,194	32,1	30,0
2.5-32	181,0	0,377	0,823	0,683	1,138	32,0	30,0
2.5-33	186,5	0,285	0,826	0,684	1,110	32,1	30,0
2.5-34	192,0	0,291	0,743	0,649	1,027	32,1	30,0



Σχήμα 4.14: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Θ για τους βρεγμένους μονωτήρες.

4.1.3 Καθαρός πορσελάνινος, αλυσοειδής μονωτήρας (070), κανονικού τύπου, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες.

Καθαρίζουμε την προηγούμενη αλυσίδα μονωτήρων και ξαναπαίρνουμε όλες τις σειρές μετρήσεων και στα έντεκα (11) σημεία μας.

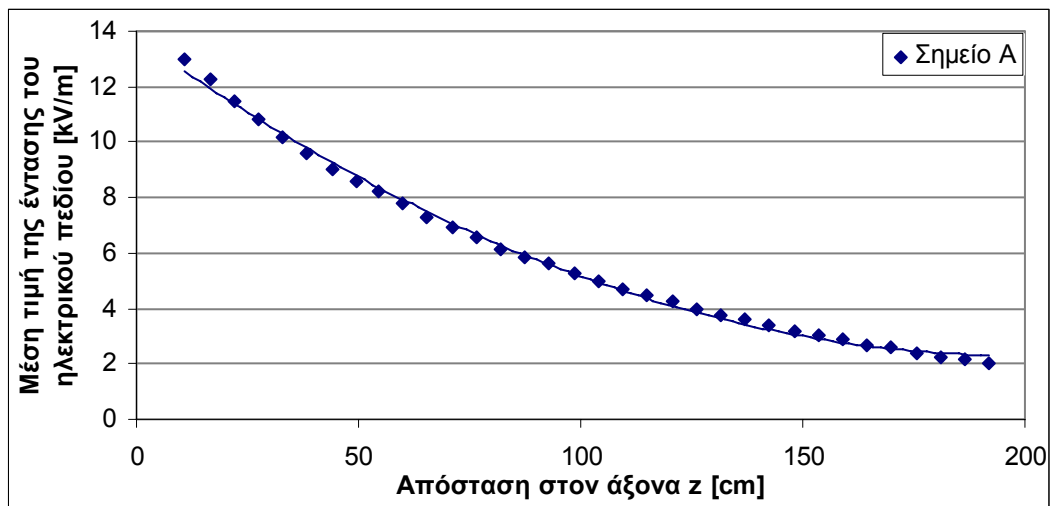
Για το σημείο A=0.2 με συνιστώσες (x=36cm, y=37,5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.14: Μετρήσεις

P=990 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
0,2-1	11,0	1,880	12,825	1,547	13,010	34,7	28,3
0,2-2	16,5	2,760	11,642	2,574	12,240	34,4	28,5
0,2-3	22,0	2,818	10,649	3,311	11,480	34,2	28,5
0,2-4	27,5	3,688	9,378	3,863	10,800	34,2	28,6
0,2-5	33,0	3,913	8,351	4,229	10,170	34,0	28,7
0,2-6	38,5	4,091	7,481	4,398	9,580	33,8	28,8
0,2-7	44,0	4,164	6,581	4,522	9,025	33,7	28,9
0,2-8	49,5	4,201	5,861	4,588	8,557	33,6	29,0
0,2-9	54,5	4,228	5,298	4,659	8,233	33,4	29,1
0,2-10	60,0	3,905	4,912	4,582	7,767	33,4	29,1
0,2-11	65,5	3,853	4,335	4,457	7,310	33,3	29,2
0,2-12	71,0	3,680	3,937	4,348	6,921	33,1	29,2

0,2-13	76,5	3,521	3,536	4,227	6,541	33,1	29,3
0,2-14	82,0	3,382	3,131	4,077	6,153	32,9	29,4
0,2-15	87,5	3,213	2,867	3,950	5,853	32,9	29,5
0,2-16	93,0	3,048	2,695	3,842	5,599	32,8	29,5
0,2-17	98,5	2,882	2,451	3,706	5,291	32,7	29,6
0,2-18	104,0	2,682	2,285	3,559	5,006	32,6	29,6
0,2-19	109,5	2,489	2,131	3,410	4,726	32,5	29,6
0,2-20	115,0	2,324	1,967	3,275	4,472	32,5	29,7
0,2-21	120,5	2,140	1,868	3,137	4,232	32,4	29,7
0,2-22	126,0	1,940	1,776	3,006	3,999	32,4	29,7
0,2-23	131,5	1,840	1,635	2,874	3,781	32,4	29,8
0,2-24	137,0	1,683	1,545	2,758	3,573	32,2	29,8
0,2-25	142,5	1,602	1,386	2,626	3,372	32,2	29,8
0,2-26	148,0	1,515	1,284	2,522	3,206	32,1	29,8
0,2-27	153,5	1,399	1,197	2,416	3,040	32,1	29,9
0,2-28	159,0	1,300	1,105	2,299	2,868	32,1	29,9
0,2-29	164,5	1,181	1,023	2,197	2,702	32,1	29,9
0,2-30	170,0	1,148	0,926	2,110	2,575	32,1	29,9
0,2-31	175,5	0,931	0,954	2,003	2,403	31,9	30,0
0,2-32	181,0	0,914	0,823	1,910	2,273	31,9	30,0
0,2-33	186,5	0,696	0,878	1,824	2,139	31,8	30,0
0,2-34	192,0	0,719	0,748	1,743	2,029	31,7	30,0



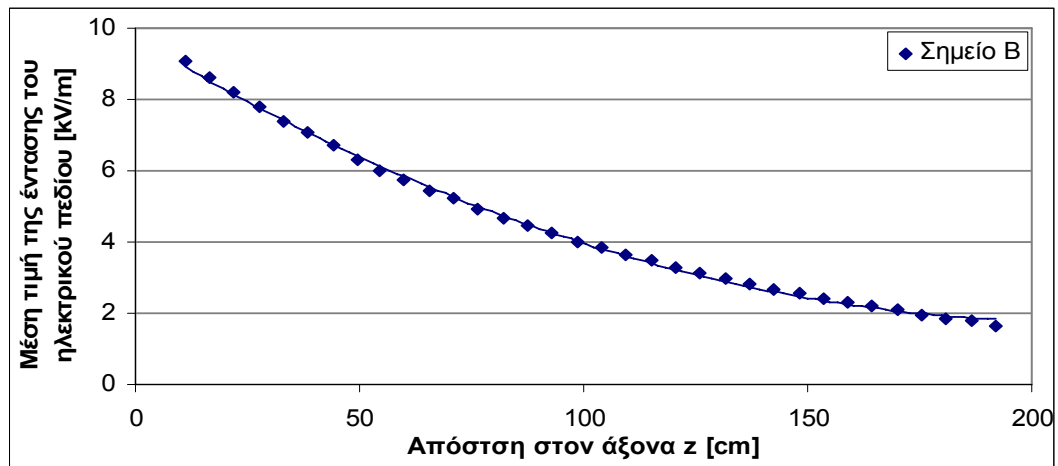
Σχήμα 4.15: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο A=0.2

Για το σημείο B=0.3 με συνιστώσες ($x=58\text{cm}$, $y=57,5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές

Πίνακας 4.15: Μετρήσεις

P=989 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
0,3-1	11,0	1,597	8,881	0,873	9,059	35,6	28,2
0,3-2	16,5	2,016	8,271	1,450	8,628	35,4	28,2
0,3-3	22,0	2,284	7,686	1,921	8,228	35,3	28,3
0,3-4	27,5	2,442	7,029	2,265	7,775	35,1	28,4
0,3-5	33,0	2,963	6,249	2,580	7,380	35,0	28,5
0,3-6	38,5	2,857	5,847	2,762	7,052	34,8	28,6
0,3-7	44,0	3,168	5,120	2,917	6,694	34,6	28,7
0,3-8	49,5	2,485	4,977	2,965	6,304	34,3	29,0
0,3-9	54,5	2,498	4,571	3,015	6,019	34,1	29,1
0,3-10	60,0	2,352	4,243	3,025	5,720	34,0	29,2
0,3-11	65,5	2,404	3,846	3,013	5,441	33,8	29,3
0,3-12	71,0	2,317	3,575	3,010	5,214	33,5	29,4
0,3-13	76,5	2,311	3,211	2,942	4,928	33,5	29,5
0,3-14	82,0	2,186	2,970	2,891	4,683	33,3	29,5
0,3-15	87,5	2,117	2,704	2,805	4,437	32,6	29,8
0,3-16	93,0	2,068	2,457	2,738	4,231	32,6	29,9
0,3-17	98,5	2,022	2,232	2,659	4,010	32,6	29,9
0,3-18	104,0	1,916	2,073	2,579	3,823	32,6	30,0
0,3-19	109,5	1,788	1,941	2,502	3,634	32,5	30,1
0,3-20	115,0	1,705	1,791	2,425	3,466	32,4	30,1
0,3-21	120,5	1,562	1,697	2,335	3,284	32,3	30,2
0,3-22	126,0	1,416	1,617	2,247	3,110	32,3	30,2,
0,3-23	131,5	1,376	1,476	2,167	2,958	32,1	30,2
0,3-24	137,0	1,322	1,363	2,100	2,830	32,0	30,3
0,3-25	142,5	1,243	1,256	2,018	2,683	32,1	30,3
0,3-26	148,0	1,204	1,148	1,948	2,563	31,8	30,4
0,3-27	153,5	1,108	1,084	1,873	2,434	31,8	30,4
0,3-28	159,0	1,007	1,008	1,787	2,287	31,6	30,4
0,3-29	164,5	0,919	0,982	1,735	2,196	31,7	30,4
0,3-30	170,0	0,873	0,909	1,676	2,097	31,6	30,5
0,3-31	175,5	0,731	0,898	1,598	1,973	31,5	30,5
0,3-32	181,0	0,727	0,790	1,531	1,871	31,5	30,5
0,3-33	186,5	0,626	0,779	1,475	1,782	31,5	30,6
0,3-34	192,0	0,567	0,691	1,385	1,651	31,8	30,4



Σχήμα 4.16: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο B=0.3

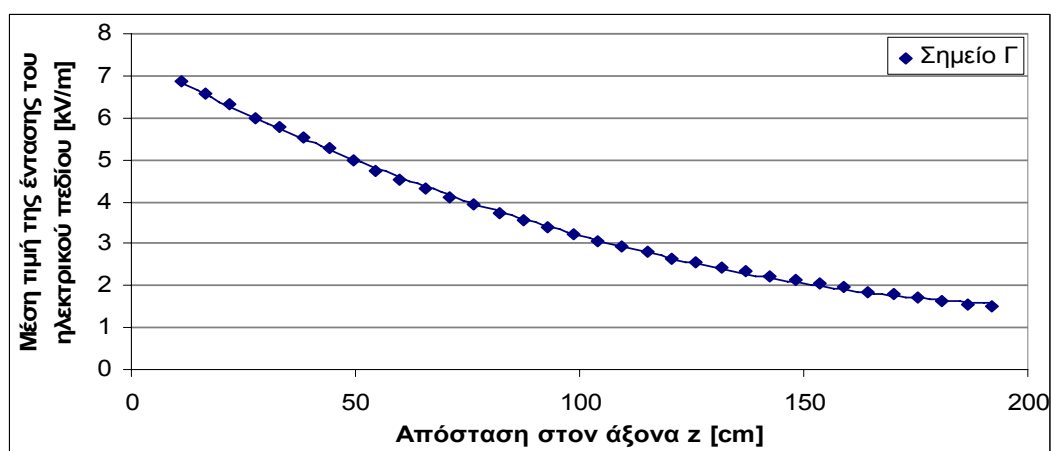
Για το σημείο Γ=0.4 με συνιστώσες (x=80cm, y=78,5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.16: Μετρήσεις

P=988 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
0,4-1	11,0	1,387	6,719	0,477	6,872	31,3	30,6
0,4-2	16,5	1,722	6,301	0,838	6,579	31,2	30,7
0,4-3	22,0	2,171	5,826	1,164	6,330	31,0	30,7
0,4-4	27,5	2,042	5,487	1,391	6,007	31,0	30,8
0,4-5	33,0	2,564	4,909	1,628	5,776	30,7	30,8
0,4-6	38,5	2,467	4,613	1,761	5,521	30,7	30,8
0,4-7	44,0	2,605	4,165	1,893	5,264	30,7	30,8
0,4-8	49,5	2,891	3,539	1,996	4,978	30,8	30,8
0,4-9	54,5	2,646	3,376	2,014	4,748	30,7	30,9
0,4-10	60,0	2,436	3,197	2,030	4,504	30,6	30,9
0,4-11	65,5	2,480	2,869	2,063	4,299	30,5	30,9
0,4-12	71,0	2,356	2,653	2,061	4,110	30,5	30,9
0,4-13	76,5	2,337	2,382	2,063	3,932	30,6	30,9
0,4-14	82,0	2,194	2,204	2,028	3,721	30,5	30,9
0,4-15	87,5	2,113	2,033	2,003	3,552	30,5	30,9
0,4-16	93,0	2,042	1,843	1,962	3,373	30,5	30,9
0,4-17	98,5	1,907	1,745	1,928	3,229	30,5	30,9
0,4-18	104,0	1,840	1,583	1,888	3,078	30,5	30,9
0,4-19	109,5	1,714	1,512	1,831	2,933	30,5	30,9
0,4-20	115,0	1,639	1,420	1,804	2,820	30,5	31,0
0,4-21	120,5	1,462	1,386	1,734	2,657	30,4	31,0
0,4-22	126,0	1,484	1,213	1,710	2,562	30,4	31,0
0,4-23	131,5	1,351	1,178	1,645	2,435	30,3	31,0

0,4-24	137,0	1,273	1,111	1,598	2,331	30,3	31,0
0,4-25	142,5	1,155	1,102	1,559	2,234	30,2	31,0
0,4-26	148,0	1,144	0,978	1,519	2,134	30,2	31,0
0,4-27	153,5	1,059	0,936	1,471	2,041	30,2	31,0
0,4-28	159,0	0,980	0,897	1,424	1,948	30,2	31,0
0,4-29	164,5	0,964	0,782	1,368	1,852	30,2	31,0
0,4-30	170,0	0,977	0,673	1,339	1,785	30,2	31,1
0,4-31	175,5	0,868	0,681	1,294	1,698	30,2	31,1
0,4-32	181,0	0,824	0,633	1,248	1,626	30,1	31,0
0,4-33	186,5	0,677	0,679	1,201	1,539	30,0	31,0
0,4-34	192,0	0,710	0,586	1,172	1,487	29,9	31,1



Σχήμα 4.17: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο $\Gamma=0.4$

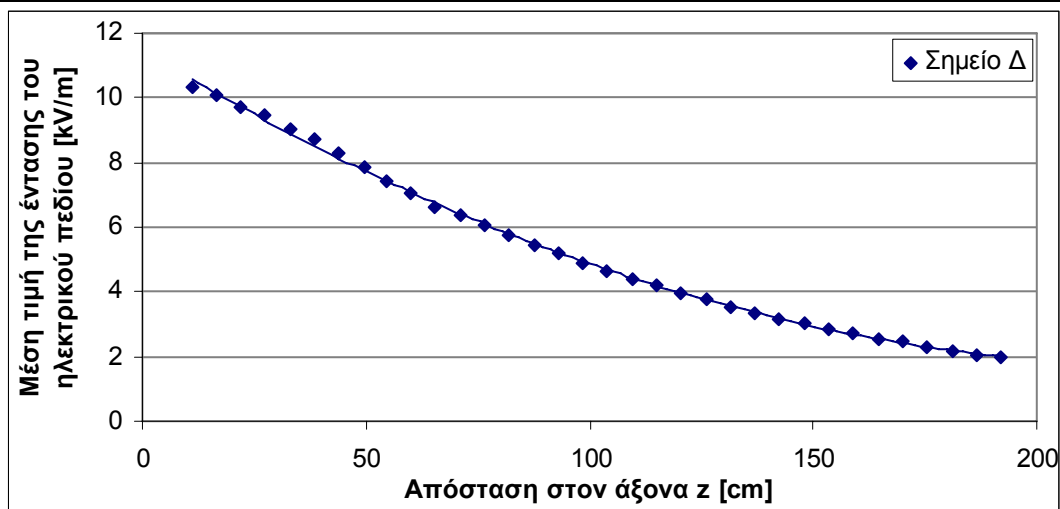
Για το σημείο $\Delta=1.2$ με συνιστώσες ($x=15,5\text{cm}$, $y=59,5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.17: Μετρήσεις

P=986 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}\text{C}$]
1,2-1	11,0	0,031	10,315	0,213	10,330	30,0	31,0
1,2-2	16,5	0,406	10,056	0,445	10,060	29,9	31,0
1,2-3	22,0	0,877	9,638	1,039	9,728	29,9	31,1
1,2-4	27,5	1,331	9,244	1,542	9,454	30,0	31,1
1,2-5	33,0	1,882	8,601	1,983	9,016	29,9	31,1
1,2-6	38,5	2,034	8,124	2,299	8,703	29,8	31,1
1,2-7	44,0	1,924	7,608	2,551	8,277	29,7	31,1
1,2-8	49,5	2,025	7,059	2,760	7,862	29,6	31,1
1,2-9	54,5	1,478	6,674	2,842	7,435	29,7	31,1
1,2-10	60,0	1,546	6,210	2,935	7,029	29,5	31,1
1,2-11	65,5	1,436	5,765	2,970	6,638	29,4	31,2

1,2-12	71,0	1,328	5,445	3,042	6,371	29,5	31,2
1,2-13	76,5	1,448	5,041	3,056	6,064	29,6	31,2
1,2-14	82,0	1,309	4,691	3,036	5,752	29,6	31,2
1,2-15	87,5	1,287	4,364	3,001	5,434	29,6	31,2
1,2-16	93,0	1,502	4,008	2,982	5,220	29,5	31,2
1,2-17	98,5	1,320	3,727	2,900	4,903	29,5	31,2
1,2-18	104,0	1,323	3,428	2,819	4,632	29,3	31,2
1,2-19	109,5	1,118	3,247	2,763	4,406	29,3	31,2
1,2-20	115,0	1,107	3,007	2,680	4,176	29,3	31,2
1,2-21	120,5	0,909	2,838	2,608	3,952	29,2	31,2
1,2-22	126,0	0,903	2,638	2,529	3,765	29,2	31,2
1,2-23	131,5	0,747	2,466	2,444	3,542	29,0	31,3
1,2-24	137,0	0,626	2,295	2,351	3,346	29,0	31,2
1,2-25	142,5	0,680	2,118	2,263	3,171	29,0	31,3
1,2-26	148,0	0,668	1,974	2,177	3,014	29,1	31,3
1,2-27	153,5	0,591	1,815	2,088	2,835	28,9	31,3
1,2-28	159,0	0,596	1,714	2,034	2,732	29,0	31,3
1,2-29	164,5	0,543	1,566	1,933	2,549	29,0	31,3
1,2-30	170,0	0,564	1,497	1,895	2,481	29,1	31,3
1,2-31	175,5	0,398	1,379	1,799	2,301	29,2	31,3
1,2-32	181,0	0,451	1,267	1,726	2,187	29,2	31,3
1,2-33	186,5	0,276	1,189	1,655	2,057	29,3	31,3
1,2-34	192,0	0,252	1,147	1,614	1,998	29,2	31,3



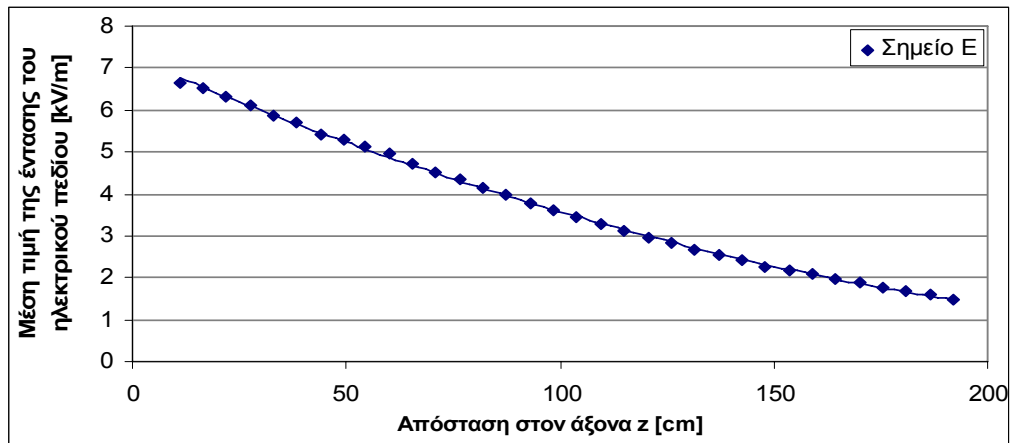
Σχήμα 4.18: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο $\Delta=1.2$

Για το σημείο E=1.3 με συνιστώσες ($x=38\text{cm}$, $y=80\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.18: Μετρήσεις

P=990 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
1,3-1	11,0	0,038	6,640	0,118	6,645	31,3	30,0
1,3-2	16,5	0,178	6,509	0,233	6,511	31,5	30,0
1,3-3	22,0	0,477	6,278	0,552	6,324	31,3	30,0
1,3-4	27,5	0,637	6,041	0,821	6,126	31,3	30,0
1,3-5	33,0	0,770	5,715	1,072	5,863	31,5	30,1
1,3-6	38,5	0,662	5,522	1,260	5,711	31,5	30,1
1,3-7	44,0	0,817	5,171	1,428	5,421	31,5	30,1
1,3-8	49,5	0,965	4,932	1,593	5,273	31,5	30,1
1,3-9	54,5	1,421	4,626	1,727	5,130	31,4	30,1
1,3-10	60,0	1,365	4,383	1,827	4,946	32,0	30,1
1,3-11	65,5	1,432	4,089	1,892	4,726	31,7	30,1
1,3-12	71,0	1,319	3,869	1,944	4,528	31,7	30,1
1,3-13	76,5	1,411	3,584	1,984	4,333	31,7	30,1
1,3-14	82,0	1,436	3,341	2,013	4,158	31,5	30,1
1,3-15	87,5	1,393	3,116	2,016	3,968	31,7	30,1
1,3-16	93,0	1,325	2,916	2,006	3,778	31,6	30,2
1,3-17	98,5	1,291	2,700	1,984	3,594	31,7	30,2
1,3-18	104,0	1,258	2,524	1,967	3,434	31,5	30,2
1,3-19	109,5	1,131	2,378	1,927	3,264	31,4	30,2
1,3-20	115,0	1,031	2,257	1,904	3,129	31,6	30,2
1,3-21	120,5	0,941	2,110	1,859	2,966	31,3	30,2
1,3-22	126,0	0,842	1,879	1,813	2,814	31,3	30,2
1,3-23	131,5	0,808	1,852	1,761	2,673	31,3	30,3
1,3-24	137,0	0,749	1,722	1,709	2,539	31,4	30,3
1,3-25	142,5	0,742	1,585	1,657	2,416	31,5	30,3
1,3-26	148,0	0,692	1,463	1,593	2,270	31,3	30,3
1,3-27	153,5	0,617	1,381	1,554	2,170	31,4	30,3
1,3-28	159,0	0,693	1,246	1,511	2,080	31,3	30,3
1,3-29	164,5	0,613	1,190	1,464	1,982	31,3	30,3
1,3-30	170,0	0,578	1,104	1,415	1,887	31,4	30,3
1,3-31	175,5	0,471	1,050	1,363	1,783	31,5	30,3
1,3-32	181,0	0,472	0,942	1,298	1,675	31,4	30,3
1,3-33	186,5	0,340	0,925	1,273	1,609	31,3	30,3
1,3-34	192,0	0,351	0,812	1,194	1,487	31,2	30,3



Σχήμα 4.19: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο E=1.3

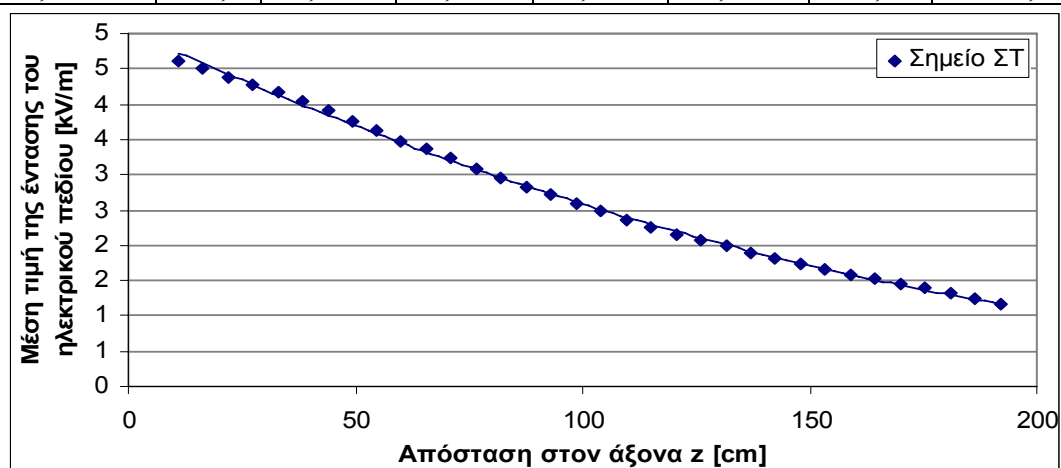
Για το σημείο ΣΤ=1.4 με συνιστώσες ($x=50,5\text{cm}$, $y=100,5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.19: Μετρήσεις

P=986mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}\text{C}$]
1,4-1	11,0	0,396	4,587	0,073	4,606	40,7	26,5
1,4-2	16,5	0,605	4,471	0,131	4,518	39,6	26,5
1,4-3	22,0	0,624	4,331	0,308	4,385	39,3	26,5
1,4-4	27,5	1,108	4,107	0,495	4,287	38,9	26,6
1,4-5	33,0	1,229	3,932	0,653	4,172	38,7	26,6
1,4-6	38,5	1,161	3,798	0,759	4,049	38,5	26,6
1,4-7	44,0	1,087	3,642	0,870	3,902	38,7	26,6
1,4-8	49,5	1,077	3,457	0,963	3,748	38,6	26,5
1,4-9	54,5	1,184	3,288	1,041	3,635	38,7	26,6
1,4-10	60,0	1,175	3,089	1,101	3,483	38,2	26,7
1,4-11	65,5	1,140	2,941	1,153	3,361	38,0	26,8
1,4-12	71,0	1,142	2,770	1,204	3,229	37,9	26,8
1,4-13	76,5	1,122	2,601	1,234	3,092	37,5	26,9
1,4-14	82,0	0,976	2,494	1,255	2,957	37,7	27,0
1,4-15	87,5	0,911	2,365	1,268	2,836	37,4	27,0
1,4-16	93,0	0,820	2,252	1,277	2,715	37,4	27,0
1,4-17	98,5	0,859	2,086	1,271	2,587	37,3	27,0
1,4-18	104,0	0,810	1,973	1,271	2,483	37,6	27,1
1,4-19	109,5	0,781	1,855	1,260	2,369	37,1	27,1
1,4-20	115,0	0,651	1,754	1,238	2,242	37,3	27,1
1,4-21	120,5	0,662	1,648	1,229	2,160	37,3	27,1
1,4-22	126,0	0,587	1,569	1,217	2,069	37,3	27,1
1,4-23	131,5	0,577	1,472	1,200	1,988	37,4	27,1
1,4-24	137,0	0,551	1,376	1,172	1,891	37,3	27,1

1,4-25	142,5	0,557	1,289	1,155	1,819	36,9	27,1
1,4-26	148,0	0,513	1,201	1,121	1,727	37,3	27,2
1,4-27	153,5	0,516	1,126	1,099	1,658	37,2	27,2
1,4-28	159,0	0,510	1,053	1,078	1,593	37,1	27,1
1,4-29	164,5	0,491	0,982	1,045	1,517	37,1	27,2
1,4-30	170,0	0,485	0,916	1,021	1,450	37,2	27,2
1,4-31	175,5	0,403	0,876	0,993	1,387	37,1	27,2
1,4-32	181,0	0,407	0,801	0,962	1,317	37,1	27,2
1,4-33	186,5	0,299	0,778	0,932	1,251	37,1	27,2
1,4-34	192,0	0,314	0,700	0,891	1,178	37,0	27,3



Σχήμα 4.20: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο ΣΤ=1.4

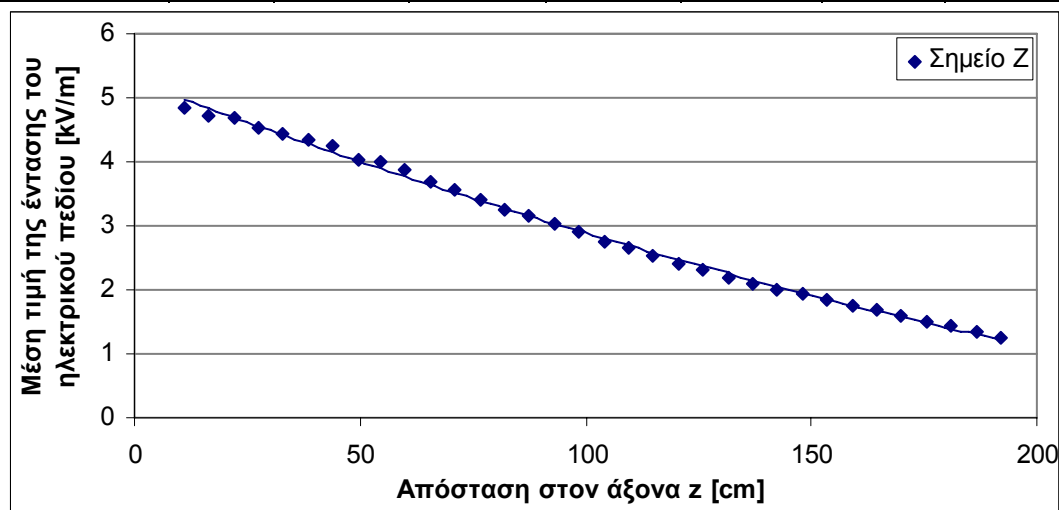
Για το σημείο Z =2.3 με συνιστώσες (x=18cm, y=102cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.20: Μετρήσεις

P=986 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
2,3-1	11,0	0,171	4,823	0,332	4,846	36,8	27,3
2,3-2	16,5	0,065	4,735	0,117	4,726	36,9	27,3
2,3-3	22,0	0,102	4,688	0,080	4,692	36,9	27,3
2,3-4	27,5	0,040	4,536	0,245	4,537	36,9	27,3
2,3-5	33,0	0,144	4,419	0,428	4,451	37,0	27,3
2,3-6	38,5	0,296	4,280	0,568	4,332	36,8	27,3
2,3-7	44,0	0,364	4,154	0,713	4,236	36,8	27,3
2,3-8	49,5	0,234	3,976	0,827	4,045	36,9	27,3
2,3-9	54,5	0,429	3,851	0,931	3,987	36,9	27,3
2,3-10	60,0	0,503	3,682	1,028	3,862	37,0	27,3
2,3-11	65,5	0,458	3,510	1,097	3,701	37,1	27,3
2,3-12	71,0	0,377	3,328	1,158	3,558	37,2	27,3
2,3-13	76,5	0,495	3,139	1,207	3,403	36,9	27,3

2.3-14	82,0	0,554	2,954	1,252	3,264	36,9	27,3
2.3-15	87,5	0,573	2,818	1,291	3,157	37,0	27,3
2.3-16	93,0	0,607	2,671	1,322	3,044	37,1	27,3
2.3-17	98,5	0,548	2,536	1,334	2,919	37,1	27,3
2.3-18	104,0	0,482	2,376	1,331	2,762	36,9	27,3
2.3-19	109,5	0,461	2,254	1,337	2,660	37,1	27,3
2.3-20	115,0	0,398	2,120	1,328	2,541	37,0	27,3
2.3-21	120,5	0,363	1,994	1,317	2,415	37,1	27,3
2.3-22	126,0	0,341	1,875	1,302	2,309	37,0	27,3
2.3-23	131,5	0,299	1,758	1,281	2,197	37,0	27,4
2.3-24	137,0	0,270	1,655	1,261	2,096	37,1	27,4
2.3-25	142,5	0,308	1,555	1,241	2,013	37,1	27,3
2.3-26	148,0	0,302	1,463	1,219	1,928	37,3	27,3
2.3-27	153,5	0,279	1,366	1,189	1,832	37,2	27,3
2.3-28	159,0	0,287	1,276	1,164	1,753	37,2	27,3
2.3-29	164,5	0,281	1,205	1,138	1,684	37,3	27,3
2.3-30	170,0	0,290	1,121	1,106	1,604	37,3	27,3
2.3-31	175,5	0,144	1,042	1,064	1,496	37,4	27,3
2.3-32	181,0	0,223	0,963	1,027	1,425	37,6	27,3
2.3-33	186,5	0,089	0,906	1,004	1,357	37,3	27,3
2.3-34	192,0	0,142	0,815	0,942	1,252	37,7	27,3



Σχήμα 4.21: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Z=2.3

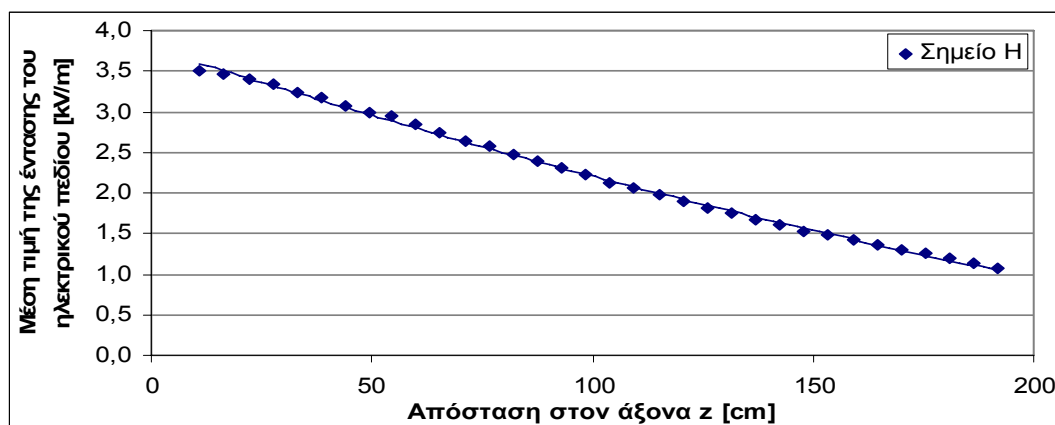
Για το σημείο H=2.4 με συνιστώσες (x=40cm. y=122.5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.21: Μετρήσεις

P=985 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
2.4-1	11,0	0,626	3,437	0,213	3,507	41,4	25,8

2.4-2	16,5	0,708	3,389	0,082	3,460	41,4	25,8
2.4-3	22,0	0,765	3,307	0,043	3,402	41,4	25,9
2.4-4	27,5	0,711	3,251	0,147	3,330	41,9	26,0
2.4-5	33,0	0,815	3,123	0,265	3,233	41,3	26,0
2.4-6	38,5	0,742	3,079	0,351	3,175	41,2	26,1
2.4-7	44,0	0,645	2,964	0,431	3,072	41,1	26,2
2.4-8	49,5	0,768	2,851	0,522	2,998	41,0	26,2
2.4-9	54,5	0,944	2,720	0,595	2,943	40,9	26,3
2.4-10	60,0	0,986	2,590	0,663	2,846	40,8	26,4
2.4-11	65,5	0,911	2,478	0,707	2,739	40,8	26,4
2.4-12	71,0	0,864	2,391	0,757	2,647	40,7	26,4
2.4-13	76,5	0,908	2,256	0,802	2,568	40,4	26,5
2.4-14	82,0	0,892	2,153	0,837	2,474	40,7	26,6
2.4-15	87,5	0,918	2,034	0,870	2,387	40,5	26,6
2.4-16	93,0	0,903	1,929	0,893	2,315	40,4	26,6
2.4-17	98,5	0,875	1,840	0,909	2,224	40,2	26,6
2.4-18	104,0	0,797	1,748	0,913	2,124	40,6	26,6
2.4-19	109,5	0,780	1,667	0,930	2,066	40,4	26,7
2.4-20	115,0	0,775	1,570	0,932	1,983	40,2	26,7
2.4-21	120,5	0,684	1,498	0,924	1,894	40,2	26,7
2.4-22	126,0	0,650	1,425	0,926	1,821	40,0	26,7
2.4-23	131,5	0,606	1,355	0,914	1,743	40,1	26,8
2.4-24	137,0	0,573	1,287	0,909	1,673	40,1	26,8
2.4-25	142,5	0,570	1,202	0,898	1,606	40,1	26,6
2.4-26	148,0	0,566	1,125	0,886	1,536	40,3	26,6
2.4-27	153,5	0,537	1,071	0,878	1,484	40,2	26,6
2.4-28	159,0	0,507	1,004	0,862	1,415	40,5	26,5
2.4-29	164,5	0,499	0,947	0,847	1,366	40,6	26,5
2.4-30	170,0	0,476	0,881	0,825	1,301	40,8	26,5
2.4-31	175,5	0,423	0,852	0,813	1,250	40,7	26,5
2.4-32	181,0	0,433	0,776	0,788	1,189	40,6	26,5
2.4-33	186,5	0,351	0,762	0,770	1,139	40,6	26,5
2.4-34	192,0	0,345	0,690	0,740	1,070	40,3	26,6



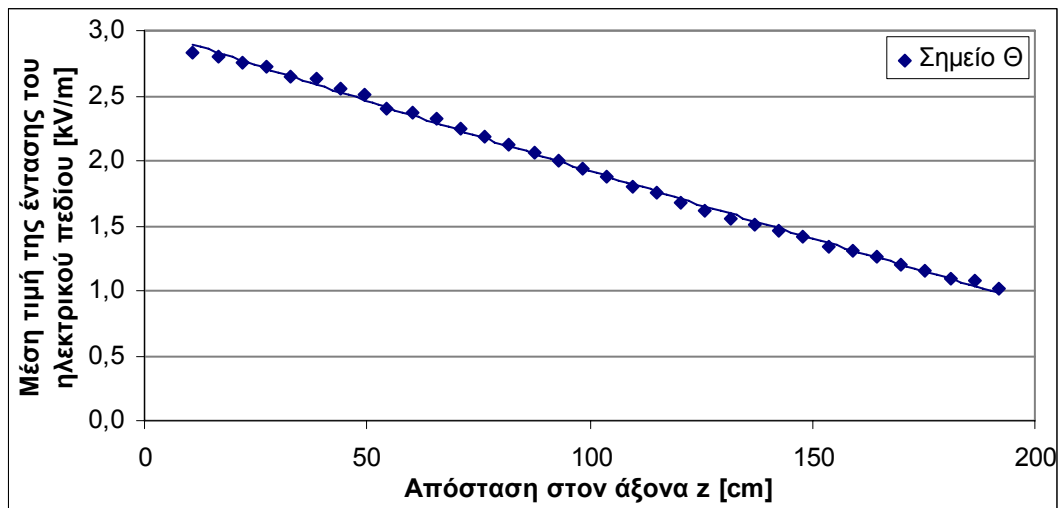
Σχήμα 4.22: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Η=2.4

Για το σημείο $\Theta=2.5$ με συνιστώσες ($x=62.5\text{cm}$, $y=143\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.22: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}\text{C}$]
2.5-1	11,0	0,723	2,734	0,259	2,836	41,0	28,2
2.5-2	16,5	0,888	2,653	0,150	2,793	41,0	28,3
2.5-3	22,0	0,921	2,588	0,056	2,752	40,9	28,3
2.5-4	27,5	1,003	2,526	0,029	2,719	40,7	28,4
2.5-5	33,0	1,071	2,425	0,118	2,648	40,5	28,6
2.5-6	38,5	0,945	2,442	0,174	2,626	40,4	28,7
2.5-7	44,0	0,995	2,339	0,250	2,556	40,2	28,8
2.5-8	49,5	1,076	2,245	0,322	2,507	40,0	28,9
2.5-9	54,5	0,993	2,150	0,367	2,399	39,7	29,1
2.5-10	60,0	0,976	2,119	0,422	2,369	39,5	29,2
2.5-11	65,5	1,011	2,036	0,475	2,321	39,2	29,4
2.5-12	71,0	0,911	1,993	0,513	2,252	39,1	29,5
2.5-13	76,5	0,998	1,868	0,560	2,191	39,1	29,6
2.5-14	82,0	0,987	1,790	0,595	2,129	38,9	29,7
2.5-15	87,5	1,003	1,693	0,629	2,065	38,5	29,8
2.5-16	93,0	0,984	1,612	0,654	2,000	38,5	29,8
2.5-17	98,5	0,952	1,544	0,672	1,933	38,4	29,9
2.5-18	104,0	0,956	1,452	0,692	1,877	38,2	30,0
2.5-19	109,5	0,870	1,416	0,701	1,806	38,2	30,0
2.5-20	115,0	0,848	1,359	0,716	1,752	38,0	30,1
2.5-21	120,5	0,772	1,311	0,717	1,683	38,0	30,2
2.5-22	126,0	0,744	1,246	0,720	1,620	37,9	30,2
2.5-23	131,5	0,699	1,195	0,721	1,560	37,7	30,3
2.5-24	137,0	0,661	1,145	0,722	1,510	37,6	30,3
2.5-25	142,5	0,673	1,076	0,726	1,463	37,6	30,4
2.5-26	148,0	0,672	1,010	0,725	1,413	37,5	30,4
2.5-27	153,5	0,617	0,954	0,711	1,342	37,3	30,5
2.5-28	159,0	0,615	0,895	0,711	1,305	37,3	30,5
2.5-29	164,5	0,601	0,854	0,705	1,260	37,2	30,5
2.5-30	170,0	0,569	0,791	0,686	1,193	37,2	30,5
2.5-31	175,5	0,476	0,799	0,679	1,154	37,4	30,6
2.5-32	181,0	0,497	0,720	0,663	1,095	37,0	30,6
2.5-33	186,5	0,437	0,727	0,662	1,076	37,0	30,6
2.5-34	192,0	0,398	0,645	0,617	1,011	37,1	30,6



Σχήμα 4.23: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Θ

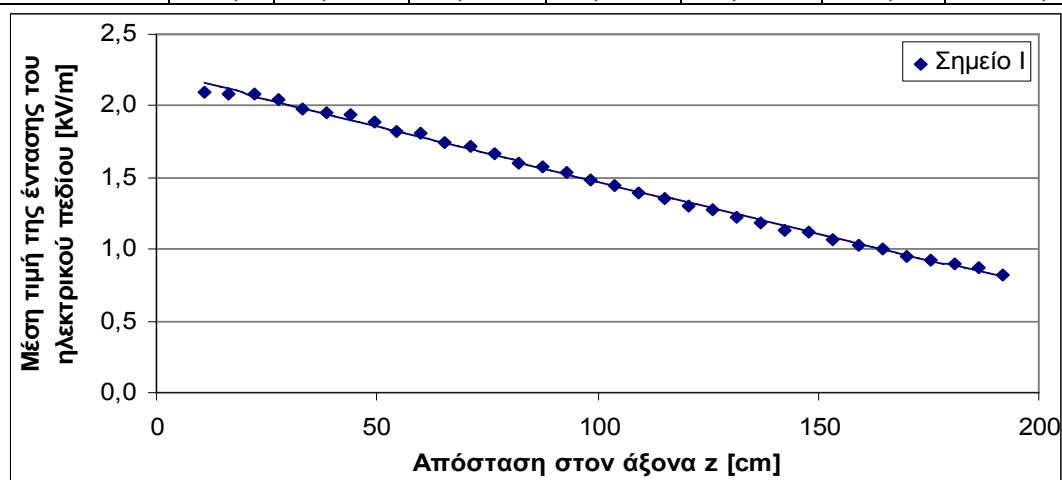
Για το σημείο I=2.6 με συνιστώσες ($x=85\text{cm}$, $y=163.5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.23: Μετρήσεις

