

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας

Διευθυντής: Επικ. Καθηγητής Ε.Π. Χίνης

**ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΚΑΙ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΦΙΑΜ ΣΤΗΝ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΡΑΔΙΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΜΕ
ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

**FILM DEVELOPMENT AND FILM DIGITIZATION AT
THE INDUSTRIAL RADIOGRAPHY INSTALLATION
OF THE NUCLEAR ENGINEERING DEPARTMENT
WITH PRACTICAL APPLICATIONS**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ
ΕΞΑΡΧΟΥ ΓΡΗΓΟΡΙΟΥ του ΓΕΩΡΓΙΟΥ**

Σπουδαστή της Σχολής
Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

Επίβλεψη: Λέκτορας Ν.Π. Πετρόπουλος

ΑΘΗΝΑ 2010

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	v
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή	
1.1 Γενικά.....	1-1
1.2 Εγκατάσταση και δοκιμή λειτουργίας αυτόματου εμφανιστηρίου.....	1-1
1.3 Δοκιμαστική λειτουργία αυτόματου εμφανιστηρίου και προτάσεις αξιοποίησης.....	1-2
1.4 Χειροκίνητη εμφάνιση φιλμ και εφαρμογές.....	1-2
1.5 Οπτική και ψηφιακή μέτρηση αμαύρωσης φιλμ.....	1-3
1.6 Άλλες πρακτικές εφαρμογές.....	1-3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Εγκατάσταση και δοκιμή λειτουργίας αυτόματου εμφανιστηρίου	
2.1 Εισαγωγή.....	2-1
2.2 Προετοιμασία διατιθέμενου χώρου.....	2-1
2.2.1 Γενικά.....	2-1
2.2.2 Ύδρευση.....	2-1
2.2.3 Απιονισμός ύδατος.....	2-2
2.2.4 Έλεγχος ποιότητας απιονισμένου νερού.....	2-4
2.2.5 Αποχέτευση νιπτήρα.....	2-7
2.3 Βασικές τεχνικές πληροφορίες αυτόματου εμφανιστηρίου.....	2-8
2.4 Εγκατάσταση αυτόματου εμφανιστηρίου.....	2-10
2.4.1 Γενικά.....	2-10
2.4.2 Αποχέτευση.....	2-10
2.4.3 Σύνδεση παροχής απιονισμένου νερού.....	2-11
2.4.4 Πλήρωση με διαλύματα.....	2-11
2.4.5 Ηλεκτροδότηση εμφανιστηρίου.....	2-14
2.5 Λειτουργία αυτόματου εμφανιστηρίου.....	2-14
2.5.1 Λειτουργίες πίνακα ελέγχου.....	2-14
2.5.2 Ρύθμιση παραμέτρων λειτουργίας.....	2-15

2.5.3 Προθέρμανση εμφανιστηρίου	2-16
2.5.4 Εισαγωγή και επεξεργασία φιλμ.....	2-16
2.5.5 Βασικές οδηγίες συντήρησης εμφανιστηρίου.....	2-17
2.6 Πρώτη δοκιμή εμφανιστηρίου.....	2-18
2.7 Παρατηρήσεις – σχόλια	2-19
Διαγράμματα του 2 ^{ου} Κεφαλαίου.....	2-21
Πίνακες του 2 ^{ου} Κεφαλαίου.....	2-45
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Δοκιμαστική λειτουργία αυτόματου εμφανιστηρίου και προτάσεις αξιοποίησης	
3.1 Εισαγωγή	3-1
3.2 "Γρήγορα" και "αργά" φιλμ	3-1
3.3 Αυτόματες εμφανίσεις φιλμ από διάφορες εκθέσεις.....	3-2
3.3.1 Γενικά.....	3-2
3.3.2 Εμφανίσεις φιλμ	3-2
3.4 Προτάσεις εργαστηριακής έρευνας με αυτοραδιογραφία	3-16
3.5 Παρατηρήσεις – σχόλια	3-17
Διαγράμματα του 3 ^{ου} Κεφαλαίου.....	3-19
Πίνακες του 3 ^{ου} Κεφαλαίου.....	3-31
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Χειροκίνητη εμφάνιση φιλμ και εφαρμογές	
4.1 Εισαγωγή	4-1
4.2 Εμφάνιση φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας.....	4-1
4.2.1 Εξοπλισμός.....	4-1
4.2.2 Τρόπος εργασίας.....	4-4
4.2.3 Εφαρμογή για χειροκίνητη εμφάνιση φιλμ AGFA D7 PB	4-6
4.2.4 Εφαρμογή για χειροκίνητη εμφάνιση σε άλλα φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας ή ιατρικά φιλμ	4-7
4.2.5 Επαναχρησιμοποίηση διαλυμάτων εμφάνισης και στερέωσης.....	4-7
4.3 Εμφάνιση απλού φωτογραφικού ασπρόμαυρου φιλμ 35mm	4-8
4.3.1 Εξοπλισμός.....	4-8
4.3.2 Τρόπος εργασίας.....	4-9
4.4 Χειροκίνητες εμφανίσεις φιλμ από διάφορες εκθέσεις.....	4-11
4.4.1 Γενικά.....	4-11

4.4.2 Εμφάνισεις φιλμ	4-11
4.5 Εργαστηριακή εξάσκηση στην ραδιογραφία	4-16
4.5.1 Σκοπός.....	4-16
4.5.2 Απαραίτητος εξοπλισμός και υλικά.....	4-16
4.5.3 Διαδικασία	4-16
4.5.4 Παρατηρήσεις.....	4-17
4.5.5 Εκπαιδευτικές ερωτήσεις κρίσεως και κατανόησης	4-18
4.6 Εργαστηριακή εξάσκηση στην αυτοραδιογραφία	4-18
4.6.1 Σκοπός.....	4-18
4.6.2 Απαραίτητος εξοπλισμός και υλικά.....	4-19
4.6.3 Διαδικασία	4-19
4.6.4 Εκπαιδευτικές ερωτήσεις κρίσεως και κατανόησης	4-20
4.7 Παρατηρήσεις – σχόλια	4-20
Διαγράμματα του 4^{ου} Κεφαλαίου.....	4-22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Οπτική και ψηφιακή μέτρηση αμαύρωσης φιλμ

5.1 Εισαγωγή	5-1
5.2 Μέτρηση αμαύρωσης	5-1
5.2.1 Γενικά.....	5-1
5.2.2 Ορισμός οπτικής πυκνότητας	5-2
5.3 Οπτική μέτρηση αμαύρωσης.....	5-2
5.4 Βαθμονόμηση οπτικής μέτρησης αμαύρωσης.....	5-5
5.5 Ψηφιακή μέτρηση αμαύρωσης.....	5-6
5.5.1 Γενικά.....	5-6
5.5.2 Περιγραφή σαρωτή HP Scanjet G4050	5-6
5.5.3 Οδηγός από Plexiglas για φιλμ AFGA D7 PB 10x24cm	5-8
5.5.4 Ρυθμίσεις σαρωτή	5-9
5.5.5 Διαδικασία σάρωσης με τις ρυθμίσεις § 5.5.4	5-10
5.5.6 Επιλογή αρχείου εικόνας κατάλληλου τύπου	5-10
5.5.7 Ψηφιακή μέτρηση αμαύρωσης.....	5-12
5.6 Βαθμονόμηση σαρωτή.....	5-13
5.6.1 Γενικά.....	5-13

5.6.2 Βαθμονόμηση σαρωτή HP Scanjet G4050.....	5-13
5.8 Παρατηρήσεις – σχόλια	5-12
Διαγράμματα του 5 ^{ου} Κεφαλαίου.....	5-22
Πίνακες του 5 ^{ου} Κεφαλαίου.....	3-36
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Άλλες πρακτικές εφαρμογές	
6.1 Εισαγωγή	6-1
6.2 Διάγραμμα έκθεσης.....	6-1
6.3 Χαρακτηριστική του φιλμ.....	6-3
6.4 Διάγραμμα έκθεσης από πειραματικά δεδομένα.....	6-4
6.4.1 Γενικά.....	6-4
6.4.2 Συλλογή και επεξεργασία πειραματικών δεδομένων.....	6-5
6.4.3 Υπολογισμός συσχέτισης για την χαρακτηριστική του φιλμ	6-7
6.4.4 Εφαρμογή για πηγή –x OXFORD XTF 5011	6-8
6.5 Υπολογισμός συσχετίσεων έκθεσης από διάγραμμα έκθεσης.....	6-11
6.5.1 Γενικά.....	6-11
6.5.2 Συσχετίσεις έκθεσης Αλουμινίου (Al) για μηχανή ERESCO 42 MF3	6-12
6.5.3 Συσχετίσεις έκθεσης χάλυβα (Fe) για μηχανή ERESCO 42 MF3	6-13
6.6 Πίνακας και συσχέτιση ισοδύναμου πάχους.....	6-14
6.6.1 Πίνακας ισοδύναμου πάχους.....	6-14
6.6.2 Συσχέτιση ισοδύναμου πάχους.....	6-16
6.7 Παρατηρήσεις – σχόλια	6-17
Διαγράμματα του 6 ^{ου} Κεφαλαίου.....	6-18
Πίνακες του 6 ^{ου} Κεφαλαίου.....	6-35
 ΕΠΙΛΟΓΟΣ	
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	E-1
 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	B-1
 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Βιομηχανική Ραδιογραφία είναι μία από τις σημαντικότερες εφαρμοζόμενες Μεθόδους Μη Καταστροφικού Ελέγχου. Μάλιστα, θεωρείται από πολλούς ως η πλέον ευέλικτη. Χρησιμοποιεί ακτίνες $-x$ ή/και ακτίνες $-γ$ υψηλής διαπεραστικής ικανότητας καθώς και άλλες μορφές ακτινοβολίας, οι οποίες ενώ δεν καταστρέφουν ή με άλλο τρόπο παραποιούν το ραδιογραφούμενο αντικείμενο, παρέχουν μία σχεδόν πλήρη εικόνα των συνθηκών που επικρατούν στο εσωτερικό του. Η εικόνα αυτή καταγράφεται μόνιμα συνήθως σε φιλμ (με τρόπο εντελώς ανάλογο όπως οι ιατρικές ακτινογραφίες) και περιέχει σημαντικές πληροφορίες με βάση τις οποίες ελέγχεται η κατασκευαστική πληρότητα του προϊόντος. Τα τελευταία 30 έτη (1975 –2005), τα στοιχεία από τέτοια φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας, επέτρεψαν στην βιομηχανία να αυξήσει την αξιοπιστία των προϊόντων της, και παρείχαν τα μέσα για την πρόληψη μεγάλων ατυχημάτων και τη συνακόλουθη διάσωση ζώων, με κοινωνικό όφελος που καρπώνεται πλήρως ο τελικός χρήστης των ραδιογραφούμενων προϊόντων.

Η Βιομηχανική Ραδιογραφία είναι εξαιρετικά ευέλικτη μέθοδος. Τα ραδιογραφούμενα αντικείμενα / προϊόντα, έχουν μέγεθος που κυμαίνεται από ηλεκτρονικά ανταλλακτικά σχεδόν οσοδήποτε μικρά, έως και οσοδήποτε μεγάλα μηχανολογικά μέρη διαστημικών πυραύλων. Επιπλέον η σύνθεση των ραδιογραφούμενων αντικειμένων μπορεί να περιέχει σχεδόν οποιοδήποτε γνωστό κατασκευαστικό υλικό. Τέλος, ο τρόπος κατασκευής (χύτευση, συγκόλληση κλπ) των αντικειμένων αυτών, ελάχιστα επηρεάζει. Σημειώνεται ότι υπάρχει διαρκής έρευνα και ανάπτυξη στο πεδίο της Βιομηχανικής Ραδιογραφίας, από την οποία προκύπτουν συνεχώς νέες πηγές ακτινοβολίας και νέες τεχνικές παραγωγής της ραδιογραφικής εικόνας κατάλληλες προς χρήση.

Η σημασία της Βιομηχανικής Ραδιογραφίας οδηγεί στην ανάγκη για ύπαρξη ειδικά καταρτισμένου προσωπικού, ικανού να χειριστεί (α) την πραγματοποίηση της ραδιογραφίας υπό ασφαλείς συνθήκες ραδιοπροστασίας, (β) την λήψη της ραδιογραφικής εικόνας από δοκίμια με τους κανόνες της τέχνης και της επιστήμης και (γ) της ερμηνείας των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τη ραδιογραφία. Με το βλέμμα στην ανάγκη αυτήν, το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και ο Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών αποφάσισαν τη δημιουργία μίας εργαστηριακής εγκατάστασης Βιομηχανικής Ραδιογραφίας. Με τη λειτουργία της εγκατάστασης αυτής στο ΕΜΠ θα επιδιωχθεί η εξοικείωση των

μελλοντικών Μηχανολόγων και άλλων Μηχανικών με το αντικείμενο της Βιομηχανικής Ραδιογραφίας στο προπτυχιακό αλλά και στο μεταπτυχιακό στάδιο. Για το σκοπό αυτό στην εργαστηριακή εγκατάσταση, η οποία αυτή τη στιγμή (2010) βρίσκεται στο στάδιο της διαμόρφωσης με τη βοήθεια ήδη αποκτηθέντος εξοπλισμού, θα ραδιογραφούνται δοκίμια χρησιμοποιώντας συσκευή παραγωγής ακτίνων -x. Δεδομένου ότι ο εξοπλισμός αυτός είναι απολύτως ενεργητικός και λειτουργεί μόνο με την παροχή της κατάλληλης ηλεκτρικής ισχύος αποφεύγονται ουσιαστικά προβλήματα ραδιοπροστασίας που θα υπήρχαν αν αντίθετα γινόταν χρήση ισχυρών ισοτοπικών πηγών φωτονίων, όπως π.χ. προβλήματα φύλαξης και ασφαλούς θωράκισης. Η καταγραφή της ραδιογραφικής εικόνας θα γίνεται σε συμβατικό φιλμ, του οποίου η εμφάνιση θα πραγματοποιείται σε αυτόματο εμφανιστήριο. Για τη λειτουργία του υπόψιν εξοπλισμού διατέθηκαν από τον Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ συγκεκριμένοι χώροι που εξασφαλίζουν την ασφάλεια για το προσωπικό και τους φοιτητές έκθεση των δοκιμίων και την εμφάνιση των φιλμ σε περιβαλλοντικές συνθήκες (φωτισμού, θερμοκρασίας κλπ.) που δεν αλλοιώνουν τη ραδιογραφική εικόνα. Το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, η οποία ανατέθηκε στα πλαίσια του μαθήματος "Βιομηχανικές Εφαρμογές Πυρηνικής Τεχνολογίας" του 7^{ου} χειμερινού εξαμήνου της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών είναι η εξέταση των μεθόδων αυτόματης και χειροκίνητης εμφάνισης φιλμ, και η εφαρμογή των μεθόδων αυτών για την εμφάνιση φιλμ προερχόμενα (α) από δοκιμές ραδιογραφίας με μικρές σημειακές πηγές φωτονίων (β) από δοκιμές αυτοραδιογραφίας και (γ) από ραδιογραφίες με χρήση της πηγής ακτίνων-x 50kV του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας. Στα πλαίσια του αντικειμένου της Διπλωματικής εξετάζονται επίσης οι βασικές αρχές για την οπτική και την ψηφιακή μέτρηση της αμαύρωσης του φιλμ και για την ψηφιοποίηση των φιλμ Βιομηχανικής Ραδιογραφίας. Τέλος, με βάση κατάλληλη σειρά ραδιογραφιών με κατάλληλα δοκίμια "κλίμακας" διερευνάται πειραματικά με σειρά ραδιογραφήσεων με χρήση της πηγής ακτίνων-x 50kV, ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να κατασκευάζονται Διαγράμματα Εκθεσης. Εξετάζεται ακόμα ο τρόπος με τον οποίο τα Διαγράμματα Εκθεσης μπορούν να αναπαριστώνται από κατάλληλες συσχετίσεις.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Λέκτορα κ. Ν.Π. Πετρόπουλο για την συνεργασία που είχαμε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης αυτής της Διπλωματικής Εργασίας. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Διευθυντή του Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας Επίκουρο Καθηγητή κ. Ε.Π. Χίνη για τη διάθεση αναγκαίων πιστώσεων για μικρές δαπάνες προκειμένου για την ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, καθώς και το προσωπικό του Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας για τη τεχνική βοήθεια και την συμπαράστασή τους, όπου χρειάστηκε. Οι ευχαριστίες επεκτείνονται στον Επίκουρο Καθηγητή του Τομέα κ. Μ. Αναγνωστάκη, και το μέλος του προσωπικού ΕΤΕΠ του Τομέα Δρ. Μηχανολόγο Μηχανικό κα Π. Ρούνη για την συνεργασία τους και τη βοήθειά τους στο πειραματικό μέρος της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας που αφορούσε στα πειράματα με την μηχανή παραγωγής ακτίνων $-x$ 50 kV. Επίσης ευχαριστίες οφείλονται και στον Υποψήφιο Διδάκτορα του Τομέα Μηχανολόγο Μηχανικό κ. Ν. Παπαδόπουλου για τη βοήθειά του και τις υποδείξεις του σχετικά με τις διαδικασίες χειροκίνητης εμφάνισης φιλμ.

ABSTRACT

FILM DEVELOPMENT AND FILM DIGITIZATION AT THE INDUSTRIAL RADIOGRAPHY INSTALLATION OF THE NUCLEAR ENGINEERING DEPARTMENT WITH PRACTICAL APPLICATIONS

Diploma Dissertation of G. Exarchos

The main tasks within the frame of this Diploma Dissertation may be summarized as it follows:

(1) to extensively review and present the methods of automated and manual industrial radiography film development and fixing.

(2) to review the installation and the appropriate use of an automated industrial film processor available at the Nuclear Engineering Laboratory of NTUA

(3) to apply the development and fixing methods presented for the processing of films which are mainly the results of: (a) radiographies using point photon sources of low activity, (b) autoradiographies and (c) radiographies using a small 50 kV –x ray generator available at the Nuclear Engineering Laboratory of NTUA.

(4) to investigate the basic principles for the optical and digital measurement of the industrial radiography film density.

(5) to investigate the basic principles for the industrial radiography film digitization, using a simple home-office film scanner.

(6) to experimentally construct exposure diagrams for the 50 kV –x ray generator using step wedge specimens constructed of PVC and Aluminum.

and finally,

(7) to examine the feasibility of producing suitable correlations for the calculation of exposure without using the exposure diagrams.

The following conclusions may be drawn:

- With regard to the film development process

The film development installation is appropriate and capable of film processing for the needs of applications of industrial radiography. The radiographic images of

industrial radiography films that have been processed manually or automatically appear to have the same quality under the same exposure circumstances. Following some specific tests, faster dental films seem to be more suitable for use in radiography and autoradiography laboratory exercises for educational purposes.

- With regard to the economy of film development process

It is advisable to apply manual film processing techniques, if only a few films are to be processed within an extended time period. Automated film processing is more suitable, when there is a relatively big amount of films to be developed within a short time period.

- With regard to research using autoradiographic techniques

Autoradiography using point or bulk photon sources with low activity can be relative hard to accomplish in short durations. Films that are relatively faster than ordinary industrial radiography films must be used. On the other hand autoradiography using $-\alpha$ or $-\beta$ radiation sources is relatively easier and can be accomplished in short durations.

- With regard to the method of measuring film density

Considering the limited capabilities of the home-office scanner tested for this purpose, it seems more reliable to utilize optical measuring of film density than measuring through digitization using the scanner. It is therefore advisable to employ professional industrial radiography film scanners, when there is need of reliable digitization of radiographic images.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Οι κύριος στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας μπορεί να συνοψισθεί ως η παρουσίαση και η ανάλυση των τρόπων εμφάνισης και μέτρησης οπτικής πυκνότητας φιλμ στην εγκατάσταση βιομηχανικής ραδιογραφίας του Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας. Στα πλαίσια αυτά διακρίνονται μία σειρά από επί μέρους στόχους ως εξής:

- (1) Η εγκατάσταση και η δοκιμή λειτουργίας του διαθέσιμου αυτόματου εμφανιστηρίου
- (2) Η δοκιμαστική λειτουργία αυτόματου εμφανιστηρίου για διάφορα φιλμ και εκθέσεις ραδιογραφίας και αυτοραδιογραφίας
- (3) Η παρουσίαση της χειροκίνητης εμφάνισης φιλμ για διάφορα φιλμ και εκθέσεις ραδιογραφίας και αυτοραδιογραφίας καθώς και ορισμένων εργαστηριακών εφαρμογών για τους σκοπούς των προπτυχιακών μαθημάτων του Τομέα
- (4) Η εξέταση των μεθόδων οπτικής και ψηφιακής μέτρησης αμαύρωσης φιλμ. Στις μεθόδους αυτές συμπεριλαμβάνεται και η ψηφιοποίηση της ραδιογραφικής εικόνας του φιλμ σε ηλεκτρονικό αρχείο.

και τέλος

- (5) Η παρουσίαση ορισμένων άλλων πρακτικών εφαρμογών, όπως η πειραματική χάραξη διαγράμματος έκθεσης και η μετατροπή διαγράμματος έκθεσης σε αντίστοιχες συσχετίσεις.

1.2 Εγκατάσταση και δοκιμή λειτουργίας αυτόματου εμφανιστηρίου

Στο 2^ο Κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία της εγκατάστασης του αυτόματου εμφανιστηρίου μέσα στο χώρο του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ και η πρώτη λειτουργία του για την αυτόματη εμφάνιση φιλμ. Αρχικά περιγράφεται η προετοιμασία του διατιθέμενου χώρου για την εγκατάσταση του εμφανιστηρίου, δηλαδή (α) η εγκατάσταση της παροχής νερού, (β) η εξασφάλιση της κατάλληλης ποιότητας του νερού τροφοδοσίας του εμφανιστηρίου μέσω μεθόδου απιονισμού, (γ) οι δυνατότητες ελέγχου της ποιότητας του νερού αυτού, (δ) η εγκατάσταση αποχέτευσης για την

απαγωγή των τυχόν υγρών αποβλήτων. Στην συνέχεια γίνεται περιγραφή του αυτόματου εμφανιστηρίου και αναφέρεται η διαδικασία της τοποθέτησής του στο διατιθέμενο χώρο. Τέλος περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας του και η πρώτη χρήση του. Ειδικό βάρος δόθηκε στην περιγραφή του τρόπου που το εμφανιστήριο πληρώνεται με τα κατάλληλα χημικά διαλύματα καθώς και στον τρόπο που αυτά προετοιμάζονται, δεδομένου μάλιστα ότι τέτοιες περιγραφές δεν περιέχονται με λεπτομέρεια στα εγχειρίδια χρήσης του εμφανιστηρίου. Διαπιστώθηκε ότι κατά την πρώτη δοκιμή το εμφανιστήριο εμφανίζει φιλμ όπως αναμενόταν.

1.3 Δοκιμαστική λειτουργία αυτόματου εμφανιστηρίου και προτάσεις αξιοποίησης

Στο 3^ο Κεφάλαιο περιγράφονται αυτόματες εμφανίσεις φιλμ που πραγματοποιήθηκαν για ενδεικτικά δοκιμαστικά πειράματα ραδιογραφίας και αυτοραδιογραφίας και δίνονται τα αναλυτικά συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτές τις δοκιμές, τα οποία μπορούν να εξυπηρετήσουν την εργαστηριακή εξάσκηση και έρευνα στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ. Για τις δοκιμές αυτοραδιογραφίας χρησιμοποιήθηκαν κυρίως σημειακές πηγές μικρής ραδιενέργειας (1~6 μC) καθώς και τέφρα ως "πηγή φωτονίων με όγκο" πολύ μικρής ραδιενέργειας (τάξης μεγέθους nC). Για τις δοκιμές ραδιογραφίας χρησιμοποιήθηκαν τόσο σημειακές πηγές μικρής ραδιενέργειας (6 μC) όσο και μία μηχανή παραγωγής ακτίνων -x 50 kV που διαθέτει το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας για εφαρμογές XRF. Τα φιλμ που δοκιμάστηκαν ήταν ποικίλα: (α) βιομηχανικού τύπου, (β) οδοντιατρικά, (γ) ιατρικά, και (δ) φωτογραφικά(ασπρόμαυρα). Κατά την περιγραφή των δοκιμών εξετάζονται και ποιοτικά χαρακτηριστικά των φιλμ, όπως π.χ. ο χαρακτηρισμός τους σε "γρήγορα" και "αργά". Στις προτάσεις εργαστηριακής έρευνας με αυτοραδιογραφία προτείνεται να αναλυθούν με τη μέθοδο αυτή δείγματα επιφανειακού χρώματος από την απόθεση του ατυχήματος του Chernobyl στην Ελλάδα για τον εντοπισμό "hot particles".

1.4 Χειροκίνητη εμφάνιση φιλμ και εφαρμογές

Στο 4^ο Κεφάλαιο περιγράφονται χειροκίνητες εμφανίσεις φιλμ που πραγματοποιήθηκαν για ενδεικτικά πειράματα ραδιογραφίας και αυτοραδιογραφίας. Περιγράφεται η

χειροκίνητη εμφάνιση δύο κυρίως τύπων φιλμ: (α) των φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας και (β) των σχετικά ταχύτερων φωτογραφικών ασπρόμαυρων φιλμ 35mm. Για το σκοπό αυτό εξετάζονται και παρουσιάζονται τα ακόλουθα: (1) ο εξοπλισμός που χρειάζεται για την πραγματοποίηση της διαδικασίας χειροκίνητης εμφάνισης φιλμ, (2) ο τρόπος εργασίας για την χειροκίνητη εμφάνιση, (3) δοκιμαστικές χειροκίνητες εμφανίσεις φιλμ που πραγματοποιήθηκαν και (4) προτάσεις για εφαρμογή της τεχνικής της χειροκίνητης εμφάνισης φιλμ σε εργαστηριακές ασκήσεις ραδιογραφίας και αυτοραδιογραφίας που μπορούν να γίνονται στα πλαίσια του μαθήματος "Βιομηχανικές Εφαρμογές Πυρηνικής Τεχνολογίας" του 7^{ου} χειμερινού εξαμήνου της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών. Για την καλύτερη κατανόηση των εργαστηριακών ασκήσεων ραδιογραφίας και αυτοραδιογραφίας, παρατίθεται σειρά σχετικών εκπαιδευτικών ερωτήσεων. Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην τυποποίηση του τρόπου εργασίας σε όλες τις περιπτώσεις προκειμένου να διασφαλίζεται μια σταθερή ποιότητα της εμφάνισης και συγκρίσιμες ραδιογραφικές εικόνες αν πρόκειται για τη ραδιογράφιση του ίδιου δοκιμίου στις ίδιες συνθήκες έκθεσης.

1.5 Οπτική και ψηφιακή μέτρηση αμαύρωσης φιλμ

Στο 5^ο Κεφάλαιο εξετάστηκε ο τρόπος μεταφοράς της ραδιογραφικής εικόνας από το φιλμ σε ψηφιακή μορφή. Για το σκοπό αυτό υπάρχει η αναγκαιότητα μέτρησης της αμαύρωσης των φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας και εμομένως εξετάζονται οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να γίνεται η μέτρηση αυτή. Παρουσιάζεται η αρχή μέτρησης και εξετάζονται οι συσκευές οπτικής μέτρησης της αμαύρωσης που είναι διαθέσιμες στην εγκατάσταση βιομηχανικής ραδιογραφίας του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας, καθώς και ο τρόπος λειτουργίας τους. Εξετάζεται επίσης ο τρόπος βαθμονόμησης των συσκευών αυτών. Δίνεται επίσης η αρχή ψηφιακής μέτρησης της αμαύρωσης με τη χρήση σαρωτή. Η παρουσίαση εξειδικεύεται για έναν ειδικό αλλά κατά βάση απλό σαρωτή φωτογραφικού φιλμ για εφαρμογές γραφείου. Τέλος εξετάζεται ο τρόπος βαθμονόμησης του σαρωτή ως συσκευή μέτρησης της οπτικής πυκνότητας.

1.6 Άλλες πρακτικές εφαρμογές

Στο τελευταίο 6^ο Κεφάλαιο, δίνεται μια σειρά από πρακτικές εφαρμογές με ιδιαίτερο βάρος στα διαγράμματα έκθεσης, και στη χρήση της χαρακτηριστικής του φιλμ. Κατ'

αρχήν παρουσιάζεται μία μικρή ανασκόπηση σχετικά με το τι είναι το διάγραμμα έκθεσης και το τι είναι η χαρακτηριστική του φιλμ, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία για τη συνέχεια. Δίνεται ένας απλός προσεγγιστικός τρόπος χάραξης διαγράμματος έκθεσης με χρήση πειραματικών δεδομένων και της χαρακτηριστικής του φιλμ για το οποίο υπολογίζεται το διάγραμμα. Ο τρόπος αυτός επαληθεύεται με την εκμετάλλευση ενός πραγματικού πειράματος για δύο υλικά αλουμίνιο και PVC σε διάφορα πάχη με χρήση μηχανής παραγωγής ακτίνων x μικρής ενέργειας (έως το πολύ 50 kV) και φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας συγκεκριμένου τύπου. Στη συνέχεια εκτιμήθηκε η ακρίβεια και ο τρόπος με τα οποία μπορεί να μετατραπεί ένα διάγραμμα έκθεσης σε συσχετίσεις δύο ανεξάρτητων μεταβλητών: (α) του πάχους και της έκθεσης για τον υπολογισμό της κατάλληλης υψηλής τάσης και (β) του πάχους και της υψηλής τάσης για τον υπολογισμό της κατάλληλης έκθεσης. Εκτιμήθηκε επίσης η συσχέτιση που μπορεί να υπολογίζει προσεγγιστικά τους συντελεστές ισοδύναμης έκθεσης σε χάλυβα για διάφορα υλικά. Τονίζεται ότι δεν φαίνεται να υπάρχουν τέτοιες συσχετίσεις για τα διαγράμματα έκθεσης και για τους συντελεστές ισοδύναμης έκθεσης στην σχετική με τη βιομηχανική ραδιογραφία βιβλιογραφία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΜΦΑΝΙΣΤΗΡΙΟΥ

2.1 Εισαγωγή

Στο παρόν Κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία της εγκατάστασης του αυτόματου εμφανιστηρίου μέσα στο χώρο του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ και η πρώτη λειτουργία του για την αυτόματη εμφάνιση φιλμ.

Αρχικά περιγράφεται η προετοιμασία του διατιθέμενου χώρου για την εγκατάσταση του εμφανιστηρίου, δηλαδή (α) η εγκατάσταση της παροχής νερού κατάλληλης ποιότητας για την τροφοδότηση του και (β) η εγκατάσταση αποχέτευσης για την απαγωγή των τυχόν υγρών αποβλήτων. Στην συνέχεια γίνεται περιγραφή του αυτόματου εμφανιστηρίου και αναφέρεται η διαδικασία της τοποθέτησής του στο διατιθέμενο χώρο. Τέλος περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας του και η πρώτη χρήση του.

2.2 Προετοιμασία διατιθέμενου χώρου

2.2.1 Γενικά

Όπως με λεπτομέρεια αναφέρεται και αιτιολογείται στην Μεταπτυχιακή Εργασία του Χρυσικόπουλου (2009), ο χώρος του Εργαστηρίου που έχει διατεθεί ως κατάλληλος για την εγκατάσταση του εμφανιστηρίου είναι ο χώρος ΥΚ5 που διακρίνεται στη κάτοψη του υπογείου του κτιρίου του Εργαστηρίου στο Διάγραμμα 2.1. Ο χώρος αυτός παρόλο που γενικά καλύπτει τις απαιτήσεις εξαερισμού, ποιότητας τοιχοποιίας και δαπέδων και τις απαιτήσεις φωτισμού για την εγκατάσταση εμφανιστηρίου (βλ. και Quinn, 1980), παρουσίαζε δύο κύρια προβλήματα σε σχέση με την εγκατάσταση του εμφανιστηρίου: (α) δεν διέθετε ύδρευση και (β) απουσίαζε η κατάλληλη αποχέτευση. Στη συνέχεια δίνονται οι πληροφορίες σχετικά με τις δύο αυτές εγκαταστάσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας για την εξυπηρέτηση του εμφανιστηρίου.

2.2.2 Ύδρευση

Το πρώτο και κύριο θέμα για να τεθεί σε λειτουργία το αυτόματο εμφανιστήριο ήταν η εξασφάλιση της τροφοδοσίας του με νερό. Το πρόβλημα ήταν ότι μέσα στον χώρο

ΥΚ5 δεν υπήρχε από κατασκευής παροχή νερού δικτύου. Έπρεπε λοιπόν να εγκατασταθεί μια παροχή που να φέρνει το νερό με κατάλληλες σωληνώσεις από διανομές ύδατος που υπάρχουν στο εξωτερικό του χώρου ΥΚ5. Συγκεκριμένα, όπως διακρίνεται στο σχέδιο του Διαγράμματος 2.2 (Χρυσικόπουλος, 2009) διατίθεται κατάλληλη κεντρική διανομή κρύου και ζεστού νερού στον κεντρικό διάδρομο έξω από το χώρο ΥΚ5. Οι σωληνώσεις της διανομής αυτής είναι αναρτημένες από την οροφή. Από τις σωληνώσεις αυτές απομαστεύθηκε κρύο νερό δικτύου και οδηγήθηκε στο εσωτερικό του χώρου ΥΚ5 μέσω σφαιρικής βάνας 1/2". Χρησιμοποιήθηκε για το σκοπό αυτό "μαύρη" πλαστική σωλήνα πίεσεως Φ15 (βλ. και φωτογραφία του Διαγράμματος 2.3). Η σωλήνα αυτή, όντας εύκαμπτη, τοποθετήθηκε εντός μονοκόμματου "σπιράλ" ηλεκτρολογικού βαρέως τύπου "ΚΟΥΒΙΔΗΣ" Φ25 και όδευσε μέσω των διαθέσιμων σχαρών (βλ. και Χρυσικόπουλος, 2009) έως και το άνω μέρος του ανατολικού τοίχου του χώρου ΥΚ5. Στη συνέχεια με κατακόρυφη όδευση εντός πλαστικής ηλεκτρολογικής "ευθείας" βαρέως τύπου "ΚΟΥΒΙΔΗΣ" Φ32 συνδέθηκε σε "μπαταρία" νιπτήρος σε νιπτήρα που τοποθετήθηκε επί του ανατολικού τοίχου επί τούτου (βλ. και φωτογραφία του Διαγράμματος 2.4). Το συνολικό μήκος πλαστικής σωλήνας που χρησιμοποιήθηκε μέχρι και αυτή τη σύνδεση ήταν περίπου 15 m. Με κατάλληλη σύνδεση "ταυ" η "μπαταρία" του νιπτήρα συνδέθηκε και με παροχή ζεστού νερού. Το νερό αυτό μπορεί να θερμαίνεται από ταχυθερμοσίφωνα λεπτής ροής, ισχύος 5 kW. Τα σχετικά με την ηλεκτρική τροφοδοσία του υπόψιν θερμοσίφωνα εξετάζονται σε επίπεδο σχεδιασμού ηλεκτρικής εγκατάστασης και από τον Χρυσικόπουλο (2009). Ας σημειωθεί εδώ ότι αντί για τον ταχυθερμοσίφωνα θα μπορούσε να συνδεθεί δεύτερος πλαστικός σωλήνας που να φέρνει ζεστό νερό στο χώρο ΥΚ5, αλλά αποφασίστηκε ότι η λύση του ταχυθερμοσίφωνα ήταν πιο συμφέρουσα από άποψη κόστους και απαιτούμενης εργασίας. Εξάλλου δεν υπολογίζεται ότι θα υπάρχει συχνή ανάγκη για χρήση ζεστού νερού στο χώρο ΥΚ5.

2.2.3 Απιονισμός ύδατος

Είναι γενικά γνωστό ότι το νερό της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, είναι μεν πόσιμο, αλλά με περιεκτικότητα αλάτων περί το άνω επιτρεπτό όριο. Κατά την εμφάνιση του φιλμ με τρεχούμενο νερό τέτοιας ποιότητας, υπάρχει πιθανότητα απόθεσης των αλάτων αυτών στην επιφάνεια του φιλμ με κίνδυνο οπτικής αλλοίωσης της ραδιογραφικής εικόνας. Το νερό του δικτύου όπως οδηγήθηκε στον νιπτήρα στο χώρο ΥΚ5 είναι προφανώς νερό με άλατα. Για την απαλλαγή του από αυτά

επιλέχθηκε η λύση της εγκατάστασης στήλης απιονισμού. Ο τύπος της στήλης απιονισμού που τοποθετήθηκε είναι ο Zalion 1200, ικανότητας επεξεργασίας 1200 L, εταιρείας κατασκευής IONEL AEBE, Κασταμονής 5, 14121 Ηράκλειο, Αθήνα, Τηλ.: 2102779911 (βλ. σχετικά και το φυλλάδιο του Διαγράμματος 2.5). Με κατάλληλη σύνδεση "ταυ" εξασφαλίστηκε η παροχή τρεχούμενου νερού στη στήλη απιονισμού ύδατος, η έξοδος της οποίας μπορεί να παρέχει νερό πρακτικά χωρίς άλατα. Στο κομμάτι της σωλήνωσης που χρησιμοποιήθηκε για τη σύνδεση αυτή, τοποθετήθηκαν μία σειρά από υδραυλικά εξαρτήματα για τον καλύτερο έλεγχο της λειτουργίας της στήλης, ως εξής:

1. Πριν το νερό φτάσει στη στήλη απιονισμού τοποθετήθηκε σφαιρική βάνα ½". Αυτό έγινε, διότι πρέπει η ροή του νερού δια της στήλης να μπορεί να διακόπτεται πριν από την είσοδο σε αυτή και η έξοδος της στήλης να παραμένει σε ελεύθερη ροή. Αυτό εξασφαλίζει ότι η στήλη δεν θα μείνει ποτέ υπό πίεση με κίνδυνο να καταστραφεί, δεδομένου ότι είναι από κατασκευής ένας πλαστικός κύλινδρος που είναι αμφίβολο αν αντέχει την πίεση νερού δικτύου, η οποία μπορεί να είναι τυπικά μεταξύ 4 – 10 bar. Σημειώνεται ότι στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας η πίεση του νερού δικτύου στο υπόγειο είναι περί τα 4 bar και η διατήρησή της στην τιμή αυτή γίνεται με κατάλληλο ρυθμιστή πίεσης.
2. Σειριακά μετά τη σφαιρική βάνα ½" τοποθετήθηκε βάνα λεπτής ρύθμισης ροής έτσι ώστε να έχουμε κάθε φορά στη στήλη την επιθυμητή ροή νερού και όχι παραπάνω.
3. Ακολούθως τοποθετήθηκε ρυθμιστής πίεσης έτσι ώστε η πίεση μέσα στη στήλη κατά τη διάρκεια της ροής να μην υπερβαίνει τα 3 bar ανεξάρτητα από την τιμή της πίεσης που έχει το δίκτυο. Αυτό έγινε όχι μόνο για να μην καταστραφεί η στήλη λόγω υψηλής πίεσης της ροής αλλά και για τον επιπλέον λόγο ότι η πίεση του απιονισμένου νερού που τροφοδοτεί το εμφανιστήριο δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 3 bar σύμφωνα με οδηγίες στα εγχειρίδια χρήσης του αυτόματου εμφανιστηρίου.
4. Τέλος, τοποθετήθηκε αυτόματο εξαεριστικό ½" σε κατάλληλο υψηλό σημείο του κυκλώματος, ώστε σε περίπτωση που οι σωληνώσεις πριν την είσοδο στην στήλη ή ακόμα και η ίδια η στήλη, έχουν κρατήσει αέρα, αυτός να διαφεύγει από εκεί και να μην οδηγείται προς το εμφανιστήριο.

5. Τονίζεται ότι, στην έξοδο της στήλης δεν πρέπει ποτέ να τοποθετηθεί βάνα ή άλλο εμπόδιο, διότι έτσι υπάρχει όπως σημειώθηκε ο κίνδυνος καταστροφής της στήλης αν αναπτυχθεί σε αυτή πίεση δικτύου λόγω κλεισίματος αυτής της βάνας.

Η στήλη όπως είναι τοποθετημένη στα δεξιά του νιπτήρα στον ανατολικό τοίχο του χώρου ΥΚ5 διακρίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 2.6. Στην έξοδο της στήλης τοποθετήθηκαν επίσης μία σειρά από υδραυλικά εξαρτήματα για τον καλύτερο έλεγχο της λειτουργίας της , ως εξής:

- i. ένας υδρομετρητής έτσι ώστε να μετράται ακριβώς η ποσότητα του νερού που έχει περάσει από τη στήλη και έτσι η στήλη να μπορεί να αλλαχθεί μετά τα 1200 L νερού χωρίς να υπάρχει η αβεβαιότητα κάποιος να χρειαστεί να κρίνει από το χρώμα του άμμου στο εσωτερικό της.
- ii. Μετά την πρώτη χρήση του νερού της στήλης παρατηρήθηκε ότι αυτό περιείχε κάποιους μικρούς κόκκους άμμου προερχόμενους από την άμμο ιοντοανταλλαγής της στήλης. Γι' αυτό κρίθηκε αναγκαίο να τοποθετηθεί στην έξοδο της στήλης ένα απλό μηχανικό φίλτρο νερού $\frac{3}{4}$ " έτσι ώστε να κατακρατεί τους κόκκους.
- iii. Τέλος μετά το φίλτρο τοποθετήθηκε και μια διακλάδωση τύπου "ταυ". Από τη μία έξοδο του ταυ τροφοδοτείται μόνιμα το αυτόματο εμφανιστήριο με απιονισμένο νερό με τη χρήση μιας εύκαμπτης σωλήνας $\frac{3}{4}$ " τύπου "πλυντηρίου". Στη δεύτερη έξοδο τοποθετήθηκε σφαιρική βάνα on/off $\frac{1}{2}$ " και στη συνέχεια εύκαμπτη σωλήνα Φ8, της οποίας το άλλο άκρο έμεινε ελεύθερο έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα κανείς να χρησιμοποιήσει απιονισμένο νερό για άλλες εφαρμογές χωρίς να χρειάζεται να αποσυνδέεται κάθε φορά η παροχή του αυτόματου εμφανιστηρίου.

2.2.4 Έλεγχος ποιότητας απιονισμένου νερού

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως σκοπός της χρήσης της στήλης απιονισμού ήταν να μειωθεί η συγκέντρωση των αλάτων στο νερό δικτύου στο χώρο ΥΚ5. Η συνολική συγκέντρωση αλάτων στο νερό μπορεί να εκτιμηθεί με μια μέτρηση της αγωγιμότητας του νερού με βάση την αρχή ότι

"ένα διάλυμα άλατος μέσα σε νερό είναι τόσο περισσότερο αγωγίμο όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση του άλατος μέσα σε αυτό"

Συνάγεται ότι μεγάλη τιμή της αγωγιμότητας σημαίνει μεγάλη συγκέντρωση αλάτων στο νερό και αντίστροφα. Για την όσο το δυνατόν ορθότερη μέτρηση της αγωγιμότητας πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψιν ότι

"η αγωγιμότητα είναι αύξουσα συνάρτηση και της θερμοκρασίας του διαλύματος"

Επομένως για την εκτίμηση της συγκέντρωσης των αλάτων χρειάζονται δύο διαφορετικά όργανα: ένα αγωγιμόμετρο και ένα θερμόμετρο. Το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας διαθέτει αγωγιμόμετρο εταιρείας κατασκευής HANNA Instruments τύπου HI8733 (βλ. και την εικόνα του Διαγράμματος 2.7), καθώς και μία ευρεία ποικιλία συσκευών μέτρησης θερμοκρασίας από την οποία στην εδώ περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ψηφιακό θερμόμετρο εταιρείας κατασκευής FLUKE τύπου 52K/J, συνδεδεμένο με θερμοστοιχείο τύπου K (βλ. και την φωτογραφία του Διαγράμματος 2.8).

Ο τρόπος χρήσης του αγωγιμομέτρου περιγράφεται στο εγχειρίδιο HANNA Instruments (2001). Επισημαίνεται ότι πριν από κάθε χρήση του αγωγιμομέτρου πρέπει να γίνεται βαθμονόμηση με τη χρήση πρότυπων διαλυμάτων αγωγιμότητας σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου. Αυτά είναι διαλύματα με γνωστή τιμή της αγωγιμότητας σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες. Το Εργαστήριο διαθέτει τα δύο παρακάτω πρότυπα διαλύματα:

- Για μεγάλες αγωγιμότητες, πρότυπο διάλυμα με τυπική αγωγιμότητα 12.88 mS/cm στους 25°C (τύπου HI-7030 συμπεριλαμβάνεται στο σετ που συνοδεύει το όργανο). Η αγωγιμότητα του διαλύματος αυτού ανάλογα με τη θερμοκρασία δίνεται στον Πίνακα 2.1.
- Για μικρότερες αγωγιμότητες, πρότυπο διάλυμα με τυπική αγωγιμότητα 1413 μ S/cm στους 25°C (τύπου HI-7031 δεν συμπεριλαμβάνεται στο σετ που συνοδεύει το όργανο). Η αγωγιμότητα του διαλύματος αυτού ανάλογα με τη θερμοκρασία δίνεται στον Πίνακα 2.1. Η ημερομηνία λήξης του διαλύματος αυτού ήταν IAN/2001.

Ανάλογα με την τάξη μεγέθους αγωγιμότητας που αναμένεται στις μετρήσεις πρέπει κανείς να διαλέξει το κατάλληλο διάλυμα για τη βαθμονόμηση. Σύμφωνα με παλαιότερες μετρήσεις, η αναμενόμενη τιμή αγωγιμότητας στο νερό της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου που εισέρχεται στη στήλη απιονισμού είναι στην

περιοχή 1 – 2 mS (Παπαδόπουλος, 1999). Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε για την βαθμονόμηση το 2^ο διάλυμα. Ένα θέμα προβληματισμού για τη βαθμονόμηση αυτή είναι ότι η ημερομηνία λήξης του HI-7031 έχει περάσει εδώ και οκτώ χρόνια (σήμερα 2009). Παρόλα αυτά επειδή

(α) το πρότυπο διάλυμα HI-7031 ήταν για το διάστημα αυτό καλώς φυλαγμένο, με καλώς κλειστό πάμα σε θερμοκρασίες Εργαστηρίου περί τους 25° C,

(β) δεν παρατηρήθηκε ίζημα στο πρότυπο διάλυμα HI-7031 και

(γ) χωρίς να επαναρρυθμισθεί η βαθμονόμηση του αγωγιμομέτρου, η αγωγιμότητα του HI-7031 στους 25°C (η οποία έτυχε να είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος κατά τον έλεγχο), βρέθηκε ίση με 1406 μS, δηλαδή με απόκλιση μόλις ~0.5% από την προσδοκώμενη τιμή των 1413 μS που διακρίνεται στον Πίνακα 2.1

μπορεί κατ'αρχήν να γίνει δεκτό ότι η συμπεριφορά του προτύπου διαλύματος HI-7031 δεν έχει αλλοιωθεί από τον χρόνο και επίσης ότι η βαθμονόμηση του αγωγιμομέτρου όπως είναι, ισχύει.

Τελικά για τον έλεγχο της ποιότητας του νερού που εξέρχεται από τη στήλη πραγματοποιήθηκαν οι εξής μετρήσεις: (i) μέτρηση αγωγιμότητας στο απιονισμένο νερό που εξέρχεται από τη στήλη, (ii) μέτρηση αγωγιμότητας στο νερό του δικτύου της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, (iii) μέτρηση αγωγιμότητας σε εμφιαλωμένο νερό του εμπορίου (νερό OASIS, πηγή "Ζήρεια", Στυμφαλία Κορινθίας, εμφιάλωση από Ζήρεια ΕΠΕ), και (iv) μέτρηση αγωγιμότητας, σε απεσταγμένο νερό από τη στήλη απόσταξης του χημείου του Εργαστηρίου για συγκριτικούς λόγους. Τα αποτελέσματα είναι αυτά που φαίνονται στον Πίνακα 2.2.

Από τα αποτελέσματα μπορεί να παρατηρηθεί η μεγάλη διαφορά της αγωγιμότητας του νερού δικτύου Πολυτεχνειούπολης από το απιονισμένο νερό της στήλης. Αυτό σημαίνει ότι το απιονισμένο νερό περιέχει πολύ λίγα άλατα σε σχέση με το νερό δικτύου Πολυτεχνειούπολης άρα εκπληρώνεται ο σκοπός της εγκατάστασης της στήλης απιονισμού. Μάλιστα η στήλη λειτουργεί τόσο καλά που η συγκέντρωση αλάτων του νερού που παράγει είναι ίση με τη συγκέντρωση αλάτων του νερού από τη στήλη απόσταξης του Εργαστηρίου (12 μS).

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι το αυτόματο εμφανιστήριο δεν είναι ανάγκη να τροφοδοτείται με νερό με τόσο μικρή συγκέντρωση αλάτων. Η εμπειρία σε άλλες εγκαταστάσεις τέτοιων εμφανιστηρίων (Χρηστίδης, 2009) δείχνει ότι μπορεί να τροφοδοτείται με νερό από το δίκτυο πόλης του οποίου η τιμή της αγωγιμότητας βρίσκεται στην περιοχή 500 μS (βλ. και Παπαδόπουλος, 1999). Αυτό σημαίνει ότι η στήλη απιονισμού θα πρέπει να αντικατασταθεί όταν η τιμή της αγωγιμότητας του νερού εξόδου ξεπεράσει τα 500 μS και όχι όταν τη διαπεράσουν τα 1200 L που είναι και η ποσότητα του νερού που μπορεί να επεξεργασθεί. Αν υπάρχει η ανάγκη χρήσης απιονισμένου νερού μικρής αγωγιμότητας τότε θα πρέπει η στήλη να αντικατασταθεί αυστηρά όταν θα έχει επεξεργασθεί 1200 L ή ακόμα και λιγότερα λίτρα. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι για την ορθότερη παρακολούθηση της σωστής λειτουργίας της στήλης απιονισμού, αποφασίστηκε να τηρείται ημερολόγιο με πληροφορίες για την εκάστοτε χρήση της. Σε αυτό γράφεται η ημερομηνία χρήσης της, η αρχική και τελική ένδειξη υδρομετρητή, η διαφορά των δύο ενδείξεων (δηλαδή η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιήθηκε) και η αγωγιμότητα που παρουσίασε δείγμα από το νερό. Η διακριτική ικανότητα του υδρομετρητή είναι 1/10 του λίτρου (0.0001 m^3). Παρόλαυτά υπάρχει περίπτωση λόγω της χαμηλής πίεσης της εξόδου του απιονισμένου νερού ή και της χαμηλής κατανάλωσης του εμφανιστηρίου, ο υδρομετρητής να καταγράψει κατανάλωση $< 1 \text{ L}$, σε κάποια(ες) από τη(ις) χρήση(εις). Στην περίπτωση αυτή, στο ημερολόγιο σημειώνεται κατανάλωση 1 L. Ο έλεγχος και η καταγραφή της αγωγιμότητας δεν είναι υποχρεωτικός αν από την στήλη δεν έχει συμπληρωθεί η ονομαστική ικανότητα παραγωγής απιονισμένου ύδατος (1200 L). Μετά από αυτό το όριο, η αγωγιμότητα πρέπει να ελέγχεται και να σημειώνεται τακτικά.

2.2.5 Αποχέτευση νιπτήρα

Όπως σημειώνεται και στον Χρυσικόπουλο (2009) ο χώρος YK5, λόγω του ότι το δάπεδό του βρίσκεται σε χαμηλότερο επίπεδο από το επίπεδο του υπογείου του κτιρίου, η αποχέτευσή του γίνεται μέσω φρεατίου συγκεντρώσεως και αντλίας ακαθάρτων. Αυτός ο τρόπος αποχέτευσης επιλέχθηκε διότι, δεν προβλέπονταν χρήση νερού μέσα στο χώρο YK5 κατά το σχεδιασμό του. Το φρεάτιο και η αντλία τοποθετήθηκαν για τον έλεγχο τυχόν πλημμύρας. Από την άποψη της αποχέτευσης ο νιπτήρας που τοποθετήθηκε δεν μπορεί να εξυπηρετηθεί από το φρεάτιο με την αντλία ακαθάρτων. Ο λόγος είναι ότι: (α) δεν υπάρχει απευθείας όδευση

αποχετευτικής γραμμής από το νιπτήρα προς το φρεάτιο. Αν ήταν να κατασκευαστεί τέτοια θα έπρεπε να γίνει τομή στο μωσαϊκό δάπεδο, και (β) δεν είναι υγειονομικά ορθό να συγκεντρώνονται σε ανοιχτό φρεάτιο κατάλοιπα καθαριότητας με νερό, με χρήση απορρυπαντικών ή όχι. Επομένως ο μοναδικός τρόπος εξυπηρέτησης της αποχέτευσης του νιπτήρα ήταν να δημιουργηθεί μια όδευση κατάλληλης διατομής και κλίσης επί του ανατολικού και στη συνέχεια επί του βόρειου τοίχου του χώρου ΥΚ5. Η όδευση αυτή σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε στα πλαίσια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ώστε να συναντά το κύκλωμα της αποχέτευσης του κτιρίου στο σημείο που το συναντά και η αποχέτευση από το φρεάτιο. Η ακολουθία των φωτογραφιών του Διαγράμματος 2.9, δείχνει την επέμβαση που πραγματοποιήθηκε. Το αν θα γίνεται αποχέτευση του νιπτήρα ή αποχέτευση του φρεατίου ρυθμίστηκε με μηχανική επιλογή μέσω δύο σφαιρικών βαλβίδων 1¼". Η φωτογραφία του Διαγράμματος 2.10 δείχνει τη ρύθμιση των βαλβίδων ώστε η αποχέτευση να γίνεται από τον νιπτήρα, ενώ η φωτογραφία του Διαγράμματος 2.11 δείχνει τη ρύθμιση των βαλβίδων ώστε η αποχέτευση να γίνεται από το φρεάτιο. Παρ'όλες τις γεωμετρικές δυσκολίες για την εύρεση της κατάλληλης κλίσης της αποχέτευσης του νιπτήρα, αυτός τοποθετήθηκε στο τυπικό για αυτές τις περιπτώσεις ύψος περί τα 90 εκατοστά. Η γραμμή της αποχέτευσης κατασκευάστηκε από χάλκινη σωλήνα Φ28. Προβλέφθηκε ικανός αριθμός "ρακόρ" για την εύκολη λύση της και καθαρισμό της. Σημειώνεται ότι ο νιπτήρας εκτός από την καθαριότητα των εργαζομένων θα εξυπηρετεί και την αποχέτευση του εμφανιστηρίου. Δεν αναμένεται η διάβρωση του χαλκού από τα υγρά εμφάνισης δεδομένου ότι το pH τους δεν είναι ενοχλητικά μακριά από την ουδέτερη τιμή. Εξάλλου, μετά την όποια χρήση του εμφανιστηρίου μπορεί κανείς να αφήσει το τρεχούμενο νερό να ρέει προκειμένου να αραιώσει περαιτέρω τυχόν αραιά οξέα ή βάσεις μέσα στο κύκλωμα της αποχέτευσης.

2.3 Βασικές τεχνικές πληροφορίες αυτόματου εμφανιστηρίου

Το αυτόματο εμφανιστήριο που διαθέτει το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας είναι τύπου NOVA 7070/100 της εταιρίας GE Inspection Technologies GmbH και αγοράστηκε με τις πιστώσεις ενίσχυσης Εργαστηρίων του ΕΜΠ του Προγράμματος Δημοσίων Επενδύσεων του ΕΜΠ του Οικ. Έτους 2005. Στο Διάγραμμα 2.12 διακρίνεται μια φωτογραφία του εμφανιστηρίου και στο Διάγραμμα 2.13 διακρίνονται οι κυριότερες διαστάσεις του (βλ. και GE 2005a,b,c). Η διαδικασία που συντελείται μέσα στο αυτόματο εμφανιστήριο αφορά στην χωρίς ανθρώπινη

παρέμβαση εμφάνιση του φιλμ (βλ. και Quinn, 1980 και Χρυσικόπουλος, 2009) και έχει συνοπτικά ως εξής: Αρχικά το φιλμ εμβαπτίζεται μέσα σε διάλυμα εμφάνισης, στη συνέχεια περνάει μέσα από διάλυμα στερέωσης, μετά οδηγείται σε δεξαμενή πλύσης με νερό και τέλος εξέρχεται αφού στεγνώσει σε κατάλληλο στεγνωτήριο. Η μετακίνηση του φιλμ γίνεται καθ' όλη τη διάρκεια με τη βοήθεια ειδικά διαμορφωμένων κυλίνδρων.

Τα βασικά μέρη του μηχανήματος αναφέρονται παρακάτω και φαίνονται και στο Διάγραμμα 2.14.

1. Δίσκος τροφοδοσίας φιλμ με ανακλινόμενο κάλυμμα
2. Εντοπισμός φιλμ (αισθητήρας εισαγωγής φιλμ)
3. Δεξαμενή διαλύματος εμφάνισης (στο εξής **εμφανιστής**) χωρητικότητας 10 L
4. Δεξαμενή διαλύματος στερέωσης (στο εξής **στερεωτής**) χωρητικότητας 10 L
5. Δεξαμενή πλύσης (χωρητικότητας 10 L)
6. Υπέρυθρος στεγνωτήρας
7. Διακόπτης on/off
8. Δίσκος εξόδου φιλμ
9. Σύνδεση ρεύματος
10. Βύσμα διασύνδεσης RS 232 (ανενεργό στην περίπτωσή μας)
11. Πίνακας ελέγχου
12. Παροχή νερού
13. Βαλβίδα αποστράγγισης εμφανιστή
14. Βαλβίδα αποστράγγισης στερεωτή
15. Βαλβίδα αποστράγγισης νερού
16. Παροχή ανεφοδιασμού (εμφανιστής/στερεωτής)
17. Ηλεκτροβαλβίδα παροχής νερού
18. Αντλίες κυκλοφορίας (ανάδευσης)
19. Αντλίες ανεφοδιασμού (εμφανιστής/στερεωτής)

20. Κινητήρας

21. Προστασία υπερθέρμανσης εμφανιστή και στερεωτή

22. Θέρμανση στερεωτή

23. Θέρμανση εμφανιστή

Άλλες τεχνικές πληροφορίες για το εμφανιστήριο, μπορεί κανείς να δει στα GE 2005a,b,c.

2.4 Εγκατάσταση αυτόματου εμφανιστηρίου

2.4.1 Γενικά

Για την εγκατάσταση του αυτόματου εμφανιστηρίου λήφθηκε γενικά υπόψη το σχεδιάγραμμα του Διαγράμματος 2.15, που αποδίδει από κάτοψη τους ελεύθερους χώρους που πρέπει να έχει μπροστά πίσω και πλάγια το εμφανιστήριο, ώστε να λειτουργεί και να συντηρείται σωστά. Με βάση αυτό το σχεδιάγραμμα το εμφανιστήριο τοποθετήθηκε όπως στη φωτογραφία του Διαγράμματος 2.16. Στη φωτογραφία διακρίνεται ότι αριστερά, δεξιά και μπροστά (είσοδος φιλμ) από το εμφανιστήριο, υπάρχουν οι απαιτούμενοι ελεύθεροι χώροι ή αν δεν είναι ελεύθεροι καταλαμβάνονται από επιφάνειες εργασίας που μπορούν να μετακινηθούν. Το ίδιο το εμφανιστήριο τοποθετήθηκε σε τραπέζι τυπικής επιφάνειας 1.20 x 0.80 cm. Μετά την τοποθέτηση του εμφανιστηρίου έγινε η επιμέλεια των εξής θεμάτων: (α) η σύνδεσή του με την αποχέτευση, (β) η σύνδεση του με την παροχή απιονισμένου νερού, (γ) η πλήρωσή του με διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης και (δ). η ηλεκτροδότηση του.

2.4.2 Αποχέτευση

Όσο αφορά την αποχέτευση, προβλέπονται τρεις συνδέσεις (οι A, B και C, στις εξόδους που διακρίνονται στο Διάγραμμα 2.17), ως εξής:

- A. Αποχέτευση εμφανιστή (χρησιμοποιήθηκε σωλήνα ποτίσματος πλαστική διαφανής ενισχυμένη Φ16 mm ή 5/8")
- B. Αποχέτευση στερεωτή (χρησιμοποιήθηκε σωλήνα ποτίσματος πλαστική διαφανής ενισχυμένη Φ16 mm ή 5/8")
- C. Αποχέτευση νερού πλύσης (χρησιμοποιήθηκε σωλήνα ποτίσματος πλαστική διαφανής ενισχυμένη Φ16 mm ή 5/8")

Οι σωλήνες της αποχέτευσης οδηγήθηκαν στο νιπτήρα, από την αποχέτευση του οποίου μπορούν και αυτοί να αποχετευτούν (βλ. και φωτογραφία του Διαγράμματος 2.18). Δεδομένου ότι το ύψος του τραπεζιού τοποθέτησης του εμφανιστηρίου ήταν χαμηλότερο από το ύψος του νιπτήρα διαπιστώθηκε πρόβλημα στην ελεύθερη ροή των υγρών του εμφανιστηρίου προς την αποχέτευση διότι δεν υπήρχε υψομετρική διαφορά. Γι' αυτό κατασκευάστηκε μια βάση από ξύλο έτσι ώστε να ακουμπήσει επάνω σε αυτήν το τραπέζι και έτσι το ύψος της επιφάνειας του να είναι ελαφρά μεγαλύτερο από το ύψος του νιπτήρα (βλ. και φωτογραφία του Διαγράμματος 2.19). Η έξοδος των σωλήνων αποχέτευσης Α, Β και C ελέγχεται αντίστοιχα από τις βαλβίδες αποστράγγισης 1, 2 και 3 που διακρίνονται στο Διάγραμμα 2.20. Οι βαλβίδες αποστράγγισης σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας του εμφανιστηρίου διατηρούνται κλειστές (χειρολαβές κάθετες). Χρησιμοποιούνται όταν πρέπει να αδειάσουν οι δεξαμενές για λόγους συντήρησης του εμφανιστηρίου.

2.4.3 Σύνδεση παροχής απιονισμένου νερού

Όσο αφορά τη σύνδεση με την παροχή του απιονισμένου νερού, αυτή γίνεται στην υποδοχή F, με μία σωλήνα σύνδεσης τύπου οικιακού πλυντηρίου (βλ. και το Διάγραμμα 2.21 και τη φωτογραφία του Διαγράμματος 2.22).

2.4.4 Πλήρωση με διαλύματα

Στη συνέχεια έπρεπε να πληρωθεί το εμφανιστήριο με διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης καθώς και με νερό πλύσης. Τα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης προετοιμάζονται σε δύο αντίστοιχα δοχεία χωρητικότητας 30 L το κάθε ένα.

Για την παρασκευή του διαλύματος εμφάνισης χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά χημικά υγρά της AGFA και απιονισμένο νερό. Τα υγρά ήταν τα:

(α) 5 L από AGFA E.O.S.Dev.A, developer/replenisher for medical X-ray film processing, REF EF19G.

(β) 0.25 L από AGFA E.O.S.Dev.B, (περιέχει Acetic Acid 10-25% και Diethylene Glycol), REF EF19G

(γ) 0.5 L από AGFA E.O.S.Dev.C, REF EF19G

Η ανάμειξη των παραπάνω χημικών υγρών με απιονισμένο νερό έγινε μέσα σε ένα από τα δύο δοχεία χωρητικότητας 30 L. Η ανάμειξη σύμφωνα με τις οδηγίες της

AGFA που βρίσκονται πάνω στην ετικέτα του υγρού (α) πρέπει να γίνει με την εξής σειρά:

10 L νερό + 5L AGFA E.O.S.Dev.A + 0.25 L AGFA E.O.S.Dev.B + 0.5 L AGFA E.O.S.Dev.C + 4.25 L νερό.

Συνολικά προκύπτει διάλυμα εμφανιστή όγκου 20 L. Ο λόγος που για την παρασκευή αυτού του διαλύματος χρησιμοποιούνται πρώτα 10 L νερό, και έπειτα προστίθενται τα χημικά υγρά και στο τέλος συμπληρώνονται με επιπλέον 4.25 L νερό είναι για να γίνει καλύτερη ανάμειξη του διαλύματος χωρίς να χρειαστεί κανείς να αναδεύσει χειροκίνητα το διάλυμα.

