

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή δεν θα μπορούσε να είχε πραγματοποιηθεί χωρίς την συμπαράσταση και την επίβλεψη του Καθηγητή Ευάγγελου Γιδαράκου.

Επίσης ευχαριστίες αρμόζουν στον κύριο Τάκη Σταθόπουλο και στην κυρία Μήχου Μαρία, για τις πολύτιμες συμβουλές τους και το χρόνο που διέθεσαν κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών στην περιοχή των MABE και της ανάλυσης των δειγμάτων. Οφείλω επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κύριο Μήχο Ευάγγελο που έκανε δυνατή τη συνεργασία με τα παραπάνω πρόσωπα και τον χρόνο που μου αφιέρωσε για απορίες σχετικά με τα MABE κατά την παραμονή μου στη Κοζάνη.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συμπαράσταση και τη στήριξή τους στην προσπάθειά μου και όλους όσους συνέβαλλαν με οποιοδήποτε τρόπο στην αποπεράτωση της εργασίας αυτής.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα Μεταλλεία Αμιάντου Βορείου Ελλάδος (ΜΑΒΕ) βρίσκονται στη θέση Ζιδάνι του νομού Κοζάνης. Στο χρονικό διάστημα λειτουργίας (1981-2000) των ΜΑΒΕ, εξορύχτηκαν περίπου 70 εκ. τόνοι μεταλλεύματος (σερπεντινίτης), από τα οποία παρήχθησαν 1εκ. τόνοι χρυσοτιλικού αμιάντου.

Ο αμιάντος αποτελεί πυριτικό ορυκτό με ινώδη μορφή και χρησιμοποιήθηκε για πολλά χρόνια ως πρώτη ύλη για την παρασκευή πλήθους προϊόντων και υλικών, εξαιτίας των εξαιρετικών του ιδιοτήτων. Δυστυχώς όμως ο αμιάντος θεωρείται υπεύθυνος για σοβαρές ασθένειες των πνευμόνων όπως η αμιάντωση, το μεσοθηλίωμα και ο καρκίνος των πνευμόνων, που προκαλούνται από την εισπνοή ινών αμιάντου και εμφανίζονται μετά από μακροχρόνια συνήθως έκθεση. Νομοθετικές ρυθμίσεις έχουν εκδοθεί τόσο από την Ε.Ε. όσο και από τις Η.Π.Α. σχετικές με τον αμιάντο, τον περιορισμό της κυκλοφορίας στην αγορά και τη χρήση του, την προστασία των εργαζομένων από τον αμιάντο και την πρόληψη και μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από αμιάντο.

Τα υφιστάμενα δεδομένα σχετικά με την ποιότητα του περιβάλλοντος στην περιοχή των ΜΑΒΕ ως προς την παρουσία του αμιάντου είναι ανεπαρκή για τον σαφή προσδιορισμό του προβλήματος μόλυνσης. Στην παρούσα εργασία έγινε μια αρχική εκτίμηση του προβλήματος αυτού και ανάλυση της τοξικότητας. Τα αποτελέσματα (μετρήσεις για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης ινών αμιάντου σε κτιριακές εγκαταστάσεις, έδαφος ατμόσφαιρα και νερό), σε συνδυασμό με επιμέρους έρευνες που πραγματοποιήθηκαν περιστασιακά στο παρελθόν, αλλά και την αξιολόγηση των επιστημονικών και εμπειρικών ευρημάτων σε διεθνές επίπεδο συγκροτούν ένα ασφαλές πλαίσιο για την επικινδυνότητα στην περιοχή των ΜΑΒΕ και αποτελούν προϋπόθεση για την εξυγίανση και αποκατάσταση της περιοχής. Στόχος είναι η ανάπτυξη και εφαρμογή της βέλτιστης μεθόδου επεξεργασίας και αποκατάστασης του αμιάντου που θεωρείται τοξικό και επικίνδυνο απόβλητο και χρίζει ιδιαίτερης διαχείρισης διότι αποτελεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και πηγή μόλυνσης του περιβάλλοντος.

## ABSTRACT

The Asbestos Mine of Northerner Greece (MABE) is found in the Zidani area of Kozanis prefecture. In the interval time of MABE's operation (1981-2000), there were excavated roughly 70 million tones of the mineral serpentine, by which they were produced 1 million tones chrysotile.

Asbestos represents a silicate mineral with fibrous form and was used for a lot of years as raw material for the production of many objects and materials, on account of its exceptional attributes. Unfortunately however asbestos is considered responsible for serious lung diseases as asbestosis, mesothelioma and lung cancer, all caused by the inhalation of asbestos fibres and appear usually after a long period of exposure. Legislative regulations have been published so much by the E.U. as by the U.S.A. relatively with asbestos, use and restriction of its circulation in the market, the protection of workers from asbestos and the prevention and reduction of environmental pollution from asbestos.

The existing data with regard to the quality of environment in the region of MABE as for the presence of asbestos are insufficient for the specific determination of the pollution problem. A first approach of this problem was done in the present work and the results (measurements and analyses for the determination of asbestos fibres concentration in buildings, soil, atmosphere and water, mechanisms of diffusion in the environment), in combination with individual researches that were realised casually in the past, and also the evaluation the scientific and empiric discoveries in international level constitute a reliable frame for the venturousness in the region of MABE and underlie the condition for the sanitation and rehabilitation of the region. Aim is to develop and applicate the most optimal treatment and remediation method for asbestos which is considered a toxic and dangerous material and requires particular management because it represents a great danger for the human health and a source of environmental pollution.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....</b>	<b>I</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>III</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....</b>	<b>IV</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....</b>	<b>VII</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....</b>	<b>IX</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....</b>	<b>IX</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>X</b>
<b>1. Ο ΑΜΙΑΝΤΟΣ ΩΣ ΟΡΥΚΤΟ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ΤΑ ΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ .....	1
1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΜΙΑΝΤΟΥ .....	4
1.3 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΜΙΑΝΤΟΥ.....	6
1.3.1 Φυσικές ιδιότητες αμιάντου .....	7
1.3.2 Χημικές ιδιότητες αμιάντου.....	8
1.4 ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΙΝΩΝ ΑΜΙΑΝΤΟΥ .....	9
1.5 ΧΡΗΣΕΙΣ ΑΜΙΑΝΤΟΥ .....	10
1.6 ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΑ ΑΜΙΑΝΤΟΥ.....	12
1.7 Η ΑΓΟΡΑ ΤΟΥ ΑΜΙΑΝΤΟΥ ΚΑΙ Η ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΗΣ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ .....	13
1.7.1 Παγκόσμια αποθέματα αμιάντου .....	14
1.7.2 Η σημερινή εικόνα της αγοράς αμιάντου .....	15
1.7.3 Ένα δυσοίωνο μέλλον.....	16
<b>2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΜΙΑΝΤΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ.....</b>	<b>17</b>
2.1 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ .....	17
2.2 ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΙΝΟΓΕΝΕΣΗΣ ΑΜΙΑΝΤΟΥ.....	19
2.2.1 Αμιάντωση (Asbestosis).....	19
2.2.2 Ίνωση του υπεζωκότα.....	21
2.3 ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΚΑΡΚΙΝΟΓΕΝΕΣΗΣ ΑΜΙΑΝΤΟΥ .....	23
2.3.1 Καρκίνος του πνεύμονα (Καρκίνωμα βρόγχων).....	24
2.3.2 Μεσοθηλίωμα.....	26
2.3.3 Άλλοι τύποι καρκίνου.....	29
2.4 ΟΜΑΔΕΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΕΚΤΙΘΕΜΕΝΕΣ ΣΤΟΝ ΑΜΙΑΝΤΟ .....	29
2.4.2 Έκθεση στο εργασιακό περιβάλλον .....	30
2.4.3 Έκθεση πληθυσμών σε περιβάλλοντες των βιομηχανιών περιοχές .....	31
2.4.4 Έκθεση των πληθυσμιακών ομάδων από την παρουσία του αμιάντου στην ατμόσφαιρα .....	32
2.4.5 Επιπτώσεις στην υγεία από την κατάποση του αμιάντου .....	33
2.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ .....	34
<b>3. ΤΟ ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΑΜΙΑΝΤΟΥ .....</b>	<b>35</b>
3.1 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΡΑΤΩΝ ΠΕΡΙ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΑΜΙΑΝΤΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ .....	36
3.1.1 Η Οδηγία 1999/77.....	37
3.1.2 Ο χρυσοτιλικός αμιάντος .....	39
3.2 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΜΙΑΝΤΟ.....	40
3.3 ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΠΟ ΑΜΙΑΝΤΟ .....	44
3.4 ΕΠΙΤΡΕΠΤΑ ΌΡΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΑΜΙΑΝΤΟΥ .....	47
3.4.1 Επιτρεπτά Όρια συγκέντρωσης αμιάντου στο εργασιακό περιβάλλον.....	47
3.4.2 Επιτρεπτά Όρια συγκέντρωσης αμιάντου στην ατμόσφαιρα .....	48
3.4.3 Επιτρεπτά Όρια συγκέντρωσης αμιάντου στο πόσιμο νερό .....	49
3.4.4 Επιτρεπτά Όρια συγκέντρωσης αμιάντου στα εδάφη.....	49
3.5 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ Η.Π.Α. ....	49
<b>4. ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ ΑΜΙΑΝΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ.....</b>	<b>51</b>
4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΜΑΒΕ .....	51
4.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΜΑΒΕ.....	54

4.2.2 Υδρογεωλογία.....	60
4.2.3 Έδαφος.....	61
4.2.4 Υδρολογία.....	61
4.3 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΜΑΒΕ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ.....	62
4.3.2 Το Μεταλλείο.....	63
4.3.3 Οι Αποθέσεις.....	65
4.3.4 Οι κτιριακές εγκαταστάσεις.....	67
4.3.5 Ο Οικισμός.....	73
4.3.6 Η Μονή Ζιδανίου.....	74
4.4 ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	75
4.4.1 Συνοπτική περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας.....	75
4.5 ΑΝΑΓΚΕΣ ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΕ ΝΕΡΟ.....	77
4.6 ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ ΥΠΟΔΟΜΗ.....	77
<b>5. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΣΕΙΡΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ.....</b>	<b>79</b>
5.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	79
5.2 ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΙΝΩΝ ΑΜΙΑΝΤΟΥ ΣΤΟΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΑΕΡΑ.....	80
5.2.1 Μέθοδος δειγματοληψίας αέρος των ΜΑΒΕ.....	82
5.2.2 Διαδικασία δειγματοληψίας ατμοσφαιρικού αέρα.....	87
5.2.3 Διαδικασία δειγματοληψίας αέρα εσωτερικών χώρων.....	88
5.3 ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΑΜΙΑΝΤΟΥ ΣΕ ΣΤΕΡΕΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ, ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΕΔΑΦΗ.....	89
5.4 ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΙΝΩΝ ΑΜΙΑΝΤΟΥ ΣΤΟ ΝΕΡΟ.....	90
5.5 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	90
<b>6. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΜΑΒΕ.....</b>	<b>92</b>
6.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ ΑΕΡΟΣ, ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	92
6.2 ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.....	97
6.3 ΜΕΤΑΛΛΕΙΟ.....	105
6.4 ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ.....	107
6.5 ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	109
6.6 ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ.....	112
6.6.1 Μετρήσεις αέρος.....	112
6.6.2 Μετρήσεις νερού.....	113
<b>7. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΞΥΓΙΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΑΜΙΑΝΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ.....</b>	<b>117</b>
7.1 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΑΙΘΡΙΩΝ ΧΩΡΩΝ.....	117
7.1.1 Σταθεροποίηση - στερεοποίηση και φυτοκάλυψη.....	118
Υπαίθριοι εξωτερικοί χώροι.....	118
Αποθέσεις.....	118
Μεταλλείο.....	119
7.1.2 Συλλογή των ρυπασμένων εδαφών και απόθεσή τους σε ειδικό χώρο διάθεσης.....	120
7.1.3 Υαλοποίηση των ρυπασμένων εδαφών.....	120
7.2 ΕΞΥΓΙΑΝΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ.....	120
7.2.1 Απομάκρυνση όλων των υλικών που περιέχουν αμιάντο και διάθεσή τους σε χώρο υποδοχής επικίνδυνων αποβλήτων.....	121
7.2.2 Εγκιβωτισμός των ινών αμιάντου πάνω στις επιφάνειες, με χρήση κατάλληλων χημικών ουσιών.....	121
7.2.3 Απομόνωση του χώρου εν τω συνόλω από το υπόλοιπο περιβάλλον.....	122
7.2.4 Πλήρης εξυγίανση του χώρου και του εξοπλισμού, με στόχο την επαναχρησιμοποίησή τους.....	122
7.3 ΑΠΟΒΛΗΤΑ.....	124
7.4 Η ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΧΩΡΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΜΕ ΑΜΙΑΝΤΟ ΑΠΟΤΕΛΟΥΝ ΕΙΔΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ.....	126
7.4.1 Βασικοί κανόνες.....	126
7.4.2 Ειδικός εξοπλισμός.....	127
7.4.3 Απόρριψη αποβλήτων αμιάντου.....	128
7.4.4 Συντήρηση και παρακολούθηση.....	129
7.5 ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ, ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΟΙΧΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΜΕ ΑΜΙΑΝΤΟ.....	129
<b>8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ &amp; ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>131</b>
8.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΜΑΒΕ.....	131

8.2 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΜΙΑΝΤΟΥ: ΚΥΡΙΑ ΣΗΜΕΙΑ .....	132
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>136</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>	<b>140</b>
<b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΟΡΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΜΑΒΕ - ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ .....</b>	<b>140</b>
<b>ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΞΥΓΙΑΝΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΜΕ ΑΜΙΑΝΤΟ .....</b>	<b>146</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Δομή του τετραέδρου ( $\text{SiO}_4$ ) <sup>4-</sup> των πυριτικών ορυκτών .....	1
Σχήμα 1.2: Δομή ινομόρφων πυριτικών ορυκτών: α) πυροξένων και β) αμφιβόλων.....	3
Σχήμα 1.3: Δομή φυλλοπυριτικών ορυκτών.....	3
Σχήμα 1.4: (α) Κροκιδόλιθος (β) Τρεμολίτης (γ) Αμοσίτης (δ) Ανθοφυλλίτης, (ε) Ακτινόλιθος .....	5
Σχήμα 1.5: Χρυσοτιλικός αμιάντος.....	6
Σχήμα 1.6: Παγκόσμια παραγωγή αμιάντου στις σημαντικότερες χώρες παραγωγής από το 1986 έως το 1994 (1000TON) .....	13
Σχήμα 2.1: (α) Ίνες αμιάντου επενδεδυμένες με σιδηροπρωτεΐνη (β) παγιδευμένες από μακροφάγα, (γ) σωματίδια αμιάντου.....	19
Σχήμα 2.2: (α) Φυσιολογικός πνεύμονας, (β) και (γ) Πνεύμονας με αμιάντωση .....	20
Σχήμα 2.3: Ακτινογραφία ατόμου που πάσχει από αμιάντωση.....	21
Σχήμα 2.4: Αμιάντωση: αριθμός θανάτων και ρυθμός θνησιμότητας στις ΗΠΑ σε πολίτες ηλικίας άνω των 15 ετών από το 1968 έως το 1992 (Πηγή National Center for Health Statistics multiple cause of death data). .....	21
Σχήμα 2.5: Φωτογραφίες υπεζωκοτικών πλακών.....	22
Σχήμα 2.6: Ακτινογραφία ατόμου με καρκίνο του πνεύμονα .....	25
Σχήμα 2.7: Στάδια δημιουργίας καρκίνου του πνεύμονα (Πηγή <a href="http://www.asbestosis-info.com/cancer.html">http://www.asbestosis-info.com/cancer.html</a> ) .....	26
Σχήμα 2.8: Πνεύμονες με μεσοθηλίωμα .....	28
Σχήμα 2.9: Υγιής πνεύμονας αριστερά και πνεύμονας με μεσοθηλίωμα δεξιά .....	28
Σχήμα 2.10: Ίνες αμοσίτη, χρυσοτιλικού αμιάντου και κροκιδόλιθου όπως φαίνονται κάτω από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο .....	29
Σχήμα 2.11: Σχήμα 2.11 Μέθοδος ψεκασμού υλικού που περιέχει αμιάντο.....	31
Σχήμα 4.1: Είσοδος των MABE.....	53
Σχήμα 4.2: Γεωλογική Τομή περιοχής των MABE.....	57
Σχήμα 4.3: Σερπεντινιτικός αμιάντος.....	58
Σχήμα 4.4: Προς MABE.....	62
Σχήμα 4.5: Κλειστή εκμετάλλευση με τη μέθοδο των ορθών βαθμίδων.....	64
Σχήμα 4.6: Δημιουργία λίμνης στον πάτο του μεταλλείου .....	64
Σχήμα 4.7: Αποψη των αποθέσεων από τη γέφυρα του Αλιάκμονα .....	65
Σχήμα 4.8: Πλατεία απόθεσης στειρών επεξεργασίας .....	66
Σχήμα 4.9: Αποκατάσταση παλαιότερων βαθμίδων απόθεσης .....	67
Σχήμα 4.10: Κτίριο μεταφοράς .....	69
Σχήμα 4.11: Σιλό μεταλλεύματος.....	69
Σχήμα 4.12: Κτίριο έτοιμου προϊόντος.....	70
Σχήμα 4.13: Κτίριο Διοίκησης .....	72
Σχήμα 4.14: Λυόμενο του Οικισμού .....	74
Σχήμα 4.15: (α) Η Μονή Ζιδανίου, (β) Η εκκλησία της Παναγίας .....	74
Σχήμα 4.16: Ενσάκκιση τελικού προϊόντος.....	77
Σχήμα 4.17: Γέφυρα Σερβίων.....	78
Σχήμα 5.1: Μικροσκόπιο τύπου Nachet 200 .....	84
Σχήμα 5.2: Σχεδιάγραμμα αέριας δειγματοληψίας σε εξωτερικούς χώρους .....	88
Σχήμα 6.1: Τοπγραφικός χάρτης των MABE.....	95
Σχήμα 6.2: Δάπεδο κτιρίου επεξεργασίας γεμάτο ίνες αμιάντου .....	97
Σχήμα 6.3: Σωροί αμιάντου πάνω στον μηχανολογικό εξοπλισμό του κτιρίου επεξεργασίας.....	98
Σχήμα 6.4: Εκτεταμένη ρύπανση του κτιρίου επεξεργασίας από αμιάντο .....	98
Σχήμα 6.5: Θέσεις δειγματοληψίας 2 και 3, εντός των κτιριακών εγκαταστάσεων .....	103
Σχήμα 6.6: Ίνες χρυσοτιλικού αμιάντου του δείγματος P2 μεγεθυμένες 2000 φορές.....	103
Σχήμα 6.7: Σχήμα 6.6 Ίνες χρυσοτιλικού αμιάντου δείγματος P3 μεγεθυμένες 2000 και 3000 φορές αντίστοιχα.....	103
Σχήμα 6.8: Κατολίσθηση υλικού στο μεταλλείο .....	105
Σχήμα 6.9: Θέση δειγματοληψίας του δείγματος P5 (σερπεντινιτικά πετρώματα).....	106
Σχήμα 6.10: Εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου του δείγματος P5 μεγεθυμένες 2000 και 3000 φορές αντίστοιχα.....	107
Σχήμα 6.11: Πλατεία απόθεσης.....	107
Σχήμα 6.12: Δειγματοληψία στις αποθέσεις στειρών.....	108
Σχήμα 6.13: Σκόνες αμιάντου εναποτεθειμένες στους εξωτερικούς χώρους .....	110
Σχήμα 6.14: Εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου του δείγματος P6 μεγεθυμένες 2000 φορές.....	110

<b>Σχήμα 6.15:</b> Σημείο γεώτρησης, δείγμα P4.....	110
<b>Σχήμα 6.16:</b> Ίνες χρυσοτιλικού αμιάντου του δείγματος P4 μεγεθυσμένες 3000 φορές.....	111
<b>Σχήμα 6.17:</b> Σημείο που πάρθηκε το δείγμα P1 .....	111
<b>Σχήμα 6.18:</b> Εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου του δείγματος P1 μεγεθυσμένες 1000 και 3000 φορές αντίστοιχα.....	112
<b>Σχήμα Π.1:</b> Επικάλυψη του σχολικού συγκροτήματος με ειδική μεμβράνη (Περίφραξη) .....	149
<b>Σχήμα Π.2:</b> Η είσοδος της διόδου προς την «μαύρη» περιοχή .....	150
<b>Σχήμα Π.3:</b> Η διαδικασία αφαίρεσης του μονωτικού υλικού.....	150
<b>Σχήμα Π.4:</b> Λιμένες Αμβούργου .....	151
<b>Σχήμα Π.5:</b> Καθαρισμός των φορητών από ίνες αμιάντου.....	152



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 1.1:</b> Χημική σύσταση διαφόρων τύπων αμιάντου (Roskill Information Services Ltd, 1986)...	6
<b>Πίνακας 1.2:</b> Φυσικές και χημικές ιδιότητες αμιάντου (Roskill Information Services Ltd, 1986) .....	8
<b>Πίνακας 1.3:</b> Κατάταξη ινών αμιάντου σύμφωνα με QAMA (Roskill Information Services Ltd, 1986) .....	10
<b>Πίνακας 1.4:</b> Εξέλιξη παγκόσμιας παραγωγής αμιάντου (U.S. Geological Survey, 2002). Mineral Commodity Summaries) .....	14
<b>Πίνακας 3.1:</b> Επιτρεπτά όρια έκθεσης σε αμιάντο .....	49
<b>Πίνακας 4.1:</b> Χημική ανάλυση αμιάντου Ζιτανίου (MABE).....	59
<b>Πίνακας 4.2:</b> Ορυκτολογική ανάλυση (MABE).....	61
<b>Πίνακας 6.1:</b> Κλίμακα βαθμονόμησης .....	93
<b>Πίνακας 6.2:</b> Αποτελέσματα ανάλυσης δειγμάτων εδάφους και σκόνης (2002).....	94
<b>Πίνακας 6.3:</b> Αποτελέσματα μετρήσεων ινών αμιάντου στον αέρα και εκτίμηση πιθανότητας καρκινογένεσης.....	96
<b>Πίνακας 6.4:</b> Αποτελέσματα μετρήσεων τριμήνου ινών αμιάντου στους χώρους του εργοταξίου.....	100
<b>Πίνακας 6.5:</b> Αποτελέσματα μετρήσεων τριμήνου ινών αμιάντου εντός των κτιριακών εγκαταστάσεων .....	101
<b>Πίνακας 6.6:</b> Συγκέντρωση αμιάντου στο κτίριο επεξεργασίας (ίνες/cm <sup>3</sup> ).....	102
<b>Πίνακας 6.7:</b> Συγκέντρωση αμιάντου στο μεταλλείο (ίνες/cm <sup>3</sup> ) .....	106
<b>Πίνακας 6.8:</b> Συγκέντρωση αμιάντου στο εξωτερικό περιβάλλον του εργοταξίου (ίνες/cm <sup>3</sup> ).....	109
<b>Πίνακας 6.9:</b> Μετρήσεις ινών αμιάντου στον αέρα της ευρύτερης περιοχής των MABE .....	113
<b>Πίνακας 6.10:</b> Συγκέντρωση ινών αμιάντου στον αέρα της ευρύτερης περιοχής των MABE (ίνες/cm <sup>3</sup> ) .....	113
<b>Πίνακας 6.11:</b> Αποτελέσματα δειγματοληψίας σε πηγές της περιοχής και στον ποταμό Αλιάκμονα (MABE, 1981) .....	114
<b>Πίνακας 6.12:</b> Αποτελέσματα προσδιορισμού ινών αμιάντου σε δείγματα του Αλιάκμονα (ΑΠΘ, 1993) .....	116
<b>Πίνακας 6.13:</b> Συγκέντρωση ινών αμιάντου σε δείγματα του ποταμού Αλιάκμονα (ΑΠΘ, 1997).....	116
<b>Πίνακας 7.1:</b> Φάσεις έργου αποκατάστασης των αποθέσεων (ΑΝ.ΚΟ. 2002) .....	119

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έγινε μια αρχική εκτίμηση του προβλήματος ρύπανσης της ευρύτερης περιοχής των Μεταλλείων Αμιάντου Βορείου Ελλάδος (ΜΑΒΕ), που βρίσκονται νότια του Νομού Κοζάνης, και ανάλυση της τοξικότητας του αμιάντου. Τα αποτελέσματα, σε συνδυασμό με επιμέρους έρευνες που πραγματοποιήθηκαν περιστασιακά στο παρελθόν, αλλά και την αξιολόγηση των επιστημονικών και εμπειρικών ευρημάτων σε διεθνές επίπεδο συγκροτούν ένα ασφαλές πλαίσιο για την επικινδυνότητα στην περιοχή των ΜΑΒΕ.

Το πρώτο κεφάλαιο ασχολείται αποκλειστικά με το ορυκτό αμιάντος, την ορυκτολογική του σύνθεση, τις κατηγορίες αμιάντου και τις σημαντικότερες φυσικές και χημικές του ιδιότητες. Δίνονται στοιχεία για την παγκόσμια παραγωγή του, που έφτασε τους 4,5 εκατ. τόνους καθαρού αμιάντου το 1981, και στη συνέχεια την αρνητική πορεία του στην αγορά από την δεκαετία του '80 μέχρι και σήμερα. Αναφέρονται τα αποθέματα αμιάντου, βέβαια και πιθανά, καθώς και τα σημαντικότερα κοιτάσματα στον κόσμο.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά οι επιπτώσεις του αμιάντου στην ανθρώπινη υγεία, τις σοβαρές ασθένειες των πνευμόνων που προκαλεί, όπως η αμιάντωση, το μεσοθηλίωμα και ο καρκίνος των πνευμόνων, που οφείλονται στην εισπνοή ινών αμιάντου και εμφανίζονται μετά από μακροχρόνια συνήθως έκθεση. Αναφέρονται οι κατηγορίες πληθυσμών που θεωρούνται εκτιθέμενοι στον αμιάντο.

Το τρίτο κεφάλαιο ασχολείται με το νομικό πλαίσιο του αμιάντου. Νομοθετικές ρυθμίσεις έχουν εκδοθεί τόσο από την Ε.Ε. όσο και από τις Η.Π.Α. σχετικές με τον αμιάντο, τον περιορισμό της κυκλοφορίας στην αγορά και τη χρήση του, την προστασία των εργαζομένων από τον αμιάντο και την πρόληψη και μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από αμιάντο.

Ακολουθεί στο τέταρτο κεφάλαιο η περιγραφή των Μεταλλείων Αμιάντου Βορείου Ελλάδος, του χώρου εξόρυξης (μεταλλείο) και εναπόθεσης των στείρων υλικών (αποθέσεις), καθώς και των εγκαταστάσεων επεξεργασίας, του οικισμού των ΜΑΒΕ και της Μονής Ζιδανίου. Στα 19 χρόνια λειτουργίας των ΜΑΒΕ, εξορύχτηκαν περίπου 70 εκ. τόνοι σερπεντινίτη, από τα οποία παρήχθησαν 1εκ. τόνοι χρυσοτιλικού αμιάντου.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη παρουσίαση των βασικότερων μεθόδων δειγματοληψίας αμιάντου. Η συλλογή, η προετοιμασία και η ανάλυση των δειγμάτων (εδάφους, νερού και αέρα) ακολουθούν προκαθορισμένες διαδικασίες και απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό και κατάλληλο εξοπλισμό. Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ινών αμιάντου στον αέρα αποτελεί την πλέον σημαντική παράμετρο για την εκτίμηση τόσο της επικινδυνότητας της κατάστασης όσο και της αποτελεσματικότητας της εξυγίανσης.

Στο έκτο κεφάλαιο δίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων προσδιορισμού της συγκέντρωσης ινών αμιάντου σε κτιριακές εγκαταστάσεις, έδαφος, ατμόσφαιρα και νερό, με σκοπό την αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης ρύπανσης της περιοχής από αμιάντο και τον προσδιορισμό της αναγκαιότητας αποκατάστασης. Αναφορά γίνεται επίσης στις επιμέρους έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν από διάφορους φορείς.

Στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρονται οι σημαντικότερες μέθοδοι εξυγίανσης περιοχών ρυπασμένων με αμιάντο. Στόχος είναι η ανάπτυξη και εφαρμογή της βέλτιστης μεθόδου επεξεργασίας και αποκατάστασης του αμιάντου που θεωρείται τοξικό και επικίνδυνο απόβλητο και χρίζει ιδιαίτερης διαχείρισης διότι αποτελεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και πηγή μόλυνσης του περιβάλλοντος. Παρουσιάζονται οι ελκυστικότερες λύσεις για την αποκατάσταση της περιοχής των MABE.

Τέλος, συνοψίζονται τα βασικότερα σημεία σχετικά με την υφιστάμενη κατάσταση ρύπανσης των MABE και των μεθόδων εξυγίανσης περιοχών ρυπασμένων με αμιάντο.

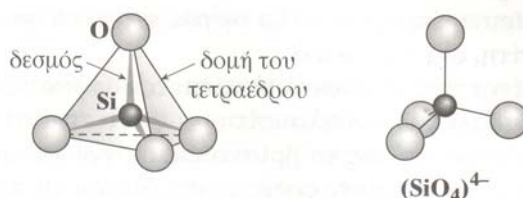
## 1. Ο ΑΜΙΑΝΤΟΣ ΩΣ ΟΡΥΚΤΟ

Ο όρος «**αμιάντος**» είναι εμπορικός και χαρακτηρίζει μια οικογένεια πυριτικών ορυκτών με ινώδη μορφή. Η λέξη «αμιάντος» και η διεθνής ονομασία του αμιάντου που είναι «**asbestos**», έχουν ελληνική προέλευση. «Asbestos» από τη λέξη άσβεστος, επειδή δεν καιγόταν κατά τη χρήση του στα λυχνάρια και «amiantes» από το ότι δεν «**υφίστατο μίανσιν**».

Ο αμιάντος αποτελείται από **πυρίτιο**, **οξυγόνο**, **υδρογόνο** και διάφορα **κατιόντα μετάλλων**. Είναι υλικό **ινώδες**, **εύκαμπτο**, έχει μεγάλη **αντοχή** σε **εφελκυσμό**, σε **χημική** και **θερμική προσβολή**, μεγάλη **ειδική επιφάνεια** και μπορεί να αποχωριστεί με μηχανικά μέσα σε **ίνες ποικίλου μήκους** και **διατομής**. Είναι κυρίως προϊόν μεταμόρφωσης. Δημιουργείται κάτω από υψηλή πίεση και θερμοκρασία από μαγματικά πρωτογενή πετρώματα που περιέχουν μαγνήσιο και σίδηρο.

### 1.1 Τα πυριτικά ορυκτά

Τα πυριτικά ορυκτά (silicates) έχουν βασική δομική μονάδα το **τετραέδρο** το οποίο έχει τη μορφή κανονικής πυραμίδας με ακμή **2,72 Å**, όπου στο κέντρο του τετραέδρου βρίσκεται το **ión πυριτίου ( $\text{Si}^{4+}$ )**, ενώ στις τέσσερις κορυφές τα **4 ίοντα οξυγόνου ( $\text{O}^{2-}$ )** σε απόσταση **1.60 Å**. Οι αποστάσεις αυτές ελάχιστα μεταβάλλονται στις διάφορες πυριτικές ενώσεις (Σχήμα 1.1). Η παραπάνω τετραεδρική μονάδα έχει τέσσερις ηλεκτρωνητικές μονάδες σθένους ελεύθερες  **$(\text{SiO}_4)^{4-}$** . Το δομικό αυτό συγκρότημα  **$(\text{SiO}_4)^{4-}$**  οφείλει την ευστάθεια του στο υψηλό σθένος του πυριτίου ( $\text{Si}^{4+}$ ) και τη μικρή απόσταση μεταξύ **κατιόντος - ανιόντος**. Από τη σύνδεση των τετραέδρων κατά διαφόρους τρόπους μεταξύ τους προκύπτουν διάφοροι τύποι πυριτικών αλάτων.



**Σχήμα 1.1:** Δομή του τετραέδρου  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  των πυριτικών ορυκτών

Τα ιόντα του πυριτίου ( $\text{Si}^{4+}$ ), του αργιλίου ( $\text{Al}^{3+}$ ) και του οξυγόνου ( $\text{O}^{2-}$ ) αποτελούν τα κύρια δομικά χημικά στοιχεία των πυριτικών ορυκτών. Το ιόν του αργιλίου ( $\text{Al}^{3+}$ ) μπορεί να υποκαταστήσει το ιόν του πυριτίου ( $\text{Si}^{4+}$ ) στα κέντρα των τετραέδρων ως κρυσταλλοχημικά ισοδύναμο χημικό στοιχείο. Το ιόν του αργιλίου ( $\text{Al}^{3+}$ ) μπορεί να συμμετέχει εκτός από τις τετραεδρικές ομάδες και στις οκταεδρικές ομάδες του κρυσταλλικού πλέγματος. Άλλα κατιόντα, όπως το μαγνήσιο ( $\text{Mg}^{2+}$ ), ο δισθενής ή ο τρισθενής σίδηρος ( $\text{Fe}^{2,3+}$ ), το δισθενές μαγγάνιο ( $\text{Mn}^{2+}$ ) και το τετρασθενές τιτάνιο ( $\text{Ti}^{4+}$ ) κ.ά., είναι δυνατόν να συμμετέχουν στη δομή των πυριτικών ορυκτών.

Ο λόγος  $\text{Si}/\text{Al}$ , στην ασυνεχή σειρά των πυριτικών ορυκτών που σχηματίζονται κατά την **κλασματική κρυστάλλωση** του μάγματος, ελαττώνεται με τη θερμοκρασία από το άπειρο μέχρι το τρία. Τα πυριτικά ορυκτά χαρακτηρίζονται από την αναλογία ( $\text{Si}:\text{O}$ ) που έχουν στο κρυσταλλικό πλέγμα τους και κατ' αυτόν τον τρόπο ταξινομούνται σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες:

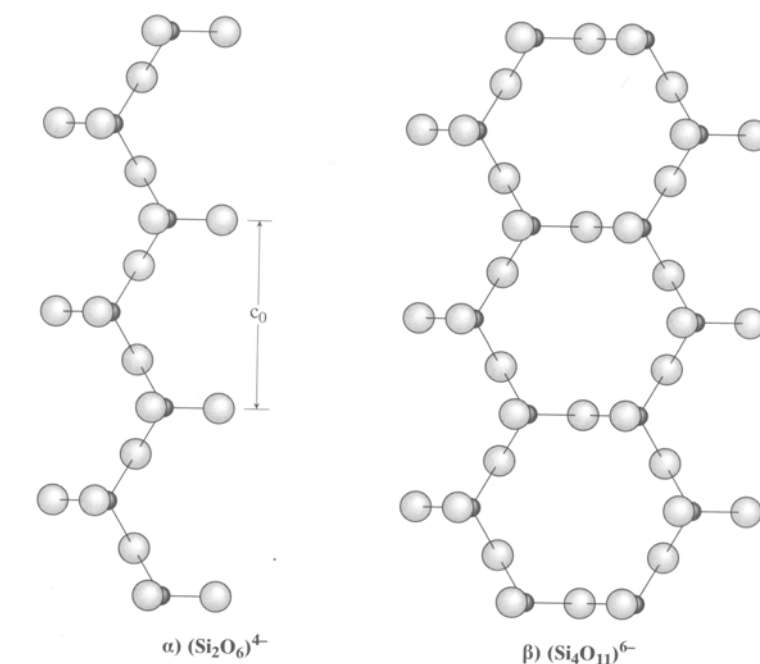
1. **Νησοπυριτικά**
2. **Σωροπυριτικά**
3. **Ινοπυριτικά**
4. **Φυλλοπυριτικά**
5. **Τεκτοπυριτικά**

Ο αμιάντος, δεδομένου ότι υπάρχουν δύο τύποι αμιάντου (στους οποίους θα γίνει αναφορά αμέσως παρακάτω), ανήκει στα φυλλοπυριτικά ορυκτά αν είναι σερπεντινιακός και στα ινοπυριτικά όταν ανήκει στην ομάδα των αμφιβόλων.

Στα **ινοπυριτικά** (chain silicates) ορυκτά τα τετράεδρα ( $\text{SiO}_4$ )<sup>4-</sup> συνδέονται μεταξύ τους με κοινά οξυγόνα και σχηματίζουν ατέρμονες αλυσίδες. Υπάρχουν δύο τρόποι σύνδεσης των τετραέδρων ( $\text{SiO}_4$ )<sup>4-</sup>:

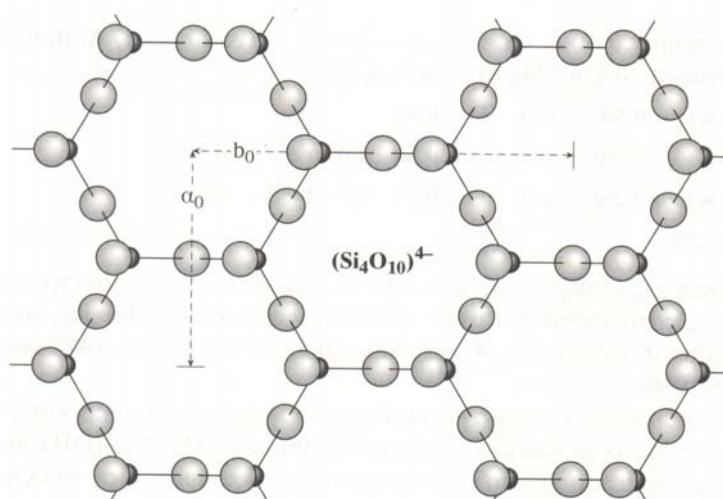
1. Η σύνδεση των τετραέδρων ( $\text{SiO}_4$ )<sup>4-</sup> σε ατέρμονες απλές αλυσίδες του τύπου  $\text{Si}_n\text{O}_{3n}$ , που ανήκει στα ορυκτά της ομάδας των πυροξένων, (Σχήμα 1.2α).
2. Η σύνδεση των τετραέδρων ( $\text{SiO}_4$ )<sup>4-</sup> σε ατέρμονες διπλές αλυσίδες του τύπου  $\text{Si}_{4n}\text{O}_{11n}$ , που ανήκει στα ορυκτά της ομάδας των αμφιβόλων, (Σχήμα 1.2β).

Είναι δυνατόν δύο απλές αλυσίδες, που βρίσκονται σε θέση κατοπτρικής συμμετρίας μεταξύ τους, να συνδεθούν με τις κορυφές τους για να σχηματίσουν διπλή αλυσίδα με κοινά οξυγόνα.



**Σχήμα 1.2:** Δομή ισομόρφων πυριτικών ορυκτών: α) πυροξένων και β) αμφιβόλων

Στα **φυλλοπυριτικά** (sheets silicates) ορυκτά τα τετράεδρα  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  συνδέονται μεταξύ τους με τρία (3) κοινά οξυγόνα  $(\text{O})^{2-}$  των κορυφών τους, έτσι ώστε να σχηματίζεται επίπεδο δίκτυο από τετράεδρα με γενικό τύπο  $\text{Si}_{2n}\text{O}_{5n}$ . Σε αυτή τη σύνδεση απομένει ελεύθερο μόνο ένα οξυγόνο  $(\text{O})^{2-}$  από κάθε τετράεδρο  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  (Σχήμα 1.3). Παράδειγματα ορυκτών της κατηγορίας αυτής έχουμε: τους μαρμαρυγίες, τον τάλκη, τον σερπεντίνη, τους χλωρίτες, τα ορυκτά της αργίλου, κ. ά..



**Σχήμα 1.3:** Δομή φυλλοπυριτικών ορυκτών.

## 1.2 Κατηγορίες αμιάντου

Ορυκτολογικά διακρίνονται δύο τύποι αμιάντου: ο **αμφιβολιτικός**, η σύσταση του οποίου ποικίλει μέσα σε ευρέα όρια και ο **χρυσωτιλικός** (ομάδα σερπεντινών) που είναι ο πιο διαδεδομένος, αφού καλύπτει το 94% της παγκόσμιας παραγωγής και έχει σταθερή χημική σύσταση.

Οι **αμφίβολοι** (amphibole) διακρίνονται με βάση το σύστημα κρυστάλλωσης τους σε ρομβικούς (σιδηρομαγνησιομαγνησιούχους) και σε **μονοκλινείς** (ασβεσταμφίβολοι). Οι κρύσταλλοι των αμφιβόλων έχουν πρισματική ανάπτυξη. Η ύπαρξη του πρίσματος (110) είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα της ομάδας αυτής. Οι έδρες του πρίσματος τέμνονται με γωνία 124°. Οι οπτικές και άλλες φυσικές ιδιότητες δεν μπορούν να διευκρινίσουν με σαφήνεια τη διαφορά ανάμεσα στα μέλη της ίδιας ομάδας αμφιβόλων, που έχουν διαφορετική χημική σύσταση. Η ταξινόμηση των αμφιβόλων στηρίζεται στη χημική σύστασή τους με βάση τα πορίσματα της Διεθνούς Επιτροπής της Ορυκτολογικής Ένωσης (International Mineralogical Association Commission, I.M.A.C.)

Στους ρομβικούς αμφιβόλους ανήκει: ο **ανθοφυλλίτης** (anthophyllite)  $(\text{Mg,Fe})_7(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}$ . Απαντάται σε μεταμορφωμένα πετρώματα και εξαλλοιώνεται σε τάλκη. Ο **γρυνερίτης**  $(\text{Mg,Fe})_7(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}$  αν είναι πλούσιος σε σίδηρο (Fe) ονομάζεται και **αμοσίτης** ενώ αν είναι πλούσιος σε μαγνήσιο (Mg) **μοντασίτης**.

Στους ασβεσταμφιβόλους ανήκουν:

- Ο **τρεμολίτης** (tremolite)  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}$  που κρυσταλλώνεται στο μονοκλινές σύστημα. Οι κρύσταλλοι του εμφανίζουν ακτινωτά και βελονοειδή συσσωματώματα με χρώμα πράσινο, τεφρό, και πολλές άλλες αποχρώσεις. Ο τρεμολίτης παρουσιάζεται κατά τη μεταμόρφωση. Σχηματίζεται δευτερογενώς στα προϊόντα αλλοίωσης των πυροξένων, στους γάββρους, στους περιδοτήτες κλπ.
- Ο **ακτινόλιθος** (actinolite)  $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}$  που αλλοιώνεται σε χλωρίτη.
- Τέλος είναι και ο **ριβεκίτης** ή **κροκιδόλιθος** (crocidolite)  $\text{Na}_2\text{Fe}^{+2}_3\text{Fe}^{+3}_2(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}$ , γνωστός και ως «μπλε αμίαντος».

Περίπου το 5-10% της παγκόσμιας παραγωγής αμιφολιτικού αμιάντου είναι των ποικιλιών αμοσίτη και κροκιδόλιθου. Ο κροκιδόλιθος χρησιμοποιείται περισσότερο, εξορύσσεται στη Νότια Αφρική και παλαιότερα στη Δ. Αυστραλία.

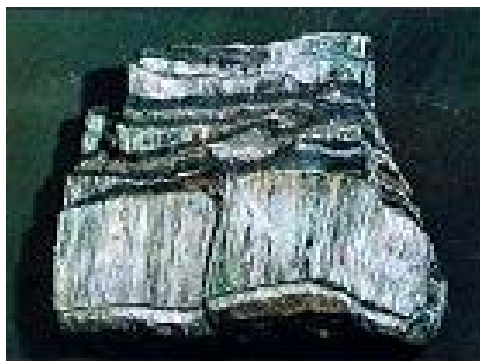
Στο Σχήμα 1.4 απεικονίζονται οι πέντε (5) χαρακτηριστικοί τύποι αμιφολιτικού αμιάντου.



(α)



(β)



(γ)



(δ)



(ε)

**Σχήμα 1.4:** (α) Κροκιδόλιθος (β) Τρεμολίτης (γ) Αμοσίτης (δ) Ανθοφυλλίτης, (ε) Ακτινόλιθος



Η ομάδα των **σερπεντινών** (serpentine)  $\text{Mg}_6(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{O}_{10}$  αποτελείται από φυλλόμορφα ορυκτά που κρυσταλλώνονται στο μονοκλινές σύστημα. Υπάρχουν δύο μορφές σερπεντίνη, η φυλλώδης που καλείται **αντιγορίτης** (antigorite) και η ινώδης που καλείται **χρυσότιλο** (chrysotile). Όταν οι ίνες είναι μεγάλες, τότε καλείται **σερπεντινιακός (χρυσοτιλικός) αμιάντος**, ο οποίος είναι επίσης γνωστός ως «άσπρος αμιάντος». Είναι προϊόν υδροθερμικής αλλοίωσης σιδηρομαγνησιούχων ορυκτών κυρίως του ολιβίνη. Ο σερπεντίνης αποτελεί το κύριο ορυκτολογικό συστατικό του σερπεντινίτη, που είναι μεταμορφωμένο πέτρωμα. Εμφανίζεται μαζί με βρονζίτη, αυγίτη, κεροστίλβη, ολιβίνη, χρωμίτη, κλπ..

Εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα χρυσοτιλικού αμιάντου υπάρχουν στο Quebec του Καναδά, στα Ουράλια Όρη, στη πρώην Σοβιετική Ένωση και τη Ν. Αφρική. Απαντάται επίσης στην Κίνα, την Ιταλία, την Κύπρο, τις ΗΠΑ και τη Δυτική Αυστραλία. Στην Ελλάδα υπάρχει στη Δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο. Το μεγαλύτερο κοιτάσμα βρίσκεται στην περιοχή Ζιδάνι του νομού Κοζάνης.



Σχήμα 1.5: Χρυσοτιλικός αμιάντος

ΤΥΠΟΣ ΑΜΙΑΝΤΟΥ		ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ
Σερπεντίνες (serpentine)	Χρυσοτίλης	$\text{Mg}_6(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{O}_{10}$ (άσπρος)
Αμφίβολοι (amphibole)	Ανθοφυλλίτης (anthophyllite)	$(\text{FeMg})_7(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}$
	Γρυνερίτης ή Μοντασίτης (Mg-πλούσιος) ή (Αμοσίτης Fe-πλούσιος)	$(\text{Mg,Fe})_7(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}$ (καφέ)
	Τρεμολίτης (tremolite)	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}$
	Ακτινόλιθος	$\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_5(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}$
	Ριβεκίτης (Κροκιδόλιθος)	$\text{Na}_2\text{Fe}^{+2}_3\text{Fe}^{+3}_2(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}$ (μπλε)

Πίνακας 1.1: Χημική σύσταση διαφόρων τύπων αμιάντου  
(Roskill Information Services Ltd, 1986)

### 1.3 Ιδιότητες αμιάντου

Ο αμιάντος για πολλά χρόνια χρησιμοποιήθηκε ως πρώτη ύλη για την παρασκευή πλήθους προϊόντων και υλικών. Οι γνωστές χρήσεις του υπολογίζεται ότι ξεπερνούν

τις 2000. Οι πιο διαδεδομένες από αυτές αφορούσαν στην παρασκευή ενισχυμένων προϊόντων τσιμέντου, μονωτικών υλικών, προστατευτικών στολών και γαντιών για υψηλές θερμοκρασίες, στεγανώσεων για υψηλές θερμοκρασίες, τσιμουχών, φλαντζών, υφασμάτων, φρένων αυτοκινήτων, συγκολλητικών μέσων, επιβραδυντών πυρκαγιών και πολλών άλλων.

Η εκτεταμένη χρησιμοποίησή του βασίστηκε σε ένα συνδυασμό ιδιοτήτων, με σημαντικότερες τις κάτωθι:

- **Αντοχή στην θερμότητα** (η αγγλική λέξη asbestos προέρχεται από την ελληνική «άσβεστος» δηλ. αυτός που δεν καίγεται)
- **Αντοχή στην προσβολή από χημικά αντιδραστήρια και διαβρωτικά μέσα** (αμίαντος = αμόλυντος / απρόσβλητος)
- **Εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες** και ιδιαίτερα **υψηλή ευκαμψία, ελατότητα και εφελκυστική αντοχή.**

### 1.3.1 Φυσικές ιδιότητες αμιάντου

Ο χρυσοτιλικός αμίαντος είναι λευκός με ίνες εξαιρετικά λεπτές, μαλακές και αρκετά ελαστικές. Οι ίνες του μπορεί να έχουν μήκος που κυμαίνεται από 10 έως 12 mm. Το τελικό προϊόν του χρυσοτιλικού αμιάντου είναι μία ελικοειδής εύκαμπτη λευκή ίνα, η οποία έχει τη δυνατότητα να υποδιαιρείται σε μικρότερα ινίδια. Η υψηλή αντοχή του σε εφελκυσμό τον καθιστά έναν από τους ανθεκτικότερους τύπους αμιάντου. Παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στη θερμότητα, εξαιτίας της χαμηλής θερμικής του αγωγιμότητας και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται συχνά για την παρασκευή εμπορικών προϊόντων που εκτίθενται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 700°C. Η θερμοκρασία συντήξεώς του ανέρχεται στους 1521°C. Παρουσιάζει, επίσης, μεγάλη ηλεκτρική αντίσταση. Οι ίνες του χρυσοτιλικού αμιάντου αποσυντίθενται υπό την επίδραση ισχυρών οξέων και βάσεων. Εξαιτίας της ινώδους δομής του, ο χρυσοτιλικός αμίαντος παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλή ειδική επιφάνεια, της τάξης των 13-18 m<sup>2</sup>/g. Οι ίνες του είναι εξαγωνικές και παράλληλες μεταξύ τους, με διαμέτρους διατομών από 180 ως 300 Å. Η δομή τους είναι σωληνοειδής (Πίνακας 1.2).

Οι ίνες των αμφιβόλων είναι γενικά σκληρότερες και περισσότερο ψαθυρές από τις ίνες του χρυσοτιλικού αμιάντου. Τείνουν να είναι ευθύγραμμες και εύθραυστες και μοιάζουν με μικροσκοπικές βελόνες. Παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στα

χημικά αντιδραστήρια και φθάνουν σε μήκος αρκετών εκατοστών. Οι ίνες του τρεμολίτη είναι λευκές, του αμοσίτη καφέ και του κροκιδόλιθου μπλε. Η εφελκυστική αντοχή των αμφιβόλων είναι επίσης μεγάλη. Η θερμοκρασία συντήξεώς τους υπερβαίνει τους 1093°C. Η ειδική επιφάνεια των αμφιβόλων κυμαίνεται από 2 ως 8 m<sup>2</sup>/g. Σε σχέση με τις ίνες του χρυσοτιλικού αμιάντου, παρουσιάζουν μεγαλύτερες διατομές, αλλά μικρότερες επιφάνειες και είναι λιγότερο συμμετρικές.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΧΡΥΣΟΤΙΛΙΚΟΣ	ΑΜΦΙΒΟΛΟΙ
Αντίσταση σε οξέα	Ευπρόσβλητος από ισχυρά οξέα. Το ιόν του μαγνησίου διαλύεται πλήρως με την πάροδο του χρόνου	Πολύ ανθεκτικοί, παρά το γεγονός ότι υπό την επίδραση πυκνών οξέων σε υψηλή θερμοκρασία, παρατηρείται απώλεια βάρους ως και 20%
Αντίσταση σε βάσεις	Πολύ ανθεκτικός, εκτός από την περίπτωση πολύ υψηλών συγκεντρώσεων και υψηλών θερμοκρασιών	Πολύ ανθεκτικοί
<u>Αντιδράσεις διάσπασης</u> Αποϋδροξυλίωση Καταστροφή δομής	600-780°C 800-850°C	610-1040°C 600-1040°C
Αντοχή σε εφελκυσμό (Mpa)	3640-3780	1440-4660
Απομείωση αντοχής σε εφελκυσμό (στους 538°C)	40% σε 3 λεπτά	80-85% σε 4 ώρες
Μέγιστο μέγεθος ίνας (mm)	40	70
Φορτίο σε υδατικό διάλυμα	Θετικό	Αρνητικό
Δείκτης διάθλασης	1,50-1,55	1,65-1,70
Ελαστικότητα	Άριστη	Μέτρια
Θερμοκρασία σύντηξης (°C)	1521	1093
Σκληρότητα (Mohs)	2,5-4,0	4,0-6,0
Ειδικό βάρος (g/cm <sup>3</sup> )	2,4-2,6	2,8-3,3
Ειδική επιφάνεια (m <sup>2</sup> /g)	13-18	2-8
Ειδική θερμότητα (J/kg/°K)	1113	840-910

**Πίνακας 1.2:** Φυσικές και χημικές ιδιότητες αμιάντου

(Roskill Information Services Ltd ,1986)

### 1.3.2 Χημικές ιδιότητες αμιάντου

Η θεωρητική χημική σύσταση των 6 τύπων αμιάντου δόθηκε στον Πίνακα 1.1. Οι εν λόγω χημικές συστάσεις διαφέρουν σημαντικά από εκείνες που απαντούν στα

περισσότερα κοιτάσματα στη φύση. Στην περίπτωση του χρυσοτιλικού αμιάντου, οι διαφορές εντοπίζονται σε προσμίξεις όπως ο μαγνητίτης, ο οποίος ευθύνεται για την εμφάνιση μεγαλύτερων των κανονικών συγκεντρώσεων σιδήρου. Στην περίπτωση των αμφιβόλων, οι πιθανές αποκλίσεις από την θεωρητική χημική σύσταση αποδίδονται, κυρίως, στην υψηλή ικανότητα ιοντοεναλλαγής μεταξύ των κατιόντων στο κρυσταλλικό πλέγμα του αμφίβολου.