P=987 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}\text{C}$]
2.6-1	11,0	0,101	2,087	0,266	2,100	36,5	31,0
2.6-2	16,5	0,178	2,067	0,200	2,083	36,4	31,0
2.6-3	22,0	0,301	2,059	0,136	2,087	36,4	31,0
2.6-4	27,5	0,325	2,008	0,079	2,041	36,6	31,0
2.6-5	33,0	0,385	1,946	0,019	1,985	36,4	31,0
2.6-6	38,5	0,440	1,898	0,028	1,953	36,5	31,0
2.6-7	44,0	0,609	1,825	0,089	1,935	36,4	31,0
2.6-8	49,5	0,749	1,722	0,144	1,883	36,2	31,0
2.6-9	54,5	0,910	1,565	0,192	1,818	36,5	31,0
2.6-10	60,0	0,859	1,570	0,230	1,808	36,4	31,0
2.6-11	65,5	0,887	1,494	0,268	1,748	36,4	31,0
2.6-12	71,0	0,860	1,457	0,300	1,718	36,5	31,0
2.6-13	76,5	0,884	1,369	0,334	1,667	36,5	31,0
2.6-14	82,0	0,864	1,300	0,358	1,601	36,3	31,0
2.6-15	87,5	0,885	1,241	0,389	1,575	36,5	30,9
2.6-16	93,0	0,872	1,195	0,411	1,534	36,3	31,0
2.6-17	98,5	0,841	1,150	0,428	1,486	36,3	30,9
2.6-18	104,0	0,836	1,091	0,445	1,444	36,5	30,9
2.6-19	109,5	0,777	1,069	0,456	1,398	36,5	30,9
2.6-20	115,0	0,722	1,043	0,466	1,351	36,4	30,9
2.6-21	120,5	0,694	0,998	0,473	1,305	36,5	30,9
2.6-22	126,0	0,671	0,966	0,485	1,274	36,6	30,9
2.6-23	131,5	0,644	0,924	0,488	1,227	36,5	30,9

2.6-24	137,0	0,615	0,889	0,495	1,189	36,4	30,9
2.6-25	142,5	0,605	0,820	0,490	1,130	36,4	30,9
2.6-26	148,0	0,600	0,794	0,502	1,115	36,5	30,8
2.6-27	153,5	0,581	0,742	0,497	1,064	36,6	30,8
2.6-28	159,0	0,551	0,717	0,498	1,033	36,5	30,8
2.6-29	164,5	0,557	0,664	0,497	1,000	36,6	30,8
2.6-30	170,0	0,528	0,630	0,493	0,957	36,5	30,8
2.6-31	175,5	0,453	0,645	0,488	0,928	36,6	30,8
2.6-32	181,0	0,478	0,586	0,489	0,900	36,8	30,7
2.6-33	186,5	0,404	0,603	0,481	0,874	36,7	30,7
2.6-34	192,0	0,388	0,555	0,469	0,822	36,9	30,7



Σχήμα 4.24: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο I

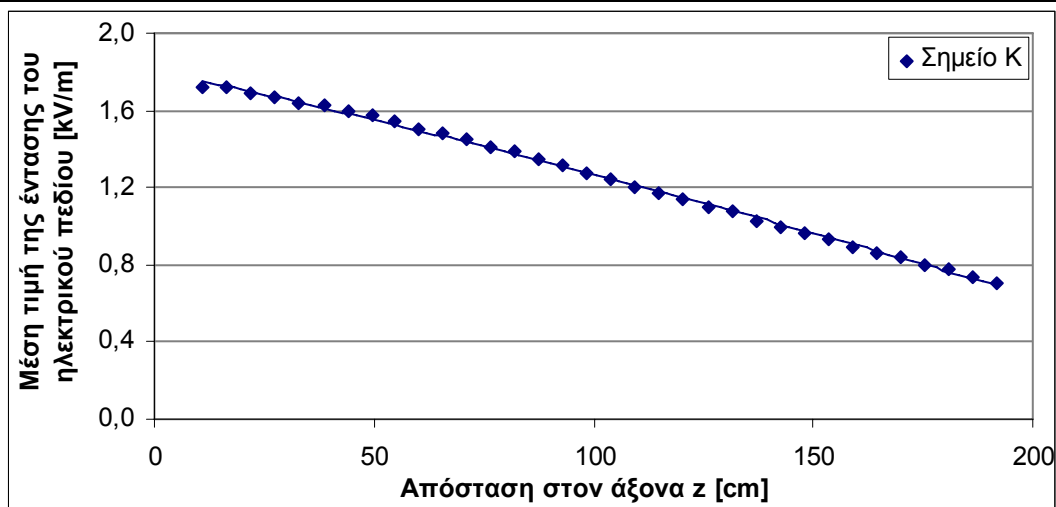
Για το σημείο K=3.6 με συνιστώσες (x=65.5cm, y=185cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.24: Μετρήσεις

P=988 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
3.6-1	11,0	0,346	1,668	0,261	1,718	31,6	28,2
3.6-2	16,5	0,398	1,660	0,212	1,716	31,7	28,3
3.6-3	22,0	0,317	1,652	0,171	1,687	31,7	28,3
3.6-4	27,5	0,372	1,626	0,128	1,671	31,7	28,4
3.6-5	33,0	0,344	1,604	0,084	1,642	31,6	28,5
3.6-6	38,5	0,388	1,576	0,046	1,625	31,5	28,6
3.6-7	44,0	0,368	1,554	0,011	1,592	31,4	28,7
3.6-8	49,5	0,372	1,525	0,024	1,573	31,3	28,8
3.6-9	54,5	0,446	1,472	0,060	1,539	31,1	28,9
3.6-10	60,0	0,410	1,439	0,090	1,498	31,0	29,0
3.6-11	65,5	0,443	1,408	0,121	1,485	31,0	29,1
3.6-12	71,0	0,391	1,386	0,147	1,448	30,8	29,2

3.6-13	76,5	0,456	1,327	0,179	1,412	30,6	29,2
3.6-14	82,0	0,476	1,286	0,205	1,388	30,3	29,3
3.6-15	87,5	0,477	1,243	0,228	1,351	30,4	29,4
3.6-16	93,0	0,431	1,219	0,246	1,317	30,3	29,4
3.6-17	98,5	0,429	1,170	0,264	1,273	30,3	29,5
3.6-18	104,0	0,409	1,139	0,282	1,242	30,0	29,5
3.6-19	109,5	0,385	1,107	0,295	1,207	30,0	29,6
3.6-20	115,0	0,371	1,065	0,308	1,171	29,9	29,6
3.6-21	120,5	0,341	1,035	0,319	1,138	29,6	29,9
3.6-22	126,0	0,314	1,003	0,328	1,102	29,6	29,9
3.6-23	131,5	0,313	0,974	0,340	1,080	29,5	30,0
3.6-24	137,0	0,274	0,924	0,339	1,022	29,2	30,0
3.6-25	142,5	0,307	0,879	0,348	0,993	29,3	30,0
3.6-26	148,0	0,296	0,848	0,354	0,967	29,1	30,0
3.6-27	153,5	0,297	0,809	0,357	0,933	29,3	30,1
3.6-28	159,0	0,280	0,771	0,357	0,895	29,4	30,1
3.6-29	164,5	0,293	0,731	0,359	0,865	29,2	30,1
3.6-30	170,0	0,289	0,701	0,362	0,840	29,2	30,1
3.6-31	175,5	0,214	0,685	0,355	0,801	29,1	30,2
3.6-32	181,0	0,259	0,637	0,358	0,776	29,1	30,2
3.6-33	186,5	0,146	0,628	0,350	0,736	29,1	30,2
3.6-34	192,0	0,191	0,587	0,349	0,708	28,9	30,2



Σχήμα 4.25: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο K

4.1.4 Ρυπασμένος γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. κανονικού τύπου 400 kV αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες (αλυσίδα 082).

Στο σχήμα φαίνεται ο γυάλινος μονωτήρας κανονικού τύπου αποτελούμενος από 18 δίσκους.



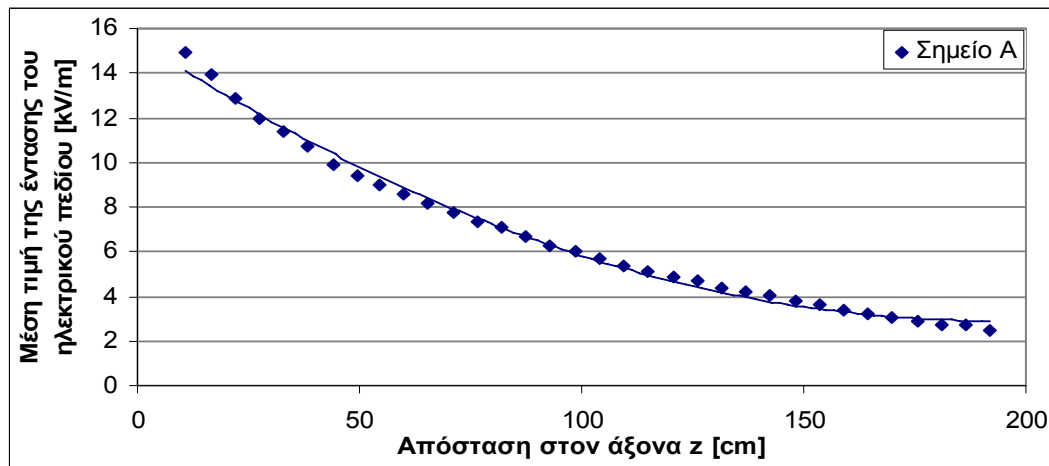
Σχήμα 4.26: Γυάλινος ρυπασμένος αλυσοειδής μονωτήρας (082), κανονικού τύπου 400 kV αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες

Για το σημείο A=0.2 με συνιστώσες (x=36cm. y=37.5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές

Πίνακας 4.25: Μετρήσεις

P=991 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E _x [kV/m]	E _y [kV/m]	E _z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
0,2-1	11,0	3,225	14,507	1,508	14,960	22,4	24,7
0,2-2	16,5	4,165	12,956	2,753	13,910	22,4	24,7
0,2-3	22,0	4,965	11,325	3,621	12,870	22,4	24,7
0,2-4	27,5	5,691	9,838	4,259	11,990	22,4	24,7
0,2-5	33,0	5,554	8,758	4,632	11,360	22,4	24,7
0,2-6	38,5	5,721	7,612	4,774	10,700	22,4	24,7
0,2-7	44,0	5,892	6,314	4,859	9,928	22,4	24,7
0,2-8	49,5	5,864	5,454	4,899	9,370	22,4	24,7
0,2-9	54,5	6,001	4,560	4,940	9,012	22,4	24,7
0,2-10	60,0	5,592	4,256	4,847	8,538	22,4	24,7
0,2-11	65,5	5,443	3,743	4,779	8,171	22,4	24,7
0,2-12	71,0	5,255	3,213	4,647	7,718	22,4	24,7
0,2-13	76,5	5,069	2,783	4,547	7,357	22,4	24,7
0,2-14	82,0	4,928	2,399	4,464	7,067	22,4	24,7
0,2-15	87,5	4,574	2,271	4,293	6,693	22,4	24,7
0,2-16	93,0	4,257	2,101	4,108	6,258	22,4	24,7
0,2-17	98,5	4,097	1,942	3,985	6,011	22,4	24,7
0,2-18	104,0	3,834	1,780	3,816	5,698	22,4	24,7
0,2-19	109,5	3,611	1,649	3,643	5,369	22,4	24,7
0,2-20	115,0	3,349	1,544	3,510	5,107	22,4	24,7
0,2-21	120,5	3,167	1,547	3,405	4,901	22,4	24,7
0,2-22	126,0	2,991	1,436	3,276	4,662	22,4	24,7
0,2-23	131,5	2,764	1,380	3,135	4,397	22,4	24,7
0,2-24	137,0	2,583	1,308	3,004	4,171	22,4	24,7
0,2-25	142,5	2,475	1,157	2,892	4,002	22,4	24,7
0,2-26	148,0	2,280	1,115	2,768	3,767	22,4	24,7
0,2-27	153,5	2,210	0,992	2,675	3,609	22,4	24,7
0,2-28	159,0	2,061	0,930	2,565	3,418	22,4	24,7
0,2-29	164,5	1,951	0,829	2,447	3,236	22,4	24,7
0,2-30	170,0	1,786	0,801	2,354	3,067	22,4	24,7
0,2-31	175,5	1,684	0,809	2,260	2,926	22,4	24,7
0,2-32	181,0	1,570	0,710	2,146	2,752	22,4	24,7
0,2-33	186,5	1,441	0,840	2,107	2,688	22,4	24,7
0,2-34	192,0	1,325	0,726	1,992	2,502	22,4	24,7



Σχήμα 4.27: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο A

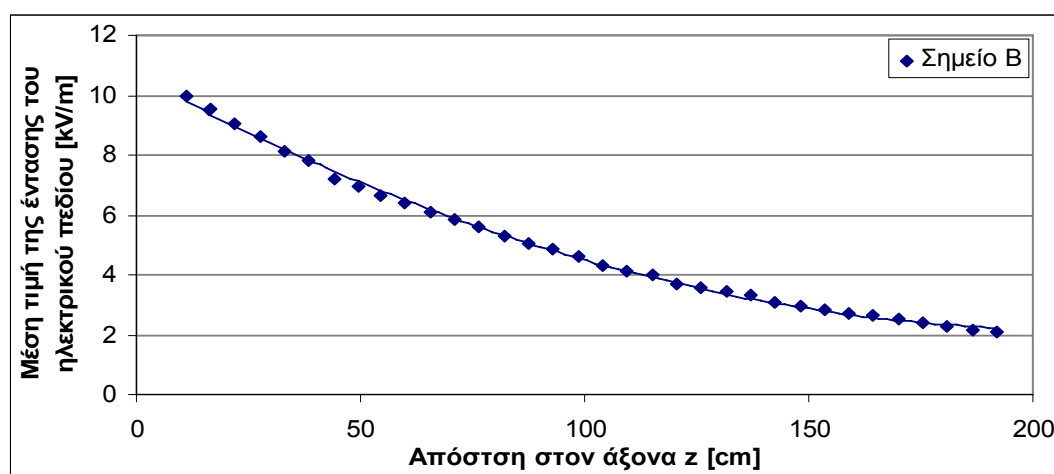
Για το σημείο B=0.3 με συνιστώσες (x=58cm. y=57.5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.26: Μετρήσεις

P=986 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
0,3-1	11,0	2,597	9,626	0,735	10,000	22,1	24,6
0,3-2	16,5	2,938	9,018	1,388	9,510	22,1	24,6
0,3-3	22,0	3,145	8,218	1,898	9,036	22,1	24,6
0,3-4	27,5	3,175	7,623	2,291	8,627	22,1	24,6
0,3-5	33,0	3,431	6,820	2,629	8,117	22,1	24,6
0,3-6	38,5	3,790	6,209	2,896	7,822	22,2	24,6
0,3-7	44,0	3,702	5,467	2,969	7,230	22,2	24,6
0,3-8	49,5	3,658	4,996	3,110	6,931	22,2	24,7
0,3-9	54,5	4,207	4,079	3,209	6,639	22,3	24,7
0,3-10	60,0	4,120	3,638	3,236	6,374	22,3	24,7
0,3-11	65,5	3,932	3,289	3,213	6,077	22,3	24,7
0,3-12	71,0	3,780	3,121	3,218	5,861	22,4	24,7
0,3-13	76,5	3,732	2,674	3,180	5,588	22,4	24,7
0,3-14	82,0	3,512	2,508	3,119	5,321	22,4	24,7
0,3-15	87,5	3,448	2,102	3,037	5,047	22,4	24,7
0,3-16	93,0	3,345	1,859	2,986	4,857	22,4	24,7
0,3-17	98,5	3,143	1,754	2,884	4,612	22,4	24,7
0,3-18	104,0	2,948	1,570	2,757	4,324	22,4	24,7
0,3-19	109,5	2,775	1,497	2,686	4,143	22,4	24,7
0,3-20	115,0	2,655	1,377	2,619	3,980	22,4	24,7
0,3-21	120,5	2,438	1,319	2,484	3,721	22,4	24,7
0,3-22	126,0	2,324	1,208	2,413	3,564	22,4	24,7
0,3-23	131,5	2,197	1,202	2,347	3,422	22,4	24,7

0,3-24	137,0	2,090	1,134	2,288	3,300	22,4	24,7
0,3-25	142,5	1,975	0,986	2,180	3,104	22,4	24,7
0,3-26	148,0	1,884	0,909	2,107	2,972	22,4	24,7
0,3-27	153,5	1,778	0,842	2,050	2,845	22,4	24,7
0,3-28	159,0	1,678	0,776	1,967	2,708	22,4	24,7
0,3-29	164,5	1,630	0,708	1,937	2,624	22,4	24,7
0,3-30	170,0	1,533	0,652	1,865	2,499	22,4	24,7
0,3-31	175,5	1,436	0,633	1,797	2,384	22,4	24,7
0,3-32	181,0	1,333	0,576	1,719	2,251	22,4	24,7
0,3-33	186,5	1,276	0,549	1,669	2,172	22,4	24,7
0,3-34	192,0	1,215	0,532	1,628	2,110	22,4	24,7



Σχήμα 4.28: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο B

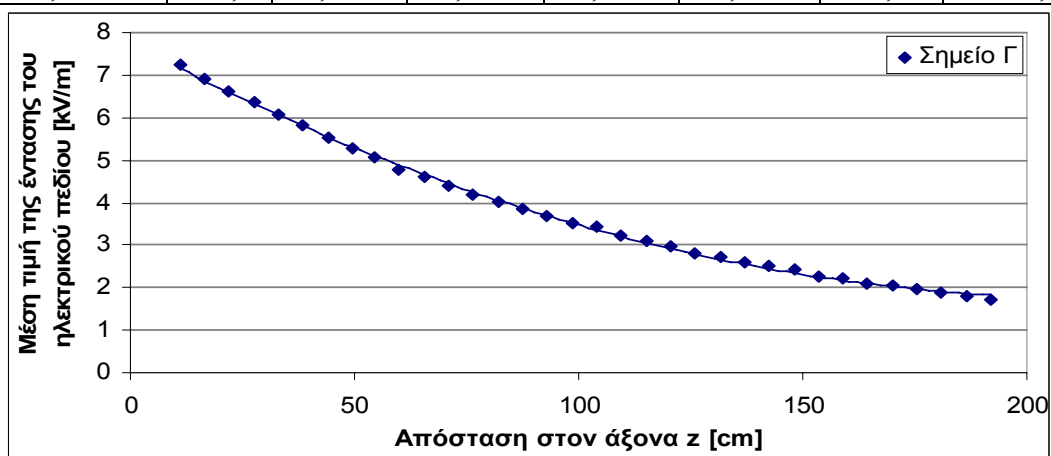
Για το σημείο Γ=0.4 με συνιστώσες (x=80cm. y=78.5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές

Πίνακας 4.27: Μετρήσεις

P=971 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
0,4-1	11,0	2,621	6,741	0,384	7,246	44,4	19,1
0,4-2	16,5	3,007	6,128	0,772	6,899	41,0	20,1
0,4-3	22,0	3,152	5,680	1,089	6,599	41,5	20,3
0,4-4	27,5	3,472	5,173	1,381	6,362	40,6	20,4
0,4-5	33,0	3,574	4,661	1,622	6,073	40,7	20,5
0,4-6	38,5	3,455	4,278	1,751	5,814	40,9	20,6
0,4-7	44,0	3,507	3,806	1,888	5,512	40,0	20,7
0,4-8	49,5	3,340	3,554	1,988	5,269	39,8	20,8
0,4-9	54,5	2,830	3,640	2,009	5,053	39,9	20,9
0,4-10	60,0	2,703	3,373	2,030	4,780	39,8	20,9
0,4-11	65,5	2,626	3,148	2,057	4,589	39,8	21,1

0,4-12	71,0	2,616	2,913	2,105	4,410	39,8	21,0
0,4-13	76,5	2,542	2,585	2,085	4,186	39,7	21,0
0,4-14	82,0	2,401	2,436	2,065	4,001	39,9	21,1
0,4-15	87,5	2,438	2,131	2,049	3,833	39,8	21,2
0,4-16	93,0	2,356	1,960	2,035	3,688	39,8	21,2
0,4-17	98,5	2,260	1,812	1,986	3,510	40,2	21,3
0,4-18	104,0	2,232	1,706	2,008	3,448	40,0	21,4
0,4-19	109,5	2,041	1,592	1,915	3,226	39,8	21,4
0,4-20	115,0	1,981	1,468	1,881	3,095	39,9	21,5
0,4-21	120,5	1,833	1,428	1,828	2,955	39,8	21,5
0,4-22	126,0	1,757	1,316	1,774	2,821	40,5	21,5
0,4-23	131,5	1,668	1,252	1,738	2,712	40,2	21,5
0,4-24	137,0	1,551	1,183	1,688	2,582	40,3	21,6
0,4-25	142,5	1,546	1,051	1,661	2,496	40,4	21,6
0,4-26	148,0	1,486	0,984	1,630	2,413	40,6	21,5
0,4-27	153,5	1,401	0,895	1,552	2,270	40,7	21,4
0,4-28	159,0	1,368	0,825	1,535	2,208	40,8	21,4
0,4-29	164,5	1,295	0,754	1,483	2,110	40,6	21,4
0,4-30	170,0	1,260	0,682	1,452	2,039	40,3	21,3
0,4-31	175,5	1,103	0,784	1,416	1,964	40,0	21,4
0,4-32	181,0	1,117	0,626	1,363	1,873	40,2	21,3
0,4-33	186,5	1,061	0,723	1,331	1,798	40,3	21,2
0,4-34	192,0	0,981	0,606	1,291	1,729	40,4	21,2



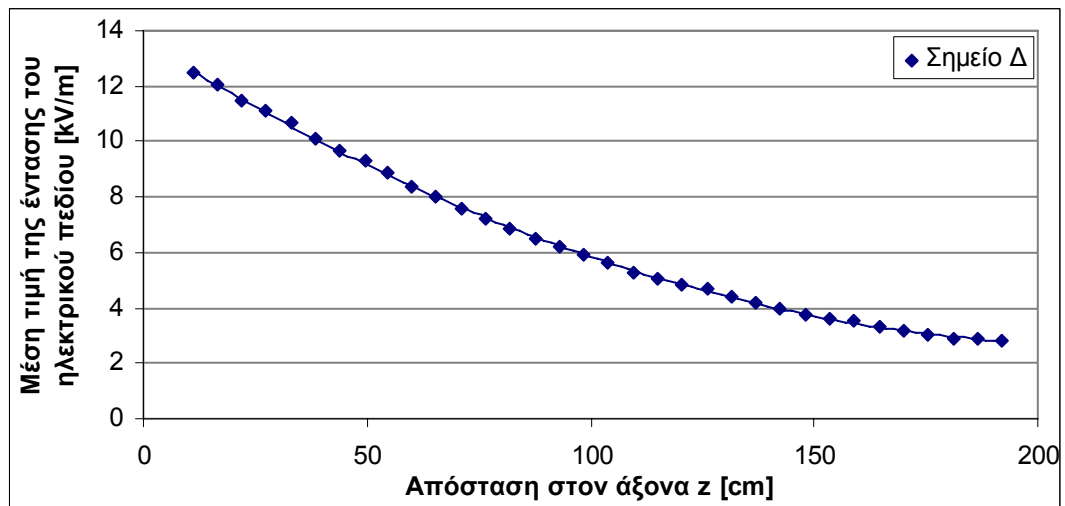
Σχήμα 4.29: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Γ

Για το σημείο Δ=1.2 με συνιστώσες (x=15.5cm, y=59.5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.28: Μετρήσεις

P=980 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
1,2-1	11,0	2,490	12,190	0,546	12,450	40,4	21,2
1,2-2	16,5	2,371	11,712	0,265	12,020	40,3	21,2
1,2-3	22,0	3,067	10,976	0,998	11,470	40,4	21,2
1,2-4	27,5	3,642	10,336	1,622	11,080	40,5	21,2
1,2-5	33,0	4,381	9,541	2,191	10,650	40,5	21,2
1,2-6	38,5	4,434	8,722	2,532	10,100	40,5	21,1
1,2-7	44,0	4,361	8,149	2,855	9,697	40,5	21,1
1,2-8	49,5	4,913	7,251	3,189	9,323	40,5	21,1
1,2-9	54,5	4,605	6,838	3,289	8,864	40,5	21,1
1,2-10	60,0	4,520	6,209	3,397	8,399	40,5	21,1
1,2-11	65,5	4,264	5,841	3,464	8,013	40,7	21,1
1,2-12	71,0	3,947	5,413	3,465	7,557	40,6	21,1
1,2-13	76,5	3,937	4,927	3,479	7,203	40,2	21,1
1,2-14	82,0	3,780	4,535	3,438	6,827	40,3	21,2
1,2-15	87,5	3,618	4,162	3,397	6,485	40,5	21,1
1,2-16	93,0	3,468	3,865	3,391	6,227	40,4	21,1
1,2-17	98,5	3,296	3,627	3,312	5,918	44,7	21,1
1,2-18	104,0	3,114	3,419	3,268	5,659	44,6	21,1
1,2-19	109,5	2,893	3,163	3,121	5,294	44,1	21,1
1,2-20	115,0	2,655	2,997	3,026	5,025	43,9	21,1
1,2-21	120,5	2,505	2,861	2,976	4,831	43,3	21,1
1,2-22	126,0	2,492	2,652	2,932	4,672	43,0	21,1
1,2-23	131,5	2,200	2,547	2,804	4,388	42,9	19,3
1,2-24	137,0	1,991	2,433	2,692	4,152	42,3	19,4
1,2-25	142,5	1,835	2,310	2,591	3,935	42,3	19,6
1,2-26	148,0	1,931	2,042	2,531	3,782	42,5	19,8
1,2-27	153,5	1,788	1,917	2,452	3,587	42,2	19,9
1,2-28	159,0	1,744	1,846	2,408	3,505	42,2	20,1
1,2-29	164,5	1,646	1,689	2,322	3,312	42,2	20,2
1,2-30	170,0	1,621	1,570	2,230	3,182	42,2	20,3
1,2-31	175,5	1,589	1,426	2,173	3,050	42,2	20,3
1,2-32	181,0	1,580	1,246	2,092	2,900	42,2	20,4
1,2-33	186,5	1,397	1,434	2,090	2,897	42,2	20,5
1,2-34	192,0	1,374	1,291	2,045	2,798	42,2	20,5



Σχήμα 4.30: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Δ

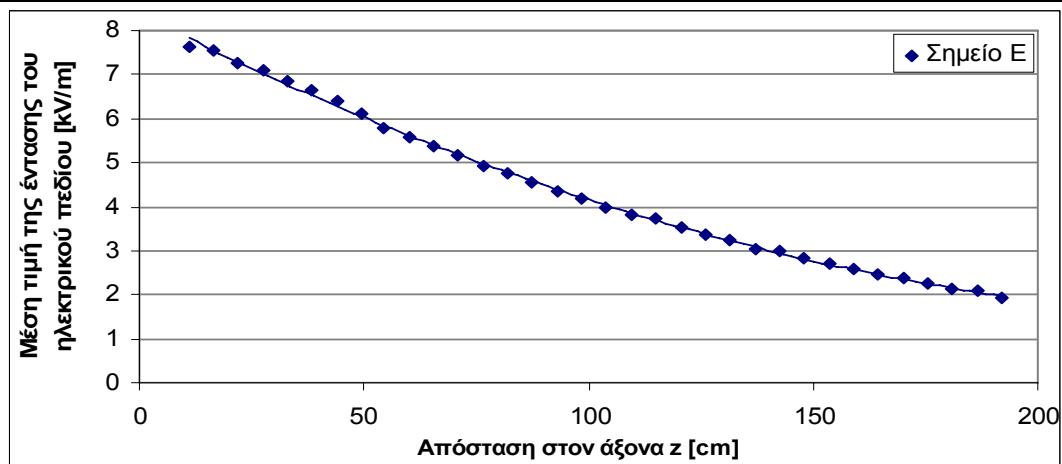
Για το σημείο E=1.3 με συνιστώσες (x=38cm, y=80cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.29: Μετρήσεις

P=986 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
1,3-1	11,0	2,475	7,176	0,260	7,616	41,4	21,2
1,3-2	16,5	2,425	7,144	0,137	7,544	41,3	21,2
1,3-3	22,0	2,537	6,769	0,503	7,268	41,2	21,2
1,3-4	27,5	2,684	6,474	0,829	7,099	41,1	21,2
1,3-5	33,0	3,095	6,019	1,169	6,869	41,1	21,2
1,3-6	38,5	3,302	5,617	1,403	6,665	40,9	21,1
1,3-7	44,0	3,335	5,201	1,616	6,389	41,2	21,1
1,3-8	49,5	3,558	4,660	1,805	6,121	40,8	21,1
1,3-9	54,5	3,859	3,881	1,944	5,803	40,9	21,1
1,3-10	60,0	3,763	3,545	2,045	5,585	41,1	21,1
1,3-11	65,5	3,597	3,407	2,126	5,384	40,8	21,1
1,3-12	71,0	3,463	3,127	2,171	5,149	41,1	21,1
1,3-13	76,5	3,380	2,839	2,201	4,911	40,4	21,1
1,3-14	82,0	3,110	2,808	2,244	4,761	40,9	21,2
1,3-15	87,5	3,165	2,375	2,249	4,553	40,5	21,1
1,3-16	93,0	3,015	2,232	2,250	4,365	40,6	21,1
1,3-17	98,5	2,864	2,067	2,234	4,183	40,9	21,1
1,3-18	104,0	2,753	1,889	2,208	4,000	40,5	21,1
1,3-19	109,5	2,552	1,860	2,170	3,828	40,9	21,1
1,3-20	115,0	2,450	1,784	2,155	3,718	40,5	21,1
1,3-21	120,5	2,277	1,687	2,084	3,509	40,9	21,1
1,3-22	126,0	2,112	1,649	2,053	3,384	40,7	21,1

1,3-23	131,5	2,022	1,533	2,007	3,234	40,9	19,3
1,3-24	137,0	1,861	1,461	1,936	3,054	40,6	19,4
1,3-25	142,5	1,866	1,325	1,937	3,002	40,2	19,6
1,3-26	148,0	1,726	1,236	1,856	2,827	40,4	19,8
1,3-27	153,5	1,647	1,129	1,792	2,688	40,5	19,9
1,3-28	159,0	1,547	1,068	1,747	2,570	40,3	20,1
1,3-29	164,5	1,494	0,964	1,692	2,465	40,2	20,2
1,3-30	170,0	1,458	0,884	1,664	2,375	40,4	20,3
1,3-31	175,5	1,261	0,948	1,596	2,243	40,5	20,3
1,3-32	181,0	1,228	0,813	1,535	2,135	40,8	20,4
1,3-33	186,5	1,093	0,927	1,524	2,094	40,5	20,5
1,3-34	192,0	1,030	0,782	1,437	1,935	40,8	20,5



Σχήμα 4.31: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο E

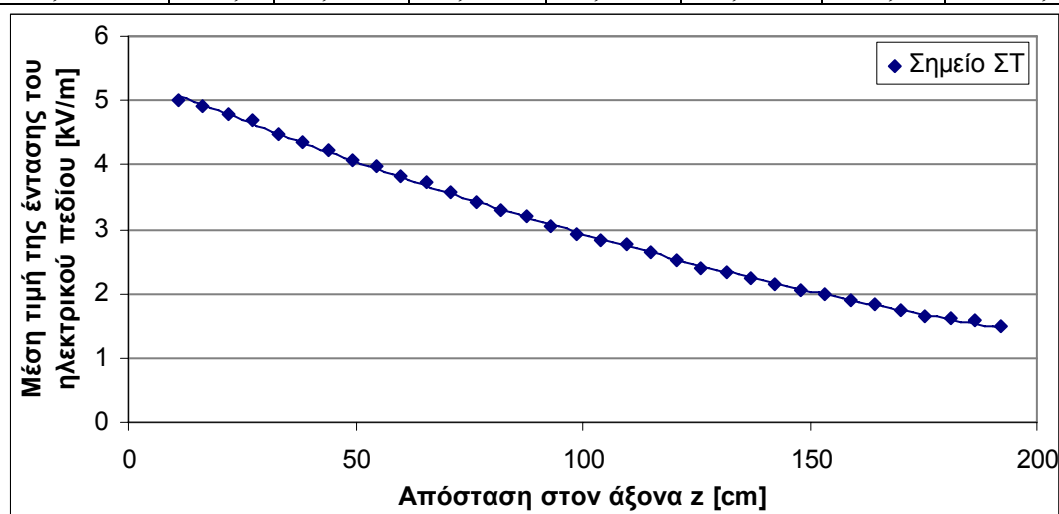
Για το σημείο ΣΤ=1.4 με συνιστώσες ($x=50.5\text{cm}$, $y=100.5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.30: Μετρήσεις

P=988 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}\text{C}$]
1,4-1	11,0	1,400	4,774	0,148	4,990	40,3	21,1
1,4-2	16,5	1,653	4,610	0,075	4,901	40,3	21,1
1,4-3	22,0	1,905	4,378	0,286	4,781	40,3	21,1
1,4-4	27,5	2,167	4,122	0,478	4,681	40,3	21,0
1,4-5	33,0	2,509	3,653	0,669	4,472	40,1	21,0
1,4-6	38,5	2,624	3,362	0,802	4,339	40,4	21,1
1,4-7	44,0	2,858	2,968	0,964	4,232	40,4	21,1
1,4-8	49,5	2,964	2,561	1,083	4,078	40,4	21,1
1,4-9	54,5	2,875	2,439	1,160	3,974	40,4	21,1
1,4-10	60,0	2,745	2,374	1,225	3,830	40,6	21,0
1,4-11	65,5	2,757	2,146	1,297	3,725	40,4	21,0

1,4-12	71,0	2,554	2,112	1,321	3,564	40,2	21,0
1,4-13	76,5	2,534	1,814	1,359	3,411	40,5	21,0
1,4-14	82,0	2,487	1,660	1,390	3,303	40,4	21,0
1,4-15	87,5	2,304	1,746	1,406	3,213	40,5	21,0
1,4-16	93,0	2,277	1,455	1,414	3,054	40,5	21,1
1,4-17	98,5	2,200	1,314	1,434	2,927	40,4	21,1
1,4-18	104,0	2,085	1,264	1,431	2,828	40,2	21,0
1,4-19	109,5	2,030	1,194	1,430	2,752	40,5	21,0
1,4-20	115,0	1,914	1,164	1,408	2,639	40,4	21,0
1,4-21	120,5	1,810	1,091	1,398	2,529	40,2	21,0
1,4-22	126,0	1,698	1,057	1,361	2,408	40,3	21,0
1,4-23	131,5	1,622	0,992	1,356	2,340	40,3	20,9
1,4-24	137,0	1,524	0,935	1,313	2,223	40,2	20,9
1,4-25	142,5	1,491	0,834	1,299	2,140	40,3	20,9
1,4-26	148,0	1,381	0,819	1,266	2,044	40,5	21,0
1,4-27	153,5	1,348	0,728	1,248	1,978	40,6	20,9
1,4-28	159,0	1,270	0,696	1,212	1,884	40,4	20,9
1,4-29	164,5	1,208	0,654	1,199	1,825	40,8	21,0
1,4-30	170,0	1,172	0,562	1,164	1,736	40,9	20,9
1,4-31	175,5	1,043	0,615	1,119	1,652	40,8	20,9
1,4-32	181,0	1,036	0,522	1,114	1,608	40,3	20,9
1,4-33	186,5	0,973	0,555	1,102	1,573	40,5	20,9
1,4-34	192,0	0,916	0,479	1,056	1,481	40,6	20,9



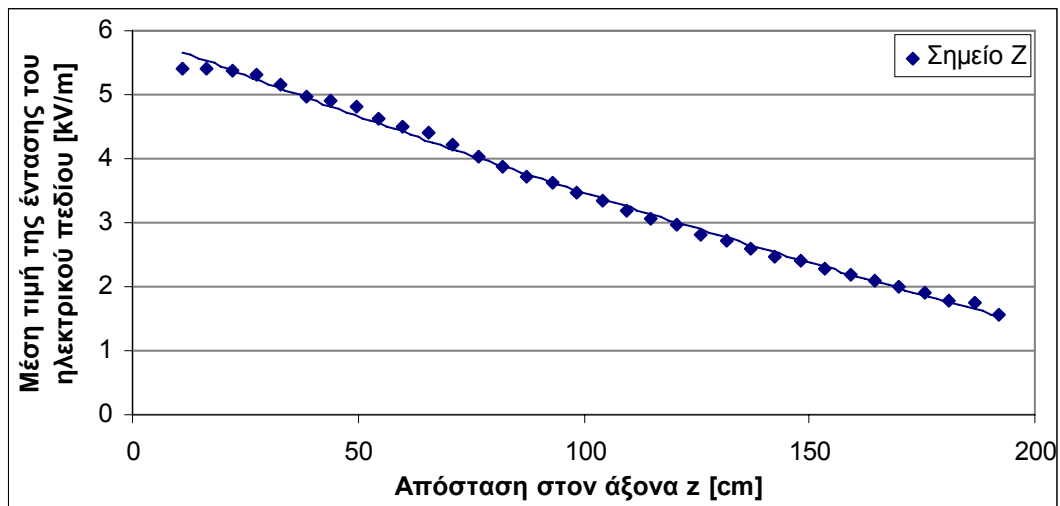
Σχήμα 4.32: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο ΣΤ

Για το σημείο Z=2.3 με συνιστώσες (x=18cm. y=102cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.31: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
2.3-1	11,0	0,952	5,322	0,429	5,416	43,3	19,8
2.3-2	16,5	0,995	5,273	0,197	5,396	43,2	19,9
2.3-3	22,0	1,053	5,288	0,016	5,385	43,0	20,1
2.3-4	27,5	1,236	5,169	0,229	5,318	42,4	20,4
2.3-5	33,0	1,515	4,942	0,441	5,147	42,0	20,6
2.3-6	38,5	1,624	4,657	0,596	4,975	41,5	20,9
2.3-7	44,0	1,696	4,528	0,763	4,906	41,1	21,2
2.3-8	49,5	1,838	4,320	0,913	4,815	40,8	21,3
2.3-9	54,5	2,478	3,781	1,066	4,638	40,6	21,6
2.3-10	60,0	2,304	3,644	1,154	4,495	40,2	21,7
2.3-11	65,5	2,273	3,477	1,242	4,394	39,6	22,0
2.3-12	71,0	2,174	3,353	1,325	4,222	39,5	22,1
2.3-13	76,5	2,223	3,070	1,380	4,033	39,3	22,2
2.3-14	82,0	2,045	2,989	1,416	3,886	38,6	22,4
2.3-15	87,5	2,102	2,718	1,450	3,720	38,4	22,5
2.3-16	93,0	2,027	2,616	1,498	3,627	38,4	22,6
2.3-17	98,5	1,949	2,440	1,499	3,464	38,4	22,7
2.3-18	104,0	1,873	2,317	1,520	3,344	38,2	22,8
2.3-19	109,5	1,723	2,225	1,510	3,198	38,1	22,8
2.3-20	115,0	1,598	2,144	1,496	3,074	38,0	22,9
2.3-21	120,5	1,499	2,038	1,495	2,971	37,3	23,1
2.3-22	126,0	1,370	1,950	1,465	2,799	37,3	23,2
2.3-23	131,5	1,55	1,839	1,453	2,707	37,2	23,2
2.3-24	137,0	1,269	1,789	1,447	2,605	37,0	23,3
2.3-25	142,5	1,242	1,619	1,405	2,474	36,9	23,3
2.3-26	148,0	1,175	1,542	1,394	2,392	37,0	23,3
2.3-27	153,5	1,107	1,452	1,358	2,278	36,8	23,4
2.3-28	159,0	1,036	1,371	1,324	2,173	36,4	23,4
2.3-29	164,5	1,022	1,275	1,299	2,091	36,6	23,5
2.3-30	170,0	0,966	1,207	1,269	2,004	36,4	23,5
2.3-31	175,5	0,844	1,186	1,237	1,908	36,4	23,6
2.3-32	181,0	0,822	1,055	1,178	1,782	36,6	23,6
2.3-33	186,5	0,715	1,069	1,167	1,737	36,6	23,6
2.3-34	192,0	0,645	0,944	1,082	1,573	36,4	23,6



Σχήμα 4.33: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Z

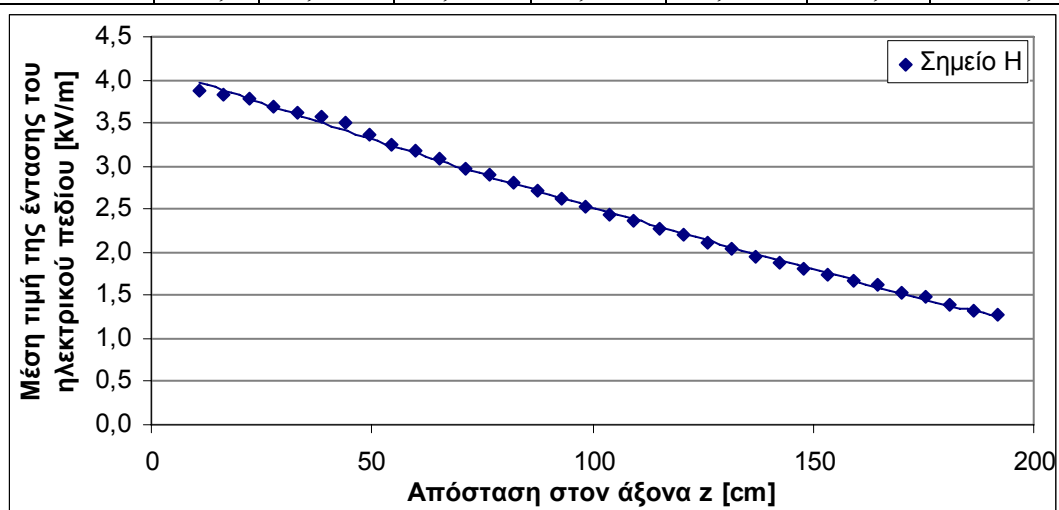
Για το σημείο H=2.4 με συνιστώσες (x=40cm. y=122.6cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.32: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
2.4-1	11,0	1,312	3,623	0,276	3,878	41,4	19,6
2.4-2	16,5	1,357	3,567	0,133	3,820	41,0	19,7
2.4-3	22,0	1,376	3,511	0,004	3,771	41,0	19,7
2.4-4	27,5	1,527	3,362	0,129	3,692	40,3	20,0
2.4-5	33,0	1,703	3,189	0,268	3,626	40,3	20,1
2.4-6	38,5	1,657	3,091	0,362	3,561	40,0	20,3
2.4-7	44,0	1,769	2,974	0,473	3,493	39,3	20,5
2.4-8	49,5	1,898	2,704	0,573	3,353	38,9	20,6
2.4-9	54,5	2,033	2,455	0,653	3,254	39,1	20,8
2.4-10	60,0	1,938	2,414	0,720	3,171	38,8	20,9
2.4-11	65,5	1,929	2,270	0,781	3,075	38,3	20,9
2.4-12	71,0	1,806	2,215	0,826	2,977	38,2	21,1
2.4-13	76,5	1,876	2,020	0,887	2,897	37,3	21,2
2.4-14	82,0	1,759	2,996	0,915	2,799	37,7	21,3
2.4-15	87,5	1,809	1,784	0,957	2,716	37,5	21,4
2.4-16	93,0	1,731	1,692	0,984	2,617	37,7	21,4
2.4-17	98,5	1,671	1,602	0,999	2,525	37,3	21,5
2.4-18	104,0	1,611	1,531	1,017	2,447	37,0	21,6
2.4-19	109,5	1,539	1,471	1,031	2,377	37,1	21,6
2.4-20	115,0	1,473	1,395	1,020	2,262	37,0	21,6
2.4-21	120,5	1,383	1,375	1,037	2,215	37,0	21,6
2.4-22	126,0	1,302	1,309	1,017	2,102	36,5	21,7

2.4-23	131,5	1,250	1,245	1,022	2,035	36,5	21,7
2.4-24	137,0	1,176	1,187	1,008	1,956	36,3	21,7
2.4-25	142,5	1,135	1,120	0,991	1,880	36,1	21,7
2.4-26	148,0	1,086	1,071	0,992	1,817	36,1	21,8
2.4-27	153,5	1,036	0,991	0,974	1,735	36,0	21,8
2.4-28	159,0	0,988	0,955	0,965	1,681	36,0	21,8
2.4-29	164,5	0,975	0,873	0,951	1,618	35,8	21,8
2.4-30	170,0	0,914	0,808	0,923	1,531	35,9	21,9
2.4-31	175,5	0,830	0,812	0,902	1,474	36,0	21,9
2.4-32	181,0	0,804	0,726	0,876	1,394	34,7	21,9
2.4-33	186,5	0,652	0,780	0,842	1,321	34,6	21,9
2.4-34	192,0	0,710	0,659	0,839	1,278	35,4	21,9