Για την παρασκευή του διαλύματος στερέωσης χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά χημικά υγρά της AGFA και απιονισμένο νερό. Τα υγρά ήταν τα:

(i) 5 L από AGFA G334i A, Rapid Fixer for medical X-ray film processing, REF 392UO

(ii) 1.25 L από AGFA G334i B, Rapid Fixer for medical X-ray film processing, REF 392UO

Η ανάμειξη των παραπάνω χημικών υγρών με απιονισμένο νερό έγινε μέσα στο δεύτερο δοχείο χωρητικότητας 30 L. Η ανάμειξη σύμφωνα με τις οδηγίες της AGFA που βρίσκονται πάνω στην ετικέτα του υγρού (i) πρέπει να γίνει με την εξής σειρά:

15 L νερό + 5L AGFA G334i A + 1.25 L AGFA G334i B + 3.75 L νερό.

Συνολικά προκύπτει διάλυμα στερεωτή 25L. Ο λόγος που για την παρασκευή αυτού του διαλύματος χρησιμοποιούνται πρώτα 15 L νερό, μετά τα χημικά και στο τέλος πάλι 3.75 L νερό είναι, ομοίως με πριν, για να γίνει καλύτερη ανάμειξη του διαλύματος χωρίς να χρειαστεί κανείς να αναδεύσει χειροκίνητα το διάλυμα.

Μέρος από τα διαλύματα που ετοιμάστηκαν στα δοχεία χρησιμοποιήθηκε για να πληρωθούν οι αντίστοιχες δεξαμενές μέσα στο εμφανιστήριο. Τα σχήματα και οι φωτογραφίες των Διαγραμμάτων 2.23 έως 2.27 αναπαριστούν την διαδικασία πλήρωσης των δεξαμενών αυτών, η οποία περιγράφεται παρακάτω.

1. αφαιρείται το άνω κάλυμμα του αυτόματου εμφανιστηρίου (βλ. και Διάγραμμα 2.23),

2. αφαιρούνται οι σχάρες με τους κυλίνδρους μετακίνησης του φιλμ, σηκώνοντας τις από τις λαβές που υπάρχουν στα πλάγια και απελευθερώνοντας το "κλιπ" στερέωσης (βλ. και Διάγραμμα 2.24)
3. καθαρίζονται –αν χρειάζεται- οι δεξαμενές από ρύπους ή σκόνη, χρησιμοποιώντας καθαρό νερό, κατά προτίμηση χλιαρό με θερμοκρασία μικρότερη από 40° C,
4. κλείνουν οι βαλβίδες αποστράγγισης των δεξαμενών (βλ. και Διάγραμμα 2.25),
5. πληρώνεται πρώτα η δεξαμενή διαλύματος στερέωσης (μεσαία), μέχρι το επίπεδο της επιτρεπόμενης στάθμης ύψους (10 L, βλ. και Διάγραμμα 2.26)
6. πληρώνεται έπειτα η δεξαμενή διαλύματος εμφάνισης (πρώτη), μέχρι το επίπεδο της επιτρεπόμενης στάθμης ύψους (10 L, βλ. και Διάγραμμα 2.26)
7. τέλος πληρώνεται αντίστοιχα η δεξαμενή νερού πλύσης (τρίτη), και
8. τοποθετούνται ξανά οι σχάρες (βλ. και Διάγραμμα 2.27) και το κάλυμμα.

Η διαδικασία πλήρωσης με υγρά πρέπει να γίνεται με προσοχή και με αυτή τη σειρά και το κάθε διάλυμα να τοποθετηθεί στην κατάλληλη δεξαμενή χωρίς να ρυπάνει τις διπλανές. Πληρώνεται πρώτη η δεξαμενή στερέωσης διότι σε περίπτωση που λίγο από το διάλυμα του στερεωτή ρυπάνει μία ήδη γεμάτη δεξαμενή με εμφανιστή, ο εμφανιστής καταστρέφεται οριστικά. Σε τέτοια περίπτωση πρέπει να αδειάσει η δεξαμενή του εμφανιστή και να πλυθεί καλά προτού ξαναγεμίσει με καινούριο διάλυμα. Το αντίστροφο, δηλαδή η ρύπανση του στερεωτή με εμφανιστή δεν είναι πολύ σημαντική διότι ο στερεωτής δεν καταστρέφεται.

Μετά την πλήρωση των δεξαμενών του εμφανιστηρίου με τα αντίστοιχα διαλύματα, τόσο η δεξαμενή εμφάνισης όσο και η δεξαμενή στερέωσης συνδέονται με τα αντίστοιχα δοχεία των 30 L, που περιέχουν το υπόλοιπο από τα παρασκευασθέντα διαλύματα, δηλ. 10 L υπόλοιπο διαλύματος εμφανιστή και 15 L υπόλοιπο διαλύματος στερεωτή. Αυτό γίνεται γιατί κατά τη λειτουργία του, το εμφανιστήριο αποχετεύει με αυτόματο τρόπο μέσα από τους σωλήνες A και B, λίγο από τον εμφανιστή και τον στερεωτή από τις δεξαμενές του και αντλεί από τα δοχεία διάλυμα εμφάνισης και στερέωσης ώστε να διατηρείται με την ανανέωση, κατά το δυνατόν σταθερή η ικανότητά τους για χημική δράση επί του φιλμ. Ο τρόπος σύνδεσης των δοχείων φαίνεται στο σχήμα του Διαγράμματος 2.17, σε συνδυασμό με το σχήμα του

Διαγράμματος 2.28. Σύμφωνα με το Διάγραμμα 2.28, το δοχείο με το υπόλοιπο διάλυμα εμφάνισης συνδέεται με το εμφανιστήριο με τον πλαστικό σωλήνα Φ10 mm (E) και το δοχείο με το υπόλοιπο διάλυμα στερέωσης συνδέεται με το εμφανιστήριο με τον πλαστικό σωλήνα Φ10 mm (D). Το βέλος (G) υποδεικνύει την κατεύθυνση της ροής των υγρών. Για την εξασφάλιση της ροής χρησιμοποιούνται μικρές αντλίες. Η φωτογραφία του Διαγράμματος 2.29 δείχνει τα δοχεία των 30 L τοποθετημένα κάτω από το τραπέζι του εμφανιστηρίου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, τα υδραυλικά εξαρτήματα του εμφανιστηρίου που έχουν να κάνουν με τη διαχείριση του εμφανιστή έχουν γενικά κόκκινο χρώμα (σωλήνες βαλβίδες κλπ.) ενώ τα υδραυλικά εξαρτήματα του εμφανιστηρίου που έχουν να κάνουν με τη διαχείριση του στερεωτή έχουν γενικά μπλε χρώμα. Το λευκό χρώμα αφορά γενικά στη διαχείριση του νερού πλύσης.

Επίσης τονίζεται ότι η διάρκεια ζωής των διαλυμάτων (και ιδιαίτερα του εμφανιστή) για να εξασφαλίζεται ποιοτική εμφάνιση του φιλμ στο εμφανιστήριο, υπολογίζεται σε 2-3 εβδομάδες. Η διάρκεια αυτή είναι περιορισμένη διότι κυρίως ο εμφανιστής οξειδώνεται από την επαφή του με τον αέρα του περιβάλλοντος.

2.4.5 Ηλεκτροδότηση εμφανιστηρίου

Η ηλεκτροδότησή του γίνεται με μία κατάλληλη προέκταση τύπου CE 7/7 ("φισ σούκο") σε θηλυκό IEC C13 (θηλυκό φισ IBM). Το εμφανιστήριο, πλήρως εγκατεστημένο διακρίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 2.30.

2.5 Λειτουργία αυτόματου εμφανιστηρίου

2.5.1 Λειτουργίες πίνακα ελέγχου

Οι λειτουργίες και οι παράμετροι του εμφανιστηρίου NOVA μπορούν να ορισθούν και να ρυθμισθούν στον πίνακα ελέγχου. Ο πίνακας ελέγχου φαίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 2.31. Οι αριθμοί στο διάγραμμα αντιστοιχούν σε:

1. Ενδεικτικός λαμπτήρας εμφανιστή. Είναι αναμμένος όταν στην οθόνη ελέγχου του πίνακα αναγράφεται η θερμοκρασία εμφανιστή.
2. Ενδεικτικός λαμπτήρας στερεωτή. Είναι αναμμένος όταν στην οθόνη ελέγχου του πίνακα αναγράφεται η θερμοκρασία στερεωτή.

3. Ενδεικτικός λαμπτήρας για την πορεία του στεγνώματος του φιλμ. Είναι αναμμένος όταν στην οθόνη ελέγχου παρακολουθείται το στέγνωμα του φιλμ.
4. Σήμα OK. Ανάβει όταν το εμφανιστήριο είναι έτοιμο να δεχθεί φιλμ προς επεξεργασία.
5. Πλήκτρο SET. Επιτρέπει την αλλαγή των παραμέτρων λειτουργίας της συσκευής, όπως τη θερμοκρασία εμφανιστή και στερεωτή, το χρόνο στεγνώματος
6. Πλήκτρο + (για την αλλαγή μενού επιλογών και για τις ρυθμίσεις αύξησης)
7. Πλήκτρο – (για την αλλαγή μενού επιλογών και για τις ρυθμίσεις μείωσης)
8. Εμφάνιση αριθμητικής τιμής στην οθόνη ελέγχου
9. Αριθμητική ένδειξη μενού επιλογών ή μονάδα της αριθμητικής τιμής της οθόνης ελέγχου.

2.5.2 Ρύθμιση παραμέτρων λειτουργίας

Πατώντας τα πλήκτρα + ή – εμφανίζονται στην ένδειξη "9" ο αριθμός από τα επτά δυνατά μενού επιλογών σύμφωνα με το Διάγραμμα 2.32. Με βάση την αύξουσα σειρά που εμφανίζονται είναι η θερμοκρασία εμφανιστή ($^{\circ}\text{C}$), η θερμοκρασία στερεωτή ($^{\circ}\text{C}$), το επίπεδο ξήρανσης (δηλ. στεγνώματος, από 1 έως 6, "1" σημαίνει χαμηλή θερμοκρασία, "6" σημαίνει υψηλή θερμοκρασία), ο συνολικός χρόνος επεξεργασίας του φιλμ, ο ρυθμός ανεφοδιασμού διαλύματος εμφάνισης (mL/m^2), ο ρυθμός ανεφοδιασμού διαλύματος στερέωσης (mL/m^2) και ο ρυθμός τροφοδοσίας νερού (είναι σταθερός για το υπόψιν εμφανιστήριο και κατά προσέγγιση ίσος με $13\text{ L}/\text{m}^2$). Η αναγωγή της κατανάλωσης υγρών σε επιφάνεια αναφέρεται στην επιφάνεια του φιλμ που επεξεργάζεται.

Όλες αυτές οι παράμετροι έχουν κάποιες εργοστασιακές προρυθμισμένες τιμές τις οποίες κανείς μπορεί να αλλάξει πατώντας το πλήκτρο SET, και επιλέγοντας με τα πλήκτρα + ή – κάποιες νέες ρυθμίσεις. Ξαναπατώντας το πλήκτρο SET οι ρυθμίσεις αυτές αποθηκεύονται στη μνήμη του εμφανιστηρίου. Οι τιμές μπορούν να κυμανθούν μέσα σε κάποια όρια τα οποία φαίνονται στον Πίνακα 2.3. Στον ίδιο πίνακα διακρίνονται οι εργοστασιακές προρυθμίσεις της συσκευής όπως προτείνονται από τον κατασκευαστή. Επισημαίνεται ότι στις εργοστασιακές προρυθμίσεις ο συνολικός χρόνος επεξεργασίας του φιλμ είναι 8 min που αντιστοιχούν σε $\sim 100\text{sec}$ εμφάνισης, $\sim 100\text{sec}$ στερέωσης με θερμοκρασία εμφανιστή 28°C . Ο υπόλοιπος χρόνος μέχρι τα

8 min απαιτείται για την κίνηση του φιλμ από δεξαμενή σε δεξαμενή και το στέγνωμά του. Δεν διατίθεται αυτόματη επαναφορά στις εργοστασιακές προρυθμίσεις, ακόμα και αν το εμφανιστήριο "σβήσει" και "ξαναανάψει". Η επαναφορά των εργοστασιακών ρυθμίσεων γίνεται "με το χέρι" σύμφωνα και με τον Πίνακα 2.3.

Η ταχύτητα μετακίνησης του φιλμ μέσα στο αυτόματο εμφανιστήριο εξαρτάται άμεσα από το συνολικό χρόνο επεξεργασίας που έχει τεθεί στο βήμα 4 του μενού. Όσο αυξάνεται ο χρόνος επεξεργασίας προφανώς τόσο μειώνεται η ταχύτητα μετακίνησης του φιλμ. Επιπλέον όσο μειώνεται η ταχύτητα του φιλμ τόσο περισσότερο διαρκεί η εμφάνιση και η στερέωση αυτού μέσα στις αντίστοιχες δεξαμενές του αυτόματου εμφανιστηρίου. Οι πιθανές επιλογές των παραπάνω παραμέτρων που μπορούν να ρυθμιστούν στο αυτόματο εμφανιστήριο φαίνονται στον Πίνακα 2.4.

2.5.3 Προθέρμανση εμφανιστηρίου

Όταν το εμφανιστήριο τεθεί σε λειτουργία από το διακόπτη ON/OFF πρέπει να περάσει κάποιος χρόνος έτσι ώστε τα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης να θερμανθούν ως την επιλεγμένη θερμοκρασία. Αυτός ο χρόνος κυμαίνεται από 5 ως 10 min ανάλογα με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Όταν τα υγρά φτάσουν στην επιλεγμένη θερμοκρασία τότε ανάβει η ένδειξη OK (Σήμα OK) πάνω στον πίνακα ελέγχου και παραμένει αναμμένη. Καθ' όλη τη διάρκεια της προθέρμανσης, η μεταβαλλόμενη θερμοκρασία του υγρού εμφάνισης φαίνεται στην οθόνη του πίνακα ελέγχου. Είναι πιθανό, για διάφορους λόγους, π.χ. θερμό περιβάλλον εμφάνισης ή ήδη θερμά διαλύματα, τα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης να προθερμανθούν σε τιμή μεγαλύτερη από την προρυθμισμένη. Στην περίπτωση αυτή, το εμφανιστήριο προστατεύεται με διατάξεις προστασίας από την υπερθέρμανση (overheat protection). Για την επανάταξη (reset) της προστασίας αυτής και την επαναλειτουργία των θερμοστατών ελέγχου, πρέπει να πατηθούν κατάλληλα "μπουτόν" που βρίσκονται τοποθετημένα κάτω από το εμφανιστήριο, όπως φαίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 2.33.

2.5.4 Εισαγωγή και επεξεργασία φιλμ

Όταν το εμφανιστήριο έχει προθερμανθεί μπορεί να γίνει η εισαγωγή του φιλμ με τη βοήθεια του "δίσκου τροφοδοσίας του φιλμ". Αυτό γίνεται όπως φαίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 2.34. Οι ελάχιστες και οι μέγιστες διαστάσεις φιλμ

που μπορεί να δεχθεί το εμφανιστήριο φαίνονται στον Πίνακα 2.5. Αξίζει να σημειωθεί ότι το εμφανιστήριο μπορεί να δεχθεί και ρολό φιλμ με την προϋπόθεση το πλάτος του ρολού να μην ξεπερνά το μέγιστο πλάτος φιλμ που μπορεί να δεχθεί το εμφανιστήριο (δηλαδή τα 43 cm) και η διάμετρος καμπυλότητας του φιλμ να μην είναι μικρότερη από την μέγιστη τιμή που φαίνεται στον Πίνακα 2.5. Η εισαγωγή του φιλμ πρέπει να γίνεται σε συνθήκες φωτισμού σκοτεινού θαλάμου έτσι ώστε το φιλμ να μην "πάρει φως". Μόλις ο χειριστής τοποθετήσει το φιλμ στην είσοδο του δίσκου τότε το εμφανιστήριο ανιχνεύει μέσω κατάλληλου αισθητήρα ότι υπάρχει φιλμ, το "τραβάει" προς το εσωτερικό του και τότε ξεκινά τη διαδικασία εμφάνισης. Σε αυτό το σημείο ο χειριστής μπορεί να κλείσει το κάλυμμα του δίσκου τροφοδοσίας και έτσι να σκεπάσει φωτοστεγανά το φιλμ μέρος του οποίου βρίσκεται ακόμα στην επιφάνεια του δίσκου τροφοδοσίας, διότι η ταχύτητα κίνησής του προς το εσωτερικό του εμφανιστηρίου είναι αρκετά αργή. Σε αυτό το σημείο μπορούν να ανάψουν τα φώτα διότι θεωρείται ότι το κάλυμμα του δίσκου τροφοδοσίας παρέχει αρκετή φωτοστεγανότητα για το χρόνο που το φιλμ βρίσκεται επί του δίσκου και στην ουσία έξω από τις δεξαμενές. Κατά τη διάρκεια εισαγωγής του φιλμ η ένδειξη OK αναβοσβήνει. Μόλις η ένδειξη OK ξαναγίνει σταθερά αναμμένη αυτό σημαίνει ότι το φιλμ έχει εισαχθεί τελείως στη δεξαμενή εμφάνισης και μπορεί ο χειριστής να εισάγει το επόμενο φιλμ προς επεξεργασία αφού ο δίσκος τροφοδοσίας είναι πλέον ελεύθερος. Εννοείται επομένως, ότι δεν είναι ανάγκη να ολοκληρωθεί η εμφάνιση του ενός φιλμ μέχρι αυτό να βγει τελικά από το μηχάνημα για να εισαχθεί το επόμενο καθόσον το εμφανιστήριο είναι σχεδιασμένο για σειριακή εμφάνιση φιλμ. Κατά την τεχνική αυτή, για παράδειγμα, το πρώτο φιλμ μπορεί να βρίσκεται στη φάση στερέωσης και το επόμενο στη φάση εμφάνισης. Τα εμφανισμένα στεγνά φιλμ εξέρχονται από το εμφανιστήριο στον "δίσκο εξόδου".

2.5.5 Βασικές οδηγίες συντήρησης εμφανιστηρίου

Γενικά

Οι πλήρεις οδηγίες συντήρησης του αυτόματου εμφανιστηρίου βρίσκονται στο GE Inspection Technologies, "Instruction manual NOVA", 2005b. Η πλήρης συντήρηση συνίσταται σε εκκένωση, καθαρισμό κυλίνδρων, δεξαμενών και αντλιών διαλυμάτων και επαναπλήρωση με νέα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης. Σε γενικές γραμμές πρέπει να γίνεται τακτική συντήρηση όταν έχει συμπληρωθεί η εμφάνιση 5 m² φιλμ ή αν έχουν συμπληρωθεί 2 έως 6 μήνες συνεχούς χρήσης. Αν μεταξύ εμφανίσεων

μεσολαβήσει διακοπή έστω και μισής ώρας ή το πολύ μερικών ημερών, καλό είναι πριν γίνει επόμενη εμφάνιση να προηγείται η εμφάνιση μερικών (κατά προτίμηση τριών) φιλμ μεγάλης επιφάνειας (κατά προτίμηση 14 x 17") για τον καθαρισμό των κυλίνδρων του εμφανιστηρίου. Αυτά είναι τα λεγόμενα φιλμ καθαρισμού (βλ. και στο επόμενο 3^ο Κεφάλαιο), στα οποία φυσικά δεν ενδιαφέρει η ραδιογραφική εικόνα – μπορεί δηλαδή να είναι απόλυτα ή καθόλου αμαυρωμένα ή και επανεμφανισμένα πολλαπλώς στο παρελθόν. Προτιμάται πάντως τα φιλμ καθαρισμού να μην έχουν επανεμφανισθεί στο παρελθόν. Αν μεταξύ εμφανίσεων μεσολαβήσει διακοπή πολλών ημερών τότε το εμφανιστήριο πρέπει να συντηρηθεί πλήρως. Ακόμα και αν οι εμφανίσεις γίνονται με καλό ρυθμό μέσα σε διάστημα πολλών ημερών είναι απαραίτητο σε εβδομαδιαία βάση να αφαιρούνται και καθαρίζονται οι κύλινδροι του εμφανιστηρίου.

Καθαρισμός δεξαμενών

Για τον καθαρισμό των δεξαμενών πρέπει αυτές να αδειάσουν. Η αποχέτευσή τους γίνεται στρέφοντας τις χειρολαβές των βαλβίδων αποστράγγισης 1, 2 και 3 (βλ. και εικόνα του Διαγράμματος 2.20) ώστε αυτές να πάρουν οριζόντια θέση (βλ. και φωτογραφία του Διαγράμματος 2.30). Διατίθενται από την εταιρεία GE Inspection Technologies ειδικά υγρά καθαρισμού για τις δεξαμενές εμφανιστή (το AGFA NDT DEVCLEAN) και στερεωτή (το AGFA NDT FIXCLEAN), καθώς και οδηγίες χρήσης.

Καθαρισμός κυλίνδρων

Για τον καθαρισμό των κυλίνδρων τα συστήματα κυλίνδρων πρέπει να αφαιρεθούν. Πρέπει να χρησιμοποιείται σφουγγάρι και τρεχούμενο νερό και αν η ρύπανση είναι σημαντική τα ειδικά υγρά καθαρισμού AGFA NDT DEVCLEAN και AGFA NDT FIXCLEAN για τα συστήματα κυλίνδρων εμφάνισης και στερέωσης αντίστοιχα.

Καθημερινή χρήση

Προτείνεται μετά το τέλος της ημέρας να ανοίγει η βαλβίδα αποστράγγισης της δεξαμενής πλύσης, προκειμένου αυτή να εκκενώνεται για να μην δημιουργείται άλγη.

2.6 Πρώτη δοκιμή εμφανιστηρίου

Για να δοκιμαστεί το αυτόματο εμφανιστήριο NOVA έγινε εμφάνιση ενός φιλμ βιομηχανικού τύπου εταιρείας κατασκευής AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB

Vacupac, διαστάσεων 10x24cm με ενισχυτικές οθόνες μολύβδου. Το φιλμ αυτό διακρίνεται στις φωτογραφίες του Διαγράμματος 2.35. Το φιλμ αυτό ήρθε σε επαφή με σημειακή πηγή ακτινοβολίας γ ισότοπου Cs-137 και έντασης 12.29 $\mu\text{C}/01-02-1981$ τύπου CDR.151, εταιρείας κατασκευής AMERSHAM, για 1 ώρα, σε γεωμετρία, που διακρίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 2.36.

Για την εμφάνιση χρησιμοποιήθηκαν οι εργοστασιακές ρυθμίσεις του εμφανιστηρίου δηλαδή η θερμοκρασία εμφανιστή και στερεωτή ήταν 28°C , και συνολική διάρκεια επεξεργασίας φιλμ 8 min. Μετά την ολοκλήρωση της εμφάνισης του φιλμ αυτό είχε την εικόνα που φαίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 2.37. Από την εικόνα αυτή συμπεραίνεται ότι το φιλμ αποκρίθηκε με αμαύρωση στα φωτόνια που το προσέβαλλαν εφόσον στο κέντρο του εμφανίζεται μια σκοτεινή περιοχή η οποία είναι η περιοχή που αλληλεπίδρασαν τα φωτόνια της ακτινοβολίας γ του Cs-137. Επιπλέον με την εμφάνιση του φιλμ επιβεβαιώθηκε η καλή λειτουργία του αυτόματου εμφανιστηρίου.

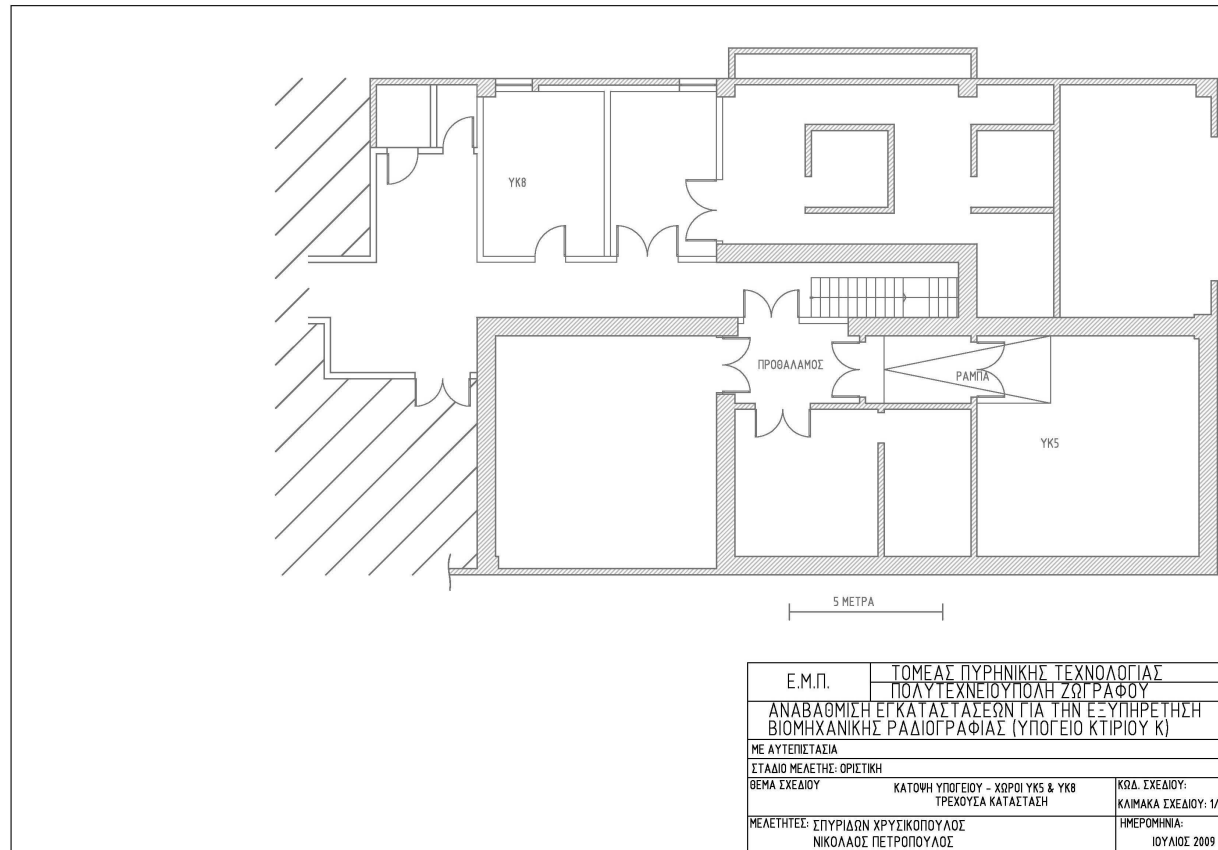
Αξιίζει να σημειωθεί ότι αφού με τη δοκιμή επιβεβαιώθηκε κατ'αρχήν η σωστή λειτουργία του εμφανιστηρίου αποφασίστηκε να κρατείται ημερολόγιο για την καταγραφή της χρήσης του εμφανιστηρίου. Σε αυτό σημειώνεται κάθε φορά η ημερομηνία που έγινε χρήση του εμφανιστηρίου (για εμφάνιση, καθαρισμό, συντήρηση κλπ), ο αριθμός των φιλμ που εμφανίστηκαν και άλλα σχόλια και παρατηρήσεις για την καλύτερη παρακολούθηση της απόδοσης του εξοπλισμού αυτού.

2.7 Παρατηρήσεις – σχόλια

Το αυτόματο εμφανιστήριο είναι μια συσκευή η οποία πραγματοποιεί αυτόματα τη διαδικασία εμφάνισης φιλμ. Στο παρόν Κεφάλαιο περιγράφηκε η εγκατάσταση του αυτόματου εμφανιστηρίου που διαθέτει ο Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας, μέσα στο χώρο ΥΚ5 του υπογείου του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ και η πρώτη λειτουργία του για την αυτόματη εμφάνιση φιλμ. Ειδικό βάρος δόθηκε στην περιγραφή του τρόπου που το εμφανιστήριο πληρώνεται με τα κατάλληλα χημικά διαλύματα καθώς και στον τρόπο που αυτά προετοιμάζονται, δεδομένου μάλιστα ότι τέτοιες περιγραφές δεν περιέχονται με λεπτομέρεια στα εγχειρίδια χρήσης του εμφανιστηρίου. Διαπιστώθηκε ότι κατά την πρώτη δοκιμή το εμφανιστήριο εμφανίζει φιλμ όπως αναμενόταν. Στο επόμενο 3^ο Κεφάλαιο θα περιγραφούν αυτόματες

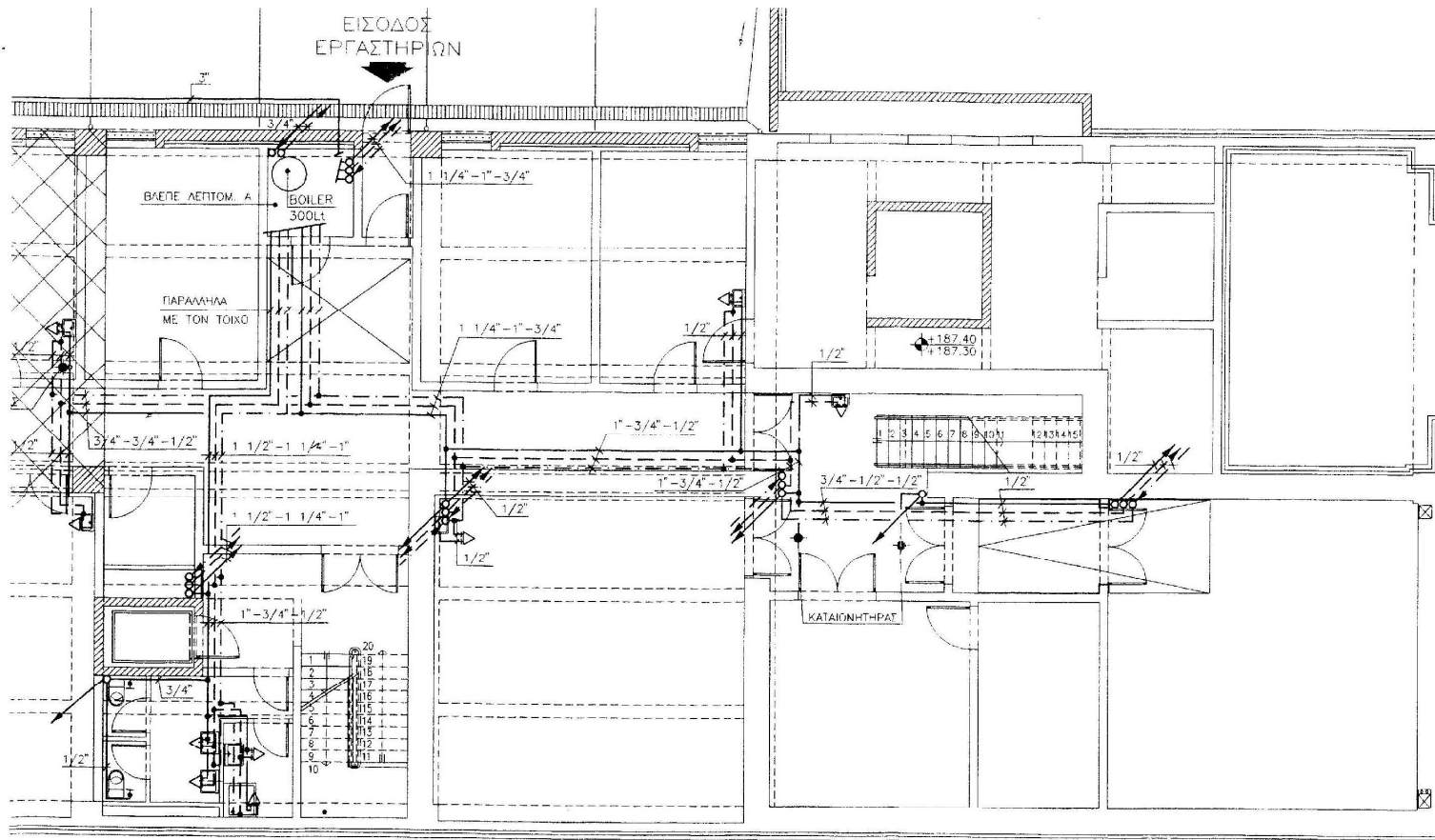
εμφανίσεις φιλμ που πραγματοποιήθηκαν για ενδεικτικά πειράματα ραδιογραφίας και αυτοραδιογραφίας.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΟΥ 2^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ



Διάγραμμα 2.1

Αρχιτεκτονικό σχέδιο ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ – ΧΩΡΟΙ ΥΚ5 & ΥΚ8 (τρέχουσα κατάσταση, Χρυσικόπουλος 2009)



Διάγραμμα 2.2

Απόσπασμα από το σχέδιο εγκαταστάσεων "Υγκ 1/5 ΥΔΡΕΥΣΗ – ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ, κλίμακα κατά προσέγγιση 1:100, εξαιτίας ατελειών ψηφιακής σάρωσης (Χρυσικόπουλος, 2009)



Διάγραμμα 2.3

Απομάστευση ύδατος από υπάρχουσα παροχή για την ύδρευση του χώρου ΥΚ5



Διάγραμμα 2.4

Νιπτήρας όπως τοποθετήθηκε στο χώρο ΥΚ5

"ZALION" ΦΟΡΗΤΟΙ ΑΠΙΟΝΙΣΤΕΣ (ιοντοανταλλακτικές συσκευές αποστάξεως ύδατος)



– Παρέχουν αποιονισμένο νερό ανώτερης ποιότητας του ΔΙΣ και ΤΡΙΣ απεσταγμένου με ειδική αντίσταση 3 ΜΩ.cm (0,3 μS/cm).

– Δεν χρειάζονται ηλεκτρική ενέργεια αλλά λειτουργούν μόνο με την πίεση του δικτύου υδρεύσεως.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Οι συσκευές ZALION είναι διαφανείς, έχουν κυλινδρικό σχήμα και περιέχουν μικτό στρώμα ειδικών ιοντοανταλλακτικών ρητίνων χρώματος κυανοπράσινου. Συνοδεύονται από ειδικούς αναρτήρες για να στερεώνονται στον τοίχο και ειδικό λάστιχο για να συνδέονται με την παροχή του νερού.

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Οι συσκευές ZALION τοποθετούνται κάθετα στον τοίχο κοντά σε νιπτήρα. Το άνω μέρος της συσκευής (είσοδος νερού) συνδέεται με τη βρύση με ειδικό λάστιχο ενώ στο κάτω μέρος προσαρμίζεται λάστιχο της αυτής ποιότητας για λήψη του αποιονισμένου νερού.

ΓΕΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ
ΜΠΑΚΑΚΟΣ
ΒΑΣΑΚΟΣ

IONEL A.E.B.E.
ΣΥΣΚΕΥΕΣ - ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΔΑΤΟΣ
ΦΙΛΤΡΑ ΝΕΡΟΥ - ΑΠΟΣΚΛΗΡΥΝΤΕΣ -
ΑΠΙΟΝΙΣΤΕΣ - ΠΙΣΙΝΕΣ - ΙΟΝΙΣΤΕΣ

ΚΑΣΤΑΜΟΝΗΣ 5 • Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΑΤΤΙΚΗΣ (ΑΘΗΝΑ) • Τ.Κ. 141 21
ΤΗΛ. ΚΕΝΤΡΟ: 210 2779911 • FAX 210 2779914 • E-MAIL: ionel@aeei.gr

PUROLITE
ION EXCHANGE RESINS
ISO - 9002

ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΕΩΣ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Οι συσκευές ZALION λειτουργούν απλώς με το άνοιγμα της βρύσης και παρέχουν ακαριαία αποιονισμένο νερό, χωρίς ρεύμα, παρά μόνον με την πίεση του δικτύου. Η ταχύτητα ροής είναι έως 600 λίτρα την ώρα.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Οι συσκευές ZALION περιέχουν μικτό στρώμα ιοντοανταλλακτικών ρητίνων χρώματος πρασινοπού και είναι ικανές να συγκρατήσουν όλα τα άλατα που είναι διαλυμένα μέσα στο νερό.

Δηλαδή:

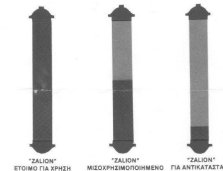
NaCl	CaCl ₂	MgCl ₂
NaHCO ₃	Ca(HCO ₃) ₂	Mg(HCO ₃) ₂
Na ₂ SO ₄	CaSO ₄	MgSO ₄
Na ₂ SO ₃	CaCO ₃	Mg(NO ₃) ₂
FeSO ₄	MgSO ₄	Sio ₂ CaSio ₃

Καθώς και ίχνη από F, CU κ.ά.

ΚΟΡΕΣΜΟΣ

Οι συσκευές ZALION, μετά από ορισμένη χρήση, αρχίζουν προοδευτικά να αλλάζουν χρώμα. Το αρχικό πρασινοπού χρώμα γίνεται κιτρινωπό ξεκινώντας από το πάνω μέρος της συσκευής και καταλήγοντας σ' κάτω.

Μόλις τó ZALION γίνει ολοκληρωτικά κιτρινωπό σημαίνει ότι έχει κορεστεί και χρειάζεται αντικατάσταση.



ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Με ένα απλό τηλεφώνημα στο τηλεφωνικό κέντρο 210 2779911 η υπηρεσία "ZALION SERVICE" της εταιρείας IONEL αναλαμβάνει την κατ' οίκον αντικατάσταση της κορεσμένης συσκευής ZALION μέσα στις επόμενες 24 ώρες.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Οι συσκευές ZALION είναι ιδανικές για χρήση σε:

Νοσοκομεία – εργαστήρια φαρμακευτικών ειδών – φαρμακεία – χημικά εργαστήρια – εργαστήρια ερευνών – μικροβιολογικά εργαστήρια – οδοντιατρεία – εργοστάσια καλλυντικών – ινστιτούτα καλλονής – εργοστάσια ποτοποιίας – επινικλοτήρια – εργαστήρια αργυροχρυσοκοσίας – κατασκευαστές συσσωρευτών – βιοτεχνίες επεξεργασίας υαλοπινάκων – φωτογραφικά εργαστήρια – πρατήρια βενζίνης – ενυδρεία

ΜΕΓΕΘΗ

ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΥΜΑΙΝΟΜΕΝΗ ΑΝΑ ΛΙΤΡΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΓΙΑ ΝΕΡΟ ΕΥΔΑΙΤΟΣ 150 PPM CaCO ₃	ΑΞΙΑ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ
ZALION 2000	1420 MM × 154 MM	2000 λίτρα (κιλά)
ZALION 1200	1100 MM × 154 MM	1200 » »
ZALION 600	1105 MM × 100 MM	600 » »
ZALION 300	660 MM × 100 MM	300 » »

* Για το Λεκανοπέδιο της Αθήνας, η μεταφορά και τοποθέτηση στον πελάτη γίνεται δωρεάν.

* Για την επαρχία, τα έξοδα συσκευασίας και μεταφοράς βαρύνουν τον πελάτη.

* Οι τιμές επιβαρύνονται με Φ.Π.Α. 19%.

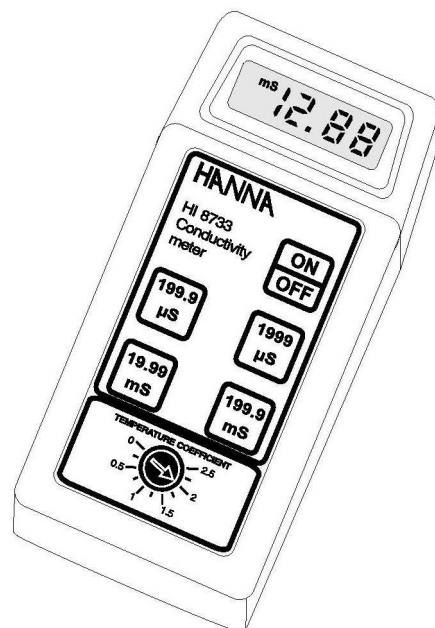
Διάγραμμα 2.5

Στοιχεία για την στήλη αποιονισμού Zalion 1200 της εταιρείας κατασκευής IONEL AEBE



Διάγραμμα 2.6

Στήλη απιονισμού όπως τοποθετήθηκε στο χώρο ΥΚ5



Διάγραμμα 2.7

Αγωγιμόμετρο εταιρείας κατασκευής HANNA instruments τύπου HI8733



Διάγραμμα 2.8

**Ψηφιακό θερμόμετρο εταιρείας κατασκευής FLUKE τύπου 52K/J
(διακρίνονται στο κάτω μέρος οι εισοδοί για θερμοστοιχεία)**



Διάγραμμα 2.9

**Αποχέτευση νιπτήρα όπως κατασκευάστηκε στο χώρο ΥΚ5
(σειριακή ακολουθία φωτογραφιών)**



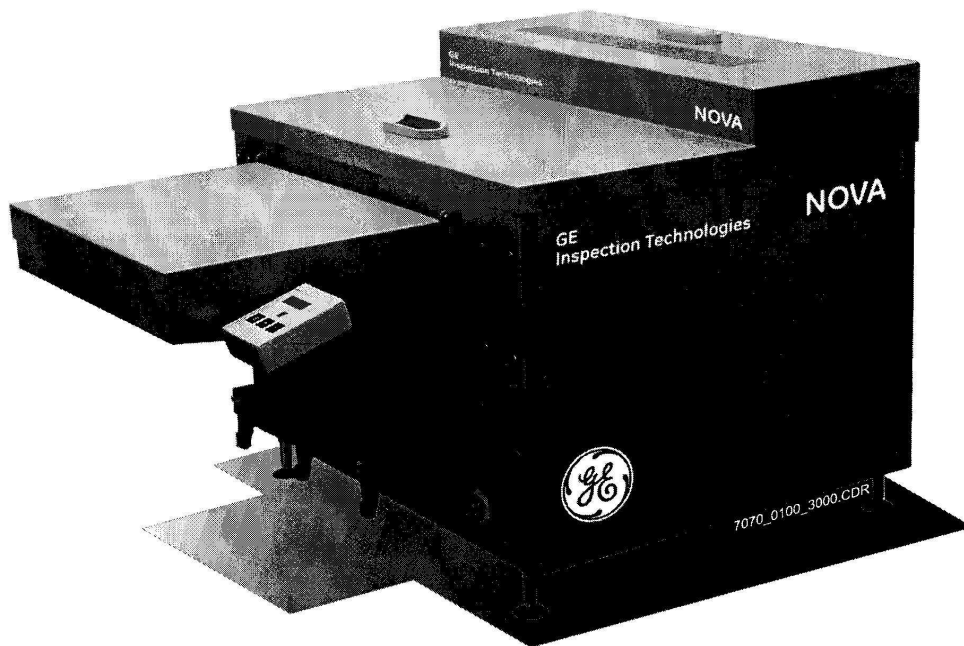
Διάγραμμα 2.10

Ρύθμιση των βαλβίδων έτσι ώστε η αποχέτευση να γίνεται από το νιπτήρα



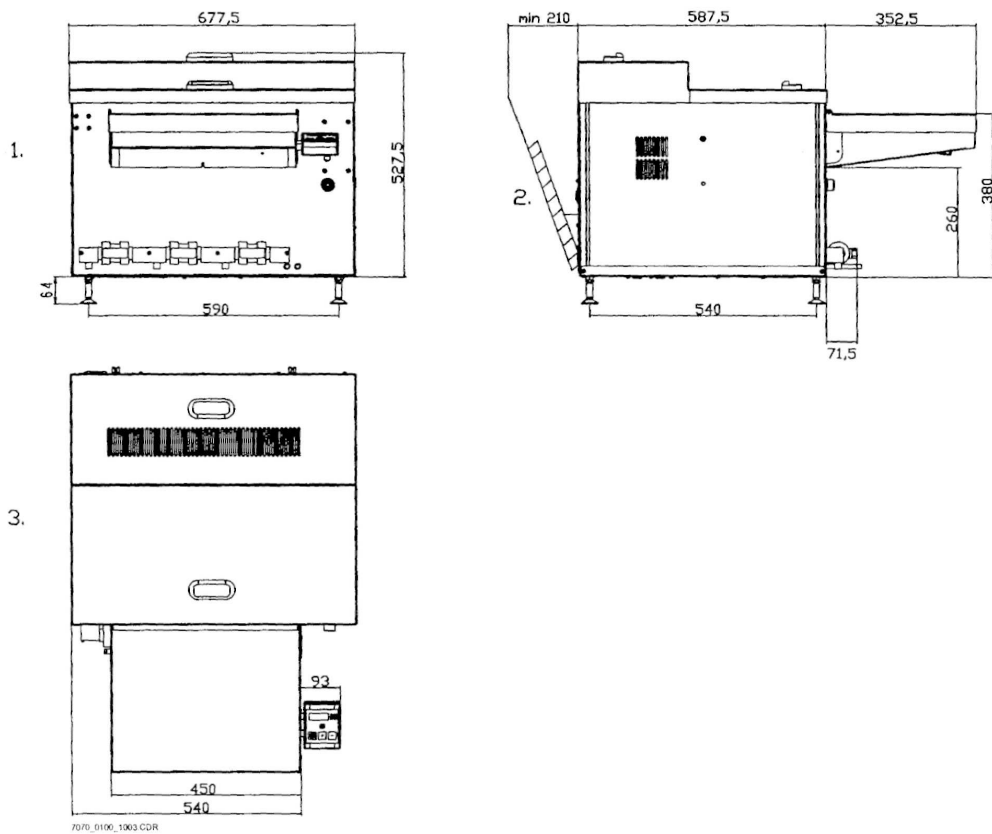
Διάγραμμα 2.11

Ρύθμιση των βαλβίδων έτσι ώστε η αποχέτευση να γίνεται από το φρεάτιο



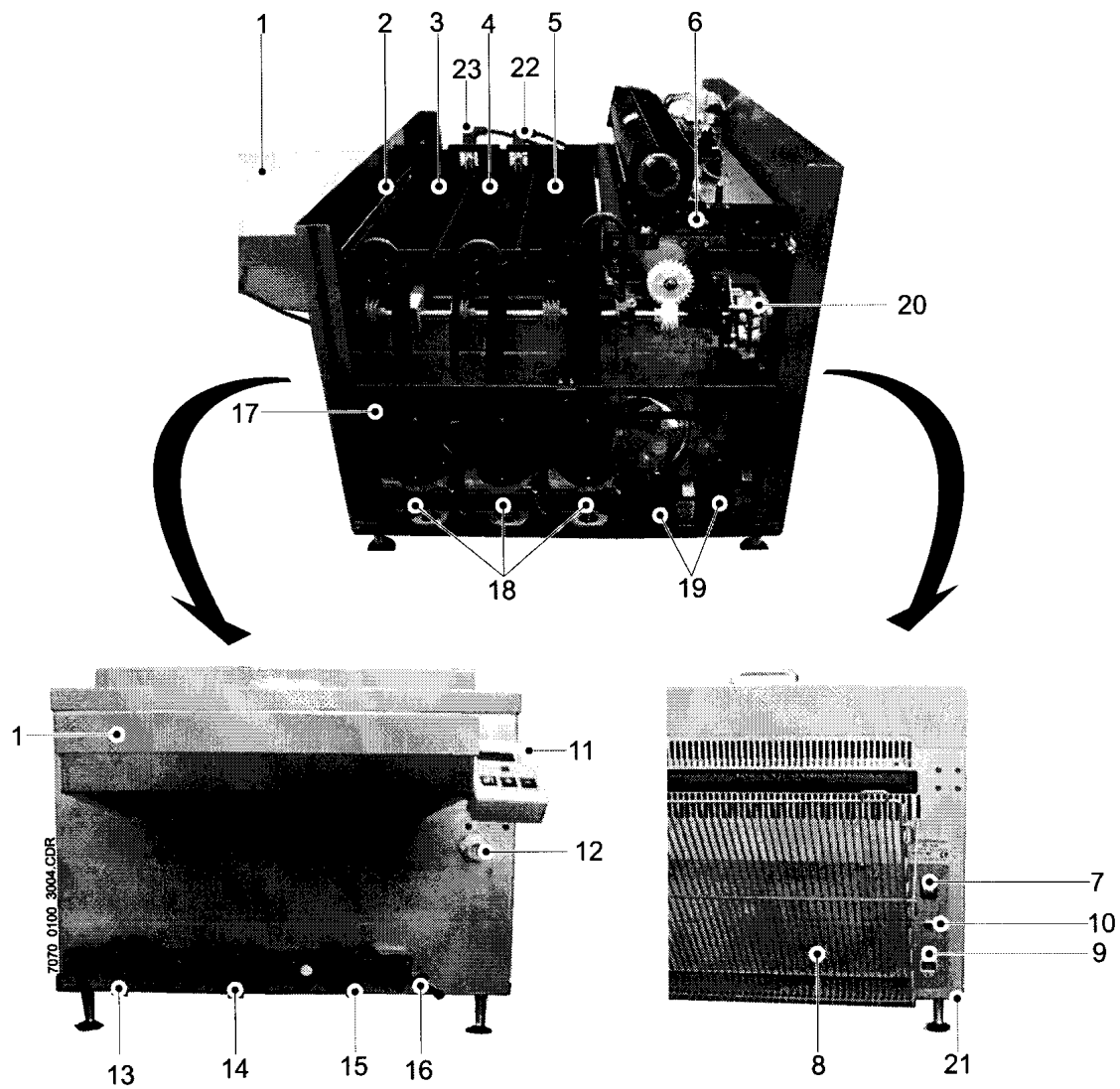
Διάγραμμα 2.12

**Αυτόματο εμφανιστήριο NOVA type 7070/100
της εταιρίας GE Inspection Technologies**

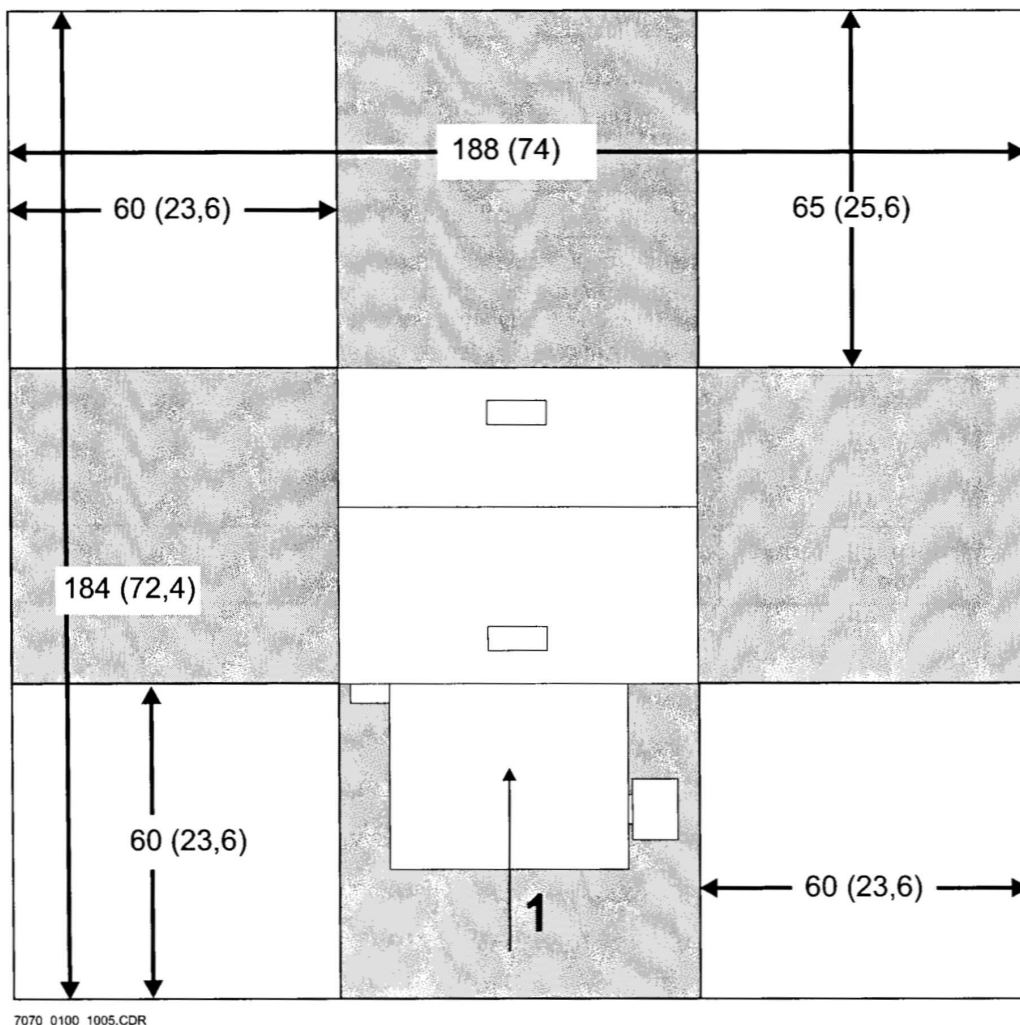


Διάγραμμα 2.13

**Διαστάσεις Αυτόματου εμφανιστήριου NOVA type 7070/100
της εταιρίας GE inspection technologies**



Διάγραμμα 2.14
Βασικά μέρη του αυτόματου εμφανιστηρίου NOVA



Dimensions in cm (inch)

1 Film feed direction (feed table)

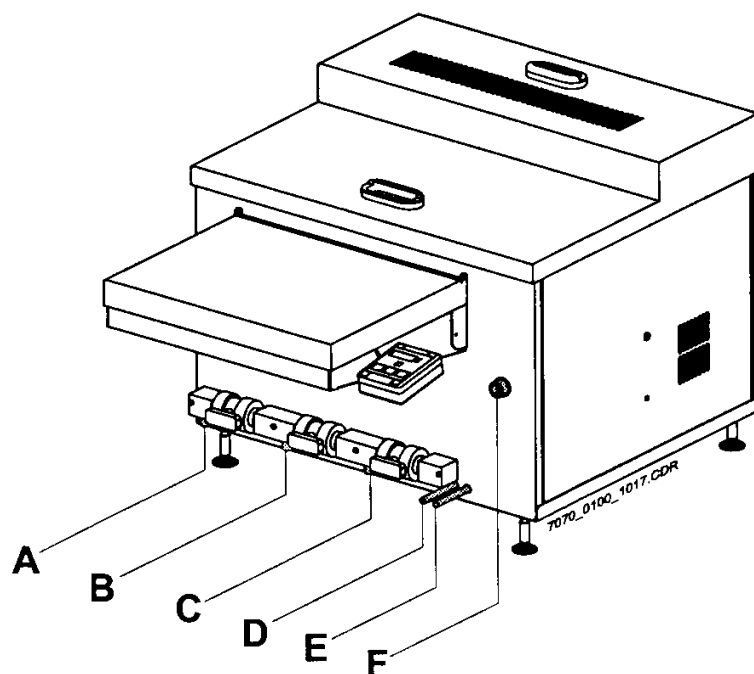
Διάγραμμα 2.15

Κάτοψη για τις απαραίτητες διαστάσεις διαθέσιμων χώρων εμπρός, πίσω, αριστερά και δεξιά, για την ευκολότερη συντήρηση του αυτόματου εμφανιστηρίου NOVA (1)



Διάγραμμα 2.16

Το αυτόματο εμφανιστήριο όπως τοποθετήθηκε στο χώρο ΥΚ5



Διάγραμμα 2.17

**Συνδέσεις για την εγκατάσταση του αυτόματου εμφανιστηρίου:
A, B και C αποχετεύσεις (οι D, E και F είναι παροχές)**



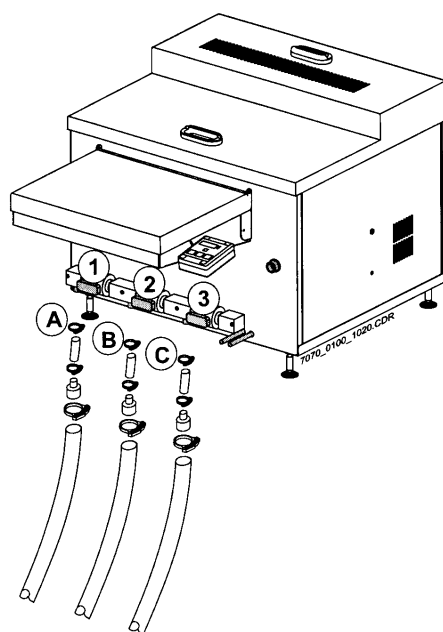
Διάγραμμα 2.18

Πλαστικές σωλήνες αποχέτευσης όπως τοποθετήθηκαν από το αυτόματο εμφανιστήριο (πάνω) ως το νιπτήρα (κάτω)



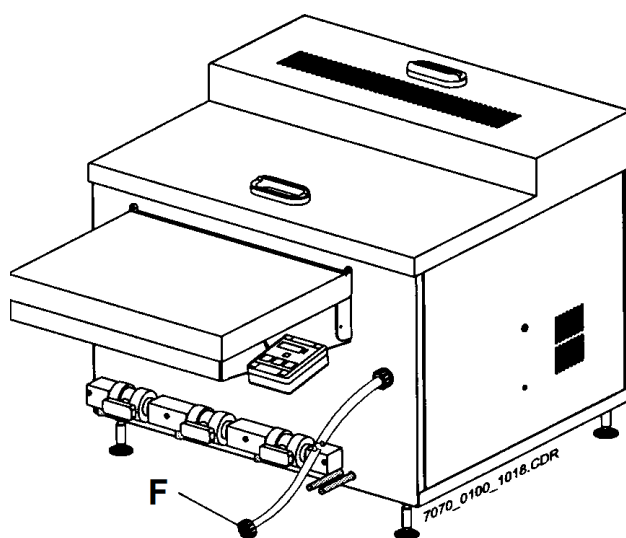
Διάγραμμα 2.19

Τραπέζι και ξύλινη βάση για τη ρύθμιση του ύψους του εμφανιστηρίου



Διάγραμμα 2.20

Σύνδεση αποχετευτικών σωλήνων στις εξόδους αποχέτευσης A, B, C, βαλβίδες αποστράγγισης 1, 2 και 3 αντίστοιχα



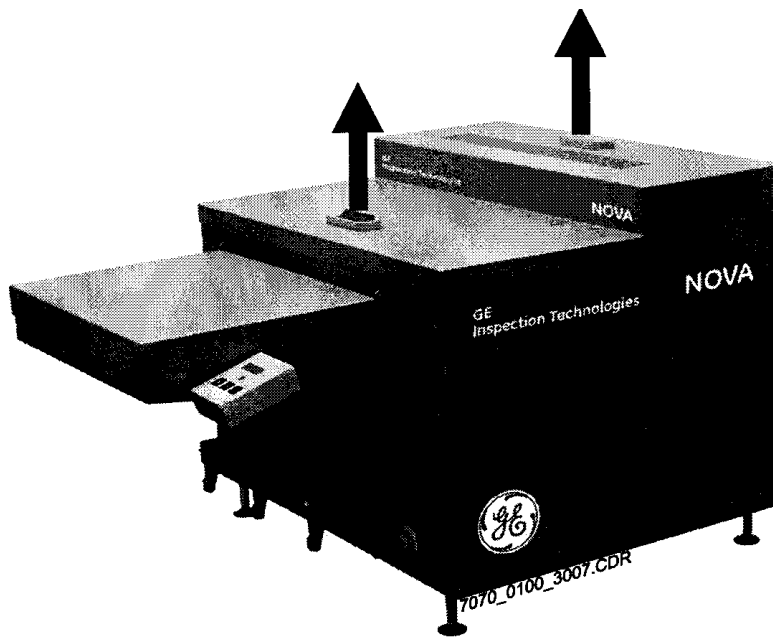
Διάγραμμα 2.21

Σύνδεση του εμφανιστηρίου με παροχή νερού

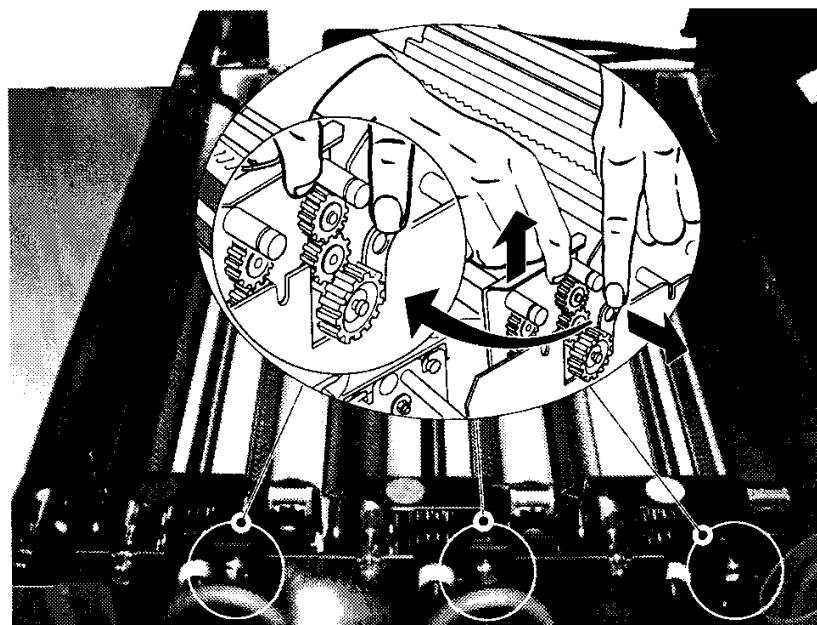


Διάγραμμα 2.22

Σύνδεση του εμφανιστηρίου με παροχή απιονισμένου νερού (γκρι σωλήνας)

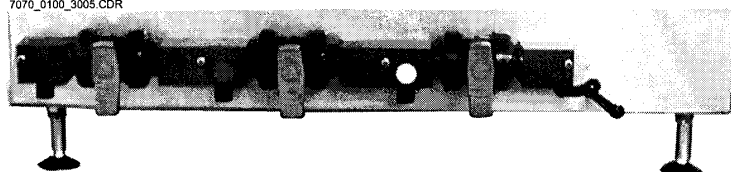


Διάγραμμα 2.23
Αφαίρεση άνω καλύμματος



Διάγραμμα 2.24
Αφαίρεση των σχαρών (συστήματα κυλίνδρων)

7070_0100_3005.CDR

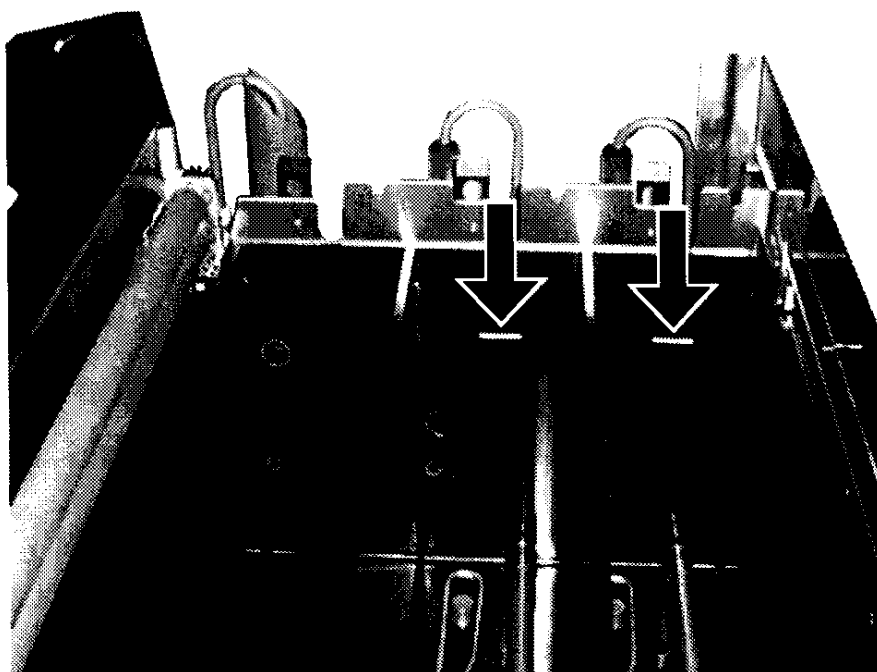


κλειστή

ανοιχτή

Διάγραμμα 2.25

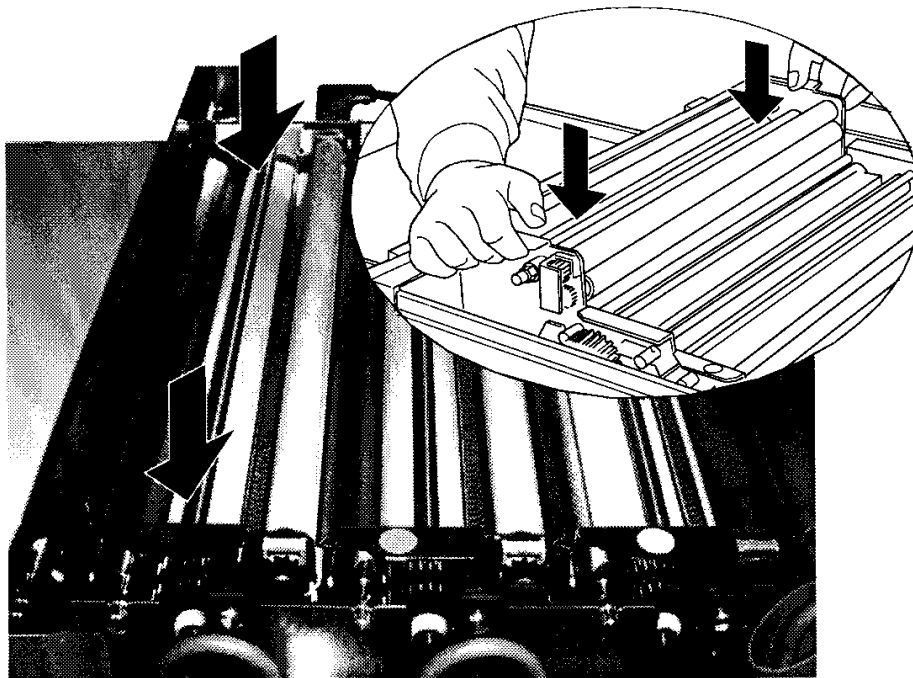
**Βαλβίδες αποστράγγισης σε κλειστή θέση
(με αντιρολογιακή στροφή έρχονται σε ανοιχτή θέση)**