Ο **χρυσοτιλικός αμιάντος** παρουσιάζει θετικό και αρνητικό **επιφανειακό φορτίο**, ανάλογα με την πηγή του. Τα περισσότερα είδη εμφανίζουν **θετικό** φορτίο. Αρνητικό φορτίο παρουσιάζουν οι ίνες, στις οποίες η αποσάθρωση έχει απομακρύνει το στρώμα του υδροξειδίου του μαγνησίου και έχει αποκαλύψει το αντίστοιχο πυριτικό στρώμα. Η τιμή και το πρόσημο του φορτίου αλλάζουν όταν οι ίνες βρίσκονται σε διαλύματα διαφορετικών συγκεντρώσεων και τιμών pH, καθώς τα ιόντα του διαλύματος προσροφώνται στην επιφάνεια των ινών και αλλάζουν το φορτίο τους. Το επιφανειακό φορτίο των περισσότερων **αμφιβόλων** είναι **αρνητικό**. Αυτό αποδίδεται στην έκθεση των πυριτικών στρωμάτων στην επιφάνεια της αντίστοιχης ίνας.

Το **ισοηλεκτρικό σημείο** για τον χρυσοτιλικό αμιάντο κυμαίνεται από **10,5 -11,3** (μονάδες pH), ανάλογα με την προέλευση της ίνας και την μέθοδο μέτρησης. Ο χρυσοτιλικός αμιάντος κροκιδώνεται σε διάλυμα όταν επιτευχθεί το ισοηλεκτρικό σημείο.

#### 1.4 Εμπορική κατάταξη των ινών αμιάντου

Στον καθορισμό των χρήσεων του αμιάντου, εκτός από τις φυσικοχημικές ιδιότητες, σημαντικό ρόλο παίζει η κατάταξη που πραγματοποιείται ανάλογα με το μήκος των ινών. Η κατάταξη κατά **QAMA** (Quebec Asbestos Mining Association) είναι εμπορική και έχει υιοθετηθεί από τις περισσότερες χώρες. Σύμφωνα με πρότυπη μεθοδολογία, 16 oz (1 oz = 28,35 g) ινών τοποθετούνται σε μία συγκεκριμένη σειρά μειούμενης διαμέτρου κόσκινων (1 in / 4 Mesh / 10 Mesh) και ανακινούνται για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ακολούθως, μετράται το βάρος των ινών που συγκρατείται σε κάθε κόσκινο, καθώς και το υπόλειμμα. Μεγάλο βάρος εναπομείναντος υλικού στα πρώτα κόσκινα καταδεικνύει την ύπαρξη υψηλού ποσοστού μακρών ινών. Η κατά βάρος αναλογία αμιάντου, που παραμένει σε κάθε κόσκινο καθορίζει και την κατάταξη του αμιάντου σε ομάδες. Η συγκεκριμένη κατάταξη παρουσιάζεται αναλυτικά στον Πίνακα 1.3.

Περιγραφή Ίνας	Πρότυπο κατά QAMA	Βάρος (oz)(1 oz = 28,35 g)
Ακατέργαστες	Ακατέργαστες 1	Διάμετρος > 19 mm για το σύνολο των ινών
Ακατέργαστες	Ακατέργαστες 2	Διάμετροι μεταξύ 9,5 και 19 mm για το σύνολο των ινών
Κατεργασμένες (Ομάδα 3)	3F	10,5 / 3,9 / 1,3 / 0,3
	3K	7,0 / 1,5 / 1,5 / 0,5
	3R	4,0 / 7,0 / 4,0 / 1,0
	3T	2,0 / 8,0 / 4,0 / 2,0
	3Z	1,0 / 9,0 / 4,0 / 2,0
Κατεργασμένες (Ομάδα 4)	4A	0,0 / 8,0 / 6,0 / 2,0
	4K	0,0 / 4,0 / 9,0 / 3,0
	4T	0,0 / 2,0 / 10,0 / 4,0
Κατεργασμένες (Ομάδα 5)	5D	0,0 / 0,5 / 10,5 / 5,0
	5R	0,0 / 0,0 / 10,0 / 6,0
Κατεργασμένες (Ομάδα 6)	6D	0,0 / 0,0 / 7,0 / 9,0

**Πίνακας 1.3:** Κατάταξη ινών αμιάντου σύμφωνα με QAMA

(Roskill Information Services Ltd ,1986)

### 1.5 Χρήσεις αμιάντου

Η χρήση του αμιάντου ήταν γνωστή από αρχαιοτάτων χρόνων κυρίως στους αρχαίους Έλληνες που τον χρησιμοποιούσαν ως φυτίλι στα λυχνάρια και για την παρασκευή διαφόρων υφασμάτων. Η συστηματική εξόρυξή του ξεκίνησε τον 19ο αιώνα στην Ρωσία, την Ιταλία και τον Καναδά. Έφθασε 100 χρόνια αργότερα στο ύψος των 6 εκατ. τόνων και μειώθηκε τα τελευταία χρόνια στα 4 εκατ. τόνους. Η βιομηχανία, σήμερα, παράγει μόνο υψηλής πυκνότητας, μη ψαθυρά υλικά, στα οποία οι ίνες του χρυσοτιλικού αμιάντου είναι ενσωματωμένες σε πλέγμα ρητίνης ή τσιμέντου. Το 90% περίπου χρησιμοποιείται για την παραγωγή προϊόντων αμιαντοτσιμέντου, όπως σωλήνων, πλακών στεγάσεων, πλακών επιπέδων για χωρίσματα τοίχων, αεραγωγούς κλπ. Το μίγμα περιέχει 10-12% αμίαντο, σήμερα χρυσοτιλικό αμίαντο και παλαιότερα χρυσοτιλικό αμίαντο και κροκιδόλιθο. Τα πλακίδια από πολυβυνίλιο ενισχυμένα με αμίαντο περιέχουν 20% χρυσοτιλικό αμίαντο. Ο αμοσίτης είναι ο δεύτερος κατά σειρά εμφάνισης τύπος αμιάντου στα κτίρια και ακολουθεί ο κροκιδόλιθος ο οποίος βρίσκει χρήση, κυρίως, σε ειδικές εφαρμογές υψηλών θερμοκρασιών.

Ο αμίαντος αρχικά χρησιμοποιήθηκε στις ΗΠΑ, στις πρώτες δεκαετίες του 20ου αιώνα, κυρίως για θερμικές μονώσεις, αρχικά στις ατμομηχανές, ατμολέβητες, συστήματα θερμάνσεως και κυρίως στα πλοία και κτίρια, που ψεκάζονταν με κάποιο συνεκτικό υλικό π.χ. κόλλα ή τσιμέντο. Σήμερα η εφαρμογή αυτή έχει καταργηθεί

γιατί δεν είναι δυνατός ο έλεγχος των συνθηκών εργασίας. Η χρήση του αμιάντου ως υλικό θερμομονωτικό τώρα έχει περιοριστεί μόνο στα προϊόντα εκείνα όπου είναι ισχυρά εγκλωβισμένοι και δεν υπάρχει το ενδεχόμενο να απελευθερωθούν αναπνεύσιμες ίνες στο περιβάλλον. Μετά τον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο ο αμιάντος χρησιμοποιήθηκε εκτενώς για την κατασκευή και ανακαίνιση σχολείων και άλλων δημόσιων κτιρίων.

Σημαντικό ρόλο στην χρησιμοποίηση του αμιάντου σε διάφορες κατηγορίες προϊόντων παίζει το μήκος της ίνας. Ακολουθώς παρουσιάζονται οι κυριότερες χρήσεις του αμιάντου συναρτήσει της κατάταξης κατά QAMA. Σημειώνεται ότι σήμερα σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες, όπως αναφέρεται σε επόμενο κεφάλαιο, η χρήση του αμιάντου στα προϊόντα αυτά απαγορεύεται μερικώς ή και ολικώς από σχετική νομοθεσία. Εντούτοις, για λόγους πληρότητας της μελέτης αναφέρεται το σύνολο των εφαρμογών του αμιάντου.

- Οι **Ακατέργαστες 1 και 2** (μήκος ίνας > 25,4 mm για το σύνολο των ινών) χρησιμοποιούνται, κυρίως, σε υφάσματα. Οι ίνες, αυτές βρίσκουν επίσης εφαρμογή, σε συνδυασμό με ρητίνες, στην παραγωγή ελασμάτων για χρήση στη ναυπηγική και την αεροναυπηγική. Ο κροκιδόλιθος, με το ίδιο μήκος ινών, χρησιμοποιείται για την παρασκευή ελασμάτων, φλαντζών, σχοινιών και υφασμάτων. Τέλος, οι αντίστοιχου μήκους ίνες αμοσίτη χρησιμοποιούνται ως μονωτικό υλικό, καθώς και σε προϊόντα που απαιτείται χαμηλή πυκνότητα και ικανοποιητική μόνωση ταυτόχρονα.
- Οι **Κατεργασμένες 3** (μήκος ίνας > 25,4 mm για το 67% έως το 6% του συνόλου των ινών ανάλογα με την υποκατηγορία στην οποία ανήκει, 3F έως 3Z) βρίσκουν εφαρμογή κυρίως στην παραγωγή υφασμάτων, χαρτιών αμιάντου, τσιμουχών, φρένων και συμπλεκτών αυτοκινήτων, ηλεκτρολυτικών διαφραγμάτων, επικαλύψεων για σωληνώσεις και μονωτικών υλικών. Όπως και οι ακατέργαστες 1 και 2, οι ίνες αυτές χρησιμοποιούνται, μαζί με ρητίνες, για την παραγωγή ειδικών ελασμάτων. Οι ίνες του κροκιδόλιθου δύναται να χρησιμοποιηθούν για όλες τις προαναφερόμενες χρήσεις, προσδίδοντας επιπλέον χρώμα στο τελικό προϊόν.
- Οι **Κατεργασμένες 4** (μήκος ίνας < 25,4 mm) χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θερμομονωτικών περιβλημάτων, ελασμάτων, χαρτονιών, φλαντζών και μια ποικιλία χυτών αντικειμένων. Επιπλέον, ο συγκεκριμένος

τύπος ινών βρίσκει εφαρμογή στην παρασκευή ειδικών χαρτιών, επικαλύψεων για σωληνώσεις, ειδικών συσκευασιών και ενισχυμένων πλαστικών υλικών. Ο κροκιδόλιθος της ίδιας κατηγορίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αμιαντοσωλήνες, συσκευασίες και φλάντζες. Οι αντίστοιχες ίνες του αμοσίτη χρησιμοποιούνται για προϊόντα, τα οποία πρέπει να εμφανίζουν καλές μονωτικές ιδιότητες, σε συνδυασμό με χαμηλή πυκνότητα.

- Οι **Κατεργασμένες 5** (  $2\text{ mm} < \text{μήκος ινών} < 7,75\text{ mm}$  για ποσοστό 64% του συνόλου των ινών) βρίσκουν χρήση κυρίως ως υποκατάστατα της προηγούμενης κατηγορίας ινών για την παραγωγή αυλακωτών και επίπεδων ελασμάτων, ηλεκτρονικών ταμπλό, φρένων αυτοκινήτων, ειδικών χαρτιών και ενισχυμένων πλαστικών. Ο κροκιδόλιθος της ίδια ομάδας βρίσκει εφαρμογή στην παρασκευή αμιαντοσωλήνων.
- Οι **Κατεργασμένες 6** (μήκος ίνας  $< 2\text{ mm}$  για ποσοστό 56% του συνόλου των ινών) χρησιμοποιούνται ως αδρανή στην παραγωγή αμιαντοτσιμεντού, επίπεδων ελασμάτων, χαρτονιών, φρένων αυτοκινήτων και ενισχυμένων πλαστικών. Ο αντίστοιχος κροκιδόλιθος βρίσκει εφαρμογή στην παραγωγή διαφόρων τσιμεντοπροϊόντων. Επίσης, χρησιμοποιείται ως πληρωτικό (filler).

### 1.6 Υποκατάστατα αμιάντου

Σήμερα υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός ινωδών υλικών, τα οποία μπορούν να αντικαταστήσουν τον αμιάντο σε αρκετά προϊόντα. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- ◆ **Το πυριτικό ασβέστιο**
- ◆ **Ίνες άνθρακα**
- ◆ **Κεραμικές ίνες**
- ◆ **Ίνες υάλου**
- ◆ **Διάφορες οργανικές ίνες** (ίνες πολυαιθυλενίου, ίνες πολυπροπυλενίου, ίνες πολυτετραφθοροαιθυλενίου, κ.ά.)
- ◆ **Μάλλινες ίνες**

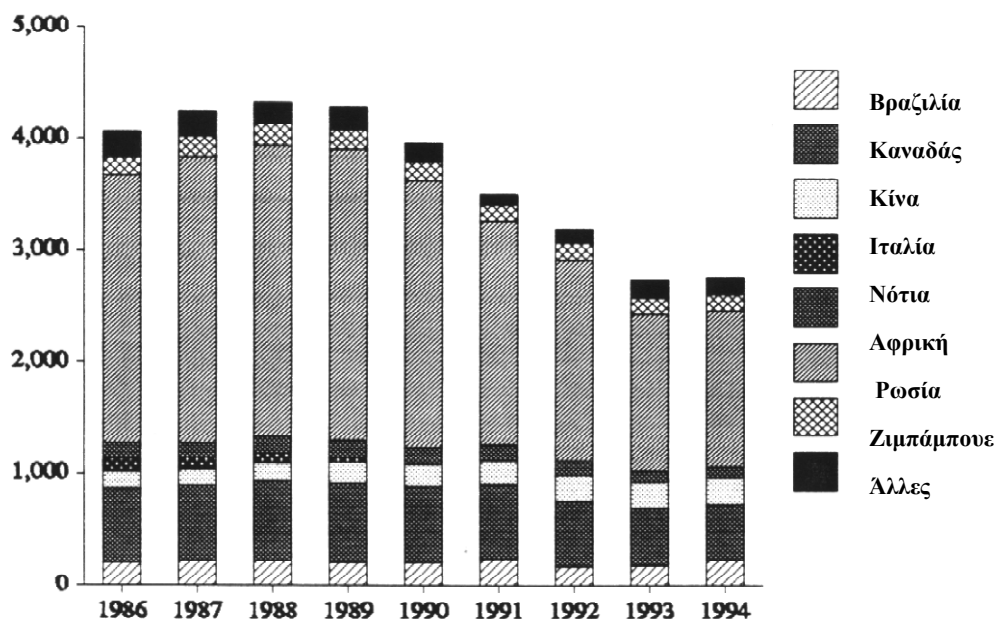
Επιπλέον, υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός μη-ινωδών υλικών, τα οποία χρησιμοποιούνται όταν οι ίνες δεν χρειάζεται να αναπτύξουν ιδιότητες όπως αντοχή σε θερμότητα ή αντοχή σε εφελκυσμό.



### 1.7 Η αγορά του αμιάντου και η προοπτική της στο μέλλον

Από τη δεκαετία του 1960 και ως τις αρχές της δεκαετίας του 1970, η κατανάλωση των ινών του αμιάντου αυξανόταν με ετήσιο ρυθμό 3-4%. Κατά τη δεκαετία του 1980, η κατανάλωση μειώθηκε σημαντικά, κυρίως στις Η.Π.Α. και τη Δυτική Ευρώπη, εξαιτίας των προβλημάτων που σχετίζονταν με τους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία. Η παγκόσμια παραγωγή από τους 4,5 εκατ. τόνους, το 1981 μειώθηκε στους 1,87 εκατ. τόνους το 2001. Είναι χαρακτηριστικό ότι η παραγωγή της πρώην Σοβιετικής Ένωσης, του σημαντικότερου παραγωγού αμιάντου παγκοσμίως, μειώθηκε από τους 2,1 εκατ. τόνους το 1981, σε 750.000 τόνους το 2001. Αντίστοιχη εικόνα παρουσιάζει η παραγωγική δραστηριότητα του Καναδά, του δεύτερου μεγαλύτερου παραγωγού, η οποία μειώθηκε από τους 1,1 εκατ. τόνους το 1981 στους 340.000 τόνους το 2001.

Στο Σχήμα 1.6 δίνεται το διάγραμμα της παγκόσμιας παραγωγής αμιάντου στις σημαντικότερες χώρες παραγωγής από το 1986 έως το 1994 (ποσότητες σε χιλιάδες τόνους).



**Σχήμα 1.6:** Παγκόσμια παραγωγή αμιάντου στις σημαντικότερες χώρες παραγωγής από το 1986 έως το 1994 (1000ton)

Στον Πίνακα 1.4 παρουσιάζεται η εξέλιξη της παγκόσμιας παραγωγής αμιάντου για τους κυριότερους παραγωγούς μέχρι το 2001 (ποσότητες σε τόνους)



ΧΩΡΑ	1981	1990	2001
Καναδάς	1.122.000	682.200	340.000
Η.Π.Α.	75.618	-	-
Αργεντινή	1280	300	250
Βραζιλία	138.417	210.000	170.000
Βουλγαρία	400	400	350
Ελλάδα	457	72.500	-
Ιταλία	137.086	20.000	-
Ε.Σ.Σ.Δ.	2.105.000	2.400.000	750.000
Κύπρος	24.440	-	-
Σερβία και Μαυροβούνιο	13.591	7.000	100
Ζιμπάμπουε	247.600	190.000	120.000
Ν.Αφρική	235.943	147.500	15.733
Ζουαζιλαν	35.264	35.000	10.000
Κίνα	106.000	160.000	360.000
Ινδία	24.515	37.000	21.000
Ιράν	-	3.500	1.500
Ιαπωνία	3950	3500	18.000
Γενικό Σύνολο	4.271.561	3.968.900	1.806.933

**Πίνακας 1.4:** Εξέλιξη παγκόσμιας παραγωγής αμιάντου  
(U.S. Geological Survey , 2002). Mineral Commodity Summaries)

### 1.7.1 Παγκόσμια αποθέματα αμιάντου

Σήμερα, τα **βέβαια αποθέματα** σε αμιάντο εκτιμώνται σε **200.000.000 τόνους** και τα πιθανά αποθέματα σε 45.000.000 τόνους. Το μεγαλύτερο μέρος των κοιτασμάτων αμιάντου εντοπίζεται στην πρώην Σοβιετική Ένωση και στον Καναδά. Συνοπτικά, τα κοιτάσματα αμιάντου ανά τον κόσμο βρίσκονται στις ακόλουθες περιοχές:

#### *Χρυσοτυλικός Αμιάντος*

- **Βόρεια Αμερική:** Καναδάς, στην περιοχή Quebec, με εξόρυξη για περισσότερα από 100 χρόνια. Επίσης, στην περιοχή του Οντάριο, του Thetford, του Pennington Dike και αλλού.
- **Η.Π.Α.:** Καλιφόρνια, Βερμόντ
- **Μεξικό:** Oaxaca, Tamaulipas
- **Νότια Αμερική:** Βραζιλία (Cana Brava), Κολομβία (Las Brisas)
- **Ευρώπη:**
  - ◆ Βόρεια Ιταλία (Balangero)
  - ◆ Ελλάδα (Κοζάνη)
  - ◆ Βοσνία-Ερζεγοβίνη (Tuzla)

- **Πρώην Σοβιετική Ένωση:** Ουράλια Όρη, Βόρειο Καζακστάν, πλησίον Λίμνης Βαϊκάλης.
- **Αφρική:** Ζιμπάμπουε, Νότιος Αφρική, Ζουαζιλάνδη
- **Αυστραλία:** Νέα Ουαλλία
- **Ασία:** Κίνα (Lai-Yuan), Ινδία (Bihar), Ιαπωνία (Hokkaido)

#### ***Κροκιδόλιθος/Αμοσίτης***

- **Νότιος Αφρική** – Επαρχία Cape
- **Η.Π.Α.** – Pietersburg
- **Δυτική Αυστραλία**
- **Βολιβία**

#### ***Ανθοφυλλίτης/Τρεμολίτης/Ακτινόλιθος***

- **Φιλανδία** - Paakkila, Maljasalmi
- **Η.Π.Α.** – Green Mountain/B. Καρολίνα
- **Ιταλία** – Ιταλικές Άλπεις
- Μικρά κοιτάσματα υπάρχουν, επίσης, στη **Βουλγαρία**, τη **Ρουμανία**, την **Ταϊβάν**, την **Ινδία**, την **Τουρκία** και τη **Γιουγκοσλαβία**.

### **1.7.2 Η σημερινή εικόνα της αγοράς αμιάντου**

Σήμερα, οι περισσότερες μεταλλευτικές επιχειρήσεις, που εκμεταλλεύονταν κοιτάσματα αμιάντου, έχουν κηρύξει πτώχευση. Η Ρωσία βρίσκεται στην κορυφή της παγκόσμιας παραγωγής, ακολουθούμενη από τον Καναδά, την Κίνα, την Βραζιλία, το Καζακστάν και τη Ζιμπάμπουε. Οι χώρες αυτές συνεισφέρουν συνολικά στο 93% της παγκόσμιας παραγωγής. Η Ρωσία κατέχει το 58%, περίπου, της παγκόσμιας παραγωγής αμιάντου, αλλά η παραγόμενη ποσότητα, σε ποσοστό περίπου 90%, διατίθεται στην εγχώρια αγορά. Η παραγωγή των υπολοίπων χωρών απορροφάται κύρια από αναπτυσσόμενες χώρες της Ασίας, της Λατινικής Αμερικής και της Αφρικής. Τελικά προϊόντα που περιέχουν αμιάντο, όπως υλικά οροφών, φλάντζες και υλικά τριβής, παράγονται ακόμη και σήμερα σε ανεπτυγμένες χώρες, όπως οι Η.Π.Α. και διατίθενται, μεταξύ άλλων, στην Ιαπωνία και σε ορισμένα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

### 1.7.3 Ένα δυσοίωνο μέλλον

Τα βασικότερα σημεία ως προς τις εξελίξεις της αγοράς του αμιάντου συνοψίζονται ως ακολούθως:

- Η **αρνητική φήμη** που απέκτησε ο αμιάντος εξαιτίας των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία και οι επακόλουθες πιέσεις που ασκήθηκαν από τη νομοθεσία των ανεπτυγμένων κρατών για τον περιορισμό ή ακόμη και την πλήρη απαγόρευση της εμπορίας και χρήσης του, προκάλεσαν μια διαρκή και ολοένα εντεινόμενη κρίση στη διεθνή αγορά.
- Σημαντικό ρόλο στις εξελίξεις έχει διαδραματίσει η **εμφάνιση εναλλακτικών ινωδών υλικών** (π.χ. πυριτικό ασβέστιο, ίνες άνθρακα, κεραμικές ίνες, κ.ά.), ως υποκατάστατα του αμιάντου σε αρκετές χρήσεις. Μάλιστα, σε αρκετές περιπτώσεις η σχετική με την απαγόρευση του αμιάντου νομοθεσία κάνει ιδιαίτερη αναφορά στα υλικά αυτά.
- Η **παγκόσμια παραγωγή** από τους 4,5 εκατ. τόνους, το 1981, μειώθηκε στους 1,87 εκατ. τόνους το 2001. Είναι χαρακτηριστικό ότι η παραγωγή της πρώην Σοβιετικής Ένωσης, του σημαντικότερου παραγωγού αμιάντου παγκοσμίως, μειώθηκε από τους 2,1 εκατ. τόνους το 1981, σε 750.000 τόνους το 2001. Οι περισσότερες μεταλλευτικές επιχειρήσεις, που εκμεταλλεύονταν κοιτάσματα αμιάντου, έχουν κηρύξει πτώχευση. Η παραγόμενη ποσότητα αμιάντου απορροφάται κύρια από την πρώην Σοβιετική Ένωση και τις αναπτυσσόμενες χώρες της Ασίας, της Λατινικής Αμερικής και της Αφρικής.
- Ορισμένα τελικά προϊόντα που περιέχουν αμιάντο παράγονται ακόμη και σήμερα από ανεπτυγμένες χώρες αλλά **οι τάσεις είναι πτωτικές**.

Στη βάση όλων των παραπάνω δεδομένων, εκτιμάται ότι οι **εξελίξεις για τη μελλοντική πορεία του κλάδου του αμιάντου είναι μη αντιστρεπτές**.

## 2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΜΙΑΝΤΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

**Ο αμίαντος θεωρείται υπεύθυνος για σοβαρές ασθένειες των πνευμόνων όπως η αμιάντωση, το μεσοθηλίωμα, και ο καρκίνος του πνεύμονα, που προκαλούνται από την εισπνοή ινών αμιάντου και εμφανίζονται μετά από μακροχρόνια συνήθως έκθεση.**

Ο αμίαντος θεωρείται χημικά αδρανής και η τοξική του επίδραση αποδίδεται στις φυσικές του ιδιότητες. Ο κροκιδόλιθος θεωρείται ο πλέον επικίνδυνος ακολουθούμενος από τον αμοσίτη και τον χρυσοτιλικό αμίαντο. Οι σχετικές ιατρικές έρευνες κατέδειξαν ότι το μέγεθος της ίνας είναι η κρισιμότερη παράμετρος για την τοξικότητα του αμιάντου<sup>1</sup>. **Ως επικίνδυνες χαρακτηρίζονται οι ίνες με μήκος μεγαλύτερο των 5μm, πλάτος μικρότερο των 3μm και λόγο μήκους προς πλάτους 3:1.**

Η αυξημένη συσσώρευση ινών αμιάντου στους πνεύμονες ενδέχεται να προκαλέσει δυο κατηγορίες ασθενειών του αναπνευστικού συστήματος :

- **σκλήρυνση των ιστών του πνεύμονα (ίνωση)**
- **καρκινώματα (καρκινογένεση)**

### 2.1 Μηχανισμοί προστασίας των αναπνευστικών οργάνων

Στα αναπνευστικά όργανα διακρίνονται δύο περιοχές για την αντίσταση κατά της σκόνης:

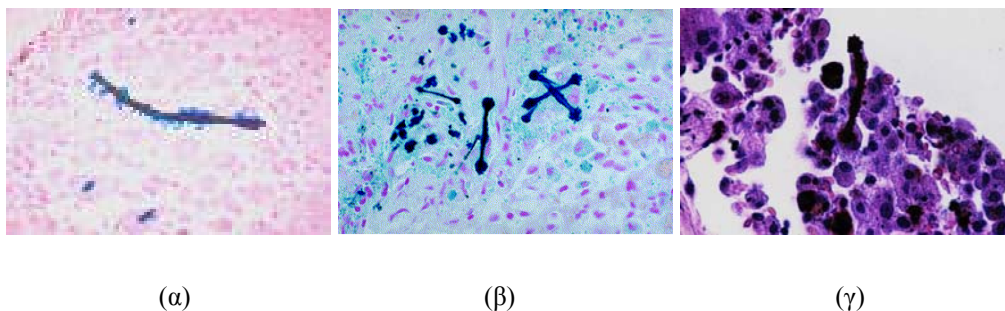
- Οι δομές εισαγωγής αέρα περιλαμβάνουν την μύτη, το στόμα, την τραχεία, τους βρόγχους και τα βρογχιόλια. Αυτές οι περιοχές είναι καλυμμένες με βλεννογόνο. Σωματίδια που έχουν μέγεθος και δομή που μπορεί να εισαχθεί στους πνεύμονες εμποδίζονται από τα συστήματα αντίστασης του ανθρώπινου οργανισμού στο να φθάσουν στις περιοχές που βρίσκονται κάτω από τους βρόγχους του πνεύμονα. Σωματίδια με ορισμένη γεωμετρία, που έχουν την μορφή ινών, μπορούν να εισέλθουν στους πνεύμονες. Ο βλεννογόνος είναι καλυμμένος με μια επιφάνεια βλέννας που εμποδίζει την βαθιά είσοδο των σωματιδίων και με αυτό τον τρόπο την επαφή με τα κύτταρα. Τα σωματίδια

<sup>1</sup> <http://www.asbestosis-info.com/history.html>

παραμένουν συγκρατημένα στην επιφάνεια της βλέννας και μεταφέρονται προς την στοματική κοιλότητα. Η ταινία της βλέννας που περιέχει τα σωματίδια αναγκάζεται να βγει από την ταχεία προς τα πάνω με αποτέλεσμα να φτάνει στο λάρυγγα, στην συνέχεια προκαλείται βήχας και από εκεί μεταφέρονται στον φάρυγγα από όπου η φορτισμένη με σωματίδια βλέννα καταπίνεται ή εξάγεται από την μύτη, το στόμα και την τραχεία. Παρόλο που υπάρχει αυτή η προστασία από την σκόνη, τα σωματίδια καταφέρνουν να φτάσουν στον πνεύμονα με την αναπνοή, και στην συνέχεια αυτά τα αναλαμβάνει ο μηχανισμός καθαρισμού σκόνης.

- Στην ανταλλαγή αέρα συμμετέχουν οι **κυψελίδες** (alveoli) και οι πνευμονικές κυψελίδες (ductus alveolares, μικροί αεραγωγοί με φυσαλίδες). Αυτό είναι το κυρίως ευαίσθητο σημείο του πνεύμονα για τις ίνες. Με την αναπνοή τα σωματίδια έχουν την δυνατότητα να φτάσουν στο σημείο ανταλλαγής του αέρα παρ' όλους τους μηχανισμούς προστασίας. Εδώ παίζουν ρόλο οι φυσικές ιδιότητες του σωματιδίου και όσον αφορά τον αμίαντο πρέπει να τονιστεί ότι οι ίνες που είναι επιμήκεις μπορούν να εισέλθουν ευκολότερα. Στα κύτταρα που γίνεται η ανταλλαγή του αέρα δεν είναι καλυμμένα με βλεννογόνο, γιατί θα μπορούσε να εμποδίσει την διάχυση του αέρα. Και σε αυτή την περίπτωση έχουν προβλεφθεί ιδιαίτεροι μηχανισμοί για τον καθαρισμό από την σκόνη. Ειδικά διαμορφωμένα φαγοκύτταρα (μακροφάγα) (Σχήμα 2.1β) υπάρχουν στις κυψελίδες δηλαδή κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος που επιτίθενται στις ξένες για τον οργανισμό ουσίες με σκοπό την καταστροφή τους. Αυτά παίρνουν τα σωματίδια που έχουν εισπνευσθεί και κινούνται μέχρι την βλεννογόνο των δομών των αγωγών του αέρα. Η ικανότητα λήψης των μακροφάγων περιορίζεται από τον ακόλουθο παράγοντα. Εάν τα σωματίδια είναι μεγάλα δεν μπορούν να μεταφερθούν από τα μακροφάγα. Τα κύτταρα επιμηκύνονται τόσο πολύ που δεν μπορούν πλέον να μετακινηθούν. Σωματίδια μεγέθους  $> 10 \mu\text{m}$  δεν μπορούν να αφομοιωθούν. Ένα τμήμα αυτών των σωματιδίων θρυμματίζεται μηχανικά με την κίνηση των πνευμόνων. Αυτό είναι αποδεδειγμένο για παράδειγμα για τον χρυσοτιλικό αμίαντο. Άλλα σωματίδια διαλύονται βιολογικά-χημικά. Ένα μέρος των μη διαλυμένων σωματιδίων καλύπτεται με ένα **περίβλημα σιδηροπρωτεΐνης** (Σχήμα 2.1α) και θεωρείται από τον οργανισμό ως επεξεργασμένο. Έτσι δημιουργούνται τα ονομαζόμενα **σωματίδια αμιάντου** ("ferruginous body"),

δηλαδή οι ίνες αμιάντου είναι επενδεδυμένες με στρώματα πρωτεϊνών που περιέχουν σίδηρο, όπως ή φερριτίνη και η αιμοσιδερίνη, που τους προσδίδουν ένα χρυσοκίτρινο ή καστανό χρώμα και είναι επιμήκη με μήκος μεγαλύτερο από 80  $\mu\text{m}$ . Εικόνες τέτοιων σωματιδίων αμιάντου παρουσιάζονται από το Σχήμα (2.1γ). Η ικανότητα δημιουργίας σωματιδίων αμιάντου εξαρτάται από το άτομο.



**Σχήμα 2.1:** (α) Ίνες αμιάντου επενδεδυμένες με σιδηροπρωτεΐνη (β) παγιδευμένες από μακροφάγα, (γ) σωματίδια αμιάντου

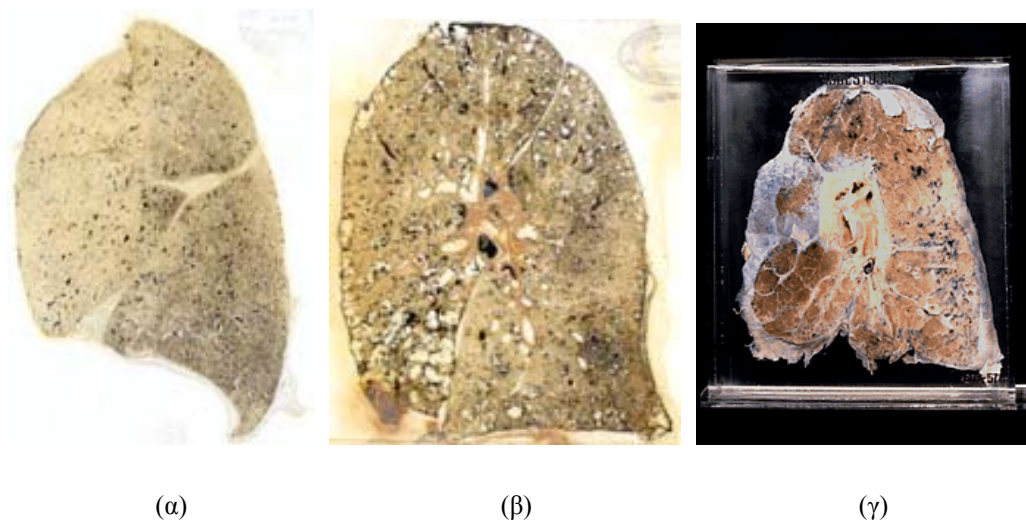
## 2.2 Ικανότητα ινογένεσης αμιάντου

Κατά την αναπνοή των ινών αμιάντου κατακρατούνται κάποιες από αυτές σταθερά στους ιστούς του πνεύμονα, που δεν αποδομούνται βιολογικά-χημικά ή δεν μπορούν να μεταφερθούν με την βοήθεια των μακροφάγων, όπως προαναφέρθηκε. Επειδή αυτά τα σωματίδια αμιάντου παραμένουν σταθερά στην θέση τους, οδηγούν τον πνεύμονα σε μια σκλήρυνση των ιστών του με την πάροδο του χρόνου, με συνέπεια την μείωση της επιφάνειας ανταλλαγής του αέρα. Ο πνεύμονας ως εκ τούτου παρουσιάζει τάση για συρρίκνωση. Υπάρχουν δύο είδη ίνωσης: η αμιάντωση (ίνωση του πνευμονικού παρεγχύματος) και η ίνωση του υπεζωκότα (ίνωση της επιφάνειας του υπεζωκότα).

### 2.2.1 Αμιάντωση (Asbestosis)

Αποτελεί μια **διάρρηξη του ιστού των πνευμόνων**, με αποτέλεσμα έναν ιστό με ουλές στα τοιχώματα των κυψελίδων του πνεύμονα. Μια τέτοια διάρρηξη προκαλεί **μείωση της ελαστικότητας** των πνευμόνων με αποτέλεσμα τη **μειωμένη πρόσληψη οξυγόνου** από το αίμα. Επειδή οι μηχανισμοί άμυνας του οργανισμού δεν μπορούν να εξαλείψουν ίνες που έχουν διάμετρο μικρότερη από 3  $\mu\text{m}$  και μήκος πάνω από 5  $\mu\text{m}$ , αυτές καταστρέφουν την κυτταρική μεμβράνη επιτρέποντας την απελευθέρωση

ενζύμων και άλλων συστατικών, τα οποία αρχίζουν την παραγωγή ινώσεων. Παρουσιάζεται σε άτομα, τα οποία έχουν εκτεθεί για αρκετό χρόνο (10-20 χρόνια) στον αμίαντο. Οι καπνιστές έχουν περισσότερες πιθανότητες να αναπτύξουν τη νόσο από τους μη καπνιστές. Το κάπνισμα καταστρέφει τους φυσικούς μηχανισμούς άμυνας, συνεπώς οι πνεύμονες είναι πιο ευαίσθητοι σε πολλά είδη μολύνσεων. Στο Σχήμα 2.2 απεικονίζονται δυο πνεύμονες, ο ένας φυσιολογικός και ο άλλος με αμιάντωση.



**Σχήμα 2.2:** (α) Φυσιολογικός πνεύμονας, (β) και (γ) Πνεύμονας με αμιάντωση

Αρχικά προσβάλλονται οι κυψελίδες οι οποίες ανοίγουν προς τα βρογχιόλια υποϋπεζωκοτικά και συσσωρεύουν ίνες. Οι ίνες προσελκύουν τα κυψελιδικά μακροφάγα. Έτσι προκαλείται ανάπτυξη κυψελιδικών κυττάρων και βαθμιαία αναπτύσσεται ινώδης ιστός. Στη συνέχεια η ίωση επεκτείνεται πέραν των κυψελίδων, η κατάσταση όμως ελέγχεται ακόμη από την ύπαρξη μεταξύ των προσβλημένων περιοχών, υγιούς πνευμονικού ιστού. Τέλος προσβάλλονται τα παρακείμενα βρογχιόλια, τα οποία εμφανίζουν εκτεταμένη καταστροφή. Οι μικρές πνευμονικές αρτηρίες στενεύουν ή αποφράσσονται. Ο ινώδης ιστός συσπάται και δημιουργούνται μικρές κυστικές περιοχές διαμέτρου πάνω από 5 mm, μεταξύ των ιών, σχηματίζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο τον πνεύμονα «εν είδει μελικηρήθρας».

Τα άτομα που έχουν προσβληθεί από αμιάντωση παρουσιάζουν δύσπνοια, η οποία είναι προοδευτική, δεν ανταποκρίνεται στη χορήγηση βρογχοδιασταλτικών και σε σοβαρές περιπτώσεις συνοδεύεται από υποξαιμία και κυάνωση.

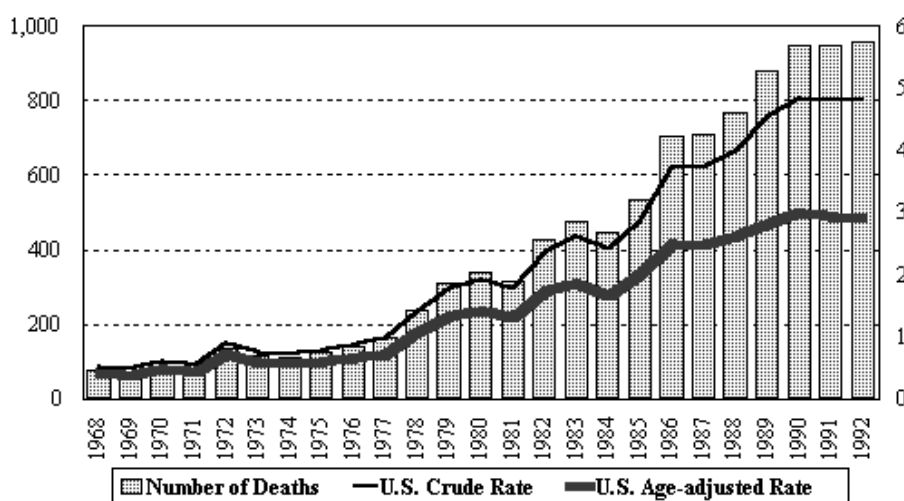


Στο Σχήμα 2.3 απεικονίζεται ακτινογραφία ασθενούς που πάσχει από αμιάντωση και στο Σχήμα 2.4 παρουσιάζεται διάγραμμα στο οποίο φαίνεται ο αριθμός θανάτων και ρυθμός θνησιμότητας στις Η.Π.Α. σε άτομα ηλικίας άνω των 15 ετών από αμιάντωση από το 1968 έως το 1992.



**Σχήμα 2.3:** Ακτινογραφία ατόμου που πάσχει από αμιάντωση

Δεν υπάρχει καμία θεραπεία για την ασθένεια. Η αγωγή είναι συνήθως καταπραϋντική. Γίνεται χορήγηση οξυγόνου για ανακούφιση της αναπνοής. Μετά από τη διάγνωση υπάρχουν ορισμένα μέτρα που ένας ασθενής μπορεί να λάβει για να επιβραδύνει την πρόοδο της ασθένειας και να παρατείνει τη ζωή του. Οι ασθενείς έχουν αυξημένο κίνδυνο ανάπτυξης καρκίνου του πνεύμονα.



**Σχήμα 2.4:** Αμιάντωση: αριθμός θανάτων και ρυθμός θνησιμότητας στις ΗΠΑ σε πολίτες ηλικίας άνω των 15 ετών από το 1968 έως το 1992 (Πηγή National Center for Health Statistics multiple cause of death data).

### 2.2.2 Ίνωση του υπεζωκότα

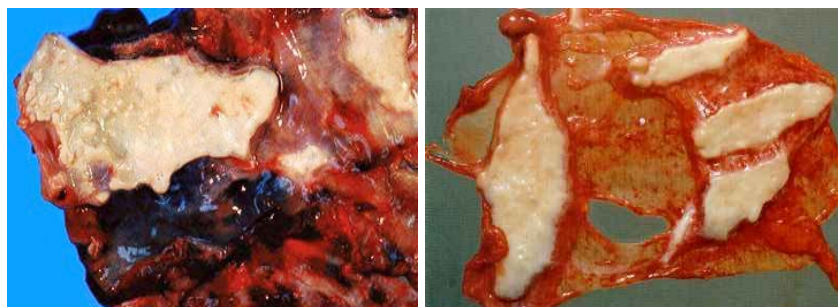
Είναι η **δημιουργία ουλών** του εξωτερικού διπλού περιβλήματος του πνεύμονα δηλαδή του **υπεζωκότα** (pleura). Η ίνωση των πλευρών είναι αποτέλεσμα της



ικανότητας μετακίνησης των ινών που εισπνέονται. Οι ίνες έχουν τη τάση να εισβάλουν στον υπεζωκότα και εκεί να πολλαπλασιάζονται και αυτό βέβαια έχει σαν αποτέλεσμα τον περιορισμό της λειτουργίας του πνεύμονα.

Οι **καλοήθεις υπεζωκοτικές παθήσεις** που προκαλούνται από τον αμίαντο είναι τριών ειδών:

1. **οι υπεζωκοτικές πλάκες** (pleural plaques) είναι η πιο συχνή καλοήθης νόσος που προξενείται από έκθεση σε αμίαντο. Οι υπεζωκοτικές πλάκες (Σχήμα 2.5) είναι τοιχωματικές και εντοπίζονται κυρίως στα οπισθοπλάγια μέρη του υπεζωκότος και στα κεντρικά μέρη του διαφράγματος, συνήθως αμφοτερόπλευρα. Αποτελούνται ιστολογικά από δέσμες ινών κολλαγόνου καλυμμένες από μεσοθηλιακά κύτταρα. Η ασβέστωση, όταν υπάρχει εντοπίζεται στο κέντρο της πλάκας. Οι υπεζωκοτικές πλάκες εμφανίζονται συνήθως 20 ή περισσότερα χρόνια από την πρώτη έκθεση στον αμίαντο. Οι ασβεστωμένες πλάκες εμφανίζονται αργότερα, και εντοπίζονται στα κεντρικά μέρη του διαφράγματος, θεωρούνται ως αβλαβείς αλλά απαιτείται δια βίου έλεγχος για πιθανή εμφάνιση κακοήθειας.



**Σχήμα 2.5:** Φωτογραφίες υπεζωκοτικών πλακών

2. **η εξιδρωματική υπεζωκοτική συλλογή**, είναι η συλλογή υγρών από τους ενδιάμεσους ιστούς στην υπεζωκοτική κοιλότητα, η οποία είναι συνήθως μικρή, ορώδης ή οροαιματηρή και μπορεί να σχετίζεται με χρόνιο θωρακικό άλγος. Συνήθως είναι ασυμπτωματική ετερόπλευρος ή αμφοτερόπλευρος χωρίς να επηρεάζεται στη συνέχεια η πνευμονική λειτουργία. Είναι η πιο πρόωπη εκδήλωση εκθέσεως σε αμίαντο. Συνήθως εμφανίζεται στα πρώτα 10 χρόνια από την έκθεση, είναι δε η πιο συχνή βλάβη που παρατηρείται στα πρώτα 20 χρόνια από την έκθεση στον αμίαντο.

3. **διάχυτη πάχυνση του υπεζωκότος** (diffuse pleural thickening). Είναι σπανιότερη σε σχέση με τις υπεζωκοτικές πλάκες. Χαρακτηρίζεται ως η διάχυτη ομαλή, χωρίς διακοπές, πάχυνση του υπεζωκότα που καταλαμβάνει τουλάχιστο το 1/4 του θωρακικού τοιχώματος. Υπάρχει σύμφυση και ίνωση των δύο επιφανειών του υπεζωκότα και στο μισό των περιπτώσεων είναι αποτέλεσμα εξιδρωματικής υπεζωκοτικής συλλογής.

Η αμιάντωση και η ίνωση του υπεζωκότα επιφέρουν κατά κανόνα περαιτέρω επακόλουθες ασθένειες:

- ❖ Η **βρογχιεκτασία** είναι μια ανώμαλη και μόνιμη αύξηση της διαμέτρου των αεραγωγών.
- ❖ Η **υπερτροφία δεξιού ημικαρδίου** είναι μια ανώμαλη μεγέθυνση της καρδιάς εξαιτίας της προβληματικής ανταλλαγής αέρα στον πνεύμονα.
- ❖ Το **εμφύσημα** είναι ένα υπερφούσκωμα του πνεύμονα και εμφανίζεται σε τμήματα του πνεύμονα που δεν είναι προσβεβλημένα τόσο πολύ από αμιάντωση. Δεν είναι μια τυπική ασθένεια που προέρχεται από αμίαντο, εμφανίζεται πολύ συχνότερα στους καπνιστές.

### 2.3 Ικανότητα καρκινογένεσης αμιάντου

Ο αμίαντος έχει αποδειχθεί ότι είναι καρκινογόνος ουσία και μάλιστα, από τις ισχυρότερες. Αυτό αποδείχθηκε και πειραματικά με εργασίες σε ζώα, αλλά και μετά από κλινικές και επιδημιολογικές μελέτες και παρατηρήσεις που έγιναν σε εργαζόμενους σε ορυχεία αμιάντου και βιομηχανίες επεξεργασίας και εφαρμογής του αμιάντου<sup>2</sup>. Αυτοί που εργάζονται στη βιομηχανία αμιάντου αντιμετωπίζουν κατά κανόνα **δέκα φορές μεγαλύτερο κίνδυνο** να προσβληθούν από καρκίνο των πνευμόνων, συγκριτικά με τον μέσο όρο προσβολής των ανθρώπων που δεν έρχονται σε επαφή με τον αμίαντο κατά τη διάρκεια εργασίας.

Ο αμίαντος είναι ισχυρότατος καρκινογόνος παράγοντας, που είτε εισπνευστεί, είτε καταποθεί παραμένει μέσα στο σώμα και δεν μπορεί να απομακρυνθεί, ούτε η καρκινική διεργασία να αναστραφεί. Για την επίδραση της καρκινογένεσης των ινών είναι μεγάλης σημασίας πέρα της γεωμετρίας των ινών και η σταθερότητα στους ανθρώπινους ιστούς η ονομαζόμενη και βιολογική σταθερότητα ή βιοσταθερότητα. Ο

<sup>2</sup> <http://medlook.net/c1caposympt.htm>

αμιάντος και το κάπνισμα θεωρούνται παράγοντες που αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου του πνεύμονα. Ένα άτομο που καπνίζει και έχει χρόνια έκθεση σε αμianto παρουσιάζει 25% μεγαλύτερη πιθανότητα να πάθει καρκίνο των πνευμόνων<sup>3</sup>.

Η δημιουργία όγκων μπορεί να οφείλεται στους παρακάτω παράγοντες:

- Οι άκρες των ινών που εξέρχουν από τα σωματίδια αμιάντου δημιουργούν **βλάβες στην κυτταρική μεμβράνη** και ανωμαλία στον μεταβολισμό. Κυτταρικό υγρό με διαλυμένα υλικά μπορεί να εξέλθει και να εισέλθουν ξένα υλικά στο κύτταρο, το οποίο δεν πεθαίνει υποχρεωτικά όμως μπορεί να διαταραχθούν σημαντικές λειτουργίες ή επίσης να μεταβληθούν.
- Οι ίνες μπορεί να εισέλθουν στο κυτταρικό πυρήνα και με μηχανικό τρόπο να αποκόψουν τμήματα DNA οδηγώντας σε μεταλλάξεις. Αποσπασμένα τμήματα DNA μπορούν να φτάσουν κατά μήκος της ίνας σε άλλο κύτταρο και από εκεί να προσαχθούν στο DNA, με αποτέλεσμα τη **δημιουργία μεταλλάξεων**.
- Η παρουσία των ινών στην περιοχή του κυτταρικού πυρήνα επηρεάζει κατά την διαίρεση του κυττάρου τον διαχωρισμό των διπλασιασμένων χρωματοσωμάτων στα δύο θυγατρικά κύτταρα. Αυτό οδηγεί σε **παρέκκλιση της συμπεριφοράς αναπαραγωγής των κυττάρων**.
- Η μόνιμη παρουσία των ινών ερεθίζει τους ιστούς και οδηγεί σε **μολύνσεις**.

Εμφανίζονται δύο τύποι καρκίνου, ο **καρκίνος του πνεύμονα** και το **Μεσοθηλίωμα**:

### 2.3.1 Καρκίνος του πνεύμονα (Καρκίνωμα βρόγχων)

Αφορά **κακοήθεις όγκους** στην περιοχή των πνευμόνων, οι οποίοι αναπτύσσονται μέσω των περιβαλλόντων ιστών και συχνά φράζουν τις διόδους του αέρα. Αυξάνονται τις περισσότερες φορές ανεμπόδιστα από κάποια θέση της βλέννας των βρόγχων. Η σημαντικότερη αιτία για τη δημιουργία καρκίνου του πνεύμονα είναι η εισπνοή καπνού από τσιγάρο. Στην δεύτερη θέση ακολουθεί η εισπνεόμενη σκόνη αμιάντου. Ο καρκίνος του πνεύμονα είναι περίπου στις μισές των περιπτώσεων αποτέλεσμα αμιάντωσης. Από την στιγμή της έκθεσης μέχρι την εμφάνιση της

<sup>3</sup> <http://www.asbestosis-info.com/cancer.html>

ασθένειας μεσολαβεί, συνήθως, μια περίοδος 30 – 40 ετών, είναι όμως πιθανές και χρονικές περιόδους μονάχα λίγων μηνών από το χρόνο έκθεσης σε ίνες αμιάντου και μέχρι την εμφάνιση συμπτωμάτων ασθένειας οφειλόμενης στον αμianto.

Τα συχνότερα **συμπτώματα** και σημεία που παρατηρούνται όταν υπάρχει καρκίνος του πνεύμονα:

- ◆ Επίμονος βήχας
- ◆ Πόνος στο θώρακα
- ◆ Κούραση
- ◆ Ανορεξία και απώλεια βάρους
- ◆ Επαναλαμβανόμενη πνευμονία
- ◆ Πρήξιμο του προσώπου και του λαιμού
- ◆ Αιμόπτυση
- ◆ Πρόκληση εγκεφαλικής δυσλειτουργίας με σύγχυση και κόμα.



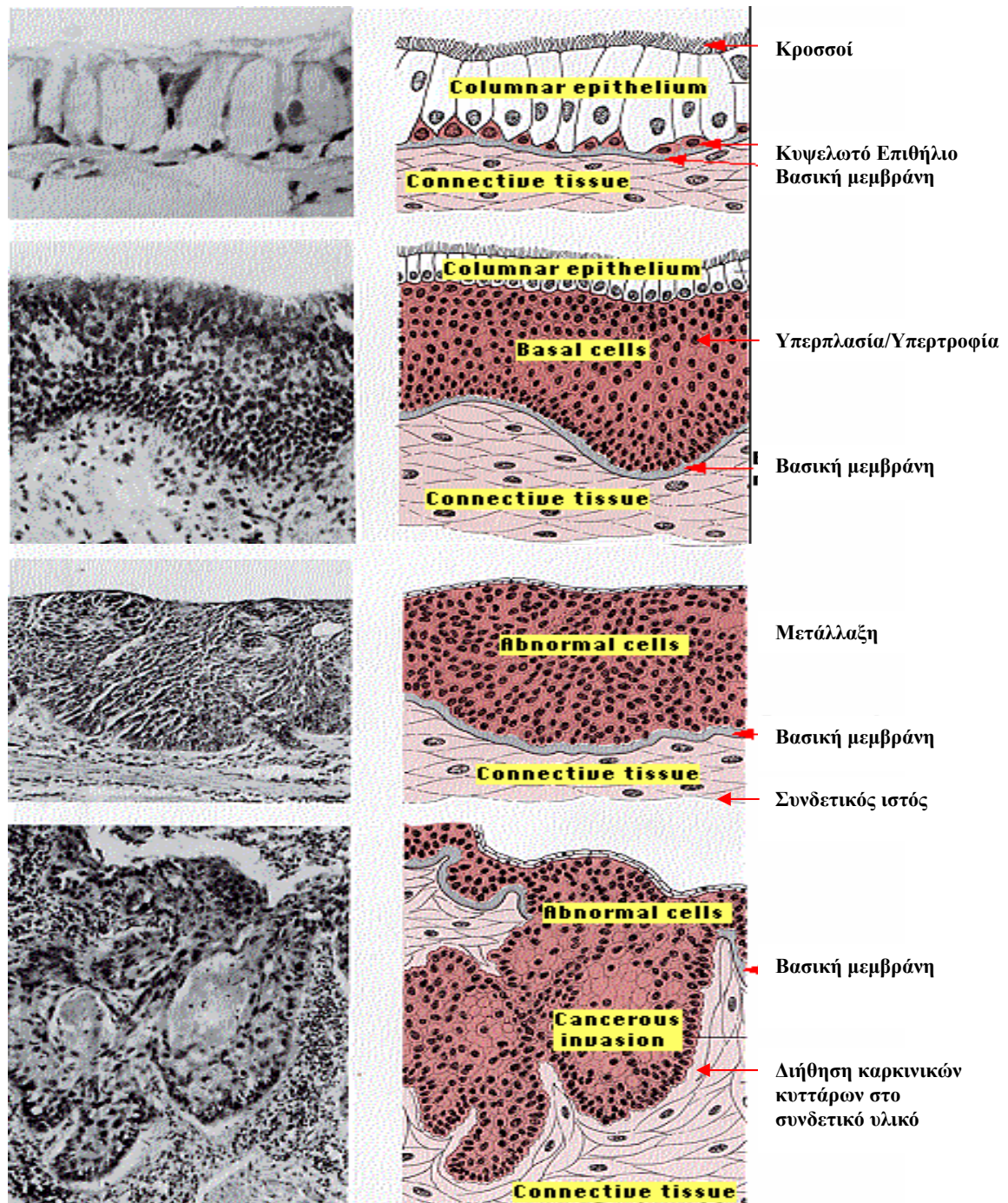
**Σχήμα 2.6:** Ακτινογραφία απόμονου με καρκίνο του πνεύμονα

Η θεραπεία βασίζεται στη χειρουργική προσέγγιση, στη χημειοθεραπεία και στην ακτινοθεραπεία. Δυστυχώς η πρόοδος που έχει παρατηρηθεί στην αντιμετώπιση του καρκίνου του πνεύμονα είναι περιορισμένη. Το 1973, ένα χρόνο μετά από τη διάγνωση επιβίωναν 32% των ασθενών. Σήμερα το ίδιο ποσοστό ανέρχεται στο 40%.