Σχήμα 4.34: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο H

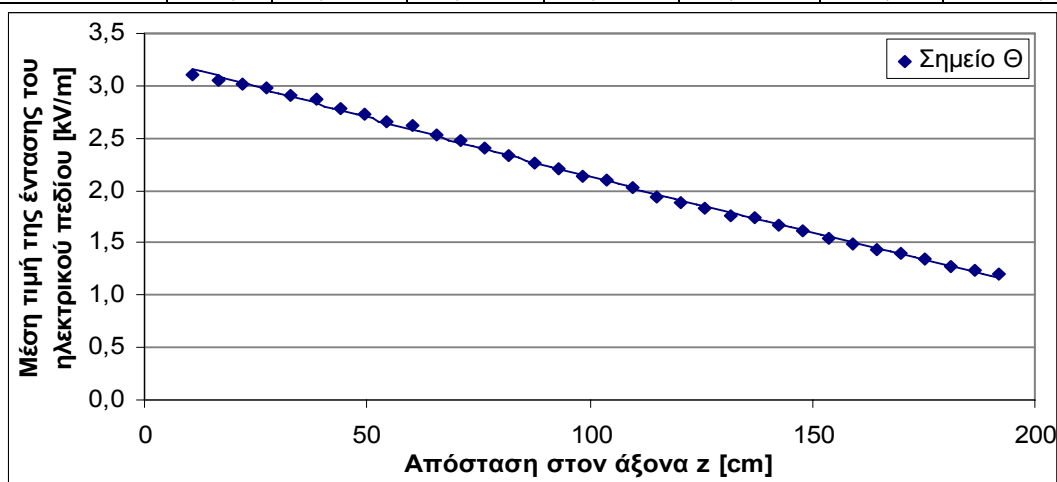
Για το σημείο $\Theta=2.5$ με συνιστώσες ($x=62.6\text{cm}$, $y=143\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές

Πίνακας 4.33: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}\text{C}$]
2.5-1	11,0	1,116	2,883	0,313	3,099	35,3	21,9
2.5-2	16,5	1,218	2,790	0,195	3,049	35,5	21,9
2.5-3	22,0	1,336	2,707	0,102	3,022	35,3	21,9
2.5-4	27,5	1,442	2,620	0,007	2,987	35,4	21,9
2.5-5	33,0	1,530	2,472	0,091	2,914	35,6	21,9
2.5-6	38,5	1,518	2,419	0,163	2,870	35,8	21,9
2.5-7	44,0	1,606	2,253	0,246	2,778	35,7	21,9
2.5-8	49,5	1,742	2,050	0,331	2,722	35,7	21,9
2.5-9	54,5	1,837	1,848	0,402	2,661	35,8	21,9
2.5-10	60,0	1,831	1,810	0,465	2,615	35,4	21,9

2.5-11	65,5	1,765	1,758	0,508	2,536	35,9	21,8
2.5-12	71,0	1,691	1,719	0,549	2,469	35,8	21,9
2.5-13	76,5	1,720	1,565	0,604	2,400	35,7	21,9
2.5-14	82,0	1,682	1,480	0,639	2,329	35,1	21,9
2.5-15	87,5	1,655	1,375	0,675	2,265	35,6	21,8
2.5-16	93,0	1,596	1,351	0,703	2,203	35,6	21,8
2.5-17	98,5	1,561	1,266	0,724	2,132	35,9	21,9
2.5-18	104,0	1,519	1,230	0,754	2,100	35,7	21,9
2.5-19	109,5	1,441	1,195	0,759	2,020	35,7	21,9
2.5-20	115,0	1,376	1,143	0,765	1,944	35,6	21,9
2.5-21	120,5	1,308	1,113	0,772	1,885	35,4	22,0
2.5-22	126,0	1,218	1,111	0,779	1,830	35,8	22,0
2.5-23	131,5	1,197	1,039	0,783	1,765	35,8	22,0
2.5-24	137,0	1,139	1,030	0,796	1,733	35,6	22,0
2.5-25	142,5	1,129	0,931	0,796	1,665	35,5	22,0
2.5-26	148,0	1,102	0,870	0,797	1,615	35,7	21,9
2.5-27	153,5	1,039	0,821	0,779	1,538	35,5	22,0
2.5-28	159,0	1,010	0,767	0,778	1,486	35,5	21,9
2.5-29	164,5	0,979	0,721	0,770	1,435	35,6	21,9
2.5-30	170,0	0,952	0,686	0,770	1,404	35,7	22,0
2.5-31	175,5	0,846	0,731	0,758	1,354	35,4	22,0
2.5-32	181,0	0,849	0,614	0,741	1,283	35,2	22,0
2.5-33	186,5	0,706	0,707	0,722	1,237	35,5	22,0
2.5-34	192,0	0,730	0,601	0,710	1,194	35,5	22,0



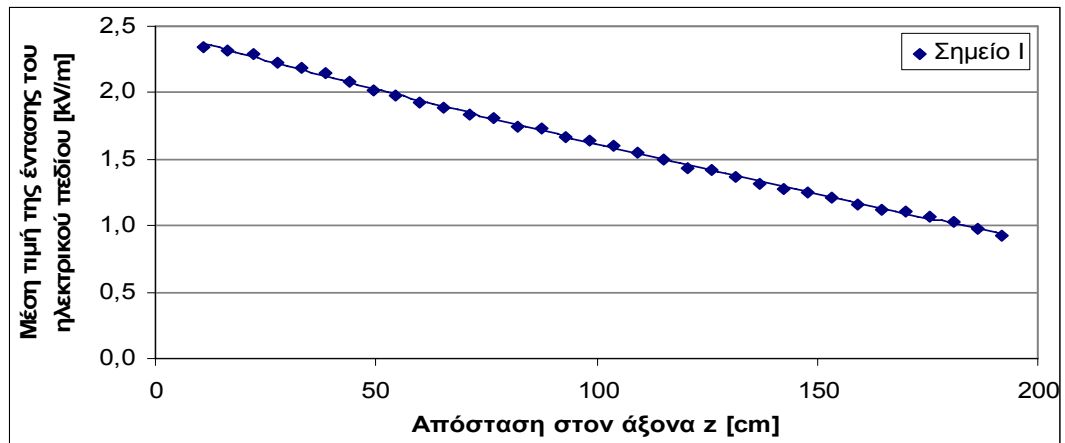
Σχήμα 4.35: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Θ

Για το σημείο I=2.6 με συνιστώσες (x=85cm. y=163.5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές

Πίνακας 4.34: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
2.6-1	11,0	0,952	2,098	0,285	2,340	39,3	20,9
2.6-2	16,5	1,075	2,053	0,215	2,323	39,9	20,9
2.6-3	22,0	1,119	1,993	0,147	2,292	39,3	20,9
2.6-4	27,5	1,175	1,881	0,083	2,223	39,4	20,9
2.6-5	33,0	1,264	1,776	0,011	2,193	39,6	20,9
2.6-6	38,5	1,269	1,739	0,037	2,153	39,8	20,9
2.6-7	44,0	1,340	1,590	0,097	2,081	39,7	20,9
2.6-8	49,5	1,397	1,444	0,152	2,013	39,7	20,9
2.6-9	54,5	1,470	1,322	0,201	1,984	39,8	20,9
2.6-10	60,0	1,467	1,236	0,244	1,933	39,4	20,9
2.6-11	65,5	1,396	1,245	0,277	1,893	39,9	21,8
2.6-12	71,0	1,357	1,194	0,314	1,835	39,8	21,9
2.6-13	76,5	1,366	1,121	0,351	1,806	38,7	21,9
2.6-14	82,0	1,335	1,064	0,381	1,749	38,1	21,9
2.6-15	87,5	1,330	1,005	0,413	1,729	38,6	21,8
2.6-16	93,0	1,288	0,966	0,436	1,665	38,6	21,8
2.6-17	98,5	1,275	0,925	0,463	1,641	38,9	21,9
2.6-18	104,0	1,232	0,908	0,487	1,606	38,7	21,9
2.6-19	109,5	1,178	0,878	0,497	1,552	37,7	21,9
2.6-20	115,0	1,128	0,826	0,502	1,496	37,6	22,0
2.6-21	120,5	1,064	0,821	0,510	1,438	37,4	21,9
2.6-22	126,0	1,051	0,794	0,522	1,414	37,8	21,9
2.6-23	131,5	0,994	0,781	0,530	1,373	37,8	21,9
2.6-24	137,0	0,960	0,735	0,530	1,321	37,6	21,9
2.6-25	142,5	0,933	0,687	0,534	1,277	37,7	22,0
2.6-26	148,0	0,907	0,664	0,546	1,251	37,7	22,0
2.6-27	153,5	0,880	0,628	0,544	1,205	37,7	22,0
2.6-28	159,0	0,845	0,586	0,543	1,163	36,6	22,0
2.6-29	164,5	0,817	0,541	0,539	1,120	36,6	21,9
2.6-30	170,0	0,804	0,512	0,554	1,102	36,7	22,0
2.6-31	175,5	0,742	0,548	0,541	1,070	38,4	21,9
2.6-32	181,0	0,728	0,484	0,539	1,031	36,2	22,0
2.6-33	186,5	0,623	0,556	0,525	0,983	36,6	22,0
2.6-34	192,0	0,622	0,454	0,509	0,922	36,6	22,0



Σχήμα 4.36: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο I

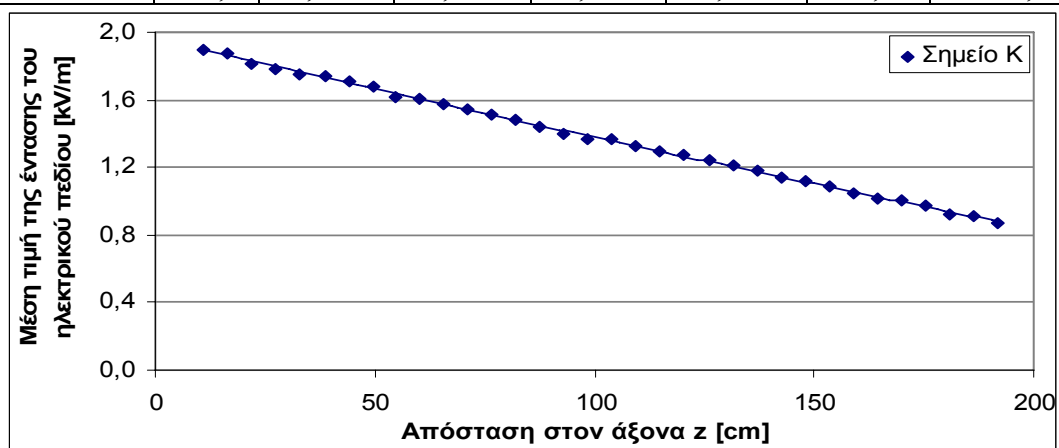
Για το σημείο K=3.6 με συνιστώσες (x=65.5cm. y=185cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.35: Μετρήσεις

P=986 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
3.6-1	11,0	1,064	1,548	0,282	1,901	40,8	18,6
3.6-2	16,5	1,111	1,493	0,228	1,873	40,8	18,7
3.6-3	22,0	1,143	1,388	0,170	1,809	40,5	18,8
3.6-4	27,5	1,199	1,307	0,119	1,787	40,6	19,0
3.6-5	33,0	1,239	1,221	0,067	1,752	39,5	19,1
3.6-6	38,5	1,255	1,199	0,028	1,736	39,8	19,3
3.6-7	44,0	1,308	1,090	0,024	1,712	39,7	19,4
3.6-8	49,5	1,354	0,974	0,069	1,674	39,2	19,5
3.6-9	54,5	1,377	0,848	0,108	1,621	38,6	19,6
3.6-10	60,0	1,359	0,842	0,144	1,605	38,8	19,7
3.6-11	65,5	1,350	0,803	0,177	1,578	38,4	19,9
3.6-12	71,0	1,311	0,783	0,207	1,541	38,5	19,9
3.6-13	76,5	1,309	0,722	0,241	1,517	38,5	20,0
3.6-14	82,0	1,276	0,693	0,265	1,480	38,2	20,1
3.6-15	87,5	1,259	0,633	0,291	1,439	39,1	20,2
3.6-16	93,0	1,232	0,602	0,314	1,404	37,9	20,2
3.6-17	98,5	1,202	0,579	0,332	1,369	37,9	20,2
3.6-18	104,0	1,207	0,551	0,360	1,370	37,8	20,3
3.6-19	109,5	1,150	0,553	0,368	1,324	37,7	20,4
3.6-20	115,0	1,128	0,498	0,386	1,294	37,3	20,4
3.6-21	120,5	1,086	0,540	0,402	1,277	37,6	20,4
3.6-22	126,0	1,042	0,549	0,410	1,247	37,4	20,5
3.6-23	131,5	1,016	0,519	0,417	1,210	37,5	20,5
3.6-24	137,0	0,970	0,529	0,425	1,177	37,4	20,5

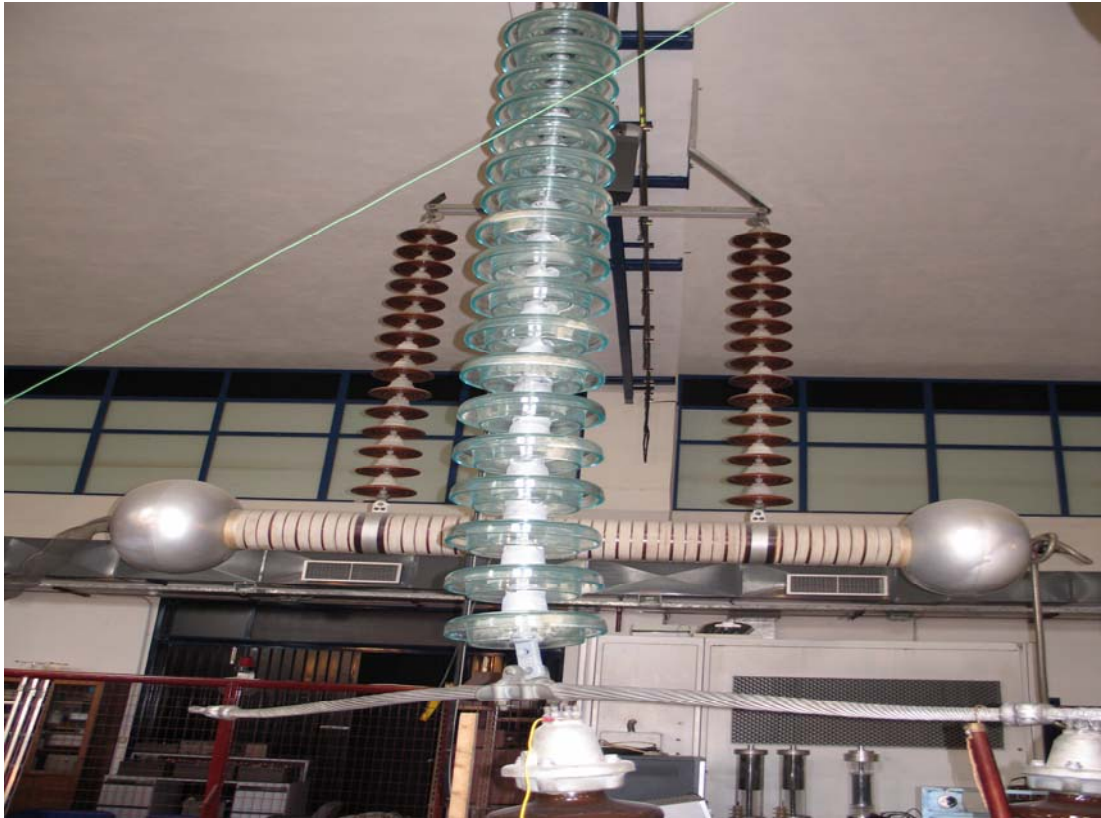
3.6-25	142,5	0,956	0,454	0,431	1,142	36,9	20,5
3.6-26	148,0	0,927	0,431	0,440	1,118	37,2	20,6
3.6-27	153,5	0,914	0,411	0,448	1,093	37,3	20,6
3.6-28	159,0	0,865	0,380	0,443	1,042	37,3	20,6
3.6-29	164,5	0,851	0,354	0,445	1,016	37,3	20,6
3.6-30	170,0	0,833	0,314	0,456	1,005	37,2	20,6
3.6-31	175,5	0,787	0,350	0,452	0,973	36,8	20,6
3.6-32	181,0	0,747	0,312	0,444	0,924	37,2	20,6
3.6-33	186,5	0,716	0,361	0,449	0,917	37,2	20,6
3.6-34	192,0	0,677	0,329	0,441	0,873	37,3	20,7



Σχήμα 4.37: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Κ

4.1.5 Γυάλινος ρυπασμένος αλυσοειδής μονωτήρας. τύπου ομίχλης, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες, αλυσίδα (112).





Σχήμα 4.38: Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας, τύπου ομίχλης, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες.

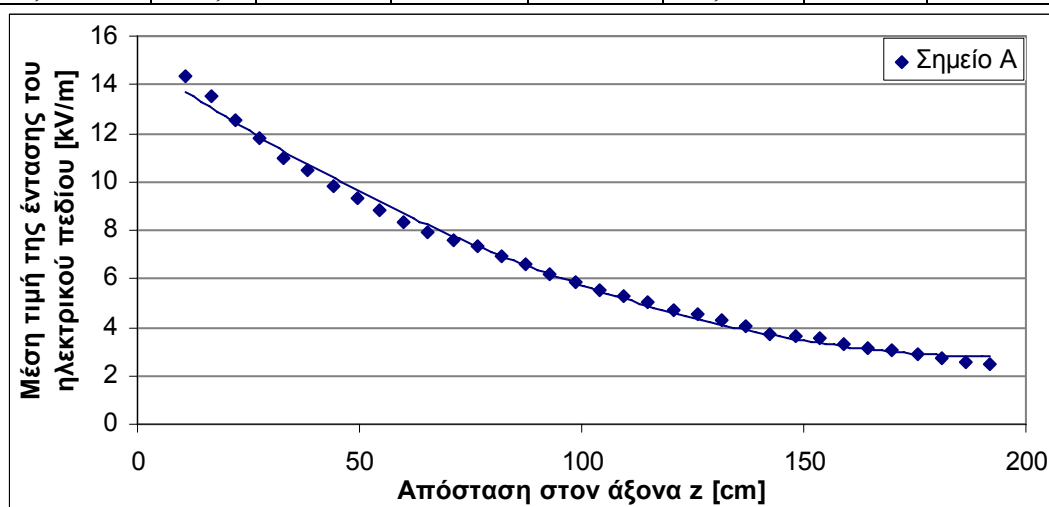
Για το σημείο A=0.2 με συνιστώσες ($x=36\text{cm}$, $y=37.5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές

Πίνακας 4.36: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}\text{C}$]
0,2-1	11,0	2.302	14.232	1.418	14,35	39.3	21,0
0,2-2	16,5	3.409	12.829	2.644	13,53	39.2	21.1
0,2-3	22,0	4.001	11.359	3.530	12,55	39.0	21.3
0,2-4	27,5	4.799	9.941	4.133	11,78	38.9	21.4
0,2-5	33,0	5.411	8.491	4.536	11,01	38.6	21.5
0,2-6	38,5	5.644	7.457	4.767	10,48	38.5	21.7
0,2-7	44,0	5.681	6.220	4.866	9,794	38.3	21.8
0,2-8	49,5	5.937	5.262	4.946	9,338	38.3	21.8
0,2-9	54,5	6.120	4.175	4.921	8,846	37.9	21.9
0,2-10	60,0	5.646	3.752	4.829	8,333	37.7	22.1
0,2-11	65,5	5.416	3.297	4.707	7,890	37.7	22.1

0,2-12	71,0	5.205	2.223	4.664	7,623	37.5	22.1
0,2-13	76,5	5.046	2.516	4.597	7,338	37.3	22.2
0,2-14	82,0	4.844	2.295	4.458	6,959	37.3	22.3
0,2-15	87,5	4.588	2.009	4.303	6,606	37.1	22.3
0,2-16	93,0	4.250	1.758	4.099	6,171	37,0	22.3
0,2-17	98,5	4.040	1.644	3.952	5,891	37,0	22.4
0,2-18	104,0	3.788	1.408	3.805	5,561	37.1	22.4
0,2-19	109,5	3.583	1.431	3.670	5,318	36.8	22.4
0,2-20	115,0	3.360	1.282	3.495	4,995	36.9	22.5
0,2-21	120,5	3.109	1.312	3.379	4,723	36.9	22.5
0,2-22	126,0	2.952	1.227	3.255	4,563	36.8	22.5
0,2-23	131,5	2.722	1.140	3.116	4,302	36.8	22.5
0,2-24	137,0	2.541	1.107	2.968	4,048	36.7	22.5
0,2-25	142,5	2.417	0.949	2.843	3, 717	36.7	22.6
0,2-26	148,0	2.279	0.893	2.782	3,647	36.4	22.6
0,2-27	153,5	2.166	0.828	2.667	3,539	36.4	22.6
0,2-28	159,0	1.973	0.775	2.506	3,285	36.6	22.6
0,2-29	164,5	1.910	0.681	2.459	3,137	36.6	22.6
0,2-30	170,0	1.811	0.638	2.376	3,048	36.5	22.6
0,2-31	175,5	1.625	0.644	2.246	2,858	36.6	22.7
0,2-32	181,0	1.545	0.582	2.167	2,721	36.5	22.7
0,2-33	186,5	1.319	0.771	2.060	2,557	36.5	22.7
0,2-34	192,0	1.280	0.613	1.285	2,440	36.5	22.7



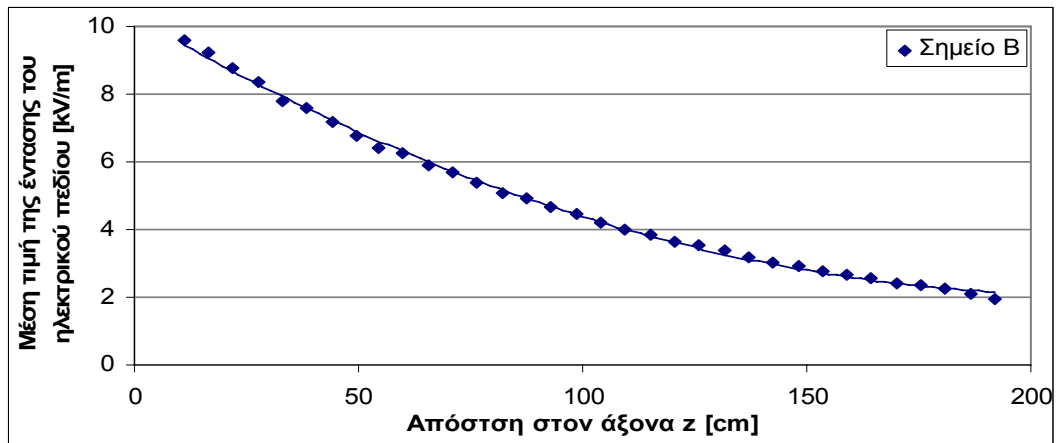
Σχήμα 4.39: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο A

Για το σημείο B=0.3 με συνιστώσες (x=58cm. y=57.5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.37: Μετρήσεις

P=982 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
0,3-1	11,0	1,623	9,205	0,733	9,592	37,2	21,6
0,3-2	16,5	2,043	8,833	1,341	9,247	37,0	21,6
0,3-3	22,0	2,566	8,043	1,366	8,744	36,7	21,7
0,3-4	27,5	3,388	7,283	2,322	8,351	36,8	21,8
0,3-5	33,0	3,364	6,539	2,587	7,791	36,7	21,9
0,3-6	38,5	3,664	5,986	2,867	7,607	36,1	22,0
0,3-7	44,0	3,843	5,236	3,010	7,154	36,4	22,1
0,3-8	49,5	3,800	4,662	3,072	6,744	36,3	22,1
0,3-9	54,5	4,099	3,321	3,146	6,431	36,3	22,2
0,3-10	60,0	3,990	3,562	3,212	6,235	35,9	22,2
0,3-11	65,5	3,846	3,168	3,188	5,923	35,9	22,3
0,3-12	71,0	3,758	2,885	3,190	5,712	36,0	22,3
0,3-13	76,5	3,591	2,515	3,120	5,386	35,4	22,4
0,3-14	82,0	3,402	2,313	3,035	5,096	35,5	22,4
0,3-15	87,5	3,322	1,990	3,004	4,904	35,8	22,4
0,3-16	93,0	3,138	1,801	2,916	4,645	35,6	22,5
0,3-17	98,5	3,016	1,641	2,827	4,448	35,5	22,5
0,3-18	104,0	2,836	1,566	2,732	4,228	35,2	22,5
0,3-19	109,5	2,671	1,405	2,631	4,003	35,4	22,5
0,3-20	115,0	2,548	1,281	2,573	3,860	35,5	22,6
0,3-21	120,5	2,364	1,265	2,472	3,649	35,5	22,6
0,3-22	126,0	2,267	1,125	2,422	3,518	35,2	22,6
0,3-23	131,5	2,145	1,141	2,363	3,387	35,2	22,6
0,3-24	137,0	1,259	1,122	2,255	3,185	35,2	22,6
0,3-25	142,5	1,897	0,931	2,178	3,035	35,3	22,6
0,3-26	148,0	1,865	0,827	2,130	2,945	35,2	22,7
0,3-27	153,5	1,708	0,784	2,034	2,781	35,0	22,6
0,3-28	159,0	1,643	0,739	1,986	2,677	35,2	22,7
0,3-29	164,5	1,563	0,645	1,920	2,560	35,2	22,7
0,3-30	170,0	1,447	0,625	1,844	2,426	35,0	22,7
0,3-31	175,5	1,376	0,627	1,805	2,355	35,0	22,7
0,3-32	181,0	1,307	0,528	1,733	2,236	35,1	22,7
0,3-33	186,5	1,105	0,664	1,648	2,094	35,1	22,7
0,3-34	192,0	1,053	0,543	1,557	1,955	35,1	22,7



Σχήμα 4.40: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο B

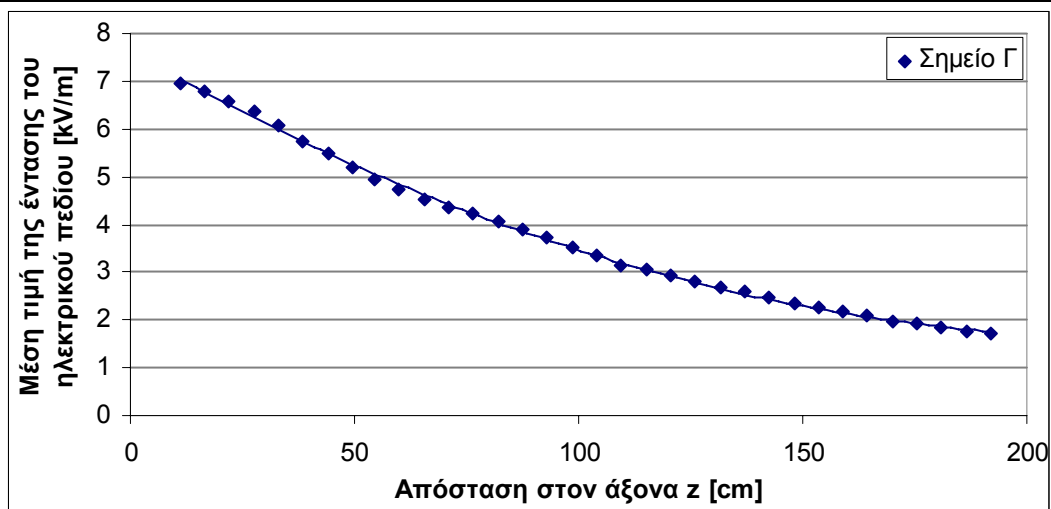
Για το σημείο $\Gamma=0.4$ με συνιστώσες ($x=80\text{cm}$, $y=78.5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές

Πίνακας 4.38: Μετρήσεις

P=982 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}\text{C}$]
0,4-1	11,0	0,335	6,952	0,279	6,940	34,6	22,7
0,4-2	16,5	1,164	6,655	0,636	6,793	34,2	22,9
0,4-3	22,0	1,634	6,296	1,029	6,585	34,5	22,9
0,4-4	27,5	2,264	5,803	1,326	6,368	34,6	22,9
0,4-5	33,0	2,656	5,154	1,572	6,067	34,4	22,9
0,4-6	38,5	2,769	4,747	1,715	5,751	34,3	22,9
0,4-7	44,0	3,040	4,200	1,871	5,501	34,4	22,9
0,4-8	49,5	3,139	3,689	1,979	5,213	34,6	22,9
0,4-9	54,5	3,215	3,245	2,029	4,956	34,5	22,9
0,4-10	60,0	3,060	2,968	2,073	4,741	34,4	22,9
0,4-11	65,5	2,970	2,712	2,101	4,538	34,4	22,9
0,4-12	71,0	2,882	2,500	2,103	4,342	34,6	22,9
0,4-13	76,5	2,819	2,272	2,133	4,219	34,6	22,8
0,4-14	82,0	2,794	2,048	2,146	4,074	34,3	22,8
0,4-15	87,5	2,688	1,857	2,120	3,892	34,1	22,9
0,4-16	93,0	2,536	1,583	2,055	3,723	34,8	22,9
0,4-17	98,5	2,411	1,523	2,024	3,508	34,8	22,8
0,4-18	104,0	2,331	1,336	1,977	3,330	34,6	22,8
0,4-19	109,5	2,179	1,298	1,915	3,135	34,5	22,8
0,4-20	115,0	2,082	1,228	1,371	3,047	34,9	22,8
0,4-21	120,5	1,953	1,171	1,836	2,924	34,7	22,8
0,4-22	126,0	1,881	1,034	1,732	2,789	34,5	22,8
0,4-23	131,5	1,754	1,023	1,737	2,668	34,6	22,8

0,4-24	137,0	1,711	0,919	1,700	2,582	35,0	22,8
0,4-25	142,5	1,615	0,847	1,646	2,463	35,1	22,8
0,4-26	148,0	1,547	0,774	1,605	2,362	34,9	22,8
0,4-27	153,5	1,480	0,721	1,556	2,258	35,0	22,8
0,4-28	159,0	1,424	0,640	1,529	2,180	35,1	22,8
0,4-29	164,5	1,339	0,583	1,473	2,077	35,0	22,8
0,4-30	170,0	1,221	0,614	1,420	1,974	34,8	22,7
0,4-31	175,5	1,172	0,600	1,336	1,913	35,0	22,8
0,4-32	181,0	1,154	0,480	1,357	1,856	35,0	22,7
0,4-33	186,5	1,042	0,519	1,310	1,753	35,0	22,7
0,4-34	192,0	1,021	0,470	1,284	1,710	34,7	22,7



Σχήμα 4.41: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Γ

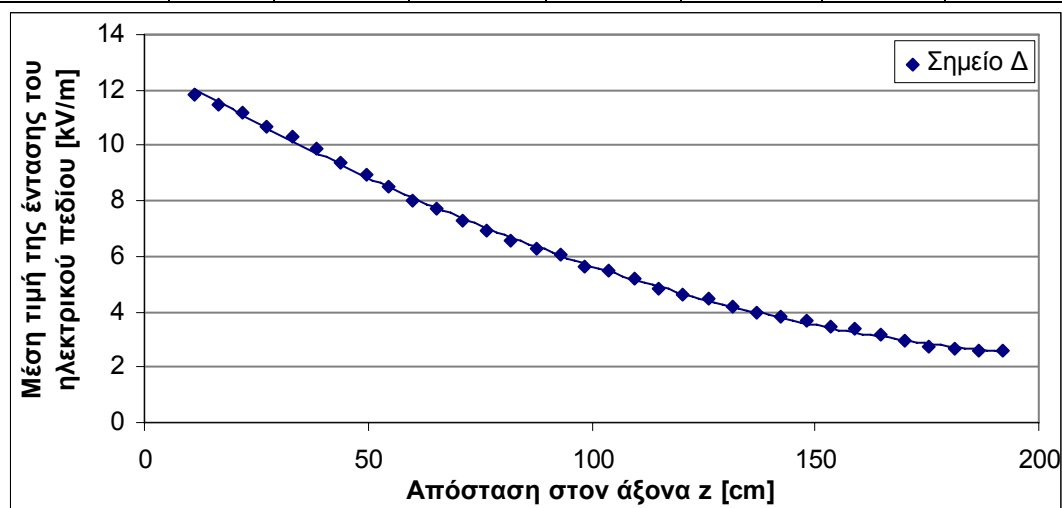
Για το σημείο Δ=1.2 με συνιστώσες (x=15.5cm. y=59.5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.39: Μετρήσεις

P=990mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
1,2-1	11,0	1,006	11,708	0,634	11,84	37,8	21,2
1,2-2	16,5	1,411	11,396	0,147	11,48	37,4	21,3
1,2-3	22,0	2,197	10,975	0,858	11,22	37,2	21,4
1,2-4	27,5	2,575	10,374	1,430	10,71	37,2	21,4
1,2-5	33,0	3,513	9,535	1,998	10,35	37,1	21,5
1,2-6	38,5	3,952	8,767	2,368	9,889	37,1	21,6
1,2-7	44,0	4,441	7,840	2,725	9,404	37	21,6
1,2-8	49,5	4,622	6,962	2,982	8,931	36,9	21,7
1,2-9	54,5	4,488	6,476	3,107	8,489	36,6	21,7

1,2-10	60,0	4,153	6,063	3,191	8,026	36,6	21,7
1,2-11	65,5	4,190	5,584	3,321	7,728	36,3	21,8
1,2-12	71,0	3,968	5,129	3,329	7,307	36,0	21,8
1,2-13	76,5	3,868	4,663	3,330	6,937	36,2	21,9
1,2-14	82,0	3,776	4,290	3,329	6,586	36,2	21,9
1,2-15	87,5	3,610	3,951	3,315	6,276	36,3	21,9
1,2-16	93,0	3,478	3,612	3,299	6,026	36,3	22,0
1,2-17	98,5	3,212	3,370	3,176	5,638	36,3	22,0
1,2-18	104,0	3,114	3,163	3,155	5,459	35,4	22,0
1,2-19	109,5	2,351	3,030	3,073	5,177	35,7	22,0
1,2-20	115,0	2,642	2,845	2,963	4,863	35,4	22,0
1,2-21	120,5	2,461	2,682	2,860	4,613	35,5	22,0
1,2-22	126,0	2,329	2,562	2,828	4,459	35,4	22,0
1,2-23	131,5	2,116	2,411	2,692	4,168	35,6	22,0
1,2-24	137,0	1,985	2,261	2,612	3,997	35,6	22,0
1,2-25	142,5	1,934	2,086	2,559	3,831	36,1	22,0
1,2-26	148,0	1,878	1,933	2,497	3,679	35,0	22,0
1,2-27	153,5	1,707	1,828	2,391	3,468	35,0	22,0
1,2-28	159,0	1,709	1,676	2,352	3,356	35,2	22,0
1,2-29	164,5	1,548	1,575	2,248	3,143	35,3	22,0
1,2-30	170,0	1,477	1,455	2,149	2,991	35,4	22,0
1,2-31	175,5	1,216	1,407	2,017	2,744	35,4	22,0
1,2-32	181,0	1,279	1,257	1,982	2,671	35,4	22,0
1,2-33	186,5	1,086	1,292	1,938	2,569	35,2	22,0
1,2-34	192,0	1,098	1,325	1,927	2,583	35,3	22,0



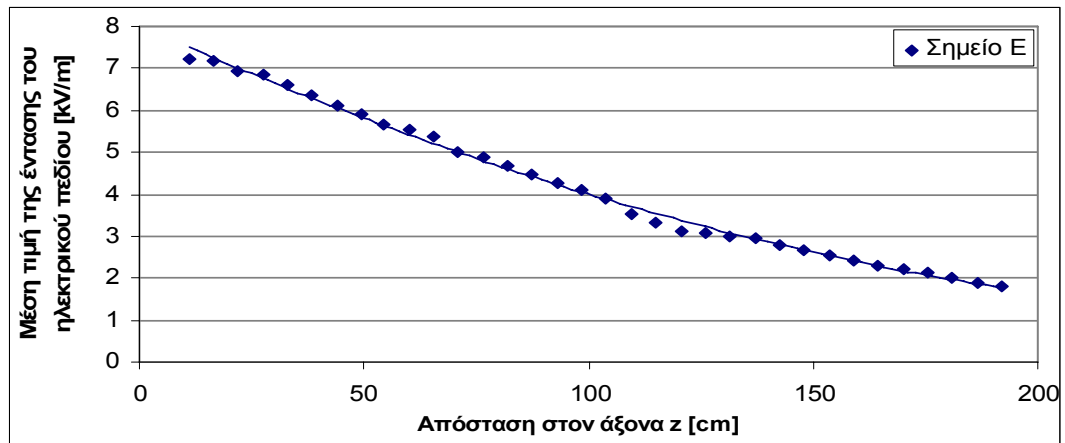
Σχήμα 4.42: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Δ

Για το σημείο E=1.3 με συνιστώσες ($x=38\text{cm}$, $y=80\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.40: Μετρήσεις

P=986 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
1,3-1	11,0	0,612	7,232	0,314	7,234	38,6	20,9
1,3-2	16,5	0,980	7,128	0,078	7,161	38,5	21,0
1,3-3	22,0	1,440	6,760	0,451	6,945	38,5	21,0
1,3-4	27,5	1,845	6,533	0,770	6,856	38,5	21,1
1,3-5	33,0	2,168	6,142	1,072	6,604	38,4	21,2
1,3-6	38,5	2,259	5,803	1,293	6,370	38,3	21,3
1,3-7	44,0	2,571	5,326	1,504	6,097	38,0	21,4
1,3-8	49,5	2,788	4,900	1,691	5,888	37,8	21,5
1,3-9	54,5	3,366	4,197	1,862	5,677	37,5	21,1
1,3-10	60,0	3,306	3,955	1,985	5,527	37,6	21,1
1,3-11	65,5	3,166	3,797	2,274	5,359	37,7	21,1
1,3-12	71,0	2,995	3,425	2,096	5,008	42,8	22,4
1,3-13	76,5	2,985	2,218	2,189	4,897	42,8	22,4
1,3-14	82,0	2,921	2,924	2,224	4,688	42,9	22,3
1,3-15	87,5	2,787	2,733	2,221	4,491	42,9	22,3
1,3-16	93,0	2,595	2,593	2,199	4,278	43,1	22,3
1,3-17	98,5	2,514	2,363	2,184	4,089	43,1	22,3
1,3-18	104,0	2,376	2,232	2,161	3,906	43,1	22,2
1,3-19	109,5	2,224	2,094	2,116	3,539	43,1	22,2
1,3-20	115,0	2,070	2,010	2,071	3,343	43,1	22,2
1,3-21	120,5	1,943	1,838	2,008	3,131	43,2	22,1
1,3-22	126,0	1,794	1,804	1,969	3,065	43,1	22,2
1,3-23	131,5	1,734	1,655	1,927	2,978	43,4	22,1
1,3-24	137,0	1,609	1,586	1,890	2,943	43,4	22,1
1,3-25	142,5	1,561	1,419	1,834	2,798	43,5	22,1
1,3-26	148,0	1,467	1,314	1,774	2,652	43,5	22,1
1,3-27	153,5	1,396	1,226	1,724	2,534	43,5	22,1
1,3-28	159,0	1,348	1,133	1,687	2,436	43,5	22,1
1,3-29	164,5	1,207	1,080	1,615	2,292	43,6	22,1
1,3-30	170,0	1,190	0,968	1,533	2,211	43,5	22,1
1,3-31	175,5	1,074	0,980	1,540	2,123	43,8	22,1
1,3-32	181,0	1,044	0,860	1,488	2,012	43,6	22,1
1,3-33	186,5	0,826	0,910	1,412	1,873	43,9	22,1
1,3-34	192,0	0,860	0,801	1,385	1,822	44,2	22,1



Σχήμα 4.43: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο E

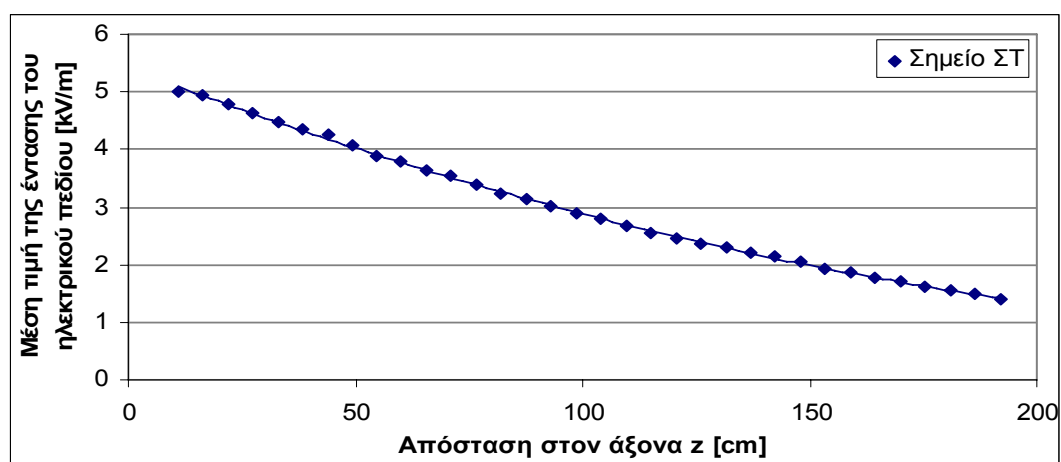
Για το σημείο ΣΤ=1.4 με συνιστώσες ($x=50.5\text{cm}$, $y=100.5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.41: Μετρήσεις

P=988mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}\text{C}$]
1,4-1	11,0	1,165	4,860	0,167	5,006	48,0	20,3
1,4-2	16,5	1,294	4,759	0,053	4,932	48,0	20,3
1,4-3	22,0	1,475	4,564	0,255	4,778	48,0	20,3
1,4-4	27,5	1,685	4,309	0,442	4,647	47,6	20,5
1,4-5	33,0	1,764	4,089	0,615	4,491	47,4	20,7
1,4-6	38,5	1,826	3,894	0,741	4,360	47,1	20,8
1,4-7	44,0	2,042	3,617	0,893	4,249	46,9	20,9
1,4-8	49,5	2,124	3,319	1,002	4,057	46,6	21,0
1,4-9	54,5	2,348	2,885	1,094	3,879	46,6	21,0
1,4-10	60,0	2,367	2,712	1,178	3,779	46,6	21,0
1,4-11	65,5	2,262	2,583	1,227	3,623	46,0	21,0
1,4-12	71,0	2,148	2,502	1,290	3,545	46,0	21,4
1,4-13	76,5	2,186	2,230	1,327	3,384	45,8	21,4
1,4-14	82,0	2,058	2,110	1,344	3,241	45,6	21,6
1,4-15	87,5	2,084	1,929	1,386	3,145	45,3	21,6
1,4-16	93,0	2,020	1,787	1,387	3,016	45,3	21,7
1,4-17	98,5	1,906	1,659	1,333	2,876	45,2	21,7
1,4-18	104,0	1,833	1,565	1,402	2,799	45,0	21,8
1,4-19	109,5	1,733	1,488	1,384	2,676	44,9	21,8
1,4-20	115,0	1,607	1,432	1,364	2,555	44,9	21,9
1,4-21	120,5	1,537	1,362	1,349	2,469	44,7	21,9
1,4-22	126,0	1,436	1,312	1,322	2,353	44,8	21,9
1,4-23	131,5	1,423	1,245	1,340	2,313	44,6	22,0
1,4-24	137,0	1,331	1,133	1,317	2,217	44,6	22

1,4-25	142,5	1,311	1,072	1,299	2,133	44,5	22
1,4-26	148,0	1,257	0,995	1,278	2,047	44,5	22
1,4-27	153,5	1,172	0,911	1,229	1,934	44,3	22
1,4-28	159,0	1,140	0,849	1,207	1,865	44,2	22
1,4-29	164,5	1,091	0,765	1,131	1,785	44,1	22,1
1,4-30	170,0	1,032	0,726	1,153	1,701	44,0	22,1
1,4-31	175,5	0,900	0,754	1,111	1,620	44,0	22,1
1,4-32	181,0	0,916	0,631	1,085	1,556	44,1	22,1
1,4-33	186,5	0,824	0,652	1,049	1,489	44,2	22,1
1,4-34	192,0	0,777	0,693	1,006	1,395	44,1	22,1



