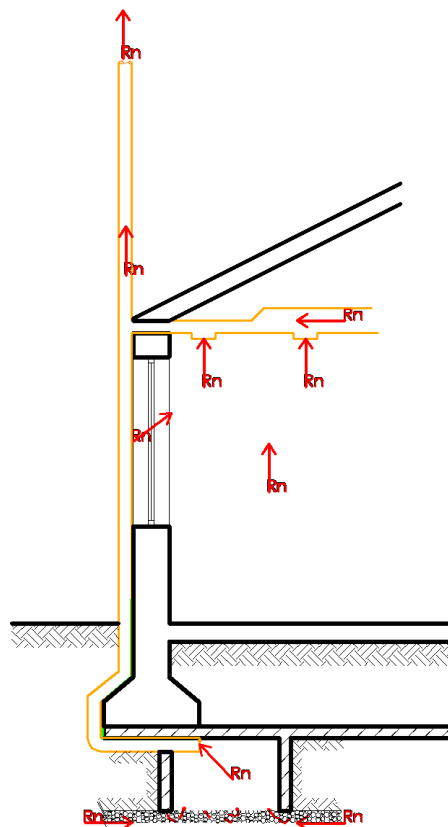


Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
Τμήμα Ανακαίνισης & Αποκατάστασης Κτιρίων

Πτυχιακή Εργασία

«Στατιστική Μελέτη της Εκπομπής Ραδονίου από Δημόσια
Κτίρια Κατασκευασμένα από Οπλισμένο Σκυρόδεμα»



Της φοιτήτριας
Ανδριανοπούλου Χαρά
Αρ. Μητρώου: 975

Επιβλέπων καθηγητής
Κακαβάς Παναγιώτης

Πάτρα 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, είναι αποτέλεσμα δουλειάς πολλών μηνών και διεκπεραιώθηκε έπειτα από αρκετή έρευνα σε βιβλιογραφικές πηγές και σε συνεργασία με εκπαιδευτικά ιδρύματα και τον τεχνικό κόσμο.

Θέμα της είναι η παρουσίαση του τι είναι ραδόνιο, ποιες οι επιπτώσεις του στην υγεία του ανθρώπου και επιπλέον, εύρεση κατασκευαστικών τρόπων μόνωσης των κτιρίων κατά του ραδονίου. Επίσης, εξάγετε και πειραματικό κομμάτι στο κτίριο Ι. Μακρυγέννη όπου στεγάζονται τα τμήματα Λογοθεραπείας και Ανακαίνισης- Αποκατάστασης Κτιρίων του Α.Τ.Ε.Ι. Πατρών, με ειδικούς ανιχνευτές ώστε να αποδειχτεί η ύπαρξη του αερίου, είτε αυτό βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες είτε σε μικρές.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία χωρίζεται σε εννέα κεφάλαια και τρία παραρτήματα.

Στο 1^ο κεφάλαιο αναφέρεται το περιεχόμενο της εργασίας.

Στο 2^ο κεφάλαιο, δίνονται γενικά στοιχεία, από τη σκοπιά της χημείας, για το ραδόνιο και την ραδιενέργεια ώστε να είμαστε σε θέση να αντιληφτούμε καλύτερα τις έννοιες που αναφέρονται στα κείμενα που ακολουθούν.

Στο 3^ο κεφάλαιο, περιγράφονται ιστορικά στοιχεία για την πρώτη παρατηρούμενη πρόσληψη του ραδονίου από τον άνθρωπο, οι πηγές γενικά της ραδιενέργειας και συγκεκριμένα πως εισέρχεται το ραδόνιο στα κτίρια ώστε να το λάβουν οι χρήστες του κτιρίου και ποια τα ανώτατα όρια συγκέντρωσής του σύμφωνα με τις νομοθεσίες στα διάφορα κράτη ανά τον κόσμο. Επίσης αναφέρονται τα είδη των μετρητών ραδονίου και τα πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα από την κάθε είδους μέτρηση. Τέλος περιγράφουμε τις διακυμάνσεις συγκέντρωσής του συναρτήσει του χρόνου και του τόπου, με έμφαση τον ελλαδικό χώρο και τις αντίστοιχες διεξαγόμενες μελέτες που κατά καιρούς έχουν γίνει από πανεπιστημιακά ιδρύματα.

Στο 4^ο κεφάλαιο, δίνεται επί της ουσίας ο λόγος που μας απασχολεί η ύπαρξη του αερίου εσωτερικά των κτιρίων λόγω της επικινδυνότητάς του, περιγράφοντας τις επιπτώσεις στην υγεία των χρηστών.

Στο 5^ο κεφάλαιο, περιγράφουμε μερικούς από τους ευρέως γνωστούς κατασκευαστικούς τρόπους αποφυγής εισροής του ραδονίου εσωτερικά του κτιρίου, οι οποίοι εφαρμόζονται παγκοσμίως.

Στο 6^ο κεφάλαιο, περιγράφεται το κτίριο του Α.Τ.Ε.Ι. Πατρών για το οποίο παρακάτω γίνεται μελέτη επισκευής του εν σχέση με το ραδόνιο και στο οποίο έγιναν και οι πειραματικές μετρήσεις.

Στο 7^ο κεφάλαιο, δίνονται αναλυτικά και με σειρά προτεραιότητας οι εργασίες που απαιτούνται σε νέο ανεγερθέν κτίριο ή σε υπάρχον για την αποκατάστα-

ση του προβλήματος του ραδονίου. Επίσης δίνεται ενδεικτικά και το κόστος αυτών κατά το έτος 2009-2010 (περίοδος συγγραφής της πτυχιακής εργασίας) και τέλος γίνεται σύγκριση των κοστολογίων των εργασιών στις δύο αυτές περιπτώσεις.

Στο 8^ο κεφάλαιο, δίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διεξάχθηκαν στο κτίριο για την ανίχνευση του ραδονίου εσωτερικά των χώρων και αναλύεται η πειραματική διαδικασία της κάθε είδους μέτρησης όπως επίσης και το θεωρητικό κομμάτι, δηλαδή το σκεπτικό πάνω στο οποίο βασίζεται η τεχνική της μέτρησης.

Τέλος, στο 9^ο κεφάλαιο, δίνονται οι εντυπώσεις από την μελέτη του όλου θέματος και τα συμπεράσματα από αυτήν καθώς επίσης και συμβουλές για την καλύτερη αντιμετώπιση του θέματος.

Το παράρτημα Α, περιέχει φωτογραφίες των μετρητών που τοποθετήθηκαν στο κτίριο, ενώ στο παράρτημα Β', υπάρχει ο κατάλογος των χρησιμοποιούμενων υλικών για την επισκευή του κτιρίου και την κατασκευή συστημάτων μόνωσης του κτιρίου κατά του ραδονίου. Επίσης δίνονται τα τεχνικά και φυσικά χαρακτηριστικά καθώς και οι προδιαγραφές των υλικών αυτών. Τέλος, στο παράρτημα Γ' βρίσκονται τα σχέδια των κατόψεων του κτιρίου Ι. Μακρυγένη στα οποία φαίνονται οι θέσεις των μετρητών ραδονίου και η πρόταση επισκευής του υπόγειου τμήματος του κτιρίου.

ABSTRACT

This final year project consists of nine chapters and three appendices.

Chapter 1 describes the content of the project.

Chapter 2 gives general chemical accidents for radon and radioactivity in order to easily understand the terminology words that are mentioned in the text.

Chapter 3 describes initially the historical evidences of the first observed samples of radon soil gas in human organism, also all radiation sources and it elaborates specifically on how the radon soil gas enters into a building and how the tenants receive it. There are also references of the maximum level of radon concentration according to the law of various states. Additionally there is description of the types of radon detectors plus the benefits and the disadvantages of every measurement method. Finally this chapter refers to the variation of indoor radon concentration under the influence of time and diversity of location. There is a specific report of an investigation that was carried out in Greece from various Universities in the past.

Chapter 4 highlights the importance of knowing the existence of indoor soil gas, due to the health risks that the persons who live in the building are likely to face

Chapter 5 points some of the most famous constructive methods in order to reduce and to avoid the flowing of radon in the building. These constructive methods are used throughout the world.

Chapter 6 is an analysis of the building of the S.T.E F. in Patra which is a study on the restoration of the radon problem. As expected in this building the radon measurements have been taken.

Chapter 7 describes in detail and in order, the work that is required both for a new building and for an old. There is also a report of the cost for both of them during the period of 2009- 2010 and finally a comparison of the cost between these two cases.

Chapter 8 provides results of the radon measurements that were done in the building so as to detect the indoor radon and analyzes the experimental procedure of each kind of radon detector as well as the theory and the rationale that is based on the technique of the measurement.

Finally chapter 9 gives findings and conclusions of all this study as well as advice and proposals for tackling the problem.

In appendix A there are photographs of the radon detectors that were placed in the building and in appendix B there is a list of the materials that were used to reduce the building and sealing systems in order to avoid the radon. There are also the technical characteristics and standards of the materials. Finally in appendix C there are the site plan drawings of the building I. Makrigenni where we can see the positions of radon detectors and the reusing idea for the basement part of the building.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε όσους συνέβαλαν στην σύλληψη του θέματος και την ανάπτυξή του, διότι χωρίς την βοήθειά τους, μικρή ή μεγάλη, θα ήταν αδύνατη η πρόοδος και η επίτευξη αυτής της εργασίας.

Καταρχάς, ευχαριστώ πολύ τον καθηγητή μου κ. **Κακαβά Παναγιώτη** που δέχτηκε την συνεργασία μας, αναλαμβάνοντας την επίβλεψη της εργασίας και προτείνοντάς μου το παρών αρκετά ενδιαφέρον θέμα.

Επίσης, πολύτιμη ήταν η βοήθεια που έλαβα απ' τον αρχιτέκτονα κ. **Τρακαδά Δημήτριο**, υπάλληλο στο Υπουργείο Πολιτισμού, οποίος με το αμείωτο ενδιαφέρον του με εφοδίαζε με αμέτρητες βιβλιογραφικές πηγές που ήταν καθοριστικές για την ανάπτυξη του θέματος.

Ευχαριστώ την καθηγήτρια του Παν/μίου Πατρών στο Χημικό τμήμα, **Παπαευθυμίου Ελένη**, η οποία μας προμήθευσε 10 ανιχνευτές ραδονίου, καθώς επίσης και τον διδακτορικό φοιτητή **Μάνο Μανούσακα** που με βοήθησε με την προετοιμασία των ανιχνευτών αυτών και με την εμφάνιση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω την Κολοβού Μαρία από την **Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας**, για τις χρήσιμες πληροφορίες που μας έδωσαν και που μας έφεραν σε επαφή με τις εταιρίες απ' όπου προμηθεύονται τον εξοπλισμό τους καθώς επίσης και για την εμφάνιση των μετρητών CR-39 και την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων. Επίσης ευχαριστώ τον κ. Gary Moss απ' την εταιρία **TASL** (Track Analysis Systems Ltd) στην Αγγλία, για την δωρεά τεσσάρων ανιχνευτών ραδονίου.

Τέλος, ευχαριστώ τον διακεκριμένο αρχιτέκτονα **Τσίπηρα Κωνσταντίνο** για τα κατασκευαστικά σχέδια και τις συμβουλές του πάνω σε κατασκευαστικά θέματα με την εμπειρία του στο θέμα του ραδονίου στον ελλαδικό χώρο, όπως επίσης το συνεργείο του κ. **Κώστα Κωστάρα** (Κόρινθος), την μάντρα υλικών του κ. **Παπαϊωάννου** (Κόρινθος) και τον κ. Μακρή Παναγιώτη από την **Μονωτική Κορίνθου** για τις προσφορές στα κοστολόγια των υλικών και τις τεχνικές συμβουλές τους.

Πάνω απ' όλα θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου για την στήριξη που μου πρόσφεραν σε όλα τα επίπεδα κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΑΒSTRACT	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	7
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	9
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ & ΠΙΝΑΚΩΝ	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	20
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	21
ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	21
2.1 Το άτομο	21
2.2 Ατομικός και μαζικός αριθμός.....	22
2.3 Τι είναι χημικό στοιχείο	23
2.4 Περιοδικός πίνακας	23
2.5 Ευγενή αέρια.....	26
2.6 Πως Προκαλείται η Ραδιενέργεια & Τι είναι	26
2.7 Σύνομη Ιστορική Αναδρομή	28
2.8 Κατηγορίες Ραδιενέργειας	29
2.9 Μονάδες πουν Σχετίζονται με τη Ραδιενέργεια.....	29
2.10 Προέλευση Ιονίζουσας Ακτινοβολίας στην οποία Εκτίθεται ο Ανθρώπινος Οργανισμός.....	30
2.11 Τι είναι το Ραδόνιο.....	31
2.12 Που Βρίσκεται το ραδόνιο	31
2.13 Πως Δημιουργείται το Ραδόνιο	33
2.14 Ποια τα θυγατρικά προϊόντα του Ραδονίου (Προϊόντα διάσπασης)	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο	36

ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΡΑΔΟΝΙΟΥ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ	36
3.1 Ιστορική αναδρομή πρόσληψης ραδονίου απ' τον ανθρώπινο οργανισμό .	36
3.2 Πηγές και ποσοστά λαμβανόμενης ραδιενέργειας απ' τον άνθρωπο	36
3.3 Πώς εισέρχεται το ραδόνιο στα κτίρια	38
3.4 Ποια τα αποδεκτά όρια δόσεων & συγκέντρωσης στους εσωτερικούς χώρους	39
3.5 Ποια τα ήδη μετρητών ραδονίου	40
3.6 Ποιες οι διακυμάνσεις του ραδονίου συναρτήσει του χρόνου	41
3.7 Ποια τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα, κάθε είδους μέτρησης	46
3.8 Περιοχές της Ελλάδας με μεγάλη Συγκέντρωση Ραδονίου στο έδαφός τους	48
3.9 Ποιες Ενέργειες Αντιμετώπισης Παγκοσμίως	51
3.10 Προτεινόμενες ενέργειες μετρήσεων, για την αγοραπωλησία ακινήτου, οι οποίες ισχύουν στην Αμερική	52
3.11 Συστάσεις από Διεθνείς Οργανισμούς για το ραδόνιο	54
3.12 Επιτρεπόμενη Συγκέντρωση Ραδονίου στους χώρους εργασίας	55
3.13 Ποιες ενέργειες στο Ελληνικό Κράτος	57
3.14 Πραγματοποιούμενες μελέτες που έχουν γίνει στον Ελλαδικό χώρο	58
3.15 Radiometric maps, Ραδιομετρικοί χάρτες	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο	68
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΑΠ' ΤΗΝ ΕΙΣΠΝΟΗ ΡΑΔΟΝΙΟΥ	68
4.1 Ποιες οι επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου	68
4.2 Ιστορική αναδρομή	68
4.3 Ποιες οι πιθανότητες καρκινογένεσης στους πνεύμονες απ' το ραδόνιο και από τι εξαρτώνται	69
4.4 Πως επιβαρύνει το κάπνισμα την υγεία, σε συνδυασμό με το ραδόνιο	71
4.5 Από τι επηρεάζεται η έκθεση του πνεύμονα στη ραδιενέργεια	72
4.6 Τι είναι ο Καρκίνος	73

4.7 Κύρια ήδη καρκίνων	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο	76
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΡΑΔΟΝΙΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	76
5.1 Σε περίπτωση που βρεθεί αυξημένο ραδόνιο σε ένα σπίτι, πώς μπορεί να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα	76
5.2 Μεμβράνες	79
5.3 Υπο- πλάκες αποσυμπίεσης/ Κατασκευή κοίλων πλακών	85
5.4 Αποσυμπίεση εδάφους	87
5.5. Αεριζόμενη θεμελίωση με δίκτυο σωληνώσεων	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο	101
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Ι. ΜΑΚΡΥΓΕΝΝΗ (ΜΙΜΟΖΑ)	101
6.1 Ιστορικά στοιχεία	101
6.2 Τεχνική περιγραφή του κτιρίου	101
6.3 Κτιριολογική ανάλυση κατ' όροφο	103
6.4 Περιγραφή του χώρου της μελέτης	106
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο	113
ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ Ι. ΜΑΚΡΥΓΕΝΝΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΡΟΠΗ ΕΙΣΡΟΗΣ ΡΑΔΟΝΙΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	113
7.1 Εισαγωγή	113
7.2 Μελέτη νέου κτιρίου	113
7.3 Μελέτη είδη υπάρχοντος κτιρίου	122
7.2 Σύγκριση κοστολογίου επεμβάσεων σε νέο και υπάρχον κτίριο	129
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο	131
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΣ ΡΑΔΟΝΙΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ Ι. ΜΑΚΡΥΓΕΝΝΗ	131
8.1 Σκοπός	131

8.2 Θεωρία	131
8.2.1 Ανιχνευτές TASTRAK CR-39.....	131
8.2.1.1 Ανιχνευτής:	132
8.2.1.2 Tastrak πλαστικό:	132
8.2.1.3 Βαθμονόμιση	136
8.2.2 Μετρητές LR-115 II Πανεπιστημίου Πατρών	137
8.2.2.1 Ανιχνευτής	137
8.2.2.2 Δοσίμετρο:	139
8.2.2.3 Βαθμονόμηση δοσίμετρου:	139
8.3 Πειραματική διαδικασία.....	140
8.3.1 Ανιχνευτές Tastrak.....	141
8.3.2 LR-115 II.....	143
8.4 Ανάλυση πειραματικών μετρήσεων	150
8.5 Αποτελέσματα μετρήσεων	151
8.6 Συμπεράσματα	152
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο	154
ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	154
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	155
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΜΕΤΡΗΤΩΝ	155
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	161
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	161
B.1. Νεόδμητο Κτίριο	161
PIPELIFE ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	161
Terralife, Σωλήνας υπονόμων από σκληρό PVC- U, Σειρά 41 Φ110	161
Ταυ με ελαστικό δακτύλιο, Σωλήνας υπονόμων από σκληρό PVC- U, Φ110.	161
Καμπύλες με ελαστικό δακτύλιο, Σωλήνας υπονόμων από σκληρό PVC- U, Φ110, 87°	161

B.2. Ήδη υπάρχον.....	161
Ceretec CT 25.....	161
Επισκευαστική και εξομαλυντική τσιμεντοειδής κονία λεπτής στρώσης 0-5 mm.	161
Ceretec CT 23.....	162
Επισκευαστική τσιμεντοειδής κονία στρώσης 2-10 mm	162
Ceretec CT 14.....	165
Διαφανές υλικό προεπάλειψης και σταθεροποίησης υποβάθρων (αστάρι)....	165
Cereplast CP-55.....	167
Μόνιμα ελαστική, ινοπλισμένη στεγανοποιητική ασφαλτική μάζα, για κατασκευές & επισκευές σε σημεία επαφής και αρμούς. Ψυχρής επεξεργασίας με σπάτουλα.	167
Sika®-Fibernet Υαλόπλεγμα οπλισμού επιχρισμάτων	168
YTONG	169
Επιχρίσματα τοιχοποιίας	169
Σύστημα εξαερισμού	171
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	173
Σ Χ Ε Δ Ι Α	173
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	174
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	175

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ & ΠΙΝΑΚΩΝ

Εικόνα 2- 1 Απεικόνιση ατόμου ^[αναφορά 1]	21
Εικόνα 2- 2 Διάσπαση α, β & ακτινοβολία γ. ^[αναφορά 7]	26
Εικόνα 2- 3 Διαπέραση της ύλης ^[αναφορά 8]	27
Εικόνα 2- 4 Τα θυγατρικά του ραδονίου ^[αναφορά 16]	32
Εικόνα 2- 5 Διαφυγή του ραδονίου από τους κόκκους μέσα στους οποίους παράγεται ^[αναφορά 13]	33
Εικόνα 2- 6 Τα ραδιενεργά προϊόντα του ραδονίου ^[αναφορά 14]	35
Πίνακας 2- 1 Περιοδικός πίνακας στοιχείων ^[αναφορά 5]	25
Εικόνα 3- 1 Ποσοστό λαμβανόμενης ακτινοβολίας απ' τον ανθρώπινο οργανισμό ^[αναφορά 13]	37
Εικόνα 3- 2 Δίοδοι μεταφοράς του ραδονίου από το έδαφος και τον αέρα στους εσωτερικούς χώρους των κατοικιών ^[αναφορά 16]	39
Εικόνα 3- 3 Διάφοροι τύποι παθητικών δοσίμετρων ραδονίου που χρησιμοποιούνται για μετρήσεις της συγκέντρωσης του ραδονίου στον εσωτερικό αέρα ^[αναφορά 13]	40
Εικόνα 3- 4 Οι περιοχές με τη μεγαλύτερη συσσώρευση ραδονίου στην Ελλάδα ^[αναφορά 27]	50
Εικόνα 3- 5 Χάρτης της πόλης των Λουτρών Αιδηψού με τις τοποθεσίες των μετρήσεων. Ο αριθμός δείχνει τις μετρούμενες κατοικίες αριθμημένες σύμφωνα με τον Πίνακα 2. Το «x» δείχνει την τοποθεσία των μετρήσεων για το αέριο του εδάφους και το «*» την τοποθεσία για τις μετρήσεις των θερμών νερών.....	60
Εικόνα 3- 6 Σχηματική παράσταση της πορείας που ακολουθήθηκε για την ανάλυση των μετρήσεων Ραδονίου.....	60
Εικόνα 3- 7 Ορατά, μέσω μικροσκοπίου, τα πυρηνικά ίχνη σε πλαστικό.....	60
Εικόνα 3- 8 Μετρήσεις Ραδονίου στην Ήπειρο.....	63
Εικόνα 3- 9 Χάρτης της ΕΡΑ των ζωνών Ραδονίου στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής ^[αναφορά 29]	67
Πίνακας 3- 1 Οι περιοχές με τη μεγαλύτερη συσσώρευση ραδονίου στην Ελλάδα, σε bequerel ανά κυβικό μέτρο.....	51

Πίνακας 3- 2 Όρια λήψης μέτρων μετρίασης του ραδονίου σε κάθε χώρα ^[αναφορά 13]	54
Πίνακας 3- 3 Μετρήσεις συγκεντρώσεως ραδονίου, εσωτερικά των κατοικιών στην πόλη των Λουτρών Αιδηψού	60
Γράφημα 3- 1 Ωριαίες διακυμάνσεις συγκεντρώσεως Ραδονίου εσωτερικά κατοικίας	42
Γράφημα 3- 2 Ημερήσιες διακυμάνσεις συγκεντρώσεως Ραδονίου εσωτερικά κατοικίας	43
Γράφημα 3- 3 Εβδομαδιαίες διακυμάνσεις συγκεντρώσεως Ραδονίου εσωτερικά κατοικίας.....	44
Γράφημα 3- 4 Μηνιαίες διακυμάνσεις συγκεντρώσεως Ραδονίου εσωτερικά κατοικίας	44
Γράφημα 3- 5 Ετήσιες διακυμάνσεις συγκεντρώσεως Ραδονίου εσωτερικά κατοικίας	45
Εικόνα 4- 1 Φυσιολογία Πνευμόνων ^[αναφορά 32]	70
Εικόνα 5-1 Εξαερισμός οικίας για την απομάκρυνση του συγκεντρωμένου ραδονίου ^[αναφορά 16]	78
Εικόνα 5-2 Συσσκευασία της μεμβράνης ΒΤ- 21	79
Εικόνα 5-3 Προετοιμασία υποβάθρου	81
Εικόνα 5-4 Προεπάλειψη.....	81
Εικόνα 5-5 Σφράγιση ατελειών	82
Εικόνα 5-6 Κοπή μεμβράνης	82
Εικόνα 5-7 Αξιοποίηση περισσευμάτων	83
Εικόνα 5-8 Τοποθέτηση μεμβράνης	83
Εικόνα 5-9 Στρώσιμο με ροδάκι ή πανί	83
Εικόνα 5-10 Ασφάλιση άνω μέρους με ταινία.....	84
Εικόνα 5-11 Τοποθέτηση γεωφάσματος	84
Εικόνα 5- 12 Προοπτική απεικόνιση της κατασκευαστικής διάταξης των μεμβρανών ^[αναφορά 40]	85
Εικόνα 5- 13 Η σωλήνα του εξαεριστήρα που οδηγεί το αέριο εκτός σπιτιού, στο ανώτατο σημείο στη στέγη ^[αναφορά 41]	86

Εικόνα 5- 14 Αντλία εξωτερικά του σπιτιού ^[αναφορά 41]	87
Εικόνα 5- 15 Παθητικό σύστημα ελέγχου του Ραδονίου, για νέες κατασκευές, με πλάκες υπογείου που αποσυμπίεζον το αέριο ^[αναφορά 36]	91
Εικόνα 5- 16 Τμηματική τομή σπιτιού όπου έχει εγκατασταθεί σύστημα μειώσεως του ραδονίου ^[αναφορά 36]	93
Εικόνα 5- 17 Σιφόνι δαπέδου].....	93
Εικόνα 5- 18 Σχηματική απεικόνιση συστήματος μετριάσμου του ραδονίου κάτω από την πλάκα, με εγκατάσταση εξωτερικού συστήματος ^[αναφορά 36]	93
Εικόνα 5- 19 Σχέδιο συστήματος μετριάσμου του ραδονίου κάτω από την πλάκα, με εγκατάσταση εξωτερικού συστήματος ^[αναφορά 36]	99
Εικόνα 5- 20 Σχηματική αναπαράσταση ανεμιστήρα ανάκτησης θερμότητας ^[αναφορά 44]	100
Εικόνα 6- 1 Όψη επί της οδού Ακρωτηρίου ^[αναφορά 45]	102
Εικόνα 6- 2 Η στρώση ασβέστη ως επίχρωση στις επιφάνειες των τοιχίων οπλ. Σκυροδέματος στον χώρο του υπογείου ^[προσωπικό αρχείο]	107
Εικόνα 6- 3 Ο χώρος του υπογείου. Διακρίνονται τα φθαρμένα μωσαϊκά πλακάκια, τα υποστυλώματα καθώς επίσης και τα ίχνη του ξυλότυπου πάνω στο σκυρόδεμα της οροφής και των τοιχίων. ^[προσωπικό αρχείο]	107
Εικόνα 6- 4 Οπές για την όδευση των εγκαταστάσεων εξαερισμού. Παρατηρείτε ότι έχουν διανοιχτεί στην δοκό, έτσι βγάζουμε το συμπέρασμα ότι οι περιμετρικές δοκοί είναι ανεστραμμένες ^[προσωπικό αρχείο]	108
Εικόνα 6- 5 Διάνοιξη οπών στα τοιχία ^[προσωπικό αρχείο]	108
Εικόνα 6- 6 Μωσαϊκά πλακίδια 30cm x 30cm ^[αναφορά 45]	109
Εικόνα 6- 7 Ο χώρος λεβητοστασίου με πυράντοχες πόρτες και διαχωριστικούς τοίχους από δρομική οπτοπλινθοδομή επιχρισμένη ^[προσωπικό αρχείο]	110
Εικόνα 6- 8 Ο χώρος του λεβητοστασίου, η υγρασία και οι ρύποι προκαλούν διαρκεί φθορά στα στοιχεία του κτιρίου ^[προσωπικό αρχείο]	111
Εικόνα 6- 9 Καπνοδόχος εκπομπής ρύπων λέβητα. Στο χώρο παρατηρείται εμφάνιση υγρασίας καθώς στους άνω ορόφους υπάρχουν οι εγκαταστάσεις των λουτρών.	112
Πίνακας 6- 1 Χρήση χώρων κατ' όροφο και εμβαδά αυτών	103

Εικόνα 7- 1 Μετά το πέρας των εκσκαφών, η επιφάνεια του χώματος οριζοντιώνεται και «λειαίνεται», ώστε να είναι έτοιμη για την διάστρωση του μπετόν καθαριότητας <small>[προσωπικό αρχείο]</small>	114
Εικόνα 7- 2 Τομή κατασκευαστικής λεπτομέρειας φρεατίου αεριζόμενης θεμελίωσης <small>[προσωπικό αρχείο]</small>	115
Εικόνα 7- 3 Αξονομετρική αναπαράσταση κατασκευής αεριζόμενης θεμελίωσης στο κτίριο της Μιμόζα (Βλέπε παράρτημα Γ) <small>[προσωπικό αρχείο]</small>	120
Εικόνα 7- 4 Αξονομετρική λεπτομέρεια όδευσης σωληνώσεων απ' τα φρεάτια έως της περίμετρο του κτιρίου <small>[προσωπικό αρχείο]</small>	120
Εικόνα 7- 5 Εξυγίανση υπόβαθρου τοιχίων υπογείου <small>[αναφορά 49]</small>	123
Εικόνα 7- 6 Λείανση του μπετόν απ' τα ανώμαλα σημεία λόγο ξυλότυπου ή άλλες αιχμηρές προεξοχές. <small>[αναφορά 46]</small>	124
Εικόνα 8- 1 Επιφάνεια του πλαστικού CR-39 (TASTRAK) <small>[αναφορά 47]</small>	133
Εικόνα 8- 2 Παθητικός ανιχνευτής TASTRAK <small>[αναφορά 47]</small>	133
Εικόνα 8- 3 Μεγάλου μέγεθους Etch δίσκος, με διαμορφωμένες υποδοχές για 49 TASL και κωδικοποίηση ανιχνευτών, 25 τετραγωνικών η κάθε μία <small>[αναφορά 47]</small>	133
Εικόνα 8- 4 Ένα σύνολο από 6 πλάκες που ταιριάζουν μέσα στο πλαίσιο εγχάραξης <small>[αναφορά 47]</small>	133
Εικόνα 8- 5 Μικρό μέγεθος συγκράτησης, διαμορφωμένο για 25 TASL <small>[αναφορά 47]</small>	133
Εικόνα 8- 6 Μεγάλου μεγέθους δίσκος συγκράτησης Etch σάρωσης κατασκευασμένος για μέγεθος "Autoscan" και κωδικοποιημένα στοιχεία. Μπορεί να χωρέσει 56 film των ανιχνευτών Autoscan <small>[αναφορά 47]</small>	133
Εικόνα 8- 7 Για κάθε επιλεγμένο ίχνος στο πλαστικό TASTRAK, αντιστοιχεί μία επεξηγηματική διάγνωση των παραμέτρων Etch <small>[αναφορά 47]</small>	133
Εικόνα 8- 8 Μια τυπική εικόνα πλαισίου, που απεικονίζει τους λάκκους των άλφα σωματιδίων, πάνω στο στοιχείο της επιφάνειας χαράξεως TASTRAK των ανιχνευτών ραδονίου. Με την λεπτομερή ανάλυση των ιχνών στην εικόνα, αριθμείτε το κάθε ίχνος και αναγνωρίζεται ενόψει της γραμμής του περιγράμματός του η πορεία της τροχιάς του. Κάθε κομμάτι είναι επακριβώς μετρημένο και οι παράμετροι εξετάζονται ξεχωριστά για τους σκοπούς της κάθε έρευνας ή της βαθμονόμησης. Υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, η επιλογή κομματιών είναι ενσωματωμένη στο λογισμικό, έτσι ώστε να μην απαιτείται η συμμετοχή του χρήστη <small>[αναφορά 47]</small>	134

Εικόνα 8- 9 Μέρος της του παραθύρου ανάλυσης της εικόνας στο πρόγραμμα. Διατίθεται σε πραγματικό χρόνο, κατά τη διάρκεια της ανάλυσης των ανιχνευτών ραδονίου. Τα τμήματα των παραμέτρων απεικονίζονται σε συνδυασμό με την χάραξη των ιχνών τα οποία τοποθετούνται σε κατερσιανό διάγραμμα, ΧΥ θέσεων στην προβαλλόμενη γραμμής έναντι του εύρους των ιχνών ^[αναφορά 47]	135
Εικόνα 8- 10 Αναπαράσταση των σπασμένων χημικών δεσμών της νιτρικής κυτταρίνης από την πρόσκρουση των σωματιδίων –α, προερχόμενων από το ραδόνιο ^[προσωπικό αρχείο]	133
Εικόνα 8- 11 Τμήματα του film εκτεθειμένα στις αντίστοιχες ακτινοβολίες ^[προσωπικό αρχείο]	139
Εικόνα 8- 12 Διάταξη δοσίμετρου με διαστασιολόγησή του ^[αναφορά 48] ..	133
Εικόνα 8- 13 Μικροσκόπιο υψηλής οπτικής ποιότητας Nikon με υπεριώδες 3 αξονικό μηχανισμό ελέγχου ^[αναφορά 47] ..	133
Εικόνα 8- 14 Το Film Tastrak εσωτερικά του μετρητή της TASL ^[προσωπικό αρχείο] ..	143
Εικόνα 8- 15 Διπλωμένο film στο 1/5 του μήκους του και τοποθετημένο με κολητική ταινία όπως φαίνεται στο σχήμα ^[προσωπικό αρχείο] ..	133
Εικόνα 8- 16 Κομμάτια NaOH ^[προσωπικό αρχείο] ..	145
Εικόνα 8- 17 Δοχεία ανάμιξης διαβρωτικού διαλύματος ^[προσωπικό αρχείο] ..	146
Εικόνα 8- 18 Ανάδευση έως την πλήρη διάλυση του NaOH στον διαλύτη ^[προσωπικό αρχείο] ..	146
Εικόνα 8- 19 Συσκευή θέρμανση του δοχείου ανάμιξης. Το αναρτημένο θερμόμετρο δείχνει 60° C ^[προσωπικό αρχείο] ..	147
Εικόνα 8- 20 Τα film περασμένα στο σύρμα με σειρά. Η ενχάρκτη όψη τους «βλέπει» προς τα δεξιά ^[προσωπικό αρχείο] ..	148
Εικόνα 8- 21 Μετά το πέρας των 90 min, τα film αναδύονται από το διάλυμα. Παρατηρούμε ότι η διάστρωση της νιτρικής κυτταρίνης η οποία είχε πάχος 12μm έχει διαβρωθεί χρωματίζοντας το διάλυμα σε καφέ απόχρωση καθώς επίσης έχει μειωθεί και το πάχος διάστρωσής της κάνοντας πιο ευδιάκριτα τα ίχνη για την καταμέτρηση που πρόκειται να επακολουθήσει ^[προσωπικό αρχείο] ..	149
Εικόνα 8- 22 Τα film ξεπλένονται καλά σε τρεχούμενο νερό για περίπου 20 min ^[προσωπικό αρχείο] ..	150

Πίνακας 8- 1 Μέσος όρος, ανά όροφο, συγκεντρώσεως ραδονίου εσωτερικά των χώρων του κτιρίου Ι. Μακρυγέννης.....	151
Πίνακας 8- 2 Αποτελέσματα μετρήσεων συγκεντρώσεως ραδονίου εσωτερικά των χώρων του κτιρίου Ι. Μακρυγγένης.....	152
Εικόνα Α- 1 Μετρητής (1 ^{ος}) Tastrak της TAsL, πλησίον του κλιμακοστασίου στο υπόγειο <i>[προσωπικό αρχείο]</i>	155
Εικόνα Α- 2 Μετρητής (2 ^{ος}) LR-115 II στο χώρο του υπογείου <i>[προσωπικό αρχείο]</i>	155
Εικόνα Α- 3 Μετρητής (3 ^{ος}) Tastrak της TAsL στο χώρο διαλλείματος στο ισόγειο <i>[προσωπικό αρχείο]</i>	156
Εικόνα Α- 4 Μετρητής (4 ^{ος}) LR-115 II στην αίθουσα διδασκαλίας Α1 στο ισόγειο <i>[προσωπικό αρχείο]</i>	156
Εικόνα Α- 5 Μετρητής (5 ^{ος}) LR-115 II στην αίθουσα διδασκαλίας Α4 στο ισόγειο <i>[προσωπικό αρχείο]</i>	157
Εικόνα Α- 6 Μετρητής (7 ^{ος}) Tastrak της TAsL στο χώρο διαλλείματος στον 1 ^ο όροφο <i>[προσωπικό αρχείο]</i>	157
Εικόνα Α- 7 Μετρητής (8 ^{ος}) LR-115 II στον προθάλαμο των WC του 1 ^{ου} ορόφου <i>[προσωπικό αρχείο]</i>	158
Εικόνα Α- 8 Μετρητής (10 ^{ος}) LR-115 II στα σχεδιαστήρια Β1 του 2 ^{ου} ορόφου <i>[προσωπικό αρχείο]</i>	158
Εικόνα Α- 9 Μετρητής (11 ^{ος}) Tastrak της TAsL στο χώρο διαλλείματος στον 2 ^ο όροφο <i>[προσωπικό αρχείο]</i>	159
Εικόνα Α- 10 Μετρητής (12 ^{ος}) LR-115 II στην αίθουσα διδασκαλίας Β13 του 2 ^{ου} ορόφου <i>[προσωπικό αρχείο]</i>	160
Εικόνα Α- 11 Μετρητής (13 ^{ος}) LR-115 II στην γραμματεία του τμήματος Ανακαίνισης & Αποκατάστασης Κτιρίων στον 3ο όροφο <i>[προσωπικό αρχείο]</i>	160

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ραδόνιο είναι ένα αέριο του οποίου οι συνέπειες στην υγεία του ανθρώπου κατά την έκθεσή του δεν είναι ευρέως γνωστές. Ίσως γι' αυτόν τον λόγο οι πολίτες δεν γνωρίζουν την ύπαρξή του στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας τους και η πλειοψηφία των μηχανικών όπως και των τεχνιτών δεν γνωρίζουν με σαφήνεια τα μέτρα που απαιτούνται ακριβώς, για την μόνωση του κτιρίου έναντι στο αέριο.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται προσπάθεια παρουσίασης του θέματος σε βάθος, με πληρότητα και εγκυρότητα των πληροφοριών, με την βοήθεια των αναφορών σε εμπειριστατωμένες μελέτες και άλλες πηγές. Ο αναγνώστης που επιθυμεί να εμβαθύνει στο θέμα μπορεί εύκολα να ανατρέξει στις βιβλιογραφικές πηγές και αναφορές ώστε να βρει τις πλήρης δημοσιεύσεις και τα άρθρα όπου βασίζεται το κείμενο.

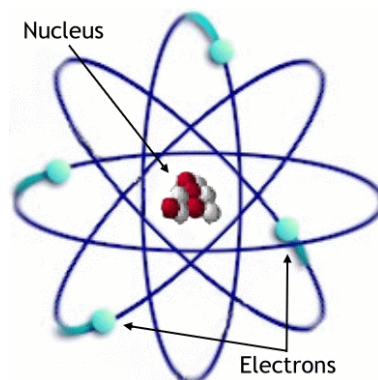
Λόγο της μικρής έκτασης του θέματος και της έλλειψης βιβλιογραφίας στο κατασκευαστικό κομμάτι, ήταν επίπονη διαδικασία η συγγραφή του κεφαλαίου 5 & 7. Επίσης στο πειραματικό κομμάτι στο κεφάλαιο 8, παρουσιάζει ενδιαφέρον ο τρόπος διεξαγωγής των μετρήσεων καθώς είναι ελάχιστες οι φορές που σε μετρήσεις έχουν τοποθετηθεί δύο ειδών ανιχνευτές ώστε να μπορεί να γίνει σύγκριση και μεταξύ των αποτελεσμάτων στα δύο ήδη.

Μένω με την ελπίδα, η μελέτη αυτής της εργασίας, να κεντρίσει το ενδιαφέρον του μελετητή και να του προσφέρει τις βασικές γνώσεις πάνω στο θέμα προς την βελτίωση των κατασκευών στην χώρα μας, όσων αφορά τον τομέα του ραδονίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

2.1 Το άτομο



Εικόνα 2- 1 Απεικόνιση ατόμου [αναφορά 1]

Ετυμολογικά η λέξη άτομο σημαίνει άτμητο και προέρχεται απ' τη λέξη τέμνω με το στερητικό α μπροστά (ετυμ. = άτμητο < α στερητ. + τέμνω) [αναφορά 2]. Ο όρος άτομο χρησιμοποιείται στην φυσική και την χημεία. Είναι το μικρότερο δυνατό σωματίδιο ενός χημικού στοιχείου το οποίο διατηρεί χημικές ιδιότητες. Η λέξη άτομο αρχικά εννοούσε το μικρότερο δυνατό άτμητο σωματίδιο, αλλά στη συνέχεια ο όρος αυτός απέκτησε ειδικό νόημα στην επιστήμη όταν βρέθηκε πως και τα άτομα αποτελούνται από μικρότερα *υποατομικά σωματίδια*.

Τα περισσότερα άτομα αποτελούνται από τρεις τύπους υποατομικών σωματιδίων τα οποία διέπουν τις ιδιότητες των πρώτων:

ηλεκτρόνια, τα οποία έχουν αρνητικό φορτίο και έχουν τη μικρότερη μάζα από όλα τα τρία.

πρωτόνια, τα οποία έχουν θετικό φορτίο και έχουν μάζα περίπου 1836 φορές μεγαλύτερη από αυτή των ηλεκτρονίων και

21_____

¹ <http://fei13.yooblog.gr/> Τίτλος: Just Beauty- Επίτευγμα στη Φυσική η δημιουργία μορίων ύλης-ανιύλης (Ημ/νία επίσκεψης: 29/10/2008)

² <http://el.wikipedia.org/wiki/Άτομο> (Ημ/νία επίσκεψης: 05/11/2008)

νετρόνια, τα οποία δε φέρουν φορτίο και έχουν μάζα περίπου 1838 φορές μεγαλύτερη από αυτή των ηλεκτρονίων.

Τα πρωτόνια και τα νετρόνια είναι και τα δύο *νουκλεόνια* και σχηματίζουν τον συμπαγή ατομικό πυρήνα. Τα ηλεκτρόνια σχηματίζουν το πολύ μεγαλύτερης έκτασης *ηλεκτρονικό νέφος* το οποίο περιβάλλει τον πυρήνα.

Τα άτομα διαφέρουν στον αριθμό του κάθε είδους υποατομικών σωματιδίων που περιέχουν. Ο αριθμός των πρωτονίων σε ένα άτομο (ο λεγόμενος *ατομικός αριθμός*) καθορίζει το στοιχείο του ατόμου. Για ένα συγκεκριμένο στοιχείο, ο αριθμός των νετρονίων δεν είναι μοναδικός ενώ ο αριθμός τους καθορίζει το ισότοπο του συγκεκριμένου στοιχείου. Τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα αν έχουν ίσο αριθμό πρωτονίων και ηλεκτρονίων. Τα ηλεκτρόνια τα οποία βρίσκονται μακρύτερα από τον πυρήνα μπορούν να μεταφερθούν σε άλλα γειτονικά άτομα ή ακόμη και να μοιραστούν μεταξύ τους. Άτομα τα οποία έχουν έλλειμμα ή περίσσεια ηλεκτρονίων ονομάζονται *ιόντα*. Τα ιόντα με θετικό φορτίο ονομάζονται κατιόντα και με αρνητικό φορτίο ανιόντα. Ο αριθμός των πρωτονίων και νετρονίων στον ατομικό πυρήνα μπορεί επίσης να αλλάξει, μέσω της *πυρηνικής σύντηξης* ή της *πυρηνικής σχάσης*.

Τα άτομα είναι οι θεμελιώδεις οικοδομικοί λίθοι της χημείας, και διατηρούνται στις *χημικές αντιδράσεις*. Τα άτομα είναι ικανά να σχηματίζουν μεταξύ τους δεσμούς δίνοντας μόρια και άλλου τύπου χημικά στοιχεία. Τα *μόρια* αποτελούνται από πολλαπλά άτομα. Για παράδειγμα, ένα μόριο *νερού* είναι συνδυασμός δύο ατόμων υδρογόνου και ενός ατόμου οξυγόνου.

2.2 Ατομικός και μαζικός αριθμός

Σε κάθε άτομο ο αριθμός των πρωτονίων είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων του ^[αναφορά 3]. Ο αριθμός των πρωτονίων που καθορίζει το είδος του στοιχείου, λέγεται ατομικός αριθμός και συμβολίζεται με "Z". Αποτελεί κατά κάποιο τρόπο τον αριθμό ταυτότητας του στοιχείου. Όλα τα άτομα ενός στοιχείου έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό. Το άθροισμα πρωτονίων "Z" και νετρονίων "N"

που υπάρχουν στον πυρήνα ενός ατόμου, δηλαδή ο αριθμός των νουκλεονίων ενός χημικού στοιχείου, λέγεται μαζικός αριθμός και συμβολίζεται με "Α".

Κάτω από ορισμένες συνθήκες τα άτομα μπορούν να προσλάβουν ή να αποβάλλουν ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια. Τα φορτισμένα άτομα ονομάζονται ιόντα των στοιχείων.

2.3 Τι είναι χημικό στοιχείο

Ένα χημικό στοιχείο, συχνά αποκαλούμενο απλά στοιχείο, είναι μια *χημική ουσία* που δεν μπορεί να αλλάξει ή να διαιρεθεί σε άλλες απλούστερες χημικές ουσίες με οποιαδήποτε συνηθισμένη χημική τεχνική. Η μικρότερη μονάδα αυτού του είδους χημικών ουσιών είναι το άτομο. Ένα στοιχείο περιέχει τον ίδιο αριθμό πρωτονίων σε όλα τα άτομά του.

Για τον συμβολισμό, του κάθε στοιχείου, χρησιμοποιούμε το αρχικό γράμμα της λατινικής του ονομασίας (με κεφαλαίο). Στις περιπτώσεις που το αρχικό γράμμα είναι ίδιο στα ονόματα δύο ή περισσότερων στοιχείων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και δεύτερο γράμμα του ονόματος του στοιχείου (με μικρό).

2.4 Περιοδικός πίνακας

Όλα τα χημικά στοιχεία ταξινομούνται στον Περιοδικό Πίνακα ^[αναφορά 4]. Ο Περιοδικός πίνακας των χημικών στοιχείων είναι ένας κατάλογος σε μορφή πίνακα όλων των απλών χημικών ουσιών (στοιχεία) ταξινομημένα σύμφωνα με τις ομοιότητες και τις διαφορές τους. Στον πίνακα αυτό, τα στοιχεία είναι διατεταγμένα σε κάθετες στήλες που λέγονται ομάδες και σε οριζόντιες γραμμές που λέγονται περίοδοι εμφανιζόμενα κατά αύξουσα σειρά του *ατομικού αριθμού* τους. Η θέση και οι ιδιότητες κάθε στοιχείου καθορίστηκαν από τη διάταξη των ηλεκτρονίων στους φλοιούς (στοιβάδες) των ατόμων τους. Συνεπώς τα στοιχεία στην ίδια στήλη (του πίνακα) έχουν ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων στην εξωτερική τους *στοιβάδα* στα άτομά τους, και επακόλουθα έχουν όμοιες *χημικές ιδιότητες*. Ενώ τα στοιχεία που βρίσκονται στην ίδια σειρά (περίοδο) διαθέτουν τα ηλε-

κτρόνιά τους κατανεμημένα στον ίδιο αριθμό στοιβάδων (στη θεμελιώδη κατάσταση), εμφανίζοντας αυτά παρόμοιες *φυσικές ιδιότητες*.

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

31 — Ηλεκτραρνητικότητα (Pauling)
 2,1 — Σημείο Ψέσας (°C)
 15 — Σημείο Τήξεως (°C)
 44 — Πυκνότητα g/ml
 1,8 — Όνομα
 ΦΩΣΦΟΡΟΣ
 Α.Ο. -3, +3, +5
 1669 — Έτος ανακάλυψης

	IA (1)		IIA (2)		IIIA (13)	IVA (14)	VA (15)	VIA (16)	VIIA (17)	VIIIA (18)								
1	H ΥΔΡΟΓΟΝΟ Α.Ο. -1, +1 1766									He ΗΛΙΟ — 1895								
2	Li ΛΙΘΙΟ Α.Ο. +1 1817		Be ΒΗΡΥΛΛΙΟ Α.Ο. +2 1797		B ΒΟΡΙΟ Α.Ο. +3 1808	C ΑΝΘΡΑΚΑΣ Α.Ο. -4, +2, +4 12	N ΑΖΩΤΟ Α.Ο. -3, -2, -3, +4, +5 14	O ΟΞΥΓΟΝΟ Α.Ο. -2, -1 16	F ΦΘΟΡΙΟ Α.Ο. -1 18	Ne ΝΕΟΝ — 1898								
3	Na ΝΑΤΡΙΟ Α.Ο. +1 1807		Mg ΜΑΓΝΗΣΙΟ Α.Ο. +2 1735		Al ΑΡΓΙΛΙΟ Α.Ο. +3 13	Si ΠΥΡΙΤΙΟ Α.Ο. +4 14	P ΦΩΣΦΟΡΟΣ Α.Ο. -3, +3, +5 15	S ΘΕΙΟ Α.Ο. -2, +4, +6 16	Cl ΧΛΩΡΙΟ Α.Ο. -1, +1, -3, +5, -7 17	Ar ΑΡΓΟΝ — 1894								
4	K ΚΑΛΙΟ Α.Ο. +1 1807	Ca ΣΒΕΣΤΙΟ Α.Ο. +2 1808	Sc ΣΚΑΝΔΙΟ Α.Ο. +3 1879	Ti ΤΙΤΑΝΙΟ Α.Ο. +3, +4 1791	V ΒΑΝΑΔΙΟ Α.Ο. +2, +3, +4, +5 1801	Cr ΧΡΩΜΙΟ Α.Ο. +3, +6 1735	Mn ΜΑΓΓΑΝΙΟ Α.Ο. +2, +4, +6, +7 1774	Fe ΣΙΔΗΡΟΣ Α.Ο. +2, +3 1735	Co ΚΟΒΑΛΤΙΟ Α.Ο. +2, +3 1735	Ni ΝΙΚΕΛΙΟ Α.Ο. +2, +3 1735	Cu ΧΑΛΚΟΣ Α.Ο. +1, +2 1735	Zn ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ Α.Ο. +2 1500	Ga ΓΑΛΙΟ Α.Ο. +3 1875	Ge ΓΕΡΜΑΝΙΟ Α.Ο. +4 1886	As ΑΡΣΕΝΙΚΟ Α.Ο. -3, +3, +5 1886	Se ΣΕΛΗΝΙΟ Α.Ο. -2, +4, +6 1874	Br ΒΡΩΜΙΟ Α.Ο. -1, +1, +5 1826	Kr ΚΡΥΠΤΟΝ — 1898
5	Rb ΡΟΥΒΙΔΙΟ Α.Ο. +1 1861	Sr ΣΤΡΟΝΤΙΟ Α.Ο. +2 1808	Y ΥΤΡΙΟ Α.Ο. +3 1794	Zr ΖΙΡΚΟΝΙΟ Α.Ο. +3, +4 1794	Nb ΝΙΟΒΙΟ Α.Ο. +3, +5 1801	Mo ΜΟΛΥΒΔΕΝΙΟ Α.Ο. +2, +3, +4, +5, +6 1781	Tc ΤΕΧΝΗΤΙΟ Α.Ο. +7 1937	Ru ΡΟΥΘΗΝΙΟ Α.Ο. +3, +4 1808	Rh ΡΩΔΙΟ Α.Ο. +2, +3, +4 1803	Pd ΠΑΛΛΑΔΙΟ Α.Ο. +2, +4 1803	Ag ΑΡΓΥΡΟΣ Α.Ο. +1 1803	Cd ΚΑΔΜΙΟ Α.Ο. +2 1817	In ΙΝΔΙΟ Α.Ο. +1, +3 1863	Sn ΚΑΣΣΙΤΕΡΟΣ Α.Ο. +2, +4 1803	Sb ΑΝΤΙΜΟΝΙΟ Α.Ο. -3, +3, +5 1803	Te ΤΕΛΟΥΡΙΟ Α.Ο. -2, +4, +6 1783	I ΙΩΔΙΟ Α.Ο. -1, +1, +5, +7 1811	Xe ΞΕΝΟΝ Α.Ο. +2, +4, +6 1898
6	Cs ΚΑΙΣΙΟ Α.Ο. +1 1860	Ba ΒΑΡΙΟ Α.Ο. +2 1808	La ΛΑΝΘΑΝΙΟ Α.Ο. +3 1803	Hf ΗΦΡΑΙΟ Α.Ο. +4 1802	Ta ΤΑΝΤΑΛΙΟ Α.Ο. +4, +5 1802	W ΒΟΛΦΡΑΜΙΟ Α.Ο. +2, +3, +4, +5, +6 1783	Re ΡΕΝΙΟ Α.Ο. +2, +4, +6 1803	Os ΟΣΜΙΟ Α.Ο. +2, +3, +4, +6 1803	Ir ΙΡΙΔΙΟ Α.Ο. +2, +3, +4, +6 1803	Pt ΠΛΑΤΙΝΙΟ Α.Ο. +2, +4 1700	Au ΧΡΥΣΟΣ Α.Ο. +1, +3 1700	Hg ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΣ Α.Ο. +1, +2 1803	Tl ΘΑΛΛΙΟ Α.Ο. +1, +3 1803	Pb ΜΟΛΥΒΔΟΣ Α.Ο. +2, +4 1803	Bi ΒΙΣΜΟΥΤΟ Α.Ο. +3, +5 1803	Po ΠΟΛΩΝΙΟ — 1803	At ΑΣΤΑΤΟ — 1803	Rn ΡΑΔΟΝΙΟ — 1803
7	Fr ΦΡΑΓΚΙΟ — 1939	Ra ΡΑΔΙΟ — 1898	Ac ΑΚΤΙΝΙΟ — 1898	Rf ΡΑΦΕΡΦΟΡΔΙΟ — 1964	Db ΝΤΟΥΜΠΙΝΙΟ — 1967	Sg ΣΙΜΠΟΡΓΚΙΟ — 1974	Bh ΜΠΟΡΙΟ — 1981	Hs ΧΑΣΙΟ — 1984	Mt ΜΑΪΤΝΕΡΙΟ — 1982	Ds ΝΤΑΡΜΠΑΤΑΝΙΟ — 1994	Rg ΡΕΝΤΓΕΝΙΟ — 1994	Uub Ununbium — 1996	Uut Ununtrium — 2004	Uuq Ununquadium — 1999	Uup Ununpentium — 2004	Uuh Ununhexium — 2000	Ao ΑΟΛΟΓΟΝΑ — 1940	Eh ΕΥΓΕΝΗ ΑΕΡΙΑ — 1900

ΑΛΚΑΛΙΑ ΑΛΚΑΛΙΚΕΣ ΓΑΙΕΣ ⚡ = Ραδιενεργό Στοιχείο

ΑΕΡΙΑ : H₂, N₂, O₂, F₂, Cl₂, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn **ΥΓΡΑ** : Hg, Br₂

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ :
Μανώλης Κουλιφής
Βασίλης Μανιάς
www.xhmikos.gr

140 Ce ΔΗΜΗΤΡΙΟ Α.Ο. +3, +4 1803	141 Pr ΠΡΑΣΙΝΟΔΗΜΙΟ Α.Ο. +3 1803	144 Nd ΝΕΟΔΗΜΙΟ Α.Ο. +3 1803	145 Pm ΠΡΟΜΗΘΕΙΟ — 1945	150,5 Sm ΣΑΜΑΡΙΟ Α.Ο. +3 1803	152 Eu ΕΥΡΩΠΙΟ Α.Ο. +3 1901	157 Gd ΓΑΔΟΛΙΝΙΟ Α.Ο. +3 1803	159 Tb ΤΕΡΒΙΟ Α.Ο. +3 1803	162,5 Dy ΔΥΣΠΡΟΣΙΟ Α.Ο. +3 1803	165 Ho ΟΛΜΙΟ Α.Ο. +3 1803	167 Er ΕΡΒΙΟ Α.Ο. +3 1803	169 Tm ΘΟΥΛΙΟ Α.Ο. +3 1803	173 Yb ΥΤΕΡΒΙΟ Α.Ο. +3 1803	175 Lu ΛΟΥΤΕΤΙΟ Α.Ο. +3 1907
104 Th ΘΟΡΙΟ — 1815	105 Pa ΠΡΩΤΑΚΤΙΝΙΟ — 1917	106 U ΟΥΡΑΝΙΟ Α.Ο. +5, +6 1789	107 Np ΝΕΠΤΟΥΝΙΟ — 1940	108 Pu ΠΛΟΥΤΩΝΙΟ — 1940	109 Am ΑΜΕΡΙΚΙΟ — 1944	110 Cm ΚΙΟΥΡΙΟ — 1944	111 Bk ΜΠΕΡΚΕΛΙΟ — 1949	112 Cf ΚΑΛΙΦΟΡΝΙΟ — 1950	113 Es ΑΙΝΣΤΑΙΝΙΟ — 1952	114 Fm ΦΕΡΜΙΟ — 1952	115 Md ΜΕΝΤΕΛΕΒΙΟ — 1955	116 No ΝΟΜΠΕΛΙΟ — 1958	117 Lr ΛΩΡΕΝΣΙΟ — 1961

Πίνακας 2- 1 Περιοδικός πίνακας στοιχείων [αναφορά 5]

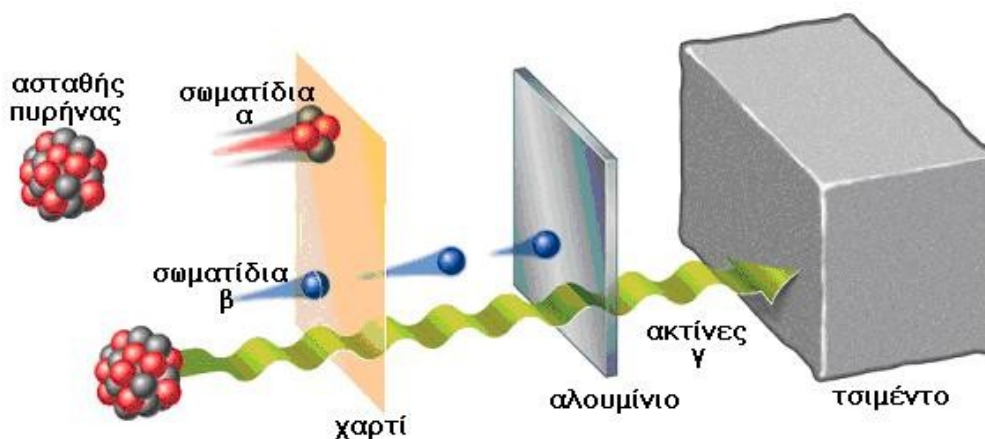
⁵ <http://www.xhmikos.gr/periodic table page1LQ.jpg> Τίτλος: Περιοδικός Πίνακας των Στοιχείων (Ημ/νία επίσκεψης: 18/02/2009)

2.5 Ευγενή αέρια

Στην τελευταία ομάδα του *περιοδικού συστήματος* βρίσκονται τα ευγενή αέρια (επίσης γνωστά ως αδρανή ή σπάνια αέρια) ^[αναφορά 6]. Τα ευγενή αέρια είναι συνολικά επτά (7): Το Ήλιο (He), το Νέο (Ne), το Αργό (Ar), το Κρυπτό (Kr), το Ξένο (Xe), το Ραδόνιο (Rn) και το υπερβαρύ ραδιενεργό στοιχείο με ατομικό αριθμό 118 (Uuo) με την προσωρινή ονομασία Ουνουνόκτιο.