Στα 5 χρόνια από την ημέρα της διάγνωσης, το ποσοστό των ασθενών που επιβιώνουν ανέρχεται μόνο στο 14%.



Ακολουθεί το Σχήμα 2.7 στο οποίο απεικονίζονται αναλυτικά τα στάδια δημιουργίας καρκίνου των πνευμόνων



Σχήμα 2.7: Στάδια δημιουργίας καρκίνου του πνεύμονα

(Πηγή <http://www.asbestosis-info.com/cancer.html>)

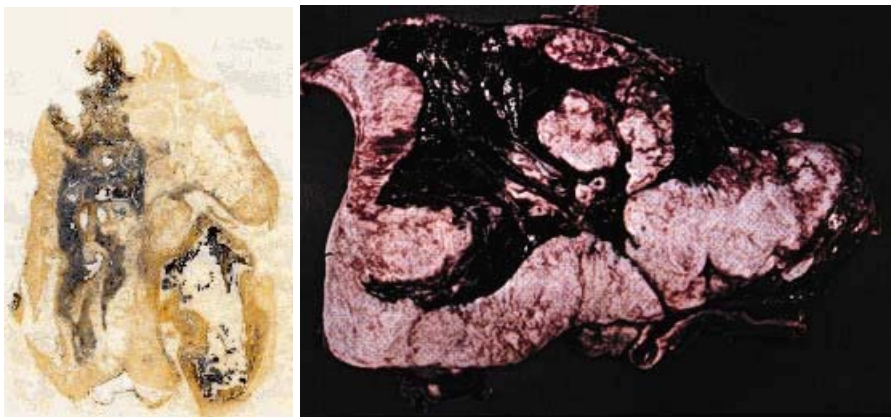
### 2.3.2 Μεσοθηλίωμα

Το **Μεσοθηλίωμα** είναι ένα είδος καρκίνου που θεωρείται δύσκολο τόσο στη διάγνωση όσο και στη θεραπεία. Το μεσοθηλίωμα είναι ένας όγκος ο οποίος κατά

κύριο λόγο εμφανίζεται στους ιστούς της μεμβράνης που καλύπτει όλο το εσωτερικό του θώρακα και της κοιλιακής κοιλότητας. Είναι μια σπάνια και ιδιαίτερα κακοήθης πάθηση, η οποία σχεδόν αποκλειστικά προκαλείται από τον αμίαντο, με φτωχά θεραπευτικά αποτελέσματα όσον αφορά την ίαση. Θεωρείται, σχεδόν πάντα, θανατηφόρο είδος καρκίνου. Η ασθένεια αυτή, όπως και οι υπόλοιπες που σχετίζονται με τον αμίαντο, έχει λανθάνουσα περίοδο που μπορεί να φτάσει και τα 30 έτη. Τα άτομα που έχουν εκτεθεί για διάφορους λόγους στον αμίαντο έχουν αυξημένο κίνδυνο να παρουσιάσουν μεσοθηλιώμα.

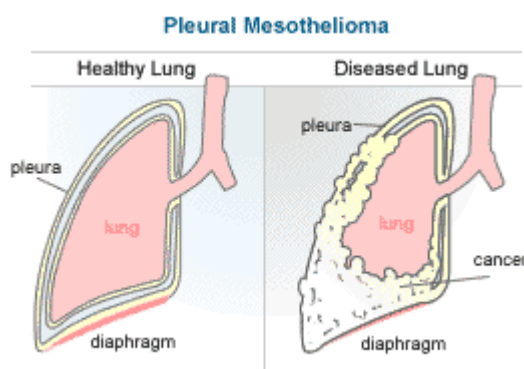
Στις Η.Π.Α. εντοπίζονται κάθε χρόνο περίπου 200 περιπτώσεις μεσοθηλιώματος. Οι άνθρωποι που εργάζονται στα ορυχεία αμιάντου, στις βιομηχανίες και τα ναυπηγεία που χρησιμοποιούν αμίαντο, καθώς επίσης και οι άνθρωποι που κατασκευάζουν και εγκαθιστούν μονώσεις αμιάντου, έχουν αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης μεσοθηλιώματος. Οι νέοι που εισπνέουν τις ίνες του αμιάντου, έχουν μεγάλες πιθανότητες να αναπτύξουν μελλοντικά μεσοθηλιώμα.

Το **μεσοθήλιο (mesothelium) καλείται ο ιστός, ο οποίος σχηματίζεται από τις ειδικές κυψέλες που καλύπτουν τα περισσότερα εσωτερικά ανθρώπινα όργανα** (καρδιά, πνεύμονες, κοιλιακή χώρα, κ.ά.). Ο συγκεκριμένος ιστός παράγει ένα υγρό με **λιπαντικές ιδιότητες**, το οποίο και διευκολύνει την κίνηση των οργάνων (π.χ. των πνευμόνων εντός της θωρακικής κοιλότητας κατά την αναπνοή). Η πλευρική του επένδυση (υπεζωκότας) περιβάλλει τον πνεύμονα, η περιτοναϊκή επένδυση (περιτόναιο) περιβάλλει τα όργανα της κοιλιακής χώρας και η περικαρδική επένδυση (περικάρδιο) περιβάλλει την καρδιά. Τα μεσοθηλιώματα είναι όγκοι των κυττάρων του μεσοθηλίου και μπορεί να είναι καλοήθεις ή κακοήθεις. Οι λεπτές ίνες του αμιάντου (διάμετρος ίνας  $< 3 \mu\text{m}$ ) μπορεί να διαπεράσουν τα πλευρικά τοιχώματα του πνεύμονα και να βλάψουν το μεσοθήλιο, οδηγώντας σε ανάπτυξη όγκων (Σχήμα 2.8). Ο κίνδυνος εμφάνισης μεσοθηλιώματος του υπεζωκότος και του περιτοναίου φαίνεται ότι σχετίζεται με την έκθεση ατόμων στον αμφίβολο (αμοσίτης και κροκιδόλιθος) κυρίως και πολύ λιγότερο στον χρυσοτιλικό αμίαντο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι αμφίβολοι, λόγω της χημικής τους δομής, είναι εξαιρετικά εύθρυπτοι και δεν βιοαποικοδομούνται εύκολα. Έτσι, όταν εισέρχονται, μέσω της εισπνοής στον ανθρώπινο οργανισμό, παραμένουν για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα στους ιστούς των πνευμόνων και αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισης μεσοθηλιώματος.



**Σχήμα 2.8:** Πνεύμονες με μεσοθηλίωμα

Συνήθως το 75% όλων των μεσοθηλιωμάτων (Σχήμα 2.9) εμφανίζονται στον υπεζωκότα, που περιβάλλει τους πνεύμονες. Η εκδήλωση των **συμπτωμάτων** είναι σταδιακή. Αυτά μπορεί να είναι επίμονος πόνος στο στήθος, συσσωρευση υγρού στις πλευρές, βήχας, δυσκολία στην αναπνοή και ενδεχομένως απώλεια βάρους. Με τον βήχα μπορεί να γίνει κατάποση των εισπνεόμενων ινών αμιάντου, οι οποίες μπορεί να διεισδύσουν στο συκώτι, στη σπλήνα και στο έντερο και να προκαλέσουν μεσοθηλίωμα στην περιτοναϊκή κοιλότητα. Το μεσοθηλίωμα του περικαρδίου είναι σπάνιο.



**Σχήμα 2.9:** Υγιής πνεύμονας αριστερά και πνεύμονας με μεσοθηλίωμα δεξιά

Το μεσοθηλίωμα, που οφείλεται σε έκθεση ινών αμιάντου, εμφανίζεται μετά από μακροχρόνια έκθεση (20-40 χρόνια). Τα ποσοστά εμφάνισης της ασθένειας έχουν τριπλασιαστεί από το 1970 έως το 1984, και η συχνότητα στους άνδρες είναι 3-5 φορές μεγαλύτερη από τις γυναίκες. Η θεραπεία της νόσου περιλαμβάνει χειρουργική αφαίρεση του όγκου, ακτινοβολίες και χημειοθεραπεία. Ο χρόνος επιβίωσης του ασθενή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Καθοριστικό ρόλο παίζουν η ηλικία και η γενική υγεία του ασθενούς, καθώς επίσης το μέγεθος, η θέση και η μορφολογία των καρκινικών κυττάρων και το στάδιο στο οποίο βρίσκεται η νόσος. Ο μέσος χρόνος επιβίωσης για το μεσοθηλίωμα του υπεζωκότος είναι 17 μήνες, ενώ για το περιτοναϊκό 10 μήνες από την έναρξη των συμπτωμάτων.

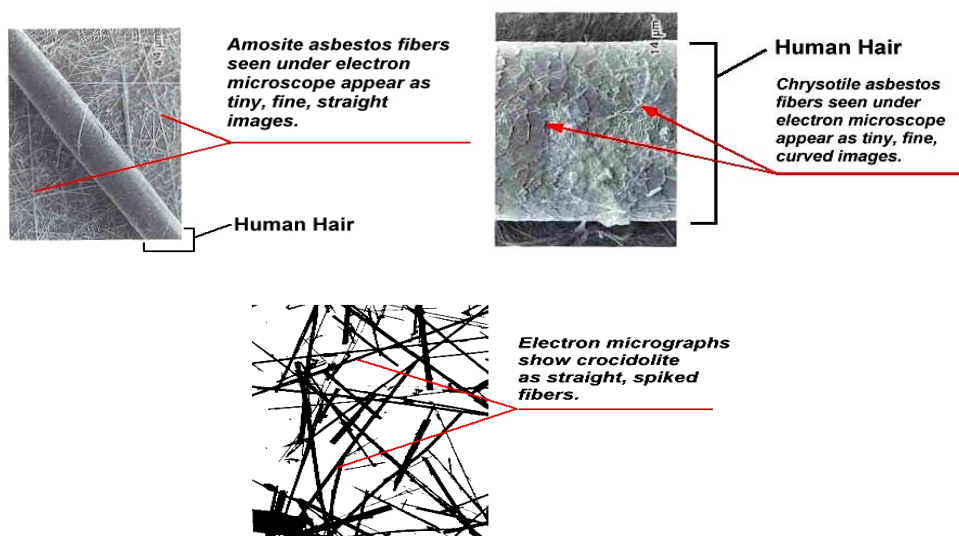


### 2.3.3 Άλλοι τύποι καρκίνου

Άλλα είδη καρκίνου που πιθανόν να συνδέονται με την έκθεση σε αμίαντο είναι ο καρκίνος του οισοφάγου, του λάρυγγα, της στοματικής κοιλότητας, του στομάχου, του πάγκρεας, των νεφρών καθώς επίσης και της μύτης και του λαιμού, από τη συνεχή έκθεση σε αμίαντο. Βέβαια η σπουδαιότητα του κινδύνου εμφάνισης αυτών των ειδών καρκίνου σε σχέση με την έκθεση στον αμίαντο είναι πολύ μικρότερη απ' ό,τι ο καρκίνος του πνεύμονα και το μεσοθηλίωμα.

### 2.4 Ομάδες πληθυσμού εκτιθέμενες στον αμίαντο

Ο αμίαντος εκλύεται στο περιβάλλον με την μορφή μικρών ινών (Σχήμα 2.10), οι οποίες δύσκολα απομακρύνονται. Λόγω μάλιστα της κρυσταλλικής τους φύσης σπάζουν σε ακόμη μικρότερες, οι οποίες εισχωρούν εύκολα μέσω της αναπνοής στους πνεύμονες προκαλώντας σοβαρότατα προβλήματα υγείας. Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου, περισσότερο επικίνδυνες θεωρούνται οι ίνες με μήκος μεγαλύτερο των 5μm, πλάτος μικρότερο των 3μm και λόγο μήκους προς πλάτους μεγαλύτερο του 3.



**Σχήμα 2.10:** Ίνες αμοσίτη, χρυσοτιλικού αμιάντου και κροκιδόλιθου όπως φαίνονται κάτω από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο



**Οι κατηγορίες πληθυσμών που θεωρούνται εκτιθέμενοι στον αμίαντο είναι:**

- **Εργατικό δυναμικό** όλων των κατηγοριών, που απασχολήθηκαν ή απασχολούνται σε χώρους παραγωγής ή και χρήσης αμιάντου και προϊόντων αυτού.
- **Πληθυσμοί που διαμένουν πλησίον βιομηχανικών κέντρων**, τα οποία παράγουν ή χρησιμοποιούν αμίαντο.
- **Υπόλοιπες πληθυσμιακές ομάδες.**

Η **ποσότητα αμιάντου** στην οποία ένας εργαζόμενος εκτίθεται ποικίλη ανάλογα με:

- ❖ Τη συγκέντρωση των ινών στον αέρα.
- ❖ Την διάρκεια της έκθεσης.
- ❖ Το ρυθμό αναπνοής του εργαζομένου (οι εργαζόμενοι που κάνουν χειρωνακτική εργασία αναπνέουν γρηγορότερα)
- ❖ Τις καιρικές συνθήκες.
- ❖ Τα μέσα προστασίας που παίρνει ο εργαζόμενος (π.χ. προστατευτική μάσκα).

**2.4.2 Έκθεση στο εργασιακό περιβάλλον**

Οι περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις επιπτώσεις του αμιάντου στην ανθρώπινη υγεία έχουν προέλθει από μελέτες σε εργαζόμενους που δραστηριοποιούνται σε επαγγέλματα όπως:

- ❖ Εξόρυξη και κατεργασία ορυκτών πρώτων υλών που περιέχουν αμίαντο.
- ❖ Παρασκευή προϊόντων που περιέχουν αμίαντο.
- ❖ Βιομηχανική χρήση προϊόντων που περιέχουν αμίαντο.
- ❖ Συντήρηση ή επισκευή προϊόντων ή υλικών που περιέχουν αμίαντο.
- ❖ Κατεδάφιση ή επισκευή κατασκευών που περιέχουν αμίαντο.
- ❖ Μεταφορά, αποθήκευση και διαχείριση αμιάντου ή υλικών που περιέχουν αμίαντο.

Οι κίνδυνοι της υγείας μέσω αναπνοής των ινών αμιάντου στον εργαστηριακό χώρο άρχισαν να απασχολούν τον ιατρικό κόσμο στα τέλη του 19ου αιώνα. Το κέντρο βάρους της επιστημονικής έρευνας στράφηκε στις ασθένειες των εργατών, που προκλήθηκαν από σκόνη ινών αμιάντου κατά την επεξεργασία ακατέργαστου αμιάντου στα τμήματα της βιομηχανίας που παρήγαγαν προϊόντα που περιέχουν αμίαντο. Μετά τον Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε σε ακόμη μια ομάδα ανθρώπων, σε αυτούς που απασχολούνταν χειρωνακτικά με τη χρήση προϊόντων αμιάντου. Τα τελευταία 20 – 25 χρόνια ήρθαν λοιπόν στο προσκήνιο οι περιβαλλοντικοί κίνδυνοι που οφείλονται στον αμίαντο για τον πληθυσμό και ιδιαίτερα για τους ανθρώπους εκείνους που εργάζονται σε χώρους όπου χρησιμοποιούνται μέθοδοι ψεκασμού με αμίαντο (Σχήμα 2.11).



**Σχήμα 2.11:** Σχήμα 2.11 Μέθοδος ψεκασμού υλικού που περιέχει αμίαντο

Από τις επιδημιολογικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στις παραπάνω εργασιακές ομάδες διαπιστώθηκε ότι ο κίνδυνος εμφάνισης ασθένειας του αναπνευστικού συστήματος εξαιτίας της υψηλής συγκέντρωσης ινών αμιάντου στο εργασιακό περιβάλλον είναι εξαιρετικά υψηλός<sup>4</sup>. Θα πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι στις περιπτώσεις που εξετάστηκαν τα μέτρα προστασίας των εργαζομένων από τον αμίαντο ήταν πρακτικά ανύπαρκτα. Σήμερα, η θέσπιση αυστηρών ορίων και η καθιέρωση συγκεκριμένων μέτρων προστασίας των εργαζομένων σε χώρους που περιέχουν αμίαντο έχουν περιορίσει δραστικά τον κίνδυνο εμφάνισης της συγκεκριμένης νόσου.

#### **2.4.3 Έκθεση πληθυσμών σε περιβάλλουσες των βιομηχανιών περιοχές**

Αρκετές μετρήσεις και μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί για να διαπιστωθεί η έκθεση πληθυσμών που διαμένουν πλησίον βιομηχανιών που παράγουν ή χρησιμοποιούν αμίαντο, καθώς και στις κατοικίες των εργαζομένων σε αυτές (Schreier, H.,1989).

<sup>4</sup> <http://medlook.net/celamiant.htm>

Στον Καναδά πραγματοποιήθηκε έρευνα σε 5 πόλεις πλησίον μεγάλων μεταλλείων αμιάντου. Οι συγκεντρώσεις κυμάνθηκαν μεταξύ 0,021 και 0,097 ινών αμιάντου/cm<sup>3</sup>. Η μέση τιμή των συγκεντρώσεων ήταν περίπου 3,5 φορές υψηλότερη από την τιμή που παρατηρήθηκε σε μια πιο απομακρυσμένη κοινότητα. Χαρακτηριστικά είναι και τα αποτελέσματα των ερευνών σε πόλεις της Νοτίου Αφρικής. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι συγκεντρώσεις, πλησίον του μεταλλείου, ανήλθαν σε 0,6 ίνες /cm<sup>3</sup> εξαιτίας της διασποράς του αμιάντου στο περιβάλλον από απροστάτευτους σωρούς αποθέσεων και από την απουσία μέτρων κατά την εκτέλεση εργασιών όπως η φόρτωση και η μεταφορά με χωματουργικά αυτοκίνητα. Στις κοντινές κατοικημένες περιοχές οι συγκεντρώσεις κυμάνθηκαν μεταξύ 0,001 και 0,008 ίνες /cm<sup>3</sup>. Από τα δεδομένα προκύπτει ότι, σε γενικές γραμμές, τα επίπεδα των συγκεντρώσεων στις γειτονικές κοινότητες ήταν ελαφρώς υψηλότερα από αυτά που παρατηρήθηκαν σε άλλες αστικές περιοχές.

Ορισμένες μελέτες επικεντρώθηκαν στην παρουσία του αμιάντου στις κατοικίες των εργαζομένων σε σχετικές βιομηχανίες<sup>5</sup>. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι στις περισσότερες περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις του αμιάντου στον εσωτερικό χώρο κυμαίνονται σε αρκετά υψηλότερα επίπεδα από τις συγκεντρώσεις άλλων κατοικιών της περιοχής. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στην σκόνη που μεταφερόταν από τους εργαζόμενους. Σε κάποιες μελέτες μάλιστα γίνεται αναφορά για συσχέτιση ασθενειών του αναπνευστικού συστήματος σε συγγενείς των εργαζομένων.

#### **2.4.4 Έκθεση των πληθυσμιακών ομάδων από την παρουσία του αμιάντου στην ατμόσφαιρα**

Οι ίνες του αμιάντου, ορυκτού που συναντάται συχνά στη φύση, ελευθερώνονται μέσω διάβρωσης των πετρωμάτων και μεταφέρονται από τον άνεμο. Ο αμιάντος είναι από τους δέκα πρώτους επικίνδυνους για την υγεία ρυπαντές για τους οποίους καθορίστηκε παγκοσμίως όριο ανεκτό από τον άνθρωπο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα σχετικών ερευνών, οι συγκεντρώσεις σε αγροτικές περιοχές κυμαίνονται σε επίπεδα χαμηλότερα της 0,001 ίνας/cm<sup>3</sup>. Σε αστικές περιοχές οι αντίστοιχες τιμές κυμάνθηκαν μεταξύ 0,001 και 0,01 ίνας/cm<sup>3</sup>. Γενικά, δεν έχει αποδειχτεί συσχέτιση των συγκεντρώσεων αυτών με τις προκαλούμενες από τον αμιάντο ασθένειες. Εντούτοις, δεν έχει προσδιοριστεί «κατώφλι» έκθεσης στον αμιάντο, κάτω από το οποίο δεν υφίσταται κίνδυνος καρκινογένεσης. Για το λόγο

<sup>5</sup> [http://www.iatronet.gr/htmlpages/mainpages/ygianosoi/iatrikiergasias/asth\\_ergasias\\_piritika.html](http://www.iatronet.gr/htmlpages/mainpages/ygianosoi/iatrikiergasias/asth_ergasias_piritika.html)

αυτό, αποτελεσματικό μέτρο προστασίας της ανθρώπινης υγείας φαίνεται να αποτελεί μόνο η απαγόρευση της χρήσης ινών αμιάντου και προϊόντων που τις περιέχουν.

#### 2.4.5 Επιπτώσεις στην υγεία από την κατάποση του αμιάντου

Η έκθεση του ανθρώπου όμως στον αμιάντο δεν γίνεται μόνο μέσω αέρα, αλλά και μέσω νερού. Ο αμιάντος που περιέχεται στο νερό μπορεί να έχει φυσική προέλευση ή να είναι αποτέλεσμα ρύπανσης. Ο αμιάντος φυσικής προέλευσης οφείλεται στην αποσάθρωση γεωλογικών κοιτασμάτων, που ξεπλένονται και καταλήγουν σε επιφανειακά νερά, ή στην ύπαρξη αμιαντούχων πετρωμάτων κοντά σε κοιτάσματα νερού που τροφοδοτούν το υδραγωγείο. Ο αμιάντος από ρύπανση στο πόσιμο νερό μπορεί να προέρχεται επίσης από ρύπανση των επιφανειακών νερών σαν αποτέλεσμα ανθρωπογενών διεργασιών ή από την απελευθέρωση ινών αμιάντου από τους σωλήνες αμιαντοτσιμέντου.

Επιδημιολογικές έρευνες πραγματοποιήθηκαν σε Καναδικές και Αμερικανικές πόλεις για να εξετάσουν τις επιπτώσεις του αμιάντου στην ανθρώπινη υγεία διαμέσου της κατάποσης<sup>6</sup>. Οι συγκεντρώσεις του αμιάντου στο πόσιμο νερό των πόλεων κυμαίνονταν από πολύ χαμηλά επίπεδα μέχρι και  $200 \times 10^6$  ίνες/λίτρο. Στις πέντε από τις έξι περιοχές δεν υπήρξε καμία απόδειξη συσχέτισης της παρουσίας του αμιάντου στο πόσιμο νερό με την εμφάνιση γαστρεντερολογικών ειδών καρκίνου. Στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του San Francisco, σε πληθυσμό 3.000.000 και για μεγάλη περίοδο έκθεσης (περίπου 60 έτη), υπήρξαν ενδείξεις ότι η παρουσία του αμιάντου, η οποία ανερχόταν σε  $36 \times 10^6$  ίνες/λίτρο, συσχετιζόταν με τα αυξημένα ποσοστά εμφάνισης γαστρεντερολογικών ειδών καρκίνου<sup>7</sup>. Επίσης ο Thomas Mancuso (1990)<sup>8</sup> ειδικός στα θέματα της καρκινογένεσης από έκθεση στον αμιάντο θεωρεί ότι **«ο αμιάντος μπορεί να απελευθερωθεί από τους αμιαντοτσιμεντοσωλήνες στο πόσιμο νερό και μπορεί να αποτελέσει έναν δυνητικό κίνδυνο πρόκλησης καρκίνου στην κοινωνία, (αφενός από την κατάποση, αλλά και από την αύξηση των συγκεντρώσεων των ινών αμιάντου στον περιβαλλοντικό αέρα, δεδομένου ότι το νερό που περιέχει τις ίνες χρησιμοποιείται και στην πλύση ρούχων, σφουγγάρισμα, πότισμα κλπ)»**.

<sup>6</sup> [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/GDWQ/Chemicals/asbestosfull.htm](http://www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Chemicals/asbestosfull.htm)

<sup>7</sup> <http://www.allmesothelioma.com/asbestos.html>

<sup>8</sup> [http://www.betterhealthchannel.com.au/bhcv2/bhcarticles.nsf/pages/Cancer\\_and\\_asbestos](http://www.betterhealthchannel.com.au/bhcv2/bhcarticles.nsf/pages/Cancer_and_asbestos)

Σε αντίθεση με τα προηγούμενα η **Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας** σε κατ' επανάληψη ανακοινώσεις, έχει τονίσει ότι τα μέχρι σήμερα συμπεράσματα των διαφόρων ερευνών **δεν παρέχουν αποδείξεις ότι η κατάποση ινών αμιάντου μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του γαστρεντερικού συστήματος.**

## **2.5 Οικονομικές και κοινωνικές συνιστώσες του προβλήματος**

Οι οικονομικές και κοινωνικές συνιστώσες των προβλημάτων υγείας, που σχετίζονται με τον αμίαντο, είναι αξιοσημείωτες. Το κόστος αποζημίωσης που έχει καταβληθεί, μέχρι σήμερα, από τις βιομηχανίες που παράγουν ή χρησιμοποιούν αμίαντο σε προϊόντα και τις ασφαλιστικές τους εταιρείες, υπερβαίνει τα 20 δις. €. Μόνο στις Η.Π.Α. εκκρεμούν περίπου 200.000 δικαστικές υποθέσεις αποζημίωσης. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, περισσότερες από 60 αμερικανικές βιομηχανίες, που αντιμετωπίζουν τον κίνδυνο εκτεταμένων απαιτήσεων, έχουν κηρύξει πτώχευση μέσα στην τελευταία διετία.

Το κόστος εξυγίανσης των κτιρίων και των βιομηχανικών περιοχών που έχουν ρυπανθεί από τον αμίαντο είναι υψηλό. Αρκεί να αναφερθεί, ως παράδειγμα, ότι η εξυγίανση ενός και μόνο κεντρικού σχολικού συγκροτήματος στην πόλη της Νέας Υόρκης των Η.Π.Α. στοίχισε 50 εκατ. USD σε τιμές 1993<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> [www.epa.gov/superfund](http://www.epa.gov/superfund)

### 3. ΤΟ ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΑΜΙΑΝΤΟΥ

Στον αμίαντο έχουν δοθεί διάφορα προσθετικά επίθετα που χαρακτηρίζουν την επίπτωση που έχει στους ζωντανούς οργανισμούς και στο περιβάλλον.

**Ο αμίαντος αποτελεί:**

❖ **Δηλητηριώδες συστατικό.**

**Δηλητήριο ορίζεται η ένωση που μπορεί να προκαλέσει θάνατο ή σοβαρή βλάβη στον οργανισμό, έπειτα από κατάποση ή εισαγωγή στον οργανισμό με ένεση ή δερματική επαφή ή επαφή με τα μάτια ή τους βλεννογόνους αδένες.**

❖ **Καρκινογόνα ουσία**

**Σύμφωνα με την Οδηγία (91/689/ΕΟΚ) ως καρκινογόνες ορίζονται ‘ουσίες ή παρασκευάσματα οι οποίες με εισπνοή, κατάποση ή εισχώρηση στο δέρμα μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο ή να αυξήσουν τη συχνότητα του’.**

❖ **Τοξικός ρύπος**

**Η τοξικότητα είναι η ιδιότητα των επικίνδυνων αποβλήτων που μπορεί να βλάψει και να αποβεί μοιραία τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον ανθρώπινο οργανισμό.**

Δεδομένου ότι ο αμίαντος ανήκει και στις τρεις κατηγορίες τοξικών και επικίνδυνων αποβλήτων, κρίθηκε απαραίτητο η δημιουργία νομοθεσίας σχετικά με τον αμίαντο και την επικινδυνότητά του. Η Ευρωπαϊκή Ένωση και το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο έχουν εκδώσει σειρά Οδηγιών σχετικές με τον αμίαντο. Άλλες αφορούν τον περιορισμό της κυκλοφορίας στην αγορά και τη χρήση αμιάντου, άλλες την προστασία των εργαζομένων από τον αμίαντο και άλλες την πρόληψη και μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από αμίαντο.

Η πρώτη κατηγορία βασίζεται στην **Οδηγία 76/769<sup>10</sup>** περί προσεγγίσεως των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών που αφορούν **περιορισμούς κυκλοφορίας** στην αγορά και **χρήση** μερικών επικίνδυνων ουσιών και παρασκευασμάτων (αμίαντος), η οποία έχει υποστεί έως σήμερα

<sup>10</sup> ΕΕ αριθ. L262 της 27.9.1976, σ. 201

περισσότερες από 29 τροποποιήσεις και αποτελεί ουσιαστικά τη βασική Οδηγία που περιορίζει την εμπορία και χρήση του αμιάντου στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η δεύτερη κατηγορία βασίζεται στην Οδηγία **83/477**<sup>11</sup> για την **προστασία των εργαζομένων** από τους κινδύνους που οφείλονται στην έκθεσή τους στον αμιάντο κατά τη διάρκεια της εργασίας, και η οποία αντιπροσωπεύει το σημείο εκκίνησης στη διαδικασία εναρμόνισης των κανόνων για την ασφάλεια των εργαζομένων που εκτίθενται στον αμιάντο. Με την Οδηγία 89/391<sup>12</sup> σχετικά με την εφαρμογή μέτρων για την προώθηση της βελτίωσης της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων κατά την εργασία και τις τροποποιήσεις της (90/394 → 91/383 → 98/24) καθορίζονται συγκεκριμένα μέτρα για την προαγωγή της ασφάλειας και την υγεία των εργαζομένων που εκτίθενται σε καρκινογόνους παράγοντες την περίοδο της εργασίας.

Η τρίτη κατηγορία βασίζεται στην **Οδηγία 87/217**<sup>13</sup> σχετικά με την **πρόληψη** και την **μείωση της ρύπανσης** του περιβάλλοντος από τον αμιάντο, και σχετίζεται με τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης της ρύπανσης από αμιάντο στον αέρα και το υδάτινο περιβάλλον. Με την Οδηγία 84/360<sup>14</sup> σχετικά με την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από βιομηχανικές εγκαταστάσεις θεσπίζεται ένα γενικό πλαίσιο βάσει του οποίου απαιτείται προηγούμενη άδεια για την εκμετάλλευση ή την ουσιαστική τροποποίηση των βιομηχανικών εγκαταστάσεων που μπορούν να προκαλέσουν ατμοσφαιρική ρύπανση. Ενώ τέλος η Οδηγία 96/61<sup>15</sup> σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο ρύπανσης, προβλέπει μέτρα αποφυγής και, όταν αυτό δεν είναι δυνατόν, μείωσης των εκπομπών από τις βιομηχανικές δραστηριότητες στην ατμόσφαιρα, το νερό και το έδαφος, και μέτρα για τα απόβλητα, ώστε να επιτευχθεί υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος στο σύνολό του.

### 3.1 Νομοθεσία κρατών περί εμπορίας αμιάντου και των προϊόντων

Η Ε.Ε. ασχολήθηκε με την απαγόρευση της εμπορίας και της χρήσης του αμιάντου, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, από το 1976 με την Οδηγία 76/769/ΕΟΚ. Η Οδηγία δεν έχει αρθεί ή δεν έχει υποστεί βασικές αλλαγές και εξακολουθεί να

<sup>11</sup> ΕΕ αριθ. L263 της 24.9.1983, σ. 25

<sup>12</sup> ΕΕ αριθ. L183 της 29.6.1989, σ.1

<sup>13</sup> ΕΕ αριθ. L85 της 28.3.1987, σ. 40

<sup>14</sup> ΕΕ αριθ. L188 της 16.7.1984, σ. 20

<sup>15</sup> ΕΕ αριθ. L257 της 10.10.1996, σ. 26

παραμένει δεσμευτική για τα κράτη της Ε.Ε.. Στη δεκαετία του '70 οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον δεν είχαν ακόμη ερευνηθεί αρκετά. Μετά από χρόνια διαβουλεύσεων, με την τροποποίηση 1999/77<sup>16</sup> της Οδηγίας, η Ε.Ε. αποφάσισε να απαγορεύσει όλες σχεδόν τις εναπομείνουσες χρήσεις αμιάντου. Από τους 6 διαφορετικούς τύπους αμιάντου, 5 είχαν ήδη απαγορευτεί από το 1991. Ο 6ος τύπος, ο χρυσοτιλικός ή λευκός αμιάντος που μας ενδιαφέρει στην περίπτωση των ΜΑΒΕ, απαγορεύτηκε σε όλες σχεδόν τις κατηγορίες χρήσεων και των προϊόντων στα οποία αυτός προστίθεται σκόπιμα, με μια μόνον εξαίρεση -τα διαφράγματα των εγκαταστάσεων ηλεκτρόλυσης- μετά από σχετική γνωμοδότηση της επιστημονικής επιτροπής Τοξικότητας, Οικοτοξικότητας και Περιβάλλοντος, η οποία αποφάνθηκε ότι σήμερα υπάρχει η απαραίτητη τεχνολογία που θα μπορούσε να αντικαταστήσει τον χρυσοτιλικό αμιάντο με πιο ασφαλή υλικά.

**Η απαγόρευση θα πρέπει να έχει μπει σε εφαρμογή σε κάθε χώρα το αργότερο μέχρι την 1η Ιανουαρίου του 2005.** Ωστόσο, όλα τα κράτη μέλη εκτός από την Ελλάδα, την Πορτογαλία και την Ισπανία έχουν ήδη απαγορεύσει με εθνικές νομοθεσίες τον χρυσοτιλικό αμιάντο. Οι κυβερνήσεις της Ελλάδας, της Πορτογαλίας και της Ισπανίας, χώρες οι οποίες διαθέτουν σημαντικές βιομηχανίες αμιαντοτσιμέντου, επισήμαναν τις αρνητικές οικονομικές επιπτώσεις αυτής της απαγόρευσης. Το 1999 υπολογιζόταν ότι στις 3 χώρες, 13 εταιρίες εκμεταλλεύονταν 15 εργοστάσια αμιαντοτσιμέντου με 2.480 συνολικά θέσεις εργασίας, ενώ μια σχετική έκθεση ανέβαζε τον αριθμό των άμεσα και έμμεσα απασχολούμενων σε 5.695. Τελικά μετά από συζητήσεις μεταξύ των αρμόδιων κοινοτικών οργάνων αποφασίσθηκε να οριστεί η 1η Ιανουαρίου του 2005 ως η καταληκτική ημερομηνία για την εναρμόνιση των εθνικών νομοθεσιών των 3 χωρών με την εν λόγω κοινοτική Οδηγία. Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την περίοδο από την 27η Αυγούστου 1999 (έναρξη ισχύος της οδηγίας 1999/77) έως την 31η Αυγούστου 2004, τα κράτη μέλη δεν μπορούν πλέον να επιτρέψουν την εισαγωγή νέων εφαρμογών του χρυσοτιλικού αμιάντου στην επικράτειά τους.

### 3.1.1 Η Οδηγία 1999/77

Σύμφωνα με την Οδηγία 1999/77 που περιλαμβάνει την 6η προσαρμογή του Παραρτήματος της Οδηγίας 76/769, επισημαίνονται μεταξύ άλλων τα εξής:

<sup>16</sup> ΕΕ αριθ. L207 της 6.8.1999, σ. 18



- Η χρήση αμιάντου και προϊόντων που περιέχουν αμίαντο είναι δυνατόν να προκαλέσει, μέσω της αποδέσμευσης ινών, αμιάντωση, μεσοθηλίωμα και καρκίνο των πνευμόνων. Για το λόγο αυτό, η διάθεση στην αγορά και η χρήση τους πρέπει να υπόκεινται στους αυστηρότερους δυνατούς περιορισμούς.
- Με την οδηγία 83/478<sup>17</sup> του Συμβουλίου για την πέμπτη τροποποίηση της οδηγίας 76/769 θεσπίστηκαν διατάξεις υποχρεωτικής επισήμανσης για όλα τα προϊόντα που περιέχουν ίνες αμιάντου, όπου δίνονται συγκεκριμένες κατευθύνσεις και οδηγίες για την επισήμανση συσκευασμένων και μη προϊόντων που περιέχουν αμίαντο (ετικέτες, διαστάσεις, τρόποι επικόλλησης, χρώματα κλπ).
- Η οδηγία 85/610<sup>18</sup> του Συμβουλίου για την έβδομη τροποποίηση της οδηγίας 76/769/ΕΟΚ ορίζει ότι οι ίνες αμιάντου δεν μπορούν πλέον να διατίθενται στην αγορά και να χρησιμοποιούνται στα παιχνίδια, στα υλικά και παρασκευάσματα που χρησιμοποιούνται με ψεκασμό, στα προϊόντα λιανικής πωλήσεως σε μορφή σκόνης, στα είδη καπνιστού, στις καταλυτικές συσκευές θέρμανσης, στα χρώματα και στα βερνίκια.
- η οδηγία 91/659<sup>19</sup> της Επιτροπής για την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο του παραρτήματος Ι της οδηγίας 76/769/ΕΟΚ ορίζει ότι οι ίνες χρυσοτιλικού αμιάντου και τα προϊόντα που τις περιέχουν δεν επιτρέπεται πλέον να διατίθενται στην αγορά και να χρησιμοποιούνται σε δεκατέσσερις κατηγορίες προϊόντων.
- Για τις περισσότερες εναπομένουσες χρήσεις του χρυσοτιλικού αμιάντου διατίθενται τώρα υποκατάστατα ή εναλλακτικά προϊόντα που δεν έχουν ταξινομηθεί ως καρκινογόνα και θεωρούνται λιγότερο επικίνδυνα.
- Δεν έχει ακόμη προσδιοριστεί κατώτερο όριο έκθεσης σε χρυσοτιλικό αμίαντο κάτω από το οποίο η ουσία αυτή δεν παρουσιάζει επικινδυνότητα ως προς την καρκινογένεση.

---

<sup>17</sup> ΕΕ αριθ. L263 της 24.9.1983, σ. 33

<sup>18</sup> ΕΕ αριθ. L375 της 31.12.1985, σ. 1

<sup>19</sup> ΕΕ αριθ. L363 της 31.12.1991, σ. 36

- Η έκθεση των εργαζομένων και άλλων χρηστών σε προϊόντα που περιέχουν αμίαντο είναι εξαιρετικά δύσκολο να ελεγχθεί και μπορεί να υπερβαίνει σε σημαντικό βαθμό, κατά διαστήματα, τις τρέχουσες οριακές τιμές. Η έκθεση του είδους αυτού ενέχει τους μεγαλύτερους κινδύνους για την ανάπτυξη νόσων που σχετίζονται με τον αμίαντο.
- Η απαγόρευση της χρήσης ινών χρυσοτιλικού αμιάντου και προϊόντων που τις περιέχουν αποτελεί αποτελεσματικό τρόπο προστασίας της υγείας του ανθρώπου.
- Είναι αναγκαίο να προβλεφθεί περίοδος προσαρμογής για τη σταδιακή απαγόρευση της κυκλοφορίας στην αγορά και της χρήσης του χρυσοτιλικού αμιάντου και των προϊόντων που τον περιέχουν.

### 3.1.2 Ο χρυσοτιλικός αμίαντος

Ειδικά για τον χρυσοτιλικό αμίαντο:

- ❖ Απαγορεύεται η διάθεση στην αγορά και η χρήση των ινών αυτών και των προϊόντων στα οποία σκοπίμως προστίθενται οι ίνες αυτές.
- ❖ Η χρήση προϊόντων που περιέχουν ίνες χρυσοτιλικού αμιάντου και τα οποία ήταν ήδη εγκατεστημένα ή/και σε λειτουργία πριν από την ημερομηνία θέσεως σε εφαρμογή της οδηγίας 1999/77 από το ενδιαφερόμενο κράτος μέλος, εξακολουθεί να επιτρέπεται μέχρι την τελική απόρριψή τους ή μέχρι το τέλος της διάρκειας λειτουργίας τους. Ωστόσο, τα κράτη μέλη μπορούν, για λόγους προστασίας της υγείας, να απαγορεύσουν τη χρήση των προϊόντων αυτών στο έδαφός τους πριν από την τελική απόρριψή τους ή το τέλος της διάρκειας λειτουργίας τους.
- ❖ Με την επιφύλαξη της εφαρμογής των άλλων κοινοτικών διατάξεων περί ταξινόμησης, συσκευασίας και επισήμανσης επικίνδυνων ουσιών και παρασκευασμάτων, η διάθεση στην αγορά και η χρήση των ινών αυτών και των προϊόντων που τις περιέχουν, όπως προβλέπεται από τις προηγούμενες παρεκκλίσεις, επιτρέπεται μόνον εάν τα προϊόντα φέρουν επισήμανση σύμφωνα με τις διατάξεις του Παραρτήματος II της Οδηγίας 76/769.

Το 2002 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε την Οδηγία 2002/62<sup>20</sup>, η οποία αποτελεί την πιο πρόσφατη τροποποίηση του Παραρτήματος I της 76/769 και αναφέρεται στις οργανοκασιτερικές ενώσεις.

### 3.2 Προστασία των εργαζομένων από τον αμίαντο

Η Οδηγία 83/477/ΕΟΚ του Συμβουλίου για την προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που οφείλονται στην έκθεσή τους στον αμίαντο κατά τη διάρκεια της εργασίας, τροποποιήθηκε από τις Οδηγίες 91/382<sup>21</sup> και 98/24<sup>22</sup> και αποτελεί τη βασική Οδηγία η οποία περιγράφει τις οριακές τιμές εκπομπών του εργατικού δυναμικού και τις προδιαγραφές για τη μέτρηση της περιεκτικότητας του αέρα σε αμίαντο. Σε γενικές γραμμές η Οδηγία βασίζεται στην Αρχή της Πρόληψης, η οποία ως γνωστόν μαζί με την Αρχή της Καταπολέμησης και την Αρχή της Συνεργασίας αποτελούν τις 3 Αρχές της Ευρωπαϊκής Περιβαλλοντικής Πολιτικής.

Η Οδηγία εφαρμόζεται στις δραστηριότητες κατά τις οποίες οι εργαζόμενοι εκτίθενται ή μπορεί να εκτεθούν κατά την εργασία τους στη σκόνη που προέρχεται από τον αμίαντο ή από υλικά που περιέχουν αμίαντο και επιβάλλει τον προσδιορισμό της φύσης και του βαθμού έκθεσης των εργαζομένων.

Τα βασικότερα σημεία της Οδηγίας 83/477 είναι τα εξής:

- Καθορίζονται όρια έκθεσης των εργαζομένων στη σκόνη που προέρχεται από τον αμίαντο ή από υλικά που περιέχουν αμίαντο και ειδικότερα για τον χρυσοτιλικό αμίαντο ισχύει:
  - ❖ κατώτερο των 0,20 ινών/cm<sup>3</sup> επί μία οκτάωρη περίοδο αναφοράς ή/και
  - ❖ κατώτερο από συσσωρευμένη δόση 12,00 ινών/ημέρα/cm<sup>3</sup> επί τρίμηνη περίοδο.
- Καθορίζονται οριακές τιμές:
  - ❖ συγκέντρωσης ινών χρυσοτιλικού αμιάντου στον αέρα του χώρου εργασίας: 0,60 ίνες/cm<sup>3</sup> και

<sup>20</sup> ΕΕ αριθ. L183 της 12.7.2002, σ. 58

<sup>21</sup> ΕΕ αριθ. L206 της 29.7.1991, σ.16

<sup>22</sup> ΕΕ αριθ. L131 της 5.5.1998, σ.11

- ❖ συγκέντρωσης, στον αέρα του χώρου εργασίας, ινών οποιασδήποτε άλλης μορφής αμιάντου, είτε μεμονωμένων είτε σε μείγματα, συμπεριλαμβανομένων των μειγμάτων που περιέχουν χρυσοτιλικό αμιάντο:  $0,30 \text{ ίνες/cm}^3$ , μετρούμενες ή υπολογιζόμενες σε σχέση με οκτάωρη περίοδο αναφοράς.
- Επιβάλλεται σύστημα κοινοποίησης το οποίο θα διαχειρίζεται η υπεύθυνη αρχή του κράτους μέλους. Η κοινοποίηση πρέπει να γίνεται από τον εργοδότη προς την υπεύθυνη αρχή του κράτους μέλους, σύμφωνα με τις εθνικές νομικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις. Η κοινοποίηση αυτή πρέπει να περιλαμβάνει, το λιγότερο, μια συνοπτική περιγραφή:
  - ❖ των χρησιμοποιούμενων τύπων και ποσοτήτων αμιάντου,
  - ❖ των δραστηριοτήτων και των μεθόδων που εφαρμόζονται,
  - ❖ των παραγόμενων προϊόντων.
- Οι εργαζόμενοι έχουν πρόσβαση στο έγγραφο που αποτελεί το αντικείμενο της κοινοποίησης που αφορά την επιχείρησή τους ή την εγκατάσταση σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία. Επιπροσθέτως, οι εργαζόμενοι θα πρέπει να πληροφορούνται ικανοποιητικά τουλάχιστον για τους πιθανούς κινδύνους για την υγεία που συνεπάγεται η έκθεσή τους, τις προφυλάξεις που πρέπει να λαμβάνονται όσον αφορά τη χρήση προστατευτικού εξοπλισμού και ενδυμάτων και τις ειδικές προφυλάξεις που αποσκοπούν στην ελαχιστοποίηση της έκθεσης στον αμιάντο.
- Σε κάθε περίπτωση η ποσότητα αμιάντου πρέπει να περιορίζεται στο ελάχιστο, όπως επίσης και ο αριθμός των εργαζομένων, που εκτίθενται πρέπει να είναι ο δυνατόν μικρότερος.
- Προκειμένου να διασφαλιστεί η τήρηση των οριακών τιμών παρουσίας του αμιάντου, διεξάγονται τακτικές μετρήσεις της αντίστοιχης περιεκτικότητάς του στον αέρα. Εφόσον παραβιάζονται τα όρια, πριν την επανέναρξη οποιασδήποτε εργασίας και αφού προσδιορισθεί η αιτία του προβλήματος, λαμβάνονται, άμεσα, επανορθωτικά μέτρα.
- Οι χώροι εντός των οποίων διεξάγονται δραστηριότητες που εγκυμονούν κινδύνους έκθεσης σε αμιάντο, είναι σαφώς οροθετημένοι και υπόκεινται σε

ειδική σήμανση. Σε τέτοιους χώρους απαγορεύεται το κάπνισμα, καθώς και η πρόσβαση ατόμων που δεν έχουν σχέση με τις εργασίες.

- Στην περίπτωση που η έκθεση δεν μπορεί να περιορισθεί, ο εργοδότης ορίζει τα μέτρα προστασίας των εργαζομένων κατά τις δραστηριότητες αυτές, και ιδίως:

- ❖ οι εργαζόμενοι λαμβάνουν έναν κατάλληλο αναπνευστικό εξοπλισμό και άλλους ατομικούς προστατευτικούς εξοπλισμούς τους οποίους οφείλουν να φέρουν, ενώ
- ❖ τοποθετούνται πινακίδες προειδοποίησης που επισημαίνουν ότι προβλέπεται η υπέρβαση των οριακών τιμών.

- Ειδικότερα για εργασίες κατεδάφισης ή απομάκρυνσης του αμιάντου ή/και υλικών που περιέχουν αμίαντο από κτίρια, κατασκευές, συσκευές και εγκαταστάσεις, καταρτίζεται σχέδιο εργασίας, το οποίο πρέπει να προβλέπει τα απαραίτητα μέτρα για την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων στον χώρο εργασίας και ιδίως να προβλέπει:

- ❖ ότι ο αμίαντος ή/και τα υλικά που περιέχουν αμίαντο θα απομακρύνονται στο μέτρο που είναι λογικό πριν από την εφαρμογή των τεχνικών κατεδάφισης,
- ❖ ότι θα χορηγείται ο ατομικός εξοπλισμός προστασίας εφόσον είναι αναγκαίο.

- Κατόπιν αιτήσεως των αρμόδιων αρχών, το σχέδιο πρέπει να κοινοποιείται πριν από την έναρξη των προβλεπόμενων εργασιών και να περιέχει πληροφορίες σχετικά με τα ακόλουθα σημεία:

- ❖ τη φύση και την πιθανή διάρκεια των εργασιών,
- ❖ τον τόπο εκτέλεσης των εργασιών,
- ❖ τις χρησιμοποιούμενες μεθόδους όταν οι εργασίες συνεπάγονται το χειρισμό αμιάντου ή υλικών που περιέχουν αμίαντο,
- ❖ τα χαρακτηριστικά των εξοπλισμών που χρησιμοποιούνται για α) την προστασία και την απολύμανσή του που έχει αναλάβει τις εργασίες και β) την προστασία του προσωπικού που βρίσκεται στο χώρο των εργασιών ή κοντά στο χώρο αυτό.

- Πρέπει να επινοούνται διαδικασίες εργασίας κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην απελευθερώνεται σκόνη αμιάντου στην ατμόσφαιρα. Ενώ αν αυτό δεν είναι εύλογα δυνατό να επιτευχθεί, η σκόνη πρέπει να εξαλείφεται όσο το δυνατό πλησιέστερα στο σημείο εκπομπής της.
- Καθορίζεται συγκεκριμένη μέθοδος αναφοράς για τη μέτρηση της περιεκτικότητας του αέρα σε αμιάντο στο χώρο εργασίας (Παράρτημα Ι), καθώς και η συχνότητα, οι επαναλήψεις και η διάρκεια των δειγματοληψιών.

Παράλληλα με την Οδηγία 83/477, η οποία όπως τονίστηκε παραπάνω έχει ως αντικείμενο την πρόληψη, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι διατάξεις της Οδηγίας 89/391/ΕΟΚ του Συμβουλίου σχετικά με την εφαρμογή μέτρων για την προώθηση της βελτίωσης της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων κατά την εργασία, η οποία επικεντρώνεται στην εφαρμογή μέτρων για την προαγωγή της υγείας των εργαζομένων.

Με την Οδηγία 89/391 και τις τροποποιήσεις της (90/394<sup>23</sup> → 91/383<sup>24</sup> → 98/24) καθορίζονται ελάχιστες απαιτήσεις για την προστασία των εργαζομένων. Παρουσιάζονται οι υποχρεώσεις των εργοδοτών, των εργαζομένων, οδηγίες για την ενημέρωση, την κατάρτιση των εργαζομένων κλπ.. Η Οδηγία είναι ιδιαίτερα αυστηρή με τις υποχρεώσεις του εργοδότη σε σχέση με την αποφυγή και την εκτίμηση των κινδύνων, την αντιμετώπισή τους και τη λήψη αποτελεσματικών μέτρων. Επίσης, δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στην ενημέρωση των εργαζομένων, οι οποίοι καλούνται να συμμετέχουν ουσιαστικά στο σύνολο των διαβουλεύσεων σχετικά με τις συνέπειες για την ασφάλεια και την υγεία τους και τη ρύθμιση των συνθηκών εργασίας. Η Οδηγία παράλληλα εξασφαλίζει την παροχή σε κάθε εργαζόμενο (ακόμα και σε όσους συνάπτουν σχέσεις εργασίας ορισμένου χρόνου ή σχέσεις πρόσκαιρης απασχόλησης) κατάλληλης και επαρκούς εκπαίδευσης στον τομέα της ασφάλειας και της υγείας, ενώ καθιερώνει την ιατρική παρακολούθηση και την τήρηση ατομικών ιατρικών φακέλων (μητρώο) των εργαζομένων (Παράρτημα ΙΙ «Πρακτικές συστάσεις για την ιατρική παρακολούθηση των εργαζομένων»). Τέλος υποχρεώνει τον εργοδότη να ενημερώνει την αρμόδια αρχή για τις μεθόδους που χρησιμοποιεί, τον αριθμό των εργαζομένων που εκτίθενται, τα μέτρα που λαμβάνονται, τη φύση και το βαθμό της έκθεσης, τους τύπους προστατευτικού εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται κλπ..