Σχήμα 4.44: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο ΣΤ

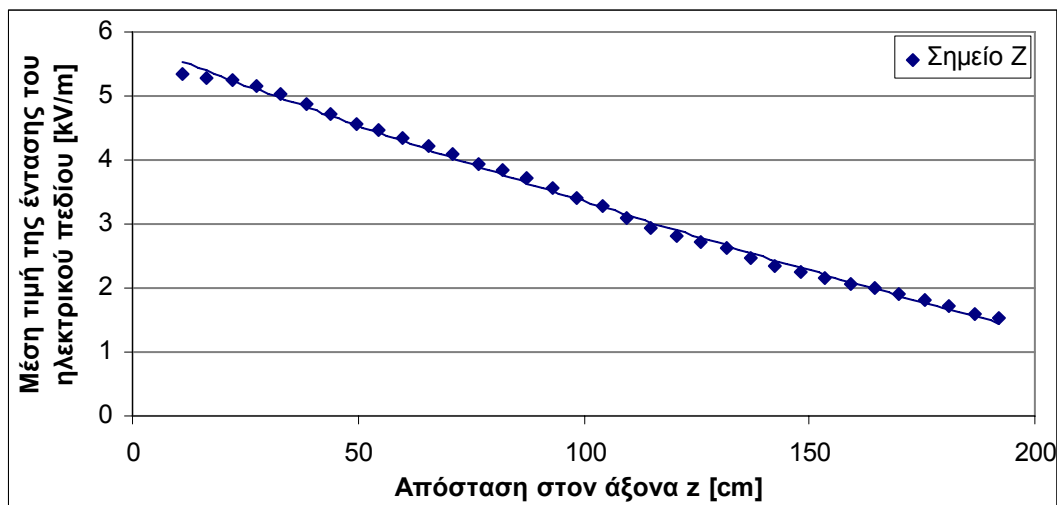
Για το σημείο Z=2.3 με συνιστώσες (x=18cm. y=102cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.42: Μετρήσεις

P=993 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
2,3-1	11,0	0,379	5,284	0,470	5,342	41,1	20,5
2,3-2	16,5	0,676	5,255	0,226	5,292	41,1	20,5
2,3-3	22,0	0,904	5,175	0,018	5,248	40,1	20,8
2,3-4	27,5	1,243	4,991	0,216	5,156	40,1	20,8
2,3-5	33,0	1,434	4,802	0,911	5,029	38,7	21,2
2,3-6	38,5	1,498	4,664	0,547	4,873	38,9	21,3
2,3-7	44,0	1,481	4,417	0,717	4,713	38,8	21,4
2,3-8	49,5	1,731	4,137	0,868	4,578	38,6	21,5
2,3-9	54,5	1,805	3,949	0,974	4,468	38,6	21,6
2,3-10	60,0	1,869	3,806	1,094	4,352	38,5	21,6
2,3-11	65,5	1,775	3,656	1,176	4,230	38	21,8
2,3-12	71,0	1,667	3,545	1,253	4,101	37,6	21,9

2.3-13	76,5	1,744	3,283	1,316	3,942	37,6	21,9
2.3-14	82,0	1,752	3,114	1,386	3,833	37,6	21,9
2.3-15	87,5	1,732	2,947	1,429	3,709	37,4	22,0
2.3-16	93,0	1,750	2,721	1,457	3,550	37,2	22,0
2.3-17	98,5	1,674	2,547	1,466	3,392	37,4	22,1
2.3-18	104,0	1,677	2,381	1,484	3,270	37,2	22,1
2.3-19	109,5	1,555	2,232	1,464	3,086	37,2	22,1
2.3-20	115,0	1,431	2,148	1,458	2,945	37,3	22,1
2.3-21	120,5	1,344	2,031	1,433	2,817	37	22,1
2.3-22	126,0	1,240	1,958	1,441	2,731	37,2	22,1
2.3-23	131,5	1,212	1,838	1,421	2,617	37	22,2
2.3-24	137,0	1,100	1,710	1,378	2,455	37,2	22,2
2.3-25	142,5	1,094	1,581	1,356	2,351	37,1	22,2
2.3-26	148,0	1,003	1,508	1,330	2,245	37,1	22,2
2.3-27	153,5	0,993	1,400	1,312	2,163	36,8	22,2
2.3-28	159,0	0,956	1,324	1,288	2,074	36,9	22,2
2.3-29	164,5	0,934	1,238	1,268	2,007	36,9	22,2
2.3-30	170,0	0,871	1,150	1,230	1,894	36,8	22,2
2.3-31	175,5	0,730	1,126	1,194	1,805	36,8	22,2
2.3-32	181,0	0,749	1,009	1,155	1,708	36,8	22,2
2.3-33	186,5	0,557	1,021	1,114	1,608	36,8	22,2
2.3-34	192,0	0,628	0,883	1,072	1,528	36,8	22,2



Σχήμα 4.45: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Z

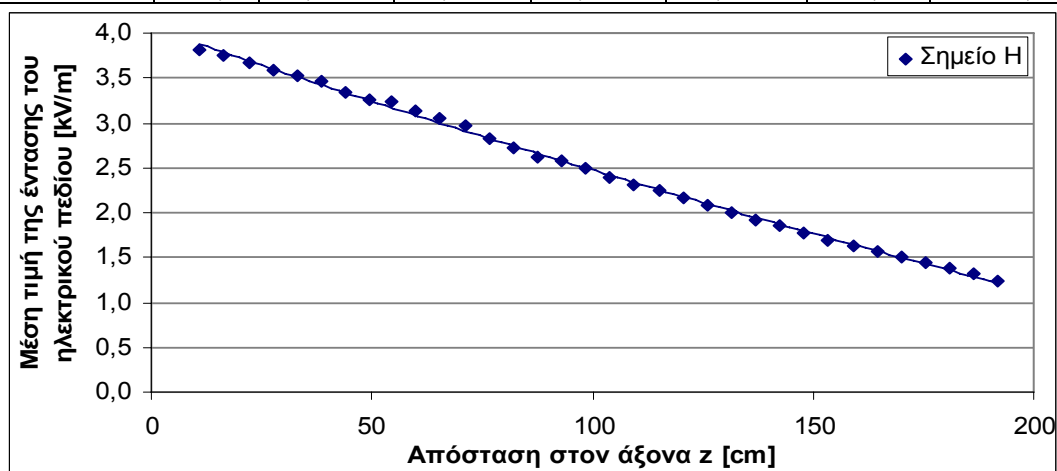
Για το σημείο H=2.4 με συνιστώσες ($x=40\text{cm}$, $y=122.6\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.43: Μετρήσεις

P=990 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}\text{C}$]
2.4-1	11,0	0,636	3,738	0,327	3,805	41,4	21,7

2.4-2	16,5	0,917	3,612	0,165	3,749	41,2	21,8
2.4-3	22,0	0,959	3,563	0,032	3,675	41,5	21,8
2.4-4	27,5	1,165	3,402	0,104	3,597	41,1	21,8
2.4-5	33,0	1,384	3,225	0,237	3,516	41,5	21,8
2.4-6	38,5	1,516	3,972	0,344	3,468	41,4	21,8
2.4-7	44,0	1,652	2,881	0,453	3,345	41,4	21,9
2.4-8	49,5	1,745	2,694	0,552	3,260	41,4	21,8
2.4-9	54,5	1,507	2,799	0,609	3,228	41,5	21,9
2.4-10	60,0	1,478	2,682	0,678	3,139	41,3	21,9
2.4-11	65,5	1,432	2,582	0,739	3,055	41,2	21,9
2.4-12	71,0	1,435	2,467	0,796	2,962	41,3	21,9
2.4-13	76,5	1,416	2,312	0,841	2,828	41,3	21,9
2.4-14	82,0	1,404	2,167	0,876	2,727	40,9	21,9
2.4-15	87,5	1,381	2,043	0,906	2,628	41,3	21,9
2.4-16	93,0	1,343	1,980	0,947	2,575	41,2	21,9
2.4-17	98,5	1,321	1,884	0,974	2,491	41,3	21,9
2.4-18	104,0	1,272	1,773	0,983	2,395	41,3	21,9
2.4-19	109,5	1,210	1,705	0,995	2,317	41,4	21,9
2.4-20	115,0	1,175	1,631	1,013	2,253	41,4	22
2.4-21	120,5	1,081	1,580	1,010	2,165	41,0	21,9
2.4-22	126,0	1,054	1,487	0,011	2,086	41,1	22,0
2.4-23	131,5	0,980	1,430	1,004	2,003	41,2	22,0
2.4-24	137,0	0,922	1,364	0,997	1,924	41,0	22,0
2.4-25	142,5	0,922	1,263	0,992	1,847	41,1	22,0
2.4-26	148,0	0,879	1,186	0,972	1,767	41,1	22,0
2.4-27	153,5	0,838	1,119	0,960	1,696	41,1	22,0
2.4-28	159,0	0,815	1,044	0,942	1,623	41,0	22,0
2.4-29	164,5	0,798	0,979	0,936	1,570	41,3	22,0
2.4-30	170,0	0,764	0,917	0,918	1,507	41,2	22,0
2.4-31	175,5	0,697	0,901	0,904	1,453	40,8	22,0
2.4-32	181,0	0,669	0,821	0,876	1,374	41,1	22,0
2.4-33	186,5	0,581	0,818	0,853	1,319	41,2	22,0
2.4-34	192,0	0,554	0,743	0,826	1,242	41,2	22,0



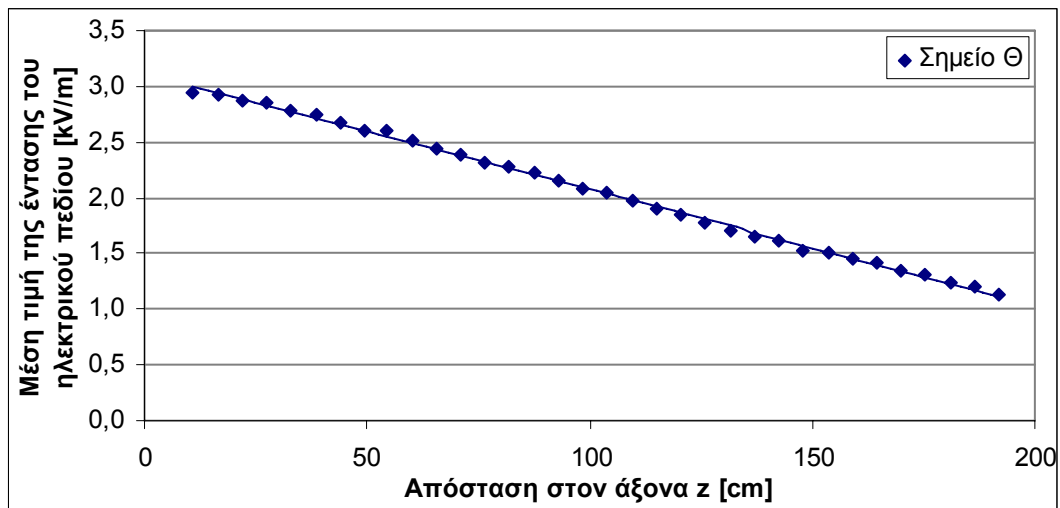
Σχήμα 4.46: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο H

Για το σημείο $\Theta=2.5$ με συνιστώσες ($x=62.6\text{cm}$, $y=143\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές

Πίνακας 4.44: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}\text{C}$]
2.5-1	11,0	0,541	2,871	0,341	2,935	45,4	19,9
2.5-2	16,5	0,702	2,825	0,227	2,920	45,3	20,1
2.5-3	22,0	0,849	2,764	0,129	2,868	45,3	20,1
2.5-4	27,5	0,920	2,719	0,036	2,859	44,5	20,5
2.5-5	33,0	1,126	2,541	0,066	2,787	44,5	20,5
2.5-6	38,5	1,208	2,466	0,142	2,748	44,3	20,6
2.5-7	44,0	1,280	2,337	0,219	2,674	44,3	20,6
2.5-8	49,5	1,430	2,157	0,305	2,609	43,8	20,8
2.5-9	54,5	1,355	2,160	0,355	2,594	43,7	20,9
2.5-10	60,0	1,358	2,089	0,413	2,516	43,7	21,0
2.5-11	65,5	1,299	2,033	0,463	2,447	43,5	21,0
2.5-12	71,0	1,304	1,939	0,510	2,389	43,4	21,1
2.5-13	76,5	1,309	1,833	0,556	2,320	43,1	21,2
2.5-14	82,0	1,280	1,786	0,592	2,281	42,8	21,2
2.5-15	87,5	1,308	1,689	0,640	2,229	42,8	21,3
2.5-16	93,0	1,286	1,564	0,665	2,146	43	21,3
2.5-17	98,5	1,230	1,514	0,688	2,087	42,8	21,4
2.5-18	104,0	1,234	1,456	0,721	2,041	42,8	21,4
2.5-19	109,5	1,160	1,423	0,736	1,981	42,3	21,5
2.5-20	115,0	1,054	1,395	0,738	1,904	42,3	21,5
2.5-21	120,5	1,040	1,328	0,754	1,851	42,3	21,5
2.5-22	126,0	1,008	1,255	0,757	1,777	41,7	21,5
2.5-23	131,5	0,954	1,216	0,757	1,714	42,2	21,5
2.5-24	137,0	0,876	1,177	0,761	1,653	42,4	21,6
2.5-25	142,5	0,901	1,090	0,770	1,609	41,8	21,6
2.5-26	148,0	0,857	1,012	0,751	1,525	42,1	21,6
2.5-27	153,5	0,843	0,982	0,768	1,507	41,8	21,6
2.5-28	159,0	0,808	0,932	0,762	1,452	42,0	21,6
2.5-29	164,5	0,806	0,881	0,764	1,418	41,9	21,7
2.5-30	170,0	0,772	0,807	0,747	1,341	42	21,7
2.5-31	175,5	0,686	0,834	0,744	1,312	41,7	21,7
2.5-32	181,0	0,677	0,751	0,727	1,245	41,9	21,7
2.5-33	186,5	0,552	0,721	0,714	1,201	41,7	21,7
2.5-34	192,0	0,567	0,687	0,685	1,126	41,7	21,7



Σχήμα 4.47: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Θ

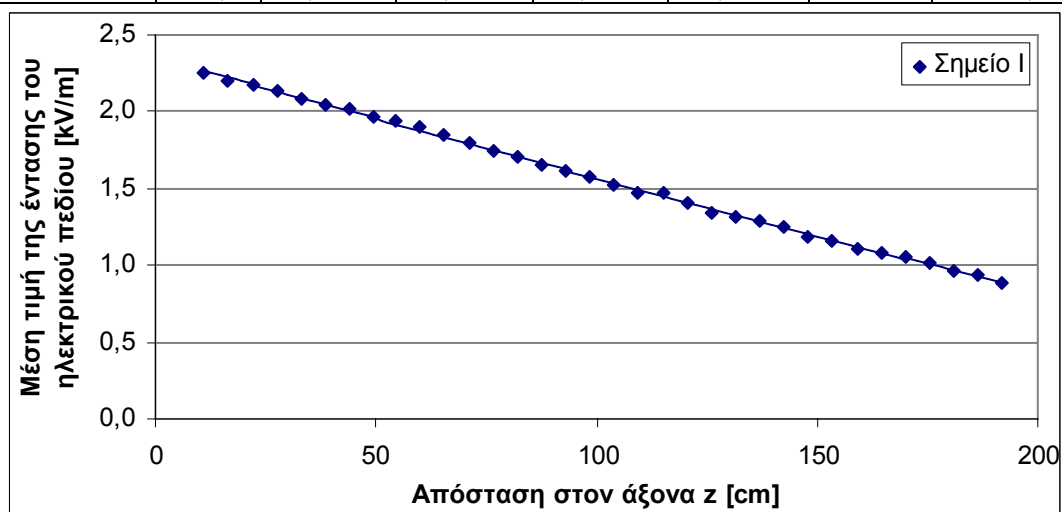
Για το σημείο I=2.6 με συνιστώσες (x=85cm. y=163.5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές

Πίνακας 4.45: Μετρήσεις

P=990 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
2.6-1	11,0	0,524	2,165	0,334	2,253	42.7	22,1
2.6-2	16,5	0,509	2,130	0,258	2,206	42.7	22,1
2.6-3	22,0	0,612	2,072	0,187	2,171	42.7	22,0
2.6-4	27,5	0,780	1,979	0,104	2,131	42.7	22,0
2.6-5	33,0	0,712	1,954	0,049	2,079	42.7	21,9
2.6-6	38,5	0,687	1,926	0,007	2,045	42.7	21,9
2.6-7	44,0	0,805	1,848	0,060	2,017	42.7	21,9
2.6-8	49,5	0,868	1,763	0,113	1,969	42.7	21,9
2.6-9	54,5	1,071	1,617	0,169	1,941	42.7	21,9
2.6-10	60,0	1,079	1,552	0,211	1,902	42.7	21,9
2.6-11	65,5	1,038	1,495	0,247	1,843	42.7	21,8
2.6-12	71,0	1,011	1,458	0,281	1,798	42.7	21,9
2.6-13	76,5	1,010	1,390	0,316	1,751	42.7	21,9
2.6-14	82,0	1,029	1,320	0,357	1,709	42.7	21,9
2.6-15	87,5	0,983	1,279	0,376	1,659	42.7	21,8
2.6-16	93,0	1,019	1,185	0,404	1,616	42.7	21,8
2.6-17	98,5	0,961	1,162	0,422	1,572	42.7	21,9
2.6-18	104,0	0,952	1,106	0,440	1,525	42.7	21,9
2.6-19	109,5	0,892	1,094	0,456	1,477	42.5	21,9
2.6-20	115,0	0,896	1,034	0,476	1,477	42.5	22,0

2.6-21	120,5	0,824	1,027	0,486	1,408	42,5	21,9
2.6-22	126,0	0,749	1,000	0,485	1,341	42,5	21,9
2.6-23	131,5	0,757	0,955	0,499	1,319	42,5	21,9
2.6-24	137,0	0,718	0,933	0,507	1,287	42,5	21,9
2.6-25	142,5	0,726	0,868	0,515	1,247	42,5	22,0
2.6-26	148,0	0,702	0,812	0,511	1,185	42,5	22,0
2.6-27	153,5	0,673	0,780	0,516	1,155	42,5	22,0
2.6-28	159,0	0,651	0,738	0,517	1,112	42,5	22,0
2.6-29	164,5	0,643	0,695	0,515	1,078	42,5	21,9
2.6-30	170,0	0,635	0,655	0,520	1,050	42,5	22,0
2.6-31	175,5	0,569	0,679	0,518	1,021	42,5	21,9
2.6-32	181,0	0,562	0,599	0,510	0,970	42,5	22,0
2.6-33	186,5	0,492	0,617	0,500	0,938	42,5	22,0
2.6-34	192,0	0,487	0,552	0,490	0,885	42,5	22,0



Σχήμα 4.48: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο I

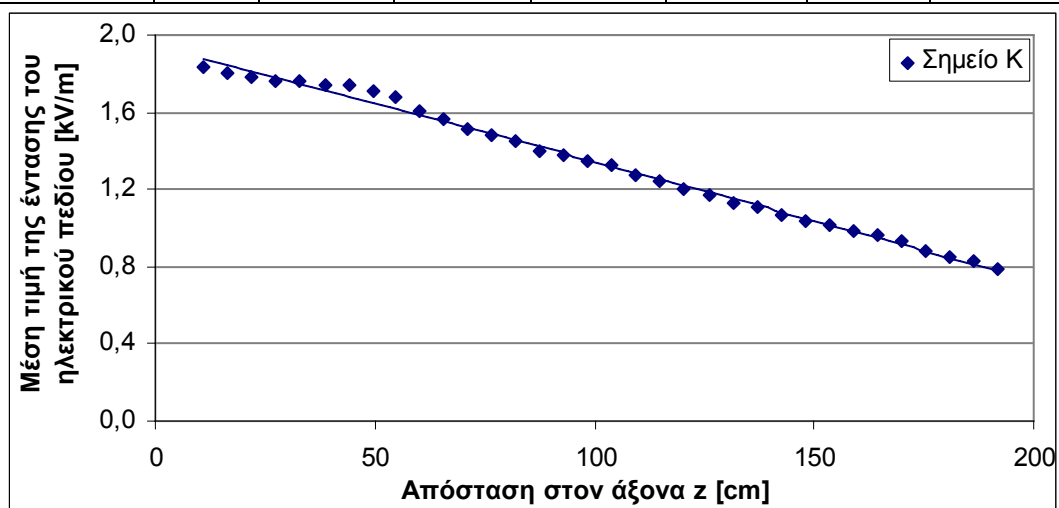
Για το σημείο K=3.6 με συνιστώσες ($x=65.5\text{cm}$, $y=185\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.46: Μετρήσεις

P=986 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}\text{C}$]
3.6-1	11,0	0,060	1,783	0,344	1,835	46,8	18,3
3.6-2	16,5	0,097	1,777	0,302	1,805	46,8	18,3
3.6-3	22,0	0,050	1,770	0,252	1,787	46,8	18,3
3.6-4	27,5	0,180	1,744	0,215	1,766	46,8	18,3
3.6-5	33,0	0,196	1,742	0,144	1,759	46,8	18,3
3.6-6	38,5	0,252	1,740	0,106	1,765	46,8	18,3

3.6-7	44,0	0,241	1,722	0,062	1,741	46,8	18,3
3.6-8	49,5	0,596	1,603	0,004	1,711	46,8	18,3
3.6-9	54,5	0,792	1,478	0,050	1,679	45,8	19,5
3.6-10	60,0	0,775	1,407	0,088	1,611	45,8	19,5
3.6-11	65,5	0,754	1,368	0,121	1,563	45,8	19,5
3.6-12	71,0	0,748	1,308	0,151	1,515	44,2	20,2
3.6-13	76,5	0,757	1,258	0,184	1,478	44,2	20,2
3.6-14	82,0	0,756	1,224	0,210	1,450	44,2	20,2
3.6-15	87,5	0,752	1,158	0,235	1,404	44,2	20,2
3.6-16	93,0	0,728	1,138	0,258	1,374	44,2	20,2
3.6-17	98,5	0,732	1,083	0,283	1,342	44,2	20,2
3.6-18	104,0	0,705	1,080	0,302	1,322	44,2	20,2
3.6-19	109,5	0,683	1,024	0,316	1,275	44,2	20,2
3.6-20	115,0	0,681	0,987	0,333	1,248	44,2	20,2
3.6-21	120,5	0,623	0,967	0,339	1,198	44,2	20,2
3.6-22	126,0	0,577	0,951	0,350	1,166	44,0	20,5
3.6-23	131,5	0,577	0,904	0,357	1,130	44,0	20,5
3.6-24	137,0	0,562	0,882	0,370	1,108	44,0	20,5
3.6-25	142,5	0,558	0,824	0,373	1,064	44,0	20,5
3.6-26	148,0	0,532	0,804	0,381	1,037	44,0	20,5
3.6-27	153,5	0,536	0,767	0,389	1,016	44,0	20,5
3.6-28	159,0	0,528	0,733	0,396	0,985	44,0	20,5
3.6-29	164,5	0,525	0,700	0,398	0,960	44,0	20,5
3.6-30	170,0	0,512	0,653	0,399	0,938	44,0	20,5
3.6-31	175,5	0,403	0,676	0,390	0,880	44,0	20,5
3.6-32	181,0	0,456	0,601	0,391	0,849	44,0	20,5
3.6-33	186,5	0,396	0,615	0,388	0,827	44,0	20,5
3.6-34	192,0	0,397	0,564	0,384	0,787	42,5	20,8



Σχήμα 4.49: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο K

4.1.6 Ρυπασμένος πορσελάνινος, αλυσοειδής μονωτήρας (100), τύπου ομίχλης 400kV, αποτελούμενος από δεκαέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες,

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο αλυσοειδής μονωτήρας στο περιβάλλον του εργαστηρίου κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των μετρήσεων, όπου μπορούμε να διακρίνουμε την ρύπανση την οποία έχει υποστεί.





Σχήμα 4.50: Ρυπασμένος πορσελάνινος αλυσοειδής μονωτήρας (100), τύπου ομίχλης 400 kV, αποτελούμενος από δεκαέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες

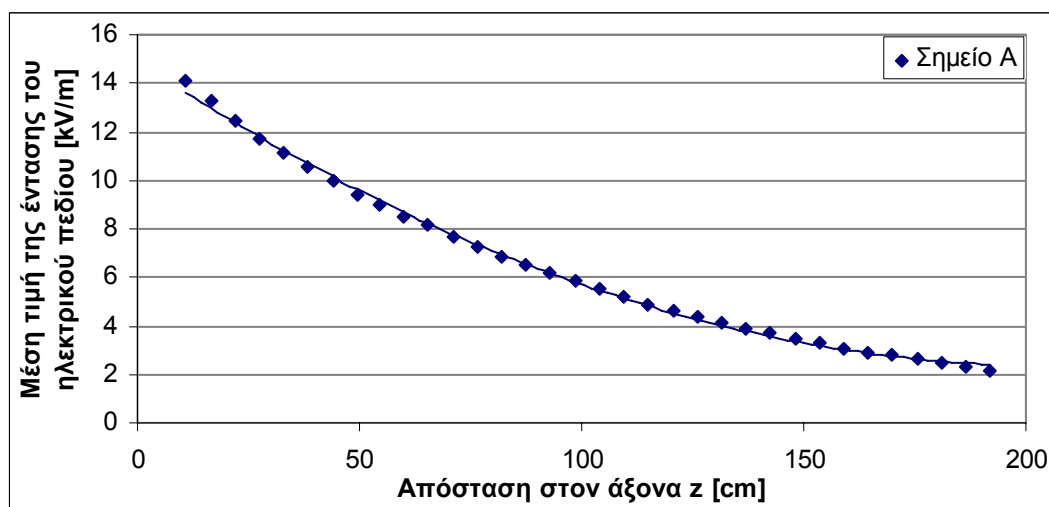
Για το σημείο A=0,2 με συνιστώσες ($x=36\text{cm}$, $y=37,5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,47: Μετρήσεις

P=986 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}\text{C}$]
0,2-1	11,0	2,990	13,701	1,279	14,080	52,3	25,2
0,2-2	16,5	3,851	12,392	2,568	13,240	51,8	25,4
0,2-3	22,0	4,303	11,092	3,567	12,420	51,4	25,6
0,2-4	27,5	4,255	10,028	4,232	11,690	51,1	25,7
0,2-5	33,0	4,717	8,848	4,775	11,100	50,7	25,9
0,2-6	38,5	4,679	7,960	5,042	10,530	50,5	26,0
0,2-7	44,0	4,823	6,990	5,266	9,998	50,0	26,2
0,2-8	49,5	5,085	5,816	5,315	9,363	49,7	26,3
0,2-9	54,5	5,239	5,009	5,353	9,004	49,2	26,5
0,2-10	60,0	4,951	4,464	5,302	8,527	48,9	26,6
0,2-11	65,5	4,744	4,050	5,245	8,158	48,7	26,7
0,2-12	71,0	4,405	3,669	5,099	7,660	48,3	26,8
0,2-13	76,5	4,255	3,209	4,968	7,292	48,1	26,9

0,2-14	82,0	4,034	2,798	4,801	6,871	47,8	27,0
0,2-15	87,5	3,779	2,552	4,639	6,486	47,7	27,1
0,2-16	93,0	3,566	2,306	4,478	6,172	47,4	27,1
0,2-17	98,5	3,347	2,117	4,327	5,869	47,2	27,1
0,2-18	104,0	3,128	1,902	4,148	5,536	46,6	27,2
0,2-19	109,5	2,858	1,815	3,959	5,208	46,3	27,2
0,2-20	115,0	2,608	1,697	3,770	4,889	46,0	27,2
0,2-21	120,5	2,401	1,600	3,601	4,617	46,0	27,3
0,2-22	126,0	2,251	1,473	3,453	4,379	46,1	27,3
0,2-23	131,5	2,050	1,381	3,274	4,099	46,1	27,3
0,2-24	137,0	1,917	1,287	3,156	3,910	45,7	27,4
0,2-25	142,5	1,781	1,155	3,007	3,684	45,8	27,4
0,2-26	148,0	1,645	1,069	2,866	3,471	45,9	27,4
0,2-27	153,5	1,517	0,971	2,719	3,265	45,6	27,4
0,2-28	159,0	1,401	0,886	2,590	3,073	45,6	27,5
0,2-29	164,5	1,309	0,809	2,482	2,922	45,6	27,5
0,2-30	170,0	1,209	0,744	2,375	2,764	45,6	27,5
0,2-31	175,5	1,039	0,764	2,258	2,606	45,7	27,5
0,2-32	181,0	0,997	0,652	2,164	2,471	45,5	27,5
0,2-33	186,5	0,866	0,660	2,065	2,332	45,4	27,5
0,2-34	192,0	0,756	0,580	1,920	2,148	45,4	27,6



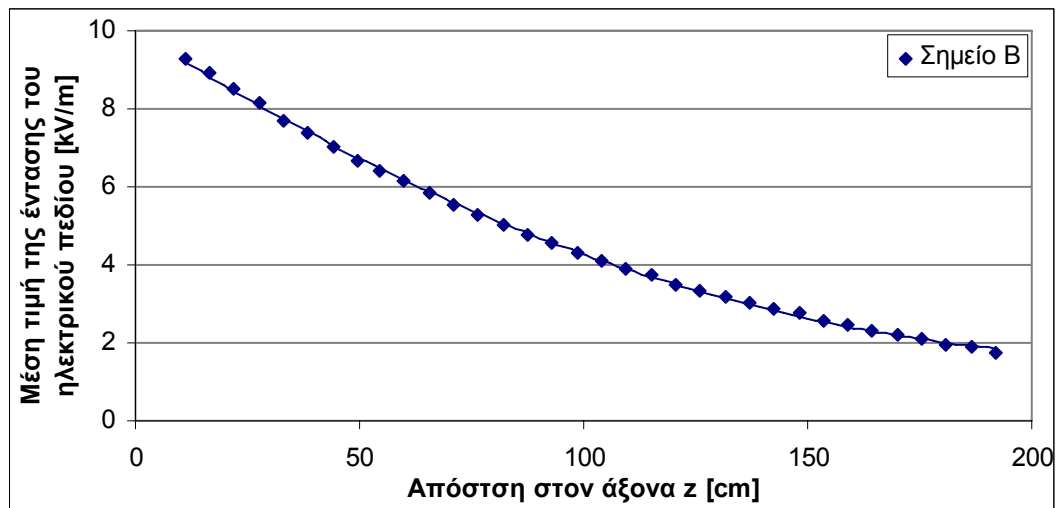
Σχήμα 4.51: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο A=0,2

Για το σημείο B=0,3 με συνιστώσες ($x=58\text{cm}$, $y=57,5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,48: Μετρήσεις

P=985 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
0,3-1	11,0	1,063	9,186	0,688	9,269	45,3	27,6
0,3-2	16,5	1,715	8,677	1,373	8,914	44,9	27,6
0,3-3	22,0	2,106	8,013	1,928	8,501	40,3	27,6
0,3-4	27,5	2,462	7,396	2,377	8,150	45,1	27,6
0,3-5	33,0	2,551	6,742	2,715	7,679	45,1	27,6
0,3-6	38,5	2,482	6,291	2,947	7,368	45,2	27,6
0,3-7	44,0	2,448	5,773	3,127	7,007	44,9	27,6
0,3-8	49,5	2,541	5,236	3,242	6,675	44,9	27,7
0,3-9	54,5	2,492	4,887	3,351	6,433	44,2	27,7
0,3-10	60,0	2,517	4,470	3,413	6,147	44,3	27,7
0,3-11	65,5	2,426	4,096	3,387	5,835	44,5	27,7
0,3-12	71,0	2,340	3,754	3,357	5,552	44,1	27,7
0,3-13	76,5	2,326	3,384	3,305	5,269	44,4	27,7
0,3-14	82,0	2,323	3,068	3,266	5,050	44,0	27,7
0,3-15	87,5	2,230	2,788	3,174	4,761	43,8	27,7
0,3-16	93,0	2,156	2,545	3,099	4,554	43,3	27,7
0,3-17	98,5	2,041	2,346	3,020	4,331	43,9	27,7
0,3-18	104,0	1,961	2,140	2,918	4,115	43,9	27,7
0,3-19	109,5	1,805	2,008	2,828	3,911	43,9	27,7
0,3-20	115,0	1,658	1,898	2,743	3,729	43,5	27,7
0,3-21	120,5	1,485	1,782	2,614	3,497	43,8	27,7
0,3-22	126,0	1,408	1,646	2,537	3,334	43,9	27,7
0,3-23	131,5	1,295	1,541	2,448	3,169	43,8	27,7
0,3-24	137,0	1,198	1,445	2,358	3,013	43,8	27,7
0,3-25	142,5	1,144	1,309	2,267	2,855	43,5	27,7
0,3-26	148,0	1,105	1,214	2,199	2,748	43,6	27,7
0,3-27	153,5	1,012	1,110	2,093	2,575	43,6	27,8
0,3-28	159,0	0,966	1,000	2,012	2,444	43,4	27,8
0,3-29	164,5	0,914	0,925	1,931	2,328	43,2	27,8
0,3-30	170,0	0,874	0,851	1,864	2,230	43,3	27,8
0,3-31	175,5	0,773	0,805	1,790	2,095	43,3	27,8
0,3-32	181,0	0,712	0,717	1,685	1,958	43,0	27,8
0,3-33	186,5	0,617	0,707	1,640	1,882	43,1	27,8
0,3-34	192,0	0,531	0,634	1,526	1,741	43,2	27,8



Σχήμα 4.52: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο B=0,3

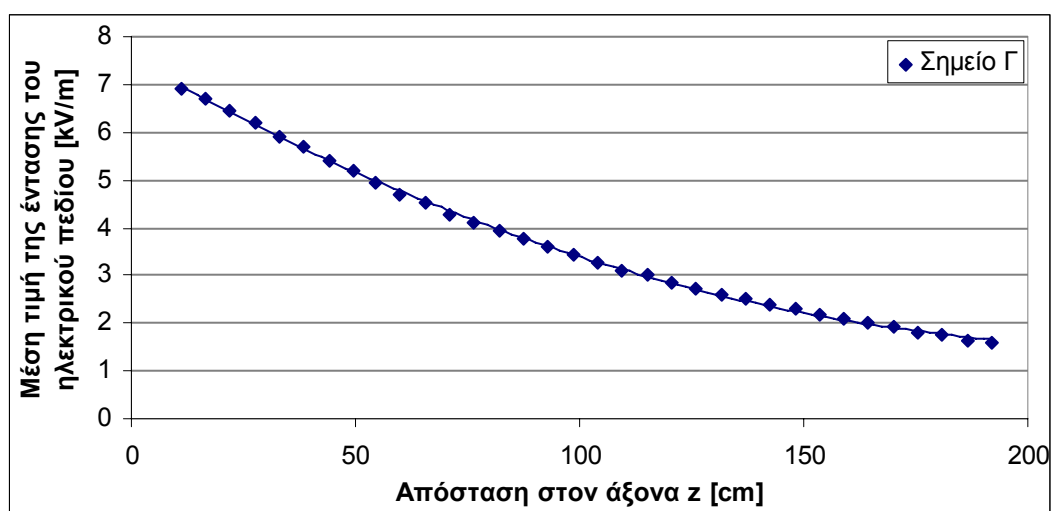
Για το σημείο Γ=0,4 με συνιστώσες (x=80cm, y=78,5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,49: Μετρήσεις

P=985 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
0,4-1	11,0	1,458	6,729	0,412	6,910	41,7	27,7
0,4-2	16,5	1,979	6,351	0,818	6,700	42,1	27,7
0,4-3	22,0	2,009	6,017	1,150	6,457	42,2	27,7
0,4-4	27,5	2,326	5,572	1,437	6,203	41,9	27,7
0,4-5	33,0	2,418	5,132	1,681	5,913	41,9	27,7
0,4-6	38,5	2,441	4,808	1,852	5,704	41,9	27,7
0,4-7	44,0	2,602	4,295	2,003	5,416	41,9	27,8
0,4-8	49,5	2,789	3,808	2,130	5,183	41,7	27,8
0,4-9	54,5	2,874	3,376	2,173	4,939	41,8	27,8
0,4-10	60,0	2,715	3,138	2,223	4,711	42,0	27,8
0,4-11	65,5	2,668	2,850	2,248	4,507	41,9	27,8
0,4-12	71,0	2,519	2,641	2,243	4,286	41,9	27,8
0,4-13	76,5	2,511	2,340	2,253	4,106	41,9	27,8
0,4-14	82,0	2,406	2,157	2,247	3,938	41,8	27,8
0,4-15	87,5	2,358	1,907	2,221	3,757	41,9	27,8
0,4-16	93,0	2,296	1,719	2,203	3,614	41,9	27,8
0,4-17	98,5	2,145	1,599	2,144	3,425	41,9	27,8
0,4-18	104,0	2,024	1,488	2,106	3,280	41,9	27,8
0,4-19	109,5	1,893	1,351	2,028	3,092	41,9	27,8
0,4-20	115,0	1,838	1,254	2,017	3,009	41,9	27,8
0,4-21	120,5	1,697	1,213	1,954	2,856	41,9	27,8

0,4-22	126,0	1,618	1,119	1,905	2,742	41,8	27,8
0,4-23	131,5	1,508	1,056	1,847	2,610	41,9	27,8
0,4-24	137,0	1,461	0,952	1,810	2,517	41,9	27,8
0,4-25	142,5	1,378	0,874	1,754	2,396	41,9	27,8
0,4-26	148,0	1,315	0,795	1,702	2,286	41,9	27,8
0,4-27	153,5	1,225	0,737	1,633	2,178	41,9	27,8
0,4-28	159,0	1,165	0,677	1,586	2,086	41,9	27,9
0,4-29	164,5	1,120	0,606	1,545	2,003	41,9	27,8
0,4-30	170,0	1,076	0,540	1,504	1,927	41,7	27,9
0,4-31	175,5	0,960	0,557	1,440	1,819	41,8	27,8
0,4-32	181,0	0,926	0,487	1,395	1,743	41,8	27,9
0,4-33	186,5	0,823	0,508	1,341	1,653	41,6	27,9
0,4-34	192,0	0,811	0,452	1,319	1,612	41,8	27,9



Σχήμα 4.53: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο $\Gamma=0,4$

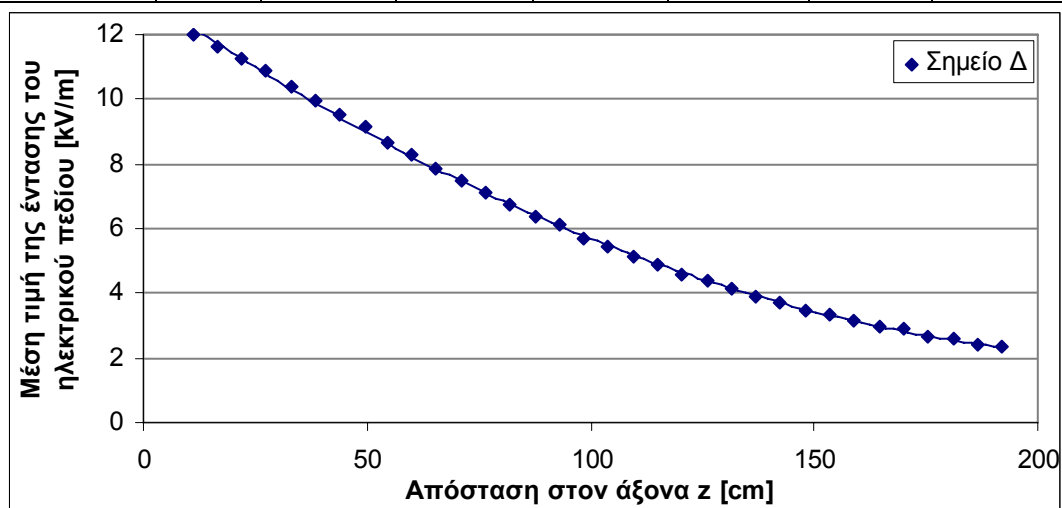
Για το σημείο $\Delta=1,2$ με συνιστώσες ($x=15,5\text{cm}$, $y=59,5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,50: Μετρήσεις

P=984 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}\text{C}$]
1,2-1	11,0	0,837	11,869	0,977	11,970	57,5	25,0
1,2-2	16,5	1,252	11,543	0,287	11,600	57,7	25,0
1,2-3	22,0	2,016	11,050	0,923	11,270	57,5	25,1
1,2-4	27,5	2,616	10,455	1,614	10,880	57,3	25,2
1,2-5	33,0	2,739	9,782	2,219	10,400	56,9	25,3
1,2-6	38,5	3,202	9,087	2,674	9,982	56,8	25,5
1,2-7	44,0	2,903	8,508	3,048	9,526	56,4	25,6
1,2-8	49,5	3,121	7,867	3,373	9,131	56,1	25,8
1,2-9	54,5	3,708	6,962	3,582	8,654	55,5	25,9

1,2-10	60,0	3,545	6,469	3,762	8,287	55,2	25,9
1,2-11	65,5	3,406	5,978	3,850	7,877	55,0	26,0
1,2-12	71,0	3,256	5,505	3,910	7,501	54,8	26,2
1,2-13	76,5	3,148	4,983	3,917	7,087	54,5	26,4
1,2-14	82,0	3,091	4,534	3,917	6,739	54,2	26,5
1,2-15	87,5	2,892	4,178	3,846	6,379	54,1	26,5
1,2-16	93,0	2,848	3,805	3,818	6,101	53,9	26,6
1,2-17	98,5	2,545	3,517	3,701	5,698	53,8	26,7
1,2-18	104,0	2,474	3,195	3,613	5,441	53,5	26,7
1,2-19	109,5	2,203	3,027	3,511	5,115	53,3	26,8
1,2-20	115,0	1,927	2,871	3,408	4,857	53,3	26,9
1,2-21	120,5	1,830	2,646	3,297	4,608	53,2	26,9
1,2-22	126,0	1,796	2,407	3,187	4,380	53,0	27,0
1,2-23	131,5	1,537	2,287	3,064	4,121	53,0	27,0
1,2-24	137,0	1,367	2,137	2,941	3,884	52,9	27,1
1,2-25	142,5	1,364	1,928	2,840	3,699	52,9	27,2
1,2-26	148,0	1,214	1,799	2,735	3,475	52,8	27,2
1,2-27	153,5	1,184	1,634	2,626	3,313	52,6	27,3
1,2-28	159,0	1,107	1,531	2,544	3,171	52,6	27,3
1,2-29	164,5	1,035	1,402	2,431	2,982	52,5	27,3
1,2-30	170,0	1,017	1,305	2,363	2,889	52,5	27,3
1,2-31	175,5	0,823	1,219	2,242	2,681	52,3	27,3
1,2-32	181,0	0,848	1,097	2,173	2,580	52,5	27,4
1,2-33	186,5	0,637	1,064	2,063	2,408	52,4	27,4
1,2-34	192,0	0,656	1,007	2,028	2,356	52,4	27,4



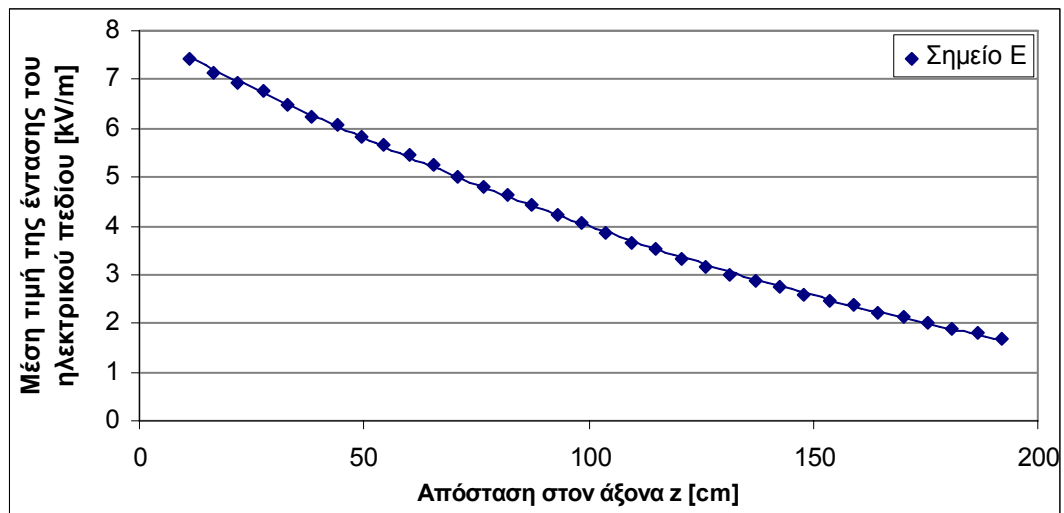
Σχήμα 4.54: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο $\Delta=1,2$