Ο χαρακτηρισμός «ευγενή» προέκυψε λόγω της σχετικής τους «απροθυμίας» να αλληλεπιδράσουν με τα υπόλοιπα χημικά στοιχεία. Αυτό συμβαίνει διότι τα άτομα αυτών έχουν πολύ σταθερούς εξωτερικούς φλοιούς συμπληρωμένους με τον μέγιστο δυνατό αριθμό ηλεκτρονίων, (2 για το ήλιο, 8 για τα άλλα αέρια), υψηλά *δυναμικά ιοντισμού* και σχεδόν μηδενικές *ηλεκτρονικές συγγένειες*. Όμως σε κανένα χημικό στοιχείο αυτής της κατηγορίας δεν ταιριάζει απόλυτα η ονομασία «ευγενή», αφού ούτε τελείως ανίκανα, αδρανή δηλαδή, είναι για να λάβουν μέρος σε χημική αντίδραση, ούτε καν σπάνια ορισμένα εξ αυτών. Τα βαρέα μέλη της ομάδας (Kr, Xe, Rn) σχηματίζουν ορισμένα σταθερά *φθορίδια*, π.χ. το Xe σχηματίζει κρυστάλλους XeF₄ και XeF₆.

2.6 Πως Προκαλείται η Ραδιενέργεια & Τι είναι



Εικόνα 2- 2 Διάσπαση α, β & ακτινοβολία γ. ^[αναφορά 7]

⁶ http://el.wikipedia.org/wiki/Ευγενή_Αέρια (Ημ/νία επίσκεψης: 24/02/2009)

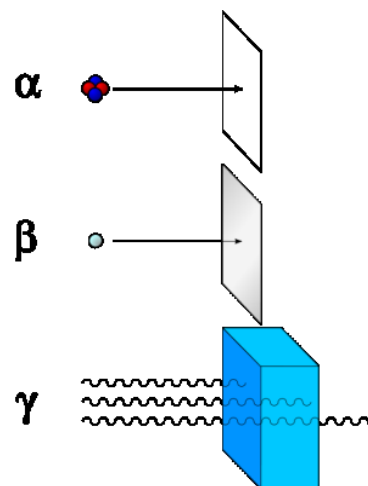
⁷ <http://users.att.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/OkosmosPouZoume.htm> Τίτλος: Περί ακτινοβολιών (Ημ/νία επίσκεψης: 05/10/2009)

Διαπέραση ύλης:

σωματίδια α: χαρτί

σωματίδια β: αλουμίνιο

σωματίδια γ: μόλυβδος

**Εικόνα 2- 3** Διαπέραση της ύλης

[αναφορά 8]

Με τον γενικό όρο *ραδιενέργεια* χαρακτηρίζεται το φαινόμενο κατά το οποίο τα άτομα ορισμένων ραδιενεργών χημικών στοιχείων που φέρουν ασταθείς πυρήνες, υπόκεινται σε τυχαίους μετασχηματισμούς, εκπέμποντας απ' τον πυρήνα τους σωματίδια ή απελευθερώνοντας *πυρηνική ακτινοβολία*, που συνήθως λέγεται απλώς ακτινοβολία ^[αναφορά 8]. Αυτά μπορούν να μεταβάλλουν τον αριθμό των πρωτονίων και νετρονίων όπου περιέχουν. Γι' αυτό το λόγο ονομάζονται ραδιενεργά και η διαδικασία αυτή ονομάζεται *ραδιενεργός διάσπαση*.

Τα πρωτόνια και νετρόνια όπου αποτελούν τον πυρήνα ονομάζονται *νουκλεόνια*. Τα νουκλεόνια συγκροτούνται μεταξύ τους στο πυρήνα με την ισχυρή πυρηνική δύναμη. Από τα περίπου 2500 *νουκλίδια* που είναι γνωστά στην επιστήμη, λιγότερα από 300 είναι ραδιενεργά.

Οι ραδιενεργές διασπάσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν με μία σειρά διαφορετικών τρόπων. Η πιο συνήθης είναι μέσω της *διάσπασης άλφα* (εκπομπή πυρήνων ηλίου) και *διάσπαση βήτα* (εκπομπή ηλεκτρονίων).

Ο πυρήνας του ατόμου του ραδιενεργού στοιχείου εκπέμποντας ακτίνες α ή β *μεταστοιχειώνεται*, δηλαδή υφίσταται αλλαγή στον ατομικό του αριθμό, οπότε ο πυρήνας που εξέπεμψε το σωματίδιο άλφα ή βήτα, μετατρέπεται σε πυρήνα κάποιου άλλου χημικού στοιχείου.

Επιπλέον, όπως τα ηλεκτρόνια του ατόμου, έτσι και τα νουκλεόνια του πυρήνα μπορούν να διεγερθούν σε καταστάσεις υψηλότερης ενέργειας. Ωστόσο, αυτού του είδους οι μεταβάσεις απαιτούν χιλιάδες φορές περισσότερη ενέργεια από ότι οι διεγέρσεις ηλεκτρονίων. Όταν ένας διεγερμένος πυρήνας εκπέμψει ένα φωτόνιο για να επιστρέψει στη θεμελιώδη κατάσταση, το φωτόνιο έχει πολύ υψηλή ενέργεια και ονομάζεται *ακτίνες γάμμα*.

Γενικά όλα τα προϊόντα της διάσπασης μπορεί να αποδειχτούν επικίνδυνα για την ισορροπία της λειτουργίας του ανθρώπινου οργανισμού.

2.7 Σύντομη Ιστορική Αναδρομή

Το φαινόμενο της Ραδιενέργειας παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από τον γάλλο φυσικό *Μπεκερέλ* το 1896 όταν πρόσεξε πως το θειικό κάλιο-ουρανίλιο εκπέμπει συνεχώς ακτινοβολία που μοιάζει με τις ακτίνες Χ και προσβάλλει τη φωτογραφική πλάκα ^[αναφορά 6]. Τις ίδιες ακτίνες που αρχικά ονομάστηκαν "ακτίνες Μπεκερέλ" ή "ακτίνες ουρανίου" εκπέμπουν και άλλες ενώσεις του ουρανίου. Το φαινόμενο αυτό της αυθόρμητης εκπομπής ενέργειας χωρίς εξωτερικό αίτιο ήρθε και τάραξε τότε τις κρατούσες αντιλήψεις στη Φυσική διότι με το εν λόγω φαινόμενο καταρρίπτονταν το θεμελιώδες αξίωμα της διατήρησης της ενέργειας. Βραδύτερα όμως από τη συστηματική μελέτη του φαινομένου, διαπιστώθηκε πως δεν συνέβαινε κάτι τέτοιο.

Το 1898 το ζεύγος Κιουρί μπόρεσε να απομονώσει διάφορα χημικά στοιχεία όπως ο πισουρανίτης και το πολώνιο το οποίο χημικά συγγενεύει με το Βισμούθιο. Έτσι έκαναν μετρήσεις πάνω στην ραδιενέργεια εκμεταλλευόμενοι την ιδιότητα των εκπεμπόμενων ακτινών να καθιστούν αγωγίμο τον αέρα. Δηλαδή, όσο πιο αγωγίμος ήταν ο αέρας, σήμαινε πως τόσο πιο πολύ ραδιενεργό ήταν το στοιχείο και το αντίθετο.

Στη συνέχεια το ζεύγος με τη συνεργασία του Μπεμόντ πέτυχε την απομόνωση μετά από συστηματικές ανακρυσταλλώσεις μιας δεύτερης ουσίας λίαν εντόνως ραδιενεργού του ραδίου, η οποία συγγενεύει προς το Βάριο και που απομονώθηκε υπό μορφή χλωριούχου και βρωμιούχου άλατος. Αργότερα ο Ντεμπιέρν απομόνωσε από τον πισουρανίτη και τρίτη ραδιενεργή ουσία που την ονόμασε ακτίνιο και που συγγενεύει με το Θόριο. Τις ακτινοβολίες εκ των ενώσεων του θορίου μελέτησε επισταμένα ο *Βαρόνος* Ερνέστος Ράδερφορντ.

Το 1902 οι Ράδερφορντ και Σόντνυ αντελήφθησαν τελικά ότι η πηγή της εκπεμπόμενης ενέργειας είναι η μερική διάσπαση των ατόμων, κατά την οποία και εκσφενδονίζεται τεμάχιο του πυρήνα τους με μεγάλη ταχύτητα μεταστοιχειούμενο σε άλλο άτομο.

2.8 Κατηγορίες Ραδιενέργειας

Σήμερα εκτός των ραδιενεργών ουσιών που απαντώνται στη Φύση, κατορθώθηκε και η τεχνητή παρασκευή ραδιενεργών στοιχείων με συνέπεια να διακρίνουμε τη ραδιενέργεια σε *φυσική* και σε *τεχνητή* ^[αναφορά 7, 11].

- η **φυσική ραδιενέργεια** η οποία προέρχεται από πρωταρχικά νουκλίδια (^{238}U , ^{235}U κ.ά.) και κοσμικά νουκλίδια (^{14}C , ^3H , ^7Be κ.ά.)
- η **τεχνητή ραδιενέργεια** η οποία οφείλεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα των τελευταίων κυρίως 100 χρόνων (πυρηνική βιομηχανία, όπλα, δοκιμές, κατάλοιπα, ιατρική κ.ά.): ^{131}I , ^{137}Cs , ^3H , ^{239}Pu κ.ά.

2.9 Μονάδες που σχετίζονται με τη Ραδιενέργεια

Ενεργότητα: Μπεκερέλ $1 \text{ Bq} = 1 \text{ διάσπαση} / \text{s}$ ^[αναφορά 9]

[Bq] Μονάδα μέτρησης ενός ραδιενεργού υλικού. Ένα μπεκερέλ σημαίνει μια αυθόρμητη πυρηνική αντίδραση κατά δευτερόλεπτο σε ποσότητα ραδιενεργού υλικού ενός χιλιόγραμμου. Σε περίπτωση ραδιενεργού μόλυνσης των τροφίμων, για να επιτραπεί η κατανάλωσή τους, αυτά δεν πρέπει να ξεπερνούν μια ορισμένη τιμή σε μπεκερέλ, για να μην είναι επικίνδυνα για την υγεία.

έκθεση: Roentgen $1 \text{ Roentgen} = 1 \text{ Cb} / \text{kg}$ αέρα

Η **röntgen (R)** είναι μια μονάδα μέτρησης για *την ιονίζουσα ακτινοβολία* ^[αναφορά 10]. 1 R είναι η ποσότητα της ακτινοβολίας που απαιτείται για να ε-

⁹ <http://www.livopedia.gr/index.php/Μπεκερέλ> (Ημ/νία επίσκεψης: 26/02/2009)

¹⁰ [http://en.wikipedia.org/wiki/Roentgen_\(R\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Roentgen_(R)) (Ημ/νία επίσκεψης: 03/03/2009)

λευθερώσουν τις θετικές και αρνητικές επιβαρύνσεις τους μια μονάδα ηλεκτροστατικής χρέωσης σε 1 cm^3 του ξηρού αέρα σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Αυτό αντιστοιχεί με την παραγωγή περίπου $2,08 \times 10^9$ ζεύγη ιόντων. Παρόλο που έχει εγκριθεί βάση του συστήματος SI, η χρήση της αποθαρρύνεται απ' το Εθνικό Ινστιτούτο Προδιαγραφών & Τεχνολογίας (*National Institute of Standards and Technology*).

δόση: 1 Gray (Gy) = 1 Joule/kg = 100 rad (ενέργεια που απορροφά ο οργανισμός)

ισοδύναμη δόση: 1 Sv = GyQ (επιβλαβείς επιπτώσεις) Η ισοδύναμη δόση είναι το δοσιμετρικό μέγεθος που σχετίζεται με τη βλάβη που μπορεί να προκαλέσει σε έναν ιστό η απορροφούμενη δόση ενός συγκεκριμένου είδους ακτινοβολίας.

2.10 Προέλευση Ιονίζουσας Ακτινοβολίας στην οποία Εκτίθεται ο Ανθρώπινος Οργανισμός

Η προέλευση της ιονίζουσας ακτινοβολίας στην οποία εκτίθεται ο άνθρωπος, κυμαίνεται στα παρακάτω επί της εκατό ποσοστά ^[αναφορά 11].

- Ραδόνιο (55%)
- Ήλιος (8%)
- Χώμα (8%)
- Ο ίδιος ο ανθρώπινος οργανισμός λόγω ύπαρξης πυρήνων ^{40}K και ^{137}Cs στους ιστούς του
- Ακτινογραφίες (11%)
- Άλλες πηγές, π.χ. πυρηνικές δοκιμές, πυρηνικά ατυχήματα κ.ά.

Όπως βλέπουμε παραπάνω, μέρος της ακτινοβολίας που λαμβάνουμε είναι απ' την περιβαλλοντική ακτινοβολία, απ' το περιβάλλον δηλαδή. Σημαντική πηγή περιβαλλοντικής ακτινοβολίας αποτελεί το στοιχείο του ραδονίου, συγκε-

¹¹ <http://www.phpbbserver.com/pfor/index.php?mforum=pfor> Τίτλος: Εκπαίδευση- Νέες τεχνολογίες, Η ραδιενέργεια στη ζωή μας (Ημ/νία επίσκεψης: 05/03/2009)

κριμένα την μισή ακτινοβολία απ' αυτή που λαμβάνει ο άνθρωπος προέρχεται απ' αυτό. Το ραδόνιο 222 διασπάται σε ραδιενεργά στοιχεία, δύο από τα οποία είναι το πολώνιο 218 και το πολώνιο 214. Αυτά εκπέμπουν σωματίδια άλφα, τα οποία είναι εξαιρετικά αποτελεσματικά στο να βλάπτουν τους ιστούς των πνευμόνων. Αυτά τα εκπεμπόμενα σωματίδια άλφα, παράγωγα της διάσπασης του ραδονίου, ενέχονται για την πρόκληση του καρκίνου των πνευμόνων στους ανθρώπους.

2.11 Τι είναι το Ραδόνιο

Το χημικό στοιχείο Ραδόνιο (που συμβολίζεται με: Rn) είναι ένα ευγενές αέριο με ατομικό αριθμό 86 και ατομικό βάρος (222) ^[αναφορά 12]. Έχει θερμοκρασία τήξης -71 C° και θερμοκρασία βρασμού $-61,8\text{ C}^\circ$. Είναι ραδιενεργό και ένα από τα βαρύτερα αέρια που υπάρχουν στη φύση. Το πιο σταθερό του ισότοπο είναι το ραδόνιο-222 με χρόνο ημιζωής 3,8 ημέρες. Κάθε μεμονωμένη ραδιενεργός ουσία έχει μια χαρακτηριστική περίοδο διάσπασης ή όπως λέγεται χρόνος ημιζωής, δηλαδή, ο χρόνος μέσα στον οποίο η αρχική ποσότητα μειώθηκε στο ήμισυ. Σε θερμοκρασία και πίεση δωματίου είναι άχρωμο αλλά όταν ψυχρανθεί κάτω από τη θερμοκρασία πήξης του, αποκτά ένα υποκίτρινο χρώμα που καθώς μειώνουμε τη θερμοκρασία μετατρέπεται σε κίτρινο και στη συνέχεια σε πορτοκαλοκόκκινο. Επίσης καθώς είναι άοσμο και χωρίς γεύση, το ραδόνιο, δεν μπορεί να ανιχνευθεί από τις ανθρώπινες αισθήσεις.

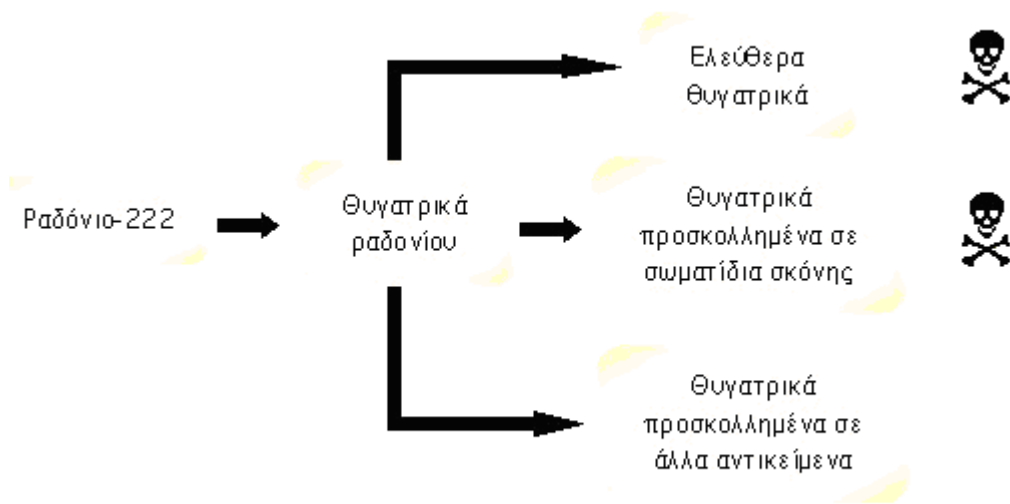
Είναι βραχύβιο ραδιενεργό (χημικά αδρανές), θυγατρικό προϊόν του φυσικού ουρανίου. Διασπάται σε βραχύβια θυγατρικά εκπέμποντας ακτινοβολία "α". Τα ραδιενεργά θυγατρικά του (το πολώνιο, το βισμούθιο και ο μόλυβδος) αντίθετα με το ραδόνιο, είναι χημικώς δραστικά, προσκολλώνται στα σωματίδια της σκόνης και στις σταγόνες υγρασίας και μέσα από την αναπνοή εγκαθίστανται στους πνεύμονες. Είναι αυτά που ενοχοποιούνται για τις βλαβερές επιπτώσεις του ραδονίου στην ανθρώπινη υγεία.

2.12 Που Βρίσκεται το ραδόνιο

31_____

¹² <http://www.physics4u.gr/nuclear/radio5.html> (Ημ/νία επίσκεψης: 09/03/2009)

Όλα τα εδάφη και τα πετρώματα περιέχουν ράδιο και κατά συνέπεια εκπέμπουν ραδόνιο. Έτσι, ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει πάντα μια, συνήθως μικρή, συγκέντρωση ραδονίου. Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις στο εσωτερικό των κτιρίων μπορεί να είναι πολύ υψηλότερες από αυτές του εξωτερικού αέρα. Η είσοδος του ραδονίου στα κτίρια εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως την περιεκτικότητα του εδάφους σε ουράνιο, τον τύπο και τη διαπερατότητα του εδάφους, την υγρασία του εδάφους, τις λεπτομέρειες κατασκευής του κτιρίου κλπ.



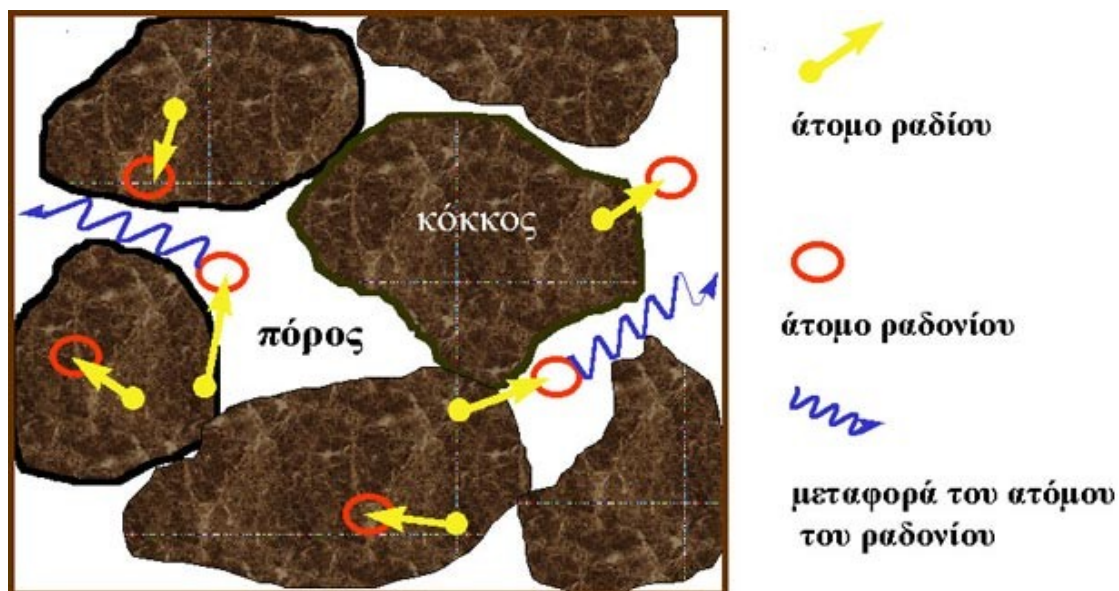
Εικόνα 2- 4 Τα θυγατρικά του ραδονίου [αναφορά 16]

Το ραδόνιο απαντάται ως αέριο συστατικό του εδάφους, του νερού και κατ' επέκταση των οικοδομικών υλικών. Το ραδόνιο διαφεύγει μέσα από τις ρωγμές του εδάφους, και εκλύεται στην ατμόσφαιρα ή διαλύεται στα υπόγεια, επιφανειακά και θαλάσσια ύδατα. Η ποσότητα του εκλυόμενου ραδονίου διαφέρει σημαντικότερα από τόπο σε τόπο, εξαρτώμενη από το είδος των πετρωμάτων του εδάφους και την περιεκτικότητά τους σε ουράνιο. Στην ατμόσφαιρα της υπαίθρου και σε ανοιχτούς χώρους η συγκέντρωση του ραδονίου είναι χαμηλή λόγω της μεγάλης διάχυσής του στο περιβάλλον. Αντίθετα στην περίπτωση κλειστών χώρων, το ραδόνιο διαχεόμενο εγκλωβίζεται στον εσωτερικό αέρα. Υψηλές συγκεντρώσεις ραδονίου απαντώνται στον αέρα των σπηλαίων, των υπόγειων στοών των ορυχείων, των υπογείων των κατοικιών, των ισογείων κατοικιών κ.λ.π όπου ο εξαερισμός είναι μειωμένος. Σε μερικές περιπτώσεις, το πόσιμο νερό αποτελεί πηγή ραδονίου, κυρίως όταν προέρχεται από πηγάδια. Ευθύνεται δε, για την πρόκληση καρκίνου του πνεύμονα. Αν και έχει μικρό χρόνο ημι-

ζωής, διασπάται σε άλλα ραδιενεργά στοιχεία τα οποία έχουν χρόνο ημιζωής δεκαετιών, με αποτέλεσμα η εισπνοή ραδονίου από κάποιον να αποτελεί συνεχή κίνδυνο.

2.13 Πως Δημιουργείται το Ραδόνιο

Το ραδόνιο είναι αέριο ραδιοϊσότοπο το οποίο προέρχεται από τη διάσπαση του ραδίου ^[αναφορά 13]. Και τα δύο ραδιοϊσότοπα είναι μέλη της ραδιενεργού σειράς του Ουρανίου 238 (U-238) το οποίο αποτελεί μέρος της φυσικής ραδιενέργειας. Όλα τα πετρώματα και τα εδάφη της γης περιέχουν ουράνιο σε μικρές συνήθως ποσότητες (1–3 ppm). Το ράδιο είναι στερεό και βρίσκεται στο φλοιό της γης, η διάσπασή του συνοδεύεται και από μια φυσικοχημική μεταβολή. Ενώ το ράδιο σαν στοιχείο είναι στερεό και παραμένει στο κέλυφος στο οποίο εναποτέθηκε, το παραγόμενο από τη διάσπασή του ραδίου ραδόνιο, είναι αέριο και μάλιστα αδρανές. Και αφού είναι αέριο, αν του δοθεί η δυνατότητα όπως θα δούμε παρακάτω, θα διαφύγει από το έδαφος στο οποίο έχει σχηματισθεί. Ας παρατηρήσουμε ένα κόκκο υλικού που περιέχει ράδιο. Ο πυρήνας του ραδίου διασπάται και μετατρέπεται σε πυρήνα ραδονίου ο οποίος μπορεί:



Εικόνα 2- 5 Διαφυγή του ραδονίου από τους κόκκους μέσα στους οποίους παράγεται

[αναφορά 13]

¹³ http://www.eeae.gr/gr/index.php?fvar=html/president/_info_radon Τίτλος: Μετρήσεις ραδονίου (Ημ/νία επίσκεψης: 10/03/2009)

- να μη μπορεί να βγει από τον κόκκο
- να βγει και να περάσει στους πόρους (διάκενα των κόκκων)
- να μπει σε γειτονικό κόκκο

Η διαφυγή του ραδονίου από τους κόκκους μέσα στους οποίους παράγεται, εξαρτάται από τις φυσικές ιδιότητες αυτών, όπως :

- μέγεθος των κόκκων
- πορώδες
- διαπερατότητα
- υγρασία του εδάφους
- κρυσταλλική δομή των κόκκων

Από τη στιγμή που παράγεται, το αέριο ραδόνιο διαφεύγει από τους πόρους και τις ρωγμές των πετρωμάτων και εισέρχεται στην ατμόσφαιρα όπου διαχέεται γρήγορα.

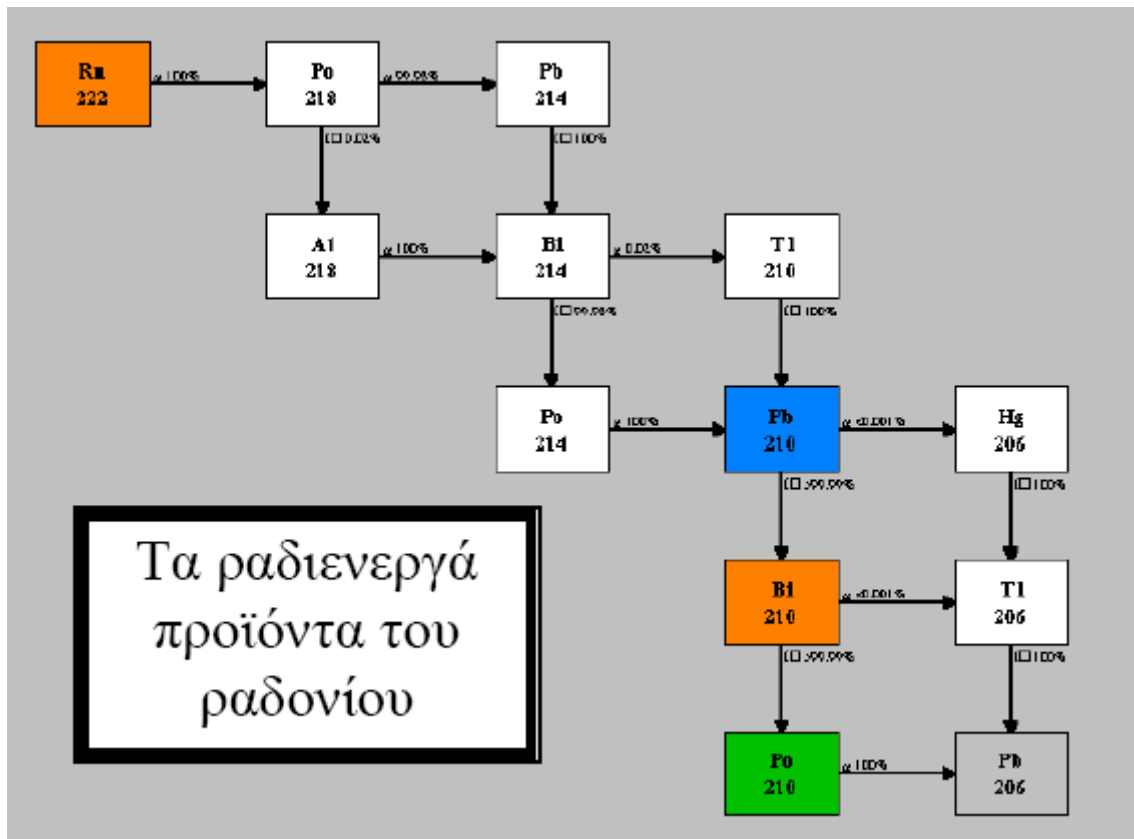
2.14 Ποια τα θυγατρικά προϊόντα του Ραδονίου (Προϊόντα διάσπασης)

Το σημαντικότερο ισότοπο του ραδονίου είναι το ραδόνιο-222, το οποίο έχει το μεγαλύτερο χρόνο ημιζωής, 3.8 ημέρες ^[αναφορά 14]. Σχηματίζεται κατά τη διάσπαση του ραδίου- 226 και ανήκει στην αλυσίδα των φυσικών ραδιενεργών στοιχείων της σειράς του ουρανίου-238. Υπάρχει και δεύτερο ισότοπο του ραδονίου, το ραδόνιο-220 ή θορόνιο, το οποίο ανήκει στην αλυσίδα των ραδιενεργών στοιχείων της σειράς του θορίου-232. Ο χρόνος ημιζωής του ραδονίου-220 είναι 56 δευτερόλεπτα, πράγμα που το καθιστά λιγότερο σημαντικό, εφόσον πολύ μικρότερες ποσότητες φτάνουν στο περιβάλλον του ανθρώπου.

34_____

¹⁴ <http://omega.physics.uoi.gr/radon/Greek/radon.pdf> Τίτλος: Ραδόνιο (Ημ/νία επίσκεψης: 11/03/2009)

Τα προϊόντα διάσπασης του ραδονίου είναι βραχύβια και χημικά ενεργά. Τα τέσσερα ραδιοϊσότοπα που παράγονται μετά τη διάσπαση του ραδονίου-222 έχουν χρόνους ζωής μικρότερους από 30 λεπτά. Αν μεν φτάσουν στους πνεύμονες με την αναπνοή, διασπώνται με σχηματισμό μολύβδου-210, ο οποίος έχει χρόνο ημιζωής 20 έτη. Η ακτινοβολία που απελευθερώνεται κατά τη διάσπαση των ραδιοϊσοτόπων αυτών συνεισφέρει κατά το μεγαλύτερο μέρος στη ραδιενεργό δόση στην οποία αποδίδεται ο καρκίνος των πνευμόνων.



Εικόνα 2- 6 Τα ραδιενεργά προϊόντα του ραδονίου [αναφορά 14]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΡΑΔΟΝΙΟΥ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

3.1 Ιστορική αναδρομή πρόσληψης ραδονίου απ' τον ανθρώπινο οργανισμό

Στις 2 Δεκεμβρίου 1984, ο Στάνλεϊ Γουάτρας, έκανε το συναγερμό ραδιενέργειας του πυρηνικού εργοστασίου όπου εργαζόταν να ηχήσει ^[αναφορά 14]. Για δεκαπέντε μέρες έψαχναν στο πυρηνικό εργοστάσιο του Λίμερικ στη Φιλαδέλφια των ΗΠΑ να βρουν γιατί κάθε πρωί ο κ. Γουάτρας ενεργοποιούσε το συναγερμό με την είσοδό του στο εργοστάσιο. Η πηγή της ραδιενέργειας, που έκανε τον κ. Γουάτρας τόσο ραδιενεργό, ήταν τελικά το ίδιο του το σπίτι. Η ανακάλυψη αυτή έδωσε σημαντική ώθηση στις έρευνες για τον έλεγχο της ραδιενέργειας των κατοικιών. Μετά από έρευνες σε όλο τον κόσμο, το σπίτι του Γουάτρας, που έτυχε να κτιστεί πάνω σε μια φλέβα ουρανίου, πλάτους 10 μέτρων, παραμένει το πιο ραδιενεργό στον κόσμο, με συγκέντρωση ραδιενέργειας 100000 μπεκερέλ στο κυβικό μέτρο ραδονίου του αέρα!

Ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 1980, αρκετές μελέτες έγιναν για την μέτρηση του ραδονίου στο εσωτερικό των κατοικιών. Τα σημαντικότερα συμπεράσματα των εργασιών αυτών είναι ότι η μέση συγκέντρωση του ραδονίου στο εσωτερικό των κατοικιών κυμαίνεται γύρω στα 55-65 μπεκερέλ στο κυβικό μέτρο, ενώ ποσοστό ως και 25% υπερβαίνει τα 150 μπεκερέλ, τα οποία έχουν ορισθεί ως το όριο συναγερμού από την Αμερικανική Υπηρεσία Περιβάλλοντος (EPA).

3.2 Πηγές και ποσοστά λαμβανόμενης ραδιενέργειας απ' τον άνθρωπο

Τα φυσικά ραδιοϊσότοπα που εισπνέονται από τον άνθρωπο είναι το ραδόνιο με τα θυγατρικά του στοιχεία (αέριο που εκλύεται από τα γήινα πετρώματα) καθώς και οι ραδιενεργοί πυρήνες που προέρχονται από την αλληλεπίδραση της κο-

σμικής ακτινοβολίας με άτομα στοιχείων της ατμόσφαιρας¹⁵. Η σοβαρότερη φυσική πηγή εσωτερικής ακτινοβολίας του ανθρώπου, είναι τα θυγατρικά του ραδονίου, στα οποία οφείλεται το μεγαλύτερο ποσοστό της ετήσιας ακτινικής δόσης στην οποία εκτίθεται ο παγκόσμιος πληθυσμός.



Συνεισφορά των διαφόρων πηγών ακτινοβολίας στη μέση ετήσια δόση (2.4mSv)

Εικόνα 3- 1 Ποσοστό λαμβανόμενης ακτινοβολίας απ' τον ανθρώπινο οργανισμό <sup>[αναφο-
ρά 13]</sup>

Οι δρόμοι τους οποίους ακολουθεί το αέριο ραδόνιο για να εισχωρήσει από το έδαφος στους εσωτερικούς χώρους ενός κτιρίου ποικίλουν.

Το ραδόνιο και τα θυγατρικά του, προσκολλημένα σε σκόνη και υγρασία, εισπνέονται από τον άνθρωπο, και ακτινοβολούν τοπικά τους πνεύμονες με σωματίδια "α", "β" και ακτινοβολία "γ". Όπως προαναφέρθηκε η ακτινοβολία "α", απελευθερώνει όλη την ενέργειά της στο πολύ μικρό μήκος της διαδρομής της μέσα στους ιστούς με επακόλουθο τη σημαντικότερη βιολογική βλάβη συγκριτικά με τα άλλα είδη ακτινοβολιών.

37_____

¹⁵ http://www.eeae.gr/gr/index.php?fvar=html/president/_info_natural_inside Τίτλος: Φυσικές πηγές εσωτερικής ακτινοβολίας (ημ/νία επίσκεψης: 12/03/2009)

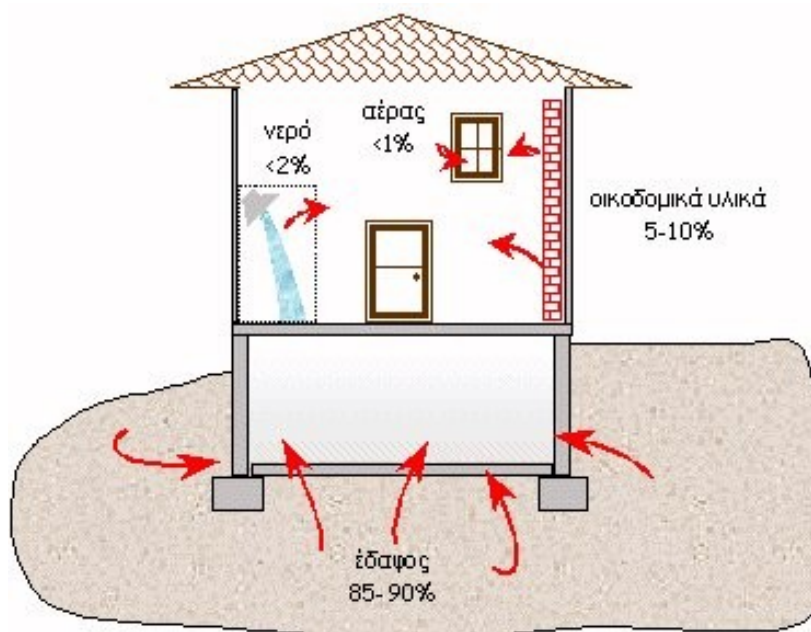
Η εισπνοή του ραδονίου και των θυγατρικών του αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης του καρκίνου του πνεύμονα. Η πιθανότητα αυτή είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση του ραδονίου στον εισπνεόμενο αέρα. Σε παρακάτω κεφάλαιο (κεφάλαιο 4), θα αναπτύξουμε εκτενέστερα τις επιπτώσεις του ραδονίου στην υγεία του ανθρώπου.

3.3 Πώς εισέρχεται το ραδόνιο στα κτίρια

Το έδαφος που περιβάλλει το κτίριο είναι η πιο συχνή πηγή ραδονίου στο εσωτερικό του ^[αναφορά 16]. Το ραδόνιο που εκπέμπεται από το έδαφος και τα πετρώματα απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Ο συνηθέστερος δρόμος για να εισχωρήσει το ραδόνιο στο εσωτερικό του σπιτιού, είναι μέσω των ρωγμών του πατώματος και των τοίχων, διαδικασία που υποβοηθείται από την αρνητική σε σχέση με το περιβάλλον πίεση που επικρατεί στους εσωτερικούς χώρους λόγω θέρμανσης. Καθώς η πίεση στο εσωτερικό του κτιρίου είναι χαμηλότερη από εκείνη στο εξωτερικό του, ο αέρας εισέρχεται μέσα από ρωγμές στα θεμέλια ή τους τοίχους, από υπόγεια, υδρορροές και άλλα ανοίγματα. Στη συνέχεια, με τη θέρμανση του εσωτερικού αέρα, το ραδόνιο μεταφέρεται στα υψηλότερα πατώματα. Σε γενικές γραμμές, οι συγκεντρώσεις του ραδονίου που μετρώνται σε πολυκατοικίες με πολλούς ορόφους, είναι μικρότερες στους πάνω ορόφους από ό, τι στους κατώτερους.

Μια ακόμη σημαντική πηγή ραδονίου είναι τα οικοδομικά υλικά. Τα κοινά οικοδομικά υλικά όπως το ξύλο, τα τούβλα, γρανίτες και πέτρες, καθώς και διάφορα είδη τσιμέντου, με αυξημένη συγκέντρωση ουρανίου, αποτελούν από μόνα τους πηγές έκλυσης ραδονίου σε εσωτερικούς τοίχους και πατώματα. Αυτά μπορούμε να πούμε πως εκλύουν σχετικά μικρές ποσότητες ραδονίου. Υπάρχουν, ωστόσο, υλικά όπως ο γρανίτης και ορισμένα είδη πέτρας και γύψου που είναι ιδιαίτερα ραδιενεργά.

¹⁶ http://omega.physics.uoi.gr/radon/Greek/radon_faq.htm#Q1 Τίτλος: Ενημερωθείτε (Ημ/νία επίσκεψης: 13/03/2009)



Εικόνα 3- 2 Δίοδοι μεταφοράς του ραδονίου από το έδαφος και τον αέρα στους εσωτερικούς χώρους των κατοικιών [αναφορά 16].

3.4 Ποια τα αποδεκτά όρια δόσεων & συγκέντρωσης στους εσωτερικούς χώρους

Η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (EPA) έχει ορίσει ως ανώτερο επιτρεπτό όριο ραδονίου στο εσωτερικό των κατοικιών, σχολείων και χώρων εργασίας, τα 150 Μπεκερέλ στο κυβικό μέτρο [αναφορά 16]. Σύμφωνα όμως με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), στις υπάρχουσες κατοικίες το όριο δράσης ανέρχεται στα 200 Bq/m³. Αλώςτε τα θεσπιζόμενα όρια που ακολουθούνται στις μελέτες που διεξάγονται στον Ελλαδικό χώρο, είναι αυτά του WHO καθώς δεν ορίζεται διαφορετικά στην Ελληνική νομοθεσία.

Μετρήσεις ερευνητικής ομάδας στην πόλη των Ιωαννίνων έδειξε ότι οι τιμές συγκεντρώσεων ραδονίου κυμαίνονται στα διαμερίσματα από 55-90 και στις μονοκατοικίες από 60-190 μπεκερέλ στο κυβικό μέτρο. Υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν σε υπόγεια κατοικιών και δημοσίων κτιρίων.

Τα προτεινόμενα ανώτερα όρια δόσεων είναι [αναφορά 11]:

- μέση τιμή (στα πέντε έτη): 20 mSv/yr (μέγιστη/yr: 50 mSv)
- για εργαζόμενους σε περιβάλλον ακτινοβολίας: 15 mSv/yr

3.5 Ποια τα ήδη μετρητών ραδονίου

Οι περισσότερες μέθοδοι μέτρησης του ραδονίου (Rn) και των θυγατρικών του (RnD) βασίζονται στην ανίχνευση α-σωματιδίων που εκπέμπονται από τα ραδιονουκλίδια κατά τη ραδιενεργό διάσπασή τους ^[αναφορά 13]. Οι μέθοδοι μέτρησης διακρίνονται γενικά σε ενεργητικές και παθητικές.

Ενεργητικές τεχνικές είναι εκείνες που απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια και τη χρήση αντλιών αέρα.

Παθητικές τεχνικές είναι εκείνες στις οποίες αφού βάλουμε τον ανιχνευτή στο σημείο μέτρησης, αυτός δεν απαιτεί ηλεκτρική ενέργεια.



(α) θάλαμος διάχυσης



(β) ενεργοποιημένος άνθρακας



(γ) ηλεκτρίσιμο υλικό

Εικόνα 3- 3 Διάφοροι τύποι παθητικών δοσίμετρων ραδονίου που χρησιμοποιούνται για μετρήσεις της συγκέντρωσης του ραδονίου στον εσωτερικό αέρα ^[αναφορά 13]

Οι παθητικές τεχνικές είναι συνήθως απλές, με ανταγωνιστικό κόστος και εύκολη χρήση. Είναι κατάλληλες για ερευνητική δουλειά και για μακροχρόνιες μετρήσεις. Το αποτέλεσμα μιας μέτρησης ραδονίου με παθητικούς ανιχνευτές εκφράζεται σε Bq/m^3 και εκφράζει την μέση ολοκληρωμένη συγκέντρωση ραδονίου που είναι και η πλέον αντιπροσωπευτική για τον εσωτερικό αέρα της κατοικίας. $1 Bq/m^3$ σημαίνει ότι κατά μέσο όρο σε κάθε κυβικό μέτρο αέρα, συμβαίνει μία διάσπαση ενός ατόμου ραδονίου σε κάθε δευτερόλεπτο.

Η πλέον διαδεδομένη λόγω του χαμηλού κόστους και εύκολης χρήσης της μέθοδος, σχετίζεται με τη χρήση πλαστικών ανιχνευτών, στους οποίους αποτυ-

πώνονται τα ίχνη των σωματιδίων α που παράγονται κατά τη ραδιενεργό αποδιέγερση. Αυτήν τη μέθοδο θα αναλύσουμε σε παρακάτω κεφάλαιο.

Τα υλικά των ανιχνευτών όπου πάνω τους αποτυπώνονται τα ίχνη του Ραδονίου είναι προσροφητικά υλικά όπως ο ενεργός άνθρακας, οι ζεόλιθοι και τα silica gel ^[αναφορά 17].

Επίσης διακρίνονται σε μικρής διάρκειας και μεγάλης, όσον αφορά την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων ^[αναφορά 18].

Οι μετρητές μικρής διάρκειας είναι:

- charcoal can (με άνθρακα)
- electret ion detectors (ιοντικά φορτισμένοι ανιχνευτές)

Οι μετρητές μεγάλης διάρκειας είναι:

- Alpha track detectors
- ion detectors (ανιχνευτές ιοντισμού)
- μετρητές EPERM
- RRD (Αναδρομικοί ανιχνευτές ραδονίου)

3.6 Ποιες οι διακυμάνσεις του ραδονίου συναρτήσει του χρόνου

Οι διακυμάνσεις των επιπέδων συγκέντρωσης του ραδονίου, συμβαίνουν σε πολλές χρονικές κλίμακες (ωριαίες μέχρι ετήσιες μεταβολές), και εξαρτώνται από εποχικούς παράγοντες, τις καιρικές συνθήκες, τα χαρακτηριστικά του κτιρί-

¹⁷ Πασχαλίδης, Ιωάννης Σ. Διπλωματική Εργασία: Βαθμονόμηση δοχείων με προσροφητικά υλικά για τη μέτρηση συγκεντρώσεων ραδονίου στην ατμόσφαιρα σε διάφορα επίπεδα σχετικής υγρασίας, Diffusive samplers calibration for ambient radon concentration measurements at various humidity levels (ΕΜΠ 2008)

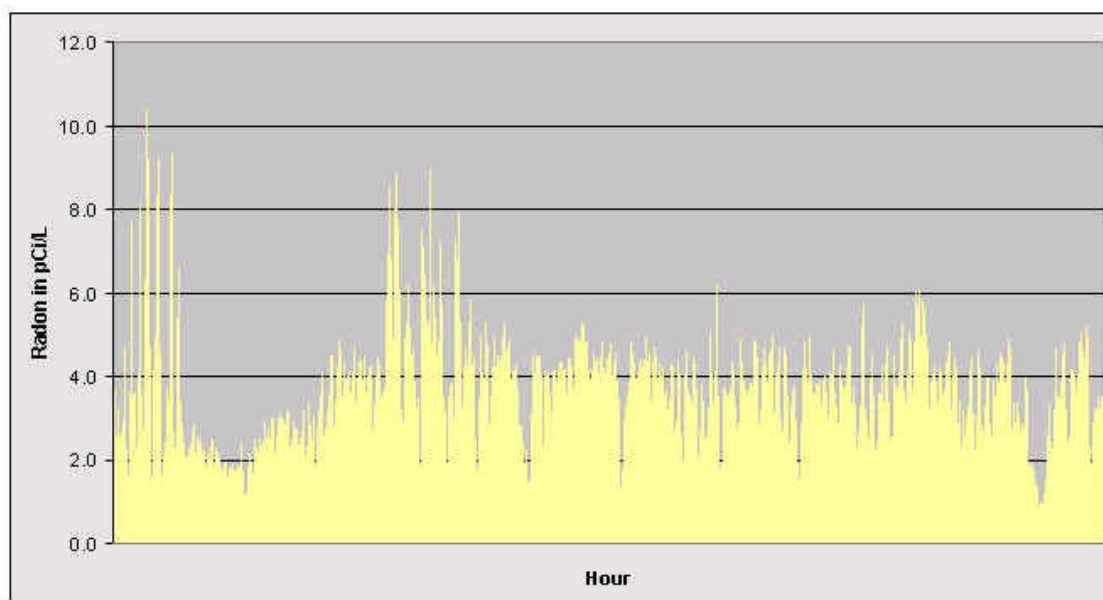
¹⁸ http://www.thisland.illinois.edu/57ways/57ways_42.html (Ημ/νία επίσκεψης: 14/03/2009)

ου, τη χρήση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού των κατοικιών, τις συνήθειες των κατοίκων, και από αρκετούς άλλους παράγοντες ^{αναφορά 19j}. Συνήθως οι συγκεντρώσεις είναι υψηλότερες το απόγευμα και τη νύχτα απ' ό,τι αργά το πρωί και το μεσημέρι, υψηλότερες το χειμώνα απ' ό,τι το καλοκαίρι.

Παρ' όλο που είναι σχεδόν αδύνατο να προβλεφθούν αυτές οι μεταβολές με αρκετή ακρίβεια, παρακάτω παραθέτουμε τα συμπεράσματα μελέτης, η οποία μελέτησε αυτές τις μεταβολές από ωριαία ως ετήσια βάση.

Διακυμάνσεις από ώρα σε ώρα:

Εδώ παρουσιάζεται ένα διάγραμμα του μέσου ωριαίου ραδονίου σε ένα σπίτι από τις αρχές του Ιανουαρίου μέχρι το τέλος Μαρτίου το 1995. Παρατηρείτε ότι η μέση συγκέντρωση του ραδονίου κυμαίνονται από υψηλά επίπεδα της τάξης των 10 pCi / L έως λιγότερο από 1 pCi / L. Η πραγματική μέση τιμή κατά την περίοδο ήταν 3,8 pCi / L. Αυτός είναι ο λόγος που η μέτρηση η οποία διαρκεί μόνο λίγες ώρες μπορεί να δώσει μια τέτοια ψευδή ανάγνωση της μακροπρόθεσμης μέσης τιμής.

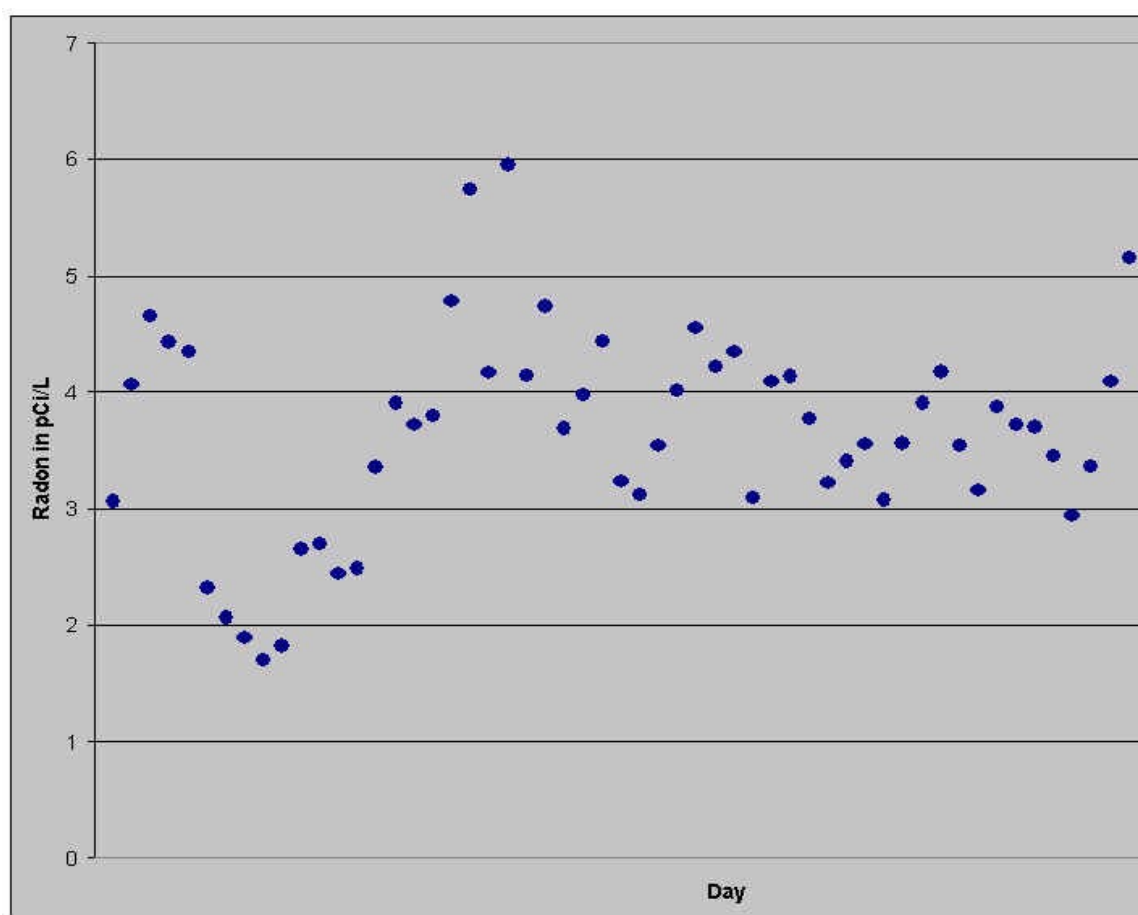


Γράφημα 3- 1 Ωριαίες διακυμάνσεις συγκέντρωσης Ραδονίου εσωτερικά κατοικίας

¹⁹ <http://employees.csbsju.edu/dsteck/mnradon/default.htm> Τίτλος: Rn variation: Time (Ημ/νία επίσκεψης: 16/03/2009)

Διακυμάνσεις από μέρα σε μέρα:

Εδώ παρουσιάζεται ένα διάγραμμα του μέσου όρου του ραδονίου στο ίδιο σπίτι, για μετρήσεις διάρκειας 2 ημερών (48 ώρες) για χρονικό διάστημα από τις αρχές του Ιανουαρίου μέχρι το τέλος Μαρτίου το 1995. Παρατηρείται ότι η μέση συγκέντρωση του ραδονίου κυμαίνεται από υψηλές συγκεντρώσεις 6 pCi / L μέχρι περίπου 1 pCi / L. Η πραγματική μέση τιμή κατά την περίοδο ήταν 3,8 pCi / L. Αυτός είναι ο λόγος που η μέτρηση η οποία διαρκεί μόνο δύο ημέρες μπορεί να δώσει μια λανθασμένη ανάγνωση της μακροπρόθεσμης μέσης τιμής.

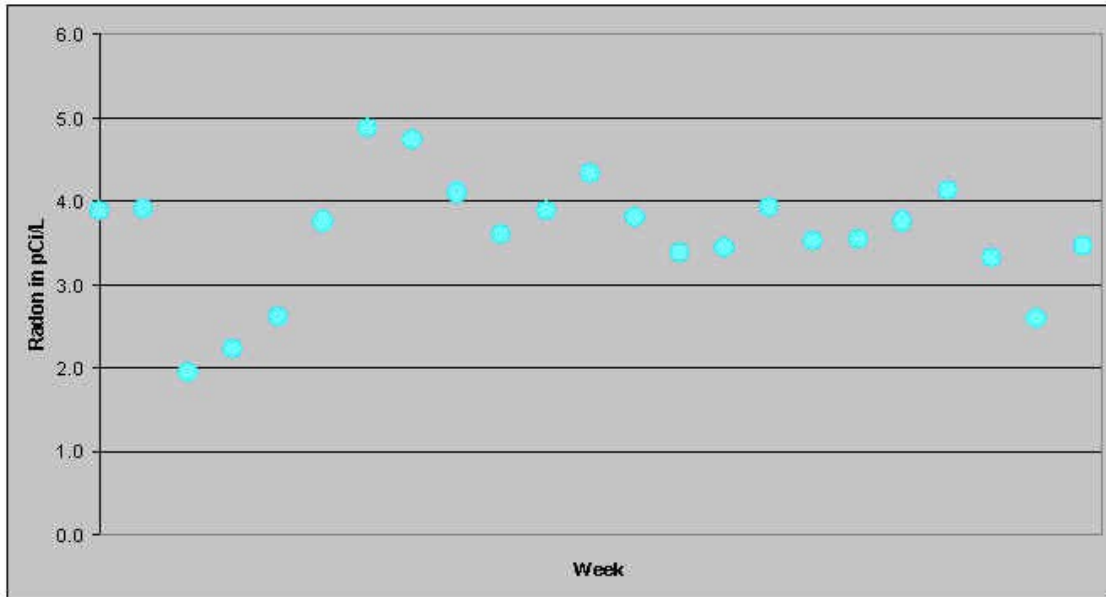


Γράφημα 3- 2 Ημερήσιες διακυμάνσεις συγκεντρώσεως Ραδονίου εσωτερικά κατοικίας

Διακυμάνσεις από εβδομάδα σε εβδομάδα:

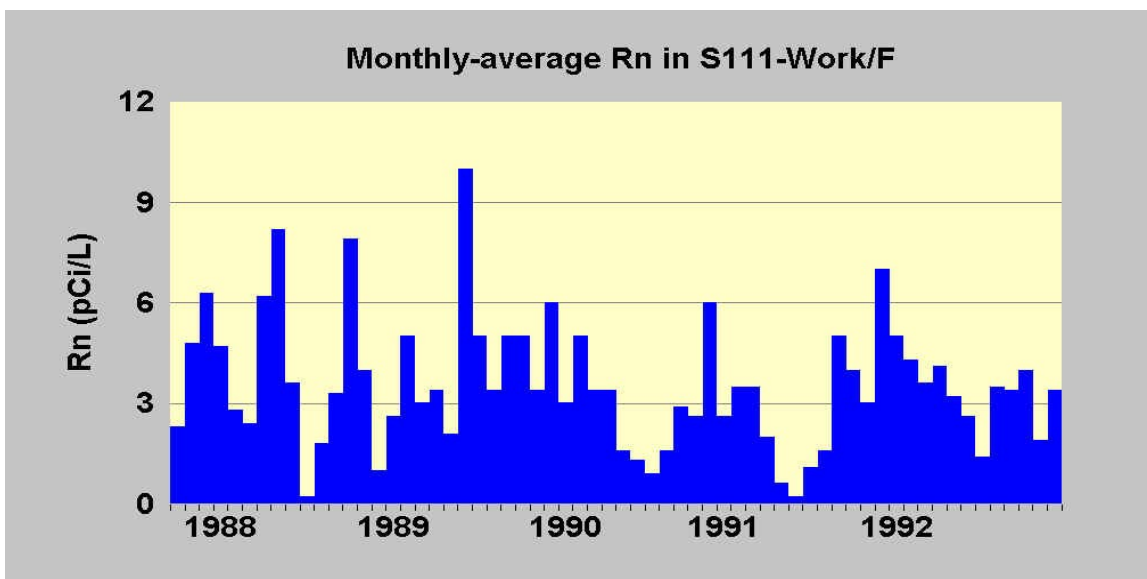
Εδώ παρουσιάζεται ένα διάγραμμα του μέσου όρου του ραδονίου σε ένα σπίτι για μετρήσεις εβδομαδιαίας διάρκειας από τις αρχές του Ιανουαρίου μέχρι το τέλος Μαρτίου το 1995. Παρατηρείται ότι η μέση συγκέντρωση του ραδονίου κυμαίνεται από υψηλά επίπεδα της τάξης των 5 pCi / L έως περίπου 2 pCi / L. Η

πραγματική μέση τιμή κατά την περίοδο ήταν 3,8 pCi / L. Ακόμα και μετρήσεις διάρκειας μίας εβδομάδας μπορούν να αποκλίνουν αρκετά από το μακροπρόθεσμο μέσο όρο.