7070_0100_3009.CDR

Διάγραμμα 2.26

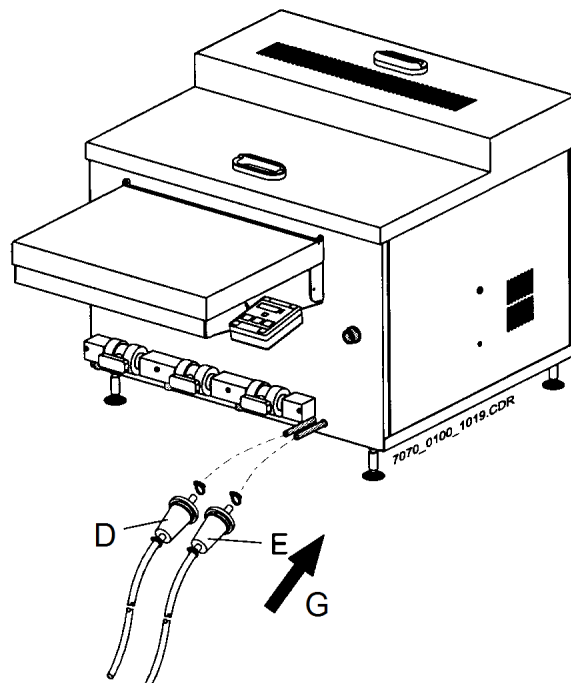
Πλήρωση των δεξαμενών με χημικά διαλύματα μέχρι την επιτρεπόμενη στάθμη



7070_0100_3010.CDR

Διάγραμμα 2.27

Επανατοποθέτηση χαρτών



7070_0100_1019.CDR

Διάγραμμα 2.28

Σύνδεση με δοχεία τροφοδότησης εμφανιστή και στερεωτή



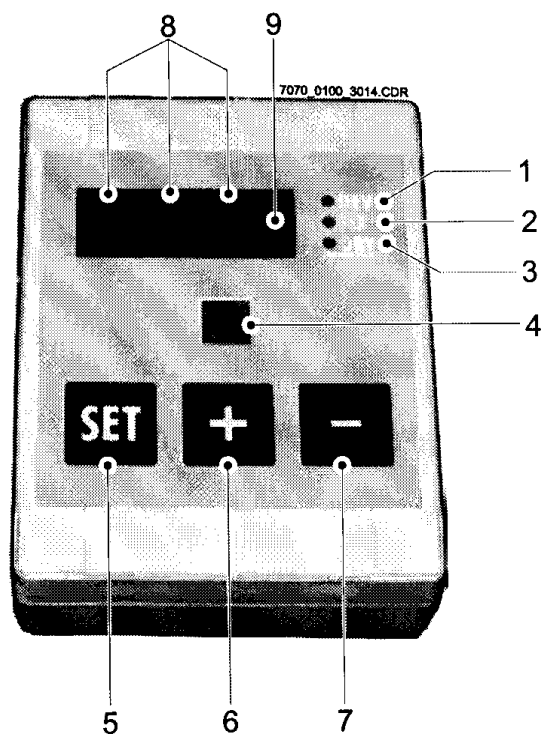
Διάγραμμα 2.29

**Συνδεδεμένα δοχεία τροφοδότησης χωρητικότητας 30 L
για τον εμφανιστή (δεξιά) και για τον στερεωτή (αριστερά)**



Διάγραμμα 2.30

Το αυτόματο εμφανιστήριο πλήρως συνδεδεμένο



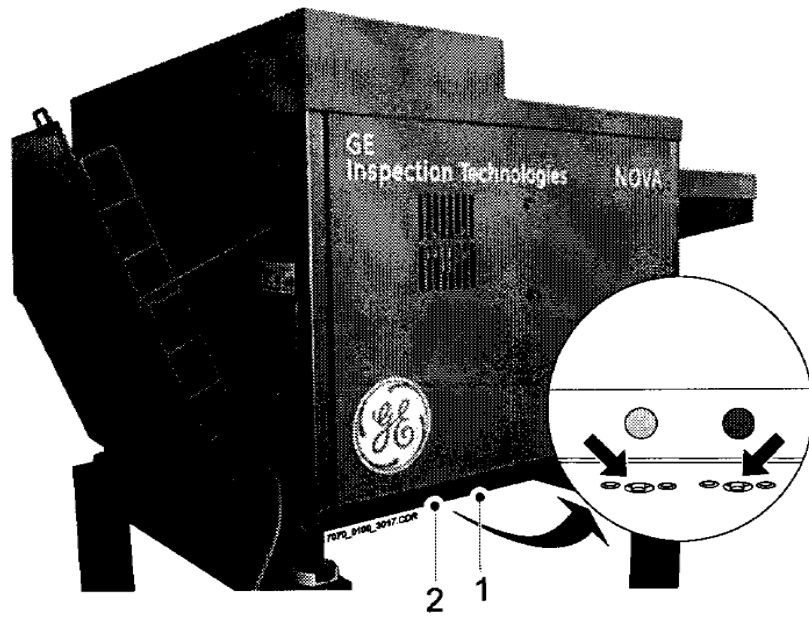
Διάγραμμα 2.31

Πίνακας ελέγχου αυτόματου εμφανιστηρίου

Μενού 1	Θερμοκρασία εμφανιστή (°C)	28.10 DEJ TK JRY
Μενού 2	Θερμοκρασία στερεωτικού (°C)	28.00 DEJ TK JRY
Μενού 3	Στάδιο ξήρανσης	03 DEJ TK JRY
Μενού 4	Ρύθμιση επεξεργασίας	08 DEJ TK JRY
Μενού 5	Ανεφοδιασμός εμφανιστή (x10 ml/m ²)	90 DEJ TK JRY
Μενού 6	Ανεφοδιασμός στερεωτικού (x10 ml/m ²)	120 DEJ TK JRY
Μενού 7	Βαθμός τροφοδοσίας νερού (l/m ²)	03 DEJ TK DRY 7070 0100 3014.CDR

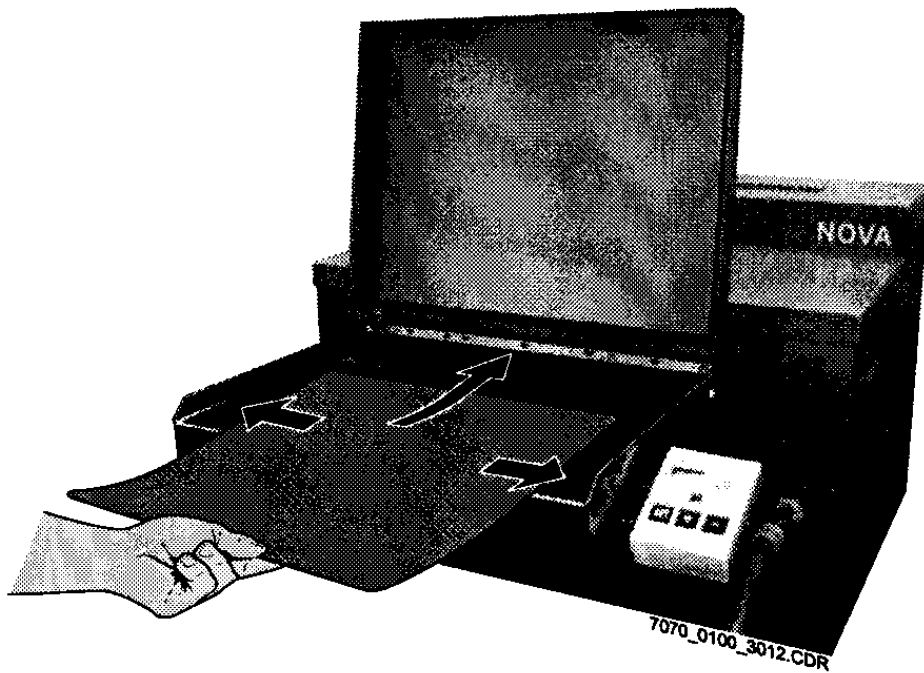
Διάγραμμα 2.32

Παράμετροι μενού και αντίστοιχες ενδείξεις οθόνης ελέγχου



Διάγραμμα 2.33

Επανάταξη αυτόματης προστασίας υπερθέρμανσης



Διάγραμμα 2.34

Εισαγωγή φιλμ



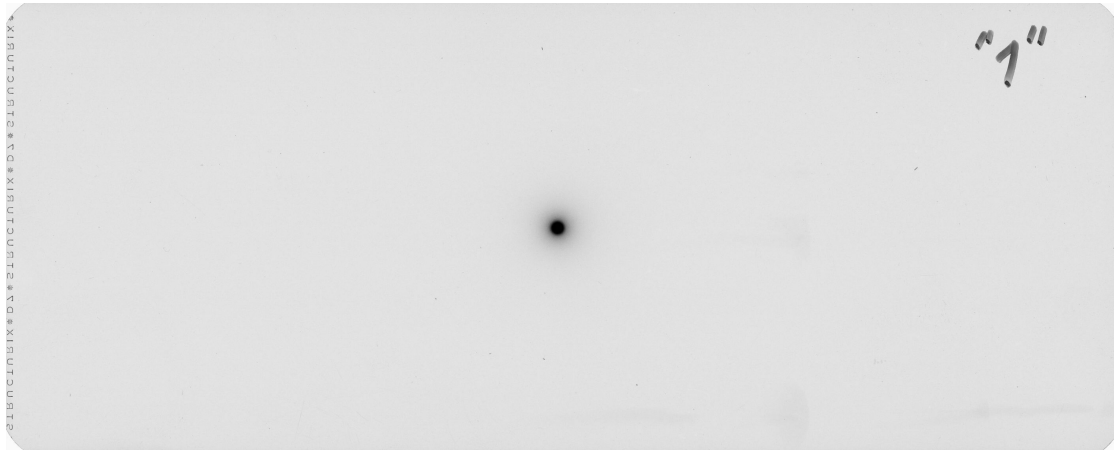
Διάγραμμα 2.35

Φίλμ AGFA STRUCTURIX D7 PB 10x24cm



Διάγραμμα 2.36

Φίλμ σε επαφή με σημειακή πηγή Cs-137



Διάγραμμα 2.37
Φιλμ μετά την εμφάνιση

ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΟΥ 2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

°C	°F	HI 7030 HI 8030 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	HI 7031 HI 8031 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	HI 7033 HI 8033 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	HI 7034 HI 8034 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	HI 7035 HI 8035 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	HI 7039 HI 8039 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
0	32	7150	776	64	48300	65400	2760
5	41	8220	896	65	53500	74100	3180
10	50	9330	1020	67	59600	83200	3615
15	59	10480	1147	68	65400	92500	4063
16	60.8	10720	1173	70	67200	94400	4155
17	62.6	10950	1199	71	68500	96300	4245
18	64.4	11190	1225	73	69800	98200	4337
19	66.2	11430	1251	74	71300	100200	4429
20	68	11670	1278	76	72400	102100	4523
21	69.8	11910	1305	78	74000	104000	4617
22	71.6	12150	1332	79	75200	105900	4711
23	73.4	12390	1359	81	76500	107900	4805
24	75.2	12640	1386	82	78300	109800	4902
25	77	12880	1413	84	80000	111800	5000
26	78.8	13130	1440	86	81300	113800	5096
27	80.6	13370	1467	87	83000	115700	5190
28	82.4	13620	1494	89	84900	117700	5286
29	84.2	13870	1521	90	86300	119700	5383
30	86	14120	1548	92	88200	121800	5479
31	87.8	14370	1575	94	90000	123900	5575

Πίνακας 2.1

Πίνακας τιμών αγωγιμότητας διαφόρων διαλυμάτων βαθμονόμησης εταιρείας κατασκευής HANNA Instruments, διάφορες θερμοκρασίες

	Θερμοκρασία (°C)	Αγωγιμότητα (μS)
Νερό δικτύου ΕΜΠ	26,7	908
Εμφιαλωμένο νερό	25,8	338
Απεσταγμένο νερό	25,6	12
Απιονισμένο νερό	23,4	12

Πίνακας 2.2

Ενδεικτικές μετρήσεις αγωγιμότητας νερού για διάφορα δείγματα

	Στάνταρ ρυθμίσεις	Πεδίο ρύθμισης
Θερμοκρασία εμφανιστή	28 °C	22-37 °C
Θερμοκρασία στερεωτικού	28 °C	22-37 °C
Στάδιο ξήρανσης	4	Στάδιο 1 - 6
Ρύθμιση επεξεργασίας	8'	1.5' - 12'
Ανεφοδιασμός εμφανιστή	900 ml/m ²	200 - 950 ml/m ²
Ανεφοδιασμός στερεωτικού	1.200 ml/m ²	500 -1.250 ml/m ²
Ανεφοδιασμός νερού	13 l/m ² (= στάνταρ παροχή με συνεχές ανεφοδιασμό νερού)	0 -15 l/m ²

Πίνακας 2.3

Πεδία ρύθμισης παραμέτρων επεξεργασίας φιλμ για το αυτόματο εμφανιστήριο

Βήμα	Όνομα (συνολική διάρκεια σε min)	Ταχύτητα μετακίνησης φιλμ (cm/min)	Διάρκεια εμφάνισης ή διάρκεια στερέωσης (sec)
1	1.5	106.67	18.75
2	02	80.00	25.00
3	03	53.33	37.50
4	04	40.00	50.00
5	05	32.00	62.50
6	06	26.67	74.99
7	07	22.86	87.49
8	08	20.00	100.00
9	09	17.78	112.49
10	10	16.00	125.00
11	11	14.55	137.46
12	12	13.33	150.04

Πίνακας 2.4

Δυνατές ρυθμίσεις στο μενού 4 (βήματα 1-12) και υπολογισμοί χρόνων εμφάνισης και στερέωσης που αντιστοιχούν σε αυτές

<i>smallest format</i>	6 x 12 cm (2.4" x 4.7")
<i>minimum width</i>	3,5 cm (1.4")
<i>minimum length</i>	12 cm (4.7")
<i>maximum width</i>	43,2 cm (17")
<i>film curl: min. diameter</i>	30 cm (11.8")

Πίνακας 2.5

Ελάχιστες και μέγιστες διαστάσεις φιλμ που μπορεί να δεχθεί το εμφανιστήριο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΜΦΑΝΙΣΤΗΡΙΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν Κεφάλαιο περιγράφεται η δοκιμαστική λειτουργία του αυτόματου εμφανιστηρίου με εφαρμογές ραδιογραφίας και αυτοραδιογραφίας καθώς και τα αναλυτικά συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτές τις δοκιμές, τα οποία μπορούν να εξυπηρετήσουν την εργαστηριακή εξάσκηση και έρευνα στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ. Για τις δοκιμές αυτοραδιογραφίας χρησιμοποιήθηκαν κυρίως σημειακές πηγές μικρής ραδιενέργειας (1~6 μC) καθώς και τέφρα ως "πηγή φωτονίων με όγκο" πολύ μικρής ραδιενέργειας (τάξης μεγέθους nC). Για τις δοκιμές ραδιογραφίας χρησιμοποιήθηκαν τόσο σημειακές πηγές μικρής ραδιενέργειας (6 μC) όσο και μία μηχανή παραγωγής ακτίνων -x 50 kV που διαθέτει το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας για εφαρμογές XRF (βλ. π.χ. και Rouni, 2006). Τα φιλμ που δοκιμάστηκαν ήταν βιομηχανικού τύπου, οδοντιατρικά, ιατρικά, και (ασπρόμαυρα) φωτογραφικά. Σημειώνεται ότι ως αυτοραδιογραφία ορίζεται η παραγωγή εικόνας σε ένα ραδιογραφικό φιλμ από φωτόνια ή άλλα σωματίδια από ραδιενεργές διασπάσεις, που προέρχονται από το ίδιο το αντικείμενο που ραδιογραφείται. Για την αυτοραδιογραφία δηλαδή δεν χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί εξωτερική πηγή φωτονίων είτε αυτή είναι μηχανή παραγωγής ακτίνων -x είτε ισοτοπική πηγή. Το φαινόμενο της αυτοραδιογραφίας πρώτος διαπίστωσε ο Reinganum το 1911. Η τεχνική της αυτοραδιογραφίας έχει βελτιωθεί με την πάροδο των χρόνων, και μπορεί να δώσει πολλές πληροφορίες για το αυτοραδιογραφούμενο αντικείμενο από την εξέταση φιλμ τα οποία έχουν εκτεθεί στην ακτινοβολία του.

3.2 "Γρήγορα" και "αργά" φιλμ

Σύμφωνα με τα όσα σημειώνονται από τον Quinn (1981), αλλά και σε άλλα εγχειρίδια που αφορούν στη βιομηχανική ραδιογραφία και τη φωτογραφία γενικότερα, τα φιλμ μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με το πόσο σύντομα "αμαυρώνονται" για συγκεκριμένη ενέργεια και ρυθμό προσβολής από φωτόνια σε "γρήγορα" και "αργά". Επειδή στη συνέχεια του κειμένου θα χρησιμοποιηθούν τέτοιοι χαρακτηρισμοί για τα φιλμ, θα περιγραφεί σε αυτό το σημείο η τεχνική

διαφορά τους προκειμένου να γίνει κατανοητή. Όπως είναι γνωστό τα φιλμ είναι λεπτά επίπεδα από διαφανές πολυμερές υλικό πάνω στο οποίο έχει τοποθετηθεί ένα λεπτό ισοπαχές στρώμα από κόκκους φωτοευαίσθητου υλικού Βρωμιούχου Αργύρου. Αν ένας κόκκος προσβληθεί από φωτόνιο, μαυρίζει συνολικά. Ο χρωματισμός αυτός προκύπτει από τη χημική επεξεργασία της εμφάνισης του φιλμ μετά την προσβολή των κόκκων από τα φωτόνια. Σε ένα "γρήγορο" φιλμ, οι κόκκοι είναι λιγότεροι αλλά μεγαλύτεροι σε διάμετρο. Σε ένα "αργό" φιλμ, οι κόκκοι είναι περισσότεροι αλλά μικρότεροι σε διάμετρο. Η συνέπεια αυτού του δεδομένου καταγράφεται στο σχήμα του Διαγράμματος 3.1, όπου απεικονίζονται σε μικροσκοπικό επίπεδο και σε επαλληλία ένα "αργό" και ένα "γρήγορο" φιλμ. Μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι για το "γρήγορο" φιλμ αρκεί ένα μόλις φωτόνιο για να αμαυρώσει μία μεγάλη επιφάνεια. Αντίθετα στο "αργό" φιλμ, χρειάζονται πολύ περισσότερα φωτόνια για να αμαυρώσουν την ίδια επιφάνεια. Επομένως ένα "αργό" φιλμ χρειάζεται γενικά μεγαλύτερη έκθεση (ισοδύναμα: μεγαλύτερο συνολικά αριθμό φωτονίων που το προσβάλλουν) για να καταγράψει την ίδια αμαύρωση με ένα "γρήγορο" φιλμ. Φυσικά ένα "γρήγορο" φιλμ με μεγαλύτερους κόκκους φωτοευαίσθητου υλικού παρουσιάζει ραδιογραφικές εικόνες με χαμηλότερη ευκρίνεια (δηλ. εμφανή όπως λέγεται "κόκκωση").

3.3 Αυτόματες εμφανίσεις φιλμ από διάφορες εκθέσεις

3.3.1 Γενικά

Τα φιλμ που εκτέθηκαν και εμφανίστηκαν στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας με τη χρήση του αυτόματου εμφανιστηρίου για τους σκοπούς της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας, αριθμούνται σειριακά αρχίζοντας από το "1". Τα εμφανισμένα φιλμ τοποθετήθηκαν σε διαφάνειες μέσα σε ντοσιέ κατά την αρίθμησή τους. Ο αύξων αριθμός του κάθε φιλμ σημειώθηκε με ανεξίτηλο μαρκαδόρο πάνω σε αυτό. Όπου χρειάζεται να παρουσιασθούν εικόνες των εμφανισθέντων φιλμ, αυτές προέκυψαν από ψηφιοποίηση τους μέσω κατάλληλου σαρωτή με τρόπο που θα περιγραφεί στο επόμενο 5^ο Κεφάλαιο.

3.3.2 Εμφανίσεις φιλμ

Φιλμ "1" (αυτοραδιογραφία), Εμφάνιση 11-05-09

Σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν η πρώτη εμφάνιση στο αυτόματο εμφανιστήριο.

Το φιλμ "1" είναι το φιλμ εμφανίστηκε για την πρώτη δοκιμή του αυτόματου εμφανιστηρίου που αναφέρθηκε στο 2^ο Κεφάλαιο (βλ. και φωτογραφία στο Διάγραμμα 2.35).

Φιλμ "2" (αυτοραδιογραφία), Εμφάνιση 14-05-09

Σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν η πρώτη αυτοραδιογραφία από ραδιενεργές πηγές διαφόρων τύπων.

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε είναι εταιρίας κατασκευής AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB Vacurac, διαστάσεων 10x24cm με ενισχυτικές οθόνες μολύβδου (βλ. και φωτογραφία στο Διάγραμμα 2.35). Αυτό ήρθε σε επαφή με μια σειρά οκτώ σημειακών πηγών διατεταγμένες κατά μήκος του φιλμ για μια ώρα, όπως φαίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 3.2. Από αριστερά προς δεξιά οι πηγές ήταν:

1. σημειακή πηγή ακτινοβολίας γ ισοτόπου Cs-137 και έντασης 12.29 $\mu\text{C}/01-02-1981$ τύπου CDR.151, εταιρείας κατασκευής AMERSHAM
2. σημειακή πηγή ακτινοβολίας γ ισοτόπου Cs-137 και έντασης 0.993 $\mu\text{C}/01-01-1981$ τύπου CDR.121, εταιρείας κατασκευής AMERSHAM
3. σημειακή πηγή ακτινοβολίας β ισοτόπου Sr-90 και έντασης 5 μC /άγνωστης ημερομηνίας αναφοράς και άγνωστου τύπου, εταιρείας κατασκευής PANAX Equipment Ltd
4. σημειακή πηγή ακτινοβολίας β ισοτόπου Sr-90 και έντασης 0.125 μC / άγνωστης ημερομηνίας αναφοράς και άγνωστου τύπου και εταιρείας κατασκευής PANAX Equipment Ltd
5. σημειακή πηγή ακτινοβολίας β ισοτόπου Sr-90 έντασης 0.033 μC , άγνωστης ημερομηνίας αναφοράς, τύπου 90 BD, εταιρείας κατασκευής Baird Atomic
6. σημειακή πηγή ακτινοβολίας β ισοτόπου Cl-36 έντασης 0.016 μC , άγνωστης ημερομηνίας αναφοράς, τύπου 36 BD, εταιρείας κατασκευής Baird Atomic
7. σημειακή πηγή ακτινοβολίας γ ισοτόπου Am-241 και έντασης 1.09 $\mu\text{C}/01-07-1991$ τύπου AMR.1121, εταιρείας κατασκευής AMERSHAM
8. σημειακή πηγή μικτής ακτινοβολίας α μίγματος ισοτόπων Am-241, Pu-239 και Cm-244 και έντασης 150 nC/ άγνωστης ημερομηνίας αναφοράς, τύπου AMR.43, εταιρείας κατασκευής AMERSHAM

Αφού έγινε η εμφάνιση του φιλμ στο αυτόματο εμφανιστήριο διαπιστώθηκε η εικόνα που φαίνεται στο Διάγραμμα 3.3.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

(α) η πηγή "1" "έγραψε" στο φιλμ "2" ακριβώς όπως και στο φιλμ "1", όπως ήταν και αναμενόμενο

(β) η πηγή "2" που είχε το 1/10 της ραδιενέργειας της πηγής "1" έγραψε πολύ λιγότερο, όπως ήταν και αναμενόμενο

(γ) οι πηγές β σωματιδίων από Sr-90 "3", "4" και "5", αλληλεπιδρούν γενικά με το φιλμ. Παρόλα αυτά μόνο η πηγή "3" φαίνεται να είναι αρκετά ισχυρή για να επιφέρει σημαντική αμαύρωση. Η αμαύρωση από τις πηγές "4" και "5", πρακτικά δεν διακρίνεται, λόγω μικρότερης ραδιενέργειας.

(δ) Η αμαύρωση από την πηγή "6" με β σωματίδια Cl-36 πρακτικά δεν διακρίνεται. Η αιτία μπορεί να είναι, η μικρότερη ραδιενέργεια και η μικρότερη μέση και μέγιστη ενέργεια των β σωματιδίων του Cl-36 από εκείνα του Sr-90.

(ε) Η αμαύρωση από την πηγή "8" με γ φωτόνια Am-241 πρακτικά δεν διακρίνεται. Η αιτία μπορεί να είναι, η μικρότερη ραδιενέργεια και η μικρότερη ενέργεια των γ σωματιδίων του Am-241 από εκείνα του Cs-137.

(στ) Η αμαύρωση από την πηγή "9" με α σωματίδια πρακτικά δεν διακρίνεται. Η αιτία μπορεί να είναι, ότι τα σωματίδια α που προήλθαν από τη σημειακή πηγή ακτινοβολίας α δεν αλληλεπιδράσαν με το φιλμ καθόλου. Το πιο πιθανό σενάριο είναι ότι, λόγω της μικρής εμβέλειας που παρουσιάζουν τα σωματίδια α μέσα στην ύλη, αυτά να εμποδίστηκαν πλήρως από τις ενισχυτικές οθόνες μόλυβδου που διαθέτει το φιλμ. Τα ίχνη μικρής αμαύρωσης που υπάρχουν πιθανόν να οφείλονται μόνο στα φωτόνια που εκπέμπονται από το περιεχόμενο Am-241.

Φιλμ "3" (αυτοραδιογραφία), Εμφάνιση 18-05-09

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του φιλμ "2", προέκυψε ο προβληματισμός ότι για τις μικρές σημειακές πηγές που η ακτινοβολία τους δεν εμφανίστηκε να αλληλεπιδράσε, ίσως οι ενισχυτικές οθόνες μόλυβδου αντί για να ενισχύουν την εικόνα του φιλμ, εμποδίζουν την ακτινοβολία από το να τις διαπεράσει και να αλληλεπιδράσει με το φιλμ. Γι αυτό αποφασίστηκε να γίνει δοκιμή με ίδιου τύπου φιλμ, χωρίς όμως τις ενισχυτικές οθόνες μόλυβδου που αυτό διαθέτει, σε επαφή με τις

σημειακές πηγές που δεν "έγραψαν" στο φιλμ "2". Αυτή η δοκιμή έγινε με το φιλμ "3".

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε είναι εταιρίας κατασκευής AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB Vacurac, διαστάσεων 10x24cm με ενισχυτικές οθόνες μόλυβδου. Για την πραγματοποίηση αυτής της έκθεσης αφαιρέθηκαν οι οθόνες μόλυβδου και το φιλμ ήρθε σε επαφή "γυμνό" με σημειακές πηγές, χωρίς βέβαια κατά τη διαδικασία αυτή να έρθει σε επαφή με ακτινοβολία φωτός. Για το σκοπό αυτό οι οθόνες αφαιρέθηκαν από το φιλμ κάτω από φωτισμό σκοτεινού θαλάμου. Στην συνέχεια το φιλμ ήρθε σε επαφή με σημειακές πηγές, μέσα στο δίσκο τροφοδοσίας φιλμ του αυτόματου εμφανιστηρίου με κλειστό το ανακλινόμενο κάλυμμα, ο οποίος σύμφωνα με οδηγίες του κατασκευαστή του εμφανιστηρίου, θεωρείται χώρος ικανοποιητικά φωτοστεγανός. Κατά αυτόν τον τρόπο το φιλμ ήρθε σε επαφή με σειρά σημειακών πηγών διατεταγμένων κατά μήκος του για μια ώρα, όπως φαίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 3.4. Από αριστερά προς δεξιά οι πηγές ήταν:

1. σημειακή πηγή ακτινοβολίας β ισοτόπου Sr-90 και έντασης 0.125 μC / άγνωστης ημερομηνίας αναφοράς και άγνωστου τύπου και εταιρίας κατασκευής PANAX Equipment Ltd
2. σημειακή πηγή ακτινοβολίας β ισοτόπου Sr-90 έντασης 0.033 μC , άγνωστης ημερομηνίας αναφοράς, τύπου 90 BD, εταιρείας κατασκευής Baird Atomic
3. σημειακή πηγή ακτινοβολίας β ισοτόπου Cl-36 έντασης 0.016 μC , άγνωστης ημερομηνίας αναφοράς, τύπου 36 BD, εταιρείας κατασκευής Baird Atomic
4. σημειακή πηγή μικτής ακτινοβολίας α μίγματος ισοτόπων Am-241, Pu-239 και Cm-244 και έντασης 150 nC/ άγνωστης ημερομηνίας αναφοράς, τύπου AMR.43, εταιρείας κατασκευής AMERSHAM

Αφού ολοκληρώθηκε ο χρόνος έκθεσης μίας ώρας, ανοίχθηκε το ανακλινόμενο κάλυμμα του δίσκου τροφοδοσίας του αυτόματου εμφανιστηρίου, σε συνθήκες φωτισμού σκοτεινού θαλάμου, και αφαιρέθηκε το φιλμ. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η εμφάνιση του φιλμ στο αυτόματο εμφανιστήριο και διαπιστώθηκε η εικόνα που φαίνεται στο Διάγραμμα 3.5.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

(α) Το φιλμ είχε "πάρει φως", δηλαδή ήταν "κατάμαυρο" σε όλες τις περιοχές του εκτός από τις περιοχές που ακουμπούσαν οι σημειακές πηγές. Αυτό σημαίνει ότι ο δίσκος τροφοδοσίας του αυτόματου εμφανιστηρίου δεν μπορεί να θεωρηθεί φωτοστεγανός για τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα (1 ώρα). Δηλαδή, μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητικά φωτοστεγανός για το χρόνο που διαρκεί η είσοδος ενός τυπικού βιομηχανικού φιλμ στο εμφανιστήριο (1-2 min). Παρόλα, αυτά επειδή στις περιοχές του φιλμ που τοποθετήθηκαν οι σημειακές πηγές (που είναι και η περιοχή ενδιαφέροντος για την παρατήρηση των αποτελεσμάτων της υπόψιν έκθεσης) το φως δεν κατάφερε να εισχωρήσει, μπορεί να θεωρηθεί ότι η δοκιμή είναι ορθή ως προς την παρατήρηση των υπόλοιπων αποτελεσμάτων.

(β) Στις περιοχές του φιλμ που τοποθετήθηκαν οι πηγές ακτινοβολίας β υπάρχει μια μικρή αμαύρωση του, και στην περιοχή του φιλμ που βρισκόταν η πηγή ακτινοβολίας α υπάρχει έντονη αμαύρωση του. Αυτό σημαίνει ότι η αρχική υπόθεση που έγινε, δηλαδή ότι οι ενισχυτικές οθόνες μολύβδου εμποδίζουν τα σωματίδια α από το να τις διαπεράσουν είναι γενικά ορθή. Αντίθετα για τα σωματίδια β δεν μπορεί να υποστηριχθεί ότι παρουσιάστηκε σημαντική διαφορά στην αμαύρωση. Οποσδήποτε, η μικρή αμαύρωση από τις β πηγές οφείλεται και στην όπως φαίνεται μικρή τους ραδιενέργεια για τέτοια έκθεση περιορισμένου χρόνου.

Φιλμ "4" (αυτοραδιογραφία), Εμφάνιση 18-05-09

Σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν η πρώτη αυτοραδιογραφία από περιβαλλοντικό δείγμα φυσικής ραδιενέργειας.

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε είναι εταιρίας κατασκευής AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB Vacuvar, διαστάσεων 10x24cm με ενισχυτικές οθόνες μολύβδου. Το φιλμ αυτό τοποθετήθηκε κάτω από δείγμα ιπτάμενης τέφρα PU001AB1, η οποία ήταν μέσα σε πλαστικό δοχείο "γεωμετρίας 2"¹, όπως φαίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 3.6. Το επίπεδο συνολικής ραδιενέργεια της τέφρας αυτής είναι της τάξης του nC (βλ. και την ανάλυση του Πίνακα 3.1). Αν σκεφτεί κανείς συγκριτικά με τα αποτελέσματα των προηγούμενων φιλμ, μπορεί να θεωρήσει ότι εφόσον οι σημειακές πηγές ραδιενέργειας της τάξεως του μC που χρησιμοποιήθηκαν στις προηγούμενες εκθέσεις είχαν ορατό αποτέλεσμα στο φιλμ για χρόνο έκθεσης ίσο με 1

¹ Ως "γεωμετρία 2" χαρακτηρίζονται τα τυποποιημένα πλαστικά δοχεία που χρησιμοποιούνται στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας για την γ φασματοσκοπική ανάλυση δειγμάτων

ώρα, τότε η τέφρα αυτή ραδιενέργειας της τάξεως του nC θα μπορούσε να έχει ορατό αποτέλεσμα πάνω στο φιλμ για χρόνο έκθεσης ίσο με κάποια 24ωρα. Έτσι αποφασίστηκε ότι μια ρεαλιστική διάρκεια έκθεσης θα μπορούσε να ήταν 4 ημέρες.

Μετά την ολοκλήρωση της έκθεσης, το φιλμ εμφανίστηκε στο αυτόματο εμφανιστήριο και δεν παρουσίασε σημάδια αμαύρωσης.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

(α) η ακτινοβολία που αλληλεπιδράσε με το φιλμ δεν ήταν αρκετή έτσι ώστε να δημιουργήσει ορατή αμαύρωση πάνω σε αυτό. Αξίζει να σημειωθεί ότι ένας πιθανός λόγος που το φιλμ δεν αμαυρώθηκε είναι ότι η τέφρα που χρησιμοποιήθηκε μπορεί να είναι συνολικής ραδιενέργειας της τάξης του nC αλλά είναι πηγή "όγκου" και όχι σημειακή σαν εκείνες τις σημειακές πηγές που χρησιμοποιήθηκαν προηγουμένως, π.χ. για τα φιλμ "1" και "2".

(β) πιθανοί τρόποι έτσι ώστε τελικά αυτή η τέφρα να "γράψει" πάνω στο φιλμ είναι:
(i) να αυξηθεί κι άλλο ο χρόνος έκθεσης (ii) να γίνει χρήση πιο "γρήγορων" φιλμ (δηλαδή με μεγαλύτερη απόδοση σε αμαύρωση).

Φιλμ "5" (ραδιογραφία), Εμφάνιση 27-05-09

Σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν η πρώτη ραδιογραφία με χρήση ισοτοπικής πηγής φωτονίων.

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε είναι εταιρίας κατασκευής AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB Vacurac, διαστάσεων 10x24cm με ενισχυτικές οθόνες μόλυβδου. Η πηγή που χρησιμοποιήθηκε ήταν η σημειακή πηγή ακτινοβολίας Cs-137 και έντασης 12.29 $\mu\text{C}/01-02-1981$ τύπου CDR.151, εταιρείας κατασκευής AMERSHAM. Ως δοκίμιο προς ραδιογράφιση χρησιμοποιήθηκε πρότυπο δοκίμιο ελέγχου ποιότητας ραδιογραφικής εικόνας κατά EN462-1 τύπου "σύρματος" από χάλυβα με διαμέτρους επτά συρμάτων από 0.8 έως 3.2 mm σύμφωνα με το πιστοποιητικό που παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.2. Η διάταξη ραδιογράφισης που χρησιμοποιήθηκε φαίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 3.7. Σύμφωνα με τη διάταξη αυτή η πηγή τοποθετήθηκε πάνω σε σελοφάν και σε απόσταση περίπου 8 cm κάτω από αυτήν τοποθετήθηκε το δοκίμιο. Ακριβώς κάτω από το δοκίμιο τοποθετήθηκε το φιλμ (σε επαφή με το δοκίμιο). Ο χρόνος έκθεσης ήταν 2 ώρες.

Μετά την ολοκλήρωση της έκθεσης, το φιλμ εμφανίστηκε στο αυτόματο εμφανιστήριο και δεν παρουσίασε σημάδια αμαύρωσης.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

(α) επειδή η απόσταση της πηγής από το φιλμ έχει αυξηθεί κατά πολύ σε σχέση με την δοκιμή φιλμ "1" ή φιλμ "2", στις οποίες η πηγή και το φιλμ ήταν σε επαφή, συνάγεται ότι και ο χρόνος έκθεσης που θα χρειαστεί για να "γράψει" το φιλμ θα πρέπει να είναι αρκετά μεγαλύτερος από 1 ώρα που ήταν ο χρόνος έκθεσης των φιλμ "1" και "2".

(β) εξαιτίας των αποτελεσμάτων του "νόμου του αντιστρόφου τετραγώνου" ακόμα και ο διπλασιασμός του χρόνου έκθεσης σε 2 ώρες, δεν ήταν αρκετός για την αμαύρωση του φιλμ.

Φιλμ "6" και "7" (ραδιογραφία), Εμφάνιση 01-06-09

Σε συνέχεια της έκθεσης και της εμφάνισης του φιλμ "5" αποφασίστηκε να γίνει παρόμοια δοκιμή, στην ίδια διάταξη με το ίδιο δοκίμιο, με τη διαφορά ότι ο χρόνος έκθεσης να είναι πολύ μεγαλύτερος.

Τα φιλμ που χρησιμοποιήθηκαν είναι εταιρίας κατασκευής AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB Vacurac, διαστάσεων 10x24cm με ενισχυτικές οθόνες μόλυβδου. Τα δύο αυτά φιλμ χρησιμοποιήθηκαν κατά λάθος μαζί (επειδή είχαν "κολλήσει" το ένα με το άλλο από τη συσκευασία τους και αυτό δεν έγινε αντιληπτό). Το φιλμ "6" ήταν σε επαφή με το δοκίμιο και το φιλμ "7" ήταν κάτω από το φιλμ "6". Με βάση συμπεράσματα που βγήκαν από την έκθεση του φιλμ "5", αποφασίστηκε ο χρόνος έκθεσης αυτή τη φορά να είναι 5 ημέρες.

Μετά την ολοκλήρωση του χρόνου έκθεσης, τα φιλμ εμφανίστηκαν στο αυτόματο εμφανιστήριο και δεν παρουσίασαν σημάδια αμαύρωσης.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

(α) η ακτινοβολία που αλληλεπίδρασε με τα φιλμ δεν ήταν αρκετή έτσι ώστε να δημιουργήσει ορατή αμαύρωση πάνω σε αυτά, παρόλο που ο χρόνος έκθεσης ήταν πολλαπλάσιος από τον χρόνο έκθεσης του φιλμ "5".

(β) πιθανοί τρόποι έτσι ώστε τελικά με αυτή την διάταξη και με μεγάλες χρονικά εκθέσεις να γίνει αμαύρωση πάνω σε φιλμ είναι όπως φαίνεται να γίνει χρήση πιο "γρήγορων" φιλμ (δηλαδή με μεγαλύτερη απόδοση σε αμαύρωση).

Φιλμ "8" (ραδιογραφία), Εμφάνιση 01-06-09

Σε συνέχεια της έκθεσης και της εμφάνισης των φιλμ "5", "6" και "7" αποφασίσθηκε να γίνει παρόμοια δοκιμή, στην ίδια διάταξη με το ίδιο δοκίμιο, με διαφορετικό τύπο φιλμ.

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε είναι οδοντιατρικό τύπου "δήξεως" (occlusal) εταιρίας κατασκευής ΚΟΔΑΚ τύπου Insight IO-41, διαστάσεων 57x76 mm με μία ενισχυτική οθόνη (βλ. και τη φωτογραφία του Διαγράμματος 3.8). Ο λόγος που επιλέχθηκε τέτοιο φιλμ είναι ότι τα ιατρικά φιλμ είναι γενικά πιο "γρήγορα" από τα φιλμ της βιομηχανικής ραδιογραφίας. Σε αυτή τη δοκιμή αποφασίστηκε ο χρόνος έκθεσης να είναι 2 ώρες.

Μετά την ολοκλήρωση του χρόνου έκθεσης, το φιλμ εμφανίστηκε στο αυτόματο εμφανιστήριο και δεν παρουσίασε σημάδια αμαύρωσης.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

(α) αξίζει να σημειωθεί ότι οι διαστάσεις του φιλμ αυτού είναι μικρότερες από τις ελάχιστες διαστάσεις φιλμ που μπορεί να δεχθεί το αυτόματο εμφανιστήριο (6x12 cm). Παρ' όλα αυτά η εμφάνιση του φιλμ πραγματοποιήθηκε χωρίς πρόβλημα.

(β) παρόλο που το φιλμ δήξεως είναι πιο "γρήγορο" από το AGFA D7 PB, η ακτινοβολία που αλληλεπίδρασε δεν ήταν αρκετή έτσι ώστε να δημιουργήσει ορατή αμαύρωση πάνω σε αυτό

Φιλμ "9" (αυτοραδιογραφία), Εμφάνιση 01-06-09

Πρέπει να σημειωθεί ότι μετά την εμφάνιση των φιλμ "1" έως και "8" και με το ρυθμό προόδου των πειραμάτων της Διπλωματικής Εργασίας, τα χημικά εμφάνισης και στερέωσης μέσα στο αυτόματο εμφανιστήριο και στα συμπληρωματικά δοχεία των 30 L είχαν συμπληρώσει περίπου τρεις εβδομάδες από την στιγμή που παρασκευάστηκαν. Σύμφωνα με την εμπειρία που υπάρχει από την πράξη (Χρηστίδης, 2009), τα χημικά παρασκευάσματα προτείνεται να χρησιμοποιούνται για χρονική περίοδο όχι μεγαλύτερη από δύο εβδομάδες. Μετά από την συμπλήρωση του χρονικού διαστήματος αυτού προτείνεται τα διαλύματα που έχουν απομείνει να αλλάζονται. Είναι χαρακτηριστικό ότι ειδικά το διάλυμα της εμφάνισης μετά από αυτό το διάστημα έχει σχεδόν πλήρως οξειδωθεί και το χρώμα του από σχετικά διαφανές έχει γίνει καφέ σκούρο (στην απόχρωση του αναψυκτικού τύπου "Cola").

Βέβαια σε συνθήκες πλήρους λειτουργίας του αυτόματου εμφανιστηρίου (π.χ. σε βιομηχανικό περιβάλλον με συνεχή εμφάνιση φιλμ) τα χημικά παρασκευάσματα καταναλώνονται από το αυτόματο εμφανιστήριο πολύ πριν περάσει το χρονικό διάστημα των δύο εβδομάδων. Στην προκειμένη περίπτωση για να ελεγχθεί η καλή κατάσταση των χημικών αυτών, δεδομένου ότι ναι μεν είχαν περάσει από την Παρασκευή τους τρεις εβδομάδες, αλλά η χρήση τους σε ποσότητα τετραγωνικών μέτρων εμφάνισης φιλμ ήταν μηδαμινή, αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί εμφάνιση ενός φιλμ σε πανομοιότυπες συνθήκες με αυτές του δοκιμαστικού φιλμ "1" (του οποίου η εμφάνιση έγινε όταν τα χημικά παρασκευάσματα ήταν μερικών ωρών) και από το αποτέλεσμα να κριθεί αν τα χημικά διαλύματα έχουν ακόμα δυνατότητες εμφάνισης ή αν έχουν χάσει την δραστηριότητά τους.

Μετά την ολοκλήρωση του χρόνου έκθεσης, το φιλμ εμφανίστηκε στο αυτόματο εμφανιστήριο και διαπιστώθηκε η εικόνα που φαίνεται στο Διάγραμμα 3.9.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

(α) η εικόνα είναι πανομοιότυπη με αυτή του φιλμ "1" (βλ. και την εικόνα του Διαγράμματος 2.35). Αυτό σημαίνει ότι τα χημικά διαλύματα δεν έχουν χάσει την αποτελεσματικότητά τους, η οποία όπως φαίνεται είναι και συνάρτηση των τετραγωνικών μέτρων των φιλμ που έχουν επεξεργασθεί.

(β) συνάγεται ότι μπορούν να συνεχιστούν οι δοκιμές με τα ίδια χημικά διαλύματα για μερικά ακόμα φιλμ ίσως μάλιστα και για δύο εβδομάδες ακόμα.

Φιλμ "10" (ραδιογραφία), Εμφάνιση 03-06-09

Σε συνέχεια της έκθεσης και της εμφάνισης του φιλμ "8" αποφασίστηκε να γίνει παρόμοια δοκιμή, στην ίδια διάταξη με το ίδιο δοκίμιο, με τη διαφορά ότι ο χρόνος έκθεσης να είναι πολύ μεγαλύτερος.

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε είναι οδοντιατρικό τύπου "δήξεως" (occlusal) εταιρίας κατασκευής KODAK τύπου Insight IO-41, διαστάσεων 57x76 mm με μία ενισχυτική οθόνη. Με βάση συμπεράσματα που βγήκαν από την έκθεση του φιλμ "8", αποφασίστηκε ο χρόνος έκθεσης αυτή τη φορά να είναι 2 ημέρες.

Μετά την ολοκλήρωση του χρόνου έκθεσης, το φιλμ εμφανίστηκε στο αυτόματο εμφανιστήριο και διαπιστώθηκε η εικόνα που φαίνεται στο Διάγραμμα 3.10.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

- το φιλμ παρουσιάζει εμφανή πλην όμως ασαφή αμαύρωση. Αυτό σημαίνει ότι η διάταξη αυτή, με το δοκίμιο που χρησιμοποιήθηκε και ένα χρόνος έκθεσης της τάξεως των 3 έως και 5 ημερών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πραγματοποίηση εργαστηριακής εξάσκησης ραδιογραφίας στα πλαίσια του μαθήματος "Βιομηχανικές Εφαρμογές Πυρηνικής Τεχνολογίας" του 7^{ου} χειμερινού εξαμήνου της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών.

Φιλμ "11" (ραδιογραφία), Εμφάνιση 03-06-09

Σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν η πρώτη ραδιογραφία με χρήση μηχανής παραγωγής ακτίνων -x.

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε είναι εταιρίας κατασκευής AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB Vacupac, διαστάσεων 10x24cm με ενισχυτικές οθόνες μόλυβδου.

Η πηγή που χρησιμοποιήθηκε ήταν μία μηχανή παραγωγής ακτίνων -x 50 kV που διαθέτει το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας για εφαρμογές XRF (βλ. π.χ. και Rouni, 2006), τύπου OXFORD XTF 5011, εταιρείας κατασκευής X-RAY Technology Group (βλ. για λοιπά χαρακτηριστικά και <http://www.oxfordxtg.com/index.html>). Ως δοκίμιο προς ραδιογράφιση χρησιμοποιήθηκε πρότυπο δοκίμιο ελέγχου ποιότητας ραδιογραφικής εικόνας κατά EN462-1 τύπου "σύρματος" από χάλυβα με διαμέτρους επτά συρμάτων από 0.8 έως 3.2 mm σύμφωνα με το πιστοποιητικό που παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.2 και τη φωτογραφία που δίνεται στο Διάγραμμα 3.11. Η διάταξη ραδιογράφισης που χρησιμοποιήθηκε φαίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 3.12. Το φιλμ στερεώθηκε στο πλαίσιο που διακρίνεται με λεπτομέρεια στη φωτογραφία του Διαγράμματος 3.13. Σύμφωνα με τη διάταξη αυτή το φιλμ με το δοκίμιο τοποθετήθηκαν κάθετα στην ακτινοβολία της πηγής σε απόσταση περίπου 50 cm από αυτήν. Τα στοιχεία της έκθεσης ήταν: υψηλή τάση 25 kV, ένταση 0.2 mA, χρόνος έκθεσης 15 min.

Μετά την ολοκλήρωση της έκθεσης, το φιλμ εμφανίστηκε στο αυτόματο εμφανιστήριο και διαπιστώθηκε η εικόνα του Διαγράμματος 3.14.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

(α) λήφθηκε μια πολύ καλή ραδιογραφική εικόνα.

(β) η διάταξη αυτή φαίνεται να είναι πολύ κατάλληλη για ραδιογράφιση λεπτών και παχύτερων αντικειμένων από οργανική ύλη (π.χ. ηλεκτρονικές πλακέτες) ή λεπτών φύλλων από ελαφρά μέταλλα (π.χ. αλουμίνιο).

Φιλμ "12" (A/M φωτογραφικό φιλμ 35 mm), Εμφάνιση 09-06-09

Αυτή η δοκιμή εμφάνισης αφορούσε στη διερεύνηση της δυνατότητας του αυτόματου εμφανιστηρίου να επεξεργασθεί κοινό ασπρόμαυρο φωτογραφικό φιλμ πλάτους 35 mm.

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου T-MAX P3200 36 "στάσεων", εταιρίας κατασκευής KODAK, συσκευασμένο σε τυποποιημένο κύλινδρο "135" (βλ. και τη φωτογραφία του Διαγράμματος 3.15). Αυτό το φιλμ κρίθηκε σκόπιμο να δοκιμαστεί επειδή είναι ταχύτερο ακόμα και από το φιλμ δήξεως και θα μπορούσε να φανεί χρήσιμο σε περεταίρω δοκιμές. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι ακτίνα καμπυλότητας του συγκεκριμένου φιλμ είναι λόγω της συσκευασίας του περί το 1 cm, ακτίνα που είναι μικρότερη από την ελάχιστη δυνατή που μπορεί να δεχθεί το αυτόματο εμφανιστήριο (15 cm, βλ. και τον Πίνακα 2.5). Για την πραγματοποίηση της δοκιμής αυτής κόπηκε ένα μικρό μέρος του φιλμ (περίπου 15 cm) σε συνθήκες πλήρους φωτισμού. Προφανώς το φιλμ "πήρε φως" αλλά, εφόσον ο στόχος ήταν να εξακριβωθεί αν μπορεί το αυτόματο εμφανιστήριο να κάνει εμφάνιση τέτοιου τύπου φιλμ, αυτό δεν είχε σημασία.

Το αποτέλεσμα ήταν ότι κατά τη διάρκεια της εισόδου στο εμφανιστήριο, το φιλμ τυλίχθηκε στον πρώτο κύλινδρο προώθησης με συνέπεια να μην μπορεί να μετακινηθεί σε επόμενο στάδιο. Για να γίνει απεμπλοκή του αυτόματου εμφανιστηρίου αφαιρέθηκε το άνω κάλυμμα και στη συνέχεια απομακρύνθηκε το φιλμ με το χέρι. Το συμπέρασμα είναι προφανώς ότι το αυτόματο εμφανιστήριο δεν μπορεί να επεξεργαστεί τέτοιου είδους φιλμ. Συνεπώς θα πρέπει αν χρειάζεται, τέτοια φιλμ να επεξεργαστούν χειροκίνητα. Αυτή η διαδικασία περιγράφεται αναλυτικά στο επόμενο 4^ο Κεφάλαιο. Αξίζει να σημειωθεί ότι έγινε απόπειρα εξάλειψης της καμπυλότητας του φιλμ ως εξής: ένα δεύτερο κομμάτι φιλμ τοποθετήθηκε μέσα σε φάκελο και πάνω από το φάκελο τοποθετήθηκε αρκετό βάρος έτσι ώστε να εξακριβωθεί αν μετά από κάποιο χρόνο θα μπορούσε να αυξηθεί η ακτίνα καμπυλότητας του. Το φιλμ έμεινε εκεί για 3 ημέρες αλλά δυστυχώς αυτό δεν είχε αποτέλεσμα.

Φίλμ "13" (αυτοραδιογραφία), Εμφάνιση 09-06-09

Σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν να διερευνηθεί αν η χρήση πιο "γρήγορου" φιλμ, και συνθηκών έκθεσης παρόμοιων με εκείνες της έκθεσης του φιλμ "4", μπορεί να προκαλέσει ορατή αμαύρωση.

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε είναι τύπου ORTHO CP-G PLUS για ιατρικούς σκοπούς, εταιρίας κατασκευής AGFA, διαστάσεων 15x30 cm (βλ. και τη φωτογραφία του Διαγράμματος 3.16). Το φιλμ αυτό θεωρείται πιο "γρήγορο" από το φιλμ AGFA D7 PB. Δεδομένου ότι το φιλμ ORTHO CP-G PLUS δεν διαθέτει ενισχυτικές οθόνες, ούτε βρίσκεται σε φωτοστεγανή συσκευασία Vacurac για να πραγματοποιηθεί αυτή η δοκιμή χρησιμοποιήθηκαν ενισχυτικές οθόνες μόλυβδου από χρησιμοποιημένα φιλμ AGFA STRUCTURIX D7 PB, καθώς και φάκελος PVC (φωτοστεγανή συσκευασία από PVC που χρησιμοποιείται για να τοποθετούνται μέσα φιλμ, βλ. και φωτογραφία Διαγράμματος 3.17). Αρχικά, σε συνθήκες φωτισμού σκοτεινού θαλάμου, κόπηκε με ψαλίδι το φιλμ έτσι ώστε να ταιριάζει με τις διαστάσεις των οθονών μόλυβδου (10x24 cm). Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν δύο οθόνες μόλυβδου (μία πάνω και μία κάτω από το φιλμ) και όλο το "σάντουιτς" τοποθετήθηκε μέσα στο φάκελο PVC (βλ. και την φωτογραφία του Διαγράμματος 3.18). Το "σάντουιτς" αυτό τοποθετήθηκε κάτω από την τέφρα PU001AB1 (βλ. και την φωτογραφία του Διαγράμματος 3.19). Ο χρόνος έκθεσης ήταν 3 ώρες.

Μετά την ολοκλήρωση του χρόνου έκθεσης, το φιλμ εμφανίστηκε στο αυτόματο εμφανιστήριο και δεν παρουσίασε σημάδια αμαύρωσης.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

(α) παρόλο που το φιλμ ORTHO CP-G PLUS είναι πιο "γρήγορο" από το AGFA D7 PB, η ακτινοβολία που αλληλεπίδρασε δεν ήταν αρκετή έτσι ώστε να δημιουργήσει ορατή αμαύρωση πάνω σε αυτό

(β) πιθανοί τρόποι έτσι ώστε τελικά με αυτή την διάταξη και με μεγάλες χρονικά εκθέσεις να γίνει αμαύρωση πάνω σε αυτό το φιλμ είναι όπως φαίνεται να γίνει χρήση πιο αποτελεσματικών οθονών από τις ενισχυτικές οθόνες μόλυβδου (τις λεγόμενες φθορίζουσες οθόνες).

Φιλμ "14", Εμφάνιση 09-06-09

Το αυτόματο εμφανιστήριο, κατά τον κατασκευαστή, είναι ικανό με τα ίδια διαλύματα και με τις ίδιες ρυθμίσεις να εμφανίσει πρακτικά όλα τα είδη ασπρόμαυρου φιλμ. Για να επιβεβαιωθεί αυτό, πραγματοποιήθηκε η ακόλουθη δοκιμή.

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε είναι τύπου ORTHO CP-G PLUS για ιατρικούς σκοπούς, εταιρίας κατασκευής AGFA, διαστάσεων 15x30 cm. Είναι το κομμάτι φιλμ που απέμεινε από την κοπή του φιλμ "13". Αυτό το φιλμ αφέθηκε να "πάρει φως".

Το φιλμ εμφανίστηκε στο αυτόματο εμφανιστήριο και όπως αναμενόταν προέκυψε "κατάμαυρο".

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

(α) το αυτόματο εμφανιστήριο μπορεί να εμφανίσει τέτοιου είδους φιλμ, όπως μπορεί να εμφανίσει και φιλμ AGFA D7 PB, και φιλμ "δήξεως", πράγμα που αποδείχθηκε και από προηγούμενες δοκιμές. Επιβεβαιώνεται επομένως ο ισχυρισμός του κατασκευαστή.

(β) δεδομένου του (α), τα συμπεράσματα που βγήκαν στη δοκιμή του φιλμ "13" φαίνονται ορθά.

Φιλμ "15" και "16" (αυτοραφιογραφία), Εμφάνιση 11-06-09

Σε συνέχεια των συμπερασμάτων από την έκθεση του φιλμ "13", ο σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν να διερευνηθεί αν η χρήση φθορίζουσων οθονών σε συνδυασμό με μεγαλύτερο χρόνο έκθεσης, μπορεί να προκαλέσει ορατή αμαύρωση από το δείγμα τέφρας PU001AB1 .

Χρησιμοποιήθηκαν δύο φιλμ τύπου ORTHO CP-G PLUS για ιατρικούς σκοπούς, εταιρίας κατασκευής AGFA, διαστάσεων 15x30 cm.

Για τις ανάγκες αυτής της δοκιμής φτιάχτηκαν δύο φωτοστεγανοί φάκελοι από μαύρο χαρτόνι στις διαστάσεις των συγκεκριμένων φιλμ. Μέσα στον ένα φάκελο τοποθετήθηκε το ένα φιλμ ανάμεσα σε δύο οθόνες μόλυβδου διαστάσεων 10x24 cm (φιλμ "15") (βλ. και την φωτογραφία του Διαγράμματος 3.20). Μέσα στον άλλο φάκελο τοποθετήθηκε το δεύτερο φιλμ ανάμεσα σε δύο οθόνες φωσφόρου διαστάσεων 15x30 cm (φιλμ "16") (βλ. και την φωτογραφία του Διαγράμματος 3.21). Στη συνέχεια οι φάκελοι αυτοί τοποθετήθηκαν εκατέρωθεν (ένας από πάνω και ένας

από κάτω από την τέφρα PU001AB1 (βλ. και την φωτογραφία του Διαγράμματος 3.22). Ο χρόνος έκθεσης ήταν 2 ημέρες.

Μετά την ολοκλήρωση του χρόνου έκθεσης, τα φιλμ εμφανίστηκαν στο αυτόματο εμφανιστήριο και δεν παρουσίασαν σημάδια αμαύρωσης.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

(α) παρόλο που το φιλμ ORTHO CP-G PLUS είναι "γρήγορο", και παρόλο που χρησιμοποιήθηκαν φθορίζουσες ενισχυτικές οθόνες, η ακτινοβολία που αλληλεπίδρασε δεν ήταν αρκετή έτσι ώστε να δημιουργήσει ορατή αμαύρωση πάνω σε αυτό

(β) για το χρόνο έκθεσης που επιλέχθηκε οι φθορίζουσες οθόνες δεν παρουσίασαν καλύτερο αποτέλεσμα από τις οθόνες μόλυβδου.

(γ) πιθανοί τρόποι έτσι ώστε τελικά με αυτή την διάταξη να γίνει αμαύρωση πάνω σε αυτό το φιλμ είναι όπως φαίνεται να χρησιμοποιηθούν πολύ μεγάλες χρονικά εκθέσεις.

Φιλμ "17" (ραδιογραφία), Εμφάνιση 13-06-09

Σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν να διερευνηθεί αν η χρήση πιο "γρήγορου" φιλμ, και συνθηκών έκθεσης παρόμοιων με εκείνες της έκθεσης των φιλμ "5", "6" και "7" μπορεί να προκαλέσει ορατή αμαύρωση. Σκοπός επίσης ήταν να εκτιμηθεί η απόδοση του συγκεκριμένου φιλμ σε σχέση με το φιλμ δήξεως που είχε χρησιμοποιηθεί στην παρόμοια δοκιμή με το φιλμ "10", το οποίο υπενθυμίζεται ότι είχε δώσει καλή εικόνα για χρόνο έκθεσης 2 ημέρες.

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε είναι τύπου ORTHO CP-G PLUS για ιατρικούς σκοπούς, εταιρίας κατασκευής AGFA, διαστάσεων 15x30 cm (βλ. και τη φωτογραφία του Διαγράμματος 3.13). Το φιλμ αυτό θεωρείται πιο "γρήγορο" από το φιλμ AGFA D7 PB. Το φιλμ τοποθετήθηκε μέσα σε έναν φωτοστεγανό φάκελο από μαύρο χαρτόνι, που είχε φτιαχτεί για τις ανάγκες της δοκιμής των φιλμ "15" και "16" υπό μορφή "σάντουιτς" μαζί με δύο φθορίζουσες οθόνες. Για τη ραδιογραφία χρησιμοποιήθηκε η ίδια διάταξη με το ίδιο δοκίμιο, όπως για τα φιλμ "5", "6" και "7". Ο χρόνος έκθεσης επιλέχθηκε ίσος με 2 ημέρες.

Μετά την ολοκλήρωση του χρόνου έκθεσης, τα φιλμ εμφανίστηκαν στο αυτόματο εμφανιστήριο και δεν παρουσίασαν σημάδια αμαύρωσης.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

- παρόλο που το φιλμ ORTHO CP-G PLUS είναι "γρήγορο", δεν φαίνεται να έχει την απόδοση του φιλμ δήξεως "10".

Φιλμ "Α" και "Β" (καθαρισμού), Εμφάνιση 27-05-09

Στα πλαίσια της δοκιμής αυτής, έγιναν εμφανίσεις 2 φιλμ για ιατρικές εφαρμογές διαστάσεων 14"x17". Αυτές οι διαστάσεις είναι οι μεγαλύτερες τυποποιημένες για τις ιατρικές ακτινογραφίες και είναι αρκετά μεγάλες ώστε να καλύπτεται το μέγιστο πλάτος φιλμ που μπορεί να δεχθεί το αυτόματο εμφανιστήριο, σύμφωνα και με τον Πίνακα 2.5. Σκοπός της εμφάνισης ήταν να γίνει καθαρισμός των κυλίνδρων του αυτόματου εμφανιστηρίου, από τυχόν ρύπους. Τα φιλμ αυτά όντας μεγάλα, μπορούν να περάσουν από το σύνολο της επιφάνειας των κυλίνδρων και να παρασύρουν κατά την εμφάνισή τους τυχόν ξένες ύλες που έχουν επικαθήσει. Είναι προφανώς αδιάφορο αν τα φιλμ έχουν λανθάνουσα εικόνα προς εμφάνιση ή όχι. Επομένως, η όλη διαδικασία με τα φιλμ αυτά μπορεί να γίνει με κανονικό φωτισμό. Μετά την εμφάνιση των φιλμ "Α" και "Β" παρατηρήθηκαν πάνω σε αυτά μικρά λευκά στίγματα. Θεωρείται ότι αυτά προκαλούνται από ρύπους που βρίσκονταν μέσα στα διαλύματα εμφάνισης, στο νερό πλύσης και στους κυλίνδρους προώθησης του φιλμ. Για τον πλήρη καθαρισμό του εμφανιστηρίου, συστήνεται η επανάληψη της εμφάνισης αυτών των δύο φιλμ ικανό αριθμό φορών και σε τακτά χρονικά διαστήματα σύμφωνα και με οδηγίες συντήρησης του εμφανιστηρίου που παρουσιάστηκαν στο 2^ο Κεφάλαιο. Τα φιλμ "Α" και "Β" παρότι εμφανισμένα δεν χρειάζεται να αντικατασταθούν από καινούρια παρά μόνο αν καταστραφεί από τη χρήση η βάση τους από πολυμερές.

3.4 Προτάσεις εργαστηριακής έρευνας με αυτοραδιογραφία

Σύμφωνα και με τα όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, η αυτοραδιογραφία με πηγές φωτονίων σημειακές ή με όγκο και με μικρή ραδιενέργεια είναι σχετικά δύσκολη και δεν μπορεί κατ'αρχήν να γίνεται σε μικρούς χρόνους. Τα φιλμ που πρέπει να χρησιμοποιούνται καλό είναι να είναι σχετικά "γρήγορα", όπως εξάλλου φάνηκε από την εικόνα που λήφθηκε με το φιλμ δήξεως "10" σε σχέση με τις εικόνες που δεν λήφθηκαν με τα φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας για αντίστοιχες παρόμοιες εκθέσεις. Συμπληρωματικά, η αυτοραδιογραφία με πηγές σωματιδιακής ακτινοβολίας –α ή/και –β ακόμα και μικρής ραδιενέργειας είναι σχετικά ευκολότερη

και μπορεί κατ'αρχήν να γίνεται σε μικρότερους χρόνους (βλ. π.χ. και φιλμ "3"), ανεξάρτητα από το είδος του χρησιμοποιούμενου φιλμ. Μια πολύ ενδιαφέρουσα εφαρμογή αυτοραδιογραφίας προτείνεται από τον Kerkaroly (2005) και η οποία παρουσιάζει ενδιαφέρον και για το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας. Συγκεκριμένα ο Kerkaroly (2005) διαπιστώνει την ύπαρξη "hot particles" που εκπέμπουν σωματιδιακή ακτινοβολία α ή/και β σε δείγματα εδάφους, απλώνοντάς τα σε λεπτό διαμερισμό πάνω σε γυμνό (χωρίς ενισχυτικές οθόνες) "γρήγορο" φιλμ για μεγάλα χρονικά διαστήματα της τάξεως των 50 ημερών προφανώς σε συνθήκες φωτισμού σκοτεινού θαλάμου. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί και για την διαπίστωση της ύπαρξης "hot particles" (π.χ. Am-241 και Sr-90) από το ατύχημα του Chernobyl σε δείγματα εδάφους που έχουν συλλεγεί ήδη στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας και για τα οποία υπάρχουν δημοσιευμένα στοιχεία ότι έχει βρεθεί τουλάχιστον Am-241 (βλ. και Simopoulos, 1989). Τέτοια πειράματα δεν μπορούσαν φυσικά να γίνουν στα πλαίσια της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας λόγω του πολύ μεγάλου απαιτούμενου χρόνου.