<sup>23</sup> ΕΕ αριθ. L196 της 26.7.1990, σ. 1

<sup>24</sup> ΕΕ αριθ. L206 της 29.7.1991, σ. 19

Η **Ελληνική Νομοθεσία** έχει εξελιχθεί τα τελευταία χρόνια, προκειμένου να εναρμονιστεί με την αντίστοιχη Ευρωπαϊκή. Σε αυτά τα πλαίσια, σε συμμόρφωση της Οδηγίας 83/477, το 1988 εκδόθηκε το ΠΔ 70α/1988<sup>25</sup> για την «προστασία των εργαζομένων που εκτίθενται σε αμίαντο κατά την εργασία», το οποίο στη συνέχεια τροποποιήθηκε από το ΠΔ 175/1997<sup>26</sup> σε συμμόρφωση με την Οδηγία 91/382 και το ΠΔ 159/1999<sup>27</sup>. Το τελευταίο τροποποιεί επίσης το ΠΔ 1796 που αφορά τα «μέτρα για τη βελτίωση της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων κατά την εργασία» σε συμμόρφωση με τις Οδηγίες 89/391 και 91/383. Το 1994 εκδόθηκε το ΠΔ 399/1994<sup>28</sup> με τίτλο «Προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που συνδέονται με την έκθεση σε καρκινογόνους παράγοντες κατά την εργασία» σε συμμόρφωση με την Οδηγία 90/394. Το ΠΔ 70α/1988 καλύπτει έστω και καθυστερημένα ένα μεγάλο κενό στη νομοθεσία της χώρας μας στο συγκεκριμένο θέμα και περιλαμβάνει μια σειρά μέτρων για τον περιορισμό της ρύπανσης του εργασιακού περιβάλλοντος. Ταυτόχρονα, θέτει οριακές τιμές έκθεσης και καθιερώνει την υποχρέωση του εργοδότη να διενεργεί τακτικούς ελέγχους της συγκέντρωσης αμιάντου στο περιβάλλον και για παρακολούθηση της υγείας των εργαζομένων όταν η ρύπανση αυτή ξεπερνά ορισμένα όρια. Επίσης προβλέπει την πληροφόρηση των εργαζομένων και τη δυνατότητα γνωμοδότησης εκ μέρους τους στα μέτρα που πρέπει να παίρνει η επιχείρηση εφαρμόζοντας το Προεδρικό αυτό Διάταγμα.

### **3.3 Πρόληψη και μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από αμίαντο**

Στη βάση της Αρχής της Πρόληψης το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο εξέδωσε την Οδηγία 87/217 του Συμβουλίου σχετικά με την πρόληψη και τη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από τον αμίαντο η οποία στη συνέχεια τροποποιήθηκε από την Οδηγία 91/692<sup>29</sup> του Συμβουλίου. Πρόκειται για τη βασική Οδηγία η οποία αφορά στην πρόληψη της ρύπανσης από τον αμίαντο, προκειμένου να προστατευθεί η ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Η Οδηγία 87/217 σε συνδυασμό με την 83/477 για την προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που οφείλονται στην έκθεσή τους στον αμίαντο κατά τη διάρκεια της εργασίας ουσιαστικά καθορίζουν το πλαίσιο για την πρόληψη και τη μείωση της ρύπανσης από αμίαντο τόσο στους χώρους εργασίας

<sup>25</sup> ΦΕΚ 3/Α/17.2.88

<sup>26</sup> ΦΕΚ 150/Α/15.7.97

<sup>27</sup> ΦΕΚ 157/Α/3.8.99

<sup>28</sup> ΦΕΚ 221/Α/19.12.94

<sup>29</sup> ΕΕ αριθ. L377 της 31.12.1991, σ. 48

όσο και στους εξωτερικούς χώρους. Ωστόσο παρά την ύπαρξη της Οδηγίας 83/477 και άλλων παρόμοιων που έχουν εκδοθεί έως σήμερα στον τομέα του περιβάλλοντος και της εσωτερικής αγοράς, ο αμιάντος εξακολουθεί να αποτελεί πραγματικό πρόβλημα στο χώρο εργασίας.

Επίσης η Οδηγία 84/360 σχετικά με την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από βιομηχανικές εγκαταστάσεις θεσπίζει ένα γενικό πλαίσιο βάσει του οποίου απαιτείται προηγουμένως άδεια για την εκμετάλλευση ή την ουσιαστική τροποποίηση των βιομηχανικών εγκαταστάσεων που μπορούν να προκαλέσουν ατμοσφαιρική ρύπανση και ταυτόχρονα στο Παράρτημα Ι της (Κατηγορίες Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων) ονομάζει ως μία από αυτές τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις που εμπίπτουν στις διατάξεις της, τις εγκαταστάσεις παραγωγής και μεταποίησης αμιάντου και κατασκευής προϊόντων με βάση τον αμιάντο.

Η Οδηγία 87/217 αναφέρεται στη βιομηχανική παραγωγή και τελική επεξεργασία προϊόντων με τη χρήση ακατέργαστου αμιάντου (συμπεριλαμβανομένου του χρυσοτιλικού αμιάντου). Σύμφωνα με αυτή τα κράτη μέλη λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα ώστε οι εκπομπές αμιάντου στον αέρα, στα υδάτινα λύματα και τα στερεά απόβλητα αμιάντου, να περιορίζονται, στο μέτρο που αυτό είναι εφικτό, στην πηγή τους και να προλαμβάνονται. Στην περίπτωση χρήσης αμιάντου, τα μέτρα αυτά ορίζουν τη χρησιμοποίηση της καλύτερης διαθέσιμης τεχνολογίας (best available technology) που δεν συνεπάγεται υπερβολικό κόστος, συμπεριλαμβανομένης, όποτε ενδείκνυται, της ανακύκλωσης ή της επεξεργασίας.

Σύμφωνα με την **Οδηγία 87/217** τα κράτη μέλη λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα ώστε:

- ❖ κατά τη χρησιμοποίηση αμιάντου, η συγκέντρωση αμιάντου που εκπέμπεται μέσω του συστήματος απαγωγής στην ατμόσφαιρα να μην υπερβαίνει την οριακή τιμή του 0,1 mg/m<sup>3</sup> (χιλιοστόγραμμα αμιάντου ανά κυβικό μέτρο απορριπτόμενου αέρα),
- ❖ η διάθεση υγρών αποβλήτων που περιέχουν αμιάντο να μη συνεπάγεται τη ρύπανση του υδάτινου περιβάλλοντος και άλλων τομέων συμπεριλαμβανομένου του αέρα. Για το σκοπό αυτό ισχύει η οριακή τιμή των 30g αιωρούμενων σωματιδίων ανά m<sup>3</sup> απορριπτόμενων υδάτινων λυμάτων. Οι αρμόδιες αρχές των κρατών μελών διευκρινίζουν, για κάθε



μια εγκατάσταση, τον όγκο των απορρίψεων στο νερό ή τη συνολική ποσότητα αιωρουμένων σωματιδίων απορριπτόμενων ανά τόνο παραγωγής, αφού λάβουν υπόψη την ειδική κατάσταση της εγκατάστασης,

- ❖ οι δραστηριότητες που συνδέονται με την παρασκευή προϊόντων που περιέχουν αμίαντο να μην προκαλούν σημαντική ρύπανση του περιβάλλοντος από ίνες ή σκόνη αμιάντου.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την περίπτωση της αποκατάστασης των ΜΑΒΕ παρουσιάζουν οι ακόλουθες διατάξεις:

- ❖ η κατεδάφιση κτιρίων, κατασκευών και εγκαταστάσεων που περιέχουν αμίαντο και η αφαίρεση του υπάρχοντος εκεί αμιάντου ή υλικών που περιέχουν αμίαντο, η οποία προκαλεί την αποβολή ινών ή σκόνης αμιάντου, να μη συνεπάγεται σημαντική ρύπανση του περιβάλλοντος από αμίαντο. Προς το σκοπό αυτό βεβαιώνονται ότι το πρόγραμμα εργασίας που προβλέπεται στο άρθρο 12 της Οδηγίας 83/477/ΕΟΚ προβλέπει επίσης την εφαρμογή όλων των αναγκαίων προς τούτο προληπτικών μέτρων

Για την διάθεση και τη μεταφορά των αποβλήτων η Οδηγία προβλέπει:

- ❖ να αποφεύγεται κατά τη μεταφορά και την απόθεση αποβλήτων που περιέχουν ίνες ή σκόνη αμιάντου, η απελευθέρωση ινών ή σκόνης αμιάντου στον αέρα καθώς και η διαρροή υγρών που μπορεί να περιέχουν ίνες αμιάντου,
- ❖ κατά την απόρριψη αποβλήτων που περιέχουν σκόνες και ίνες αμιάντου σε χωματερές όπου επιτρέπεται αυτό, τα απόβλητα αυτά να είναι καταλλήλως επεξεργασμένα, συσκευασμένα ή σκεπασμένα, λαμβανομένων υπόψη των τοπικών συνθηκών, ούτως ώστε να αποφεύγεται η διαφυγή σωματιδίων αμιάντου στο περιβάλλον.

Τέλος στο Παράρτημα της Οδηγίας περιγράφονται οι μέθοδοι δειγματοληψίας και ανάλυσης για απορρίψεις υδάτινων λυμάτων και οι προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται για την επιλογή μεθόδου μέτρησης σχετικά με τις εκπομπές στον αέρα.

Το 1996 το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο εξέδωσε την Οδηγία 96/61 σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης, η οποία αντιμετωπίζει με ολοκληρωμένη προσέγγιση τη ρύπανση (σε αέρα, νερό και έδαφος) ώστε να επιτευχθεί υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος στο σύνολό του. Η Οδηγία 96/61 τροποποιεί την 84/360 και καθορίζει τους όρους, τις προϋποθέσεις κλπ για την χορήγηση άδειας σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις με επικίνδυνα υλικά.

Στην Οδηγία 96/61 παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η διαπίστωση ότι: μολονότι υπάρχει κοινοτική νομοθεσία για την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και για την πρόληψη ή την ελαχιστοποίηση των απορρίψεων επικίνδυνων ουσιών στο νερό, δεν υπάρχει συγκρίσιμη κοινοτική νομοθεσία για την πρόληψη ή τη μείωση των εκπομπών στο έδαφος.

Επίσης μια άλλη ενδιαφέρουσα παράμετρος της Οδηγίας είναι ότι οι οριακές τιμές εκπομπής, οι ισοδύναμες παράμετροι ή τεχνικά μέτρα πρέπει να βασίζονται στις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές (οι οποίες μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου και οι αρμόδιες αρχές πρέπει να παρακολουθούν ή να ενημερώνονται γι' αυτές), χωρίς να επιτάσσουν τη χρήση μιας συγκεκριμένης τεχνικής ή τεχνολογίας, αφού ληφθούν υπόψη τα τεχνικά χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης εκμετάλλευσης, η γεωγραφική της θέση και οι τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Τέλος, όσον αφορά τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές, η Οδηγία ενθαρρύνει την ανταλλαγή πληροφοριών σε κοινοτικό επίπεδο, ενώ στο Παράρτημα IV παραθέτει όλα τα στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον καθορισμό τους.

Η Ελληνική Νομοθεσία έχει προσαρμοστεί στην Οδηγία 87/217 με την έκδοση της ΚΥΑ 8243/1113/1991<sup>30</sup> για τον «καθορισμό μέτρων και μεθόδων για την πρόληψη και μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος».

### **3.4 Επιτρεπτά Όρια συγκέντρωσης αμιάντου**

#### **3.4.1 Επιτρεπτά Όρια συγκέντρωσης αμιάντου στο εργασιακό περιβάλλον**

Όσον αφορά τα αποδεκτά επίπεδα συγκέντρωσης και έκθεσης στον αμιάντο, ο Οργανισμός Εργασιακής Ασφάλειας και Υγιεινής (Occupational Safety and Health Administration - OSHA) θέτει ως **Επιτρεπτό Όριο Έκθεσης** (Permissible Exposure Limit - PEL) τις **0,1 ίνες ανά κυβικό εκατοστό αέρα** για οκτάωρη έκθεση ενός

<sup>30</sup> ΦΕΚ 1388/1991

μέσου βάρους ενήλικα. Το αντίστοιχο όριο, που δίνεται από τον **Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας**, είναι **2 ίνες/cm<sup>3</sup> αέρα** και αφορά σε οκτάωρη έκθεση ενός ενηλίκου στο χώρο εργασίας. Στην **Ευρώπη σύμφωνα με την Οδηγία 83/477** καθορίζεται όριο έκθεσης **0,20 ινών/cm<sup>3</sup> επί μία οκτάωρη περίοδο αναφοράς** των εργαζομένων σε σκόνη που προέρχεται από αμιάντο ή από υλικά που περιέχουν αμιάντο και ειδικότερα χρυσοτιλικό αμιάντο. Ενώ, **οριακή συγκέντρωση είναι 0,6 ίνες/cm<sup>3</sup> για τον χρυσοτιλικό αμιάντο και 0,3 ίνες/cm<sup>3</sup> για οποιαδήποτε άλλη μορφή αμιάντου**, πάντα για περίοδο αναφοράς 8 ωρών.

Πέρα από την θέσπιση αυστηρών ορίων, έμφαση δίνεται κυρίως στην πληρέστερη πληροφόρηση εργατών και κοινού, στην εφαρμογή εκπαιδευτικών προγραμμάτων, σε συχνότερους ιατρικούς ελέγχους και επιστημονική παρακολούθηση κυρίως των εργαζομένων. Επιπλέον, εμφανίζεται διεθνώς η τάση για περαιτέρω μείωση των επιτρεπτών ορίων παρουσίας αμιάντου στην ατμόσφαιρα.

### 3.4.2 Επιτρεπτά Όρια συγκέντρωσης αμιάντου στην ατμόσφαιρα

Στις Η.Π.Α. η EPA (Environmental Protection Agency) έχει καθορίσει όρια για την παρουσία του αμιάντου σε εσωτερικούς χώρους και στην ατμόσφαιρα, στηριζόμενη σε ποσοτική εκτίμηση του κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία. Το **όριο-στόχος της EPA είναι 0,000004 ίνες/cm<sup>3</sup> αέρα**. Η EPA αναφέρει επίσης ότι **εάν η συγκέντρωση του αμιάντου ανέρχεται σε 0,0004 ίνες/cm<sup>3</sup> αέρα τότε θα πρέπει να ληφθούν μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος**. Το όριο της EPA είναι ιδιαίτερα συντηρητικό. Αυτό οφείλεται αφενός στο γεγονός ότι δεν υπάρχει μέχρι σήμερα τεκμηριωμένο κατώτερο όριο συγκέντρωσης του αμιάντου κάτω από το οποίο παύουν να υφίστανται οι κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία και αφετέρου στην καρκινογόνο φύση της ουσίας. Όπως επισημαίνεται από την EPA στην ατμόσφαιρα απαντούν και άλλα καρκινογόνα στοιχεία και ως εκ τούτου ο αθροιστικός κίνδυνος ενδέχεται να είναι αυξημένος. Επομένως, τα αυστηρά όρια στις επιμέρους ουσίες στοχεύουν στον περιορισμό του συνολικού κινδύνου κάτω από  $10^{-6}$ , δηλαδή πιθανότητα εμφάνισης μίας (1) περίπτωσης καρκίνου που συνδέεται με τις ουσίες αυτές σε 1.000.000 ανθρώπους.

### 3.4.3 Επιτρεπτά Όρια συγκέντρωσης αμιάντου στο πόσιμο νερό

Αναφορικά με τα επιτρεπτά επίπεδα συγκέντρωσης του αμιάντου στο πόσιμο νερό, η US EPA θέτει ως μέγιστο αποδεκτό επίπεδο συγκέντρωσης τις **7.000.000 ίνες ανά λίτρο** (ίνες/ltr).

### 3.4.4 Επιτρεπτά Όρια συγκέντρωσης αμιάντου στα εδάφη

Επίσης, δεν υπάρχουν θεσμοθετημένα όρια συγκέντρωσης του αμιάντου στο έδαφος. Το θέμα προσεγγίζεται μέχρι σήμερα ερευνητικά στις Η.Π.Α., σε μια προσπάθεια θέσπισης ιδιαίτερων ανά περίπτωση ορίων (Site-Specific Standards) με την εφαρμογή μεθοδολογιών ποσοτικής εκτίμησης του κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία.

	ΑΕΡΑΣ (ίνες/cm <sup>3</sup> )	ΝΕΡΟ (ίνες/λίτρο)	ΈΛΑΦΟΣ
<b>Όριο έκθεσης (οκτάωρη περίοδο αναφοράς)</b>	0,2 (ΕΟΚ) 0,1 PEL (OSHA) 2 (ΠΟΥ)		
<b>Οριακή τιμή</b>	0,6 χρυσοτυλικό αμιάντο 0,3 άλλη μορφή αμιάντου	7.000.000 (EPA)	Δεν υπάρχει
<b>Όριο στόχος EPA</b>	0,000004 (αν C>0,0004 απαιτούνται μέτρα αντιμετώπισης)		

**Πίνακας 3.1:** Επιτρεπτά όρια έκθεσης σε αμιάντο

## 3.5 Νομοθεσία Η.Π.Α.

Το σχετικό με τον αμιάντο νομοθετικό πλαίσιο καθορίζεται κυρίως από τους οργανισμούς US EPA, OSHA και NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). Οι κυριότερες νομοθετικές ρυθμίσεις συνοψίζονται στα ακόλουθα νομοθετικά έγγραφα:

- Εθνικοί κανονισμοί εκπομπών επικίνδυνων αέριων ρυπαντών (40 CFR 61)
- Νομοθετική πράξη για την αντιμετώπιση εκτάκτων κινδύνων από αμιάντο (40 CFR 763)
- Αμιάντος, Τρεμολίτης, Ανθοφυλλίτης, Ακτινολίθος – Γενική Βιομηχανία (29 CFR 1910.1001)
- Αμιάντος, Τρεμολίτης, Ανθοφυλλίτης, Ακτινολίθος – Ναυπηγεία (29 CFR 1915.1001)

- Αμιάντος, Τρεμολίτης, Ανθοφυλλίτης, Ακτινόλιθος – Κατασκευαστική Βιομηχανία (29 CFR 1926.1101)
- Νομοθεσία Αμερικανικού Ναυτικού σχετική με την ασφάλεια και την υγιεινή κατά την εργασία (OPNAVIST 5100.23E)

Αυτές οι νομοθετικές πράξεις καθορίζουν με σαφήνεια όλες τις λεπτομέρειες σχετικά με την διαχείριση του αμιάντου και των προϊόντων του αλλά και τη διασφάλιση της υγιεινής σε χώρους εργασίας. Πιο συγκεκριμένα περιγράφονται διαδικασίες σχετικά με:

- ◆ Την απόρριψη αποβλήτων αμιάντου.
- ◆ Την εκτίμηση της έκθεσης των εργαζομένων και την παρακολούθηση αυτής.
- ◆ Τον έλεγχο των εκπομπών αμιάντου.
- ◆ Τα όρια της έκθεσης σε ίνες αμιάντου.
- ◆ Την ιατρική παρακολούθηση των εργαζομένων.
- ◆ Τις αναφορές των εργοδοτών για δραστηριότητες που, ενδεχομένως, να αποτελέσουν αιτία διαφυγής ινών αμιάντου στο περιβάλλον.
- ◆ Τα προστατευτικά μέτρα (π.χ. κατάλληλα προστατευτικά ενδύματα) που πρέπει να τηρούν οι εργαζόμενοι.
- ◆ Την απομάκρυνση και τη διαβροχή υλικών που περιέχουν αμιάντο.
- ◆ Την τήρηση αρχείων σχετικών με υλικά, απόβλητα ή άλλες πιθανές πηγές αμιάντου που βρίσκονται στους χώρους εργασίας.
- ◆ Την εκπαίδευση του προσωπικού που εκτίθεται σε υψηλές συγκεντρώσεις ινών αμιάντου.
- ◆ Τον καθορισμό των περιοχών που θεωρούνται «υψηλού κινδύνου».
- ◆ Τη σήμανση των ανωτέρω περιοχών, αλλά και των υλικών ή αποβλήτων που περιέχουν αμιάντο.
- ◆ Την κατάρτιση, από την πλευρά των τοπικών αρχών και των εργοδοτών, προγραμμάτων για τη μείωση της έκθεσης στα αποδεκτά όρια.

## 4. ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ ΑΜΙΑΝΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ

Τα **Μεταλλεία Αμιάντου Βορείου Ελλάδος (ΜΑΒΕ)** βρίσκονται στη θέση Ζιδάνι του νομού Κοζάνης, περίπου ένα (1) χιλιόμετρο νότια του ποταμού Αλιάκμονα κοντά στην τεχνητή λίμνη Πολυφύτου, που σχηματίστηκε εξαιτίας του ομώνυμου φράγματος. Απέχουν από την πόλη της Κοζάνης περίπου σαράντα (40) χιλιόμετρα και λειτουργούσαν από το 1982 μέχρι τον Φεβρουάριο του 2000.

### 4.1 Ιστορικό της λειτουργίας των ΜΑΒΕ

Η παρουσία αμιάντου στην περιοχή της Μονής Ζιδανίου του Νομού Κοζάνης εντοπίστηκε για πρώτη φορά το 1936 ενώ στις αρχές της δεκαετίας του '50, προσδιορίστηκε ως το μεγαλύτερο κοίτασμα αμιάντου στην Ελλάδα. Το κοίτασμα παραχωρήθηκε στην Αμερικανική εταιρία «Kennecott Cooper Corporation», η οποία καθόρισε με 50 γεωτρήσεις την έκτασή του. Οι έρευνες συνεχίστηκαν αργότερα από το Ελληνικό Δημόσιο. Κατασκευάστηκε ημιβιομηχανική μονάδα (Pilot Plan), εκμετάλλευσής του, που απέδειξε ότι το κοίτασμα είναι εκμεταλλεύσιμο και ότι η μέση ποιότητα του εξορυσσόμενου αμιάντου ανήκει στην κατηγορίας 4 σύμφωνα με την Καναδική κλίμακα ταξινόμησης (QAMA). Αυτό σημαίνει ότι το παραγόμενο προϊόν είναι κατάλληλο πρωτίστως για αμιαντοπροϊόντα και δευτερευόντως για ύφανση. Τα βέβαια αποθέματα υπολογίστηκαν σε 30 εκ. τόνους και τα πιθανά σε 100 εκ. τόνους. Η όλη μορφολογία του κοιτάσματος άφηνε πολλά περιθώρια για ανακάλυψη επιπλέον ποσοτήτων εκμεταλλεύσιμου ορυκτού.

Κατά την εικοσαετία 1955-1975 η Ελληνική βιομηχανία τσιμέντων χαρακτηρίζεται από μια εξαιρετικά υψηλή παραγωγικότητα που όχι μόνο καλύπτει την ταχύτατη οικοδομική ανάπτυξη της χώρας αλλά επαρκεί και για εξαγωγές. Παρόλα αυτά το κοίτασμα αμιάντου στην Κοζάνη παρέμενε ανεκμετάλλευτο όλη αυτή την περίοδο ενώ οι ελληνικές κατασκευαστικές εταιρίες προμηθεύονταν τις απαραίτητες ποσότητες αμιαντοτσιμέντου από εταιρίες που ολιγοπωλούσαν τα προϊόντα αμιάντου της Ν. Αφρικής, του Καναδά και της Κύπρου. Ως συνέπεια, τα εργοστάσια αμιαντοπροϊόντων στην Ελλάδα, υπολειτουργούσαν στο 60% της δυναμικότητάς τους. Από το 1961 ως το 1979, η τιμή του αμιάντου ως πρώτη ύλη πενταπλασιάστηκε.

Το 1965 τα δικαιώματα μεταλλειοκτησίας περιήλθαν στην ETBA, η οποία ολοκλήρωσε τις έρευνες μέσω της θυγατρικής της εταιρείας ΓΕΜΕΕ και σε συνεργασία με την αμερικανική εταιρεία «Cerro Corporation».

Τον Αύγουστο του 1977 η Ελληνική κυβέρνηση ανέθεσε στην ETBA, την αξιοποίηση του αμιάντου στο Ζιδάνι. Η ETBA ίδρυσε τη θυγατρική εταιρία Μεταλλεία Αμιάντου Βορείου Ελλάδος (MABE) Α.Ε.. Ο σχεδιασμός της παραγωγικής διαδικασίας προέβλεπε εξόρυξη 4,5 εκατ. τόνων πετρώματος, από το οποίο, με ανάκτηση 2,6%, παράγονταν περίπου 100.000 τόνοι αμιάντου ετησίως. Η συνολική επένδυση ανερχόταν σε 100 εκ. € περίπου, με εξαιρετικές ωστόσο προοπτικές αποσβέσεων και κερδών. Στο αρχικό μετοχικό κεφάλαιο συμμετείχε κατά 90% η Αμερικανική Εταιρία «Cerro Corporation», ενώ το 10% κατείχε η ETBA<sup>31</sup>. Στη συνέχεια η «Cerro Corporation απεχώρησε από το μετοχικό κεφάλαιο των MABE και η ETBA προσέλαβε τον Καναδικό Οίκο «Kilborn International» ως τεχνικό σύμβουλο, αναθέτοντάς του τη σύνταξη νέας οικονομοτεχνικής μελέτης, με την οποία τα MABE προχώρησαν στην πραγματοποίηση της επένδυσης.

Το 1980, σύμφωνα με τον τελικό προγραμματισμό του έργου το 85% της παραγωγής εξάγεται, αποφέροντας εισροή συναλλάγματος της τάξης των 60 εκ. € το χρόνο (Παπαϊωάννου & Αραμπατζόγλου, 1982). Για το λόγο αυτό, τα MABE σύστησαν ειδική ελληνική εταιρία πωλήσεων σε συνεργασία με τον οίκο Petrow, που ειδικευόταν στην εμπορία αμιάντου. Ο όρος αυτός σήμαινε πρακτικά ότι η παραγωγή του μεταλλείου στο Ζιδάνι, δεν θα τροφοδοτούσε απευθείας την ελληνική αγορά αμιαντοπροϊόντων, η οποία θα συνέχιζε να εισάγει αυτή την πρώτη ύλη.

**Τα επίσημα εγκαίνια του εργοστασίου έγιναν στις 17-04-1981 και η λειτουργία του άρχισε το 1982.** Το ίδιο έτος, το μετοχικό κεφάλαιο των MABE ανήλθε στα 5,2 εκατ. € με τη συμμετοχή της ETBA κατά 93,91% και της International Finance Corporation (I.F.C. - επενδυτικός οργανισμός της World Bank) κατά 6,09%.

Στο εργοστάσιο των MABE απασχολούνταν περίπου 400-450 εργαζόμενοι. Το 1990 ο τζίρος της εταιρείας έφτασε τα 8,8. εκ. € περίπου. Το 90% του ποσού αυτού προερχόταν από τις εξαγωγές. Η υπόλοιπη παραγωγή διοχετευόταν προς εγχώριες εταιρείες παραγωγής αμιαντοτσιμέντου (Κλάδης & Σφακιανάκη, 1997). Στο χρονικό διάστημα λειτουργίας των MABE, εξορύχτηκαν περίπου 70 εκ. τόνοι μεταλλεύματος

<sup>31</sup> Τον Μάρτιο του 2002, η τράπεζα Πειραιώς, απέκτησε τον έλεγχο της ETBA

(σερπεντινίτης), από τα οποία παρήχθησαν 1εκ. τόνοι αμιάντου. Η ποικιλία αμιάντου, που παραγόταν στις εγκαταστάσεις ήταν χρυσοτιλικός αμιάντος που χαρακτηρίζεται ως ο λιγότερο επικίνδυνος σε σχέση με τους άλλους τύπους (όπως π.χ. ο κροκιδόλιθος ή ο αμοσίτης).

Μετά από 8 χρόνια κερδοφόρας λειτουργίας, στις 05-04-90, με απόφαση του Υπουργείου Βιομηχανίας στις ανεκλήθη η άδεια λειτουργίας της εταιρείας επειδή δεν τηρούσε τους όρους διάθεσης των στερεών αποβλήτων. Η λειτουργία των MABE διεκόπη από 01-02-91 έως 31-12-91 και από 01-09-92 έως 31-12-92. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, το 1992 το οικονομικό έλλειμμα της εταιρείας έφτασε συσσωρευτικά στο ποσό των 138 εκ. € (ΑΝ.ΚΟ., 2002).



Σχήμα 4.1: Είσοδος των MABE

Με απόφαση του Νομάρχη Κοζάνης χορηγήθηκε στη MABE νέα άδεια διάθεσης στερεών αποβλήτων υπό όρους στις 12-08-92. Ακολούθησε απόφαση του Υπουργείου Βιομηχανίας στις 08-12-92 με την οποία επαναχορηγήθηκε η άδεια λειτουργίας.

Προκειμένου να συνεχιστεί η εκμετάλλευση του κοιτάσματος με ανταγωνιστικούς όρους η εταιρεία προχώρησε στις 01-03-1993 στην υπογραφή σύμβασης μίσθωσης των MABE με την «Ελληνική Εταιρία Εξορύξεως Μεταλλευμάτων Α.Ε.Β.Ε.», η οποία ιδρύθηκε από την «Mineral Mining S.A.», με έδρα το Λουγκάνο της Ελβετίας. Η σύμβαση είχε διάρκεια 5 ετών με δικαίωμα μονομερούς ανανέωσης από το μισθωτή για πέντε ακόμη χρόνια. Προέβλεπε τη μίσθωση των εγκαταστάσεων και των δικαιωμάτων μεταλλειοκτησίας των MABE και εκχωρούσε στην Ελληνική Εταιρία Εξορύξεως Μεταλλευμάτων την παραγωγή και εμπορία του αμιάντου έναντι μισθώματος 914.560 € ανά έτος με ετήσια αναπροσαρμογή 3% και επιπλέον από το δεύτερο χρόνο 3,2% επί του ετησίου κύκλου εργασιών. Επίσης προβλέπονταν ειδικές διατάξεις μισθώματος για πωλήσεις πέραν των 72.000 τόνων ετησίως (ΑΝ.ΚΟ., 2002).



Οι νομοθετικοί περιορισμοί που ετέθησαν για τη χρήση και εμπορία αμιάντου, τόσο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης όσο και σε επίπεδο επιμέρους εθνικών νομοθεσιών οδήγησαν την αγορά αμιάντου σε κρίση. Επιπλέον, την περίοδο 1997 - 1998, η κρίση που δοκίμασαν οι ασιατικές οικονομίες είχε άμεση αντανάκλαση στις εμπορικές δραστηριότητες της επιχείρησης, καθώς μεγάλο μέρος των εξαγωγών προορίζονταν για τις αγορές της Άπω Ανατολής. Ως αποτέλεσμα, στις 6-3-2000 διεκόπησαν οι εργασίες εξόρυξης και επεξεργασίας αμιάντου στο Ζιδάνι της Κοζάνης, ενώ οι εταιρίες εκμετάλλευσης κήρυξαν πτώχευση.

Από το Μάρτιο του 2002, η κυριότητα των εγκαταστάσεων των MABE, έχει περιέλθει στην Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Κοζάνης για χρονικό διάστημα 30 ετών. Η παραχώρηση της χρήσεως όλων των εκτάσεων των MABE έγινε στο πλαίσιο προγραμματικής σύμβασης που υπογράφηκε στις 14-03-2002 μεταξύ των MABE, της εταιρείας «Ελληνικός Αμιάντος Α.Ε.», της ΕΤΒΑ και της Ν.Α. Κοζάνης. Η σύμβαση μεταξύ άλλων προβλέπει ότι η παραχώρηση της χρήσης των εγκαταστάσεων των MABE γίνεται με σκοπό την αποκατάσταση, αναβάθμιση και αξιοποίηση αυτών (Προγραμματική Σύμβαση, 2002).

#### 4.2 Γεωλογία και υδρολογία της περιοχής των MABE

Η περιοχή Ζιδανίου βρίσκεται στο δυτικό περιθώριο της Πελαγονικής ζώνης, η οποία, σε όλο το μήκος και πλάτος της, φιλοξενεί πολλά οφιολιθικά συμπλέγματα.

Με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα στην περιοχή αναφέρονται οι παρακάτω σχηματισμοί (Κλάδης & Σφακιανάκη, 1997):

- ◆ Γνεύσιοι, σχιστόλιθοι, γνευσιοσχιστόλιθοι και σχιστοποιημένα γρανιτικά σώματα Παλαιοζωϊκής ή και παλαιότερης ηλικίας αποτελούν το υπόβαθρο της Πελαγονικής (κρυσταλλοσχιστώδεις πετρώματα).
- ◆ Ιζηματογενείς και ηφαιστειογενείς σειρές Μεσοζωϊκής κυρίως ηλικίας (Άνω Παλαιοζωϊκό μέχρι και Κάτω Καινοζωϊκό) θεωρούνται σαν το κάλυμμα της Πελαγονικής. Μερικά από τα προαναφερθέντα οφιολιθικά σώματα (π.χ. Λιβαδίου) θεωρούνται από πολλούς ερευνητές σαν αναπόσπαστα μέλη του υποβάθρου (Παλαιοζωϊκής δηλ ηλικίας), ενώ από άλλους σαν προϊόντα Αλπικής Ορογένεσης (Μεσοζωϊκής δηλ ηλικίας).

- ❖ Κάτω Κρητιδικής ηλικίας Άνω Πρασινοσχιστολιθική - Κάτω Αμφιβολιτική φάση μεταμόρφωσης και φαινόμενα ανάδρομης μεταμόρφωσης αναφέρονται για τους διάφορους πετρολογικούς τύπους του υποβάθρου.

Τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου έχουν πολύ μεγάλη εξάπλωση στην Πελαγονική. Συστηματικές έρευνες έδειξαν ότι δεν είναι ομογενές αλλά αποτελείται από πολλές ενότητες πετρωμάτων που συνιστούν αλληπάλληλα τεκτονικά λέπια. Παρ' όλη την διάκρισή τους όλες οι ενότητες αυτές θεωρούνται παράλληλες κρυσταλλοσχιστώδεις ακολουθίες ενός κοινού υποβάθρου.

Σημαντικές οφιολιθικές μάζες παρατηρούνται στην Πελαγονική, τοποθετημένες κυρίως στα δύο περιθώρια της ζώνης, ενώ μερικές εμφανίσεις βρίσκονται διάσπαρτες και στο εσωτερικό της. Η προέλευση των οφιολίθων της Πελαγονικής αποτελεί πρόβλημα αλλά οι περισσότερες απόψεις συγκλίνουν στο ότι είναι αλλόχθονοι και προέρχονται από τις δύο ωκεάνιες περιοχές των ζωνών Αξιού και Υποπελαγονικής εκατέρωθεν της Πελαγονικής. Ο «διάυλος της Κοζάνης» κατέχεται από την μεγάλη οφιολιθική μάζα του Βούρινου που βρίσκεται τεκτονικά τοποθετημένη στο δυτικό Πελαγονικό περιθώριο και αποτελείται από όλα τα πετρώματα της οφιολιθικής ακολουθίας, δηλαδή από σερπεντινωμένους δουνίτες, χαρστβουργίτες και άλλα υπερβασικά, γάββρους, νορίτες και άλλα βασικά, pillow lavas, διαβάσεις και άλλα ηφαιστειακά και τόφους. Συνδεδεμένες με τις παραπάνω οφιολιθικές μάζες είναι οι μεταλλοφόρες εμφανίσεις στην ευρύτερη περιοχή. Η κύρια Αλπική ιζηματογένεση της Πελαγονικής ζώνης είναι νηριτική, ανθρακική στη διάρκεια Τριαδικού - Ιουρασικού και τα πετρώματα της καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις της ζώνης.

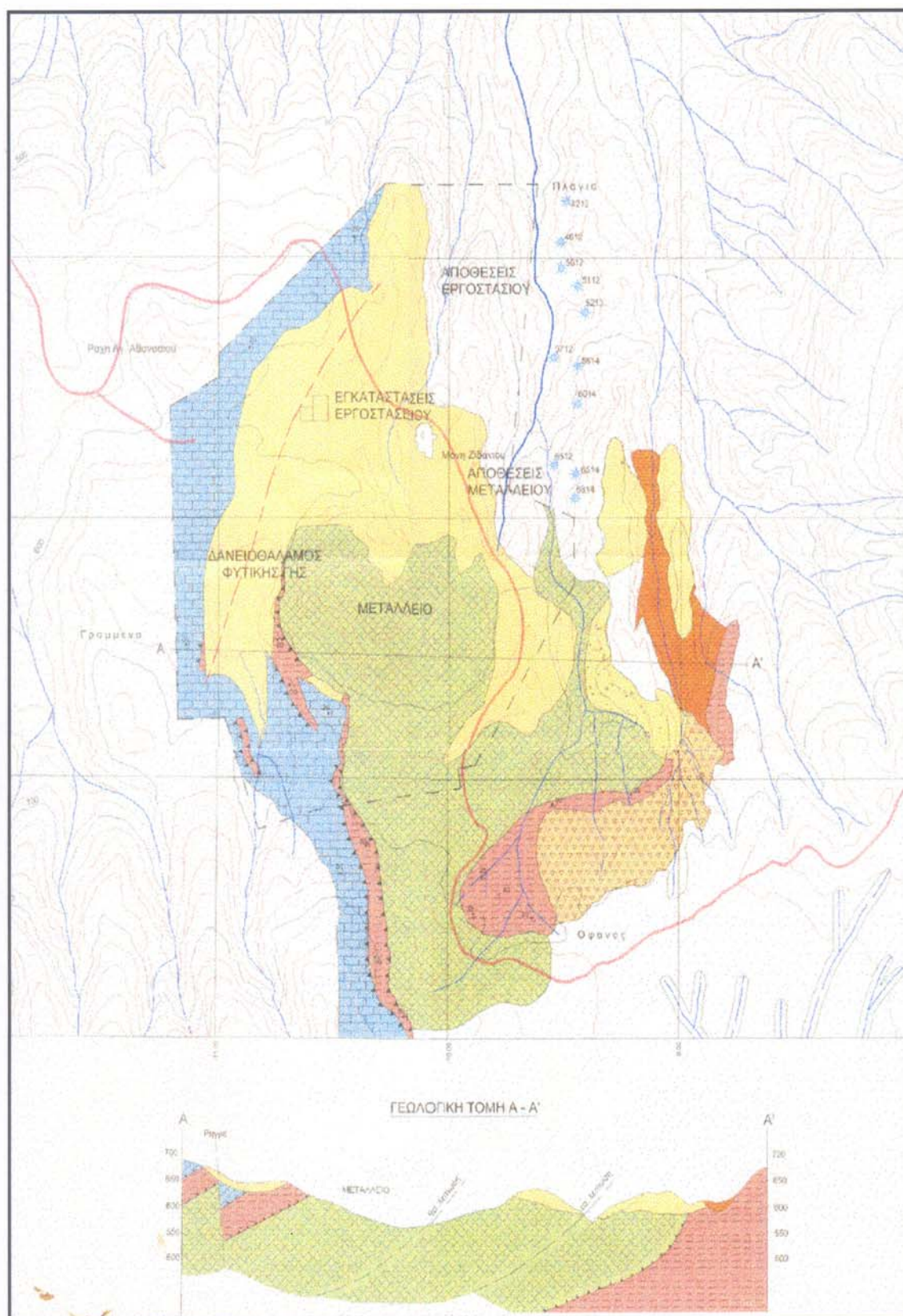
Τέλος στα πετρώματα της Πελαγονικής επέδρασαν δύο μεταμορφώσεις. Η πρώτη έλαβε χώρα κατά την διάρκεια του Παλαιοζωικού σε συνθήκες κάτω πρασινοσχιστολιθικής έως άνω αμφιβολιτικής φάσης και μεταμόρφωσε το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο. Η δεύτερη, αλπική μεταμόρφωση, έλαβε χώρα το Άνω Ιουρασικό - Κάτω Κρητιδικό και μεταμόρφωσε τα Τριαδικοϊουρασικά ανθρακικά καλύμματα σε συνθήκες χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής φάσης.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται σε απόσταση 10 περίπου χιλιομέτρων ανατολικά του ορεινού όγκου του Βούρινου ο οποίος αποτελείται από πλήρη οφιολιθική ακολουθία με όλα σχεδόν τα βασικά και υπερβασικά πετρώματα, πλουτωνικά και ηφαιστειακά.

Το παλαιοζωικό υπόβαθρο της περιοχής αποτελείται από γνεύσιους και σχιστόλιθους πάνω στους οποίους βρίσκονται επωθημένοι οι σερπεντινίτες που αποτελούν το σχηματισμό με την μεγαλύτερη εξάπλωση στην περιοχή Ζιδανίου. Το ανθρακικό κάλυμμα αποτελείται από μάρμαρα Τριαδικής - Ιουρασικής ηλικίας και βρίσκεται σε τεκτονική επαφή με τους προαναφερθέντες σχηματισμούς.

Μια σειρά ανάστροφων ρηγμάτων μικρής κλίσης ( $15^{\circ}$ - $30^{\circ}$ ) με σχεδόν ανατολική διεύθυνση κίνησης, σχηματίζουν μία ζώνη επωθήσεων στην περιοχή του Ζιδανίου. Αν υποθεθεί ότι ο σερπεντινίτης και τα μάρμαρα παρουσιάζουν επωθητικά ρήγματα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, που εξαιτίας του μονόρυκτου χαρακτήρα αυτών των πετρωμάτων είναι αδύνατο να εντοπιστούν, τότε θα πρέπει η περιοχή του Ζιδανίου να δομείται από ένα πυκνό σύστημα παράλληλων επωθήσεων (λεπιώσεων). Λόγω δε της συνεχούς παρουσίας των πολύ μικρού πάχους (και έντονα μυλονιπωμένων) γνευσιοσχιστολιθικής υφής πετρωμάτων στην επαφή σερπεντινιτών - μαρμάρων, θα πρέπει το σύστημα αυτό των λεπιώσεων να είναι συνοδό φαινόμενο (δηλ. εσωτερικές λεπιώσεις) μιας κύριας επώθησης ή κάποιου ανάστροφου ρήγματος στην ευρύτερη περιοχή.

Ο σερπεντινίτης της οροφής είναι για ένα πάχος 15-40 εκ. έντονα σχιστοποιημένος και έχει ανοικτοπράσινο χρώμα σε αντίθεση με τον σκουροπράσινο χρώματος μεταλλοφόρο σερπεντινίτη. Τα επίπεδα σχιστότητας του σερπεντινίτη αυτού ακολουθούν την διεύθυνση του ορίζοντα εγκλείσματος. Ακολουθεί μία λεπτή ζώνη πάχους 5-10 εκ. από εύθρυπτο υλικό (σκόνη) που σύμφωνα με την ακτινοσκοπική ανάλυση είναι σερπεντινίτης (αντιγορίτης). Χωρίς απότομη επαφή ακολουθεί μία ζώνη ενός σχιστοποιημένου σχετικά μαλακού καφετί χρώματος υλικού, που αποτελείται από πλαγιόκλαστο (ολιγόκλαστο) και φυλλόμορφα ορυκτά (βιοτίτης, μοσχοβίτης). Στη ζώνη αυτή παρατηρούνται φακοί βερμικουλίτη και με βάση τις μακροσκοπικές παρατηρήσεις και την χημική ανάλυση υποδηλώνει ότι είναι προϊόν εξαλλοίωσης της επόμενης ζώνης που έχει πάχος 20-50 εκ. και είναι όξινης σύστασης. Ακολουθεί πάλι η προηγούμενη ζώνη. Στο Σχήμα 4.2 απεικονίζεται ο γεωλογικός χάρτης και τομή της περιοχής των ΜΑΒΕ.



Σχήμα 4.2: Γεωλογική Τομή περιοχής των ΜΑΒΕ





1. Κορήματα
2. Κοίτασμα νερού (ποτάμι)
3. Σύστημα λεπιώσεων (Α.Σερπεντινίτης Β.Γνευσιοσχιστόλιθοι)
4. Νεογενή ιζήματα
5. Μάρμαρα Τριαδικής - Ιουρασικής ηλικίας
6. Αντιγορικός σερπεντινίτης
7. Γνευσιοσχιστόλιθοι
8. Όρια ΜΑΒΕ
9. Πιθανό ρήγμα
10. Επωθήσεις
11. Σημεία γεωτρήσεων δειγματοληψίας
12. Ρέμα
13. Εποχιακά ρέματα

Εκτός των προαναφερθέντων ενδιάμεσης όξινης σύστασης εγκλεισμάτων στον σερπεντινίτη, παρατηρούνται και βασικής σύστασης (αμφιβολίτες) εγκλείσματα. Αποτελούνται από αμφίβολο, γρανάτη, πλαγιόκλαστο και βερμικουλίτη, χλωρίτη, ασβεστίτη και απατίτη σαν δευτερεύοντα ορυκτά. Οι επαφές αμφιβολίτη - σερπεντινίτη είναι σε αντίθεση με τις προηγούμενες επαφές απότομες.

Η παρουσία μέσα στον σερπεντινίτη λεπτών γνευσιοσχιστολιθικών οριζόντων (ή φλεβών όπως τις αποκαλούν στα μεταλλεία), μάλλον οφείλεται σε ένα δεύτερο πιθανόν μεταγενέστερο του πρώτου σύστημα ανάστροφων ρηγμάτων (επωθήσεων). Τα επωθητικά αυτά ρήγματα με διεύθυνση κίνησης ΒΒΔ, απέσπασαν τμήματα από τον υποκείμενο γνευσιοσχιστόλιθο και τα ενσωμάτωσαν στον σερπεντινίτη.

**Ο μεταλλοφόρος σερπεντινίτης αποτελείται από σχετικά μικρών διαστάσεων φακοειδούς – σφηνοειδούς μορφής σερπεντινικά σώματα παράλληλα προς τη διεύθυνση του συμπλέγματος. Στις ομαλά κυρτωμένες και λείες επιφάνειες των σερπεντινιτών αυτών σωμάτων αναπτύσσεται ο αμίαντος (Σχήμα 4.3).**



**Σχήμα 4.3:** Σερπεντινιτικός αμίαντος

Η ηλικία του κοιτάσματος δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί με τα υπάρχοντα στοιχεία, θεωρώντας όμως τον αντιγορικό σερπεντινίτη, που φιλοξενεί τη μεταλλοφορία, ως προϊόν της Άνω Κρητιδικής ηλικίας γενικής μεταμόρφωσης που

χαρακτηρίζει την ευρύτερη περιοχή, τότε η μεταλλοφορία πρέπει να σχηματίστηκε μετά το Άνω Κρητιδικό και πριν το Μειο-Πλειστόκαινο κατά τη διάρκεια του οποίου δημιουργήθηκε η κλειστή λεκάνη Κοζάνης-Σερβίων.

Ακτινοσκοπικές αναλύσεις δειγμάτων αμιάντου έδειξαν ότι το μέταλλευμα αποτελείται αποκλειστικά από χρυσοτιλικό αμίαντο. Μικροσκοπικές μελέτες, όμως, έδειξαν ότι στο μέταλλευμα συμμετέχουν σιδηροξείδια με τη μορφή λεπτομερών κοκκιδίων ή και ινωδών συσσωματωμάτων σε ποσοστό μικρότερο του 3%. Επίσης ο χρυσοτιλικός αμίαντος αντικαθίσταται κατά μήκος ρωγματώσεων από υπεργενετικό δολομίτη (Παπαιωάννου & Αραμπατζόγλου, 1982). Κατά θέσεις και κυρίως κοντά στην επιφάνεια παρατηρούνται στο μέταλλευμα φαινόμενα εξαλλοίωσης, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός λευκού ή και λευκοκιτρινωπού χρώματος εύθρυπτου υλικού. Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων 3 δειγμάτων από το χώρο του ορυχείου αμιάντου δίνονται στον Πίνακα 4.1.

ΧΗΜΙΚΗ ΕΝΩΣΗ	ΔΕΙΓΜΑ 1	ΔΕΙΓΜΑ 2	ΔΕΙΓΜΑ 3
SiO <sub>2</sub>	60,97	42,14	41,29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,27	0,38	0,00
TiO <sub>2</sub>	1,67	0,00	0,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,50	6,00	5,15
CaO	2,35	0,87	5,25
MgO	1,62	37,30	30,88
Na <sub>2</sub> O	8,09	0,00	0,00
K <sub>2</sub> O	1,81	0,00	0,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,38	0,00
NiO	0,00	0,31	0,23
Απώλεια πύρωσης (H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> )	1,26	11,79	15,41
Υγρασία	0,24	0,27	0,91
<b>Σύνολο</b>	<b>99,78</b>	<b>99,36</b>	<b>99,12</b>

**Πίνακας 4.1:** Χημική ανάλυση αμιάντου Ζιδανίου (MABE)

Το 1<sup>ο</sup> δείγμα αποτελεί εύθρυπτο υλικό με πλαγιόκλαστα και μαρμαρυγίες. Το 2<sup>ο</sup> δείγμα είναι αντιγοριτικός σερπεντινίτης και το 3<sup>ο</sup> δείγμα είναι αμίαντος με υπεργενετικό ανθρακικό υλικό.

Τα νεογενή ιζήματα που υπέρκεινται των προαναφερθέντων πετρολογικών σχηματισμών στα τοπογραφικά χαμηλότερα σημεία της περιοχής του κοιτάσματος, είναι του ίδιου γεωλογικού κύκλου με αυτά της Νεογενούς λεκάνης Κοζάνης - Σερβίων. Εμφανίζουν χαρακτηριστικά ιζημάτων που αποτέθηκαν κοντά σε ηπειρωτικό περιθώριο και δεν παρουσιάζουν ίχνος μεταμορφικής δράσης. Τα

πλευρικά κορήματα σερπεντινίτη και γνευσίου στο νότιο και νοτιοανατολικό μέρος της περιοχής υποδηλώνουν συνέχιση του σερπεντινίτη και γνευσίου στις περιοχές αυτές.

#### 4.2.2 Υδρογεωλογία

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης δεν υπάρχουν αξιόλογοι υπόγειοι υδροφορείς στα ανώτερα στρώματα. Βασικοί παράγοντες των γεωλογικών σχηματισμών που καθορίζουν την υδρογεωλογία μιας περιοχής είναι η λιθολογική τους σύσταση και ο τεκτονισμός που έχουν υποστεί. Στην περιοχή Ζιδανίου επικρατεί σερπεντινίτης, ο οποίος αν και είναι τεκτονισμένος, αποτελεί πρακτικά μη υδροπερατό σχηματισμό.

Το υπόβαθρο της περιοχής αποτελείται από γνεύσιους και σχιστόλιθους οι οποίοι έχουν κάποιες ιδιαιτερότητες στην συμπεριφορά τους ως υδροφόροι. Λόγω των διακλάσεων έχουν μεγάλη μεταβιβαστικότητα και μικρή υδροχωρητικότητα ενώ ο φυσικός εμπλουτισμός του συστήματος πραγματοποιείται με πολύ αργούς ρυθμούς. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι τα γνευσιοσχιστολιθικά πετρώματα να εντάσσονται στους μη υδροπερατούς σχηματισμούς.

Ο μοναδικός αξιόλογος υδροφορέας στην ευρύτερη περιοχή μελέτης είναι ο καρστικός υδροφορέας του νοτιοδυτικού Βερμίου.

Οι ασβεστολιθικοί όγκοι της ευρύτερης περιοχής είναι σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό έντονα καρστικοποιημένοι. Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα συγκεντρώνονται σε ένα δίκτυο επικοινωνούντων αγωγών, ρωγμών και σπηλαίων και σχηματίζουν σε βαθύτερα στρώματα τους καρστικούς υδροφορείς. Σε ορισμένες περιοχές δίνεται η δυνατότητα αξιοποίησης του λόγω του μορφολογικού ανάγλυφου. Ο καρστικός υδροφορέας αποτελεί το σημαντικότερο απόθεμα νερού της ευρύτερης περιοχής και ως εκ τούτου η προστασία του από κάθε μορφής ρύπανσης είναι επιβεβλημένη.

Βόρεια του μεταλλείου στην επαφή των νεογενών ιζημάτων εκδηλώνονται καρστικές διάσπαρτες πηγές σημαντικής παροχής. Πρόκειται για τις πηγές «Αναβρυκά» οι οποίες έχουν παροχή μεγαλύτερη των 1000 κ.μ./ώρα (1993) (ΑΝ.ΚΟ., Μάρτιος 2002).

Τέλος, στην ευρύτερη περιοχή Μικροβάλτου αναβλύζουν δεκατρείς (13) πηγές μικρής παροχής από παλαιοζωϊκά πετρώματα πέντε (5) πηγές, οφιολιθικά δύο (2) πηγές και πλειοπλειστοκαινικά έξι (6) πηγές - η σημαντικότερη δεν υπερβαίνει κατά

την ξηρή περίοδο τα 70κ.μ./ημέρα. Εξυπηρετούν σκοπούς ύδρευσης του οικισμού [δύο (2) πηγές] και κτηνοτροφικών αναγκών [έντεκα (11) πηγές].

#### 4.2.3 Έδαφος

Το έδαφος της περιοχής είναι αργιλικό με ποικίλο βάθος, πάνω από 20 εκ. και προέρχεται από εξαλλοίωση υπερβασικών πετρωμάτων. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των εδαφών, όπως φαίνεται και από την ορυκτολογική ανάλυση (Πίνακας 4.2), καθορίζονται από το ίδιο μητρικό πέτρωμα προέλευσής τους.

ΑΝΑΛΥΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
SiO <sub>2</sub>	52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5
K <sub>2</sub> O	1,5
Na <sub>2</sub> O	2
Απώλεια Πύρωσης	7

**Πίνακας 4.2:** Ορυκτολογική ανάλυση (MABE)

Σε απόσταση 100m περίπου νότια της περιοχής μελέτης, υψώνεται ο ορεινός ασβεστολιθικός όγκος Τρανοβάλτου (λατομική περιοχή), τα υλικά διάβρωσης του οποίου επηρεάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των εδαφών. Συνεπώς, η ορυκτολογική ανάλυση πρέπει να συμπεριλαμβάνει και τον προσδιορισμό των τιμών του CaO και MgO. Το pH του εδάφους μετρήθηκε στα δείγματα και βρέθηκε να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 6,4 και 6,7.

#### 4.2.4 Υδρολογία

Η επιφανειακή απορροή είναι συνάρτηση της λιθολογικής σύστασης περατότητας - των συναντόμενων γεωλογικών σχηματισμών, όπως επίσης και των μορφολογικών χαρακτηριστικών της λεκάνης (ανάγλυφο, κλίσεις ).