Γράφημα 3- 3 Εβδομαδιαίες διακυμάνσεις συγκεντρώσεως Ραδονίου εσωτερικά κατοικίας

Διακυμάνσεις από μήνα σε μήνα:

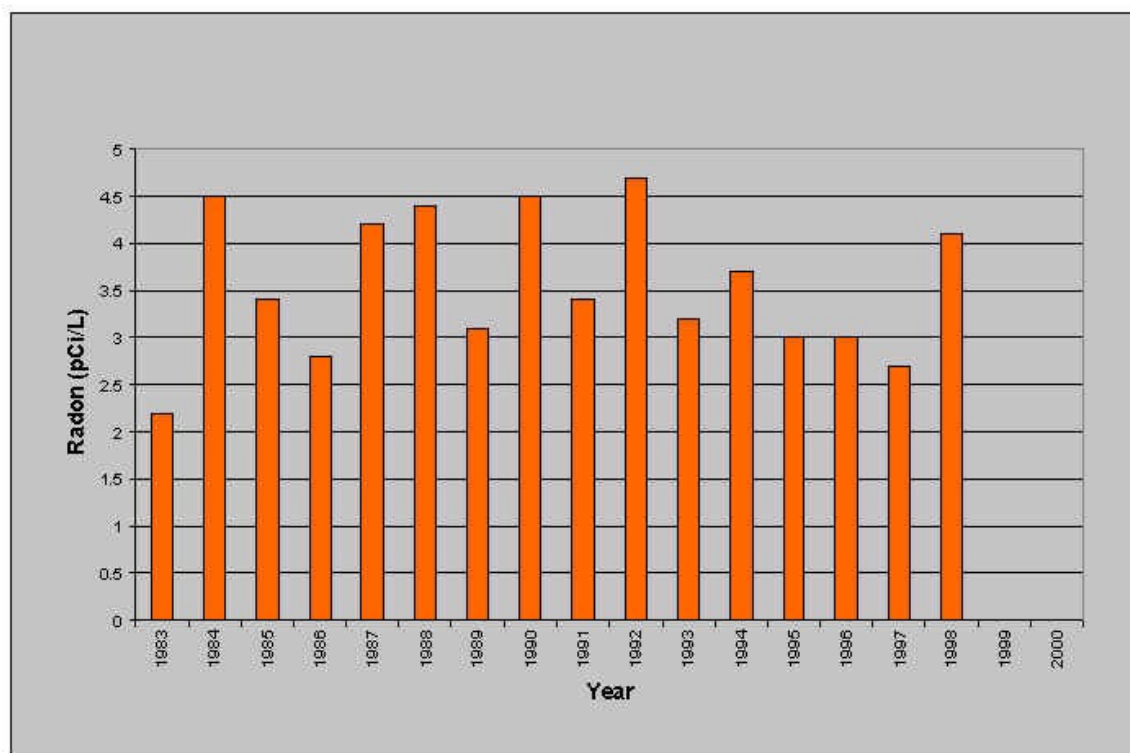


Γράφημα 3- 4 Μηνιαίες διακυμάνσεις συγκεντρώσεως Ραδονίου εσωτερικά κατοικίας

Εδώ παρουσιάζεται ένα διάγραμμα του μηνιαίου μέσου όρου του ραδονίου σε ένα σπίτι για την χρονική περίοδο από τις αρχές του Ιανουαρίου του 1988 έως τον Ιανουάριο του 1993. Παρατηρείτε ότι η μέση συγκέντρωση του ραδονίου κυμαίνονται από υψηλά επίπεδα της τάξης των 10 pCi / L έως και λιγότερο από 1 pCi / L. Η πραγματική μέση τιμή κατά την περίοδο ήταν 3,5 pCi / L. Ακόμη και μετρήσεις διάρκειας ενός μήνα μπορεί να αποκλίνουν αρκετά από το μακροπρόθεσμο μέσο όρο.

Διακυμάνσεις από έτος σε έτος:

Εδώ παρουσιάζετε ένα διάγραμμα του ετήσιου μέσου όρου του ραδονίου στο σπίτι, για κάθε ετήσια περίοδο από το 1983 έως το 1998. Το σπίτι χτίστηκε το 1981 και έτσι αυτές οι μετρήσεις παρέχουν ένα αρκετά πλήρες ιστορικό του συγκεκριμένου κτιρίου. Παρατηρείτε ότι η μέση ετήσια συγκέντρωση ραδονίου κυμαίνεται από υψηλά επίπεδα της τάξης των 4,6 pCi / L έως και σε χαμηλότερα της τάξης των 2,2 pCi / L. Η πραγματική μέση τιμή κατά την περίοδο ήταν 3,55 pCi / L.



Γράφημα 3- 5 Ετήσιες διακυμάνσεις συγκεντρώσεως Ραδονίου εσωτερικά κατοικίας

Σε μια μελέτη 100 σπιτιών στη Μινεσότα, διαπιστώθηκε ότι η ετήσια διακύμανση σε ένα τυπικό σπίτι είναι περίπου 25%. Αυτό σημαίνει ότι η δοκιμή ενός έτους είναι επαρκής για να αποφασιστεί αν απαιτείτε η λήψη μέτρων μετριασμού του ραδονίου ή όχι. Αυτό ισχύει διότι, η μακροπρόθεσμη συγκέντρωση του ραδονίου είναι αυτή που αποτελεί κίνδυνο για την υγεία των χρηστών του κτιρίου και όχι η μικρής διάρκειας αύξηση των επιπέδων που μπορεί να παρατηρηθεί κάποια στιγμή.

Η EPA αναγνωρίζει τον μέσο όρο δύο μετρήσεων μικρής διάρκειας (λιγότερο από 90 ημέρες, σε συνθήκες σπιτιού το οποίο παραμένει κλειστό, ως μέθοδος για την εκτίμηση της μακροπρόθεσμης έκθεσης στο ραδόνιο ^[αναφορά 20]. Όμως, όπως προαναφέραμε, αυτή η τεχνική βραχυπρόθεσμων μετρήσεων, δεν μας δίνει αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα. Επιπλέον, η EPA ορίζει ως "όριο ανάληψης δράσης" τα 4 pCi / L, παρόλο που μπορεί να είναι λανθασμένη η ανάγνωση ακόμα και από δοκιμή του ενός χρόνου, καθώς η διακύμανση της τάξης του 25% σημαίνει ότι κοντά στο επίπεδο δράσης των 4 pCi / L, μία μόνο μέτρηση διάρκειας ενός έτους, είναι πιθανόν να μας δώσει αποτέλεσμα το οποίο είναι 3 pCi / L ή και 5 pCi / L, όταν η πραγματική μέση τιμή είναι 4pCi / L.

3.7 Ποια τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα, κάθε είδους μέτρησης

Η συγκέντρωση του ραδονίου στα σπίτια κυμαίνεται στο χρόνο ^[αναφορά 20]. Επίσης, διαφέρει εντός του ίδιου του κτιρίου. Έτσι είναι σημαντικό να μετρηθεί η μακροπρόθεσμη μέση συγκέντρωση ραδονίου σ' όλους τους κατοικήσιμους χώρους. Παρ' όλα αυτά αν γίνει μόνο μια μέτρηση στο σπίτι, καλό είναι αυτή να διεξαχθεί στο χαμηλότερο επίπεδο του κτιρίου, εφόσον αυτό κατοικείτε, καθώς η συγκέντρωση του ραδονίου είναι μεγαλύτερη στους χώρους που αερίζονται ανεπαρκώς ή περιβάλλονται από το έδαφος.

Μια μακράς διάρκειας μέτρηση μας δίνει αντιπροσωπευτικότερα αποτελέσματα και μας πληροφορεί σωστότερα για το αν απαιτείτε να λάβουμε μέτρα για τη μείωση στην έκθεση του ραδονίου. Με το μακράς διάρκειας, εννοούμε μετρητές που λαμβάνουν δεδομένα για παραπάνω από 90 ημέρες. Η περίοδος αυτή των 90 ημερών, θα πρέπει να καλύπτει χρονικά, μια αξιόλογη εποχιακή αλλαγή, ώστε το σπίτι να περνά από συνθήκες στις οποίες ο εσωτερικός χώρος είναι κλειστός και με συνεχή θέρμανση ή ψύξη, σε συνθήκες όπου ο χώρος είναι ανοικτός, δηλαδή αερίζεται φυσικά. **Σαφώς είναι καλύτερο η δοκιμή να διαρκεί ένα έτος.**

Δυστυχώς, προτιμούνται περισσότερο μετρητές ραδονίου που διεξαγάγουν βραχυπρόθεσμες μετρήσεις με διάρκεια μόνο 2 έως 7 ημερών, λόγω του σύντομου χρονικού διαστήματος που απαιτείται. Βέβαια, οι 7 μέρες, είναι πάρα πολύ σύντομο χρονικό διάστημα για να εκτιμηθεί αξιόπιστα η μέση συγκέντρωση του ραδονίου στο τυπικό διάστημα όπου οι χρήστες του κτιρίου διαμένουν σ' αυτό. Αυτό συμβαίνει διότι τα επίπεδα του φυσικού αερίου του ραδονίου, μπορεί να ποικίλλουν σημαντικά κατά τη διάρκεια της ημέρας και από εποχή σε εποχή, όπως προαναφέραμε. Αυτό σημαίνει ότι αν τύχει να μετρηθούν τα επίπεδα της συγκεντρώσεως του ραδονίου κατά τη σύντομη περίοδο στην οποία το ραδόνιο είναι ασυνήθιστα υψηλό ή χαμηλό, ενδέχεται να αποκλίνει σοβαρά απ' το μέσο όρο.

Οι βραχυπρόθεσμοι μετρητές ή αλλιώς συνεχών μετρήσεων είναι αρκετά εξυπηρετικοί αν επιθυμούμε να μάθουμε γρήγορα αν το κτίριο παρουσιάζει εξαιρετικά υψηλά επίπεδα ραδονίου ^[αναφορά 20]. Ωστόσο, δεν είναι ικανές αυτές οι μετρήσεις να μας παρέχουν ακριβή αποτελέσματα, με συνέπεια να μην μπορούμε να λάβουμε αποφάσεις λήψης μέτρων μετριασμού του ραδονίου με σιγουριά. Οπότε μετά τις βραχυπρόθεσμες μετρήσεις, ενδείκνυται να ακολουθήσουν περαιτέρω μακροπρόθεσμες, οι οποίες τελικά θα μας δώσουν αντιπροσωπευτικότερα δείγματα του μέσου όρου των επιπέδων συγκεντρώσεως εσωτερικά του χώρου.

Από τους καλύτερους ανιχνευτές μακροπρόθεσμων μετρήσεων, οι οποίοι ενδείκνυνται για γενικές δοκιμές ραδονίου, είναι ο alpha track, που αλλιώς ονομάζεται και ΑΤΔ ^[αναφορά 21]. Οι Alpha track ανιχνευτές είναι εύκολοι στη χρήση, οικονομικοί, στιβαροί και αρκετά ακριβείς στην εκτίμηση του κινδύνου απ' το ραδόνιο. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μετρήσεις χρονικής περιόδου από 14 ημέρες έως και χρονικό διάστημα 2 ετών, ανάλογος το μοντέλο.

Για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο κτίριο Ιωάννης Μακρυγέννης (πρώην Μιμόζα) χρησιμοποιήθηκαν εκτός των άλλων και ανιχνευτές Alpha track, όπως βλέπουμε σε παρακάτω κεφάλαιο (κεφάλαιο 8).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η δυνατότητα συγκεκριμένων μετρητών, RRD αναδρομικοί ανιχνευτές ραδονίου, οι οποίοι μπορούν σε ένα χώρο να εκτιμήσουν τα επίπεδα του ραδονίου και των παράγωγων του κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών μέχρι σήμερα. Η μόνη προϋπόθεση για την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων, είναι η ύπαρξη κατάλληλης επιφάνειας γυαλιού (καθρέπτης, γυαλί, υαλοπίνακας παραθύρου κ.λπ.), το οποίο υπήρχε καθ' όλη τη διάρκεια των μελετώμενων δεκαετιών του παρελθόντος. Τα αποτελέσματα αυτών, βγαίνουν μέσα σε λίγες ημέρες.

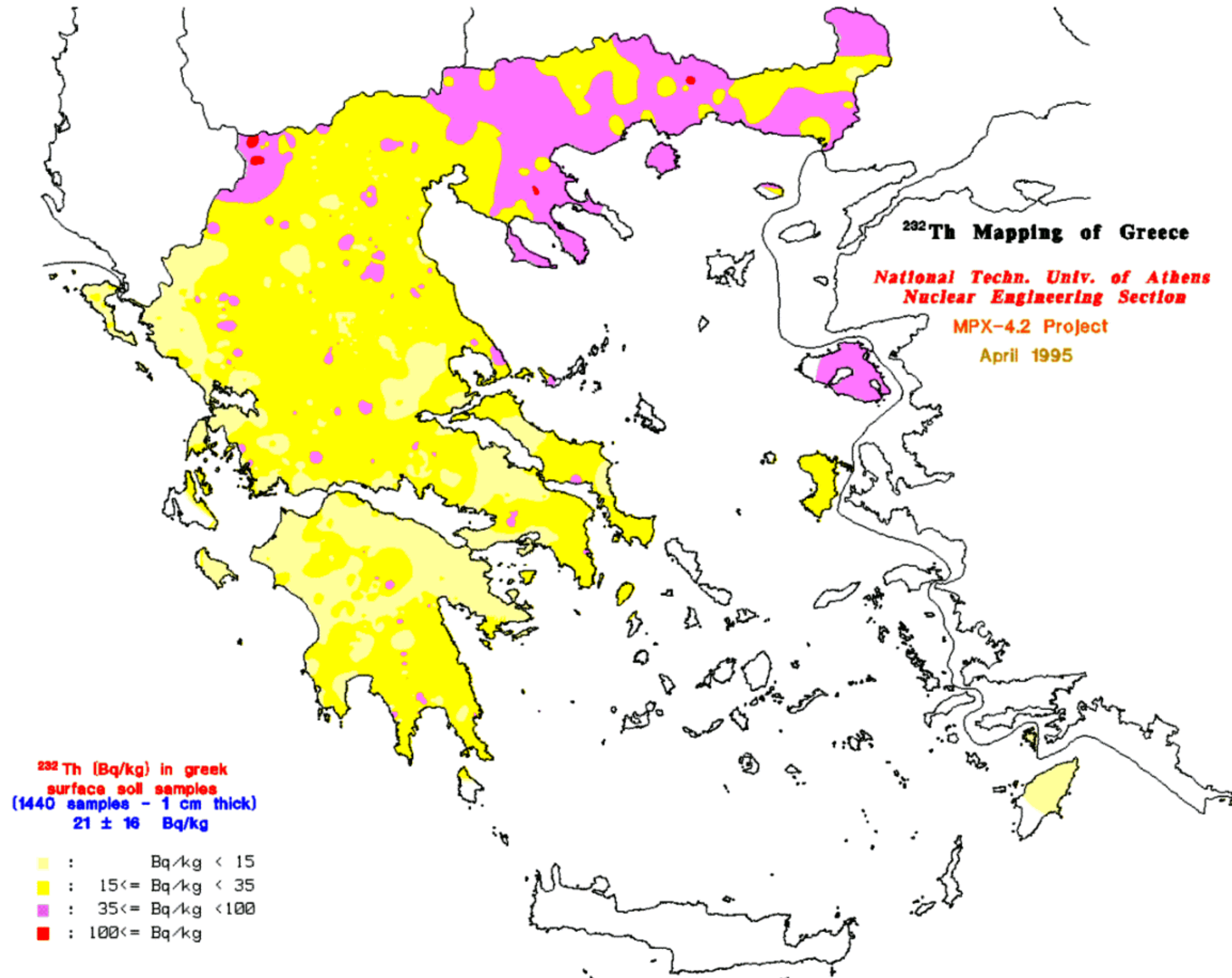
3.8 Περιοχές της Ελλάδας με μεγάλη Συγκέντρωση Ραδονίου στο έδαφός τους

Υψηλά επίπεδα ραδονίου στο έδαφος μπορεί να υπάρξουν και σε περιοχές που γενικά έχουν χαρακτηριστεί χαμηλού κινδύνου. Είναι συχνό το φαινόμενο, γειτονικά σπίτια σε μια περιοχή να διαφοροποιούνται σημαντικά ως προς τα επίπεδα ραδονίου στο έδαφός τους.

Παρ' όλα αυτά μετρήσεις που έχουν γίνει στα πλαίσια μελετών σε διάφορα πανεπιστήμια στην Ελλάδα και όχι μόνο, έχουν συμβάλει στην δημιουργία ραδιομετρικών χαρτών, οι οποίοι απεικονίζουν τα επίπεδα ραδονίου που περιέχονται στο έδαφος σε βάθος 30cm.

²¹ [http://www.csbsju.edu/mnradon/what_kind_of_radon_test.htm#Radon testing strategy for homeowners](http://www.csbsju.edu/mnradon/what_kind_of_radon_test.htm#Radon%20testing%20strategy%20for%20homeowners) (Ημ/νία επίσκεψης 18/03/2009)

Στον παρακάτω χάρτη απεικονίζονται τα επίπεδα αυτά μέσω μιας κλίμακας τεσσάρων χρωμάτων. Απ' την χαμηλή περιεκτικότητα του εδάφους $0 < 15 \text{Bq/Kg}$ όπου αποδίδεται με υποκίτρινο, με κίτρινο $15 < 35 \text{Bq/Kg}$ επίσης αρκετά χαμηλή περιεκτικότητα, $35 < 100 \text{Bq/Kg}$ με ροζ οριακή περιεκτικότητα και τέλος 100Bq/Kg και περισσότερο στις ζώνες υψηλού κινδύνου.



Εικόνα 3- 4 Οι περιοχές με τη μεγαλύτερη συσσώρευση ραδονίου στην Ελλάδα [αναφορά 22]

Η Τσεχία διαθέτει ένα κρατικό δίκτυο 300.000 μετρητών ραδονίου ^{[αναρροφά}
^{23]}. Σύμφωνα με την έρευνα του Πανεπιστημίου 12 σημεία του Ελληνικού χώρου
 ξεπερνούν κατά πολύ τα όρια ασφαλείας και 25 τα όρια κινδύνου!!

Χωριό:	Νομός:	Συσσώρευση ραδονίου σε Bq/m ³ :
Νεράιδα	Θεσπρωτίας	511 Bq/m ³
Μελιβοία	Ξάνθης	460 Bq/m ³
Κέντρο Πόλης	Καβάλας	350 Bq/m ³
Σέλερο	Ξάνθης	320 Bq/m ³
Πρασινάδα	Δράμας	280 Bq/m ³
Μύκονος	Κυκλάδων	280 Bq/m ³
Δεσκάτη	Γρεβενών	279 Bq/m ³
Πεντάλοφο	Κοζάνης	258 Bq/m ³
Νικίσιανη	Καβάλας	237 Bq/m ³
Κέντρο Πόλης	Θεσσαλονίκης	220 Bq/m ³
Δοξάτο	Δράμας	211 Bq/m ³
Γενισέα	Ξάνθης	200 Bq/m ³

Πίνακας 3- 1 Οι περιοχές με τη μεγαλύτερη συσσώρευση ραδονίου στην Ελλάδα, σε
 bequerel ανά κυβικό μέτρο.

3.9 Ποιες Ενέργειες Αντιμετώπισης Παγκοσμίως

Συστηματικές μετρήσεις της συγκέντρωσης του ραδονίου στον εσωτερικό
 αέρα στα κτίρια και στις κατοικίες άρχισαν μόλις τη δεκαετία του '80. Οι μετρή-
 σεις αυτές έδειξαν ότι σε πολλές κατοικίες, στα βόρεια κυρίως κράτη, η συγκέ-
 ντρωση του ραδονίου είναι πολλαπλάσια αυτής της μέσης αντίστοιχης συγκέ-
 ντρωσης. Τούτο οφείλεται κυρίως στη σύσταση του εδάφους και των οικοδομι-
 κών υλικών, στη θέση της κατοικίας σε σχέση με το έδαφος (υπόγεια και ισόγει-
 α) καθώς και στον κακό εξαερισμό των κατοικιών. Το γεγονός αυτό οδήγησε τις
 αρχές ορισμένων βορείως κυρίως κρατών (ΗΠΑ, Καναδάς, Ευρωπαϊκή Ένωση)
 να θεσπίσουν αποδεκτά όρια της συγκέντρωσης του ραδονίου στον εσωτερικό
 αέρα των κατοικιών και των χώρων εργασίας, καθώς και μέτρα για τον περιορι-
 σμό της σε περιπτώσεις υπέρβασης. Τα μέτρα αυτά ποικίλουν κατά περίπτωση
 και αφορούν κυρίως στη μόνωση πατωμάτων και τοίχων και στη χρήση αντλιών
 εξαερισμού και στην περίπτωση εργασιακών χώρων ανίχνευση και καταγραφή

²³ http://www.spitia.gr/greek/eksoplismos/oikologika_ilika/radonio.htm (Ημ/νία επίσκεψης:
 23/03/2009)

των δόσεων των εργαζομένων. Το αποτελεσματικότερο και προφανώς οικονομικότερο μέτρο είναι ο καλός φυσικός εξαερισμός των χώρων.

Ως παράδειγμα αναφέρουμε εδώ την Πράξη Γνωστοποίησης στοιχείων του Ακινήτου, που τέθηκε σε εφαρμογή τον Οκτώβριο του 1994, στο Illinois της Αμερικής, στην οποία πράξη απαιτείται από τον ιδιοκτήτη ο οποίος επιθυμεί να πουλήσει το σπίτι του, να γνωστοποιήσει στον υποψήφιο αγοραστή τα στοιχεία που έχει σχετικά με τα επίπεδα του ραδονίου στο σπίτι ^[αναφορά 20].

Δεν απαιτείται νομικά να γίνει αυτή η γνωστοποίηση ή αποκατάσταση του προβλήματος εφόσον δεν υπάρξει αγοραπωλησία. Ωστόσο, πολλές εταιρείες μετακομίσεων και μεσιτικοί οργανισμοί, καθώς επίσης και αγοραστές, ζητούν έλεγχο των επιπέδων του ραδονίου κατά την αγορά ενός σπιτιού. Έτσι οι πωλητές και οι μεσίτες αναγκάζονται εμμέσως να αποκαλύψουν πλήρως τα δεδομένα ώστε να «κλείσουν» μια συμφωνία αγοράς.

Αν τα αποτελέσματα δείξουν ότι τα επίπεδα ραδονίου είναι πάνω από 4 pCi/L, τότε πρέπει ακολουθηθούν κάποια βήματα μείωσης των επιπέδων αυτών.

Αφού εγκατασταθεί το σύστημα μείωσης ραδονίου, πρέπει να διεξαχθεί βραχυπρόθεσμη δοκιμή ώστε να αποδειχθεί ότι το σύστημα μειώσεως είναι πράγματι αποτελεσματικό. Βεβαίως, για να έχουμε σωστά αποτελέσματα, πρέπει καθ' όλη την διάρκεια διεξαγωγής της δοκιμής, να λειτουργεί το σύστημα.

3.10 Προτεινόμενες ενέργειες μετρήσεων, για την αγοραπωλησία ακινήτου, οι οποίες ισχύουν στην Αμερική

Στην Αμερική, όπως προαναφέραμε, υπάρχει θεσμικό πλαίσιο το οποίο ορίζει τους ελέγχους για τα επίπεδα συγκεντρώσεως του ραδονίου εντός των χώρων του κτιρίου, εφόσον υπάρξει αγοραπωλησία. Δεδομένου αυτού, παρακάτω προτείνονται κάποιες ενδεικτικές ενέργειες, οι οποίες είναι σκόπιμο να ακολουθηθούν από ιδιοκτήτες ακινήτων που πρόκειται να πωλήσουν το ακίνητό τους ή από αντίστοιχα αγοραστές, προκειμένου να διευκολυνθούν στην διαδικασία αυτή.

Η μεθοδολογία έλεγχου για το ραδόνιο για ιδιοκτήτες ακινήτων οι οποίοι σκέπτονται να πουλήσουν το ακίνητό τους είναι οι εξής:

Το συντομότερο δυνατό που θα σκεφτεί ο ιδιοκτήτης ότι ίσως πουλήσει το ακίνητό του, θα πρέπει να ξεκινήσει τον έλεγχο τοποθετώντας έναν ανιχνευτή, κατά προτίμηση Alpha track ^[αναφορά 20]. Η όλη διαδικασία πώλησης αναμένεται να διαρκέσει περισσότερο από ένα μήνα, οπότε μπορεί να διεξαχθεί μια μακροπρόθεσμη μέτρηση. Όσο περισσότερο καιρό μένει ο ανιχνευτής στη θέση του, τόσο καλύτερη θα είναι η μέτρηση. Εάν ο ενδιαφερόμενος αγοραστής ζητά δοκιμή για το ραδόνιο, υπάρχει δυνατότητα να σταλεί ο ανιχνευτής πίσω στο εργαστήριο αφού διεξαχθεί η μέτρηση και όταν ο αγοραστής αποφασίσει την αγορά, να επικοινωνήσει με το εργαστήριο και να έχει τα αποτελέσματα σε μία εβδομάδα.

Για να γίνει μια αρκετά αντιπροσωπευτική εκτίμηση, προτείνεται η μέτρηση των κατοικήσιμων χώρων του κτιρίου για χρονικό διάστημα κατά το οποίο η συγκέντρωση του ραδονίου να μην έχει πιθανότητα να αλλάξει περισσότερο από 50%. Είναι ίσως συνετό να διεξαχθούν οι μετρήσεις σε διαφορετικά μέρη του κτιρίου για να διατηρηθεί χαμηλό το κόστος. Στα περισσότερα κτίρια, η πρώτη δοκιμή γίνεται στο χαμηλότερο επίπεδο του κτιρίου, με την τοποθέτηση ενός ανιχνευτή alpha track για χρονικό διάστημα 6 μηνών. Εάν το χαμηλότερο χρησιμοποιούμενο επίπεδο είναι υπόγειο αλλά ξοδεύεται περισσότερος χρόνος σε υψηλότερο επίπεδο, προτείνεται ο έλεγχος και του υψηλότερου επιπέδου. Οι δοκιμές διάρκειας ενός έτους είναι οι καλύτερες, διότι από έτος σε έτος, οι αλλαγές του ραδονίου είναι συνήθως λιγότερες από το 25%. Θα πρέπει να υπάρξει επανάληψη των μετρήσεων στην περίπτωση σημαντικής αλλαγής στη δομή του σπιτιού ή αλλαγής του συστήματος θέρμανσης και ψύξης.

Η μεθοδολογία έλεγχου για το ραδόνιο για αγοραστής ακινήτων είναι οι εξής:

Εφόσον έχει γίνει έλεγχος ο οποίος ήταν διάρκειας παραπάνω από κάποιες μέρες, ελέγχονται τα αποτελέσματα αυτού και διεξάγεται και δεύτερος έλεγχος τουλάχιστον 1 εβδομάδας διάρκειας για την ταχύτερη ανίχνευση εξαιρετικά υψηλών επιπέδων ραδονίου. Ταυτόχρονα με την δεύτερη αυτή δοκιμή μπορεί να

γίνει και μία με Alpha track, της οποίας τα αποτελέσματα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εισήγηση μείωσης του κεφαλαίου και άλλες οικονομικές διαπραγματεύσεις με την τράπεζα και τον πωλητή. Εάν δεν έχει γίνει κανένας έλεγχος, προτείνεται να επιτραπεί από τον πωλητή, δοκιμή 7 ημερών έως 1 μήνα. Εάν τελικά διεξαχθεί δοκιμή 2 ημερών, καλή συσκευή θεωρείται η EPERM, επειδή είναι λιγότερο πιθανό να αποτύχει στην προσέγγιση της, αφού λειτουργεί με κόνιστρο άνθρακα.

Αναφέρουμε ότι μεταξύ των κρατών και των πόλεων, μπορεί να υπάρχουν διαφορετικοί κανόνες για τις κτηματομεσιτικές συναλλαγές. Οπότε καλό είναι να υπάρξει ενημέρωση από τις αντίστοιχες υπηρεσίες της κάθε περιοχής επί του θέματος. Παραδείγματος χάριν στην Ελλάδα δεν απαιτείται κανενός είδους έλεγχος.

3.11 Συστάσεις από Διεθνείς Οργανισμούς για το ραδόνιο

Οι διάφοροι διεθνείς οργανισμοί καθώς και αρκετά κράτη έχουν προτείνει όρια για την συγκέντρωση ραδονίου στον εσωτερικό αέρα των κατοικιών ^[αναφορά 13]. Στον πίνακα παρουσιάζονται τα ισχύοντα ή προτεινόμενα όρια.

Οργανισμός / Κράτος	Υπάρχουσες κατοικίες (Bq/m ³)	Νεόδμητες κατοικίες (Bq/m ³)	
ICRP ⁵	400	200	Υιοθετήθηκε το 1984
CEC [†]	400	200	Προτάθηκε το 1989
WHO*	200	200	Υιοθετήθηκε το 1987
Σουηδία	800	140	Υιοθετήθηκε το 1981
Νορβηγία	800	200	Υιοθετήθηκε το 1986
Φιλανδία	800	200	Προτάθηκε το 1986
Καναδάς	200		Προτάθηκε το 2007
Η.Π.Α	150	150	Υιοθετήθηκε το 1986

Πίνακας 3- 2 Όρια λήψης μέτρων μετρίσεως του ραδονίου σε κάθε χώρα ^[αναφορά 13]

- ICRP ξ : International Commission on Radiological Protection (Διεθνής Επιτροπή Ακτινοπροστασίας),
- CEC† : Commission of European Communities (Ευρωπαϊκή Κοινότητα),
- WHO* : World Health Organization (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας)

Η Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων λαμβάνοντας υπόψη τις προτάσεις της Διεθνούς Επιτροπής Ακτινοπροστασίας (ICRP), εξέδωσε το 1990 την σύσταση “Προστασία του πληθυσμού από την έκθεση στο ραδόνιο μέσα στα κτίρια” (90/143/Euratom), η οποία αποσκοπεί στο να καθιερώσουν τα κράτη-μέλη ένα κατάλληλο σύστημα, για τον περιορισμό της έκθεσης λόγω της συγκέντρωσης ραδονίου μέσα στα κτίρια.

Η Περιβαλλοντική Επιτροπή Προστασίας (Environmental Protection Agency) και η Surgeon General, συνιστούν ένθερμα τον έλεγχο όλων των κτιρίων τα οποία έχουν λιγότερο από 2 ορόφους ^[αναφορά 24]. Επίσης, θεωρείτε επικίνδυνη η συγκέντρωση του αερίου σε επίπεδα που φτάνουν τα 4 pCi / L και κρίνεται απαραίτητη η λήψη μέτρων αποκατάστασης του προβλήματος ^[αναφορά 25].

Τέλος, στον Καναδά προτείνεται να λαμβάνονται διορθωτικά μέτρα σε κατοικίες, όταν η μέση ετήσια συγκέντρωση ραδονίου στους κανονικά χρησιμοποιούμενους χώρους, υπερβαίνει τα 200 bq/ m³. Αυτή η κατευθυντήρια γραμμή, ενημερώθηκε το 2007 ^[αναφορά 26].

3.12 Επιτρεπόμενη Συγκέντρωση Ραδονίου στους χώρους εργασίας

55_____

²⁴ <http://www.epa.gov/radon/pubs/rducrrsks.html> Τίτλος: "Reducing Radon Risks" (Ημ/νία επίσκεψης: 25/03/2009)

²⁵ <http://www.servicemagic.com/article.show.Radon-Testing-Inspect-Detect-and-Correct.13916.html> (Ημ/νία επίσκεψης: 26/03/2009)

²⁶ <http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/environ/radon-eng.php#info> (Ημ/νία επίσκεψης: 29/03/2009)

Σύμφωνα με τους Ελληνικούς κανονισμούς *Ακτινοπροστασίας* (ΦΕΚ 216B, 5/3/2001), που είναι πλήρως εναρμονισμένοι με την Οδηγία 96/29/EURATOM 31/5/1996, τα επίπεδα δράσης για τη συγκέντρωση ραδονίου στους εργασιακούς χώρους είναι ^[αναφορά 13]:

- Εργασιακοί χώροι στους οποίους η μέση ετήσια ολοκληρωμένη συγκέντρωση ραδονίου (αντιστοιχεί σε χρονική διάρκεια εργασίας 2000 ωρών), είναι μικρότερη από $400 \text{ Bq} / \text{m}^3$ εξαιρούνται περαιτέρω ελέγχου και μέτρων ακτινοπροστασίας.
- Σε εργασιακούς χώρους στους οποίους η μέση ετήσια ολοκληρωμένη συγκέντρωση ραδονίου (αντιστοιχεί σε χρονική διάρκεια εργασίας 2000 ωρών), είναι μεγαλύτερη από $400 \text{ Bq} / \text{m}^3$ και μικρότερη από $1000 \text{ Bq} / \text{m}^3$ θα πρέπει να διερευνηθεί η δυνατότητα μείωσης των ανωτέρω συγκεντρώσεων με κατάλληλες τεχνικές. Οι χώροι αυτοί χαρακτηρίζονται ως επιβλεπόμενες περιοχές, τα δε λαμβανόμενα μέτρα ακτινοπροστασίας εγκρίνονται από την Ε.Ε.Α.Ε.
- Εργασιακοί χώροι στους οποίους η μέση ετήσια ολοκληρωμένη συγκέντρωση ραδονίου (αντιστοιχεί σε χρονική διάρκεια εργασίας 2000 ωρών), είναι μεγαλύτερη από $1000 \text{ Bq} / \text{m}^3$ και μικρότερη από $3000 \text{ Bq} / \text{m}^3$ χαρακτηρίζονται ως ελεγχόμενες περιοχές και οι πρακτικές αδειοδοτούνται από τη ΕΕΑΕ, τα δε λαμβανόμενα μέτρα ακτινοπροστασίας εγκρίνονται από την ΕΕΑΕ.
- Η μέση ετήσια ολοκληρωμένη συγκέντρωση του ραδονίου σε εργασιακούς χώρους, δεν μπορεί να υπερβαίνει τα $3000 \text{ Bq} / \text{m}^3$ λαμβανομένων υπ' όψη των 2000 ωρών διάρκειας εργασίας.

Στις εργασιακές δραστηριότητες, όπου ενδέχεται η παρουσία φυσικών πηγών ακτινοβολίας (γήινης ή κοσμικής), να συνεπάγεται σημαντική αύξηση της έκθεσης των εργαζομένων, η οποία δεν μπορεί να αγνοηθεί από την άποψη ακτινοπροστασίας περιλαμβάνονται:

- (α) Εργασιακές δραστηριότητες, όπου οι εργαζόμενοι και ενδεχομένως άτομα του κοινού εκτίθενται σε ακτινοβολία γάμα, σε θυγατρικά στοιχεία

του ραδονίου ή του θορονίου, ή οποιαδήποτε άλλη δίοδο έκθεσης σε ακτινοβολία στους χώρους εργασίας. Οι εργασιακές αυτές δραστηριότητες αφορούν κυρίως σε ιαματικές πηγές, σπήλαια, ορυχεία, υπόγειους χώρους εργασίας ή υπέργειους χώρους εργασίας σε καθορισμένες ζώνες.

(β) Εργασιακές δραστηριότητες στις οποίες γίνεται χρήση ή αποθήκευση υλικών, τα οποία συνήθως δεν θεωρούνται ραδιενεργά, αλλά περιέχουν φυσικά ραδιονουκλίδια και τα οποία προκαλούν ουσιώδη αύξηση της έκθεσης των εργαζομένων και ενδεχομένως του κοινού.

(γ) Εργασιακές δραστηριότητες, οι οποίες συνεπάγονται την παραγωγή καταλοίπων που συνήθως δεν θεωρούνται ραδιενεργά, αλλά περιέχουν φυσικά ραδιονουκλίδια και τα οποία προκαλούν σημαντική αύξηση της έκθεσης των εργαζομένων και ενδεχομένως του κοινού.

3.13 Ποιες ενέργειες στο Ελληνικό Κράτος

Υπάρχουν νομοθεσίες σχετικές με την εκπομπή ακτινοβολίας από κεραίες κινητής τηλεφωνίας, ακτινολογικά ιατρικά εργαστήρια, νομοθεσία για πυρηνικά υλικά κλπ. (π.χ. "Περί προστασίας εξ ιοντιζουσών ακτινοβολιών", Νομοθετικό διάταγμα υπ' αριθ. 181, ΦΕΚ 347/Α/20-11-1974 & Ελληνικούς κανονισμούς Ακτινοπροστασίας (ΦΕΚ 216Β, 5/3/2001)), Δυστυχώς όμως όλες οι παραπάνω νομοθεσίες αναφέρονται σε εργαστήρια, εκπαιδευτικά ή ερευνητικά, ή τη μεταφορά ραδιενεργών υλικών, όχι όμως με την θέσπιση των μέτρων που απαιτείται να λαμβάνονται στο χώρο της οικοδομής και των κατοικιών γενικά.

Παρόλο που ο μέσος όρος περιεχόμενου ραδονίου στα εδάφη της χώρας μας είναι χαμηλός και κατά συνέπεια η συγκέντρωση του αερίου στο εσωτερικό των κτισμάτων είναι στα αποδεκτά όρια, μελέτες που έχουν γίνει κατά καιρούς, δείχνουν ότι κάποιο, μικρό μεν, ποσοστό, απ' τις πραγματοποιούμενες μετρήσεις που έχουν γίνει, ξεπερνά κατά πολύ το όριο επικινδυνότητας και λήψης κάποιων μέτρων.

Τελευταία, γίνεται ολοένα και πιο συχνή η αναφορά για το δηλητηριώδες αέριο (ραδόνιο) στα μέσα μαζικής ενημέρωσης, παρ' όλο που το πρόβλημα ή-

ταν γνωστό εδώ και πολλές δεκαετίες σε χώρες όπως η Σουηδία, οι ΗΠΑ και άλλες, στις οποίες ήδη έχουν ληφθεί σημαντικές αποφάσεις και έχουν γίνει ουσιαστικές ενέργειες στον τομέα αντιμετώπισής του. Τα εδάφη σε αυτές τις χώρες είναι γρανιτικά, άρα και ραδιενεργά ^[αναφορά 23].

Σε πολλές απ' τις παραπάνω χώρες, (όπως σε ορισμένες πολιτείες των ΗΠΑ), απαιτείται ειδική μελέτη ακτινοπροστασίας του νεόδμητου κτιρίου, η οποία κατατίθεται στις αντίστοιχες υπηρεσίες ελέγχου ώστε να εγκριθεί η οικοδομική άδεια. Αντιθέτως στην Ελλάδα δεν προβλέπεται αντίστοιχη μελέτη, αλλά ούτε και έχει θεσμοθετηθεί σχετική με την ακτινοπροστασία των κατοικιών, νομοθεσία.

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε κάποιες μελέτες και μετρήσεις οι οποίες έχουν διεξαχθεί στον ελλαδικό χώρο αλλά και παγκοσμίως. Αυτές οι μελέτες ασχολούνται με τον εντοπισμό των περιοχών με πρόβλημα, όσο και με τα επίπεδα πρόσληψης ακτινοβολίας μέσω του φυσικού στοιχείου, ραδονίου. Μετρήσεις σε κατοικίες επιλεγμένων περιοχών και εργασιακών χώρων που πραγματοποιήθηκαν κατά καιρούς από διάφορα ερευνητικά εργαστήρια, έδειξαν ότι η μέση συγκέντρωση του ραδονίου στον εσωτερικό αέρα παραμένει σημαντικά χαμηλότερη από τα θεσπισμένα αποδεκτά όρια σε άλλα ευρωπαϊκά κράτη, ενώ ελάχιστοι είναι χώροι εκείνοι στους οποίους η συγκέντρωση του ραδονίου κυμαίνεται στα όρια λήψης παρεμβατικών μέτρων. Το γεγονός αυτό θα πρέπει να αποδοθεί κυρίως στον καλό φυσικό εξαερισμό των ελληνικών κατοικιών, αποτέλεσμα μιας πατροπαράδοτης υγιεινής συνήθειας των νοικοκυριών που προφανώς οφείλεται στο σχετικά θερμό κλίμα της χώρας μας.

3.14 Πραγματοποιούμενες μελέτες που έχουν γίνει στον Ελλαδικό χώρο

Καλαμάτα: ^[αναφορά 27] Στην Καλαμάτα πραγματοποιήθηκε συστηματική μελέτη ραδονίου, από ερευνητική ομάδα με επικεφαλής τον αναπληρωτή καθηγητή

του Τομέα Πυρηνικής και Σωματιδιακής Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών, κ. Αθ. Γεράνιο.

Τοποθετήθηκαν 500 ανιχνευτές ραδονίου σε σχολεία και κατοικίες της πόλης της Καλαμάτας και καταμετρήθηκε επί έναν χρόνο (1998 -1999) η συγκέντρωση ραδονίου. Οι ειδικοί παρακολούθησαν τα παιδιά και στο σχολείο και στο σπίτι τους (ραδόνιο από δύο πηγές) και υπολογίστηκε η απορροφούμενη δόση που δέχονται ετησίως τα παιδιά αναπνέοντας το ραδιενεργό αυτό αέριο. Προέκυψε ότι οι συγκεντρώσεις ραδονίου στα περισσότερα σημεία ήταν χαμηλότερες από το όριο που έχει θεσπίσει το National Radiation Protection Board (200 μπεκερέλ ανά κυβικό μέτρο) αλλά στο 5% των χώρων που ελέχθησαν οι συγκεντρώσεις ήταν πάνω από την τιμή που θεωρείται τιμή λήψης κάποιων μέτρων!

Λουτρά Αιδηψού: ^[αναφορά 28] Το 2002, ομάδα απ' το τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών με επικεφαλή τον καθηγητή Αθανάσιο Γεράνιο, διεξήγαγε έρευνα για το ραδόνιο στα ιαματικά λουτρά της πόλης των Λουτρών Αιδηψού.

Τα Λουτρά Αιδηψού βρίσκονται στο βόρειο τμήμα του νησιού Εύβοιας και είναι απ' τα δημοφιλέστερα ιαματικά λουτρά της Ελλάδος, καθώς προσελκύουν περισσότερους από 25000 επισκέπτες ετησίως. Έχουν πληθυσμό περίπου 4000 κατοίκων και στην περιοχή υπάρχουν περισσότερες από 80 θερμές πηγές, οι οποίες έχουν θερμοκρασίες 28 με 86°C.

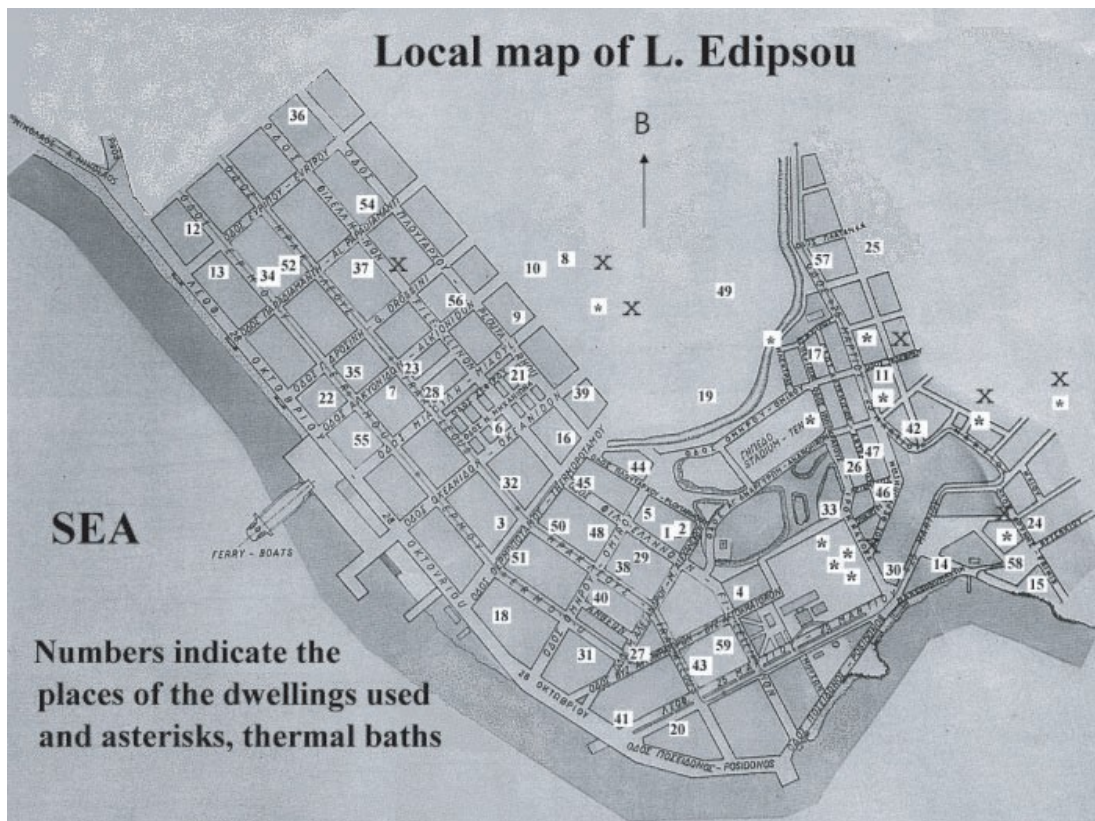
Σκοπός της έρευνας ήταν να υπολογιστεί η λαμβανόμενη δόση των κατοίκων, των λουόμενων όπως επίσης και των εργαζομένων στα λουτρά, σε σωματίδια ακτινοβολίας και να υπολογιστεί η περιεκτικότητα του υπεδάφους σε ραδόνιο στην ευρύτερη περιοχή.

59_____

²⁸ Radiation Protection Dosimetry (2004) Vol. 112, No 2, pp. 251-258
doi:10.1093/rpd/nch392 Advanced Access publication 27 July 2004

Έγιναν μετρήσεις σε 59 κατοικίες και 4 λουτρά της πόλης με τρεις ανιχνευτές RADIM, έναν Alpha Guard PQ2000 Pro of Genitron GmbH και έναν EQF3023 της Sarad instruments, ανάλογα με την περίπτωση. Οι μετρήσεις οργανώθηκαν σε δύο ομάδες, την καλοκαιρινή (Ιούλιος και Αύγουστος 2002) και την χειμερινή (Οκτώβριος και Νοέμβριος 2002) περίοδο. Επειδή όμως τα περισσότερα κτίρια δεν χρησιμοποιούνται και τον χειμώνα, η πλειοψηφία των μετρήσεων δεν επαναλήφθηκε κατά την χειμερινή περίοδο (Πίνακας 2).

Οι συγκεντρώσεις στο υπόγειο ήταν υψηλότερες έως διπλάσιες εν συγκρίσει με τις μετρήσεις των ισόγειων κατοικιών. Γενικά τα επίπεδα συγκεντρώσεων ραδονίου κυμαίνονταν στα ίδια επίπεδα όπως και στα υπόλοιπα λουτρά της Ελλάδας.



Εικόνα 3- 5 Χάρτης της πόλης των Λουτρών Αιδηψού με τις τοποθεσίες των μετρήσεων. Ο αριθμός δείχνει τις μετρούμενες κατοικίες αριθμημένες σύμφωνα με τον Πίνακα 2. Το «x» δείχνει την τοποθεσία των μετρήσεων για το αέριο του εδάφους και το «*» την τοποθεσία για τις μετρήσεις των θερμών νερών.

Πίνακας 3- 3 Μετρήσεις συγκεντρώσεως ραδονίου, εσωτερικά των κατοικιών στην πόλη των Λουτρών Αιδηψού

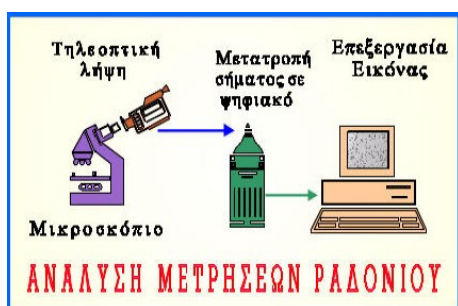
Α Τ	Επίπεδο	Καλοκαίρι			Χειμώνας		
		Συγκέντρωση (Bq m ⁻³)	PAEE (WLM)	Αποτελεσματική δόση (mSv)	Συγκέντρωση (Bq m ⁻³)	PAEE (WLM)	Αποτελεσματική δόση (mSv)
1	Y	210	0.45	1.8	120	0.83	3.3
2	I	210	0.44	1.8	800	5.58	22
3	Y	20	0.04	0.17	600	4.0	16
4	Y	320	0.66	2.06	2000	13	50
5	I	100	0.21	0.85	-	-	-
6	I	37	0.080	0.31	-	-	-
7	I	12	0.030	0.10	-	-	-
8	I	20	0.040	0.17	-	-	-
9	I	9	0.020	0.07	46	0.32	1.3
10	I	18	0.040	0.15	28	0.19	0.76
11	I	24	0.050	0.20	-	-	-
12	Y	9	0.020	0.08	8	0.06	0.23
13	I	13	0.030	0.11	-	-	-
14	I	2200	4.7	19	2100	14	57
15	I	9	0.02	0.08	15	0.10	0.41
16	I	39	0.080	0.32	-	-	-
17	I	11	0.02	0.09	-	-	-
18	I	29	0.060	0.24	-	-	-
19	Y	22	0.050	0.19	-	-	-
20	Y	83	0.17	0.70	-	-	-
21	I	8	0.02	0.06	-	-	-
22	I	17	0.040	0.14	-	-	-
23	I	11	0.020	0.090	-	-	-
24	I	170	0.35	1.41	-	-	-
25	I	31	0.060	0.26	100	0.70	2.8
26	I	14	0.030	0.11	-	-	-
27	Y	52	0.11	0.43	23	0.15	0.62
28	I	15	0.030	0.12	-	-	-
29	I	250	0.52	2.1	-	-	-
30	I	42	0.090	0.35	-	-	-
31	I	70	0.15	0.58	27	0.19	0.74
32	I	14	0.030	0.12	28	0.19	0.76
33	I	15	0.030	0.13	-	-	-
34	Y	80	0.17	0.67	19	0.13	0.51
35	I	25	0.050	0.21	130	0.90	3.6
36	Y	41	0.090	0.35	-	-	-
37	I	13	0.030	0.11	23	0.16	0.62
38	I	65	0.14	0.55	-	-	-
39	I	15	0.030	0.136	-	-	-
40	I	17	0.040	0.15	-	-	-
41	I	17	0.040	0.15	29	0.20	0.80
42	I	29	0.060	0.25	-	-	-
43	I	17	0.030	0.14	-	-	-
44	I	38	0.080	0.32	-	-	-
45	I	77	0.16	0.64	-	-	-
46	Y	33	0.070	0.27	-	-	-
47	Y	42	0.090	0.35	100	0.67	2.7
48	I	37	0.080	0.31	-	-	-
49	I	27	0.060	0.22	13	0.09	0.35
50	I	100	0.21	0.82	-	-	-
51	Y	43	0.090	0.36	-	-	-
52	Y	260	0.55	2.2	-	-	-
53	I	15	0.030	0.12	-	-	-
54	I	14	0.030	0.12	9	0.06	0.25
55	Y	64	0.13	0.54	-	-	-
56	I	160	0.33	1.3	50	0.34	1.4
57	I	12	0.030	0.10	-	-	-
58	I	200	0.41	1.7	-	-	-
59	I	8	0.02	0.07	-	-	-

Αυτές χρησιμοποιήθηκαν ως βασικές παράμετροι για την εκτίμηση των αποτελεσματικών δόσεων για το καλοκαίρι και το χειμώνα όπως εξηγούμε παρακάτω στο "κείμενο" όλα αυτά τα σπίτια κατοικούνταν. I, Ισόγειο επίπεδο και Y, Υπόγειο. Η πρώτη στήλη έχει τον αριθμό ταύτισης, η στήλη 2 το είδος του δωματίου, η στήλη 3 την κύρια συγκέντρωση ραδονίου, η στήλη 4 την εκτιμώμενη PAEE (ΕΔΑ) σε WLM (1WLM=12.97 J s m⁻³) και η στήλη 5 την αποτελεσματική δόση σε mSv. Οι τρεις τελευταίες στήλες επαναλαμβάνουν τις παραμέτρους για την χειμερινή περίοδο. Η ισοδύναμη δόση για το καλοκαίρι και το χειμώνα δεν ανταποκρίνεται σε πραγματικά ετήσια επίπεδα αλλά δίνει την τιμή των δόσεων. Οι αναφορές των τιμών έχουν διακύμανση 20% εξαιτίας των σφαλμάτων των ανι-

ΧΝΕΥΤΩΝ RADIM.

Παρατηρήθηκε ότι, ανάλογα με την ανάμειξη του θερμού νερού με πόσιμο, μειώνεται η Έκθεση στην Δυνητική Άλφα Ακτινοβολία και επίσης ότι οι λουόμενοι έχουν τα ίδια επίπεδα Έκθεσης στην Δυνητική Άλφα Ακτινοβολία με τους εργαζομένους στα λουτρά, παρόλο που οι πρώτοι μένουν για την θεραπεία τους μόνο λίγες ώρες σε σχέση με τους εργαζομένους. Αυτό συμβαίνει διότι η συγκέντρωση ραδονίου στο χώρο των λουτρών, είναι κατά πολύ υψηλότερη εν συγκρίσει με το χώρο υποδοχής όπου βρίσκεται το προσωπικό.

Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε ότι **ενώ η πλειοψηφία των μετρήσεων έδειξε συγκέντρωση αρκετά χαμηλότερη από τα 100Bq l^{-1} , το οποίο είναι το όριο, που προτείνεται από την Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ΕΕΚ) (Commission of the European Communities (CEC)), υπήρχαν λίγες περιπτώσεις όπου η συγκέντρωση ήταν κατά πολύ υψηλότερη του επιτρεπτού ορίου.** Επίσης, οι συγκεντρώσεις του αερίου του εδάφους που μετρήθηκε στην πόλη των Λουτρών Αιδηψού, θεωρούνται αυξημένες σύμφωνα με την υπάρχουσα βάση δεδομένων για την Ελλάδα. Σύμφωνα με την ίδια βάση δεδομένων, οι εν λόγω μετρήσεις είναι από τις υψηλότερες που καταγράφονται στην Ελλάδα.



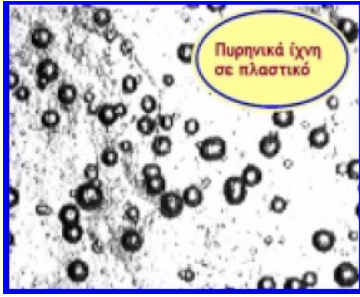
Εικόνα 3- 6 Σχηματική παράσταση της πορείας που ακολουθήθηκε για την ανάλυση των μετρήσεων Ραδονίου

Ιωάννινα:^[αναφορά 14]

Ποιος διεξήγαγε την έρευνα:

Το Εργαστήριο Πυρηνικής Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, διεξήγαγε σεις ραδονίου στα πλαίσια των των του αντίστοιχου τμήματός του.

Όργανα & τρόποι μέτρησης:



Εικόνα 3- 7 Ορατά, μέσω μικροσκοπίου, τα πυρηνικά ίχνη σε πλαστικό

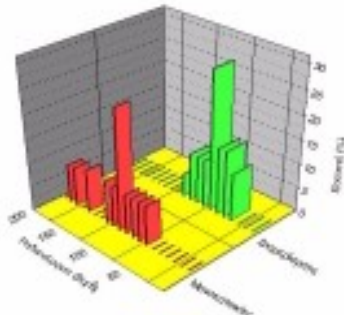
Για τις μετρήσεις ραδονίου επελέγη, λόγω του χαμηλού κόστους και των σχετικών ευκολιών στη χρήση, ο πλαστικός ανιχνευτής CR-39. Ο τρόπος μέτρησης περιγράφεται στο κεφάλαιο 8 αναλυτικά, καθώς και στις μετρήσεις που διεξήγαμε στο κτίριο της Μιμόζα χρησιμοποιήσαμε την ίδια τεχνολογία.

Οι κατευθύνσεις της έρευνας:

Η έρευνα του ραδονίου στο εργαστήριο Πυρηνικής Φυσικής ακολούθησε τις εξής κατευθύνσεις:

Συγκεντρώσεις ραδονίου στο εσωτερικό κατοικιών στην Ήπειρο.

Από τις αρχές του 1996, τοποθετήθηκαν ανιχνευτές ραδονίου CR-39 μέσα σε πλαστικά δοχεία σε διαμερίσματα πολυώροφων κτιρίων, μονοκατοικίες και υπόγειους χώρους κτιρίων της περιοχής των Ιωαννίνων καθώς και σε κατοικίες του Μετσόβου. Οι ανιχνευτές και το σύστημα καταμέτρησης βαθμονομήθηκαν στο Εργαστήριο Πυρηνικής Φυσικής και στα Εργαστήρια NRPB, στο Didcot της Αγγλίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι τιμές συγκεντρώσεων ραδονίου κυμαίνονται στα διαμερίσματα από 55-90 Bq/m³ και στις μονοκατοικίες από 60- 190 Bq/m³. Υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στα υπόγεια κατοικιών και δημοσίων κτιρίων. Από τα ανωτέρω αποτελέσματα συμπεραίνεται ότι η συγκέντρωση ραδονίου στο εσωτερικό διαμερισμάτων σε πολυώροφες οικοδομές της περιοχής των Ιωαννίνων, δεν παρουσιάζει πρόβλημα για τη δημόσια υγεία. Αυ-



Εικόνα 3- 8 Μετρήσεις Ραδονίου στην Ήπειρο

ξημένες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στον αέρα μονοκατοικιών, σε ορισμένες από τις οποίες τα επίπεδα συγκεντρώσεων κρίνονται υψηλά.

Μετρήσεις συγκεντρώσεων ραδονίου στο ύπαιθρο.

Για τη μέτρηση της συγκέντρωσης του

ραδονίου στον αέρα του υπαίθρου αναπτύχθηκε τεχνική, κατά την οποία μεγάλες ποσότητες αέρα αναγκάζονται να περάσουν από φίλτρο επί 30-50 λεπτά. Στη συνέχεια η εξέλιξη της ραδιενέργειας πάνω στο φίλτρο, που οφείλεται στους θυγατρικούς πυρήνες από την αποδιέγερση του ραδονίου, παρακολουθείται με μετρήσεις ακτινών γ. Τελικά, η συγκέντρωση του ραδονίου εκτιμάται με υπολογισμούς στα δεδομένα των μετρήσεων. Έχουν μετρηθεί συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 0,1-7 Bq/m³.

Η έκλυση ραδονίου από το έδαφος.

Εγκαταστάθηκαν σταθμοί μέτρησης στο χώρο της Πανεπιστημιούπολης Δουρούτης, με σκοπό τη μελέτη των παραμέτρων που επηρεάζουν την έκλυση του ραδονίου από το έδαφος. Χρησιμοποιήθηκαν διατάξεις σωλήνων διαφόρων μηκών, οι οποίοι τοποθετήθηκαν στο έδαφος. Μέσα στους σωλήνες τοποθετήθηκαν, σε διαφορετικές αποστάσεις, πλαστικοί ανιχνευτές CR-39. Μελετήθηκε, επίσης, η μεταβολή της συγκέντρωσης του ραδονίου με το βάθος. Σε όλες τις σειρές μετρήσεων, παρατηρήθηκε ότι *η συγκέντρωση αυξάνεται όσο κατευθυνόμαστε από την επιφάνεια του εδάφους βαθύτερα*. Το γεγονός αυτό είναι ένδειξη ότι *το ραδόνιο δεν κατανέμεται ομοιόμορφα στο διαθέσιμο χώρο, αλλά συγκεντρώνεται σε μικρή περιοχή κοντά στο έδαφος, από το οποίο εκλύεται*. Το συμπέρασμα αυτό κρίνεται σημαντικό τόσο για την μελέτη της έκλυσης του ραδονίου από το έδαφος, όσο και για την *συγκέντρωση του αερίου στον αέρα υπόγειων χώρων*.