3.5 Παρατηρήσεις – σχόλια

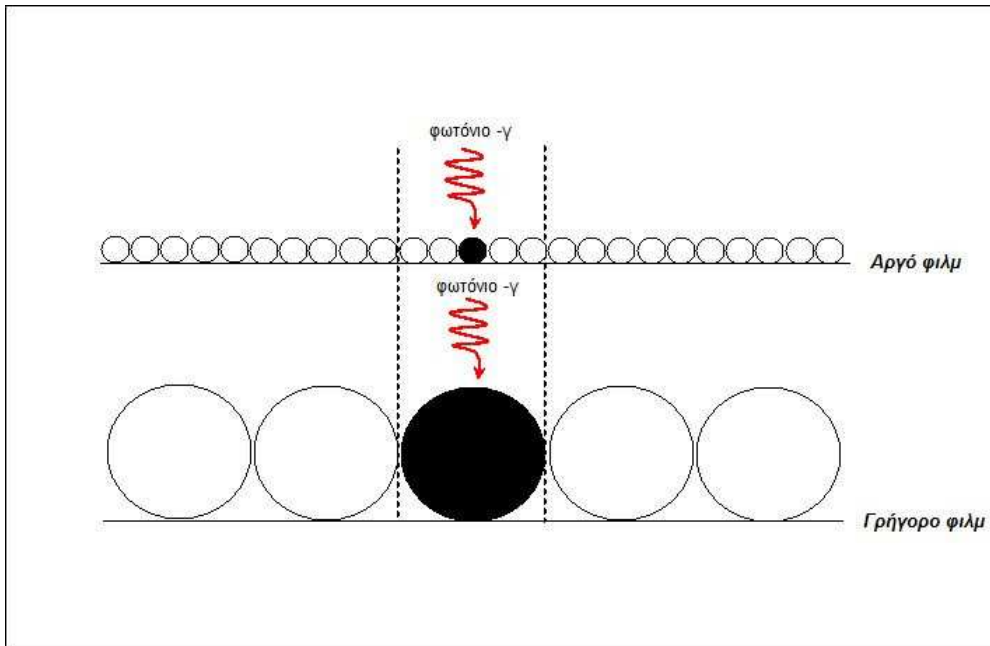
Στο 3^ο Κεφάλαιο περιγράφηκε η δοκιμαστική λειτουργία του αυτόματου εμφανιστηρίου μέσω εφαρμογών ραδιογραφίας και αυτοραδιογραφίας καθώς και τα αναλυτικά συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτές τις δοκιμές, τα οποία μπορούν να εξυπηρετήσουν την εργαστηριακή εξάσκηση και έρευνα στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ. Τα φιλμ που δοκιμάστηκαν ήταν βιομηχανικού τύπου, οδοντιατρικά, ιατρικά, και (ασπρόμαυρα) φωτογραφικά. Τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα υπήρξαν στο μεγαλύτερο μέρος τους ποιοτικά, κυρίως διότι οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για τις διάφορες εκθέσεις δεν ήταν της ίδιας ραδιενέργειας. Με βάση τα συμπεράσματα αυτά μπορεί κανείς να υποθέσει περίπου τα ακόλουθα:

Εστω επιφανειακές πηγές φωτονίων, β σωματιδίων και α σωματιδίων της ίδιας ραδιενέργειας μικρής διαμέτρου. Λαμβάνοντας υπόψη το ρόλο που παίζουν οι ενισχυτικές οθόνες (βλ. και Quinn, 1981) σε φιλμ με ενισχυτικές οθόνες περισσότερη αμαύρωση για τον ίδιο χρόνο έκθεσης θα δώσει η πηγή φωτονίων, αμέσως λιγότερη αμαύρωση θα δώσει η πηγή β σωματιδίων και πρακτικά καθόλου αμαύρωση θα δώσει η πηγή των α σωματιδίων. Στο ίδιο φιλμ χωρίς ενισχυτικές οθόνες περισσότερη αμαύρωση θα δώσει η πηγή των α σωματιδίων, αμέσως λιγότερη

αμαύρωση θα δώσει η πηγή β σωματιδίων και τέλος λίγη αμαύρωση θα δώσει η πηγή φωτονίων.

Στο επόμενο 4^ο Κεφάλαιο θα περιγραφούν χειροκίνητες εμφανίσεις φιλμ που πραγματοποιήθηκαν για ενδεικτικά πειράματα ραδιογραφίας και αυτοραδιογραφίας.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΟΥ 3^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ



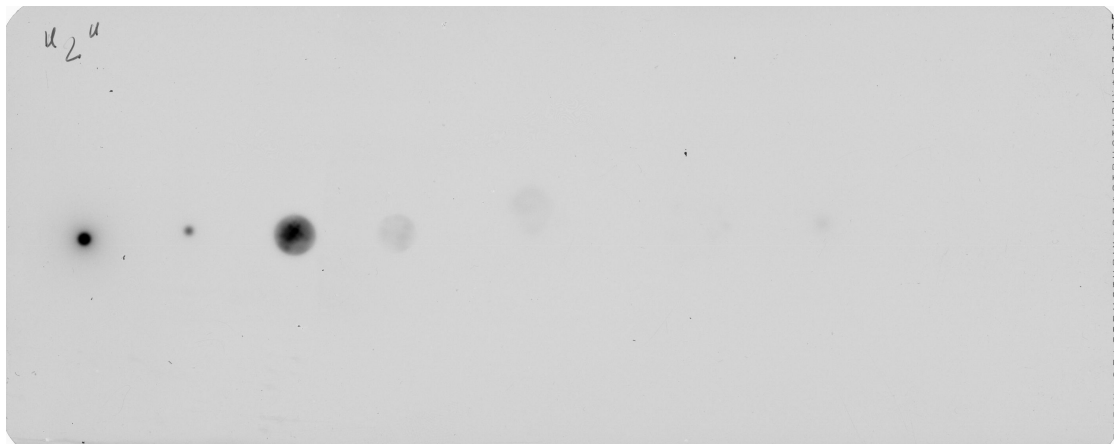
Διάγραμμα 3.1

Αργό – γρήγορο φιλμ



Διάγραμμα 3.2

Διάταξη έκθεσης του φιλμ "2"



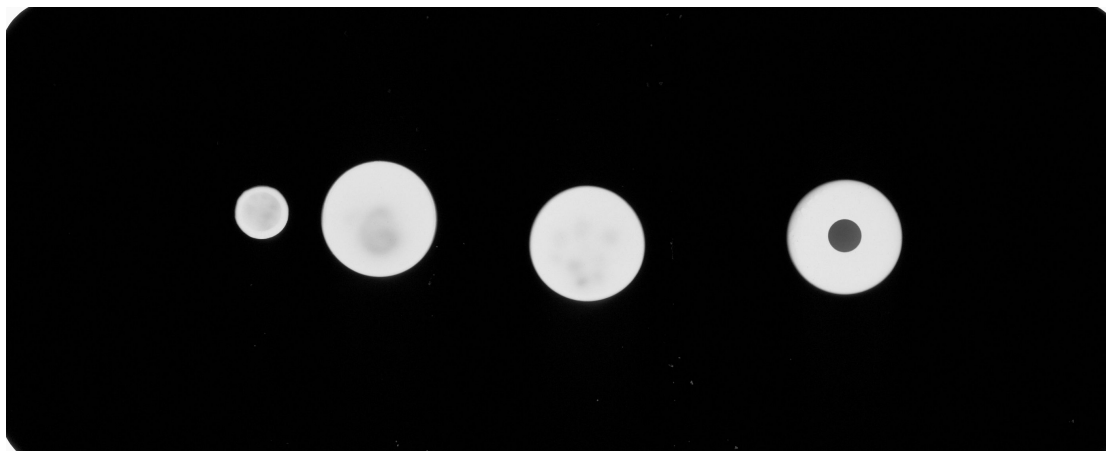
Διάγραμμα 3.3

Φιλμ "2" μετά την εμφάνιση



Διάγραμμα 3.4

Διάταξη έκθεσης του φιλμ "3"



Διάγραμμα 3.5

Φιλμ "3" μετά την εμφάνιση



Διάγραμμα 3.6

Διάταξη έκθεσης του φιλμ "4"



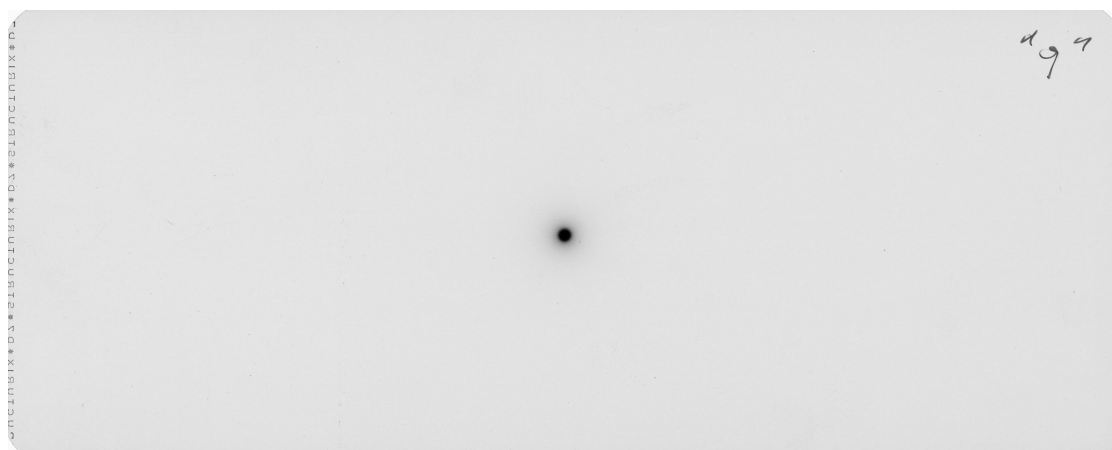
Διάγραμμα 3.7

Διάταξη έκθεσης του φιλμ "5"



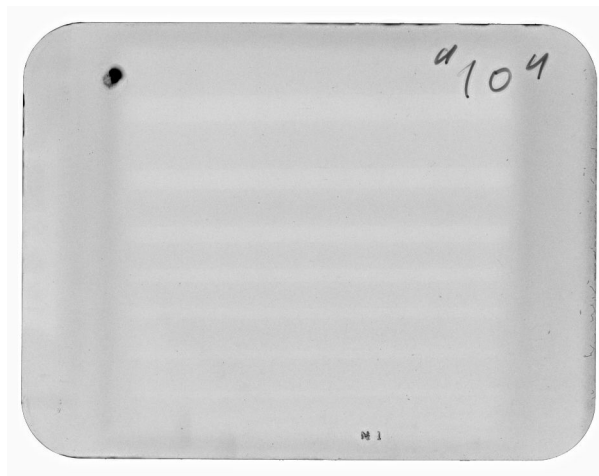
Διάγραμμα 3.8

Φιλμ δήξεως



Διάγραμμα 3.9

Φιλμ "9" μετά την εμφάνιση



Διάγραμμα 3.10

Φιλμ "10" μετά την εμφάνιση



Διάγραμμα 3.11

Δοκίμιο από σύρματα χάλυβα διαφορετικού πάχους κατά EN 462-1



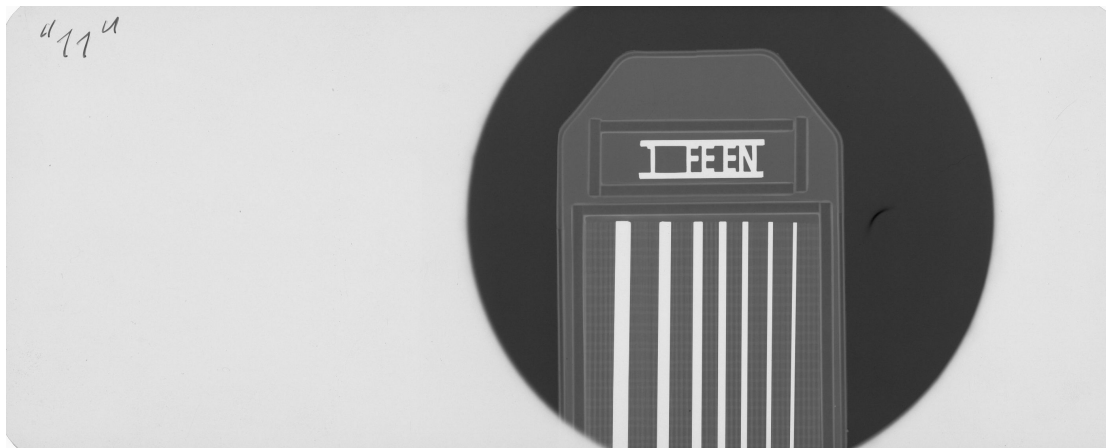
Διάγραμμα 3.12

Διάταξη έκθεσης του φιλμ "11"



Διάγραμμα 3.13

Πλαίσιο στερέωσης του φιλμ για την έκθεση του φιλμ "11"



Διάγραμμα 3.14
Φιλμ "11" μετά την εμφάνιση



Διάγραμμα 3.15
Ασπρόμαυρο φιλμ 32mm KODAK TMAX P3200



Διάγραμμα 3.16

Φιλμ AGFA ORTHO CP-G PLUS (ιατρικό φιλμ χωρίς ενισχυτικές οθόνες)



Διάγραμμα 3.17

Φάκελος PVC για φωτοστεγανή συσκευασία γυμνού φιλμ



Διάγραμμα 3.18

Τοποθέτηση του φιλμ AGFA ORTHO CP-G PLUS (φιλμ "13") μαζί με ενισχυτικές οθόνες μολύβδου μέσα σε φάκελο PVC



Διάγραμμα 3.19

Διάταξη έκθεσης του φιλμ "13"



Διάγραμμα 3.20

Τοποθέτηση του φιλμ AGFA ORTHO CP-G PLUS (φιλμ "15") μαζί με ενισχυτικές οθόνες μολύβδου μέσα σε φωτοστεγανό φάκελο από μαύρο χαρτόνι



Διάγραμμα 3.21

Τοποθέτηση του φιλμ AGFA ORTHO CP-G PLUS (φιλμ "16") μαζί με ενισχυτικές οθόνες φωσφόρου μέσα σε φωτοστεγανό φάκελο από μαύρο χαρτόνι



Διάγραμμα 3.22
Διάταξη έκθεσης των φιλμ "15" και "16"

ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΟΥ 3^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

NATURAL RADIONUCLIDES ANALYSIS REPORT							
of sample PU001AB1A							
Remarks :							
Isotope	Energy (keV)	Activity	Bq/kg	pCi/gr			
Pb-210	46.52	165.68 +- 7.47 %		4.478			
Pb-214A	295.22	187.72 +- 2.08 %		5.073			
Pb-214B	351.99	189.24 +- 0.88 %		5.114			
Pb-214	(W.Mean) :	189.00 +- 0.81 %		5.108			
Bi-214A	609.32	173.03 +- 0.94 %		4.676			
Bi-214B	1120.28	185.63 +- 4.66 %		5.017			
Bi-214C	1764.51	214.00 +- 2.29 %		5.784			
Bi-214	(W.Mean) :	177.36 +- 0.86 %		4.794			
Ra-226	(W.Mean) :	183.1 +- 0.59 %		4.949			
Ra-226	186.25						
Th-234	63.29	223.45 +- 13.65 %		6.039			
U-238 E	185.99						
U-238 C	185.99						
U-235	185.72						
U-238 L							
Ac-228A	338.40	179.66 +- 4.64 %		4.856			
Ac-228B	911.07	189.38 +- 2.14 %		5.118			
Ra-228	(W.Mean) :	187.52 +- 1.95 %		5.068			
Pb-212B	238.63	179.96 +- 2.08 %		4.864			
Tl-208A	583.14	173.07 +- 1.27 %		4.677			
Th-228	(W.Mean) :	174.82 +- 1.08 %		4.725			
Th-232	(W.Mean) :	177.5 +- 0.95 %		4.798			
K-40	1460.75	545.19 +- 1.52 %		14.735			

Πίνακας 3.1

-γ φασματοσκοπική ανάλυση δείγματος ιπτάμενης τέφρας PU001AB1

IQI RECORD CARD

IE - NDT LTD. Work Instruction No. MWI-01

Batch/Echantillon/Los

IE11756

Year

2006

for BAM only

STRIP MADE		1st INSPECTION		2nd INSPECTION		FINAL INSPECTION	
BY	DATE	BY	DATE	BY	DATE	BY	DATE
M.S.	2/10	T.J.	2/10	GW	17/10	[Signature]	1/5

**DECLARATION OF CONFORMITY
DECLARATION DE CONFORMITE
KONFORMITÄTSERKLÄRUNG**

We/Nous/Wir:

IE - NDT LTD

declare under our sole responsibility that the product
déclarons sous notre seule responsabilité que le produit
erklären in alleiniger Verantwortung, daß das Produkt

IQI/BPK EN 462

W1 FE

Batch No. and Unique No. as noted above
No. d'échantillon et de Serie ci-dessus
Los und Lauf Nr. wie oben erwähnt

to which this declaration relates is in conformity with the
following standard/auquel se réfère cette déclaration est
conforme à la norme/auf das sich diese Erklärung bezieht,
mit der folgenden Norm übereinstimmt

EN 462-1 : 1994

1	0.801	M
2	0.991	M
3	1.250	M
4	1.605	M
5	2.010	M
6	2.494	M
7	3.206	M

- 1 MAY 2007

Place and date of issue
Lieu et date
Ort und Datum der Ausstellung

STEDWARDS

[Signature]

name and signature of
authorised person/nom
et signature du signataire
autorisé/Name und
Unterschrift des Befugten

Πίνακας 3.2

**Πιστοποιητικό του δοκιμίου ελέγχου ποιότητας που χρησιμοποιήθηκε ως
δοκίμιο για την έκθεση του φιλμ "II"**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΦΙΛΜ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

4.1 Εισαγωγή

Στο παρόν Κεφάλαιο περιγράφεται η χειροκίνητη εμφάνιση δύο κυρίως τύπων φιλμ: των φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας και των σχετικά ταχύτερων φωτογραφικών ασπρόμαυρων φιλμ 35mm. Για το σκοπό αυτό εξετάζονται και παρουσιάζονται τα ακόλουθα: (α) ο εξοπλισμός που χρειάζεται για την πραγματοποίηση της διαδικασίας χειροκίνητης εμφάνισης φιλμ, (β) ο τρόπος εργασίας για την χειροκίνητη εμφάνιση, όπως γίνεται στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ, (γ) δοκιμαστικές χειροκίνητες εμφανίσεις φιλμ που πραγματοποιήθηκαν και (δ) προτάσεις για εφαρμογή της τεχνικής της χειροκίνητης εμφάνισης φιλμ σε εργαστηριακές ασκήσεις ραδιογραφίας και αυτοραδιογραφίας που μπορούν να γίνονται στα πλαίσια του μαθήματος "Βιομηχανικές Εφαρμογές Πυρηνικής Τεχνολογίας" του 7^{ου} χειμερινού εξαμήνου της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών. Σημειώνεται ότι, λόγω σαφώς διαφορετικής επιφάνειας αλλά και ταχύτητας, τόσο ο εξοπλισμός, όσο και ο τρόπος εργασίας για την χειροκίνητη εμφάνιση των φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας και των ασπρόμαυρων φωτογραφικών φιλμ 35mm διαφέρουν σημαντικά. Σημειώνεται επίσης ότι για την καλύτερη κατανόηση των εργαστηριακών ασκήσεων ραδιογραφίας και αυτοραδιογραφίας, παρατίθεται σειρά σχετικών εκπαιδευτικών ερωτήσεων.

4.2 Εμφάνιση φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας

4.2.1 Εξοπλισμός

1. Χρονόμετρο. Είναι απαραίτητο για την ακριβή μέτρηση του χρόνου εμφάνισης του φιλμ στα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης. Αρκεί ένα απλό ρολόι χειρός ή και ψηφιακό χρονόμετρο από κινητό τηλέφωνο.
2. Θερμόμετρο. Είναι απαραίτητο για την μέτρηση της θερμοκρασίας των διαλυμάτων εμφάνισης και στερέωσης αφού ο χρόνος που πρέπει να εμβαπτιστεί το φιλμ στο κάθε διάλυμα εξαρτάται άμεσα από την θερμοκρασία του αντίστοιχου διαλύματος. Τέτοια θερμόμετρα διακρίνονται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 4.1. Μπορεί καταχρηστικά να χρησιμοποιηθεί και ένα θερμόμετρο χώρου υπό την προϋπόθεση ότι η θερμοκρασία των διαλυμάτων έχει εξισωθεί με τη θερμοκρασία του χώρου.

3. Φωτισμός σκοτεινού θαλάμου. Αυτός συνήθως αποτελείται από μια ή περισσότερες λάμπες ερυθρού φωτός μεγάλου μήκους κύματος (πολύ κοντά στο υπέρυθρο φάσμα) χαμηλής ισχύος, συνήθως μέχρι 20W, που αν το φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη του 1.2m από αυτό δεν επηρεάζεται (βλ. π.χ. και Carestream Health, 2008). Σημειώνεται ότι φιλμ "γρηγορότερα" από τα βιομηχανικά επηρεάζονται και από αυτόν τον ελάχιστο φωτισμό. Ο φωτισμός σκοτεινού θαλάμου είναι απαραίτητος ώστε το προσωπικό που εμφανίζει φιλμ χειροκίνητα να έχει στοιχειώδη οπτικό έλεγχο της διαδικασίας. Για τον φωτισμό σκοτεινού θαλάμου που χρησιμοποιείται στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας ΕΜΠ βλέπε και Χρυσικόπουλος (2009).
4. Πλαστικές λαβίδες. Κατά τη διάρκεια της μετακίνησης του φιλμ μεταξύ των διαλυμάτων εμφάνισης, στερέωσης καθώς και του νερού πλύσης, υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις που πρέπει να τηρούνται έτσι ώστε η ραδιογραφική εικόνα στο φιλμ να μην αλλοιωθεί. Το φιλμ δεν πρέπει να αγγίζεται με γυμνά χέρια, τα οποία μπορεί να αφήσουν ίχνη, όπως αποτυπώματα, λιπαρότητα, σημάδια από νύχια κ.ο.κ. Επιπλέον δεν πρέπει γενικά να έρχεται σε επαφή με άλλα υλικά ή επιφάνειες εκτός από τα διαλύματα εμφάνισης, στερέωσης και το νερό πλύσης, διότι υπάρχει ο κίνδυνος δημιουργίας αμυχών. Για όλους αυτούς τους λόγους είναι αναγκαίο να χρησιμοποιούνται ειδικές πλαστικές λαβίδες για τον χειρισμό του φιλμ, και μάλιστα είναι απαραίτητο οι λαβές στο φιλμ να γίνονται μόνο από τα άκρα του. Οι λαβίδες πρέπει να είναι πλαστικές για να μην επηρεάζονται από τη χημική δράση των διαλυμάτων εμφάνισης και στερέωσης. Τέτοιες λαβίδες πρέπει να διατίθενται αρκετές σε διαφορετικά χρώματα και να είναι πάντα καθαρές. Προσοχή πρέπει να δίνεται ώστε λαβίδα που έχει βυθισθεί στο διάλυμα στερέωσης, δεν πρέπει να βυθισθεί στο διάλυμα εμφάνισης. Το αντίστροφο δεν απαγορεύεται. Ίχνη στερεωτή πάνω στη λαβίδα, αν μεταφερθούν στον εμφανιστή πρακτικά τον καταστρέφουν. Πρέπει να τονιστεί ότι κακοί χειρισμοί με τις λαβίδες είναι πολύ πιθανό να δημιουργήσουν εμφανείς αμυχές πάνω στο φιλμ.
5. Ειδικά ανοξείδωτα ή πλαστικά πλαίσια συγκράτησης φιλμ. Για τους ίδιους λόγους, όπως προηγουμένως, χρησιμοποιούνται και ειδικά ανοξείδωτα ή πλαστικά πλαίσια με μανταλάκια στα τέσσερα άκρα τους για τη συγκράτηση του φιλμ όταν είναι βυθισμένο σε κάποιο από τα διαλύματα. Τα πλαίσια συγκράτησης εξασφαλίζουν ότι: (α) το φιλμ δεν έρχεται σε επαφή με άλλες στερεές επιφάνειες

ή υλικά εκτός από τα διαλύματα, (β) οι λαβίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν πάνω στα πλαίσια και όχι πάνω στο φιλμ και (γ) το φιλμ συγκρατείται και εμφανίζεται σε ένα επίπεδο και αποφεύγεται η καμπτική του καταπόνηση. Ένα ανοξειδωτο πλαίσιο συγκράτησης φιλμ διακρίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 4.2. Τέτοια πλαίσια πρέπει να διατίθενται αρκετά, ανοξειδωτα ή πλαστικά και να είναι πάντα καθαρά. Προσοχή πρέπει να δίνεται ώστε πλαίσιο που έχει βυθισθεί στο διάλυμα στερέωσης, δεν πρέπει να βυθισθεί στο διάλυμα εμφάνισης.

6. Ελαστικά γάντια. Ένας άλλος πιο πρόχειρος τρόπος να γίνεται ο χειρισμός του φιλμ στα διάφορα διαλύματα είναι "με τα χέρια", φορώντας βέβαια γάντια και εφαρμόζοντας πολύ μεγάλη προσοχή στις κινήσεις και οπωσδήποτε λαβές του φιλμ από τα άκρα.
7. Ρηχά πλαστικά δοχεία για τα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης. Αυτά πρέπει να είναι αρκετά μεγάλα έτσι ώστε να χωράει το φιλμ να βυθιστεί ολόκληρο μέσα στο διάλυμα, και επίσης να μπορεί να γίνεται ανάδευση των διαλυμάτων χωρίς ο μηχανισμός ανάδευσης να επηρεάζει μηχανικά το φιλμ. Τα δοχεία αυτά διακρίνονται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 4.3. Το δοχείο με το διάλυμα εμφάνισης συστήνεται να έχει διαφορετικό χρώμα από το δοχείο με το διάλυμα στερέωσης για να αποφεύγονται λάθη. Φιλμ που κατά λάθος βυθίζεται πρώτα στο διάλυμα στερέωσης, δεν πρέπει να βυθισθεί στο διάλυμα εμφάνισης αν δεν πλυθεί καλά πρώτα, διαφορετικά, το διάλυμα εμφάνισης θα καταστραφεί.
8. Λεκάνες με νερό για ενδιάμεση (μετά την εμφάνιση και πριν τη στερέωση) και τελική (μετά τη στερέωση) πλύση του φιλμ. Χρησιμοποιήθηκαν οι λεκάνες που φαίνονται στην φωτογραφία του Διαγράμματος 4.4. Οι λεκάνες όπως φαίνεται είναι αρκετά μεγάλες έτσι ώστε να χωράει το φιλμ να βυθιστεί ολόκληρο μέσα στο νερό πλύσης.
9. Χημικό υγρό εμφάνισης φιλμ. Αυτό πρέπει να αραιωθεί με νερό σε αναλογίες που αναγράφονται στη συσκευασία του και να δημιουργήσει το διάλυμα εμφάνισης. Χρησιμοποιήθηκε υγρό εμφάνισης AGFA G-150 DEVELOPER. Η αναλογία νερού με υγρό εμφάνισης για την προετοιμασία του διαλύματος εμφάνισης είναι 5 μέρη νερό : 1 μέρος G-150.

10. Χημικό υγρό στερέωσης φιλμ. Αυτό πρέπει να αραιωθεί με νερό σε αναλογίες που αναγράφονται στη συσκευασία του και να δημιουργήσει διάλυμα στερέωσης. Χρησιμοποιήθηκε υγρό στερέωσης AGFA G-354 FIXER. Η αναλογία νερού με υγρό στερέωσης για την προετοιμασία του διαλύματος στερέωσης είναι 4 μέρη νερό : 1 G-354.
11. Ογκομετρικά δοχεία. Αυτά χρησιμοποιούνται για την ορθή παρασκευή των διαλυμάτων εμφάνισης και στερέωσης, έτσι ώστε να γίνεται τήρηση των αναλογιών.
12. Στεγνωτήριο. Αυτό συνήθως είναι μια διάταξη με σύρματα τύπου "απλώστρας", στην οποία αναρτώνται τα φιλμ με πλαστικά μανταλάκια μετά την τελική πλύση έτσι ώστε να στεγνώσουν. Χρησιμοποιήθηκε η διάταξη που φαίνεται στην φωτογραφία του Διαγράμματος 4.5.

4.2.2 Τρόπος εργασίας

Αρχικά τοποθετούνται όλα τα αναγκαία πλαστικά δοχεία πάνω σε κατάλληλη επιφάνεια εργασίας. Συγκεκριμένα η σειρά τοποθέτησης είναι: (α) δοχείο για το διάλυμα εμφάνισης (β) λεκάνη για το νερό για την πλύση του φιλμ μετά το υγρό εμφάνισης, (γ) δοχείο για το διάλυμα στερέωσης (δ) λεκάνη για το νερό για την τελική πλύση του φιλμ. Η διάταξη των πλαστικών δοχείων πάνω στην επιφάνεια εργασίας διακρίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 4.6.

Στη συνέχεια προετοιμάζονται τα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης το κάθε ένα μέσα σε ξεχωριστό πλαστικό δοχείο αναμειγνύοντας το αντίστοιχο χημικό υγρό με νερό σύμφωνα με τις αναλογίες που αναγράφονται στη συσκευασία του κάθε χημικού, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Τα διαλύματα αυτά πρέπει να αναδεύονται καλά έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ομοιογένειά τους. Αν επίκειται εμφάνιση φιλμ το διάλυμα εμφάνισης πρέπει να θερμομετρηθεί. Δεν συστήνεται η μακρά παραμονή των διαλυμάτων σε τέτοια ανοιχτά δοχεία, διότι τα διαλύματα και ιδιαίτερα το διάλυμα εμφάνισης, οξειδώνονται. Ως αποτέλεσμα το διάλυμα εμφάνισης αλλάζει χρώμα και από σχεδόν διαφανές υποκίτρινο υγρό γίνεται σταδιακά υγρό με το χρώμα των αναψυκτικών τύπου "cola". Οι αντίστοιχες λεκάνες για την πλύση των φιλμ πληρώνονται με νερό.

Σε συνθήκες φωτισμού σκοτεινού θαλάμου αποσυσκευάζεται το εκτεθειμένο φιλμ. Μετά την αποσυσκευασία το φιλμ τοποθετείται σε πλαίσιο συγκράτησης ή "πιάνεται"

με πλαστική λαβίδα και εμβαπτίζεται στο διάλυμα εμφάνισης. Το χρονικό διάστημα που διαρκεί η εμβάπτιση αυτή εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία του διαλύματος εμφάνισης και τον τύπο του φιλμ. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίο, όπως αναφέρθηκε, να υπάρχει θερμομόμετρο μέσα στο διάλυμα εμφάνισης έτσι ώστε να εκτιμάται η θερμοκρασία του. Με τη βοήθεια κατάλληλων γενικευμένων διαγραμμάτων "θερμοκρασίας-χρόνου εμβάπτισης", μπορεί κανείς να προσδιορίσει τον χρόνο που πρέπει το φιλμ να παραμείνει μέσα στο διάλυμα εμφάνισης (βλ. και το Διάγραμμα 4.7). Το γενικευμένο διάγραμμα λειτουργεί ως εξής: Από τον κατασκευαστή του φιλμ και τον κατασκευαστή του υγρού εμφάνισης δίνεται συνήθως ο απαιτούμενος χρόνος εμφάνισης για μία θερμοκρασία. Το σημείο αυτό ανήκει σε μία από τις παράλληλες ευθείες του γενικευμένου διαγράμματος. Αν υπάρχει ανάγκη παρέκκλισης από το σημείο αυτό λόγω διαφορετικής θερμοκρασίας, τότε ο νέος αναγκαίος χρόνος εμφάνισης προσδιορίζεται από την ευθεία αυτή για την διαφορετική αυτή θερμοκρασία.

Αν χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερος χρόνος εμφάνισης από τον αναγκαίο, τότε γενικά ενισχύεται η οπτική πυκνότητα του φιλμ (τα αμαυρωμένα τμήματα γίνονται πιο "μαύρα" σε αποχρώσεις του γκρι).

Αν χρησιμοποιηθεί μικρότερος χρόνος εμφάνισης από τον αναγκαίο, τότε γενικά εξασθενίζει η οπτική πυκνότητα του φιλμ (τα αμαυρωμένα τμήματα γίνονται πιο "λευκά" σε αποχρώσεις του γκρι).

Όσο το φιλμ είναι μέσα στο διάλυμα εμφάνισης πρέπει ανά τακτά χρονικά διαστήματα, είτε να αναδεύεται το διάλυμα είτε να μετακινείται ελαφρώς το φιλμ. Αυτό εξασφαλίζει ότι το φιλμ θα έρχεται συνεχώς σε επαφή με "φρέσκο" διάλυμα, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί ισότροπα η χημική αντίδραση της εμφάνισης.

Αν η ανάδευση γίνεται συνεχώς το φιλμ προκύπτει με αυξημένη οπτική πυκνότητα σε σχέση με το όταν η ανάδευση γίνεται σε αραιά χρονικά διαστήματα ή καθόλου. Για το σκοπό αυτό ο τρόπος ανάδευσης πρέπει να είναι τυποποιημένος.

Μετά τον απαιτούμενο χρόνο εμφάνισης το φιλμ, αποσύρεται από το διάλυμα εμφάνισης και πλένεται καλά με νερό στην λεκάνη ενδιάμεσης πλύσης.

Στη συνέχεια το φιλμ εμβαπτίζεται στο διάλυμα στερέωσης. Το χρονικό διάστημα που πρέπει να παραμείνει μέσα σε αυτό προσδιορίζεται κυρίως από τον τύπο του φιλμ. Για τη διαδικασία της στερέωσης σημασία έχει να συμπληρωθεί ο ελάχιστος

χρόνος στερέωσης γιατί όσο παραπάνω από αυτό το χρόνο κι αν παραμείνει το φιλμ μέσα στο διάλυμα δεν επηρεάζεται καθόλου το τελικό αποτέλεσμα, γεγονός που δεν ισχύει προφανώς, για την εμφάνιση στο διάλυμα εμφάνισης. Όσο το φιλμ είναι μέσα στο διάλυμα στερέωσης πρέπει ανά τακτά χρονικά διαστήματα είτε να αναδεύεται το διάλυμα είτε να μετακινείται ελαφρώς τα φιλμ για τους ίδιους λόγους με προηγουμένως. Μετά τη στερέωση το φιλμ πλένεται καλά με νερό στην λεκάνη τελικής πλύσης και αναρτάται στο στεγνωτήριο. Ένας τυπικός χρόνος στερέωσης για ασπρόμαυρα φιλμ είναι 8-10 min, σύμφωνα με πολλαπλές αναφορές στο διαδίκτυο. Η διαδικασία στερέωσης μπορεί να αποτύχει για δύο κυρίως λόγους (α) αν το διάλυμα στερέωσης είναι παλιό και πολυχρησιμοποιημένο και (β) αν η θερμοκρασία του διαλύματος στερέωσης είναι πολύ διαφορετική (πάνω από 5° C) από τη θερμοκρασία του διαλύματος εμφάνισης. Η περίπτωση (α) διορθώνεται αν το φιλμ στερεωθεί εκ των υστέρων σε "φρέσκο" διάλυμα στερέωσης.

Αν το φιλμ παραμείνει στο διάλυμα στερέωσης λιγότερο από έναν ελάχιστο χρόνο, ή δεν πλυθεί καλά, τότε είναι πιθανό η ραδιογραφική εικόνα να καταστρέφεται με την απλούστερη επαφή ή και κατά τη διάρκεια της αρχειοθέτησής της λόγω ελλειπούς στερέωσης στη βάση του φιλμ. Ο έλεγχος της ποιότητας της στερέωσης γίνεται με το λεγόμενο Thio-Test.

4.2.3 Εφαρμογή για χειροκίνητη εμφάνιση φιλμ AGFA D7 PB

Για τις ανάγκες της εμφάνισης του φιλμ AGFA D7 PB διαστάσεων 10x24 cm, ετοιμάστηκαν 1.8L διαλύματος εμφάνισης (1.5L νερό + 0.3L υγρό G-150). Αυτή ήταν η ποσότητα που υπολογίστηκε ότι χρειάζεται για να πληρωθεί το δοχείο για το διάλυμα εμφάνισης, έτσι ώστε να μπορεί το φιλμ αυτό να εμβαπτιστεί πλήρως μέσα σε αυτό. Όσον αφορά το χρόνο εμφάνισης, από το δικτυακό τόπο της AGFA (http://www.agfa.com/en/he/products_services/all_products/g150_developer.jsp?t=2) βρέθηκε ότι αυτός είναι 5 min στους 18°C και 2 min στους 25°C. Με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των δύο αυτών σημείων μπορεί να προσδιορισθεί ο χρόνος εμφάνισης, που απαιτείται για άλλες θερμοκρασίες, σύμφωνα με τη σχέση:

$$t = -0.43\theta + 12.71$$

όπου t =χρόνος σε min

και θ =θερμοκρασία σε °C

Επειδή πάντως στο χώρο ΥΚ5 καθ' όλη τη διάρκεια του έτους η θερμοκρασία διατηρείται περίπου σταθερή και ίση με 25 °C μπορεί η διαδικασία να τυποποιηθεί για χρόνο εμφάνισης 2 min.

Για τις ανάγκες της στερέωσης του φιλμ AGFA D7 PB ετοιμάστηκαν 1.5L διαλύματος στερέωσης (1.2 L νερό + 0.3L G-354). Αυτή ήταν η ποσότητα που υπολογίστηκε ότι χρειάζεται για να πληρωθεί το δοχείο για το διάλυμα στερέωσης, έτσι ώστε να μπορεί το φιλμ αυτό να εμβαπτιστεί πλήρως μέσα σε αυτό. Όσον αφορά το χρόνο στερέωσης, μπορεί η διαδικασία να τυποποιηθεί για χρόνο στερέωσης 10 min, που, όπως αναφέρθηκε, είναι και ένας τυπικός χρόνος στερέωσης για ασπρόμαυρα φιλμ.

Τόσο για την εμφάνιση, όσο και για τη στερέωση του φιλμ επιλέχθηκε για τυποποίηση να γίνεται καλή ανάδευση του διαλύματος εμφάνισης και του διαλύματος στερέωσης (ή ισοδύναμα η καλή μετακίνηση του φιλμ μέσα στα διαλύματα αυτά), κάθε ένα περίπου λεπτό.

Μία ακολουθία εμφάνισης, ενδιάμεσης πλύσης, στερέωσης, πλύσης και στεγνώματος φιλμ διακρίνεται στη σειρά φωτογραφιών του Διαγράμματος 4.8.

4.2.4 Εφαρμογή για χειροκίνητη εμφάνιση σε άλλα φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας ή ιατρικά φιλμ

Αξίζει να σημειωθεί ότι για να πραγματοποιηθεί χειροκίνητη εμφάνιση άλλων τύπων φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας ή φιλμ ιατρικών εφαρμογών, αρκεί να ακολουθηθεί η ίδια διαδικασία εμφάνισης όπως περιγράφηκε στις προηγούμενες ενότητες, χρησιμοποιώντας τον ίδιο εξοπλισμό. Τα χημικά υγρά εμφάνισης και στερέωσης της AGFA, G-150 και G-354 αντίστοιχα, είναι κατάλληλα και για αυτά τα φιλμ, αφού προτείνονται να χρησιμοποιούνται γενικά για εμφάνιση ασπρόμαυρου φιλμ. Προσοχή πρέπει να δίνεται βέβαια στην εύρεση του κατάλληλου χρόνου εμβάπτισης των φιλμ αυτών στο διάλυμα εμφάνισης, σύμφωνα πάντα με οδηγίες από τον κατασκευαστή του.

4.2.5 Επαναχρησιμοποίηση διαλυμάτων εμφάνισης και στερέωσης

Δεδομένου ότι στην εγκατάσταση βιομηχανικής ραδιογραφίας του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας ΕΜΠ, δεν θα εμφανίζονται ποσότητες φιλμ (δηλ. πολλά τετραγωνικά μέτρα), αποφασίστηκε ότι, μετά το τέλος κάθε επεξεργασίας φιλμ, τα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης να τοποθετούνται μέσα σε αεροστεγείς

πλαστικές φιάλες (βλ. π.χ. και τις φιάλες από τη φωτογραφία του Διαγράμματος 4.9). έτσι ώστε να μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν. Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι για να περιοριστεί η επαφή των διαλυμάτων με τον αέρα, αφού αυτός προκαλεί την οξείδωσή τους με αποτέλεσμα την μείωση της αποτελεσματικότητάς τους. Πάνω στις φιάλες αυτές σημειώνονται με μαρκαδόρο η ημερομηνία κατασκευής των διαλυμάτων και οι ημερομηνίες χρήσης τους καθώς και πόσα φιλμ εμφανίσθηκαν σε κάθε χρήση. Έτσι μπορεί κανείς να έχει μια εικόνα για το πόσο "παλαιά" μπορεί να είναι τα διαλύματα αυτά όταν πάει να τα χρησιμοποιήσει.

4.3 Εμφάνιση απλού φωτογραφικού ασπρόμαυρου φιλμ 35mm

4.3.1 Εξοπλισμός

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την πραγματοποίηση της εμφάνισης απλού φωτογραφικού ασπρόμαυρου φιλμ 35mm είναι αρκετά διαφορετικός από τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για την εμφάνιση φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας, κυρίως διότι το φωτογραφικό φιλμ έχει γενικά μικρή επιφάνεια. Έχει ως εξής:

1. Χρονόμετρο, Θερμόμετρο, Φωτισμός σκοτεινού θαλάμου, Ογκομετρικά δοχεία και Στεγνωτήριο, όπως στην προηγούμενη παράγραφο 4.2.1.
2. Φωτοστεγανό δοχείο πολλαπλής χρήσης JOBO 1520. (βλ. και εικόνα του Διαγράμματος 4.10). Είναι ειδικά διαμορφωμένο δοχείο που στο κέντρο του μπορεί να δεχθεί κύλινδρο στον οποίο τυλίγεται το προς επεξεργασία φιλμ. Κλείνει από φωτοστεγανό κάλυμμα, το οποίο έχει κατάλληλη διαμόρφωση ώστε το δοχείο να μπορεί να δέχεται ή να αποβάλλει υγρά διαλύματα χωρίς να εισέρχεται φως. Η χωρητικότητα του εκτιμάται περίπου ίση με 300mL. Αν δεν χρειάζεται να προστεθούν ή να αποβληθούν υγρά, το δοχείο στεγανώνεται με ένα πώμα.
3. Κύλινδρος τοποθέτησης φιλμ (βλ. και εικόνα του Διαγράμματος 4.11). Διατίθεται μαζί με το δοχείο JOBO 1520 και αγοράζονται μαζί σαν "set". Αυτός ο κύλινδρος αυξομειώνει το πλάτος του έτσι ώστε να μπορεί να δεχθεί φιλμ πλάτους από 35 mm έως και 60 mm. Εφαρμόζει μέσα στο δοχείο όπως φαίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 4.12.
4. Χημικό υγρό εμφάνισης φιλμ. Χρησιμοποιήθηκε υγρό εμφάνισης AGFA τύπου RODINAL B&W DEVELOPER. Αυτό πρέπει να αραιωθεί με νερό σε αναλογίες

που αναγράφονται στη συσκευασία του και να δημιουργήσει το διάλυμα εμφάνισης. Η αναλογία νερού με υγρό εμφάνισης για την προετοιμασία του διαλύματος εμφάνισης είναι 25 μέρη νερό : 1 μέρος RODINAL.

5. Χημικό υγρό στερέωσης φιλμ. Χρησιμοποιήθηκε στερεωτής ILFORD τύπου RAPID FIXER. Αυτό πρέπει να αραιωθεί με νερό σε αναλογίες που αναγράφονται στη συσκευασία του και να δημιουργήσει διάλυμα στερέωσης. Η αναλογία νερού με υγρό στερέωσης για την προετοιμασία του διαλύματος στερέωσης είναι 4 μέρη νερό : 1 στερεωτής.
6. Αντιστατικό υγρό για εφαρμογή μετά τη στερέωση εταιρίας TETENAL τύπου MIRASOL 2000 ANTISTATIC. Οι αναλογίες του διαλύματος που παρασκευάζεται είναι 1 μέρος αντιστατικό υγρό προς 400 μέρη νερό (δηλαδή 1-2 σταγόνες σε δοχείο των 300mL).

4.3.2 Τρόπος εργασίας

1. Αρχικά προετοιμάζονται τα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης σε δυο διαφορετικά ογκομετρικά δοχεία σύμφωνα με τις προβλεπόμενες αναλογίες ανάμιξης με νερό.
2. Αφαιρούνται τα καλύμματα του δοχείου JOBO 1520, τραβώντας το δαχτυλίδι στεγανοποίησης προς τα πάνω (βλ. και εικόνα του Διαγράμματος 4.13)
3. Κάτω από συνθήκες πλήρους σκότους το φιλμ τοποθετείται πάνω στον κύλινδρο και τυλίγεται γύρω από αυτόν. (βλ και εικόνα του Διαγράμματος 4.14). Στην περίπτωση εμφάνισης φωτογραφικού ασπρόμαυρου φιλμ, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί φωτισμός σκοτεινού θαλάμου, διότι το φιλμ είναι πολύ "γρήγορο" και αμαυρώνεται ακόμα και από αυτό το λίγο φως, με αποτέλεσμα να καταστρέφεται η εικόνα που είναι προς εμφάνιση.
4. Κάτω από συνθήκες πλήρους σκότους ο κύλινδρος μαζί με το φιλμ τοποθετούνται μέσα στο δοχείο JOBO 1520. Στη συνέχεια το δοχείο κλείνει με το κάλυμμα που επιτρέπει τη συναλλαγή υγρών και στεγανώνει πιέζοντας προς τα κάτω το δαχτυλίδι στεγανοποίησης έτσι ώστε να ασφαλίσει (βλ και εικόνα του Διαγράμματος 4.15). Στο σημείο αυτό μπορεί να επανέλθει κανονικός φωτισμός
5. Μετράται η θερμοκρασία του διαλύματος εμφάνισης. Σύμφωνα με τη θερμοκρασία αυτή, τον τύπο του φιλμ προς εμφάνιση και τον τύπο του εμφανιστή

μπορεί κανείς να προσδιορίσει από οδηγίες του κατασκευαστή του φιλμ, τον ακριβή χρόνο εμφάνισης που απαιτείται. Αυτό μπορεί να γίνει και με τη χρήση γενικευμένων διαγραμμάτων όπως αυτό του Διαγράμματος 4.7, αλλά και με τη χρήση πινάκων που διατίθενται στο διαδίκτυο (όπως π.χ. http://www.phototec.de/infomag_erechner.php, ο οποίος διακρίνεται στην εικόνα του Διαγράμματος 4.16).

6. Το δοχείο JOBO 1520 πληρώνεται με διάλυμα εμφάνισης (βλ και εικόνα του Διαγράμματος 4.17, στο σημείο αυτό αρχίζει και μετράει ο χρόνος εμφάνισης) και στεγανώνεται με το πώμα (βλ και εικόνα του Διαγράμματος 4.18).
7. Όσο διαρκεί η εμφάνιση, πρέπει περίπου κάθε 60 sec το δοχείο JOBO 1520 να αναποδογυρίζεται μερικές φορές έτσι ώστε το φιλμ να έρχεται σε καλή επαφή με "φρέσκο" διάλυμα εμφάνισης (βλ και εικόνα του Διαγράμματος 4.19), και στη συνέχεια να χτυπιέται ελαφρώς έτσι ώστε να φύγουν τυχόν φυσαλίδες που έχουν δημιουργηθεί πάνω από την επιφάνεια του φιλμ (βλ και εικόνα του Διαγράμματος 4.20).
8. Μόλις συμπληρωθεί ο χρόνος εμφάνισης αφαιρείται το πώμα και αποβάλλεται το διάλυμα εμφάνισης από το δοχείο JOBO 1520 πάλι μέσα στο ογκομετρικό δοχείο του (βλ και εικόνα του Διαγράμματος 4.21) προκειμένου η χρήση του να επαναληφθεί αν πρόκειται να ακολουθήσει άλλη εμφάνιση φιλμ αρκετά σύντομα.
9. Γίνεται πλύση του δοχείου JOBO 1520 με άφθονο νερό (βλ και εικόνα του Διαγράμματος 4.22).
10. Το δοχείο JOBO 1520 πληρώνεται με διάλυμα στερέωσης. (βλ και εικόνα του Διαγράμματος 4.17, στο σημείο αυτό αρχίζει και μετράει ο χρόνος στερέωσης) και στεγανώνεται με το πώμα (βλ και εικόνα του Διαγράμματος 4.18). Για το χρόνο στερέωσης ισχύει και εδώ ο προσεγγιστικός κανόνας των 10 min.
11. Όσο διαρκεί η στερέωση γίνεται η ίδια διαδικασία ανάδευσης με αυτήν της εμφάνισης.
12. Μόλις συμπληρωθεί ο χρόνος στερέωσης αφαιρείται το πώμα και αποβάλλεται το διάλυμα στερέωσης από το δοχείο JOBO 1520 πάλι μέσα στο ογκομετρικό δοχείο του (βλ και εικόνα του Διαγράμματος 4.21) προκειμένου η χρήση του να επαναληφθεί αν πρόκειται να ακολουθήσει άλλη στερέωση φιλμ αρκετά σύντομα.

13. Γίνεται πλύση του δοχείου JOBO 1520 με άφθονο νερό (βλ και εικόνα του Διαγράμματος 4.22).
14. Το δοχείο JOBO 1520 διατηρείται γεμάτο με νερό και ρίχνονται μέσα σε αυτό 1-2 σταγόνες από το αντιστατικό υγρό. Το δοχείο ανακινείται ελαφρώς και μετά από 1-2 min, το περιεχόμενο του δοχείου αποβάλλεται κατά τα γνωστά.
15. Απελευθερώνεται το δαχτυλίδι στεγανοποίησης του δοχείου JOBO 1520 τραβώντας το προς τα πάνω και αφαιρείται το κάλυμμα.
16. Αφαιρείται από το δοχείο JOBO 1520 ο κύλινδρος με το φιλμ.
17. Αφαιρείται το φιλμ από τον κύλινδρο και απλώνεται στο στεγνωτήριο για να στεγνώσει.

4.4 Χειροκίνητες εμφανίσεις φιλμ από διάφορες εκθέσεις

4.4.1 Γενικά

Τα φιλμ που εκτέθηκαν και εμφανίσθηκαν στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας με τη χρήση χειροκίνητης εμφάνισης για τους σκοπούς της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας, αριθμούνται σειριακά αρχίζοντας από το "18", διότι συνεχίζεται η σειριακή τους αρίθμηση από τον τελευταίο αριθμό εμφάνισης φιλμ του προηγούμενου 3^{ου} Κεφαλαίου. Τα εμφανισμένα φιλμ τοποθετήθηκαν σε διαφάνειες μέσα σε ντοσιέ κατά την αρίθμησή τους. Ο αύξων αριθμός του κάθε φιλμ σημειώθηκε με ανεξίτηλο μαρκαδόρο πάνω σε αυτό. Όπου χρειάζεται να παρουσιασθούν εικόνες των εμφανισθέντων φιλμ, αυτές προέκυψαν από ψηφιοποίηση τους μέσω κατάλληλου σαρωτή με τρόπο που θα περιγραφεί στο 5^ο Κεφάλαιο.

4.4.2 Εμφανίσεις φιλμ

Φιλμ "18" (A/M φωτογραφικό φιλμ 35 mm), Εμφάνιση 17-06-09

Σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν η πρώτη χειροκίνητη εμφάνιση φωτογραφικού ασπρόμαυρου φιλμ 35 mm.

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου T-MAX P3200 36 "στάσεων", εταιρίας κατασκευής KODAK, συσκευασμένο σε τυποποιημένο κύλινδρο "135" (βλ. και τη φωτογραφία του Διαγράμματος 3.15). Κόπηκε ένα μικρό κομμάτι από το ρολό φιλμ (περίπου 15 cm) και αφέθηκε να "πάρει φως". Βρέθηκε ο χρόνος εμφάνισης για τον συγκεκριμένο τύπο φιλμ από το δικτυακό τόπο

http://www.phototec.de/infomag_erechner.php (στα Γερμανικά), ως εξής: για Film: TMX3200 KODAK, Entwickler (υγρό εμφάνισης): Agfa Rodinal 1+25, Temperatur (θερμοκρασία): 24° C, Gradation (ενίσχυση αντίθεσης): Push2 και Kipprhythmus (ρυθμός ανάδευσης): 1 min, ίσως με 12:30 min και ο οποίος στρογγυλεύθηκε ελαφρά προς τα κάτω στα 10 min. Ο χρόνος στερέωσης επιλέχθηκε ίσως με 10 min με τον ίδιο ρυθμό ανάδευσης.

Προετοιμάστηκαν συνολικά 300 mL διάλυμα εμφανιστή και 300 mL διάλυμα στερεωτή (όση είναι και η χωρητικότητα του δοχείου JOBO 1520). Έγινε χρήση του εξοπλισμού και εφαρμόστηκε ο τρόπος εργασίας που περιγράφηκαν στην παράγραφο 4.3. Όπως αναμενόταν, το φιλμ προέκυψε "κατάμαυρο".

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

- Οι χρόνοι που επιλέχθηκαν για την εμφάνιση και τη στερέωση φαίνονται ορθοί και η διαδικασία φαίνεται ότι λειτουργεί σωστά.

Φιλμ "19" (A/M φωτογραφικό φιλμ 35 mm), Εμφάνιση 17-06-09

Σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν η χειροκίνητη εμφάνιση φωτογραφικού ασπρόμαυρου φιλμ που δεν έχει "πάρει φως".

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου T-MAX P3200 36 "στάσεων", εταιρίας κατασκευής KODAK, συσκευασμένο σε τυποποιημένο κύλινδρο "135" (βλ. και τη φωτογραφία του Διαγράμματος 3.15). Σε συνθήκες πλήρους σκότους κόπηκε ένα μικρό κομμάτι από το ρολό φιλμ (περίπου 15 cm) και έγινε η χειροκίνητη εμφάνισή του. Έγινε χρήση του εξοπλισμού και εφαρμόστηκε ο τρόπος εργασίας που περιγράφηκαν στην παράγραφο 4.3. Οι χρόνοι εμφάνισης στα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης λήφθηκαν ίδιοι με αυτούς της δοκιμής του φιλμ "18". Χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης που χρησίμευσαν για την εμφάνιση του φιλμ "18". Όπως αναμενόταν, το φιλμ προέκυψε διαφανές.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

- Σε συνδυασμό με τις παρατηρήσεις από τη δοκιμή του φιλμ "18", προκύπτει το συμπέρασμα ότι η χειροκίνητη εμφάνιση του συγκεκριμένου τύπου φιλμ φαίνεται να γίνεται ορθά.

Φιλμ "20" (ραδιογραφία), Εμφάνιση 17-06-09

Σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν να πραγματοποιηθεί μια ραδιογραφία παρόμοια με αυτή του φιλμ "5" (βλ. στο 3^ο Κεφάλαιο), στην ίδια διάταξη με το ίδιο δοκίμιο και με ίδιο χρόνο έκθεσης (2 ώρες), για να δοκιμαστεί η απόδοση του φωτογραφικού ασπρόμαυρου φιλμ.

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου T-MAX P3200 36 "στάσεων", εταιρίας κατασκευής KODAK, συσκευασμένο σε τυποποιημένο κύλινδρο "135" (βλ. και τη φωτογραφία του Διαγράμματος 3.15). Σε συνθήκες πλήρους σκότους κόπηκε ένα μικρό κομμάτι από το ρολό φιλμ (περίπου 15 cm) και τοποθετήθηκε μέσα σε μαύρο φωτοστεγανό φάκελο από χαρτόνι. Στην συνέχεια ο φάκελος τοποθετήθηκε στη διάταξη ραδιογραφίας και παρέμεινε εκεί για δύο ώρες (βλ. και τη φωτογραφία του Διαγράμματος 4.23).

Μετά την ολοκλήρωση της έκθεσης, το φιλμ εμφανίστηκε χειροκίνητα. Έγινε χρήση του εξοπλισμού και εφαρμόστηκε ο τρόπος εργασίας που περιγράφηκαν στην παράγραφο 4.3. Οι χρόνοι εμφάνισης στα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης λήφθηκαν ίδιοι με αυτούς της δοκιμής του φιλμ "18". Χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης που χρησίμευσαν για την εμφάνιση των φιλμ "18" και "19". Το φιλμ δεν παρουσίασε σημάδια αμαύρωσης.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

- η ακτινοβολία που αλληλεπίδρασε με τα φιλμ δεν ήταν αρκετή έτσι ώστε να δημιουργήσει ορατή αμαύρωση πάνω σε αυτό, για το λόγο αυτό θα πρέπει να ξαναγίνει παρόμοια δοκιμή με μεγαλύτερο χρόνο έκθεσης.

Φιλμ "21" (ραδιογραφία), Εμφάνιση 19-06-09

Σε συνέχεια της έκθεσης και της εμφάνισης του φιλμ "20" αποφασίστηκε να γίνει παρόμοια δοκιμή, στην ίδια διάταξη με το ίδιο δοκίμιο, με τη διαφορά ότι ο χρόνος έκθεσης να είναι πολύ μεγαλύτερος. Αποφασίστηκε ο χρόνος έκθεσης να είναι 2 ημέρες έτσι ώστε να εκτιμηθεί η απόδοση του συγκεκριμένου φιλμ σε σχέση με το φιλμ δήξεως που είχε χρησιμοποιηθεί στην παρόμοια δοκιμή με το φιλμ "10" (βλ. στο 3^ο Κεφάλαιο), το οποίο υπενθυμίζεται ότι είχε δώσει κάποια σχεδόν ορατή εικόνα για χρόνο έκθεσης 2 ημέρες.

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου T-MAX P3200 36 "στάσεων", εταιρίας κατασκευής KODAK, συσκευασμένο σε τυποποιημένο κύλινδρο "135" (βλ. και τη φωτογραφία του Διαγράμματος 3.15). Σε συνθήκες πλήρους σκότους κόπηκε ένα

μικρό κομμάτι από το ρολό φιλμ (περίπου 15 cm) και τοποθετήθηκε μέσα σε μαύρο φωτοστεγανό φάκελο από χαρτόνι. Στην συνέχεια ο φάκελος τοποθετήθηκε στη διάταξη ραδιογραφίας και παρέμεινε εκεί για 2 ημέρες (βλ. και τη φωτογραφία του Διαγράμματος 4.23).

Μετά την ολοκλήρωση της έκθεσης, το φιλμ εμφανίστηκε χειροκίνητα. Έγινε χρήση του εξοπλισμού και εφαρμόστηκε ο τρόπος εργασίας που περιγράφηκαν στην παράγραφο 4.3. Οι χρόνοι εμφάνισης στα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης λήφθηκαν ίδιοι με αυτούς της δοκιμής του φιλμ "18". Χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης που χρησίμευσαν για την εμφάνιση των φιλμ "18", "19" και "20". Διαπιστώθηκε η εικόνα του Διαγράμματος 4.24.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

- το φιλμ παρουσιάζει εμφανή πλην όμως ασαφή αμαύρωση. Αυτό σημαίνει ότι η διάταξη αυτή, με το δοκίμιο που χρησιμοποιήθηκε και ένα χρόνος έκθεσης της τάξεως των 3 έως και 5 ημερών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πραγματοποίηση εργαστηριακής εξάσκησης ραδιογραφίας στα πλαίσια του μαθήματος "Βιομηχανικές Εφαρμογές Πυρηνικής Τεχνολογίας" του 7^{ου} χειμερινού εξαμήνου της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών. Η ραδιογραφική εικόνα είναι συγκρίσιμη με αυτή της δοκιμής του φιλμ "10".

Φιλμ "22, Εμφάνιση 21-09-09

Σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν η πρώτη χειροκίνητη εμφάνιση φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας.

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε είναι εταιρίας κατασκευής AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB Vacupac, διαστάσεων 10x24cm με ενισχυτικές οθόνες μόλυβδου. Το φιλμ αφέθηκε να "πάρει φως". Για να πραγματοποιηθεί η εμφάνισή του έγινε χρήση του εξοπλισμού και εφαρμόστηκε ο τρόπος εργασίας που περιγράφηκαν στην παράγραφο 4.2. Ο χρόνος εμφάνισης εκτιμήθηκε ίσος με 2 λεπτά εφόσον η θερμοκρασία του δωματίου ήταν 25°C. Ο χρόνος στερέωσης λήφθηκε ίσος με 10 min έτσι ώστε να τηρείται η τυποποίηση. Όπως αναμενόταν, το φιλμ προέκυψε "κατάμαυρο".

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

- Οι χρόνοι που επιλέχθηκαν για την εμφάνιση και τη στερέωση φαίνεται να είναι ορθοί και η διαδικασία φαίνεται ότι λειτουργεί σωστά.

Φιλμ "23" Εμφάνιση 21-09-09

Σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν η χειροκίνητη εμφάνιση φιλμ βιομηχανικού τύπου που δεν έχει "πάρει φως".

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε είναι εταιρίας κατασκευής AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB Vacupac, διαστάσεων 10x24cm με ενισχυτικές οθόνες μόλυβδου. Σε συνθήκες φωτισμού σκοτεινού θαλάμου, το φιλμ αποσυσκευάστηκε και εμφανίστηκε χειροκίνητα. Για να πραγματοποιηθεί η εμφάνισή του έγινε χρήση του εξοπλισμού και εφαρμόστηκε ο τρόπος εργασίας που περιγράφηκαν στην παράγραφο 4.2. Ο χρόνος εμφάνισης εκτιμήθηκε ίσος με 2 λεπτά εφόσον η θερμοκρασία του δωματίου ήταν 25°C. Ο χρόνος στερέωσης λήφθηκε ίσος με 10 min έτσι ώστε να τηρείται η τυποποίηση. Όπως αναμενόταν, το φιλμ προέκυψε διαφανές.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

- Σε συνδυασμό με τις παρατηρήσεις από τη δοκιμή του φιλμ "22", προκύπτει το συμπέρασμα ότι η χειροκίνητη εμφάνιση του συγκεκριμένου τύπου φιλμ φαίνεται να γίνεται ορθά.

Φιλμ "24" (αυτοραδιογραφία), Εμφάνιση 21-09-09

Σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν να συγκριθεί η χειροκίνητη εμφάνιση φιλμ βιομηχανικού τύπου με την εμφάνιση των ίδιων φιλμ στο αυτόματο εμφανιστήριο.

Το φιλμ που χρησιμοποιήθηκε είναι εταιρίας κατασκευής AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB Vacupac, διαστάσεων 10x24cm με ενισχυτικές οθόνες μόλυβδου. Το φιλμ αυτό ήρθε σε επαφή με σημειακή πηγή ακτινοβολίας -γ ισότοπου Cs-137 και έντασης 12.29 $\mu\text{C}/01-02-1981$ τύπου CDR.151, εταιρείας κατασκευής AMERSHAM, για 1 ώρα, σε γεωμετρία, που διακρίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 2.36. Για να πραγματοποιηθεί η εμφάνισή του έγινε χρήση του εξοπλισμού και εφαρμόστηκε ο τρόπος εργασίας που περιγράφηκαν στην παράγραφο 4.2. Ο χρόνος εμφάνισης εκτιμήθηκε ίσος με 2 λεπτά εφόσον η θερμοκρασία του δωματίου ήταν 25°C. Ο χρόνος στερέωσης λήφθηκε ίσος με 10 min έτσι ώστε να τηρείται η τυποποίηση. Διαπιστώθηκε η εικόνα του Διαγράμματος 4.25.

Μετά την εμφάνιση έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

- η εικόνα που παρουσίασε το φιλμ είναι πανομοιότυπη με αυτή του φιλμ "1" (βλ. και στο 3^ο Κεφάλαιο). Αυτό σημαίνει ότι η ποιότητα της χειροκίνητης εμφάνισης φιλμ βιομηχανικού τύπου φαίνεται παρόμοια με αυτή του αυτόματου εμφανιστηρίου.