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από την επικράτηση σχηματισμών με ασήμαντη περατότητα (σερπεντίνη, σχιστόλιθοι), ενώ το υψόμετρό της μεταβάλλεται από 400 έως 720 μέτρα με απότομες κλίσεις. Τα παραπάνω έχουν ως συνέπεια να υπερτερεί η επιφανειακή απορροή από την κατείσδυση και η περιοχή να διαρρέεται από ένα σχετικά πυκνό δίκτυο εποχιακών υδρορευμάτων, μικρής παροχής, τα οποία έχουν ως



τελικό αποδέκτη τον ποταμό Αλιάκμονα. Ο ποταμός βρίσκεται σε απόσταση 1000 περίπου μέτρων βορείως της περιοχής μελέτης ενώ στην συνέχεια καταλήγει στην τεχνητή λίμνη Πολυφύτου.

#### **4.3 Τοποθεσία περιοχής των MABE και περιγραφή των υπαρχόντων εγκαταστάσεων**

Στο νοτιοδυτικό τμήμα του Νομού Κοζάνης και σε απόσταση 40 περίπου χιλιομέτρων από την πόλη της Κοζάνης βρίσκονται τα Μεταλλεία Αμιάντου Βορείου Ελλάδος Α.Ε..

Η περιοχή των MABE εκτείνεται σε 4.135.115m<sup>2</sup>, σε υψόμετρο που κυμαίνεται από 672m ως 100m. Βόρεια της περιοχής και σε απόσταση 1000m, βρίσκεται ο ποταμός Αλιάκμονας, που εκβάλλει στη τεχνητή λίμνη του φράγματος Πολυφύτου. Ο ποταμός αυτός είναι ο μοναδικός αξιόλογος υδροβιότοπος της περιοχής. Η τεχνητή λίμνη του φράγματος του Πολυφύτου, επιδρά στα επίπεδα υγρασίας της περιοχής, που κυμαίνονται κατά μέσο όρο γύρω στο 60%. Περιβάλλεται βόρεια από το ύψωμα του Αη Γιάννη (825m), δυτικά από το ύψωμα της Πέτρας (169m) και ανατολικά από το ύψωμα της Μοσχούλας (120m). Στα νότια - νοτιοδυτικά του συγκροτήματος και σε απόσταση περίπου 3,5 χιλιομέτρων βρίσκεται η κοινότητα Τρανόβαλτου, στην οποία αναπτύσσεται έντονη λατομική δραστηριότητα με αντικείμενο την εξόρυξη και την επεξεργασία του ομώνυμου κοιτάσματος μαρμάρου. Ο χώρος των μεταλλείων ανήκει στην κτηματική περιοχή του Δημοτικού Διαμερίσματος Μικροβάλτου του Δήμου Καμβουνίων. Ο οικισμός του Μικροβάλτου βρίσκεται σε απόσταση 2,5 χιλιομέτρων περίπου, δυτικά – νοτιοδυτικά του χώρου. Στο νότιο τμήμα αναπτύσσεται μικρό πεδινό τμήμα με καλλιέργειες σιτηρών. Στο χώρο που περιβάλλει τις εγκαταστάσεις των MABE, αναπτύσσονται κτηνοτροφικές, γεωργικές και δασοπονικές δραστηριότητες. Οι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή είναι κυρίως βόρειοι, βορειοανατολικοί και νοτιοδυτικοί εκ των οποίων μόνο οι βόρειοι είναι σχετικά μεγάλης έντασης, αλλά συνήθως μικρής διάρκειας.



**Σχήμα 4.4:** Προς MABE

Για την εξυπηρέτηση του εγκαταστάσεων των ΜΑΒΕ κατασκευάστηκε ένας δρόμος που ξεκινάει από το τέλος της μικρής γέφυρας του Αλιάκμονα (Αιανή-Ρύμνιο) και φτάνει μέχρι και τις εγκαταστάσεις της εταιρείας στο Ζιδάνι. Ο δρόμος αυτός εξυπηρετεί σήμερα και τη συγκοινωνία προς τα χωριά Μικροβάλτο και Τρανόβαλτο.

Μία δενδροστοιχία από ψηλές λεύκες αριστερά και δεξιά του δρόμου οριοθετεί την είσοδο στην περιοχή των ΜΑΒΕ. Σε μια κατάλληλα διαμορφωμένη έκταση (πλατώματα) είναι αναπτυγμένες οι κτιριακές εγκαταστάσεις. Δεξιά του δρόμου εισόδου στην περιοχή των μεταλλείων εκτείνονται οι εγκαταστάσεις του συγκροτήματος και η αυλή προσωρινής αποθήκευσης του αμιάντου, ενώ αριστερά του δρόμου είναι χωροθετημένες κλειστές αποθηκευτικές εγκαταστάσεις. Ο κεντρικός δρόμος που διασχίζει τον χώρο του συγκροτήματος καταλήγει με μια διακλάδωση που οδηγεί προς τον οικισμό στέγασης προσωπικού και τη Μονή Ζιδανίου.

#### **Σχηματικά η περιοχή των ΜΑΒΕ, απαρτίζεται από 4 ενότητες:**

1. Το **μεταλλείο**, που καταλαμβάνει 335 στρέμματα.
2. Ο **χώρος των αποθέσεων** (στείρα υλικά με μικρή περιεκτικότητα σε αμιάντο) που εκτείνονται σε 532 στρέμματα περίπου.
3. Οι **κτιριακές εγκαταστάσεις**, που καταλαμβάνουν σχεδόν 25.000m<sup>2</sup> (με τη συνολική επιφάνεια των κτιρίων να προσεγγίζει τα 45.000 m<sup>2</sup>) και
4. Οι υπόλοιποι **υπαίθριοι χώροι**, που χαρακτηρίζονται ως επίπεδες επιφάνειες.

#### **4.3.2 Το Μεταλλείο**

Η διαδικασία παραγωγής του μεταλλεύματος διεξαγόταν στο μεταλλείο επί 18 έτη και διακρίνονταν σε τρεις φάσεις. Η εξόρυξη γινόταν σε ανοικτό μεταλλείο και εφαρμόζονταν η **μέθοδος ορθών κλειστών βαθμίδων** (Σχήμα 4.5). Περιελάμβανε την αποκάλυψη των στείων υπερκείμενων (εκσκαφή, φόρτωση, μεταφορά και απόρριψη απ' ευθείας στην απόθεση του μεταλλείου) και την εξόρυξη του μεταλλεύματος και μεταφορά με μηχανικά μέσα στο εργοστάσιο. Η εξόρυξη του μεταλλεύματος και των βραχωδών στείων γίνονταν με τη χρήση εκρηκτικών υλών. Η μεταφορά του ορυκτού προς το εργοστάσιο και τις αποθέσεις γίνονταν μέσα από εσωτερικούς δρόμους που δημιουργήθηκαν για να συνδέουν τις βαθμίδες. Η όλη διαδικασία είχε ως αποτέλεσμα τη **δημιουργία μιας χοανοειδούς εκσκαφής**, βάθους

180 μέτρων περίπου, με **βαθμίδες ύψους 10 μέτρων** και **πλάτους 5 μέτρων** αντίστοιχα.



**Σχήμα 4.5:** Κλειστή εκμετάλλευση με τη μέθοδο των ορθών βαθμίδων

Η συνεχής εκσκαφή, δημιούργησε μια μικρή **λίμνη στον πυθμένα του μεταλλείου** (υψόμετρο + 480 m), αλλά δεν υπάρχουν στοιχεία για τον υπόγειο υδροφόρο που την τροφοδοτεί. Η στάθμη της λίμνης δεν είναι σταθερή, καθώς το υπόβαθρο του σερπεντινίτη δεν είναι στεγανό και καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις βροχοπτώσεις. Οι βαθμίδες του μεταλλείου άλλοτε έχουν πρόσβαση από τους εσωτερικούς δρόμους και άλλοτε όχι. Αυτό έχει σαν συνέπεια τη δυσχερή μεταφορά φυτικής γης στις ενδιάμεσες βαθμίδες (Σχήμα 4.6).



**Σχήμα 4.6:** Δημιουργία λίμνης στον πυθμένα του μεταλλείου

### 4.3.3 Οι Αποθέσεις

Τα **στείρα υλικά** από το μεταλλείο αλλά και τα λεπτόκοκκα υλικά, που προέκυπταν μετά την επεξεργασία του ορυκτού από το εργοστάσιο, συσσωρεύτηκαν όλα αυτά τα χρόνια στη χαράδρα, που βρίσκεται στο ανατολικό και νότιο ανατολικό τμήμα των ορίων ιδιοκτησίας της εταιρίας, **πολύ κοντά στον ποταμό Αλιάκμονα** (Σχήμα 4.7). Υπολογίστηκε ότι τα στείρα περιέχουν αμιάντο σε ποσοστά γύρω στο 0,2% (Παπαϊωάννου & Αραμπατζόγλου, 1982). Με δεδομένο ότι η συνολική ποσότητα των στείρων υλικών στις αποθέσεις ανέρχεται στους **69.000.000 τόνους**, συνάγεται ότι οι όγκοι των αποθέσεων περιέχουν **138.000 τόνους καθαρού αμιάντου**.



**Σχήμα 4.7:** Άποψη των αποθέσεων από τη γέφυρα του Αλιάκμονα

Η έκταση που καταλαμβάνουν οι αποθέσεις είναι 532 στρέμματα και εξαιτίας της μορφολογίας του εδάφους διαμόρφωσαν σταδιακά από τα ανώτερα προς τα κατώτερα τμήματα ένα ενιαίο **πρανές ύψους 170 μέτρων** χωρίς ενδιάμεσες βαθμίδες. Το ύψος των αποθέσεων μειώνεται από βόρεια προς νότια σε μια απόσταση 3 χιλιομέτρων από 180 μέτρα μέχρι 10 μέτρα. Η **μέγιστη κλίση** ανέρχεται στο **80%** στη βόρεια και βορειοανατολική πλευρά καλύπτοντας το 65% της επιφάνειάς της. Ο χώρος απόθεσης των στείρων του μεταλλείου, βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής. Η μεταφορά αυτών των υλικών γινόταν με το μηχανικό εξοπλισμό (dumper, shovel, προωθητήρες, φορτωτές) του εργοστασίου και για την διαμόρφωση χρησιμοποιήθηκαν προωθητές γαιών, δημιουργώντας σταδιακά μία οριζόντια πλατεία στο υψόμετρο +590 με ενιαία πρανή προς την χαράδρα. Εξαιτίας της μεθόδου της απόθεσης και της ανομοιογένειας του υλικού ως προς το μέγεθος, οι μεγαλύτεροι όγκοι φτάνουν έως το πόδι του πρανούς ενώ οι μικρότεροι επικάθονται στο πρανές,

δημιουργώντας σωρούς. Το κατώτερο τμήμα της απόθεσης βρίσκεται στο υψόμετρο των +512 και εξαιτίας της μεγάλης υψομετρικής διαφοράς (78 μέτρων), **υπέστη επανειλημμένα κατολισθήσεις και καθιζήσεις.**

Σε δύο (2) μέρη κοντά στις αποθέσεις του μεταλλείου συνολικής επιφάνειας 58 στρεμμάτων, δημιουργήθηκε χώρος αποθήκευσης της φυτικής γης που προέκυψε από την διαδικασία αποκάλυψης του κοιτάσματος. Η γη αυτή αποθηκεύτηκε για τις μελλοντικές δράσεις αποκατάστασης του χώρου και ανέρχεται στα 365.000 m<sup>3</sup>.

Στην εν λόγω απόθεση έχει ληφθεί μέριμνα καθ' όλη την διάρκεια της εκμετάλλευσης ώστε ο χώρος να διαμορφωθεί κατά τέτοιο τρόπο που να προσαρμόζεται στο υπάρχον φυσικό περιβάλλον, ενώ και η φυτική γη χρησιμοποιήθηκε για τη μερική επικάλυψη της πλατείας (ΑΝ.ΚΟ., 2002).

Ο χώρος απόθεσης των λεπτόκοκκων στείρων, που προέκυψαν μετά την επεξεργασία του μεταλλεύματος στο εργοστάσιο διαμορφώθηκε στο ανατολικό τμήμα της περιοχής, σε απόσταση 800 περίπου μέτρων από το εργοστάσιο (Σχήμα 4.8). Τα υλικά του εργοστασίου αποτελούνταν από σπασμένο σερπεντινίτη με μικρό ποσοστό αμιάντου. Η μεταφορά του υλικού γινόταν μέσω μεταφορικών ταινιών, ενώ η διαμόρφωση της πλατείας γινόταν με προωθητές γαιών. Η διαδικασία της απόθεσης των λεπτόκοκκων στείρων δημιούργησε σταδιακά μια πλατεία στο υψόμετρο +567 με μικρή κλίση προς το φρύδι του πρανούς και **δημιουργία ενιαίου πρανούς με απότομη κλίση περίπου 90%** και υψομετρική διαφορά φρυδιού - πόδα περίπου **190 μέτρα**. Και αυτές οι αποθέσεις **υπέστησαν κατά το παρελθόν επανειλημμένες κατολισθήσεις και καθιζήσεις**, εξαιτίας του τεράστιου όγκου τους που συνδυάζεται με εξαιρετικά απότομες κλίσεις.



**Σχήμα 4.8:** Πλατεία απόθεσης στείρων επεξεργασίας

Στην απόθεση υπήρχαν εγκατεστημένοι δύο κλάδοι ταινιόδρομων που χρησιμοποιούνταν για την απόρριψη και μεταφορά των στείρων, οι οποίοι αφαιρέθηκαν από το προσωπικό της εταιρείας μετά το κλείσιμο του εργοστασίου. Στο



χώρο που καταλάμβαναν φυτεύτηκαν διάφορων ειδών δένδρα τα οποία αποτελούν ένα ενιαίο σχέδιο αποκατάστασης του περιβάλλοντος.

Σε όλο το μήκος της ανατολικής πλευράς (2,4 χιλιόμετρα) διέρχεται ρέμα του οποίου η αρχική κοίτη έχει επιχωθεί με στείρα υλικά τόσο στο υψηλότερο τμήμα (νότια) όσο κυρίως και στο χαμηλότερο τμήμα (βόρεια). Έτσι το ρέμα έχει φραχτεί σε δύο σημεία, αφού οι αποθέσεις έχουν ουσιαστικά ακουμπήσει στην απέναντι δυτική πλευρά της λεκάνης απορροής των ομβρίων. Αποτέλεσμα αυτού είναι να λιμνάζουν τα νερά στο κατώτερο τμήμα και η απορροή τους τελικά να γίνεται μέσα από διαβρώσεις των αποθέσεων. Τα **νερά του ρέματος αυτού καταλήγουν τελικά στον Αλιάκμονα**. Το μέγιστο ύψος επίχωσης στο κατώτερο τμήμα ξεπερνάει τα 20m (τμήμα συνολικού μήκους 400 μέτρων).

**Πρόγραμμα αποκατάστασης** των αποθέσεων και του μεταλλείου βρίσκεται σε εξέλιξη, το οποίο αποσκοπεί στην επανένταξη των χώρων αυτών στο οικοσύστημα της περιοχής. Όσον αφορά στις αποθέσεις, το πρόγραμμα συνίσταται στη δημιουργία βαθμίδων, ώστε να περιοριστούν οι κίνδυνοι εκτεταμένων αστοχιών στο μέχρι σήμερα ενιαίο πρηνές και ακολούθως στην εγκατάσταση βλάστησης (Σχήμα 4.9). Για το μεταλλείο προβλέπεται διάστρωση φυτικής γης και δεντροφύτευση στα δάπεδα των βαθμίδων.



**Σχήμα 4.9:** Αποκατάσταση παλαιότερων βαθμίδων απόθεσης

#### 4.3.4 Οι κτιριακές εγκαταστάσεις

Στο **συγκρότημα επεξεργασίας** υπάρχουν οι εξής κύριες εγκαταστάσεις:

- Το **κτίριο πρωτογενούς θραύσης** (Crusher House) με εμβαδόν  $318\text{m}^2$  και ύψους 38m.
- Το **κτίριο ξήρανσης** (Dryer Building) με εμβαδόν  $3.544\text{m}^2$ .
- Το **κτίριο μεταφοράς** (Transfer House) με εμβαδόν  $161,25\text{m}^2$ , ύψους: 22,5m και όγκο  $368\text{m}^3$ .
- Τα τρία (3) **σιλό υγρού μεταλλεύματος** (Wet Silos) ύψους 20m, και έξι (6) **σιλό ξηρού μεταλλεύματος** (Dry Silos), με εμβαδόν  $1368\text{m}^2$  και ύψους 28m.
- Το **κτίριο της κύριας επεξεργασίας** (Mill Building). Πρόκειται για κτίριο, με εννέα ορόφους, ύψους 57m.
  - ◆ Το ισόγειο έχει εμβαδόν  $2.812,5\text{m}^2$ , ύψους 6m.
  - ◆ Οι επόμενοι έξι (6) όροφοι, εμβαδόν  $2.812,5\text{m}^2$  και ύψους 4,5m.
  - ◆ Ο έβδομος (7ο) όροφος, εμβαδόν  $2.812,5\text{m}^2$  και ύψους 4,9m.
  - ◆ Ο όγδοος (8ος) όροφος, εμβαδόν  $562,5\text{m}^2$  και ύψους 5,3m.
  - ◆ Ο ένατος (9ος) όροφος, εμβαδόν  $2.812,5\text{m}^2$  και ύψους 8m.
- Το **κτίριο έτοιμου προϊόντος** (Storage Building), με εμβαδόν  $1.687,5\text{m}^2$  και ύψους 6m.
- Το **συγκρότημα σηράγγων μεταφορικών ταινιών**.
- Το **συγκρότημα ταινιοδρόμων απόθεσης** (Tailing Conveyors).

Παρακάτω ακολουθεί εκτεταμένη περιγραφή των παραπάνω εγκαταστάσεων:

**Το κτίριο πρωτογενούς θραύσης** περιλαμβάνει τον πρωτογενή σπαστήρα (Primary Crusher), τον ερπυστριοφόρο τροφοδότη (Apron Feeder) και άλλες βοηθητικές εγκαταστάσεις (χειριστήριο, ηλεκτρικό δωμάτιο, φίλτρα, συστήματα λίπανσης, γερανογέφυρας, κλπ). Το κτίριο αυτό αποτελούσε την αρχή της επεξεργασίας του μεταλλεύματος. Το μέταλλευμα μεταφερόταν εδώ από το μεταλλείο για θραύση (πρωτογενή). Ο σπαστήρας βρίσκονται κατά το μεγαλύτερο μέρος κάτω από το έδαφος, ενώ τα χειριστήρια και γενικά η παρακολούθηση της θραύσης γινόταν από τις υπέργειες μεταλλικές εγκαταστάσεις του.

**Το κτίριο ξήρανσης** περιλαμβάνει τρία περιστροφικά ξηραντήρια με τους αντίστοιχους καυστήρες και τις απαραίτητες βοηθητικές εγκαταστάσεις (φίλτρα,

κολώνες, λεβητοστάσιο, δεξαμενές μαζούτ κλπ). Σε αυτή την εγκατάσταση γινόταν η ξήρανση του υλικού. Ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιούταν μαζούτ. Παράλληλα υπάρχουν και βοηθητικές εγκαταστάσεις, όπως σιλό, δεξαμενή αζώτου για αδρανοποίηση κ.α.. Το κτίριο είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Μεταξύ του πρωτογενούς θραυστήρα και του κτιρίου κύριας επεξεργασίας υπάρχουν **τρεις κλειστές μεταφορικές ταινίες** μεταλλικής κατασκευής για τη μεταφορά του υλικού. **Το κτίριο μεταφοράς** (Σχήμα 4.10) αποτελεί έναν ενδιάμεσο σταθμό που χρησιμεύει αφενός για τη στήριξη των μεταφορικών ταινιών και αφετέρου για την αλλαγή κατεύθυνσης του μεταφερόμενου υλικού. Είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα.

**Σχήμα 4.10:** Κτίριο μεταφοράς

Υπάρχουν **τρία σιλό υγρού μεταλλεύματος** (ένα για κάθε ξηραντήριο) ύψους 20 μέτρων και **έξι σιλό ξηρού μεταλλεύματος** (Σχήμα 4.11) ύψους 24 μέτρων. Όλα τα σιλό είναι κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στα σιλό υγρού μεταλλεύματος αποθηκεύονταν το υλικό με μέση υγρασία 8% περίπου που προερχόταν από το κύκλωμα θραύσης - κοσκίνησης. Στα σιλό ξηρού μεταλλεύματος αποθηκεύονταν υλικό με μέση υγρασία 1,5%, μετά από την ξήρανση, αφού πρώτα μεσολαβούσε κοσκίνησή του.



**Σχήμα 4.11:** Σιλό μεταλλεύματος

Το **κτίριο κύριας επεξεργασίας** είναι ένα δεκαώροφο κτίριο, ύψους 57,00 μέτρων, κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα μέχρι το επίπεδο του α' ορόφου και με μεταλλική κατασκευή από εκεί και πάνω. Είναι ο χώρος όπου γινόταν η κατεργασία του υλικού σε εξής στάδια:



- ❖ Θραύση (δευτερογενής)
- ❖ Κοσκίνιση
- ❖ Απόρριψη (χονδρομερές στείρο υλικό)
- ❖ Ενσάκκιση τελικού προϊόντος

Η επικοινωνία των διαφόρων οριζοντίων επιπέδων του εν λόγω κτιρίου γίνεται με κατακόρυφες μεταλλικές βαθμίδες, ενώ η ύπαρξη του ανελκυστήρα βοηθά τα μέγιστα για την άμεση μετάβαση από το ισόγειο στον μεταλλικό περιμετρικό διάδρομο του τελευταίου επιπέδου, από όπου υπάρχει δυνατότητας ολοκληρωμένης οπτικής επαφής με τον μηχανολογικά εξοπλισμό και γενικότερα του κτιρίου.

Από το κτίριο κύριας επεξεργασίας το άχρηστο υλικό απομακρυνόταν και μεταφερόταν (μέσω μεταφορικών ταινιών) στο χώρο των αποθέσεων.

**Στο κτίριο έτοιμου προϊόντος** γινόταν μέρος της συσκευασίας, κωδικοποίηση και προσωρινή αποθήκευση του έτοιμου προϊόντος και είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα (Σχήμα 4.12). Το έτοιμο προϊόν αφού συσκευαστεί εναποτίθεται προσωρινά στο ισόγειο του κτιρίου κύριας επεξεργασίας και από εκεί μεταφέρεται μέχρι την πώληση αυτού, στα toll αποθήκευσης τα οποία βρίσκονται δεξιά του δρόμου εισόδου και απέναντι από τον όγκο των εγκαταστάσεων επεξεργασίας προϊόντος.



**Σχήμα 4.12:** Κτίριο έτοιμου προϊόντος

**Το συγκρότημα ταινιόδρομων** απόθεσης περιλαμβάνει τις μεταφορικές ταινίες που τροφοδοτούσαν από το στείρο υλικό της κατεργασίας και το μετέφεραν στο χώρο απόθεσης, σε απόσταση 800 m περίπου από τις κύριες εγκαταστάσεις. Υπάρχουν δύο γραμμές απόρριψης με αυτόματη δυνατότητα εναλλαγής και η μία από αυτές περιλαμβάνει και ειδικό αποθέτη.

Πέραν των κύριων εγκαταστάσεων το συγκρότημα των ΜΑΒΕ περιλαμβάνει διάφορες βοηθητικές εγκαταστάσεις (κτίρια διοικητικών και άλλων υπηρεσιών, συνεργεία, αποθήκες, ξενώνες, κλπ.)

**Το κτίριο των βοηθητικών εγκαταστάσεων** βρίσκεται μπροστά και δίπλα από το κύριο συγκρότημα επεξεργασίας του μεταλλεύματος, στη αυλή του συγκροτήματος και στο χώρο μεταξύ κτιρίου επεξεργασίας και μεταλλείου. Εδώ στεγάζονται:

- Το μηχανουργείο
- Η αποθήκη υλικού - ανταλλακτικών
- Το ιατρείο και οι πρώτες βοήθειες
- Ένα γραφείο
- Ο χώρος συνεστίασης
- Χώροι αποδυτηρίων
- Χώροι υγιεινής
- Χώρος Η/Μ εγκαταστάσεων (μηχανοστάσιο και δεξαμενή καυσίμων)
- Διάφοροι αποθηκευτικοί χώροι

Ο χώρος των αποδυτηρίων, επικοινωνεί στο επίπεδο του υπογείου με τους χώρους των πλυντηρίων - σιδερωτήριων των μεταλλείων, προκειμένου να καθαρίζονται σε ημερήσια βάση τα ρούχα εργασίας από τις επικίνδυνες ίνες του αμιάντου. Τόσο το τμήμα του κτιρίου που στεγάζεται το μηχανουργείο, όσο και το τμήμα των αποδυτηρίων του κτιρίου καταλήγουν σε δώμα, όπου σε πολλά σημεία του είναι ορατό το πρόβλημα της υγρασίας στην οροφή και τους τοίχους. Το κτίριο αυτό έχει σχήμα «Τ», με διπλή αλλά άνιση την οριζόντια γραμμή του (Τ), μέγιστων διαστάσεων 87m x 143m. Ο φέρων σκελετός του κτιρίου είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Λόγω του μήκους και του σχήματός του, το κτίριο έχει αρμούς διαστολής κατά δυο διευθύνσεις. Το τμήμα του κτιρίου, διαστάσεων 153m x 22m είναι ψηλότερο από το υπόλοιπο τμήμα με ύψος που ανέρχεται στα 8-9 μέτρα περίπου. Το υπόλοιπο τμήμα του κτιρίου, μέγιστων διαστάσεων 93 και 65 μέτρα είναι μονώροφο ύψους 3,5 μέτρων. Περιμετρικά οι τοίχοι έχουν αντικατασταθεί από «πετάσματα» αμιαντόπλακων καθ' όλο το ύψος.

**Το κτίριο των Διοικητικών Υπηρεσιών** είναι διώροφο, μορφής «πεπλατυσμένου Η» και διαστάσεων 42,80m x 24,45m. Είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στο ισόγειο βρίσκονταν:

- ❖ Χώροι Η/Μ εγκαταστάσεων (μηχανολογικές και ηλεκτρικές)
- ❖ Εργαστήριο μέτρησης ρύπανσης και θορύβου
- ❖ Χώροι γραφείων
- ❖ Αποθηκευτικοί χώροι
- ❖ Χώροι υγιεινής



**Σχήμα 4.13:** Κτίριο Διοίκησης

Οι χώροι του ισογείου είναι μικρότεροι σε συνολικά τετραγωνικά αυτών του ορόφου, καθ' ότι αριστερά και δεξιά αφήνεται χώρος για στάθμευση δύο σειρών αυτοκινήτων εκατέρωθεν με την δημιουργία πιλοτής σε τμήμα του ισογείου του κτιρίου. Η κατακόρυφη επικοινωνία των δύο επιπέδων του κτιρίου γίνεται μόνο με τα κλιμακοστάσια, διότι το κτίριο στερείται ανελκυστήρας. Μία κεντρική εξωτερική σκάλα οδηγεί στον πρώτο όροφο του κτιρίου, όπου εκατέρωθεν ενός «πεπλατυσμένου Η» εσωτερικού διαδρόμου υπάρχουν:

- Γραμματεία
- Γραφεία (διεύθυνσης και εργαζομένων)
- Ταμείο
- Ιατρείο
- Αίθουσα συσκέψεων και συνεδριάσεων

- Γραφείο προμηθειών
- Τοπογραφικό τμήμα με αρχείο σχεδίων και χαρτών
- Αποθηκευτικοί χώροι
- Χώροι υγιεινής

Οι διάφορες ρωγμές που παρουσιάζονται στο κτίριο σε ορισμένα σημεία προκλήθηκαν μετά τον σεισμό του Μάη του 1995 και πρέπει μάλλον να εντοπίζονται στους τοίχους πλήρωσης και όχι στον σκελετό του κτιρίου. Αυτό βέβαια θα προκύψει έπ' ακριβώς μετά από συστηματική εξέταση του φέροντος οργανισμού του κτιρίου (ΕΜΠ, Αύγουστος 2002). Το κτίριο έχει επίσης για επιστέγαση δώμα αντί στέγης και παρά την μόνωσή του από την κατασκευή και τις επί πλέον εργασίες που έγιναν εκ των υστέρων στο δώμα δεν αποφεύχθηκε το πρόβλημα του εμποτισμού του κτιρίου (οροφής και τοίχων) από τα νερά και χιόνια του δώματος.

#### 4.3.5 Ο Οικισμός

Στο χώρο των ΜΑΒΕ, κατασκευάστηκε ένας οικισμός για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες στέγασης (μόνιμης ή προσωρινής) των εργαζομένων. Περιλαμβάνει συνολικά **17 λυόμενους οικίσκους** από αμιαντόπλακες, που βρίσκονται κοντά στην Ιερά Μονή Ζιδανίου.

1. Τέσσερα (4) μονόχωρα (1 δωμάτιο, κουζίνα, λουτρό και αποθήκη), εμβαδόν  $42\text{m}^2$ .
2. Έξι (6) δίχωρα (2 δωμάτια, κουζίνα, λουτρό και αποθήκη), εμβαδόν  $48\text{m}^2$ .
3. Τρία (3) τρίχωρα (3 δωμάτια, κουζίνα, λουτρό και αποθήκη), εμβαδόν  $56\text{m}^2$ .
4. Τρεις (3) δίχωροι ξενώνες (2 δωμάτια και λουτρό) εμβαδόν  $50\text{m}^2$ .
5. Ένα (1) διώροφο πέτρινο κτίριο που βρίσκεται πριν από την είσοδο στη Μονή Ζιδανίου και χρησιμοποιείται για διαμονή του φύλακα που φροντίζει τη συντήρηση και καθαριότητα του οικισμού.



**Σχήμα 4.14:** Λυόμενο του Οικισμού

#### 4.3.6 Η Μονή Ζιδανίου

Μέσα στο χώρο των ΜΑΒΕ, ανάμεσα στο συγκρότημα επεξεργασίας και στο μεταλλείο και σε απόσταση 500 μέτρων από αυτό, βρίσκεται το μοναστήρι του Ζιδανίου (Σχήμα 4.15). Πρόκειται για ένα παλιό μοναστήρι που υπήρχε εκεί από τους βυζαντινούς χρόνους, μαζί με τον ομώνυμο οικισμό. Το 1854 Τούρκοι πυρπόλησαν τον οικισμό, λόγω της συμμετοχής των κατοίκων στο κίνημα του ΖΙΑΚΑ. Το μοναστήρι ωστόσο ξαναχτίστηκε το 1918 και μέχρι σήμερα αποτελεί πόλο έλξης για πολλούς επισκέπτες, οι οποίοι διέρχονται μέσα από το χώρο των ΜΑΒΕ. Σε απόφαση του Διοικητικού Δικαστηρίου Σερβίων (17/5/1922) αναφέρεται η εν λόγω αγορά της έκτασης του οικισμού από τον ηγούμενο της Μονής Άνθιμο.



(α)



(β)

**Σχήμα 4.15:** (α) Η Μονή Ζιδανίου, (β) Η εκκλησία της Παναγίας

Μετά το 1920, αφού οι κάτοικοι βρέθηκαν χωρίς ιδιοκτησίες εγκαταλείπουν οριστικά τον οικισμό. Στην περιοχή μένει μόνο το μοναστήρι καθώς και μερικά ίχνη

ερείπωμένων θεμελίων, τα οποία τυλιγμένα με αγριόχορτα και θάμνους μαρτυρούν την ύπαρξη κάποτε του οικισμού. Η εγκαθίδρυση στην περιοχή των μεταλλείων ολοκληρώνει την καταστροφή και εξαφάνιση του οικισμού.

#### 4.4 Δυναμικότητα και παραγωγική διαδικασία του συγκροτήματος επεξεργασίας

Η **δυναμικότητα** των εγκαταστάσεων επεξεργασίας ήταν η ακόλουθη:

- **Πρωτογενή θραύση:** δυναμικότητα 1200 τόνους ανά ώρα.
- **Κύκλωμα θραύσης – κοσκίνησης – απόρριψης:** δυνατότητα τροφοδοσίας με 1000 τόνους ανά ώρα, οι οποίοι εισέρχονταν στο κύκλωμα από τον πρωτογενή θραυστήρα με τη μεταφορική ταινία No1. Στο τέλος του κυκλώματος αυτού απορρίπτονταν τα χονδρομερή στείρα που αποτελούσαν το 50% - 60% της αρχικής τροφοδοσίας. Το υπόλοιπο υλικό μεταφερόταν στα σιλό υγρού μεταλλεύματος και από εκεί στις εγκαταστάσεις ξήρανσης.
- **Ξήρανση:** δυναμικότητα 180 τόνων ανά ώρα ανά ξηραντήριο, δηλαδή συνολικά 540 τόνοι ανά ώρα.
- **Σιλό υγρού και ξηρού μεταλλεύματος:** χωρητικότητα 2000 τόνων για τα σιλό υγρού και 2500 τόνων για τα σιλό του ξηρού υλικού.
- **Κύκλωμα κύριας κατεργασίας** (μύλος και fiber lines): δυναμικότητα 300 τόνων ανά ώρα ξηρού υλικού.
- **Κύκλωμα συσκευασίας:** δυναμικότητα 15 τόνων ανά ώρα τελικού προϊόντος διαφόρων ποιοτήτων.
- **Κύκλωμα απόρριψης:** δυναμικότητα 1000 τόνων ανά ώρα.

##### 4.4.1 Συνοπτική περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας

Το μέταλλευμα υφίσταται κατεργασία τριών (3) σταδίων:

1. **Πρωτογενή θραύση** (Προεμπλουτισμός).
2. **Δευτερογενή θραύση.**
3. **Διαχωρισμός και καθαρισμός** (αποκονίωση) της ίνας – **Ταξινόμηση** στις αντίστοιχες ποιότητες.

Κατά το πρώτο στάδιο, το πέτρωμα (μεγέθους –1200 mm) οδηγείται στο συγκρότημα του γυροσκοπικού θραυστήρα, δυναμικότητας 1.000 t/h. Ακολούθως, το προϊόν του

θραυστήρα (μεγέθους –150 mm) κατευθυνόταν με μεταφορική ταινία προς το κυρίως συγκρότημα επεξεργασίας. Με τη βοήθεια ενός διαχωριστή (splitter), το μέταλλευμα κατέληγε σε δύο δονούμενα κόσκινα, τριπλού καταστρώματος (μεγέθους βροχίδας 100, 50 και 18 mm, αντίστοιχα), δυναμικότητας 500 t/h έκαστο. Το προϊόν των –18 mm (υγρασίας 10%), αποτελούσε περίπου το 40% – 45% της αρχικής τροφοδοσίας και αποθηκευόταν στα σιλό του υγρού μεταλλεύματος. Τα κοκκομετρικά κλάσματα +18 mm οδηγούνται σε κρουστικούς – περιστροφικούς θραυστήρες Hazemag, δυναμικότητας 100 – 150 t/h έκαστος. Το υλικό κατευθυνόταν εν συνεχεία σε δονούμενα κόσκινα διπλού καταστρώματος, από τα οποία το προϊόν –8 mm κατευθυνόταν στα σιλό ξηρού μεταλλεύματος. Το προϊόν από τα σιλό του υγρού ξηραινόταν και κοσκινιζόταν. Το κλάσμα –8 mm οδηγείται στα σιλό ξηρού για το δεύτερο στάδιο επεξεργασίας. Σημειώνεται ότι κατά το σχεδιασμό του εργοστασίου είχε προβλεφθεί και η λειτουργία θραυστήρων Pulvomatic (Cage mills), τα οποία παρεμβάλλονταν στο κύκλωμα θραύσης μετά τα διπλά κόσκινα. Οι θραυστήρες αυτοί είχαν καταργηθεί από το κύκλωμα για λόγους παραγωγικούς, αλλά παραμένουν λειτουργικοί.

Κατά το δεύτερο στάδιο επεξεργασίας, το μέταλλευμα από τα σιλό ξηρού μεταλλεύματος διαχωριζόταν σε έξι παράλληλες γραμμές. Με διαφορική κοσκίνιση, η ελεύθερη ίνα επιπλέει και αναρροφείται με τη βοήθεια του συστήματος κενού. Αυτή η ποιότητα ήταν η καλύτερη (Ομάδα 4) και κατευθυνόταν προς το τρίτο στάδιο επεξεργασίας. Η δεσμευμένη στο μητρικό πέτρωμα ίνα προωθούνταν σε σφυρόμυλους δύο σταδίων (Torrey fiberizers), δυναμικότητας περίπου 20 t/h έκαστος, για περαιτέρω θραύση και, εν συνεχεία, ακολουθούσε την ίδια διαδικασία (διαφορική ταξινόμηση, κ.λπ.). Το προϊόν αυτό αποτελούσε την πρώτη ύλη για παραγωγή ίνας χαμηλότερης ποιότητας (Ομάδα 5 και Ομάδα 6).

Κατά το τρίτο στάδιο, με τη βοήθεια αεροδιαχωριστών και κυκλώνων, η ίνα του αμιάντου υφίσταται διαχωρισμό από τα τεμαχίδια του μητρικού πετρώματος, αποκονίωση και ταξινόμηση στις τελικές ποιότητες. Το δεύτερο και τρίτο στάδιο επεξεργασίας αποτελούν την κύρια κατεργασία του εμπλουτισμένου μεταλλεύματος. Λόγω της κατασκευής του συγκεκριμένου εργοστασίου δεν μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα, δεδομένου ότι το σύστημα κενού εξυπηρετεί από κοινού τα δύο αυτά στάδια. Το σύστημα κενού αποτελείται από 7 ανεμιστήρες των 600 kW, γεγονός που καθιστά τη λειτουργία του υφιστάμενου συστήματος ιδιαίτερα



απαιτητική από πλευράς κατανάλωσης ενέργειας, τουλάχιστον με τη σημερινή διαμόρφωση.

Η ίνα, μετά την τελική κατεργασία κατευθυνόταν, ως τελικό προϊόν, στο κύκλωμα συσκευασίας (Σχήμα 4.16), δυναμικότητας 15 t/h, και συσκευαζόταν σε σάκους των 50 κιλών. Ακολουθώντας, οι σάκοι συσκευάζονταν σε παλέτες του ενός (1) τόνου, καλύπτονταν με πλαστικό κάλυμμα και δένονταν, με τη βοήθεια αυτόματου μηχανήματος, πριν διατεθούν στην αγορά.



**Σχήμα 4.16:** Ενσάκκιση τελικού προϊόντος

#### **4.5 Ανάγκες κάλυψης σε νερό**

Από τα υδρογεωλογικά δεδομένα προκύπτει ότι η περιοχή στερείται αξιόλογων υπόγειων υδροφόρων, ικανών για να καλύψουν τις ανάγκες σε νερό του εργοστασίου και του περιβάλλοντος χώρου. Για το σκοπό αυτό, η εταιρεία έχει εγκατασταθεί αντλιοστάσιο κοντά στον ποταμό Αλιάκμονα που παρέχει νερό σε μια δεξαμενή Νότια του εργοστασίου. Στο αντλιοστάσιο δουλεύουν εναλλάξ δύο αντλίες ισχύος 15 HP οι οποίες διοχετεύουν στην δεξαμενή νερό με παροχή  $50\text{m}^3/\text{h}$ . Η δεξαμενή είναι χωρισμένη σε τέσσερα διαμερίσματα και έχει συνολικά χωρητικότητα  $600\text{m}^3$  νερού. Επίσης προβλεπόταν για τις ανάγκες ιδιαίτερα του καλοκαιριού σύστημα ανακύκλωσης των νερών του εργοστασίου.

#### **4.6 Μεταφορική υποδομή**

Η περιοχή είναι προσβάσιμη από οδικό δίκτυο (υπερτοπικής και τοπικής σημασίας) που είναι η Εθνική οδός Νο3, ο κλάδος της νέας οδικής σύνδεσης Τριγωνικού - Ρυμνίου, ο πρωτεύον επαρχιακός δρόμος Νο3, οι δευτερεύοντες επαρχιακοί δρόμοι Νο8, και Νο7 και οι τοπικοί δρόμοι Μικροβάλτου – MABE, Ρυμνίου και Φρουρίου - MABE. Η γέφυρα του Ρυμνίου που αποτελεί τοπικά τη 2<sup>η</sup> εναλλακτική λύση για τη σύνδεση της ανατολικής με τη δυτική όχθη του Αλιάκμονα, είναι το σημείο διέλευσης των περισσότερων σχεδόν δυνατών διαδρομών.



Σημαντικό έργο αποτελεί η σχεδιαζόμενη σύνδεση Τριγωνικού - Ρυμνίου - Κοζάνης, συνολικού μήκους 30 χιλιομέτρων και προδιαγραφών Εθνικής οδού, το οποίο όταν περατωθεί θα αλλάξει τα τοπικά και τα ευρύτερα συγκοινωνιακά δεδομένα, αφού θα βελτιώνει και θα συντομεύει κατά 12 χιλιόμετρα τη διαδρομή Λάρισας Κοζάνης.

Για την πρόσβαση στις πλησιέστερες Εθνικές οδούς Κοζάνης - Γρεβενών, Κοζάνης - Θεσσαλονίκης και Κοζάνης - Λάρισας απαιτούνται διαδρομές μέσω των επαρχιακών Νο3 Κοζάνης - Αιανής και Νο8 Αιανής -Ρυμνίου - Αυλών. Οι δρόμοι αυτοί αποτελώντας ο ένας επέκταση του άλλου προς δύο εξ ίσου σημαντικές κατευθύνσεις, μπορεί να θεωρηθεί ότι συναποτελούν τον πρωτεύοντα οδικό άξονα της περιοχής. Παράλληλα εξασφαλίζουν τη σύνδεση της περιοχής με τη Κοζάνη και τα Σέρβια, ενώ εξυπηρετούν και τις ανάγκες υπερτοπικών μετακινήσεων και μεταφορών.

Ο κύριος δρόμος σύνδεσης της περιοχής με την ευρύτερη περιοχή είναι αυτός που συνδέει το Ρύμνιο με το Μικρόβαλτο μέσω ΜΑΒΕ ξεκινώντας από την επαρχιακή οδό Νο8 με δεξιά διασταύρωση αμέσως μετά τη γέφυρα Ρυμνίου στη λίμνη Πολυφύτου.



**Σχήμα 4.17:** Γέφυρα Σερβίων

Ο δρόμος αυτός είναι ασφαλτοστρωμένος, μήκους 11 km από την διασταύρωση μέχρι και τις εγκαταστάσεις του εργοστασίου, ενώ από εκεί και μέχρι το Μικρόβαλτο συνεχίζει ως χωματόδρομος κακής βατότητας για περίπου 6 km.

Επισημαίνεται ότι λόγω του αργιλικού κυρίως υποβάθρου ο δρόμος παρουσιάζει σχεδόν σε όλο του το μήκος μικρές διαρρήξεις, οι οποίες όμως προς το παρόν δεν επηρεάζουν την ομαλή διέλευση των οχημάτων. Σημαντικά στη δημιουργία των διαρρήξεων συνέβαλλαν τα βαρέα οχήματα κατά την μεταφορά του επεξεργασμένου προϊόντος. Τόσο οι δρόμοι ανάμεσα στα σπίτια του οικισμού, όσο και ο δρόμος για τα γραφεία διοίκησης και το εργοστάσιο κύριας επεξεργασίας είναι κρασπεδωμένοι και ασφαλτοστρωμένοι.

## 5. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΣΕΙΡΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ

Ο προσδιορισμός του αμιάντου στα περιβαλλοντικά μέσα (αέρας, νερό, έδαφος) ή ακόμη και σε διάφορα υλικά όπως π.χ. απόβλητα, λεπτομερή ή χονδρομερή παρασκευάσματα, κλπ., αποτελεί το πρώτο στάδιο για την περιχάραξη του προβλήματος ρύπανσης μιας περιοχής, την εκτίμηση της σοβαρότητας της κατάστασης και της επιλογής των κατάλληλων μέτρων εξυγίανσης.

Για την εκτίμηση της κατάστασης ρύπανσης της ευρύτερης περιοχής των ΜΑΒΕ πρέπει να διαπιστωθεί ο βαθμός μόλυνσης αέρος, εδάφους και νερού. Συνεπώς, απαιτούνται:

- ❖ Δειγματοληψίες νερού (Αλιάκμονας, λίμνη Πολυφύτου κλπ).
- ❖ Δειγματοληψίες εδάφους (Μεταλλείο, αποθέσεις, κλπ).
- ❖ Δειγματοληψίες αέρος (εκτός και εντός των κτιριακών εγκαταστάσεων και στην ευρύτερη περιοχή).

Τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών εκτός από τον χαρακτηρισμό του βαθμού ρύπανσης της περιοχής, προσδιορίζουν επίσης τυχόν χρονικές μεταβολές της όταν αυτά συγκριθούν με αποτελέσματα παλαιότερων μετρήσεων που έχουν πραγματοποιηθεί στην ίδια περιοχή. Για το σκοπό αυτό, απαραίτητο αποτελεί το γεγονός, οι καινούργιες δειγματοληψίες (ή τουλάχιστον κάποιες από αυτές) να πραγματοποιηθούν στα ίδια σημεία με τις παλαιότερες ώστε να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων.

### 5.1 Δειγματοληψία

Η συλλογή, η προετοιμασία και η ανάλυση των δειγμάτων ακολουθούν προκαθορισμένες διαδικασίες και απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό και κατάλληλο εξοπλισμό, όπως πολωτικό και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο και Περιθλασιμετρία Ακτίνων Χ (X-Ray Diffraction - XRD), ειδικά κατά το στάδιο της ανάλυσης.

Ο σχεδιασμός ενός προγράμματος δειγματοληψιών περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Επιλογή είδους δειγματοληψίας (αέρας, νερό, έδαφος).
- Επιλογή θέσεων δειγματοληψίας.

- Επιλογή τρόπου δειγματοληψίας.
- Επιλογή συχνότητας δειγματοληψιών.
- Συλλογή δειγμάτων.
- Προετοιμασία και ανάλυση δειγμάτων.
- Επεξεργασία αποτελεσμάτων (σφάλματα, αποκλίσεις, συσχετισμοί, απόρριψη δειγμάτων κλπ.).

## 5.2 Ανίχνευση ινών αμιάντου στον ατμοσφαιρικό αέρα

Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ινών αμιάντου στον αέρα αποτελεί την πλέον σημαντική παράμετρο για την εκτίμηση τόσο της επικινδυνότητας της κατάστασης όσο και της αποτελεσματικότητας της εξυγίανσης. Παρουσιάζονται παρακάτω διαδικασίες και αναλυτικές μεθόδους που πρέπει να τηρούνται κατά την διάρκεια δειγματοληψίας σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους.

Σύμφωνα με την EPA ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης του αμιάντου στον ατμοσφαιρικό αέρα μπορεί να γίνει με μία από τις ακόλουθες μεθόδους:

- ◆ US EPA's Environmental Asbestos Assessment Manual, Superfund Method for the Determination of Asbestos in Ambient Air for Transmission Electron Microscopy (TEM).
- ◆ US EPA's Modified Yamate Method for TEM.
- ◆ National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Method 7402 (direct method) for TEM.
- ◆ NIOSH Method 7400 for Phase Contrast Microscopy (PCM).

Καθεμία από τις παραπάνω μεθόδους έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις δειγματοληψίας και ανάλυσης.

Η EPA προτείνει επίσης την εφαρμογή του σαρωτικού ηλεκτρονικού μικροσκοπίου (Transmission Electron Microscopy - TEM) προκειμένου να διαχωριστούν οι ίνες του αμιάντου από τις ίνες άλλων ινωδών υλικών, όπως τα κάτωθι:

- ◆ Ίνες υάλου
- ◆ Ανυδρίτες

- ◆ Γύψος
- ◆ Διάφορα είδη μεμβρανών
- ◆ Διάφοροι μικροοργανισμοί
- ◆ Συνθετικές ίνες
- ◆ Οργανικές ίνες από φυτικούς οργανισμούς
- ◆ Ίνες περλίτη
- ◆ Σπογγώδεις οργανικές και ανόργανες δομές
- ◆ Μάλλινες ίνες

Επιπλέον, με τον τρόπο αυτό, όχι μόνο διευκρινίζεται η πραγματική πηγή προέλευσης των ινών στην ατμόσφαιρα, αλλά ανιχνεύονται ακόμη και ίνες αμιάντου με διάμετρο μικρότερη των 0,02  $\mu\text{m}$ . Εντούτοις, η EPA χρησιμοποιεί και τη μέθοδο PCM (Phase Contrast Microscopy) μικροσκοπίου αντίθετης φάσης για την εκτίμηση της σοβαρότητας της κατάστασης σε πρώτη φάση, δεδομένου ότι είναι αρκετά φθηνότερη από την μέθοδο TEM.

Η μέθοδος “Superfund” της EPA έχει σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχει άμεσα δεδομένα για την εκπόνηση ποσοτικών εκτιμήσεων του κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία και βρίσκει εφαρμογή σε ένα ευρύ πεδίο χώρων επικίνδυνων υλικών. Η μέθοδος “Yamate” της EPA χρησιμοποιείται επίσης για δειγματοληψία σε ανοιχτούς χώρους επειδή απαιτεί τη δειγματοληψία μεγάλου όγκου αέρα. Οι δύο μέθοδοι του NIOSH χρησιμοποιούνται σε εσωτερικούς χώρους επειδή απαιτούν σχετικά χαμηλού όγκου αέρα δειγματοληψίας.

Ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά των τεσσάρων μεθόδων δίνονται ως ακολούθως:

#### ◆ US EPA’s Superfund Method

Ο συνολικός όγκος του αέρα που πρέπει να συλλεχθεί όταν πρόκειται να πραγματοποιηθεί ανάλυση μόνο με τη μέθοδο TEM έμμεσης προετοιμασίας ανέρχεται σε 15.000 λίτρα. Εάν τα δείγματα πρόκειται να αναλυθούν με τη μέθοδο TEM άμεσης προετοιμασίας ο συνολικός όγκος του αέρα για δείγματα που συγκεντρώνονται σε ένα φίλτρο 25 mm δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 5.000 λίτρα σε αστικές και περιαστικές περιοχές και τα 10.000

λίτρα σε απομακρυσμένες περιοχές. Ο ρυθμός προσρόφησης του αέρα από το δειγματολήπτη πρέπει να είναι μικρότερος από 15 λίτρα/min.

#### ❖ US EPA's Modified Yamate Method

Η μέθοδος απαιτεί ως ελάχιστο όγκο αέρα τα 560 λίτρα και ως μέγιστο τα 3.800 λίτρα για να επιτευχθεί η επιθυμητή αναλυτική ακρίβεια. Για το TEM ιδανικός όγκος δειγματοληψίας θεωρούνται τα 1200 έως 1800 λίτρα, χρησιμοποιώντας φίλτρο 25 mm.

#### ❖ NIOSH Method 7402 for TEM - 7400 for PCM

Ως ελάχιστος όγκος δειγματοληψίας και για τις δύο μεθόδους θεωρούνται τα 400 λίτρα αέρα για τον προσδιορισμό συγκεντρώσεων της τάξης 0,1 ίνας/cm<sup>3</sup>. Ο χρόνος δειγματοληψίας καθορίζεται ανάλογα με τα αναμενόμενα επίπεδα ρύπανσης. Σε σχετικά καθαρά περιβάλλοντα ρυθμός και χρόνος δειγματοληψίας 1 έως 4 λίτρα/min και 8 ώρες, αντίστοιχα (δηλαδή 700 έως 2800 λίτρα αέρα συνολικά), θεωρούνται ικανοποιητικοί για συγκεντρώσεις της τάξης 0,1 ίνας/cm<sup>3</sup>. Σε βεβαρημένα περιβάλλοντα απαιτείται μικρότερος όγκος αέρα (<400 λίτρα) για να είναι εφικτή η καταμέτρηση των ινών.

Παραλλαγή της NIOSH Method 7400 for PCM χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση καταγραφής ινών αμιάντου στον ατμοσφαιρικό αέρα στην περιοχή των MABE, η οποία θα παρουσιαστεί αναλυτικά στην επόμενη παράγραφο.

### 5.2.1 Μέθοδος δειγματοληψίας αέρος των MABE

Η μέθοδος αέριας δειγματοληψίας που χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση των MABE αναφέρεται για πρώτη φορά στην Εφημερίδα της Κυβέρνησης της Γαλλικής Δημοκρατίας στις 18 Σεπτεμβρίου του 1977 και υιοθετείται από την Ελληνική Κυβέρνηση με το ΠΔ 70α/1988 που αφορά την προστασία των εργαζομένων που εκτίθεται σε αμιάντο κατά την εργασία. Ακολουθεί περιγραφή του απαιτούμενου εξοπλισμού, των τεχνικών προδιαγραφών και χαρακτηριστικών του δειγματολήπτη, της προετοιμασίας του δείγματος και τέλος της επεξεργασίας και ανάλυσης των αποτελεσμάτων.

**Ο βασικός εξοπλισμός που απαιτείται είναι:**

- φορητή αντλία (τύπου CASSELA) με ενσωματωμένη επαναφορτιζόμενη μπαταρία και ενσωματωμένο ή εξωτερικό μηχανισμό ομαλοποίησης της ροής. Ρυθμίζεται ο χρόνος και η παροχή του αέρα που απορροφάται.
- θήκη φίλτρου (φίλτροθάλαμος) ανοικτού τύπου, με κυλινδρικό τοίχωμα που προεξέχει από την επιφάνεια του φίλτρου 33 μέχρι 44 mm και αφήνει εκτεθειμένη κυκλική ζώνη του φίλτρου διαμέτρου τουλάχιστον 20 mm. Όταν χρησιμοποιείται ο κύλινδρος είναι στραμμένος προς τα κάτω.
- φίλτρο τύπου μεμβράνης, αποτελούμενο από μίγμα εστέρων κυτταρίνης ή νιτροκυτταρίνης διαμέτρου 25mm, με πόρους διαστάσεων 0,8 – 1,2 μm στην οποία είναι τυπωμένος κánaβος.
- πλαστικός σωλήνας για τη σύνδεση της αντλίας με τη θήκη του φίλτρου.
- Αναγκαία βοηθητικά εξαρτήματα: τρίποδας ύψους 1,5m, μετρητής ροής, φορτιστής αντλίας, λαβίδα.
- Οπτικό μικροσκόπιο με το οποίο γίνεται η καταμέτρηση των ινών αμιάντου που συγκρατήθηκαν από το φίλτρο.