Οι μετρήσεις έδειξαν ότι υπάρχει σχέση αντιστρόφως ανάλογη με την ατμοσφαιρική πίεση και την υγρασία του αέρα και του εδάφους, δηλαδή όσο αυξάνεται η πίεση και η υγρασία τόσο μειώνεται η συγκέντρωση του ραδονίου.

Μετρήσεις συγκεντρώσεων ραδονίου σε αποθήκες λιπασμάτων.

Μετρήθηκαν, σε συνεργασία με το ΕΘΙΑΓΕ Ιωαννίνων, οι συγκεντρώσεις του ραδίου-226 σε διάφορους τύπους φωσφορικών λιπασμάτων. Το ράδιο είναι το ραδιενεργό στοιχείο από το οποίο παράγεται με ραδιενεργό μεταστοιχείωση το ραδόνιο. Οι μετρήσεις έδειξαν ότι η μέση συγκέντρωση του ραδίου στα λιπά-

σματα κυμαίνεται από 0 ως 4584 Bq/Kg και οι συγκεντρώσεις ραδονίου σε αποθήκες λιπασμάτων μετρήθηκαν από 732 ως 3320 Bq/m³.

Γεωλογικές εφαρμογές της έρευνας ραδονίου.

Στις περιοχές όπου ανιχνεύεται υψηλή έκλυση ραδονίου έχει αποδειχθεί ότι αυτό συνδέεται με την συγκέντρωσή στο αντίστοιχο μέρος, υλικών όπως το ουράνιο και το πετρέλαιο και αυτό το γεγονός, τις υψηλής έκλυσης ραδονίου, μας βοηθά στον εντοπισμό και τον καθορισμό γεωθερμικών πηγών ενέργειας, την χαρτογράφηση ρηγμάτων, την πρόγνωση σεισμών και την μελέτη των ηφαιστείων.

Αναλυτικότερα, η έκλυση ραδονίου συνδέεται με όλα τα παραπάνω διότι:

Στη σεισμολογία, πιστεύεται ότι η αύξηση των τάσεων στο εσωτερικό της γης πριν από το σεισμικό γεγονός, μπορεί να προκαλέσει αύξηση της έκλυσης του ραδονίου σε τέτοια επίπεδα όπου προειδοποιητικές μεταβολές μπορούν να μετρηθούν.

Το ραδόνιο-222 είναι προϊόν διάσπασης του ουρανίου-238. Έτσι, σε περιοχές όπου η συγκέντρωση του ουρανίου είναι τέτοια που να αποτελεί οικονομικά εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα, η συγκέντρωση στο αέριο του ραδονίου θα είναι πολλές φορές μεγαλύτερη σε σύγκριση με αυτή του υποβάθρου της περιοχής.

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια πηγή ενέργειας η οποία τα τελευταία χρόνια γίνεται ολοένα πιο σημαντική και βέβαια αναγκαία, καθώς τα παγκοσμίως γνωστά αποθέματα ενέργειας διαρκώς ελαττώνονται. Τα υδροθερμικά συστήματα είναι συνήθως εμπλουτισμένα στο αέριο ραδόνιο άρα η υψηλή ανίχνευση ραδονίου ίσως συνδέεται με την ύπαρξη γεωθερμικής ενέργειας κοντά εκεί.

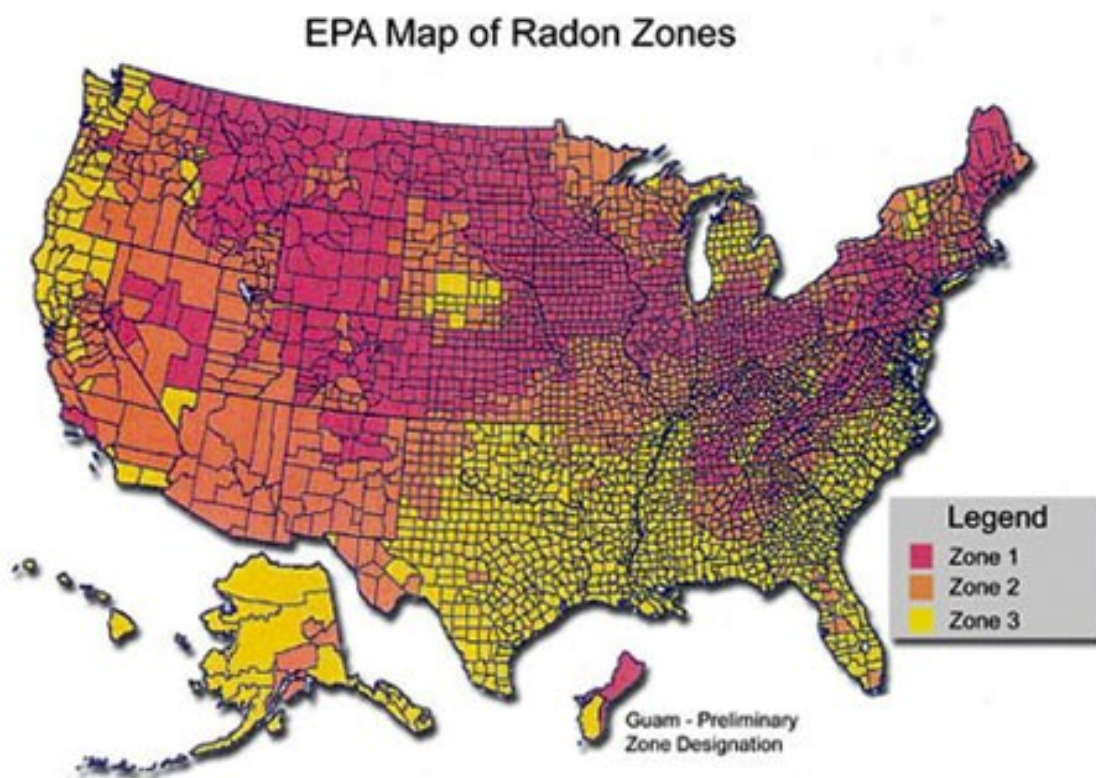
Έχει δειχθεί σχετικά πρόσφατα ότι υψηλά επίπεδα του ραδονίου εκλύονται κατά μήκος ενεργών ρηγμάτων του φλοιού της γης. Η έκλυση του ραδονίου είναι σημαντικά υψηλότερη κατά μήκος των ρηγμάτων, στα υπόγεια νερά και ιδιαίτερα στις πηγές που συνδέονται άμεσα με τα ρήγματα.

Συγκεκριμένα, τοποθετήθηκαν πλαστικοί ανιχνευτές CR-39 σε σωλήνες στο έδαφος, σε προεπιλεγμένους σταθμούς στις περιοχές ρηγμάτων και σε σειρές ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε η διασπορά τους να είναι όσο το δυνατό πιο αντιπροσωπευτική.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ικανοποιητική αντιστοιχία της έκλυσης του ραδονίου σε σχέση με τα ρήγματα. Στις μετρήσεις του ρήγματος Μανολιάσας Ιωαννίνων παρατηρείται μέγιστο συγκέντρωση ραδονίου σε θέση, στην οποία η ύπαρξη του ρήγματος είχε προηγουμένως επιβεβαιωθεί με άλλες γεωλογικές μεθόδους.

3.15 Radiometric maps, Ραδιομετρικοί χάρτες

USA EPA ^[αναφορά 29] Ο παρακάτω ραδιομετρικός χάρτης απεικονίζει τα επίπεδα του ραδονίου τα οποία περιέχονται στο έδαφος των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής. Σκοπός του παρακάτω ραδιομετρικού χάρτη είναι να βοηθήσει εθνικούς, πολιτειακούς και τοπικούς οργανισμούς να εφαρμόσουν τεχνικές θωράκισης των κατοικιών ενάντια στο ραδόνιο. Παρόλα αυτά, η διαβάθμιση της συγκεντρώσεως του ραδονίου στο χάρτη, δεν αποτελεί αποκλειστικό στοιχείο για το αν ένα κτίριο απειλείται απ' το ραδόνιο, καθώς χιλιάδες κατοικίες έχουν βρεθεί να έχουν υπερβολικά αυξημένη συγκέντρωση ραδονίου, ακόμα και στη ζώνη 3. Οπότε πάντοτε θα πρέπει να γίνεται ο σχετικός έλεγχος.



Εικόνα 3- 9 Χάρτης της EPA των ζωνών Ραδονίου στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής ^[αναφορά 29]

Υψηλότερο Δυναμικό

Ζώνη 1 Κομητείες που έχουν μέση συγκέντρωση ραδονίου στους εσωτερικούς χώρους μεγαλύτερη από 4 PCI / L (pico curies ανά λίτρο) (κόκκινη ζώνη)

Μέτριο Δυναμικό

Ζώνη 2 Κομητείες που έχουν μέση συγκέντρωση ραδονίου στους εσωτερικούς χώρους μεταξύ 2 και 4 PCI / L (πορτοκαλί ζώνη)

Χαμηλό δυναμικό

Ζώνη 3 Κομητείες που έχουν μέση συγκέντρωση ραδονίου στους εσωτερικούς χώρους μικρότερο από 2 PCI / L (κίτρινη ζώνη)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΑΠ΄ ΤΗΝ ΕΙΣΠΝΟΗ ΡΑΔΟΝΙΟΥ

4.1 Ποιες οι επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου

Μελέτες που έχουν γίνει στην Εθνική Ακαδημία Επιστημών (BEIRVI) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι χιλιάδες άνθρωποι πεθαίνουν κάθε χρόνο στις ΗΠΑ από την έκθεση στο ραδόνιο ^[αναφορά 30]. Υπολογίζεται ότι ο αριθμός αυτός ξεπερνά τα 50.000 άτομα ετησίως στον πλανήτη μας ^[αναφορά 23]. Το ραδόνιο έχει συνδεθεί με τον καρκίνο του πνεύμονα στους ανθρώπους & τα ζώα μέσω κυτταρικών μελετών που έχουν διεξαχθεί. Μεγάλη είναι η επιρροή του ειδικά από το ποσοστό της λήψης του στο χώρο των κατοικιών ^[αναφορά 31].

Οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι η έκθεση σε ραδόνιο είναι η δεύτερη σημαντικότερη αιτία πρόκλησης καρκίνου του πνεύμονα μετά το κάπνισμα. Τα ραδιενεργά ισότοπα που παράγονται κατά την αποδιέγερση του ραδονίου, προσκολλώνται σε σωματίδια σκόνης και εισπνεόμενα, επικάθονται στις πνευμονικές κυψελίδες όπου παραμένουν και ακτινοβολούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Αν και οι τρόποι με τους οποίους η ακτινοβολία προκαλεί βλάβες στα κύτταρα δεν είναι ακόμα πλήρως κατανοητοί, πολλοί από αυτούς προκαλούν χημικές μεταβολές στο DNA των κυττάρων. Τέτοιου είδους μεταβολές καταλήγουν σε βλάβες που εκδηλώνονται είτε με θάνατο του κυττάρου ή με γενετικές αλλαγές (μεταλλάξεις) ή με την ανάπτυξη καρκίνου ^[αναφορά 24].

4.2 Ιστορική αναδρομή

68_____

³⁰ <http://employees.csbsju.edu/dsteck/mnradon/default.htm> Τίτλος: Radon and health (Ημ/νία επίσκεψης: 01/04/2009)

³¹ Δημοσίευση στην Εφημερίδα της Αμερικανικής Επιδημιολογίας (Ιούνιος 2000).

The American Journal of Epidemiology (June 2000).

Από πολύ παλιά παρατηρούνταν αυξημένη συχνότητα καρκίνου των πνευμόνων στους μεταλλωρύχους της κεντρικής Ευρώπης, πράγμα το οποίο εξ' αρχής, σχεδόν, αποδόθηκε στην υψηλή συγκέντρωση του ραδονίου στον αέρα των ορυχείων ^[αναφορά 14]. Τα ορυχεία λειτουργούσαν για εκατοντάδες χρόνια και γενιές μεταλλωρύχων υπέφεραν από μια ασθένεια των πνευμόνων, που μόνο κατά τα τέλη του 19ου αιώνα διαγνώσθηκε ότι ήταν καρκίνος. Στη δεκαετία του 1950, χάρη στην έρευνα του Χάρλεϊ, έγινε αντιληπτό ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της δόσης που δέχονται οι πνεύμονες κατά την εισπνοή ραδονίου, δεν οφείλεται στο ίδιο το αέριο, αλλά στη συγκέντρωση, στους πνεύμονες, των βραχύβιων προϊόντων της ραδιενεργού διάσπασης του ραδονίου, που προσκολλώνται στη σκόνη των ορυχείων. Στη δεκαετία του '60 και του '70, αρκετές μελέτες έδειξαν αυξημένη θνησιμότητα των εργαζομένων σε ορυχεία ουρανού και άλλων ορυκτών εξόρυξης, η οποία θνησιμότητα, φαίνεται να συσχετίζεται με την έκθεση στο ραδόνιο.

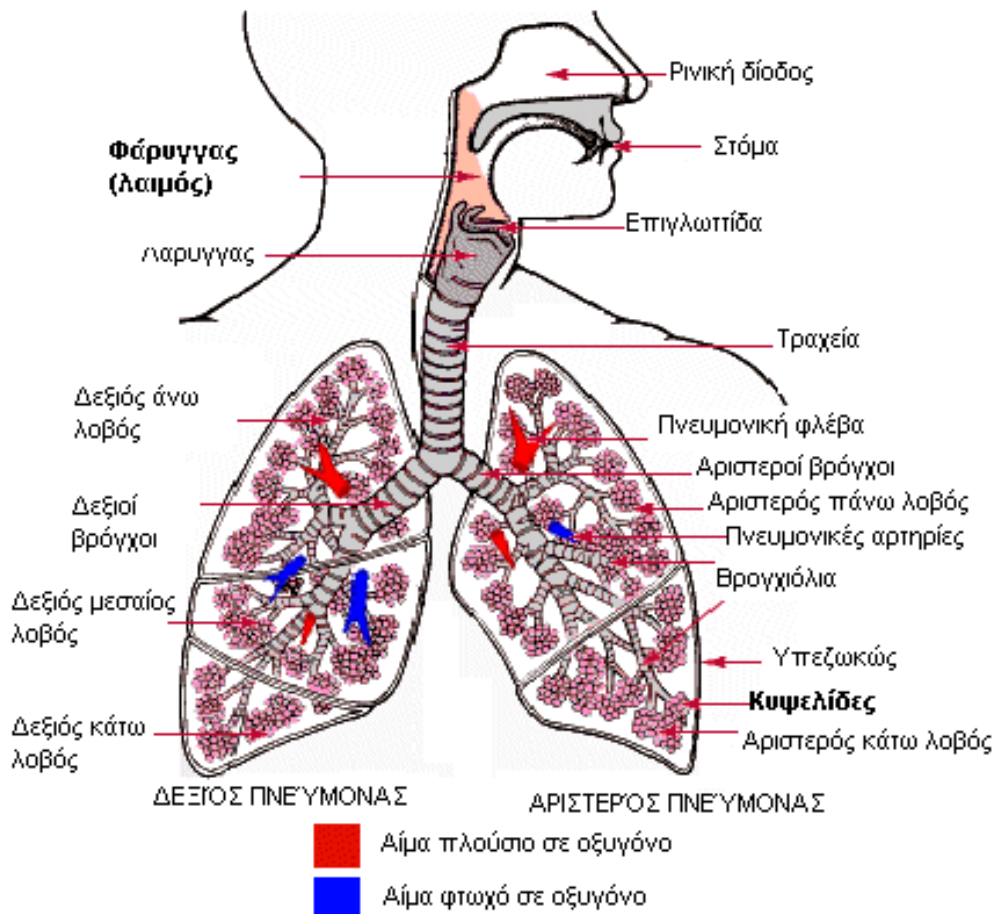
Μια από τις πλέον σοβαρές περιπτώσεις συχνής εμφάνισης καρκίνου των πνευμόνων είναι αυτή των μεταλλωρύχων κασιτέρου στην επαρχία Γιουνάν της Κίνας, όπου εκδηλώθηκαν περισσότερα από 1500 περιστατικά. Παράλληλα με τις επιδημιολογικές μελέτες στους μεταλλωρύχους, έγιναν και πειραματικές μελέτες, οι οποίες έδειξαν ότι η εισπνοή του ραδονίου προκαλεί αλλοιώσεις και καρκίνο στους πνεύμονες των ζώων. Επίσης, έχει μελετηθεί η πρόκληση γενετικών ανωμαλιών και η επίδραση στο ανοσοποιητικό σύστημα των μεταλλωρύχων.

4.3 Ποιες οι πιθανότητες καρκινογένεσης στους πνεύμονες απ' το ραδόνιο και από τι εξαρτώνται

Ο υπολογισμός της πιθανότητας καρκινογένεσης στους πνεύμονες είναι μια σύνθετη εργασία, στην οποία είναι δυνατόν να συμβάλλουν πολλοί παράγοντες ^[αναφορά 14]. Σημαντικό ρόλο παίζει ο τρόπος λειτουργίας του αναπνευστικού συστήματος, το οποίο στέλνει τον αέρα βαθιά μέσα στους πνεύμονες, στις κυψελίδες, όπου ανταλλάσσεται το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα μεταξύ αίματος και αέρα. Τα περισσότερα σωματίδια της σκόνης που αιωρείται στον αέρα κάθονται στον ανώτερο αναπνευστικό σωλήνα. Γενικά, τα μεγαλύτερα σωματίδια

τείνουν να προσκολληθούν μεταξύ της μύτης και των κατωτέρων βρόγχων, ενώ η πιθανότητα τα μικρά σωματίδια να φτάσουν στις κυψελίδες είναι μεγαλύτερη.

Ο αναπνευστικός σωλήνας επικαλύπτεται από ιστό, ο οποίος έχει την ικανότητα να απομακρύνει τη σκόνη προς τα πάνω και έξω από τον αναπνευστικό σωλήνα μέσα σε λίγες ώρες. Αντίθετα, η σκόνη που φτάνει στις κυψελίδες μπορεί να παραμείνει στους πνεύμονες επί μήνες ή χρόνια. Τα διαλυτά σωματίδια σκόνης απομακρύνονται γρήγορα από τον αναπνευστικό σωλήνα με το αίμα όπως επίσης και η διαλυτή σκόνη που κάθεται στα κυψελιδικά τοιχώματα απομακρύνεται από τα φαγοκύτταρα. Τα φαγοκύτταρα, αφού εγκλωβίσουν τα σωματίδια της σκόνης, κατευθύνονται προς το στόμα με τη δράση των ιστών ή περνούν από τα λεμφαγγεία προς τους λεμφαδένες.



Εικόνα 4- 1 Φυσιολογία Πνευμόνων ^[αναφορά 32]

4.4 Πως επιβαρύνει το κάπνισμα την υγεία, σε συνδυασμό με το ραδόνιο.

Το κάπνισμα είναι η κύρια αιτία καρκίνου των πνευμόνων ^[αναφορά 31]. Οι καπνιστές γενικά έχουν περίπου 10 φορές μεγαλύτερο κίνδυνο από τους μη καπνιστές. Η πολύχρονη έκθεση στο ραδόνιο σχετίζεται με αύξηση του κινδύνου. Σε πείραμα που έγινε σε χρήστες οι οποίοι κατοικούσαν για 15 έτη σε ένα κανονικό σπίτι του οποίου οι κατοικήσιμοι χώροι είχαν μία μέση τιμή 4 pCi / L, βγήκε ως συμπέρασμα ότι η αύξηση του κινδύνου ανέρχεται στο 50% περίπου, σε σχέση με τον κίνδυνο από το κάπνισμα, και μόνο που οι χρήστες εκτίθενται μακροχρόνια στο ραδόνιο. Δηλαδή, η έκθεση στο ραδόνιο αυξάνει τον βασικό κίνδυνο κατά 50%.

Για παράδειγμα, αν κάποιος δεν καπνίσει ποτέ, έχει πιθανότητα για καρκίνο των πνευμόνων 1% όταν κατοικεί σε σπίτι με χαμηλό επίπεδο ραδονίου (<1 pCi / L). Ο κίνδυνος όταν τα επίπεδα αυτά είναι 4 pCi / L είναι 1,5%. Για τον καπνιστή που κατοικεί επίσης σε χαμηλά επίπεδα ραδονίου, ο κίνδυνος για καρκίνο των πνευμόνων είναι περίπου 10% με 15% για 4 pCi / L. Αν κατοικεί κάποιος σε ένα σπίτι με επίπεδα ραδονίου 20 pCi / L, οι κίνδυνοι θα είναι 5% για τους μη καπνίζοντες και 50% για μέσους καπνιστές.

Εάν όμως, κάποιος καπνίζει προς το παρόν αλλά το κόψει, θα μειώσει τον κίνδυνο καρκίνου των πνευμόνων περισσότερο απ' ό,τι να μείωνε την έκθεσή του στο ραδόνιο. Ωστόσο, εάν επιλέξει να συνεχίσει να καπνίζει, ο επιπλέον κίνδυνος από το ραδόνιο θα είναι περίπου 5%, δηλαδή επιπλέον 5 στους 100 καπνίζοντες θα αναπτύξει καρκίνο του πνεύμονα σχετιζόμενο με το ραδόνιο, των οποίων οι θάνατοι θα είχαν αποφευχθεί χωρίς την έκθεσή τους στο ραδόνιο. Εφόσον το τα θυγατρικά παράγωγα του ραδονίου έχουν την τάση να προσκολλώνται στα αιωρούμενα σωματίδια σκόνης του αέρα και μέσω αυτών να επικάθονται στους πνεύμονες, είναι αναμενόμενο σε κλειστούς χώρους όπου καπνίζουν, ο αέρας να περιέχει σημαντικά περισσότερα σωματίδια πάνω στα οποία θα κολλήσουν τα θυγατρικά. Γι' αυτό το λόγω οι καπνίζοντες, ενεργητικοί και παθητικοί, σε συνδυασμό με την αυξημένη συγκέντρωση ραδονίου έχουν εξαιρετικά υψηλές πιθανότητες ανάπτυξης καρκίνου του πνεύμονα.

Στα 30 χρόνια διαμονής σε ένα σπίτι, υπάρχουν διπλάσιες πιθανότητες εν σύγκριση με τα 15χρόνια διαμονής. Οι κίνδυνοι που σχετίζονται με την έκθεση σε χαμηλά επίπεδα ραδονίου στα σπίτια δεν έχουν αναχθεί ποσοτικά επί του παρόντος.

4.5 Από τι επηρεάζεται η έκθεση του πνεύμονα στη ραδιενέργεια

Η έκθεση του πνεύμονα στη ραδιενέργεια από την εισπνεόμενη ραδιενεργό σκόνη, εξαρτάται από τη συγκέντρωση των ραδιοϊσοτόπων στον αέρα, το ρυθμό αναπνοής, τις φυσικές ιδιότητες των ραδιοϊσοτόπων, την περιοχή του πνεύμονα όπου εναποτίθεται η σκόνη και το ρυθμό απομάκρυνσής της ^[αναφορά 14]. Αφού γίνει ο υπολογισμός της ενέργειας που απορροφούν τα πνευμονικά κύτταρα και της δόσης που δέχονται, ακολουθεί ο υπολογισμός της πιθανότητας καρκινογένεσης. Για τους ποσοτικούς υπολογισμούς χρησιμοποιούνται ορισμένοι συντελεστές μετατροπής, οι οποίοι αποδίδουν, για ορισμένη έκθεση σε ραδόνιο, τις αντίστοιχες επιπτώσεις. Π.χ. για συγκέντρωση ραδονίου στο εσωτερικό μιας κατοικίας 55 μπκεκερέλ στο κυβικό μέτρο, όσο δηλαδή έχει μετρηθεί κατά μέσο όρο σε κατοικίες, έχει υπολογισθεί επίπτωση εκφρασμένη ως πιθανότητα πρώιμου θανάτου ίση με 0.7%. Σε μερικές κατοικίες όμως σημειώνονται χαμηλότερες συγκεντρώσεις ραδονίου, οι οποίες συνεπάγονται πιθανότητες της τάξεως του 1:10000. Σε σημαντικό αριθμό κατοικιών μετρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις, που αντιστοιχούν σε πιθανότητες θανάτου της τάξεως του 1% ή και ακόμη 10%. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι κατά καιρούς εκτιμήσεις για την πιθανότητα πρόκλησης καρκίνου πνευμόνων από εισπνοή ραδονίου, διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά.

Επίσης, ο κίνδυνος για καρκίνο των πνευμόνων εξαρτάται από τη συγκέντρωση του ραδονίου στο χώρο τον οποίο βρίσκεται το άτομο τον περισσότερο καιρό και από το χρόνο τον οποίο είναι εκτεθειμένο ^[αναφορά 20].

Για μια καλή εκτίμηση του κινδύνου για καρκίνο του πνεύμονα σε ένα σπίτι, θα πρέπει να μετρηθεί η συγκέντρωση του ραδονίου στους χώρους κύριας χρήσης για μια περίοδο 6 έως 12 μήνες. Το ραδόνιο μέσα στα κτίρια μπορεί να αλλάξει δραματικά από όροφο σε όροφο ακόμα και στο ίδιο κτίριο και από μέρα

σε μέρα, όπως και από εποχή σε εποχή όπως αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Αν το σπίτι είδη κατοικείται, καλό είναι να υπάρξει μια περίοδος μερικών μηνών αναμονής για τον καθορισμό της μακροχρόνιας έκθεσης στο ραδόνιο, καθώς αυτή η αναμονή δεν θα αυξήσει σημαντικά τον κίνδυνο για την υγεία των χρηστών, εφόσον θα έχουμε την δυνατότητα για πιο ακριβείς μετρήσεις μακράς διάρκειας ^[αναφορά 20]. Αντιθέτως, περισσότερες μετρήσεις μικρής περιόδου, μπορούν να δώσουν πολύ κακή εκτίμηση του κινδύνου απ' το ραδόνιο στο κτίριο.

4.6 Τι είναι ο Καρκίνος

"Ο καρκίνος" είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τουλάχιστον 200 διαφορετικές ασθένειες, που περιλαμβάνουν όλες, την ανεξέλεγκτη αύξηση των κυττάρων ^[αναφορά 33]. Η συχνότητα του καρκίνου μετριέται από την επίπτωση - δηλαδή τον αριθμό νέων περιπτώσεων που διαγιγνώσκονται κάθε έτος. Η επίπτωση περιγράφεται συνήθως ως ο αριθμός νέων περιπτώσεων που διαγιγνώσκονται ανά 100.000 ανθρώπους ετησίως.

Στην Ελλάδα επί πληθυσμού 10.964.000 κατοίκων κατά την απογραφή του 2001, πέθαναν το 2003 από διάφορα είδη νεοπλασιών 24.769 άτομα ή 266 θάνατοι ανά 100.000 ενήλικες ^[αναφορά 34].

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον κίνδυνο ανάπτυξης καρκίνου διαφέρουν μεταξύ των μορφών καρκίνου ^[αναφορά 33]. Γνωστοί παράγοντες κινδύνου, εκτός του εισπνεόμενου ραδονίου, που είδη αναφέραμε προηγούμενος, είναι το κάπνισμα, η διατροφή και το οινόπνευμα που συμβάλλουν στην ανάπτυξη διαφόρων τύπου καρκίνων.

4.7 Κύρια ήδη καρκίνων

- **Λευχαιμία**

73_____

³³ <http://www.alfahealth.gr/index.asp?section=article&cat=18&id=55> (Ημ/νία επίσκεψης: 03/04/2009)

³⁴ Εθνική Στατιστική Υπηρεσία - <http://www.statistics.gr> (Ημ/νία επίσκεψης 08/04/2009)

Με τον όρο λευχαιμία περιγράφεται μια ποικιλία καρκίνων που αναπτύσσονται στον μυελό των οστών όπου παράγονται τα κύτταρα του αίματος ^[αναφορά 33].

Οι διάφοροι τύποι λευχαιμίας αντιπροσωπεύουν λιγότερο από το 4% όλων των περιπτώσεων καρκίνου στους ενηλίκους αλλά είναι η πιο κοινή μορφή καρκίνου στα παιδιά.

Στην Ελλάδα το 2003 οι θάνατοι ανά 100.000 παιδιά ηλικίας 0-14 ετών με νεοπλασμάτα του λεμφικού και αιμοποιητικού ιστού ήταν 0,84, ενώ για τους ενήλικους ήταν 21,24.

Λίγα είναι γνωστά για τους λόγους που προκαλείται η λευχαιμία, αν και γενετικοί παράγοντες πρέπει να παίζουν έναν ρόλο. Οι μόνες γνωστές αιτίες είναι οι ιονίζουσες ακτινοβολίες, το βενζόλιο, και κάποιες χημικές ουσίες και φάρμακα που καταστέλλουν τη λειτουργία του μυελού των οστών, όπως επίσης ο ιός της κυτταρικής λευχαιμίας Τ.

- **Καρκίνος του Εγκεφάλου**

Ο καρκίνος του κεντρικού νευρικού συστήματος (εγκέφαλος και νωτιαίος μυελός) είναι ασυνήθιστος ^[αναφορά 33].

Οι αιτίες της ασθένειας είναι σε μεγάλο βαθμό άγνωστες, αν και αρκετές μελέτες αναφέρουν συσχέτιση του καρκίνου του εγκεφάλου με χρόνια έκθεση σε χημικές ενώσεις λόγω επαγγελματικής απασχόλησης. Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι επίσης ένας γνωστός παράγοντας κινδύνου για τον καρκίνο του εγκεφάλου. Παράγοντες όπως το κάπνισμα, η διατροφή, και η χρήση υπερβολικού οιοπνεύματος- δεν έχουν βρεθεί να συνδέονται με ανάπτυξη του καρκίνου του εγκεφάλου.

- **Καρκίνος του πνεύμονα**

Ένας απ' τους κύριους λόγους εμφάνισης του καρκίνου του πνεύμονα, θεωρείται ότι είναι το φυσικό ραδιενεργό στοιχείο, ραδόνιο, καθώς αποτελεί το 50% της δόσης που δέχεται ο άνθρωπος από τις ιονίζουσες ακτινοβολίες φυσικής προέλευσης ^[αναφορά 15,16,35, 36]. Ευθύνεται κυρίως για καρκίνους στον πνεύ-

74_____

³⁵ http://www.eeae.gr/gr/docs/president/_radonio_2009.pdf Τίτλος: Ραδόνιο (Ημ/νία επίσκεψης: 09/04/2009)

μονα, κατέχοντας τη δεύτερη θέση επικινδυνότητας μετά το κάπνισμα και η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (WHO) το έχει κατατάξει στα καρκινογόνα τάξης Α.

Η ακτινοβολία που εκπέμπουν τα προϊόντα διάσπασης του ραδονίου, είναι δεκαπλάσια σε επικινδυνότητα απ' ότι η ακτινοβολία που δεχόμαστε από μια ιατρική εξέταση.

Η επικινδυνότητα του ραδονίου, έχει επιστημονικά αποδειχθεί από μελέτες που έχουν γίνει κατά καιρούς στο παρελθόν ^[αναφορά 33]. Ο λόγος για τον οποίο ενοχοποιείται το ραδόνιο για τον καρκίνο του πνεύμονα είναι το γεγονός ότι, αφού επικαθίσει στις κυψέλες του πνεύμονα, διασπάται, παράγοντας διαφορετικά χημικά στοιχεία, θυγατρικά του ραδονίου (βλέπε 2.14). Παρ' όλο που ο χρόνος ημι-ζωής του ραδονίου είναι μικρός, τα θυγατρικά του προϊόντα είναι μακρόβια, με αποτέλεσμα να είναι αυτά τελικά που ευθύνονται για την δημιουργία της ακτινοβολίας α, η οποία προσβάλλει τους ιστούς του πνεύμονα, για μεγάλο χρονικό διάστημα, έως ότου σταθεροποιηθούν. Για αυτό και το αποτέλεσμα, εάν φτάσει σε καρκίνο, είναι καρκίνος των πνευμόνων. Κάτι αντίστοιχο, συμβαίνει με την επιβάρυνση από την εισπνοή του καπνού του τσιγάρου από το ραδιενεργό πολώνιο-210 (Po_{210}) που περιέχει ο καπνός.

³⁶ <http://radonrescue.com/radon.shtml> (Ημ/νία επίσκεψης: 09/04/2009)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΡΑΔΟΝΙΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

5.1 Σε περίπτωση που βρεθεί αυξημένο ραδόνιο σε ένα σπίτι, πώς μπορεί να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα

Στα σύγχρονα κτίρια το ποσοστό ανανέωσης του εσωτερικού αέρα είναι δέκα φορές μικρότερο από ότι ήταν πριν από τριάντα χρόνια^[αναφορά 37]. Αντιλαμβάνεται κανείς ότι, ιδιαίτερος στα σύγχρονα κτίρια το ραδόνιο παραμένει στον εσωτερικό αέρα, περισσότερο καιρό απ' ότι στα παλιά κτίσματα. Καθώς ο εσωτερικός αέρας δεν ανανεώνεται σε υψηλό ρυθμό, η συγκέντρωση του αερίου είναι αυξημένη.

Ο απλούστερος τρόπος μείωσης των συγκεντρώσεων ραδονίου στο εσωτερικό των κτιρίων είναι ο φυσικός εξαερισμός των χώρων^[αναφορά 16]. Παρόλα αυτά, δεν προσφέρει μόνιμη λύση στο πρόβλημα, μιας και δεν περιορίζει την είσοδο του ραδονίου στο χώρο. Γενικά, όσο υψηλότερη είναι η συγκέντρωση του ραδονίου, τόσο πιο γρήγορα πρέπει να ληφθούν τα διορθωτικά μέτρα.

Απλές και ανέξοδες τεχνικές, μπορούν να μειώσουν τα επίπεδα ραδονίου κατά μέσω όρο 50% σύμφωνα με πληροφορίες της ΕΡΑ^[αναφορά 36]. Αυτές οι τεχνικές μειώνουν επίσης και τα άλλα αέρια που προέρχονται από το έδαφος και ταυτόχρονα τα επίπεδα υγρασίας. Όταν λαμβάνονται τα μέτρα αυτά διόρθωσης, το επίπεδο του ραδονίου θα πρέπει να μειώνονται στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο με τη χρήση των κατάλληλων μεθόδων, σε αντιστοιχία με τα οικονομικά κριτήρια.

Η λήψη των μέτρων αυτών κοστίζει πολύ λιγότερο για κτίρια που πρόκειται να κτιστούν, παρά για την διόρθωσή του μετέπειτα, σε ήδη υπάρχοντα κτίρια. Ο

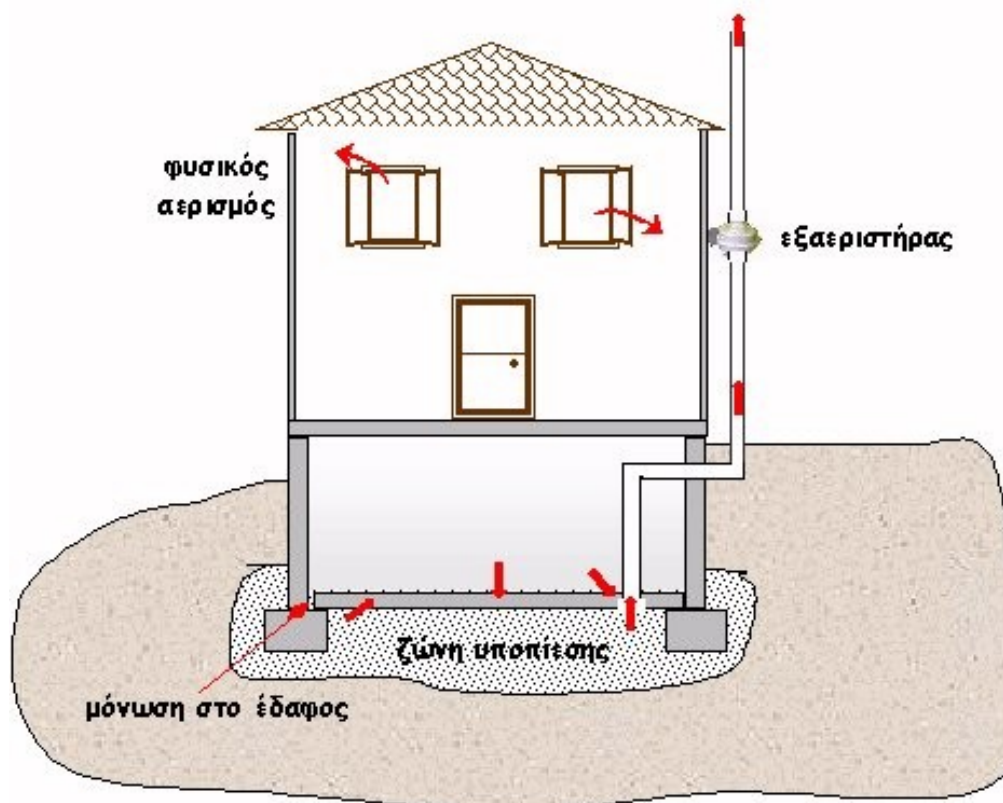
μέσος όρος κόστους εγκατάστασης συστήματος μείωσης του ραδονίου σε ήδη υπάρχοντα σπίτια είναι 568€ με 1774€. Ενώ σε νεόδμητα κτίρια κοστίζει μόλις 248€ με 355€. Σε κάθε περίπτωση, είτε εντοπιστούν υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης στην περιοχή όπου θα κτιστεί το κτίριο, είτε όχι, συνιστάτε κατά την κατασκευή νέων κατοικιών, να χρησιμοποιούνται νέες τεχνικές που θα ελαχιστοποιούν το ραδόνιο και να προβλέπεται θέση για την εγκατάσταση μηχανημάτων απομάκρυνσης του ραδονίου, τα οποία μπορεί να προστεθούν στη συνέχεια, αν αυτό κριθεί αναγκαίο ^[αναφορά 26].

Επίσης οι τεχνικές που περιγράφονται παρακάτω, βελτιώνουν την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου, ώστε επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας και κατά συνέπεια, χρημάτων ^[αναφορά 36].

Αν ανιχνευτούν υψηλά επίπεδα ραδονίου στο κτίριο ένα μέτρο περαιτέρω μείωσης των επιπέδων αυτών, εκτός των παρακάτω περιγραφόμενων, είναι η εγκατάσταση ανεμιστήρα, η οποία είναι αρκετά εύκολη.

Πιο αποτελεσματική είναι η εγκατάσταση συστημάτων εξαερισμού στους θεμέλιους χώρους των κτιρίων, ώστε το ραδόνιο αντί να εισέρχεται στο εσωτερικό, να διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα, όπου η συγκέντρωσή του διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα.

Καθ' όσον το ραδόνιο εισέρχεται από σημεία κοντά στο έδαφος, η μείωσή του επιτυγχάνεται επίσης σφραγίζοντας κάθε είδους ανοίγματα ή ρωγμές, καθώς και σημεία συνένωσης δαπέδων και τοίχων ^[αναφορά 18]. Απ' την άλλη πλευρά, υπάρχει και η άποψη ότι δεν συμβάλει πραγματικά στη μείωση, η σφράγιση των κενών, των ρωγμών και των σχισμών. Αυτός ο ισχυρισμός αποδίδεται στο γεγονός ότι αυτή η σφράγιση, καθιστά τη συγκέντρωση του αερίου, υπόγεια κάτω από το σπίτι, σε μεγαλύτερες ποσότητες οι οποίες τελικά θα διαρρεύσουν μέσα στο σπίτι. Αντί αυτού, η καλύτερη μέθοδος μετριασμού του ραδονίου είναι να μην αποφευχθεί της εισχώρησης του αερίου εσωτερικά του σπιτιού αλλά μέσω κάποιου είδους συστήματος εξαερισμού ^[αναφορά 25] στο υπέδαφος.



Εικόνα 5-1 Εξαερισμός οικίας για την απομάκρυνση του συγκεντρωμένου ραδονίου [α-ναφορά 16]

Μεμβράνες: Οι μεμβράνες που τοποθετούνται στους υπόγειους χώρους, μονώνουν από την υγρασία και το αέριο τον χώρο και αποτελούν μία από τις πλέον εύκολες τεχνικές μείωσης του προβλήματος, η οποία μπορεί να ακολουθηθεί και σε συνδυασμό με άλλες.

Αεριζόμενη θεμελίωση (Υπο-πλάκες αποσυμπίεσης/ Κατασκευή κοίλων πλακών): Είναι αρκετά συνηθισμένη μέθοδος σε χώρες του εξωτερικού, στην οποία χρησιμοποιείται η εγκατάσταση σωληνώσεων και ανεμιστήρων κάτω από την πλάκα του υπογείου, στα θεμέλια, παγιδεύοντας το αέριο και εξαερώνοντας τον μολυσμένο αέρα εκτός σπιτιού, πριν αυτός συσσωρευτεί από κάτω και οδηγηθεί εντός του χώρου.

Αποσυμπίεση εδάφους: Μια μέθοδος που στην ουσία αερίζει το έδαφος γύρω από το σπίτι, μειώνοντας τα επικίνδυνα επίπεδα του αερίου.

Ανεμιστήρες ανάκτησης θερμότητας: Οι ανεμιστήρες φέρνοντας φρέσκο αέρα εσωτερικά του σπιτιού από την ατμόσφαιρα έξω, μειώνουν τις τοξίνες του

εσωτερικού χώρου. Ωστόσο, προηγείται θέρμανση ή ψύξη αυτού του εξωτερικού αέρα, πριν από την είσοδό του στο χώρο, για να διατηρηθεί σταθερή η θερμοκρασία και να αποφευχθεί η λειτουργία του θερμοστάτη, πράγμα που θα σημαίνει την κατακόρυφη αύξηση του κόστους θέρμανσης ή αντίστοιχα ψύξης του κτιρίου.

Παρακάτω θα επεκταθούμε σε κάθε μία από τις «θεραπείες» αυτές που μέχρι στιγμής έχει αποδειχθεί ότι μειώνουν αισθητά την συγκέντρωση του ραδονίου εσωτερικά του κτιρίου και χρησιμοποιούνται ευρέως παγκοσμίως.

5.2 Μεμβράνες



Όσον αφορά την μόνωση της οικίας και εν γένη της οικοδομής με ειδική μονωτική μεμβράνη, προωθείται στο εμπόριο απ' την Γερμανική εταιρία Renovat η μεμβράνη της κατασκευάστριας εταιρίας Ceresit ^[αναφορά 38]. Αυτή η ειδική μεμβράνη ονομάζεται **Bituthene® BT 21** και είναι απ' τις λίγες που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά.

Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεμβράνης έναντι των υπόλοιπων κοινών μεμβρανών, είναι η ευκολία στην ε-

renovat εφαρμογή της καθώς δεν απαιτείται εξειδικευμένο συνεργείο για την τοποθέτησή της. Είναι αυτοκολλούμενη, κολλά εν ψυχρώ ακόμη και σε υγρά υπόβαθρα και “συγχωρεί” λάθη εφαρμογής καθώς η ραφή της γίνεται με το ίδιο αυτοκολλούμενο υλικό.

Εικόνα 5- 2 Συσκευασία της μεμβράνης BT-21

Κυκλοφορεί σε συσκευασία ρολό των 15m x 1m και έχει απεριόριστη ημερομηνία λήξης εφόσον αποθηκεύεται όρθια, σε θερμοκρασία δωματίου.

Κόστος:

Το κόστος αγοράς της μεμβράνης BT 21 σε ρολό 15m x 1m κυμαίνεται στα 219€/15m² με Φ.Π.Α λιανική τιμή εμπορίου (Άνοιξη 2009) δηλαδή 14,60€/m²

79_____

³⁸<http://www.renovat.gr/Autokollitimembrani.aspx> Στο τεχνικό φυλλάδιο: «Ολοκληρωμένες Τεχνικές Λύσεις» Renovat (Ημ/νία επίσκεψης: 17/04/2009)

ενώ η αντίστοιχη μεμβράνη της ίδιας πάντα εταιρίας, η BT 12, κοστολογείται το ρολό 25m x 1m στα 230€/25m² με Φ.Π.Α., δηλαδή 9,20€/m² ^[αναφορά 39]. Συμπεραίνουμε ότι η διαφορά στην τιμή της BT 21 έναντι της BT 12, ανέρχεται στα 5,40€/m², με ακριβότερη την μεμβράνη BT 21 η οποία έχει επιπλέον φραγή κατά του ραδονίου σε αντίθεση με την BT 12 ίδιων ιδιοτήτων κατά τ' άλλα. Θεωρώντας ότι μονώνουμε μια οικία 100 m² θα μας κοστίσει 540€ παραπάνω έναντι της απλής BT 12.

Ιδιότητες:

Η αυτοκόλλητη μεμβράνη BT 21 αποτελείται από μία διπλή, μη ρηγματούμενη, συνθετική μεμβράνη (PA) -άνω ράχη-, και από μία στρώση ασφαλικού latex - κάτω ράχη-, η οποία πολυμερίζεται μόλις αφαιρεθεί το χαρτί που την καλύπτει δημιουργώντας μια δεύτερη ελαστική στεγανοποίηση με ικανότητα αυτοεπούλωσης δίνοντας παράλληλα και την πρόσφυση σε κάθε υπόβαθρο ^[αναφορά 38]. Έτσι στη μεμβράνη BT 21 ενσωματώνονται τα πλεονεκτήματα τόσο των μεμβρανών (ανθεκτική χημική σύσταση, σε διπλή μάλιστα επίστρωση) όσο και του ασφαλόπανου (συγκόλληση στο υπόβαθρο άρα εντοπισμός τυχόν αστοχίας, αλλά όχι γενική αποτυχία αν αστοχήσει έστω και ένα σημείο ραφής). Αντιθέτως όμως η αυτοκόλλητη στεγανοποιητική μεμβράνη BT 21 δεν παρουσιάζει τα μειονεκτήματα των μεμβρανών και των ασφαλόπανων όπως ο κίνδυνος αστοχίας κατά την εφαρμογή τους, η χρήση ειδικών εργαλείων, εργασίες θερμής συγκόλλησης στις ραφές ή χρήση κόλλας, απόλυτη εξειδίκευση κλπ. Η μεμβράνη BT 21 μπορεί να εφαρμοστεί από μη εξειδικευμένα συνεργεία με μεγάλη απόδοση, χωρίς κίνδυνο αστοχιών αφού οι ραφές και η συγκόλληση αντικαθίστανται από την αυτοκόλλητη αλληλεπικάλυψη. Αν κάπου αυτή δεν γίνει σωστά το υπερκείμενο βάρος ή και το απλό περπάτημα πάνω της συμπιέζουν το σημείο αστοχίας που κολλά έτσι από μόνο του. Έχει ενδιαφέρον το γεγονός ότι αν διαμορφώσουμε ένα κομμάτι της μεμβράνης στο στόμιο ενός ποτηριού με νερό και τρυπήσουμε αυτή με ένα καρφί δεν υπάρχει διαρροή ! Το Latex αγκαλιάζει το καρφί και αυτοεπουλώνει το τραύμα. Ακόμη κι αν αφαιρέσουμε το καρφί η τρύπα κλείνει μόνη της ξανά από το Latex της κάτω στρώσης. Τέλος, η μεμ-

³⁹ Παναγόπουλος σύγχρονα δομικά υλικά – εργαλεία info@panagorouloi.gr Τηλ.2610-323083 Ακρωτηρίου 19 Πάτρα, 26334

βράνη αντέχει σε 7 bar πίεση νερού (70 μέτρα στήλη ύδατος) και όπως προαναφέραμε, αποτελεί φραγή ραδονίου.

Πεδίο Εφαρμογής

Η μεμβράνη εφαρμόζεται σε στεγανοποιήσεις: υπογείων τοιχίων από την εξωτερική πλευρά, ταρατσών (συμβατική και ανεστραμμένη μόνωση), βεραντών ταρατσών (συμβατική και ανεστραμμένη μόνωση), βεραντών, τοίχων αντιστήριξης, υπογείων έργων κλπ. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως φράγμα υδρατμών σε συνδυασμό με οποιαδήποτε θερμομόνωση κατά DIN 4108.

Παρακάτω αναφέρουμε τα βήματα για την τοποθέτηση της μεμβράνης.

Προετοιμασία υποβάθρου

Δεν πρόκειται παρά για την συνήθη προεργασία υποβάθρων πριν από την εφαρμογή στεγανοποιητικών υλικών είτε απαλειφόμενων, είτε υπό μορφή μεμβρανών, δηλαδή απομάκρυνση σκόνης, χώματος, ξένων σωμάτων, κοπή αιχμηρών προεξοχών (γρέζια, λάσπες), σφράγιση οπών (από φουρκέτες, τρυπόξυλα, φωλιές κλπ.). Η τελική επιφάνεια να είναι κατά την ώρα της εφαρμογής στεγνή. Θερμοκρασία εφαρμογής $+5^{\circ}\text{C}$ έως $+30^{\circ}\text{C}$.



Εικόνα 5- 3 Προετοιμασία υποβάθρου

Προεπάλειψη

Η μεμβράνη εφαρμόζεται σε κάθε ορυκτό υπόβαθρο (μπετόν, τσιμεντοκονία, τούβλο, στοιχεία ελαφρομπετόν, κ.λπ.) αφού προηγηθεί προεπάλειψη με το αστάρι (Ceresit CP 42) αραιωμένο με νερό 1:1. Εφαρμογή μόνο με βούρτσα. Χρόνος



Εικόνα 5- 4 Προεπάλειψη

στεγνώματος πριν την τοποθέτηση της μεμβράνης: 60 λεπτά. Για την εφαρμογή της μεμβράνης πάνω σε παλαιά φθαρμένα ασφαλτόπανα ή ασφαλτικές μονώσεις δεν απαιτείται προεπάλειψη.

Σφράγιση ατελειών

"Η σφράγιση ατελειών του υποβάθρου πρέπει να γίνεται πριν από την προεπάλειψη (πρώτη εικόνα). Αν παρ' όλα αυτά κάποια οπή παραλήφθηκε ή προέκυψε μετά, μπορεί να γίνει εκ των υστέρων σφράγιση της, όχι πια βέβαια με τσιμεντοειδή υλικά αλλά με ασφαλτικό στόκο (CP 55). Με το ίδιο υλικό επισκευάζουμε παλαιά φθαρμένα ασφαλτόπανα ή μονώσεις πριν από την εφαρμογή της νέας μεμβράνης επάνω τους.



Εικόνα 5- 5 Σφράγιση ατελειών

Κοπή μεμβράνης

Κόβουμε με απλό ξυράφι χαρτονιού την μεμβράνη στο επιθυμητό μήκος. Χρησιμοποιούμε σαν βάση κάποια σανίδα ή πλάκες θερμομονωτικού υλικού ή οποιοδήποτε παρόμοιο υλικό που βρίσκεται στον χώρο της οικοδομής. Κρατάμε τα ρετάλια γιατί είναι απαραίτητα σε πληθώρα εφαρμογών (γωνίες, οπές, σωλήνες).



Εικόνα 5- 6 Κοπή μεμβράνης

Αξιοποίηση περισσευμάτων

Τα «περισσεύματα» μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις κάθετες ορθές γωνίες των τοιχίων, όπως και σε κάθε ορθή γωνία εσωτερική ή εξωτερική καθώς και πάνω στο «λούκι» όπως φαίνεται στην φωτογραφία. Επίσης και στην επαφή τοιχίου-δαπέδου ή ακόμα και σε κάθε τρίεδρη εσωτερική ή εξωτερική

γωνία. Μικρότερα ρετάλια στεγανοποιούν διελεύσεις σωλήνων ή τους ίδιους τους σωλήνες καθώς η μεμβράνη είναι ικανή να συγκρατεί διαρροή νερού αρνητικά υπό πίεση δικτύου.

Τοποθέτηση μεμβράνης

Αρχίζοντας πάντα από κάποια γωνία, κολλάμε το άνω μέρος της μεμβράνης και ακολούθως τραβώντας το χαρτί την ξετυλίγουμε μέχρι κάτω πιέζοντας

Εικόνα 5- 7 Αξιοποίηση περισσευμάτων

με το χέρι την επιφάνεια για να επιτύχουμε ομοιογενή συγκόλληση. Αφού κολληθεί, η αποκόλληση είναι τελείως αδύνατη (Αντίσταση θραύσης 229 N κατά μήκος, 303 N κατά πλάτος). Η επιφάνεια είναι ήδη ικανή για πίεση νερού 7,0bar (70m στήλης ύδατος). Η



Εικόνα 5- 8 Τοποθέτηση μεμβράνης

κάθε στρώση πρέπει να επικαλύπτει την προηγούμενη 5-10cm.

Στρώνσιμο με ροδάκι ή πανί

Συμπιέζουμε την μεμβράνη με ροδάκι (ή με το χέρι, κρατώντας ένα πανί) επιμένοντας πάνω στα σημεία όπου υπάρχουν ατέλειες του υποβάθρου (προεξοχές, βαθουλώματα, φυσαλίδες αέρα, γωνίες κ.λπ.). Επιμένουμε επίσης στις γωνίες ορθές ή τρίεδρες) και στις αλληλοεπικαλύψεις των μεμβρανών μεταξύ τους.



Εικόνα 5- 9 Στρώνσιμο με ροδάκι ή πανί

Ασφάλιση άνω μέρους

Ασφαλίζουμε το άνω μέρος της μεμβράνης, δηλαδή εκείνο το μέρος



Εικόνα 5- 10 Ασφάλιση άνω μέρους με ταινία

που βρίσκεται στην ζώνη εδάφους. Αυτό γίνεται απλά κόβοντας μια ταινία από την ίδια την μεμβράνη (ή χρησιμοποιώντας ρετάλια) ή με έτοιμη ταινία(CA 23). Μπορεί επίσης να γίνει και με γωνιακό έλασμα (επόμενη εικόνα). Η ταινία CA23 μπορεί να σοβατιστεί “κλειδώνοντας” την μεμβράνη.

Τοποθέτηση γεφυφάσματος

Αν δεν επακολουθήσει θερμομόνωση και το υλικό επιχωμάτωσης είναι βραχώδες άρα επικίνδυνο για την στεγανοποίηση, είναι απαραίτητη η εφαρμογή γεφυφάσματος (Cetesit CA 21). Η στερέωση σε κάθετες επιφάνειες γίνεται με κάποιο γωνιακό έλασμα ή ξύλινη πήχη.

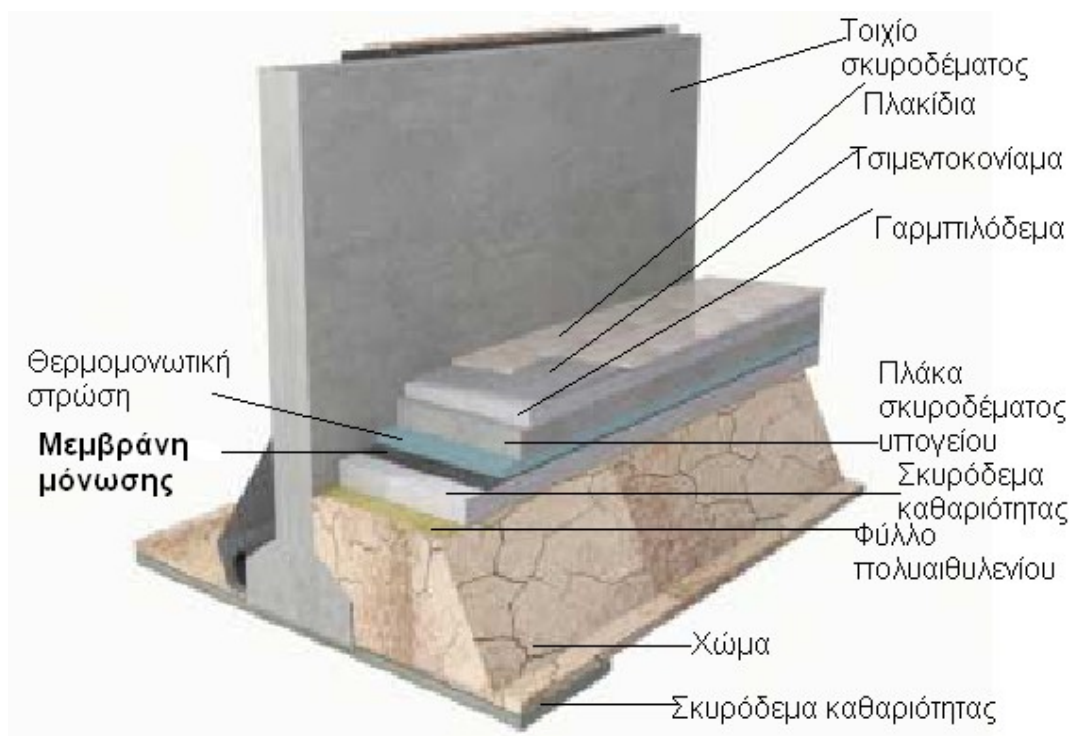


Εικόνα 5- 11 Τοποθέτηση γεφυφάσματος

Προδιαγραφές BT 21

Τεχνικά Χαρακτηριστικά:		
Περιγραφή καταπόνησης:	Τιμές:	Πρότυπο:
Θερμοκρασιακή αντοχή	-20°C έως +80°C	DIN 52 123
Αντίσταση θραύσης	229N κατά μήκος 303N κατά πλάτος	DIN 52 123
Επιμήκυνση θραύσης	373% κατά μήκος 224% κατά πλάτος	DIN 52 123
Αντίσταση σε ήδη τεχνητά δημιουργημένη ρωγμή	68N κατά μήκος 98N κατά πλάτος	DIN 53 363
Κάλυψη υπάρχουσας ρωγμής	>5mm	DIN18 195, T.6
Επικάλυψη ρωγμών υποβάθρου, υπάρχουσών και μελλοντικών	Υπερβαίνει τις προδιαγραφές του DIN 18 195,T.6 Ακόμη και για ρωγμές καθίζησης.	DIN 18 195,T.6
Αντοχή σε στιγμιαία θερμοκρασία	115°C	DIN 52 011
Υδρατμοπερατότητα	0,11g/m ² d	DIN 52 615
Συντελεστής μ	240.000	DIN 52 615
Συντελεστής διαπίδυσης υδρατμών σαν ισοδύναμη στρώ-	350m	DIN 52 615

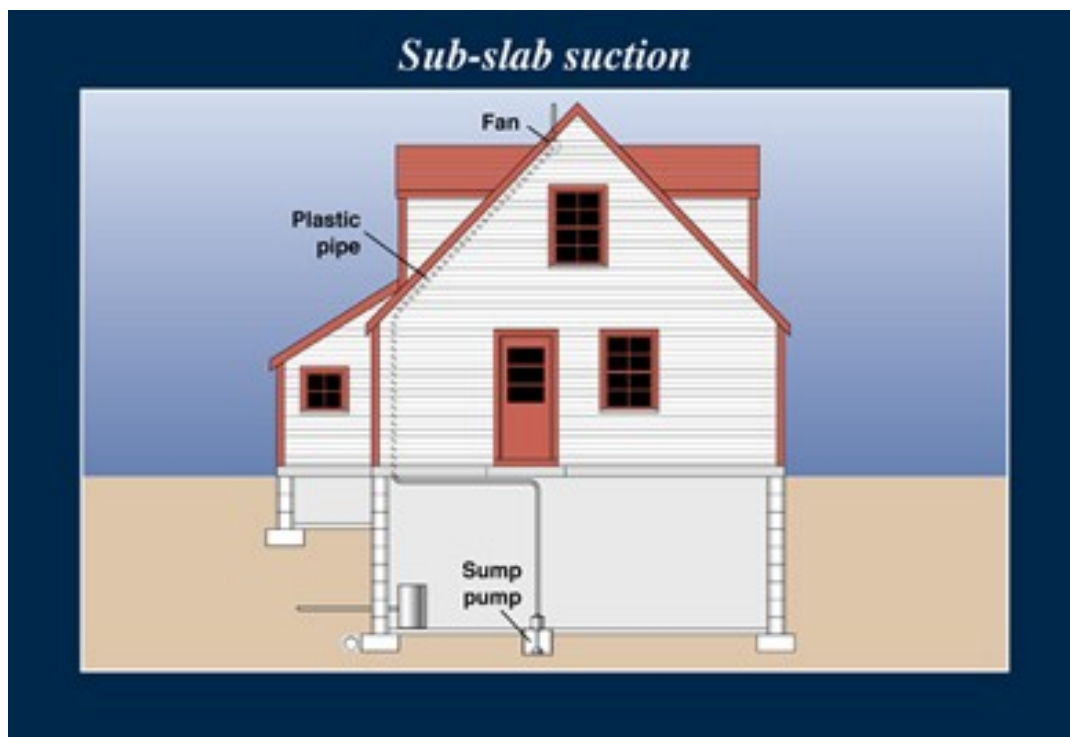
ση αέρα (S_D)		
Υδροστατική αντίσταση	7,0 bar (0,7N/mm ²)	DIN 52 123
Τεστ ψυχρής κάμψης	Καμιά ρωγμή ή αποκόλληση	DIN 52 123



Εικόνα 5- 12 Προοπτική απεικόνιση της κατασκευαστικής διάταξης των μεμβρανών ^[α-ναφορά 40].