4.5 Εργαστηριακή εξάσκηση στην ραδιογραφία

4.5.1 Σκοπός

Πως μπορεί να γίνει μία απλή ραδιογραφία, για τον εντοπισμό ενός "ελαττώματος" (π.χ. μιας κοιλότητας) σε μία συμπαγή ύλη, με τη χρήση απλής σημειακής πηγής φωτονίων. Η εργαστηριακή εξάσκηση αυτή βασίζεται στις οδηγίες του Chase (1964). Για τον τρόπο εμφάνισης του ραδιογραφικού φιλμ και την απάντηση των ερωτήσεων κρίσεως και κατανόησης της υπόψιν εργαστηριακής εξάσκησης, μπορεί να γίνεται αναφορά στις προηγούμενες παραγράφους του 4^{ου} Κεφαλαίου.

4.5.2 Απαραίτητος εξοπλισμός και υλικά

Σημειακή πηγή φωτονίων Cs-137, ραδιενέργειας στην περιοχή από 1 μC έως 10 μC (37 έως 370 kBq). Φύλλο αλουμινίου πάχους 2 – 3 mm. Αλουμινόχαρτο. Διάταξη όπως αυτή του Διαγράμματος 4.26, η οποία διαθέτει μία σταθερή βάση στο κάτω μέρος και μία δακτυλοειδή μετακινούμενη βάση, της οποίας το ύψος ρυθμίζεται. Φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας ή οδοντιατρικό με ενισχυτικές οθόνες. Μετρικός χάρακας. Σελοφάν συσκευασίας τροφών. Δοχεία για εμφάνιση, στερέωση και πλύση φιλμ. Έτοιμα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης. Χώρος με φωτισμό σκοτεινού θαλάμου.

4.5.3 Διαδικασία

- Κάντε μια τρύπα 5 mm στο φύλλο αλουμινίου. Αυτή η τρύπα θα είναι το "ελάττωμα" που θα προσπαθήσετε να ανιχνεύσετε. Βάλτε αλουμινόχαρτο πάνω από το φύλλο έτσι ώστε η τρύπα να μην είναι ορατή. Το σύνολο αυτό είναι το δοκίμιο προς ραδιογραφία.
- Χρησιμοποιείτε τη διάταξη του Διαγράμματος 4.26 Τοποθετήστε ραδιογραφικό φιλμ (κατά προτίμηση οδοντιατρικό φιλμ δήξεως) πάνω στη σταθερή βάση της διάταξης. Τοποθετήστε το δοκίμιο πάνω από το φιλμ.
- Μετακινήστε τη δακτυλοειδή βάση της διάταξης έτσι ώστε να απέχει περίπου 3 cm από το δοκίμιο.

- Δημιουργήστε πάνω στη δακτυλιοειδή βάση της διάταξης μία τεχνητή επιφάνεια χρησιμοποιώντας σελοφάν συσκευασίας τροφών. Τοποθετήστε την πηγή φωτονίων πάνω στο σελοφάν. Η πλευρά της πηγής που έχει την ραδιενεργή δραστηριότητα πρέπει να "κοιτάει" προς το δοκίμιο. Τα φωτόνια έτσι μπορούν να εκπέμπονται χωρίς εμπόδιο μέσα από το σελοφάν προς το δοκίμιο.
- Στερεώστε, αν κρίνετε ότι χρειάζεται το φιλμ, το δοκίμιο και την πηγή με κομμάτια κολλητικής ταινίας ώστε το σύνολο να παραμένει ακίνητο.
- Η διάρκεια της έκθεσης της ραδιογραφία ρυθμίζεται ανάλογα με την ένταση της πηγής, το πάχος του αλουμινίου και το είδος φιλμ που έχει επιλεγεί. Για μια πηγή Cs-137 5 μC και χρήση φιλμ με ενισχυτικές οθόνες, έκθεση 24 ωρών πρέπει να είναι αρκετή.
- Αφού περάσει η απαιτούμενη ώρα για την ραδιογραφία, αφαιρέστε το φιλμ από τη διάταξη και εμφανίστε το σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
- Αν επιθυμείτε, μπορείτε να επαναλάβετε το πείραμα και με άλλες πηγές, αν τέτοιες διατίθενται στο Εργαστήριο. Προτείνεται ως πιο κατάλληλη εναλλακτική πηγή το Co-60 με παρόμοια ραδιενέργεια.
- Αν θέλετε μπορείτε να κάνετε με τον ίδιο τρόπο τη ραδιογραφία ενός μικρού μεταλλικού εξαρτήματος ενός αυτοκινήτου ή άλλης μηχανής έτσι ώστε να προσπαθήσετε να βρείτε αν υπάρχει κάποιο ελάττωμα σε αυτό. Μην επιλέξετε βέβαια ένα εξάρτημα το οποίο είναι παχύτερο από το δοκίμιο που ήδη εξετάστηκε γιατί η ακτινοβολία θα απορροφηθεί εντελώς από αυτό και δεν θα ληφθεί κάποια εικόνα στο φιλμ. Αντίστοιχα μπορείτε να κάνετε τη ραδιογραφία ενός πλαστικού εξαρτήματος με μικρό μεταλλικό "ελάττωμα". Ως τέτοιο εξάρτημα μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ένα δοκίμιο ελέγχου ποιότητας ραδιογραφικής εικόνας, όπως π.χ. αυτό της εικόνας του Διαγράμματος 3.11.

4.5.4 Παρατηρήσεις

Πιθανώς η περισσότερο διαδεδομένη ραδιενεργή πηγή που χρησιμοποιείται σε αυτήν την τεχνική είναι το Co-60, επειδή οι ισχυρές πηγές μπορούν να αποκτηθούν οικονομικά. Μια μηχανή ακτίνων -x μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον ίδιο σκοπό, αλλά η λειτουργία της είναι πιο ακριβή.

4.5.5 Εκπαιδευτικές ερωτήσεις κρίσεως και κατανόησης

- Φαίνεται στη ραδιογραφική εικόνα η θέση του ελαττώματος και πως;
- Τι θα άλλαζε στη ραδιογραφική εικόνα αν ο χρόνος έκθεσης ήταν μικρότερος ή μεγαλύτερος;
- Τι θα άλλαζε στη ραδιογραφική εικόνα αν η απόσταση πηγής φωτονίων και φιλμ γίνονταν μεγαλύτερη από 3 cm;
- Τι θα άλλαζε στη ραδιογραφική εικόνα αν το πάχος του αλουμινόχαρτου ήταν μεγαλύτερο;
- Τι θα άλλαζε στη ραδιογραφική εικόνα αν η χρησιμοποιούμενη πηγή ήταν Co-60 της ίδιας ραδιενέργειας;
- Τι θα άλλαζε στη ραδιογραφική εικόνα αν η χρησιμοποιούμενη πηγή ήταν Am-241 της ίδιας ραδιενέργειας;
- Ποια θα ήταν η επίδραση στη ραδιογραφική εικόνα αν ο χρόνος εμφάνισης επιλεγόταν μικρότερος ή μεγαλύτερος;
- Ποια θα ήταν η επίδραση στη ραδιογραφική εικόνα αν ο χρόνος στερέωσης επιλεγόταν μικρότερος ή μεγαλύτερος;
- Ποια θα ήταν η επίδραση στη ραδιογραφική εικόνα αν η ανάδευση του φιλμ κατά την εμφάνιση ήταν συχνότερη;
- Ποια είναι η επίδραση της θερμοκρασίας στον απαραίτητο χρόνο εμφάνισης;

4.6 Εργαστηριακή εξάσκηση στην αυτοραδιογραφία

4.6.1 Σκοπός

Πως μπορεί να γίνει μία απλή αυτοραδιογραφία, διηθητικού χαρτιού εμποτισμένου σε ραδιενεργό διάλυμα. Το διηθητικό χαρτί θα παίζει το ρόλο των πηγών ραδιενέργειας οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τις αυτοραδιογραφίες που παρουσιάστηκαν ήδη στο 3^ο και το παρόν 4^ο Κεφάλαιο. Η εργαστηριακή εξάσκηση αυτή βασίζεται στις οδηγίες του Chase (1964). Για τον τρόπο εμφάνισης του ραδιογραφικού φιλμ και την απάντηση των ερωτήσεων κρίσεως και κατανόησης της υπόψιν εργαστηριακής εξάσκησης, μπορεί να γίνεται αναφορά στις προηγούμενες παραγράφους του 4^{ου} Κεφαλαίου.

4.6.2 Απαραίτητος εξοπλισμός και υλικά

Δοχεία για εμφάνιση, στερέωση και πλύση φιλμ, έτοιμα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης, χώρος με φωτισμό σκοτεινού θαλάμου, φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας ή οδοντιατρικά χωρίς ενισχυτικές οθόνες, διηθητικό χαρτί, διάλυμα ραδιενεργού υγρού (ένα διάλυμα νιτρικών αλάτων ουρανίου υψηλής συγκέντρωσης είναι κατάλληλο), δύο λεπτές γυάλινες ή πλαστικές (Plexiglas) πλάκες ελαφρώς μεγαλύτερες από τις διαστάσεις του φιλμ, σελοφάν συσκευασίας τροφών, κολλητική ταινία και φωτοστεγανό κουτί.

4.6.3 Διαδικασία

- Κόψτε ένα κομμάτι διηθητικό χαρτί σε ένα σχέδιο δική σας επιλογής, όπως τετράγωνο, κύκλος, αστέρι, ή εξάγωνο. Το σχέδιο θα πρέπει να είναι μικρότερο από τις διαστάσεις του φιλμ που θα χρησιμοποιηθεί.
- Εμποτίστε το διηθητικό χαρτί στο ραδιενεργό διάλυμα. Αν επιλεγεί διάλυμα με νιτρικό άλας του ουρανίου, βυθίστε το σχέδιο μέσα στο διάλυμα για μερικά λεπτά και στεγνώστε με αέρα. Για μία καλή αυτοραδιογραφία με ουράνιο θα πρέπει στο διηθητικό χαρτί να αποθεθεί ραδιενέργεια στην περιοχή από 4000 έως 40000 Bq. Φυσικά, όσο υψηλότερη είναι η ενεργότητα του σχεδίου, τόσο λιγότερος χρόνος έκθεσης χρειάζεται.
- Αφού το δείγμα (διηθητικό χαρτί κομμένο σε σχέδιο) στεγνώσει, ανοίξτε το φιλμ από τη συσκευασία του, κάτω από φωτισμό σκοτεινού θαλάμου, και προετοιμάστε ένα "σάντουιτς" με τον εξής τρόπο: τοποθετήστε τη μία γυάλινη πλάκα πάνω στον πάγκο εργασίας, πάνω στην πλάκα τοποθετήστε το δείγμα, πάνω από αυτό τοποθετήστε ένα κομμάτι σελοφάν, μετά τοποθετήστε το φιλμ και πάνω από αυτό τοποθετήστε την άλλη γυάλινη πλάκα. Το "σάντουιτς" διακρίνεται στο Διάγραμμα 4.28
- "Ακινητοποιήστε" το "σάντουιτς" με μία κολλητική ταινία και τοποθετήστε το στο φωτοστεγανό κουτί.
- Μπορείτε να ετοιμάσετε και άλλα τέτοια "σάντουιτς" αλλά δεν θα πρέπει να τα φυλάξετε στο ίδιο φωτοστεγανό κουτί.
- Τοποθετήστε τα κουτιά σε ένα ασφαλές μέρος έτσι ώστε η ραδιενέργεια από τα διηθητικά χαρτιά να "γράψει" πάνω στο φιλμ. Για διαλύματα αλάτων του

Ουρανίου, που αποθέτουν στο διηθητικό χαρτί από 4000 έως 40000 Bq Ουρανίου η διάρκεια έκθεσης εξαρτάται από το είδος του φιλμ και μπορεί να είναι 24, 48 ή 72 ώρες. Τα κουτιά ή τα φιλμ μπορούν να αριθμηθούν για ευκολία στην αναγνώριση.

- Στο τέλος του προκαθορισμένου χρόνου έκθεσης, αποσυναρμολογήστε το "σάντουιτς" κάτω από φωτισμό σκοτεινού θάλαμο και τοποθετήστε τα εκτεθειμένα φιλμ σε ένα ασφαλές φωτοστεγανό χώρο.
- Όταν όλες οι εκθέσεις ολοκληρωθούν, εμφανίστε τα φιλμ σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Φυσικά, όλα τα φιλμ μπορούν να εμφανιστούν ταυτόχρονα.

4.6.4 Εκπαιδευτικές ερωτήσεις κρίσεως και κατανόησης

- Γιατί το "σάντουιτς" πρέπει να είναι "ακινητοποιημένο";
- Γιατί διαφορετικά "σάντουιτς" δεν πρέπει να φυλάσσονται στο ίδιο φωτοστεγανό κουτί;

4.7 Παρατηρήσεις – σχόλια

Στο 4^ο Κεφάλαιο εξετάστηκαν ο απαραίτητος εξοπλισμός και τα βασικά του τρόπου εργασίας για την χειροκίνητη εμφάνιση δύο κυρίως τύπων φιλμ: των φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας και των σχετικά ταχύτερων φωτογραφικών ασπρόμαυρων φιλμ 35mm. Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην τυποποίηση του τρόπου εργασίας σε όλες τις περιπτώσεις προκειμένου να διασφαλίζεται μια σταθερή ποιότητα της εμφάνισης και συγκρίσιμες ραδιογραφικές εικόνες αν πρόκειται για τη ραδιογράφιση του ίδιου δοκιμίου στις ίδιες συνθήκες έκθεσης. Φυσικά η τυποποίηση που προτιμήθηκε μπορεί να διαφέρει από άλλες που χρησιμοποιούνται σε άλλες εγκαταστάσεις βιομηχανικής ραδιογραφίας που χρησιμοποιούν άλλα φιλμ και άλλα χημικά εμφάνισης. Μία εικόνα από τις διαφορετικές τυποποιήσεις που μπορούν να υπάρχουν δίνεται χαρακτηριστικά στο πολύ κατατοπιστικό εγχειρίδιο για ιατρική ακτινογραφία του Στρατού Ξηράς των Ηνωμένων Πολιτειών (βλ. στην βιβλιογραφική αναφορά U.S. ARMY). Ειδικά σε σχέση με τη συχνή ανάδευση των υγρών εμφάνισης και στερέωσης κατά την εμφάνιση και στερέωση του φιλμ, σημειώνεται ότι αυτή μπορεί επίσης να γίνεται και με σχεδόν αυτόματο τρόπο με τη χρησιμοποίηση φυσαλίδων αέρα για ανάδευση οι οποίες μπορούν να παράγονται από μικρό συμπιεστή. Η παραγωγή της ραδιογραφικής εικόνας όπως εξασφαλίζεται από την

αυτόματη και την χειροκίνητη εμφάνιση που εξετάστηκαν στο 3^ο και το 4^ο Κεφάλαιο, δεν συνεπάγεται σήμερα την εύκολη αξιοποίηση και αποθήκευση της παραγόμενης πληροφορίας. Για αυτό απαιτείται πλέον η ψηφιοποίηση του φιλμ για την καλύτερη αρχειοθέτηση και την ταχύτερη επεξεργασία της ραδιογραφικής εικόνας. Στο επόμενο 5^ο Κεφάλαιο θα εξετασθεί ο τρόπος μεταφοράς της ραδιογραφικής εικόνας από το φιλμ σε ψηφιακή μορφή.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΟΥ 4^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ



Διάγραμμα 4.1

Θερμόμετρα για τα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης



Διάγραμμα 4.2

Πλαίσιο συγκράτησης για εμφάνιση και στερέωση για φιλμ διαστάσεων 11x14"



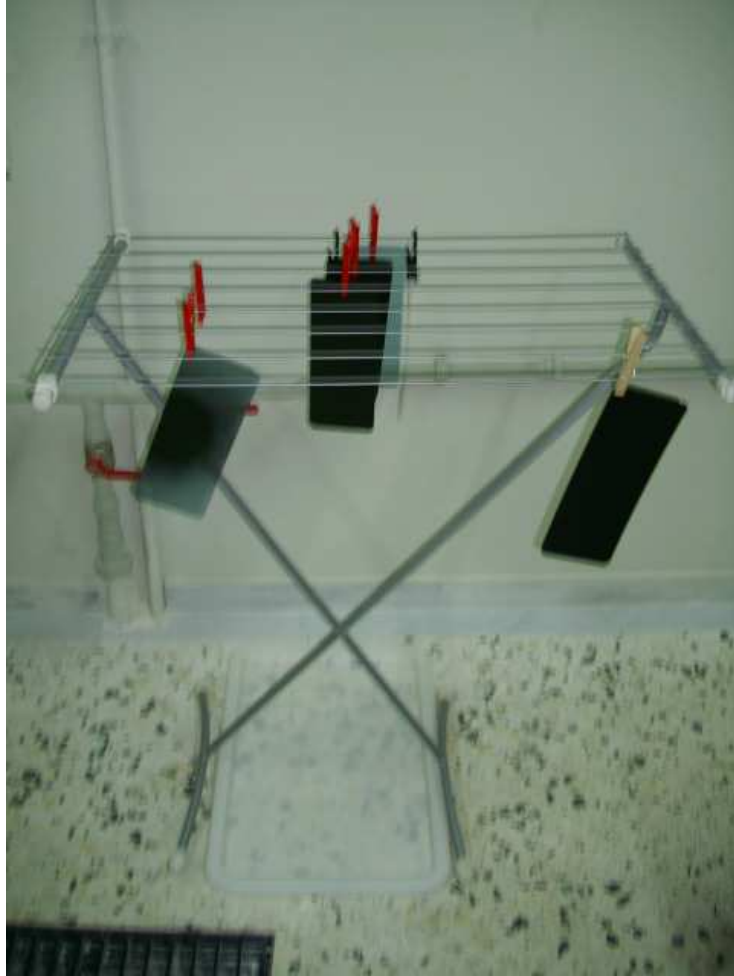
Διάγραμμα 4.3

Ρηγά δοχεία για τα διαλύματα εμφάνισης και στερέωσης, αριστερά το δοχείο για την εμφάνιση (μπεζ) και δεξιά το δοχείο για την στερέωση (λευκό)



Διάγραμμα 4.4

Λεκάνες με νερό για την πλύση του φιλμ μετά την εμφάνιση (αριστερά) και μετά την στερέωση (δεξιά)



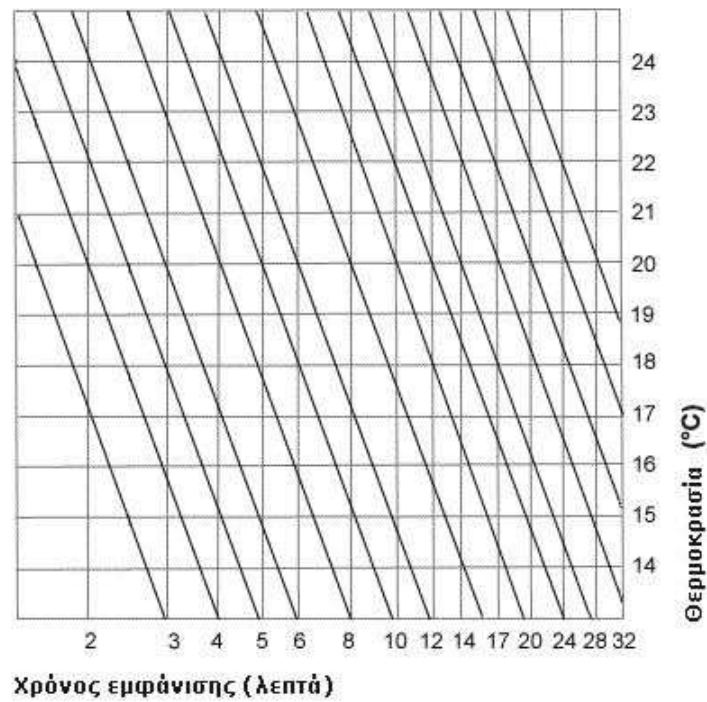
Διάγραμμα 4.5

Στεγνωτήριο φιλμ: Διάταξη με σύρματα τύπου "απλώστρας"



Διάγραμμα 4.6

Διάταξη πλαστικών δοχείων για την χειροκίνητη εμφάνιση πάνω σε επιφάνεια εργασίας



Διάγραμμα 4.7

Γενικευμένο διάγραμμα "θερμοκρασίας-χρόνου εμφάνισης"



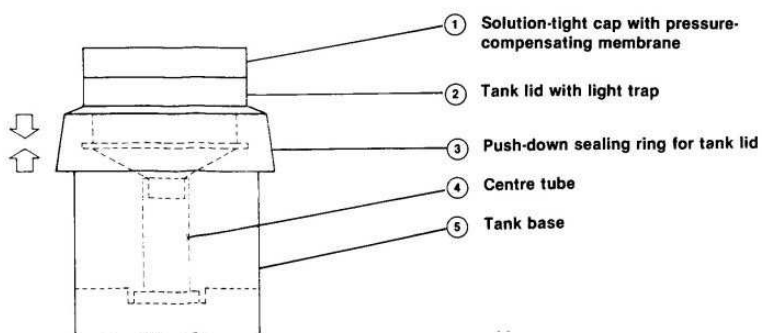
Διάγραμμα 4.8

Αναπαράσταση εμφάνισης φιλμ AGFA D7 PB: Από αριστερά επάνω (α) αποσυσκευασία, (β) αφαίρεση φιλμ ανάμεσα από τις ενισχυτικές οθόνες, (γ) εμφάνιση, (δ) ενδιάμεση πλύση μετά την εμφάνιση, Από αριστερά κάτω (ε) στερέωση, (στ) τελική πλύση και (ζ) στέγνωμα



Διάγραμμα 4.9

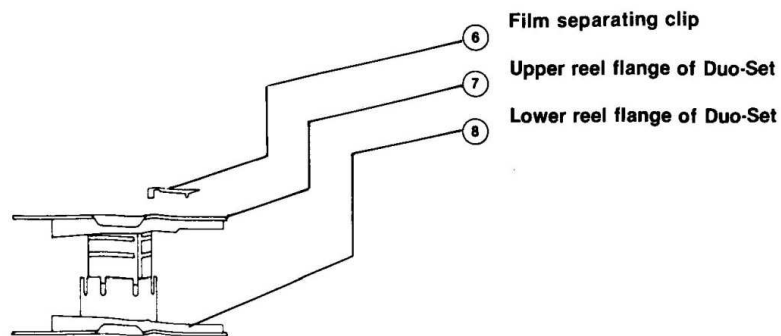
Πλαστικές φιάλες για αποθήκευση διαλυμάτων εμφάνισης και στερέωσης



Διάγραμμα 4.10

Δοχείο JOB 1520 και βασικά μέρη του ως εξής:

- (1) πώμα, (2) φωτοστεγανό κάλυμμα, (3) δαχτυλίδι στεγανοποίησης,
 (4) κύλινδρος τοποθέτησης φιλμ προς επεξεργασία (5) δοχείο



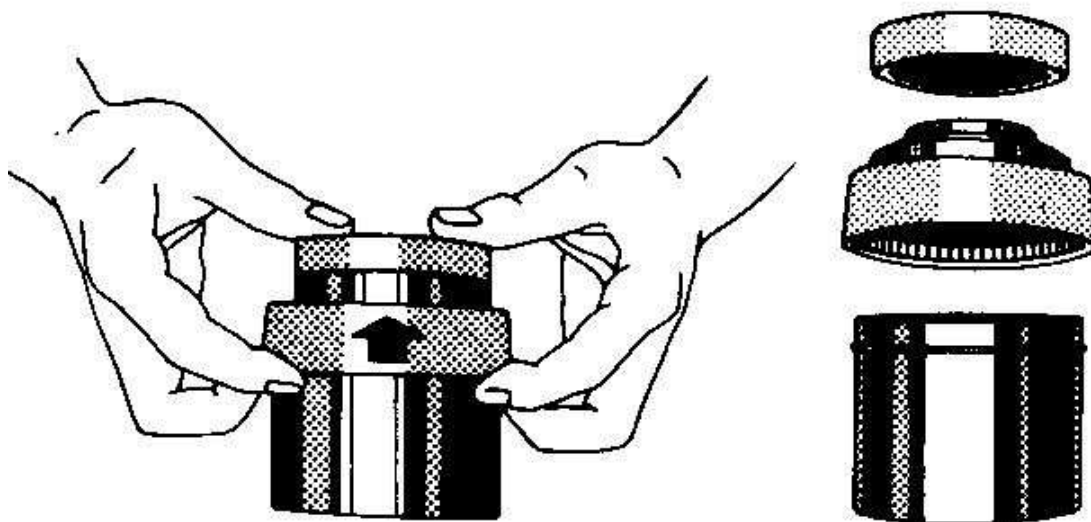
Διάγραμμα 4.11

Κύλινδρος τοποθέτησης φιλμ και μηχανισμοί χειρισμού του (6), (7) και (8), προκειμένου να ρυθμίζεται για φιλμ μικρότερου ή μεγαλύτερου πλάτους



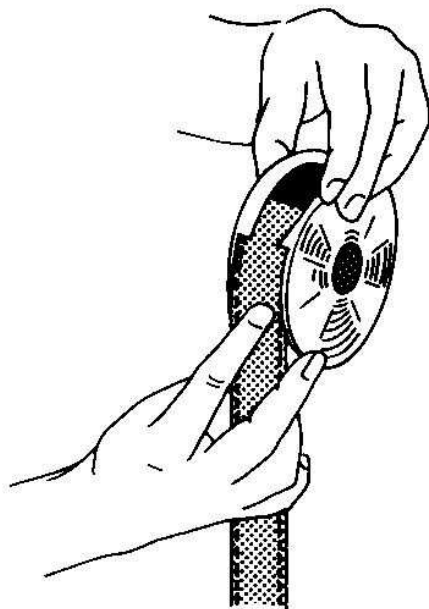
Διάγραμμα 4.12

Εισαγωγή κυλίνδρου τοποθέτησης φιλμ μέσα στο δοχείο JOBO 1520



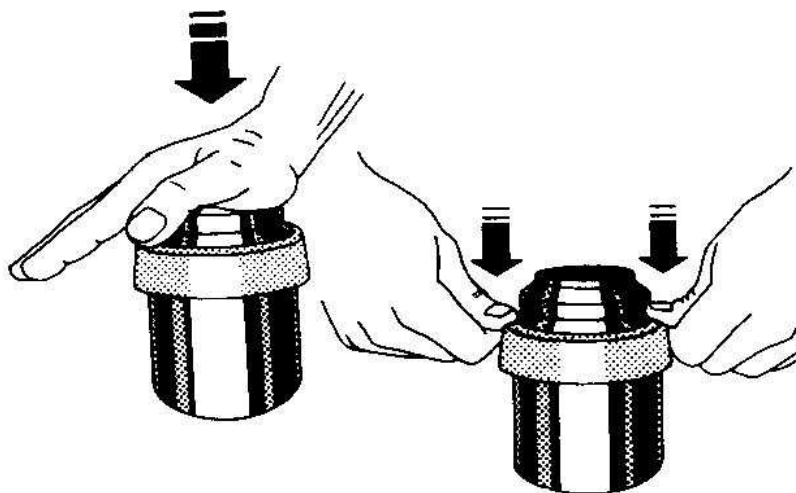
Διάγραμμα 4.13

Αφαίρεση φωτοστεγανού καλύμματος από το δοχείο JOBO 1520 τραβώντας το δαχτυλίδι στεγανοποίησης προς τα πάνω



Διάγραμμα 4.14

Τοποθέτηση του φιλμ πάνω στον κύλινδρο



Διάγραμμα 4.15

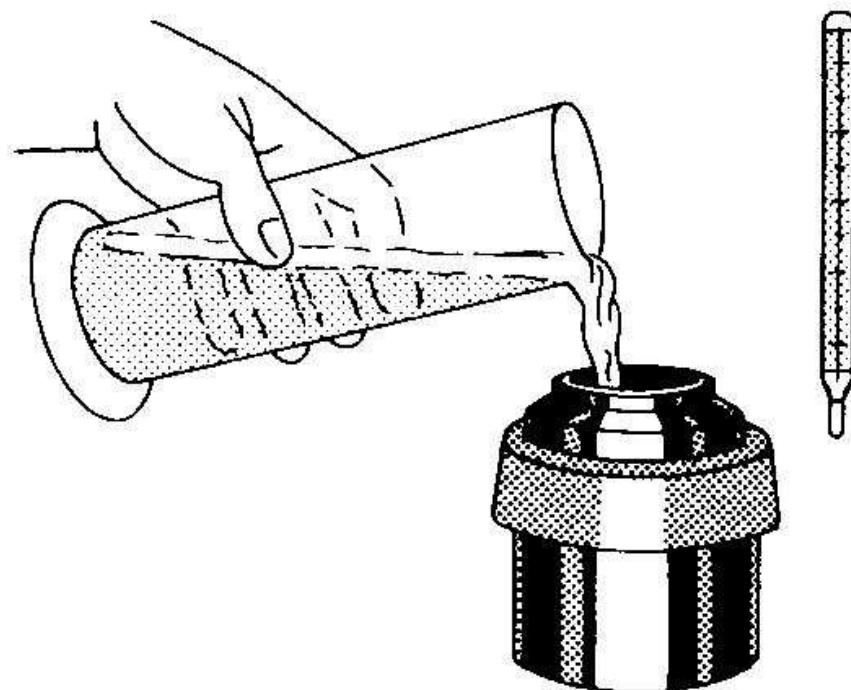
Επανατοποθέτηση του φωτοστεγανού καλύμματος στο δοχείο JOBO 1520, στεγανοποίηση δοχείου πιέζοντας το δαχτυλίδι στεγανοποίησης προς τα κάτω

ENTWICKLUNGSZEITEN-RECHNER

8:00	Standard: 20°C Gamma 0.62 Kipp 1 min
12:30	Berechnete Zeit
Film Kodak TMX 3200	
Entwickler Agfa Rodinal 1+25	
Temperatur <input type="radio"/> 16°C <input type="radio"/> 18°C <input type="radio"/> 20°C <input type="radio"/> 22°C <input checked="" type="radio"/> 24°C <input type="radio"/> 26°C <input type="radio"/> 28°C <input type="radio"/> 30°C	
Gradation <input type="radio"/> G 0.62 (Normal) <input type="radio"/> G 0.70 (Push 1) <input type="radio"/> G 0.55 (Hold 1) <input checked="" type="radio"/> G 0.85 (Push 2) <input type="radio"/> G 0.45 (Hold 2) <input type="radio"/> G 1.00 (Push 3)	
Kipprhythmus <input checked="" type="radio"/> 1min <input type="radio"/> 30sec <input type="radio"/> Rotat. <input type="radio"/> 3sec	

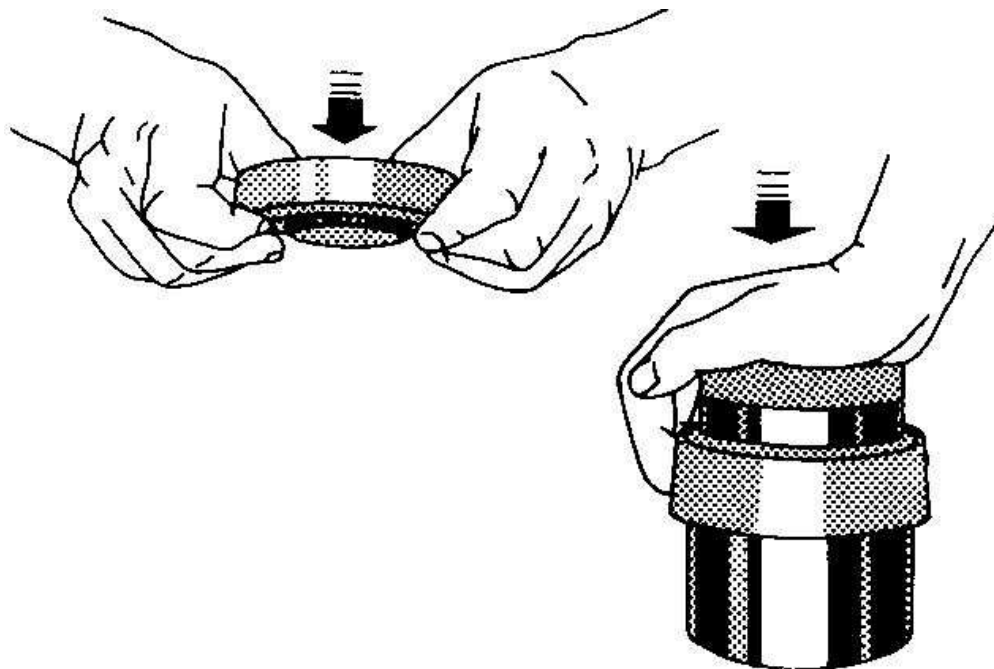
Διάγραμμα 4.16

Διαδραστικός πίνακας υπολογισμού χρόνου εμφάνισης από το διαδίκτυο (http://www.phototec.de/infomag_erechner.php)



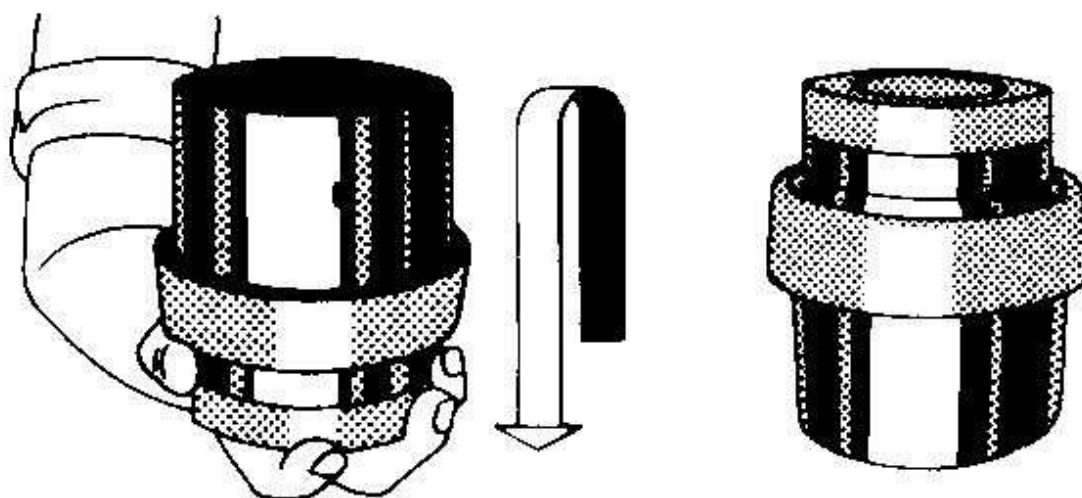
Διάγραμμα 4.17

Πλήρωση δοχείου JOBO 1520 με διάλυμα εμφάνισης



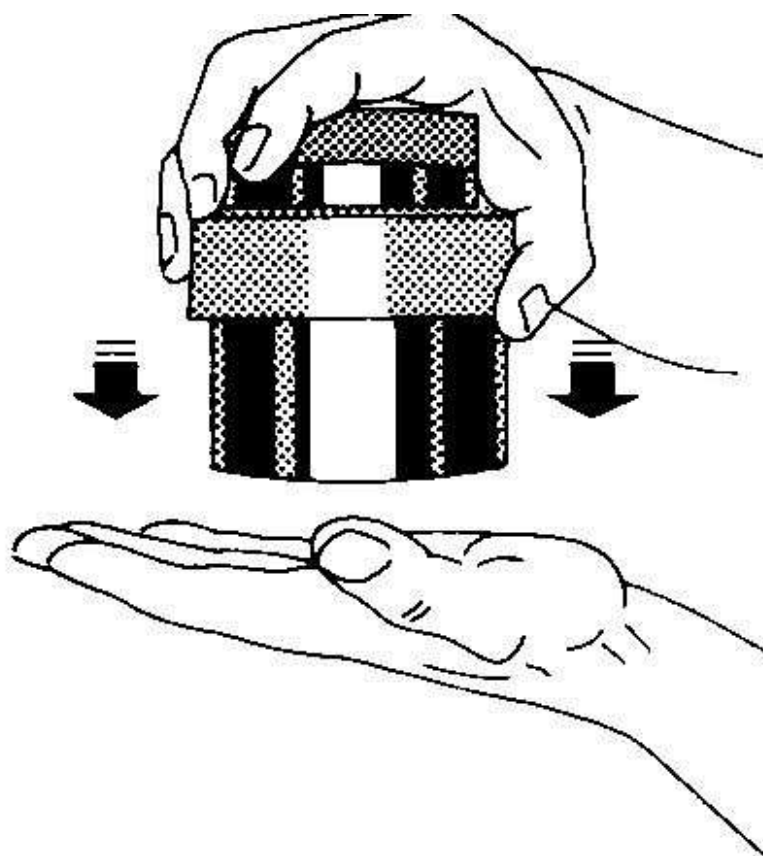
Διάγραμμα 4.18

Στεγάνωση δοχείου JOBO 1520 με το πόμα του



Διάγραμμα 4.19

Ανάδευση δοχείου JOBBO 1520



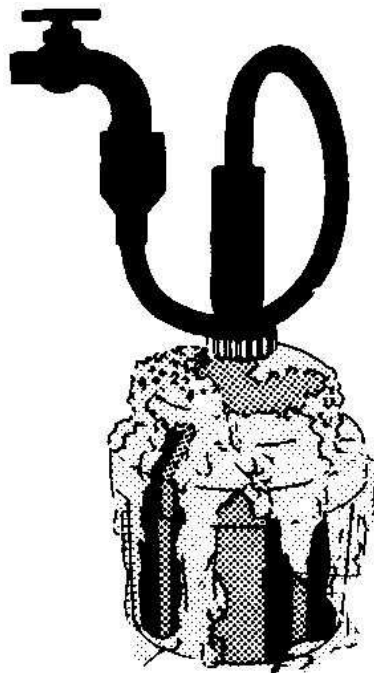
Διάγραμμα 4.20

Χτύπημα του δοχείου JOBBO 1520 για να φύγουν οι φυσαλίδες



Διάγραμμα 4.21

Αποβολή διαλύματος εμφάνισης για φύλαξη



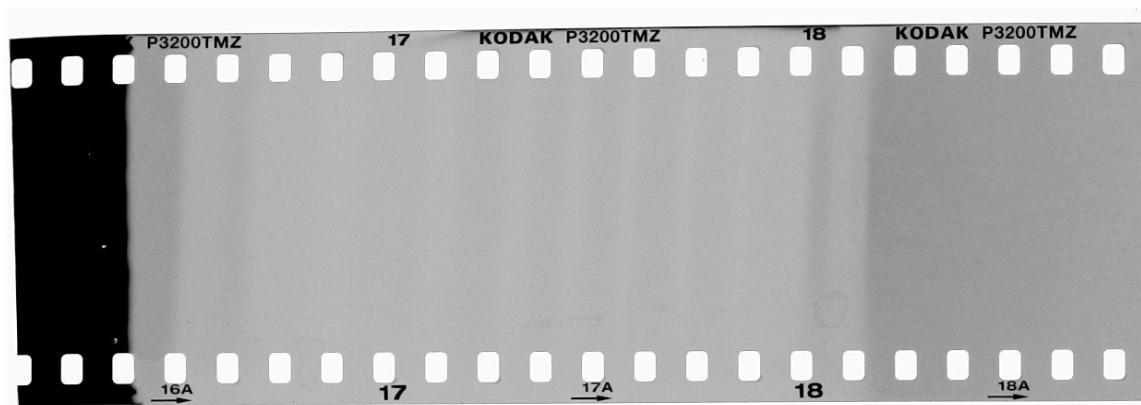
Διάγραμμα 4.22

Πλύση δοχείου JOBO 1520 με άφθονο νερό



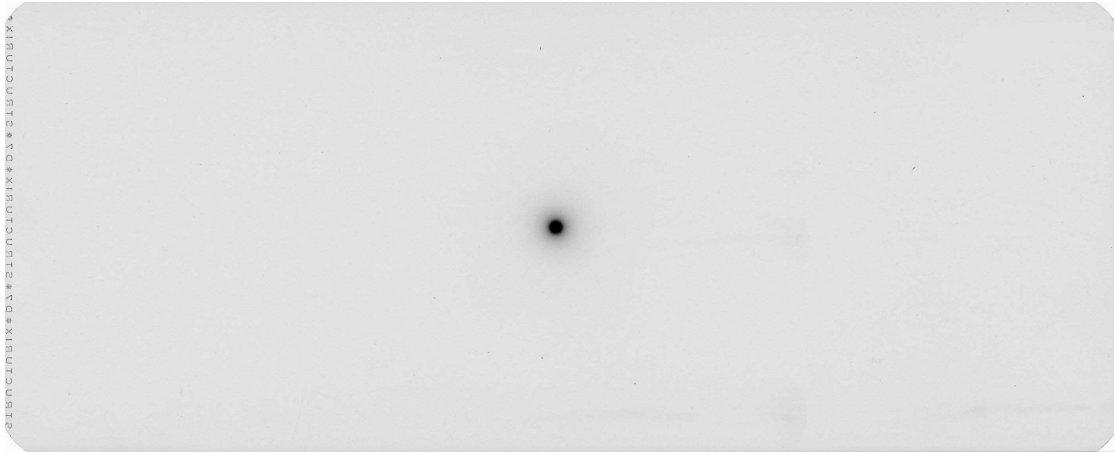
Διάγραμμα 4.23

Διάταξη έκθεσης του φιλμ "20"



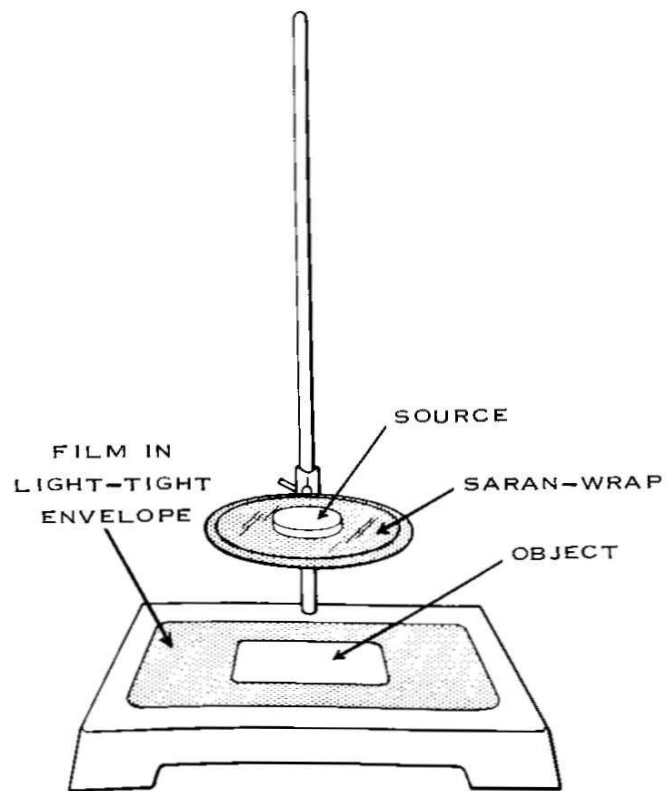
Διάγραμμα 4.24

Φιλμ "20" μετά την εμφάνιση



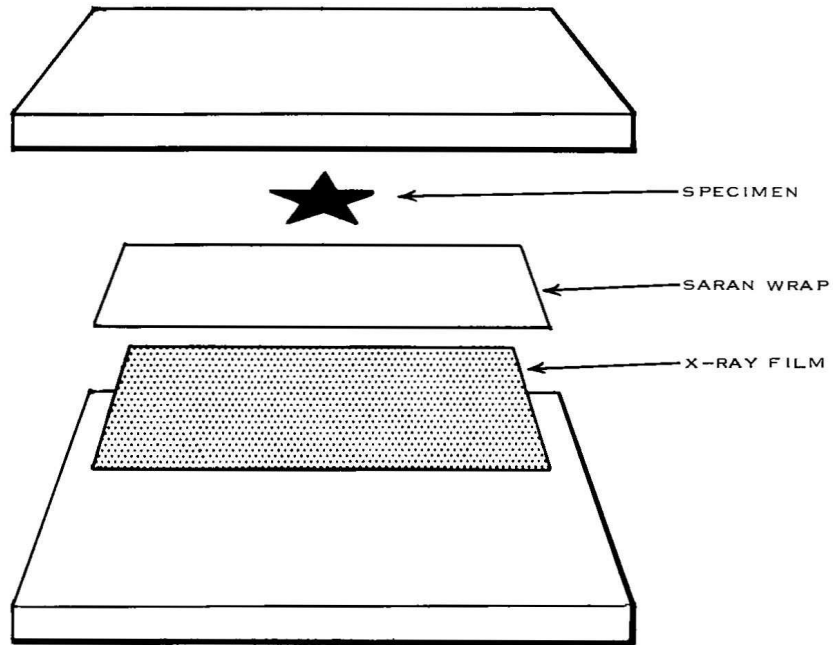
Διάγραμμα 4.25

Φίλμ "24" μετά την εμφάνιση



Διάγραμμα 4.26

Διάταξη ραδιογραφίας



Διάγραμμα 4.27

"Σάντουιτς" αυτοραδιογραφίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΜΑΥΡΩΣΗΣ ΦΙΛΜ

5.1 Εισαγωγή

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η αναγκαιότητα μέτρησης της αμαύρωσης των φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας καθώς και οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να γίνεται η ανάγνωση αυτή. Δίνεται ο ορισμός της οπτικής πυκνότητας που είναι το ποσοτικό μέτρο υπολογισμού της αμαύρωσης, παρουσιάζεται η αρχή μέτρησης και εξετάζονται οι συσκευές οπτικής μέτρησης της αμαύρωσης που είναι διαθέσιμες στην εγκατάσταση βιομηχανικής ραδιογραφίας του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας, καθώς και ο τρόπος λειτουργίας τους. Εξετάζεται επίσης ο τρόπος βαθμονόμησης των συσκευών αυτών. Σε επόμενη ενότητα παρουσιάζεται η αρχή ψηφιακής μέτρησης της αμαύρωσης με τη χρήση σαρωτή. Η παρουσίαση εξειδικεύεται για έναν ειδικό αλλά κατά βάση απλό σαρωτή φωτογραφικού φιλμ για εφαρμογές γραφείου. Δίνεται περιγραφή του σαρωτή και των δυνατοτήτων του, στοιχεία για την εγκατάσταση του αντίστοιχου λογισμικού ελέγχου και οι ρυθμίσεις που απαιτούνται για τη λειτουργία του ως σαρωτή φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας. Επιλέγεται επίσης ο κατάλληλος τύπος αρχείου εικόνας ασπρόμαυρης πληροφορίας, που θα προκύπτει από τη σάρωση, προκειμένου να είναι πρόσφορος για επεξεργασία με απλό λογισμικό. Τέλος εξετάζεται ο τρόπος βαθμονόμησης του σαρωτή ως συσκευή μέτρησης της οπτικής πυκνότητας.

5.2 Μέτρηση αμαύρωσης

5.2.1 Γενικά

Η μέτρηση της αμαύρωσης ενός φιλμ είναι στην ουσία η ποσοτική εκτίμηση της έκτασης που καταλαμβάνουν τα μαύρα σημεία σε μία ορισμένη επιφάνεια φιλμ (δηλαδή η έκταση του φωτοευαίσθητου υλικού που έχει αντιδράσει με φωτόνια) προς την έκταση που καταλαμβάνουν τα λευκά σημεία στην ίδια επιφάνεια (δηλαδή η έκταση του φωτοευαίσθητου υλικού που δεν έχει αντιδράσει με φωτόνια). Η αμαύρωση μπορεί επίσης να εκφράζεται ως το ποσοστό του φωτός που μπορεί να διαπεράσει ένα "μαυρισμένο" φιλμ σε σχέση με το φως που θα το περνούσε αν το φιλμ δεν είχε "μαυρίσει". Με βάση αυτή την έκφραση η αμαύρωση μπορεί να μετράται με τη χρήση:

(α) πηγής φωτός, και

(β) συστήματος φωτοδιόδου - μετρητή

Η γραφική αναπαράσταση ενός τέτοιου συστήματος μέτρησης αμαύρωσης διακρίνεται στο Διάγραμμα 5.1. Η μέτρηση της αμαύρωσης είναι αναγκαία στα φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας ως μέτρο εκτίμησης της ποιότητας της ραδιογραφικής εικόνας για τον υπολογισμό της αντίθεσης του φιλμ και του ραδιογραφούμενου δοκιμίου.

5.2.2 Ορισμός οπτικής πυκνότητας

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται π.χ. στον Θεοδωρόπουλο (2009), η αμαύρωση μιας περιοχής του φιλμ είναι απευθείας ανάλογη με την "οπτική πυκνότητα" (optical density) που δημιουργήσε η ραδιογράφιση. Η οπτική πυκνότητα είναι ένα αδιάστατο ποσοτικό μέτρο των φωτονίων που αλληλεπιδράσαν με το φιλμ και κατά συνέπεια το έχουν αμαυρώσει και υπολογίζεται από την σχέση:

$$D = \log\left(\frac{I'}{I''}\right) \quad (5.1)$$

όπου

D είναι η οπτική πυκνότητα,

I' είναι τα φωτόνια που προσπίπτουν στο φιλμ, και

I'' είναι τα φωτόνια που διαπερνούν το φιλμ χωρίς να αλληλεπιδράσουν με αυτό.

Είναι φανερό ότι επειδή $I' \gg I''$ μόλις πολύ λίγα I'-I'' φωτόνια αλληλεπιδρούν με το φιλμ και δημιουργούν την ραδιογραφική εικόνα.

5.3 Οπτική μέτρηση αμαύρωσης

Όπως είναι γνωστό για την καλύτερη παρατήρηση των φιλμ είτε αυτά είναι φωτογραφικά, είτε ακτινογραφίες είτε βιομηχανικές ραδιογραφίες, χρειάζεται να χρησιμοποιούνται συσκευές που λέγονται διαφανοσκόπια. Το διαφανοσκόπιο (ή film viewer) παρέχει έντονο φωτισμό πίσω από το φιλμ έτσι ώστε να μπορεί κανείς να διακρίνει τη σκιά της εικόνας πάνω σε αυτό σύμφωνα με το σχήμα του Διαγράμματος 5.2. Γενικά τα φωτογραφικά φιλμ και οι ιατρικές ακτινογραφίες μπορούν να παρατηρούνται αν στη θέση του έντονου φωτισμού είναι ο φωτισμός του περιβάλλοντος. Τα φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας όμως, λόγω του ότι

παρουσιάζουν συνήθως μεγάλη αμαύρωση μπορούν να παρατηρούνται μόνο με διαφανοσκόπια των οποίων μάλιστα ο φωτισμός είναι μεγάλης έντασης. Ένα τέτοιο διαφανοσκόπιο που διατίθεται στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας είναι τύπου 4S της εταιρείας κατασκευής KOWOLUX, και διακρίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 5.3. Το διαφανοσκόπιο αυτό έχει ρυθμιζόμενη ισχύ φωτισμού μέχρι 2 kW, λαμπτήρες αλογόνου, ένταση μέχρι 150000 Cd/m², έχει ικανότητα παρατήρησης οπτικής πυκνότητας μέχρι $D = 4.2$ και επιφάνεια παρατήρησης φιλμ 207 x 85 mm. Το εγχειρίδιο Kowotest (βλ. βιβλιογραφία) δίνει τις βασικές οδηγίες χρήσης του διαφανοσκοπίου. Το διαφανοσκόπιο ανάβει από διακόπτη τριών θέσεων (UP-OFF-DOWN) που βρίσκεται στο δεξί πλάγιο τοίχωμα και φωτίζει την επιφάνεια παρατήρησης με τον λεγόμενο "φωτισμό υποβάθρου". Ο φωτισμός αυτός πρέπει να έχει ένταση περίπου ίση με τον φωτισμό του περιβάλλοντος και να είναι πολύ χαμηλότερος από τον φωτισμό παρατήρησης. Αν ο διακόπτης τριών θέσεων βρίσκεται στην πάνω θέση (UP), τότε από το φωτισμό υποβάθρου το διαφανοσκόπιο μεταβαίνει στο φωτισμό παρατήρησης πιέζοντας ένα πλήκτρο που επίσης βρίσκεται στο δεξί πλάγιο τοίχωμα. Αν ο διακόπτης τριών θέσεων βρίσκεται στην κάτω θέση (DOWN), τότε ο φωτισμός παρατήρησης επιτυγχάνεται πιέζοντας ένα ποδοστήριο. Υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης της έντασης του φωτισμού παρατήρησης μέσω ενός ποτενσιόμετρου. Το φιλμ τοποθετείται πάνω στην επιφάνεια παρατήρησης του διαφανοσκοπίου. Όταν ενεργοποιηθεί ο φωτισμός παρατήρησης, όπως στη φωτογραφία του Διαγράμματος 5.4., παρέχεται έντονος φωτισμός πίσω από το φιλμ διευκολύνοντας την παρατήρηση της ραδιογραφικής εικόνας. Για την καλύτερη παρατήρηση των φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας με το διαφανοσκόπιο ο περιβάλλον χώρος καλό είναι να είναι ελαφρά υποφωτισμένος.

Για την οπτική μέτρηση της αμαύρωσης σε ένα φιλμ απαιτούνται:

- (α) διαφανοσκόπιο, το οποίο παίζει το ρόλο της πηγής φωτός και
- (β) κατάλληλος μετρητής αμαύρωσης ή όπως λέγεται μετρητής οπτικής πυκνότητας (densitometer, βλ. και φωτογραφία του Διαγράμματος 5.5 και το σχήμα του Διαγράμματος 5.6), ο οποίος παίζει το ρόλο του συστήματος φωτοδιόδου – μετρητή, σύμφωνα με το Διάγραμμα 5.1.

Το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας διαθέτει μετρητή οπτικής πυκνότητας τύπου Digit-X της εταιρείας κατασκευής Fidgeon Ltd (πρώην Xograph), με τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά:

Περιοχή μέτρησης οπτικής πυκνότητας: 0 – 4D, Ακρίβεια: $\pm 0.05D$,
Διακριτική ικανότητα: 0.01D και επαναληψιμότητα: 0.02D.

Το πιστοποιητικό του μετρητή διακρίνεται στο Διάγραμμα 5.7.

Για τους σκοπούς της βιομηχανικής ραδιογραφίας, ο μετρητής αμαύρωσης δεν απαιτείται να έχει καλή ακρίβεια, είναι απαραίτητο όμως να έχει πολύ καλή επαναληψιμότητα.

Σύμφωνα με το εγχειρίδιο Xograph (βλ. και βιβλιογραφία), για να γίνει η μέτρηση αμαύρωσης σε φιλμ πρέπει να γίνουν τα εξής:

1. Αν δεν υπάρχει μπαταρία τοποθετείται.
2. Με τη χρήση του διακόπτη ON-OFF ξεκινά ο μετρητής και εμφανίζεται κάποια ψηφιακή ένδειξη στην ψηφιακή του οθόνη.
3. Μηδενισμός μετρητή: Η "μύτη" (probe tip) του μετρητή τοποθετείται κάθετα πάνω στην επιφάνεια του διαφανοσκοπίου, χωρίς να υπάρχει ενδιάμεσα φιλμ, ασκώντας ελαφρά πίεση. Το διαφανοσκόπιο πρέπει να είναι αναμμένο στο φως παρατήρησης και ρυθμισμένο στην ένταση με την οποία πρόκειται να μετρηθεί η οπτική πυκνότητα των ραδιογραφιών. Η μύτη απομακρύνεται από το διαφανοσκόπιο και πιέζεται το πλήκτρο μηδενισμού (zeroing button), με αποτέλεσμα η ψηφιακή ένδειξη να γίνει "0.00" (βλ. και το σχήμα του Διαγράμματος 5.8) και με αυτόν τον τρόπο ο μετρητής αμαύρωσης μηδενίζεται για τη συγκεκριμένη διάταξη, δηλαδή τίθεται η ποσότητα φωτός που πρέπει να δέχεται ο μετρητής έτσι ώστε η αμαύρωση να θεωρείται μηδέν.
4. Τοποθετείται το φιλμ πάνω στο διαφανοσκόπιο.
5. Η "μύτη" του μετρητή τοποθετείται κάθετα πάνω στην επιφάνεια του φιλμ στο σημείο για το οποίο πρέπει να βρεθεί η οπτική πυκνότητα, ασκώντας ελαφρά πίεση. Στη συνέχεια η μύτη απομακρύνεται από το φιλμ και καταγράφεται η ψηφιακή ένδειξη της οπτικής πυκνότητας (βλ. και το σχήμα του Διαγράμματος 5.9).

6. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι για να γίνει ορθότερη μέτρηση πρέπει το σημείο που μέτρησης να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στο σημείο του διαφανοσκοπίου που μηδενίστηκε ο μετρητής, επειδή ο φωτισμός του διαφανοσκοπίου μπορεί να μην είναι ίδιας έντασης σε όλα τα σημεία του. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι πρέπει να μετακινηθεί και το φιλμ έτσι ώστε το σημείο ενδιαφέροντος να συμπέσει με το σημείο που μηδενίστηκε ο μετρητής.
7. Συνιστάται ο μηδενισμός του μετρητή να γίνεται κάθε 2 περίπου λεπτά.

5.4 Βαθμονόμηση οπτικής μέτρησης αμαύρωσης

Για να γίνει η βαθμονόμηση του μετρητή αμαύρωσης χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο φιλμ που φαίνεται στο Διάγραμμα 5.10. Αυτό είναι ένα φιλμ με 15 διαβαθμίσεις του γκρι κάθε μία από τις οποίες έχει πιστοποιημένη οπτική πυκνότητα σύμφωνα με τον Πίνακα 5.1. Το πρότυπο αυτό φιλμ είναι τύπου STRUCTURIX CERTIFIED DENSTEP της εταιρείας κατασκευής GE Inspection Technologies. Το πιστοποιητικό του διακρίνεται στο Διάγραμμα 5.11 και οι τιμές της οπτικής πυκνότητάς του επαληθεύονται με βάση αντίστοιχο φιλμ αναφοράς του NIST (2004). Σκοπός της βαθμονόμησης είναι να βρεθεί η συσχέτιση της πρότυπης οπτικής πυκνότητας με την οπτική πυκνότητα που μετράει ο μετρητής. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορεί κανείς ξέροντας την οπτική πυκνότητα που έχει μετρήσει ο μετρητής για ένα συγκεκριμένο σημείο του φιλμ, να προσδιορίσει την πραγματική οπτική πυκνότητα του σημείου αυτού.

Για να πραγματοποιηθεί η βαθμονόμηση, λήφθηκε μια σειρά μετρήσεων στο πρότυπο φιλμ με τη διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω. Συγκεκριμένα μετρήθηκε η αμαύρωση της κάθε μίας από τις 15 διαβαθμίσεις του γκρι στο πρότυπο φιλμ 10 φορές για να προκύψουν πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Στη συνέχεια λήφθηκε ο μέσος όρος των 10 τιμών της αμαύρωσης για την κάθε διαβάθμιση. Οι πρότυπες τιμές για την κάθε διαβάθμιση καθώς και οι μετρήσεις που λήφθηκαν και ο μέσος όρος τους φαίνονται στον Πίνακα 5.2. Στη συνέχεια με τη βοήθεια του λογισμικού OriginPro 8 SR0 έγινε συσχέτιση του μέσου όρου των τιμών που μετρήθηκαν με τις πρότυπες τιμές και προέκυψε η καμπύλη του Διαγράμματος 5.12. Παρατηρώντας το Διάγραμμα προκύπτει ότι:

- (α) η συσχέτιση είναι γραμμική,
- (β) η ευθεία προσαρμογής διέρχεται από το σημείο (0,0), και

(γ) η κλίση της ευθείας είναι 45°

Επομένως, ο συντελεστής μετατροπής της μέτρησης σε οπτική πυκνότητα με αυτόν τον μετρητή είναι "1".

5.5 Ψηφιακή μέτρηση αμαύρωσης

5.5.1 Γενικά

Η λογική της οπτικής μέτρησης, που περιγράφηκε παραπάνω μπορεί να εφαρμοσθεί και για την ψηφιακή μέτρηση της αμαύρωσης, η οποία μπορεί να γίνεται με τη χρήση ειδικού επίπεδου "σαρωτή" (scanner). Όταν το φιλμ σαρώνεται μέσα σε κατάλληλη συσκευή επίπεδης σάρωσης, ο μετακινούμενος ανιχνευτής εικόνας παίζει το ρόλο του "ματιού" του Διαγράμματος 5.2, ή ισοδύναμα το ρόλο του μετρητή αμαύρωσης. Πίσω από το φιλμ που σαρώνεται χρειάζεται να υπάρχει έντονος οπίσθιος φωτισμός (όπως το φως παρατήρησης του διαφανοσκοπίου) ώστε ο ανιχνευτής να μπορέσει να διακρίνει την εικόνα του φιλμ. Ο φωτισμός αυτός παρέχεται από λαμπτήρα που κινείται παράλληλα με τον ανιχνευτή εικόνας. Το αποτέλεσμα της σάρωσης είναι ένα αρχείο ψηφιακής εικόνας. Μία τέτοια ειδική συσκευή σάρωσης είναι π.χ. ο σαρωτής HP Scanjet G4050. Σημειώνεται ότι σε αρκετές περιπτώσεις και ειδικά για φιλμ τα οποία δεν παρουσιάζουν μεγάλη αμαύρωση η σάρωση μπορεί να γίνεται και με σαρωτές χωρίς οπίσθιο φωτισμό. Για παράδειγμα η συμβατική συσκευή σάρωσης HP Scanjet 5300C χρησιμοποιήθηκε από τον Kerkaroly (2005), για τους σκοπούς σάρωσης φιλμ αυτοραδιογραφίας μικρής οπτικής πυκνότητας στην πρωτότυπη εργασία του, η οποία αναφέρθηκε και στο 3^ο Κεφάλαιο.

5.5.2 Περιγραφή σαρωτή HP Scanjet G4050

Ο HP Scanjet G4050 είναι ένας επίπεδος σαρωτής ημιαπαγγελματικής χρήσης, που μπορεί κανείς να προμηθευτεί σχετικά οικονομικά (< 200 Ευρώ, 2009) από το εμπόριο. Είναι κατάλληλος για σάρωση εγγράφων, φωτογραφιών, διαφανειών και φιλμ. Διακρίνεται στην φωτογραφία του Διαγράμματος 5.13. Έχει μέγιστη ανάλυση σάρωσης έως 4800 x 9600 dpi. Το πεδίο σάρωσης του είναι διαστάσεων 21.6 x 31.1 cm. Διαθέτει οπίσθιο φωτισμό που μπορεί να καλύψει όλο το πεδίο σάρωσης διότι κινείται παράλληλα με τον ανιχνευτή εικόνας (βλ. και την φωτογραφία του Διαγράμματος 5.14). Σε ασπρόμαυρη σάρωση διαθέτει 256 επίπεδα του γκρι (από 0 εντελώς μαύρο έως 255 εντελώς λευκό – ανάλυση βάθους γκρι 8 bit). Ο σαρωτής αυτός είναι κατάλληλος και για έγχρωμη σάρωση αλλά τα χαρακτηριστικά αυτά δεν

αφορούν την παρούσα Διπλωματική Εργασία, εφόσον εδώ εξετάζεται μόνο σάρωση ασπρόμαυρου φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας. Πρέπει να σημειωθεί ότι στον HP Scanjet G4050 μπορεί να πραγματοποιηθεί σμίκρυνση του αποτελέσματος της σάρωσης στην κλίμακα 10 έως και 100% και μεγέθυνση του αποτελέσματος της σάρωσης στην κλίμακα από 100 έως 2.400% σε βήματα του 1%. Ο σαρωτής συνδέεται με υπολογιστή μέσω θύρας USB 2.0. Η σάρωση γίνεται φυσικά με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού που διατίθεται σε CD-ROM, σε λειτουργικό σύστημα MS Windows XP και υπολογιστή PC συμβατό. Δυστυχώς η εγκατάσταση του λογισμικού παρουσιάζει τα εξής προβλήματα συμβατότητας με τα ελληνικά σε περιβάλλον MS Windows XP Professional English, που χρησιμοποιείται στον Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας ΕΜΠ:

1) Αν οι ρυθμίσεις του H/Y είναι

Start > Settings > Control Panel > Regional and Language Options > Regional Options > Standards and Formats > English (United States)& Location > United States, τότε το λογισμικό εγκαθίσταται στα Αγγλικά και παρουσιάζει μικρές ασυμβατότητες με τη χρήση τυχόν ελληνικών χαρακτήρων σε αρχεία ή ορισμένες επιλογές ρυθμίσεων.