#### **Προετοιμασία του φίλτρου πριν τη δειγματοληψία:**

Πριν την δειγματοληψία θα πρέπει να καθαριστούν καλώς ο φίλτροθάλαμος, ο αντικειμενοφόρος του μικροσκοπίου, η υάλινη καλυπτρίδα και η λαβίδα και στη συνέχεια να αποστειρωθούν. Η φορητή αντλία πρέπει να είναι φορτισμένη.

#### **Υπάρχουν δυο τρόποι δειγματοληψίας:**

1. **Ατομική** δειγματοληψία
2. **Στατική** δειγματοληψία

Η πρώτη αφορά τη μέτρηση των ινών αμιάντου τις οποίες εισπνέει ένας εργάτης τοποθετώντας την αντλία επάνω του και τον φίλτροθάλαμο σε απόσταση 30 εκατοστών από το κεφάλι. Η δεύτερη αφορά την καταμέτρηση ινών σε ένα σταθερό σημείο μέσα στο χώρο του εργοταξίου, εντός ή εκτός των κτιριακών εγκαταστάσεων. Εξαιτίας της υφιστάμενης κατάστασης των ΜΑΒΕ δυνατή είναι μόνο η στατική δειγματοληψία.

#### **Τεχνικές προδιαγραφές για την πορεία της δειγματοληψίας:**

- Η παροχή του αέρα στο δειγματολήπτη ρυθμίζεται αρχικά σε 1 λίτρο/min με ανοχή 5% και πρέπει να διατηρείται σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της δειγματοληψίας με απόκλιση από την αρχική τιμή όχι μεγαλύτερη από 10%.
- Η παραδεκτή ανοχή κατά τη μέτρηση του χρόνου δειγματοληψίας είναι 2%.
- Η άριστη φόρτιση των φίλτρων με ίνες, που επικάθονται κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας, κυμαίνεται μεταξύ 100 και 400 ινών ανά mm<sup>2</sup> επιφανείας φίλτρου.
- Η επικάθιση των ινών πάνω στο φίλτρο πρέπει να γίνεται με τη μεγαλύτερη δυνατή ομοιογένεια.
- Κατά τη δειγματοληψία η θήκη του φίλτρου είναι στραμμένη προς τα κάτω.

#### **Προετοιμασία παρασκευάσματος (φίλτρου) μετά τη δειγματοληψία:**

Μετά το πέρας της δειγματοληψίας το φίλτρο εξάγεται από τη θήκη με τη χρήση της λαβίδας και τοποθετείται, κατά προτίμηση ολόκληρο, πάνω σε αντικειμενοφόρο μικροσκοπίου. Διαφανοποιείται με τη μέθοδο ακετόνης – τριοξεικής γλυκερίνης (3-5 σταγόνες TRIACETIN). Στη συνέχεια το φίλτρο καλύπτεται με υάλινη καλυπτρίδα, αποφεύγοντας τον σχηματισμό φυσαλίδων και αφήνεται να στεγνώσει. Εξετάζεται σε κατάλληλο διοπτρικό μικροσκόπιο για τη μέτρηση των ινών αμιάντου που επικάθισαν επάνω του.

#### **Τεχνικά χαρακτηριστικά του διοπτρικού μικροσκοπίου:**

- Φωτισμός KOEHLER.
- Η διάταξη που βρίσκεται κάτω από την τράπεζα του μικροσκοπίου πρέπει να περιλαμβάνει έναν συμπακνωτή τύπου ABBE ή αχρωματικό συμπακνωτή αντίθετης φάσης (PHASE-CONTRAST), ενσωματωμένο μέσα σε διάταξη εστίασης και κέντρωσης. Η κεντροθέτηση της αντίθετης φάσης πρέπει να είναι ανεξάρτητη από το μηχανισμό κεντροθέτησης του συμπακνωτή.



**Σχήμα 5.1:** Μικροσκόπιο τύπου Nachet 200



- Ισοεστιακός, αχρωματικός αντικειμενικός φακός θετικής αντίθετης φάσης με μεγέθυνση 40x με αριθμητικό άνοιγμα μεταξύ 0,65 και 0,70 και δακτυλιακή απορρόφηση φάσης μεταξύ 65 και 85%.
- Αντισταθμιστικοί προσοφθάλμιοι με μεγέθυνση 12,5x. Τουλάχιστον ένας από τους φακούς αυτούς πρέπει να μπορεί να δεχθεί δίκτυο σταυρονημάτων (GRATICULE) και να είναι δυνατό να εστιάζεται.
- Κυκλικό δίκτυο σταυρονημάτων τύπου «WALTON-BECKETT» για προσοφθάλμιο, με φαινομένη διάμετρο στο επίπεδο του αντικειμένου 100 μm + 2μm όταν χρησιμοποιούνται ο αντικειμενικός και ο προσοφθάλμιος που προδιαγράφονται. Η φαινομένη διάμετρος ελέγχεται με τη βοήθεια μικρομέτρου που τοποθετείται πάνω στην τράπεζα του μικροσκοπίου.

Η εγκατάσταση του μικροσκοπίου γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή και το όριο ανίχνευσης ελέγχεται με μία κατάλληλη «πρότυπη αντικειμενοφόρο αντίθεσης φάσης». Πληροφορίες σχετικά, με τον έλεγχο του ορίου ανίχνευσης, ο οποίος πρέπει να γίνεται στην αρχή κάθε ημέρας χρήσης του μικροσκοπίου, δίδονται από το Κέντρο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας του υπουργείου Εργασίας.

#### **Τεχνικές προδιαγραφές για τη μέτρηση των ινών αμιάντου στο μικροσκόπιο:**

1. Αρχικά παρατηρείται το δείγμα σε μεγέθυνση 100 φορές για να διαπιστωθεί εάν υπάρχει καλή κατανομή των ινών και γενικά η κατάσταση της περιφέρειας του φίλτρου (διαλυμένου). Έπειτα μεγεθύνεται το δείγμα 500 φορές και αρχίζει η καταμέτρηση των ινών.
2. **Ως απαριθμήσιμη ίνα θεωρείται κάθε σωματίδιο ινώδους μορφής μήκους τουλάχιστον πέντε μικρομέτρων (5μm) διαμέτρου μικρότερης των τριών μικρομέτρων (3μm) και σχέσεως μήκους προς διάμετρο μεγαλύτερης από 3:1** (άρθρο 3 ΦΕΚ 3/Α/17.2.88), που δεν εφάπτεται με άλλο σωματίδιο του οποίου η μέγιστη διάμετρος είναι μεγαλύτερη από 3 μm.
3. Κάθε απαριθμήσιμη ίνα της οποίας και τα δύο άκρα βρίσκονται μέσα στην κυκλική επιφάνεια (πεδίο) του δικτύου σταυρονημάτων απαριθμείται ως μία (1) ίνα, ενώ αν μόνο το ένα άκρο της βρίσκεται μέσα στο πεδίο του δικτύου υπολογίζεται ως μισή (1/2) ίνα.
4. Τα πεδία σταυρονημάτων που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των ινών επιλέγονται τυχαία πάνω στην εκτεθειμένη επιφάνεια του φίλτρου.



5. Ένας σωρός (συσσωμάτωμα) ινών που σε ένα ή περισσότερα σημεία του μήκους του φαίνεται συμπαγής και αδιαίρετος, ενώ σε άλλα σημεία διασπάται σε χωριστά τμήματα (διχασμένη ή σχισμένη ίνα), απαριθμείται ως μία (1) ίνα αν ανταποκρίνεται στις παραπάνω απαιτήσεις. Η διάμετρος που μετράται είναι η διάμετρος του συμπαγούς και όχι του σχισμένου τμήματος.
6. Σε κάθε άλλο σωρό ινών όπου μεμονωμένες ίνες εφάπτονται με άλλες ή διασταυρώνονται μεταξύ τους (δέσμη), η κάθε μία από αυτές απαριθμείται χωριστά, αν ξεχωρίζει αρκετά ώστε να είναι δυνατό να προσδιορισθεί ότι ανταποκρίνεται επίσης στις παραπάνω απαιτήσεις. Αν δεν διακρίνομαι μεμονωμένες ίνες που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις αυτές όλη η δέσμη θεωρείται ως απαριθμήσιμη ίνα, εφόσον ως σύνολο ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των διατάξεων.
7. Αν περισσότερο από το ένα όγδοο ( $1/8$ ) της επιφάνειας του δικτύου σταυρονημάτων καλύπτεται από σωρό ινών και/ή σωματιδίων το πεδίο αυτό απορρίπτεται και πρέπει να επιλεγεί άλλο πεδίο για μέτρηση.
8. Πρέπει να μετρηθούν 100 ίνες σε 20 τουλάχιστον πεδία σταυρονημάτων ή πρέπει να εξετασθούν 100 πεδία σταυρονημάτων.

#### **Υπολογισμός συγκέντρωσης αμιάντου στον αέρα:**

Υπολογίζεται αρχικά ο μέσος αριθμός ινών ανά πεδίο σταυρονημάτων διαιρώντας τον αριθμό των ινών που μετρήθηκαν με τον αριθμό των πεδίων που εξετάστηκαν. Η επίδραση στιγμάτων του φίλτρου ή ρύπανσης στην καταμέτρηση των ινών πρέπει να είναι μικρότερη από 3 ίνες ανά 100 πεδία σταυρονημάτων και πρέπει να ελέγχεται με χρήση παρθένων φίλτρων. Η συγκέντρωση του αμιάντου στον αέρα σε ίνες ανά  $\text{cm}^3$ , υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$\text{Συγκέντρωση στον αέρα} = \frac{(\text{αριθ. ινών ανά πεδίο σταυρονημάτων}) \times (\text{εκτεθειμένη επιφάνεια φίλτρου})}{(\text{επιφάνεια δικτύου σταυρονημάτων}) \times (\text{όγκος αέρα που συλλέχθηκε σε } \text{cm}^3)}$
---

Σε περίπτωση χρήση οπτικού μικροσκοπίου τύπου Nachet 200, ο παραπάνω τύπος υπολογισμού συγκέντρωσης αμιάντου στον αέρα σε ίνες ανά  $\text{cm}^3$  παίρνει την εξής μορφή:

$$\text{Συγκέντρωση στον αέρα} = \frac{45796,1 \times (\text{συνολικός αριθμός ινών})}{(\text{σύνολο οπτικών πεδίων}) \times (\text{όγκος αέρα που συλλέχθηκε σε cm}^3)}$$

όπου το 45796,1 αποτελεί σταθερά του συγκεκριμένου μικροσκοπίου.

#### **Ακρίβεια της μεθόδου, αποκλίσεις και σφάλματα:**

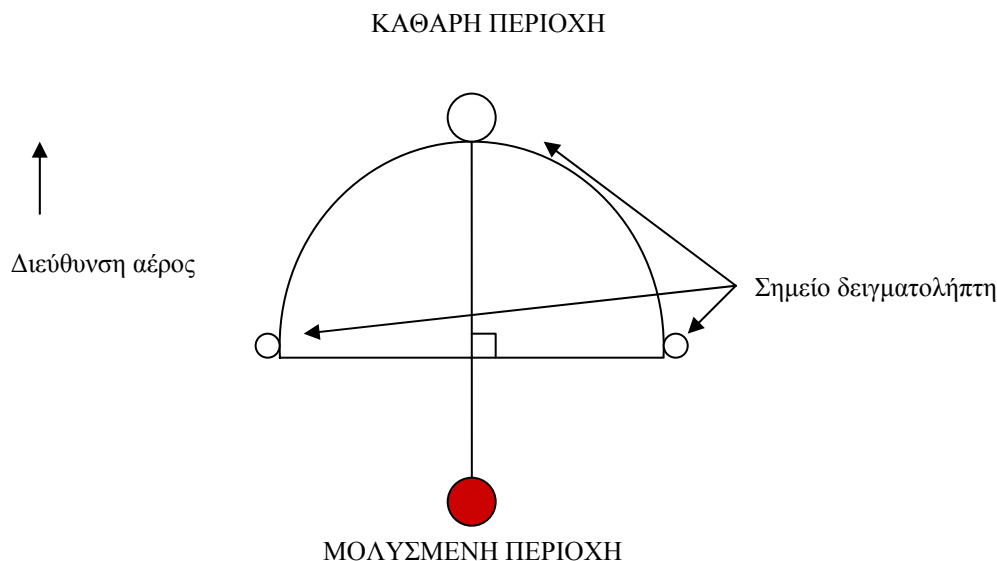
Το σφάλμα της μεθόδου ανέρχεται περίπου στο 20%, το οποίο προέρχεται από δυο (2) πηγές σφαλμάτων. Το σφάλμα της μέτρησης αποτελεί το 5% ενώ το υπόλοιπο 14% είναι το στατιστικό σφάλμα της κατανομής των ινών στο φίλτρο και υπολογίζεται από το νόμο στατιστικής του Poisson<sup>32</sup> για σύνολο 200 ινών με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Σε περίπτωση απειρίας ή/και μη σωστής εκτέλεσης της μεθόδου δειγματοληψίας το σφάλμα της μέτρησης ξεπερνάει το 20%.

#### **5.2.2 Διαδικασία δειγματοληψίας ατμοσφαιρικού αέρα**

Σε πρώτη φάση διενεργείται μια προκαταρκτική έρευνα στο χώρο με σκοπό τον εντοπισμό όλων των πιθανά ενεργών πηγών ρύπανσης. Ακολούθως προσδιορίζονται οι περιοχές ενδιαφέροντος (π.χ. γειτονικοί οικισμοί) προκειμένου να χωροθετηθούν οι δειγματολήπτες. Σύμφωνα με την EPA προτείνονται τα ακόλουθα:

- ◆ Τοποθέτηση τριών (3) δειγματοληπτών σε ένα τόξο 180ο μεταξύ της ρυπασμένης περιοχής και του οικισμού στη διεύθυνση που πνέει ο άνεμος.
- ◆ Συλλογή δύο δειγμάτων κατ' ελάχιστον σε αντίθετη από τον άνεμο διεύθυνση, για να χρησιμεύσουν ως σημείο αναφοράς.
- ◆ Συλλογή ενός (1) τουλάχιστον δείγματος από δειγματολήπτη εγκατεστημένο μέσα στη ρυπασμένη περιοχή.

<sup>32</sup> Κατανομή Poisson: Έστω X μια διακριτή τυχαία μεταβλητή που μπορεί να πάρει τις τιμές 0, 1, ... με συνάρτηση πιθανότητας  $f(x) = P(X=x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$ , όπου  $x = 0, 1, 2, \dots$  και  $\lambda$  μια δεδομένη θετική σταθερά.



**Σχήμα 5.2:** Σχεδιάγραμμα αέριας δειγματοληψίας σε εξωτερικούς χώρους

Επίσης, προτείνεται η δειγματοληψία να λαμβάνει χώρα 2 με 3 ημέρες κατά την έναρξη ξηράς περιόδου και όταν πνέουν άνεμοι μεγάλης έντασης.

### 5.2.3 Διαδικασία δειγματοληψίας αέρα εσωτερικών χώρων

#### 1. «Στατική» δειγματοληψία

Χρησιμοποιείται κυρίως κατά τη φάση εκτίμησης του προβλήματος και κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών εξυγίανσης. Εάν ο χώρος αποτελείται από ένα μεγάλο δωμάτιο θα πρέπει να τοποθετηθούν πέντε δειγματολήπτες σε αυτό. Εάν αποτελείται από πέντε το πολύ δωμάτια, τότε τοποθετείται ένας δειγματολήπτης σε κάθε δωμάτιο. Για περισσότερα από πέντε δωμάτια καθορίζεται σχέδιο δειγματοληψίας ώστε να προσφέρει ένα κατά το δυνατόν αντιπροσωπευτικό δείγμα αέρα. Οι δειγματολήπτες τοποθετούνται σε ύψος 1,2 έως 1,5m πάνω από το δάπεδο.

#### 2. «Επιθετική» δειγματοληψία

Επειδή σε αρκετές περιπτώσεις οι ίνες του αμιάντου επικάθονται στις επιφάνειες του κτιρίου, η στατική δειγματοληψία ενδέχεται να καταλήξει σε εσφαλμένες εκτιμήσεις ως προς τα πραγματικά επίπεδα παρουσίας του αμιάντου. Για το λόγο αυτό, ειδικά σε περιπτώσεις που ζητείται να προσδιοριστεί η αποτελεσματικότητα των μέτρων εξυγίανσης ενός κτιριακού

συγκροτήματος, εφαρμόζεται η «επιθετική» δειγματοληψία, η οποία συνίσταται στα κάτωθι:

- ❖ Πριν την έναρξη της δειγματοληψίας χρησιμοποιείται ανεμιστήρας ισχύος 1 HP, προκειμένου να αποκολληθούν από τις επιφάνειες του χώρου οι ίνες του αμιάντου. Αυτή η διαδικασία απαιτεί τουλάχιστον 5 min για έναν χώρο με επιφάνεια δαπέδου περίπου 100m<sup>2</sup>.
- ❖ Ακολούθως, τοποθετείται ένας ανεμιστήρας 0,5m στο κέντρο του δωματίου, ο οποίος λειτουργεί σε χαμηλή ταχύτητα και με κατεύθυνση την οροφή του χώρου.
- ❖ Ενώ λειτουργεί ο ανεμιστήρας τίθενται σε λειτουργία και οι δειγματολήπτες.
- ❖ Όταν συλλεχθεί το απαιτούμενο δείγμα διακόπτεται η λειτουργία των δειγματοληπτών και ακολούθως του ανεμιστήρα.
- ❖ Εφόσον η προσδιορισθείσα συγκέντρωση βρίσκεται κάτω από την τιμή της 0,01 ίνας/cm<sup>3</sup>, ο χώρος χαρακτηρίζεται καθαρός.

### 5.3 Ανίχνευση αμιάντου σε στερεά δείγματα, επιφάνειες και εδάφη

Αντιπροσωπευτικά δείγματα από υλικά κατασκευής κτιρίων και άλλα στερεά όπως εδάφη, κονιάματα, κ.ά., εξετάζονται αρχικά ως προς την ομοιογένειά τους και την παρουσία αμιάντου δια γυμνού οφθαλμού. Περαιτέρω ανίχνευση ινών λαμβάνει χώρα με χρήση οπτικού, ηλεκτρονικού μικροσκοπίου καθώς και με Περιθλασιμετρία Ακτίνων X (X-Ray Diffraction - XRD), σύμφωνα με πρότυπες μεθοδολογίες (NIOSH Method 7402 Asbestos by TEM, NIOSH Method 9002 Asbestos by PLM και 9000 – NIOSH Method 9000 Asbestos by XRD).

Για τον ίδιο σκοπό μπορεί να γίνει επίσης χρήση της τεχνικής Μετρήσεως Σημείου (Point Counting)<sup>33</sup>. Η συγκεκριμένη τεχνική αποτελεί πρότυπη μεθοδολογία για την επιστήμη της πετρογραφίας, προκειμένου να καθορισθούν οι σχετικές επιφάνειες που καταλαμβάνονται από διαφορετικά ορυκτά σε λεπτές τομές ενός πετρώματος. Η μεθοδολογία αυτή βρίσκει εφαρμογή σε στερεά δείγματα προερχόμενα από ψαθυρά υλικά και επιφάνειες με περιεκτικότητα σε αμιάντο από 0 έως και 100%. Όπως και

<sup>33</sup> Μέθοδος ηλεκτρονικού μικροσκοπίου που χρησιμοποιείται για την καταμέτρηση ινών αμιάντου, παρόμοια με αυτήν του απλού οπτικού μικροσκοπίου στην περίπτωση υπολογισμού συγκέντρωσης ινών αμιάντου στον αέρα.

στην περίπτωση των μετρήσεων στην ατμόσφαιρα, άλλα ινώδη οργανικά και ανόργανα συστατικά των προς εξέταση δειγμάτων ενδέχεται να δημιουργήσουν προβλήματα κατά την διεξαγωγή των μετρήσεων. Για παράδειγμα, αν η επιφάνεια έχει ψεκάστεί με κάποια ουσία, η τελευταία επηρεάζει το χρώμα και επικαλύπτει τα οπτικά χαρακτηριστικά των ινών, τα οποία βρίσκονται στην επιφάνεια, με αποτέλεσμα την δυσκολία ταυτοποίησης αυτών με χρήση του μικροσκοπίου.

#### 5.4 Ανίχνευση ινών αμιάντου στο νερό

Ο προσδιορισμός του αμιάντου στο νερό είναι ιδιαίτερα χρήσιμος σε αρκετές περιπτώσεις για τους κάτωθι λόγους:

- Η αυξημένη παρουσία ινών στο νερό υποδηλώνει την ύπαρξη μιας πηγής αμιάντου, ενδεχομένως και άγνωστης.
- Υπάρχει πιθανότητα απόθεσης ινών σε επιφάνειες και σχηματισμούς, όπως ιζήματα, πετρώματα κ.ά., λόγω της κίνησης του νερού, δημιουργώντας κατά την εξάτμιση του νερού μια δευτερογενή πηγή ρύπανσης.
- Σε περιπτώσεις αποκατάστασης περιοχών ρυπασμένων με αμιάντο, η μέτρηση της συγκέντρωσης ινών αμιάντου στα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα αποτελεί ένδειξη για την αποτελεσματικότητα και την αντοχή της εφαρμοζόμενης μεθοδολογίας.

Ο προσδιορισμός του αμιάντου λαμβάνει χώρα σύμφωνα με τις πρότυπες μεθοδολογίες της US EPA: EPA/600/4-83-043 και EPA/600R-94/134 που βασίζονται στη χρήση ηλεκτρονικής μικροσκοπίας (TEM). Τα δείγματα νερού υφίστανται επεξεργασία αρχικά με όζον ( $O_3$ ) και υπεριώδη ακτινοβολία (UV) για να οξειδωθεί η περιεχόμενη οργανική ύλη. Με τη βοήθεια ενός κατάλληλου φίλτρου το δείγμα νερού διηθείται, και, εν συνεχεία, μετά από την απαραίτητη προετοιμασία του φίλτρου προσδιορίζονται οι ίνες του αμιάντου.

#### 5.5 Παρατηρήσεις

Τα κύρια σημεία αναφορικά με τις μεθόδους προσδιορισμού του αμιάντου είναι τα ακόλουθα:

- **Η συλλογή, η προετοιμασία και η ανάλυση δειγμάτων από τον αέρα, το νερό και το έδαφος ή άλλα υλικά, ακολουθούν συγκεκριμένες διαδικασίες δειγματοληψίας και εξειδικευμένες αναλυτικές τεχνικές, όπως πολωτικό και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, XRD, κ.ά.**
- **Ο ποσοτικός προσδιορισμός του αμιάντου παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες για τους κάτωθι λόγους:**
  - ❖ Οι ίνες αμιάντου εμφανίζουν γενικά χαμηλές ποσότητες μάζας, ακόμη και σε συγκεντρώσεις που χαρακτηρίζονται υψηλές.
  - ❖ Πολλές τεχνικές ανάλυσης δεν μπορούν να διαχωρίσουν τις ίνες του αμιάντου εξαιτίας των παρεμβολών από άλλα υλικά (συνθετικές και οργανικές ίνες, οργανικές δομές, κ.λπ.).
  - ❖ Σημαντικό ποσοστό των ινών του αμιάντου βρίσκεται, γενικά, σε χαμηλότερα επίπεδα ανάλυσης από αυτά του οπτικού μικροσκοπίου, γεγονός που επιβάλλει τη χρήση ηλεκτρονικών μικροσκοπίων. Η χρήση, όμως, των ηλεκτρονικών μικροσκοπίων είναι ιδιαίτερα ακριβή (περίπου 350 – 550 € ανά δείγμα) εξαιτίας του υψηλού κόστους κτήσης του εξοπλισμού και του χρόνου εκτέλεσης της δοκιμής.
- **Η επιβεβαίωση εξυγίανσης μιας κτιριακής εγκατάστασης από τον αμιάντο λαμβάνει χώρα εμμέσως με την εκτίμηση της ποιότητας αέρα του εσωτερικού χώρου, εφαρμόζοντας μέθοδο δειγματοληψίας.**
- **Εξαιτίας του υψηλού κόστους ανάλυσης των δειγμάτων έχουν αναπτυχθεί οπτικές μέθοδοι, δια γυμνού οφθαλμού, για τον καταρχήν προσδιορισμό της παρουσίας του αμιάντου στα εδάφη, οι οποίες στηρίζονται στην χρωματική διαφοροποίηση των ρυπασμένων και των φυσικών εδαφών.**
- **Δεν υπάρχουν πρότυπες μεθοδολογίες για την εξακρίβωση της απομάκρυνσης του αμιάντου από το μηχανικό εξοπλισμό, γεγονός που δημιουργεί την ανάγκη για μια καινοτόμα προσέγγιση στο εν λόγω ζήτημα.**

## 6. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΜΑΒΕ

Ο προσδιορισμός της ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή των ΜΑΒΕ από ελεύθερο αμιάντο (ίνες) κρίθηκε σκόπιμο, ώστε να εκτιμηθεί η αναγκαιότητα άμεσης αποκατάστασης του χώρου και να παρθούν ανάλογα με τη σοβαρότητα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας πριν και κατά την διάρκεια της αποκατάστασης. Στόχος εδώ είναι η καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης ρύπανσης της περιοχής, να δοθούν ενδεικτικές τιμές παρουσίας αμιάντου σε αέρα, νερό και έδαφος, να προσδιοριστούν οι εστίες μόλυνσης ώστε να ακολουθήσει σε επόμενο στάδιο ένα εντεταμένο πρόγραμμα δειγματοληψίας και τελικά η αποκατάσταση της περιοχής των ΜΑΒΕ.

Μολονότι η περίπτωση του συγκροτήματος των ΜΑΒΕ αντιμετωπίζεται ως ένα ενιαίο πρόβλημα ρύπανσης από αμιάντο, ακολουθεί κατηγοριοποίηση των αποτελεσμάτων καταγραφής ινών αμιάντου σε αέρα, νερό και έδαφος ανά περιοχές των ΜΑΒΕ, γεγονός που εξυπηρετεί στον καθορισμό των σχεδίων αποκατάστασης και αξιοποίησης αργότερα. Οι διακριτές περιοχές με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά είναι οι εξής:

1. Κτιριακές εγκαταστάσεις
2. Μεταλλείο
3. Χώρος αποθέσεων
4. Εξωτερικό περιβάλλον των ΜΑΒΕ
5. Ευρύτερη περιοχή

### 6.1 Δειγματοληψίες αέρος, νερού και εδάφους

Αξίζει να σημειωθεί ότι δειγματοληψίες νερού και αέρος γινόνταν περίπου από την έναρξη λειτουργίας των ΜΑΒΕ, ενώ δείγματα εδάφους πάρθηκαν για πρώτη φορά τον Ιούνιο του 2002, αφότου είχε πάψει να λειτουργεί το μεταλλείο. Η ποσότητα λήψης δειγμάτων ανερχόταν εδώ σε μερικά μόνο γραμμάρια. Στόχος της δειγματοληψίας ήταν να διερευνηθεί καταρχήν, κατά πόσο πρόκειται για τύπους ινών χρυσοτιλικού αμιάντου, που μπορούν να εισέλθουν στους πνεύμονες.

Κατά την δειγματοληψία εδάφους πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία σκόνης αμιάντου, ακατέργαστου αμιάντου καθώς επίσης και του πετρώματος σερπεντινίτη. Τα δείγματα ήταν έξι (6) στο σύνολο (P1 μέχρι P6) και αναλύθηκαν σε εργαστήριο

της εταιρείας Wartig στην Γερμανία σύμφωνα με το πρότυπο TGRS 519<sup>34</sup> και διαπιστώθηκε η ύπαρξη χρυσοτιλικού αμιάντου. Αρχικά παρατηρήθηκαν φυσικά τα δείγματα και έπειτα εξετάστηκαν με τη βοήθεια σαρωτικού ηλεκτρονικού μικροσκοπίου (Cambridge Stereoscan S4-10, Zeiss DSM 940) όπου τα δείγματα μεγεθύνονται 200 έως και 5000 φορές. Οι ύποπτες ίνες εξετάζονται με φθορισμομετρία ακτίνων X ενεργειακής διασποράς (Energy Dispersive X-ray) για τη σύνθεση στοιχείων τους, ώστε να διαπιστωθεί αν πραγματικά πρόκειται για ίνες αμιάντου και όχι κάποιου άλλου υλικού. Μετρήθηκαν οι ίνες χρυσοτιλικού αμιάντου μήκους  $L > 5 \mu\text{m}$ , διαμέτρου  $D < 3 \mu\text{m}$  και λόγο  $L : D > 3 : 1$ . Σύμφωνα με το πλήθος των εμφανίσεων τέτοιων ινών αμιάντου σε ένα δείγμα, αυτό χαρακτηρίζεται με έναν αριθμό από 0 έως 5 σύμφωνα με την κλίμακα βαθμονόμησης του Πίνακα 6.1.

ΒΑΘΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
0 = καθόλου αμιάντος	Καθόλου ίνες ανά εμφανίσεις αμιάντου σε $4 \text{ mm}^2$
1 = πολύ χαμηλή περιεκτικότητα αμιάντου	1 ή 2 ίνες ανά εμφανίσεις αμιάντου σε $4 \text{ mm}^2$ (Ιχνοι ή τυχαίες εμφανίσεις)
2 = χαμηλή περιεκτικότητα αμιάντου	3 μέχρι 4 ίνες ανά εμφανίσεις αμιάντου σε $4 \text{ mm}^2$ (τακτική-συστηματική εμφάνιση, ελάχιστο επιβαρημένο περιβάλλον-μικρό φορτίο)
3 = σημαντική περιεκτικότητα αμιάντου	5 μέχρι 10 ίνες ανά εμφανίσεις αμιάντου σε $4 \text{ mm}^2$ (συστηματική επιβάρυνση του περιβάλλοντος από ίνες αμιάντου, σημαντικά επιβαρημένο περιβάλλον-σημαντικό φορτίο)
4 = υψηλή περιεκτικότητα αμιάντου	$> 10$ ίνες ανά εμφανίσεις αμιάντου σε $4 \text{ mm}^2$
5 = πολύ υψηλή περιεκτικότητα αμιάντου	Εμφάνιση ινών αμιάντου σε περίπου κάθε τομέα της εικόνας ή πολλά συσσωματώματα ή κομμάτια υλικού αμιάντου

**Πίνακας 6.1:** Κλίμακα βαθμονόμησης

Όλα τα δείγματα περιέχουν τεράστιες ποσότητες ινών που μπορούν να εισέλθουν στους πνεύμονες και χαρακτηρίστηκαν σύμφωνα με την κλίμακα βαθμονόμησης με τον αριθμό 5 δηλαδή εμφανίζονται ίνες αμιάντου σε περίπου κάθε τομέα της εικόνας ή πολλά συσσωματώματα ή κομμάτια υλικού αμιάντου. Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για κάθε δείγμα.

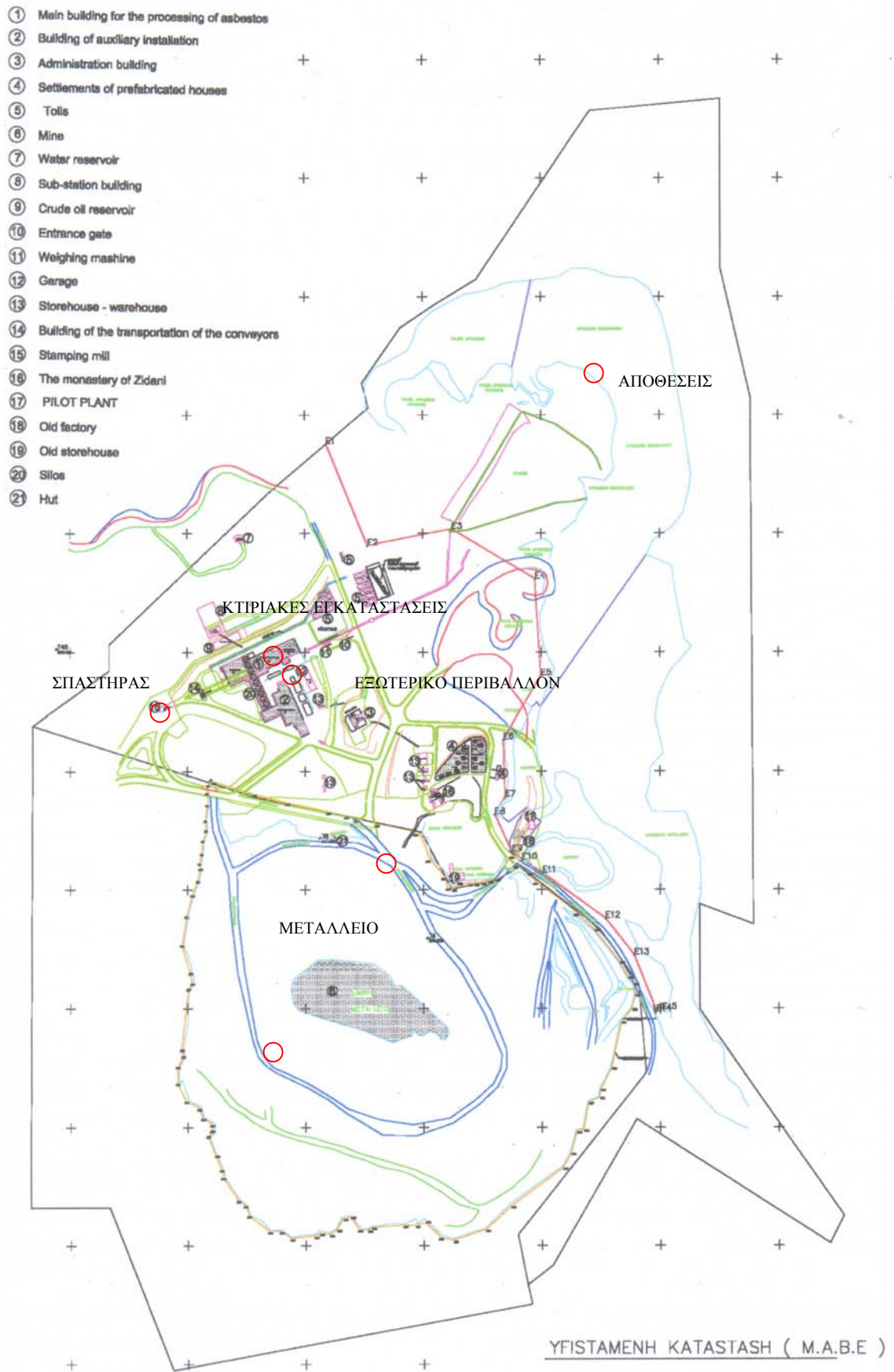
<sup>34</sup> Τεχνικοί κανόνες για επικίνδυνα υλικά, Αμιάντος: αποκατάσταση, συντήρηση ή κατεδάφιση, Σεπτέμβριος 2001 (Technische Regeln für Gefahrstoffe, Asbest Abbruch-, Sanierung- oder Instandhaltungsarbeiten, TRGS 519).



ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΑΝΑΛΥΣΗ	ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ (0-5)
026054-001 P1	Μίγμα σκόνης αμιάντου από τη Μονή Ζιδανίου	Περιέχει χρυσοσιλικό αμιάντο με μορφή ελεύθερων ινών	5
026054-002 P2	Μίγμα μεσαίας ποιότητας συσκευασμένου προϊόντος	Περιέχει χρυσοσιλικό αμιάντο με μορφή ελεύθερων ινών	5
026054-003 P3	Μίγμα δευτερογενής σκόνης από το κτίριο επεξεργασίας	Περιέχει χρυσοσιλικό αμιάντο με μορφή ελεύθερων ινών	5
026054-004 P4	Πολφός γεώτρησης. Η σκληρότητα αυτού του αμιάντου έχει αυξηθεί αρκετά με τη βοήθεια ύδατος, σε τέτοιο βαθμό ώστε να παρουσιάζει τσιμεντοποίηση.	Περιέχει χρυσοσιλικό αμιάντο	5
026054-005 P5	Μίγμα διαφορετικών πετρωμάτων σερπεντίνη από το μεταλλείο	Περιέχει χρυσοσιλικό αμιάντο	5
026054-006 P6	Μίγμα σκόνης που πάρθηκε από την μεταλλική κατασκευή του κτιρίου μεταφοράς (εξωτερικός χώρος)	Περιέχει χρυσοσιλικό αμιάντο με μορφή ελεύθερων ινών	5

**Πίνακας 6.2:** Αποτελέσματα ανάλυσης δειγμάτων εδάφους και σκόνης (2002)

Οι πιο πρόσφατες μετρήσεις αέρος έγιναν τον Σεπτέμβριο του 2004 σε 6 διαφορετικά σημεία στην περιοχή των ΜΑΒΕ. Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την διάρκεια αυτής της δειγματοληψίας επικρατούσε στην περιοχή άπνοια, παράγοντας που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα των μετρήσεων δεδομένου ότι κατά τη διάρκεια δειγματοληψίας συνιστάται ένταση αέρος αρκετά υψηλή. Συνεπώς τα αποτελέσματα παρουσιάζουν ενδεχομένως τιμές συγκέντρωσης ινών αμιάντου στον ατμοσφαιρικό αέρα μικρότερες από τις πραγματικές. Στον Πίνακα 6.3 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών και στο Σχήμα 6.1 απεικονίζονται με κόκκινους κύκλους οι θέσεις δειγματοληψίας εντός της περιοχής των ΜΑΒΕ.



Σχήμα 6.1: Τοπογραφικός χάρτης των ΜΑΒΕ

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	Ν.ΜΕΤΡΗΣΗ (16/09/04)	Π.ΜΕΤΡΗΣΗ (4 <sup>ο</sup> τρίμηνο 99)	ΟΡΙΟ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΩΝ (ΕΡΑ)	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΚΑΡΚΙΝΟΥ
Αποθέσεις	0,06	-	0,0004	1,28%
Σπαστήρας	0,05	0,15		1,15%
Κτίριο επεξεργασίας	0,09	0,33		2%
Εξωτερικός περιβάλλον εργοταξίου	0,03	0,10		0,7%
Ορυχείο (+660)	0,08	0,15		1,84%
Ορυχείο (+510)	0,08	-		1,84%

**Πίνακας 6.3:** Αποτελέσματα μετρήσεων ινών αμιάντου στον αέρα και εκτίμηση πιθανότητας καρκινογένεσης

Όπως αναφέρθηκε και στο 3ο κεφάλαιο σχετικά με τη νομοθεσία του αμιάντου ο στόχος της ΕΡΑ είναι η συγκέντρωση ινών αμιάντου στον αέρα να είναι ίση και μικρότερη των  $0,000004$  ίνες/cm<sup>3</sup> αέρα. Επίσης σε περίπτωση που η συγκέντρωση του αμιάντου ανέρχεται σε  $0,0004$  ίνες/cm<sup>3</sup> αέρα τότε σύμφωνα πάλι με την ΕΡΑ θα πρέπει να ληφθούν μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος. Παρατηρούμε ότι όλες οι μετρήσεις (παλιές και πρόσφατες) βρίσκονται πολύ υψηλότερα από το όριο στόχος της ΕΡΑ και μάλιστα σύμφωνα με αυτήν δεδομένου ότι οι τιμές συγκέντρωσης ινών στον αέρα είναι μεγαλύτερες του  $0,0004$  ίνες/cm<sup>3</sup> είναι αναγκαίο η άμεση εξυγίανση της ευρύτερης περιοχής των ΜΑΒΕ. Επισημαίνεται ότι δεν υπάρχει μέχρι σήμερα τεκμηριωμένο κατώτερο όριο συγκέντρωσης του αμιάντου κάτω από το οποίο παύουν να υφίστανται οι κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία και αφετέρου στην καρκινογόνο φύση της ουσίας. Σύμφωνα με την ΕΡΑ η πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου σε ένα άτομο εξαιτίας της εισπνοής ινών αμιάντου υπολογίζεται από τον εμπειρικό τύπο:

<b>Επίπεδο κινδύνου = <math>2,3x C/10</math></b>
--

όπου C η συγκέντρωση ινών αμιάντου στον αέρα (ίνες/cm<sup>3</sup>)

Σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο υπολογίστηκε η πιθανότητα καρκινογένεσης για τις διαφορετικές τιμές συγκέντρωσης ινών αμιάντου στον αέρα του Πίνακα 6.3. Αξίζει να σημειωθεί ότι, παρόλο που οι νέες μετρήσεις έδειξαν μειωμένες τιμές συγκέντρωσης ινών αμιάντου στον αέρα, οι υπολογιζόμενες πιθανότητες εμφάνισης καρκίνου δεν είναι αμελητέες. Δύο άτομα ανά εκατό (κτίριο επεξεργασίας) να εμφανίζουν καρκίνο των πνευμόνων εξαιτίας μόνο της εισπνοής αμιάντου είναι ένα μεγάλο ποσοστό διότι πρέπει να συνυπολογιστεί και ο κίνδυνος καρκινογένεσης που

προέρχεται από άλλες καρκινογόνες ουσίες που μπορεί να υπάρχουν στον ίδιο χώρο και συνεπώς ο αθροιστικός κίνδυνος να είναι αυξημένος (κάπνισμα κλπ.).

Ο εμπειρικός τύπος υπολογισμού της πιθανότητας εμφάνισης καρκίνου των πνευμόνων ενέχει δυο σημαντικές παραλήψεις. Πρώτον θεωρεί αμελητέο την χρονική διάρκεια έκθεσης του ατόμου σε αμίαντο και δεύτερον δεν λαμβάνει υπόψη του το μήκος της ίνας αμιάντου, παρόλο που είναι αποδεδειγμένο ότι αυτοί οι δυο παράγοντες παίζουν σημαντικό ρόλο στην πιθανότητα καρκινογένεσης.

## 6.2 Κτιριακές Εγκαταστάσεις

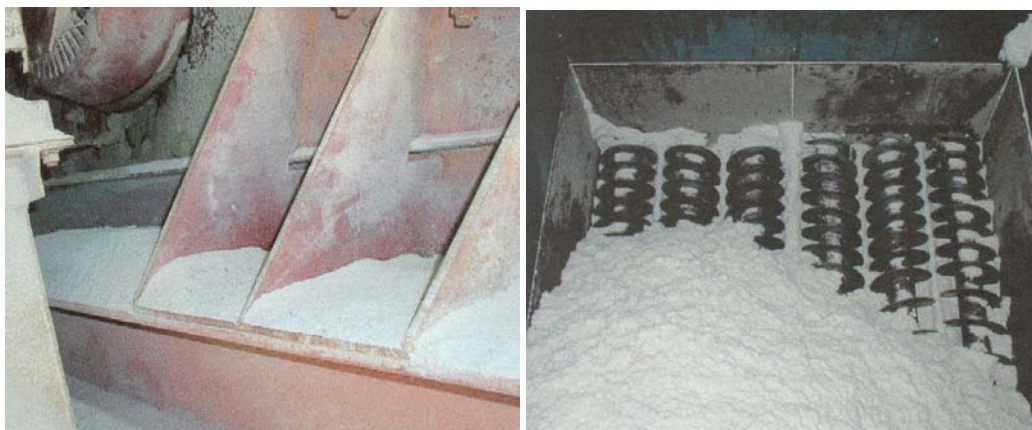
Τα κτίρια επεξεργασίας του μεταλλεύματος **αποτελούν σοβαρότατη πηγή ρύπανσης**. Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι κατά την ομαλή λειτουργία του μεταλλείου, από τις κτιριακές εγκαταστάσεις δεν υπήρχαν ιδιαίτερα μεγάλες διαρροές στο εξωτερικό περιβάλλον, δεδομένου ότι όλη η διακίνηση και επεξεργασία του υλικού γινόταν με τη διαδικασία της αναρρόφησης. Δυστυχώς όμως η σημερινή εικόνα είναι διαφορετική.



**Σχήμα 6.2:** Δάπεδο κτιρίου επεξεργασίας γεμάτο ίνες αμιάντου

**Η ιδιαίτερα μεγάλη παρουσία ελεύθερου αμιάντου μέσα στο εργοστάσιο, είναι εμφανέστατη μετά από έναν έστω και στοιχειώδη οπτικό έλεγχο.** Σωροί καθαρού αμιάντου κείτονται σε όλους τους χώρους (Σχήμα 6.2), στο μηχανικό εξοπλισμό και στα φίλτρα του συστήματος κενού, γεγονός που υπαγορεύει την ανάγκη αυστηρής απαγόρευσης της ανθρώπινης παρουσίας μέσα στο εργοστάσιο.





**Σχήμα 6.3:** Σωροί αμιάντου πάνω στον μηχανολογικό εξοπλισμό του κτιρίου επεξεργασίας

Διαπιστώθηκε ότι **ορισμένοι χώροι του εργοστασίου είναι εκτεθειμένοι στον αέρα** (σπασμένα τζάμια, φθορές κλπ.) **και στη βροχή, με αποτέλεσμα ίνες αμιάντου να διαχέονται στο περιβάλλον και να μεταφέρονται στην ευρύτερη περιοχή.** Εξαιτίας της υψηλής τοξικότητας του υλικού, ακόμα και ελάχιστες ποσότητες αμιάντου αποτελούν σοβαρότατο παράγοντα ρύπανσης και μεγάλη απειλή για τη δημόσια υγεία.



**Σχήμα 6.4:** Εκτεταμένη ρύπανση του κτιρίου επεξεργασίας από αμιάντο

Τα ΜΑΒΕ, σε συμμόρφωση με το σχετικό ΠΔ 70α/1988 για την «προστασία των εργαζομένων που εκτίθενται σε αμιάντο κατά την εργασία» πραγματοποιούσαν συστηματικές δειγματοληψίες (ανά τρίμηνο) στο εργασιακό περιβάλλον, τις οποίες κοινοποιούσε στο Υπ. Ανάπτυξης (Γενική Δ/νση Φυσικού Πλούτου, Δ/νση Μετ/κών και Βιομ. Ορυκτών) και στην Επιθεώρηση Μεταλλείων Βορείου Ελλάδας. Οι δειγματοληψίες ήταν κυρίως στατικές, κατά τις οποίες λαμβάνονταν δείγματα από προκαθορισμένα σημεία του εργασιακού χώρου. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων

για τις χρονιές 1995-1999 παρουσιάζονται στη συνέχεια στους Πίνακες 6.4 και 6.5. Δυστυχώς παρατηρείται, ότι οι συγκεντρώσεις ινών αμιάντου στον αέρα ξεπερνούν το επιτρεπτό όριο έκθεσης εργαζομένου στους ορόφους του κτιρίου κύριας επεξεργασίας κατά την λειτουργία των ΜΑΒΕ. Στον Ποιοτικό Έλεγχο επικρατούσαν επίσης τιμές συγκεντρώσεων αμιάντου στον αέρα πάνω από το επιτρεπτό όριο έκθεσης.

α/α	Χώροι Εργοταξίου	Μέσοι όροι ρύπανσης σε ίνες ανά κ.εκ. αέρα																
		1° '95	2° '95	3° '95	4° '95	1° '96	2° '96	3° '96	4° '96	1° '97	2° '97	3° '97	4° '97	1° '98	2° '98	2° '99	3° '99	4° '99
1	Ορυχείο	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,09	0,12	0,12	0,15	0,15	0,15	0,15
2	Σπαστήρας	<b>0,20</b>	0,16	0,12	0,12	0,10	0,19	0,13	0,13	0,13	0,11	0,10	0,10	0,10	0,11	0,13	0,13	0,15
3	Ξηραντήρια	<b>0,20</b>	0,18	0,12	0,15	0,11	0,14	0,15	0,10	0,10	0,10	0,09	0,14	0,14	0,12	0,15	0,15	0,14
4	Εργοστάσιο	<b>0,65</b>	<b>0,58</b>	<b>0,51</b>	<b>0,40</b>	<b>0,44</b>	<b>0,48</b>	<b>0,47</b>	<b>0,50</b>	<b>0,42</b>	<b>0,44</b>	<b>0,50</b>	<b>0,41</b>	<b>0,43</b>	<b>0,48</b>	<b>0,53</b>	<b>0,60</b>	<b>0,59</b>
5	Ποιοτικός Έλεγχος	<b>0,39</b>	<b>0,71</b>	<b>0,55</b>	<b>0,61</b>	<b>0,61</b>	<b>0,52</b>	<b>0,73</b>	<b>0,49</b>	<b>0,58</b>	<b>0,56</b>	<b>0,58</b>	<b>0,59</b>	<b>0,51</b>	<b>0,51</b>	<b>0,59</b>	<b>0,80</b>	<b>0,70</b>
6	Αποθήκη Ινών (υπαίθρια & κλειστή)	0,15	0,19	0,11	0,08	0,12	0,19	0,12	0,18	0,15	0,14	0,12	0,14	0,12	0,11	0,18	<b>0,22</b>	0,16
7	Κτίριο υπηρεσιών	0,15	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11
8	Συνεργείο κινητού εξοπλισμού	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
9	Κεντρικά γραφεία εργοταξίου	0,09	0,09	0,09	0,06	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
10	Εξωτερικό περιβάλλον εργοταξίου	0,17	0,13	0,08	0,11	0,11	0,14	0,09	0,08	0,13	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,18	0,18	0,10
Μέσος σταθμικός όρος εργοταξίου		<b>0,36</b>	<b>0,34</b>	<b>0,29</b>	<b>0,25</b>	<b>0,27</b>	<b>0,28</b>	<b>0,27</b>	<b>0,28</b>	<b>0,26</b>	<b>0,26</b>	<b>0,27</b>	<b>0,24</b>	<b>0,25</b>	<b>0,27</b>	<b>0,30</b>	<b>0,33</b>	<b>0,32</b>

Πίνακας 6.4: Αποτελέσματα μετρήσεων τριμήνου ινών αμιάντου στους χώρους του εργοταξίου

Όριο έκθεσης για τον χρυσοτιλικό αμιάντο: κατώτερο των **0,20 ινών/cm<sup>3</sup>** επί μία οκτάωρη περίοδο αναφοράς.

**Οριακή τιμή** για τον χρυσοτιλικό αμιάντο στον αέρα του χώρου εργασίας: **0,60 ίνες/cm<sup>3</sup>**.



Εργοστάσιο	Μέσοι όροι ρύπανσης σε ίνες ανά κ.εκ. αέρα								
	1 <sup>ο</sup> τριμ.'97	2 <sup>ο</sup> τριμ.'97	3 <sup>ο</sup> τριμ.'97	4 <sup>ο</sup> τριμ.'97	1 <sup>ο</sup> τριμ.'98	2 <sup>ο</sup> τριμ.'98	2 <sup>ο</sup> τριμ.'99	3 <sup>ο</sup> τριμ.'99	4 <sup>ο</sup> τριμ.'99
ΙΣΟΓΕΙΟ	0,28	0,24	0,27	0,24	0,26	0,28	0,28	0,31	0,33
Ενσάκκιση	0,40	0,34	0,38	0,33	0,36	0,38	0,38	0,44	0,47
Γραφεία μηχ/κων & εργοδηγών	0,09	0,09	0,09	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Control Room	0,10	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10
1ος Όροφος	0,65	0,62	0,73	0,76	0,72	0,84	0,86	1,26	1,10
2ος Όροφος	0,74	0,70	1,17	1,90	1,79	1,96	1,06	1,76	1,28
3ος Όροφος	0,73	0,79	0,91	0,73	0,75	0,82	1,20	0,97	1,06
4ος Όροφος	0,80	0,72	0,91	0,67	0,83	0,86	1,06	1,17	1,06
5ος Όροφος	0,71	0,63	0,88	0,67	0,75	0,78	1,15	1,19	1,12
6ος Όροφος	0,71	0,65	0,97	0,80	0,65	0,89	0,89	1,03	1,18
7ος Όροφος	0,71	0,66	0,74	0,80	0,76	0,88	0,93	1,34	1,09
8ος Όροφος	0,77	1,54	1,03	0,73	0,73	1,12	0,19	1,31	1,26
9ος Όροφος	0,69	0,96	1,20	1,00	1,00	1,00	1,09	1,34	1,32
10ος Όροφος	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Μέσος σταθμικός όρος</b>	<b>0,42</b>	<b>0,44</b>	<b>0,50</b>	<b>0,41</b>	<b>0,43</b>	<b>0,48</b>	<b>0,53</b>	<b>0,60</b>	<b>0,59</b>
<b>Ποιοτικός Έλεγχος</b>	<b>Ίνες ανά κ.εκ. αέρα</b>								
Υγρά τέστ	0,18	0,18	0,18	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Q.S.T	0,88	0,85	0,82	0,92	0,73	0,79	1,00	1,33	1,20
L.D. (FSU)	1,26	1,27	1,47	1,51	1,30	1,30	1,46	2,01	1,58
<b>Μέσος σταθμικός όρος</b>	<b>0,58</b>	<b>0,56</b>	<b>0,58</b>	<b>0,59</b>	<b>0,51</b>	<b>0,51</b>	<b>0,59</b>	<b>0,80</b>	<b>0,70</b>
<b>Κτίριο υπηρεσιών</b>	<b>Ίνες ανά κ.εκ. αέρα</b>								
Μηχανουργείο	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11	0,13	0,13	0,13	0,11
Αποθήκη ανταλλακτικών	0,16	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Κυλικείο	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,11	0,11
Γραφεία μηχανικών συντήρησης	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Γραφεία εργοδηγών συντήρησης - ηλεκροτεχνείο	0,21	0,21	0,21	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Λουτρά	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,13	0,13	0,13	0,11
<b>Μέσος σταθμικός όρος</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>	<b>0,11</b>

Πίνακας 6.5: Αποτελέσματα μετρήσεων τριμήνου ινών αμιάντου εντός των κτιριακών εγκαταστάσεων

Σημειώνεται ότι στην πρόσφατη μέτρηση η συγκέντρωση ινών αμιάντου στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι περίπου 3 φορές μικρότερη από τις παλαιότερες μετρήσεις γεγονός απόλυτα λογικό εξαιτίας της διακοπής λειτουργίας των ΜΑΒΕ (Πίνακας 6.6).