Στις οριζόντιες επιφάνειες όπως κάτω απ' την πλάκα του υπογείου, κάτω από τα πέδιλα και επάνω στη στρώση του σκυροδέματος καθαριότητας, αφού προηγουμένως αυτή εξομαλυνθεί με μία διάστρωση τσιμεντοκονιάματος, τοποθετούνται στεγανοποιητικά φύλλα, που υπερκαλύπτουν το ένα το άλλο κατά 10cm τουλάχιστον.

5.3 Υπο- πλάκες αποσυμπίεσης/ Κατασκευή κοίλων πλακών



Εικόνα 5- 13 Η σωλήνα του εξαεριστήρα που οδηγεί το αέριο εκτός σπιτιού, στο ανώτατο σημείο στη στέγη ^[αναφορά 41].

Μία άλλη μέθοδος απομάκρυνσης του ραδονίου απ' το εσωτερικό του σπιτιού, είναι η κατασκευή ενός είδους πλάκας, η οποία κατασκευάζεται κάτω από την κυρίως (στατική) πλάκα, στο υπόγειο ή το ισόγειο, ανάλογα με το αν χρησιμοποιείτε ο χώρος του υπογείου ^[αναφορά 41]. Προκειμένου να περιγράψουμε την λειτουργία της, μπορούμε να την παρομοιάσουμε με τις διαμορφούμενες ρύσεις στο δώμα, που σκοπό έχουν να συγκεντρώσουν το νερό σε ένα συγκεκριμένο σημείο όπου υπάρχει η υδροροή προς απομάκρυνσή τους. Αντίστοιχα και δω, αλλά ανεστραμμένα, η πλάκα μέσω κλίσεων που έχει, συγκεντρώνει σε συγκεκριμένα σημεία το ραδόνιο, όπου υπάρχει ο εξαεριστήρας. Το ραδόνιο όπως αναφέραμε στο 2^ο κεφάλαιο, είναι το πιο βαρύ φυσικό αέριο και έχει την τάση να συγκεντρώνεται στα κατώτερα επίπεδα αλλά λόγω υπερπίεσης σε σχέση με τον εξωτερικό αέρα τείνει να εξέλθει. Έτσι συγκεντρώνεται στο ανώτατο σημείο της κήλης πλάκας. Αυτή η πλάκα είναι πιο αποτελεσματική σε εδάφη που είναι διαπερατά.

Ο εξαεριστήρας οδηγεί το ραδόνιο εκτός του σπιτιού μέσω μιας σωλήνας της οποίας το ακροφύσιο βρίσκεται στο ψηλότερο σημείο εξωτερικά του σπιτιού, όμοια με καμινάδα.

Η αντλία μπορεί να τοποθετηθεί εντός ή εκτός σπιτιού. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι αρκετά δύσκολο να δημιουργηθεί κενός χώρος για την κατασκευή των κοίλων πλακών.



Εικόνα 5- 14 Αντλία εξωτερικά του σπιτιού ^[αναφορά 41].

Στις κατοικίες, πολλοί ιδιοκτήτες προκειμένου να μειώσουν τα επίπεδα συγκέντρωσης του αερίου του ραδονίου εσωτερικά του σπιτιού, εφαρμόζουν μια διάταξη «φιλτραρίσματος» του αέρα. Αυτή η διάταξη λειτουργεί ως εξής: Αρχικά διοχετεύεται ο αέρας μακριά απ' τα θεμέλια του σπιτιού μέσω διάτρητων σωλήνων που ονομάζονται footing tiles (πλακάκια έδρασης ή στοιχεία επενδύσεως) και οδηγείτε σε νερό. Αυτά τα διάτρητα στοιχεία οδηγούν τον αέρα μέσω μίας συνεχούς κυκλικής κίνησης από την περίμετρο του σπιτιού και τον διοχετεύει μέσα σε ένα φρεάτιο αποστράγγισης, το οποίο τροφοδοτείται με αναρροφητική διάταξη. Αυτή η αναρροφητική διάταξη στην οποία διοχετεύεται ο αέρας, διώχνει το ραδόνιο που περιέχεται στον αέρα και το εξάγει μακριά απ' το σπίτι. Για την καλύτερη κατανόηση του συστήματος μπορούμε να το προσομοιάσουμε με έναν μεγάλο ναργιλέ. Αυτή η διάταξη, ελαττώνει το ραδόνιο 90- 99%.

5.4 Αποσυμπίεση εδάφους

Πολλοί οργανισμοί, όπως επίσης και η ΕΡΑ, συνήθως συνιστούν την εγκατάσταση ενός συστήματος που να εμποδίζει την είσοδο του ραδονίου στο σπίτι ^[αναφορά 36]. Η αναρρόφηση εκ του εδάφους, επίσης γνωστή ως Ενεργητική Μέ-

θοδο Μείωσης, εμποδίζει την είσοδο του ραδονίου στο σπίτι, δημιουργώντας αρκετά μεγάλη υποπίεση κάτω από αυτό. Κάνοντας αυτό αντιμετωπίζετε το πρόβλημα στην αιτία η οποία οδηγεί το αέριο εσωτερικά του σπιτιού, καθώς εξαιτίας της υποπίεσης, εισρέει το αέριο εσωτερικά του σπιτιού. Έτσι αν δημιουργήσουμε υπερπίεση εσωτερικά του σπιτιού, το ραδόνιο απομακρύνεται απ' αυτό. Τα τερματικά σημεία, δηλαδή τα σημεία απόληξης του συστήματος, βρίσκονται εξωτερικά στο πάνω μέρος του σπιτιού, ούτως ώστε βγαίνοντας το ραδόνιο στην ατμόσφαιρα διαλύεται αμέσως. Ανάλογα με τα δεδομένα που υπάρχουν για κάθε σπίτι, μπορούμε να επιλέξουμε το καλύτερο σύστημα αντιμετώπισης του προβλήματος μεταξύ άλλων. Η ΕΡΑ δεν συνιστά την παθητική μείωση, καθώς αυτή, σύμφωνα πάντα με την ΕΡΑ, δεν έχει δείξει να μειώνει σημαντικά ή συστηματικά τα επίπεδα του ραδονίου εσωτερικά του σπιτιού. Επίσης το Τμήμα Πυρηνικής Ασφάλειας / ΙΕΜΑ στο Illinois δεν αναγνωρίζει την παθητική μείωση ως τρόπο μείωσης του ραδονίου.

Πριν και κατά το κτίσιμο του σπιτιού και πριν την ολοκλήρωση της κατασκευής, δεν υπάρχει αξιόπιστος τρόπος ελέγχου του αερίου στο έδαφος. Μετρήσεις που έχουν γίνει στο έδαφος για έλεγχο στο αέριο έχουν δείξει αποδεδειγμένα πως είναι αναξιόπιστες καθώς τα αποτελέσματα είναι ίδια πριν και μετά από την λειτουργία του σωλήνα και επιπλέον υπάρχει περίπτωση το κόστος της δοκιμής να υπερβαίνει το κόστος εγκατάστασης συστημάτων μείωσης του ραδονίου. Εξάλλου, υπάρχουν άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τα επίπεδα ραδονίου, οι οποίοι επιδρούν απ' την στιγμή που κτιστεί το σπίτι.

Οι τεχνικές μπορεί να διαφοροποιούνται από περιοχή σε περιοχή και από θεμελίωση σε θεμελίωση, αναλόγως των απαιτήσεων που προκύπτουν σε κάθε περίπτωση. Παρόλα αυτά τα βασικά στοιχεία είναι τα παρακάτω:

i. Στρώση διαπερατή απ' το αέριο

Αυτή η στρώση τοποθετείται κάτω από την πλάκα ή κάτω απ' την κατασκευή του δαπέδου και επιτρέπει στο αέριο του εδάφους να κινείται ελεύθερα κάτω από το σπίτι. Σε πολλές περιπτώσεις, το υλικό που χρησιμοποιείται είναι μία στρώση πάχους 10cm από καθαρό χαλίκι.

ii. Πλαστικά φύλλα

Πλαστικά φύλλα τοποθετούνται μεταξύ της παραπάνω διαπερατής απ' το αέριο στρώσης χαλικιών και κάτω απ' την πλάκα για να βοηθήσει στην αποτροπή της εισροής του αερίου του εδάφους, εσωτερικά του σπιτιού.

iii. Επισφράγιση και στεγανοποίηση

Τα ανοίγματα στα θεμέλια από σκυρόδεμα στο πάτωμα, σφραγίζονται για να μειώσουν την είσοδο του αερίου μέσα στο σπίτι, αλλά όχι μόνο αποκλειστικά γι' αυτό.

iv. Σωλήνας Αεραγωγού

Ένας αεροστεγής σωλήνας από PVC, διαμέτρου 7cm έως 10cm (που χρησιμοποιούνται συνήθως για χώρους υγιεινής), ξεκινά απ' το κατώτατο σημείο όπου υπάρχει η διαπερατή απ' τα αέρια του εδάφους στρώση χαλικιών, διέρχεται καθ' ύψος απ' όλο το σπίτι και καταλήγει εξωτερικά αυτού, πάνω απ' την στέγη, σε ασφαλή καθ' ύψος απόσταση απ' αυτήν (25cm με 30cm), ώστε να οδηγήσει τα επιβλαβή αέρια με ασφάλεια στην ατμόσφαιρα. Τα αέρια αφού εξέλθουν στην ατμόσφαιρα, διαχέονται σ' αυτή.

v. Κουτί διασταυρώσεως

Η εγκατάσταση του πλαισίου για την ηλεκτρική διασταύρωση, τοποθετείτε για την περίπτωση που χρειαστεί αργότερα να λειτουργήσει ηλεκτρικός ανεμιστήρας εξαερισμού.

Επιπλέον πλεονεκτήματα εγκατάστασης σωλήνα εξαερώσεως ραδονίου είναι τα εξής:

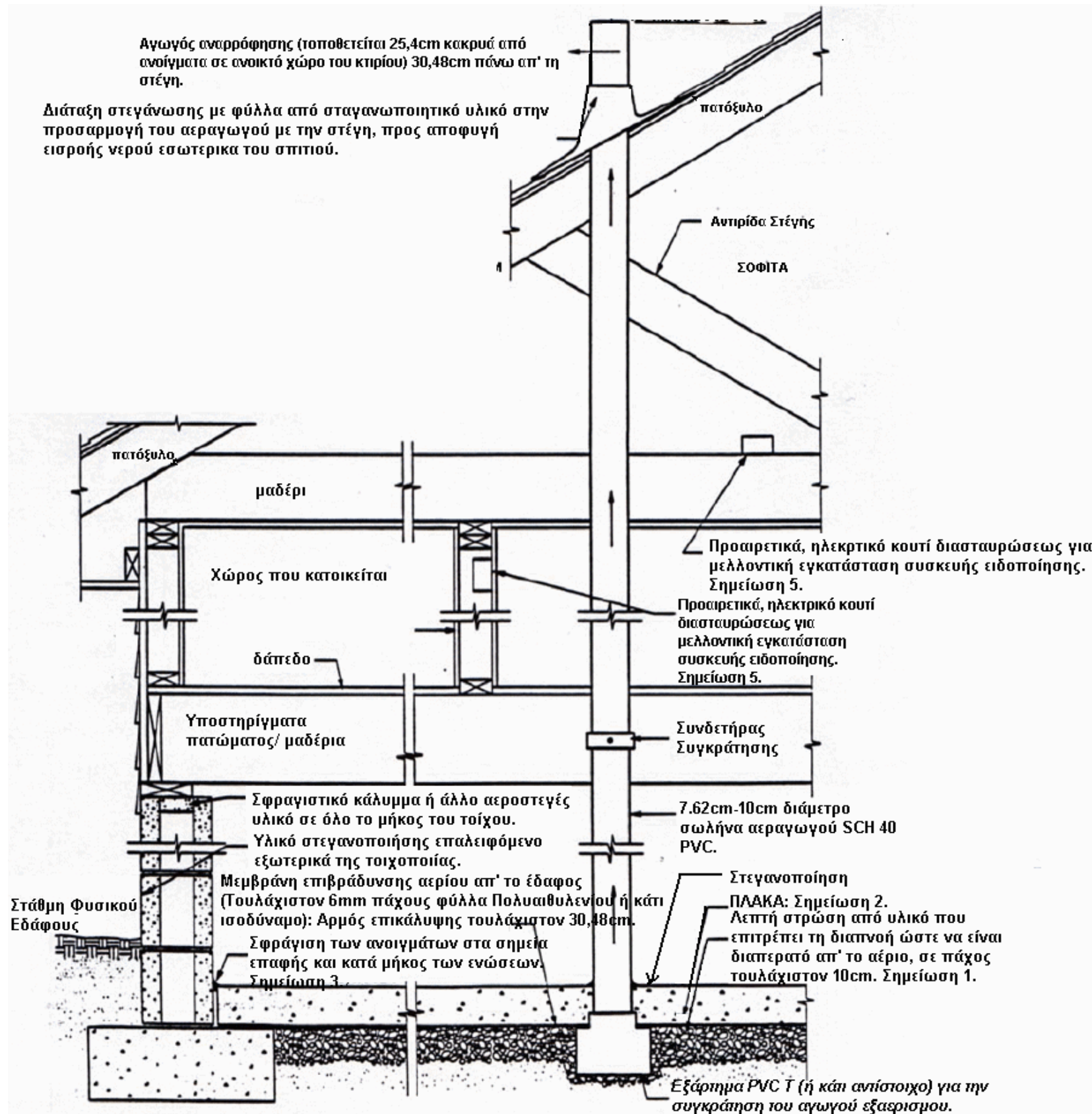
- Μείωση υγρασίας στους υπόγειους χώρους.
- Μείωση οσμών εσωτερικά του χώρου
- Μείωση εμφάνισης μούχλας
- Και γενικά μείωση των εισερχόμενων αερίων εσωτερικά του κτιρίου, καθώς το ραδόνιο δεν είναι το μοναδικό αέριο κάτω από το σπίτι. Υπάρχουν και άλλα φυσικά αέρια που δημιουργούνται από αποσύνθεση οργανικών ουσιών, όπως η αμμωνία, το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα.

Διάγραμμα Συστήματος Οικίας:

Το παρακάτω σχέδιο δείχνει την τομή τμήματος σπιτιού όπου έχει εγκατασταθεί σύστημα μειώσεως του ραδονίου.

Σημειώσεις:

1. Το σχήμα αναπαριστά το σωλήνα αναρρόφησης εγκαταστημένο μακριά απ' το φρεάτιο αποστράγγισης
2. Λεπτομέρεια που απεικονίζει την διείσδυση του σωλήνα στην πλάκα και την σύνδεσή με την αποστράγγισή, διάταξη που μπορεί να διαφέρει.
3. Εναλλακτική διάταξη φρεατίου, αναφέρεται σχεδιαστικά παρακάτω.
4. Επιλογές για εγκατάσταση κατακόρυφης και οριζόντιας ανάπτυξης σωληνώσεων, παρουσιάζονται παρακάτω.
5. Λεπτομέρειες για εσωτερικές και εξωτερικές στήλες, απεικονίζονται παρακάτω.
6. Η σφράγιση ανομοιομορφων κενών στην πλάκα, ιδικά στο κενό της περιμέτρου τοίχου/ πλάκα, είναι πολλές φορές σημαντική για την καλή απόδοση του φρεατίου/DTD.



Σημειώσεις:

Όλες οι πλάκες σκυροδέματος οι οποίες έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος, πρέπει να επαλείφονται με υλικό που επιτρέπει την διαπνοή του στοιχείου. Το υλικό εφαρμόζεται σε ομοιόμορφη και καθαρή επιφάνεια του μπετόν, το οποίο βρίσκεται πάνω σε στρώση από άμμο, η οποία έχει πάχος τουλάχιστον 10,16cm.

Τα πλαστικά φύλλα απλώνονται σε στρώσεις ή σε ταινίες βιομηχανοποιημένου «υφάσματος» που έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να επιτρέπει την ροή του αερίου πλευρικά των αγωγών.

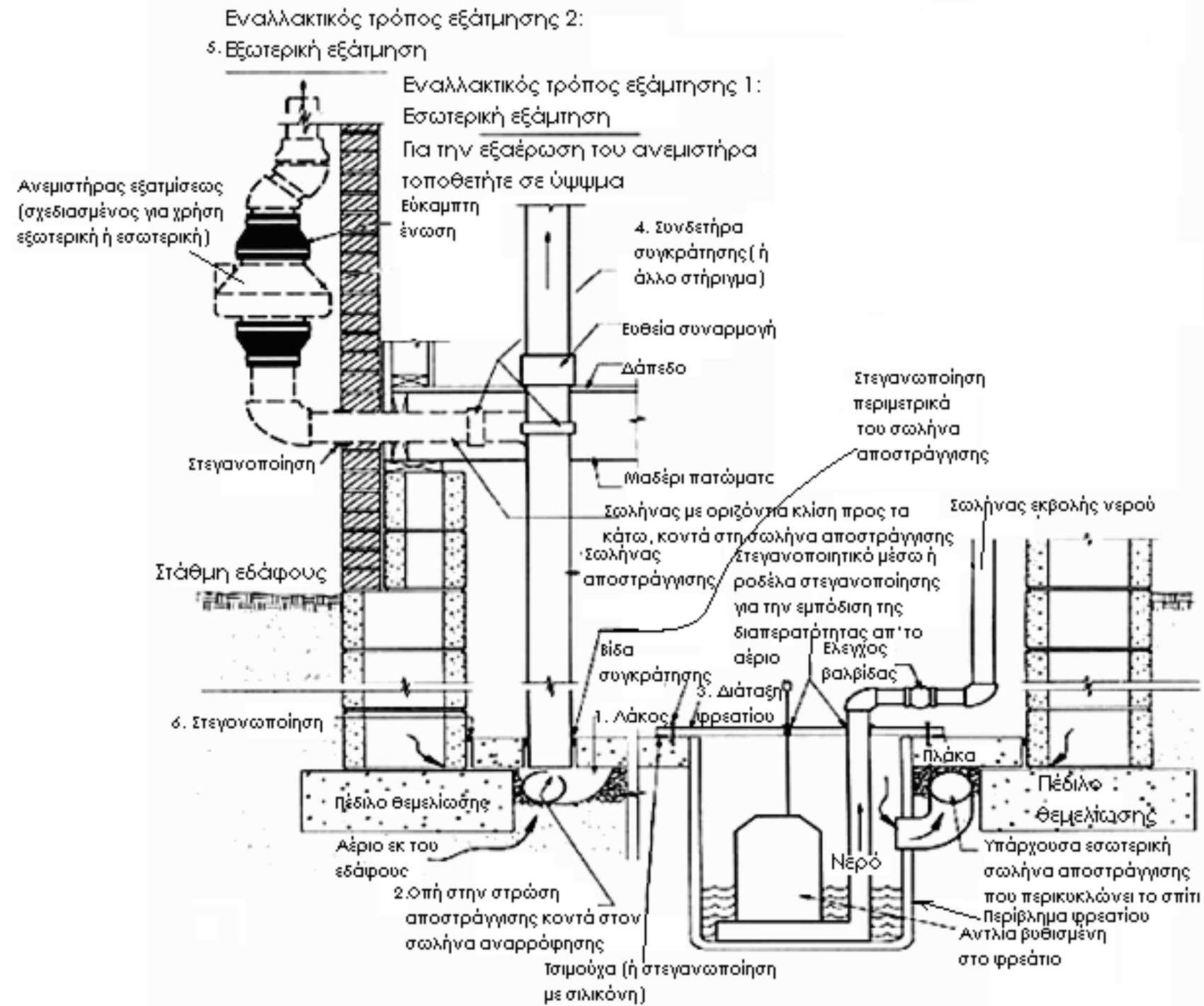
Όλα τα ανοίγματα, όπως, τα κενά και οι ενώσεις στο πάτωμα και τον τοίχο που εφάπτονται με το έδαφος, τα διάκενα γύρω απ' τους σωλήνες της τουαλέτας και του νιπτήρα και εν γένει των δικτύων σωληνώσεων πρέπει να πληρώνονται ή να κλείνονται με υλικά τα οποία παρέχουν μία μόνιμη αεροστεγή σφράγιση στα σημεία συναρμογής. Η αεροστεγή σφράγιση των μεγάλων ανοιγμάτων γίνεται μη συρρικνούμενα υλικά πλήρωσης, τιμμεντοκονίες ή διογκούμενο αφρό και τα μικρότερα κενά με ελαστομερή στεγανοποιητικά μέσα σύνδεσης, όπως ορίζονται στο ASTM C920-87.

Οι σωλήνες των αεραγωγών πρέπει να εγκαθίστανται έτσι ώστε οποιαδήποτε όμβρια ύδατα ή το νερό που αποστραγγίζεται απ' την υγραποίηση, να ρέει προς τα κάτω μέρα στο έδαφος κάτω απ' την πλάκα ή την μεμβράνη μόνωσης των αερίων του εδάφους.

Το ηλεκτρικό κύκλωμα πρέπει να είναι το λιγότερο 15A (αμπέρ), 115 Volt.

Εικόνα 5- 15 Παθητικό σύστημα ελέγχου του Ραδονίου, για νέες κατασκευές, με πλάκες υπογείου που αποσυμπίεζον το αέριο ^[αναφορά 36].

5.5. Αεριζόμενη θεμελίωση με δίκτυο σωληνώσεων



Εικόνα 5- 16 Τμηματική τομή σπιτιού όπου έχει εγκατασταθεί σύστημα μείωσης του ραδονίου [αναφορά 36]

Περιγραφή:

Αρμός:

Ο αρμός που σχηματίζεται εκεί που η βάση του τοίχου και το πάτωμα συναντώνται είναι ένα από τα κύρια σημεία απ' όπου εισρέει το ραδόνιο, διαμέσου των τσιμεντένιων θεμελίων. Όπου είναι προσιτοί αρμοί, καθαρίζονται και σφραγίζονται.

Εξάτμιση:

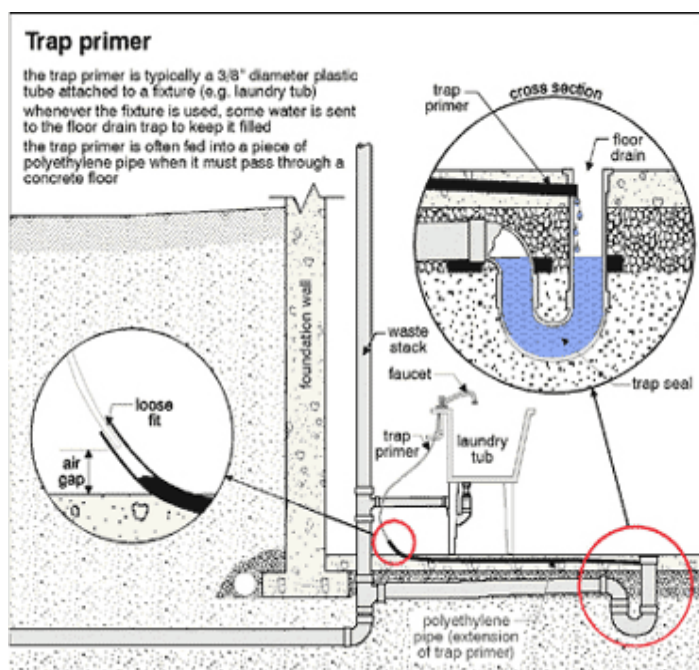
Μερικές από τις απαιτήσεις εξάτμισης είναι οι εξής: το σημείο της απόληξης πρέπει να είναι πάνω απ' το γείσο, τουλάχιστον 3,04m πάνω από το έδαφος, με 3,04m οριζόντια απόσταση από τα παράθυρα ή τις πόρτες ή το λιγότερο 0,60m άνωθεν απ' το πρέκι του παραθύρου ή της πόρτας και τέλος αν είναι πάνω απ' την άκρη της στέγης, να είναι 3,04m μεταξύ παραθύρων ή πόρτας.

Όλα τα ανοίγματα απ' όπου γίνεται η εξάτμιση, προστατεύονται μέσω ενός μεταλλικού, από ανοξείδωτο χάλυβα, φράγματος, σαν σήτα, για να εμποδίσει τα «ξένα» σώματα να εισβάλουν στον ανεμιστήρα. Δεν επιτρέπεται το σημείο όπου γίνεται η εξάτμιση, να καλύπτετε ή σκεπάζεται. Η βροχή δεν είναι επιβλαβής για τον ανεμιστήρα. Η χρήση των σκεπασμάτων ή των καλύπτρων (καπάκια) θα αυξήσει την ποσότητα της υγρασίας στο εσωτερικό των σωληνώσεων που χρησιμοποιούνται για την κίνηση του ραδονίου και θα εμποδίσουν την απρόσκοπτη λειτουργία του συστήματος. Όλες οι εξατμίσεις πρέπει να έχουν κατεύθυνση προς τα πάνω.

Ανεμιστήρας:

Οι ανεμιστήρες έχουν σχεδιαστεί ειδικά για τα σύστημα μείωσης ραδονίου και έχουν εγγύηση καλής λειτουργίας 3 χρόνια με διάρκεια ζωής πάνω από 10 χρόνια. Τα μεγέθη και οι επιδόσεις των ανεμιστήρων διαφέρουν ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε συστήματος. Τα αποτελέσματα χρόνιων ερευνών, ήταν η κατασκευή οκτώ διαφορετικών μοντέλων, τα οποία έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά απόδοσης ώστε να εξυπηρετούν άψογα την παροχή αέρα για τον εξαερισμό των θεμελίων.

Σωλήνες αποστράγγισης (σιφώνια) δαπέδου:



Εικόνα 5- 17 Σιφόνι δαπέδου [αναφορά 42]

Αν και τα περισσότερα σιφώνια δαπέδου, παγιδεύουν το νερό όπως ακριβώς γίνεται και στο σιφόνι του νεροχύτη, δεν λειτουργούν όλα τα σιφώνια έτσι. Εάν το σιφόνι δαπέδου κατακρατεί το νερό, πιθανόν να μην αποτελεί το σημείο εκείνο πηγή ραδονίου. Καλό θα είναι να γίνεται έλεγχος του σιφονιού. Ο έλεγχος γίνεται εισάγοντας άφθονο νερό μέσα στο σιφόνι, περιμένοντας 5 λεπτά

περίπου και ελέγχοντας ξανά αν υπάρχει ακόμα το νερό εσωτερικά του σιφονιού. Ίσως χρειαστεί κάποιο φως για τον έλεγχο αν είναι σκοτεινά. Σε περίπτωση που το νερό έχει αποστραγγιστεί θα πρέπει να στεγανοποιήσουμε το σημείο διαρροής ή απλά να τοποθετήσουμε νέο [αναφορά 42].

Αυλάκια αποχετεύσεων:

Τα αυλάκια αποχετεύσεων έχουν άμεση επαφή με το έδαφος και συμβάλουν στην δημιουργία υποπίεσης κάτω από το σπίτι. Για να είναι αποτελεσματικό το σύστημα αυτό, πρέπει σαφώς η πίεση αυτή να είναι αρνητική εν σχέση με το εσωτερικό του σπιτιού.

Σωληνώσεις:

Η κύρια λειτουργία των σωληνώσεων για το ραδόνιο, από το δάπεδο έως την εξάτμιση, γίνεται πάντα με διάταξη σωλήνων διατομής τουλάχιστον

7,6cm. Η χρήση σωλήνα διαμέτρου τουλάχιστον 7,6cm, απαιτείται για την μείωση της ροής του αέρα, η οποία υποβοηθάτε και από ακόμα μικρότερης διατομής σωλήνες και επιτρέπουν την ομαλή διοχέτευση του αέρα. Ανάλογα με την γεωμετρία του κτιρίου, μπορεί να απαιτείται μεγαλύτερη διατομή σωλήνα, αλλά αυτό είναι σπάνιο.

Φρεάτιο:

Οι τάφροι των φρεατίων είναι σχεδιασμένοι για τη συλλογή εκ του εδάφους των υδάτων (βροχή) κάτω και γύρω από τα θεμέλια διαμέσου ενός δικτύου σωληνώσεων αποστράγγισης. Το σύστημα είναι σε άμεση επαφή με το έδαφος και είναι αεροστεγή.

Σφράγιση τοίχων θεμελίων:

Μπορεί να αποτελεί σημαντική πηγή εισόδου του ραδονίου, η κορυφή των τοίχων, οπότε σκόπιμο είναι να προσδιοριστεί το σημείο εισόδου και να σφραγιστεί, όταν είναι εφικτό.

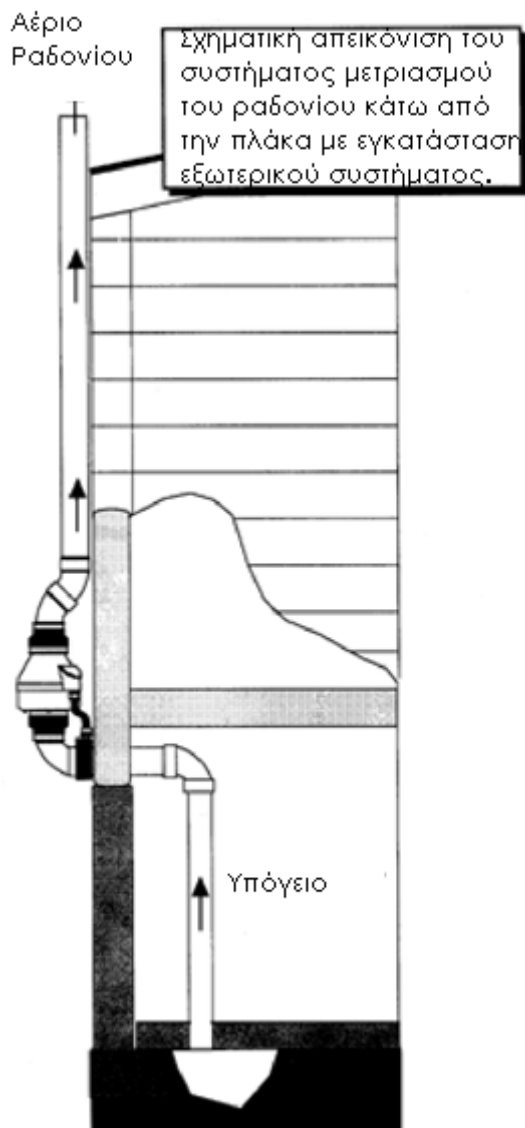
Αγωγοί U/Man-O-Meter:

Αναφέρεται ότι ο ανεμιστήρας για το ραδόνιο, λειτουργεί μέσω του υπολογισμού του ποσού της αναρρόφησης που δημιουργήσε ο ανεμιστήρας, χωρίς όμως ο αγωγός u να μετρά τα επίπεδα ραδονίου.

Πλάκες σπιτιού:

Τουλάχιστον μία οπή 10,2cm στην πλάκα που γίνεται με καρότο. Ένας μικρός λάκκος σκάπτετε κάτω από την τρύπα και εισάγεται ένας σωλήνας από PVC. Αυτός ο αγωγός κατευθύνεται προς τον ανεμιστήρα ο οποίος δημιουργεί ένα χώρο χαμηλής πίεσης κάτω από την πλάκα. Ο αριθμός των σημείων αναρροφήσεως εξαρτάται από την διαπερατότητα του εδάφους που υπάρχει κάτω από την πλάκα και τον αριθμό των πέδων του κτιρίου.

Συχνά ένας μόνο αεραγωγός, αρκεί για μια κατοικία. Για τον πρόχειρο υπολογισμό, υπάρχει ένας γενικός κανόνας που προτείνει την χρήση ενός σωλήνα εξαερισμού για κάθε περίπου 610m² κάλυψης της επιφάνειας του εδάφους.



Εικόνα 5- 18 Σχηματική απεικόνιση συστήματος μετριάσμού του ραδονίου κάτω από την πλάκα, με εγκατάσταση εξωτερικού συστήματος ^[αναφορά 36].

την σκόνη, τη μούχλα και την υγρασία στο σπίτι. Ένα, υψηλής πυκνότητας φύλλο πολυαιθυλενίου, απλώνεται στο έδαφος. Οι ραφές του σφραγίζονται και τα τελειώματα των φύλλων αυτών σφραγίζονται πάνω στους τοίχους των θεμελίων. Ένας διάτρητος σωλήνας ή υλικό από ίνες για την αποστράγγιση τοποθετείται κάτω από το πλαστικό. Τυπικά αυτός ο αγωγός συνδέεται από το έδαφος στον σωλήνα PVC και τον ανεμιστήρα, ο οποίος δημιουργεί ένα

Σωληνώσεις κλιματισμού στο υπόγειο:

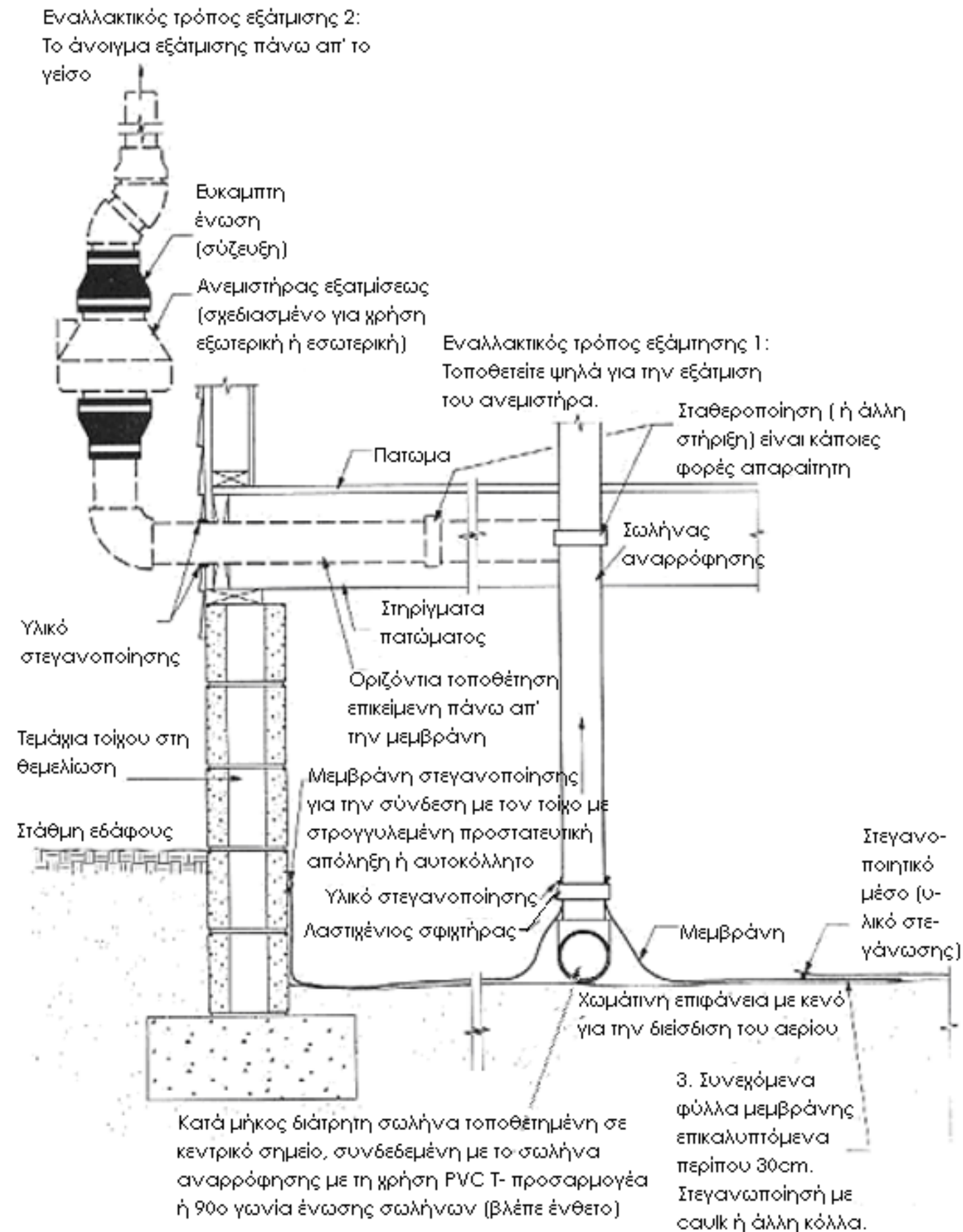
Οι σωληνώσεις του δικτύου κλιματισμού, σε μερικά σπίτια, διέρχονται και από το χώρο του υπογείου προκειμένου να αυξήσουν τον ωφέλιμο χώρο του σπιτιού καθιστώντας το υπόγειο κατοικήσιμο. Όμως με αυτόν τον τρόπο, κατά την διάρκεια λειτουργίας του συστήματος, δημιουργείται αρκετά μεγάλη υποπίεση με αποτέλεσμα, σε κάποιες περιπτώσεις να εισέρχεται το ραδόνιο εσωτερικά του χώρου και μέσω του δικτύου να οδηγείται στους υπόλοιπους χώρους του σπιτιού. Αυτό δεν είναι απαραίτητο ότι συμβαίνει πάντα, αλλά παρ' όλα αυτά είναι ένα υπαρκτό πρόβλημα.

Διαπερατά κενά:

Η ένωση μεταξύ της στρώσης χώματος, χαλικιών και μπετόν, στεγανοποιούνται για να αποφευχθεί η είσοδος του ραδονίου. Η σφράγιση αυτή, μπορεί ουσιαστικά να μειώσει

κενό κάτω από το πλαστικό. Αυτό συλλέγει αποτελεσματικά το ραδόνιο και το εξαερώνει σε ασφαλές μέρος, έξω στην ατμόσφαιρα.

Θα πρέπει παρ' όλες τις παραπάνω ενέργειες, να ξανά ελεγχθούν τα επίπεδα ραδονίου μετά τις εργασίες μείωσής του. Ο έλεγχος αυτός γίνεται σε περισσότερο από 24 ώρες και εντός ενός μηνός.



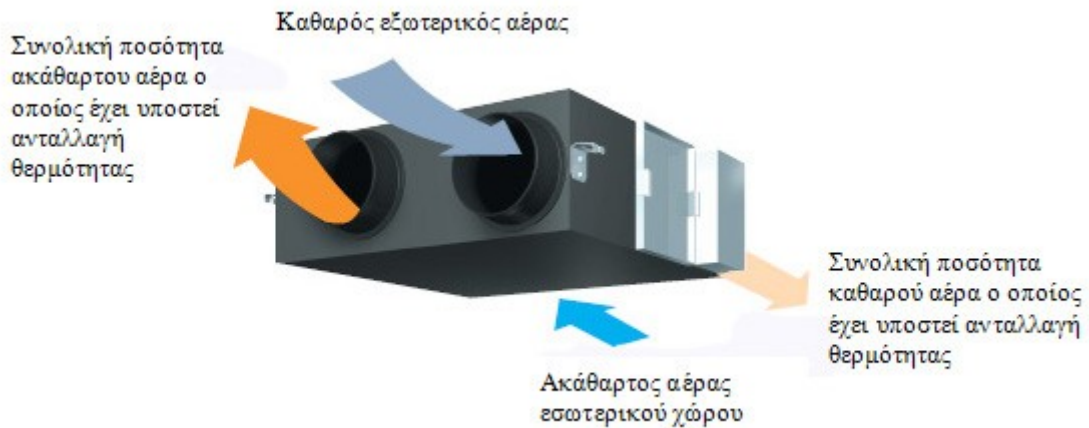
Εικόνα 5- 19 Σχέδιο συστήματος μετριασμού του ραδονίου κάτω από την πλάκα, με εγκατάσταση εξωτερικού συστήματος ^[αναφορά 36].

Σημειώσεις:

1. Η διάτρητη σωλήνα που απεικονίζεται εδώ ως ευθεία κατά μήκος και κάτω κεντρικά του ανοίγματος απ' όπου αναρροφάται το αέριο. Εναλλακτική μέθοδος παρουσιάζεται στο κείμενο.
2. Η διάτρητη σωλήνα που απεικονίζεται στο ένθετο, είναι εύκαμπτος αυλακωτός σωλήνας. Η τοποθέτηση 40 διάτρητων σωλήνων διαταγμένων κατάλληλα μπορεί επίσης να αποδώσει.
3. Η μεμβράνη, όπως φαίνεται, πρέπει πάντοτε να στεγανοποιεί δίπλα ακριβώς από τον διάτρητο σωλήνα. Η στεγανοποίηση σε απόσταση δεν απαιτείται πάντα αλλά είναι ικανή να αποτρέψει την κίνηση της αέριας μάζας.
4. Η μεμβράνη, συχνά μπορεί να στεγανοποιεί αποτελεσματικά τον τοίχο στην θεμελίωση τοποθετώντας μία συνεχόμενη ταινία πάνω σε ένα κατάλληλο υλικό στεγανοποίησης. Άλλες επιλογές για στεγανοποίησης με μεμβράνη στον τοίχο, αναφέρονται στο κείμενο.

5.6 Ανεμιστήρες ανάκτησης θερμότητας

Μέσω ειδικών ανεμιστήρων εισάγεται φρέσκος αέρας εσωτερικά του κτιρίου, ο οποίος πρώτα έχει προθερμανθεί ^[αναφορά 43]. Με αυτόν τον τρόπο αερίζεται το κτίριο, χωρίς όμως να έχει απώλειες θερμότητας.



Εικόνα 5- 20 Σχηματική αναπαράσταση ανεμιστήρα ανάκτησης θερμότητας ^[αναφορά 44]

⁴³ <http://ddata.over-blog.com/xxxxyy/1/18/63/84/Presentations-IFA/Theacy-presentation-17.05.07.pdf> (Ημ/ρία επίσκεψης: 05/05/2009)

⁴⁴ <http://www.climasolution.gr/exair.html> (Ημ/ρία επίσκεψης: 31/10/2009)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Ι. ΜΑΚΡΥΓΕΝΝΗ (ΜΙΜΟΖΑ)

6.1 Ιστορικά στοιχεία

Το κτίριο κτίστηκε το 1974 για την στέγαση πλεκτοβιομηχανίας στην Πάτρα. Λειτουργήσε ως πλεκτοβιομηχανία για άγνωστο χρονικό διάστημα, ενώ έπειτα από το κλείσιμο της επιχείρησης, παρέμεινε εγκαταλελειμμένο, σύμφωνα με μαρτυρίες των τριγύρω κατοίκων. Κατά το έτος 2003-2004 έγινε η μεταφορά του Τμήματος Ανακαίνισης και Αποκατάστασης Κτιρίων του Α.Τ.Ε.Ι. Πατρών, ύστερα από ανακαίνιση που υπέστη το κτίριο.

Μέχρι την παρούσα φάση, καταγράφονται στη ζωή του κτιρίου τέσσερις μεγάλοι σεισμοί. Ήτοι, το 1993 - 5.0 Richter, το 1995 του Αιγίου, τον Ιούνιο του 2008 της τάξης των 6.5 Richter και ο πρόσφατος του Ιανουαρίου 2010 5.1 Richter.

6.2 Τεχνική περιγραφή του κτιρίου

Το κτίριο τοποθετείται στην περιοχή Ψαροφάι Πατρών, και περιβάλλεται από τις οδούς Αστυπάλαιας, Ακρωτηρίου και Αυλίδος.

Το κτίριο καλύπτει επιφάνεια 978 τετραγωνικών μέτρων. Τα τετραγωνικά που προσφέρονται προς χρήση, ξεπερνούν τα 4900 τ.μ., συμπεριλαμβανομένου και του χώρου στην απόληξη του κλιμακοστασίου, στον οποίο λειτουργεί το κυλικείο του τμήματος.

Τυπολογικά το κτίσμα έχει σχήμα τραπεζίου, ενώ η γενική σύνθεση της ογκοπλαστικής δομής είναι πρισματική. Πρόκειται για κτίριο τετραώροφο, χωρίς εξώστες όπου κατά μήκος των όψεών του παρατηρούνται στενόμακρα ορθογωνικά ανοίγματα. Τα επίπεδα απ' τα οποία αποτελείται είναι, το υπόγειο, το ισόγειο και τρεις ακόμα ορόφους καθώς επίσης και την απόληξη κλιμακοστασίου.

Ο φέρον οργανισμός του κτιρίου αλλά και οι εξωτερικοί τοίχοι πλήρωσης, είναι εξ ολοκλήρου από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το κτίριο έχει παραμείνει ανεπίχριστο, οπότε διακρίνονται τα ίχνη του ξυλότυπου.



Εικόνα 6- 1 Όψη επί της οδού Ακρωτηρίου ^[αναφορά 45]

Υαλοστάσια διατρέχουν όλες τις προσόψεις, τονίζοντας τον οριζόντιο άξονά του. Αντίστοιχα ο κατακόρυφος άξονας, τονίζεται με την προεξοχή των περιμετρικών τοιχιών, καθώς αυτά έχουν χρωματιστεί με σκουρότερο χρώμα.

Εσωτερικά του κτιρίου έχουμε βιομηχανικό σχεδιασμό του χώρου, όπως παρατηρείται από τις κρεμάσεις των δοκών που διασχίζουν το χώρο καθώς και από τις εμφανείς οδεύσεις των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων.

⁴⁵ Υλικό απ' την εργασία Ζ' Εξαμήνου στο μάθημα Σύνταξη Μελέτης Ανακαίνισης και Αποκατάστασης Κτιριακού Έργου (φοιτητών: Γκίκα Δέσποινα, Οικονόμου Ελένη- Χριστίνα, Χριστοδουλίδη Μαρίνα)

Παρόλη την παλαιότητα της κατασκευής, το κτίριο μέχρι στιγμής έχει παρουσιάσει αξιόλογη αντίσταση στις φθορές του χρόνου. Η αντοχή του σκυροδέματος απ' το οποίο έχει κατασκευαστεί, είναι μεγάλη. Λόγος αυτής της υψηλής αντοχής του σκυροδέματος, ήταν ότι τα φερόμενα φορτία ήταν μεγάλα, λόγω των μηχανημάτων πλεξίματος, τα οποία εκτός των άλλων, επιφόρτιζαν τον σκελετό του κτιρίου και με κρουστικές καταπονήσεις.

Το μεγάλο μείων στην κατασκευή, είναι η απώλεια θερμομόνωσης και υγρομόνωσης, γεγονός που είναι απόλυτα κατανοητό, αν αναλογιστεί κανείς το έτος κατασκευής (1974), κατά το οποίο δεν είχε θεσπιστεί ακόμη ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων, Π.Δ. της 1.6/4.7.1979 (ΦΕΚ 362 Δ') και επίσης οι τεχνικές υγρομόνωσης ήταν ακόμα σε νηπιακό επίπεδο στην Ελλάδα.

Τέλος, η στέγασή του γίνεται με δώμα οριζόντιας πλάκας σκυροδέματος, στο οποίο υπάρχει η απόληξη κλιμακοστασίου.

6.3 Κτιριολογική ανάλυση κατ' όροφο

Κάθε όροφος έχει 11 αίθουσες κατ'άνω όρο, χώρο αναμονής των φοιτητών, λουτρό και κλιμακοστάσιο. Συνολικά το κτίριο έχει 23 αίθουσες διδασκαλίας.

Πίνακας 6- 1 Χρήση χώρων κατ' όροφο και εμβαδά αυτών

Αρ.	Ονομασία χώρου:	Εμβαδόν:	Σχόλια:
Υπόγειο:			
1	Κλιμακοστάσιο/ ανελκυστήρας	36,78 m ²	
2	Αποθήκη	2,56 m ²	
3	Λεβητοστάσιο	66,30 m ²	
4	Αποθήκη καυσίμων	14,46 m ²	
5	Ενιαίος χώρος αποθήκευσης	857,97 m ²	
Ισόγειο:			
1	Κλιμακοστάσιο/ ανελκυστήρας	36,78 m ²	
2	Αποθήκη	2,56 m ²	

3	Ανδρικά WC	12,83 m ²	
4	Γυναικεία WC	13,95 m ²	
5	Αποθηκευτικός χώρος	30,27 m ²	
6	Αποθήκη	12,06 m ²	
7	Αίθουσα διδασκαλίας Α1	40,89 m ²	
8	Αίθουσα διαλέξεων	27,87 m ²	
9	Αίθουσα διδασκαλίας Α2	77,37 m ²	
10	Αίθουσα διδασκαλίας Α3	128,30 m ²	
11	Αίθουσα διδασκαλίας Α4	99,74 m ²	
12	Αίθουσα διδασκαλίας Α5	56,40 m ²	
13	Αίθουσα διδασκαλίας Α6	58,67 m ²	
14	Γραφείο καθηγητή 1	13,96 m ²	
15	Γραφείο καθηγητή 2	14,53 m ²	
16	Γραφείο προϊσταμένης Λογοθεραπείας	11,55 m ²	
17	Γραφείο καθηγητή 4	17,51 m ²	
18	Γραφείο καθηγητή 5	13,81 m ²	
19	Γραφείο καθηγητή 6	5,30 m ²	
20	Γραφείο καθηγητή 7	5,46 m ²	
21	Χώρος διαλείμματος	298,26 m ²	
1^{ος} όροφος:			
1	Κλιμακοστάσιο/ ανελκυστήρας	36,78 m ²	
2	WC	15,33 m ²	
3	Προθάλαμος των WC	8,13 m ²	
4	Αποθηκευτικός χώρος	36,77 m ²	
5	Αποθηκευτικός χώρος	40,85 m ²	

6	Αίθουσα Παρουσιάσεων Πτυχιακών Εργασιών	57,16 m ²	
7	Εργαστήριο Η/Υ	110,69 m ²	
8	Αίθουσα διδασκαλίας	64,96 m ²	<i>Δεν χρησιμοποιείται</i>
9	Αίθουσα διδασκαλίας Α1	134,30 m ²	
10	Γραφείο καθηγητών	29,79 m ²	
11	Χώρος διαλείμματος	443,31 m ²	
2^{ος} όροφος:			
1	Κλιμακοστάσιο/ ανελκυστήρας	36,78 m ²	
2	WC	16,14 m ²	
3	Προθάλαμος των WC	8,13 m ²	
4	Αποθηκευτικός χώρος	56,42 m ²	
5	Σχεδιαστήριο Β1	83,43 m ²	
6	Σχεδιαστήριο Β2	77,71 m ²	
7	Αίθουσα διδασκαλίας	86,21 m ²	
8	Αίθουσα διδασκαλίας Β13	74,91 m ²	
9	Αίθουσα διδασκαλίας	74,91 m ²	
10	Αίθουσα διδασκαλίας Ε13	74,58 m ²	
11	Αίθουσα διδασκαλίας Ε2	52,72 m ²	<i>Δεν χρησιμοποιείται</i>
12	Γραφείο καθηγητών 3	21,54 m ²	
13	Γραφείο καθηγητών 2	19,18 m ²	
14	Γραφείο καθηγητών 1	22,97 m ²	
15	Χώρος διαλείμματος	272,44 m ²	
3^{ος} όροφος:			
1	Κλιμακοστάσιο/ ανελκυστήρας	36,78 m ²	
2	Ανδρικά WC	12,85 m ²	

3	Γυναικεία WC	13,94 m ²	
4	Γραφείο συνεργατών	42,59 m ²	αποθηκευτικός χώρος
5	Αίθουσα διδασκαλίας Γ1	83,43 m ²	
6	Εργαστήριο Τεχνολογίας Δομικών Υλικών Γ2	77,71 m ²	
7	Αμφιθέατρο Γ3	121,43 m ²	
8	Σχεδιαστήριο Γ4	99,74 m ²	
9	Σχεδιαστήριο Γ5	117,73 m ²	
10	Φωτοτυπικά	16,78 m ²	Αρχείο
11	Γραφείο καθηγητών 3	16,09 m ²	
12	Γραφείο καθηγητών 2	27,10 m ²	Αίθουσα συμβουλίων/ γραφείο προϊσταμένης
13	Γραφείο καθηγητών 1	25,49 m ²	
14	Γραμματεία	30,27 m ²	
15	Χώρος διαλείμματος	256,14 m ²	
Απόληξη κλιμακοστασίου:			
1	Κυλικείο		

6.4 Περιγραφή του χώρου της μελέτης

Οι δυσμενέστερες συνθήκες από πλευράς ραδονίου, είναι το υπόγειο. Άρα ο χώρος μελέτης περιορίζεται στο υπόγειο και την θεμελίωση. Δεδομένου ότι το έδαφος έχει κλίση, το υπόγειο στην μία πλευρά, επί της οδού Ακρωτηρίου εξέχει του εδάφους 0,20m ενώ στην απέναντι πλευρά εξέχει περίπου 0,60 του μέτρου.

Εσωτερικά του υπογείου, τα τοιχία είναι επίσης ανεπίχριστα και έχουν περαστεί με στρώση ασβέστη η οποία είναι εξαιρετικά σαθρή.

Παρατηρούνται κύριες δοκοί με κρέμαση 0,6m και δευτερεύουσες με κρέμαση 0,45m. Το ελεύθερο ύψος του υπογείου είναι 3,20m.



Εικόνα 6- 2 Η στρώση ασβέστη ως επίχρωση στις επιφάνειες των τοιχίων οπλ. Σκυροδέματος στον χώρο του υπογείου *[προσωπικό αρχείο]*.



Εικόνα 6- 3 Ο χώρος του υπογείου. Διακρίνονται τα φθαρμένα μωσαϊκά πλακάκια, τα υποστυλώματα καθώς επίσης και τα ίχνη του ξυλότυπου πάνω στο σκυρόδεμα της οροφής και των τοιχίων. *[προσωπικό αρχείο]*

Οι περιμετρικές δοκοί είναι ανεστραμμένες, δηλαδή δεν έχουν κρέμαση αλλά εξέχουν στην πάνω μεριά της πλάκας προς το ισόγειο του κτιρίου. Το συμπέρασμα αυτό βγαίνει παρατηρώντας τις οπές που έχουν διανοιχθεί για την όδευση των εγκαταστάσεων εξαερισμού και την ύπαρξη παραθύρων εφαπτόμενα με την κάτω παρειά της πλάκας.



Εικόνα 6- 4 Οπές για την όδευση των εγκαταστάσεων εξαερισμού. Παρατηρείτε ότι έχουν διανοιχθεί στην δοκό, έτσι βγάζουμε το συμπέρασμα ότι οι περιμετρικές δοκοί είναι ανεστραμμένες [προσωπικό αρχείο].



Εικόνα 6- 5 Διάνοιξη οπών στα τοιχία [προσωπικό αρχείο].

Το δάπεδο είναι κατασκευασμένο από πλακάκια μωσαϊκού (30x30cm), τα οποία είναι σε μεγάλο βαθμό φθαρμένα.



Εικόνα 6- 6 Μωσαϊκά πλακίδια 30cm x 30cm ^[αναφορά 45].

Ο χώρος του υπογείου είναι ελεύθερος από εσωτερικά χωρίσματα και μόνο τα δέκα υποστυλώματα καθώς επίσης και ο χώρος του λεβητοστασίου ίσως αποτελέσει εμπόδιο στις οποιοσδήποτε εργασίες που ενδέχεται να γίνουν.



Εικόνα 6- 7 Ο χώρος λεβητοστασίου με πυράντοχες πόρτες και διαχωριστικούς τοίχους από δρομική οπτοπλινθοδομή επιχρισμένη ^[προσωπικό αρχείο].

Δυστυχώς στο χώρο του λεβητοστασίου, πληθώρα από σωληνώσεις ηλεκτρομηχανολογικών δικτύων διατρέχουν κατά μήκος των περιμετρικών τοιχίων. Ως αποτέλεσμα, έχουμε τη διάτρηση των τοιχίων για την στήριξη των σωληνώσεων.

Καταλαβαίνει κανείς πως στις εργασίες μόνωσης με μεμβράνες που θα περιγράψουμε παρακάτω θα πρέπει αφ' ενός να προβλεφτούν συγκεκριμένες διατάξεις εφαρμογής τους και αφ' ετέρου πρόβλεψη για προσωρινή μετακίνηση των σωληνώσεων και καλωδίων αυτών για την απρόσκοπτη διεξαγωγή των εργασιών.



Εικόνα 6- 8 Ο χώρος του λεβητοστασίου, η υγρασία και οι ρύποι προκαλούν διαρκή φθορά στα στοιχεία του κτιρίου *[προσωπικό αρχείο]*.



Εικόνα 6- 9 Καπνοδόχος εκπομπής ρύπων λέβητα. Στο χώρο παρατηρείται εμφάνιση υγρασίας καθώς στους άνω ορόφους υπάρχουν οι εγκαταστάσεις των λουτρών ^[προσωπικό αρχείο].