Για το σημείο $E=1,3$ με συνιστώσες ($x=38\text{cm}$, $y=80\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,51: Μετρήσεις

P=982 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
1,3-1	11,0	1,410	7,254	0,547	7,408	52,0	27,5
1,3-2	16,5	1,675	6,936	0,242	7,147	52,1	27,5
1,3-3	22,0	1,770	6,688	0,542	6,932	52,0	27,5
1,3-4	27,5	2,093	6,374	0,910	6,761	52,0	27,5
1,3-5	33,0	2,128	6,018	1,234	6,494	51,9	27,6
1,3-6	38,5	2,088	5,709	1,465	6,242	51,8	27,6
1,3-7	44,0	1,938	5,485	1,707	6,069	51,7	27,6
1,3-8	49,5	2,083	5,103	1,909	5,823	51,5	27,6
1,3-9	54,5	1,906	4,939	2,061	5,675	51,4	27,6
1,3-10	60,0	1,923	4,607	2,196	5,462	51,2	27,6
1,3-11	65,5	1,831	4,348	2,288	5,238	51,0	27,6
1,3-12	71,0	1,732	4,079	2,360	5,025	50,9	27,6
1,3-13	76,5	1,805	3,753	2,416	4,819	50,8	27,7
1,3-14	82,0	1,778	3,493	2,448	4,629	50,6	27,7
1,3-15	87,5	1,762	3,227	2,453	4,427	50,5	27,7
1,3-16	93,0	1,712	2,985	2,450	4,237	50,0	27,7
1,3-17	98,5	1,635	2,805	2,440	4,060	50,1	27,7
1,3-18	104,0	1,590	2,583	2,405	3,872	49,9	27,7
1,3-19	109,5	1,433	2,418	2,349	3,662	49,9	27,7
1,3-20	115,0	1,374	2,251	2,315	3,508	49,7	27,7
1,3-21	120,5	1,203	2,111	2,246	3,309	49,6	27,7
1,3-22	126,0	1,130	1,976	2,200	3,168	49,6	27,7
1,3-23	131,5	1,046	1,838	2,140	3,008	49,4	27,7
1,3-24	137,0	0,930	1,720	2,075	2,852	49,4	27,7
1,3-25	142,5	0,956	1,571	2,021	2,734	49,4	27,7
1,3-26	148,0	0,924	1,440	1,946	2,597	49,5	27,8
1,3-27	153,5	0,854	1,336	1,883	2,462	49,3	27,8
1,3-28	159,0	0,826	1,233	1,835	2,367	49,2	27,8
1,3-29	164,5	0,774	1,136	1,764	2,235	49,2	27,8
1,3-30	170,0	0,751	1,052	1,714	2,144	49,2	27,8
1,3-31	175,5	0,603	0,990	1,632	2,002	49,2	27,8
1,3-32	181,0	0,592	0,880	1,545	1,876	49,0	27,8
1,3-33	186,5	0,494	0,860	1,529	1,820	49,0	27,8
1,3-34	192,0	0,448	0,760	1,425	1,679	49,0	27,7



Σχήμα 4.55: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο E=1,3

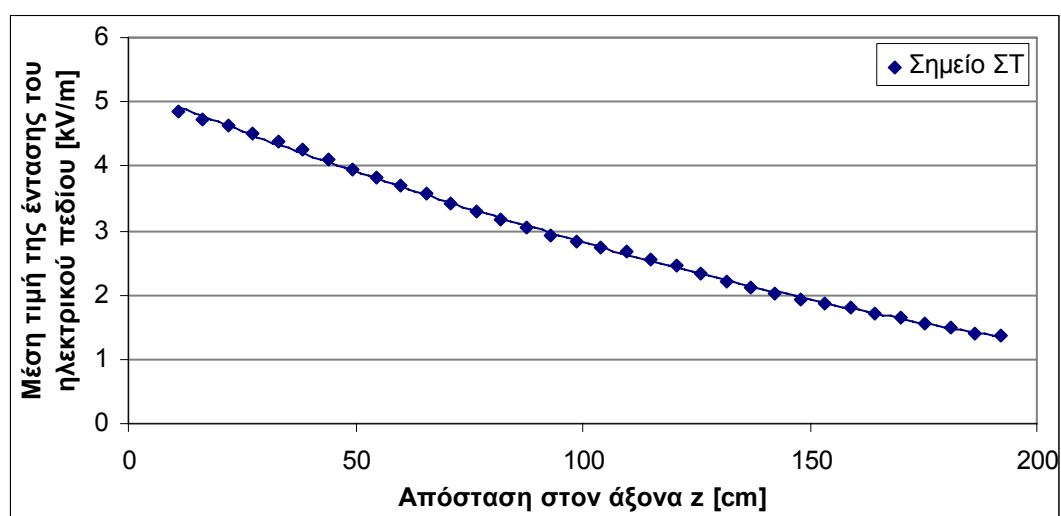
Για το σημείο ΣΤ=1,4 με συνιστώσες (x=50,5cm, y=100,5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,52: Μετρήσεις

P=982 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
1,4-1	11,0	1,254	4,667	0,186	4,837	48,8	27,7
1,4-2	16,5	1,470	4,502	0,136	4,737	48,8	27,7
1,4-3	22,0	1,717	4,289	0,343	4,634	49,0	27,7
1,4-4	27,5	1,639	4,159	0,533	4,499	49,0	27,7
1,4-5	33,0	1,779	3,922	0,715	4,372	49,0	27,7
1,4-6	38,5	1,805	3,756	0,854	4,247	48,9	27,8
1,4-7	44,0	1,839	3,526	0,993	4,098	48,9	27,8
1,4-8	49,5	1,777	3,360	1,104	3,961	48,9	27,8
1,4-9	54,5	1,449	3,333	1,164	3,815	48,8	27,8
1,4-10	60,0	1,484	3,159	1,259	3,708	48,7	27,8
1,4-11	65,5	1,414	3,000	1,323	3,575	48,8	27,8
1,4-12	71,0	1,303	2,857	1,371	3,425	48,8	27,8
1,4-13	76,5	1,396	2,631	1,418	3,298	48,3	27,8
1,4-14	82,0	1,275	2,506	1,442	3,159	48,3	27,9
1,4-15	87,5	1,336	2,300	1,480	3,060	48,3	27,9
1,4-16	93,0	1,328	2,148	1,488	2,934	48,4	27,9
1,4-17	98,5	1,268	2,023	1,496	2,821	48,3	27,8
1,4-18	104,0	1,557	1,674	1,521	2,745	58,2	25,3
1,4-19	109,5	1,475	1,614	1,530	2,665	58,2	25,3
1,4-20	115,0	1,400	1,507	1,512	2,555	58,1	25,4
1,4-21	120,5	1,291	1,449	1,494	2,448	57,9	25,5
1,4-22	126,0	1,218	1,341	1,458	2,321	57,5	25,7

1,4-23	131,5	1,130	1,261	1,428	2,220	56,8	26,0
1,4-24	137,0	1,055	1,190	1,398	2,114	56,6	26,1
1,4-25	142,5	1,033	1,073	1,364	2,013	56,2	26,2
1,4-26	148,0	0,978	1,009	1,342	1,943	56,1	26,3
1,4-27	153,5	0,914	0,959	1,314	1,865	56,1	26,4
1,4-28	159,0	0,895	0,875	1,291	1,794	55,9	26,5
1,4-29	164,5	0,835	0,795	1,268	1,722	55,5	26,6
1,4-30	170,0	0,753	0,733	1,240	1,638	55,5	26,6
1,4-31	175,5	0,698	0,668	1,208	1,568	55,5	26,6
1,4-32	181,0	0,643	0,633	1,178	1,489	55,5	26,6
1,4-33	186,5	0,610	0,615	1,138	1,414	55,5	26,6
1,4-34	192,0	0,589	0,583	1,071	1,354	55,5	26,6



Σχήμα 4.56: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο ΣΤ=1,4

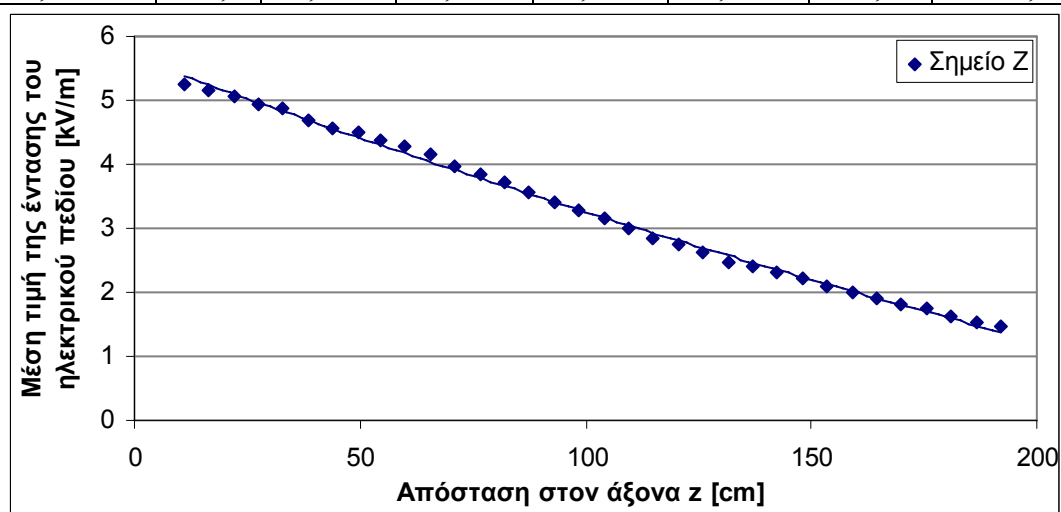
Για το σημείο Z =2,3 με συνιστώσες (x=18cm, y=102cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,53: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
2,3-1	11,0	0,447	5,172	0,572	5,243	53,8	27,3
2,3-2	16,5	0,619	5,108	0,271	5,159	53,5	27,3
2,3-3	22,0	0,786	5,005	0,093	5,059	53,7	27,4
2,3-4	27,5	0,905	4,877	0,252	4,950	53,4	27,5
2,3-5	33,0	1,212	4,696	0,493	4,890	53,1	27,5
2,3-6	38,5	1,536	4,402	0,721	4,687	53,0	27,5
2,3-7	44,0	1,566	4,231	0,973	4,569	53,0	27,5
2,3-8	49,5	1,516	4,109	1,018	4,499	53,2	27,5
2,3-9	54,5	1,548	3,926	1,138	4,370	52,9	27,6
2,3-10	60,0	1,569	3,769	1,272	4,272	52,9	27,6
2,3-11	65,5	1,540	3,580	1,367	4,141	52,9	27,6

2,3-12	71,0	1,449	3,386	1,446	3,974	52,9	27,6
2,3-13	76,5	1,491	3,198	1,525	3,845	52,9	27,6
2,3-14	82,0	1,433	3,034	1,587	3,709	52,9	27,6
2,3-15	87,5	1,391	2,839	1,614	3,548	52,7	27,7
2,3-16	93,0	1,352	2,645	1,638	3,398	52,7	27,7
2,3-17	98,5	1,337	2,420	1,664	3,274	52,8	27,7
2,3-18	104,0	1,340	2,317	1,682	3,163	52,7	27,7
2,3-19	109,5	1,173	2,201	1,662	3,011	52,6	27,7
2,3-20	115,0	1,096	2,096	1,654	2,859	52,6	27,7
2,3-21	120,5	0,982	1,982	1,641	2,742	52,5	27,7
2,3-22	126,0	0,888	1,871	1,627	2,631	52,5	27,7
2,3-23	131,5	0,865	1,717	1,563	2,479	52,4	27,7
2,3-24	137,0	0,832	1,635	1,552	2,396	52,4	27,7
2,3-25	142,5	0,812	1,512	1,545	2,310	52,5	27,7
2,3-26	148,0	0,791	1,405	1,503	2,204	52,5	27,7
2,3-27	153,5	0,726	1,335	1,484	2,108	52,5	27,7
2,3-28	159,0	0,688	1,210	1,428	1,996	52,5	27,7
2,3-29	164,5	0,685	1,115	1,398	1,902	52,4	27,7
2,3-30	170,0	0,684	1,023	1,341	1,822	52,4	27,7
2,3-31	175,5	0,531	1,005	1,315	1,737	52,4	27,7
2,3-32	181,0	0,546	0,891	1,241	1,617	52,4	27,7
2,3-33	186,5	0,368	0,867	1,204	1,528	52,4	27,7
2,3-34	192,0	0,393	0,778	1,164	1,464	52,5	27,7



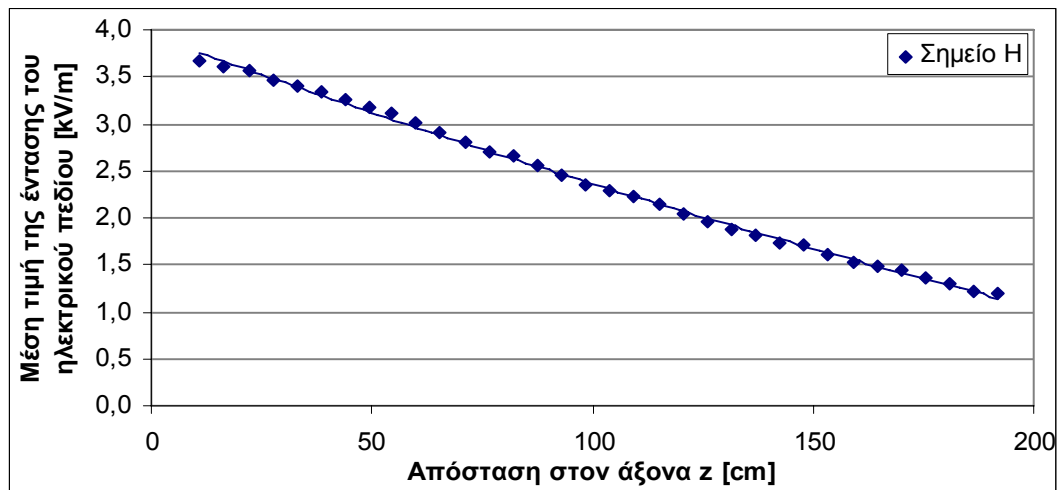
Σχήμα 4.57: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Z=2,3

Για το σημείο H=2,4 με συνιστώσες ($x=40\text{cm}$, $y=122,5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,54: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
2,4-1	11,0	0,265	3,647	0,395	3,679	51,5	27,9
2,4-2	16,5	0,305	3,598	0,221	3,610	51,3	27,9
2,4-3	22,0	0,351	3,522	0,080	3,558	51,3	27,9
2,4-4	27,5	0,688	3,404	0,116	3,462	51,4	27,9
2,4-5	33,0	0,750	3,316	0,246	3,412	51,4	27,9
2,4-6	38,5	0,718	3,248	0,351	3,342	51,3	27,9
2,4-7	44,0	0,802	3,126	0,461	3,252	51,3	27,9
2,4-8	49,5	0,946	2,889	0,546	3,167	51,4	27,9
2,4-9	54,5	1,305	2,781	0,689	3,107	51,7	27,9
2,4-10	60,0	1,081	2,705	0,737	3,013	51,2	27,9
2,4-11	65,5	1,027	2,610	0,797	2,907	51,0	27,9
2,4-12	71,0	0,860	2,508	0,847	2,800	51,0	27,9
2,4-13	76,5	1,006	2,342	0,905	2,703	51,0	27,9
2,4-14	82,0	1,154	2,135	0,984	2,658	51,2	27,9
2,4-15	87,5	1,038	2,112	0,995	2,552	51,3	27,9
2,4-16	93,0	0,955	2,022	1,022	2,461	51,6	27,9
2,4-17	98,5	0,945	1,948	1,042	2,356	51,6	27,9
2,4-18	104,0	0,900	1,804	1,055	2,279	51,6	27,9
2,4-19	109,5	0,954	1,687	1,077	2,218	51,6	27,9
2,4-20	115,0	1,020	1,533	1,100	2,149	51,6	27,9
2,4-21	120,5	0,774	1,547	1,075	2,038	51,6	27,8
2,4-22	126,0	0,689	1,474	1,067	1,949	51,6	27,8
2,4-23	131,5	0,681	1,392	1,067	1,885	51,6	27,8
2,4-24	137,0	0,678	1,286	1,065	1,812	51,6	27,8
2,4-25	142,5	0,650	1,220	1,045	1,738	51,6	27,8
2,4-26	148,0	0,643	1,136	1,041	1,705	51,6	27,8
2,4-27	153,5	0,603	1,087	1,017	1,603	51,6	27,8
2,4-28	159,0	0,582	0,987	0,998	1,535	51,6	27,8
2,4-29	164,5	0,572	0,946	0,986	1,480	51,7	27,8
2,4-30	170,0	0,565	0,817	0,979	1,439	51,8	27,8
2,4-31	175,5	0,450	0,798	0,940	1,351	51,8	27,8
2,4-32	181,0	0,430	0,763	0,923	1,292	51,8	27,8
2,4-33	186,5	0,423	0,702	0,896	1,223	51,8	27,8
2,4-34	192,0	0,411	0,646	0,875	1,190	51,9	27,9



Σχήμα 4.58: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο H=2,4

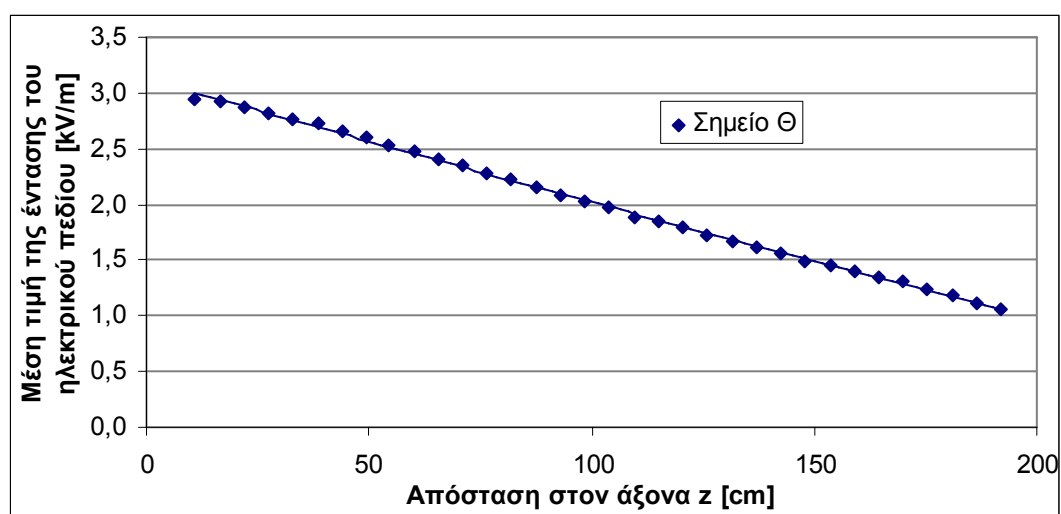
Για το σημείο Θ=2,5 με συνιστώσες (x=62,5cm, y=143cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,55: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
2,5-1	11,0	0,986	2,778	0,285	2,952	50,9	25,8
2,5-2	16,5	1,087	2,708	0,176	2,925	51,0	25,8
2,5-3	22,0	1,127	2,639	0,076	2,868	50,9	25,9
2,5-4	27,5	1,317	2,491	0,033	2,815	50,8	26,0
2,5-5	33,0	1,435	2,343	0,135	2,758	50,4	26,2
2,5-6	38,5	1,427	2,301	0,208	2,723	50,0	26,5
2,5-7	44,0	1,465	2,189	0,292	2,661	49,6	26,7
2,5-8	49,5	1,486	2,096	0,367	2,596	49,2	26,9
2,5-9	54,5	1,580	1,933	0,435	2,532	49,0	27,0
2,5-10	60,0	1,568	1,850	0,500	2,480	48,8	27,2
2,5-11	65,5	1,525	1,784	0,548	2,408	48,4	27,3
2,5-12	71,0	1,487	1,708	0,595	2,344	47,9	27,5
2,5-13	76,5	1,483	1,611	0,643	2,279	47,5	27,6
2,5-14	82,0	1,479	1,503	0,687	2,221	47,2	27,8
2,5-15	87,5	1,438	1,440	0,718	2,154	46,9	28,1
2,5-16	93,0	1,417	1,346	0,747	2,089	46,8	28,1
2,5-17	98,5	1,350	1,302	0,771	2,032	46,8	28,2
2,5-18	104,0	1,295	1,260	0,790	1,970	46,9	28,2
2,5-19	109,5	1,230	1,204	0,797	1,890	46,8	28,2
2,5-20	115,0	1,214	1,134	0,817	1,852	46,9	28,3
2,5-21	120,5	1,123	1,113	0,822	1,786	47,8	28,5
2,5-22	126,0	1,058	1,087	0,827	1,727	47,7	28,5
2,5-23	131,5	1,026	1,028	0,831	1,673	48,0	28,5
2,5-24	137,0	0,992	0,975	0,934	1,621	47,9	28,5

2,5-25	142,5	0,955	0,915	0,830	1,562	48,0	28,5
2,5-26	148,0	0,911	0,852	0,818	1,493	48,0	28,6
2,5-27	153,5	0,879	0,804	0,819	1,449	47,9	28,6
2,5-28	159,0	0,850	0,745	0,809	1,395	48,0	28,6
2,5-29	164,5	0,800	0,720	0,793	1,341	48,0	28,6
2,5-30	170,0	0,797	0,661	0,796	1,305	48,0	28,6
2,5-31	175,5	0,683	0,691	0,776	1,244	48,0	28,6
2,5-32	181,0	0,689	0,593	0,758	1,185	48,0	28,7
2,5-33	186,5	0,551	0,627	0,717	1,104	48,1	28,7
2,5-34	192,0	0,523	0,596	0,706	1,062	48,1	28,7



Σχήμα 4.59: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Θ

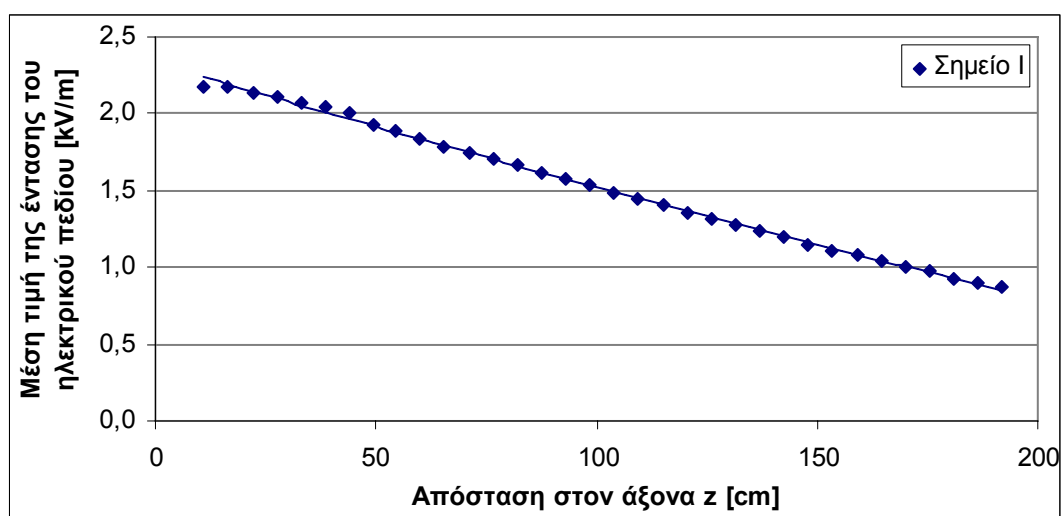
Για το σημείο I=2,6 με συνιστώσες (x=85cm, y=163,5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,56: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
2,6-1	11,0	0,108	2,151	0,324	2,180	44,9	28,6
2,6-2	16,5	0,085	2,151	0,424	2,180	44,7	28,6
2,6-4	22,0	0,174	2,129	0,169	2,140	44,7	28,6
2,6-4	27,5	0,459	2,076	0,096	2,109	44,6	28,6
2,6-5	33,0	0,562	1,993	0,024	2,072	44,5	28,6
2,6-6	38,5	0,686	1,921	0,038	2,040	44,6	28,6
2,6-7	44,0	0,808	1,825	0,100	2,001	44,5	28,6
2,6-8	49,5	1,034	1,623	0,169	1,932	44,2	28,6
2,6-9	54,5	1,106	1,504	0,215	1,883	44,2	27,6
2,6-10	60,0	1,043	1,488	0,253	1,836	43,8	27,7
2,6-11	65,5	1,076	1,392	0,293	1,782	43,6	27,8
2,6-12	71,0	1,071	1,341	0,332	1,748	43,5	27,8

2,6-13	76,5	1,061	1,283	0,366	1,703	43,4	28,0
2,6-14	82,0	1,053	1,228	0,399	1,667	43,2	28,1
2,6-15	87,5	1,033	1,168	0,425	1,619	42,7	28,4
2,6-16	93,0	1,001	1,138	0,448	1,580	42,5	28,4
2,6-17	98,5	0,962	1,096	0,466	1,530	42,4	28,5
2,6-18	104,0	0,945	1,041	0,486	1,489	42,2	28,6
2,6-19	109,5	0,915	1,004	0,502	1,449	42,1	28,7
2,6-20	115,0	0,893	0,951	0,519	1,411	41,2	28,8
2,6-21	120,5	0,829	0,943	0,522	1,358	41,0	28,0
2,6-22	126,0	0,785	0,914	0,531	1,317	40,8	28,1
2,6-23	131,5	0,761	0,871	0,537	1,277	40,6	28,1
2,6-24	137,0	0,725	0,839	0,540	1,231	40,6	28,2
2,6-25	142,5	0,720	0,782	0,544	1,192	40,5	28,2
2,6-26	148,0	0,694	0,737	0,545	1,148	40,4	28,2
2,6-27	153,5	0,669	0,700	0,544	1,110	40,4	28,4
2,6-28	159,0	0,643	0,672	0,548	1,081	40,2	28,4
2,6-29	164,5	0,636	0,624	0,547	1,047	40,2	28,4
2,6-30	170,0	0,616	0,577	0,542	1,003	40,2	28,4
2,6-31	175,5	0,550	0,597	0,537	0,973	40,0	28,5
2,6-32	181,0	0,560	0,519	0,530	0,930	40,0	28,4
2,6-33	186,5	0,444	0,573	0,520	0,892	40,0	28,5
2,6-34	192,0	0,476	0,494	0,512	0,875	40,0	28,5



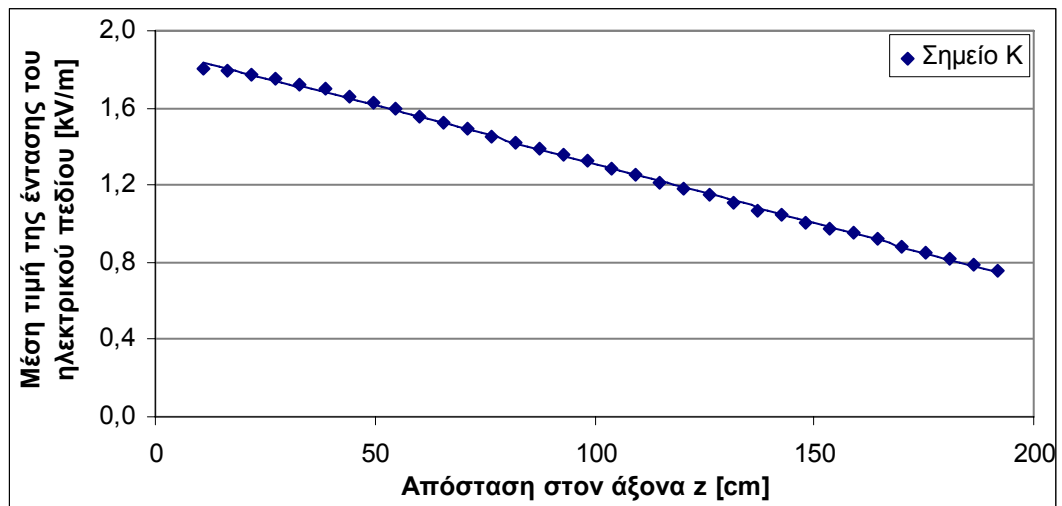
Σχήμα 4.60: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο I

Για το σημείο K=3,6 με συνιστώσες ($x=65,5\text{cm}$, $y=185\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,57: Μετρήσεις

P=988 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
3,6-1	11,0	0,438	1,727	0,288	1,807	47,4	25,5
3,6-2	16,5	0,508	1,703	0,232	1,789	47,4	25,5
3,6-3	22,0	0,530	1,676	0,181	1,767	47,6	25,5
3,6-4	27,5	0,551	1,651	0,134	1,749	47,0	25,6
3,6-5	33,0	0,574	1,621	0,084	1,720	47,1	25,7
3,6-6	38,5	0,573	1,595	0,046	1,695	47,2	25,9
3,6-7	44,0	0,638	1,527	0,009	1,655	47,0	25,9
3,6-8	49,5	0,616	1,507	0,041	1,626	46,7	26,0
3,6-9	54,5	0,827	1,362	0,090	1,596	46,5	26,2
3,6-10	60,0	0,798	1,333	0,124	1,555	46,4	26,2
3,6-11	65,5	0,809	1,287	0,158	1,527	46,1	26,3
3,6-12	71,0	0,720	1,294	0,184	1,495	46,0	26,4
3,6-13	76,5	0,785	1,202	0,220	1,454	45,9	26,6
3,6-14	82,0	0,778	1,154	0,245	1,416	45,9	26,6
3,6-15	87,5	0,751	1,126	0,271	1,387	45,6	26,7
3,6-16	93,0	0,798	1,058	0,299	1,357	45,6	26,8
3,6-17	98,5	0,749	1,034	0,315	1,323	45,5	26,9
3,6-18	104,0	0,738	1,003	0,335	1,289	45,4	27,0
3,6-19	109,5	0,697	0,979	0,348	1,250	45,3	27,1
3,6-20	115,0	0,688	0,934	0,362	1,217	45,4	27,1
3,6-21	120,5	0,633	0,926	0,372	1,180	45,3	27,2
3,6-22	126,0	0,607	0,896	0,383	1,149	45,1	27,2
3,6-23	131,5	0,588	0,861	0,390	1,112	45,0	27,3
3,6-24	137,0	0,544	0,832	0,393	1,069	45,0	27,4
3,6-25	142,5	0,560	0,781	0,403	1,043	45,0	27,4
3,6-26	148,0	0,524	0,760	0,407	1,008	44,7	27,5
3,6-27	153,5	0,510	0,722	0,410	0,975	44,2	27,5
3,6-28	159,0	0,515	0,676	0,413	0,949	44,2	27,5
3,6-29	164,5	0,510	0,640	0,414	0,918	43,9	27,6
3,6-30	170,0	0,486	0,609	0,414	0,883	43,7	27,6
3,6-31	175,5	0,420	0,617	0,410	0,851	43,4	27,7
3,6-32	181,0	0,442	0,546	0,406	0,814	43,6	27,7
3,6-33	186,5	0,340	0,579	0,402	0,785	43,4	27,7
3,6-34	192,0	0,352	0,532	0,398	0,752	43,6	27,7



Σχήμα 4.61: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο K

4.1.7 Βρέχουμε τους μονωτήρες δημιουργώντας συνθήκες υγρασίας , μετράμε πάλι το πεδίο σε δύο σημεία (A=0.2,Θ=2.5)

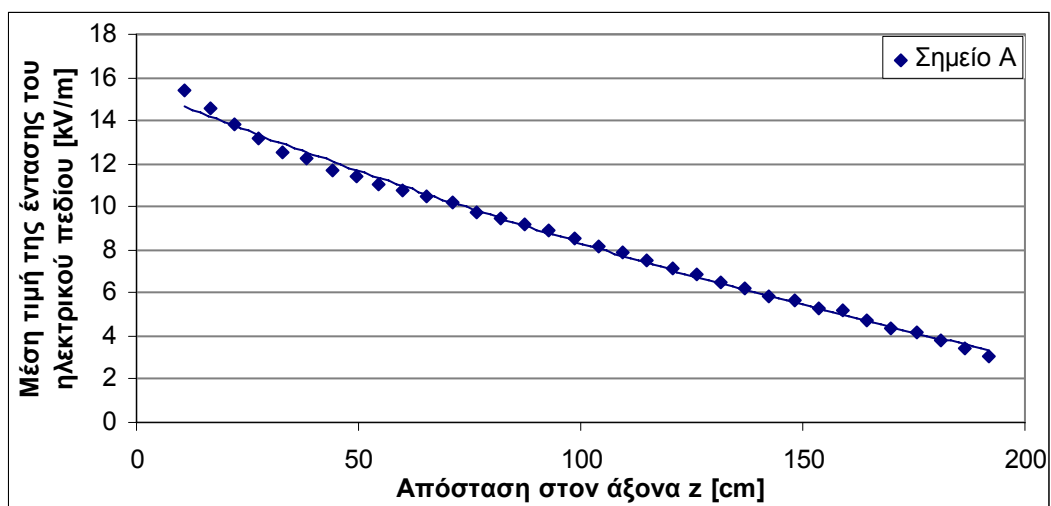
Για το σημείο A=0.2 με συνιστώσες (x=36cm, y=37,5cm) και για τους βρεγμένους μονωτήρες η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.58: Μετρήσεις

P=991 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
0,2-1	11,0	4,655	14,586	1,232	15,370	48,5	28,7
0,2-2	16,5	5,521	13,474	1,010	14,600	48,7	28,7
0,2-3	22,0	6,371	12,213	1,711	13,870	48,7	28,7
0,2-4	27,5	7,435	10,641	2,422	13,160	48,6	28,7
0,2-5	33,0	7,714	9,395	3,018	12,550	48,7	28,7
0,2-6	38,5	7,648	9,007	3,304	12,280	48,7	28,7
0,2-7	44,0	7,499	8,242	3,590	11,720	48,8	28,7
0,2-8	49,5	7,450	7,743	3,787	11,370	48,8	28,7
0,2-9	54,5	7,706	6,795	4,053	11,030	48,7	28,7
0,2-10	60,0	7,716	6,304	4,141	10,760	48,8	28,7
0,2-11	65,5	7,520	5,974	4,259	10,500	48,8	28,7
0,2-12	71,0	7,172	5,875	4,393	10,180	48,8	28,7
0,2-13	76,5	7,093	4,941	4,483	9,760	48,8	28,7
0,2-14	82,0	7,054	4,401	4,581	9,489	48,8	28,7
0,2-15	87,5	6,782	4,196	4,505	9,156	48,9	28,7
0,2-16	93,0	6,574	3,955	4,522	8,891	48,9	28,7

0,2-17	98,5	6,317	3,660	4,431	8,521	49,0	28,6
0,2-18	104,0	6,006	3,310	4,415	8,145	49,0	28,6
0,2-19	109,5	5,749	3,305	4,291	7,916	49,0	28,6
0,2-20	115,0	5,455	3,045	4,219	7,520	49,0	28,6
0,2-21	120,5	5,038	2,998	4,150	7,149	49,1	28,6
0,2-22	126,0	4,684	2,793	4,141	6,824	49,0	28,7
0,2-23	131,5	4,326	2,590	4,074	6,491	49,0	28,6
0,2-24	137,0	4,189	2,485	3,966	6,247	49,0	28,6
0,2-25	142,5	3,883	2,190	3,917	5,876	49,0	28,6
0,2-26	148,0	3,613	1,959	3,846	5,620	49,0	28,6
0,2-27	153,5	3,325	1,821	3,724	5,323	49,0	28,6
0,2-28	159,0	3,124	1,707	3,667	5,153	49,0	28,6
0,2-29	164,5	2,801	1,492	3,505	4,729	49,0	28,6
0,2-30	170,0	2,517	1,257	3,328	4,379	49,0	28,6
0,2-31	175,5	2,369	1,215	3,242	4,136	49,0	28,6
0,2-32	181,0	2,013	0,974	3,013	3,777	49,0	28,6
0,2-33	186,5	1,782	1,011	2,862	3,474	48,9	28,6
0,2-34	192,0	1,440	0,853	2,610	3,044	48,8	28,6



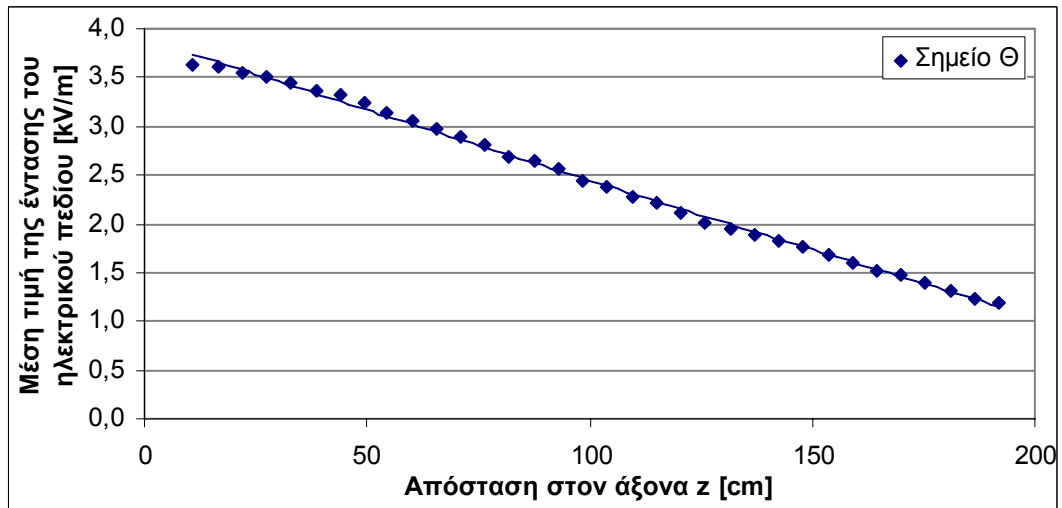
Σχήμα 4.62: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο A

Για το σημείο $\Theta=2.5$ με συνιστώσες ($x=62.5\text{cm}$, $y=143\text{cm}$) και για τους βρεγμένους μονωτήρες η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4.59: Μετρήσεις

P=991 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E _x [kV/m]	E _y [kV/m]	E _z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
2,5-1	11,0	1,039	3,378	0,826	3,631	48,3	28,7
2,5-2	16,5	1,182	3,326	0,719	3,607	48,4	28,7
2,5-3	22,0	1,269	3,277	0,605	3,552	48,4	28,8
2,5-4	27,5	1,526	3,121	0,484	3,507	48,4	28,8
2,5-5	33,0	1,614	3,023	0,365	3,443	48,3	28,8
2,5-6	38,5	1,675	2,913	0,263	3,370	48,4	28,8
2,5-7	44,0	1,592	2,909	0,202	3,316	48,4	28,8
2,5-8	49,5	1,672	2,767	0,179	3,238	48,3	28,8
2,5-9	54,5	1,913	2,475	0,226	3,137	48,2	28,8
2,5-10	60,0	1,892	2,399	0,303	3,064	48,3	28,8
2,5-11	65,5	1,849	2,311	0,378	2,978	48,3	28,8
2,5-12	71,0	1,755	2,263	0,467	2,891	48,3	28,8
2,5-13	76,5	1,820	2,098	0,552	2,818	48,4	28,8
2,5-14	82,0	1,706	1,996	0,620	2,696	48,2	28,8
2,5-15	87,5	1,670	1,910	0,670	2,638	48,1	28,8
2,5-16	93,0	1,686	1,750	0,723	2,559	48,2	28,8
2,5-17	98,5	1,615	1,660	0,757	2,450	48,3	28,8
2,5-18	104,0	1,587	1,562	0,806	2,373	48,2	28,8
2,5-19	109,5	1,488	1,531	0,829	2,273	48,2	28,8
2,5-20	115,0	1,432	1,431	0,856	2,206	48,2	28,8
2,5-21	120,5	1,311	1,413	0,862	2,105	48,2	28,8
2,5-22	126,0	1,223	1,353	0,876	2,011	48,2	28,9
2,5-23	131,5	1,150	1,311	0,882	1,953	48,1	28,9
2,5-24	137,0	1,171	1,185	0,894	1,892	48,2	28,9
2,5-25	142,5	1,077	1,168	0,894	1,829	48,0	28,9
2,5-26	148,0	1,071	1,072	0,899	1,760	48,1	28,9
2,5-27	153,5	0,974	1,031	0,889	1,677	48,1	28,9
2,5-28	159,0	0,873	1,027	0,878	1,609	48,2	28,9
2,5-29	164,5	0,894	0,884	0,869	1,527	48,2	28,9
2,5-30	170,0	0,925	0,779	0,869	1,484	48,4	28,9
2,5-31	175,5	0,746	0,830	0,834	1,394	48,2	28,9
2,5-32	181,0	0,676	0,783	0,810	1,316	48,3	28,9
2,5-33	186,5	0,612	0,741	0,782	1,240	48,2	28,9
2,5-34	192,0	0,659	0,640	0,778	1,199	48,2	28,9



Σχήμα 4.63: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Θ

4.1.8 Καθαρός πορσελάνινος, αλυσοειδής μονωτήρας (100), τύπου ομίχλης 400kV, αποτελούμενος από δεκαέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες,





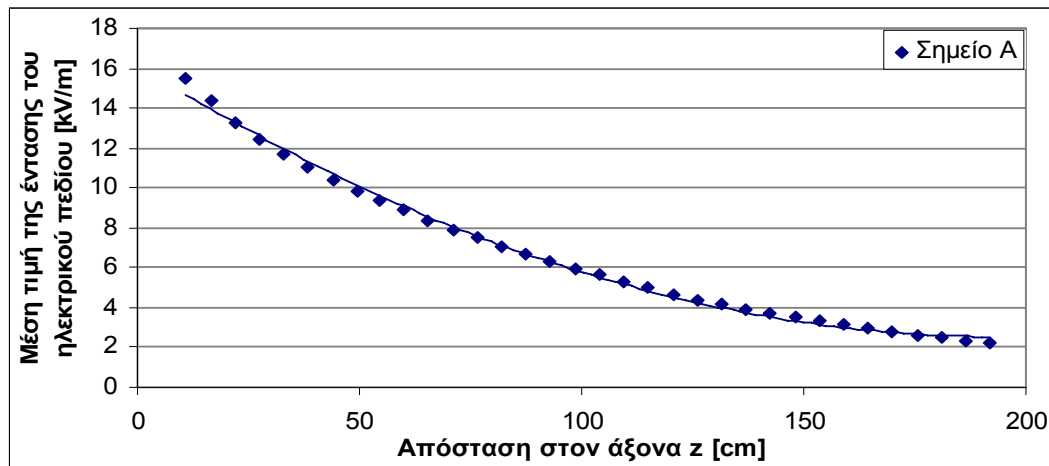
Σχήμα 4.64: Καθαρός πορσελάνινος αλυσοειδής μονωτήρας(100), τύπου ομίγλης, αποτελούμενος από δεκαέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες,

Για το σημείο $A=0,2$ με συνιστώσες ($x=36\text{cm}$, $y=37,5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,60: Μετρήσεις