2) Αν οι ρυθμίσεις του H/Y είναι

Start > Settings > Control Panel > Regional and Language Options > Regional Options > Standards and Formats > Greek & Location > Greece, τότε το λογισμικό εγκαθίσταται στα Ελληνικά και παρουσιάζει μικρές ασυμβατότητες με τη χρήση τυχόν ελληνικών χαρακτήρων σε αρχεία ή ορισμένες επιλογές ρυθμίσεων.

3) Αν οι ρυθμίσεις του H/Y είναι

Start > Settings > Control Panel > Regional and Language Options > Regional Options > Standards and Formats > English (United States) & Location > Greece, τότε το λογισμικό εγκαθίσταται στα Ελληνικά και παρουσιάζει μεγάλες ασυμβατότητες με τη χρήση τυχόν ελληνικών χαρακτήρων σε αρχεία ή στις επιλογές ρυθμίσεων.

Οι ρυθμίσεις "3" είναι παρόλαυτά εκείνες που προτιμούνται στους H/Y του Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας που εργάζονται σε περιβάλλον Λειτουργικού Συστήματος MS Windows XP Professional English. Επομένως για την καλύτερη και την

εξυπηρετικότερη λειτουργία του λογισμικού, αυτό εγκαθίσταται με τις ρυθμίσεις "1", και μπορεί από εκεί και μετά να εφαρμόζεται με τις ρυθμίσεις "3". Για εγκατάσταση χωρίς προβλήματα ακολουθούνται οι οδηγίες του εγχειριδίου εγκατάστασης. Επιπλέον επισημαίνεται ότι κατά την εγκατάσταση πρέπει να απενεργοποιηθούν τα αντικείμενα προγράμματα και να επιλεγεί η "μη αυτόματη ενημέρωση" για να αποφευχθεί η αυτόματη διαδικτυακή αναβάθμιση του λογισμικού σε έκδοση που δεν είναι συμβατή με το Λειτουργικό Σύστημα. Επίσης προτείνεται να γίνει "προσαρμοσμένη" (custom) εγκατάσταση, ώστε να εγκατασταθεί και το προαιρετικό τμήμα του λογισμικού "HP Photosmart Essential". Σε περίπτωση που είναι αναγκαία η απεγκατάσταση και η επανεγκατάσταση του λογισμικού προτείνεται να ακολουθείται με προσοχή η διαδικασία που δίνεται από το σύνδεσμο του ιστολογίου:

<http://hpanswers.blogspot.com/2007/12/no-hp-devices-detected-hp-solution.html>

Το περιεχόμενο του συνδέσμου αυτού υπάρχει στο Παράρτημα αυτής της Διπλωματικής Εργασίας. Για την ορθή απεγκατάσταση και επανεγκατάσταση πρέπει να μελετηθούν πρώτα καλά αυτές οι οδηγίες και να ληφθούν υπόψιν και οι εξής δύο παρατηρήσεις: (i) το αναφερόμενο εκτελέσιμο "isintallpending.exe" υπάρχει και στο CD-ROM του λογισμικού και (ii) αν το μέρος του λογισμικού "HP Scanjet G4000 8.0" δεν απεγκαθίσταται παρόλη την προσεκτική εφαρμογή των οδηγιών, μπορεί κανείς να το απεγκαταστήσει με χρήση του ελεύθερου λογισμικού RevoUninstaller.

Η χρήση του λογισμικού είναι εύκολη και γίνεται με παρόμοιο τρόπο όπως σε ένα σαρωτή οικιακής χρήσης. Ειδικά για τη σάρωση φιλμ η διαδικασία είναι η εξής:

(α) Ανοίγεται ο σαρωτής και απομακρύνεται το κάλυμμα του οπίσθιου φωτισμού. (βλ. και φωτογραφία στο Διάγραμμα 5.15), προκειμένου να αποκαλυφθεί το σύστημα του έντονου οπίσθιου φωτισμού,

(β) Τοποθετείται το φιλμ μέσα στο πεδίο σάρωσης (βλ. και φωτογραφία στο Διάγραμμα 5.16), και

(γ) Κλείνεται ο σαρωτής και πραγματοποιείται η σάρωση.

5.5.3 Οδηγός από Plexiglas για φιλμ AFGA D7 PB 10x24cm

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το πεδίο σάρωσης του σαρωτή είναι διαστάσεων 21.6 x 31.1 cm. Τα φιλμ που σαρώνονται είναι κατά κανόνα μικρότερων διαστάσεων από τις διαστάσεις του πεδίου σάρωσης (π.χ οι διαστάσεις του φιλμ βιομηχανικής

ραδιογραφίας AFGA D7 PB είναι 10x24cm, ενώ οι διαστάσεις ενός slide φωτογραφικής μηχανής είναι μόλις 35x 35mm). Αυτό σημαίνει ότι όταν χρειάζεται να σαρωθούν σειριακά περισσότερα από ένα φιλμ, στην ίδια θέση του πεδίου σάρωσης ώστε οι ψηφιακές τους συντεταγμένες να είναι πάντοτε οι ίδιες, χρειάζεται ένας μηχανισμός ακριβούς τοποθέτησης των φιλμ. Ο σαρωτής HP Scanjet G4050 διαθέτει πλαίσια για τη σταθεροποίηση θέσης φιλμ διαφόρων τυποποιημένων φωτογραφικών διαστάσεων αλλά όχι για τη σταθεροποίηση φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας AFGA D7 PB διαστάσεων 10x24cm που χρησιμοποιείται, όπως αναφέρθηκε, στην εγκατάσταση βιομηχανικής ραδιογραφίας του Εργαστηρίου. Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα κατασκευάστηκε ένα πλαίσιο από μαύρο Plexiglas το σχήμα και οι διαστάσεις του οποίου διακρίνονται στο σχέδιο του Διαγράμματος 5.17 ώστε τα φιλμ AFGA D7 PB να τοποθετούνται πάντα στην ίδια θέση του πεδίου σάρωσης, όπως στη φωτογραφία του Διαγράμματος 5.18. Το πλαίσιο αυτό έχει πάχος 3 mm. Επιλέχθηκε να είναι χρώματος μαύρου (όπως και τα υπόλοιπα πλαίσια που διατίθενται μαζί με τον σαρωτή από την HP προκειμένου να χρησιμοποιούνται για αντίστοιχες σταθεροποιήσεις θέσης απλών φωτογραφικών φιλμ) ώστε γενικά να παρέχει υψηλή αντίθεση σε σχέση με τα φιλμ που σαρώνονται, και να μην επιτρέπει σε φως από τον ανιχνευτή εικόνας ή από τον λαμπτήρα έντονου οπίσθιου φωτισμού να διαχέεται προς την επιφάνεια του φιλμ που σαρώνεται και να αλλοιώνει την εικόνα που ψηφιοποιείται. Στο πάνω μέρος του πλαισίου υπάρχει οπή διαστάσεων 204 x 10 mm που είναι διαμόρφωση - οδηγός η οποία επιτρέπει την ενεργοποίηση του λαμπτήρα έντονου οπίσθιου φωτισμού. Τα πλαίσια σταθεροποίησης της θέσης των φιλμ εξασφαλίζουν επίσης ότι η σάρωση θα γίνεται χωρίς απόκλιση στην παραγόμενη εικόνα από το φιλμ που να οφείλεται στην θέση που αυτό βρίσκεται μέσα στο πεδίο σάρωσης. Τέτοιες αποκλίσεις μπορεί να οφείλονται σε ανομοιογένειες του οπίσθιου φωτισμού.

5.5.4 Ρυθμίσεις σαρωτή

Αφού πραγματοποιήθηκαν δοκιμαστικές σαρώσεις φιλμ βιομηχανικού τύπου έγινε φανερό ότι προκειμένου να ληφθεί μια "καλή" εικόνα μετά τη σάρωση για φιλμ με σχετικά χαμηλή οπτική πυκνότητα (μέχρι το πολύ 2.0) έπρεπε να εφαρμοστούν οι εξής ρυθμίσεις:

Scan type = scan positives

File type = jpg

Resolution = 300 ή 600 ppi (Pixels Per Inch)

Colors = 256 Grayscale

Scaling = 100%

5.5.5 Διαδικασία σάρωσης με τις ρυθμίσεις § 5.5.4

Η διαδικασία σάρωσης σε παραθυρικό περιβάλλον έχει συνοπτικά ως εξής:

Desktop > HP Solution Center > Scan Film > Scan positives (Στο σημείο αυτό ρυθμίζεται File Type jpg) > Scan Picture Settings [Στο σημείο αυτό εισάγονται οι ρυθμίσεις Resolution = 300 ή 600 ppi, Colors = 256 Gray Shades (Grayscale), Default Scaling for Positives and Negatives = 100%] > OK > Scan > Στο σημείο αυτό γίνεται μία προεπισκόπηση (preview) της προς σάρωση εικόνας, και μπορεί να ξαναρυθμισθεί η επιφάνεια που θα σαρωθεί τελικά με κατάλληλες επιλογές με τη βοήθεια του ποντικιού() > Accept > Στο σημείο αυτό –AN ΔEN EXEI ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΘΕΙ- ανοίγει το υπομενού "scanning smart friend", στο οποίο επιλέγεται "No. Scan with 100% scaling (current setting)" > OK.*

(*) Αν για κάποιο λόγο χρησιμοποιείται το υπομενού Auto Correct Photos και σαρώνονται φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας, δεν πρέπει ΠΟΤΕ να ενεργοποιείται η επιλογή Perform Dust & Scratch Removal. Η επιλογή αυτή είναι δυνατόν να αφαιρέσει πολύτιμες πληροφορίες ατελειών των ραδιογραφούμενων αντικειμένων, όπως π.χ. μικρές ρωγμές και πόρους.

Η εικόνα που προκύπτει "σώνεται" αυτόματα στο φάκελλο "My Documents > My Scans > yyyy-mm(MHN)", όπου yyyy το έτος, mm ο αριθμός του μήνα, MHN τα τρία πρώτα γράμματα του μήνα, σε αρχείο με όνομα "scanxxxx.jpg", όπου xxxx σειριακός αριθμός από 0001 έως 9999.

5.5.6 Επιλογή αρχείου εικόνας κατάλληλου τύπου

Εφόσον ο σαρωτής έχει εύρος κλίμακας του γκρι 0-255, σημαίνει ότι η ασπρόμαυρη εικόνα που προκύπτει μετά τη σάρωση θα έχει κλιμακωθεί με βάση αυτό το διαχωρισμό. Δηλαδή κάθε ένα pixel του αποτελέσματος της σάρωσης θα χαρακτηρίζεται από έναν αριθμό από το 0 έως το 255 ανάλογα με το πόσο μαύρο είναι (υπενθυμίζεται ότι το 0 αντιστοιχεί στο εντελώς μαύρο και το 255 στο εντελώς

λευκό). Για την ψηφιακή επεξεργασία του αποτελέσματος της σάρωσης αρκεί να είναι δυνατόν να "διαβαστεί" αυτή η πληροφορία για την κλίμακα του γκρι για κάθε pixel της ψηφιακής εικόνας που προκύπτει από τη σάρωση του φιλμ. Για ευκολότερη ανάγνωση θα ήταν πολύ βολικό η πληροφορία αυτή να βρίσκονταν μέσα στο αρχείο εικόνας σε ASCII μορφή.

Για τον σαρωτή HP Scanjet G4050 οι εικόνες από τις σαρώσεις των φιλμ αποθηκεύονται σε jpg αρχεία, όπως αναφέρθηκε σύμφωνα με τις ρυθμίσεις του προγράμματος οδήγησης του σαρωτή. Ο συγκεκριμένος τύπος αρχείου είναι μια μορφή εικόνας συμπιεσμένης μορφής με δυαδική κωδικοποίηση (binary). Αυτό σημαίνει ότι θα ήταν δύσκολο να προσπαθήσει κανείς να "διαβάσει" τις κλίμακες του γκρι από ένα τέτοιου είδους αρχείο χωρίς ειδικό λογισμικό. Επομένως για να αναλυθούν τα αρχεία αυτά ως προς την κλίμακα του γκρι ανά pixel, είναι πιο βολικό να μετατραπούν σε αρχεία εικόνας με κωδικοποίηση ASCII (π.χ. σε ένα αρχείο txt). Για την μετατροπή αυτή στα πλαίσια της Διπλωματικής Εργασίας χρησιμοποιήθηκε το ελεύθερο λογισμικό irfanview που μπορεί μεταξύ άλλων να μετατρέπει τα αρχεία jpg σε άλλους τύπους αρχείων εικόνας. Το λογισμικό αυτό είναι κατάλληλο για περιβάλλον Λειτουργικού Συστήματος MS Windows XP και δίνει τη δυνατότητα μετατροπής των jpg αρχείων και στους τύπους αρχείων που είναι κωδικοποιημένα σε μορφή ASCII, δηλαδή στα τύπου: pbm, pgm, ppm και png. Από αυτά, τα αρχεία τύπου pbm υποστηρίζουν μόνο άσπρα ή μαύρα pixel οπότε δεν είναι κατάλληλα. Τα αρχεία τύπου ppm και png υποστηρίζουν τα χρώματα RGB και τους συνδυασμούς τους συνεπώς αυτά είναι μεν κατάλληλα αλλά δεν είναι αρκετά απλά στην ASCII κωδικοποίησή τους διότι περιέχουν και πληροφορίες χρώματος οι οποίες περιττεύουν για την εδώ περίπτωση. Τα αρχεία τύπου pgm υποστηρίζουν μόνο την κλίμακα του γκρι και είναι σχετικά απλά στην ASCII κωδικοποίησή τους. Επομένως επιλέχθηκε η μετατροπή των jpg αρχείων που παράγονται από τον σαρωτή να γίνεται στη μορφή pgm. Για την περιγραφή της ASCII κωδικοποίησης των αρχείων της μορφής pbm, pgm, ppm μπορεί κανείς να μελετήσει και το σύνδεσμο του διαδικτύου: http://en.wikipedia.org/wiki/Netpbm_format.

Μία εικόνα που μπορεί να κωδικοποιηθεί κατά pgm φαίνεται στο Διάγραμμα 5.19. Το ASCII αρχείο που μπορεί να περιγράψει την εικόνα αυτή φαίνεται στο Διάγραμμα 5.20. Στην πρώτη γραμμή (record) διακρίνεται ο τίτλος του αρχείου. Στην επόμενη γραμμή, διακρίνεται η ανάλυση της εικόνας σε pixel (στο συγκεκριμένο παράδειγμα

Πλάτος24xΥψος7) και αμέσως από κάτω το μέγιστο "βάθος" του γκρι στην εικόνα (στο συγκεκριμένο παράδειγμα 15, δηλαδή κλίμακα από 0 λευκό έως 15 μαύρο). Τέλος, ακολουθεί ένας πίνακας με αριθμούς 24 στηλών και 7 γραμμών, του οποίου το κάθε στοιχείο αντιπροσωπεύει το αντίστοιχο pixel της εικόνας και η τιμή του κάθε ενός στοιχείου αντιπροσωπεύει το επίπεδο του γκρι που έχει το συγκεκριμένο pixel. Το αρχείο αυτό μπορεί να διαβάζεται τόσο από τα κυριότερα λογισμικά επεξεργασίας εικόνας, ελεύθερα (όπως π.χ. το ifanview και το ImageMagick) ή εμπορικά, όσο και από απλά λογισμικά επεξεργασίας ASCII κειμένου όπως το Notepad, το Wordpad κλπ. Σημειώνεται ότι για τις τιμές του βάθους γκρι των pixel της εικόνας ο διαχωρισμός του αρχείου rgm σε records (γραμμές) και η τήρηση μορφής πίνακα δεν είναι απαραίτητος. Ισοδύναμη είναι και η μορφή του αρχείου στην οποία οι τιμές αυτών των πληροφοριών είναι απλά διαδοχικές και χωρίζονται από κενά. Εξαιρείται η περίπτωση που το αρχείο πρέπει να περιέχει κείμενο σχολίων. Τα σχόλια πρέπει να τοποθετούνται γενικά σε δικά τους record (γραμμές) εκτός του πρώτου που οπωσδήποτε πρέπει να είναι το όνομα της εικόνας. Οι γραμμές σχολίων πρέπει να έχουν 1^ο χαρακτήρα "#".

Για να εξακριβωθεί κατά πόσο κατανοήθηκε το πώς λειτουργεί αυτή η δομή επιχειρήθηκε η αναπαραγωγή της εικόνας του Διαγράμματος 5.21 με την κωδικοποίηση ASCII της μορφής rgm. Το Διάγραμμα 5.21 απεικονίζει τέσσερα τετράγωνα παραταγμένα 2στήλεςx2γραμμές με το πάνω αριστερά τετράγωνο μαύρο, το κάτω δεξιά λευκό και τα άλλα δύο γκρι. Αυτή η εικόνα έπρεπε να είναι 26x26 pixels. Αρχικά κατασκευάστηκε ένα αρχείο txt, όπως φαίνεται στην εικόνα του Διαγράμματος 5.22, το οποίο περιείχε την κωδικοποίηση ASCII της εικόνας αυτής στη μορφή rgm. Στη συνέχεια η κατάληξη του αρχείου txt αλλάχθηκε σε rgm και με τη βοήθεια του λογισμικού ifanview διαβάστηκε το αρχείο. Η εικόνα που παρουσίασε δεν διέφερε από τη ζητούμενη του Διαγράμματος 5.21

5.5.7 Ψηφιακή μέτρηση αμαύρωσης

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, η ψηφιακή μέτρηση της αμαύρωσης σε μία θέση του φιλμ μπορεί να γίνει με τα ακόλουθα βήματα

(α) σάρωση με τις κατάλληλες ρυθμίσεις, (β) αποθήκευση της προκύπτουσας ψηφιακής εικόνας σε αρχείο μορφής jpg, (γ) μετατροπή του αρχείου jpg σε αρχείο μορφής rgm με ASCII κωδικοποίηση και τέλος (δ) ανάγνωση του βάθους του γκρι

των pixel που αντιστοιχούν στη θέση του φιλμ που ενδιαφέρει μέσω κατάλληλου απλού προγράμματος σε οποιαδήποτε γλώσσα.

5.6 Βαθμονόμηση σαρωτή

5.6.1 Γενικά

Σκοπός της βαθμονόμησης ενός σαρωτή είναι να παραχθεί μια συσχέτιση πρότυπης οπτικής πυκνότητας με το επίπεδο του γκρι που θα "διαβάζει" ο σαρωτής (για την περίπτωση του σαρωτή HP Scanjet G4050 στην περιοχή 0-255). Με αυτόν τον τρόπο θα μπορεί κανείς ξέροντας το επίπεδο του γκρι που έχει "διαβάσει" ο σαρωτής για ένα συγκεκριμένου pixel του σαρωμένου φιλμ, να προσδιορίσει την πραγματική οπτική πυκνότητα της περιοχής του φιλμ που αντιστοιχεί στο pixel αυτό.

5.6.2 Βαθμονόμηση σαρωτή HP Scanjet G4050

Για να γίνει η βαθμονόμηση του σαρωτή HP Scanjet G4050 χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο φιλμ STRUCTURIX CERTIFIED DENSTEP. Μετά από δοκιμές έγινε φανερό ότι προκειμένου να ληφθεί μια "καλή" εικόνα μετά τη σάρωση, η οποία να αποδίδει κατά το δυνατόν και τις υψηλές οπτικές πυκνότητες του πρότυπου φιλμ έπρεπε να εφαρμοστούν διαφορετικές ρυθμίσεις από εκείνες των παραγράφων 5.5.4 και 5.5.5 στο πρόγραμμα οδήγησης του σαρωτή. Αποφασίστηκε επομένως ότι οι επιπλέον ρυθμίσεις στο πρόγραμμα οδήγησης του σαρωτή για τη σάρωση φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας με οπτικές πυκνότητες μέχρι το πολύ 3.5 πρέπει να είναι οι εξής:

Adaptive Lightning = 10

Highlights = 20

Shadows = 0

Midtones = 100

Gamma = 4

Οι ρυθμίσεις αυτές εισάγονται στη διαδικασία σάρωσης που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 5.5.5 στα σημεία που φαίνονται υπογραμμισμένα πιο κάτω

Desktop > HP Solution Center > Scan Film > Scan positives (Στο σημείο αυτό ρυθμίζεται File Type jpg) > Scan Picture Settings [Στο σημείο αυτό εισάγονται οι ρυθμίσεις Resolution = 300 ή 600 ppi, Colors = 256 Gray Shades

(Grayscale), Default Scaling for Positives and Negatives = 100%] > OK > Scan > Στο σημείο αυτό γίνεται μία προεπισκόπηση (preview) της προς σάρωση εικόνας, και (α) μπορεί να ξαναρυθμισθεί η επιφάνεια που θα σαρωθεί τελικά με κατάλληλες επιλογές με τη βοήθεια του ποντικιού, (β) μπορούν να εισαχθούν οι κατάλληλες ρυθμίσεις για τη σάρωση φιλμ σχετικά μεγαλύτερης οπτικής πυκνότητας ως εξής:

- Υπομενού Auto Correct Photos > Adaptive Lighting 10
- Υπομενού Lighten / Darken > Highlights = 20, Shadows = 0, Midtones = 100 > Advanced > Gamma = 4

> Accept > Στο σημείο αυτό -AN ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΘΕΙ- ανοίγει το υπομενού "scanning smart friend", στο οποίο επιλέγεται "No. Scan with 100% scaling (current setting)" > OK.

Τονίζεται και πάλι ότι αν χρησιμοποιείται το υπομενού Auto Correct Photos και σαρώνονται φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας, δεν πρέπει ΠΟΤΕ να ενεργοποιείται η επιλογή Perform Dust & Scratch Removal. Η επιλογή αυτή είναι δυνατόν να αφαιρέσει πολύτιμες πληροφορίες ατελειών των ραδιογραφούμενων αντικειμένων, όπως π.χ. μικρές ρωγμές και πόρους.

Το πρότυπο αυτό φιλμ σαρώθηκε με τις ρυθμίσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω και η εικόνα σώθηκε σε μορφή jpg. Στη συνέχεια με τη βοήθεια του λογισμικού irfanview, το αρχείο της εικόνας αυτής μετατράπηκε σε μορφή pgm με κωδικοποίηση ASCII. Το αρχείο που προέκυψε περιέχει όλες τις πληροφορίες βάθους του γκρι της εικόνας της σάρωσης για το συγκεκριμένο φιλμ. Επομένως περιέχει το βάθος του γκρι για κάθε μία από τις 15 περιοχές διαφορετικής οπτικής πυκνότητας του πρότυπου φιλμ. Με κατάλληλο πρόγραμμα σε γλώσσα FORTRAN¹ υπολογίσθηκε το κατά μέσο όρο βάθος του γκρι και για τις 15 περιοχές. Για τις τρεις τελευταίες περιοχές (13, 14 και 15) διαπιστώθηκε ότι η αμαύρωσή τους ήταν πολύ υψηλή και ο σαρωτής δεν τις διέκρινε από το μαύρο. Στη συνέχεια έγινε ο συσχετισμός τους με την πρότυπη οπτική πυκνότητα των περιοχών αυτών. Το αποτέλεσμα της συσχέτισης φαίνεται οπτικά στο Διάγραμμα 5.23. Η συσχέτιση είναι γραμμική με συντελεστή γραμμικής συσχέτισεως -0.99 και δίνεται από την εξίσωση:

¹ Χρησιμοποιήθηκε η FORTRAN FORCE 2.0.9 που αποτελεί ελεύθερη έκδοση της GNU Fortran (ή GFORTRAN) για Λειτουργικό Σύστημα MS Windows XP (βλ. και <http://www.guilherme.tk/>)

$$D = -0.0170(\pm 0.0003) * Depth + 4.30(\pm 0.05) \quad (5.2)$$

όπου

D η οπτική πυκνότητα στην περιοχή από 0.13 έως και 3.2, και

Depth το βάθος του γκρι από ~66 έως και ~246

και αποτελεί την εξίσωση βαθμονόμησης του σαρωτή.

Στο Διάγραμμα 5.23 αποτυπώνονται και τα σημεία που αντιστοιχούν στις περιοχές 13, 14 και 15, τα οποία δεν συμμετέχουν στον υπολογισμό της συσχέτισης. Το Διάγραμμα 5.24 παρέχει την τυπική απόκλιση υπολογισμού βάθους του γκρι για κάθε μία από τις εξεταζόμενες περιοχές. Παρατηρείται, κυρίως ότι για τις περιοχές του φιλμ 13, 14 και 15 η τυπική αυτή απόκλιση είναι πολύ υψηλή. Επίσης παρατηρείται ότι ο σαρωτής HP Scanjet G4050 είναι καλύτερα μελετημένος για τη σάρωση φιλμ με οπτικές πυκνότητες στην περιοχή από 0.13 έως και 2.32, οι οποίες αντιστοιχούν σε τυπικές αποκλίσεις υπολογισμών βάθους του γκρι στην περιοχή 2 έως και 4%.

Το πρόγραμμα FORTRAN που χρησιμοποιήθηκε έχει ως εξής:


```

program bathmonomisi
character* 30 a
dimension num(9999,9999), num2(99999999)
dimension sum(14), aver(14), sum2(14), aver2(14)
open(11, file='film0003.txt')
rewind(11)

```

C Part C1

```

do 100 k=1,4
  if(k.eq.1.or.k.eq.2) then
    read(11,*) a
  elseif(k.eq.3) then
    read(11,*) k1, k2
  elseif(k.eq.4) then
    read(11,*) idepth
  endif
100 enddo

write(*,*) k1, k2, idepth

```

C Part C2

```

read(11,*) (num2(ii), ii=1, k1*k2)
do 200 i=1, k2
  do 300 j=1, k1
    num(i, j)=num2((i-1)*k1+j)
300 enddo
200 enddo

```

C Part C3

```

do 400 n=0,14
  kount=0
  sum(n)=0
  do 500 mi=100, k1-10
    do 600 mj=(n*(k2/15))+10, ((n+1)*(k2/15))-10

```

```

        kount=kount+1
        sum(n)=sum(n)+num(mj,mi)
600     enddo
500     enddo
        aver(n)=sum(n)/kount
400     enddo

C     Part C4

do 700 n=0,14
    kount2=0
    sum2(n)=0
    do 800 mi=100, k1-10
        do 900 mj=(n*(k2/15))+10, ((n+1)*(k2/15))-10
            kount2=kount2+1
            sum2(n)=sum2(n)+(num(mj,mi)-aver(n))**2
900         enddo
800     enddo
        aver2(n)=(sum2(n)/kount2)**0.5
        write(*,*) n,aver(n),aver2(n)
700     enddo

stop
end

```

Για να λειτουργήσει το πιο πάνω πρόγραμμα, πρέπει:

(α) Να "κοπεί" (crop) με ακρίβεια η σαρωμένη εικόνα του πρότυπου φιλμ από το σύνολο της σαρωμένης εικόνας. Αυτό μπορεί να γίνει με το λογισμικό `irfanview`.

(β) Να ληφθεί υπόψιν ότι η κάθε μία περιοχή του προτύπου φιλμ της οποίας πρέπει να μετρηθεί η αμαύρωση έχει πλάτος όσο το πλάτος της σαρωμένης εικόνας και μήκος όσο το μήκος της σαρωμένης εικόνας/15.

Η περιγραφή του προγράμματος είναι:

Τμήμα C1

Αρχικά το πρόγραμμα διαβάζει από το αρχείο της σαρωμένης εικόνας με τη μορφή `rgm`, τις 4 πρώτες γραμμές που αντιστοιχούν:

1. στο όνομα του αρχείου (μεταβλητή `character` 30 θέσεων)
2. στη γραμμή σχολίων που συνήθως υπάρχει (μεταβλητή `character` 30 θέσεων)
3. στις διαστάσεις της εικόνας ($k1$ = πλάτος σε `pixel`, $k2$ = ύψος σε `pixel`)
4. στο μέγιστο βάθος του γκρι (`idepth`)

και τυπώνει στην οθόνη αυτά τα στοιχεία για εποπτικούς λόγους.

Τμήμα C2

Στη συνέχεια διαβάζει όλες τις τιμές των `pixel` αρχίζοντας από το άνω αριστερό άκρο της εικόνας και τις αποθηκεύει σε έναν μονοδιάστατο πίνακα `num2` ικανής χωρητικότητας (εδώ π.χ. ~ 1000000). Αυτό γίνεται γιατί, όπως περιγράφηκε και παραπάνω, στο αρχείο της εικόνας μπορεί να μην υπάρχει διαχωρισμός των τιμών των `pixel` σε `records` (γραμμές) ανάλογα με τις διαστάσεις της εικόνας, όπου κάθε γραμμή να είναι οι τιμές βάθους γκρι για μία γραμμή πλάτους της εικόνας. Ο πίνακας `num2` μετατρέπεται σε έναν πίνακα `num` διαστάσεων $k1 \times k2$, ανάλογα με τις διαστάσεις της εικόνας που διαβάστηκαν αρχικά. Μ' αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα μητρώο με όλες τις τιμές του βάθους του γκρι της εικόνας ανά `pixel`.

Τμήμα C3

Σκοπός του τμήματος αυτού είναι ήταν να υπολογισθεί ο μέσος όρος του βάθους του γκρι που απέδωσε ο σαρωτής στο αρχείο εικόνας για κάθε μία από τις 15 περιοχές του πρότυπου φιλμ. Οι ζητούμενοι μέσοι όροι υπολογίζονται με βάση τον πίνακα

num για το σύνολο των pixel κάθε μίας από τις περιοχές αυτές. Από τα pixel αυτά αφαιρούνται για την κάθε περιοχή

- 100 pixel πλάτους "από αριστερά" ώστε να μην αναλυθεί εικόνα του φιλμ (βλ. και Διάγραμμα 5.10) που περιέχει αριθμούς και όχι πραγματική οπτική πληροφορία
- 10 pixel πλάτους "από δεξιά" ώστε να μην αναλυθεί εικόνα του φιλμ που είναι κοντά στο εκ δεξιών σύνορό του.
- 10 pixel μήκους "από πάνω" ώστε να μην αναλυθεί εικόνα του φιλμ που είναι κοντά στο πάνω σύνορο της εξεταζόμενης περιοχής, και
- 10 pixel μήκους "από κάτω" ώστε να μην αναλυθεί εικόνα του φιλμ που είναι κοντά στο κάτω σύνορο της εξεταζόμενης περιοχής.

Τμήμα C4

Σκοπός του τμήματος αυτού είναι ήταν να υπολογισθεί η τυπική απόκλιση του βάθους του γκρι που απέδωσε ο σαρωτής στο αρχείο εικόνας για κάθε μία από τις 15 περιοχές του πρότυπου φιλμ. Οι ζητούμενες τυπικές αποκλίσεις όροι υπολογίζονται με βάση τον πίνακα num και τους αντίστοιχους μέσους όρους για το σύνολο των pixel κάθε μίας από τις περιοχές αυτές. Από τα pixel αυτά αφαιρούνται για την κάθε περιοχή, όσα αφαιρέθηκαν και για τον υπολογισμό των μέσων όρων.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών αυτών τυπώνονται στην οθόνη.

5.8 Παρατηρήσεις – σχόλια

Σήμερα (2009) οι επαγγελματικοί σαρωτές εξειδικευμένοι στη σάρωση φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας πρέπει να ικανοποιούν τις προδιαγραφές ψηφιοποίησης φιλμ EN 14096 part 2. Για παράδειγμα ένας τέτοιος σαρωτής (film digitizer) είναι ο FS50B της εταιρείας GE Inspection Technologies. Ο σαρωτής αυτός χρησιμοποιεί φωτισμό laser HeNe 632.8 nm, και κατάλληλη οπτική για την ανάγνωση της ραδιογραφικής εικόνας, πράγμα που επιτρέπει την αναγνώριση οπτικής πυκνότητας από $D = 0.05$ έως και $D = 4.7$ (σαρωτής κλάσης DS). Η ανάλυσή του σε διαστάσεις μήκους είναι από 50 μm έως 500 μm , ρυθμιζόμενη σε βήματα του 1 μm . Ο τυπικός χρόνος ψηφιοποίησης ενός φιλμ διαστάσεων 14x17" με ανάλυση 200 μm είναι 7 s, και με ανάλυση 50 μm είναι 120 s. Ο σαρωτής FS50B διαθέτει 4096 επίπεδα του γκρι. Το αποτέλεσμα της σάρωσης ενός φιλμ με το σαρωτή FS50B, μπορεί να γίνει

ορατό στην μέγιστη ανάλυσή του μόνο σε οθόνες πολύ υψηλότερης ανάλυσης (και πάρα πολύ ακριβότερες) από εκείνες που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές γραφείου.

Συγκρίνοντας τον σαρωτή HP Scanjet G4050 με τον GE FS50B μπορεί κανείς να πει ότι

(α) δεν ικανοποιεί το πρότυπο EN 14096 part 2

(β) έχει πολύ χαμηλότερη ανάλυση

(γ) είναι πάρα πολύ αργός όταν ψηφιοποιεί σε μεγάλες αναλύσεις

(δ) έχει μόνο 256 επίπεδα του γκρι σε αντίθεση με τον FS50B που διαθέτει 4096

(ε) τα επίπεδα του γκρι που αναλύονται μπορούν –όπως φάνηκε από τις δοκιμές με το πρότυπο φιλμ STRUCTURIX CERTIFIED DENSTEP- να αναγνωρίσουν οπτικές πυκνότητες στην περιοχή $D = 0.10$ έως και $D \approx 3.2$.

(στ) μπορεί να δεχθεί φιλμ μέγιστου πλάτους έως 21.6 cm σε αντίθεση με τον FS50B που μπορεί να δεχθεί φιλμ μέγιστου πλάτους 35 cm,

(ζ) δεν μπορεί να δεχθεί φιλμ "ρολό", και

(η) παρουσιάζει ανομοιομορφία στο αποτέλεσμα της σάρωσης περιοχής του φιλμ με απόλυτα όμοια οπτική πυκνότητα –όπως φάνηκε από τις δοκιμές με το πρότυπο φιλμ STRUCTURIX CERTIFIED DENSTEP, δηλαδή για επιφάνεια του φιλμ με την ίδια αμαύρωση παράχθηκε εικόνα με μερικές πιο σκούρες και μερικές πιο ανοιχτές περιοχές ενώ θα έπρεπε όλες να παρουσιάζουν ακριβώς την ίδια αμαύρωση.

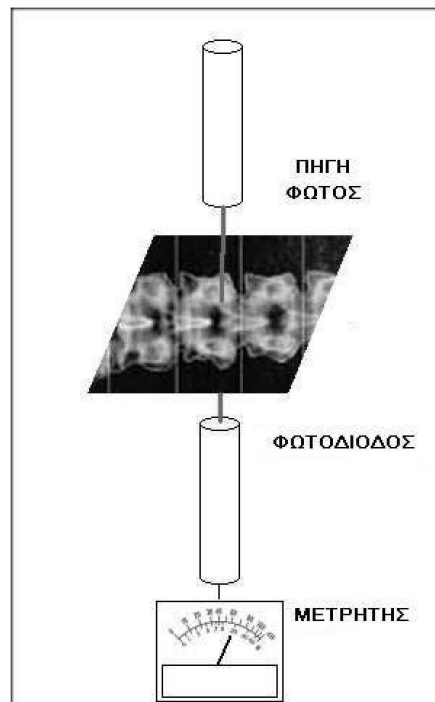
Παρόλαυτά ο σαρωτής HP Scanjet G4050, αποδείχθηκε χρήσιμο εργαλείο για τη διατύπωση και τον έλεγχο των τεχνικών και των αρχών ψηφιακής μέτρησης της οπτικής πυκνότητας, προκειμένου αυτές να είναι κατανοητές και λειτουργικές για απλές μετρήσεις επίδειξης στο Εργαστήριο. Επιπλέον με το σαρωτή αυτό ψηφιοποιήθηκαν όλες οι εικόνες των φιλμ που παράχθηκαν στα πλαίσια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και χρησιμοποιούνται στα διάφορα Κεφάλαιά της.

Σχετικά με το λογισμικό σε FORTRAN, που χρησιμοποιήθηκε για την ανάγνωση του αρχείου εικόνας, οι υπολογισμοί που έγιναν αφορούσαν το συνολικό πλήθος των pixel της εικόνας του πρότυπου φιλμ και αυτό διότι το πρότυπο φιλμ είχε μικρή επιφάνεια. Σε περίπτωση ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων σάρωσης από φιλμ μεγάλης επιφάνειας η συνολική ανάγνωση και επεξεργασία των pixel δεν συμφέρει

και μπορεί να αντικατασταθεί από τυχαία ανάγνωση αντιπροσωπευτικών pixel με χρήση γεννητριών τυχαίων αριθμών (για τη γλώσσα FORTRAN, η συνάρτηση βιβλιοθήκης τυχαίων αριθμών υπενθυμίζεται ότι είναι η ran).

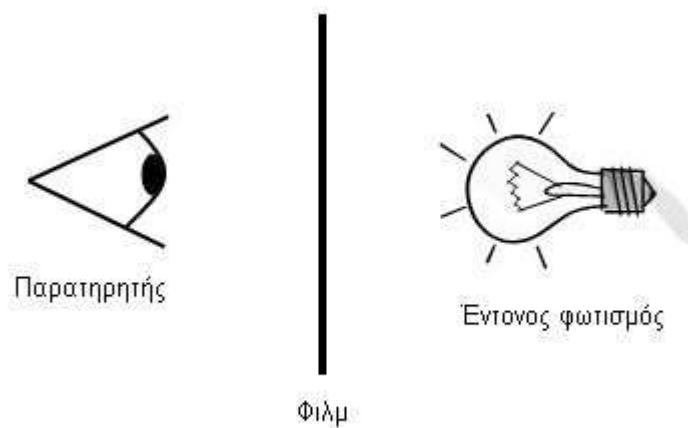
Στο επόμενο 6^ο Κεφάλαιο, σε συνέχεια των όσων αναφέρθηκαν εδώ και στα προηγούμενα, δίνεται μια σειρά από πρακτικές εφαρμογές με ιδιαίτερο βάρος στα διαγράμματα έκθεσης, και στη χρήση της χαρακτηριστικής του φιλμ.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΟΥ 5^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ



Διάγραμμα 5.1

Μετρητής οπτικής πυκνότητας



Διάγραμμα 5.2

Παρατήρηση ραδιογραφικής εικόνας
με τη βοήθεια έντονου φωτισμού πίσω από το φιλμ



Διάγραμμα 5.3

Διαφανοσκόπιο KOWOLUX 4S



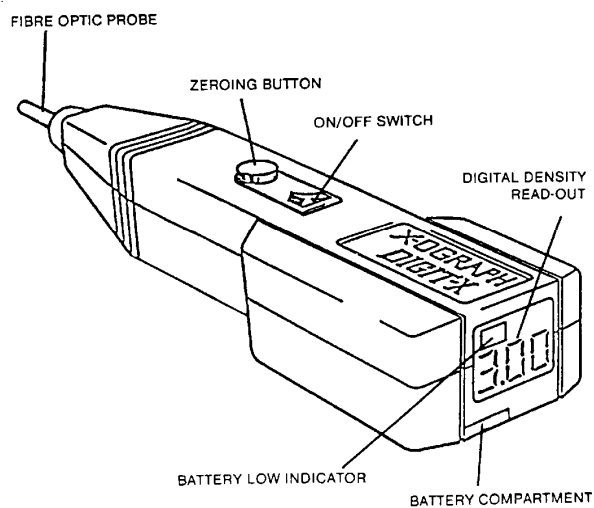
Διάγραμμα 5.4

**Διαφανοσκόπιο KOWOLUX 4S σε λειτουργία
με φιλμ στην επιφάνεια παρατήρησης**



Διάγραμμα 5.5

**Μετρητής οπτικής πυκνότητας τύπου Digit-X
εταιρίας κατασκευής Fidgeon Ltd**



Διάγραμμα 5.6

Σχηματική αναπαράσταση του μετρητή οπτικής πυκνότητας

11 Enterprise Court
Seaham Grange Industrial Estate
Seaham Co. Durham SR7 0PS
Tel: 0191 5211233/5230170
Fax: 0191 5211252
E-mail: sales@fidgeon.co.uk
Web Site: http://www.fidgeon.co.uk



Certificate of Calibration

Customer:

Acutech Ltd
3 Syrou Street
144 52 Metamorfosi
Athens
Greece

Date of Issue: 06/11/06
Certificate Number: 19397/Cal

<u>Equipment Description:</u>	Densitometer
<u>Manufacturer:</u>	X-Ograph
<u>Type:</u>	Digit-X
<u>Serial Number:</u>	400615
<u>Procedure Number:</u>	Specification. (ASME V)
<u>Customer Order Number:</u>	FG06-04

Summary of Test and Condition of equipment

Condition: Satisfactory. No adjustment necessary

The above unit was verified against a reference density strip. Results as follows:-

<u>Step Number:</u>	<u>Actual Density:</u>	<u>Measured Density:</u>
1	0.62	0.64
2	1.34	1.36
3	1.78	1.80
4	2.21	2.22
5	2.64	2.65
6	3.05	3.05
7	3.92	3.89

Test Equipment Used:

X-ray film step tablet serial no. 522344 Calibration due date 03/11/07 traceable to National Bureau of Standards

Signature.....

All measurements are performed with equipment that is traceable to National Physical Laboratory Standards unless stated otherwise

Directors: P. Fidgeon, P. Fidgeon, M. Fidgeon, P. Fidgeon, N. H. Bulwer
VAT No. 259 4596 10 Regd. London No. 1224694



Διάγραμμα 5.7α
Πιστοποιητικό του μετρητή οπτικής πυκνότητας

This is to state that the Items below have been Fully Tested and Calibrated as follows:

Product: Xograph 'Digit-X' Densitometer

Serial No: 400615

Calibration Standard: Transmission Density Stepwedge
S/N: 52234 As Described Under
ASME SE-1079 & ASTM E 1079-00

Tested & Calibrated By: B Johnson

Test & Calibration Date: 3/11/06

Recalibration Date: 3/11/07

For and on behalf of Xograph Imaging Systems Ltd
Xograph House, Hampton Street, Tetbury, Gloucestershire
GL8 8LD, Tel: 01666 501 501, Fax: 01666 501 502

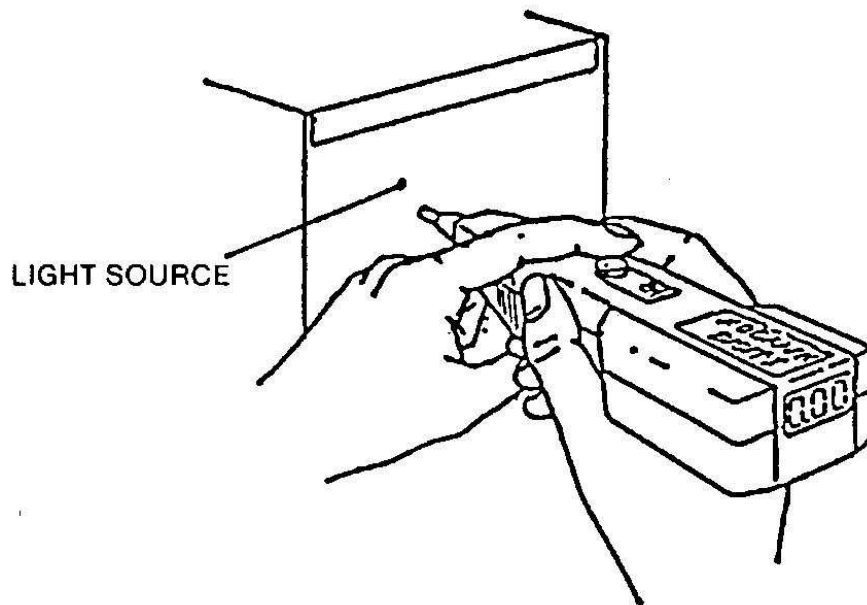
Calibration Results

Step Number	1	2	3	4	5	6	7
Actual Density	0.62	1.34	1.78	2.21	2.64	3.05	3.92
Measured Density	0.64	1.36	1.80	2.22	2.65	3.05	3.89

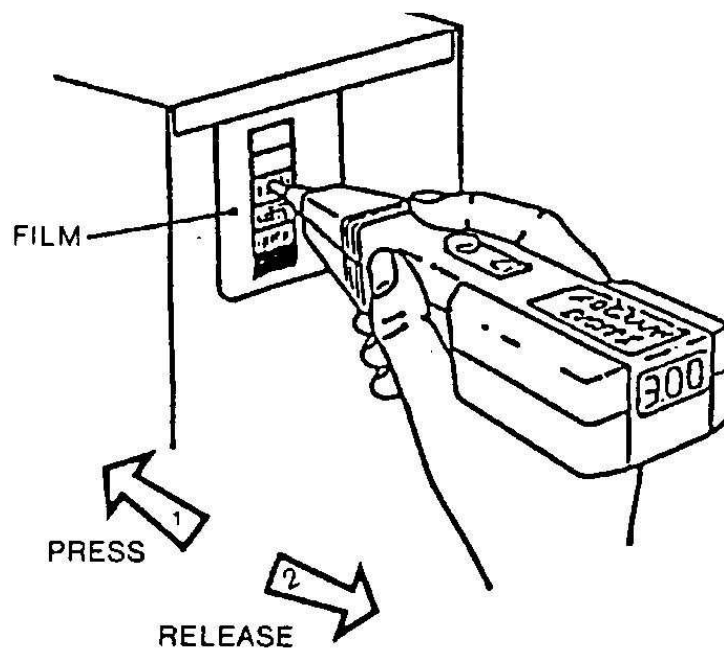


Διάγραμμα 5.7β

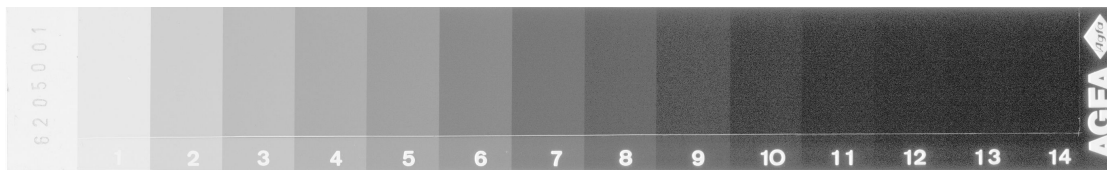
**Πιστοποιητικό του μετρητή οπτικής πυκνότητας
(απόσπασμα από το εσωτερικό του εγχειριδίου)**



Διάγραμμα 5.8
Μηδενισμός μετρητή οπτικής πυκνότητας



Διάγραμμα 5.9
Πραγματοποίηση μέτρησης με τον μετρητή οπτικής πυκνότητας



Διάγραμμα 5.10

Πρότυπο φιλμ βαθμονόμησης μετρητή οπτικής πυκνότητας τύπου STRUCTURIX CERTIFIED DENSTEP

Calibration Certificate
STRUCTURIX CERTIFIED DENSTEP
X-Ray Film Step Tablet

Step Tablet identification number: 6205001
Calibration date: februari 2008

The density values reported, cross referenced by serial number to the enclosed table, are traceable to NIST (the United States National Institute of Standards and Technology) through traceable calibrations of the instrumentation in accordance with ISO 9001 approved Q.A. system.
The calibration process is additionally verified by measurement of a NIST X-Ray Film Step Tablet, S.R.M. 1001: ID 0401014 (certificate in attachment)

I. Daneels
Quality Management & Application
Application Assistant Film Systems
Agfa Business Group NDT

K. Marstboom
Quality Management & Application
Manager Film Systems
Agfa Business Group NDT

To be completed by the user:

Date of first use: 2009.10.29 (date package opened)
(fill in: Y/M/D)

Name: Nick P Petropoulos

Signature:

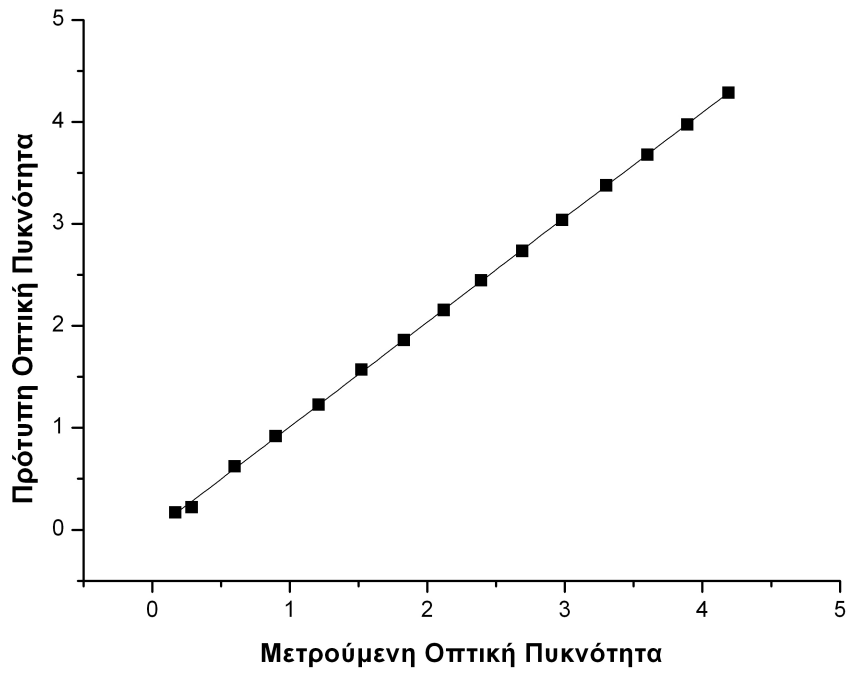
The Step Tablet might be replaced two years from date of first use or earlier if it show signs of deleterious wear.



GE Inspection
Technologies

Διάγραμμα 5.11

Πιστοποιητικό πρότυπου φιλμ STRUCTURIX CERTIFIED DENSTEP



Διάγραμμα 5.12

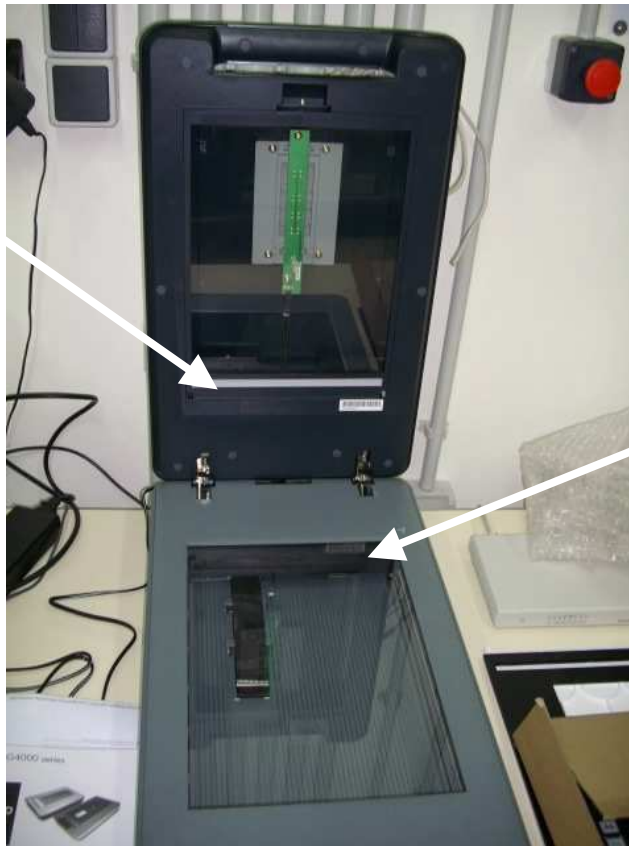
Καμπύλη βαθμονόμησης του μετρητή οπτικής πυκνότητας με βάση το πρότυπο φιλμ