Στη συνέχεια αναφέρονται με σειρά εφαρμογής και με λεπτομερή περιγραφή, οι απαιτούμενες εργασίες που εφαρμόζονται συνολικά στο κτίριο για την αποφυγή εισροής του ραδονίου στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου και την μείωση της συγκεντρώσεως αυτού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ Ι. ΜΑΚΡΥΓΕΝΝΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΡΟΠΗ ΕΙΣΡΟΗΣ ΡΑΔΟ- ΝΙΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

7.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό χωρίζεται σε δύο διακριτά μέρη.

Στο **πρώτο** μέρος παρουσιάζεται η μελέτη του κτιρίου σαν να επρόκειτο να κτιστεί στο μέλλον. Άρα οι εφαρμογές είναι πολύ πιο απλές και με μικρότερο κόστος όπως θα εξακριβώσουμε παρακάτω. Οι απαιτούμενες εργασίες αναφέρονται με σειρά προτεραιότητας και ταυτοχρόνως γίνεται προσπάθεια παρουσίασης του κόστους εφαρμογής των εργασιών αυτών. Οι τιμές είναι ενδεικτικές και προκύπτουν απ' το μέσο όρο των αμοιβών των τοπικών (Κόρινθος) συνεργείων και τις τιμές των υλικών, στους επίσης τοπικούς αντιπρόσωπους, των αντίστοιχων εταιριών των εξειδικευμένων προϊόντων.

Στο **δεύτερο** μέρος παρουσιάζεται η μελέτη που στην πραγματικότητα μπορεί να εφαρμοστεί στο κτίριο της Μιμόζα (Ι. Μακρυγέννη) στην περίπτωση όμως, που οι μετρήσεις στο κτίριο έδειχναν ότι τα επίπεδα ραδονίου ξεπερνούν το ανώτατο επιτρεπτό όριο σύμφωνα με τους Ελληνικούς κανονισμούς Ακτινοπροστασίας (ΦΕΚ 216Β, 5/3/2001), που είναι πλήρως εναρμονισμένοι με την Οδηγία 96/29/EURATOM 31/5/1996, για τα επίπεδα δράσης της συγκεντρώσεως ραδονίου στους εργασιακούς χώρους.

Όλες οι μελέτες που ακολουθούν είναι σύμφωνες με τα σχέδια, τα δεδομένα και τις κατασκευαστικές οδηγίες που δίνονται στο κεφάλαιο 5 και 6.

7.2 Μελέτη νέου κτιρίου

Στη φάση των εκσκαφών θεμελίωσης του κτιρίου, οι επιπλέον εργασίες που πρόκειται να γίνουν, είναι η κατασκευή φρεατίων. Έχοντας υπόψη τα τετραγωνικά του κτιρίου, υπολογίζουμε τον απαιτούμενο αριθμό φρεατίων.



Εικόνα 7- 1 Μετά το πέρας των εκσκαφών, η επιφάνεια του χώματος οριζοντιώνεται και «λειαινεται», ώστε να είναι έτοιμη για την διάστρωση του μπετόν καθαριότητας ^[προσωπικό αρχείο 46]

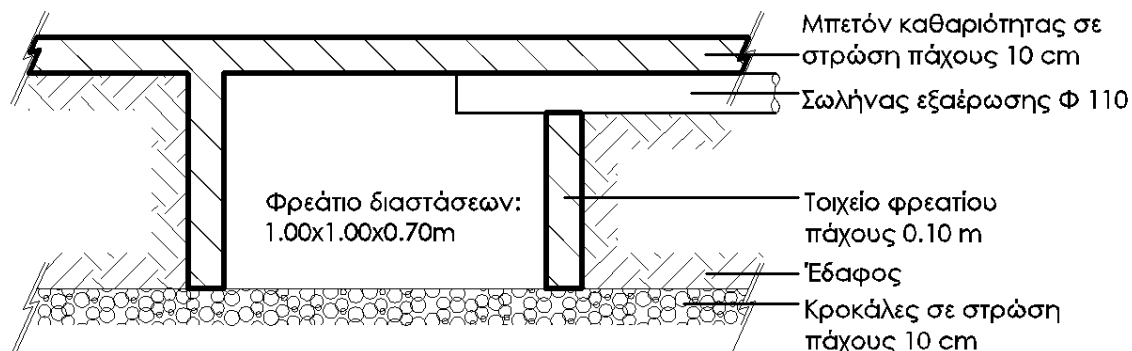
Καθώς το κτίριο καταλαμβάνει επιφάνεια κοντά στα $980,00\text{m}^2$, αποφασίσαμε να κατασκευάσουμε 1 φρεάτιο/ $\approx 100\text{m}^2$ επιφάνειας. Άρα κατασκευάζονται 9 φρεάτια διαστάσεων $1.00 \times 1.00 \times 0.70 \text{ m}$ (π*μ*υ).

Αφού οριζοντιωθεί το χώμα στη στάθμη $0,70\text{m}$ χαμηλότερα στο επίπεδο όπου θα πατήσουν τα πέδιλα, διαστρώνουμε την επιφάνεια με κροκάλες σε πάχος στρώσης 10cm .

Έπειτα, διαστρώνουμε με χώμα την επιφάνεια ως την στάθμη του μπετόν καθαριότητας σκάβοντας όμως τα σημεία όπου θα κατασκευαστούν τα φρεάτια, και αφήνοντας περιμετρικά χώρο πλάτους περίπου $0,80\text{m}$ για την κίνηση των

⁴⁶ Λήψη 13/10/2008. Κτίριο επί των οδών Ακρωτηρίου, Φιλίππου και Ολυμπιάδος, Δάφνης, Παρμενίωνος στην Πάτρα.

καλουπατζίδων, ο οποίοι στη συνέχεια θα κατασκευάσουν τον ξυλότυπο των φρεατίων.



Εικόνα 7- 2 Τομή κατασκευαστικής λεπτομέρειας φρεατίου αεριζόμενης θεμελίωσης [προσωπικό αρχείο].

Τοποθετούμε τις σωλήνες κάτω από το επίπεδο του μπετόν καθαριότητας (Βλέπε παράρτημα Γ) και σκυροδετούμε τα φρεάτια ως το επίπεδο όπου αρχίζει το μπετόν καθαριότητας

Ύστερα από την σκλήρυνση του σκυροδέματος ξεκαλουπώνουμε και κατασκευάζουμε τον ξυλότυπο της κάτω παρειά της πλάκας στο φρεάτιο, γεμίζοντας με χώμα την γύρω επιφάνεια

Τέλος, διαστρώνουμε με μπετόν καθαριότητας πάχους 0,10m, το οποίο οπλίζεται με πλέγμα T131 για μεγαλύτερη αντοχή στα φορτία.

Θα χρειαστούμε κροκάλιες για την διάστρωση κάτω από το χώμα όπου θα πατήσουν τα θεμέλια όπως προαναφέραμε. Η διάστρωση θα γίνει με σκύρα 7/30 σε πάχος διάστρωσης 10cm.

Το κάθε φορηγό μεταφέρει 15m^3 σκύρα άρα θα χρειαστούμε 8 φορηγά σκύρα ($113,00/15=8$). Το κάθε φορηγό χρεώνει 200,00€, δηλαδή $13,35€/\text{m}^3$ ($200,00/15=13,35€$). Τα εργατικά για την διάστρωση των σκύρων ανέρχονται στα $3€/\text{m}^3$. Συνολικό κόστος δηλαδή $16,35€/\text{m}^3$

Άρα, το εμβαδόν της διάστρωσης είναι $1130,10\text{m}^2 \times 0,10\text{m}$ πάχος= $113,00\text{m}^3$
 $113,00 \times 16,35€/\text{m}^3 = 1847,55€$ για διάστρωση με σκύρα 7/30.

Υπολογισμός σκυροδέματος που απαιτείται για την κατασκευή των φρεατίων (C 20/25):

$$\text{Περιμετρικό τοίχιο φρεατίου: } [(1,00 \times 1,00) - (0,80 \times 0,80)] \times (0,70 - 0,10) = 0,384 \text{m}^3$$

Συνολικά θα κατασκευαστούν 9 φρεάτια άρα θα δαπανηθούν εκτός του μπετόν καθαριότητας, $(9 \times 0,384) = 3,46 \text{m}^3$ σκυρόδεμα για την κατασκευή φρεατίων.

Το κόστος του μπετόν ανέρχεται στα: $70 \text{€}/\text{m}^3 \times 3,46 = \mathbf{242,20 \text{€}}$ για σκυρόδεμα C 20/25 των φρεατίων.

Το μπετόν καθαριότητας πάχους 0,10m κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα C16/20.

$$\text{Ο όγκος του μπετόν καθαριότητας είναι } 0,10 \times 978,00 = 97,80 \text{m}^3$$

Το μπετόν C16/20 κοστίζει $68 \text{€}/\text{m}^3 \times 97,80 = \mathbf{6650,40 \text{€}}$ για μπετόν καθαριότητας C16/20.

Τα φρεάτια οπλίζονται με πλέγμα T 131. Οι διαστάσεις του πλέγματος είναι $5 \times 20 \text{m}$, δηλαδή $10,00 \text{m}^2$. Το κόστος δε αυτών είναι $20 \text{€}/\text{τεμάχιο}$.

Για να καλύψουμε το εμβαδό του κτιρίου και τα τετραγωνικά των τοιχίων των φρεατίων με πλέγμα χρειαζόμαστε:


$978,00 + [(1 \times 4 \times 0,6) \times 9] / 10 = 99,96$, δηλαδή 100 κομμάτια πλέγμα $\times 20 \text{€} = \mathbf{2000 \text{€}}$ για οπλισμό σκυροδέματος με πλέγμα T131.




Τα εργατικά για την κατασκευή των φρεατίων ανέρχεται στα 19€ το φρεάτιο $\times 9$ φρεάτια = $\mathbf{171,00 \text{€}}$ εργατικά φρεατίων

Εκτός από το μπετόν, θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του δικτύου σωλήνες βαρέως τύπου οι οποίες στο εμπόριο κυκλοφορούν σε τεμάχια των

6,00m μήκους, όπως της εταιρίας PipeLife, τύπου PVC- U σειρά 41 (Βλέπε παράρτημα Β) ^[αναφορά 47].

Σύμφωνα με τα σχέδια θα χρειαστούν τα παρακάτω τεμάχια στις αντίστοιχες διαστάσεις και γεωμετρία.

Διαστάσεις:	Τεμάχια:	Περιγραφή:	Χρήση- Ονομασία:
17+2=19m	2		Κατακόρυφες σωλήνες που φτάνουν 2 μέτρα πάνω απ' το ψηλότερο σημείο του κτιρίου συμπεριλαμβανομένου και της απόληξης κλιμακοστασίου στο δώμα.
4,37	1		1.1
6,88	1		1.2
7,83	1		1.3
9,34	1		2.1
9,00	1		3.1
6,45	1		4.1
6,46	1		4.2
1,47	1		4.3
6,88	1		5.1

9,15	1		6.1
9,22	1		7.1
4,37	1		8.1
7,06	1		8.2
5,90	1		9.1
4,98	1		9.2
1,54	1		9.3
-	3		Διακλαδώσεις
-	5		Διακλαδώσεις.
-	15		Για ένωση ευθύγραμμων τεμαχίων ώστε να γεφυρωθεί όδευση μεγάλου μήκους, ελαστικός δακτύλιος.

Στις διαστάσεις των σωληνώσεων υπάρχει μια μικρή προσαύξηση στο μήκος λόγο κλίσης τους 1% για την ροή του αερίου.

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, απαιτούνται ευθύγραμμοι σωλήνες συνολικού μήκους 188,90m. Αυτές οι σωλήνες κατασκευάζονται σε μήκος 6m. Το κόστος αυτού του σωλήνα είναι $5,56.€/m \times 188.90m = 1050.28€$ για ευθύγραμμα τεμάχια.

Για την ένωση των δύο τεμαχίων ευθύγραμμου σωλήνα για την γεφύρωση μεγάλων αποστάσεων θα χρησιμοποιηθούν 15 ελαστικοί δακτύλιοι $\times 0,65\text{€}/\text{τεμάχιο}=9,75\text{€}$ για **ελαστικούς δακτυλίους**

3 τεμάχια σχήματος Γάμα $\times 2,47\text{€}/\text{τεμάχιο}=7,41\text{€}$ **καμπύλες ελαστικού δακτυλίου**

5 τεμάχια Ταυ $\times 4,06\text{€}/\text{τεμάχιο}=20,30\text{€}$ **ταυ με ελαστικό δακτύλιο**

Άρα, το συνολικό κόστος για τις σωλήνες θα είναι 1087,74€

Τα εργατικά ανέρχονται περίπου στα **800€**.

Άρα **συνολικά οι εργασίες αεριζόμενης θεμελίωσης που θα γίνουν είναι:** διάστρωση με σκύρα 7/30+ σκυρόδεμα φρεατίων C 20/25+ μπετόν καθαριότητας+ οπλισμός σκυροδέματος με πλέγμα T131+ εργατικά φρεατίων+ ευθύγραμμο τεμάχια PVC-U+ ελαστικοί δακτύλιοι+ καμπύλες ελαστικού δακτυλίου+ ταυ με ελαστικό δακτύλιο+ εργατικά αποχέτευσης.

Το κόστος δε αυτών είναι: $1847,55+ 242,20+ 6650,40+ 2000+ 171+ 1050,28+ 9,75+ 7,41+ 20,30+ 800=12798,89\text{€}$ [αναφορά 48].

Σε περίπτωση που δεν εφαρμόζεται αεριζόμενη θεμελίωση, απλά διαστρώσουμε με μπετόν καθαριότητας B225 και μάλιστα άοπλο του οποίου η τιμή ανέρχεται στα 65€/m^3 . Άρα, εφ' όσον το πάχος της διάστρωσης παραμένει στα 0,10m, έχουμε:

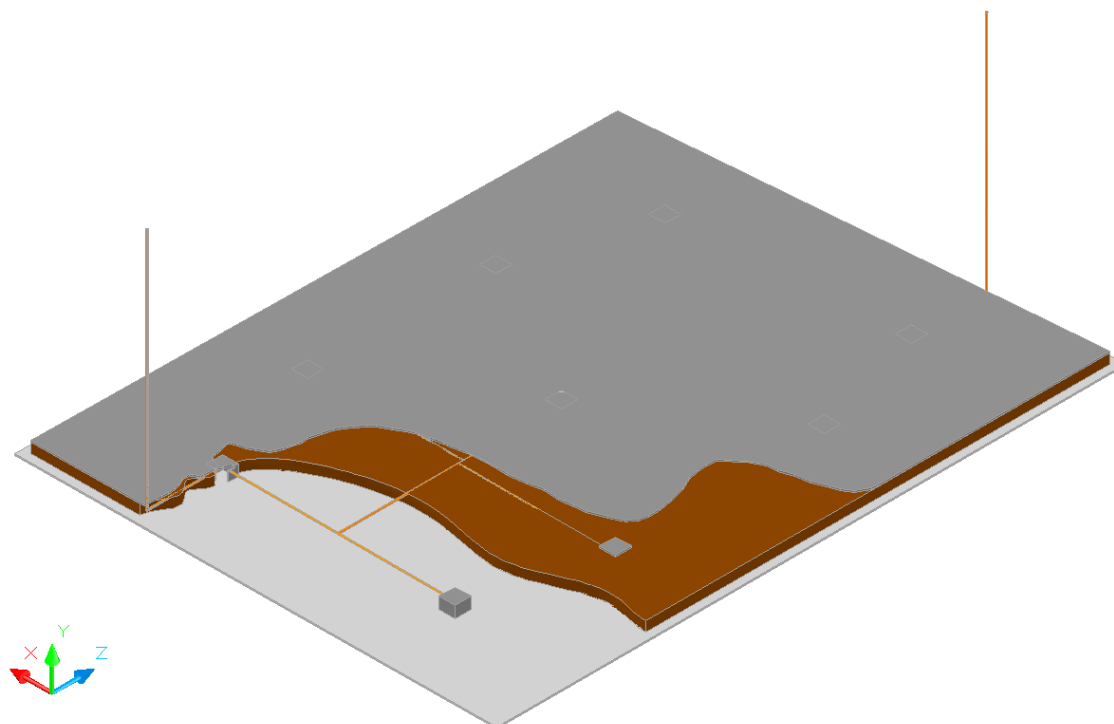
$0,10 \times 978 = 97,80\text{m}^3 \times 65 = 6357\text{€}$ **για μπετόν καθαριότητας B225**

Από την δαπάνη της αεριζόμενης θεμελίωσης αφερούμε την ούτως ή άλλως δαπάνη του μπετόν καθαριότητας που θα απαιτούνταν σε συμβατική δόμηση:

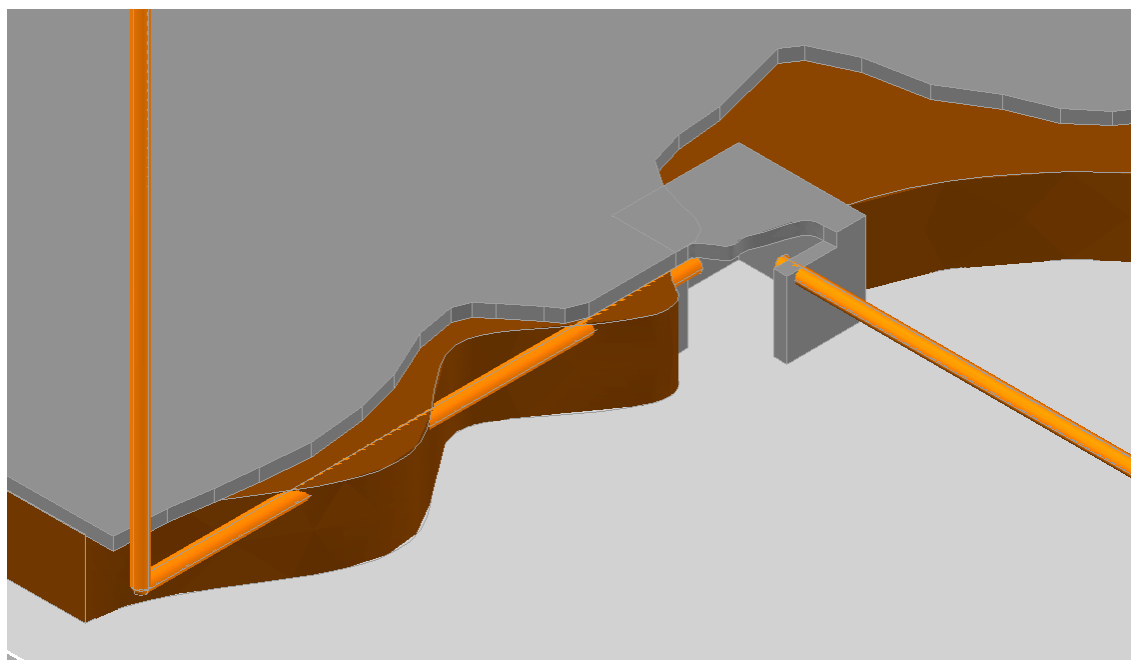
$12798,89 - 6357 = 6441,89\text{€}$ **επιπλέον κόστος για την αεριζόμενη θεμελίωση**

119

⁴⁸ Προσφορά από συνεργείο καλουπατζήδων στην Κόρινθο του Κώστα Κωστάρα (Μάρτιος 2010)



Εικόνα 7- 3 Αξονομετρική αναπαράσταση κατασκευής αεριζόμενης θεμελίωσης στο κτίριο της Μιμόζα (Βλέπε παράρτημα Γ) *[προσωπικό αρχείο]*.



Εικόνα 7- 4 Αξονομετρική λεπτομέρεια όδευσης σωληνώσεων απ' τα φρεάτια έως της περιμέτρου του κτιρίου *[προσωπικό αρχείο]*.

Ύστερα από τις εργασίες σκυροδέτησης και αφού αφαιρεθεί ο ξυλότυπος μετά το πέρας των απαιτούμενων ημερών, τοποθετούμε τις μεμβράνες όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 5.2. Προσοχή πρέπει να δοθεί στην σωστή κοπή

των φουρκετών με τον τροχό ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος σχισίματος της μεμβράνης.

Το κτίριο βυθίζεται στο έδαφος σε ύψος 3,90m και επί της οδού Ακροτηρίου, λόγω κλίσης του εδάφους, βυθίζεται λιγότερο 1,00m.

Άρα η επιφάνεια των τοιχίων στην οποία θα τοποθετηθούν μεμβράνες είναι:

$$[(35,00+27,30+37,10+27,70)+(0,10 \times 38 \text{ «σπασίμαστα»}) \times 3,90 - (1 \times 27,30)] = 510,50\text{m}^2$$

Όπως προαναφέραμε, η μεμβράνη πωλείται σε ρολό 15m*1m πλάτος και τοποθετείτε σε λωρίδες κατακόρυφα οι οποίες επικαλύπτονται 0,10m. Κάθε λωρίδα καλύπτει 0,9m πλάτος εκτός απ' τις περιπτώσεις όπου υπάρχει κατακόρυφο σπάσιμο 90°. Άρα, θα χρειαστούμε για τα 130,90m μήκος περιμέτρου 146 λωρίδες.

Στην Βορειοανατολική πλευρά του κτιρίου θα τοποθετηθούν 40 λωρίδες σε ύψος 3,90m.

Όμοια και στην Νοτιοανατολική πλευρά του κτιρίου θα τοποθετηθούν 32 λωρίδες σε ύψος 3,90m.

Επίσης στην Νοτιοδυτική πλευρά θα τοποθετηθούν 42 λωρίδες σε ύψος 3,90.

Και στην Βορειοδυτική πλευρά 32 των 2,90m καθώς το κτίριο βυθίζεται σε μικρότερο βάθος στο χώμα.

Άρα, έχουμε συνολικά 146 λωρίδες εκ των οποίων οι 114 μήκους 3,90m και οι 32 μήκους 2,90m.

$$(114 \times 3,90) + 4\text{m χασούρα} = 448,60 / 15\text{m} = 30 \text{ συσκευασίες}$$

$$(32 \times 2,9) + 1\text{m χασούρα} = 93,80 / 15\text{m} = 6 \text{ συσκευασίες}$$

Σύνολο 36 συσκευασίες x230,00€ η συσκευασία= **8280€** τα έξοδα αγοράς μεμβράνης **BT21**.

Το συνολικό κόστος των εργασιών σε κτίριο νέο ανεγερθέν, ανέρχεται στα αεριζόμενη θεμελίωση 12798,89€+ μεμβράνες φραγής ραδονίου 8280,00€=21078,89. Δηλαδή, 21,58 €/m², παρόλο που το κόστος δεν είναι αναλογικό των τετραγωνικών.

Αν δεν είχαμε εφαρμόσει αεριζόμενη θεμελίωση θα είχαμε σαφώς λιγότερο κόστος καθώς θα τοποθετούσαμε την μεμβράνη BT 12 η οποία είναι ίδια με την BT 21 χωρίς όμως την φραγή κατά του ραδονίου.

$$(114 \cdot 3,90) + 4m \text{ χασούρα} = 448,60 / 25m = 18 \text{ συσκευασίες}$$

$$(32 \cdot 2,9) + 1m \text{ χασούρα} = 93,80 / 25m = 4 \text{ συσκευασίες}$$

Σύνολο 22 συσκευασίες x230,00€ η συσκευασία= **5060€** τα έξοδα αγοράς μεμβράνης **BT12**.

Άρα το επιπλέον κόστος λήψης μέτρων για την φραγή κατά του ραδονίου είναι το εξής. Από τα εφαρμοζόμενα μέτρα για την φραγή του ραδονίου που ανέρχονται στα 21078,89€, αφαιρούμε τις εργασίες που ούτως ή άλλως θα γίνουν. Δηλαδή το μπετόν καθαριότητας 6357,00€ και την μεμβράνη στεγανοποίησης 5060,00€.

Το κόστος συνολικά για τα μέτρα που ακολουθήθηκαν σε νέο ανεγερθέν κτίριο για την φραγή του ραδονίου, ανέρχεται σε 9661,90 σε κτίριο 978,07m². Περίπου 9,90€/m².

Τέλος, συμπληρωματικά μπορούμε να τοποθετήσουμε και συστήματα εξαερισμού.

7.3 Μελέτη είδη υπάρχοντος κτιρίου

Δεδομένου ότι το κτίριο προϋφίσταται, προτείνονται οι εργασίες αποκατάστασης να κινηθούν προς δύο κατευθύνσεις. Η πρώτη κατεύθυνση είναι η στε-

γανοποίηση του υπογείου απ' το εισερχόμενο αέριο με την εφαρμογή ειδικών μεμβρανών και η εγκατάσταση συστημάτων εξαερισμού του χώρου.

Έτσι εφόσον μονωθεί ο χώρος, λαμβάνονται επιπρόσθετα μέτρα ώστε τυ-
χών διαρροές να αντιμετωπιστούν με την απομάκρυνση του αερίου μέσω των
συστημάτων εξαερισμού.

Βεβαίως, σύμφωνα με το ισχύων θεσμικό πλαίσιο, όλες αυτές οι εργασίες
αποκατάστασης, επιβάλλονται εφόσον ο χώρος προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί
ως χώρος κύριας χρήσης για τις ανάγκες λειτουργίας των τμημάτων.

Αρχικά θα πρέπει να τοποθετήσουμε τις μεμβράνες και ύστερα να εγκατα-
στήσουμε τα συστήματα εξαερισμού του χώρου.

Με την τοποθέτηση των μεμβρανών θα δημιουργήσουμε ένα είδος στεγα-
νολεκάνης καθώς την τοποθετούμε σε δάπεδο και περιμετρικά τοιχία.

Για την εφαρμογή των μεμβρανών απαιτείται στέρεο και ομαλό υπόβαθρο
χωρίς οπές, προεξοχές ή ρωγμές. Στις οριζόντιες επιφάνειες (δάπεδα) η επιφά-
νεια είναι απόλυτα λεία οπότε δεν απαιτείται κάποια προεργασία λείανσης. Στα
τοιχία σκυροδέματος του υπογείου υπάρχει μία επίχρωση ασβέστη η οποία εί-
ναι σαθρή. Η απομάκρυνση αυτής της επίχρωσης ασβέστη θα γίνει διαμέσου
συρματόβουρτσας (χειροκίνητη ή ηλεκτροκίνητη) και αφού ακολουθήσει επιμε-
λημένο ξεσκόνισμα της επιφάνειας θα πρέπει να εξομαλύνουμε την επιφάνεια.



Εικόνα 7- 5 Εξυγίανση υπόβαθρου τοιχίων υπογείου ^[αναφορά 49]

Για την προεργασία του υπόβαθρου των κατακόρυφων επιφανειών θα ε-
φαρμόσουμε ^[αναφορά 50] τσιμεντοειδές υλικό με μυστρί και σπάτουλα. Ανάλογα το

⁴⁹ <http://www.renovat.gr/Diaforaprovlimata.aspx> Στο τεχνικό φυλλάδιο: «Ολοκληρωμένες Τεχνι-
κές Λύσεις» Renovat (Ημ/νία επίσκεψης: 04/06/2009)

πάχος της στρώσης χρησιμοποιείται Ceretec CT 25 ή Ceretec CT 23 (Βλέπε παράρτημα Β).

Το εμβαδό των περιμετρικών τοιχίων εσωτερικά του υπογείου είναι:

$$27,68 + 34,96 + 27,29 + 37,08 - (0,30 \times 8) = 124,61\text{m} \times 2,90 = 361,37\text{m}^2$$

Δεδομένου ότι σε ελάχιστα σημεία (αρμοί, ρωγμές) οι ανωμαλίες της επιφάνειας είναι μεγαλύτερες των 5mm θα χρειαστούμε ένα σάκο των 25kg Ceretec CT 23 που επαρκεί για $13,89\text{m}^2$, ο οποίος κοστίζει **54,30€ για Ceretec CT 23**

Το υπόλοιπο υπόβαθρο είναι αρκετά λείο και θα χρειαστεί μικρές επιδιορθώσεις με Ceretec CT 25 για ανωμαλίες μικρότερες των 5mm σε συγκεκριμένα σημεία. Εκτιμάτε πως θα χρειαστούν 10 σάκοι των 25kg x 47,10€/σάκος = **471,00€ για Ceretec CT 25**



Εικόνα 7- 6 Λείανση του μπετόν απ' τα ανώμαλα σημεία λόγο ξυλότυπου ή άλλες αιχμηρές προεξοχές. ^[αναφορά 46]

Μετά την λείανση της επιφάνειας, απαιτείται υγρομόνωση των τοιχίων. Η μεμβράνη είναι αδιαπέραστη από το νερό, γι' αυτόν ακριβώς το λόγο το νερό θα την ξεκολλήσει από το υπόβαθρο καθώς είναι υλικό θετικών πιέσεων και όχι αρνητικών, δηλαδή όχι για πιέσεις από έξω προς τα μέσα. Η υγρομόνωση των τοιχίων είναι αναγκαία, εφόσον βέβαια, κατά την σκυροδέτηση του κτιρίου ή έ-

⁵⁰ Οι τιμές των προϊόντων που αναγράφονται στο κεφ. 7.3 αφορούν προϊόντα γνωστών και πιστοποιημένων εταιριών. Οι τιμές ισχύαν τον Μάρτιο 2010 σύμφωνα με τις προσφορές στην ERGOLAND Μονωτική Κορίνθου Ε.Π.Ε. Όπισθεν αερογέφυρας Αρχαίας Κορίνθου 20100 Κόρινθος τηλ.2741072592, 83002- FAX 27410 28221 www.monotiki.com

πείτα από την αφαίρεση των ξυλοτύπων δεν υπήρξε καμία ενέργεια για την υγρομόνωση, όπως στον παρόν κτίριο της μελέτης μας.

Κατάλληλο υλικό για «αρνητικές πιέσεις», δηλαδή στεγανοποίηση από την εσωτερική πλευρά του υπογείου είναι το σιμεντοειδές υλικό CR-65 της Ceresit (Βλέπε παράρτημα Β).

$$\text{Η κατανάλωση είναι περίπου } 3\text{kg/m}^2 \times 361,37\text{m}^2 = 1084,11\text{kg}$$

Άρα θα χρειαστούμε 44 σάκους των 25kg x 23€/σάκος= **1012€ για τσιμεντοειδές υλικό CR-65**

Τέλος, για την καλύτερη πρόσφυση των επόμενων στρώσεων που απαιτούνται για την στρώση της μεμβράνης και την καλύτερη σταθεροποίηση της επιφάνειας, περνάμε ένα με δύο χέρια αστάρι, όπως Ceretec CT 14 (Βλέπε παράρτημα Β) στα τοιχία και τα δάπεδα.

Το εμβαδό των τοιχίων υπολογίστηκε παραπάνω σε 361,37m²

Το ωφέλιμο εμβαδών εσωτερικά του υπογείου είναι:

$$978,07 - [(34,96 + 37,08) + (27,68 - 0,60) + (27,29 - 0,60) \times 0,20] = 952,91\text{m}^2$$

Το αστάρι εφαρμόζεται σε συνολική επιφάνεια 361,37+952,91=1314,28m². Εφόσον η κατανάλωση ανέρχεται στα 212,5ml/m², θα χρειαστούμε 11 συσκευασίες των 25lit x 222,20€/συσκευασία=2444,20€ και μία συσκευασία των 5lit x 52,50€/συσκευασία=52,50€. Συνολικά **2496,70€ για αστάρι Ceretec CT 14**

Εφόσον το υπόβαθρό βρίσκεται σε άριστη κατάσταση, μπορεί στη συνέχεια να ακολουθήσουν τα στάδια εφαρμογής της αυτοκόλλητης μεμβράνης Bituthene BT 21.

Αναφορά στις οδηγίες εφαρμογής της μεμβράνης έχει γίνει στο Κεφάλαιο 5, Ενότητα 2: Μεμβράνες. Σε αυτά τα βήματα παραλείπεται η προετοιμασία υποβάθρου καθώς ακολουθήσαμε τις παραπάνω εργασίες με επισκευαστικά κονιάματα για μπετόν και η προεπάλειψη καουτσούκ, δηλαδή με αστάρι Ceresit CP 42.

Οι ατέλειες που μπορεί να παρατηρηθούν μετά την επάλειψη καουτσούκ, διορθώνονται όχι πια βέβαια με τσιμεντοειδή υλικά αλλά με ασφαλικό στόκο CP 55 (Βλέπε παράρτημα Β).

Εκτιμάτε ότι μία συσκευασία των 3kg επαρκεί για την σφράγιση οπών κλπ. Το κόστος της συσκευασίας των 3kg ανέρχεται στα **19,00€ για CP 55**

Τα περισσεύματα από την κομμένη μεμβράνη θα μας χρησιμεύσουν εκτός από τα σημεία που αναφέρονται στο κεφάλαιο 5 και για την σφράγιση των σημείων απ' όπου θα περάσουν τα δίκτυα εξαερισμού και η στήριξη των σωλήνων μηχανολογικών εγκαταστάσεων στο χώρο του λεβητοστασίου.

Η μεμβράνη ΒΤ 21 θα εφαρμοστεί σε περιμετρικά τοιχία και δάπεδο, άρα σε $1314,28\text{m}^2$. Η συσκευασία της ΒΤ 21 διαστάσεων $15 \times 1\text{m}$, καλύπτει επιφάνεια $(15 \times 0,90\text{m}) = 13,50\text{m}^2$.

Άρα 98 συσκευασίες $\times 230,00\text{€}/\text{συσκευασία} = \mathbf{22540\text{€}}$ για μεμβράνες ΒΤ 21

Εννοείται πως μετά την ασφάλιση του άνου μέρους της μεμβράνης δεν ακολουθεί τοποθέτηση γεωυφάσματος αφού οι εργασίες γίνονται εσωτερικά του κτιρίου.

Για την προστασία της μεμβράνης και την αισθητική ανάδειξη του χώρου θα ακολουθήσει τοποθέτηση κατάλληλων δαπέδων για τη χρήση του χώρου και κατασκευή περιμετρικών τοίχων.

Στο δάπεδο θα ρίξουμε μία παχιά, πάχους περίπου 8cm, στρώση τσιμεντοκονίας πάνω στην οποία θα καθίσουν «κολυμβητά» και «αυτόφερόμενα», με το βάρος τους δηλαδή, τα πλακάκια ή ότι άλλο πρόκειται να επιλεγεί ως υλικό δαπέδοστρωσης. Για να έχουν όμως μία εσωτερική συνοχή, εφόσον είναι εξ ορισμού κουφωμένα, τα σπλίζουμε με πλέγμα.

Για την τσιμεντοκονία θα χρησιμοποιήσουμε $200\text{kg}/\text{m}^3$

Το ωφέλιμο εμβαδόν μας είναι $952,91\text{m}^2 \times 0,08\text{m} = 76,23\text{m}^3 \times 200\text{kg}/\text{m}^3 = 15.25\text{kg} \times 0,20\text{€}/\text{kg} = \mathbf{3,05\text{€}}$ για μαύρο τσιμέντο

Το υαλόπλεγμα ^[αναφορά 51] που τοποθετούμε έχει μέγεθος βροχίδας 12x12mm (Βλέπε παράρτημα Β). Θα πρέπει οι στρώσεις του υαλοπλέγματος να επικαλύπτονται 10cm μεταξύ τους. Το συγκεκριμένο μέγεθος βροχίδας, είναι ιδανικό για επιτόπου παραγόμενα επιχρίσματα.

Για την κάλυψη του δαπέδου το οποίο έχει εμβαδό 952,91m², θα καταναλώσουμε περίπου 21 ρολά διαστάσεων 50,00x1.00m της Sika (Βλέπε παράρτημα Β). Το κόστος ανέρχεται στα 0,59€/m²×952,91m²= **562.22€ για υαλόπλεγμα**

Όσον αφορά την προστασία της μεμβράνης στις **κατακόρυφες** επιφάνειες, πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι οι σοβάδες δεν έχουν πρόσφυση, δεν «πιάνουν» ποτέ πάνω σε οργανικά υλικά (μεμβράνες, ασφαλτόπανα κλπ.) διότι μετά από λίγες βδομάδες κουφώνουν και πέφτουν.

Οπότε, έχουμε δύο κύριες λύσεις. Η μία είναι να χτίσουμε πάνω στην τσιμεντοκονία του δαπέδου έναν δεύτερο τοίχο παράλληλα με τα τοιχεία, ο οποίος θα είναι είτε από κοινά τούβλα, είτε από YTONG. Ή, σαν δεύτερη λύση, ποιο λεπτή, μπορούμε να ντύσουμε τους τοίχους με γυψοσανίδα.

Έχοντας υπόψη μας ότι για να είναι κατοικήσιμο ένα υπόγειο δεν αρκεί η στεγανοποίηση και προφύλαξή του από το ραδόνιο αλλά επιπλέον η θερμομόνωσή του.

Στην περίπτωση επένδυσής με γυψοσανίδα, πετυχαίνουμε θερμομόνωση, τοποθετώντας ορυκτοβάμβακα ανάμεσα στους ορθοστάτες. Προσοχή πρέπει να δοθεί στα σημεία που θα τρυπήσουμε την μεμβράνη για να στερεώσουμε τους οδηγούς για τις γυψοσανίδες καθώς θα πρέπει να γίνει επιμελημένη σφράγιση των σημείων με κομμάτια BT 21.

Επίσης το YTONG έχει αυξημένες θερμομονωτικές ιδιότητες οπότε το μόνο που χρειάζεται είναι μόνο σπατουλάρισμα η σοβάτισμα, ανάλογα τις προτιμήσεις των χρηστών.

Στο συγκεκριμένο έργο επιλέγουμε κτίσιμο τοίχου με YTONG λόγω της κατασκευαστικής κυρίως ευκολίας και σοβάτισμα αυτού.

Το κτίσιμο εσωτερικού τοίχου έχει εμβαδό $361,00\text{m}^2$, άρα θα χρειαστούμε τεμάχια YTONG διαστάσεων $0,25 \times 0,60\text{m}$. Για 1m^2 τοίχου απαιτούνται $1\text{m}^2 / 0,15\text{m}^2 = 7$ τεμάχια/ $\text{m}^2 \times 361,00\text{m}^2 = 2527$ τεμάχια $\times 2,50\text{€}/\text{τεμάχιο} = \mathbf{6317,50\text{€}}$ για YTONG

Για τα επιχρίσματα, σύμφωνα με την περιγραφή των επιχρισμάτων τοιχοποιίας που αναφέρουμε στο Παράρτημα Β, θα χρειαστούμε συνολικά:

Τσιμέντο μαύρο: $3555,59\text{kg}$ Δηλαδή, 71 σάκοι των 50kg και 1 σάκος των 25kg . Το κόστος αυτών είναι, 8€ ο 50kg σάκος $\times 71 = 568\text{€}$ και 5€ ο 25kg σάκος $= 5\text{€}$. Συνολικό κόστος **573€ για μαύρο τσιμέντο.**

Τσιμέντο λευκό: 217kg Δηλαδή 4 σάκοι των 50kg και 1 σάκος των 25kg . Το κόστος αυτών είναι, $12,50\text{€}$ ο 50kg σάκος $\times 4 = 50\text{€}$ και 7€ ο 25kg σάκος $= 7\text{€}$. Συνολικό κόστος **57€ για λευκό τσιμέντο.**

Άμμος: $7,13\text{ton} \times 18\text{€}/\text{ton} = \mathbf{128.35\text{€}}$ για άμμο

Μαρμαρόσκονη: $1,7\text{ton} \times 50\text{€}/\text{ton} = \mathbf{85\text{€}}$ για μαρμαρόσκονη

Πολτός ασβέστη: 2140kg Δηλαδή 86 τσουβαλάκια των $25\text{kg} \times 3\text{€}/\text{τσουβαλάκι} = \mathbf{258\text{€}}$ για πολτό ασβέστη.

Το κόστος συνολικά για τα μέτρα που ακολουθήθηκαν στο υπάρχον κτίριο για την φραγή του ραδονίου εκτός του συστήματος εξαερισμού, ανέρχεται σε $34577,12$ σε κτίριο $978,07\text{m}^2$. Περίπου $35,30\text{€}/\text{m}^2$.

Το τελευταίο μέτρο, όπως προαναφέραμε, είναι η μελέτη και εφαρμογή συστημάτων εξαερισμού. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι στους εσωτερικούς χώρους είναι μεγαλύτεροι κατά 2- 5 φορές από την περιβάλλουσα ατμοσφαιρική ρύπανση και δεδομένου ότι καταναλώνουμε το 90% του χρόνου μας αναπνέοντας εσωτερικό αέρα, αντιλαμβανόμαστε την επιτακτική ανάγκη για ένα σωστό σύστημα εξαερισμού ^[αναφορά 37]. Αρμόδιος για την μελέτη είναι ο Μηχανολόγος Μηχανικός.

Η μελέτη των συστημάτων εξαερισμού εξαρτάτε από την χρήση του χώρου. Έτσι επιλέξαμε ο χώρος του υπογείου να χρησιμοποιηθεί ως εργαστήρια και χώρος κατασκευής μακετών. Η διάταξη των χώρων φαίνεται στα σχέδια στο παράρτημα Γ.

Επειδή το ραδόνιο συσσωρεύεται κάτω από το κτίριο, αυξάνετε η ποσότητά του και τείνει να εισχωρήσει στο κτίριο. Σε περίπτωση που δεν είχαμε δημιουργήσει την στεγανολεκάνη με τις μεμβράνες, θα εισχωρούσε από το έδαφος των θεμελίων μέσω της πλάκας του υπογείου. Τότε, η λύση θα ήταν να τοποθετήσουμε το σύστημα εξαερισμού στο κάτω μέρος του χώρου του υπογείου με κατασκευή ψευδοδαπέδου. Έτσι δεν θα εμποδίζαμε το ραδόνιο να εισέρθει στο χώρο, αλλά θα το διοχετεύαμε άμεσα, πάλι έξω στην ατμόσφαιρα.

Στην τεχνική που ακολουθήσαμε με την μόνωση μέσω μεμβρανών, το ραδόνιο πιθανόν να εισέρθει στο κτίριο από το ανώτατο σημείο των τοιχίων. Καθώς η συγκέντρωση του θα είναι αυξημένη, θα διαπεράσει του πόρους του υλικού (σκυρόδεμα) και τις τριχοειδής ρωγμές ή αρμούς που υπάρχουν και θα εισέρθει από το ανώτατο σημείο των τοιχίων, εκεί που τελειώνει η μεμβράνη. Έχοντας υπόψη μας αυτή την διαδρομή του αερίου κρίνεται σκόπιμο να τοποθετήσουμε τα συστήματα εξαερισμού στην οροφή του χώρου με κατασκευή ή μη ψευδοροφής ώστε να είμαστε εξασφαλισμένη σε κάθε ενδεχόμενο.

Σύμφωνα με την μελέτη εξαερισμού που περιγράφεται στο Παράρτημα Β, το κόστος των εγκαταστάσεων εξαερισμού θα είναι 6744€.⁵²

7.2 Σύγκριση κοστολογίου επεμβάσεων σε νέο και υπάρχον κτίριο

Συγκρίνοντας το κόστος των επεμβάσεων στις δύο παραπάνω περιπτώσεις, προκύπτει ότι μεγαλύτερο κόστος έχουμε σε υπάρχον κτίριο. Αυτό το αυξημένο κόστος μπορεί να αποδοθεί στις περισσότερες εργασίες που απαιτούνται. Πράγματι, σε νέο ανεγερθέν κτίριο, όπως προαναφέραμε, περιλιπτικά οι εργασίες που γίνονται είναι:

129_____

⁵² Προσφορά από Νεοψυκτική Κορίνθου (Ανδριανόπουλος Γρηγόρης) fax: 27410 85113(Απρίλιος 2010)

1. κατασκευή αεριζόμενης θεμελίωσης,
2. τοποθέτηση μεμβρανών στα περιμετρικά τοιχία και
3. σύστημα εξαερισμού.

Ενώ οι εργασίες που γίνονται σε ήδη υπάρχον είναι:

1. εξυγίανση περιμετρικών τοιχίων (υδρομόνωση αυτών εφόσον απαιτείται)
2. τοποθέτηση μεμβρανών σε περιμετρικά τοιχία και επιπλέων στο δάπεδο,
3. προστασία μεμβράνης (κατασκευή τοίχου κλπ) και
4. σύστημα εξαερισμού.

Στη σύγκριση του κόστους δεν περιλαμβάνονται τα συστήματα εξαερισμού που ούτως ή άλλως κατασκευάζονται και στις δύο περιπτώσεις καθώς επίσης και οι εργασίες που γίνονται έτσι και αλλιώς κατά την κατασκευή ή την χρήση του χώρου (π.χ. μπετόν καθαριότητας, τοιχοποιίες εσωτερικής διαρρύθμισης κ.λ.π.).

Το συνολικό κόστος για νέο ανεγερθέν κτίριο, εκτός των ούτως ή άλλως εργασιών, ανέρχεται σε 9661,90 σε κτίριο 978,07m², δηλαδή περίπου 9,90€/m². ενώ στο υπάρχον κτίριο ανέρχεται σε 34577,12 σε κτίριο 978,07m², δηλαδή περίπου 35,30€/m². Δηλαδή το κόστος των επεμβάσεων σε υπάρχον κτίριο έναντι του νέο ανεγερθέν είναι **3 φορές ανεβασμένο**. Εφόσον εξ αρχής λάβουμε τα απαραίτητα μέτρα για την φραγή κατά του ραδονίου, τότε εξοικονομούμε **-70%** σε χρήματα και αρκετό χρόνο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΣ ΡΑΔΟΝΙΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ Ι. ΜΑΚΡΥΓΕΝΝΗ

8.1 Σκοπός

Σκοπός των μετρήσεων που διεξάχθηκαν στο κτίριο Ι. Μακρυγέννη όπου στεγάζονται τα τμήματα, Ανακαίνισης & Αποκατάστασης Κτιρίων καθώς επίσης και το τμήμα Λογοθεραπείας, είναι να εξακριβώσουμε την συγκέντρωση του ραδονίου στον αέρα εσωτερικά του κτιρίου. Κρίνεται αναγκαία η εκτίμηση της συγκέντρωσης αυτής, προκειμένου να προχωρήσουμε στην σύνταξη μελέτης αποκατάστασης του προβλήματος εφόσον αυτό κρίνεται απαραίτητο.

8.2 Θεωρία

Το ραδόνιο εισρέει εσωτερικά του κτιρίου σε ποσοστό 90% απ' το έδαφος, με αποτέλεσμα να έχουμε περισσότερες πιθανότητες να ανιχνεύσουμε το ραδόνιο χαμηλά, κοντά στο έδαφος παρά μακριά από αυτό.

Πράγματι, όπως παρατηρούμε παρακάτω, προτιμήθηκε να τοποθετηθούν περισσότεροι ανιχνευτές στα χαμηλότερα επίπεδα του κτιρίου, εφ' όσων αυτά χρησιμοποιούνται, και λιγότεροι όσο ανεβαίνουμε επίπεδο. Έτσι, δόθηκε έμφαση στις αντίστοιχες μετρήσεις του ισογείου και 1^{ου} ορόφου.

Όπως προαναφέρεται στην παρούσα πτυχιακή, για μία αντιπροσωπευτικότερη και άρα μεγαλύτερης ακρίβειας μέτρηση της συγκέντρωσης του ραδονίου, απαιτείται να διεξαχθούν μακράς διάρκειας μετρήσεις. Μακράς διάρκειας θεωρούνται οι μετρήσεις τριών μηνών και άνω, όπως τελικά διεξαγάγαμε και στο υπο μελέτη κτίριο «Ι. Μακρυγέννη».

Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήσαμε δύο ειδών μετρητές. Η αρχή λειτουργίας των μετρητών που χρησιμοποιήσαμε στις πειραματικές μετρήσεις, είναι όμοια μεταξύ τους και περιγράφεται παρακάτω.

8.2.1 Ανιχνευτές TASTRAK CR-39

8.2.1.1 Ανιχνευτής:



Εικόνα 8- 1 Επιφάνεια του πλαστικού CR-39 (TASTRAK) ^[αναφορά 53]

Ο ανιχνευτής ραδονίου της εταιρίας TASTL, αποτελείται από ένα διακριτικό σώμα με μορφή μικρού πλαστικού μαύρου δοχείου και ένα στοιχείο TASTRAK CR-39, το οποίο είναι ευαίσθητο σε σωματίδια άλφα ακτινοβολίας ^[αναφορά 53]. Αυτά τα άλφα-σωματίδια από την ραδιενεργό διάσπαση του ραδονίου, διαχέονται στο δοχείο και προσκρούουν στην επιφάνεια αυτού του φιλμ δημιουργώντας ίχνη. Αυτά τα ίχνη μπορούμε να τα παρομοιάσουμε, ως προς τη μορφή τους, με μικροσκοπικούς κρατήρες. Καθώς οι κομήτες προσκρούουν στην επιφάνεια της σελήνης έτσι και οι πυρήνες ηλίου οι στην επιφάνεια του φιλμ.

8.2.1.2 Tastrak πλαστικό:



Εικόνα 8- 2 Παθητικός ανιχνευτής TASTRAK ^[αναφορά 53]

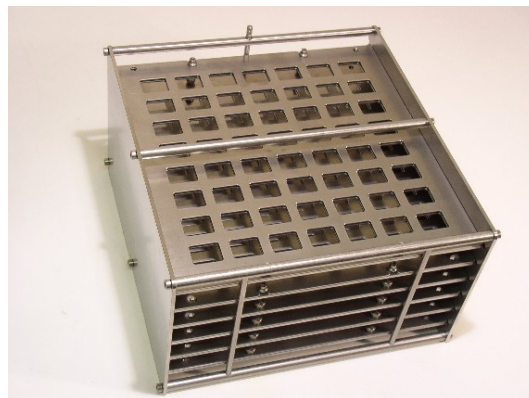
Η φωτογραφία δείχνει τον TASTRAK πλαστικό ανιχνευτή, μεγέθους 25mm τετραγωνικού σχήματος, τοποθετημένο στη βάση RADOSURE του παθητικού ανιχνευτή ραδονίου. Ο ανιχνευτής απλά συναρμολογείται κουμπώνοντας το καπάκι της βάσης συγκράτησης, πάνω στη βάση.

Για την σαφέστερη ανάγνωση των ιχνών και την πλήρη αποκάλυψη αυτών προαπαιτείτε η εμβάπτιση των φιλμ σε καυστικά αλκάλια. Για την ευκολότερη εμβάπτιση και σάρωση αυτών χρησιμοποιούνται ιδιικές ανοξείδωτες εσχάρες συγκράτησης των φιλμ. Αυ-

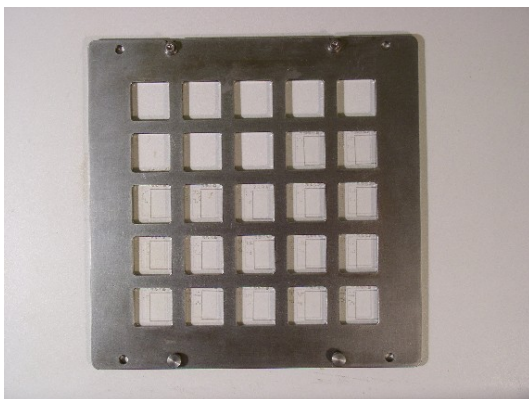
τές οι πλάκες συγκράτησης έχουν ειδικά διαμορφωμένες θέσεις όπου τοποθετούνται τα film σε ποικίλα μεγέθη. Όσο πιο μικρές είναι οι διαστάσεις των film τόσο πιο πολλά χωράνε.



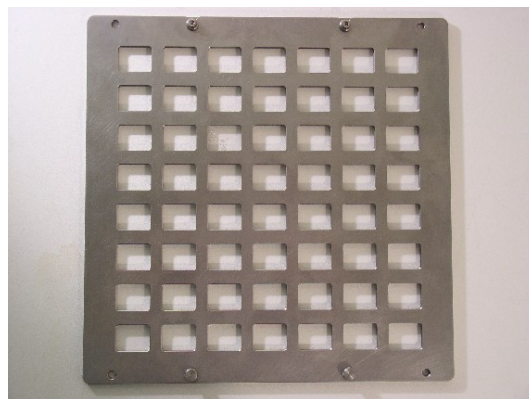
Εικόνα 8- 3 Μεγάλου μεγέθους Etch δίσκος, με διαμορφωμένες υποδοχές για 49 TASL και κωδικοποίηση ανιχνευτών, 25 τετραγωνικών η κάθε μία ^[αναφορά 53].



Εικόνα 8- 4 Ένα σύνολο από 6 πλάκες που ταιριάζουν μέσα στο πλαίσιο εγχαράξης ^[αναφορά 53].



Εικόνα 8- 5 Μικρό μέγεθος συγκράτησης, διαμορφωμένο για 25 TASL ^[αναφορά 53].



Εικόνα 8- 6 Μεγάλου μεγέθους δίσκος συγκράτησης Etch σάρωσης κατασκευασμένος για μέγεθος "Autoscan" και κωδικοποιημένα στοιχεία. Μπορεί να χωρέσει 56 film των ανιχνευτών Autoscan ^[αναφορά 53].

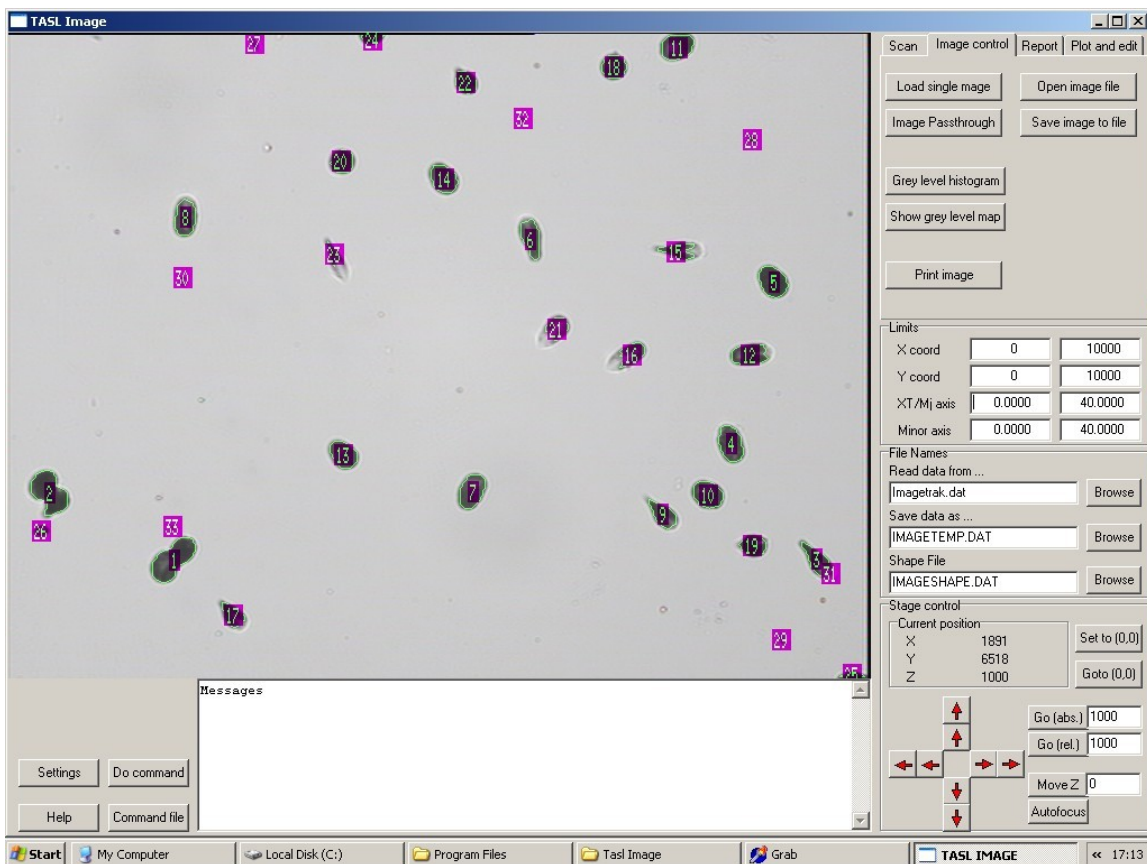
Για την καταμέτρηση των ιχνών στους παθητικούς μετρητές της αγγλικής εταιρίας TASL, όπου και χρησιμοποιήσαμε στις πειραματικές μας μετρήσεις, χρησιμοποιείτε το λογισμικό TASLimage, το οποίο σαρώνει τα πλαστικά film με υψηλή μεγέθυνση, παρέχοντας πολύ καλής ποιότητας ίχνη για την επεξεργασία της εικόνας και την καλύτερη διάκριση μεταξύ των ιχνών και των χαρακτηριστικών του υποβάθρου. Κάθε στοιχείο που βρίσκεται στην εικόνα, αναλύεται χωριστά από το πρόγραμμα, το οποίο κάνει 15 διαφορετικές μετρήσεις για την εξα-



Εικόνα 8- 7 Για κάθε επιλεγμένο ίχνος στο πλαστικό TASTRAK, αντιστοιχεί μία επεξηγηματική διάγνωση των παραμέτρων Etch ^[αναφορά 53].