P=989 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E _x [kV/m]	E _y [kV/m]	E _z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
0,2-1	11,0	4,208	14,777	2,012	15,510	52,1	25,6
0,2-2	16,5	4,978	13,022	3,423	14,360	51,9	25,7
0,2-3	22,0	5,520	11,221	4,446	13,270	51,9	25,7
0,2-4	27,5	6,083	9,509	5,128	12,410	51,8	25,8
0,2-5	33,0	6,079	8,250	5,569	11,650	51,6	26,0
0,2-6	38,5	5,931	7,313	5,775	11,040	51,4	26,1
0,2-7	44,0	5,972	6,150	5,908	10,420	51,1	26,2
0,2-8	49,5	5,473	5,642	5,893	9,845	51,0	26,3
0,2-9	54,5	5,343	4,995	5,840	9,359	50,8	26,4
0,2-10	60,0	5,147	4,385	5,767	8,895	50,6	26,5
0,2-11	65,5	4,782	4,014	5,596	8,386	50,2	26,6
0,2-12	71,0	4,445	3,647	5,421	7,908	50,0	26,7
0,2-13	76,5	4,296	3,135	5,255	7,483	50,0	26,8
0,2-14	82,0	4,034	2,808	5,048	7,051	49,6	26,9
0,2-15	87,5	3,742	2,584	4,863	6,644	49,3	27,0
0,2-16	93,0	3,634	2,142	4,681	6,303	49,0	27,1
0,2-17	98,5	3,382	2,070	4,438	5,912	48,8	27,2
0,2-18	104,0	3,135	1,830	4,271	5,622	48,4	27,2
0,2-19	109,5	2,821	1,775	4,057	5,252	48,3	27,3
0,2-20	115,0	2,706	1,509	3,896	4,992	48,2	27,4
0,2-21	120,5	2,429	1,513	3,691	4,669	47,8	27,4
0,2-22	126,0	2,243	1,406	3,516	4,398	48,0	27,5
0,2-23	131,5	2,016	1,353	3,352	4,139	47,9	27,5
0,2-24	137,0	1,903	1,234	3,208	3,920	47,6	27,6
0,2-25	142,5	1,799	1,084	3,064	3,719	47,5	27,6
0,2-26	148,0	1,670	0,994	2,923	3,518	47,5	27,7
0,2-27	153,5	1,531	0,908	2,769	3,297	47,4	27,7
0,2-28	159,0	1,426	0,823	2,647	3,117	47,1	27,8
0,2-29	164,5	1,331	0,753	2,534	2,950	46,9	27,8
0,2-30	170,0	1,252	0,669	2,428	2,811	46,8	27,8
0,2-31	175,5	1,018	0,717	2,280	2,596	46,9	27,9
0,2-32	181,0	1,008	0,594	2,185	2,478	46,3	27,9
0,2-33	186,5	0,790	0,640	2,058	2,292	46,1	27,9
0,2-34	192,0	0,794	0,518	1,969	2,185	46,0	27,9



Σχήμα 4.65: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο A=0,2

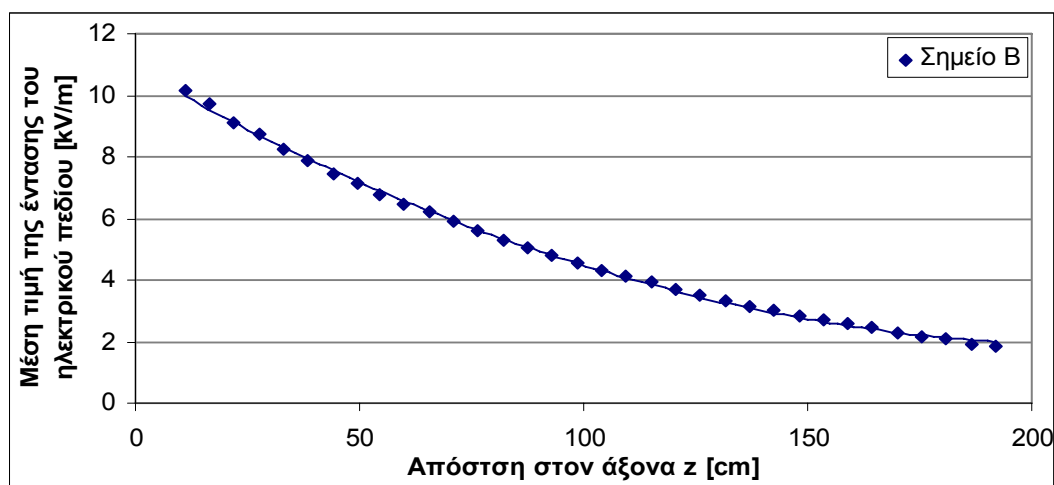
Για το σημείο B=0,3 με συνιστώσες ($x=58\text{cm}$, $y=57,5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές

Πίνακας 4,61: Μετρήσεις

P=989 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
0,3-1	11,0	2,883	9,659	1,006	10,140	46,0	28,2
0,3-2	16,5	3,304	8,968	1,751	9,720	46,0	28,2
0,3-3	22,0	3,722	8,004	2,354	9,135	45,8	28,2
0,3-4	27,5	4,013	7,253	2,832	8,755	45,9	28,2
0,3-5	33,0	4,101	6,395	3,173	8,234	45,8	28,3
0,3-6	38,5	4,183	5,713	3,404	7,863	45,6	28,3
0,3-7	44,0	4,067	5,104	3,563	7,462	45,8	28,3
0,3-8	49,5	4,251	4,331	3,702	7,112	45,7	28,3
0,3-9	54,5	4,354	3,569	3,755	6,746	45,9	28,4
0,3-10	60,0	4,222	3,113	3,773	6,480	45,9	28,4
0,3-11	65,5	4,015	2,879	3,765	6,207	45,7	28,4
0,3-12	71,0	3,807	2,547	3,701	5,894	45,6	28,4
0,3-13	76,5	3,615	2,242	3,611	5,581	45,8	28,4
0,3-14	82,0	3,339	2,118	3,515	5,291	45,8	28,4
0,3-15	87,5	3,204	1,810	3,415	5,020	45,7	28,4
0,3-16	93,0	3,122	1,488	3,344	4,810	45,7	28,4
0,3-17	98,5	2,863	1,458	3,203	4,529	45,9	28,4
0,3-18	104,0	2,764	1,161	3,112	4,314	45,7	28,4
0,3-19	109,5	2,547	1,182	2,996	4,113	45,8	28,4
0,3-20	115,0	2,402	1,077	2,909	3,924	45,5	28,4
0,3-21	120,5	2,177	1,081	2,776	3,687	45,8	28,4
0,3-22	126,0	1,988	1,044	2,652	3,480	45,4	28,3
0,3-23	131,5	1,884	0,949	2,564	3,320	45,4	28,4

0,3-24	137,0	1,827	0,745	2,462	3,159	45,1	28,4
0,3-25	142,5	1,710	0,732	2,384	3,020	45,2	28,4
0,3-26	148,0	1,593	0,623	2,268	2,841	45,4	28,4
0,3-27	153,5	1,463	0,639	2,173	2,690	45,5	28,4
0,3-28	159,0	1,407	0,548	2,115	2,599	45,4	28,4
0,3-29	164,5	1,276	0,525	2,005	2,434	45,4	28,4
0,3-30	170,0	1,141	0,523	1,894	2,295	45,5	28,4
0,3-31	175,5	1,051	0,505	1,822	2,164	45,4	28,4
0,3-32	181,0	1,031	0,376	1,753	2,069	45,2	28,4
0,3-33	186,5	0,867	0,462	1,659	1,927	45,4	28,4
0,3-34	192,0	0,862	0,374	1,614	1,867	45,4	28,3



Σχήμα 4.66: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο B=0,3

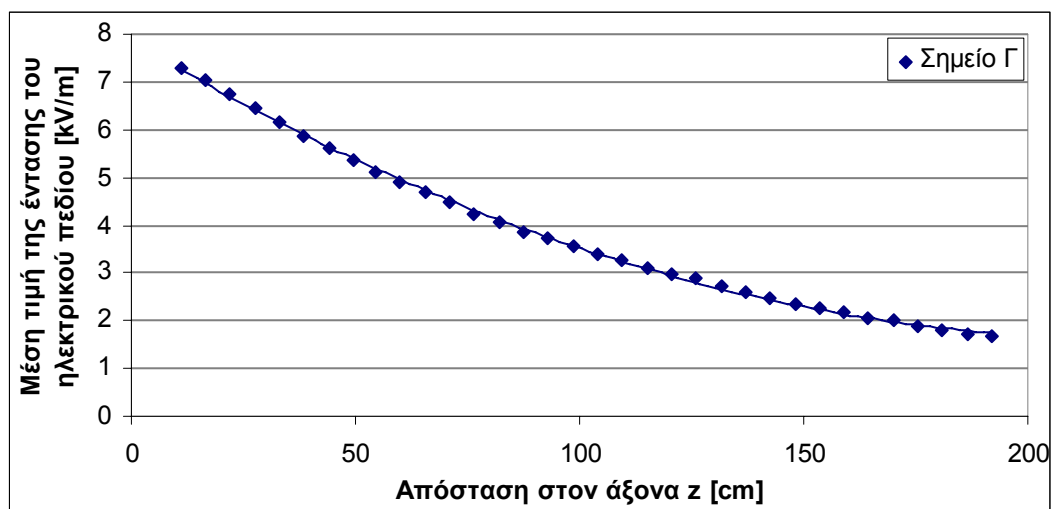
Για το σημείο Γ=0,4 με συνιστώσες (x=80cm, y=78,5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,62: Μετρήσεις

P=990 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
0,4-1	11,0	3,035	6,605	0,616	7,304	55,4	23,9
0,4-2	16,5	3,290	6,140	1,011	7,048	55,3	23,9
0,4-3	22,0	3,569	5,532	1,376	6,748	55,2	23,9
0,4-4	27,5	3,732	5,002	1,681	6,465	55,1	24,0
0,4-5	33,0	3,901	4,307	1,936	6,140	55,0	24,0
0,4-6	38,5	3,735	4,018	2,082	5,872	54,9	24,1
0,4-7	44,0	3,632	3,652	2,229	5,611	54,7	24,2
0,4-8	49,5	3,637	3,177	2,352	5,382	54,5	24,3
0,4-9	54,5	3,509	2,857	2,392	5,116	54,3	24,4
0,4-10	60,0	3,410	2,507	2,432	4,887	54,1	24,5
0,4-11	65,5	3,220	2,340	2,445	4,677	53,8	24,6

0,4-12	71,0	3,096	2,119	2,455	4,476	53,5	24,7
0,4-13	76,5	2,942	1,851	2,415	4,229	53,3	24,8
0,4-14	82,0	2,862	1,612	2,415	4,070	52,9	24,9
0,4-15	87,5	2,709	1,453	2,365	3,874	52,9	25,0
0,4-16	93,0	2,612	1,283	2,342	3,739	52,6	25,1
0,4-17	98,5	2,367	1,368	2,290	3,571	52,2	25,3
0,4-18	104,0	2,289	1,130	2,229	3,386	51,7	25,3
0,4-19	109,5	2,195	1,023	2,192	3,266	51,9	25,4
0,4-20	115,0	2,068	0,942	2,131	3,116	51,6	25,5
0,4-21	120,5	1,947	0,903	2,078	2,988	51,5	25,5
0,4-22	126,0	1,854	0,820	2,033	2,873	51,5	25,6
0,4-23	131,5	1,724	0,778	1,954	2,721	51,0	25,6
0,4-24	137,0	1,589	0,769	1,886	2,581	51,0	25,6
0,4-25	142,5	1,529	0,664	1,833	2,479	50,9	25,7
0,4-26	148,0	1,428	0,631	1,771	2,360	50,8	25,7
0,4-27	153,5	1,358	0,553	1,715	2,258	50,5	25,8
0,4-28	159,0	1,317	0,477	1,681	2,190	50,4	25,8
0,4-29	164,5	1,225	0,440	1,612	2,072	50,2	25,9
0,4-30	170,0	1,177	0,369	1,566	1,994	50,4	25,9
0,4-31	175,5	1,061	0,412	1,497	1,879	50,0	25,9
0,4-32	181,0	1,029	0,334	1,460	1,821	50,2	25,9
0,4-33	186,5	0,919	0,377	1,393	1,711	50,1	26,0
0,4-34	192,0	0,903	0,322	1,370	1,676	50,1	26,0



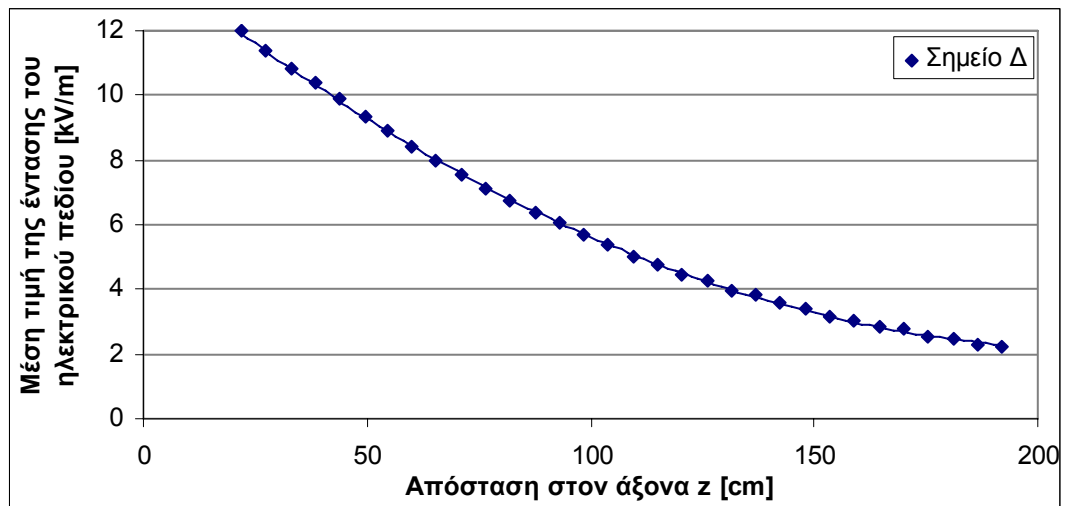
Σχήμα 4.67: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο $\Gamma=0,4$

Για το σημείο $\Delta=1,2$ με συνιστώσες ($x=15,5\text{cm}$, $y=59,5\text{cm}$) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,63: Μετρήσεις

P=990 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
1,2-1	11,0	1,634	12,810	0,548	12,910	49,7	26,1
1,2-2	16,5	2,021	12,224	0,488	12,410	49,6	26,1
1,2-3	22,0	2,162	11,779	1,304	12,030	49,7	26,2
1,2-4	27,5	2,515	10,926	1,996	11,370	49,1	26,1
1,2-5	33,0	3,305	9,973	2,642	10,830	49,2	26,1
1,2-6	38,5	3,553	9,275	3,078	10,380	49,1	26,1
1,2-7	44,0	3,703	8,508	3,468	9,915	48,9	26,0
1,2-8	49,5	4,207	7,471	3,763	9,371	49,2	26,0
1,2-9	54,5	4,148	6,864	3,898	8,917	49,3	26,0
1,2-10	60,0	3,910	6,257	3,990	8,402	49,5	26,0
1,2-11	65,5	3,667	5,822	4,039	7,973	49,1	26,0
1,2-12	71,0	3,328	5,416	4,036	7,526	49,4	26,0
1,2-13	76,5	3,342	4,831	4,024	7,111	49,0	26,0
1,2-14	82,0	3,075	4,494	3,972	6,741	49,4	26,0
1,2-15	87,5	3,030	4,017	3,901	6,367	49,0	26,0
1,2-16	93,0	2,995	3,584	3,827	6,040	49,2	26,1
1,2-17	98,5	2,651	3,383	3,695	5,675	49,0	26,0
1,2-18	104,0	2,562	3,089	3,607	5,394	49,0	26,0
1,2-19	109,5	2,225	2,907	3,435	5,010	48,9	26,0
1,2-20	115,0	2,139	2,647	3,323	4,762	49,3	25,9
1,2-21	120,5	1,855	2,492	3,175	4,448	49,3	25,9
1,2-22	126,0	1,771	2,333	3,098	4,262	49,3	25,9
1,2-23	131,5	1,569	2,171	2,956	3,979	49,1	25,9
1,2-24	137,0	1,495	2,020	2,861	3,809	49,1	25,9
1,2-25	142,5	1,389	1,824	2,729	3,562	49,3	25,9
1,2-26	148,0	1,345	1,671	2,631	3,397	49,2	25,9
1,2-27	153,5	1,203	1,549	2,507	3,185	49,2	26,0
1,2-28	159,0	1,186	1,413	2,432	3,048	49,4	26,0
1,2-29	164,5	1,063	1,297	2,301	2,852	49,3	26,0
1,2-30	170,0	1,053	1,195	2,246	2,754	49,3	26,0
1,2-31	175,5	0,827	1,136	2,120	2,541	49,3	26,0
1,2-32	181,0	0,861	1,020	2,055	2,452	49,4	26,0
1,2-33	186,5	0,674	0,982	1,936	2,275	49,3	26,0
1,2-34	192,0	0,699	0,930	1,909	2,240	49,5	26,0



Σχήμα 4.68: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Δ=1,2

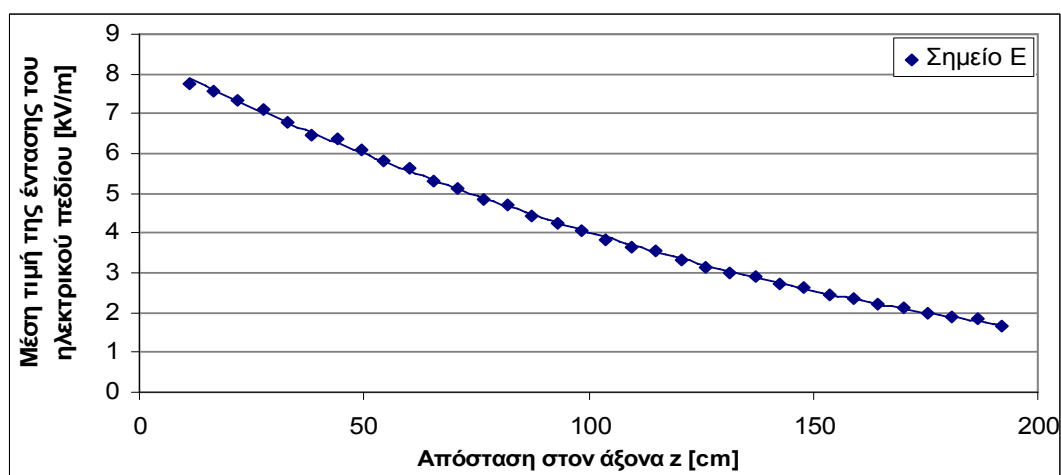
Για το σημείο E=1,3 με συνιστώσες (x=38cm, y=80cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,64: Μετρήσεις

P=990 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
1,3-1	11,0	2,228	7,412	0,124	7,740	49,4	26,0
1,3-2	16,5	2,304	7,187	0,333	7,560	49,6	26,0
1,3-3	22,0	2,515	6,836	0,747	7,330	49,4	26,0
1,3-4	27,5	2,890	6,389	1,122	7,106	49,5	26,0
1,3-5	33,0	2,799	6,027	1,445	6,796	49,6	26,0
1,3-6	38,5	2,996	5,515	1,685	6,481	49,6	25,9
1,3-7	44,0	3,276	5,105	1,969	6,367	49,8	26,0
1,3-8	49,5	3,289	4,663	2,157	6,109	50,0	25,9
1,3-9	54,5	3,341	4,212	2,273	5,832	50,1	25,9
1,3-10	60,0	3,285	3,866	2,392	5,624	49,6	25,9
1,3-11	65,5	3,020	3,600	2,419	5,303	49,4	25,9
1,3-12	71,0	2,923	3,358	2,487	5,109	49,4	25,9
1,3-13	76,5	2,815	3,055	2,512	4,866	49,4	25,9
1,3-14	82,0	2,771	2,789	2,559	4,690	49,6	25,9
1,3-15	87,5	2,617	2,556	2,529	4,449	49,6	25,9
1,3-16	93,0	2,500	2,361	2,508	4,251	49,7	25,9
1,3-17	98,5	2,350	2,178	2,471	4,045	49,7	25,9
1,3-18	104,0	2,162	2,060	2,418	3,836	49,8	25,8
1,3-19	109,5	2,036	1,891	2,362	3,649	49,9	25,8
1,3-20	115,0	2,002	1,733	2,357	3,542	50,1	25,8

1,3-21	120,5	1,794	1,673	2,277	3,345	49,9	25,9
1,3-22	126,0	1,615	1,586	2,193	3,151	50,0	25,8
1,3-23	131,5	1,545	1,469	2,144	3,022	50,1	25,8
1,3-24	137,0	1,490	1,351	2,099	2,904	50,0	25,8
1,3-25	142,5	1,390	1,235	2,020	2,746	50,0	25,9
1,3-26	148,0	1,350	1,128	1,977	2,647	49,9	25,8
1,3-27	153,5	1,221	1,043	1,873	2,466	50,0	25,8
1,3-28	159,0	1,156	0,937	1,800	2,331	50,0	25,9
1,3-29	164,5	1,078	0,863	1,727	2,216	50,0	25,9
1,3-30	170,0	1,017	0,784	1,661	2,100	50,0	25,9
1,3-31	175,5	0,857	0,789	1,585	1,967	50,1	25,9
1,3-32	181,0	0,856	0,680	1,531	1,881	50,2	25,9
1,3-33	186,5	0,742	0,718	1,509	1,829	50,1	25,9
1,3-34	192,0	0,685	0,621	1,409	1,683	50,0	25,9



Σχήμα 4.69: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο E=1,3

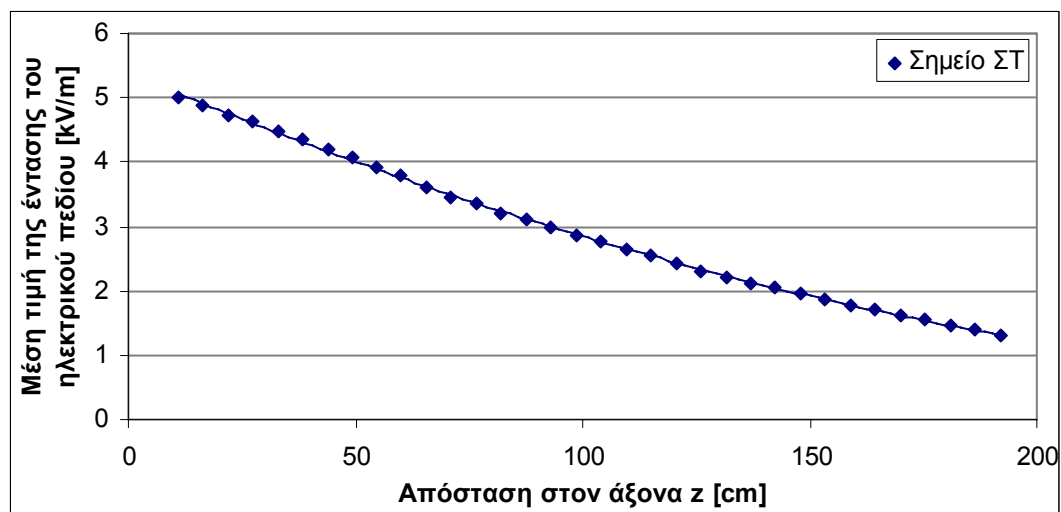
Για το σημείο ΣΤ=1,4 με συνιστώσες (x=50,5cm, y=100,5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,65: Μετρήσεις

P=991 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
1,4-1	11,0	1,213	4,858	0,068	4,990	54,7	23,9
1,4-2	16,5	1,474	4,649	0,178	4,872	54,8	23,9
1,4-3	22,0	1,759	4,372	0,409	4,729	54,5	24,0
1,4-4	27,5	1,933	4,155	0,606	4,619	54,2	24,1
1,4-5	33,0	1,949	3,958	0,783	4,480	54,2	24,2
1,4-6	38,5	2,104	3,683	0,932	4,346	54,0	24,3
1,4-7	44,0	2,034	3,526	1,062	4,196	53,7	24,4
1,4-8	49,5	2,081	3,283	1,184	4,070	53,4	24,5

1,4-9	54,5	2,343	2,884	1,286	3,926	53,2	24,6
1,4-10	60,0	2,321	2,652	1,366	3,787	53,0	24,7
1,4-11	65,5	2,187	2,524	1,407	3,609	52,6	24,8
1,4-12	71,0	2,106	2,355	1,451	3,462	52,4	24,9
1,4-13	76,5	2,084	2,156	1,500	3,358	52,3	25,0
1,4-14	82,0	1,909	2,102	1,516	3,210	52,1	25,1
1,4-15	87,5	1,973	1,825	1,539	3,102	52,0	25,1
1,4-16	93,0	1,890	1,731	1,558	2,998	51,7	25,2
1,4-17	98,5	1,820	1,580	1,552	2,866	51,2	25,3
1,4-18	104,0	1,712	1,498	1,548	2,756	51,4	25,4
1,4-19	109,5	1,632	1,410	1,530	2,642	51,2	25,4
1,4-20	115,0	1,547	1,321	1,516	2,543	51,0	25,5
1,4-21	120,5	1,441	1,263	1,490	2,429	51,1	25,6
1,4-22	126,0	1,324	1,211	1,459	2,312	50,7	25,6
1,4-23	131,5	1,277	1,109	1,429	2,218	50,1	25,6
1,4-24	137,0	1,206	1,040	1,403	2,122	50,2	25,7
1,4-25	142,5	1,174	0,945	1,375	2,037	49,9	25,8
1,4-26	148,0	1,120	0,864	1,345	1,953	49,9	25,8
1,4-27	153,5	1,059	0,808	1,310	1,869	50,0	25,9
1,4-28	159,0	0,994	0,748	1,272	1,780	49,9	25,9
1,4-29	164,5	0,966	0,682	1,245	1,718	49,6	25,9
1,4-30	170,0	0,907	0,619	1,201	1,624	49,7	26,0
1,4-31	175,5	0,790	0,643	1,155	1,540	49,5	26,0
1,4-32	181,0	0,780	0,538	1,108	1,455	49,6	26,0
1,4-33	186,5	0,695	0,550	1,073	1,393	49,7	26,1
1,4-34	192,0	0,653	0,486	1,026	1,310	49,7	26,1



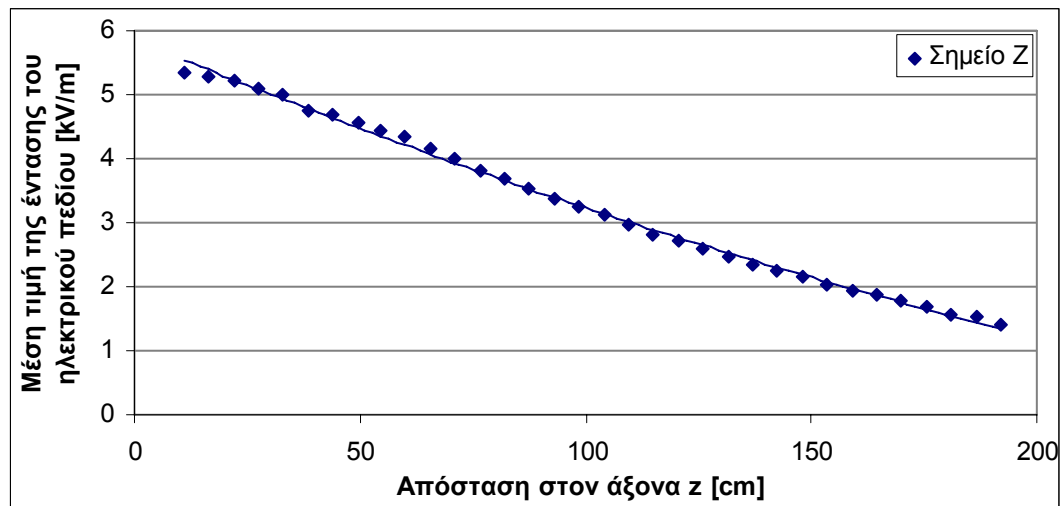
Σχήμα 4.70: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο ΣΤ=1,4

Για το σημείο Z =2,3 με συνιστώσες (x=18cm, y=102cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,66: Μετρήσεις

P=992 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
2,3-1	11,0	0,381	5,312	0,438	5,343	49,1	26,1
2,3-2	16,5	0,694	5,239	0,153	5,281	48,9	26,2
2,3-3	22,0	0,765	5,170	0,095	5,231	48,8	26,2
2,3-4	27,5	1,135	4,947	0,333	5,100	48,7	26,3
2,3-5	33,0	1,430	4,792	0,563	5,007	48,7	26,3
2,3-6	38,5	1,505	4,465	0,728	4,758	48,8	26,3
2,3-7	44,0	1,704	4,279	0,918	4,695	48,4	26,3
2,3-8	49,5	1,788	4,052	1,073	4,555	48,6	26,3
2,3-9	54,5	1,771	3,911	1,187	4,453	48,2	26,3
2,3-10	60,0	1,810	3,717	1,310	4,332	48,3	26,3
2,3-11	65,5	1,698	3,544	1,387	4,154	48,3	26,3
2,3-12	71,0	1,625	3,357	1,459	4,006	48,6	26,3
2,3-13	76,5	1,614	3,130	1,518	3,828	48,4	26,3
2,3-14	82,0	1,597	2,939	1,570	3,698	48,3	26,3
2,3-15	87,5	1,547	2,746	1,599	3,529	48,4	26,3
2,3-16	93,0	1,490	2,572	1,618	3,369	48,2	26,3
2,3-17	98,5	1,404	2,419	1,628	3,242	48,4	26,3
2,3-18	104,0	1,389	2,252	1,637	3,112	48,4	26,3
2,3-19	109,5	1,241	2,141	1,617	2,957	48,3	26,3
2,3-20	115,0	1,165	2,007	1,607	2,827	48,3	26,3
2,3-21	120,5	1,064	1,912	1,591	2,707	48,3	26,3
2,3-22	126,0	1,019	1,796	1,576	2,598	48,3	26,3
2,3-23	131,5	0,922	1,687	1,539	2,462	48,2	26,3
2,3-24	137,0	0,856	1,580	1,509	2,349	48,1	26,3
2,3-25	142,5	0,840	1,460	1,474	2,238	48,2	26,3
2,3-26	148,0	0,829	1,361	1,453	2,156	48,3	26,3
2,3-27	153,5	0,762	1,268	1,409	2,046	48,1	26,3
2,3-28	159,0	0,713	1,175	1,365	1,941	47,9	26,3
2,3-29	164,5	0,706	1,091	1,336	1,868	47,8	26,3
2,3-30	170,0	0,680	1,002	1,295	1,771	48,2	26,3
2,3-31	175,5	0,572	0,965	1,254	1,686	48,0	26,3
2,3-32	181,0	0,556	0,862	1,190	1,570	47,9	26,3
2,3-33	186,5	0,476	0,847	1,178	1,526	47,9	26,3
2,3-34	192,0	0,473	0,741	1,103	1,409	47,5	26,3



Σχήμα 4.71: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Z=2,3

Για το σημείο H=2,4 με συνιστώσες (x=40cm, y=122,5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

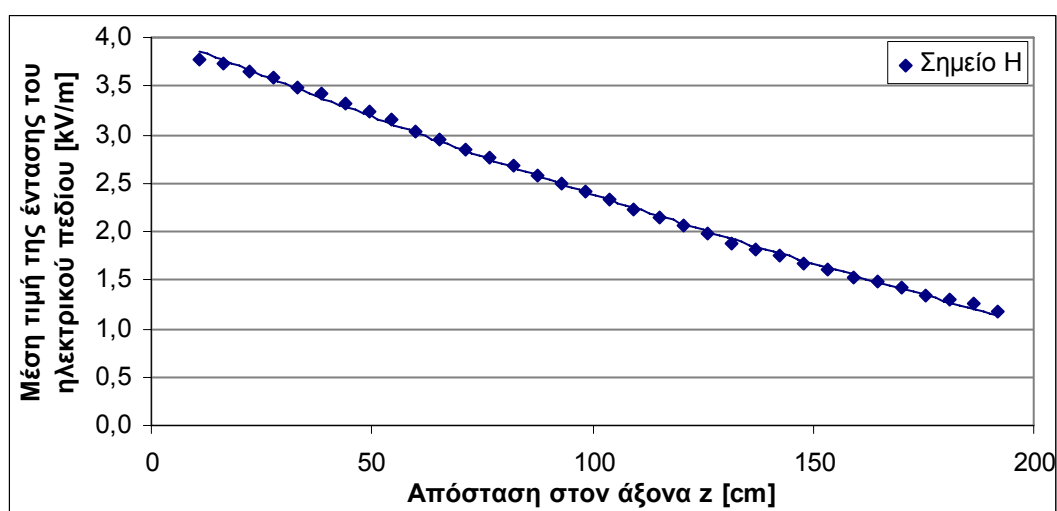
Πίνακας 4,67: Μετρήσεις

P=990 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
2,4-1	11,0	0,967	3,639	0,241	3,769	47,4	26,5
2,4-2	16,5	1,141	3,546	0,079	3,723	47,2	26,5
2,4-3	22,0	1,191	3,454	0,070	3,644	47,3	26,5
2,4-4	27,5	1,314	3,334	0,205	3,588	46,9	26,5
2,4-5	33,0	1,427	3,169	0,342	3,492	47,1	26,5
2,4-6	38,5	1,407	3,087	0,445	3,421	47,0	26,5
2,4-7	44,0	1,471	2,931	0,554	3,326	47,1	26,6
2,4-8	49,5	1,587	2,731	0,657	3,231	46,9	26,6
2,4-9	54,5	1,690	2,543	0,738	3,152	47,1	26,6
2,4-10	60,0	1,680	2,412	0,812	3,040	46,9	26,6
2,4-11	65,5	1,619	2,320	0,871	2,953	46,9	26,6
2,4-12	71,0	1,556	2,215	0,919	2,849	46,9	26,7
2,4-13	76,5	1,541	2,065	0,969	2,757	46,8	26,7
2,4-14	82,0	1,547	1,938	1,017	2,679	46,6	26,7
2,4-15	87,5	1,501	1,821	1,044	2,578	46,6	26,7
2,4-16	93,0	1,442	1,726	1,067	2,491	46,4	26,7
2,4-17	98,5	1,406	1,618	1,087	2,407	46,3	26,7
2,4-18	104,0	1,350	1,525	1,098	2,323	46,5	26,7
2,4-19	109,5	1,264	1,472	1,102	2,232	46,5	26,7
2,4-20	115,0	1,223	1,379	1,107	2,154	46,3	26,7
2,4-21	120,5	1,117	1,332	1,094	2,057	46,3	26,7

2,4-22	126,0	1,031	1,281	1,086	1,972	46,4	26,7
2,4-23	131,5	0,997	1,196	1,070	1,886	46,4	26,7
2,4-24	137,0	0,952	1,123	1,062	1,813	46,3	26,8
2,4-25	142,5	0,924	1,044	1,048	1,745	46,2	26,8
2,4-26	148,0	0,873	0,979	1,030	1,668	46,5	26,8
2,4-27	153,5	0,845	0,912	1,015	1,609	46,3	26,8
2,4-28	159,0	0,779	0,872	0,994	1,536	46,1	26,8
2,4-29	164,5	0,785	0,788	0,978	1,482	46,3	26,8
2,4-30	170,0	0,734	0,741	0,953	1,414	46,0	26,8
2,4-31	175,5	0,634	0,742	0,927	1,347	46,2	26,8
2,4-32	181,0	0,654	0,652	0,905	1,292	46,3	26,8
2,4-33	186,5	0,572	0,660	0,888	1,248	45,9	26,8
2,4-34	192,0	0,543	0,593	0,849	1,170	46,1	26,8

P=989 mbar



Σχήμα 4.72: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο H=2,4

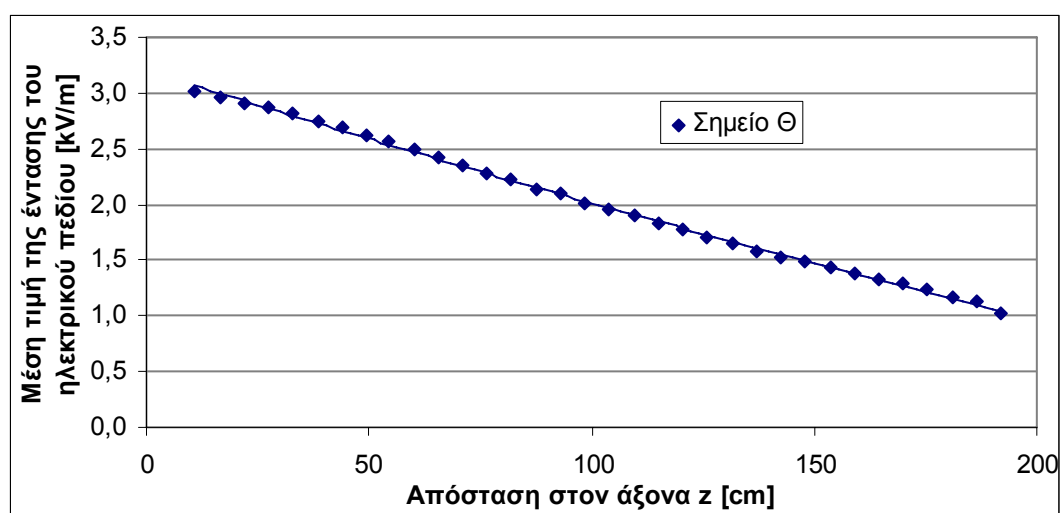
Για το σημείο Θ=2,5 με συνιστώσες (x=62,5cm, y=143cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,68: Μετρήσεις

P=990 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
2,5-1	11,0	0,641	2,924	0,302	3,010	46,3	26,4
2,5-2	16,5	0,686	2,874	0,192	2,963	46,2	26,4
2,5-3	22,0	0,692	2,823	0,089	2,909	46,1	26,4
2,5-4	27,5	0,873	2,726	0,022	2,864	45,9	26,5
2,5-5	33,0	0,904	2,663	0,117	2,814	46,0	26,6
2,5-6	38,5	0,943	2,587	0,194	2,754	45,6	26,5
2,5-7	44,0	1,119	2,428	0,289	2,688	45,7	26,5
2,5-8	49,5	1,323	2,235	0,381	2,626	45,7	26,4

2,5-9	54,5	1,337	2,151	0,443	2,572	45,7	26,5
2,5-10	60,0	1,360	2,023	0,507	2,494	45,9	26,6
2,5-11	65,5	1,290	1,979	0,554	2,428	45,9	26,6
2,5-12	71,0	1,254	1,905	0,602	2,358	45,9	26,7
2,5-13	76,5	1,257	1,791	0,649	2,287	45,7	26,7
2,5-14	82,0	1,208	1,729	0,686	2,220	45,8	26,7
2,5-15	87,5	1,238	1,584	0,718	2,135	45,7	26,7
2,5-16	93,0	1,229	1,519	0,755	2,100	45,6	26,7
2,5-17	98,5	1,157	1,458	0,768	2,015	45,3	26,7
2,5-18	104,0	1,147	1,374	0,796	1,965	45,3	26,7
2,5-19	109,5	1,052	1,348	0,804	1,897	45,5	26,7
2,5-20	115,0	0,974	1,318	0,813	1,830	45,3	26,6
2,5-21	120,5	0,946	1,251	0,821	1,772	45,6	26,6
2,5-22	126,0	0,879	1,203	0,820	1,701	45,7	26,6
2,5-23	131,5	0,847	1,150	0,824	1,647	45,8	26,7
2,5-24	137,0	0,796	1,098	0,823	1,587	45,7	26,7
2,5-25	142,5	0,802	1,018	0,823	1,532	45,5	26,7
2,5-26	148,0	0,758	0,971	0,821	1,481	45,5	26,8
2,5-27	153,5	0,747	0,910	0,816	1,433	45,5	26,7
2,5-28	159,0	0,727	0,854	0,812	1,388	45,4	26,7
2,5-29	164,5	0,699	0,797	0,797	1,328	45,7	26,7
2,5-30	170,0	0,677	0,753	0,793	1,286	44,9	26,7
2,5-31	175,5	0,598	0,745	0,775	1,231	45,0	26,7
2,5-32	181,0	0,586	0,667	0,749	1,160	45,0	26,7
2,5-33	186,5	0,521	0,676	0,747	1,134	45,1	26,7
2,5-34	192,0	0,468	0,604	0,694	1,032	45,2	26,7



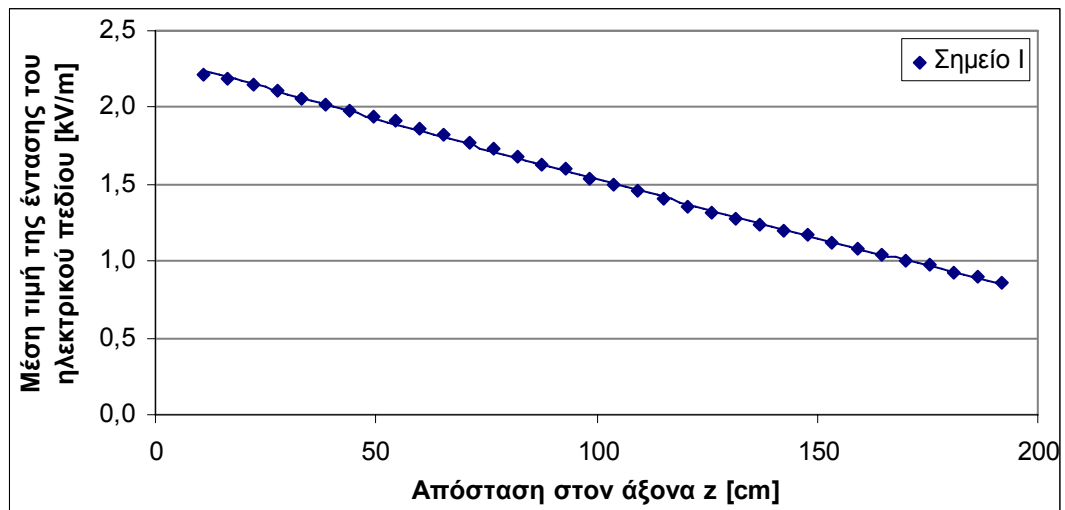
Σχήμα 4.73: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Θ

Για το σημείο I=2,6 με συνιστώσες (x=85cm, y=163,5cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,69: Μετρήσεις

P=990 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [$^{\circ}$ C]
2,6-1	11,0	0,742	2,070	0,251	2,218	45,1	26,7
2,6-2	16,5	0,762	2,035	0,177	2,187	45,3	26,7
2,6-4	22,0	0,786	1,991	0,110	2,146	45,3	26,7
2,6-4	27,5	0,894	1,911	0,043	2,110	45,4	26,7
2,6-5	33,0	1,013	1,796	0,030	2,062	45,2	26,7
2,6-6	38,5	1,001	1,754	0,077	2,022	44,9	26,7
2,6-7	44,0	1,076	1,648	0,139	1,977	45,2	26,7
2,6-8	49,5	1,117	1,571	0,194	1,944	45,3	26,7
2,6-9	54,5	1,052	1,574	0,230	1,909	45,2	26,7
2,6-10	60,0	1,073	1,490	0,276	1,864	45,4	26,7
2,6-11	65,5	1,017	1,480	0,311	1,824	45,2	26,7
2,6-12	71,0	0,963	1,446	0,345	1,772	45,4	26,7
2,6-13	76,5	1,007	1,347	0,384	1,727	45,5	26,7
2,6-14	82,0	1,004	1,279	0,416	1,679	45,2	26,8
2,6-15	87,5	0,989	1,221	0,443	1,632	45,0	26,7
2,6-16	93,0	0,987	1,167	0,470	1,601	45,1	26,7
2,6-17	98,5	0,940	1,117	0,486	1,534	45,1	26,7
2,6-18	104,0	0,944	1,047	0,507	1,498	45,2	26,7
2,6-19	109,5	0,888	1,025	0,520	1,454	45,2	26,7
2,6-20	115,0	0,816	1,010	0,529	1,404	45,2	26,8
2,6-21	120,5	0,799	0,957	0,537	1,356	44,9	26,7
2,6-22	126,0	0,758	0,919	0,545	1,313	45,2	26,7
2,6-23	131,5	0,725	0,885	0,550	1,274	45,0	26,7
2,6-24	137,0	0,705	0,850	0,559	1,240	45,1	26,7
2,6-25	142,5	0,673	0,790	0,561	1,196	45,0	26,7
2,6-26	148,0	0,661	0,775	0,568	1,166	44,7	26,7
2,6-27	153,5	0,658	0,706	0,564	1,119	44,3	26,7
2,6-28	159,0	0,623	0,677	0,561	1,077	44,4	26,7
2,6-29	164,5	0,624	0,620	0,557	1,045	44,5	26,7
2,6-30	170,0	0,610	0,579	0,556	1,008	44,9	26,7
2,6-31	175,5	0,551	0,588	0,550	0,976	44,7	26,7
2,6-32	181,0	0,546	0,527	0,541	0,930	44,8	26,7
2,6-33	186,5	0,479	0,542	0,532	0,898	44,7	26,7
2,6-34	192,0	0,465	0,493	0,522	0,858	44,7	26,7