Διάγραμμα 5.13

Σαρωτής HP Scanjet G4050

**Οπίσθιος
φωτισμός**



**Ανιχνευτής
εικόνας**

Διάγραμμα 5.14

Οπίσθιος φωτισμός και ανιχνευτής εικόνας



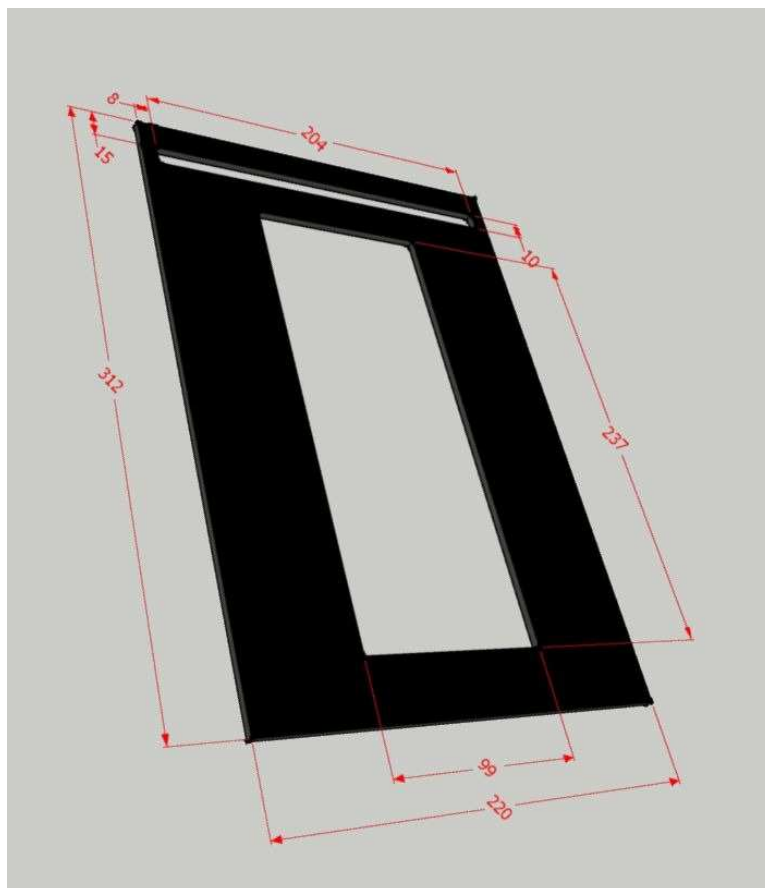
Διάγραμμα 5.15

**Κάλυμμα οπίσθιου φωτισμού και
αφαίρεση καλύμματος οπίσθιου φωτισμού**



Διάγραμμα 5.16

Φιλμ πάνω στη επιφάνεια σάρωσης του σαρωτή



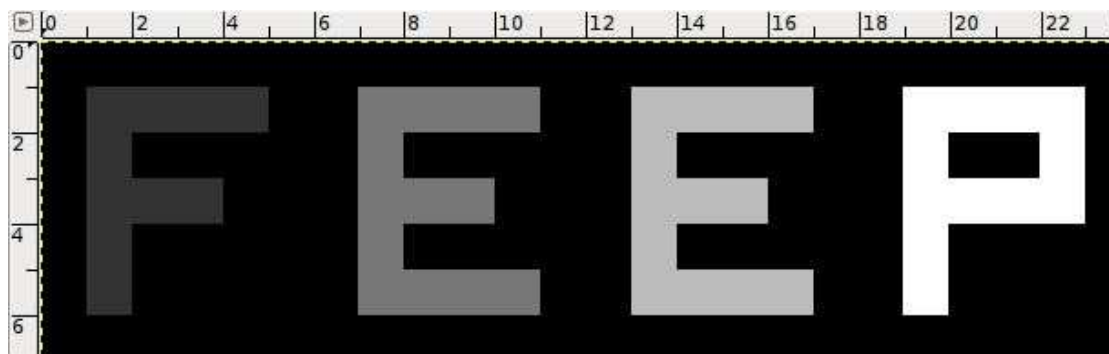
Διάγραμμα 5.17

**Πλαίσιο σταθεροποίησης φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας 10x24 cm
από μαύρο Plexiglas**



Διάγραμμα 5.18

Πλαίσιο σταθεροποίησης φιλμ και φιλμ πάνω στην επιφάνεια σάρωσης



Διάγραμμα 5.19

Εικόνα αρχείου που αναγράφει “FEER” σε διάφορες κλίμακες του γκρι

```

P2
# Shows the word "FEEP" (example from Netpbm man page on PGM)
24 7
15
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 3 3 3 3 0 0 7 7 7 7 0 0 11 11 11 11 0 0 15 15 15 15 0
0 3 0 0 0 0 0 7 0 0 0 0 0 0 11 0 0 0 0 0 15 0 0 15 0
0 3 3 3 0 0 0 7 7 7 0 0 0 0 11 11 11 0 0 0 15 15 15 15 0
0 3 0 0 0 0 0 7 0 0 0 0 0 0 11 0 0 0 0 0 15 0 0 0 0
0 3 0 0 0 0 0 7 7 7 7 0 0 11 11 11 11 0 0 15 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

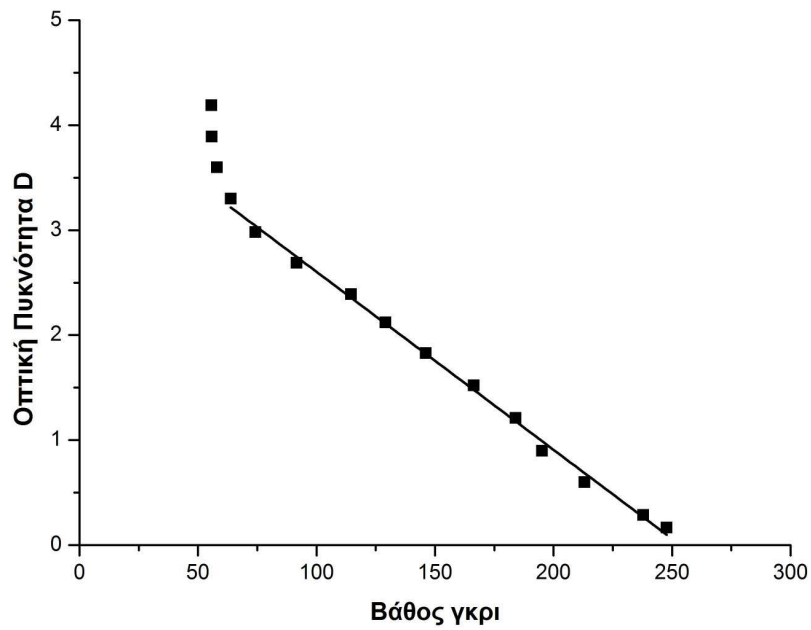
Διάγραμμα 5.20

Μορφή ASCII αρχείου pgm της εικόνας του Διαγράμματος 5.19



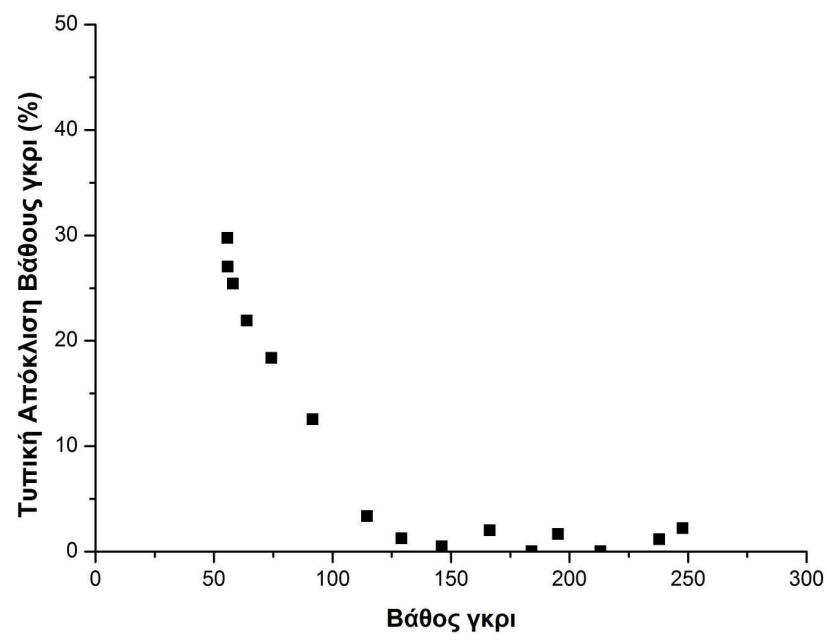
Διάγραμμα 5.21

Εικόνα αρχείου 26x26 pixel σε διάφορες κλίμακες του γκρι (το κάτω δεξιά τετράγωνο είναι λευκό)



Διάγραμμα 5.23

Καμπύλη βαθμονόμησης του σαρωτή HP Scanjet G4050 για σάρωση του πρότυπου φιλμ STRUCTURIX CERTIFIED DENSTEP



Διάγραμμα 5.24

Τυπική απόκλιση μετρούμενης αμαύρωσης με τον σαρωτή HP Scanjet G4050 για σάρωση του πρότυπου φιλμ STRUCTURIX CERTIFIED DENSTEP

ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΟΥ 5^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Αριθμός βήματος	Τιμές πρότυπης οπτικής πυκνότητας
0	0.168
1	0.287
2	0.599
3	0.897
4	1.210
5	1.520
6	1.830
7	2.120
8	2.390
9	2.690
10	2.980
11	3.300
12	3.600
13	3.890
14	4.190

Πίνακας 5.1

Τιμές πρότυπης οπτικής πυκνότητας
του πρότυπου φιλμ STRUCTURIX CERTIFIED DENSTEP

Αριθμός βήματος	Τιμές πρότυπης οπτικής πυκνότητας	Μετρήσεις										Μέσος όρος μετρήσεων
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>0</i>	<i>0.168</i>	0,15	0.42	0.14	0.16	0.14	0.15	0.14	0.15	0.14	0.11	0.17
<i>1</i>	<i>0.287</i>	0.19	0.42	0.18	0.20	0.21	0.22	0.18	0.19	0.20	0.22	0.22
<i>2</i>	<i>0.599</i>	0.60	0.65	0.62	0.62	0.62	0.64	0.61	0.61	0.61	0.63	0.62
<i>3</i>	<i>0.897</i>	0.92	0.89	0.91	0.92	0.92	0.94	0.91	0.92	0.92	0.92	0.92
<i>4</i>	<i>1.210</i>	1.22	1.17	1.23	1.24	1.23	1.25	1.22	1.24	1.22	1.24	1.23
<i>5</i>	<i>1.520</i>	1.53	1.45	1.59	1.59	1.60	1.61	1.57	1.60	1.58	1.58	1.57
<i>6</i>	<i>1.830</i>	1.84	1.75	1.87	1.87	1.88	1.90	1.88	1.88	1.86	1.88	1.86
<i>7</i>	<i>2.120</i>	2.14	2.06	2.15	2.18	2.17	2.19	2.16	2.17	2.16	2.17	2.16
<i>8</i>	<i>2.390</i>	2.45	2.36	2.46	2.45	2.46	2.51	2.46	2.44	2.43	2.45	2.45
<i>9</i>	<i>2.690</i>	2.72	2.70	2.71	2.75	2.75	2.76	2.73	2.75	2.72	2.75	2.73
<i>10</i>	<i>2.980</i>	3.01	3.06	3.03	3.05	3.03	3.06	3.03	3.04	3.03	3.04	3.04
<i>11</i>	<i>3.300</i>	3.35	3.46	3.36	3.38	3.36	3.40	3.36	3.37	3.37	3.36	3.38
<i>12</i>	<i>3.600</i>	3.68	3.57	3.68	3.70	3.69	3.71	3.68	3.69	3.68	3.69	3.68
<i>13</i>	<i>3.890</i>	4.04	3.87	3.93	4.00	3.94	4.01	3.98	3.98	3.98	4.01	3.97
<i>14</i>	<i>4.190</i>	4.38	4.21	4.24	4.29	4.32	4.30	4.27	4.25	4.27	4.33	4.29

Πίνακας 5.2

Σειρά μετρήσεων για την βαθμονόμηση του μετρητή οπτικής πυκνότητας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΛΛΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

6.1 Εισαγωγή

Στο Κεφάλαιο αυτό γίνεται κατ' αρχήν μία μικρή ανασκόπηση σχετικά με το τι είναι το διάγραμμα έκθεσης και το τι είναι η χαρακτηριστική του φιλμ, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία για τη συνέχεια. Σε επόμενη ενότητα παρουσιάζεται ένας απλός προσεγγιστικός τρόπος χάραξης διαγράμματος έκθεσης με χρήση πειραματικών δεδομένων και της χαρακτηριστικής του φιλμ για το οποίο υπολογίζεται το διάγραμμα. Ο τρόπος αυτός επαληθεύεται με την εκμετάλλευση ενός πραγματικού πειράματος για δύο υλικά αλουμίνιο και PVC σε διάφορα πάχη με χρήση μηχανής παραγωγής ακτίνων x μικρής ενέργειας (έως το πολύ 50 kV) και φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας συγκεκριμένου τύπου. Στα πλαίσια της επαλήθευσης αυτής δίνεται και ο τρόπος με τον οποίο η χαρακτηριστική ενός φιλμ μπορεί να εκφράζεται από κατάλληλη συσχέτιση. Στη συνέχεια εκτιμάται η ακρίβεια και ο τρόπος με τα οποία μπορεί να μετατραπεί ένα διάγραμμα έκθεσης σε συσχετίσεις δύο ανεξάρτητων μεταβλητών. Τέλος εκτιμάται η συσχέτιση που μπορεί να υπολογίζει προσεγγιστικά τους συντελεστές ισοδύναμης έκθεσης σε χάλυβα για διάφορα υλικά. Τα δεδομένα για τη συσχέτιση αυτή προκύπτουν από πίνακες που προέκυψαν από πειράματα και δίνονται στην βιβλιογραφία.

6.2 Διάγραμμα έκθεσης

Όπως σημειώνεται π.χ. από τον Quinn (1980), αλλά και στη Διπλωματική Εργασία του Θεοδωρόπουλου (2009), στην ραδιογραφική πραγματικότητα τα φωτόνια της πρωτεύουσας δέσμης που φθάνουν στο φιλμ διανύοντας την απόσταση από το σημείο παραγωγής τους μέχρι την επιφάνειά του δεν είναι αυτά που παράγονται στο εστιακό σημείο μιας μηχανής παραγωγής ακτίνων x (δηλ. δεν είναι η έκθεση). Οι λόγοι είναι πολλοί και προφανείς. Αναφέρονται οι πλέον σημαντικοί:

- (α) υπάρχει απόσταση εστιακού σημείου και φιλμ
- (β) το ραδιογραφούμενο αντικείμενο έχει πάχος
- (γ) παρατηρείται το φαινόμενο της σκέδασης, και
- (δ) χρησιμοποιούνται ενισχυτικές οθόνες

Ειδικά για το πάχος του ραδιογραφούμενου αντικειμένου, θα μπορούσε κανείς να ισχυρισθεί, ότι η έκθεση μειώνεται κατά τον νόμο της εξασθένησης, παρόλαυτά αυτός ο χονδρικός υπολογισμός δεν ισχύει διότι κατά κανόνα το ραδιογραφούμενο αντικείμενο δεν αποτελείται από ένα μόνο στοιχείο, δεν έχει ενιαίο πάχος και τα φωτόνια που προέρχονται από μία μηχανή παραγωγής ακτίνων $-x$, δεν είναι μιας μοναδικής ενέργειας. Είναι επίσης προφανές ότι ραδιογραφούμενα αντικείμενα παρόμοιας σύνθεσης που διαφέρουν κατά το πάχος και μόνο (π.χ. δύο πρίσματα από χάλυβα διαφορετικού πάχους) ή κατά την πυκνότητα και μόνο (π.χ. ατμός και νερό) θα εξασθενήσουν την ακτινοβολία με διαφορετικό τρόπο. Το παχύτερο ή το πυκνότερο θα απορροφήσουν περισσότερα φωτόνια από την πρωτεύουσα δέσμη. Με βάση τις πιο πάνω παρατηρήσεις γίνεται προφανές ότι το μέγεθος έκθεσης δεν είναι αντιπροσωπευτικό του αριθμού των φωτονίων που αλληλεπιδρούν και αμαυρώνουν τελικά το φιλμ. Στη θέση του μεγέθους έκθεσης θα πρέπει επομένως να χρησιμοποιηθεί κάποιο άλλο πιο αντιπροσωπευτικό και επιλέγεται για το σκοπό αυτό το μέγεθος οπτική πυκνότητα της ραδιογραφικής εικόνας.

Η γραφική αναπαράσταση της σύνδεσης της έκθεσης E με την οπτική πυκνότητα D ονομάζεται "διάγραμμα έκθεσης" (exposure diagram). Το διάγραμμα έκθεσης είναι ένα διάγραμμα που δείχνει την σχέση που πρέπει να υπάρχει μεταξύ του πάχους του δοκιμίου, του kilovoltage και της έκθεσης ώστε να επιτυγχάνεται μία ζητούμενη οπτική πυκνότητα. Ένα διάγραμμα έκθεσης είναι γενικά μία επιφάνεια οπτικής πυκνότητας D , πάνω στην οποία έχουν χαραχθεί γραφικές παραστάσεις που επιτρέπουν τον υπολογισμό της έκθεσης E που απαιτείται για κάποια υψηλή τάση, ώστε να επιτυγχάνεται πάντα η ίδια οπτική πυκνότητα D , για οποιοδήποτε πάχος ραδιογραφούμενου αντικειμένου. Ένα διάγραμμα έκθεσης ισχύει πάντοτε, (i) για ένα τρόπο παραγωγής φωτονίων (δηλ. για συγκεκριμένη μηχανή παραγωγής ακτίνων $-x$), (ii) για ένα και μόνο υλικό, (iii) για ένα και μόνο είδος φιλμ, (iv) για μία και μόνο κατάσταση ενισχυτικών οθονών (δηλ. "με οθόνες" ή "χωρίς οθόνες"), (v) για μία και μόνη οπτική πυκνότητα, και τέλος (vi) για μία και μόνη γεωμετρική μορφή ραδιογραφούμενου δοκιμίου, το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο, το οποίο επιπλέον προσβάλλεται κάθετα από τα φωτόνια της πρωτεύουσας δέσμης και ως εκ τούτου το προσβαλλόμενο πάχος είναι σταθερό. Ένα τυπικό διάγραμμα έκθεσης για ακτίνες $-x$, για δεδομένη απόσταση πηγής φωτονίων και φιλμ, διακρίνεται στο σχήμα του Διαγράμματος 6.1, όπου ο οριζόντιος άξονας είναι το πάχος χαλύβδινης πλάκας και ο

κατακόρυφος άξονας η έκθεση E σε mAmin. Προφανώς, από αυτό το διάγραμμα έκθεσης προκύπτουν συνήθως πολλές λύσεις για διάφορα kilovoltage ρύθμισης της μηχανής ακτίνων -x, για να επιτευχθεί η επιθυμητή οπτική πυκνότητα. Επί πλέον, υπό προϋποθέσεις, μέσω ενός διαγράμματος έκθεσης και με χρήση και ορισμένων άλλων πληροφοριών μπορούν να γίνονται υπολογισμοί έκθεσης για συνθήκες και υλικά διαφορετικά από εκείνα για τα οποία χαράχθηκε το διάγραμμα έκθεσης. Στο σαφώς απλούστερο διάγραμμα έκθεσης για ακτίνες -x που διακρίνεται στο σχήμα του Διαγράμματος 6.2, ο κατακόρυφος άξονας είναι τα kV, ενώ η έκθεση σε mAmin παραμένει σταθερή. Ο λόγος ύπαρξης τέτοιων απλών διαγραμμάτων έκθεσης είναι ότι πολλές φορές σε ένα εργαστήριο βιομηχανικής ραδιογραφίας παρατηρείται σταθερότητα στα εφαρμοζόμενα mAmin.

6.3 Χαρακτηριστική του φιλμ

Σύμφωνα π.χ. με τον Quinn (1980), αλλά και με τη Διπλωματική Εργασία του Θεοδωρόπουλου (2009), η λογαριθμική χαρακτηριστική καμπύλη ενός φιλμ, ή όπως απλά λέγεται στην πράξη η "χαρακτηριστική του φιλμ" (characteristic curve) είναι καμπύλη, η οποία εκφράζει τη σχέση που υπάρχει μεταξύ της έκθεσης και της παραγόμενης οπτικής πυκνότητας. Η χαρακτηριστική του φιλμ ονομάζεται και "σενσιτομετρική καμπύλη" (sensitometric curve) ή ακόμη καμπύλη H-D, προς τιμήν των Hurter και Driffield, που τη χρησιμοποίησαν πρώτοι το 1890. Στο γράφημα του Διαγράμματος 6.3, διακρίνονται οι χαρακτηριστικές από τρία διαφορετικά φιλμ X, Y και Z, όταν αυτά εκτίθενται με ενισχυτικές οθόνες από φύλλα μολύβδου. Τέτοιες καμπύλες μπορούν να παράγονται με σειρά από κατάλληλα πειράματα έκθεσης. Ο οριζόντιος άξονας του γραφήματος είναι ο δεκαδικός λογάριθμος της σχετικής μεταβολής της έκθεσης από πείραμα σε πείραμα. Ο κατακόρυφος άξονας του γραφήματος είναι η προκύπτουσα οπτική πυκνότητα στο φιλμ. Στα γραφήματα των χαρακτηριστικών των φιλμ προτιμάται να χρησιμοποιείται ως ανεξάρτητη μεταβλητή η σχετική μεταβολή της έκθεσης, προκειμένου να μην υπάρχει προβληματισμός σχετικά με το ποια είναι η αρχική έκθεση αναφοράς και σε ποιες πειραματικές συνθήκες δημιουργήθηκε. Επιπλέον η δεκαδική λογαρίθμιση της σχετικής μεταβολής της έκθεσης συγκεντρώνει επίσης πλεονεκτήματα διότι κυρίως μικραίνει την αντίστοιχη γραμμική κλίμακα. Στη βιομηχανική ραδιογραφία, έχει πολύ περισσότερη αξία η χρήση λόγου δύο διαφορετικών εκθέσεων από τις ίδιες τις τιμές των δύο διαφορετικών εκθέσεων. Δύο εκθέσεις που παρουσιάζουν τον ίδιο λόγο

παριστάνονται στο διάγραμμα της χαρακτηριστικής του φιλμ από την ίδια απόσταση πάνω στον άξονα του δεκαδικού λογάριθμου της σχετικής μεταβολής της έκθεσης. Έστω, για παράδειγμα, σχετικές αυξήσεις έκθεσης 1, 5, 2, 10, 30 και 50 φορές. Οι αντίστοιχοι δεκαδικοί λογάριθμοι είναι 0.00, 0.70, 0.30, 1.00, 1.48 και 2.18. Παρατηρείται ότι η σχετική αύξηση $1 \rightarrow 5$, αναπαριστάται στο διάγραμμα της χαρακτηριστικής ενός φιλμ από το διάστημα δεκαδικών λογαρίθμων (0.00, 0.70), η σχετική αύξηση $2 \rightarrow 10$, αναπαριστάται στο διάγραμμα της χαρακτηριστικής ενός φιλμ από το διάστημα δεκαδικών λογαρίθμων (0.30, 1.00), και η σχετική αύξηση $30 \rightarrow 50$, αναπαριστάται στο διάγραμμα της χαρακτηριστικής ενός φιλμ από το διάστημα δεκαδικών λογαρίθμων (0.30, 1.00). Όλα τα διαστήματα των υπόψιν δεκαδικών λογαρίθμων έχουν το ίδιο μήκος (0.70). Διατυπώνονται οι εξής μάλλον εμπειρικοί κανόνες:

(α) Οι κλίσεις και το σχήμα των χαρακτηριστικών των φιλμ εξαρτώνται αρκετά από το χρόνο που διαρκεί η εμφάνιση. Επειδή όμως σήμερα (2009), τα φιλμ εμφανίζονται αυτόματα, ο χρόνος της εμφάνισης διατηρείται σχεδόν σταθερός (και κοντά στον μέγιστο) με αποτέλεσμα η ραδιογραφική εργασία με ένα τύπο φιλμ να γίνεται με συγκεκριμένη αμετάβλητη κλίση και σχήμα χαρακτηριστικής καμπύλης.

(β) Οι κλίσεις και το σχήμα των χαρακτηριστικών των φιλμ είναι γενικά ανεξάρτητες από την ενέργεια των φωτονίων της πρωτεύουσας δέσμης

6.4 Διάγραμμα έκθεσης από πειραματικά δεδομένα

6.4.1 Γενικά

Για να πραγματοποιηθεί η χάραξης ενός διαγράμματος έκθεσης μιας συγκεκριμένης μηχανής παραγωγής ακτίνων x χρειάζεται ο εξής εξοπλισμός:

- (α) μηχανή παραγωγής ακτίνων $-x$,
- (β) ικανό πλήθος φιλμ συγκεκριμένου τύπου με γνωστή τη χαρακτηριστική τους καμπύλη,
- (γ) δοκίμιο κλίμακας από συγκεκριμένο υλικό με m βήματα (stepwedge, βλ. και Διάγραμμα 6.4)
- (δ) εξοπλισμός χειροκίνητης ή αυτόματης εμφάνισης φιλμ (βλ. και στα προηγούμενα 2^ο και 4^ο Κεφάλαιο), και
- (ε) οπτικές ή ψηφιακές μεθόδους ανάγνωσης της οπτικής πυκνότητας (βλ. και στο 5^ο Κεφάλαιο).

6.4.2 Συλλογή και επεξεργασία πειραματικών δεδομένων

(α) Αρχικά επιλέγεται ο ακέραιος αριθμός (n) των καμπυλών συγκεκριμένων kV (υψηλής τάσης) που θα περιέχονται στο διάγραμμα έκθεσης. Για μια συγκεκριμένη μηχανή, παραγωγής ακτίνων $-x$, αυτό συνήθως γίνεται με τον εξής εμπειρικό τρόπο:

$$n \approx (\max kV - \min kV)/q \quad (6.1)$$

όπου

max kV η μέγιστη υψηλή τάση που αποδίδει η μηχανή

min kV η ελάχιστη υψηλή τάση που αποδίδει η μηχανή

q (kV) διαιρέτης με τιμή 10 ή 20 kV

Για την εφαρμογή έστω ότι προκύπτει αριθμός n καμπυλών. Τότε ως πρώτη επιλέγεται η μικρότερη δυνατή τάση της μηχανής και γίνονται n διακριτά βήματα τάσης μέχρι η τάση να γίνει μέγιστη. Το μέγεθος των βημάτων είναι συνήθως q kV. Συνήθως αποφεύγεται η μέγιστη τιμή τάσης της μηχανής για λόγους προστασίας της. Με αυτόν τον τρόπο επιλέγονται τελικά τάσεις $V_1 < V_2 < \dots < V_n$.

(β) Επιλέγεται η κάθετη απόσταση εστιακού σημείου μηχανής και επιφάνειας φιλμ για την οποία θα χαραχθεί το διάγραμμα έκθεσης (τυπικά από 70 έως 100 cm).

(γ) Επιλέγεται η οπτική πυκνότητα $D = x$, για την οποία θα χαραχθεί το διάγραμμα έκθεσης (τυπικά στην περιοχή από 1 έως 2).

(δ) Για κάθε τάση V_i , $i = 1, \dots, n$ γίνεται ραδιογραφία του δοκιμίου κλίμακας με συγκεκριμένη έκθεση E_i σε mAmin σε αντίστοιχο φιλμ, έστω το Φ_i , $i = 1, \dots, n$. Είναι

επιθυμητό η έκθεση αυτή να αποδίδει οπτική πυκνότητα σε όλα τα βήματα του δοκιμίου στην περιοχή από 1 έως 2. Αυτό επιτυγχάνεται εμπειρικά μετά από μία – δύο δοκιμές.

(ε) Γίνεται εμφάνιση των φιλμ. Πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα φιλμ πρέπει να εμφανιστούν με αυστηρά ίδιες συνθήκες (χρόνο εμφάνισης, χρόνο στερέωσης, θερμοκρασία), ώστε η ραδιογραφική εικόνα να αναφέρεται πάντα στις ίδιες συνθήκες επεξεργασίας. Η εμφάνιση μπορεί να πραγματοποιηθεί χειροκίνητα με μεγάλη προσοχή, ή αυτόματα. Σύμφωνα με τα όσα έχουν ήδη αναφερθεί η αυτόματη εμφάνιση εξασφαλίζει τις απαιτούμενες ίδιες συνθήκες.

(ζ) Για την τάση (V_i , αντίστοιχο φιλμ Φ_i), "διαβάζεται" η οπτική πυκνότητα D_j , $j=1, \dots, m$, του κάθε βήματος του δοκιμίου (με οπτικό ή ψηφιακό τρόπο).

(η) Για κάθε μία από τις παραπάνω οπτικές πυκνότητες D_j , $j=1, \dots, m$

η1) Εντοπίζεται στη χαρακτηριστική του φιλμ, το σημείο της καμπύλης που αντιστοιχεί στην οπτική πυκνότητά D_j , $j=1, \dots, m$. Το σημείο αυτό, αντιστοιχεί σε τιμή πάνω στον άξονα των τετμημένων του διαγράμματος της χαρακτηριστικής του φιλμ, έστω A

η2) Προσδιορίζεται στη χαρακτηριστική του φιλμ το σημείο της καμπύλης που αντιστοιχεί στην επιθυμητή οπτική πυκνότητα του διαγράμματος έκθεσης $D = x$. Το σημείο αυτό, αντιστοιχεί σε τιμή πάνω στον άξονα των τετμημένων του διαγράμματος της χαρακτηριστικής του φιλμ, έστω B

η3) Υπολογίζεται η αλγεβρική διαφορά των τιμών $d = B - A$, δηλαδή η διαφορά των δεκαδικών λογαρίθμων της σχετικής μεταβολής της έκθεσης, η οποία φυσικά μπορεί να είναι και αρνητική.

η4) Υπολογίζεται το μέγεθος $z=10^d$. Αυτό το μέγεθος (z) είναι ο αριθμός που πρέπει να πολλαπλασιαστεί η έκθεση E_i που είχε επιλεγεί αρχικά, για να προκύψει η απαιτούμενη έκθεση E_i' ώστε η οπτική πυκνότητα του συγκεκριμένου βήματος μετά τη ραδιογραφία να είναι ίση με $D = x$. Ο συνδυασμός των τιμών: τάση V_i , πάχος συγκεκριμένου βήματος j , έκθεση E_i' αποτελεί ένα σημείο του διαγράμματος έκθεσης που ανήκει στην καμπύλη για τάση V_i .

η5) Αυτή η διαδικασία (η) επαναλαμβάνεται για όλα τα βήματα του φιλμ Φ_i , μέχρι να εξαντληθεί ο μετρητής j . Μ αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται ένα

πλήθος σημείων του διαγράμματος έκθεσης, το κάθε ένα για διαφορετικό πάχος που ανήκουν στην καμπύλης τάσης V_i .

η6) Πραγματοποιείται συσχέτιση αυτών των σημείων και έτσι προκύπτει η καμπύλη για τάση V_i στο διάγραμμα έκθεσης.

(θ) Τα βήματα (ζ) και (η) επαναλαμβάνονται μέχρι να εξαντληθεί ο μετρητής i

(ι) Συνδυάζοντας όλες τις καμπύλες σε ένα διάγραμμα, δημιουργείται το διάγραμμα έκθεσης της υπόψιν μηχανής παραγωγής ακτίνων $-x$.

6.4.3 Υπολογισμός συσχέτισης για την χαρακτηριστική του φιλμ

Πρέπει να σημειωθεί ότι αντί να ακολουθηθεί όλη η διαδικασία προσδιορισμού της διαφοράς του δεκαδικού λογάριθμου της σχετικής μεταβολής της έκθεσης από τη χαρακτηριστική του φιλμ "με το μάτι", μπορεί αυτή η διαφορά να υπολογίζεται κατευθείαν μέσω κατάλληλης συσχέτισης που αποδίδει το λογάριθμό της σχετικής μεταβολής της έκθεσης $\log_{10}\Delta E$, ως συνάρτηση της οπτικής πυκνότητας D . Η χρήση συσχέτισης είναι γενικά πιο αξιόπιστη, επειδή έτσι αποφεύγεται το σφάλμα ανάγνωσης. Ως παράδειγμα υπολογισμού τέτοιας συσχέτισης στα πλαίσια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αν δίνεται η χαρακτηριστική καμπύλη του φιλμ AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB, (βλ. και Διάγραμμα 6.5), τότε η συσχέτιση αυτή μπορεί να εκτιμηθεί ως:

$$\log_{10}\Delta E = a \exp(b/D) \quad (6.2)$$

όπου

$$a = 4.2 \pm 0.1, b = -0.21 \pm 0.01 \text{ και}$$

ο συντελεστής πολλαπλής συσχέτισεως έχει την τιμή 0.98.

Η συσχέτιση εκτιμήθηκε με τη χρήση του εμπορικού λογισμικού Datafit (έκδοση 6.1.10) της εταιρείας Oakdale Engineering (βλ. και <http://www.oakdaleengr.com/>). Από την παρατήρηση της χαρακτηριστικής καμπύλης για το φιλμ αυτό στο Διάγραμμα 6.5, προκύπτει ότι υπάρχουν περιοχές τιμών της οπτικής πυκνότητας για τις οποίες η χαρακτηριστική δεν παρουσιάζει εμφανή κλίση [δηλ. μία περιοχή όπου η χαρακτηριστική είναι πρακτικά οριζόντια ($D < 0.3$) και μία περιοχή όπου η χαρακτηριστική είναι πρακτικά κάθετη ($D > 3.5$)]. Οι περιοχές αυτές περιορίζουν την ισχύ της συσχέτισης 6.2 για D στο διάστημα από 0.3 έως 3.5.

6.4.4 Εφαρμογή για πηγή -x OXFORD XTF 5011

Η πηγή για την οποία χαράχθηκαν διαγράμματα έκθεσης οπτικής πυκνότητας $D = 1.5$, είναι η μηχανή παραγωγής ακτίνων -x 50 kV που διαθέτει το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας για εφαρμογές XRF (βλ. π.χ. και Rouni, 2006), τύπου OXFORD XTF 5011, εταιρείας κατασκευής X-RAY Technology Group (βλ. για λοιπά χαρακτηριστικά και <http://www.oxfordxtg.com/index.html>) και η οποία ήδη αναφέρθηκε στο 3^ο Κεφάλαιο. Η μέγιστη υψηλή τάση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αυτήν τη μηχανή είναι 50 kV. Η μέγιστη ένταση ρεύματος είναι 1 mA. Κατά συνέπεια η μέγιστη ισχύς που μπορεί να αναπτυχθεί στη μηχανή είναι 50 W. Η εγκατάσταση για τον έλεγχο της μηχανής διακρίνεται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 6.6. Επειδή η μηχανή είναι αερόψυκτη αλλά δεν διαθέτει κάποια μηχανική ψύξη, η θερμοκρασία της παρακολουθείται από θερμοστοιχείο που βρίσκεται καλώς προσαρμοσμένο στον εξωτερικό της κύλινδρο (βλ. και τη φωτογραφία του Διαγράμματος 6.7). Η θερμοκρασία της μηχανής δεν επιτρέπεται να ξεπεράσει τους 70° C, αλλά ως πολιτική καλής χρήσης το όριο που έχει υιοθετηθεί είναι πολύ αυστηρότερο, περί τους 30 – 35° C. Τα διαγράμματα έκθεσης χαράχθηκαν για υλικά PVC και αλουμίνιο.

Τα δοκίμια κλίμακας που χρησιμοποιήθηκαν από τα δύο αυτά υλικά έχουν την κατασκευαστική μορφή του Διαγράμματος 6.8 και κατασκευάστηκαν στο Μηχανουργείο "ΣΠΥΡΟΣ ΑΠ. ΠΑΤΣΗΣ", Περιστερί, Βύρωνος 85 & Παράσχου 10, 12137 Νέα Ζωή, τηλ.: 210 5757822, Fax: 210 5722536, κιν.: 6947840345 (βλ. και <http://www.deepfishing.gr>). Σημειώνεται ότι για να ξεχωρίζουν στη ραδιογραφία το δοκίμιο κλίμακος από PVC κατασκευάστηκε ελαφρά φαρδύτερο από το δοκίμιο κλίμακος από αλουμίνιο (12 και 10 mm αντίστοιχα, βλ. και φωτογραφία του Διαγράμματος 6.9).

Η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε είναι παρόμοια όπως εκείνη που χρησιμοποιήθηκε για την έκθεση του φιλμ "11" (βλ. και τη φωτογραφία του Διαγράμματος 6.10). Η απόσταση εστιακού σημείου - φιλμ που χρησιμοποιήθηκε ήταν ~25 cm. Στην απόσταση αυτή, παρόλο που είναι μάλλον μικρή, δεν αναμένονται παρασκιές για τα μικρά δοκίμια που χρησιμοποιούνται, διότι το μέγεθος του εστιακού σημείου της μηχανής σύμφωνα με τις προδιαγραφές της είναι πολύ μικρό και ίσο με 75 μm . Σημειώνεται ότι για την προστασία του ανιχνευτή SiLi που βρίσκεται στην γειτονιά της μηχανής -x που χρησιμοποιείται, από υπερβολική έκθεση σε ποσότητες

ακτινοβολίας μεγάλης έντασης και ενέργειας, το κάλυμμα του ανιχνευτή καλύπτεται από ικανό αριθμό από οθόνες μολύβδου, όπως αυτές φαίνονται στη φωτογραφία του Διαγράμματος 6.11. Οι οθόνες αυτές έχουν συλλεγεί στο Εργαστήριο από παλαιότερες εκθέσεις φιλμ AGFA D7 PB.

Τα φιλμ τα οποία χρησιμοποιήθηκαν είναι τα γνωστά τυπικά φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας που χρησιμοποιήθηκαν και στο μεγαλύτερο μέρος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, δηλ. τα AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB Vacuum, διαστάσεων 10x24cm με ενισχυτικές οθόνες μολύβδου.

Για διερευνητικούς σκοπούς πραγματοποιήθηκε πρώτα μία έκθεση με ρυθμίσεις 20 kV, 250 μ A και χρόνο έκθεσης 80 min, το αποτέλεσμα της οποίας διακρίνεται στην εικόνα του Διαγράμματος 6.12 ως αποτέλεσμα σάρωσης με τις ρυθμίσεις της § 5.5.4. Διαπιστώθηκε ότι:

(α) το αποτύπωμα του κώνου ακτινοβολίας της μηχανής έχει διάμετρο 6 cm, τιμή που είναι μικρότερη από αυτήν που υπολογίζεται σύμφωνα με την γωνία εκπομπής του κώνου από το εστιακό σημείο, η οποία δίνεται από τις προδιαγραφές της μηχανής ίση με 22° . Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι δεν είναι ακριβώς γνωστό που είναι το εστιακό σημείο της μηχανής. Για τους σκοπούς του πειράματος θεωρείται ότι το εστιακό σημείο είναι πολύ κοντά στην επιφάνεια του κυλίνδρου της μηχανής (βλ. και φωτογραφία του Διαγράμματος 6.13)

(β) στη ραδιογραφία μετά βίας διακρίνονται τα πρώτα (λεπτότερα) "σκαλοπάτια" των δοκιμίων. Επομένως η τάση των 20 kV και τα mAmin που χρησιμοποιήθηκαν δεν αρκούν για καλές ραδιογραφίες των δοκιμίων αυτών (βλ. και Διάγραμμα 6.9).

Μετά το διερευνητικό πείραμα πραγματοποιήθηκαν οι εξής εκθέσεις, με σκοπό στο ραδιογραφικό φιλμ να διακριθούν τουλάχιστον δύο από τα σκαλοπάτια των δοκιμίων. Περισσότερα από δύο σκαλοπάτια δεν είναι απαραίτητα δεδομένου ότι όπως φαίνεται από το διάγραμμα έκθεσης 6.1, οι καμπύλες που αντιστοιχούν σε μία τιμή της υψηλής τάσης σε kV αναμένονται να είναι ευθείες και δύο κατ' αρχήν πειραματικά σημεία αρκούν για την προσεγγιστική χάραξή τους:

Εκθεση "Α" στα 50 kV, 400 μ A, 14 min (ισοδύναμα 50 kV, 5.6 mAmin)

Εκθεση "Β" στα 40 kV, 500 μ A, 14 min (ισοδύναμα 40 kV, 7.0 mAmin)

Εκθεση "Γ" στα 30 kV, 700 μ A, 16 min (ισοδύναμα 30 kV, 11.2 mAmin)

Ο χρόνος των εκθέσεων αυτών περιλαμβάνει και το 50% του χρόνου που απαιτήθηκε για τη ρύθμιση της μηχανής στη απαιτούμενη υψηλή τάση και στην απαιτούμενη ένταση και του χρόνου που απαιτήθηκε για τη σβέση της μηχανής σε τιμές τάσης και ρεύματος 0. Ο συνολικός χρόνος ρύθμισης και σβέσης εκτιμάται σε ~4 min.

Οι εκθέσεις αυτές ρυθμίσθηκαν ώστε η μηχανή να αποδίδει περί το 40% της ισχύος της δηλαδή 20 W. Τυπικά οι εκθέσεις σταματούσαν όταν η θερμοκρασία της μηχανής έφθανε στους 30 – 35° C. Η αρχική θερμοκρασία της μηχανής ήταν περί τους 20° C (θερμοκρασία περιβάλλοντος του Εργαστηρίου). Η κλίση της μεταβολής της θερμοκρασίας εκτιμήθηκε για όλες τις εκθέσεις σε περίπου 1° C / min. Πειραματικά σημεία για την αύξηση της θερμοκρασίας της μηχανής κατά την Εκθεση "Α" και την Εκθεση "Γ" διακρίνονται στο Διάγραμμα 6.14.

Συμπεράσματα από την Εκθεση "Α":

Η ραδιογραφική εικόνα που προέκυψε διακρίνεται στο Διάγραμμα 6.15, ως αποτέλεσμα σάρωσης με τις ρυθμίσεις της § 5.6.2. Με τη χρήση του διαφανοσκοπίου και του μετρητή οπτικής πυκνότητας μετρήθηκαν, για το PVC και το αλουμίνιο, οι οπτικές πυκνότητες των βημάτων του δοκιμίου που μπορούσαν να διακριθούν. Οι τιμές φαίνονται στον Πίνακα 6.1 (δεύτερη και τρίτη στήλη). Στη συνέχεια ακολουθήθηκε η διαδικασία που περιγράφεται στην § 6.4.2 με σκοπό να υπολογιστεί η απαιτούμενη έκθεση για το κάθε βήμα ώστε η οπτική πυκνότητα που θα προκύψει για το διάγραμμα έκθεσης να είναι $D = 1.5$. Οι υπολογισμοί αυτοί φαίνονται επίσης στον Πίνακα 6.1.

Συμπεράσματα από την Εκθεση "Β":

Η ραδιογραφική εικόνα που προέκυψε διακρίνεται στο Διάγραμμα 6.16, ως αποτέλεσμα σάρωσης με τις ρυθμίσεις της § 5.6.2. Με τη χρήση του διαφανοσκοπίου και του μετρητή οπτικής πυκνότητας μετρήθηκαν, για το PVC και το αλουμίνιο, οι οπτικές πυκνότητες των βημάτων του δοκιμίου που μπορούσαν να διακριθούν. Οι τιμές φαίνονται στον Πίνακα 6.2 (δεύτερη και τρίτη στήλη). Στη συνέχεια ακολουθήθηκε η διαδικασία που περιγράφεται στην § 6.4.2 με σκοπό να υπολογιστεί η απαιτούμενη έκθεση για το κάθε βήμα ώστε η οπτική πυκνότητα που θα προκύψει για το διάγραμμα έκθεσης να είναι $D = 1.5$. Οι υπολογισμοί αυτοί φαίνονται επίσης στον Πίνακα 6.2.

Συμπεράσματα από την Έκθεση "Γ":

Η ραδιογραφική εικόνα που προέκυψε διακρίνεται στο Διάγραμμα 6.17, ως αποτέλεσμα σάρωσης με τις ρυθμίσεις της § 5.5.4. Με τη χρήση του διαφανοσκοπίου και του μετρητή οπτικής πυκνότητας μετρήθηκαν, για το PVC και το αλουμίνιο, οι οπτικές πυκνότητες των βημάτων του δοκιμίου που μπορούσαν να διακριθούν. Οι τιμές φαίνονται στον Πίνακα 6.3 (δεύτερη και τρίτη στήλη). Στη συνέχεια ακολουθήθηκε η διαδικασία που περιγράφεται στην § 6.4.2 με σκοπό να υπολογιστεί η απαιτούμενη έκθεση για το κάθε βήμα ώστε η οπτική πυκνότητα που θα προκύψει για το διάγραμμα έκθεσης να είναι $D = 1.5$. Οι υπολογισμοί αυτοί φαίνονται επίσης στον Πίνακα 6.3.

Χάραξη του διαγράμματος έκθεσης και παρατηρήσεις

Με βάση τις τιμές έκθεσης που προέκυψαν από τους προηγούμενους υπολογισμούς χαράχθηκαν τα ζητούμενα διαγράμματα έκθεσης για το PVC (βλ. Διάγραμμα 6.18) και το αλουμίνιο (βλ. Διάγραμμα 6.19). Διαπιστώνεται και από τα διαγράμματα έκθεσης που προέκυψαν, ότι όπως έχει ήδη αναφερθεί πιο πάνω, δεν μπορεί να ληφθεί ραδιογραφική εικόνα στα 20 kV με έκθεση 20 mAmín. Αυτό φαίνεται από τα διαγράμματα έκθεσης διότι με τη μείωση της υψηλής τάσης η αντίστοιχη ευθεία της υψηλής τάσης αποκτά όλο και μεγαλύτερη κλίση. Εκτιμάται ότι για υψηλή τάση 20 kV η κλίση αυτή θα γίνει κατακόρυφη με αποτέλεσμα αδυναμία υπολογισμού έκθεσης. Παρατηρώντας τις ραδιογραφικές εικόνες από τα Διαγράμματα 6.15, 6.16 και 6.17, βλέπει κανείς ότι γύρω από το αποτύπωμα του κώνου της ακτινοβολίας (σκούρος μαύρος κύκλος) υπάρχει και ένα στεφάνι μικρότερης αμαύρωσης το οποίο οφείλεται σε σκεδάσεις της ακτινοβολίας της κύριας δέσμης στην ύλη του κυλίνδρου της μηχανής ή στην ύλη του τεφλόν που βρίσκεται γύρω από τον κύλινδρο (βλ. και Διάγραμμα 6.13), ή και σε παραγωγή ακτίνων $-x$ χαμηλότερης ενέργειας και από την ύλη της ανόδου, εκτός του εστιακού σημείου.

6.5 Υπολογισμός συσχετίσεων έκθεσης από διάγραμμα έκθεσης

6.5.1 Γενικά

Είναι φανερό ότι τα διαγράμματα έκθεσης για μηχανές παραγωγής ακτίνων $-x$, είναι πολύ χρήσιμα καθώς είναι το κύριο γραφικό εργαλείο υπολογισμού της έκθεσης (δηλ. των kV ή/και των mAmín) για την πραγματοποίηση μιας ραδιογραφίας. Παρόλαυτά, όταν πρέπει να γίνει χρήση προγραμμάτων προσομοίωσης ραδιογραφίας με τη

βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, τότε τα διαγράμματα αυτά δεν είναι τόσο εύχρηστα. Οι συσχετίσεις έκθεσης που μπορούν να προκύψουν από τα διαγράμματα έκθεσης εξυπηρετεί ώστε ο υπολογισμός της έκθεσης να γίνεται μέσα από ένα προγραμματιστικό περιβάλλον. Δεδομένου ότι τα διαγράμματα έκθεσης έχουν δύο ανεξάρτητες μεταβλητές, οι οποίες μπορεί να είναι το πάχος του δοκιμίου δ (mm) και η έκθεση E (mAmin) ή το πάχος του δοκιμίου και η υψηλή τάση V (kV), η ζητούμενη μορφή των υπολογιζόμενων συσχετίσεων μπορεί να είναι:

$$V = f(\delta, E) \quad (6.3), \text{ και}$$

$$E = g(\delta, V) \quad (6.4)$$

Υπολογίσθηκαν συσχετίσεις της μορφής (6.3) και (6.4) για δύο διαγράμματα έκθεσης: αλουμινίου (βλ. και Διάγραμμα 6.20) και χάλυβα (βλ. και Διάγραμμα 6.21) για την μηχανή παραγωγής ακτίνων -x 200 kV που διαθέτει το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας, τύπου SEIFERT ERESO 42 MF3, εταιρείας κατασκευής GE Inspection Technologies. Προφανώς τα συγκεκριμένα διαγράμματα έκθεσης είναι κατάλληλα μόνο για τη συγκεκριμένου τύπου μηχανή. Η διαδικασία που ακολουθείται για τον υπολογισμό των συσχετίσεων έκθεσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί γενικά και σε άλλα διαγράμματα έκθεσης, ακόμα και σε αυτά που χαράχθηκαν πειραματικά στην προηγούμενη ενότητα.

6.5.2 Συσχετίσεις έκθεσης Αλουμινίου (Al) για μηχανή ERESO 42 MF3

Από το διάγραμμα έκθεσης του αλουμινίου για τη μηχανή παραγωγής ακτίνων -x ERESO 42 MF3, από κάθε καμπύλη υψηλής τάσης επιλέχθηκαν τέσσερα σημεία. Αυτά τα σημεία επιλέχθηκαν "με το μάτι" έτσι ώστε περίπου να ισαπέχουν πάνω στην καμπύλη και να καλύπτουν όλο το εύρος πάχους υλικού δ και εκθέσεων E που αντιστοιχούν σε αυτήν. Στη συνέχεια διαβάστηκαν από το διάγραμμα έκθεσης όλες οι συντεταγμένες [δ (mm Al), E (mAmin)] για όλα τα σημεία που επιλέχθηκαν και προέκυψε ο Πίνακας 6.4. Για το κάθε σημείο προκύπτουν τρεις συντεταγμένες που το χαρακτηρίζουν πλήρως μέσα στο διάγραμμα έκθεσης. Αυτές είναι (α) V σε kV (β) E σε mAmin και (γ) δ σε mm Al. Τα στοιχεία του Πίνακα 6.4 χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των συσχετίσεων έκθεσης της μορφής (6.3) και (6.4) με τη βοήθεια του λογισμικού Datafit. Από τους υπολογισμούς με το λογισμικό επιλέχθηκαν αυτές οι συσχετίσεις που προσεγγίζουν τα σημεία με τη μικρότερη απόκλιση, ως εξής:

$$V = a + b \cdot \delta + c \cdot E^{-1} + d \cdot \delta^2 + e \cdot E^{-2} + f \cdot \delta \cdot E^{-1} \quad (6.5)$$

όπου

$$a=34 \pm 3$$

$$b=0.5 \pm 0.1$$

$$c=70 \pm 20$$

$$d=0.003 \pm 0.001$$

$$e=-140 \pm 30$$

$$f=5.0 \pm 0.3$$

και ο συντελεστής πολλαπλής συσχέτισεως είναι ίσος με 0.99

Η επιφάνεια στο τρισδιάστατο χώρο που προέκυψε από αυτήν τη συσχέτιση φαίνεται στο Διάγραμμα 6.22.

$$\ln E = a + b \cdot \ln \delta + c \cdot \ln V + d \cdot (\ln \delta)^2 + e \cdot (\ln V)^2 + f \cdot (\ln \delta) \cdot (\ln V) \quad (6.6)$$

όπου

$$a=54 \pm 5$$

$$b=5 \pm 1$$

$$c=-25 \pm 3$$

$$d=0.63 \pm 0.08$$

$$e=3.0 \pm 0.4$$

$$f=-1.6 \pm 0.3$$

και ο συντελεστής πολλαπλής συσχέτισεως είναι ίσος με 0.99

Η επιφάνεια στο τρισδιάστατο χώρο που προέκυψε από αυτήν τη συσχέτιση φαίνεται στο Διάγραμμα 6.23

6.5.3 Συσχετίσεις έκθεσης χάλυβα (Fe) για μηχανή ERESKO 42 MF3

Από το διάγραμμα έκθεσης του χάλυβα για τη μηχανή παραγωγής ακτίνων –x ERESKO 42 MF3, από κάθε καμπύλη υψηλής τάσης επιλέχθηκαν τέσσερα σημεία. Αυτά τα σημεία επιλέχθηκαν "με το μάτι" έτσι ώστε περίπου να ισαπέχουν πάνω στην καμπύλη και να καλύπτουν όλο το εύρος πάχους υλικού δ και εκθέσεων E που αντιστοιχούν σε αυτήν. Στη συνέχεια διαβάστηκαν από το διάγραμμα έκθεσης όλες οι συντεταγμένες [δ (mm Fe), E (mAmin)] για όλα τα σημεία που επιλέχθηκαν και προέκυψε ο Πίνακας 6.5. Για το κάθε σημείο προκύπτουν τρεις συντεταγμένες που το χαρακτηρίζουν πλήρως μέσα στο διάγραμμα έκθεσης. Αυτές είναι (α) V σε kV (β) E σε mAmin και (γ) δ σε mm Fe. Τα στοιχεία του Πίνακα 6.5 χρησιμοποιήθηκαν για

τον υπολογισμό των συσχετίσεων έκθεσης της μορφής (6.3) και (6.4) με τη βοήθεια του λογισμικού Datafit. Από τους υπολογισμούς με το λογισμικό επιλέχθηκαν αυτές οι συσχετίσεις που προσεγγίζουν τα σημεία με τη μικρότερη απόκλιση, ως εξής:

$$V=a+b \cdot \delta^{-1}+c \cdot \ln E+d \cdot \delta^{-2}+e(\ln E)^2+f \cdot \ln E \delta^{-1} \quad (6.7)$$

όπου

$$a=80 \pm 10$$

$$b=130 \pm 40$$

$$c=-36 \pm 8$$

$$d=-410 \pm 80$$

$$e=17 \pm 1$$

$$f=70 \pm 10$$

και ο συντελεστής πολλαπλής συσχέτισεως είναι ίσος με 0.99

Η επιφάνεια στο τρισδιάστατο χώρο που προέκυψε από αυτήν τη συσχέτιση φαίνεται στο Διάγραμμα 6.24.

$$\ln E=a+\sum_{i=1}^5 b_i \cdot \delta^i+\sum_{j=1}^3 c_j V^j \quad (6.8)$$

όπου

$$a=12 \pm 2$$

$$b_1=1.3 \pm 0.1$$

$$b_2=-0.10 \pm 0.02$$

$$b_3=0.005 \pm 0.001$$

$$b_4=-10 \cdot 10^{-5} \pm 3 \cdot 10^{-5}$$

$$b_5=9 \cdot 10^{-7} \pm 2 \cdot 10^{-7}$$

$$c_1=-0.25 \pm 0.04$$

$$c_2=0.0012 \pm 0.0003$$

$$c_3=-2.3 \cdot 10^{-6} \pm 0.7 \cdot 10^{-6}$$

και ο συντελεστής πολλαπλής συσχέτισεως είναι ίσος με 0.99

Η επιφάνεια στο τρισδιάστατο χώρο που προέκυψε από αυτήν τη συσχέτιση φαίνεται στο Διάγραμμα 6.25.

6.6 Πίνακας και συσχέτιση ισοδύναμου πάχους

6.6.1 Πίνακας ισοδύναμου πάχους

Τα διαγράμματα έκθεσης για φωτόνια που παράγονται από μηχανές παραγωγής ακτίνων $-x$ κατασκευάζονται συνήθως για δύο υλικά αναφοράς:

(α) για το χάλυβα αν η μηχανή $-x$ λειτουργεί με υψηλή τάση ≥ 150 kV, και

(β) για το αλουμίνιο αν η μηχανή $-x$ λειτουργεί με υψηλή τάση ≤ 100 kV.

Παρόλα αυτά, τα διάφορα υλικά που πρέπει να ραδιογραφηθούν δεν είναι μόνο χάλυβας ή μόνο αλουμίνιο. Μπορεί να είναι ξεκινώντας από τα ελαφρότερα π.χ. μαγνήσιο, κράματα αλουμινίου, τιτάνιο, ανοξείδωτος χάλυβας, χαλκός, ψευδάργυρος, ορείχαλκος, ζirkόνιο, μόλυβδος και ουράνιο, αν αναφερθούν τα σημαντικότερα. Στον Πίνακα 6.6 διακρίνονται οι προσεγγιστικοί συντελεστές διόρθωσης με τους οποίους πολλαπλασιάζεται το πάχος ενός υλικού για να μας δώσει το ισοδύναμο πάχος του υλικού αναφοράς που αντιστοιχεί σε αυτό (βλ. Kutz, 2002). Οι συντελεστές αυτοί επιτρέπουν να συσχετίζονται διαφορετικά υλικά με υλικά για τα οποία διατίθενται διαγράμματα έκθεσης και έτσι να γίνονται εκτιμήσεις για τις ρυθμίσεις που χρειάζεται η ραδιογραφία των διαφορετικών αυτών υλικών. Σημειώνεται ότι πίνακες σαν τον Πίνακα 6.6 κυκλοφορούν αρκετοί λανθασμένοι στην βιβλιογραφία (βλ. π.χ. στον Quinn, 1980 και στον Bryant, 1985).

Όπως αναφέρει και ο Θεοδωρόπουλος (2009) αν ο Πίνακας 6.6 συγκριθεί με τον Πίνακα 6.7, στον οποίο παρουσιάζονται οι λόγοι των πυκνοτήτων των υλικών που αναφέρθηκαν προς τις πυκνότητες του χάλυβα και του αλουμινίου, παρατηρείται ότι οι παρουσιαζόμενοι συντελεστές, έχουν μακρινή μόνο (και όχι προφανή) σχέση με αυτούς τους λόγους. Μπορεί κανείς να πει ότι οι λόγοι πυκνοτήτων "πλησιάζουν" τις τιμές των συντελεστών διόρθωσης μόνο στην περίπτωση ακτίνων $-x$ παραγόμενων από υψηλές τάσεις κυρίως όταν τα εξεταζόμενα υλικά έχουν κοντινές πυκνότητες.

Ο πίνακας ισοδύναμου πάχους είναι πολύ χρήσιμος για τη ραδιογραφία και είναι το δεύτερο κυριότερο εργαλείο υπολογισμού της έκθεσης για την πραγματοποίηση ραδιογραφιών για ένα μεγάλο φάσμα μεταλλικών υλικών. Η χρήση του είναι αναγκαία όταν υπάρχει ανάγκη να ραδιογραφηθούν υλικά για τα οποία δεν διατίθεται διάγραμμα έκθεσης. Για τις περισσότερες μηχανές ακτίνων $-x$ διατίθενται διαγράμματα έκθεσης μόνο για το αλουμίνιο και το χάλυβα. Ο πίνακας ισοδύναμου πάχους χρησιμοποιείται ως εξής:

(α) Επιλέγεται η επιθυμητή υψηλή τάση ραδιογραφίας

(β) Αν πρέπει να ραδιογραφηθεί ένα μεταλλικό υλικό εκτός από το αλουμίνιο και το χάλυβα, τότε επιλέγεται η τιμή του πίνακα που προκύπτει αν διασταυρωθεί η στήλη της επιθυμητής τάσης με την γραμμή του υλικού.

(γ) πολλαπλασιάζεται το πάχος του υλικού προς ραδιογραφία με την τιμή του πίνακα που επιλέχθηκε προηγουμένως και προκύπτει το ισοδύναμο πάχος χάλυβα (αν η μηχανή –x θα λειτουργήσει με υψηλή τάση ≥ 150 kV), ή αλουμινίου (αν η μηχανή –x θα λειτουργήσει με υψηλή τάση ≤ 100 kV)

(δ) επιλέγεται η έκθεση με βάση το διάγραμμα έκθεσης του χάλυβα ή του αλουμινίου για την συγκεκριμένη μηχανή που θα χρησιμοποιηθεί με βάση το ισοδύναμο πάχος χάλυβα ή του αλουμινίου που προσδιορίστηκε στο προηγούμενο βήμα.

Παρόλα αυτά, όταν πρέπει να γίνει χρήση προγραμμάτων προσομοίωσης ραδιογραφίας με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, τότε ο πίνακας ισοδύναμου πάχους δεν είναι τόσο εύχρηστος. Οι συσχετίσεις ισοδύναμου πάχους που μπορούν να προκύψουν από τον πίνακα αυτόν εξυπηρετούν ώστε ο υπολογισμός της έκθεσης να γίνεται μέσα από ένα προγραμματιστικό περιβάλλον. Δεδομένου ότι ο πίνακας ισοδύναμου πάχους έχει δύο ανεξάρτητες μεταβλητές, οι οποίες μπορεί να είναι το υλικό του δοκιμίου και η υψηλή τάση V (kV), η ζητούμενη μορφή των υπολογιζόμενων συσχετίσεων ισοδύναμου πάχους μπορεί να είναι κατ' αρχήν της μορφής:

$$\mu = f(A, V) \quad (6.9)$$

όπου

μ ο συντελεστής διόρθωσης πάχους (thickness correction coefficient)

A ο μαζικός αριθμός (mass number) του ραδιογραφούμενου υλικού και

V η υψηλή τάση (kV)

6.6.2 Συσχέτιση ισοδύναμου πάχους

Στα πλαίσια της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας επιχειρήθηκε ο υπολογισμός της συσχέτισης ισοδύναμου πάχους χάλυβα με βάση τους συντελεστές διόρθωσης πάχους του Πίνακα 6.6. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε και πάλι το λογισμικό Datafit. Μετά από δοκιμές υπολογισμού της συσχέτισης αυτής παρατηρήθηκε ότι δεν ήταν δυνατόν να προκύψει συσχέτιση καλής ποιότητας της μορφής 6.9. Μετά από συζήτηση των αποτελεσμάτων στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας, ο

Καρφόπουλος (2009) πρότεινε να ληφθεί υπόψιν για τη δημιουργία της συσχέτισεως το είδος του υλικού με ισχυρότερο τρόπο, εισάγοντας στη συσχέτιση όχι μόνο τον μαζικό αριθμό A αλλά και την πυκνότητα ρ . Πράγματι, υπολογίσθηκε στη συνέχεια με πολλή επιτυχία, συσχέτιση της μορφής:

$$\mu/\rho = f(A, V) \quad (6.10)$$

Για τον υπολογισμό χρησιμοποιήθηκαν οι μαζικοί αριθμοί και οι πυκνότητες των καθαρών μεταλλικών στοιχείων του Πίνακα 6.6, σύμφωνα με τον Πίνακα 6.8, για υψηλές τάσεις μέχρι 400 kV. Τα κράματα που εμφανίζονται στον Πίνακα 6.6, δεν λήφθηκαν υπόψη επειδή ο υπολογισμός των μαζικών αριθμών τους εξαρτάται από την περιεκτικότητα του κάθε κράματος σε καθαρά μέταλλα, πληροφορία που δεν ήταν διαθέσιμη. Η συσχέτιση δίνεται από την εξίσωση:

$$\exp\left(\frac{\mu}{\rho}\right) = a + \sum_{i=1}^5 b_i \cdot A^i + \sum_{j=1}^3 c_j V^j + d \frac{A}{V} + e \frac{A}{V^2} + f \frac{A^2}{V} \quad (6.11)$$

όπου

$$a = 2.6 \pm 0.3$$

$$b_1 = -0.028 \pm 0.005$$

$$b_2 = 23 \cdot 10^{-5} \pm 4 \cdot 10^{-5}$$

$$b_3 = -6.2 \cdot 10^{-7} \pm 0.9 \cdot 10^{-7}$$

$$c_1 = -500 \pm 100$$

$$c_2 = 70 \cdot 10^3 \pm 20 \cdot 10^3$$

$$c_3 = -30 \cdot 10^5 \pm 10 \cdot 10^5$$

$$d = 3.5 \pm 0.7$$

$$e = -220 \pm 30$$

$$f = 0.002 \pm 0.001$$

και ο συντελεστής πολλαπλής συσχέτισεως είναι ίσος με 0.99.

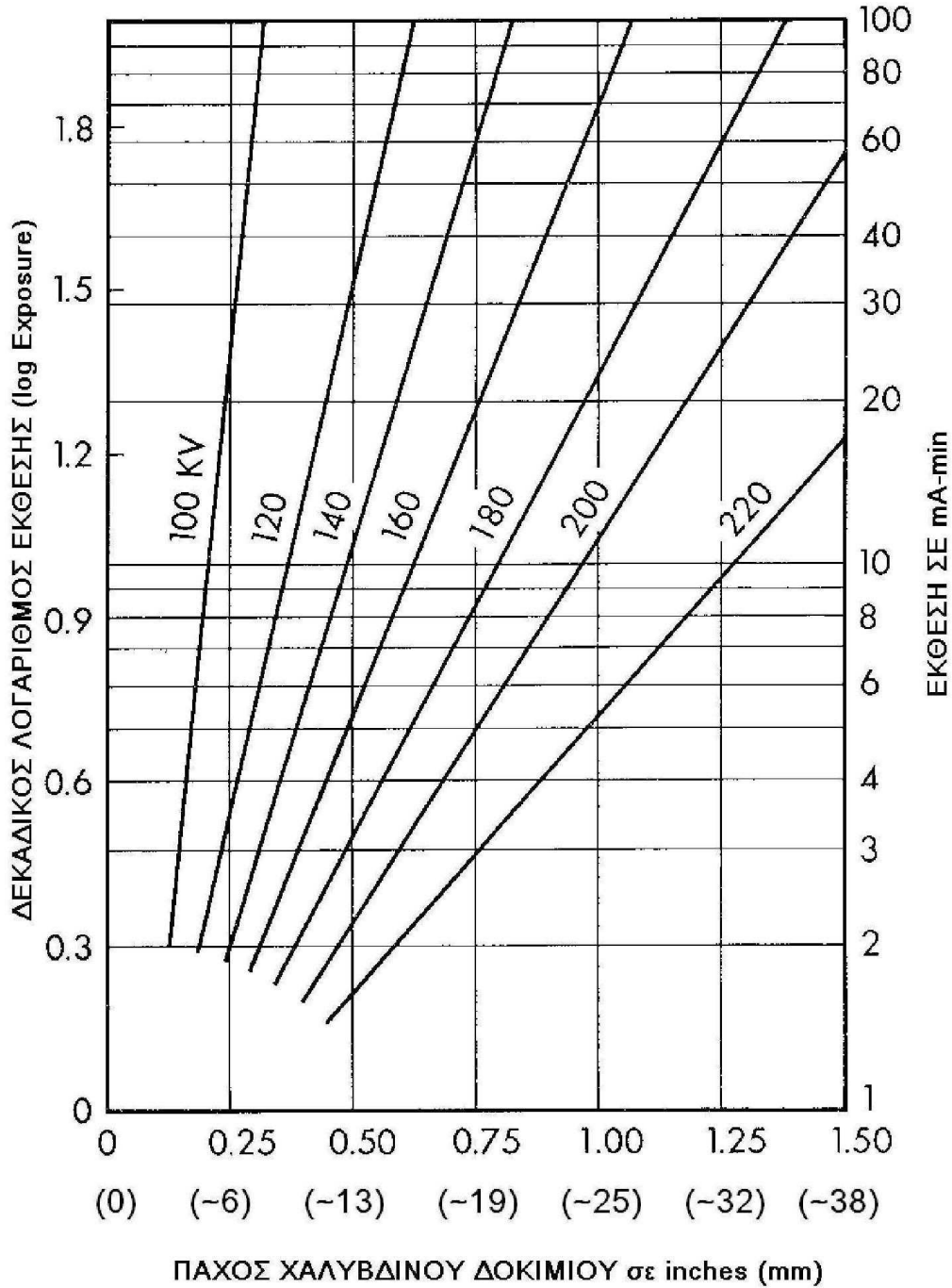
Η επιφάνεια στο τρισδιάστατο χώρο που προέκυψε από αυτήν τη συσχέτιση φαίνεται στο Διάγραμμα 6.26.

6.7 Παρατηρήσεις – σχόλια

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάσθηκε και εφαρμόσθηκε στην πράξη με μία σειρά απλών πειραμάτων ένας απλός προσεγγιστικός τρόπος χάραξης διαγράμματος έκθεσης με χρήση πειραματικών δεδομένων και της χαρακτηριστικής του φιλμ για το

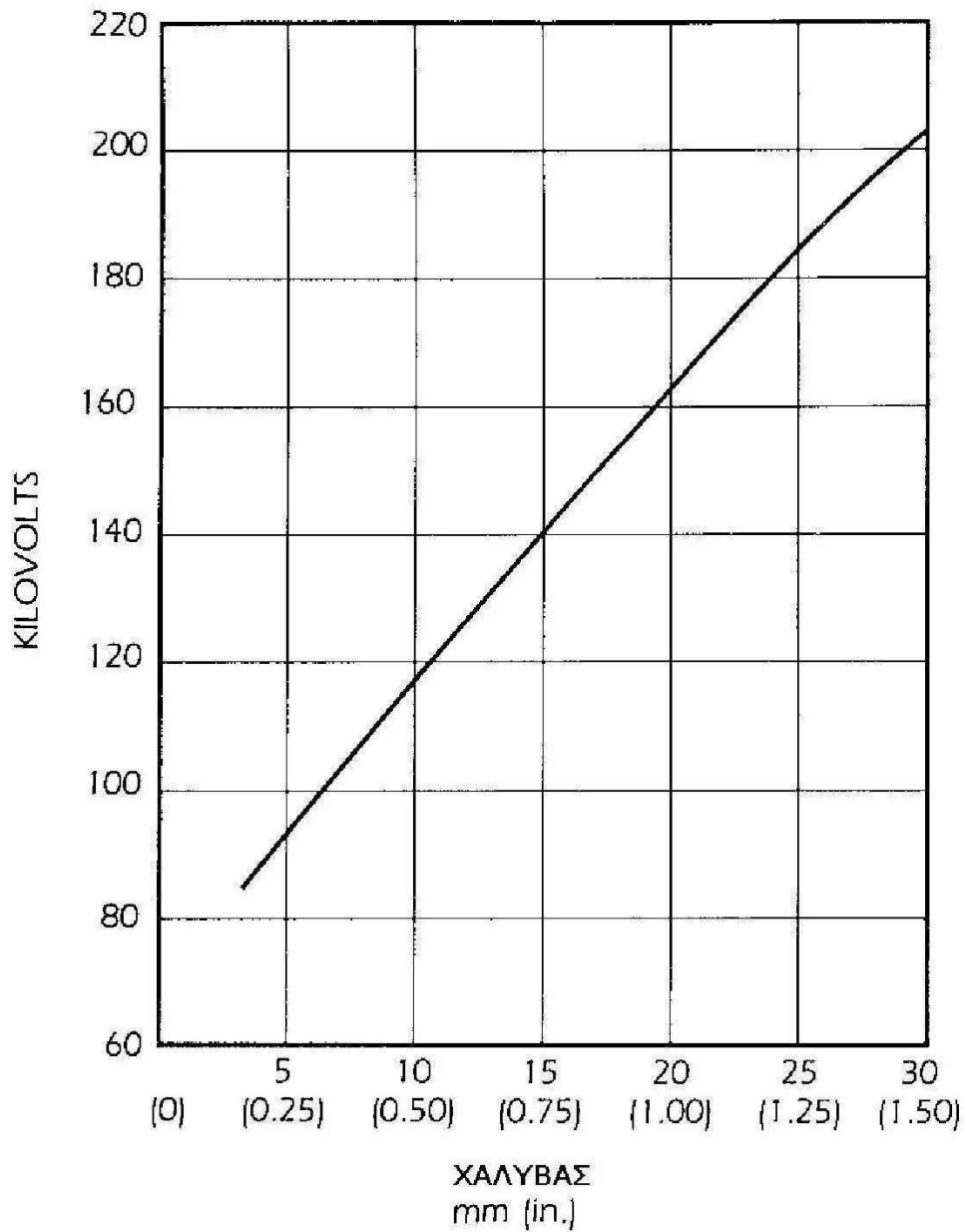
οποίο υπολογίζεται το διάγραμμα. Η συλλογή των αναγκαίων πειραματικών δεδομένων έγινε για δύο υλικά αλουμίνιο και PVC σε διάφορα πάχη με χρήση μηχανής παραγωγής ακτίνων $-x$ μικρής ενέργειας (έως το πολύ 50 kV) και φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας συγκεκριμένου τύπου. Για τους σκοπούς της εφαρμογής αυτής αντί για την ίδια την χαρακτηριστική καμπύλη του φιλμ χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία αντίστοιχη κατάλληλη συσχέτιση η οποία υπολογίσθηκε στα πλαίσια της Διπλωματικής Εργασίας. Με βάση τα διαγράμματα έκθεσης που προέκυψαν μπορούν εύκολα να υπολογίζονται εκθέσεις για τη μηχανή παραγωγής ακτίνων $-x$ που εξετάστηκε για ραδιογραφήσεις πλαστικών εξαρτημάτων μικρού πάχους (π.χ. πλακέτες ηλεκτρονικών) ή για ραδιογραφήσεις βιολογικών ιστών επίσης μικρού πάχους (π.χ. μικρά ψάρια). Στη συνέχεια εκτιμήθηκε η ακρίβεια και ο τρόπος με τα οποία μπορεί να μετατραπεί ένα διάγραμμα έκθεσης σε συσχετίσεις δύο ανεξάρτητων μεταβλητών: (α) του πάχους και της έκθεσης για τον υπολογισμό της κατάλληλης υψηλής τάσης και (β) του πάχους και της υψηλής τάσης για τον υπολογισμό της κατάλληλης έκθεσης. Εκτιμήθηκε επίσης η συσχέτιση που μπορεί να υπολογίζει προσεγγιστικά τους συντελεστές ισοδύναμης έκθεσης σε χάλυβα για διάφορα υλικά. Τονίζεται ότι δεν φαίνεται να υπάρχουν τέτοιες συσχετίσεις για τα διαγράμματα έκθεσης και για τους συντελεστές ισοδύναμης έκθεσης στην σχετική με τη βιομηχανική ραδιογραφία βιβλιογραφία.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΟΥ 6^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ



Διάγραμμα 6.1

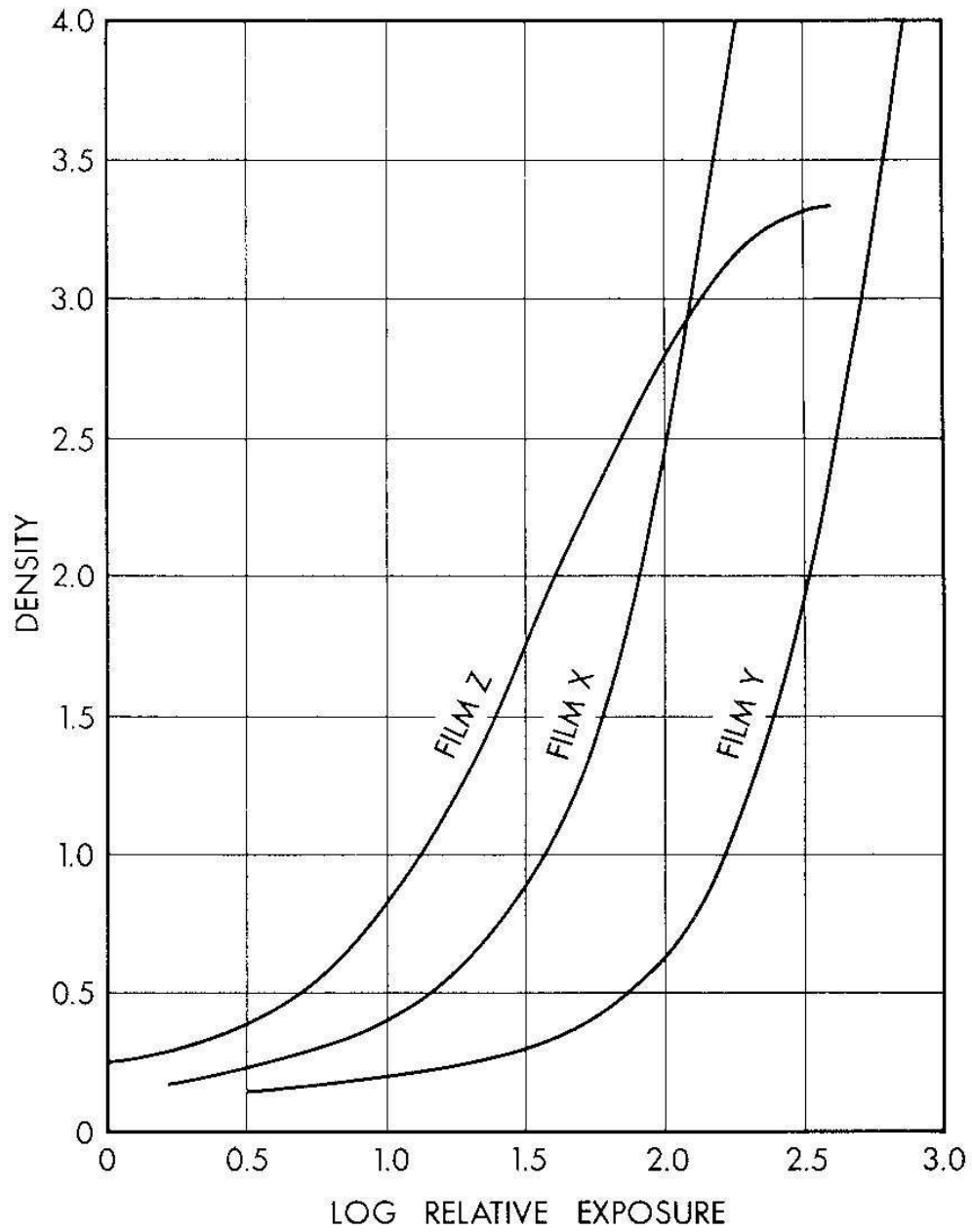
Τυπικό διάγραμμα έκθεσης για χάλυβα. Πηγή φωτονίων ακτίνων -x, Οπτική πυκνότητα 1.5, Απόσταση πηγής φωτονίων - φιλμ 40 inches (~ 1 m), Φιλμ συγκεκριμένου τύπου με ενισχυτικές οθόνες [βλ. και Quinn, 1980]



Διάγραμμα 6.2

Τυπικό διάγραμμα έκθεσης για χάλυβα. Πηγή φωτονίων ακτίνων -x, Οπτική πυκνότητα 1.5, Απόσταση πηγής φωτονίων - φιλμ 40 inches (~ 1 m), Φιλμ συγκεκριμένου τύπου με ενισχυτικές οθόνες, Σταθερή έκθεση 50 mAmin

[βλ. και Quinn, 1980]



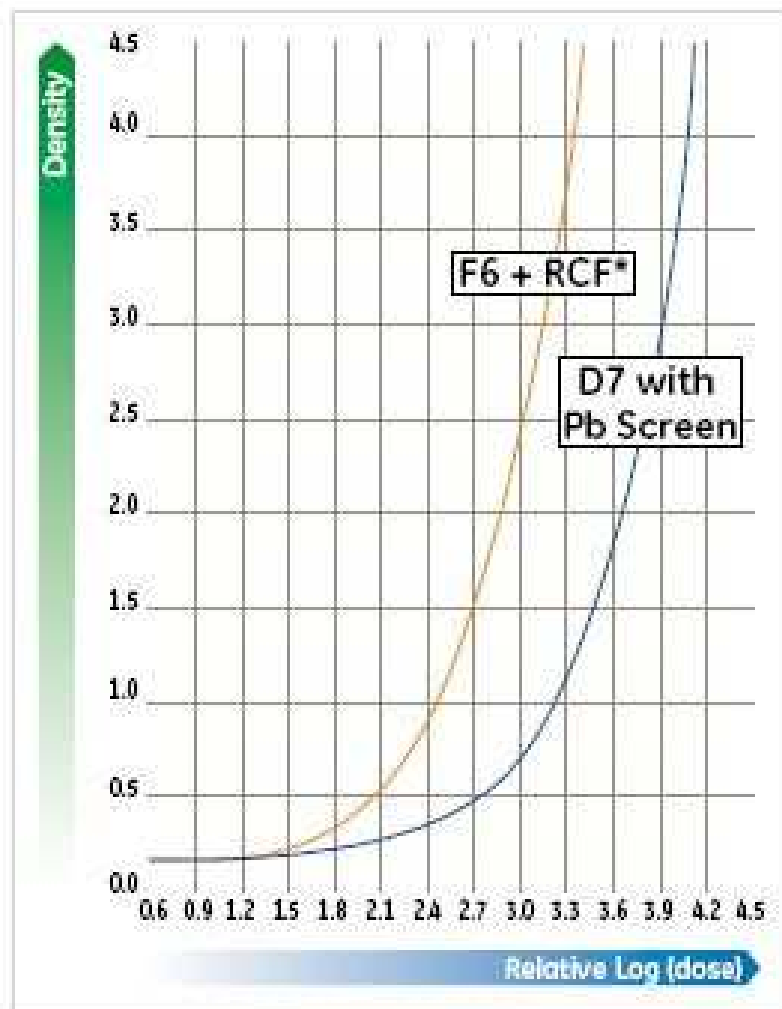
Διάγραμμα 6.3

Χαρακτηριστικές καμπύλες για διαφορετικά φιλμ X, Y και Z με ενισχυτικές οθόνες μολύβδου [βλ. και Quinn, 1980]



Διάγραμμα 6.4

Δοκίμιο τύπου κλίμακας



Διάγραμμα 6.5

Χαρακτηριστική φιλμ AGFA D7 PB (καμπύλη δεξιά)



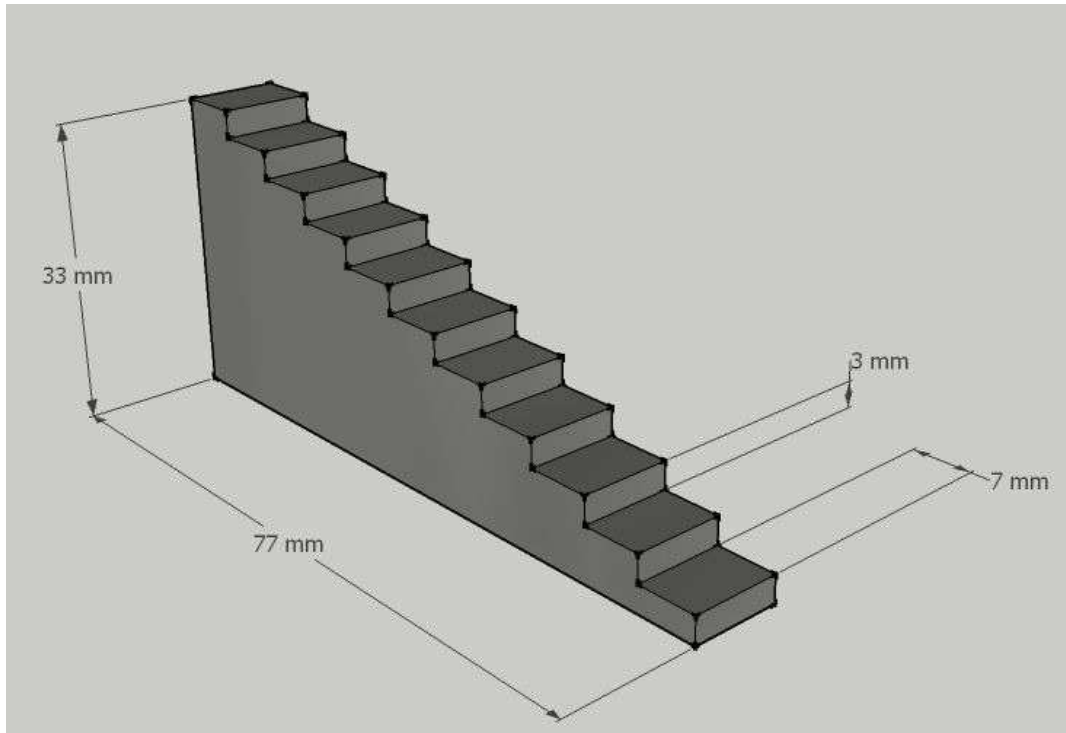
Διάγραμμα 6.6

Εγκατάσταση ελέγχου μηχανής παραγωγής ακτίνων -x τύπου OXFORD XTF 5011, εταιρείας κατασκευής X-RAY Technology Group



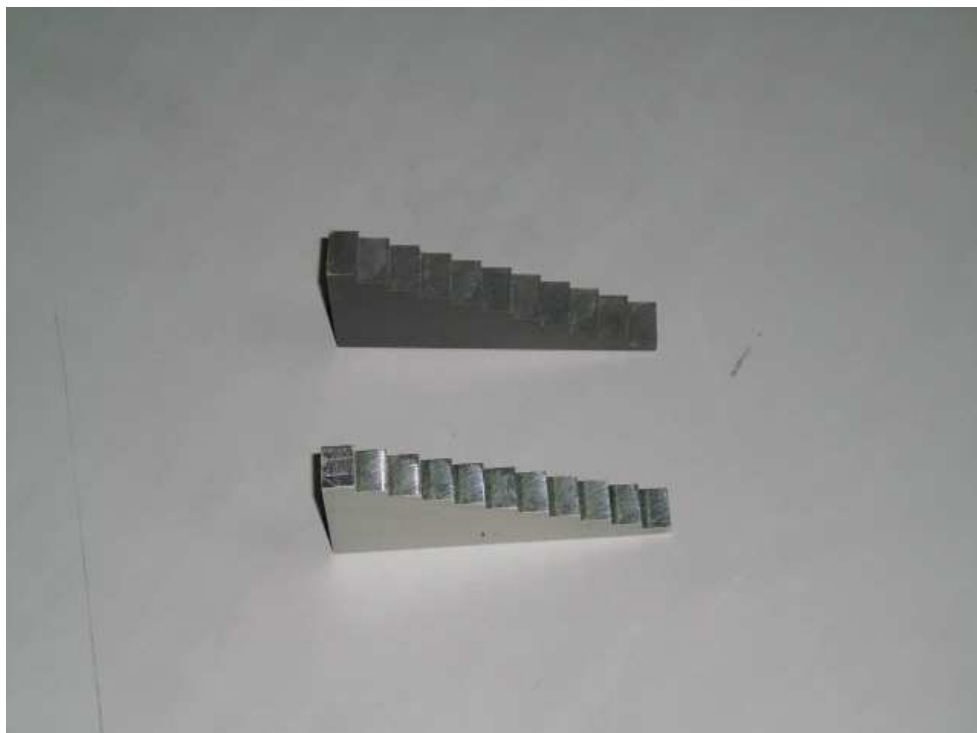
Διάγραμμα 6.7

Θερμοστοιχείο επιτηρήσεως θερμοκρασίας στην εξωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου της μηχανής παραγωγής ακτίνων -x OXFORD XTF 5011



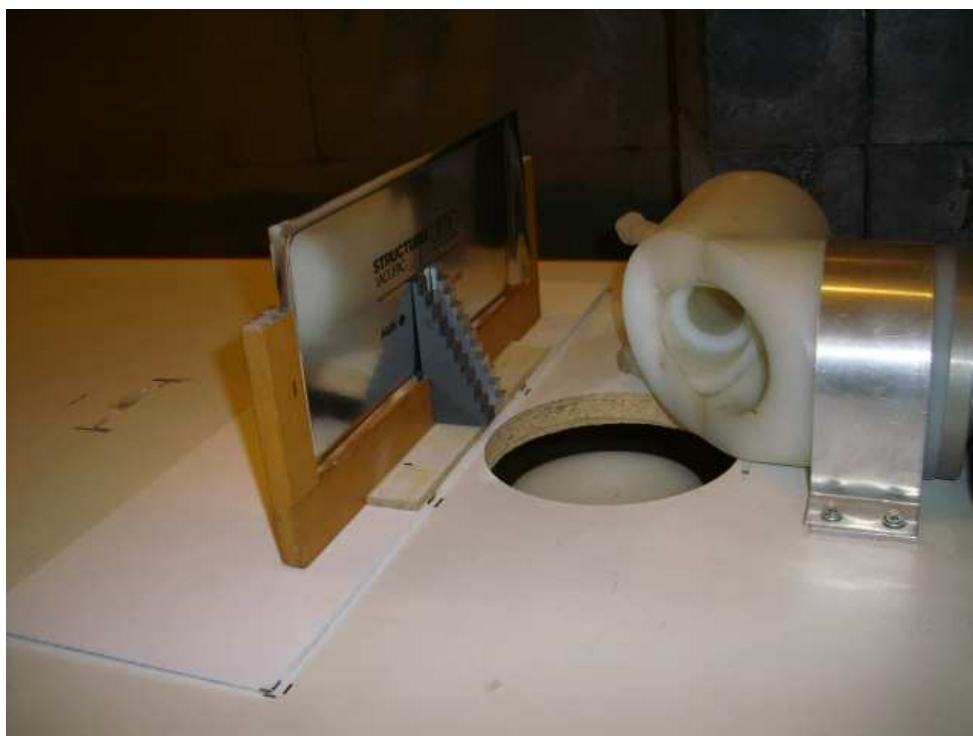
Διάγραμμα 6.8

**Σκαρίφημα δοκιμίου κλίμακας
(χάραξη με τη βοήθεια του λογισμικού GoogleSketchUp)**



Διάγραμμα 6.9

Δοκίμια κλίμακας



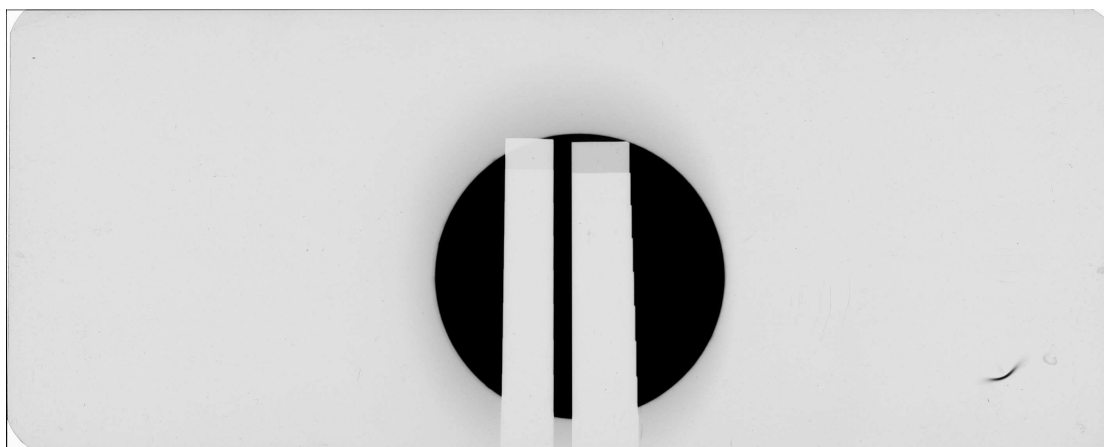
Διάγραμμα 6.10

**Πειραματική διάταξη συλλογής δεδομένων για χάραξη διαγραμμάτων έκθεσης.
Από αριστερά: (α) φιλμ, (β) δοκίμια κλίμακας, (γ) μηχανή ακτίνων -x**



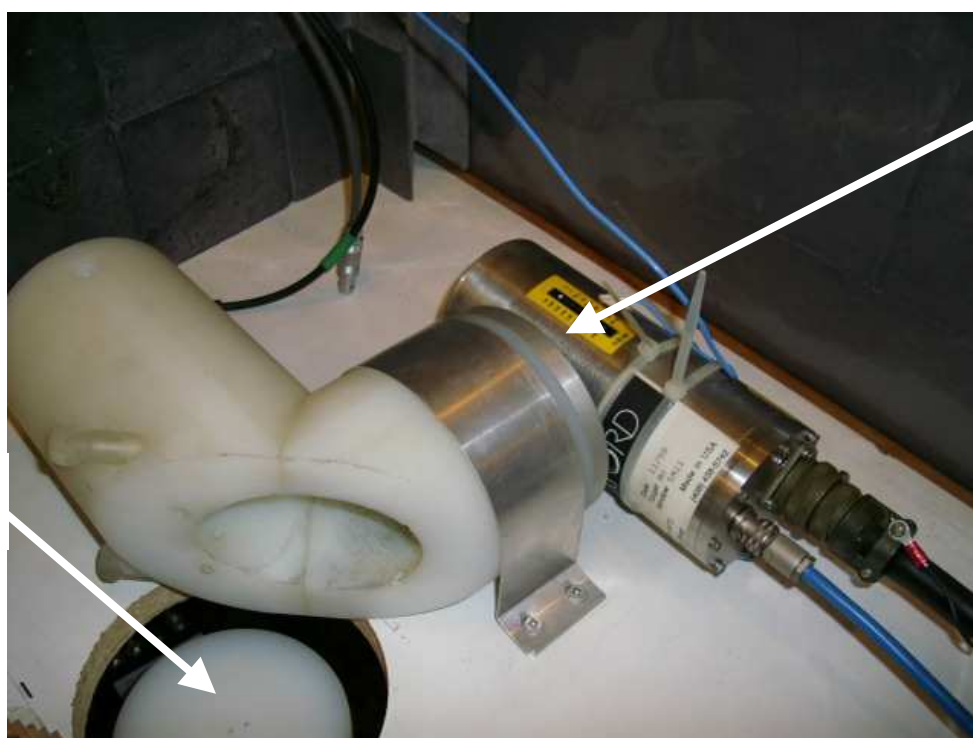
Διάγραμμα 6.11

Σειρά από οθόνες μολύβδου για την προστασία του ανιχνευτή SiLi



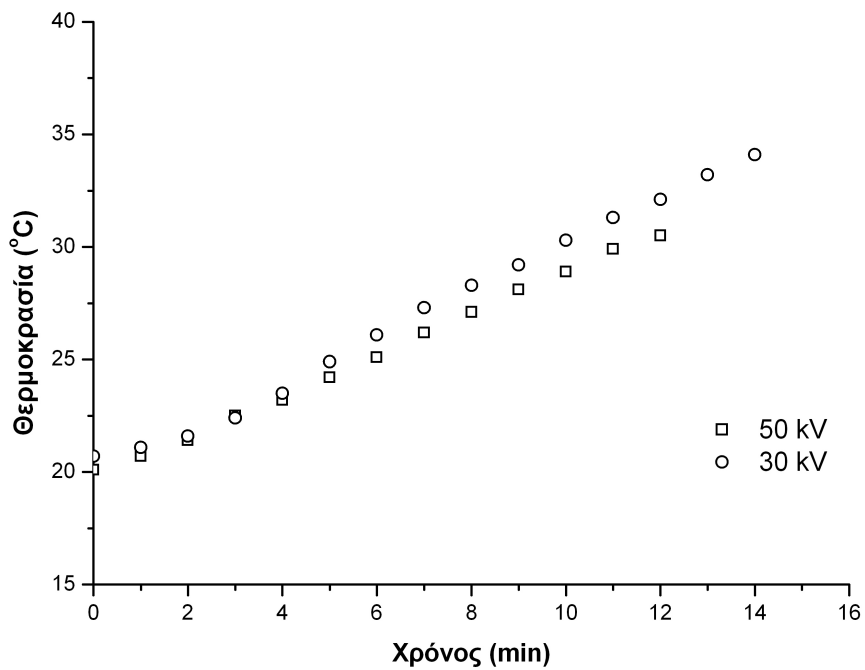
Διάγραμμα 6.12

**Διερευνητική έκθεση δοκιμίων κλίμακας στα 20 kV, έκθεση 20mAmin
(αριστερά δοκίμιο Al, δεξιά δοκίμιο PVC)**



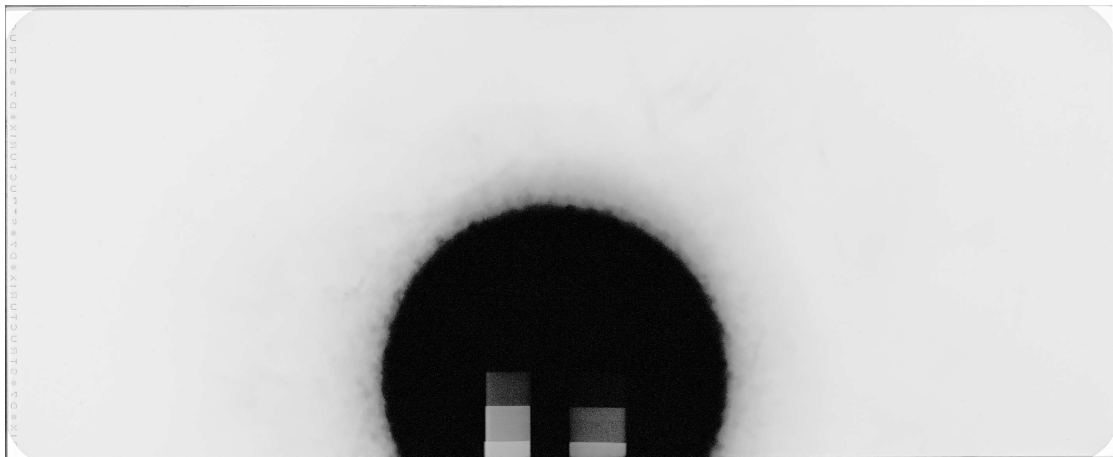
Διάγραμμα 6.13

**Υπόθεση για τη θέση του εστιακού σημείου
της μηχανής παραγωγής ακτίνων -x**



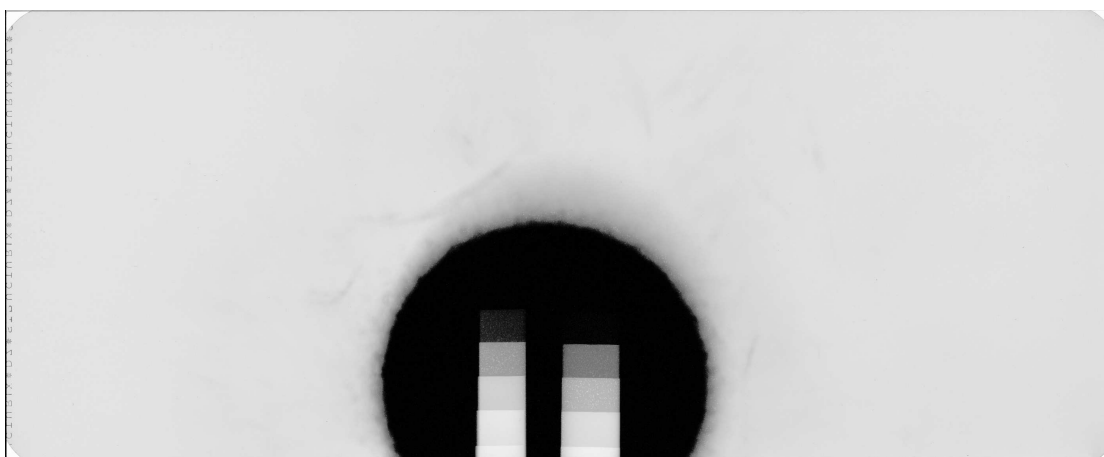
Διάγραμμα 6.14

Μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας του κυλίνδρου της μηχανής ακτίνων – x, σε συνάρτηση με το χρόνο για ισχύ 20 W (~ 1° C / min)



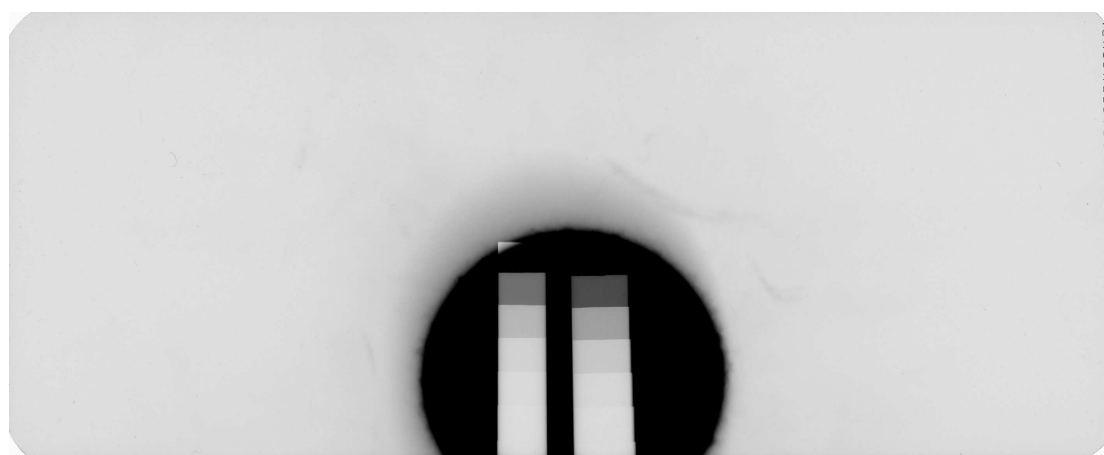
Διάγραμμα 6.15

Ραδιογραφική εικόνα από την Εκθεση "Α" 50 kV, 400 μΑ, 14 min (ισοδύναμα 50 kV, 5.6 mAmin)



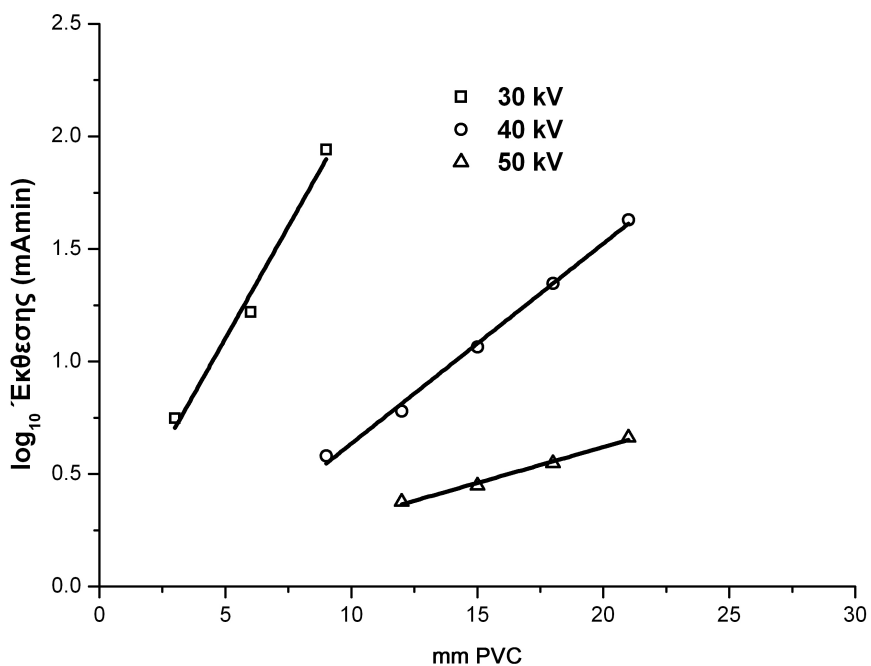
Διάγραμμα 6.16

**Ραδιογραφική εικόνα από την Εκθεση "B" 40 kV, 500 μ A, 14 min
(ισοδύναμα 40 kV, 7.0 mAmin)**



Διάγραμμα 6.17

**Ραδιογραφική εικόνα από την Εκθεση "Γ" 30 kV, 700 μ A, 16 min
(ισοδύναμα 30 kV, 11.2 mAmin)**



Διάγραμμα 6.18

Διάγραμμα έκθεσης

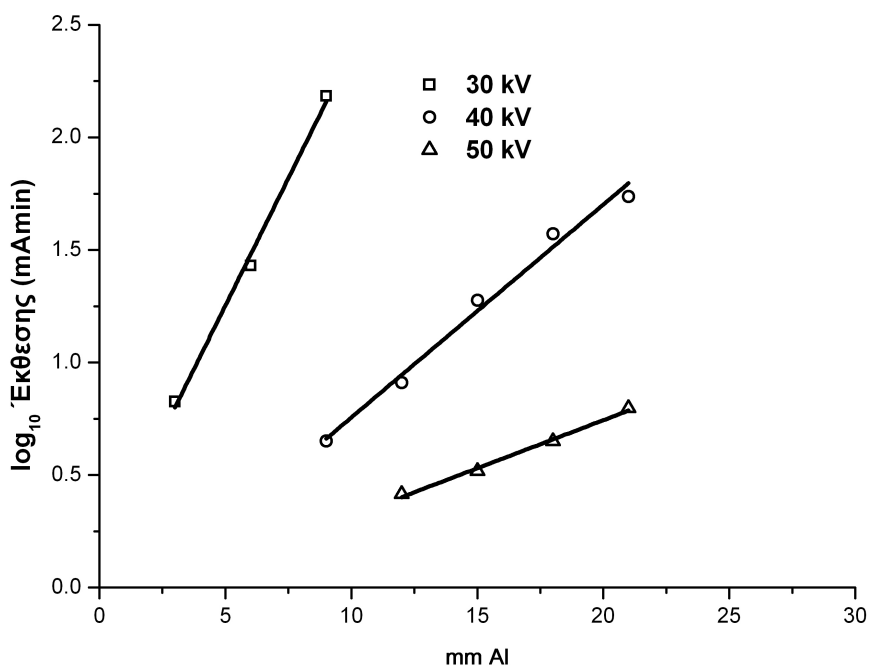
**Μηχανή παραγωγής ακτίνων -x τύπου OXFORD XTF 5011, εταιρείας
κατασκευής X-RAY Technology Group**

**Φίλμ AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB Vacurac, διαστάσεων 10x24cm με
ενισχυτικές οθόνες μολύβδου**

Οπτική Πυκνότητα D = 1.5

Απόσταση από εστιακό σημείο 25 cm

Υλικό PVC



Διάγραμμα 6.19

Διάγραμμα έκθεσης

**Μηχανή παραγωγής ακτίνων -x τύπου OXFORD XTF 5011, εταιρείας
κατασκευής X-RAY Technology Group**

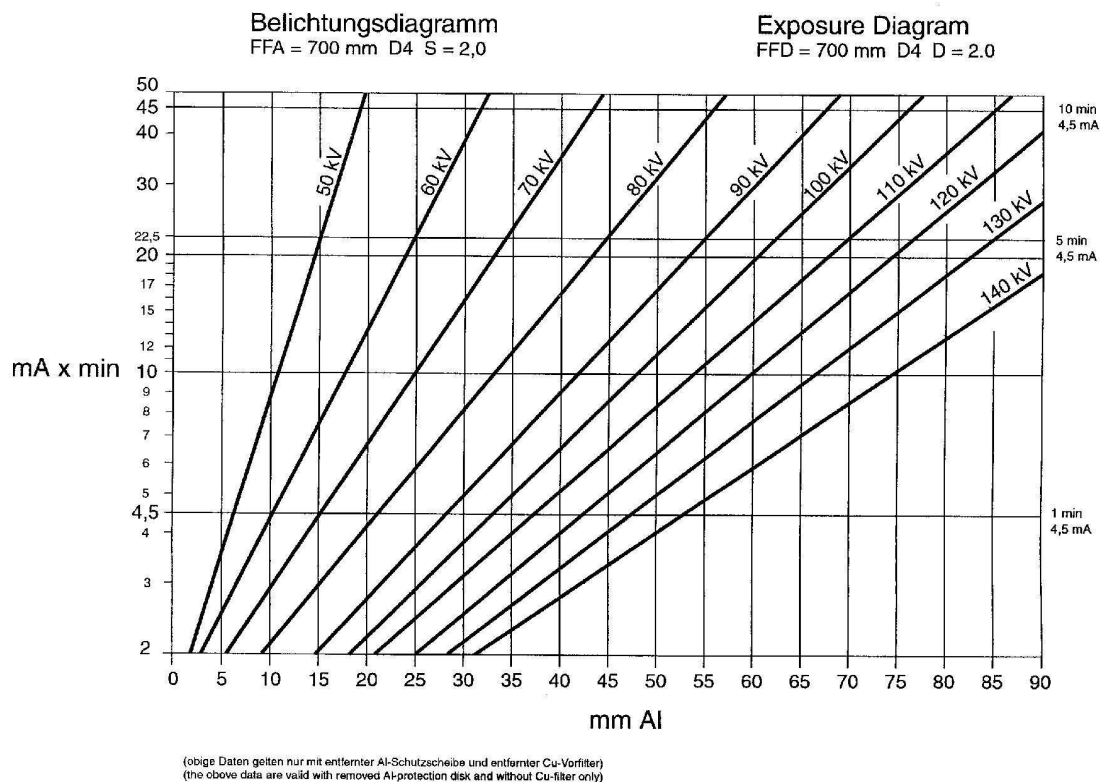
**Φίλμ AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB Vacuras, διαστάσεων 10x24cm με
ενισχυτικές οθόνες μολύβδου**

Οπτική Πυκνότητα D = 1.5

Απόσταση από εστιακό σημείο 25 cm

Υλικό Αλουμίνιο

ERESCO 42 MF3



Διάγραμμα 6.20

Διάγραμμα έκθεσης

Μηχανή παραγωγής ακτίνων -x τύπου ERESKO 42 MF3

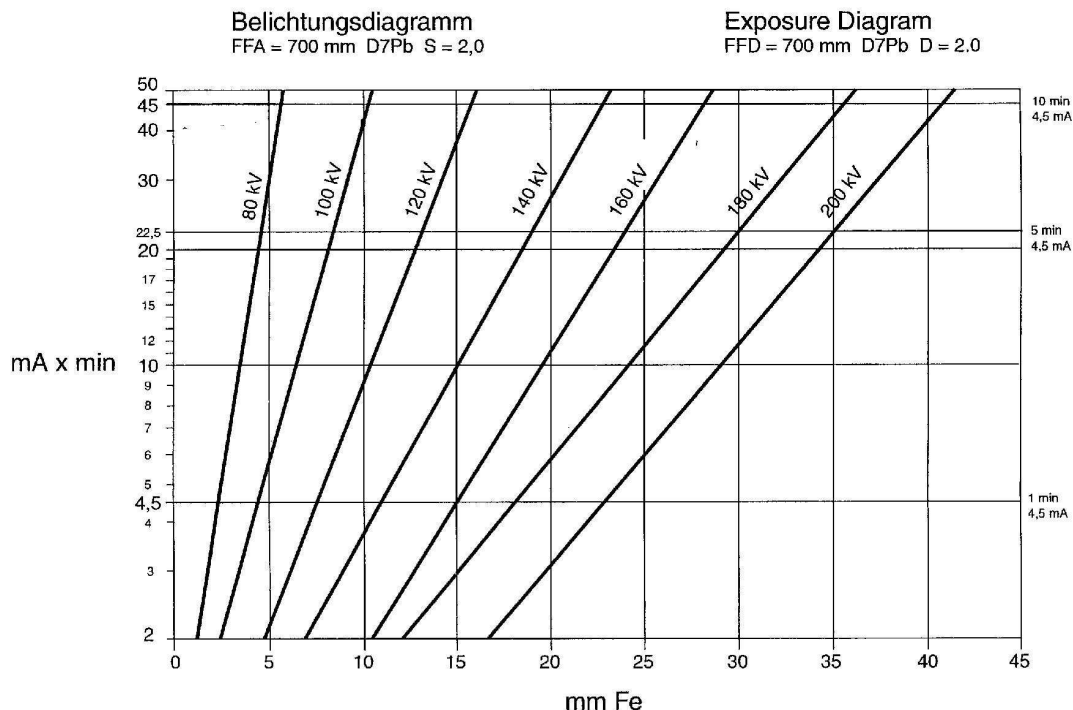
Φίλμ AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB Vacurac, με ενισχυτικές οθόνες
μολύβδου

Οπτική Πυκνότητα $D = 2$

Απόσταση από εστιακό σημείο 70 cm

Υλικό Αλουμίνιο

ERESCO 42 MF3



(obige Daten gelten nur mit entfernter Al-Schutzscheibe und entfernter Cu-Vorfilter)
(the above data are valid with removed Al-protection disk and without Cu-filter only)

Διάγραμμα 6.21

Διάγραμμα έκθεσης

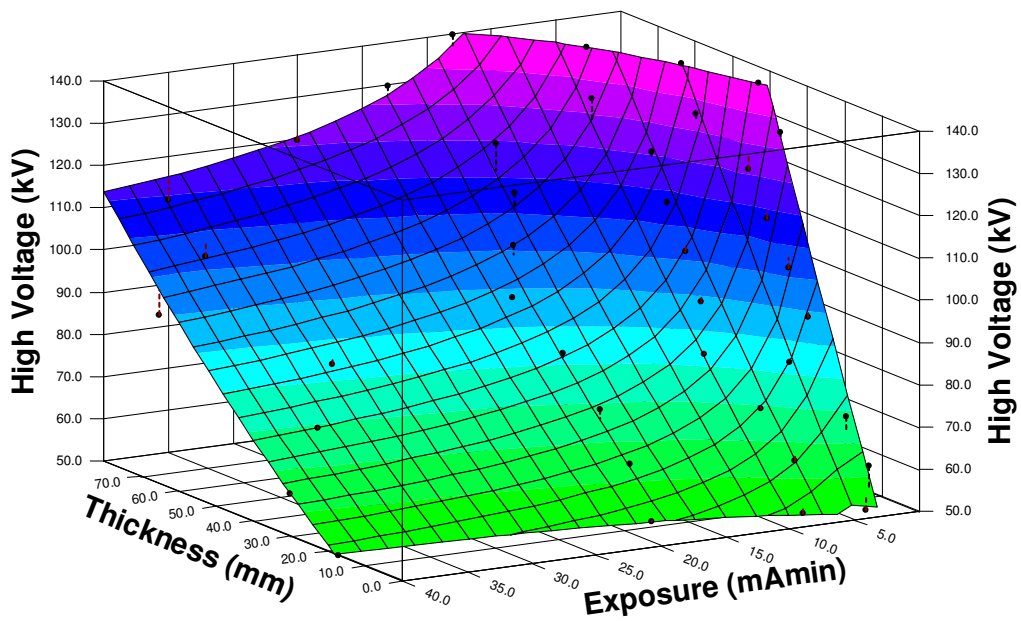
Μηχανή παραγωγής ακτίνων -x τύπου ERESKO 42 MF3

Φίλμ AGFA STRUCTURIX τύπου D7 PB Vacupac, με ενισχυτικές οθόνες
μολύβδου

Οπτική Πυκνότητα D = 2

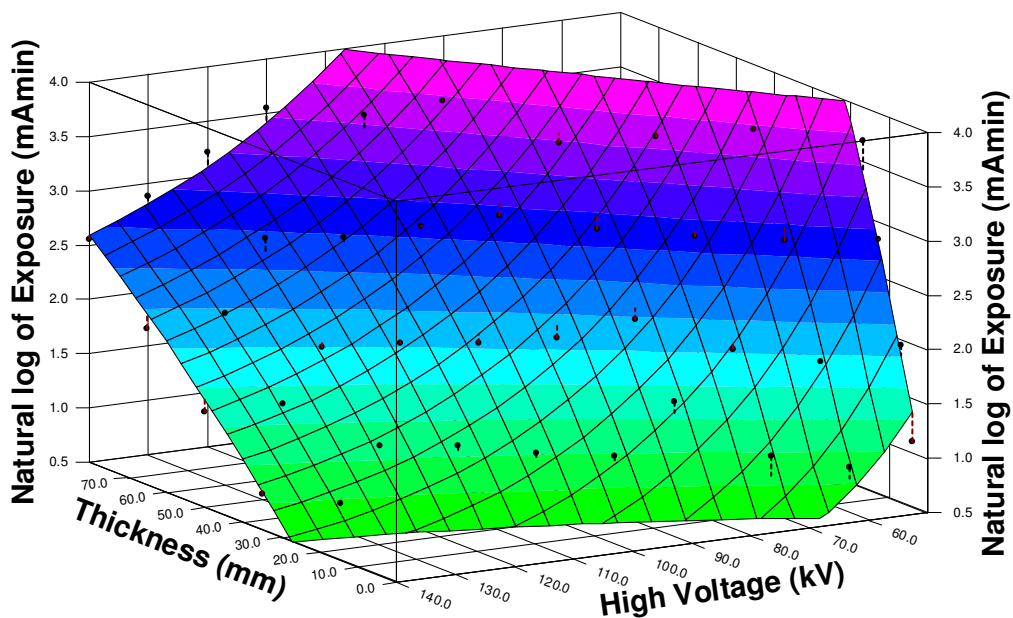
Απόσταση από εστιακό σημείο 70 cm

Υλικό Χάλυβας



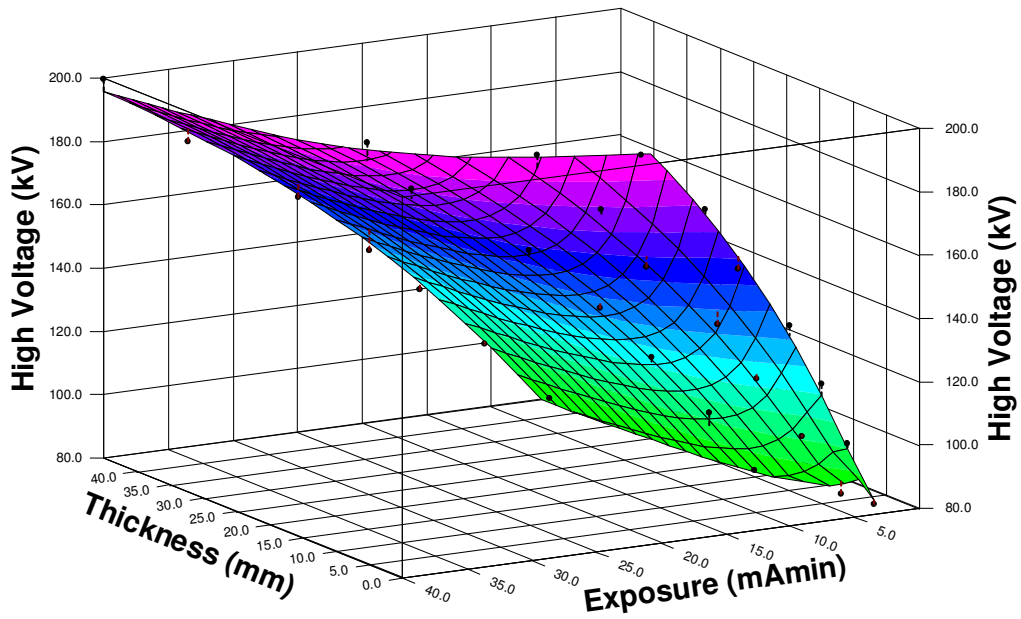
Διάγραμμα 6.22

Επιφάνεια στο τρισδιάστατο χώρο που προέκυψε από τη συσχέτιση 6.5



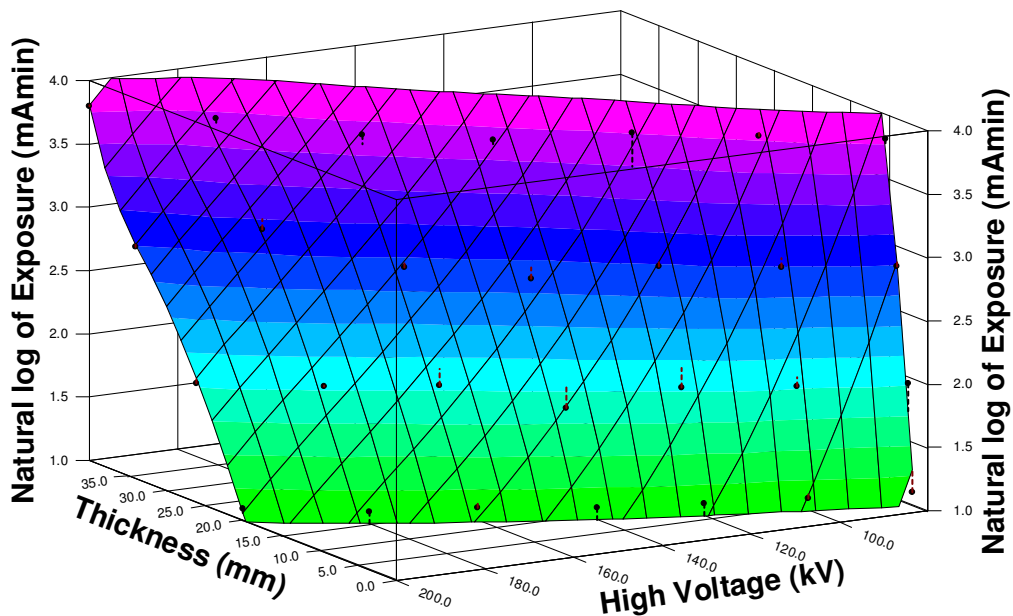
Διάγραμμα 6.23

Επιφάνεια στο τρισδιάστατο χώρο που προέκυψε από τη συσχέτιση 6.6



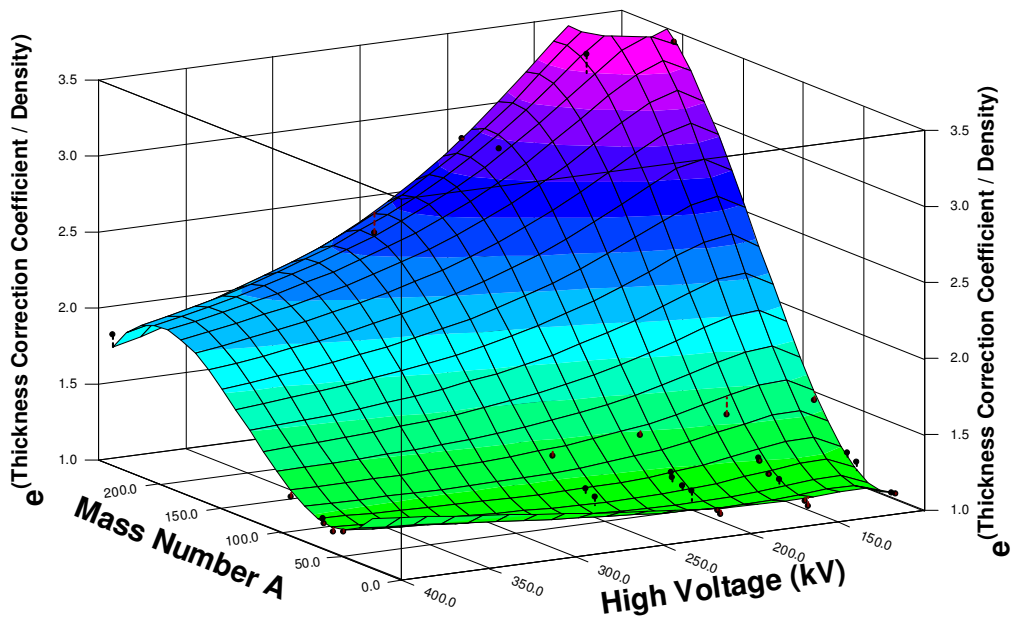
Διάγραμμα 6.24

Επιφάνεια στο τρισδιάστατο χώρο που προέκυψε από τη συσχέτιση 6.7



Διάγραμμα 6.25

Επιφάνεια στο τρισδιάστατο χώρο που προέκυψε από τη συσχέτιση 6.8



Διάγραμμα 6.26

Επιφάνεια στο τρισδιάστατο χώρο που προέκυψε από τη συσχέτιση 6.11

ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΟΥ 6^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Υλικό	Πάχος βήματος (mm)	Μετρούμενη οπτική πυκνότητα στο βήμα (D)	Τετμημένη A (βλ. § 6.4.2)	Τετμημένη B (βλ. § 6.4.2) για οπτική πυκνότητα D = 1.5	Διαφορά d=B-A	Πολλαπλασιαστής z=10d (βλ. § 6.4.2)	Δορθωμένη έκθεση (mAmin) (E'=z*5.6) για οπτική πυκνότητα D = 1.5
PVC	12	4.88	-	-	-	-	-
	15	3.44	3.95	3.65	-0.30	0.50	2.81
	18	2.43	3.85	3.65	-0.20	0.63	3.53
	21	1.80	3.74	3.65	-0.09	0.82	4.59
Al	12	4.01	-	-	-	-	-
	15	2.67	3.88	3.65	-0.23	0.59	3.29
	18	1.85	3.75	3.65	-0.10	0.80	4.47
	21	1.37	3.60	3.65	0.05	1.12	6.26

Πίνακας 6.1

Επεξεργασία πειραματικών αποτελεσμάτων για την Έκθεση "Α". Η δεύτερη και η τελευταία στήλη χρησιμοποιούνται για τη χάραξη των ζητούμενων διαγραμμάτων έκθεσης στα 50 kV. Τα κενά αντιστοιχούν σε τιμές που δεν μπορούν να υπολογισθούν από την χαρακτηριστική καμπύλη του φιλμ (D > 3.5, βλ. και § 6.4.3)

Υλικό	Πάχος βήματος (mm)	Μετρούμενη οπτική πυκνότητα στο βήμα (D)	Τετμημένη A (βλ. § 6.4.2)	Τετμημένη B (βλ. § 6.4.2) για οπτική πυκνότητα D = 1.5	Διαφορά d=B-A	Πολλαπλασιαστής z=10d (βλ. § 6.4.2)	Δορθωμένη έκθεση (mAmin) (E'=z*7.0) για οπτική πυκνότητα D = 1.5
PVC	9	3.00	3.92	3.65	-0.26	0.54	3.80
	12	1.72	3.72	3.65	-0.07	0.86	6.01
	15	1.04	3.43	3.65	0.22	1.66	11.60
	18	0.73	3.15	3.65	0.50	3.17	22.20
	21	0.55	2.87	3.65	0.78	6.09	42.60
Al	9	2.39	3.85	3.65	-0.20	0.64	4.46
	12	1.33	3.59	3.65	0.06	1.16	8.13
	15	0.79	3.22	3.65	0.43	2.70	18.91
	18	0.58	2.92	3.65	0.73	5.33	37.34
	21	0.50	2.76	3.65	0.89	7.79	54.55

Πίνακας 6.2

Επεξεργασία πειραματικών αποτελεσμάτων για την Έκθεση "B". Η δεύτερη και η τελευταία στήλη χρησιμοποιούνται για τη χάραξη των ζητούμενων διαγραμμάτων έκθεσης στα 40 kV

Υλικό	Πάχος βήματος (mm)	Μετρούμενη οπτική πυκνότητα στο βήμα (D)	Τετμημένη A (βλ. § 6.4.2)	Τετμημένη B (βλ. § 6.4.2) για οπτική πυκνότητα D = 1.5	Διαφορά d=B-A	Πολλαπλασιαστής z=10d (βλ. § 6.4.2)	Δορθωμένη έκθεση (mAmin) (E'=z*11.2) για οπτική πυκνότητα D = 1.5
PVC	3	3.47	3.95	3.65	-0.30	0.50	5.59
	6	1.12	3.48	3.65	0.17	1.48	16.54
	9	0.50	2.76	3.65	0.89	7.79	87.28
Al	3	2.60	3.87	3.65	-0.22	0.60	6.71
	6	0.84	3.27	3.65	0.38	2.40	26.89
	9	0.41	2.52	3.65	1.13	13.64	152.75

Πίνακας 6.3

Επεξεργασία πειραματικών αποτελεσμάτων για την Έκθεση "Γ". Η δεύτερη και η τελευταία στήλη χρησιμοποιούνται για τη χάραξη των ζητούμενων διαγραμμάτων έκθεσης στα 30 kV

Καμπύλη	Τάση (kV)	Έκθεση (mAmin)	Πάχος Αλουμινίου (mm)
1(για 140 kV)	140	2.3	35
	140	4	50
	140	7	65
	140	13	80
2 (για 130 kV)	130	2.1	30
	130	4.3	45
	130	8	60
	130	18	80
3 (για 120 kV)	120	3.1	35
	120	6.3	50
	120	14	65
	120	25	80
4 (για 110 kV)	110	3.1	30
	110	6.5	45
	110	14	60
	110	35	80
5 (για 100 kV)	100	2.9	25
	100	6.5	40
	100	15.5	55
	100	35	70
6 (για 90 kV)	90	2.8	20
	90	6.8	35
	90	17	50
	90	40	65
7 (για 80 kV)	80	4.3	20
	80	8	30
	80	16	40
	80	31	50
8 (για 70 kV)	70	2.8	10
	70	6.5	20
	70	16	30
	70	35	40
9 (για 60 kV)	60	2.5	5
	60	6	12.5
	60	16	22
	60	40	30
10 (για 50 kV)	50	3	4
	50	7	7
	50	17	13
	50	40	17

Πίνακας 6.4

Συντεταγμένες των σημείων που επιλέχθηκαν από το διάγραμμα έκθεσης αλουμινίου για τη μηχανή παραγωγής ακτίνων -x ERESKO 42 MF3

Καμπύλη	Τάση (kV)	Έκθεση (mAmin)	Πάχος Αλουμινίου (mm)
1(για 200kV)	200	3	20
	200	7	26
	200	17	34
	200	45	40
2 (για 180 kV)	180	3	15
	180	7	21
	180	20	29
	180	42	35
3 (για 160 kV)	160	3	12.5
	160	7	17.5
	160	16	22
	160	40	27.5
4 (για 140 kV)	140	3	8.5
	140	6	12.5
	140	15	17
	140	40	22
5 (για 120 kV)	120	3	6
	120	7	9
	120	17	12
	120	45	15.5
6 (για 100 kV)	100	3	4
	100	7	5.5
	100	17	7.5
	100	45	10.5
7 (για 80 kV)	80	3	2
	80	7	2.5
	80	17	4
	80	45	5.5

Πίνακας 6.5

Συντεταγμένες των σημείων που επιλέχθηκαν από το διάγραμμα έκθεσης του χάλυβα για τη μηχανή παραγωγής ακτίνων -x ERESKO 42 MF3

Υλικό / Υψηλή τάση	100 kV	150 kV	200 kV	250 kV	400 kV
Μαγνήσιο	0.05	0.05	0.08	-	-
Αλουμίνιο	0.08	0.12	0.18	-	-
Κράμα Αλουμινίου (κράμα)	0.1	0.14	0.18	-	-
Τιτάνιο	-	0.54	0.54	-	0.71
Ατσάλι	1	1	1	1	1
Χαλκός	1.5	1.6	1.4	1.4	1.4
Ψευδάργυρος	-	1.4	1.3	-	1.3
Ορείχαλκος (κράμα)	-	1.4	1.3	-	1.3
Inconel Xb (κράμα)	-	1.4	1.3	-	1.3
Monel (κράμα)	1.7	-	1,2	-	-
Ζιρκόνιο	2.4	2.3	2	1.7	1.5
Μόλυβδος	14	14	12	-	-
Halfnium (κράμα)	-	-	14	12	9
Ουράνιο	-	-	20	16	12

Πίνακας 6.6

Πίνακας ισοδύναμου πάχους (σύμφωνα με τον Kutz, 2002)

Υλικό (g/cm ³)	Μαγνήσιο (1.7)	Αλουμίνιο (2.7)	Τιτάνιο (4.5)	Χάλυβας (7.8)	Κράμα 18-8 (8.0)	Χαλκός (8.9)	Ψευδάργυρος (7.1)	Ορείχαλκος (8.6)	Ζιρκόνιο (6.5)	Μόλυβδος (11.3)	Ουράνιο (18.9)
Μαγνήσιο	1.00	1.60	2.65	4.68	4.70	5.23	4.18	5.06	3.82		
Αλουμίνιο	0.63	1.00	1.65	2.88	2.96	3.30	2.63	3.18			
Τιτάνιο	0.38	0.60	1.00	1.73	1.78	1.98	1.58	1.91			
Χάλυβας	0.22	0.35	0.58	1.00	1.02	1.14	0.91	1.10			
Κράμα 18-8 (χάλυβας)	0.21	0.34	0.56	0.97	1.00	1.11	0.89	1.07			
Χαλκός	0.19	0.30	0.50	0.88	0.90	1.00	0.80	0.97			
Ψευδάργυρος	0.23	0.38	0.63	1.10	1.13	1.25	1.00	1.21			
Ορείχαλκος	0.19	0.31	0.52	0.91	0.93	1.03	0.82	1.00			
Ζιρκόνιο			0.69	1.28	1.23	1.37	1.09	1.32	1.0		
Μόλυβδος	0.15	0.24	0.40	0.69	0.71	0.79	0.63	0.76		1.0	
Ουράνιο	0.09	0.14	0.23	0.41	0.42	0.47	0.37	0.45			1.0

Πίνακας 6.7

Λόγοι των πυκνοτήτων των υλικών του Πίνακα 6.6 προς τις πυκνότητες του χάλυβα και του αλουμινίου
[βλ. και Πετρόπουλος, 2009]

Υλικό	Μαζικός αριθμός	Πυκνότητα (g cm⁻³)
Μαγνήσιο	24	1.738
Αλουμίνιο	27	2.7
Τιτάνιο	48	4.506
Ατσάλι	56	7.87
Χαλκός	64	8.92
Ψευδάργυρος	65	7.14
Ζιρκόνιο	91	6.52
Μόλυβδος	207	11.35
Ουράνιο	238	19.1

Πίνακας 6.8

Μαζικός αριθμός και πυκνότητα των στοιχείων του Πίνακα 6.6

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Σύμφωνα με τα όσα παρουσιάσθηκαν και αναλύθηκαν στα προηγούμενα Κεφάλαια στα πλαίσια της παρούσης ΔΕ προέκυψαν συμπεράσματα, τα κυριότερα σημεία των οποίων μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

(α) Σχετικά με την εμφάνιση φιλμ, γενικά:

Οι εγκαταστάσεις εμφάνισης φιλμ στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας είναι κατάλληλες και ικανές για την πλήρη εξυπηρέτηση εμφάνισης φιλμ για τις ανάγκες εφαρμογών βιομηχανικής ραδιογραφίας. Τόσο από την αυτόματη, όσο και από τη χειροκίνητη εμφάνιση φιλμ φαίνεται να προκύπτουν ραδιογραφικές εικόνες της ίδιας ποιότητας για τις ίδιες συνθήκες έκθεσης. Από τα φιλμ που δοκιμάσθηκαν, το πλέον γρήγορο και πρακτικά αξιοποιήσιμο για εφαρμογές αυτοραδιογραφίας ή για εφαρμογές ραδιογραφίας με πηγές φωτονίων μικρής ραδιενέργειας είναι το οδοντιατρικό φιλμ "δήξεως". Εξαιτίας των καλών χαρακτηριστικών του ταχύτητας προτείνεται να χρησιμοποιείται για αντίστοιχη εργαστηριακή εξάσκηση σε προπτυχιακό ή/και μεταπτυχιακό επίπεδο. Επιπλέον τα εμπορικά φιλμ βιομηχανικής ραδιογραφίας αποδείχθηκαν απόλυτα κατάλληλα για τις εφαρμογές για τις οποίες έχουν σχεδιασθεί και κατασκευασθεί.

(β) Σχετικά με την εσωτερική οικονομία της διαδικασίας εμφάνισης

Προτείνεται η χρήση της χειροκίνητης εμφάνισης αν στην εγκατάσταση παράγονται λίγα φιλμ για εμφάνιση σε μεγάλο χρονικό διάστημα. Η αυτόματη εμφάνιση με τη χρήση εμφανιστηρίου είναι κατάλληλη όταν υπάρχει ποσότητα φιλμ προς εμφάνιση σε μικρό χρονικό διάστημα.

(γ) Σχετικά με ερευνητική εφαρμογή με τη βοήθεια της αυτοραδιογραφίας

Η αυτοραδιογραφία με πηγές φωτονίων σημειακές ή με όγκο και με μικρή ραδιενέργεια είναι σχετικά δύσκολη και δεν μπορεί κατ'αρχήν να γίνεται σε μικρούς χρόνους. Τα φιλμ που πρέπει να χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές αυτοραδιογραφίας καλό είναι να είναι σχετικά "γρήγορα". Η αυτοραδιογραφία με πηγές σωματιδιακής ακτινοβολίας α ή/και β ακόμα και μικρής ραδιενέργειας είναι σχετικά ευκολότερη και μπορεί κατ'αρχήν να γίνεται σε μικρότερους

χρόνους, ανεξάρτητα από το είδος του χρησιμοποιούμενου φιλμ. Η εφαρμογή αυτοραδιογραφίας που προτείνεται από τον Kerkaroly (2005) παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον και για το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας. Συγκεκριμένα ο Kerkaroly (2005) διαπιστώνει την ύπαρξη "hot particles" που εκπέμπουν σωματιδιακή ακτινοβολία α ή/και β σε δείγματα εδάφους, απλώνοντάς τα σε λεπτό διαμερισμό πάνω σε γυμνό (χωρίς ενισχυτικές οθόνες) "γρήγορο" φιλμ για μεγάλα χρονικά διαστήματα της τάξεως των 50 ημερών προφανώς σε συνθήκες φωτισμού σκοτεινού θαλάμου. Προτείνεται ότι η μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί και για την διαπίστωση της ύπαρξης "hot particles" (π.χ. Am-241 και Sr-90) από το ατύχημα του Chernobyl σε δείγματα επιφανειακού και άλλου εδάφους της Ελλάδας που έχουν συλλεγεί ήδη στο Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας και για τα οποία υπάρχουν δημοσιευμένα στοιχεία ότι έχει βρεθεί τουλάχιστον Am-241 (βλ. και Simopoulos, 1989).

(δ) Σχετικά με τη μέθοδο μέτρησης της αμαύρωσης

Μπορεί κανείς να πει ότι η οπτική μέθοδος μέτρησης της αμαύρωσης είναι πολύ καταλληλότερη από την ψηφιακή μέτρηση μέσω σαρωτή. Αυτό οφείλεται αποκλειστικά στην κακή ποιότητα του σαρωτή που δοκιμάσθηκε. Προτείνεται για την αναβάθμιση της ψηφιοποίησης ραδιογραφικής εικόνας από φιλμ να προμηθευθεί σύντομα ο Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας έναν επαγγελματικό σαρωτή φιλμ, με τον οποίο η ψηφιακή μέτρηση της αμαύρωσης αλλά και άλλες εφαρμογές –όπως η ψηφιοποίηση ραδιογραφικής εικόνας από φιλμ σε ηλεκτρονικό αρχείο- να γίνονται καλύτερα, ταχύτερα και αποδοτικότερα. Εναλλακτικά προτείνεται η απευθείας λήψη της της ραδιογραφικής εικόνας σε ηλεκτρονική μορφή χωρίς τη μεσολάβηση φιλμ μέσω κατάλληλων μεταλλακτών εικόνας. Την αναβάθμιση αυτή επρότεινε ήδη ο Θεοδωρόπουλος (2009) στην Διπλωματική του Εργασία. Εκτιμάται ότι και οι δύο προτεινόμενοι τρόποι αναβάθμισης (επαγγελματικός σαρωτής και μεταλλάκτης εικόνας) έχουν περίπου το ίδιο κόστος.

Τέλος:

(ε) Σχετικά με τον ποιοτικό έλεγχο της εμφάνισης και της στερέωσης της εικόνας

Διατυπώνεται επιπλέον και η ακόλουθη πρόταση, η οποία μπορεί να αποτελεί μέρος επόμενης Διπλωματικής Εργασίας. Να εξετασθούν με λεπτομέρεια ειδικοί ποιοτικοί έλεγχοι που διατίθενται προκειμένου (α) να ελέγχεται η αποτελεσματικότητα της στερέωσης. Η μέθοδος για τον έλεγχο αυτόν ονομάζεται "Thio Test", και (β) να ελέγχεται η ποιότητα των διαλυμάτων εμφάνισης και στερέωσης. Η μέθοδος για τον έλεγχο αυτόν ονομάζεται "PMC strips method". Το Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας έχει ήδη προμηθευθεί τα σχετικά "κιτ".

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Bryant L.E., van den Andel J., McIntire P. Eds., Nondestructive Testing Handbook, second edition, Vol.3, "Radiography and Radiation Testing", American Society for Nondestructive Testing, 1985.
2. Carestream Health, "Guide to Manual Processing of NDT Films", TI-2643, TECHNICAL DATA / NON-DESTRUCTIVE TESTING, February 2008
3. Chase G.D., Rituper S., Sulcoski J.W., "Experiments in Nuclear Science", Burgess Publishing Company, Minneapolis, 1964
4. GE Inspection Technologies, "NOVA 7070/100, Installation Planning, Unpacking Instructions, Installation and Machine Data", 1st edition, 2005a
5. GE Inspection Technologies, "Instruction manual NOVA", 2005b
6. GE Inspection Technologies, "Εγχειρίδιο χειρισμού NOVA", 2005c
7. HANNA Instruments, "Instruction Manual, HI 8633 – HI 8733 – HI 8734, Reliable and Waterproof Multi-Range Conductivity Meters", 2001
8. Καρφόπουλος Κ., "Προσωπική επικοινωνία", ΕΜΠ Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας, 2009
9. Kerkapoly A., Vajda N., Pinter T., "Film Autoradiography Used for Hot Particle Identification", Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 265(3):423-429, 2005
10. Kowotest GmbH, "KOWOLUX 4 / 4S Film Viewer", KOWOTEST Gessellschaft fuer Pruefausruestung mbH
11. Kutz M., "Handbook of Materials Selection", Wiley, 2002
12. NIST National Institute of Standards and Technology, Certificate, "Standard Reference Material 1001: X-ray Film Step Tablet", Gaithersburg, 2004
13. Παπαδόπουλος Ν., "Μετρητική μεθοδολογία προσδιορισμού του Ραδονίου στο νερό", Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας, Αθήνα 1999
14. Πετρόπουλος Ν.Π., "Στοιχεία Βιομηχανικής Ραδιογραφίας" (Πανεπιστημιακές Σημειώσεις), Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας, ΕΜΠ, Αθήνα 2009 (υπό έκδοση)
15. Quinn R.A., Sigl C.C., Callinan J.J. Jr., "Radiography in Modern Industry", 4th Edition, EASTMAN KODAK COMPANY, Rochester, New York 14650, 1980
16. Reinganum, Physikalische Zeitschrift, 12, 1076, 1911

17. Rouni P.K., Anagnostakis M.J., Simopoulos S.E., "Calibration of an Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Facility for the Analysis of Environmental Samples", EXRS 2006, European Conference on X-Ray Spectrometry, Paris 2006.
18. Simopoulos S.E., "Soil Sampling and Cs-137 Analysis of the Chernobyl Fallout in Greece", International Journal of Radiation Applications and Instrumentation - Part A, 40: 607-613, 1989
19. Θεοδορόπουλος Γ., "Προσομοίωση Βιομηχανικής Ραδιογραφίας με τον Κώδικα XRSIM", Διπλωματική Εργασία, Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας, Αθήνα 2009.
20. Χρηστίδης Θ., "Προσωπική επικοινωνία", ACUTECH ΕΠΕ, 2009
21. Χρυσικόπουλος Σ., "Μελέτη και Τεκμηρίωση Εγκαταστάσεων Βιομηχανικής Ραδιογραφίας του Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας", Μεταπτυχιακή Εργασία, ΔΠΜΣ Εφαρμοσμένη Μηχανική, ΕΜΠ Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας, Αθήνα 2009.
22. U.S. ARMY, "X-Ray Film Processing", Subcourse MD0954, Edition 100, U.S. ARMY Medical Department Center and School, Fort Sam Houston, TEXAS 78234-6100
23. Xograph IMAGING SYSTEMS, "Qualit-X Quality Assurance Kit Operators Manual"

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Οδηγίες από:

<http://hpanswers.blogspot.com/2007/12/no-hp-devices-detected-hp-solution.html>