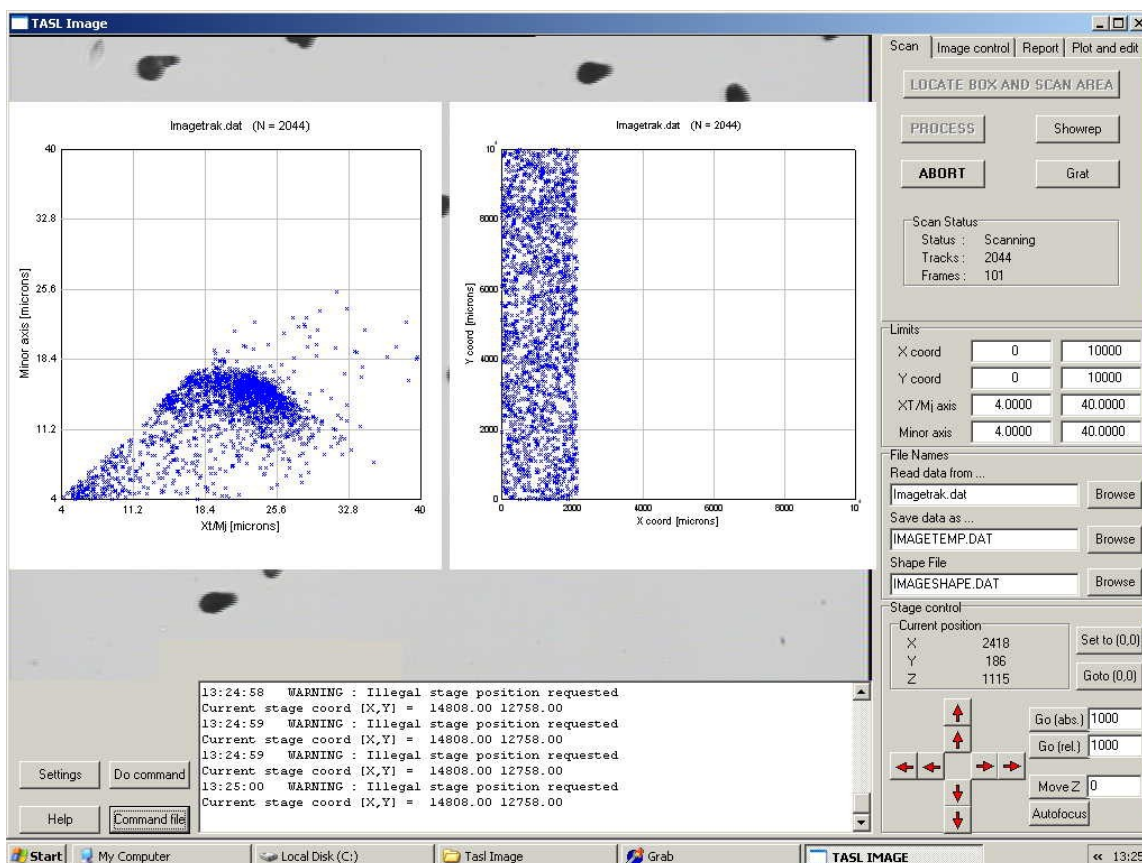
γωγή αξιόπιστων διακρίσεων μεταξύ των κτηριστικών των χαραγμένων κομματιών και του υπόβαθρου στο φιλμ ανάλυσης ή στο σώμα του πλαστικού ανιχνευτή. Οι μετρήσεις αυτές περιλαμβάνουν όλο το μήκος και τη διάμετρο, την οπτική πυκνότητα (μέση αντίθεση εικόνας) και την συμμετρία της εικόνας. Προκειμένου να διασφαλισθεί ότι η περιοχή σάρωσης καλύπτεται πλήρως στο συντομότερο δυνατό χρόνο, οι εικόνες εισάγονται με ταχύτητα 8 πλήρων εικόνων καρέ ανά δευτερόλεπτο. Στα δοσόμετρα του ραδονίου, είναι δυνατόν να γίνουν επιπλέον διακρίσεις μεταξύ των ιχνών του ^{214}Po και του ^{218}Po , εφόσον απαιτείται.

Po , εφόσον απαιτείται.



Εικόνα 8- 8 Μια τυπική εικόνα πλαισίου, που απεικονίζει τους λάκκους των άλφα σωματιδίων, πάνω στο στοιχείο της επιφάνειας χαραξέως TASTRAK των ανιχνευτών ραδονίου. Με την λεπτομερή ανάλυση των ιχνών στην εικόνα, αριθμείτε το κάθε ίχνος και αναγνωρίζεται ενόψει της γραμμής του περιγράμματός του η πορεία της τροχιάς του.

Κάθε κομμάτι είναι επακριβώς μετρημένο και οι παράμετροι εξετάζονται ξεχωριστά για τους σκοπούς της κάθε έρευνας ή της βαθμονόμησης. Υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, η επιλογή κομματιών είναι ενσωματωμένη στο λογισμικό, έτσι ώστε να μην απαιτείται η συμμετοχή του χρήστη [αναφορά 53].



Εικόνα 8- 9 Μέρος της του παραθύρου ανάλυσης της εικόνας στο πρόγραμμα. Διατίθεται σε πραγματικό χρόνο, κατά τη διάρκεια της ανάλυσης των ανιχνευτών ραδονίου. Τα τμήματα των παραμέτρων απεικονίζονται σε συνδυασμό με την χάραξη των ιχνών τα οποία τοποθετούνται σε κατερσιανό διάγραμμα, XY θέσεων στην προβαλλόμενη γραμμή έναντι του εύρους των ιχνών [αναφορά 53].

Τα στοιχεία του συστήματος αυτού είναι:

1. Ηλεκτρονικός υπολογιστής pentium 4 στα 2.8GHz ή γρηγορότερο, με μητρική συμβατή με frame grabber
2. Κάμερα που μπορεί να προγραμματιστεί απ' τον υπολογιστή
3. Frame grabber.
4. Μικροσκόπιο υψηλής οπτικής ποιότητας Nikon με υπεριώδες 3 αξονικό μηχανισμό ελέγχου. Το μικροσκόπιο λαμβάνει μία περιοχή δια-

στάσεων 152x152mm ή 203x203mm, ανάλογα με τις απαιτούμενες αποδόσεις.

5. Το λογισμικό “TASL image” για τη σάρωση των ανιχνευτών, λειτουργεί πλήρως αυτοματοποιημένα.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της εικόνας TASL είναι τα εξής:

1. Πλήρη αυτοματοποιημένη σάρωση των στιγμάτων και των ιχνών.
2. Πλήρης αυτοματοποιημένη εστίαση μέσω λογισμικού
3. Η μέτρηση των εγχάρακτων στοιχείων μέσω του πολύπλοκου αλγοριθμικού συστήματος ανάλυσης εικόνας που επιτρέπει την διάκριση μεταξύ των εγχάρακτων στοιχείων και του υποβάθρου, χρησιμοποιώντας 15 μετρητικές ιδιότητες για κάθε τοποθετημένο αντικείμενο.
4. Αυτόματος καθορισμός του υποβάθρου, κάθε ανιχνευτή
5. Η πλήρης ανιχνευτική ανάγνωση γίνεται μέσα σε 30 και 60 δευτερόλεπτα ανάλογα με τις ενεργοποιημένες επιλογές του χρήστη.
6. Οι μετρήσεις και ο υπολογισμός των ιχνών είναι διαθέσιμα και για εξωτερική ανάλυση.

Το λογισμικό αποθηκεύει όλες τις μετρήσεις από όλα τα στοιχεία που δέχεται και αποθηκεύει το σύνολο των αποτελεσμάτων σε ένα αρχείο.

Τα δεδομένα της σάρωσης αυτόματα μετατρέπονται σε δόσεις και τα αποτελέσματα εκθέτονται αμέσως στα αρχεία καταγραφής που παρέχονται ως μέρος του λογισμικού “TASL image”. Τα δεδομένα μπορούν επίσης να εξαχθούν και σε άλλα προγράμματα όπως το Excel.

8.2.1.3 Βαθμονόμηση

Η βαθμονόμηση και ο τύπος που χρησιμοποιούν στην Ε.Ε.Α.Ε. είναι διαφορετικός από αυτόν στο Πανεπιστήμιο Πατρών.

Ο τύπος για την συγκέντρωση του ραδονίου με τον οποίο βγάλαμε αποτελέσματα είναι:

$$(\text{ίχνη}/2,6 \cdot \text{h}) \cdot \text{Συγκέντρωση Ραδονίου} = 1000 \cdot \text{ίχνη c-m}^2\text{-20}$$

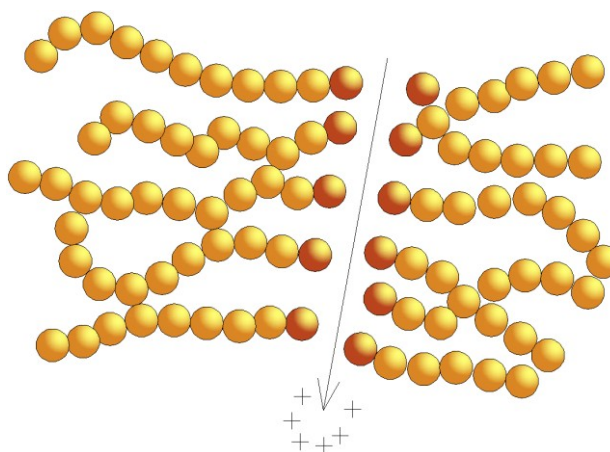
Ο συντελεστής μετατροπής των ίχνων σε Bq m⁻³ του παραπάνω τύπου είναι 2,6.

8.2.2 Μετρητές LR-115 II Πανεπιστημίου Πατρών

Οι μετρητές του Πανεπιστημίου Πατρών αποτελούνται από δύο μέρη. Τον ανιχνευτή και το δοσίμετρο.

8.2.2.1 Ανιχνευτής

Ο ανιχνευτής ραδονίου ο οποίος χρησιμοποιείται για πειραματικές και ερευνητικές μετρήσεις στο πανεπιστήμιο Πατρών, είναι Γαλλικής κατασκευής από την εταιρεία Kodak και ονομάζεται LR-115 II ^[αναφορά 54]. Αποτελείται από ένα film πολυεστέρα πάχους 100 μm, στο οποίο διαστρώνεται νιτρική κυτταρίνη πάχους 12μm χρωματισμένη σκούρα καφέ. Κατά την διαδικασία μεταστοιχείωσης του ραδονίου (Rn) από υψηλής ενέργειας, σε στοιχείο χαμηλότερης ενέργειας, υφίσταται ραδιενεργός διάσπαση του ραδονίου (Rn) κατά την οποία εκπέμπονται σωματίδια α , τα οποία προσκρούουν με γωνία 40° και ενέργεια 2 με 4,5MeV, διασπώντας τους δεσμούς της κυτταρίνης. Έτσι καταγράφονται τα αποτελέσματα, καθώς η μορφή που προκαλείται από την πρόσκρουση είναι συγκεκριμένη για τα σωματίδια α που εκπέμπονται από το ραδόνιο. Αυτοί οι σπασμένοι χημικοί δεσμοί, γίνονται ευδιάκριτοι με την χημική διάβρωση που εφαρμόζεται στο film.



Εικόνα 8- 10 Αναπαράσταση των σπασμένων χημικών δεσμών της νιτρικής κυτταρίνης από την πρόσκρουση των σωματιδίων α , προερχόμενων από το ραδόνιο ^[προσωπικό αρχείο].

⁵⁴ Διπλωματική Εργασία : Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας, Τομέας Πυρηνικής Χημείας. Θέμα: Μέτρηση φυσικής ραδιενέργειας στην περιοχή της Μεγαλόπολης Αρκαδίας. Μανούσacas Μανούσος- Ιωάννης- Πατσαευθυμίου Ελένη Πάτρα 2008

Το ερώτημα που γεννάτε είναι, πως καταγράφονται μόνο τα ίχνη που αφήνουν τα σωματίδια –α προερχόμενα από το ραδόνιο;

Τα σωματίδια –α που προέρχονται από το ραδόνιο έχουν ενέργεια 5,5MeV, ενώ αυτά που προέρχονται από τα θυγατρικά του έχουν μεγαλύτερες ενέργειες. Η εξασφάλιση ότι, τα σωματίδια από τα θυγατρικά του ραδονίου δεν θα αφήσουν ίχνη όμοια με του ραδονίου, γίνεται μέσω της κατάλληλης ρύθμισης του δοσίμετρου. Δηλαδή εξασφαλίζουμε ότι υπάρχει απόσταση τέτοια από την είσοδο του μέχρι να χτυπήσουν τον καταγραφέα (κάτι που εξασφαλίζει την σωστή ποσότητα αέρα) που μόνο αυτά με αρχική ενέργεια 5,5 MeV θα καταγράφονται, καθώς τα σωματίδια –α χάνουν την ενέργειά τους συγκρουόμενα με τα μόρια του αέρα.

Το film (LR-115 II) το οποίο βρίσκεται κολλημένο στον πυθμένα του δοσίμετρου που θα περιγράψουμε παρακάτω, έχει διαστάσεις 10mm x25mm. Το κομμάτι 10mm x 15mm εκτίθεται στον περιβαλλοντικό αέρα του πεδίου μέτρησης, ενώ το υπόλοιπο καλύπτεται από το ίδιο το υλικό και χρησιμοποιείται για την μέτρηση του υποστρώματος.

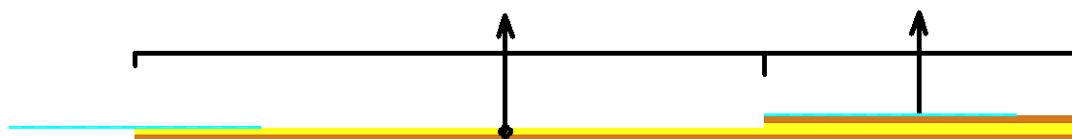
Πολλές φορές, το ειδικό film παραμένει αρκετό καιρό αποθηκευμένο μέχρι τη χρήση του. Για την καλύτερη συντήρησή του, αποθηκεύεται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Όμως κατά το διάστημα αποθήκευσης, κάποιες ακτινοβολίες, έστω και ελάχιστες, είναι αναπόφευκτες. Γι' αυτό το λόγο, η τοποθέτηση του film, γίνεται με τρόπο όπως προαναφέραμε, ώστε να εξασφαλίζεται ένα τμήμα του film, το οποίο να έχει εκτεθεί μόνο στις ακτινοβολίες που δέχτηκε κατά την αποθήκευση, ενώ στο υπόλοιπο τμήμα περιέχονται επιπλέον τα ίχνη που προήλθαν απ' τις ακτινοβολίες στο πεδίο μέτρησης.

Για να βρούμε το *πλήθος των ιχνών που προκλήθηκαν απ' τις ακτινοβολίες στο πεδίο της μέτρησης*, αφαιρούμε απ' την καταμέτρηση των ιχνών στο κομμάτι που δέχτηκε συνολικά όλες τις ακτινοβολίες (δηλαδή, στο χώρο του πεδίου μέτρησης και στο χώρο αποθήκευσης), την καταμέτρηση των ιχνών απ' το κομμάτι που έχει εκτεθεί μόνο στις ακτινοβολίες κατά την αποθήκευσή του.

Ίχνη απ' το πεδίο μετρήσεων= Σ ιχνών τμήματος A - Σ ιχνών τμήματος B

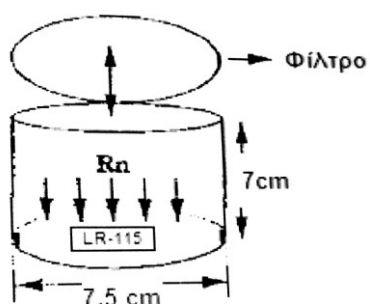
A: τμήμα film, που εκτέθηκε σε ακτινοβολίες στο χώρο αποθήκευσης + το χώρο στο πεδίο των μετρήσεων.

B: τμήμα film, που εκτέθηκε μόνο στο χώρο αποθήκευσης



Εικόνα 8- 11 Τμήματα του film εκτεθειμένα στις αντίστοιχες ακτινοβολίες ^[προσωπικό αρχείο].

8.2.2.2 Δοσίμετρο:



Εικόνα 8- 12 Διάταξη δοσίμετρου με διαστασιολόγησή του ^[αναφορά 54] αεροζόλ. Το ύψος από την είσοδο του δοσίμετρου μέχρι το φιλμ είναι τέτοιο,

ώστε να μειώνεται η αρχική ενέργεια των σωματιδίων και να είναι δυνατή η καταγραφή των ιχνών. Στην κάτω πλευρά του κυλίνδρου είναι το καπάκι αυτού του μεταλλικού «κουτιού» στο οποίο εσωτερικά είναι κολλημένο, με κολλητική ταινία, το film πάνω στο οποίο χαράσσονται τα ίχνη.

Δεν θα πρέπει να παρεμβάλλονται πολλές μέρες μεταξύ της ημέρας συναρμολόγησης του μετρητή και της τοποθέτησής του στο πεδίο των μετρήσεων. Σε κάθε περίπτωση όμως, οι μετρητές τυλίγονται με φύλλα αλουμινοχαρτου για μια υποτυπώδη «θωράκισή» τους απ' τις ακτινοβολίες.

8.2.2.3 Βαθμονόμηση δοσίμετρου:

Η βαθμονόμηση των δοσίμετρων τα οποία μας παραχωρήθηκαν από το πανεπιστήμιο Πατρών για την διεξαγωγή των μετρήσεων, έγινε στο εργαστήριο πυρηνικής τεχνολογίας του ΕΜΠ στην Αθήνα.

Σε θάλαμο ραδονίου τρεις ανιχνευτές εκτέθηκαν σε $20396\text{Bq}\cdot\text{d}\cdot\text{m}^{-3}$ συγκέντρωση ραδονίου, σε ελεγχόμενες και προκαθορισμένες συνθήκες. Μέσω της καταμέτρησης των ιχνών στην συγκεκριμένη βαθμονόμηση, γνωρίζουμε ότι καταγράφηκαν 727 ίχνη σε επιφάνεια film $0,64\text{cm}^2$.

Άρα, η συγκέντρωση του ραδονίου στους ανιχνευτές δίνεται από τον τύπο:

$$C_R=(\text{ίχνη} \times 20396\text{Bq d m}^3)/(\text{727 ίχνη} \times d)$$

Όπου,

Ίχνη: ο αριθμός των καταμετρούμενων ιχνών σε κάθε film

d: το χρονικό διάστημα σε μέρες, κατά το οποίο εκτέθηκαν οι μετρητές για την λήψη στοιχείων.

8.3 Πειραματική διαδικασία

Στο κτίριο τοποθετήθηκαν δύο ειδών ανιχνευτές, οι πλαστικοί ανιχνευτές Tastrak (CR-39) της αγγλικής εταιρίας TASL και οι ειδικοί ανιχνευτές LR-115 II.

Συγκεκριμένα, τοποθετήθηκαν τέσσερις (4) ανιχνευτές της TASL και δέκα (10) LR-115 II. Οι ακριβείς θέσεις αυτών φαίνονται στα σχέδια των κατόψεων του κτιρίου.

Οι χρονικοί περίοδοι μετρήσεων των ανιχνευτών Tastrak, ήταν από 29/07/2009 έως 01/12/2009. Δηλαδή, για διάστημα τριών (3) μηνών.

Αντίστοιχα για τους LR-115 II, ήταν από 10/09/2009 έως 20/01/2010. Για διάστημα τεσσάρων (4) μηνών.

Παρακάτω, αναφέρουμε αναλυτικά τους ανιχνευτές που υπήρχαν σε κάθε όροφο του κτιρίου.

Υπόγειο: Δεδομένου ότι, το υπόγειο στην παρούσα φάση δεν χρησιμοποιείται, θεωρείται ακίνδυνη για την υγεία των χρηστών του κτιρίου, η παρουσία του ραδονίου, εφ' όσον αυτό περιορίζεται στο συγκεκριμένο επίπεδο. Έτσι τοποθετήθηκαν μόνο δύο (2) ανιχνευτές. Επιλέχτηκε, οι ανιχνευτές να είναι ένας από κάθε είδος ώστε να συγκριθεί η απόκλιση των αποτελεσμάτων που εξάγονται από τον κάθε έναν απ' αυτούς. Οι θέσεις αυτών, όπως φαίνεται άλλωστε

και στην κάτοψη υπογείου, είναι αντιδιαμετρικές για την καλύτερη «κάλυψη» του χώρου.

Ισόγειο: Στο ισόγειο τοποθετήθηκαν τέσσερις (4) ανιχνευτές, περισσότεροι δηλαδή από κάθε άλλο επίπεδο. Ο μεγάλος αριθμός των μετρητών αυτών, οφείλεται στο γεγονός ότι το ισόγειο είναι ο χαμηλότερος χρησιμοποιούμενος χώρος, δηλαδή ο κοντινότερος στο έδαφος και άρα, ο πιθανότερος να παρουσιάσει την μεγαλύτερη συγκέντρωση ραδονίου απ' τις συνολικές μετρήσεις που θα γίνουν στο κτίριο. Σε αυτών τον όροφο, τοποθετήθηκε ένας (1) ανιχνευτής Tastrak στο χώρο κεντρικά του κτιρίου όπου χρησιμοποιείται για την αναμονή των φοιτητών. Αυτός ο χώρος, επιπλέον, έχει ελλιπή εξαερισμό. Οι άλλοι τρεις (3) ανιχνευτές τοποθετήθηκαν, ο ένας σε γραφείο καθηγητή λίγων τετραγωνικών το οποίο παρέμενε τον περισσότερο καιρό κλειστό και οι άλλοι δύο σε αίθουσες διδασκαλίας στα βορειοανατολικά και νότια του κτιρίου.

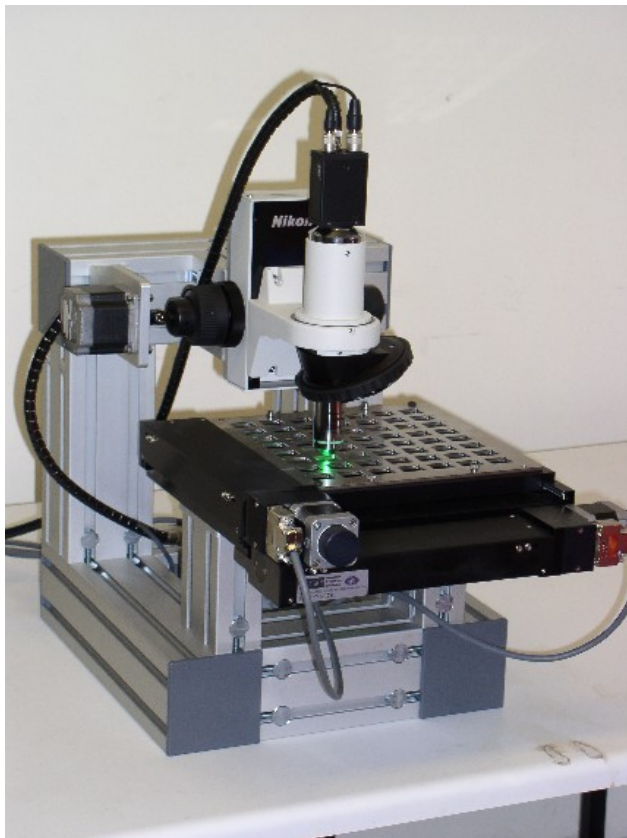
1^{ος} όροφος: Στον πρώτο όροφο τοποθετήθηκαν τρεις (3) ανιχνευτές. Ένας (1) ανιχνευτής Tastrak όπως στο ισόγειο, δηλαδή στο χώρο αναμονής των φοιτητών και άλλοι δύο (2) του παν/μίου, εκ των οποίων ο ένας σε αίθουσα διδασκαλίας δυτικά του κτιρίου και ο άλλος στο χώρο των λουτρών καθώς θεωρείται αξιοπρόσεκτη η έκκριση ραδονίου απ' το νερό στους χώρους αυτούς.

2^{ος} όροφος: Όμοια με τον 1^ο όροφο και εδώ τοποθετήθηκαν τρεις (3) ανιχνευτές. Ο ανιχνευτής Tastrak τοποθετήθηκε στο διάδρομο ενώ οι άλλοι δύο (2) στις αίθουσες διδασκαλίας, βορειοδυτικά και νοτιοανατολικά.

3^{ος} όροφος: Τέλος, στον ανώτατο όροφο του κτιρίου υπάρχουν οι λιγότερες πιθανότητες να ανιχνευτούν αξιόλογες συγκεντρώσεις ραδονίου καθώς η στάθμη του επιπέδου αυτού είναι αρκετά μακριά από το έδαφος. Έτσι, εδώ τοποθετήθηκαν, όπως και στο υπόγειο, μόνο δύο (2) ανιχνευτές απ' το παν/μιο. Ένας στη γραμματεία βορειοδυτικά και ένας σε αίθουσα διδασκαλίας νοτιοανατολικά.

8.3.1 Ανιχνευτές Tastrak

Μετά την πάροδο των τριών μηνών, οι ανιχνευτές Tastrak, αποστάλθηκαν στην Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (Ε.Ε.Α.Ε.) στην Αθήνα, για την



Εικόνα 8- 13 Μικροσκόπιο υψηλής οπτικής ποιότητας Nikon με υπεριώδες 3 αξονικό μηχανισμό ελέγχου ^[αναφορά 53].

εμφάνιση των αποτελεσμάτων. Ο τρόπος εξαγωγής των σμάτων αυτών, περιγράφεται νοπτικά και παραστατικά παρακάτω.

Αφού βγάλουμε τους ανιχνευτές από το κτίριο, τους συσκευάζουμε στην ειδική αλουμινένια σακούλα και τους αποστέλλουμε στα εργαστήρια της Ε.Ε.Α.Ε., όπου, αφού ανοιχτούν οι πλαστικές, μαύρες, προστατευτικές θήκες, αφαιρούνται τα φιλμ Tastrak και τοποθετούνται στην πλακέτα συγκράτησης. Στην συνέχεια, εμβαπίζονται σε καυστικά αλκάλια για προκαθορισμένη διάρκεια και αφού βγουν από το υγρό αφήνονται έως ότου ξηραθούν. Τέλος τα

φιλμ Tastrak «σαρώνονται», ενώ είναι στην βάση συγκράτησης. Η ανάγνωση των ιχνών γίνεται με τη χρήση μικροσκοπίου υψηλής ποιότητας (Nikon cfi series). Η μεγέθυνση, είναι τέτοια ώστε να είναι δυνατή η διαφορά του υποβάθρου απ' τα ίχνη. Η καταμέτρηση των ιχνών γίνεται, είτε απ' τον μελετητή, είτε αυτόματα μέσω του λογισμικού της TASL image.



Εικόνα 8- 14 Το Film Tastrak εσωτερικά του μετρητή της TASL *[προσωπικό αρχείο]*.

Τέλος, η αναγωγή απ' την απλή καταμέτρηση σε μονάδες συγκεντρώσεως, δηλαδή σε Bq/m^3 , γίνεται με την εφαρμογή εξίσωσης η οποία στηρίζεται σε πρότυπη μέτρηση βαθμονόμησης της Ε.Ε.Α.Ε..

8.3.2 LR-115 II

Η διαδικασία εμφάνισης και καταμέτρησης των ιχνών στους ανιχνευτές ραδονίου του Πανεπιστημίου Πατρών, είναι όμοια με της TASL.

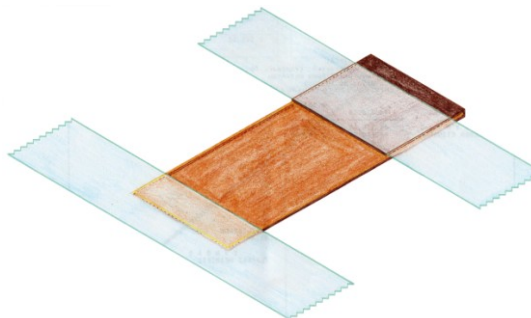
Παρακάτω, περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία από την συναρμολόγηση των μετρητών μέχρι την καταμέτρηση των ιχνών.

Συναρμολόγηση:

Όπως προαναφέραμε στο θεωρητικό κομμάτι, οι μετρητές αποτελούνται από το μεταλλικό στοιχείο, το ύφασμα στην άνω πλευρά και το επίσης μεταλλικό καπάκι στην κάτω πλευρά. Η διαδικασία της συναρμολόγησής τους περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

1. Το film κόβεται στις απαραίτητες διαστάσεις (10mm x25mm).
2. Διπλώνεται στο 1/5 του μήκους του και

3. Επικολλάται με κολλητική ταινία στην μέσα πλευρά απ' το καπάκι του μεταλλικού στοιχείου. Θα πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή ώστε η εγχάρακτη, «καλή» πλευρά του film, να τοποθετηθεί εκτεθειμένη στον ατμοσφαιρικό αέρα και η επιφάνεια όπου θα διπλωθεί το φιλμ εφάπτεται μεταξύ του πλήρως ώστε να μην εκτίθεται στον ατμοσφαιρικό αέρα.



Εικόνα 8- 15 Διπλωμένο film στο 1/5 του μήκους του και τοποθετημένο με κολλητική ταινία όπως φαίνεται στο σχήμα ^[προσωπικό αρχείο].

- «Καλή» πλευρά, εγχάρακτη
 - «Κακή» πλευρά
 - Κολλητική ταινία
4. Στη συνέχεια τοποθετούμε το καπάκι στο μεταλλικό κουτί.
 5. Τυλίγουμε τους μετρητές με φύλλα αλουμινόχαρτου για μια υποτυπώδη «θωράκισή» τους απ' τις ακτινοβολίες, μέχρι να τους τοποθετήσουμε στο κτίριο.

Η τοποθέτηση των μετρητών στο κτίριο:

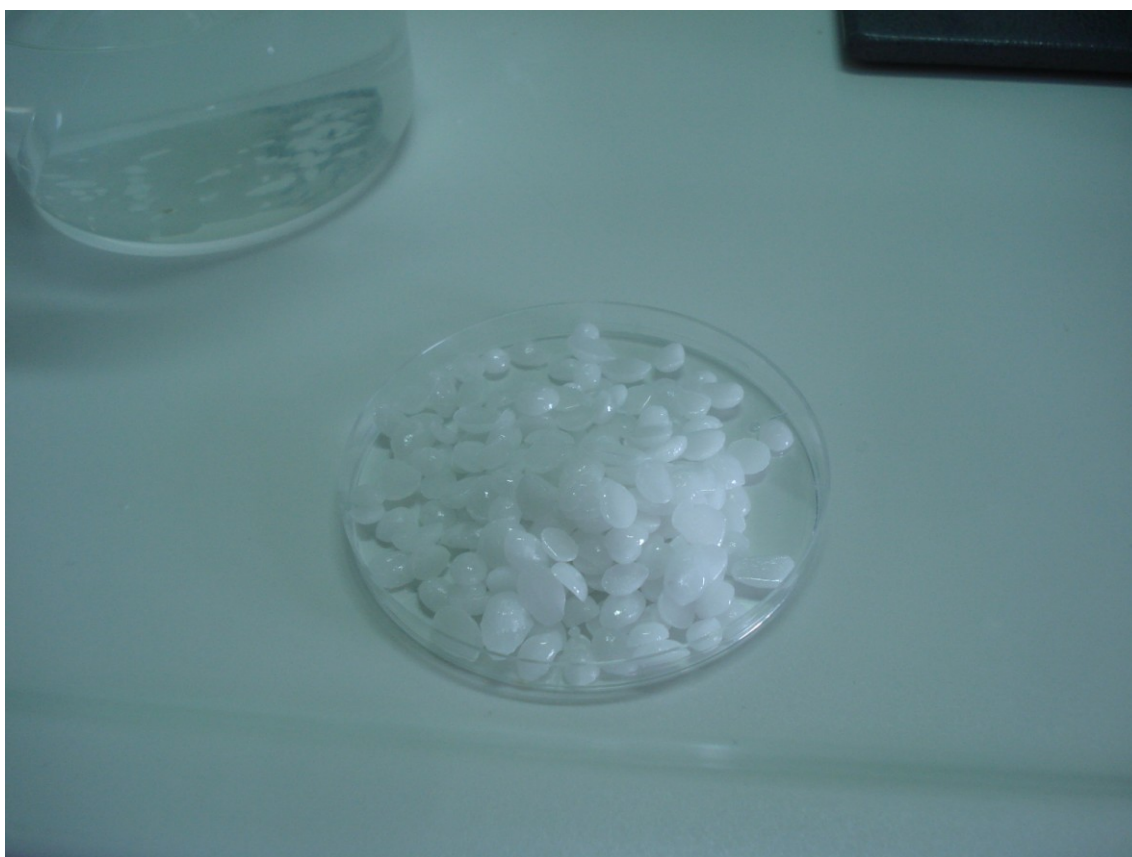
Βλέπε Παράρτημα Α΄

1. Τοποθετούμε το μεταλλικό στοιχείο με την ανοικτή πλευρά του υφάσματος να είναι στραμμένη προς τα πάνω.
2. Το σημείο τοποθέτησής των μετρητών δεν πρέπει να είναι εκτεθειμένο σε ρεύματα αέρα.
3. Μετά το πέρας τριών (3) ή περισσότερων μηνών, παίρνουμε τους μετρητές απ' το κτίριο και τους τυλίγουμε, σε αλουμινόχαρτο έως ότου τους πάμε στο εργαστήριο για την εμφάνιση των ιχνών.

Εμφάνιση μετρητών:

Η εμφάνιση των φιλμ γίνεται με χημική διάβρωση, διαδικασία κατά την οποία επεξεργαζόμαστε το φιλμ με κατάλληλο διαβρωτικό, ώστε να γίνουν εμφανή τα ίχνη και να μπορούν μετέπειτα να μετρηθούν.

1. Για την παρασκευή του διαβρωτικού μίγματος, προσθέτουμε σε απεσταγμένο νερό 400ml, 2.5N NaOH και ανακατεύουμε καλά. Το μίγμα είναι εξώθερμο οπότε πρέπει να δοθεί προσοχή στην σειρά ανάμειξης των υλικών, δηλαδή στο νερό να προσθέσουμε το NaOH και όχι το αντίθετο.



Εικόνα 8- 16 Κομμάτια NaOH *[προσωπικό αρχείο]*

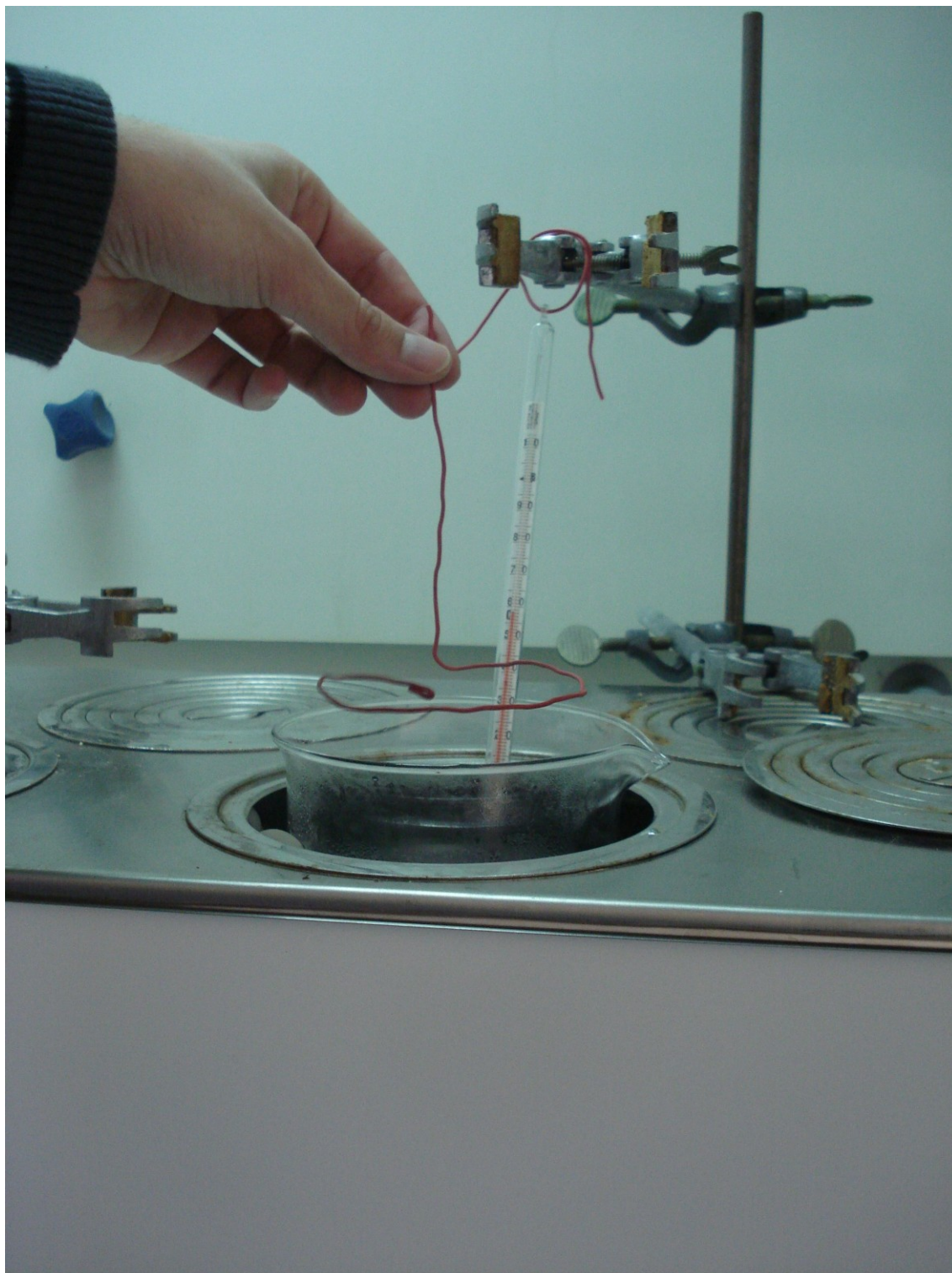


Εικόνα 8- 17 Δοχεία ανάμιξης διαβρωτικού διαλύματος *[προσωπικό αρχείο]*.



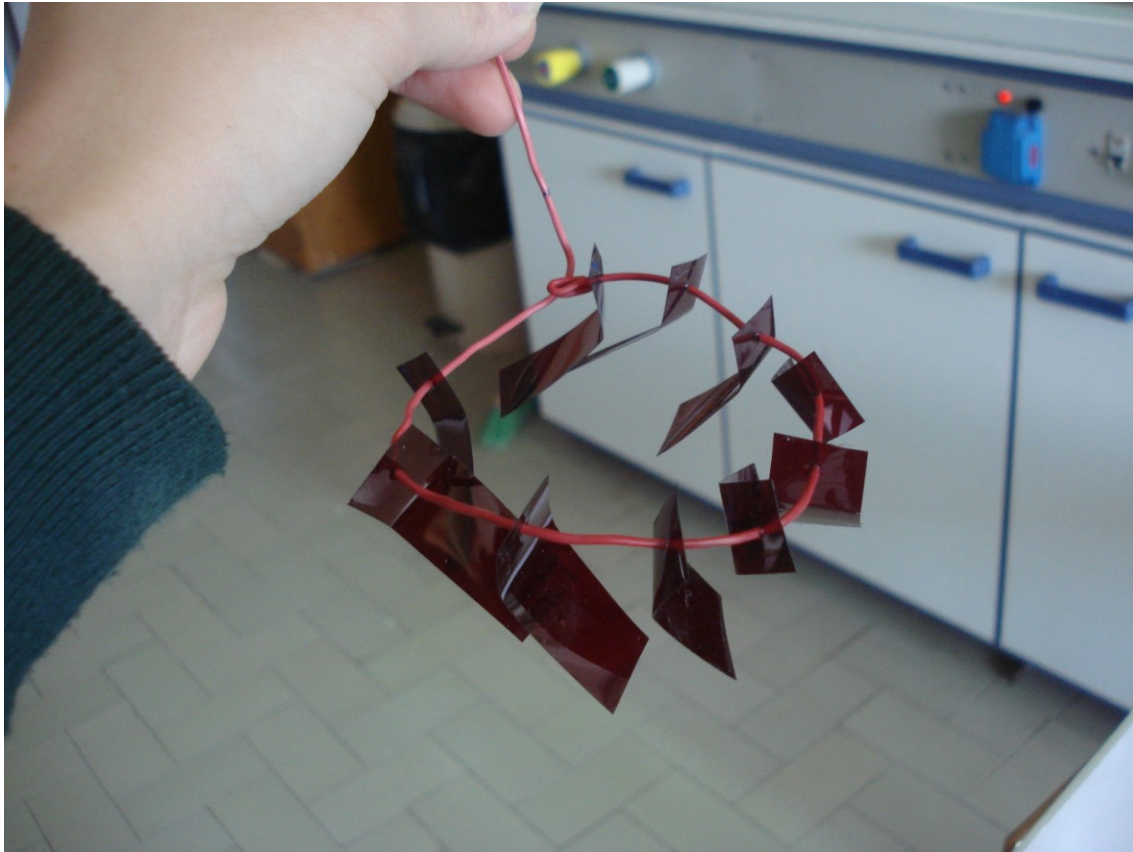
Εικόνα 8- 18 Ανάδευση έως την πλήρη διάλυση του NaOH στον διαλύτη *[προσωπικό αρχείο]*.

2. Τοποθετούμε το δοχείο ανάμιξης που περιέχει το διαβρωτικό, στη συσκευή θέρμανσής του περιμένοντας να φτάσει την θερμοκρασία των 60°C .



Εικόνα 8- 19 Συσκευή θέρμανση του δοχείου ανάμιξης. Το αναρτημένο θερμόμετρο δείχνει 60°C *[προσωπικό αρχείο]*.

3. Τοποθετούμε τα film στο σύρμα συγκράτησής τους, προσέχοντας αφ' ενός μην μπερδέψουμε την σειρά (αντιστοιχία film- τοποθεσία δειγματοληψίας) και αφ' ετέρου να υπάρχει επαρκής απόσταση μεταξύ τους ώστε κατά την διάβρωση μην κολλήσουν μεταξύ τους.



Εικόνα 8- 20 Τα film περασμένα στο σύρμα με σειρά. Η ενχάρακτη όψη τους «βλέπει» προς τα δεξιά *[προσωπικό αρχείο]*.

4. Τα film παραμένουν για 90 min στο θερμό μίγμα και κατόπιν



Εικόνα 8- 21 Μετά το πέρας των 90 min, τα film αναδύονται από το διάλυμα. Παρατηρούμε ότι η διάστρωση της νιτρικής κυτταρίνης η οποία είχε πάχος 12μm έχει διαβρωθεί χρωματίζοντας το διάλυμα σε καφέ απόχρωση καθώς επίσης έχει μειωθεί και το πάχος διάστρωσής της κάνοντας πιο ευδιάκριτα τα ίχνη για την καταμέτρηση που πρόκειται να επακολουθήσει ^[προσωπικό αρχείο].

- Ξεπλένονται σε τρεχούμενο νερό για 20 min ώστε να απομακρυνθεί το NaOH, διότι αν παραμείνει θα δημιουργήσει δυσκολίες στην ανάγνωση.



Εικόνα 8- 22 Τα film ξεπλένονται καλά σε τρεχούμενο νερό για περίπου 20 min^[προσωπικό αρχείο].

- Τέλος τα ξεπλένουμε με υδατικό διάλυμα αιθανόλης και τα στεγνώνουμε καλά.

Καταμέτρηση ιχνών:

Η καταμέτρηση των ιχνών γίνεται με την προβολή του φιλμ από το μηχάνημα προβολής διαφανειών με ταυτόχρονη μεγέθυνση τους, πάνω σε ένα φύλλο στο οποίο είναι σχεδιασμένος ένας κάναβος. Ο κάναβος αυτός αποτελείται από 16 ορθογώνια τμήματα που μας βοηθάνε ώστε να μην «χανόμαστε» κατά την καταμέτρηση των ιχνών.

8.4 Ανάλυση πειραματικών μετρήσεων

$$CR_1 = (34 \times 20396) \text{ ίχνη} \times \text{Bq} \times \text{d} \times \text{m}^3 / (727 \times 133) \text{ ίχνη} \times \text{d} = 693464 / 96691 = 7,172 \text{ Bq/m}^3$$

$$CR_2 = (64 \times 20396) \text{ ίχνη} \times \text{Bq} \times \text{d} \times \text{m}^3 / (727 \times 133) \text{ ίχνη} \times \text{d} = 1305344 / 96691 = 13,500 \text{ Bq/m}^3$$

$$CR_3 = (51 \times 20396) \text{ ίχνη} \times \text{Bq} \times \text{d} \times \text{m}^3 / (727 \times 133) \text{ ίχνη} \times \text{d} = 1040196 / 96691 = 10,758 \text{ Bq/m}^3$$

$$CR_4 = (73 \times 20396) \text{ ίχνη} \times \text{Bq} \times \text{d} \times \text{m}^3 / (727 \times 133) \text{ ίχνη} \times \text{d} = 1488908 / 96691 = 15,399 \text{ Bq/m}^3$$

$$CR_5 = (45 \times 20396) \text{ ίχνη} \times \text{Bq} \times \text{d} \times \text{m}^3 / (727 \times 133) \text{ ίχνη} \times \text{d} = 917820 / 96691 = 9.492 \text{ Bq/m}^3$$

$$CR_6 = (8 \times 20396) \text{ ίχνη} \times \text{Bq} \times \text{d} \times \text{m}^3 / (727 \times 133) \text{ ίχνη} \times \text{d} = 163168 / 96691 = 1,688 \text{ Bq/m}^3$$

$$CR_7 = (3 \times 20396) \text{ ίχνη} \times \text{Bq} \times \text{d} \times \text{m}^3 / (727 \times 133) \text{ ίχνη} \times \text{d} = 61188 / 96691 = 0,633 \text{ Bq/m}^3$$

$$CR_8 = (112 \times 20396) \text{ ίχνη} \times \text{Bq} \times \text{d} \times \text{m}^3 / (727 \times 133) \text{ ίχνη} \times \text{d} = 2284352 / 96691 = 23,625 \text{ Bq/m}^3$$

$$CR_9 = (38 \times 20396) \text{ ίχνη} \times \text{Bq} \times \text{d} \times \text{m}^3 / (727 \times 133) \text{ ίχνη} \times \text{d} = 775048 / 96691 = 8,016 \text{ Bq/m}^3$$

$$CR_{10} = (31 \times 20396) \text{ ίχνη} \times \text{Bq} \times \text{d} \times \text{m}^3 / (727 \times 133) \text{ ίχνη} \times \text{d} = 632276 / 96691 = 6,539 \text{ Bq/m}^3$$

Τα αποτελέσματα των ανιχνευτών CR-39, υπολογίστηκαν κατά προσέγγιση από την Ελληνική Επιτροπή Ατομική Ενέργειας καθώς η γεωμετρία των ανιχνευτών διέφερε από αυτήν που χρησιμοποιούσαν στα εργαστήριά τους.

Επίπεδο:	Bq/m ³
Υπόγειο	21,08
Ισόγειο	21,16
Α΄ Όροφος	12,06
Β΄ Όροφος	21,42
Γ΄ Όροφος	7,28
Γενικός Μ.Ο.	16,60

Πίνακας 8- 1 Μέσος όρος, ανά όροφο, συγκεντρώσεως ραδονίου εσωτερικά των χώρων του κτιρίου Ι. Μακρυγέννης

8.5 Αποτελέσματα μετρήσεων

A/A:	Τοποθεσία:	Ίχνη πεδίου & υπόβαθρου:	Ίχνη υπόβαθρου:	Ίχνη πεδίου:	Bq/m ³	Είδος:
1	Υπόγειο	85	51	34	7,17	LR-115 II
2	Ισόγειο Α1	144	80	64	13,50	LR-115 II
3	Ισόγειο Α4	119	68	51	10,76	LR-115 II
4	Ισόγειο (προϊσταμένη λογοθ.)	207	134	73	15,40	LR-115 II
5	Α Όροφος (πολεοδ.)	113	68	45	9,49	LR-115 II
6	Α Όροφος WC	113	105	8	1,69	LR-115 II
7	Β Όροφος B1 σχεδιαστήριο	121	118	3	0,63	LR-115 II
8	Β Όροφος B13 ή M15	189	77	112	23,62	LR-115 II
9	Γ Όροφος Αμφιθέατρο	91	53	38	8,02	LR-115 II
10	Γ Όροφος Γραμματεία	140	109	31	6,54	LR-115 II
11	Υπόγειο			294/cm ²	35	CR-39
12	Ισόγειο			372/cm ²	45	CR-39
13	Α Όροφος			222/cm ²	25	CR-39
14	Β Όροφος			350/cm ²	40	CR-39

Πίνακας 8- 2 Αποτελέσματα μετρήσεων συγκεντρώσεως ραδονίου εσωτερικά των χώρων του κτιρίου Ι. Μακρυγένης

8.6 Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων, παρατηρείται μείωση της συγκεντρώσεως του ραδονίου στο χώρο καθώς ανεβαίνουμε επίπεδο στο κτίριο.

Όμως ενδιαφέρον παρουσιάζουν ορισμένες μεμονωμένες τιμές σε χώρους όπως στην αίθουσα B13 στον 2^ο όροφο και στο ισόγειο που το ραδόνιο είναι ι-

διαίτερα αυξημένο. Αυτό οφείλεται στο ότι οι συγκεκριμένοι χώροι **δεν αερίζονται επαρκώς**.

Αντιθέτως οι χαμηλότερες τιμές βρέθηκαν στον 3^ο όροφο όπως ήταν φυσικό και στο υπόγειο λόγω του ότι στο υπόγειο δεν υπάρχουν υαλοστάσια στα ανοίγματα με αποτέλεσμα να αερίζεται συνεχώς ο χώρος.

Επίσης, όλες οι μετρήσεις με μετρητές CR-39 έδειξαν ανεβασμένη συγκέντρωση σε σχέση με τους LR-115 II. Η αιτία πιθανόν να είναι η διαφορετική εποχή που τοποθετήθηκαν οι δύο ομάδες μετρητών. Ή στο διάστημα της δειγματοληψίας των CR-39, περικλείονται περίπου 5 καλοκαιρινές εβδομάδες κατά τις οποίες το ίδρυμα παρέμενε απολύτως κλειστό. Ίσως πάλι να υπήρξε κάποιο σφάλμα κατά την μέτρηση.

Το όριο δράσης σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας είναι τα 200Bq/m^3 για κατοικίες και τα 400Bq/m^3 στους χώρους εργασίας. Όλες οι μετρήσεις, σε όλους τους χώρους και τα επίπεδα που έγιναν στο κτίριο, είναι ευτυχώς πολύ κατώτερα από το όριο αυτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρόλο που το ραδόνιο είναι αέριο άοσμο, άγευστο και άχρωμο, άρα δεν είναι αντιληπτό από τις αισθήσεις του ανθρώπου, εξακολουθεί να υπάρχει. Όταν δε, απελευθερωθεί από το έδαφος και εισέρθει στο εσωτερικό των κτιρίων και συσσωρευόμενο φτάσει σε μεγάλες συγκεντρώσεις, τότε γίνεται εξαιρετικά επικίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου. Ο μέσος όρος των ανθρώπων περνά το 90% του χρόνου του σε εσωτερικούς χώρους, έτσι αναπνέει τον μολυσμένο άερα με αποτέλεσμα να επικάθονται ραδιενεργά μόρια ραδονίου στους πνεύμονές του και να προκαλούν καρκίνο του πνεύμονα.

Παρόλο που στην μεγαλύτερη έκτασή τους τα ελληνικά εδάφη είναι φτωχά σε ραδόνιο, πάντα υπάρχει ο κίνδυνος ανεβασμένης περιεκτικότητας ακόμα και σε περιοχές που γενικός θεωρούνται ότι έχουν λίγο ραδόνιο. Σύμφωνα με μελέτες που έχουν γίνει στον ελλαδικό χώρο, πολλές περιοχές της Ελλάδας έχουν κατά πολύ ανεβασμένα, σε σχέση με τα θεσπιζόμενα όρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO), τα επίπεδα ραδονίου.

Άρα, εφόσον η λήψη κατασκευαστικών μέτρων, εξ αρχής, κατά την ανέγερση του κτιρίου είναι οικονομικότερη κατά 70% , τότε είναι συμφέρουσα η πρόληψη από την θεραπεία, σε κάθε επίπεδο. Δηλαδή, είναι προτιμότερο να μονώσουμε το κτίριο εξ αρχής, παρά να διαπιστώσουμε με εκ των υστέρων μετρήσεις, την ύπαρξη ραδονίου εσωτερικά του χώρου και να πρέπει να ξοδέψουμε x3 φορές παραπάνω χρήματα για την αποκατάσταση του προβλήματος.

Δυστυχώς στην Ελλάδα, ελάχιστοι μηχανικοί έχουν εμπειρία στο θέμα του ραδονίου και ελάχιστα είναι τα εξειδικευμένα συνεργεία τα οποία γνωρίζουν τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν και την σωστή κατασκευή αυτών. Επίσης δεν υπάρχει θεσμικό πλαίσιο θέσπισης των ανώτατων ορίων για τα ελληνικά κτίρια κατοικιών, άρα κρίνεται απαραίτητη η ενημέρωση των πολιτών, κατάρτιση των συνεργείων και η επιμόρφωση των μηχανικών πάνω στο θέμα, καθώς επίσης και η θέσπιση αντίστοιχων νόμων του κράτους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΜΕΤΡΗΤΩΝ



Εικόνα Α- 1 Μετρητής ($1^{ος}$) Tastrak της TASL, πλησίον του κλιμακοστασίου στο υπόγειο [προσωπικό αρχείο].



Εικόνα Α- 2 Μετρητής ($2^{ος}$) LR-115 II στο χώρο του υπογείου [προσωπικό αρχείο].



Εικόνα Α- 3 Μετρητής (3^{ος}) Tastrak της TASL στο χώρο διαλλείματος στο ισόγειο [προσωπικό αρχείο]



Εικόνα Α- 4 Μετρητής (4^{ος}) LR-115 II στην αίθουσα διδασκαλίας Α1 στο ισόγειο [προσωπικό αρχείο]



Εικόνα Α- 5 Μετρητής (5^{05}) LR-115 II στην αίθουσα διδασκαλίας Α4 στο ισόγειο [προσωπικό αρχείο]



Εικόνα Α- 6 Μετρητής (7^{06}) Tastrak της TASL στο χώρο διαλλείματος στον 1^ο όροφο [προσωπικό αρχείο]



Εικόνα A- 7 Μετρητής (8^{ος}) LR-115 II στον προθάλαμο των WC του 1^{ου} ορόφου [προσωπικό αρχείο]



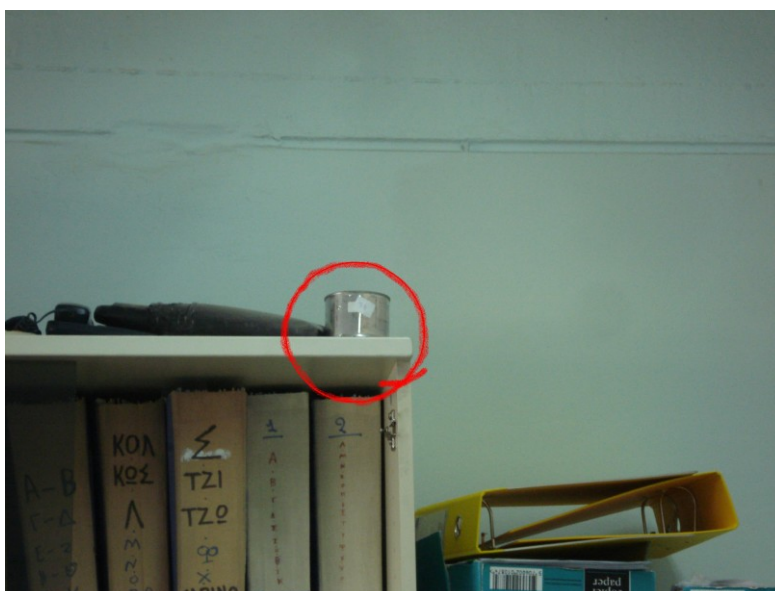
Εικόνα A- 8 Μετρητής (10^{ος}) LR-115 II στα σχεδιαστήρια Β1 του 2^{ου} ορόφου [προσωπικό αρχείο]



Εικόνα Α- 9 Μετρητής ($^{110\text{S}}$) Tastrak της TAsL στο χώρο διαλλείματος στον 2^ο όροφο
[προσωπικό αρχείο]



Εικόνα Α- 10 Μετρητής (12^{ος}) LR-115 II στην αίθουσα διδασκαλίας Β13 του 2^{ου} ορόφου [προσωπικό αρχείο].

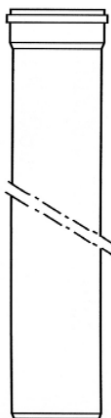


Εικόνα Α- 11 Μετρητής (13^{ος}) LR-115 II στην γραμματεία του τμήματος Ανακαίνισης & Αποκατάστασης Κτιρίων στον 3ο όροφο [προσωπικό αρχείο].

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Β.1. Νεόδμητο Κτίριο

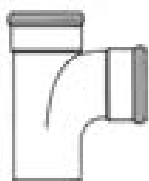


PIPELIFE ΕΛΛΑΣ Α.Ε.

**Terralife, Σωλήνας υπονόμων από σκληρό PVC- U,
Σειρά 41 Φ110**

Οι σωλήνες TERRALIFE παράγονται σε ευθύγραμμα μήκη των 6 μέτρων και φέρουν στο ένα άκρο τους κατάλληλα διαμορφωμένη μούφα για την σύνδεσή τους με χρήση ελαστικού δακτυλίου.

Το χρώμα τους είναι κεραμιδί και ικανοποιούν το πρότυπο ΕΛΟΤ 476.



**Ταυ με ελαστικό δακτύλιο, Σωλήνας υπονόμων
από σκληρό PVC- U, Φ110**



**Καμπύλες με ελαστικό δακτύλιο, Σωλήνας υπο-
νόμων από σκληρό PVC- U, Φ110, 87°**

Β.2. Ήδη υπάρχον



Ceretec CT 25

**Επισκευαστική και εξομαλυντική
τσιμεντοειδής κονία λεπτής στρώσης 0-
5 mm.**

Συσκευασία: Σάκοι 5, 25 kg.

Κατανάλωση: 1,4 kg/m² για κάθε mm πάχους

Ημερομηνία Λήξης: 18 μήνες μετά την ημερομηνία παραγωγής

Ιδιότητες: Τσιμεντοειδές υλικό που αναμιγνύεται απλώς με νερό δίνοντας μια εξομαλυντική ή επισκευαστική μάζα στεγανή, αντιπαγετική μη συρρικνούμενη. Κατάλληλο για κάθε επιφάνεια μπετόν εκτός δαπέδων. Χρόνος πήξης 20 λεπτά.

Τρόποι Εφαρμογής: Αναμιγνύουμε το υλικό με νερό σε αναλογία 3,3 έως 3,7 όγκων Ceretec-CT-25 σε 1 όγκο νερού. (ή 1,0 έως 1,2 lit νερό ανά 5 kg υλικού). Προσθέτουμε πάντα την σκόνη στο νερό. Χρόνος εργασιμότητας 20 λεπτά. Εφαρμογή με μυστρί ή σπάτουλα σε βρεγμένη επιφάνεια. Δυνατότης πρόσμιξης με άμμο σε αναλογία 1:1 για οικονομία και επίτευξη μεγαλύτερου πάχους (έως 10 mm).

Πεδίο Εφαρμογής: Επισκευές, λειάνσεις, τσιμεντοειδών επιφανειών και μπετόν, αποκατάσταση εμφανούς μπετόν, κάλυψη πόρων ή μικρών φωλεών.

Προδιαγραφές: Βάση: τσιμεντοειδής, χωρίς ενώσεις χρωμίου βάσει απαίτησης TRGS 613. Μορφή: κονία. Χρώμα: γκρι ανοικτό & λευκό. Ειδ. βάρος: 1,4 kg/lit. Θερμοκρασία εφαρμογής : + 5° C έως + 30° C. Αναλογία ανάμιξης: 5 kg κονία με 1,0 έως 1,2 lit νερό. Διαθέσιμος χρόνος: 20 min. Αρχή πήξης: μετά 23 min. Στεγανό μετά: 24 ώρες. Βαφόμενο η επιδεχόμενο άλλα υλικά : μετά 5 μέρες. Μέτρο συρρίκνωσης: 2 mm/m. Αντοχή θλίψης: μετά 3 μέρες 6,0 N/mm², μετά 7 μέρες 10,5 N/mm², μετά 28 μέρες 12,5 N/mm². Εφελκυσμός κάμψης: 2,8 N/mm². Εφελκυσμός πρόσφυσης: 1,3 N/mm². Μέτρο ελαστικότητας: 11.200 N/mm².