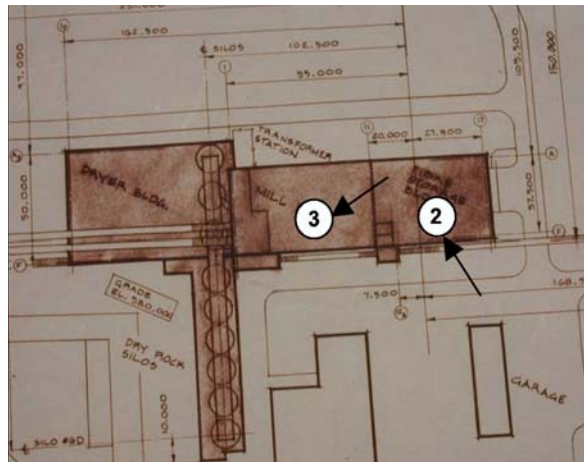
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (4ο τρίμηνο 97)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (4ο τρίμηνο 99)	Π.ΜΕΤΡΗΣΗ (4ο τρίμηνο 99)	Ν.ΜΕΤΡΗΣΗ 16/09/04	ΟΡΙΟ ΕΚΘΕΣΗΣ (Οδηγία 83/477)	ΟΡΙΟ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΩΝ (ΕΡΑ)
0,24	0,33	0,33	0,09	0,2	0,0004

**Πίνακας 6.6:** Συγκέντρωση αμιάντου στο κτίριο επεξεργασίας (ίνες/cm<sup>3</sup>)

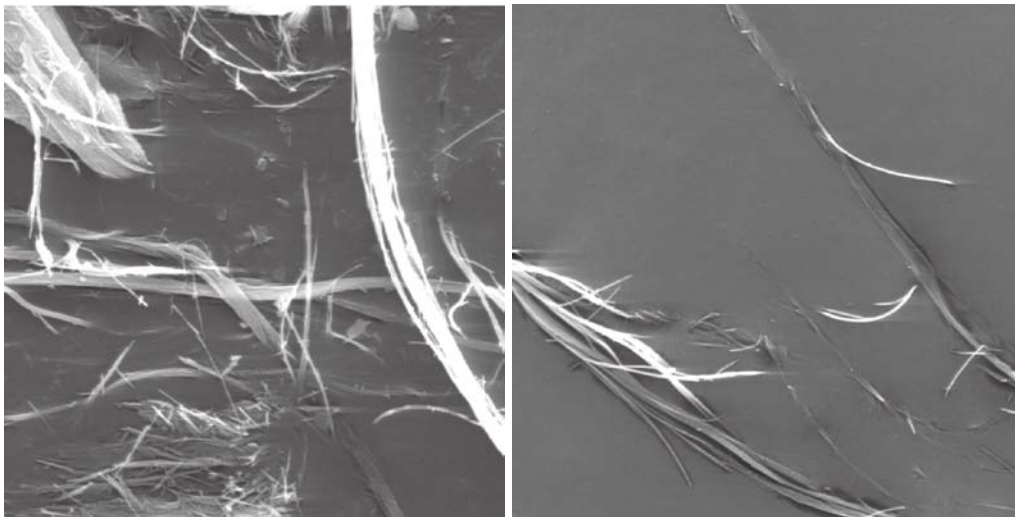
Πρέπει να τονιστεί ότι οι δειγματοληψίες ήταν όλες στατικές, δηλαδή οι ίνες αμιάντου που έχουν επικαθίσει στις επιφάνειες του κτιρίου (σωροί αμιάντου) δεν έχουν μετρηθεί κατά την δειγματοληψία, με αποτέλεσμα εσφαλμένες εκτιμήσεις ως προς τα πραγματικά επίπεδα παρουσίας του αμιάντου. Αν εφαρμοστεί «επιθετική» δειγματοληψία σίγουρα η συγκέντρωση ινών αμιάντου στον αέρα θα υπερβαίνει τραγικά και το όριο έκθεσης της Οδηγίας 83/477.

Είναι, λοιπόν, βέβαιο ότι σε περίπτωση εκτέλεσης οποιασδήποτε δραστηριότητας εντός των κτιριακών εγκαταστάσεων η συγκέντρωση ινών αμιάντου στον αέρα θα παρουσιάζει τιμές μεγαλύτερες από την τελευταία μετρούμενη και παρόμοιες με τις τιμές όταν λειτουργούσε το μεταλλείο, που βρίσκονται πάνω από τα επιτρεπτά όρια έκθεσης. **Συνεπώς, δεν είναι δυνατή καμία περαιτέρω χρήση του κτιρίου χωρίς μια προηγούμενη απολύμανση.**

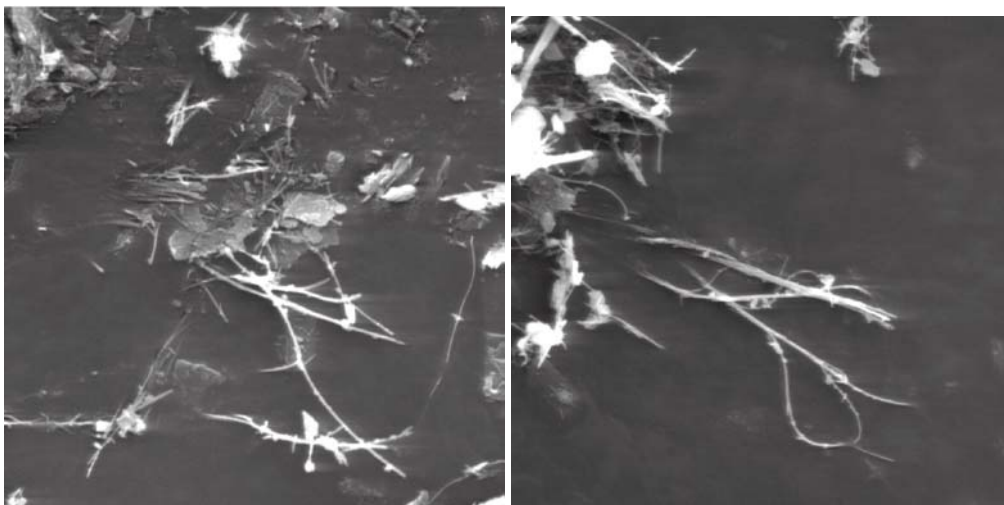
Παρουσιάζονται παρακάτω εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου των δειγμάτων P2 και P3 που πάρθηκαν εντός των κτιριακών εγκαταστάσεων (Σχήμα 6.4) και εξετάστηκαν ως προς την παρουσία ινών χρυσοτιλικού αμιάντου. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως το δείγμα P2 είναι μίγμα μεσαίας ποιότητας συσκευασμένου προϊόντος, ενώ το δείγμα P3 μίγμα δευτερογενής σκόνης από το κτίριο επεξεργασίας. Και τα δύο (2) δείγματα περιέχουν χρυσοτιλικό αμίαντο με μορφή ελεύθερων ινών, όπου οι ίνες αυτές φαίνονται ξεκάθαρα στις μεγεθύνσεις στα Σχήματα 6.6 και 6.7.



**Σχήμα 6.5:** Θέσεις δειγματοληψίας 2 και 3, εντός των κτιριακών εγκαταστάσεων



**Σχήμα 6.6:** Ίνες χρυσοσιλικού αμιάντου του δείγματος P2 μεγεθυσμένες 2000 φορές.



**Σχήμα 6.7:** Σχήμα 6.6 Ίνες χρυσοσιλικού αμιάντου δείγματος P3 μεγεθυσμένες 2000 και 3000 φορές αντίστοιχα.

Συνοπτικά λοιπόν τα προβλήματα που εντοπίζονται στο εργοστάσιο παραγωγής αμιάντου (κτίριο πρωτογενούς θραύσης και συγκροτήματος κύριας επεξεργασίας) είναι τα εξής:

- Υπάρχει **εκτεταμένη παρουσία ελεύθερων ινών αμιάντου** σε όλες τις επιφάνειες του κτιρίου, στο μηχανικό εξοπλισμό και στα φίλτρα του συστήματος κενού.
- Ορισμένοι χώροι του εργοστασίου είναι εκτεθειμένοι στον αέρα και στη βροχή, με αποτέλεσμα το εργοστάσιο να αποτελεί **μία ενεργή πηγή ρύπανσης** για την ευρύτερη περιοχή εξαιτίας της μεταφοράς και διάχυσης του αμιάντου. Όμως και στην περίπτωση αυτή τροχοπέδη στην εκτίμηση της επικινδυνότητας της κατάστασης αποτελεί η απουσία περιβαλλοντικών δεδομένων.
- Η υψηλή ρύπανση που χαρακτηρίζει τις κτιριακές εγκαταστάσεις **δεν επιτρέπει την επαναχρησιμοποίησή τους χωρίς προηγουμένως να εξυγιανθούν**.

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα στο επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν διαφορετικά μέτρα αποκατάστασης των κτιριακών εγκαταστάσεων, ώστε να πάψουν αυτά να αποτελούν πηγή ρύπανσης. Οποιαδήποτε λύση εφαρμοστεί για τις κτιριακές εγκαταστάσεις, ο καθαρισμός τους αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση, για την προστασία των εργαζομένων που θα υλοποιήσουν τις εργασίες αποκατάστασης. Υπολογίζεται ότι κατά τη διάρκεια των εργασιών αποκατάστασης μέσα στις κτιριακές εγκαταστάσεις οι συγκεντρώσεις αμιάντου θα κυμαίνονται από 150.000 ως 2 εκ. ίνες ανά  $\text{m}^3$  (Von Lieberman, 2002). Για την προστασία των εργαζομένων οι εργασίες καθαρισμού ακολουθούν περίπλοκες τεχνικές που απομονώνουν το χώρο παρουσίας των εργαζομένων από τον χώρο στον οποίο γίνεται ο καθαρισμός και περιλαμβάνει τη δημιουργία θαλάμων με διαφορετικές πιέσεις, τη διαβροχή των επιφανειών κλπ.

Ο καθαρισμός του χώρου πραγματοποιείται, σε πρώτη φάση, με τη βοήθεια κατάλληλων μηχανικών συστημάτων (αναρροφητικών αντλιών, ψεκαστήρων νερού, κ.ά.). Ακολούθως, οι υγροποιημένες επιφάνειες που περιέχουν αμιάντο αφαιρούνται προσεκτικά, με χρήση λεπίδων ή πανιού και τοποθετούνται σε σακούλες πολυαιθυλενίου με ειδική σήμανση. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία απομάκρυνσης, η επιφάνεια ψεκάζεται με ειδικές σταθεροποιητικές χημικές ουσίες. Τα απόβλητα

απορρίπτονται σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο για την ασφαλή απόθεσή τους, χωρίς περαιτέρω επεξεργασία. Ο χώρος περιβάλλεται από αδιαπέραστο κάλυμμα, προκειμένου να αποφευχθεί διάχυση των ρυπαντικών ουσιών στο περιβάλλον.

### 6.3 Μεταλλείο

Όπως αναφέρθηκε για την εξόρυξη του μεταλλεύματος και των βραχωδών στειρών γινόταν χρήση εκρηκτικών υλών και στη συνέχεια φόρτωση σε βαρέα οχήματα και μεταφορά στο εργοστάσιο (απόσταση περίπου 800m) για επεξεργασία ή στο χώρο απόθεσης. Τα προβλήματα του μεταλλείου εντοπίζονται βασικά στα ακόλουθα:

- **Δημιουργία αερομεταφερόμενου αμιάντου από τις εκρήξεις** όταν λειτουργούσε το μεταλλείο.
- **Μεταφορά του αμιάντου από τα όμβρια ύδατα**, σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων, από τον χώρο του μεταλλείου στην ευρύτερη περιοχή διαμέσου του υδρογραφικού δικτύου, με αποτέλεσμα τη ρύπανση των παρακείμενων υδάτινων όγκων.
- **Μεταφορά του αμιάντου στην ευρύτερη περιοχή εξαιτίας της κυκλοφορίας οχημάτων** στους δρόμους του μεταλλείου επίσης όταν λειτουργούσε το μεταλλείο.



Σχήμα 6.8: Κατολίσθηση υλικού στο μεταλλείο

- Μέχρι σήμερα δεν έχει γίνει **καμία εργασία αποκατάστασης** στο χώρο του μεταλλείου με αποτέλεσμα να παραμένει το πρόβλημα αερομεταφοράς ινών αμιάντου και τη διάχυση αυτών στο περιβάλλον ειδικά την ξηρή περίοδο και όταν επικρατούν άνεμοι μεγάλης εντάσεως.
- Τέλος, σε περίπτωση ολίσθησης υλικού των βαθμίδων (Σχήμα 6.8) ελευθερώνονται στο περιβάλλον ίνες αμιάντου, γεγονός που μπορεί να προληφθεί με την κάλυψη των βαθμίδων με φυτική γη και δεντροφύτευση.

Από τις μετρήσεις αέρος που έχουν γίνει στο μεταλλείο (βλέπε και Πίνακα 6.4) διαπιστώνεται ότι η τιμή της συγκέντρωσης ινών αμιάντου στον ατμοσφαιρικό αέρα βρίσκεται γενικά κάτω από το επιτρεπτό όριο έκθεσης (Οδηγία 83/477), εκτός από τη χρονιά 1995 και το πρώτο τρίμηνο του 1996 όπου η τιμή της ανέρχεται στις 0,27 ίνες/cm<sup>3</sup>. Ένα ερώτημα που τίθεται εδώ είναι ποιές ήταν οι συγκεντρώσεις ινών αμιάντου στην ατμόσφαιρα πριν το 1995 δεδομένου ότι το μεταλλείο λειτουργούσε ήδη από το 1982. Δεν υπάρχουν παλαιότερες μετρήσεις και είναι πολύ πιθανό οι τιμές της συγκέντρωσης ινών στον αέρα να ξεπερνούσαν το επιτρεπτό όριο έκθεσης. Στον Πίνακα 6.7 παρουσιάζονται η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της συγκέντρωσης ινών αμιάντου στον ατμοσφαιρικό αέρα που έχει καταγραφεί καθώς και πρόσφατη μέτρηση σύμφωνα με την οποία η τιμή της συγκέντρωσης βρίσκεται χαμηλότερα από το επιτρεπτό όριο έκθεσης της Οδηγίας 83/477.

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (3ο τρίμηνο 97)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (έτος 1995)	Π.ΜΕΤΡΗΣΗ (4ο τρίμηνο 99)	Ν.ΜΕΤΡΗΣΗ 16/09/04	ΟΡΙΟ ΕΚΘΕΣΗΣ (Οδηγία 83/477)	ΟΡΙΟ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΩΝ (ΕΡΑ)
0,09	0,27	0,15	0,08	0,2	0,0004

**Πίνακας 6.7:** Συγκέντρωση αμιάντου στο μεταλλείο (ίνες/cm<sup>3</sup>)

Ακολουθούν εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου του δείγματος P5 που πάρθηκε στο μεταλλείο (Σχήμα 6.9) και στις οποίες απεικονίζονται ίνες χρυσωτικού αμιάντου εξετάστηκαν μεγεθυμένες 2000 και 3000 φορές αντίστοιχα (Σχήμα 6.10). Το δείγμα P5 είναι μίγμα διαφορετικών πετρωμάτων σερπεντίνη του μεταλλείου.



**Σχήμα 6.9:** Θέση δειγματοληψίας του δείγματος P5 (σερπεντινικά πετρώματα)





**Σχήμα 6.10:** Εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου του δείγματος P5 μεγεθυμένες 2000 και 3000 φορές αντίστοιχα.

#### 6.4 Αποθέσεις

Από τους 70.000.000 τόνους μεταλλεύματος που εξορύχτηκαν τα 20 σχεδόν χρόνια λειτουργίας των ΜΑΒΕ, παράχθηκαν 1.000.000 τόνοι αμιάντου. Οι υπόλοιποι 69.000.000 τόνοι αποτέθηκαν ως στείρα υλικά (Σχήμα 6.11). Οι αποθέσεις αυτές καταλαμβάνουν 532 στρέμματα και σχηματίζουν τεράστιους σωρούς που είναι ορατοί από μεγάλη απόσταση καθώς το ύψος τους φτάνει τα 180m, ενώ ο συνολικός τους όγκος υπολογίζεται στο  $1.000.000\text{m}^3$ . Με βάση μετρήσεις που προσδιορίζουν την περιεκτικότητα των στείρων σε αμιάντο στο 0,2%, συνάγεται ότι **οι όγκοι των αποθέσεων περιέχουν 138.000 τόνους καθαρού αμιάντου.**

Οι αποθέσεις αποτελούν μια σοβαρότατη πηγή ρύπανσης για την ευρύτερη περιοχή στην οποία διαχέονται μέσω του αέρα και των υδάτων. Συγκεκριμένα, είναι γνωστό ότι οι εξαιρετικά μικρού μεγέθους (διαμέτρου  $< 3\mu\text{m}$ , μήκος  $> 5\mu\text{m}$ ) καρκινογενείς ίνες αμιάντου μπορούν να παρασυρθούν από τον άνεμο ακόμα και εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά.



**Σχήμα 6.11:** Πλατεία απόθεσης



Ένα ακόμη σημείο, στο οποίο θα πρέπει να δοθεί προσοχή σχετικά με τις αποθέσεις, είναι ο **κίνδυνος αστάθειας** των πρανών με αποτέλεσμα την εμφάνιση τοπικών ή εκτεταμένων κατολισθητικών φαινομένων. Ένα τέτοιο συμβάν θα είχε ως αποτέλεσμα, όπως αναφέρθηκε και στην περίπτωση των βαθμίδων στο μεταλλείο, την απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων αμιάντου στην ατμόσφαιρα και στους υδάτινους όγκους της περιοχής.

Σχετικά με την πιθανότητα διαρροής ινών αμιάντου από τα στείρα προς τον υδροφόρο ορίζοντα μέσω κατακρημνισμάτων (κατά μέσο όρο η βροχόπτωση κυμαίνεται περίπου στα 500 mm το χρόνο) θα πρέπει να διευκρινισθεί ότι ο αμιαντούχος σερπεντίτης, όπως ακριβώς βρίσκεται στο πέτρωμα, λόγω κυρίως των θυλάκων αμιάντου που περιέχει, είναι ιδιαίτερα υδατοπερατός με συνέπεια να υπάρχουν αξιόλογες φυσικές διαρροές αμιάντου στον υδάτινο ορίζοντα. Επιπλέον, περιμετρικά στη βάση των αποθέσεων διέρχεται ρέμα, το οποίο σε δύο σημεία έχει επιχωθεί, με αποτέλεσμα τα νερά του να λιμνάζουν και η απορροή τους να γίνεται μέσα από διαβρώσεις των αποθέσεων. **Τα νερά αυτά, αφού παρασύρουν άγνωστες ποσότητες αμιάντου από τις αποθέσεις, καταλήγουν στον Αλιάκμονα.**

Μετρήσεις ινών αμιάντου στον ατμοσφαιρικό αέρα στους χώρους απόθεσης έγιναν για πρώτη φορά το Σεπτέμβριο του 2004 (Σχήμα 6.12), δεν υπάρχουν δεδομένα για την εκτίμηση της ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα που οφείλεται στην απόθεση των στείων υλικών που προέρχονται από το μεταλλείο και την επεξεργασία κατά τη λειτουργία των ΜΑΒΕ. **Η μετρούμενη τιμή συγκέντρωσης ινών αμιάντου** στον ατμοσφαιρικό αέρα ανέρχεται στις **0,055 ίνες/cm<sup>3</sup>** και είναι περίπου τέσσερις (4) φορές μικρότερη από το όριο έκθεσης.



Αναμενόμενο είναι η τιμή αυτή της συγκέντρωσης τα χρόνια λειτουργίας του μεταλλείου να βρισκόταν σε πολύ υψηλότερα επίπεδα εξαιτίας των εργασιών απόθεσης υλικού (μεταφορά, απόθεση, διαμόρφωση πλατείας απόθεσης κλπ.) και σε περίπτωση αστοχίας πρανών ελευθέρωση στο περιβάλλον ινών αμιάντου.

**Σχήμα 6.12:** Δειγματοληψία στις αποθέσεις στείων

Όπως αναφέρθηκε και στο 4ο κεφάλαιο (ΜΑΒΕ) η απόθεση του εργοστασίου έχει αποκατασταθεί μερικώς κατά την διάρκεια λειτουργίας του εργοστασίου με απόθεση φυτικής γης στην διαμορφούμενη πλατεία περίπου 0,50 εκατοστών πάχους και φύτευση δένδρων όπως ακακίες και πεύκα, με αποτέλεσμα την δέσμευση ινών αμιάντου στο έδαφος. Τα μέτρα αυτά αποκατάστασης, παρόλο που δεν έχουν ολοκληρωθεί, συντελούν θετικά στην μείωση της συγκέντρωσης ινών αμιάντου στον ατμοσφαιρικό αέρα και στα υπόγεια νερά και απαραίτητο κρίνεται η αποπεράτωσή τους σε σύντομο χρονικό διάστημα.

### 6.5 Εξωτερικό περιβάλλον

Στην ευρύτερη περιοχή της μονάδος παραγωγής μπορεί κανείς να διαπιστώσει οπτικά μεγάλες ποσότητες εναποθέσεων από ίνες αμιάντου καθώς επίσης και ελεύθερες ίνες. Όλοι οι ελεύθεροι χώροι, συμπεριλαμβανομένων και των δρόμων είναι ρυπασμένοι. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι ίνες αμιάντου έχουν διασκορπιστεί σε ακτίνα εκατοντάδων μέτρων, πάνω στα δέντρα (σκόνη πάνω στα φύλλα), οι οποίες όπως είναι φυσικό με τον παραμικρό αέρα να μεταφέρονται ελεύθερα στην ευρύτερη περιοχή. Σε γενικές γραμμές, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του μεταλλείου δεν διαπιστώθηκε ότι ελήφθησαν αποφασιστικά μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος από τις ίνες αμιάντου, εκτός από την κατάβρεξη και κατά συνέπεια η ποσότητα των ελεύθερων ινών στην ευρύτερη περιοχή υπολογίζεται να είναι τεράστια.

Μετρήσεις αέρος έχουν δείξει (βλέπε και Πίνακα 6.4) ότι οι τιμές συγκέντρωσης ινών αμιάντου στον ατμοσφαιρικό αέρα κυμαίνονται γενικά κάτω από το όριο έκθεσης στο εξωτερικό περιβάλλον των κτιριακών εγκαταστάσεων (Πίνακας 6.8).

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (3ο τρίμηνο 97)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (έτος 1995)	Π.ΜΕΤΡΗΣΗ (4ο τρίμηνο 99)	Ν.ΜΕΤΡΗΣΗ 16/09/04	ΟΡΙΟ ΕΚΘΕΣΗΣ (Οδηγία 83/477)	ΟΡΙΟ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΩΝ (ΕΡΑ)
0,08	0,18	0,10	0,03	0,2	0,000004

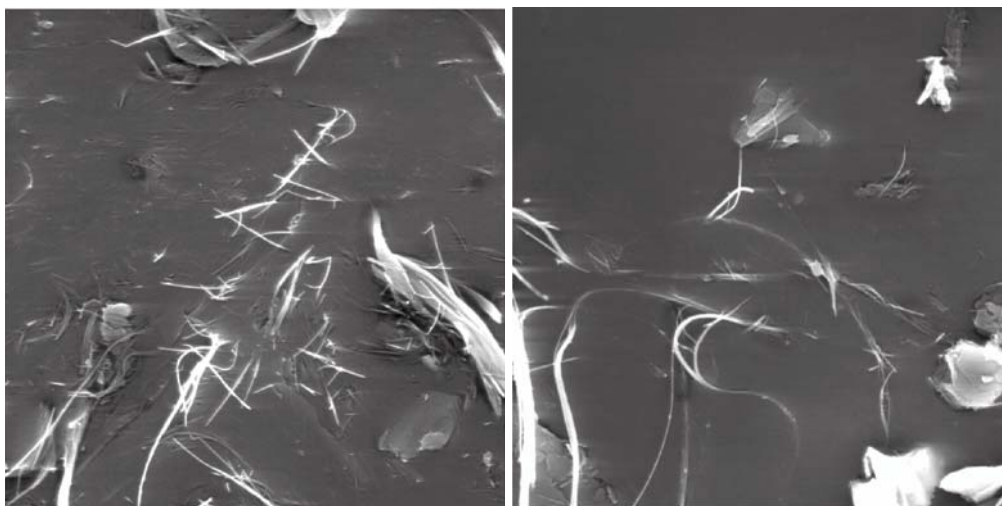
**Πίνακας 6.8:** Συγκέντρωση αμιάντου στο εξωτερικό περιβάλλον του εργοταξίου (ίνες/cm<sup>3</sup>)

Από τη δειγματοληψία εδαφικού υλικού που έγινε σε δύο (2) διαφορετικά σημεία του εξωτερικού χώρου των ΜΑΒΕ διαπιστώθηκε η παρουσία χρυσοτιλικού αμιάντου με μορφή ελεύθερων ινών. Το δείγμα Ρ6 αποτελείται από μίγμα σκόνης που πάρθηκε από την μεταλλική κατασκευή του κτιρίου μεταφοράς (Σχήμα 6.13).



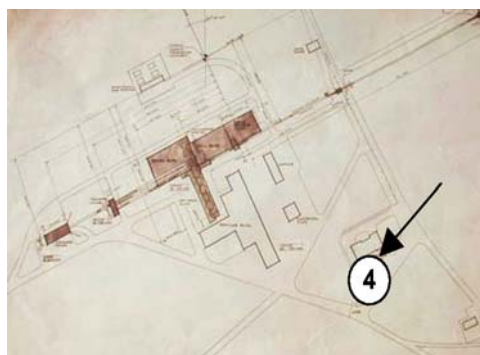
**Σχήμα 6.13:** Σκόνες αμιάντου εναποτεθειμένες στους εξωτερικούς χώρους

Στο Σχήμα 6.14 απεικονίζονται ίνες χρυσοτιλικού αμιάντου μεγεθυμένες 2000 φορές του δείγματος P6.

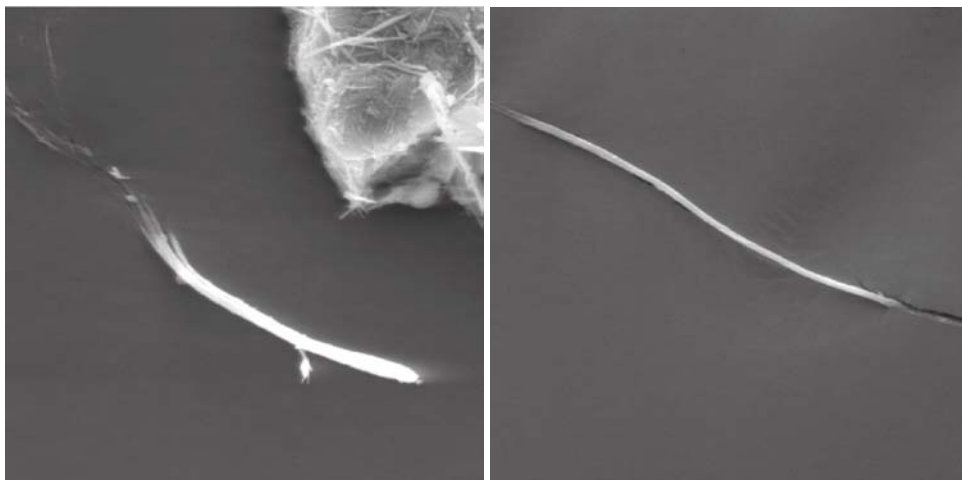


**Σχήμα 6.14:** Εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου του δείγματος P6 μεγεθυμένες 2000 φορές.

Το δεύτερο δείγμα (P4) αποτελείται λάσπη γεώτρησης, η οποία έγινε κοντά στον οικισμό των ΜΑΒΕ, νοτιοανατολικά των εγκαταστάσεων επεξεργασίας (Σχήμα 6.15). Στο Σχήμα 6.16 φαίνονται καθαρά ίνες χρυσοτιλικού αμιάντου μεγεθυμένες 3000 φορές.



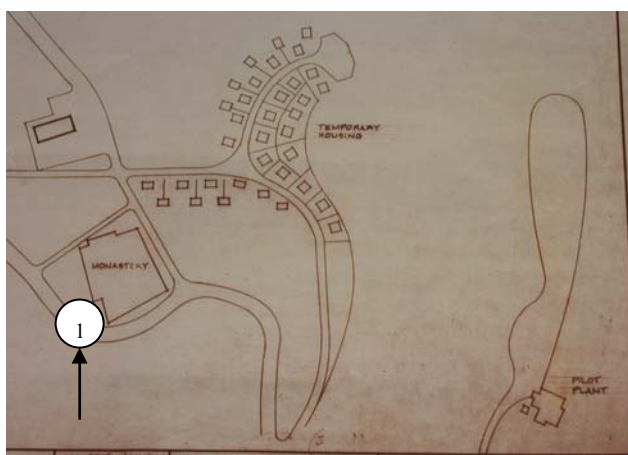
**Σχήμα 6.15:** Σημείο γεώτρησης, δείγμα P4.



**Σχήμα 6.16:** Ίνες χρυσοσιλικού αμιάντου του δείγματος P4 μεγεθυσμένες 3000 φορές.

Το τελευταίο δείγμα (P1) εδαφικού υλικού πάρθηκε από τη Μονή Ζιδανίου και αποτελείται από μίγμα σκόνης αμιάντου. Διαπιστώθηκε ύστερα από αναλύσεις ότι και αυτό το δείγμα περιέχει χρυσοσιλικό αμιάντο με τη μορφή ελεύθερων ινών. **Βάσει λοιπόν των έξι μικτών δειγμάτων εδαφικού υλικού είναι εμφανής και αναγνωρίσιμη μια δευτερεύουσα μόλυνση του εξωτερικού χώρου και των κτιρίων εσωτερικά και ακόμη και του οικισμού της Μονής Ζιδανίου που εξακριβώνεται με φυσικά και αναλυτικά στοιχεία.**

Ακολουθούν τα Σχήματα 6.17 και 6.18 στα οποία φαίνονται η θέση δειγματοληψίας του δείγματος P1 στη Μονή Ζιδανίου και ίνες χρυσοσιλικού αμιάντου μεγεθυσμένες 1000 και 3000 φορές αντίστοιχα.



**Σχήμα 6.17:** Σημείο που πάρθηκε το δείγμα P1



**Σχήμα 6.18:** Εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου του δείγματος P1 μεγεθυσμένες 1000 και 3000 φορές αντίστοιχα.

## 6.6 Ευρύτερη περιοχή

Τα ΜΑΒΕ πραγματοποίησαν εκτός από μετρήσεις ινών αμιάντου στον ατμοσφαιρικό αέρα και δειγματοληψίες νερού για την ανίχνευση αμιάντου στο ευρύτερο περιβάλλον των ΜΑΒΕ. Ακολουθούν πίνακες με τα αποτελέσματα των μετρήσεων στον αέρα και στο νερό (ποταμός Αλιάκμονας και πηγές).

### 6.6.1 Μετρήσεις αέρος

Από το 1982 έως το 1988 γινόνταν μετρήσεις αέρος από τα ΜΑΒΕ στους γύρω οικισμούς μέχρι και την Κοζάνη. Σύμφωνα με τις μετρήσεις αυτές δεν παρατηρήθηκαν μεγάλες συγκεντρώσεις αμιάντου στον αέρα (Πίνακας 6.9).

A/A	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	Ινες/cm <sup>3</sup>
1	14/4/1982	Μικρόβαλτο	0,290
2	18/3/1983	Μικρόβαλτο	0,060
3	14/2/1985	Μικρόβαλτο	0,030
4	5/7/1985	Μικρόβαλτο	0,060
5	31/7/1986	Μικρόβαλτο	0,040
6	14/7/1987	Μικρόβαλτο	0,026
7	14/7/1987	Τρανόβαλτο	0,019
8	16/7/1987	Ρύμνιο	0,020
9	16/7/1987	Αιάνη	0,021
10	21/7/1987	Φρούριο	0,018
11	14/2/1988	Νεράϊδα	0,035
12	15/2/1988	Σερβία	0,034
13	16/2/1988	Κοζάνη	0,025
14	17/2/1988	Λευκοπηγή	0,025
15	24/2/1988	Οικισμός ΜΑΒΕ	0,086

**Πίνακας 6.9:** Μετρήσεις ινών αμιάντου στον αέρα της ευρύτερης περιοχής των ΜΑΒΕ

Μία πιο πρόσφατη σειρά δειγματοληψιών των ΜΑΒΕ στη γύρω περιοχή έδειξε επίσης χαμηλές συγκεντρώσεις (Πίνακας 6.10).

ΕΤΟΣ	ΤΡΑΝΟΒΑΛΤΟ	ΜΙΚΡΟΒΑΛΤΟ	ΡΥΜΝΙΟ
1999	0,071	0,061	0,066
1998	0,069	0,064	
1997 1ο εξάμηνο	0,046	0,040	
1997 2ο εξάμηνο	0,036	0,026	0,031
1996 1ο εξάμηνο	0,061	0,061	0,051
1996 2ο εξάμηνο	0,071	0,066	0,061
1995 1ο εξάμηνο	0,061	0,051	
1995 2ο εξάμηνο	0,041	0,032	0,030
1994 1ο εξάμηνο	0,030	0,026	
1994 2ο εξάμηνο	0,023	0,022	0,021
1993 1ο εξάμηνο	0,028	0,030	0,021
1993 2ο εξάμηνο	0,030	0,026	

**Πίνακας 6.10:** Συγκέντρωση ινών αμιάντου στον αέρα της ευρύτερης περιοχής των ΜΑΒΕ (ίνες/cm<sup>3</sup>)

Παρόλο που τα αποτελέσματα των μετρήσεων δείχνουν τιμές συγκέντρωσης ινών αμιάντου στην ατμόσφαιρα αρκετά χαμηλές, το θέμα της αερομεταφοράς του αμιάντου και διάχυσής του στο περιβάλλον απαιτεί περαιτέρω μελέτη καθώς οι κοινότητες Τρανόβαλτο και Μικρόβαλτο βρίσκονται στα νότια-νοτιοδυτικά του χώρου των ΜΑΒΕ και οι επικρατούντες άνεμοι στην περιοχή είναι Βόρειοι – Βορειοανατολικοί. Σε περίπτωση λοιπόν εργασιών αποκατάστασης και επαναχρησιμοποίησης του χώρου η παραγόμενη από την αιολική διάβρωση σκόνη θα κατευθύνεται προς τους οικισμούς. Επίσης, η πρόσβαση προς τις κοινότητες αυτές πραγματοποιείται διαμέσου της οδού που εξυπηρετούσε το μεταλλείο, με αποτέλεσμα οι κάτοικοι αφενός να διέρχονται πρακτικά μέσα από την πηγή του κινδύνου και να εκτίθενται σε αυτόν, αφετέρου να μεταφέρουν, λόγω της κυκλοφορίας των οχημάτων, τον αμιάντο στους οικισμούς. Η υψηλή σχετική υγρασία στην περιοχή λόγω της τεχνητής λίμνης Πολυφύτου δρα ανασταλτικά στο πρόβλημα, καθώς περιορίζει τη δημιουργία κονιορτού από τις εκτιθέμενες επιφάνειες.

### 6.6.2 Μετρήσεις νερού

Πριν από την έναρξη λειτουργίας των ΜΑΒΕ διενεργήθηκαν δειγματοληψίες σε πηγές της περιοχής και στον Αλιάκμονα. Οι δειγματοληψίες διενεργήθηκαν από την ίδια την ΜΑΒΕ τον Ιούνιο του 1981. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδειξαν ότι



υπήρχε φυσική ρύπανση όλων των πηγών που συνδέονται με τον όγκο των υπερβασικών πετρωμάτων του Βούρινου (Πίνακας 6.11).

Στην καταμέτρηση μετρήθηκαν οι ίνες που ήταν μεγαλύτερες από 5μm και είχαν διάμετρο μικρότερη ή ίση των 3μm και λόγο μήκους/διάμετρο μεγαλύτερο του 3. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε:

1. από πηγές όπου ανάβλυζε νερό,
2. από τα ρέοντα ύδατα. κατά μήκος των χαραδρών και
3. από διάφορα σημεία του ίδιου του Αλιάκμονα (κατά μήκος 30km σχεδόν, από το χωριό Λαζαράδες έως τη γέφυρα των Σερβίων).

A/A	ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (ίνες/λίτρο)
1	<b>Ρέμα πηγής παλαιού αντλιοστασίου ΜΑΒΕ</b>	<b>8.000.000</b>
2	Αλιάκμονας 1 (παρόχθιο/ρέον)	1.800.000
3	Αλιάκμονας 2 (παρόχθιο/λιμνάζον)	4.100.000
4	Γέφυρα Ρυμνίου	3.100.000
5	Γέφυρα Ρυμνίου (παρόχθιο/λιμνάζον)	4.800.000
6	Γέφυρα Σερβίων	2.760.000
7	Ρέμα Σκαλιστήρη	2.300.000
8	Ρέμα Κατερίνης	1.030.000
9	Μονή Ιλαρίωνος (παρόχθιο/ρέον)	2.800.000
10	Λαζαράδες (παρόχθιο/ρέον)	2.040.000
11	Στοά Σκούμτσας	870.000
12	<b>Πηγή 245m ΝΔ περιβόλου Μονής Ιλαρίωνης</b>	<b>35.910.000</b>
13	Νότια Πηγή Μικροβάλτου	265.000
14	Πηγή γέφυρας Μικροβάλτου	524.000
15	Αναβρικά	1.542.000
0	Γεώτρηση ΜΑΒΕ	30.000

**Πίνακας 6.11:** Αποτελέσματα δειγματοληψίας σε πηγές της περιοχής και στον ποταμό Αλιάκμονα (ΜΑΒΕ, 1981)

Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις στον Αλιάκμονα εντοπίστηκαν στην αρχή και στο τέλος της δειγματοληψίας και ήταν 2.000.000 ίνες/lt (Λαζαράδες) και 2.760.000 ίνες/lt (Γέφυρα Αλιάκμονα). Ενδιάμεσα εντοπίστηκαν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Ειδικά υψηλή (35.910.000 ίνες/lt) ήταν η συγκέντρωση στην πηγή στον περίβολο της Μονής Ιλαρίωνος. Υπενθυμίζεται ότι το όριο της ΕΡΑ για το πόσιμο νερό είναι  $7 \times 10^6$  ίνες αμιάντου ανά λίτρο. Από την ανάλυση των μετρήσεων προέκυψε ότι ο Αλιάκμονας υφίσταται μια αναπότρεπτη φυσική ρύπανση, η οποία οφείλεται στο γεγονός ότι τα υπόγεια νερά κατά την κυκλοφορία τους μέσα στα πετρώματα



**(υπερβασικό συμπλέγμα του Βούρινου) αποσπούν και παρασύρουν ίνες αμιάντου οι οποίες τελικά καταλήγουν στον Αλιάκμονα.**

Μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί από το ΑΠΘ και άλλα επιστημονικά ινστιτούτα στα νερά του Αλιάκμονα κοντά στην περιοχή των ΜΑΒΕ (Κλάδης Α. & Σφακιανάκη Γ, 1997), καταδεικνύουν **υψηλές συγκεντρώσεις ινών αμιάντου, οι οποίες δεν οφείλονται μόνο στο γεωλογικό υπόστρωμα της περιοχής αλλά και στη δραστηριότητα του ορυχείου.** Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι η συγκέντρωση ινών αμιάντου που μετρήθηκε ανάντη των εγκαταστάσεων των ΜΑΒΕ είναι διπλάσια της συγκέντρωσης που μετρήθηκε στα κατάντη (Πίνακας 6.12). Συγκεκριμένα από την ερευνητική εργασία που υλοποίησε το Εργαστήριο Ελέγχου Ρύπανσης Περιβάλλοντος του ΑΠΘ το 1993, με τίτλο: *«Ανάπτυξη Μεθόδων Προσδιορισμού ινών αμιάντου στα νερά του Αλιάκμονα και του δικτύου ύδρευσης Θεσσαλονίκης»*, επιλέχθηκαν οκτώ σημεία δειγματοληψίας νερού, κατά μήκος του ποταμού Αλιάκμονα. Τα σημεία αυτά αριθμήθηκαν συμβατικά όπως περιγράφεται παρακάτω:

1. Αγία Βαρβάρα
2. Φράγμα Ασωμάτων
3. Φράγμα Σφηκιάς
4. Γέφυρα Σερβίων, Λίμνη Πολυφύτου
5. Γέφυρα Ρυμνίου, Είσοδος Αλιάκμονα στη Λίμνη Πολυφύτου
6. Μονή Αγίου Ιλαρίωνα, Φράγμα ΔΕΗ υπό κατασκευή
7. Περιοχή Λαζαράδες
8. Γέφυρα Νεάπολης

Από τις θέσεις αυτές, οι 6,7 και 8, βρίσκονται πριν από τα πρανή των υψωμάτων επί των οποίων βρίσκονται οι εγκαταστάσεις των ΜΑΒΕ. Η θέση 5 ήταν άλλοτε εντός της λίμνης Πολυφύτου, ενώ σήμερα που η στάθμη της λίμνης έχει ελαττωθεί σημαντικά, βρίσκεται σχεδόν μέσα στην κοίτη του ποταμού. Η θέση 4 βρίσκεται ακριβώς στο μέσο της λίμνης. Οι θέσεις 2 και 3 βρίσκονται αμέσως μετά τα αντίστοιχα Υδροηλεκτρικά Φράγματα της ΔΕΗ. Η θέση 1 βρίσκεται στο σημείο όπου ο ποταμός μπαίνει στο πεδινό μέρος και από τη θέση αυτή διαμοιράζεται κατά ένα μέρος στη φυσική του κοίτη και κατά άλλο μέρος σε μια αρδευτική διώρυγα, από όπου πρόκειται να υδροδοτηθεί και το πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΘΕΣΗ	ΌΓΚΟΣ ΚΑΙ ΦΙΛΤΡΑ ΔΙΗΘΗΣΗΣ (ml)	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΙΝΩΝ ΑΜΙΑΝΤΟΥ (10 <sup>6</sup> ίνες/l)	ΣΦΑΛΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ (10 <sup>6</sup> ίνες/l)
Αύγουστος 1993	Αγ.Βαρβάρα	100	5,5	1,3
	Φράγμα Ασωμάτων	100	5,0	1,3
	<b>Φράγμα Σφηκιάς</b>	<b>100</b>	<b>7,8</b>	<b>1,3</b>
	<b>Γέφυρα Σερβίων</b>	<b>50</b>	<b>24,6</b>	<b>2,5</b>
Δεκέμβριος 1993	Αγ.Βαρβάρα	50	1,3	0,7
	Φράγμα Ασωμάτων	50	0,7	0,7
	Γέφυρα Σερβίων	25	3,9	1,3
	<b>Γέφυρα Ρυμνίου</b>	<b>10</b>	<b>37,4</b>	<b>3,4</b>
	Μονή Αγ.Ιλαρίωνα	10	Δ.Π.	-
Ιανουάριος 1994	Λαζαράδες	10	Δ.Π.	-
	Γέφυρα Νεάπολης	10	4,8	3,4

**Πίνακας 6.12:** Αποτελέσματα προσδιορισμού ινών αμιάντου σε δείγματα του Αλιάκμονα (ΑΠΘ, 1993)

Επίσης το ίδιο Εργαστήριο σε συνεργασία με το ΙΓΜΕ υλοποίησε το 1997 (ΑΠΘ, 1997) σειρά δειγματοληψιών στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος που χρηματοδοτήθηκε από τον Οργανισμό Ύδρευσης Θεσσαλονίκης υπό τον τίτλο: «*Ινες Αμιάντου στα νερά του Αλιάκμονα*». Ο προσδιορισμός ινών αμιάντου στα νερά του Αλιάκμονα έγινε με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο TEM και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.13. Οι τιμές των συγκεντρώσεων ινών αμιάντου στο νερό βρίσκονται κάτω από το όριο της ΕΡΑ.

Α/Α	ΘΕΣΗ	ΙΝΕΣ/ΛΙΤΡΟ
1	Φράγμα Ασωμάτων (Βαρβάρες)	1,81*10 <sup>6</sup>
2	Σφηκία 1 (πλευρικό ρεύμα)	9,0*10 <sup>5</sup>
3	Φράγμα Σφηκία	-
4	Φράγμα Πολυφύτου	7,55*10 <sup>5</sup>
5	Γέφυρα Σερβίων (όχθη)	1,46*10 <sup>6</sup>
6	Γέφυρα Σερβίων (κέντρο)	1,46*10 <sup>6</sup>
7	2ο ρέμα μετά το μεταλλείο Ζιδανίου προς Ρύμνιο	1,13*10 <sup>6</sup>
8	3ο ρέμα μετά το μεταλλείο Ζιδανίου προς Ρύμνιο	-
9	Γέφυρα Ρυμνίου	9,43*10 <sup>5</sup>
10	Μονή Ιλαρίωνα	5,66*10 <sup>5</sup>
11	Σιδερένια γέφυρα πεζών	4,72*10 <sup>6</sup>
12	Άργος Ορεστικό	2,26*10 <sup>5</sup>

**Πίνακας 6.13:** Συγκέντρωση ινών αμιάντου σε δείγματα του ποταμού Αλιάκμονα (ΑΠΘ, 1997)

## 7. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΞΥΓΙΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΑΜΙΑΝΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ

Οι περιβαλλοντικοί όροι (βλέπε Παράρτημα), μαζί με την διεθνής εμπειρία και την ευρωπαϊκή νομοθεσία προσφέρουν ορισμένες βασικές κατευθυντήριες γραμμές προς τη λήψη μέτρων για την αποκατάσταση τόσο των υπαίθριων χώρων όσο και των κτιριακών εγκαταστάσεων, που βρίσκονται στο χώρο των ΜΑΒΕ.

Η αποκατάσταση βιομηχανικών κέντρων παραγωγής αμιάντου ενέχει, συνήθως, δύο σκέλη: (α) την αποκατάσταση του χώρου εξόρυξης του μεταλλεύματος και των σωρών των αποθέσεων (αποκατάσταση του περιβάλλοντος) και (β) την εξυγίανση των κτιριακών εγκαταστάσεων (εργοστάσιο επεξεργασίας, βοηθητικές εγκαταστάσεις, κλπ.). Ακολούθως, περιγράφονται συνοπτικά οι διαθέσιμες σήμερα τεχνολογικές λύσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος και η δυνατότητα εφαρμογής αυτών στην περίπτωση των ΜΑΒΕ. Τέλος παραθέτονται βασικά στοιχεία από τη διεθνή εμπειρία σε συναφή έργα. Ξεχωριστή αναφορά θα γίνει όσο αφορά τη διαχείριση των αποβλήτων, που προβλέπεται να προκύψουν κυρίως μετά τις ενέργειες διαχείρισης των κτιριακών εγκαταστάσεων.

### 7.1 Αποκατάσταση υπαίθριων χώρων

Οι συνηθέστεροι μέθοδοι αποκατάστασης των υπαίθριων χώρων είναι οι εξής:

1. **Σταθεροποίηση - Στερεοποίηση** και κάλυψη των ρυπασμένων εδαφών.
2. **Συλλογή** των ρυπασμένων εδαφών και απόθεσή τους σε ειδικό χώρο διάθεσης.
3. **Υαλοποίηση** των ρυπασμένων εδαφών.

Η πρώτη μέθοδος επιβάλλεται στην περίπτωση των ΜΑΒΕ σύμφωνα με τους Περιβαλλοντικούς Όρους. Η λύση της κάλυψης - σταθεροποίησης των εδαφών *in situ*, προβάλλει ως ρεαλιστικότερη και ελκυστικότερη. Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή αυτής της μεθόδου για τις περιπτώσεις των υπαίθριων χώρων, του μεταλλείου και των αποθέσεων, ενώ στις άλλες δυο μεθόδους, που δεν κρίνονται εφαρμόσιμες στην περίπτωση των ΜΑΒΕ, γίνεται απλά μια αναφορά των βασικότερων σημείων αυτών.

### 7.1.1 Σταθεροποίηση - στερεοποίηση και φυτοκάλυψη

Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιείται πληθώρα και αποτελείται από τα εξής βασικά στάδια:

- **Μείωση της κινητικότητας του αμιάντου** με χρήση κυρίως τσιμέντου ή άλλων πονζολανικών υλικών.
- **Τοποθέτηση φυτικής γης** σε όλη την έκταση του ρυπασμένου εδάφους και, ακολούθως, εγκατάσταση βλάστησης.
- **Εγκατάσταση επιφανειακών καναλιών εκτροπής του νερού**, ώστε να αποφεύγεται η διείσδυση αυτού στα υποκείμενα απόβλητα.
- **Συστηματική παρακολούθηση** της ποιότητας των υπογείων και επιφανειακών υδάτων της ευρύτερης περιοχής.

#### Υπαίθριοι εξωτερικοί χώροι

Η κάλυψη - σταθεροποίηση των ρυπασμένων εδαφών επί τόπου, αποτελεί αφενός τη ρεαλιστικότερη λύση και αφετέρου την λύση εκείνη, που υπαγορεύεται από τους Περιβαλλοντικούς Όρους. Επιπλέον, έχει ήδη δρομολογηθεί μέσα από προγράμματα δενδροφυτεύσεων από τα ΜΑΒΕ τόσο κατά τη διάρκεια της λειτουργίας αυτών όσο και μετά τη λήξη των εξορυκτικών εργασιών. Είναι ωστόσο απαραίτητη η διενέργεια μιας σειράς μετρήσεων που θα προσδιορίζουν το βαθμό ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή. Με βάση τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης, θα υποδειχθούν τα περαιτέρω αναγκαία μέτρα για την πλήρη εξυγίανση των εξωτερικών χώρων.

#### Αποθέσεις

Οι αποθέσεις του μεταλλείου και του εργοστασίου έχουν διαμορφώσει μια μεγάλη χαράδρα με κατακόρυφα σχεδόν πρανή που φτάνουν σε κλίσεις 80%. Το πρόγραμμα αποκατάστασης συνίσταται στη δημιουργία βαθμίδων, ώστε να περιοριστούν οι κίνδυνοι εκτεταμένων αστοχιών στο ενιαίο πρανές και ακολούθως στην εγκατάσταση βλάστησης. Ταυτόχρονα πρέπει να γίνουν κατάλληλα έργα για τη διευθέτηση των υδάτων και την αποφυγή διάβρωσης. Η απαιτούμενη φυτική γη για την επικάλυψη των 532 στρ. της κεκλιμένης επιφάνειας των πρανών υπολογίστηκε στα 325.000m<sup>3</sup>, ενώ η ποσότητα αυτή αυξάνεται σε 400.000m<sup>3</sup> εφόσον συμπεριληφθούν και οι επίπεδες ακάλυπτες επιφάνειες ανάντη των βαθμίδων διαμόρφωσης. Οι αποθηκευμένες ποσότητες φυτικής γης υπολογίστηκαν σε 365.000m<sup>3</sup> και η υπόλοιπη

ποσότητα θα προέρθει από δανειοθάλαμο εκτάσεως 150 στρεμμάτων που βρίσκεται ανάντη του μεταλλείου (ΑΝ.ΚΟ., 2002).

Σύμφωνα με τη «Μελέτη διαμόρφωσης του χώρου των αποθέσεων» που εκπονήθηκε από την Αναπτυξιακή Εταιρεία Δυτικής Μακεδονίας (ΑΝ.ΚΟ.) Α.Ε. τον Αύγουστο του 2002, οι φάσεις και ο προϋπολογισμός του έργου αναλύεται σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα 7.1.

ΦΑΣΗ ΕΡΓΟΥ	ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)
Εκσκαφές στις αποθέσεις	2.340.000
Διευθέτηση ρέματος και υδραυλικά αντιπλημμυρικά έργα	440.000
Περιφράξεις, συντήρηση φυτών	60.000
Φυτική γη	700.000
Φυτεύσεις και αρδευτικό	1.650.000
<b>ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>5.190.000</b>
Εργολαβικό όφελος (18%)	934.000
Απρόβλεπτά (9%)	551.178
ΦΠΑ (18%)	1.201.568
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>7.876.946</b>

**Πίνακας 7.1:** Φάσεις έργου αποκατάστασης των αποθέσεων (ΑΝ.ΚΟ. 2002)

Η λύση αυτή υπαγορεύεται από τους Περιβαλλοντικούς Όρους, ενώ αποτελεί την πρακτική που συνήθως ακολουθείται διεθνώς. Ο βαθμός επιτυχίας είναι 90%, καθώς υπάρχουν πάντα κίνδυνοι να διαβρωθεί το έδαφος, να παρασυρθεί η φυτική γη και να υπάρχει έτσι ένα ποσοστό διάχυσης του αμιάντου στην ατμόσφαιρα.

### Μεταλλείο

Δυνατή λύση για την αποκατάσταση του χώρου του μεταλλείου είναι κάλυψη των βαθμίδων και δενδροφύτευση. Σύμφωνα με τη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Κλάδης Α. & Σφακιανάκη Γ., 1997) και τους Περιβαλλοντικούς Όρους, στις βαθμίδες του μεταλλείου πρέπει να αποτεθεί φυτική γη η οποία στη συνέχεια θα δενδροφυτευθεί. Η λίμνη, που έχει δημιουργηθεί στον πυθμένα της εκσκαφής θα παραμείνει ως έχει, τροφοδοτούμενη από τα νερά της βροχής. Σύμφωνα με την Προγραμματική Σύμβαση ανάμεσα στη Ν.Α. Κοζάνης και τα ΜΑΒΕ (βλέπε Περιβαλλοντικούς Όρους, Παράρτημα) το προϋπολογιζόμενο κόστος μιας τέτοιου τύπου αποκατάστασης ανέρχεται σε 1,3 εκ. €, με βάση τα κόστη για τα χωματουργικά έργα και για τις φυτεύσεις.