Σχήμα 4.74: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο I

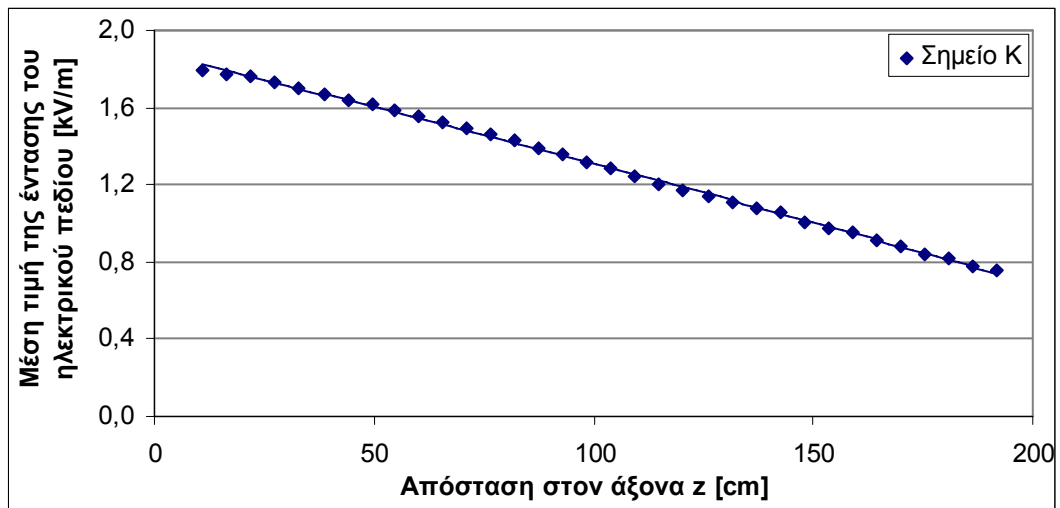
Για το σημείο K=3,6 με συνιστώσες (x=65,5cm, y=185cm) η ένταση του πεδίου είχε τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 4,70: Μετρήσεις

P=988 mbar

Θέση probe στον άξονα z	Z (cm)	E_x [kV/m]	E_y [kV/m]	E_z [kV/m]	E(AVG) [kV/m]	Υγρασία [%]	Θερμοκρασία [°C]
3,6-1	11,0	0,438	1,722	0,281	1,797	44,8	26,8
3,6-2	16,5	0,507	1,698	0,221	1,776	44,7	26,8
3,6-3	22,0	0,528	1,669	0,172	1,759	44,6	26,8
3,6-4	27,5	0,630	1,602	0,117	1,730	44,5	26,8
3,6-5	33,0	0,761	1,513	0,059	1,698	44,7	26,8
3,6-6	38,5	0,776	1,483	0,021	1,673	44,6	26,8
3,6-7	44,0	0,763	1,452	0,023	1,642	44,9	26,8
3,6-8	49,5	0,780	1,408	0,066	1,613	44,7	26,8
3,6-9	54,5	0,805	1,361	0,102	1,582	44,9	26,8
3,6-10	60,0	0,750	1,357	0,138	1,558	44,8	26,8
3,6-11	65,5	0,781	1,298	0,174	1,524	44,8	26,8
3,6-12	71,0	0,733	1,286	0,203	1,495	44,8	26,8
3,6-13	76,5	0,758	1,224	0,237	1,460	44,9	26,8
3,6-14	82,0	0,771	1,170	0,266	1,426	44,9	26,9
3,6-15	87,5	0,756	1,124	0,289	1,385	44,9	26,9
3,6-16	93,0	0,743	1,087	0,311	1,353	44,8	26,9
3,6-17	98,5	0,730	1,045	0,333	1,319	44,9	26,9
3,6-18	104,0	0,711	1,008	0,350	1,284	44,7	27,0
3,6-19	109,5	0,670	0,983	0,363	1,240	44,6	26,9
3,6-20	115,0	0,643	0,946	0,374	1,206	44,4	26,9
3,6-21	120,5	0,614	0,924	0,386	1,174	44,6	26,9
3,6-22	126,0	0,560	0,905	0,394	1,137	44,6	26,9

3,6-23	131,5	0,565	0,861	0,404	1,106	44,7	26,9
3,6-24	137,0	0,557	0,826	0,413	1,080	44,8	26,9
3,6-25	142,5	0,548	0,791	0,421	1,052	44,7	26,9
3,6-26	148,0	0,532	0,746	0,422	1,009	44,7	26,9
3,6-27	153,5	0,511	0,713	0,424	0,975	44,0	27,0
3,6-28	159,0	0,507	0,676	0,429	0,949	43,5	27,3
3,6-29	164,5	0,492	0,639	0,427	0,914	43,8	27,3
3,6-30	170,0	0,476	0,603	0,426	0,883	43,7	27,2
3,6-31	175,5	0,394	0,614	0,418	0,840	43,7	27,2
3,6-32	181,0	0,433	0,549	0,420	0,816	44,0	27,2
3,6-33	186,5	0,323	0,574	0,409	0,778	43,8	27,1
3,6-34	192,0	0,361	0,517	0,407	0,752	44,0	27,1



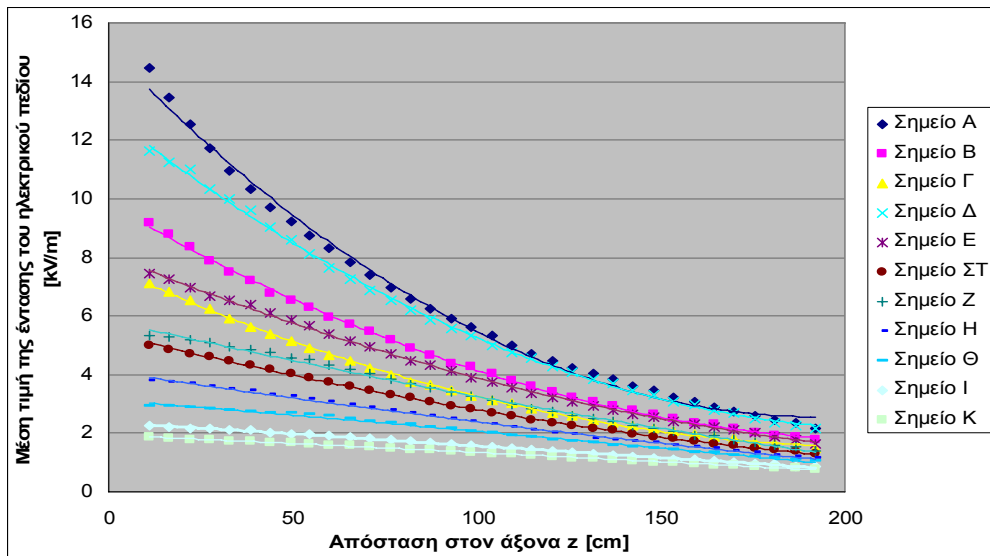
Σχήμα 4.75: Μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο Κ

Κεφάλαιο 5

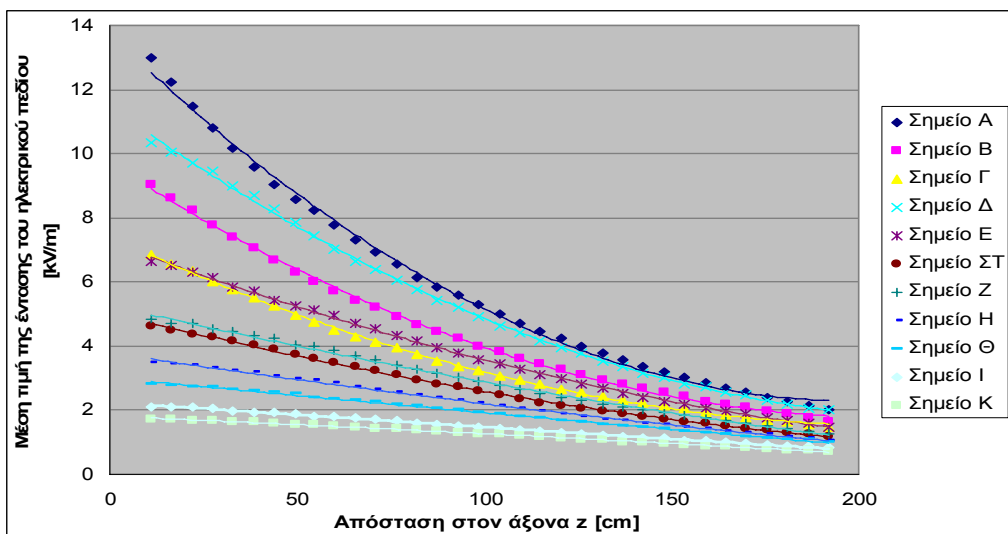
Σύγκριση των μετρήσεων

5.1 Σύγκριση της μέσης τιμής της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου

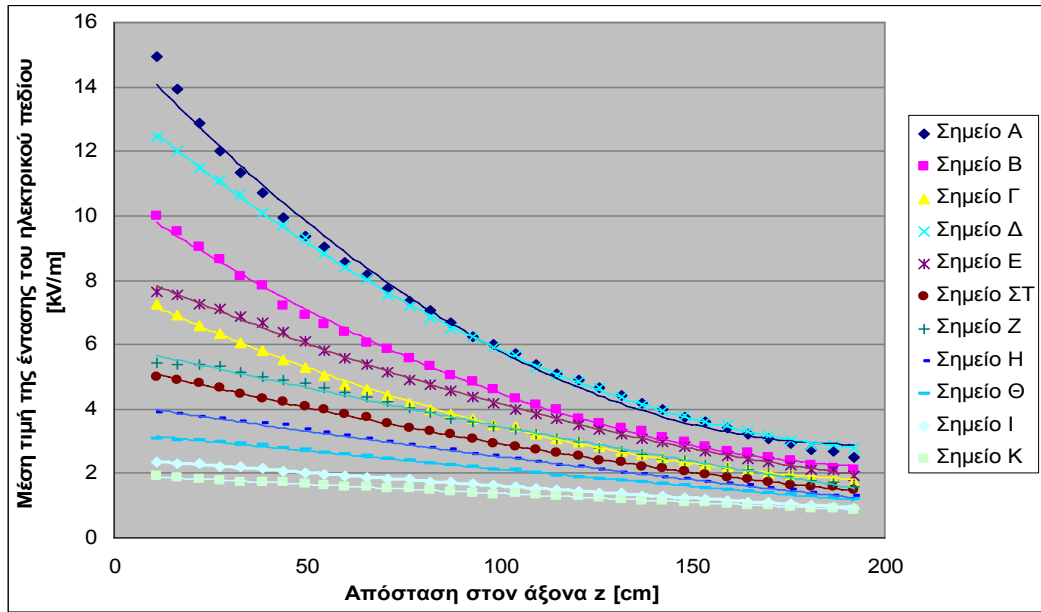
Αρχικά θα παραθέσουμε τις έξι γραφικές παραστάσεις για τα έντεκα σημεία (Α-Κ) γύρω από κάθε αλυσοειδή μονωτήρα σε κοινή γραφική, ώστε να μπορέσουμε να κάνουμε την σύγκριση μεταξύ τους και να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα για το πεδίο που αναπτύσσεται γύρω από τον κάθε μονωτήρα.



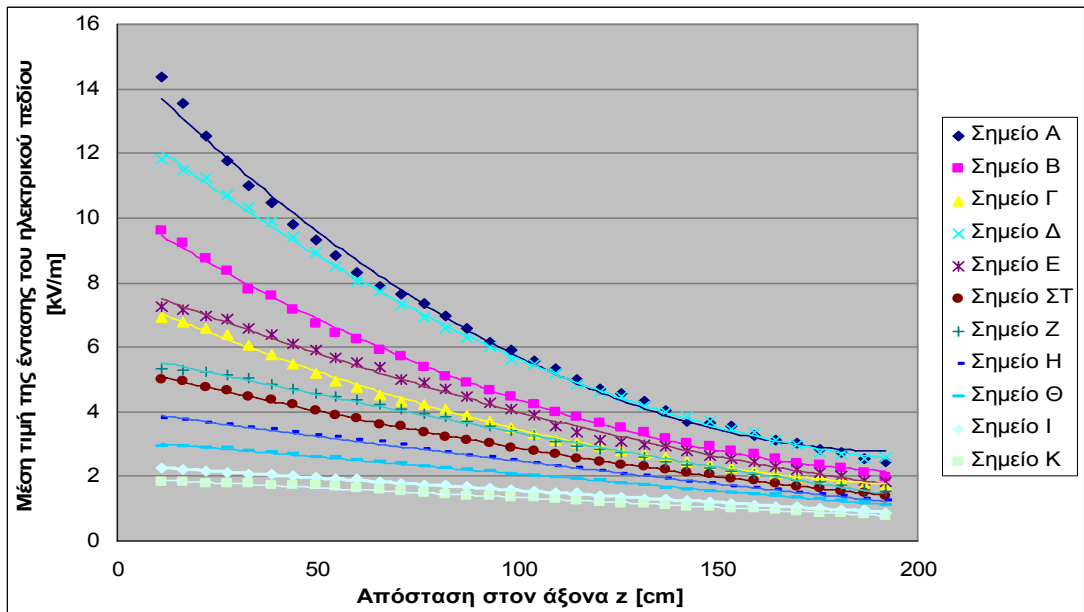
Σχήμα 5.1: Ρυπασμένος πορσελάνινο αλυσοειδής μονωτήρας (070), τύπου κανονικού 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες,



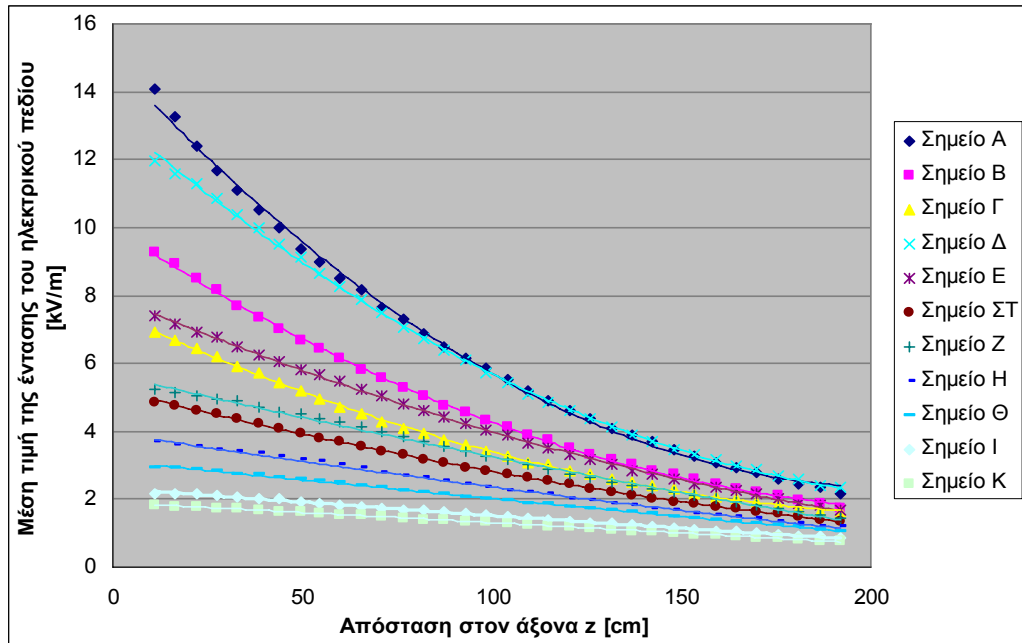
Σχήμα 5.2: Καθαρός πορσελάνινο αλυσοειδής μονωτήρας (070), κανονικού τύπου 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες.



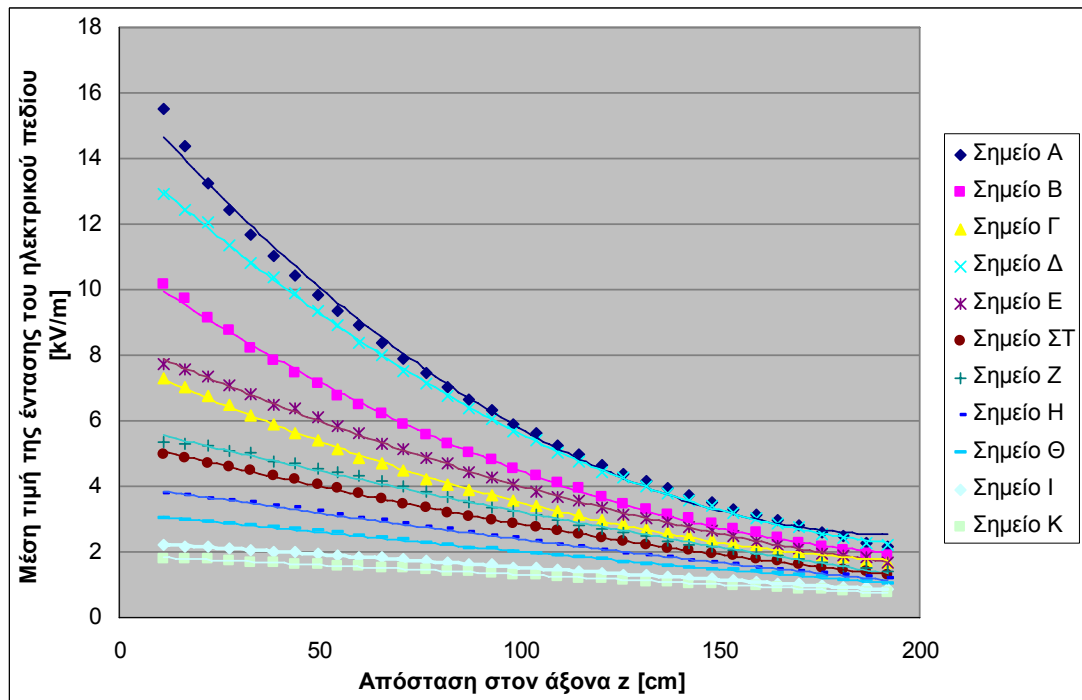
Σχήμα 5.3: Ρυπασμένος γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας, κανονικού τύπου 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες (αλυσίδα 082).



Σχήμα 5.4: Καθαρός γυάλινος ρυπασμένος αλυσοειδής μονωτήρας, τύπου ομίχλης 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες, αλυσίδα (112).



Σχήμα 5.5: Ρυπασμένος πορσελάνινος αλυσοειδής μονωτήρας (100), τύπου ομίχλης 400 kV, αποτελούμενος από δεκαέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες.



Σχήμα 5.6: Καθαρός πορσελάνινος αλυσοειδής μονωτήρας (100), τύπου ομίχλης 400 kV, αποτελούμενος από δεκαέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες.

Από τις 6 συγκριτικές γραφικές παραστάσεις των σχημάτων 5.1 - 5.6 βλέπουμε ότι καθώς απομακρυνόμαστε από τον αγωγό υψηλής τάσης στο κάθετο αλλά και στο οριζόντιο επίπεδο, η ένταση του πεδίου σε κάθε αλυσοειδή μονωτήρα και για κάθε σημείο ξεχωριστά μειώνεται βαθμιαία, όμως για τα πιο κοντινά σημεία Α , Β , Δ η μείωση είναι πιο εκθετική σε σχέση με τα πιο απομακρυσμένα σημεία Η , Θ , Ι , Κ που η μείωση είναι πιο γραμμική. Επίσης έχουμε να παρατηρήσουμε ότι ενώ αρχικά οι αποκλίσεις της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των σημείων κάθε μονωτήρα είναι σημαντικές, καθώς απομακρυνόμαστε από τον αγωγό Υ.Τ, αυτές οι διαφορές φθίνουν και οι τιμές της έντασης συγκλίνουν. Επιπλέον, βλέπουμε ότι ο τύπος του αλυσοειδή μονωτήρα όπως και ο αριθμός των δισκοειδών μονωτήρων από τους οποίους αποτελείται επιδρούν στη μέγιστη τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και κατ' επέκταση στην τιμή αυτού στα διάφορα σημεία του επιπέδου. Ενδεικτικά αναφέρουμε την περίπτωση ενός γυάλινου ρυπασμένου αλυσοειδή μονωτήρα, κανονικού τύπου, αποτελούμενο από 18 δισκοειδείς μονωτήρες η μέγιστη τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου για το σημείο Α είναι 14,960 kV/m, ενώ για ένα πορσελάνινο ρυπασμένο αλυσοειδή μονωτήρα, αποτελούμενο από 18 δίσκους, η αντίστοιχη μέγιστη τιμή δεν ξεπερνά τα 14,480 kV/m. Τέλος, παρατηρούμε ότι η μέση τιμή της έντασης του πεδίου έχει μεγαλύτερη τιμή στον ρυπασμένο μονωτήρα από ότι στον καθαρό για τους πορσελάνινους κανονικού τύπου.

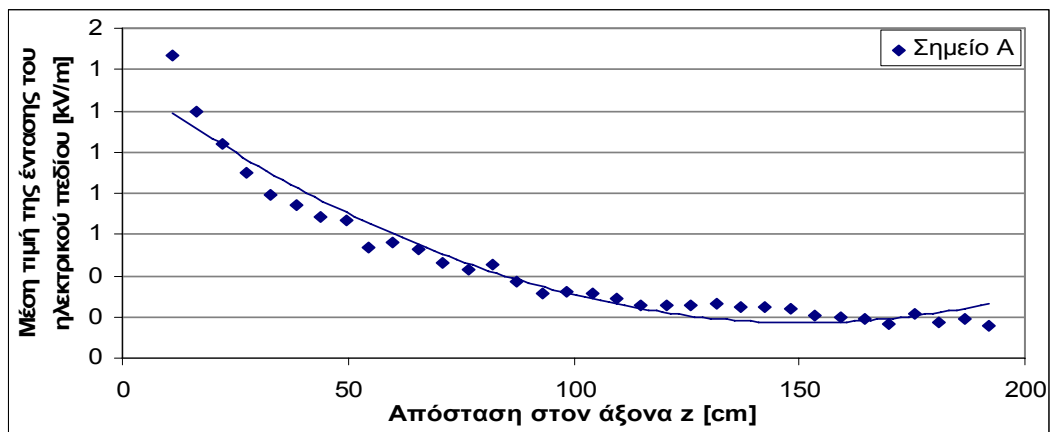
- **Σύγκριση διαφοράς μέσης τιμής για τον πορσελάνινο αλυσοειδή μονωτήρα (070).**

Θα συγκρίνω την διαφορά της μέσης τιμή της έντασης του πεδίου για τον καθαρό και ρυπασμένο πορσελάνινο αλυσοειδή μονωτήρα (070) κανονικού τύπου για το σημείο Α.

Καθαρός μονωτήρας (070) Πορσελάνινος E(AVG) [kV/m]	Ρυπασμένος μονωτήρας (070) Πορσελάνινος E(AVG) [kV/m]	ΔΙΑΦΟΡΑ E(AVG) [kV/m]
13,01	14,48	1,47
12,24	13,44	1,2
11,48	12,52	1,04
10,8	11,7	0,9
10,17	10,96	0,79
9,58	10,32	0,74
9,025	9,711	0,686

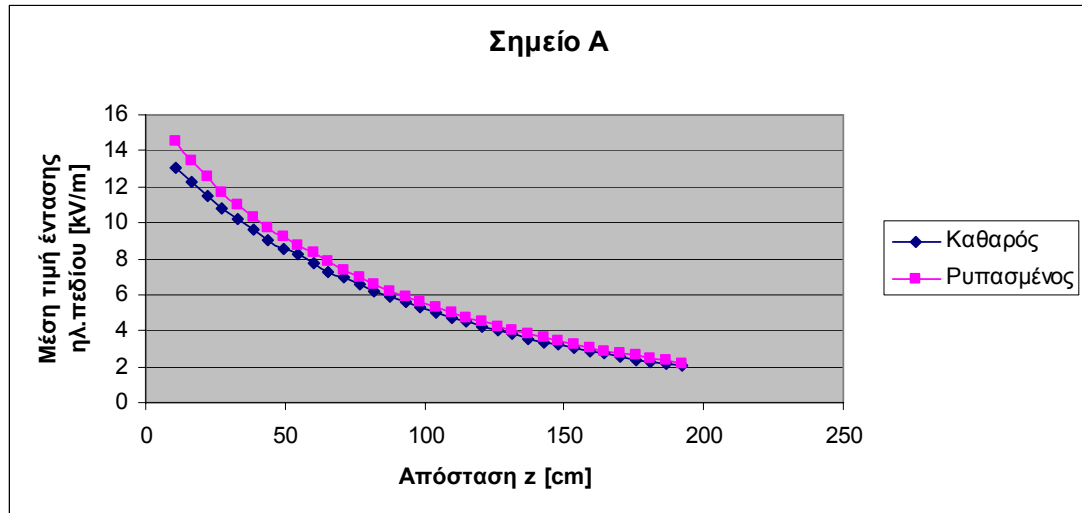
8,557	9,222	0,665
8,233	8,768	0,535
7,767	8,327	0,56
7,31	7,838	0,528
6,921	7,379	0,458
6,541	6,971	0,43
6,153	6,606	0,453
5,853	6,225	0,372
5,599	5,915	0,316
5,291	5,609	0,318
5,006	5,318	0,312
4,726	5,011	0,285
4,472	4,73	0,258
4,232	4,491	0,259
3,999	4,251	0,252
3,781	4,047	0,266
3,573	3,824	0,251
3,372	3,617	0,245
3,206	3,445	0,239
3,04	3,243	0,203
2,868	3,065	0,197
2,702	2,891	0,189
2,575	2,739	0,164
2,403	2,616	0,213
2,273	2,45	0,177
2,139	2,331	0,192
2,029	2,184	0,155

- Γραφική παράσταση της διαφοράς

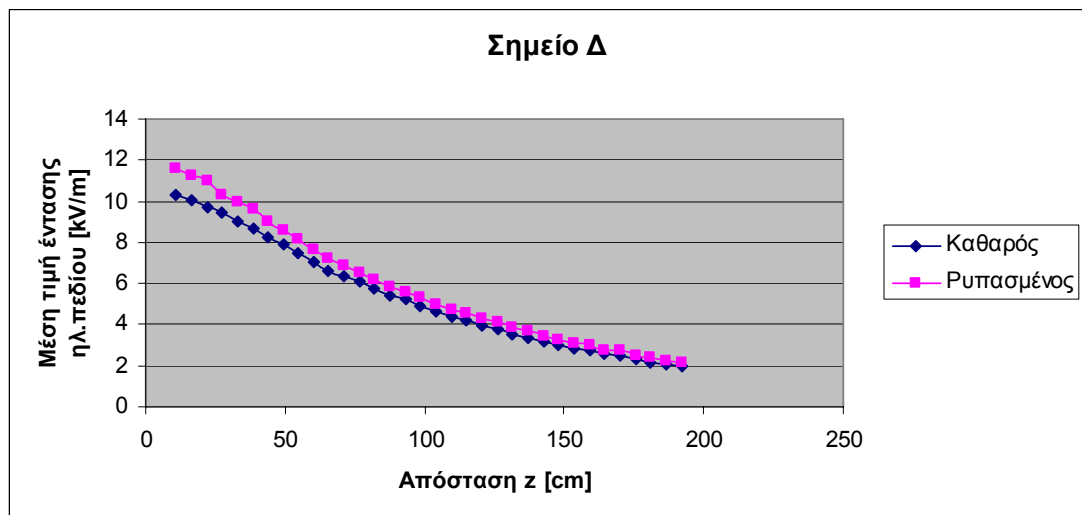


Σχήμα 5.7: Διαφορά καθαρού και ρυπασμένου πορσελάνινου, αλυσοειδής μονωτήρας (070), κανονικού τύπου 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες.

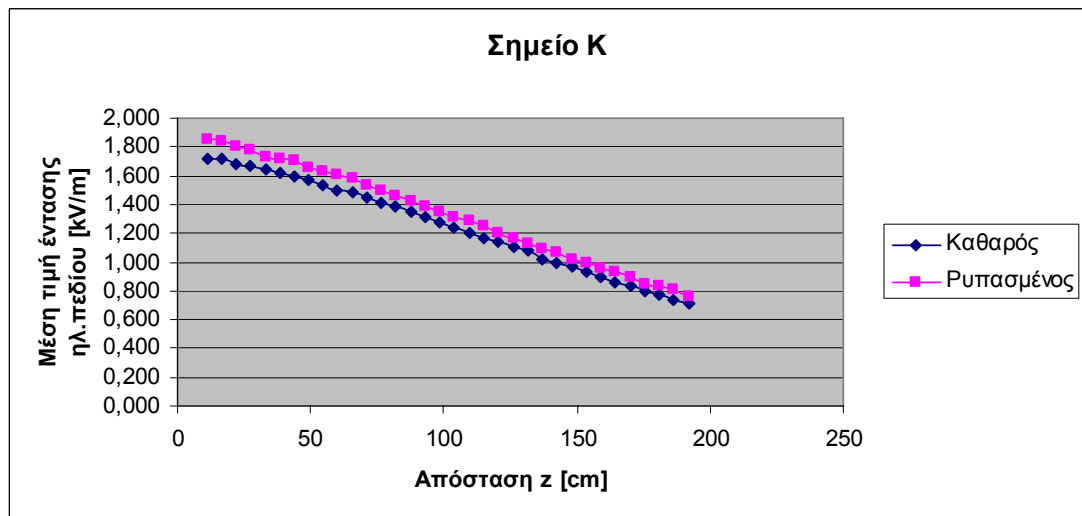
Από την γραφική αυτή παρατηρούμε ότι και η διαφορά τους μειώνεται για το σταθερό σημείο A όσο ανεβαίνουμε στον άξονα Z. Επέλεξα το σημείο A να κάνω την σύγκριση αυτή γιατί είναι το πιο κοντινό και βλέπω ότι και η διαφορά τους μειώνεται εκθετικά για τους δύο μονωτήρες.



Σχήμα 5.8: Διαφορά καθαρού και ρυπασμένου πορσελάνινου , αλυσοειδής μονωτήρας (070) , κανονικού τύπου 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες.



Σχήμα 5.9: Διαφορά καθαρού και ρυπασμένου πορσελάνινου , αλυσοειδής μονωτήρας (070) , κανονικού τύπου 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες.



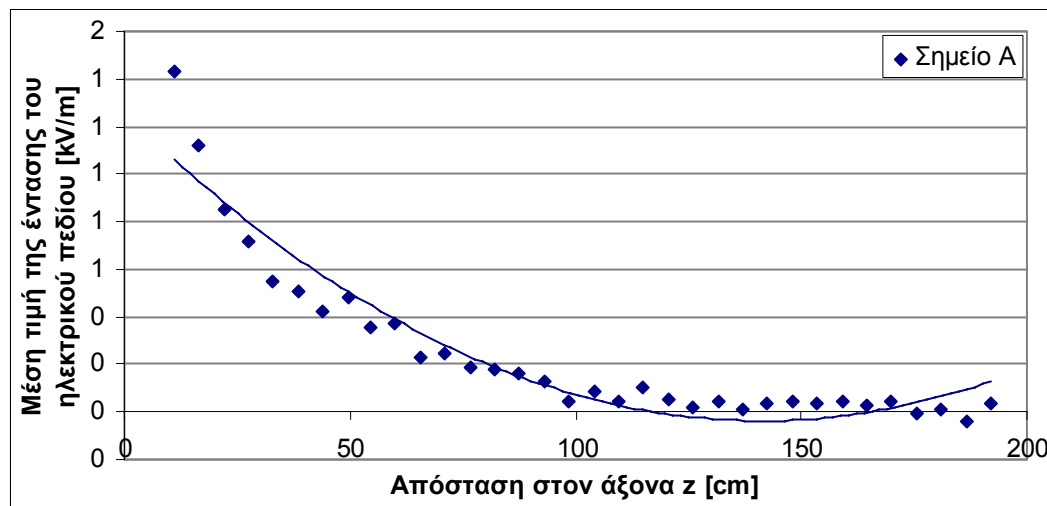
Σχήμα 5.10: Διαφορά καθαρού και ρυπασμένου πορσελάνινου , αλυσοειδής μονωτήρας (070), κανονικού τύπου 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες.

- Σύγκριση διαφοράς μέσης τιμής για τον πορσελάνινο αλυσοειδή μονωτήρα (100).

Κάνουμε την ίδια σύγκριση για την διαφορά της μέσης τιμής της έντασης του πεδίου για τον καθαρό και ρυπασμένο πορσελάνινο αλυσοειδή μονωτήρα (100) τύπου ομίχλης όπου παρατηρούμαι ότι ο ρυπασμένος παρουσιάζει μείωση του πεδίου σε σχέση με τον καθαρό για το σημείο Α σε αντίθεση με τον κανονικού τύπου.

Καθαρός μονωτήρας (100) Πορσελάνινος E(AVG) [kV/m]	Ρυπασμένος μονωτήρας (100) Πορσελάνινος E(AVG) [kV/m]	ΔΙΑΦΟΡΑ E(AVG) [kV/m]
15,51	14,08	1,43
14,36	13,24	1,12
13,27	12,42	0,85
12,41	11,69	0,72
11,65	11,10	0,55
11,04	10,53	0,51
10,42	9,998	0,422
9,845	9,363	0,482
9,359	9,004	0,355

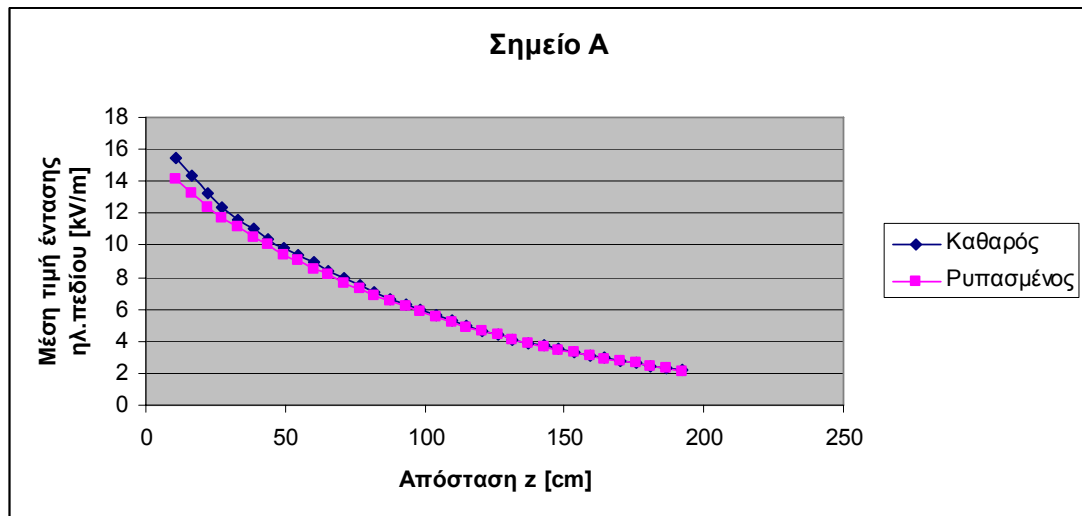
8,895	8,527	0,368
8,386	8,158	0,228
7,908	7,660	0,248
7,483	7,292	0,191
7,051	6,871	0,18
6,644	6,486	0,158
6,303	6,172	0,131
5,912	5,869	0,043
5,622	5,536	0,086
5,252	5,208	0,044
4,992	4,889	0,103
4,669	4,617	0,052
4,398	4,379	0,019
4,139	4,099	0,040
3,920	3,910	0,010
3,719	3,684	0,035
3,518	3,471	0,047
3,297	3,265	0,032
3,117	3,073	0,044
2,950	2,922	0,028
2,811	2,764	0,047
2,596	2,606	-0,010
2,478	2,471	0,007
2,292	2,332	-0,040
2,185	2,148	0,037



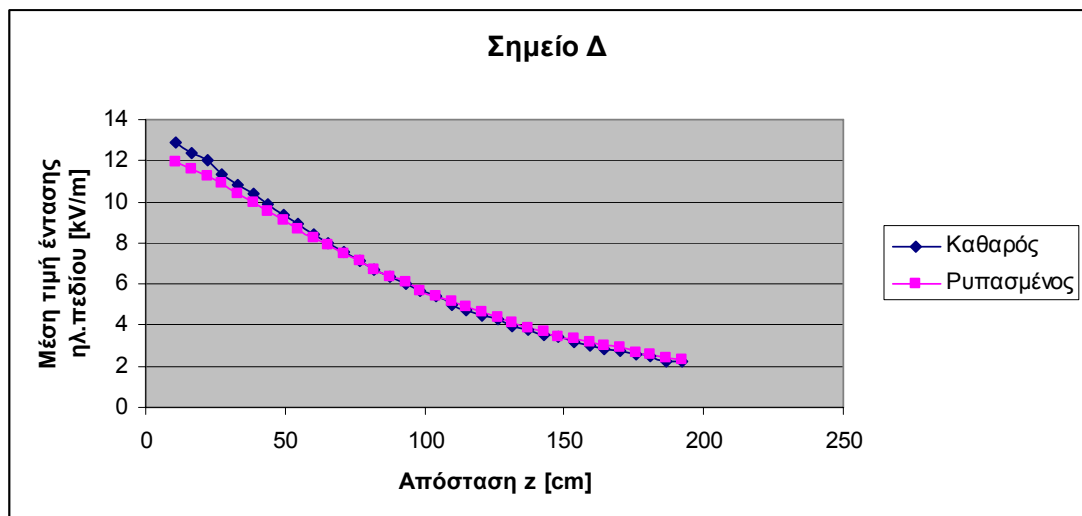
Σχήμα 5.11: Διαφορά καθαρού και ρυπασμένου πορσελάνινου , αλυσοειδής μονωτήρας (100), τύπου ομίχλης 400 kV, αποτελούμενος από δεκαέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες.

Από την γραφική αυτή παρατηρούμε ότι και η διαφορά τους μειώνεται εκθετικά για τους δύο μονωτήρες για το σταθερό σημείο A όσο ανεβαίνουμε στον άξονα Z. Στον

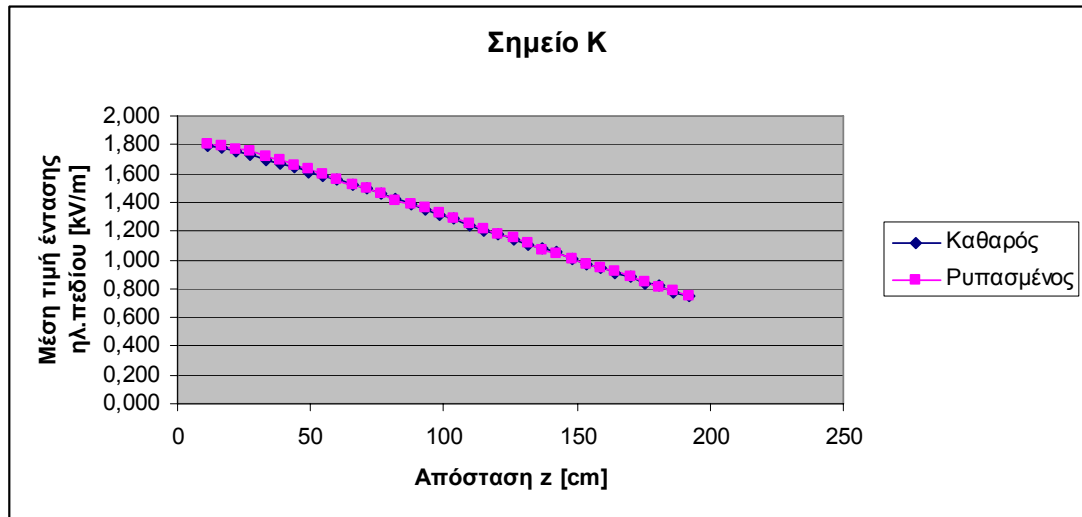
μονωτήρα τύπου ομίχλης βλέπουμε ότι η τιμή του ηλεκτρικού πεδίου όταν είναι ρυπασμένος μειώνεται .



Σχήμα 5.12: Διαφορά καθαρού και ρυπασμένου πορσελάνινου , αλυσοειδής μονωτήρας (100), τύπου ομίχλης 400 kV, αποτελούμενος από δεκαέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες.



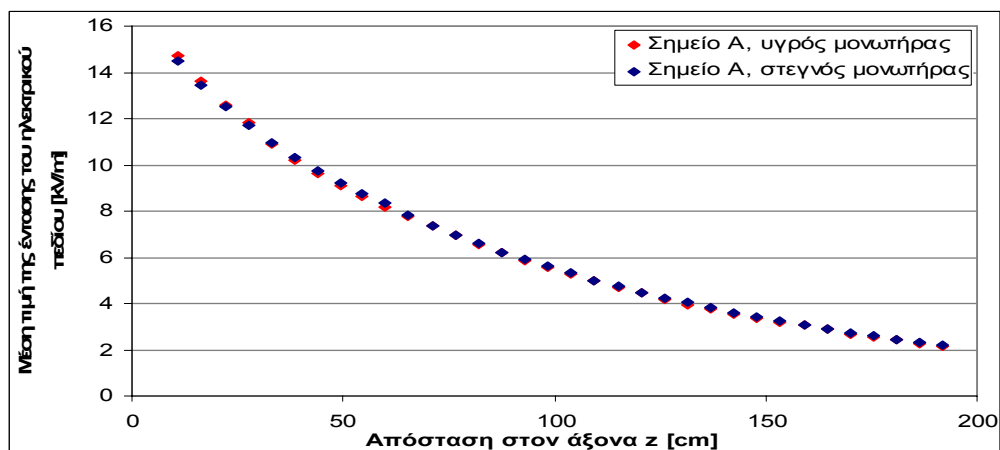
Σχήμα 5.13: Διαφορά καθαρού και ρυπασμένου πορσελάνινου , αλυσοειδής μονωτήρας (100), τύπου ομίχλης 400 kV, αποτελούμενος από δεκαέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες.



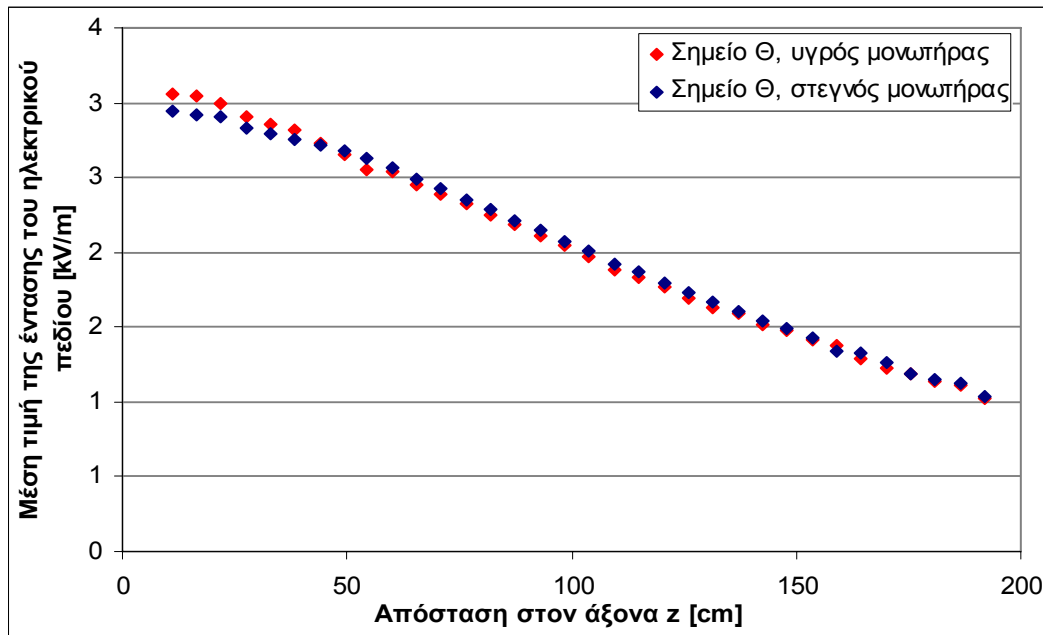
Σχήμα 5.14: Διαφορά καθαρού και ρυπασμένου πορσελάνινου , αλυσοειδής μονωτήρας (100), τύπου ομίχλης 400 kV, αποτελούμενος από δεκαέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες.