Ceretec CT 23

**Επισκευαστική τσιμεντοειδής κονία
στρώσης 2-10 mm**

Συσκευασία: Σάκοι των 5, 25 kg.

Κατανάλωση: 1,8 kg/m² για κάθε mm πάχους

Ημερομηνία Λήξης: 18 μήνες μετά την ημερομηνία παραγωγής

Ιδιότητες: Τσιμεντοειδές υλικό που αναμιγνύεται απλώς με νερό δίνοντας μία επισκευαστική στεγανή αντιπαγετική μη συρρικνούμενη μάζα. Χρόνος πήξης 40 λεπτά. Μέγιστο πάχος σε μία στρώση 10 mm. Έτοιμο υλικό για στρογγύλευση γωνιών (λούκια)

Τρόποι Εφαρμογής: Προσθέτουμε 4 όγκους υλικού σε 1 όγκο νερού (ή 0,75-0,9 lt νερό ανά 5 kg υλικού). Χρόνος εργασιμότητας 20 λεπτά. Εφαρμογή με μυστρί ή σπάτουλα σε βρεγμένη επιφάνεια. Αν επιθυμούμε να εφαρμόσουμε και δεύτερη στρώση του υλικού αυτό μπορεί να γίνει αφού σκληρυνθεί η πρώτη δηλαδή μετά 30 λεπτά. Αν επιθυμούμε να εφαρμόσουμε πάνω του μία στρώση του λεπτού υλικού σπατουλαρίσματος Ceretec - CT - 25 αυτό μπορεί να γίνει μετά λίγες ώρες. Για βαφές να παρέλθει διάστημα 5 ημερών.

Πεδίο Εφαρμογής: Επισκευές παχιάς στρώσης, σφράγιση οπών ή θραυσθέντων γωνιών και τμημάτων σοβά, μπετόν, τοιχοποιίας πλακών, δημιουργία λουκιών πριν από την εφαρμογή στεγανοποιητικών υλικών, εξομάλυνση τοίχων πριν από την τοποθέτηση πλακιδίων (κολλητά), επισκευή παρειών αρμών, προκατασκευασμένων στοιχείων, θραυσθέντων ακμών κλπ. Σημειακή επισκευή δαπέδων μπετόν οικιακής καταπόνησης.

Προδιαγραφές: Βάση: τσιμεντοειδής χωρίς ενώσεις χρωμίου βάσει απαίτησης TRGS 613. Μορφή : κονία. Χρώμα : γκρι ανοικτό. Ειδικό βάρος : 1,35 kg/lit. Θερμοκρασία εφαρμογής : +5° C έως + 30° C. Αναλογία πρόσμιξης: 0,75 έως 0,9 lit νερού ανά 5 kg υλικού. Διαθέσιμος χρόνος: 20 min. Αρχή πήξης: 23 min. Στεγανό μετά: 24 ώρες. Βαφόμενο: μετά 5 μέρες. Μέτρο συρρίκνωσης: 2 mm/m. Αντοχή σε θλίψη: Μετά 3 μέρες 3,5 N/mm², μετά 7 μέρες 16,0 N/mm², μετά 28 μέρες 25,0 N/mm². Εφελκυσμός κάμψης 4,0 N/mm². Εφελκυσμός πρόσφυσης 1,3 N/mm². Μέτρο ελαστικότητας 15.400 N/mm²



Ceracem CR 65

Τσιμεντοειδές απαλειφόμενο στεγανοποιητικό υλικό για θετικές και αρνητικές πιέσεις. Πιστοποιημένο κρατικά για πόσιμο νερό.

Συσκευασία: Σάκοι 25 kg

Κατανάλωση: 2,5-3,5 kg/m² ανάλογα με το υπόβαθρο και την υδροστατική πίεση.

Ημερομηνία Λήξης: 18 μήνες μετά την ημερομηνία παραγωγής.

Ιδιότητες: Απαλειφόμενο τσιμεντοειδές στεγανοποιητικό για εφαρμογή πάνω σε μπετόν, τούβλα, σοβά, τσιμεντοκονία, πέτρα, κλπ. Το υλικό είναι κατάλληλο για θετικές (προληπτικά - από έξω) και αρνητικές (επισκευαστικά - από μέσα) υδροστατικές πιέσεις. Δίνει σκληρή επιφάνεια ανθεκτική σε υλικά επιχωμάτωσης καθώς και μη τοξική για επαφή με πόσιμο νερό. Αντικαθιστά τις τσιμεντοκονίες.

Τρόποι Εφαρμογής: Προτού εφαρμοσθεί το υλικό πρέπει να έχουμε μία επιφάνεια καθαρή, χωρίς άλατα, τρύπες και ανομοιογενή υλικά (τρυπόξυλα, φουρκέτες, πολυστερίνη, φωλεές). Αφαιρούμε τα τρυπόξυλα, κόβουμε τις φουρκέτες (σε βάθος 2 cm) και σφραγίζουμε τις τρύπες με ταχύπηκτο τσιμέντο Ceromax CX 1 ή Ceromax CX 5. Κόβουμε επίσης τυχόν αιχμηρές προεξοχές (γρέζια κλπ.) Την έτοιμη πλέον επιφάνεια διαβρέχουμε με νερό μέχρι κορεσμού και αναμιγνύουμε καλά το Cerecem-CR-65 με νερό, ώστε να δημιουργηθεί μια παχύρρευστη μάζα την οποία επαλείφουμε με βούρτσα. Η μάζα αυτή πρέπει να είναι τόσο πηκτή ώστε να στέκει στην βούρτσα χωρίς να στάζει. Πρακτικώς αναμιγνύουμε 25 κιλά Cerecem CR-65 με 5,5-6 kg νερό. Το δεύτερο χέρι περνιέται με σπάτουλα όταν το πρώτο αρχίζει να δένει (μετά 2-3 ώρες περίπου). Προηγουμένως διαβρέχουμε ελαφρά το πρώτο χέρι εκ νέου. Χρόνος ζωής μίγματος: 2 ώρες. Σε χώρους υψηλών υδροστατικών πιέσεων (δεξαμενές μεγάλου βάθους) ίσως απαιτηθούν 3 χέρια. Παρατήρηση: Εάν θέλουμε να περάσουμε και άλλο χέρι σε ξερή πλέον επιφάνεια περνάμε μια ενδιάμεση στρώση που αποτελείται από νερό και γαλάκτωμα Ceros - CC - 81 , σε αναλογία: 1:1 γ) Εάν υπάρχει εκτεταμένη ροή νερού από μικροπόρους, περνάμε σαν πρώτο χέρι ένα μίγμα Cerecem-CR-65 : Ceromax CX 1 σε αναλογία 1,5:1 ώστε να επιτευχθεί ταχεία πήξη. Ακολουθεί κανονικά το δεύτερο χέρι. Μετατροπή του υλικού σε ελαστική κονία: Προσθέτοντας 2,5 kg Ceros - CC - 83 + 3 lit νερό ανά 25-κιλο σακί Cerecem-CR-65 προσδίδουμε στο υλικό ελαστικότητα και δυνατότητα εφαρμογής του σαν στεγανοποιητικό σε κεκλιμένες στέγες, ζαρντινιέρες ,δονούμενες ή

ρηγματωμένες επιφάνειες κλπ. (πάντα καλυμμένο). Συγκόλληση πλακιδίων πάνω στο CR-65 : Με κόλλα Ceramit - CM -12 .

Πεδίο Εφαρμογής: Στεγανοποίηση υπογείων από έξω πριν την επιχωμάτωση και από μέσα (θεραπευτικά), στεγανοποίηση δαπέδων, δεξαμενών ποσίμου ύδατος, βιολογικών καθαρισμών, κολυμβητικών δεξαμενών, ζαρντινιέρων, φρεατίων, σιλό κλπ.

Προδιαγραφές: Κρατικό Πιστοποιητικό υπ' αριθμ. 23 114 45 71-1: Έλεγχος αντοχής σε θερμοκρασιακές μεταβολές: Δοκίμια από μπετόν διαστάσεων 20 x 20 x 12 cm επαλείφονται και υφίστανται 50 φορές θερμοκρασιακά σοκ βάσει DIN 52 104, από -15oC έως +20oC. Απαιτήση: Το υλικό δεν πρέπει να ρηγματωθεί. Τα δοκίμια αυτά ελέγχονται εν συνεχεία ως προς την στεγανότητα επί 20 συνεχείς μέρες με υδροστατική πίεση 7 κρ/cm² βάσει DIN 1048. Αποτέλεσμα: Πλήρης στεγανότητας.Κρατικό Πιστοποιητικό Νο 2/11897/92: Παραλαβή αρνητικών υδροστατικών πιέσεων 2,5 bar. Δοκίμια (κύβοι) 20 x 20 x 12 cm επαλείφονται με το υλικό σε όλες τις πλευρές πλην μιας. Εκεί εξασκείται πίεση νερού 25 bar επί 28 ημέρες ώστε να καταπονεί αρνητικά το υλικό Αποτέλεσμα: καμία εκροή νερού. Κρατικό Πιστοποιητικό μη τοξικότητας κρατικού Ινστιτούτου Υγιεινής Gelsenkirchen για πόσιμο νερό.



Ceretec CT 14

Διαφανές υλικό προεπάλειψης και σταθεροποίησης υποβάθρων (αστάρι)

Συσκευασία: Δοχεία 5, 25 lit

Κατανάλωση: 125 έως 300 ml/m² ανάλογα με την απορροφητικότητα.

Ημερομηνία Λήξης: 18 μήνες μετά την αναγραφόμενη ημερομηνία

Το Ceretec-CT-14 είναι ένα υλικό προετοιμασίας υποβάθρων ώστε να δεχθούν άλλα υλικά (χρώματα, κόλλες) ή εφαρμόζεται από μόνο του σαν αντιποσαρθρωτικό επιφανειών εκτεθειμένων σε καιρικές συνθήκες (κολώνες, καμινάδες, στηθαία κλπ.) Σαν υλικό προεπάλειψης (αστάρι) προετοιμάζει το μπετόν,

το κεραμίδι, τις τσιμεντοκονίες, τις τσιμεντοσανίδες, το εμφανές τούβλο κλπ. να δεχθούν από πάνω τους αδιάβροχο ακρυλικό χρώμα, σαν το Ceretec CT-44 Π.Χ.

Ιδιότητες: Το Ceretec-CT-14 έχει υψηλή ικανότητα διείσδυσης σε κάθε πορώδες υπόβαθρο χάρις στον διαλύτη του. Δεν δημιουργεί επιφανειακά φιλμ, δεν επηρεάζει την διαπνοή δεν κιτρινίζει και αντέχει σε κλιματολογικές καταπονήσεις. Το Ceretec-CT-14 σταματά την ενανθράκωση την αποσάθρωση, αυξάνει την στεγανότητα αποτρέπει την εμφάνιση «πρασινάδας». Βελτιώνει την αντίσταση του εμφανούς μπετόν σε ενανθράκωση και το προετοιμάζει προετοιμάζει να δεχθεί επάνω του το αδιάβροχο ακρυλικό χρώμα, σαν το Ceretec CT-44

Τρόποι Εφαρμογής: Το υλικό εφαρμόζεται ως έχει -δεν διαλύεται- με βούρτσα ή πινέλο. Αν απαιτηθεί δεύτερο χέρι αυτό μπορεί να γίνει μετά 3 ώρες. Σαν υλικό προεπάλειψης πρέπει να παραμείνει 6-12 ώρες πριν επακολουθήσει ο χρωματισμός, ή η κόλλα πλακιδίων. Σε εξωτερικές επιφάνειες μπορεί να εφαρμοσθεί με πιστόλι ανθεκτικό στους διαλύτες. Θερμοκρασία εφαρμογής: Από +5° C έως +35° C.

Πεδίο Εφαρμογής: Το υλικό CT-14 είναι ένα υλικό προεπάλειψης -πάσης χρήσεως-για παλαιά χρήζοντα σταθεροποίησης, υπόβαθρα, αλλά και για νέες επιφάνειες από μπετόν, σοβά, εμφανές τούβλο, πέτρα, γυψοσανίδες, γυψόπλακες, αμιαντοτσιμέντο, ξύλο κλπ. Σαν σταθεροποιητικό, αντιαποσαρθρωτικό υλικό χρησιμοποιείται σε προβληματικά υπόβαθρα πριν από την βαφή τους με χρώματα της Ceresit, ή πριν από την συγκόλληση πλακιδίων με κόλλες Ceresit. Σαν διαφανές προστατευτικό επιφανειών χρησιμοποιείται μόνο του δηλαδή χωρίς να επακολουθήσει χρώμα ή άλλο υλικό - πάνω σε εκτεθειμένες επιφάνειες, βορινές προσόψεις, καμινάδες. Οι αρμοί πλακιδίων που λερώνονται ή τρίβονται μπορεί να βελτιωθούν με μία απλή επάλειψη του υλικού (2 χέρια εντός 1 ώρας).

Προδιαγραφές: Βάση: ακρυλική ρητίνη Στεγανότητας: μετά 12 ώρες. Στεγνό: μετά 18 ώρες Συντελεστής απορρόφησης νερού: $W = 0,05 \text{ kg/m}^2$ Συντελεστής διαπίδυσης υδρατμών: $\mu\text{H}_2\text{O} = 1300$ Συντελεστής διαπίδυσης διοξειδίου του άνθρακος : $\mu\text{CO}_2 = 1,6 \cdot 10^6$



Cereplast CP-55

Μόνιμα ελαστική, ινοπλισμένη στεγανοποιητική ασφαλτική μάζα, για κατασκευές & επισκευές σε σημεία επαφής και αρμούς. Ψυχρής επεξεργασίας με σπάτουλα.

Συσκευασία: 3 kg

Κατανάλωση: 1,2 kg/m², για κάθε mm πάχους ή 1,2 kg/lit όγκου.

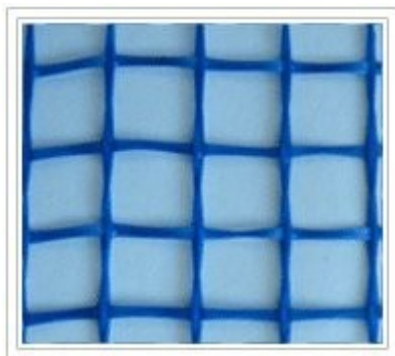
Ημερομηνία Λήξης: 24 μήνες μετά την αναγραφόμενη ημερομηνία παραγωγής.

Ιδιότητες: Ελαστική, ινοπλισμένη στεγανοποιητική ασφαλτική μάζα, ψυχρής επεξεργασίας, ανθεκτική σε κλιματολογικές καταπονήσεις και υπεριώδη ακτινοβολία. Σταθερή και σε κάθετες επιφάνειες.

Τρόποι Εφαρμογής: Το υλικό εφαρμόζεται σε σταθερές καθαρές, ξηρές ή ελάχιστα υγρές επιφάνειες από ασφαλτικά υλικά, μέταλλα, ορυκτά υπόβαθρα. Στά μέταλλα και τα ορυκτά υπόβαθρα προεπαλείφουμε με το ίδιο το υλικό αραιωμένο 1: 1 με βενζίνη ή με Cereplast - CP - 52 ή με απλή πίσσα ή νερόπισσα. Το CP-55 είναι έτοιμο προς χρήση με σπάτουλα σε στρώσεις έως 4 mm. Για μεγαλύτερα πάχη το εφαρμόζουμε σε πολλές στρώσεις ,περιμένοντας πάντα να πήξει η προηγούμενη. Για εφαρμογή σε χαμηλές θερμοκρασίες το αποθηκεύουμε προηγουμένως σε θερμαινόμενο χώρο ή εμβαπτίζουμε το δοχείο σε θερμό νερό. Δεν το εφαρμόζουμε κάτω από έντονη ηλιακή ακτινοβολία.

Πεδίο Εφαρμογής: Στεγανή σφράγιση ρωγμών ,αρμών, αστοχιών σε στέγες, υδροροές, κεραμίδια, μεταλλικά στοιχεία. Επισκευή αρμών και αστοχιών ασφαλτοπάνων, εξαερισμών, καμινάδων, απολήξεων κεκλιμένης στέγης. Κατάλληλο για οριζόντιες, κεκλιμένες και κάθετες επιφάνειες. Δεν χρησιμοποιείται σαν επιφανειακή διάστρωση μεγάλων επιφανειών.

Προδιαγραφές: Ειδ. βάρος 1,1 kg/lit Σημείο τήξης +100°C Ανθεκτικό σε βροχή: μετά 3 ώρες



Sika®-Fibernet Υαλόπλεγμα οπλισμού επιχρισμάτων

Εφαρμογές: Κατάλληλο για τον οπλισμό σοβάδων, τσιμεντοκονιαμάτων, γυψοσοβάδων, επιχρισμάτων κτλ. Χρησιμοποιείτε για την ενίσχυση επιχρισμάτων σε διαφορετικά υποστρώματα (σκυρόδεμα, πλινθοδομή, θερμομονωτικές πλάκες κτλ) για την αποφυγή ρηγματώσεων στην επιφάνεια του επιχρίσματος

Συσκευασία:

Ρολό 1mX50m (25 ρολά / παλέτα)

Ρολό 0,25mX50m (4 ρολά / συσκευασία, 25 συσκευασίες / παλέτα)

Φυσικά χαρακτηριστικά: Χρώμα Μπλε.

Μήκος ρολού	Πλάτος ρολού	Βάρος	
		Ρολό	Ανά m ²
50,00m	0,25m	1,37kg	0,110kg
50,00m	1,00m	5,5kg	0,110kg

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

Μέγεθος βροχίδας (Καρέ πλέγματος): 12mm X 12mm

Εφελκυστική αντοχή (διαμήκη): 1100 N/50mm

Εφελκυστική αντοχή (εγκάρσια): 1000 N/50mm

Μη τοξικό

Συνθήκες αποθήκευσης / Χρόνος ζωής:

Χωρίς περιορισμό, προστατευμένο από την άμεση έκθεση στον ήλιο.

Τρόπος εφαρμογής: Τα υπόστρωμα πρέπει να είναι ομοιογενές, χωρίς σαθρά τμήματα. Υπολείμματα και άλλα σαθρά στοιχεία πρέπει να απομακρυνθούν. Να τηρούνται οι συνήθεις κατασκευαστικοί κανόνες. Το πλέγμα τοποθετείται στην επιφάνεια που πρόκειται να εφαρμοστεί το επίχρισμα και στερεώνεται μηχανικά. Στη συνέχεια ακολουθούν οι στρώσεις του σοβά και εγκιβωτίζεται το υαλόπλεγμα στο επίχρισμα. Το υαλόπλεγμα δε επηρεάζεται από τυχόν πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στα επιχρίσματα.

YTONG

Εφαρμογές: Το YTONG είναι ένα δομικό υλικό το οποίο χάρη στις εξαιρετικές ιδιότητές του, είναι ιδανικό για την κατασκευή κατοικιών, πολυόροφων κτιρίων καθώς και βιομηχανικών κτιρίων στην πλήρωση τοιχοποιίας. Κατόρθωσε να παράγει ένα εξαιρετικά πορώδες υλικό από τσιμέντο, χαλαζία, άσβεστο και νερό. Αυτά τα φυσικά υλικά υπάρχουν σε μεγάλες ποσότητες στη φύση.

Φυσικά χαρακτηριστικά: Χαμηλό βάρος 450 kg/m³, Συντελεστή Θερμοαγωγιμότητας $\lambda=0,095$ kcal/mh°C και διαστάσεις 60x25x5 (μ·υ·π)

Τεχνικά χαρακτηριστικά: Οι πρώτες ύλες που υποβάλλονται σε επεξεργασία προκειμένου να παραχθεί το δομικό υλικό απ' το οποίο αποτελείται το YTONG είναι το πορομπετόν που έχει πολυάριθμες κυψέλες αέρα. Το τελικό προϊόν προσφέρει εξαιρετική θερμομόνωση έναντι υψηλών και χαμηλών θερμοκρασιών, χαμηλά βάρη στην οικοδομή, ευκολία στην χρήση και οικονομία. Επίσης συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας. Η δόμηση με YTONG παρουσιάζει υψηλή αντισεισμικότητα

Επιχρίσματα τοιχοποιίας

Το σύνολο των υλικών που δαπανήθηκαν για το σοβάτισμα των τοιχίων, όπως περιγράφονται στο κεφάλαιο 7, υπολογίστηκαν σύμφωνα με την παρακάτω ενδεικτική περιγραφή.

Θεωρούμε ότι, τα επιχρίσματα γίνονται με μίγμα ασβέστη- άμμο- τσιμέντο σε τρεις στρώσεις συνολικού πάχους 2,7cm.

Η πρώτη στρώση, το πεταχτό, μέσου πάχους 0,6cm, γίνεται με τσιμεντοκονίαμα των 450kg/m³ απλού τσιμέντου και άμμου λατομείου. Γνωρίζουμε ότι για το πεταχτό πάχους 0,5cm και 1m² τοίχου απαιτούνται 6,2kg νωπό κονίαμα. Η άμμος λατομείου είναι ασβεστολιθική με απόλυτο ειδικό βάρος 2,68ton/m³.

Η δεύτερη στρώση, το λάσπωμα, μέσου πάχους 1,6cm, γίνεται με άσβεστοτσιμέντο- κονίαμα άμμου λατομείου αναλογίας κατ' όγκο πολτού ασβέστη: άμμο=1:3 με 150kg τσιμέντο ανά m³ κονιάματος. Γνωρίζουμε ότι στη βασική στρώση για πάχος 1cm και 1m² τοίχου απαιτούνται 14kg νωπό κονίαμα.

Και η τρίτη στρώση πάχους 0,6cm, με μαρμαροκονίαμα αναλογίας κατ' όγκο πολτού ασβέστη: μαρμαρόσκονη 1:2,5 με 100kg λευκό τσιμέντο ανά m³ κονιάματος. Γνωρίζουμε ότι σε μαρμαροσοβάδες για πάχος 0,5cm και 1m² τοίχου απαιτούνται 6kg νωπό κονίαμα. Επίσης, στα μαρμαροκονιάματα χρησιμοποιούμε μαρμαρόσκονη αντί για άμμο και το εφαρμόζουμε για την κατασκευή του τελευταίου στρώματος των επιχρισμάτων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, υπολογίζουμε:

1^η στρώση

$$0,5\text{cm} \rightarrow 0,005\text{m}$$

$$0,005\text{m} * 1\text{m}^2 \rightarrow 6,2\text{kg} \text{ νωπό κονίαμα}$$

$$0,006\text{m} * 1\text{m}^2 \rightarrow 7,44\text{kg} * 361,37\text{m}^2 = 2688,59\text{kg} \text{ Συνολικό κονίαμα}$$

$$0,006\text{m} * 361,37\text{m}^2 = 2,17\text{m}^3 \text{ Συνολικό κονίαμα}$$

$$450\text{kg}/\text{m}^3 \text{ τσιμέντο} * 2,17\text{m}^3 = 976,5\text{kg} \text{ τσιμέντο}$$

$$2688,59\text{kg} - 976,5\text{kg} = 1712,09\text{kg} \text{ άμμο} \rightarrow 1,71\text{ton}$$

2^η στρώση

$$1,6\text{cm} \rightarrow 0,016\text{m}$$

$$0,01\text{m} * 1\text{m}^2 \rightarrow 14\text{kg} \text{ νωπό κονίαμα}$$

$$0,016\text{m} * 1\text{m}^2 \rightarrow 22,4\text{kg} * 361,37\text{m}^2 = 8094,69\text{kg} \text{ Συνολικό κονίαμα}$$

$$0,016\text{m} * 361,37\text{m}^2 = 5,78\text{m}^3 \text{ Συνολικό κονίαμα}$$

$$1 \text{ ασβέστης: } 3 \text{ άμμος} + 150\text{kg} \text{ τσιμέντο}/\text{m}^3$$

$$150\text{kg}/\text{m}^3 * 5,78\text{m}^3 = 867\text{kg} \text{ τσιμέντο}$$

$$8094,69\text{kg}-867\text{kg}= 7227\text{kg} \text{ πολτός ασβέστη+ άμμο}$$

$$7227/4= 1806,75\text{kg} \text{ ασβέστης}$$

$$1806,75\text{kg} * 3= 5420,25\text{kg} \text{ άμμο}$$

3^η στρώση

$$0,6\text{cm}\rightarrow 0,006\text{m}$$

$$0,005\text{m} * 1\text{m}^2\rightarrow 6\text{kg} \text{ νωπό κονίαμα}$$

$$0,006\text{m} * 1\text{m}^2\rightarrow 7,2\text{kg} * 361.37\text{m}^2= 2601,86\text{kg} \text{ Συνολικό κονίαμα}$$

$$0,006\text{m} * 361.37\text{m}^2= 2,17\text{m}^3 \text{ Συνολικό κονίαμα}$$

1 ασβέστης: 2,5 μαρμαρόσκονη+ 100kg λευκό τσιμέντο/ m^3 * 2,17= 217kg λευκό τσιμέντο

$$2601,86\text{kg}-217\text{kg}= 2384,86\text{kg} \text{ πολτός ασβέστη+ μαρμαρόσκονη}$$

$$2384,86/7= 340,69\text{kg} \text{ ασβέστης}$$

$$340,69\text{kg} * 5= 1703,45\text{kg} \text{ μαρμαρόσκονη}$$

Σύστημα εξαερισμού

Για τον εξαερισμό των αιθουσών του υπογείου, κατασκευάζονται δύο κανάλια εξαερισμού όπως φαίνεται στα σχέδια. Οι αεραγωγοί είναι από γαλβανιζέ λαμαρίνα 0,60mm πάχους, σε διαστάσεις 30x35cm, 30x40cm, 35x50cm, 60x40cm, 70x40cm ανάλογα την παροχή αέρα που απαιτείται στους παρακάτω υπολογισμούς. Τα στόμια είναι με περσίδες δύο σειρών Π2Π, διαστάσεων 50x20cm και τέλος ο αποροφητήρας είναι φυγοκεντρικός διπλής αναρρόφησης σε κιβώτιο μονωμένο 70x70x70cm (D-D 12-12 1HP 5600 m^3/h)

Υπολογίζεται ότι για κάθε άτομο εξαερώνουμε 50 m^3/h αέρα. Στα σχέδια φαίνεται ο πληθυσμός σε κάθε αίθουσα οπότε έχουμε:

$$\underline{\text{Αίθουσα 1 \& 2:}} 56 \text{ άτομα} * 50\text{m}^3/\text{h}/\text{άτομο}= 2800\text{m}^3/\text{h}$$

$$\underline{\text{Αίθουσα 3, 4 \& 5:}} 40 \text{ άτομα} * 50\text{m}^3/\text{h}/\text{άτομο}= 2000\text{m}^3/\text{h}$$

Σύμφωνα με τις παραπάνω περιγραφές και τις τιμές που ισχύουν στην παρούσα φάση στην Ελλάδα, το κόστος της μελέτης και εφαρμογής αυτής είναι 6744€, όπως δείχνει ο παρακάτω πίνακας.

Υλικά:	Διαστάσεις/ τεμάχια:	Τιμή:	Κόστος:
Κανάλι #1 από λαμαρίνα γαλβανιζέ πάχους 0,60mm	(16,70 +3,00)m	60€/m	1182
Κανάλι #1 από λαμαρίνα γαλβανιζέ πάχους 0,60mm	24,20m	60€/m	1452
Στόμια	14 τεμ.	50€/τεμ.	700
Αποροφητήρας	2 τεμ.	705€/τεμ.	1410
Εργατικά	-	2000€	2000
Συνολικό κόστος:			6744€

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΣΧΕΔΙΑ

ΤΜΗΜΑ:
ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΜΑΘΗΜΑ:
Πτυχιακή Εργασία

ΕΡΓΟ:
Πτυχιακή Εργασία

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:
Παναγιώτης Κακαβός

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
Ανδριανπούλου Χαρά

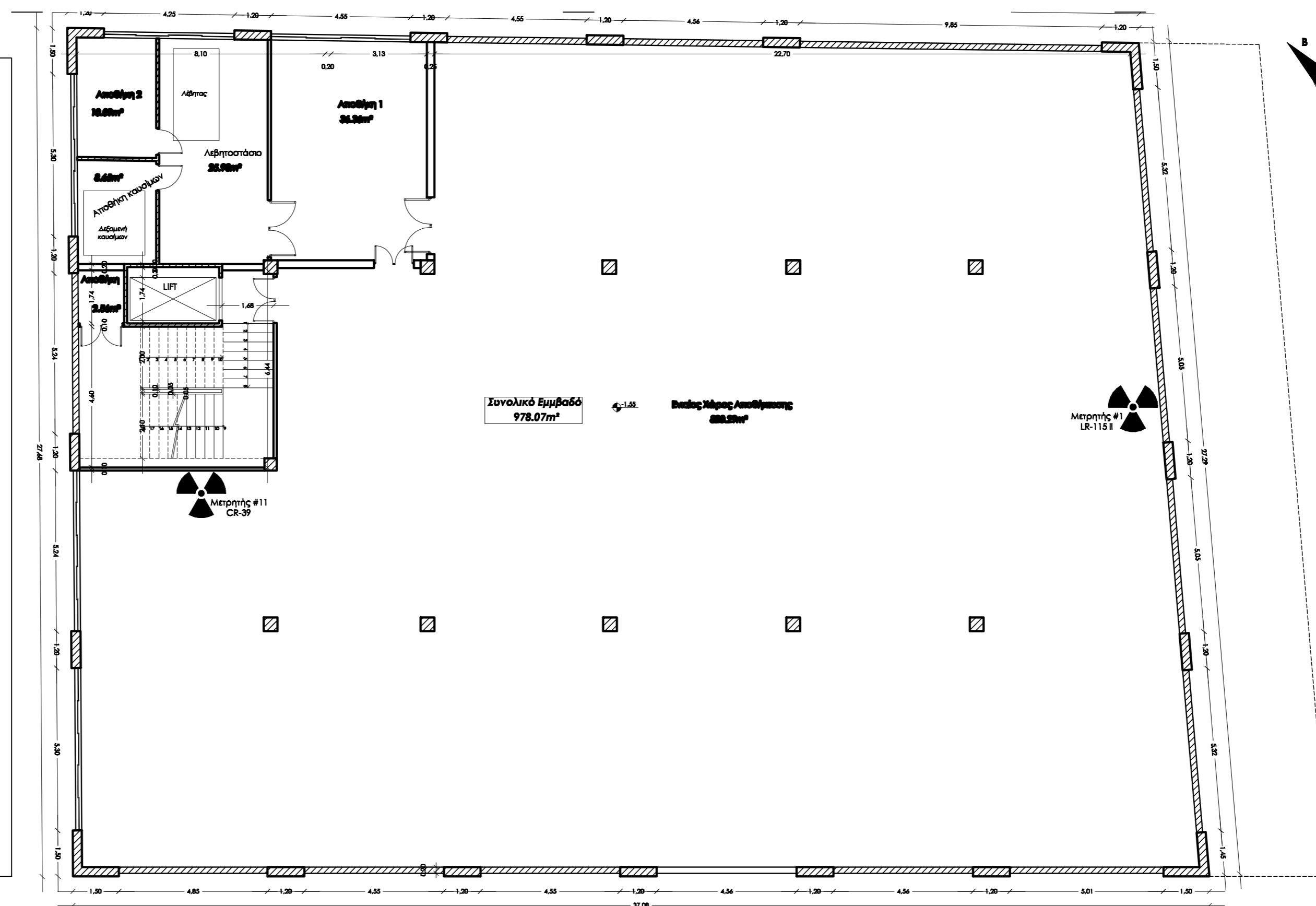
ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ:
ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ

1

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ:
2010



ΤΜΗΜΑ:
ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΜΑΘΗΜΑ:
Πτυχιακή Εργασία

ΕΡΓΟ:
Πτυχιακή Εργασία

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:
Παναγιώτης Κακαβάς

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:
Ανδριανοπούλου Χαρά

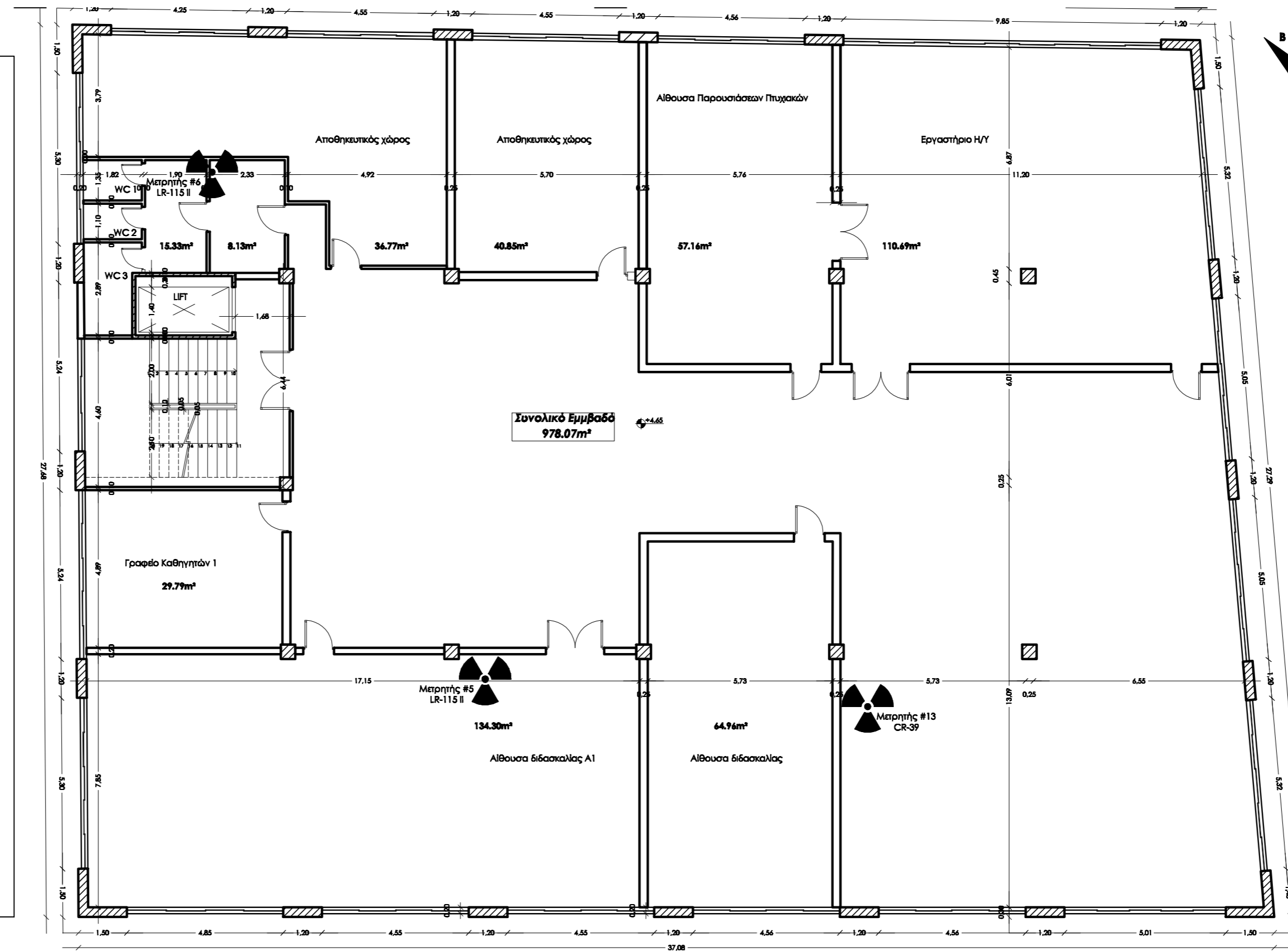
ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ:
ΚΑΤΟΨΗ 1ου ΟΡΟΦΟΥ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ

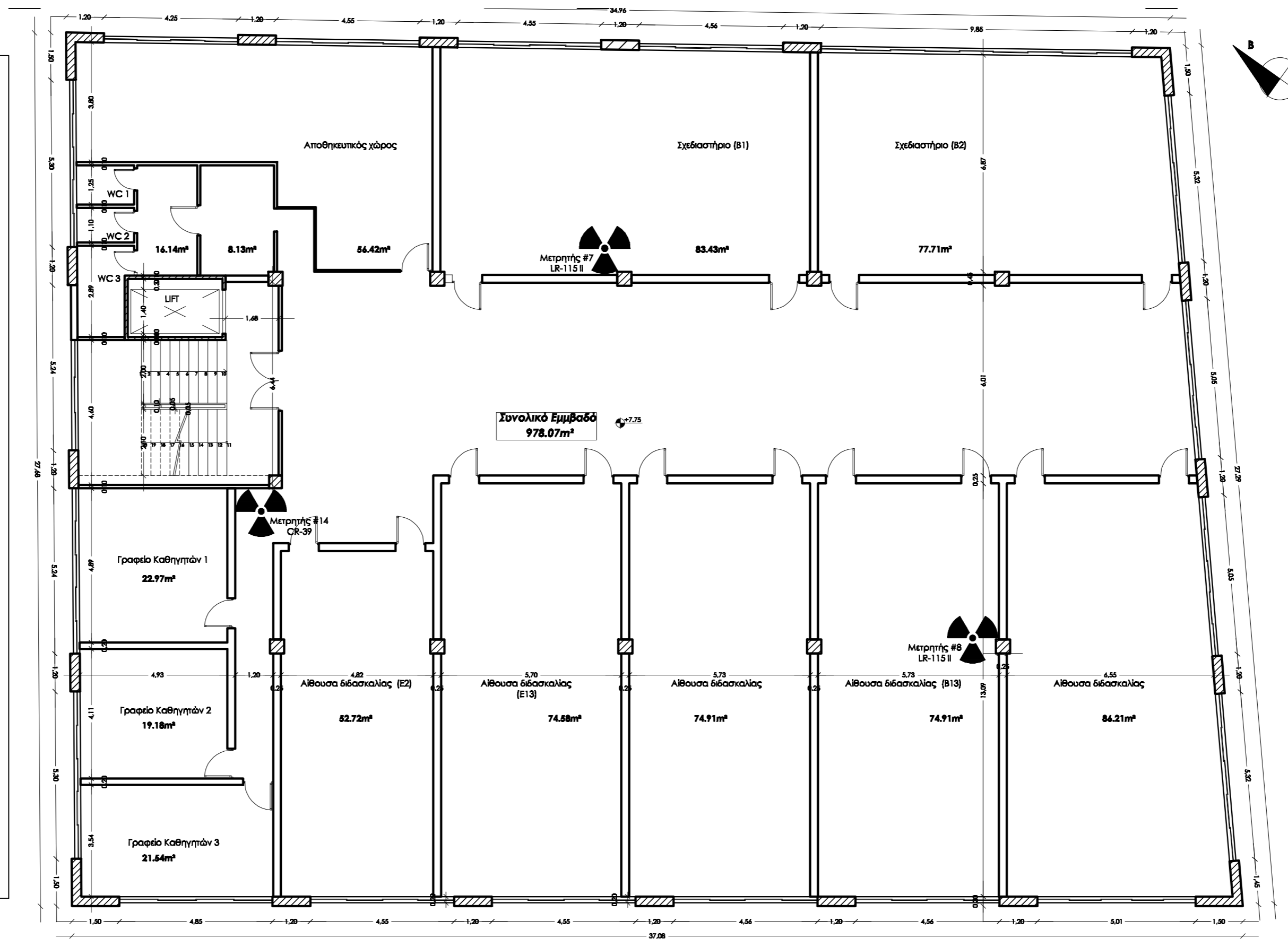
3

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ:
2010



ΤΜΗΜΑ: ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	
ΜΑΘΗΜΑ: Πτυχιακή Εργασία	
ΕΡΓΟ: Πτυχιακή Εργασία	
ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ: Παναγιώτης Κακαβάς	
ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: Ανδριανπούλου Χαρά	
ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ: ΚΑΤΟΨΗ 2ου ΟΡΟΦΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ 4
	ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100
ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ: 2010	



ΤΜΗΜΑ:
ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΜΑΘΗΜΑ:
Πτυχιακή Εργασία

ΕΡΓΟ:
Πτυχιακή Εργασία

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:
Παναγιώτης Κακαβός

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
Ανδριανοπούλου Χαρά

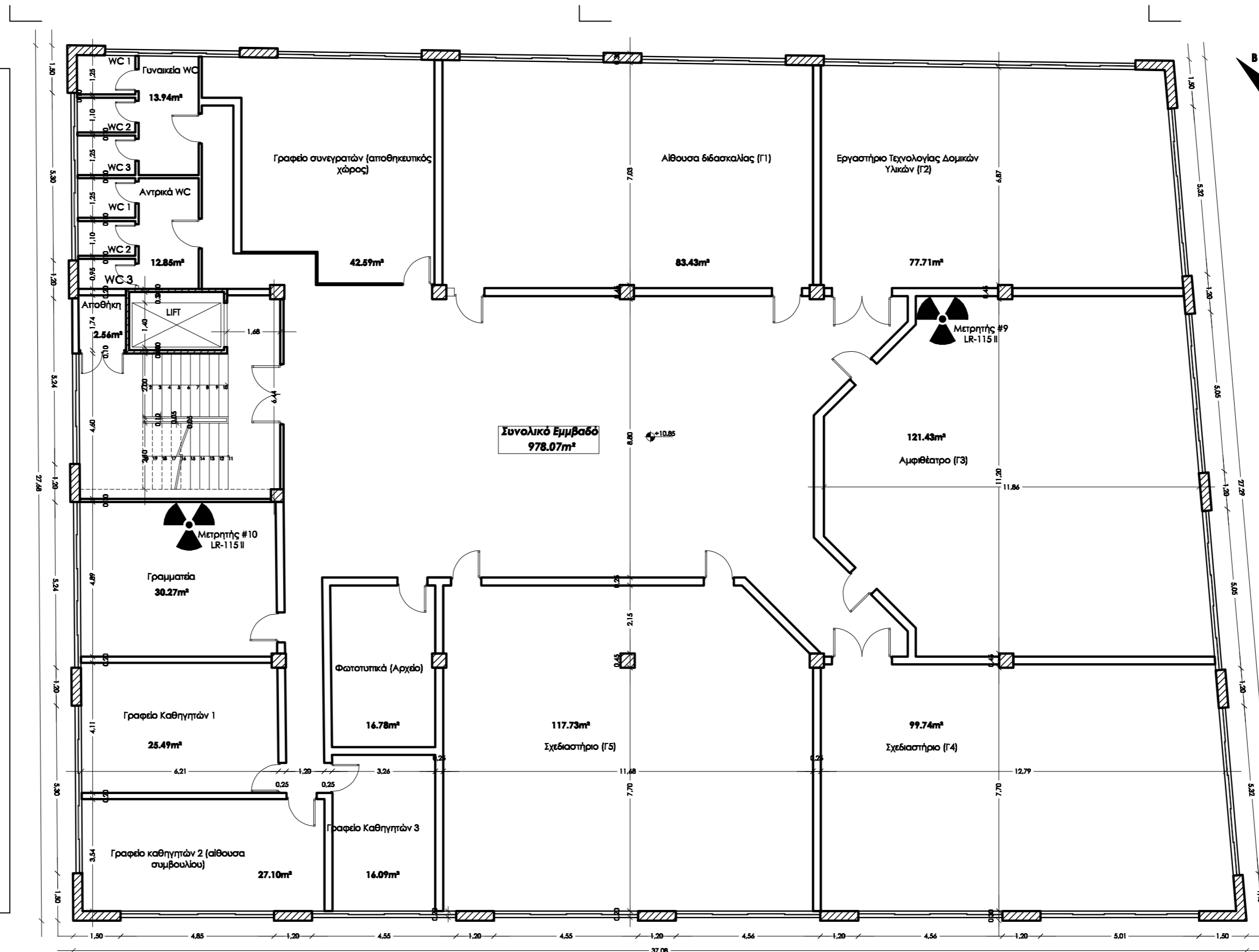
ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ:
ΚΑΤΟΨΗ 3ου ΟΡΟΦΟΥ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ

5

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ:
2010



ΤΜΗΜΑ:
ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΜΑΘΗΜΑ:
Πτυχιική Εργασία

ΕΡΓΟ:
Πτυχιική Εργασία

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:
Παναγιώτης Κακαβάς

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:
Ανδριανοπούλου Χαρά

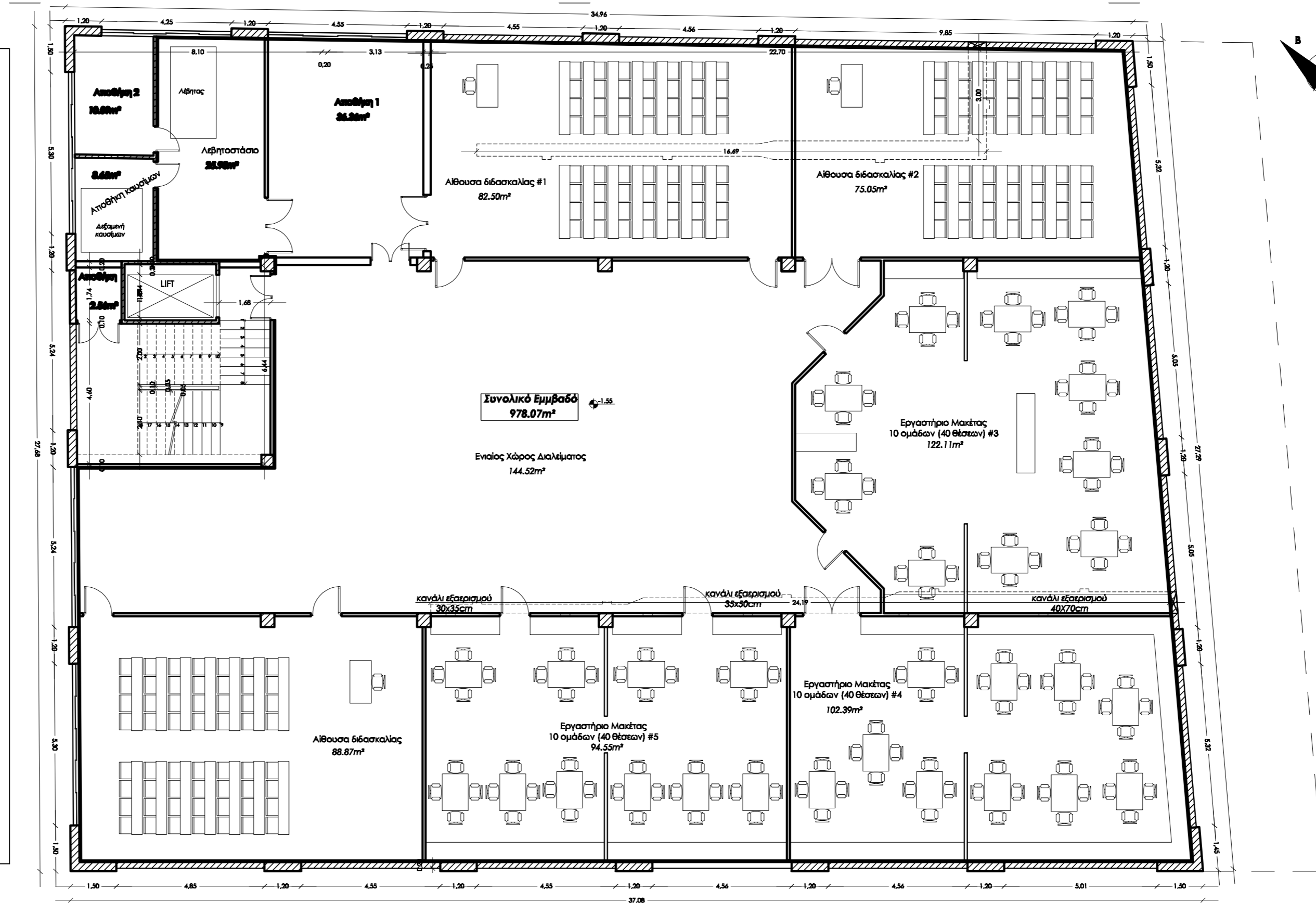
ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ:
ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ
Διαμόρφωση χώρου για κατασκευή
μακέτας και εργαστηριακές αίθουσες

ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ

6

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ:
2010



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <http://www.hps.org/publicinformation/ate/q1208.html> (Ημ/νία επίσκεψης: 16/02/2009)
2. <http://users.uoa.gr/~jalexopoulos/radioactivity.pdf> Τίτλος: Η Ραδιομετρική μέθοδος (Ημ/νία επίσκεψης: 11/03/2009)
3. http://news.kathimerini.gr/4Dcgi/4Dcgi/_w_articles_civ_21_17/07/2005_150530 Τίτλος: Η Καθημερινή, 2.500 μετρήσεις στην Ελλάδα (Ημ/νία επίσκεψης: 25/04/2009)
4. http://www.medlook.net/article.asp?item_id=990 Τίτλος: Η ακτινοβολία από ραδόνιο μέσα στο σπίτι (Ημ/νία επίσκεψης: 11/10/2009)
5. http://employees.csbsju.edu/dsteck/mnradon/radon_and_helath.htm (Ημ/νία επίσκεψης: 29/04/2009)
6. <http://users.uoa.gr/~jalexopoulos/radioactivity.pdf> (Ημ/νία επίσκεψης: 01/05/2009)
7. http://www.buildings.gr/greek/meleti_efarmogi/bioclimate/eginaproject/paroyssiassi4doc21.jpg Πιστοποίηση σκυροδέματος χωρίς τέφρα (Ημ/νία επίσκεψης: 06/05/2009)
8. http://www.buildings.gr/greek/meleti_efarmogi/bioclimate/eginaproject/eginaproject.htm Α΄ Φάση: Οικολογικό σπίτι στην Αίγινα (Ημ/νία επίσκεψης: 07/05/2009)
9. http://www.buildings.gr/greek/meleti_efarmogi/bioclimate/eginaproject/eginaproject1.htm Β΄ Φάση: Οικολογικό σπίτι στην Αίγινα (Ημ/νία επίσκεψης: 12/05/2009)
10. http://www.buildings.gr/greek/meleti_efarmogi/bioclimate/eginaproject/eginaproject4.htm Δ΄ Φάση: Οικολογικό σπίτι στην Αίγινα (Ημ/νία επίσκεψης: 14/05/2009)
11. <http://adsabs.harvard.edu/abs/1999NIMPA.421..334T> (Ημ/νία επίσκεψης: 22/05/2009)

12. <http://shopping.msn.com/reviews/radon-gas-detector-pro-3-by-safety-siren/itemid612458277/?itemtext=itemname:radon-gas-detector-pro-3-by-safety-siren> (Ημ/νία επίσκεψης: 25/05/2009)
13. <http://www.gasniffer.com/products.htm> (Ημ/νία επίσκεψης: 31/05/2009)
14. <http://whitehalladvisory.org/> (Ημ/νία επίσκεψης: 02/06/2009)
15. <http://media.buildingmedia.com/xmlconnection/AUD04-I.php?FLV=TexTrude&DIR=TexTrude&crs=186> (Ημ/νία επίσκεψης: 03/03/2010)

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. <http://fei13.yooblog.gr/> Τίτλος: Just Beauty- Επίτευγμα στη Φυσική η δημιουργία μορίων ύλης-αντιύλης
2. <http://el.wikipedia.org/wiki/Άτομο>
3. http://el.wikipedia.org/wiki/Χημικό_στοιχείο
4. http://el.wikipedia.org/wiki/Περιοδικός_πίνακας
5. [http://www.xhmikos.gr/periodic table page1LQ.jpg](http://www.xhmikos.gr/periodic%20table%20page1LQ.jpg) Τίτλος: Περιοδικός Πίνακας των Στοιχείων
6. http://el.wikipedia.org/wiki/Ευγενή_Αέρια
7. <http://users.att.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/OkosmosPouZoume.htm>
Τίτλος: Περί ακτινοβολιών
8. <http://el.wikipedia.org/wiki/Ραδιενέργεια>
9. <http://www.livopedia.gr/index.php/Μπεκερέλ>
10. [http://en.wikipedia.org/wiki/Roentgen_\(R\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Roentgen_(R))
11. <http://www.phpbbserver.com/pfor/index.php?mforum=pfor> Τίτλος: Εκπαίδευση- Νέες τεχνολογίες, Η ραδιενέργεια στη ζωή μας

12. <http://www.physics4u.gr/nuclear/radio5.html>
13. http://www.eeae.gr/gr/index.php?fvar=html/president/_info_radon Τίτλος: Μετρήσεις ραδονίου
14. <http://omega.physics.uoi.gr/radon/Greek/radon.pdf> Τίτλος: Ραδόνιο
15. http://www.eeae.gr/gr/index.php?fvar=html/president/_info_natural_ins ide Τίτλος: Φυσικές πηγές εσωτερικής ακτινοβολήσης
16. http://omega.physics.uoi.gr/radon/Greek/radon_faq.htm#Q1 Τίτλος: Ενημερωθείτε
17. Πασχαλίδης, Ιωάννης Σ. Διπλωματική Εργασία: Βαθμονόμηση δοχείων με προσροφητικά υλικά για τη μέτρηση συγκεντρώσεων ραδονίου στην ατμόσφαιρα σε διάφορα επίπεδα σχετικής υγρασίας, Diffusive samplers calibration for ambient radon concentration measurements at various humidity levels (ΕΜΠ 2008)
18. http://www.thisland.illinois.edu/57ways/57ways_42.html
19. <http://employees.csbsju.edu/dsteck/mnradon/default.htm> Τίτλος: Rn variation: Time
20. <http://employees.csbsju.edu/dsteck/mnradon/rn%20testing.html#r> Τίτλος: Getting Tested: Home Radon Detectors
21. http://www.csbsju.edu/mnradon/what_kind_of_radon_test.htm#Radon testing strategy for homeowners
22. <http://nuclear.ntua.gr/apache2-default/radmaps/ra.html>. NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS Nuclear Engineering Section MPX -1.2 project, April 1995
23. http://www.spitia.gr/greek/eksoplismos/oikologika_ilika/radonio.htm
24. <http://www.epa.gov/radon/pubs/rducrrsks.html> Τίτλος: "Reducing Radon Risks"

25. <http://www.servicemagic.com/article.show.Radon-Testing-Inspect-Detect-and-Correct.13916.html>
26. <http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/environ/radon-eng.php#info>
27. Radiation Protection Dosimetry Vol. 93, No. 1, pp. 75–79 (2001) Nuclear Technology Publishing
28. Radiation Protection Dosimetry (2004) Vol. 112, No 2, pp. 251-258 doi:10.1093/rpd/nch392 Advanced Access publication 27 July 2004 RADON SURVEY IN KALAMATA (GREECE) MULTIPLE RADON SURVEY IN SPA OF LOUTRA EDIPSOU (GREECE)
29. <http://www.epa.gov/radon/zonemap.html#content> Τίτλος: EPA Map of Radon Zones
30. <http://employees.csbsju.edu/dsteck/mnradon/default.htm> Τίτλος: Radon and health
31. Δημοσίευση στην Εφημερίδα της Αμερικανικής Επιδημιολογίας (Ιούνιος 2000). The American Journal of Epidemiology (June 2000).
32. <http://webschoolsolutions.com/patts/systems/lungs.htm>
33. <http://www.alfahealth.gr/index.asp?section=article&cat=18&id=55>
34. Εθνική Στατιστική Υπηρεσία - <http://www.statistics.gr>
35. http://www.eeae.gr/gr/docs/president/_radonio_2009.pdf Τίτλος: Ραδόνιο
36. <http://radonrescue.com/radon.shtml>
37. Μηνιαίο περιοδικό «ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΛΟΓΗ» Ιανουάριος 2010 τεύχος 511 σελ.14
38. <http://www.renovat.gr/Autokollitimemvrani.aspx> Στο τεχνικό φυλλάδιο: «Ολοκληρωμένες Τεχνικές Λύσεις» Renovat

39. Παναγόπουλος σύγχρονα δομικά υλικά – εργαλεία
info@panagorouloi.gr Τηλ.2610-323083 Ακρωτηρίου 19
Πάτρα, 26334
40. ΚΤΙΡΙΟ Τεχνικό Περιοδικό (τεύχος έτους 2008, σελ. 138)
<http://www.ktirio.gr/>
41. http://www.thisland.illinois.edu/57ways/57ways_43.html
42. <http://www.managemyhome.com/mmh/answers/Answers.action#l4q111363>
43. <http://ddata.over-blog.com/xxxyyy/1/18/63/84/Presentations-IFA/Theacy-presentation-17.05.07.pdf>
44. <http://www.climasolution.gr/exair.html>
45. Υλικό απ' την εργασία Ζ' Εξαμήνου στο μάθημα Σύνταξη Μελέτης Ανακαίνισης και Αποκατάστασης Κτιριακού Έργου (φοιτητών: Γκίκα Δέσποινα, Οικονόμου Ελένη- Χριστίνα, Χριστοδουλίδη Μαρίνα)
46. Λήψη 13/10/2008. Κτίριο επί των οδών Ακρωτηρίου, Φιλίππου και Ολυμπιάδος, Δάφνης, Παρμενίωνος στην Πάτρα.
47. Κλήμης Ο.Ε. Νεάπολη Κορίνθου
48. Προσφορά από συνεργείο καλουπατζήδων στην Κόρινθο του Κώστα Κωστάρα
49. <http://www.renovat.gr/Diaforaprovlimata.aspx> Στο τεχνικό φυλλάδιο: «Ολοκληρωμένες Τεχνικές Λύσεις» Renovat
50. Οι τιμές των προϊόντων που αναγράφονται στο κεφ. 7.3 αφορούν προϊόντα γνωστών και πιστοποιημένων εταιριών. Οι τιμές ισχύαν τον Μάρτιο 2010 σύμφωνα με τις προσφορές στην ERGOLAND Μονωτική Κορίνθου Ε.Π.Ε. Όπισθεν αερογέφυρας Αρχαίας Κορίνθου 20100 Κόρινθος τηλ.2741072592, 83002- FAX 27410 28221 www.monotiki.com
51. Τεχνικό φυλλάδιο Sika: <http://www.lazarakis-constructions.gr/files/578.pdf>

52. Προσφορά από Νεοψυκτική Κορίνθου (Ανδριανόπουλος Γρηγόρης)
fax: 27410 85113(Απρίλιος 2010)
53. <http://www.tasl.co.uk/>
54. Διπλωματική Εργασία : Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Θετικών Επι-
στημών, Τμήμα Χημείας, Τομέας Πυρηνικής Χημείας. Θέμα: Μέτρηση
φυσικής ραδιενέργειας στην περιοχή της Μεγαλόπολης Αρκαδίας. Μα-
νούσακας Μανούσος- Ιωάννης- Παπαευθυμίου Ελένη Πάτρα 2008