Από τις έξι γραφικές τις διαφορές καθαρού και ρυπασμένου πορσελάνινου αλυσοειδή μονωτήρα σε κοινούς άξονες, παρατηρούμε ότι ο μονωτήρας τύπου ομίχλης έχει μεγαλύτερη μονωτική ικανότητα και είναι πιο σταθερός στην μεταβολή του πεδίου γύρω του με την αύξηση της ρύπανσης σε σχέση με τον μονωτήρα κανονικού τύπου όπου η ρύπανση αυξάνει το πεδίο γύρω του επομένως έχει μικρότερη μονωτική ικανότητα.

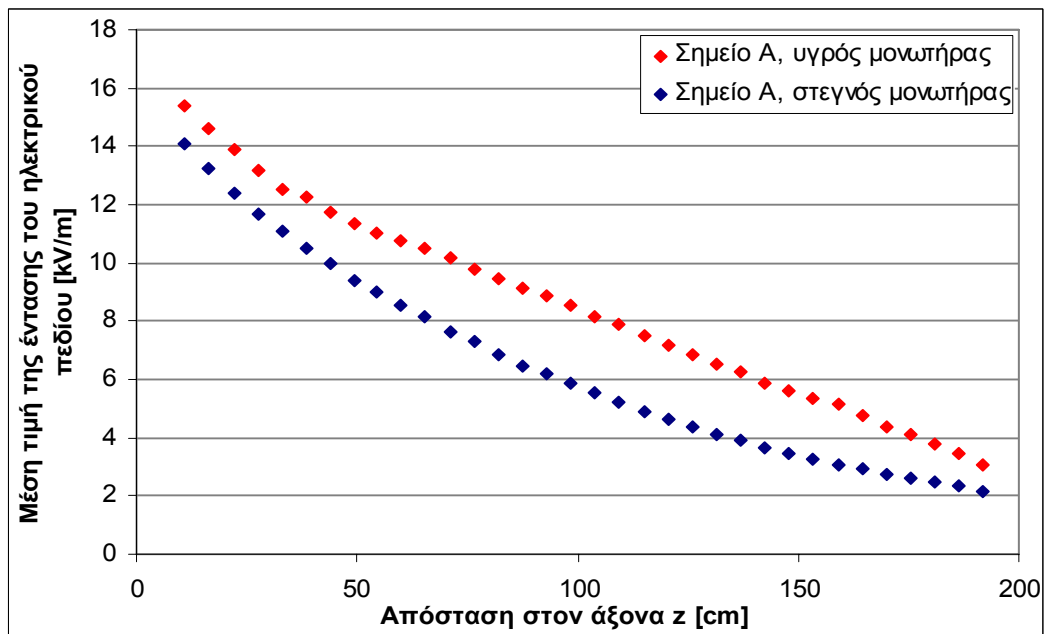
- Σύγκριση Ρυπασμένου και Βρεγμένου πορσελάνινου αλυσοειδή μονωτήρα (070) και (100).



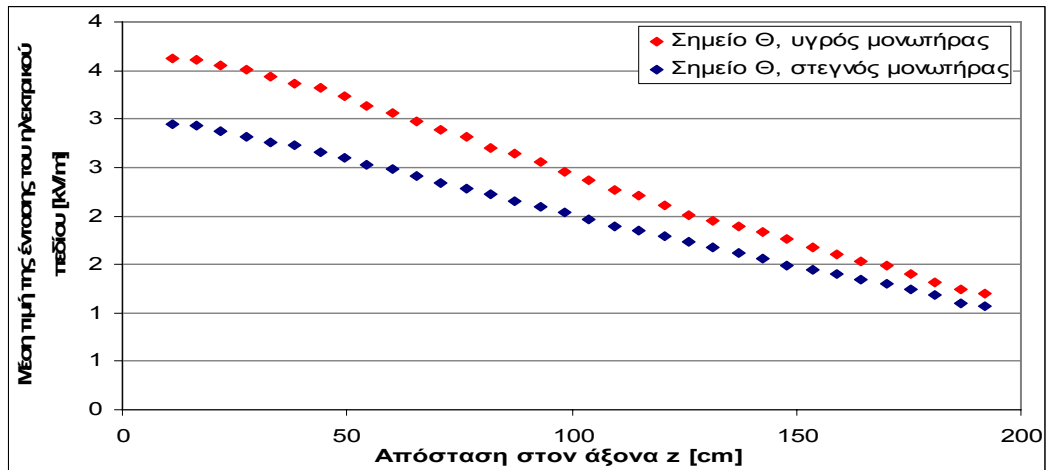
Σχήμα 5.15: Ρυπασμένος και Βρεγμένος πορσελάνινος αλυσοειδής μονωτήρας(070), τύπου κανονικού, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες στο σημείο A.



Σχήμα 5.16: Ρυπασμένος και Βρεγμένος πορσελάνινος αλυσοειδής μονωτήρας(070), τύπου κανονικού, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες στο σημείο Θ.



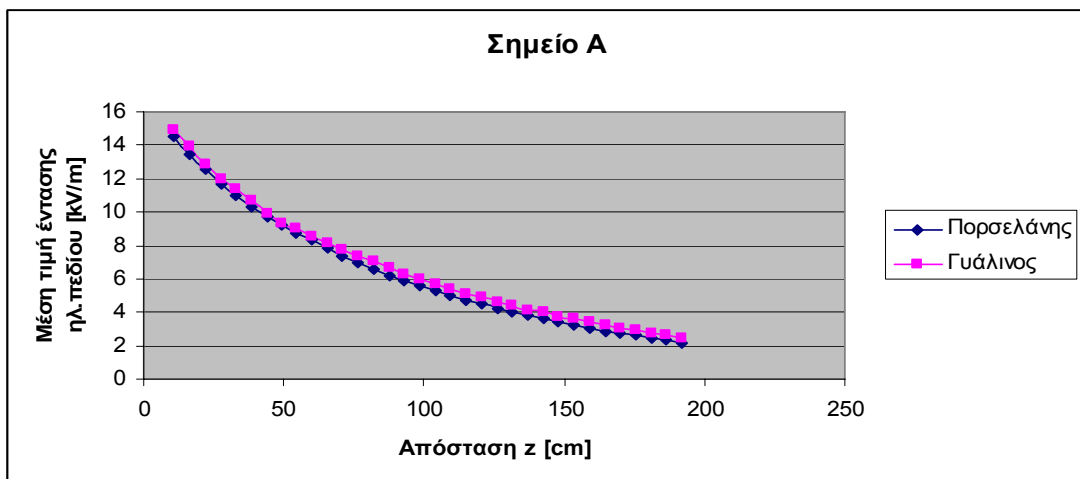
Σχήμα 5.17: Ρυπασμένος και βρεγμένος πορσελάνινος αλυσοειδής μονωτήρας (100), τύπου ομίχλης 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες στο σημείο Α.



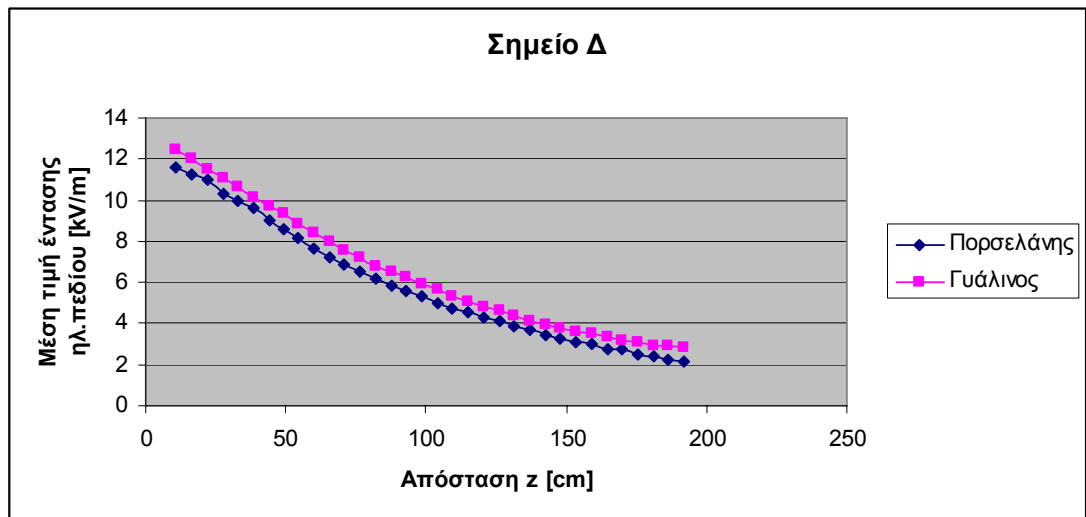
Σχήμα 5.18: Ρυπασμένοι και βρεγμένοι πορσελάνινο αλυσοειδής μονωτήρας (100), τύπου ομίχλης 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες στο σημείο Θ.

Από τις τέσσερις τελευταίες γραφικές παρατηρούμε την αύξηση του πεδίου αν βρέξουμε τους μονωτήρες όπου βλέπουμε ότι έχουμε πολύ μεγαλύτερη αύξηση στην περίπτωση του μονωτήρα τύπου ομίχλης γεγονός που είναι πιθανό να οφείλεται στην μεγαλύτερη επιφάνεια του μονωτήρα τύπου ομίχλης και επομένως όταν τους βρέχουμε δημιουργούνται περισσότεροι αγωγίμοι δρόμοι και έτσι αυξάνεται το πεδίο.

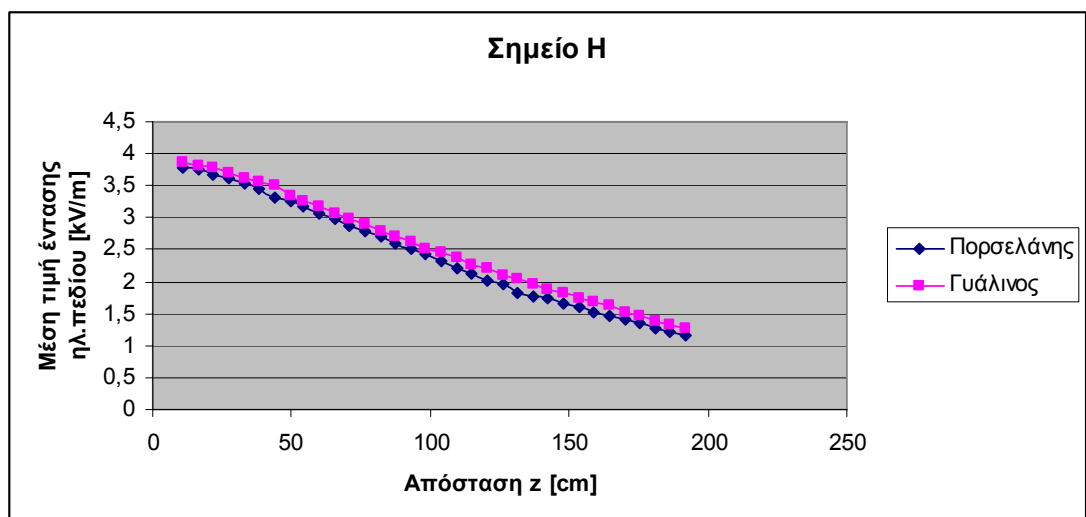
- Σύγκριση Πορσελάνινο και Γυάλινο αλυσοειδή μονωτήρα κανονικού τύπου (070).



Σχήμα 5.19: Ρυπασμένος πορσελάνινο αλυσοειδής μονωτήρας (070), τύπου κανονικού 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες, - Γυάλινο αλυσοειδής μονωτήρας, κανονικού τύπου, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες



Σχήμα 5.20: Ρυπασμένος πορσελάνινος αλυσοειδής μονωτήρας (070), τύπου κανονικού 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες, - Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. κανονικού τύπου. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες

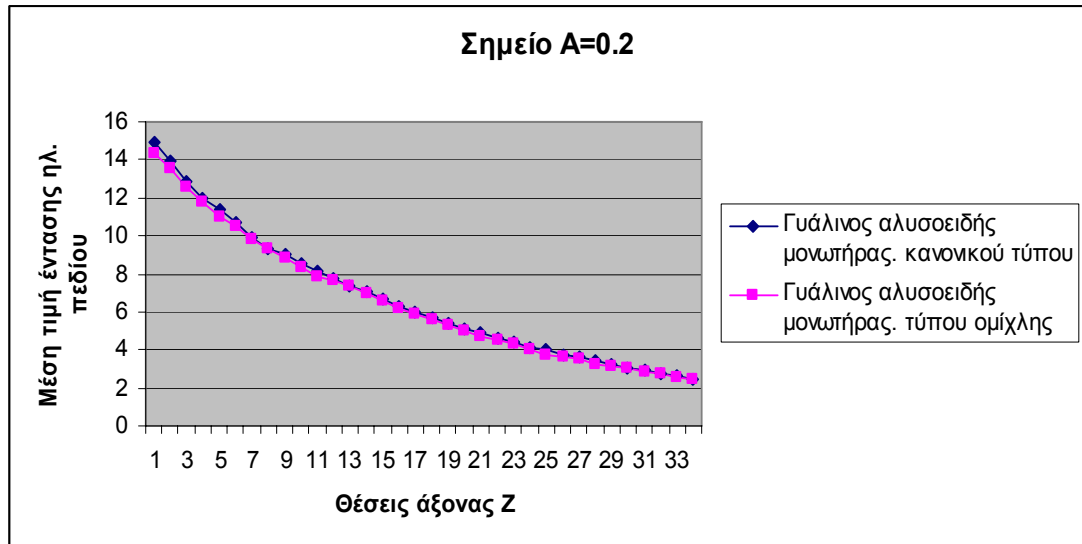


Σχήμα 5.21: Ρυπασμένος πορσελάνινος αλυσοειδής μονωτήρας (070), τύπου κανονικού 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες, - Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. κανονικού τύπου. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες

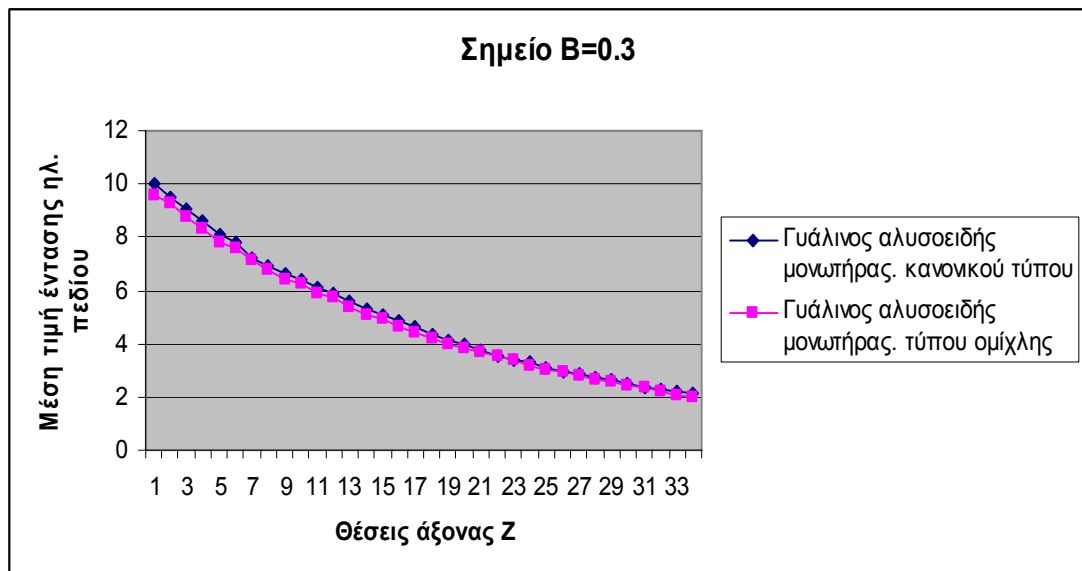
Στα σχήματα 5.19 και 5.20 που αναπαριστούν τα σημεία Α και Δ τα οποία είναι κοντά στον αγωγό Υ.Τ παρατηρούμε ότι το πεδίο για τη γυάλινη αλυσίδα είναι μεγαλύτερο από ότι για την πορσελάνινη. Αυτό εξηγείται από το διαφορετικό σχήμα των αλυσοειδών μονωτήρων. Επίσης επειδή η πορσελάνη έχει μικρότερη διηλεκτρική αντοχή από το γυαλί (διηλεκτρική αντοχή πορσελάνης $4 \cdot 10^6$ V/m, διηλεκτρική αντοχή γυαλιού $15 \cdot 10^6$ V/m). Το ίδιο παρατηρούμε και για το σημείο Η

σχήμα 5.21 που είναι πιο μακριά επομένως η πορσελάνη δημιουργεί μικρότερο πεδίο από το γυαλί.

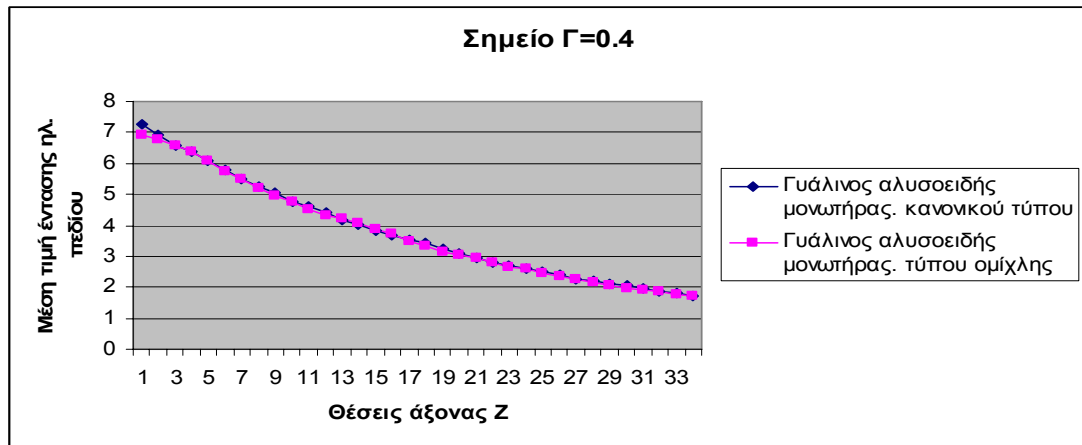
- Σύγκριση Γυάλινου αλυσοειδή μονωτήρα κανονικού τύπου και Γυάλινου αλυσοειδή μονωτήρα τύπου ομίχλης.



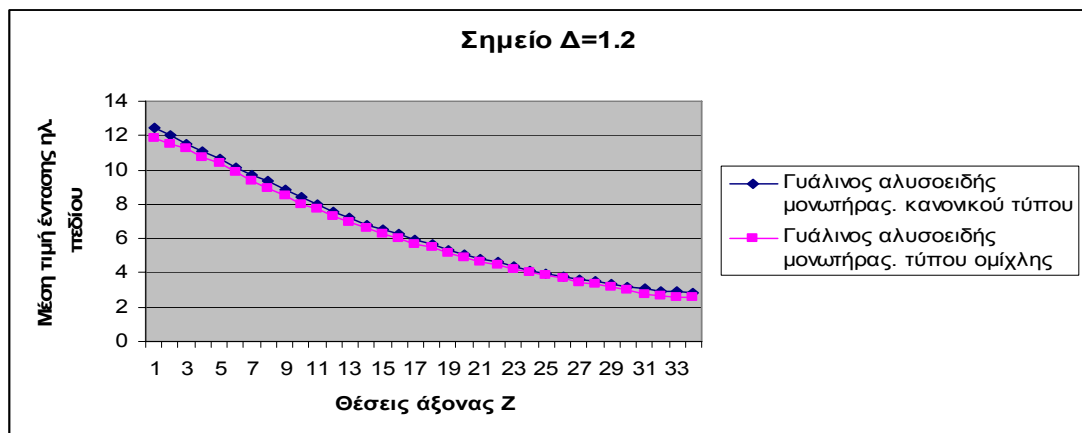
Σχήμα 5.22: Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. κανονικού τύπου, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες - Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. τύπου ομίχλης. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες



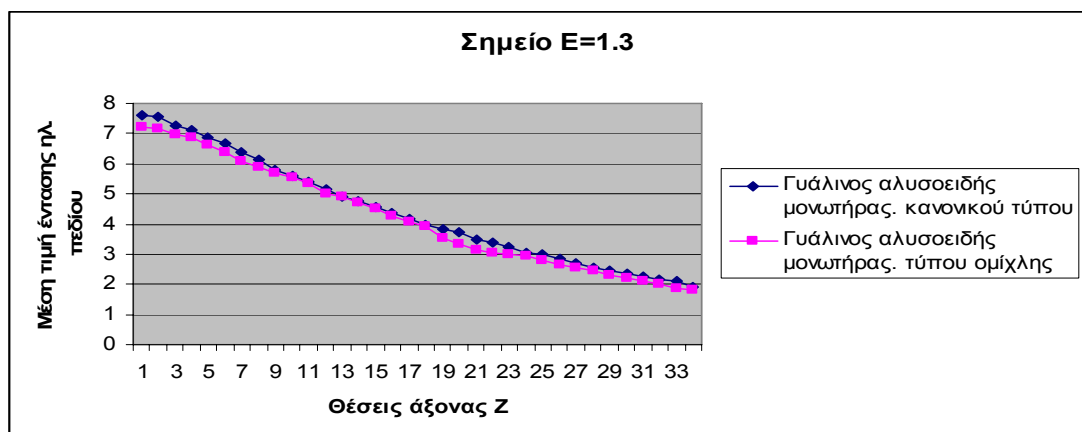
Σχήμα 5.23: Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. κανονικού τύπου. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες - Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. τύπου ομίχλης. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες



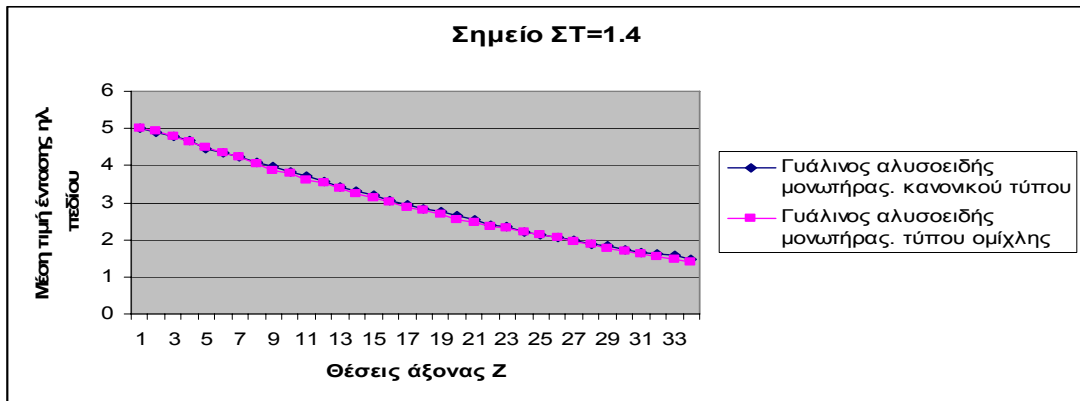
Σχήμα 5.24: Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. κανονικού τύπου. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες - Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. τύπου ομίχλης. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες



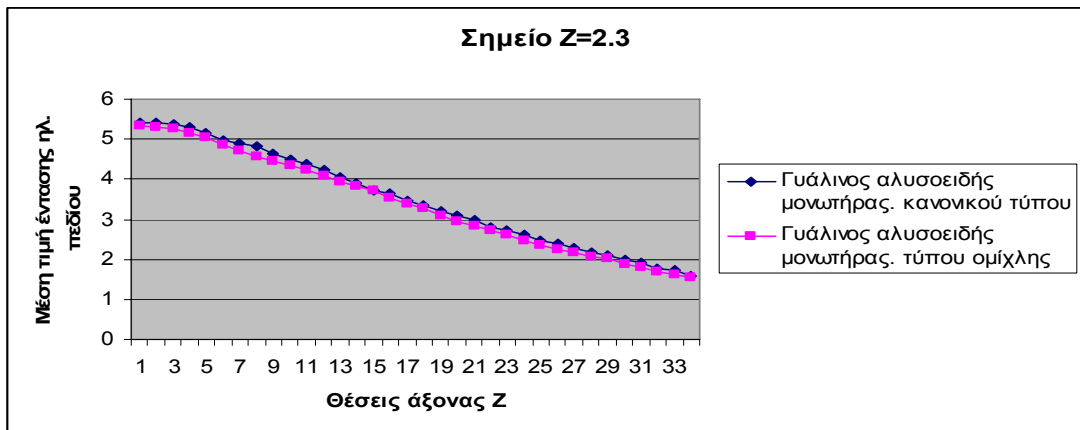
Σχήμα 5.25: Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. κανονικού τύπου. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες - Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. τύπου ομίχλης. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες



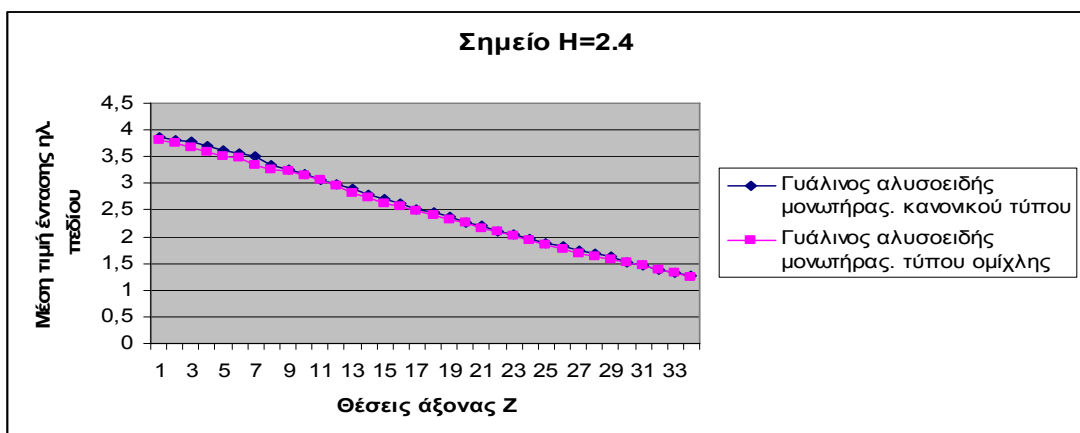
Σχήμα 5.26: Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. κανονικού τύπου. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες - Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. τύπου ομίχλης. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες



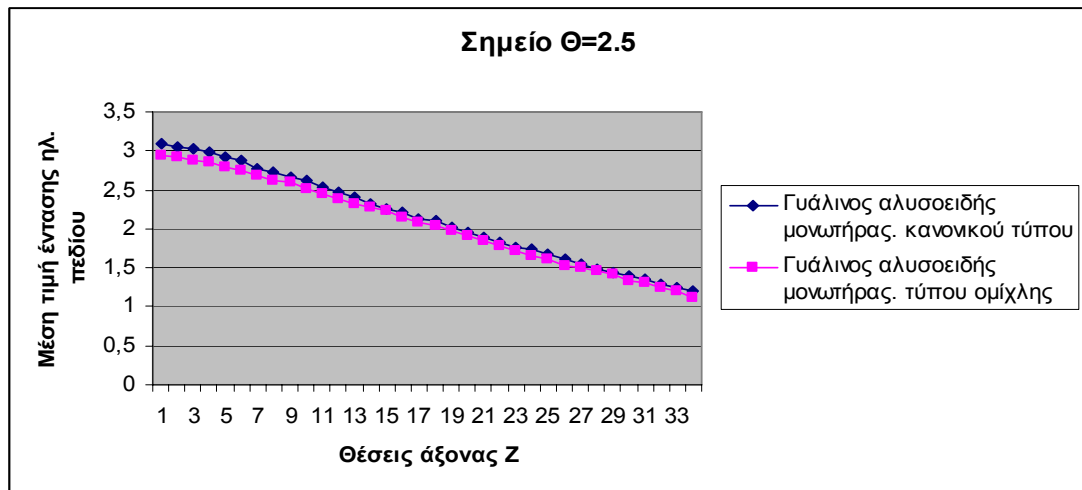
Σχήμα 5.27: Γυάλινος αλυσσοειδής μονωτήρας. κανονικού τύπου. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες - Γυάλινος αλυσσοειδής μονωτήρας. τύπου ομίχλης. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες



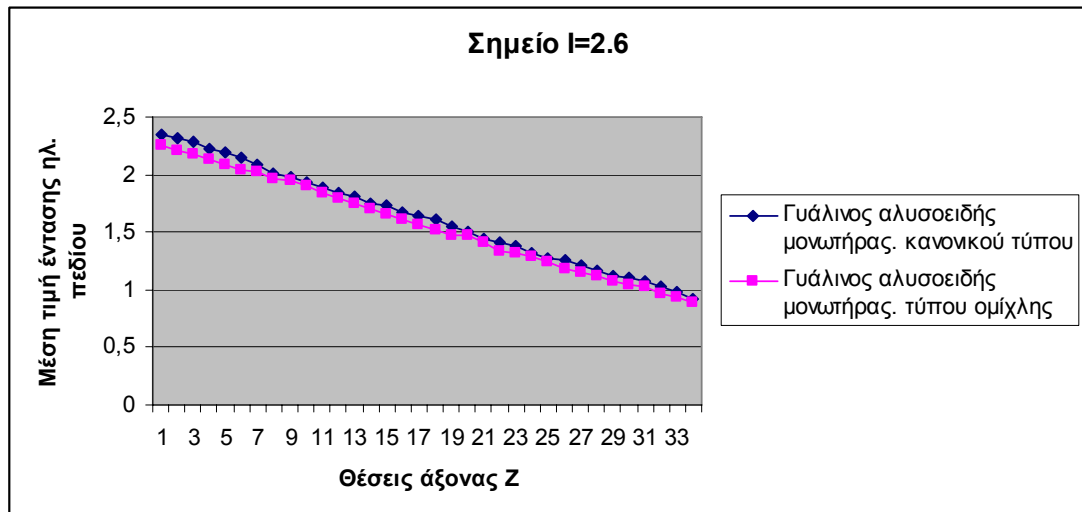
Σχήμα 5.28: Γυάλινος αλυσσοειδής μονωτήρας. κανονικού τύπου. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες - Γυάλινος αλυσσοειδής μονωτήρας. τύπου ομίχλης. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες



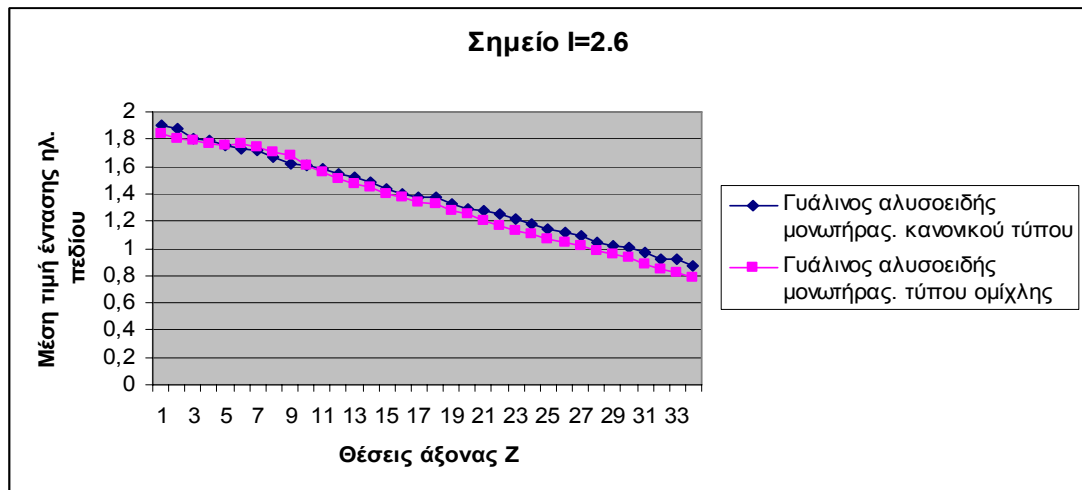
Σχήμα 5.29: Γυάλινος αλυσσοειδής μονωτήρας. κανονικού τύπου. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες - Γυάλινος αλυσσοειδής μονωτήρας. τύπου ομίχλης. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες



Σχήμα 5.30: Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. κανονικού τύπου. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες - Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. τύπου ομίχλης. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες



Σχήμα 5.31: Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. κανονικού τύπου. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες - Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. τύπου ομίχλης. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες



Σχήμα 5.32: Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. κανονικού τύπου. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες - Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας. τύπου ομίχλης. αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες

Στις παραπάνω γραφικές παραστάσεις (Σχήματα 5.22 - 5.32) γίνεται σύγκριση του γυάλινου αλυσοειδούς μονωτήρα, κανονικού τύπου και του γυάλινου αλυσοειδούς μονωτήρα τύπου ομίχλης, όπου παρατηρούμαι σε όλα τα σημεία ότι είναι λίγο μεγαλύτερη η τιμή του ηλεκτρικού πεδίου στην περίπτωση του κανονικού τύπου. Αυτή η διαφορά οφείλεται στην καλύτερη σχεδίαση του μονωτήρα τύπου ομίχλης έχει μεγαλύτερο μήκος ερπυσμού επομένως διασπάται πιο δύσκολα και δημιουργεί πεδίο με χαμηλότερη τιμή. Ο μονωτήρας τύπου ομίχλης έχει μεγαλύτερη μονωτική ικανότητα και είναι πιο σταθερός στην μεταβολή του πεδίου γύρω του σε σχέση με τον μονωτήρα κανονικού τύπου.

Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα

Αντικείμενο της διπλωματικής μου εργασίας ήταν η μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου πλησίον αλυσοειδών μονωτήρων. Πραγματοποιήσαμε πειράματα για τη μέτρηση του ηλεκτρικού πεδίου σε αλυσοειδείς μονωτήρες τύπου cap and pin, οι οποίοι χρησιμοποιούνται από τη ΔΕΗ για την ανάρτηση γραμμών μεταφοράς 400kV. Κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν τυποποιημένες αλυσίδες μονωτήρων πορσελάνης ή υάλου, τύπου κανονικού ή ομίχλης. Μελετήθηκαν συνολικά τέσσερις αλυσοειδείς μονωτήρες και λήφθηκαν οκτώ σειρές μετρήσεων. Πιο αναλυτικά οι αλυσίδες ήταν: α) Πορσελάνινος αλυσοειδής μονωτήρας (070), τύπου κανονικού 400 kV, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες, στον οποίο λήφθηκαν μετρήσεις αρχικά υπό συνθήκες ρύπανσης, στη συνέχεια καταβρέχτηκε η αλυσίδα και λήφθηκαν μετρήσεις σε δύο σημεία για να εξεταστεί η επίδραση της υγρασίας την τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και τέλος καθαρίστηκε η αλυσίδα και λήφθηκαν μετρήσεις. Την ίδια διαδικασία έκανα για την αλυσίδα β) Πορσελάνινος αλυσοειδής μονωτήρας (100), τύπου ομίχλης 400 kV, αποτελούμενος από δεκαέξι (16) δισκοειδείς μονωτήρες και λήφθηκαν μετρήσεις ακολουθώντας την ίδια διαδικασία όπως και στον προηγούμενο μονωτήρα. Επιπλέον, μετρήθηκε το πεδίο σε δύο γυάλινους αλυσοειδείς μονωτήρες, γ) Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας (082), κανονικού τύπου 400 kV αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες, δ) Γυάλινος αλυσοειδής μονωτήρας (112) τύπου ομίχλης, αποτελούμενος από δεκαοκτώ (18) δισκοειδείς μονωτήρες. Η μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου έγινε με τη βοήθεια ενός πεδιομέτρου και ενός αισθητήρα (probe) τα οποία συνδέθηκαν μέσω μιας οπτικής ίνας. Το probe τοποθετήθηκε σε διάφορα σημεία του οριζόντιου επιπέδου, ενώ παράλληλα, με τη βοήθεια επάλληλων σωλήνων, πάνω στους οποίους ενσωματώθηκε ο αισθητήρας, λήφθηκαν μετρήσεις σε τριάντα τέσσερα σημεία του κατακόρυφου άξονα.

Συμπερασματικά, από τη μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου προκύπτει ότι καθώς απομακρυνόμαστε από τον αγωγό Υ.Τ. και κατ' επέκταση από τον αλυσοειδή μονωτήρα η μέση τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου φθίνει. Επίσης, παρατηρείται ότι, ενώ αρχικά οι αποκλίσεις της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των σημείων κάθε μονωτήρα είναι σημαντικές, καθώς απομακρυνόμαστε από τον αγωγό Υ.Τ, αυτές οι διαφορές φθίνουν. Επίσης, κοντά στον αγωγό Υ.Τ. διαπιστώνουμε ότι το πεδίο μειώνεται εκθετικά, ενώ όσο απομακρυνόμαστε από τον αγωγό Υ.Τ. η μείωση του πεδίου τείνει να γίνει γραμμική.

Ο τύπος του αλυσοειδούς μονωτήρα, όπως και ο αριθμός των δισκοειδών μονωτήρων, από τους οποίους αποτελείται, επιδρούν στη μέγιστη τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και κατ' επέκταση στην τιμή αυτού στα διάφορα σημεία του επιπέδου. Επίσης, παρατηρούμε ότι όταν βρέξουμε τους μονωτήρες αυξάνεται η τιμή του πεδίου, ειδικά στην περίπτωση των μονωτήρων τύπου ομίχλης, όμως με την επιφύλαξη ότι το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι σε αυτούς τους μονωτήρες μπορεί η ποσότητα νερού που χρησιμοποιήσα να ήταν περισσότερη.

Το πρόβλημα της ρύπανσης στους μονωτήρες, το οποίο αποτελεί ένα από τα αντικείμενα μελέτης της παρούσας διπλωματικής, εμφανίστηκε ταυτόχρονα με την ανάπτυξη του Συστήματος Μεταφοράς. Τα πρώτα χρόνια αυτό το πρόβλημα ρυθμιζόταν κατ' αποκλειστικότητα από τις καιρικές συνθήκες. Οι άνθρωποι της συντήρησης πέραν από το να εύχονται για τη βροχή που σώζει, προσπαθούσαν να αποκατασταθούν την ημέρα όσα δεινά προκαλούσε στο σύστημα η προηγούμενη νύκτα.

Γρήγορα όμως έγινε αντιληπτό ότι απαιτείται προληπτική δράση, δηλαδή πλύσιμο. Οι καλοκαιρινοί μήνες που για την Ελλάδα σημαίνει το μισό έτος περίπου, αποτελούν περίοδο εγρήγορσης. Σήμερα η ανάπτυξη της συντήρησης δίνει τη δυνατότητα για απόλυτο έλεγχο του προβλήματος της ρύπανσης, αφού έχει αποκτηθεί η πλήρης γνώση του φαινομένου. Η γνώση αυτή περιλαμβάνει τον ακριβή προσδιορισμό του βαθμού της ρύπανσης, τα σωστά πλυτικά συγκροτήματα, τη συγκέντρωση και αξιολόγηση πολλών στοιχείων με τις τοπικές ιδιαιτερότητες, την επίδραση του είδους των μονωτικών διατάξεων, τις προβλεπόμενες γενικές και τοπικές καιρικές συνθήκες, τις εισηγήσεις και τις νέες μεθόδους αντιμετώπισης της ρύπανσης κλπ.

Βέβαια, για να αντιμετωπισθεί η ρύπανση με τη μέγιστη οικονομικότητα, αξιοπιστία

και αποτελεσματικότητα, απομένουν να γίνουν πολλά ακόμα, κυρίως στον τομέα της έρευνας. Άλλωστε πάντα υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης. Αυτό που θα μπορούσε να γίνει επιπλέον, ως επέκταση της παρούσας διπλωματικής, είναι η μέτρηση του πεδίου να πραγματοποιηθεί, αφού πρώτα οι μονωτήρες ρυπανθούν σε θάλαμο τεχνητής ρύπανσης σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60507. Εναλλακτικά οι μονωτήρες θα μπορούσαν να μεταφερθούν κοντά σε θάλασσα ή σε βιομηχανική περιοχή, να τους αφήσουμε για αρκετό χρονικό διάστημα και στη συνέχεια να τους μεταφέρουμε στο εργαστήριο για τη λήψη των μετρήσεων.

Συγκρίνοντας τώρα το γυαλί με την πορσελάνη ως προς τη συμπεριφορά τους στη ρύπανση, δεν υπάρχουν στοιχεία καταφανούς υπεροχής του ενός έναντι του άλλου. Οποσδήποτε, όμως, στα αρνητικά του μονωτήρα πορσελάνης πρέπει να καταχωρηθεί το γεγονός ότι κάθε σφάλμα από υπερπήδηση προκαλεί μη αναστρέψιμες αλλοιώσεις στο σμάλτο της εξωτερικής επιφάνειας, που τον καθιστούν ευπαθέστερο σε νέα σφάλματα.

Αντίθετα στο γυάλινο μονωτήρα το αντίστοιχο φαινόμενο προκαλεί μερική τήξη σε περιορισμένα τμήματα της εξωτερικής επιφάνειας του γυαλιού που στη συνέχεια επαναστεροποιείται αφήνοντάς τον ουσιαστικά άθικτο.

Αντίστοιχα, στα αρνητικά, από πλευράς ρύπανσης πάντα, του γυάλινου μονωτήρα πρέπει να καταχωρηθεί το φαινόμενο του «θαμπώματος» της επιφάνειας του μονωτήρα, το οποίο οδηγεί σε απώλεια τις στιλπνότητας και συνεπώς σε συγκράτηση ρύπων.

Βιβλιογραφία

- [1] J.S.T. Looms, “Insulators for high voltages”, Peter Peregrinus Ltd., London, Unighted Kingdom, 1990
- [2] Κ.Θ. Δέρβος, “Μονωτικά υλικά υψηλών τάσεων”, Εκδόσεις Πολυτεχνείου, Αθήνα, 2001
- [3] Ι.Α. Σταθόπουλος, “Υψηλές Τάσεις Ι”, Εκδόσεις Συμείων, Αθήνα
- [4] S.V. Hörnfeldt, “DC - probes for electric field distribution measurements”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 6, No. 2, April 1991, pp. 524-529
- [5] CIGRE Working Group 03 of Study Committee 22, “Comparative electric field calculations and measurements on high voltage insulators”, Electra, No. 141, April 1992, pp. 69-77
- [6] R. Hartings, “Electric field along a post insulator: AC measurements and calculations”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 9, No. 2, April 1994, pp. 912-918
- [7] R. Hartings, “The AC-Behavior of a hydrophilic and hydrophobic post insulator during rain”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 9, No. 3, July 1994, pp. 1584-1592
- [8] Βασιλική Κονταργύρη, “Ρύπανση μονωτήρων”, Ενδιάμεση Κρίση, ΕΜΠ, 2005
- [9] Power Systems Engineering Research Center (PSERC) “Evaluation of Critical Components of Non-Ceramic Insulators in-service: Role of Defective Interfaces “. Final Project Report, Publication 04-32, August 2004
- [10] University of Queensland, Boon Hai Lim, “Computation of Electric Field in High Voltage Insulators”, Thesis, February 1999
- [11] G.H. Vaillancourt, S.Carignan, C.Jean, ”Experience with the Detection of Faulty Composite Insulators on High-Voltage Power Lines by the Electric Field Measurement Method”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol 13, No. 2, April 1998
- [12] Κωνσταντίνος Ε. Κοντομάρης, Φώτιος Α. Σούρτζης, «Μελέτη Κατανομής του Ηλεκτρικού πεδίου», Διπλωματική Εργασία, Αθηνά, Φεβρουάριος 2005
- [13] Tiebin Zhao, Michael G. Comber, “Calculation of electric field and potential distribution along non-ceramic insulators considering the effects of

conductors and transmission towers”, IEEE Transactions on power delivery, Vol 15, no. 1, January 2000

[14] <http://www.idc-online.com/assets/files/highvoltafe.pdf>

[15] <http://www.ngk-locke.com>

[16] Καγκαράκης, “Μαθήματα στα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά”, Εκδόσεις Συμμετρία, 1994

[17] User’s manual, PMM 8053A, Document 8053AEN-50632-2.32-Copyright PMM 2004

[18] IEC 60060-1, “High voltage test technique, Part 1: General Definitions and test requirements”, November 1989

[19] IEC 60060-2, “High voltage test technique, Part 2: Measuring systems”, November 1994

[20] Προδιαγραφές Δ.Ε.Η. TR-1

[21] Ευαγγέλου ‘Τεχνολογία ηλεκτρολογικών Εξαρτημάτων’, Ο.Ε.Δ.Β