### **7.1.2 Συλλογή των ρυπασμένων εδαφών και απόθεσή τους σε ειδικό χώρο διάθεσης**

Τα ρυπασμένα εδάφη και λοιπά υλικά εκσκάπτονται και μεταφέρονται σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο για την ασφαλή απόθεσή τους, χωρίς περαιτέρω επεξεργασία. Ο χώρος περιβάλλεται από αδιαπέραστο κάλυμμα, προκειμένου να αποφευχθεί διάχυση των ρυπαντικών ουσιών στο περιβάλλον. Η επιφάνεια του χώρου διαστρώνεται με φυτική γη και καλύπτεται με βλάστηση. Η λύση αυτή θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε περίπτωση που διαπιστωθεί εντοπισμένη ρύπανση σε συγκεκριμένα σημεία. Αν ωστόσο η ρύπανση αποδειχτεί εκτεταμένη, η λύση αυτή κρίνεται ως πρακτικά ανέφικτη, εξαιτίας του εξαιρετικά υψηλού κόστους που θα απαιτηθεί.

### **7.1.3 Υαλοποίηση των ρυπασμένων εδαφών**

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία θεωρείται από τις πλέον σύγχρονες για την εξυγίανση και επαναχρησιμοποίηση εδαφών ρυπασμένων από βαρέα μέταλλα και αμίαντο. Η αρχή της βασίζεται στην ανάμειξη του ρυπασμένου εδάφους με διάφορα αδρανή υλικά (όπως π.χ. απορρίμματα υάλου, ή άλλα υλικά με βάση το γυαλί) και την τήξη του μίγματος σε θερμοκρασία πάνω των 1400°C. Στην περίπτωση αυτή, ο περιεχόμενος στο έδαφος αμίαντος καθίσταται άμορφος και αναμιγνύεται με άλλα πυριτικά υλικά. Ακολουθεί ψύξη του μίγματος και το τελικό υαλοποιημένο προϊόν θεωρείται πλέον αδρανές και μη τοξικό. Το υλικό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αδρανές πληρωτικό στη βιομηχανία τσιμέντου. Επίσης, έχουν αναφερθεί χρήσεις του ως υπόστρωμα σε διάφορες κατασκευές και εγκαταστάσεις (π.χ. κάτω από γρασίδι σε γήπεδα γκολφ ή ποδοσφαίρου). Μία μονάδα υαλοποίησης μπορεί να δεχθεί περί τους 20 με 30 τόνους εδάφους την ημέρα. Το μέσο κόστος ξεκινά από 200 και φτάνει έως και 1200 € ανά τόνο εδάφους. Σημαντική παράμετρος του κόστους αποτελεί η εκσκαφή και μεταφορά του εδαφικού υλικού εκτός του χώρου (ex-situ), προκειμένου να υποστεί την ανωτέρω επεξεργασία. Η επεξεργασία των ρυπασμένων εδαφών με αυτή την τεχνική αποτελεί τη βέλτιστη περιβαλλοντικά λύση, κρίνεται ωστόσο ως ιδιαίτερα ακριβή και απαιτεί εξειδικευμένη τεχνολογία.

## **7.2 Εξυγίανση κτιριακών εγκαταστάσεων**

Ένας βασικός καθαρισμός των κτιριακών εγκαταστάσεων αποτελεί το πρώτο απαραίτητο στάδιο για την εξυγίανση της περιοχής και πρέπει να γίνει σύμφωνα με

τις διεθνείς προδιαγραφές για παρόμοια έργα. Τα απόβλητα που θα προκύψουν θα σταθεροποιηθούν με τσιμέντο και θα αποτεθούν είτε στο μεταλλείο, είτε στις αποθέσεις, είτε σε κάποιο άλλο χώρο μέσα στα όρια των ΜΑΒΕ (Lieberman Α., 2000).

Μετά από αυτό το πρώτο στάδιο καθαρισμού, το επόμενο βήμα μπορεί να είναι ένα από τα εξής:

1. Τα κτίρια θα διατηρηθούν ως έχουν με την προϋπόθεση ότι θα σφραγιστούν και η πρόσβαση σε αυτά θα είναι αυστηρά απαγορευμένη. Για να προκριθεί μία τέτοια λύση θα πρέπει προηγουμένως να διασφαλιστεί ότι τα κτίρια δεν θα αποτελούν πλέον πηγή ρύπανσης για το περιβάλλον.
2. Εάν διαπιστωθεί ότι τα κτίρια μετά το βασικό καθαρισμό εξακολουθούν να ρυπαίνουν το περιβάλλον (μέσω της διαφυγής αμιάντου από αυτά), τότε αυτά θα πρέπει να απομονωθούν με τη χρήση ειδικών τεχνικών.
3. Αν με τον βασικό καθαρισμό δεν εκλείπει ο κίνδυνος διάχυσης ρύπανσης από τα κτίρια και η εναλλακτική της απομόνωσης κριθεί ότι δεν αποτελεί μακροπρόθεσμα βιώσιμη λύση, αυτά θα πρέπει να κατεδαφιστούν και τα προϊόντα της κατεδάφισης να αποτεθούν σε ειδικό χώρο διάθεσης αποβλήτων.
4. Πλήρης εξυγίανση του χώρου και του εξοπλισμού, με στόχο την επαναχρησιμοποίησή τους.

#### **7.2.1 Απομάκρυνση όλων των υλικών που περιέχουν αμιάντο και διάθεσή τους σε χώρο υποδοχής επικίνδυνων αποβλήτων**

Η απομάκρυνση των υλικών (οικοδομικών ή ακόμη και τμημάτων του εξοπλισμού) που περιέχουν αμιάντο και διάθεσή τους σε χώρο απόθεσης επικίνδυνων αποβλήτων είναι ιδιαίτερα ακριβή, χρονοβόρα και ενέχει επιπρόσθετες δυσκολίες, όπως: εξεύρεση κατάλληλου χώρου, διαδικασίες αδειοδότησης, αποδοχή από τις κοινότητες που θα γειτνιάζουν με τον χώρο, κλπ..

#### **7.2.2 Εγκιβωτισμός των ινών αμιάντου πάνω στις επιφάνειες, με χρήση κατάλληλων χημικών ουσιών**

Με τη μέθοδο αυτή οι ίνες αμιάντου δεσμεύονται επάνω στις επιφάνειες των κτιρίων με τη χρήση κατάλληλων χημικών ουσιών (sealant coatings). Ο εγκιβωτισμός του



αμιάντου στις επιφάνειες είναι, σχετικά, ακριβός λόγω του κόστους ειδικών χημικών ουσιών που απαιτούνται για τον σκοπό αυτό. Επιπλέον, θεωρείται σημαντικό μειονέκτημα, σε σχέση με το κόστος, το γεγονός ότι ο κίνδυνος δεν απομακρύνεται αλλά παραμένει στην πηγή υπό λανθάνουσα μορφή. Για το λόγο αυτό, απαιτείται μόνιμη παρακολούθηση και τακτική συντήρηση του στρώματος εγκλεισμού του αμιάντου, για αποφυγή ενδεχόμενης αστοχίας.

### **7.2.3 Απομόνωση του χώρου εν τω συνόλω από το υπόλοιπο περιβάλλον**

Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην απομόνωση του ρυπασμένου χώρου από το υπόλοιπο περιβάλλον, με τη βοήθεια τεχνητών εμποδίων. Για τον σκοπό αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε μεταλλικά ή άλλου τύπου πανέλα, είτε άλλη, μονιμότερου χαρακτήρα, τεχνική όπως η πλινθοδομή, η κάλυψη με σκυρόδεμα, κλπ. Η χρησιμοποίηση των πανέλων προτείνεται μόνο ως προσωρινό μέτρο, δεδομένου ότι δεν απομονώνει αποτελεσματικά τη ρυπασμένη επιφάνεια και, επιπλέον, υφίσταται συχνές φθορές. Η τεχνική αυτή χαρακτηρίζεται από σχετική ευκολία και ταχύτητα υλοποίησης των μέτρων ελέγχου της διασποράς του αμιάντου, καθώς από το χαμηλό, εν συγκρίσει με τις άλλες μεθόδους, κόστος. Ωστόσο, η απομόνωση των κτιρίων δεν αποτελεί μόνιμη λύση αφού ο κίνδυνος δεν εξαλείφεται αλλά παραμένει στην πηγή, ενώ οι ίνες του αμιάντου υφίστανται σε ελεύθερη μορφή στην ατμόσφαιρα του απομονωμένου χώρου. Επίσης, ενδεχόμενη αστοχία του κτιρίου από φυσικά αίτια (π.χ. ισχυρή σεισμική δόνηση) ενδέχεται να προκαλέσει ζημιές στην επένδυση και να απελευθερώσει ποσότητες αμιάντου στον ατμοσφαιρικό αέρα. Τέλος απαιτείται διαρκής και συστηματικός έλεγχος του μέσου απομόνωσης και της περιβάλλουσας του ρυπασμένου χώρου ζώνης καθώς και συνεχής συντήρηση.

### **7.2.4 Πλήρης εξυγίανση του χώρου και του εξοπλισμού, με στόχο την επαναχρησιμοποίησή τους**

Ο καθαρισμός του χώρου πραγματοποιείται, σε πρώτη φάση, με τη βοήθεια κατάλληλων μηχανικών συστημάτων (αναρροφητικών αντλιών, ψεκαστήρων νερού, κ.ά.). Ακολούθως, οι υγροποιημένες επιφάνειες που περιέχουν αμιάντο αφαιρούνται προσεκτικά, με χρήση λεπίδων ή πανιού και τοποθετούνται σε σακούλες πολυαιθυλενίου με ειδική σήμανση. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία απομάκρυνσης, η επιφάνεια ψεκάζεται με ειδικές σταθεροποιητικές χημικές ουσίες. Τα απόβλητα

απορρίπτονται σε ειδικούς χώρους διάθεσης, σύμφωνα με τους εθνικούς και διεθνείς κανόνες ασφαλείας.

Ο εξοπλισμός που υπάρχει ακόμα μέσα στις κτιριακές εγκαταστάσεις και χρησιμοποιούσαν τα MABE για την επεξεργασία του εξορυσσόμενου υλικού βρίσκεται σε αρκετά καλή κατάσταση και θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για την παρασκευή άλλων μεταλλευτικών ή λατομικών προϊόντων. Η μελέτη του Μετσόβειου Πολυτεχνείου «*Περιβαλλοντική Εξυγίανση και δυνατότητες αξιοποίησης των εγκαταστάσεων των MABE*» (ΕΜΠ, Αύγουστος 2002), υποστηρίζει τη δυνατότητα εξυγίανσης τμήματος του εξοπλισμού με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή του σε άλλο χώρο για την παραγωγή νέων προϊόντων (π.χ. δημιουργία κυκλωμάτων θραύσης - ταξινόμησης διάφορων λατομικών προϊόντων). Εάν κάτι τέτοιο αποδειχτεί τεχνικά περίπλοκο ή οικονομικά ασύμφορο τότε ο εξοπλισμός των MABE, θα πρέπει να αποσυναρμολογηθεί και να διατεθεί μαζί με τα απόβλητα που θα προκύψουν από την εξυγίανση των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων. Δεν υπάρχουν συγκεκριμένα τεχνικά και οικονομικά στοιχεία, για την ασφαλή υποστήριξη μιας τέτοιας δράσης. Απαιτείται ειδική έρευνα αγοράς, ώστε να αποδειχτεί πως η εξυγίανση του εξοπλισμού θα κοστίσει σημαντικά λιγότερο από την αγορά νέου. Επίσης κρίσιμη παράμετρος, στη συγκεκριμένη μέθοδο, θεωρείται η επιβεβαίωση της επιτυχούς απομάκρυνσης του αμιάντου από τις ρυπασμένες επιφάνειες, ειδικά του εξοπλισμού, καθώς δεν υπάρχει πρότυπη μεθοδολογία για τον σκοπό αυτό.

Συνοψίζοντας, η τελική επιλογή για το μέλλον των κτιριακών εγκαταστάσεων θα κριθεί με βάση:

- ◆ Το **βαθμό εξυγίανσης** που θα έχει επιτευχθεί μετά τον βασικό καθαρισμό.
- ◆ Την **ύπαρξη χώρου απόθεσης αποβλήτων** μέσα στα όρια των MABE.
- ◆ Τα **διαθέσιμα κονδύλια**.

Ο εξοπλισμός που βρίσκεται μέσα στις κτιριακές εγκαταστάσεις μπορεί να αποσυναρμολογηθεί και να διατεθεί ως απόβλητο μαζί με τα προϊόντα καθαρισμού των κτιρίων ή τμήμα του να εξυγιανθεί και στη συνέχεια να πωληθεί. Ο καθορισμός της βέλτιστης λύσης πρέπει να αποτελέσει αντικείμενο ειδικής οικονομοτεχνικής μελέτης.

### 7.3 Απόβλητα

Τα απόβλητα που θα προκύψουν από τις ενέργειες αποκατάστασης του συγκροτήματος χαρακτηρίζονται ως «Τοξικά και Επικίνδυνα» και πρέπει να μεταφερθούν σε έναν ειδικό χώρο διάθεσης, που θα πληροί συγκεκριμένες προδιαγραφές. Παρόμοιος χώρος απουσιάζει από τη χώρα μας και ως αποτέλεσμα το 75% περίπου των παραγομένων επικίνδυνων αποβλήτων αποθηκεύεται προσωρινά σε ειδικά σχεδιασμένους χώρους. Τα υπόλοιπα ανακυκλώνονται ή υφίστανται επεξεργασία. Ένα πολύ μικρό ποσοστό (0,12%) μεταφέρεται στο εξωτερικό για ανακύκλωση, θερμοκαταστροφή ή τελική διάθεση.

Στα πλαίσια αυτά, διαφαίνονται δύο εναλλακτικές λύσεις για τα απόβλητα που προβλέπεται να παραχθούν:

1. **Μεταφορά των αποβλήτων σε χώρο διάθεσης στο εξωτερικό.** Πολλές ευρωπαϊκές χώρες (Ολλανδία, Αγγλία, Γερμανία κλπ.) διαθέτουν ειδικούς χώρους για τη διάθεση των επικίνδυνων αποβλήτων. Το κόστος διάθεσης κυμαίνεται στα 100 € / τόνο, χωρίς να ληφθούν υπόψη τα μεταφορικά κόστη (Lieberman A., 2002). Τα απόβλητα που θα παραχθούν κατά τη διαδικασία εξυγίανσης όλων των παραπάνω χώρων, κανονικά θα πρέπει να αποθηκευτούν σε ειδικούς χώρους διάθεσης τοξικών και επικίνδυνων αποβλήτων. Όπως προαναφέρθηκε, παρόμοιοι χώροι απουσιάζουν από την Ελλάδα και η μεταφορά των αποβλήτων στο εξωτερικό θα εμφανίσει εξαιρετικά υψηλή οικονομική επιβάρυνση.
2. **Δημιουργία χώρου απόθεσης των αποβλήτων μέσα στα όρια του συγκροτήματος των ΜΑΒΕ.** Ένας τέτοιος χώρος μπορεί να είναι κατά κύριο λόγο το μεταλλείο ή οι αποθέσεις των στείρων υλικών. Εναλλακτικά και στην περίπτωση που τα κτίρια κατεδαφιστούν, μπορεί να διερευνηθεί το ενδεχόμενο τα προϊόντα της κατεδάφισης να παραμείνουν επί τόπου και να θαφτούν μαζί με τα υπόλοιπα απόβλητα. Ο χώρος αυτός πρέπει να καλυφθεί με φυτική γη η οποία στη συνέχεια θα φυτευτεί. Οι σιδερένιοι σκελετοί των κτιρίων μπορούν να αποσυναρμολογηθούν και να πωληθούν. Αυτή η λύση υπονοείται και στους Περιβαλλοντικούς Όρους.

Όσο αφορά την επιλογή του μεταλλείου, μια τέτοια δράση μπορεί να έχει διπλό στόχο: α) να αποκατασταθεί το ορυχείο ώστε να μπορέσει να δεχτεί τα απόβλητα

αμιάντου που θα προκύψουν από τα έργα αποκατάστασης και εξυγίανσης της περιοχής και β) να εκτιμηθεί η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί το ορυχείο ως χώρος διάθεσης και άλλων επικίνδυνων αποβλήτων. Για να υλοποιηθούν τα παραπάνω θα πρέπει:

- Να γίνει μια μελέτη εκτίμησης των περιβαλλοντικών παραμέτρων του μεταλλείου αμιάντου και της γειτονικής περιοχής. Στόχος της μελέτης θα είναι ο καθορισμός των φυσικών, χημικών και γεωλογικών χαρακτηριστικών της εξεταζόμενης περιοχής, ώστε να διερευνηθούν οι δυνατότητες και οι όροι για τη χρήση του μεταλλείου ως χώρος διάθεσης αποβλήτων από αμίαντο και άλλων επικίνδυνων αποβλήτων.
- Να διενεργηθεί μια σειρά εκπαιδευτικών σεμιναρίων γύρω από τους τρόπους αποκατάστασης χώρων ρυπασμένων από αμίαντο που θα απευθύνονται σε όλους τους εργαζόμενους που θα εμπλακούν στο έργο. Στόχος του έργου θα είναι η ενημέρωση των εργαζομένων για τις συνέπειες του αμιάντου στην υγεία και η εκπαίδευσή τους γύρω από τις διεργασίες αποκατάστασης και εξυγίανσης όπως και στα απαραίτητα μέτρα ασφάλειας και υγιεινής.
- Να προετοιμαστεί ο χώρος του μεταλλείου σύμφωνα με τις καθιερωμένες διεθνείς πρακτικές ώστε να καταστεί κατάλληλο για την υποδοχή αποβλήτων αμιάντου (διάστρωση του χώρου με αργιλικό υλικό κλπ.).
- Να διεξαχθεί έρευνα αγοράς και τεχνική μελέτη για την δυνατότητα χρήσης του μεταλλείου ως χώρος υποδοχής άλλων επικίνδυνων αποβλήτων.

Στα πλαίσια της συζήτησης για τη διάθεση των αποβλήτων αξίζει να αναφερθεί η πρόταση Μετσόβειου Πολυτεχνείου για αξιοποίηση του χώρου των ΜΑΒΕ, ως χώρου διάθεσης βιομηχανικών αποβλήτων (Ε.Μ.Π., 2002). Σύμφωνα με αυτήν, τα ανενεργά λατομεία / μεταλλεία θα μπορούσαν εν γένει να αποτελέσουν κατάλληλους χώρους για τη δημιουργία εγκαταστάσεων διάθεσης αποβλήτων, καθώς:

- ◆ Η λειτουργία ενός χώρου ταφής μπορεί να συνδεθεί με ένα ολοκληρωμένο σχέδιο αποκατάστασης, που θα έχει ευεργετικές επιδράσεις στην περιβάλλουσα περιοχή και τις γειτονικές χρήσεις γης.
- ◆ Τα ανενεργά λατομεία / μεταλλεία βρίσκονται, συνήθως, σε περιοχές ήδη επιβαρυνμένες.

Η πρακτική αυτή εφαρμόζεται με επιτυχία σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Η προκαταρκτική αξιολόγηση ενός τέτοιου ενδεχόμενου κατέδειξε σε πρώτη φάση ότι ο χώρος των ΜΑΒΕ, είναι αρκετά κατάλληλος για τη διάθεση βιομηχανικών αποβλήτων καθώς:

- ❖ Η εφαρμογή της συγκεκριμένης λύσης δεν δημιουργεί σε καμία περίπτωση πρόσθετη επιβάρυνση στο περιβάλλον της περιοχής αλλά, αντιθέτως, αποτελεί μια ενδιαφέρουσα λύση για την οριστική εξυγίανση της περιοχής.
- ❖ Η διάθεση των βιομηχανικών αποβλήτων αποτελεί μια κερδοφόρα δραστηριότητα που θα προσδώσει άμεσα οικονομικά οφέλη και θα δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας στην περιοχή.

Για την περαιτέρω διερεύνηση της δυνατότητας αξιοποίησης του χώρου προς αυτή την κατεύθυνση θα πρέπει σε επόμενη φάση να πραγματοποιηθεί επιμελής μελέτη προκειμένου να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά εκείνα του χώρου που θα κρίνουν τελικά και την καταλληλότητά του. Τα χαρακτηριστικά αυτά αφορούν κυρίως υδρογεωλογικά στοιχεία και για το λόγο αυτό θα πρέπει να πραγματοποιηθούν ερευνητικές εργασίες πεδίου και να συνταχθεί πλήρης υδρογεωλογική μελέτη. Μια τέτοια μελέτη εκπονείται αυτή την περίοδο από το Ι.Γ.Μ.Ε. και εκτιμάται ότι θα προσφέρει αρκετά στοιχεία για την προκαταρκτική αξιολόγηση της πρότασης.

#### **7.4 Η αποκατάσταση χώρων ρυπασμένων με αμίαντο αποτελούν ειδική περίπτωση**

Η αποκατάσταση υπαιθρίων χώρων ή κτιριακών εγκαταστάσεων που έχουν ρυπανθεί από τον αμίαντο αποτελεί μια ειδική περίπτωση, δεδομένου του υψηλού βαθμού επικινδυνότητας για το προσωπικό που θα εκτελέσει τις εργασίες. Ακολούθως, παρατίθενται ενδεικτικά ορισμένα μέτρα και αρχές που θα πρέπει να τηρούνται κατά την εκτέλεση των εργασιών.

##### **7.4.1 Βασικοί κανόνες**

- **Προστασία των εργαζομένων:** Κατά τη διάρκεια της εργασίας πρέπει να αποφεύγεται η εισπνοή των διασκορπισμένων στην ατμόσφαιρα ινών αμιάντου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μασκών, στολών και γαντιών μίας

χρήσεως από την πλευρά των εργαζομένων. Επιπλέον, μετά το τέλος της εργασίας τους θα πρέπει να πλένονται χρησιμοποιώντας σαπούνι για την απομάκρυνση της σκόνης από το δέρμα και τα μαλλιά τους.

- **Διαβροχή:** Θεωρείται εξαιρετικά κρίσιμη διαδικασία για τον έλεγχο της αιώρησης των ινών αμιάντου και την αποφυγή διασποράς τους στο περιβάλλον. Πριν, κατά τη διάρκεια και μετά το πέρας της διαδικασίας απομάκρυνσης, τα υλικά πρέπει να κορεστούν με νερό ή κάποια επιφανειακά ενεργή ουσία, ώστε να μην εκλύονται οι ίνες του αμιάντου στον ατμοσφαιρικό αέρα. Μετά την απομάκρυνση, τα απόβλητα του καθαρισμού πρέπει να διατηρούνται, επίσης, υγρά μέχρι να ενσακκισθούν και να σφραγισθούν, για την τελική μεταφορά και απόθεσή τους σε ειδικό χώρο διάθεσης.
- **Περίφραξη:** Γύρω από τις περιοχές όπου λαμβάνουν χώρα οι εργασίες απομάκρυνσης του αμιάντου ή προϊόντων αυτού (τοίχους, πατώματα, κλπ.), πρέπει να τοποθετείται πλαστική περίφραξη και εντός του εργασιακού χώρου να εφαρμόζεται αρνητική πίεση, ώστε να μην διαφεύγει στον περιβάλλοντα χώρο σκόνη.
- **Παρακολούθηση (Monitoring):** Η αέρια δειγματοληψία στον εργασιακό χώρο καθ' όλη τη διάρκεια εκτέλεσης των έργων είναι απαραίτητη. Επίσης, κρίνεται σκόπιμη και η παρακολούθηση, μέσω ειδικών ιατρικών εξετάσεων, του προσωπικού.

#### 7.4.2 Ειδικός εξοπλισμός

Παρά το γεγονός ότι κάθε περίπτωση απομάκρυνσης αμιάντου παρουσιάζει σημαντικές ιδιαιτερότητες ως προς τον απαιτούμενο εξοπλισμό και τη χρήση αυτού, υπάρχουν ορισμένα κοινά σημεία αναφοράς, όπως τα κάτωθι:

- Μία **αναρροφητική αντλία κενού**, η οποία είναι απαραίτητη για τον καθαρισμό της περιοχής εργασίας κατά και μετά την απομάκρυνση του αμιάντου. Μία τέτοια αντλία θα πρέπει να διαθέτει σχετικά μεγάλου μήκους μάνικα, ώστε να απομακρύνονται υλικά από δύσκολα σημεία, όπως π.χ. μεταξύ των πλακιδίων μιας οροφής, πίσω από σωλήνες, κ.ά.
- **Συστήματα ψεκασμού νερού**, τα οποία διατηρούν το υλικό ή την ρυπασμένη επιφάνεια κορεσμένη κατά τη διάρκεια της απομάκρυνσης του αμιάντου.

- Στο νερό που χρησιμοποιείται για τον κορεσμό του προς καθαρισμό υλικού θα πρέπει να προστίθεται ποσότητα, τουλάχιστον 15ml ανά λίτρο, **επιφανειακά ενεργών ουσιών**. Παράδειγμα τέτοιου υγρού αποτελεί το μίγμα 50/50 w/w πολύ-οξύ-αιθυλενικού αιθέρα και πολύ-οξύ-αιθυλενικού/πολύ-γλυκολικού εστέρα.
- Το νερό, με το οποίο ξεπλένονται οι εργάτες μετά το πέρας των εργασιών, καθώς και αυτό που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του χώρου, θα πρέπει είτε να φιλτράρεται είτε να συλλέγεται και να απορρίπτεται σύμφωνα με τους κανονισμούς που διέπουν τα απόβλητα αμιάντου.

### 7.4.3 Απόρριψη αποβλήτων αμιάντου

Κατά την απόρριψη στερεών αποβλήτων που περιέχουν αμίαντο, θα πρέπει να ακολουθούνται οι κάτωθι κανόνες ασφαλείας:

- ❖ Πριν την έναρξη οποιασδήποτε διαδικασίας μεταφοράς και απόθεσης αποβλήτων αμιάντου, θα πρέπει να πραγματοποιείται πλήρης χαρακτηρισμός των υλικών ως προς το είδος τους και την περιεκτικότητά τους σε αμίαντο.
- ❖ Τα ψαθυρά απόβλητα πρέπει να ενσακκίζονται προσεκτικά και να απορρίπτονται, κατά προτίμηση σε ειδικούς χώρους ταφής, σύμφωνα με τους εθνικούς και διεθνείς κανόνες ασφαλείας.
- ❖ Πριν τη μεταφορά, τα απόβλητα πρέπει να διαβρέχονται και, ακολούθως, να μεταφέρονται από αεροστεγή οχήματα στους χώρους απόθεσης. Το υλικό διαβροχής είναι, συνήθως, μία ενεργή επιφανειακά ουσία (surfactant).
- ❖ Τα οχήματα μεταφοράς και απόθεσης θα πρέπει να επιλέγονται ανάλογα με τη φύση των αποβλήτων αμιάντου (επενδεδυμένα με πλαστικό υλικό ή μεταλλικά οχήματα).
- ❖ Η δημιουργία μπαζών, προερχομένων από κατεδαφίσεις κτιρίων που περιέχουν αμίαντο, πρέπει να ελαχιστοποιείται κατά το δυνατό. Στην περίπτωση που προκύψουν τέτοιου είδους απόβλητα, θα πρέπει, αφού διαβραχούν, να μεταφερθούν το συντομότερο στον ειδικό χώρο διάθεσης.



- ❖ Στους χώρους απόθεσης, τα απόβλητα αμιάντου, πριν συμπιεσθούν, θα πρέπει να καλύπτονται εντός της ημέρας κατά την οποία πραγματοποιείται η απόθεση. Όταν ο χώρος απόθεσης είναι ανενεργός για περισσότερο από ένα έτος, θα πρέπει να κατασκευάζεται ένα τελικό κάλυμμα για τα απόβλητα, ώστε να αποφευχθεί διάβρωσή τους από τον αέρα ή τα όμβρια ύδατα. Το είδος της κάλυψης αλλά και το πάχος αυτής ποικίλει ανάλογα με την προέλευση των αποβλήτων.
- ❖ Προκειμένου να αποφευχθούν οποιαδήποτε μελλοντικά προβλήματα, είναι εξαιρετικά κρίσιμη η τήρηση αναλυτικών αρχείων για τους χώρους απόθεσης που περιέχουν απόβλητα αμιάντου.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, πέραν της απόθεσης, έχουν αναφερθεί περιπτώσεις ανακύκλωσης αποβλήτων αμιάντου. Εντούτοις, η ανακύκλωση αποβλήτων από κτίρια, ειδικά για ψαθυρά υλικά, καθώς και η ανακύκλωση αποβλήτων που περιέχουν αμοσίτη ή κροκιδόλιθο, θεωρείται μη επιθυμητή.

#### 7.4.4 Συντήρηση και παρακολούθηση

Προκειμένου να εξασφαλισθεί η αποδοτικότητα της αποκατάστασης απαιτούνται μια σειρά μέτρων παρακολούθησης και συντήρησης, τα οποία περιλαμβάνουν:

- ❖ Ελέγχους για την ακεραιότητα της κάλυψης, ανά τακτά χρονικά διαστήματα (τρίμηνο για μια περίοδο ετών και σε ετήσια βάση μετά το πέρας της συγκεκριμένης περιόδου).
- ❖ Διορθωτικές επεμβάσεις, αν χρειασθεί, επί της εδαφικής καλύψεως, συμπεριλαμβανομένης της συντήρησης της δενδροφύτευσης.
- ❖ Κατάρτιση ειδικού προγράμματος αντιμετώπισης εκτάκτων γεγονότων, όπως λ.χ. σεισμών και πλημμύρων.
- ❖ Παρακολούθηση της ποιότητας των υπογείων νερών με την εγκατάσταση κατάλληλων δειγματοληπτών σε υδρογεωτρήσεις.

#### 7.5 Διεθνής εμπειρία σε θέματα αποκατάστασης μεταλλείων, εργοστασίων και ανοιχτών χώρων ρυπασμένων με αμιάντο.

Η αποκατάσταση χώρων εξόρυξης και επεξεργασίας αμιάντου ενέχει σημαντικές δυσκολίες, τόσο στο στάδιο του σχεδιασμού, όσο και στο στάδιο της υλοποίησης.

Εντούτοις, η διεθνής εμπειρία έχει να επιδείξει περιπτώσεις αποκατάστασης, οι οποίες θεωρούνται επιτυχημένες όχι μόνο ως προς την άρση των περιβαλλοντικών προβλημάτων αλλά και ως προς τις δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης του χώρου υπό μια νέα μορφή δραστηριότητας. Διεθνώς, η αποκατάσταση βιομηχανικών κέντρων παραγωγής αμιάντου αποτελείται, όπως ήδη έχει αναφερθεί, συνήθως, από δύο σκέλη:

1. την **αποκατάσταση των εξωτερικών χώρων** και κυρίως του **μεταλλείου** και των **αποθέσεων**.
2. την **εξυγίανση των κτιριακών εγκαταστάσεων**.

Προϋποθέτει επίσης έναν χώρο διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων, αυστηρά μέτρα ασφάλειας και υγιεινής αλλά και εκπαίδευση του προσωπικού, το οποίο συμμετέχει στις εργασίες.

Η εξυγίανση των κτιριακών εγκαταστάσεων, αποτελεί ζήτημα που αντιμετωπίζεται τις τελευταίες δεκαετίες σε χώρες κυρίως της Δ. Ευρώπης και της Αμερικής. Ως αποτέλεσμα, έχει αναπτυχθεί τεχνογνωσία, με βάση την οποία ορίστηκαν συγκεκριμένοι κανόνες και πρωτόκολλα εργασίας. Όμως στο ζήτημα της αποκατάστασης και παρακολούθησης των εγκαταλειμμένων μεταλλείων δεν υπάρχει πολιτική που να εκφράζεται μέσα από συγκεκριμένες κατευθυντήριες γραμμές και οδηγίες. Πολύ περισσότερο δεν υπάρχει σχετική νομοθεσία, σε διεθνές ή σε επιμέρους εθνικά επίπεδα, που να ρυθμίζει το ζήτημα. Η τρέχουσα πρακτική για την αποκατάσταση των εγκαταλειμμένων μεταλλείων περιλαμβάνει την απομάκρυνση των ρυπασμένων εδαφών και την κάλυψη του χώρου με νέα φυτική γη, που σταθεροποιείται με δενδροφύτευση. Όμως το σοβαρότερο πρόβλημα είναι ότι η ρύπανση από αμιάντο δεν περιορίζεται στις μεμονωμένες χωρικές ενότητες των εγκαταστάσεων εξόρυξης και επεξεργασίας αμιάντου, αλλά βρίσκεται διάχυτη στον ευρύτερο περιβάλλοντα χώρο.

## 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

### 8.1 Υφιστάμενη κατάσταση ρύπανσης των ΜΑΒΕ

Όσον αφορά την υφιστάμενη κατάσταση στο χώρο των ΜΑΒΕ επισημαίνονται τα ακόλουθα:

- Χαμηλές συγκεντρώσεις αμιάντου είναι δυνατόν να βρεθούν στην ατμόσφαιρα εξαιτίας της φυσικής (γεωλογικής) διάβρωσης. Εντούτοις, η πλειονότητα των περιστατικών έκθεσης σε αμιάντο οφείλεται στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως οι εξορύξεις, επεξεργασίες του αμιάντου, οι διάφορες εφαρμογές αυτού και η διάθεση των προϊόντων αμιάντου στις χωματερές. Έτσι λοιπόν η λειτουργία του μεταλλείου προκάλεσε πρωτογενή και δευτερογενή ρύπανση στην ευρύτερη περιοχή και τεράστια δευτερογενή ρύπανση στις κτιριακές εγκαταστάσεις παραγωγής, διοίκησης και λειτουργίας, όπως επίσης και στους εξωτερικούς χώρους. Οι ποσότητες αμιάντου που απελευθερώθηκαν κατά τη διάρκεια λειτουργίας του μεταλλείου από τις συνεχόμενες ανατινάξεις στο ανοικτό ορυχείο, από την επεξεργασία, τη διάλυση, τη φόρτωση και την εκφόρτωση του υλικού, είναι ανεκτίμητες.
- Δευτερογενής μόλυνση διαπιστώθηκε και οπτικά τόσο στην περιοχή του εργατικού οικισμού όσο και στην περιοχή που βρίσκεται η Μονή Ζιδανίου. Οι ίνες αμιάντου που εντοπίστηκαν, κατά κανόνα, έχουν τη δυνατότητα να εισέλθουν στους πνεύμονες. Δεδομένου της υψηλής τοξικότητας του αμιάντου ακόμα και ελάχιστες ποσότητες αποτελούν σοβαρότατο παράγοντα ρύπανσης και μεγάλη απειλή για τη δημόσια υγεία.
- Τα νερά του ποταμού Αλιάκμονα κοντά στην περιοχή των ΜΑΒΕ, περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις ινών αμιάντου, οι οποίες δεν οφείλονται μόνο στο γεωλογικό υπόστρωμα της περιοχής αλλά και στη δραστηριότητα του μεταλλείου.
- Βασικές εστίες ρύπανσης που πρέπει να εξυγιανθούν είναι:
  - ❖ Οι κτιριακές εγκαταστάσεις
  - ❖ Οι αποθέσεις
  - ❖ Το μεταλλείο

- **Η πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου των πνευμόνων εξαιτίας της εισπνοής ινών αμιάντου υπολογίστηκε στην περίπτωση των MABE να κυμαίνεται μεταξύ του 1% με 2%,** δηλαδή ένα με δύο άτομα στα εκατό παθαίνουν καρκίνο των πνευμόνων, όμως στην ατμόσφαιρα απαντούν και άλλα καρκινογόνα στοιχεία και με αποτέλεσμα ο αθροιστικός κίνδυνος καρκινογένεσης ενδέχεται να είναι αυξημένος.
- Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν **δεν διαπιστώθηκε εφαρμογή ή έστω πρόβλεψη ιδιαίτερων μέτρων για την αποτελεσματική απομόνωση του αμιάντου από το περιβάλλον.** Το πρόβλημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τον χώρο των αποθέσεων. Ένα δεύτερο σημείο, που θα πρέπει να διερευνηθεί για την περίπτωση των αποθέσεων, είναι η επάρκεια των εφαρμοζόμενων μέτρων ως προς την ευστάθεια των πρανών και τους κινδύνους εμφάνισης τοπικών ή εκτεταμένων κατολισθητικών φαινομένων. Ένα τέτοιο συμβάν θα είχε ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων αμιάντου στην ατμόσφαιρα και στους υδάτινους όγκους της περιοχής.
- Επισημαίνεται ξανά ότι το πρόβλημα δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ένα σύνηθες ζήτημα αποκατάστασης ενός οποιουδήποτε μεταλλευτικού χώρου. Δεν πρέπει να αγνοούνται δηλαδή οι ιδιαιτερότητες και κυρίως **η επικινδυνότητα του αμιάντου,** που επιβάλλουν μια διαφορετική προσέγγιση, ώστε να εξασφαλισθούν αφενός η αποτελεσματικότητα των έργων, αφετέρου η ασφάλεια του προσωπικού που εργάζεται σε αυτά. Όσον αφορά τις επιβλαβείς ουσίες όπως ο αμιάντος είναι συνήθως απαραίτητο να συνοδεύεται το έργο απολύμανσης από τους ειδικούς και εμπειρογνώμονες προκειμένου να επιτευχθεί μια επιτυχής απολύμανση. Λόγω της τεράστιας περιοχής του ορυχείου διάφοροι μηχανικοί και επιστήμονες πρέπει να συνοδεύσουν την μέθοδο απολύμανσης.

## 8.2 Αποκαταστάσεις αμιάντου: Κύρια σημεία

Ανεξάρτητα από τη εφαρμοζόμενη μέθοδο η εξυγίανση περιοχών και εγκαταστάσεων ρυπασμένων με αμιάντο αποτελεί ένα σύνθετο επιστημονικό πρόβλημα και δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ένα σύνηθες ζήτημα αποκατάστασης, δεδομένων των κάτωθι:

- **Η διαχείριση των ρυπασμένων με αμιάντο χώρων απαιτεί προσεχτικό σχεδιασμό σε όλα τα στάδια**, προκειμένου να αποφευχθεί η επέκταση ή η επανεμφάνιση του προβλήματος.
- **Οι εργασίες αποκατάστασης που εκτελούνται στις περιοχές αυτές αποτελούν μία ιδιαίτερη κατηγορία χωματουργικών έργων**, εξαιτίας του υψηλού βαθμού επικινδυνότητας της σκόνης που παράγεται από τις εργασίες εκσκαφής, φόρτωσης, μεταφοράς και απόθεσης.
- Εξαιτίας των παραπάνω, **τα συγκεκριμένα έργα πρέπει να ακολουθούν ειδικούς κανόνες ασφάλειας** και υγιεινής (ειδικές στολές, γάντια, αναπνευστικές συσκευές, κλπ.). Σημειώνεται ότι, σε πολλές περιπτώσεις, το προσωπικό που εργάστηκε στα έργα εξυγίανσης τέτοιων χώρων, εκδήλωσε σχετικές με τον αμιάντο ασθένειες. Απαραίτητη κρίνεται, για τους ίδιους λόγους, η **εγκατάσταση ενός συστήματος παρακολούθησης** της ποιότητας του αέρα στον χώρο εκτέλεσης των εργασιών και στην ευρύτερη περιοχή.
- **Οι μέθοδοι παγίδευσης ή απομόνωσης του ρύπου in situ** (είτε στο έδαφος είτε στις εγκαταστάσεις) **προϋποθέτουν την εγκατάσταση ενός συστήματος παρακολούθησης** περιβαλλοντικών συνιστωσών για τον έγκαιρο προσδιορισμό τυχόν προβλημάτων, καθώς και τη συντήρηση των έργων αποκατάστασης, σε μόνιμη βάση. Σε αρκετές περιπτώσεις, το κόστος παρακολούθησης και συντήρησης των έργων υποτιμάται και δεν εξασφαλίζονται τα απαραίτητα κονδύλια σε βάθος χρόνου. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε μη ορθή εκτέλεση των σχετικών εργασιών, με αποτέλεσμα να υφίσταται κίνδυνος επανεμφάνισης του προβλήματος.

Στη βάση των παραπάνω επισημάνσεων και σε συνδυασμό με τη διεθνή εμπειρία σε αντίστοιχα έργα, τα βασικότερα συμπεράσματα, που προκύπτουν είναι τα ακόλουθα:

- Το πρώτο βήμα, σε όλες τις περιπτώσεις, για την επιτυχή αντιμετώπιση του προβλήματος ήταν η **επαρκής γνώση των βασικών παραμέτρων** του (πηγές ρύπανσης, οδοί μεταφοράς, επίπεδα συγκέντρωσης, κλπ.).
- Παρά το γεγονός ότι οι περιοχές εξόρυξης και επεξεργασίας αμιάντου υφίστανται τις συνέπειες της ρύπανσης για μεγάλο χρονικό διάστημα, **ο σωστός σχεδιασμός και η προσεχτική υλοποίηση των έργων αποκατάστασης κατέστησαν εφικτή την αντιμετώπιση του προβλήματος**.

Σε ορισμένες, μάλιστα, περιπτώσεις, δημιουργήθηκαν οι κατάλληλες προϋποθέσεις για την επαναχρησιμοποίηση του χώρου, ακόμη και για ιδιαίτερα «ευαίσθητες» χρήσεις, όπως η οικιστική, αποδεικνύοντας ότι η κατάσταση είναι πλήρως αντιστρεπτή, όσον αφορά στους κινδύνους για τη δημόσια υγεία.

- **Οι αποκαταστάσεις μεταλλείων αμιάντου, ακόμη και στην απλούστερη μορφή τους, όπως της φυσικής αποκατάστασης, προϋποθέτουν την εφαρμογή μιας σειράς ελαχίστων, αλλά αρκετά δαπανηρών, δράσεων (κάλυψη εδαφών, διευθέτηση νερών, παρακολούθηση, κ.ά.), οι οποίες είναι απολύτως αναγκαίες για την ουσιαστική επίλυση του προβλήματος σε μόνιμη βάση. Είναι, επομένως, προφανές ότι υπάρχει ένα «κατώφλι», όσον αφορά στο κόστος αποκατάστασης, κάτω το από οποίο η διευθέτηση του προβλήματος καθίσταται αναποτελεσματική.**
- Αποδεικνύεται, επίσης, ότι υπό τις κατάλληλες προϋποθέσεις (χαρακτηριστικά χώρου, στοιχεία επιχειρηματικού περιβάλλοντος, κοινωνικό-οικονομικά δεδομένα της περιοχής, κλπ.), **οι αποκατεστημένοι χώροι είναι δυνατόν να αποτελέσουν νέους πόλους έλξης κερδοφόρων επιχειρηματικών δράσεων.** Κρίνεται, όμως, σκόπιμο να επισημανθεί ότι η εν δυνάμει παραγωγή αξίας και γενικότερα η ανταποδοτικότητα των έργων, υπό οικονομικούς όρους, δεν πρέπει να αποτελεί το βασικό κριτήριο αξιολόγησης των εναλλακτικών επιλογών. Αντιθέτως, όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, πρωταρχικό ζητούμενο θα πρέπει να αποτελεί η εξυγίανση της περιοχής για την προστασία της ανθρώπινης υγείας.
- Μολονότι, μέχρι σήμερα, ο αμιάντος χαρακτηρίζεται ως αβλαβής ουσία διαμέσου της κατάποσης, η **διαχείριση των νερών αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι των έργων, σε όλες τις αποκαταστάσεις.** Το γεγονός αυτό δεν σχετίζεται μόνο με το όριο που έχει θέσει η US EPA ( $7 \times 10^6$  ίνες/λίτρο) για το πόσιμο νερό, αλλά και με την προσπάθεια αποκοπής της δευτερογενούς ρύπανσης, η οποία προκαλείται από τα ιζήματα του αμιάντου που παρασύρονται από τα όμβρια νερά στην ευρύτερη περιοχή.
- Το θέμα της συντήρησης των έργων αποκατάστασης είναι, γενικά, σημαντικό για την επιτυχή επανένταξη του χώρου στο οικοσύστημα. Στην περίπτωση του αμιάντου, όμως, και αυτό διαφαίνεται έντονα από τη διερεύνηση

ολοκληρωμένων λύσεων εξυγίανσης, αποκτά μια ιδιαίτερη βαρύτητα εξαιτίας της επικινδυνότητας του συγκεκριμένου ρύπου. Η διάβρωση του εδαφικού καλύμματος, για παράδειγμα, σε ένα οποιοδήποτε μεταλλευτικό ή λατομικό χώρο θα είχε ως αποτέλεσμα την απώλεια φυτικής γης και την, επακόλουθη, αποτυχία των προσπάθειών αναδάσωσης. Ένα τέτοιο ενδεχόμενο, όμως, σε μεταλλείο ή σε αποθέσεις αμιάντου θα επανέφερε στο προσκήνιο το πρόβλημα της διάχυσης του ρύπου στο περιβάλλον και θα οδηγούσε σε αστοχία των μέτρων προστασίας της ανθρώπινης υγείας.



## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Air Sampling Instruments Handbook, 8th edition. 1995. Publication 0030. American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
2. ANSI Z88.2-1992, Title: Respiratory Protection. American National Standards Institute, Inc. New York, NY.
3. Block J, Petrakis L, Dolher L.E., Myers D.F., Hegedus L, Webster R.P., Kuckacka L.E., Environmental Science and Technology 2000, 34, 2293-2298.
4. Guthrie, George D., Jr., Mossman, Brooke, T., Health effect of mineral Dusts, Mineralogical Society of America, 28, 1993.
5. Industrial hygiene and noise training products from National Mine Health and Safety Academy.
6. Methods of Air Sampling and Analysis, 3rd edition, James P. Lodge, Jr., editor, 1988. Publication 9066. ACGIH.
7. Muhle, H., Pott, F., Asbestos as reference material for fibre-induced cancer, Int Arch Occup Environ Health 73, 53-59, 2000.
8. NIOSH Manual of Analytical Methods , 4th edition , Peter M. Eller, editor. Pub. No. 94-113, 1994.
9. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, June 1997. Pub. No. 97-140, NIOSH.
10. Plescia P, Gizzi D, Benedetti S, Camilucci L, Fanizza C, De Simone P, Paglietti F, Mechanochemical treatment to recycling asbestos-containing waste, Waste Management, Italy, 2002.
11. Roskill Information Services Ltd (1986). The Economics of Asbestos. 5<sup>th</sup> Edition, UK
12. Schreier, H., Asbestos in the natural environment, Elsevier Science Publishing Company, New York, 1989.
13. Thompson, S.K., Mason, E., Asbestos related malignancy: Mesothelioma, [Chemical Health and Safety](#), 10, Issue 1, 4-6, 2003.
14. Thompson, S.K., Mason, E., Asbestos: Mineral and fibers, [Chemical Health and Safety](#) 9, 4, 21-23, 2002.
15. Thompson, S.K., Mason, E., Asbestosis, [Chemical Health and Safety](#) 9, 5, 29-31, 2002.

16. Timmons Dale M., Destruction of PCB-contaminated soil and asbestos in the Artic, WM'01 Conference, February 25 – March 1, 2001, Tuscon, AZ.
17. US EPA (2002). Pollution Report Libby Asbestos. REF: 8EPR-ER, Region 8, Denver, USA, [www.epa.gov/region08](http://www.epa.gov/region08).
18. US EPA (2002). Remediation and Characterization Innovative Technologies, [www.epareachit.gov](http://www.epareachit.gov).
19. US EPA (2002). Returning Superfund Sites to Productive Use, Coalinga Asbestos Mine Case Study. Office of Emergency and Remedial Response, Washington D.C., USA, [www.epa.gov/superfund](http://www.epa.gov/superfund).
20. US EPA-Office of Water (2002). Asbestos by Transmission Electron Microscopy: Analytical Method for the Determination of Asbestos Fibers in Water (EPA/600/4-83-043)
21. US EPA-Office of Water (2002). Asbestos by Transmission Electron Microscopy: Determination of Asbestos Structures Over 10  $\mu$ m in Length in Drinking Water (EPA/600R-94/134)
22. U.S. Geological Survey (2002). Mineral Commodity Summaries.
23. Utah Department of Environmental Quality, Division of Air Quality (2002). Asbestos Removal Procedures, [www.deq.ut.us](http://www.deq.ut.us).
24. Von Lieberman GmbH., Πρώτη κατευθυντήρια αναφορά για το Μεταλλείο αμιάντου στην Κοζάνη (Erste Orientierende Begutachtung der Asbestminen von Kosani). Αμβούργο, Αύγουστος 2002.
25. Αναπτυξιακή Εταιρεία Δυτικής Μακεδονίας (ΑΝ.ΚΟ.) Α.Ε., Μελέτη ανάπτυξης ευρύτερης περιοχής των ΜΑΒΕ. Κοζάνη, Μάρτιος 2002.
26. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ανάπτυξη Μεθόδων Προσδιορισμού ινών αμιάντου στα νερά του Αλιάκμονα και του δικτύου ύδρευσης Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη 1993.
27. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ίνες Αμιάντου στα νερά του Αλιάκμονα, Θεσσαλονίκη 1997.
28. Γιδαράκος, Ε., Διάθεση και επεξεργασία τοξικών και επικίνδυνων αποβλήτων, Σημειώσεις παραδόσεων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2003.
29. Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Περιβαλλοντική εξυγίανση και δυνατότητες αξιοποίησης των εγκαταστάσεων των ΜΑΒΕ Α.Ε.. Αθήνα Αύγουστος 2002.

30. Θεοδωρίκας, Στέργιος Σ., Ορυκτολογία – Πετρολογία, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 1996.
31. Κλάδης Α. & Μιχαλακόπουλος Μ., Τεχνική Έκθεση. Αθήνα, Οκτώβριος 2000.
32. Κλάδης Α. & Σφακιανάκη Γ., Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και Αποκατάστασης Περιβάλλοντος της εκμετάλλευσης αμιάντου στο Ζιδάνι του Ν. Κοζάνης. Αθήνα, Ιούνιος 1997.
33. Κωστάκης, Γ., Εισαγωγή στην αξιολόγηση των βιομηχανικών ορυκτών, Σημειώσεις παραδόσεων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 1994.
34. Οδηγία 76/769/ΕΟΚ (1976): Προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών-μελών που αφορούν περιορισμούς κυκλοφορίας στην αγορά και χρήσεως μερικών επικίνδυνων ουσιών και παρασκευασμάτων (Τροποποίηση από 83/478/ΕΟΚ και 91/659/ΕΟΚ).
35. Οδηγία 90/394/ΕΟΚ (1990): Προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που συνδέονται με την έκθεση σε καρκινογόνους παράγοντες κατά την εργασία. (Τροποποίηση από 97/42/ΕΚ και 1999/38/ΕΚ).
36. Οδηγία 91/382/ΕΟΚ (1991): Τροποποίηση της Οδηγίας 83/477/ΕΟΚ για την προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που οφείλονται στην έκθεσή τους στον αμίαντο κατά τη διάρκεια της εργασίας.
37. Παπαϊωάννου Δ. & Αραμπατζόγλου Ε, Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του Π.Δ. 118016.10.81 των ΜΑΒΕ Α.Ε. στο Ζιδάνι νομού Κοζάνης. Αθήνα, 1982.
38. Τεχνικοί κανόνες για επικίνδυνα υλικά, Αμίαντος: αποκατάσταση, συντήρηση ή κατεδάφιση, Σεπτέμβριος 2001 (Technische Regeln für Gefahrstoffe, Asbest Abbruch-, Sanierung- oder Instandhaltungsarbeiten, TRGS 519).
39. Φ.Ε.Κ. 3/Α/17-2-88, Προστασία των εργαζομένων που εκτίθενται σε αμίαντο κατά την εργασία, Π.Δ. ΥΠ' ΑΡΙΘ. 70α/1988.
40. Χρηστίδης, Γ., Κοιτασματολογία (Βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα), Σημειώσεις παραδόσεων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά. 2000.

**ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ**

<http://medlook.net/c1caposympt.htm>

<http://medlook.net/celamiant.htm>

<http://users.auth.gr/~soldatos/index.html>

<http://www.allmesothelioma.com/asbestos.html>

<http://www.asbestosis-info.com/cancer.html>

<http://www.asbestosis-info.com/history.html>

[http://www.cc.uoa.gr/research/jun99g\\_b.html](http://www.cc.uoa.gr/research/jun99g_b.html)

<http://www.elinyae.gr/Search/GREEK/LAW/Law.asp?ID=56>

<http://www.epa.gov/region6/6pd/asbestos/asbgenl.htm>

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/GDWQ/Chemicals/asbestosfull.htm](http://www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Chemicals/asbestosfull.htm)

<http://www.netl.doe.gov>

[http://www.graceconstruction.com/pdf\\_downloads/fire/DMA.pdf](http://www.graceconstruction.com/pdf_downloads/fire/DMA.pdf)

<http://www.aritechnologies.com>

[http://www.betterhealthchannel.com.au/bhcv2/bhcarticles.nsf/pages/Cancer\\_and\\_asbestos](http://www.betterhealthchannel.com.au/bhcv2/bhcarticles.nsf/pages/Cancer_and_asbestos)

[http://www.iatronet.gr/htmlpages/mainpages/ygianosoi/iatrikiergasias/asth\\_ergasias\\_piritika.html](http://www.iatronet.gr/htmlpages/mainpages/ygianosoi/iatrikiergasias/asth_ergasias_piritika.html)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΟΡΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ  
MABE - ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ*A.1 Το ζήτημα της αποκατάστασης*

Από τον Ιούνιο του 1997, άρχισε να τίθεται το ζήτημα της αποκατάστασης του περιβάλλοντος στην περιοχή των Μεταλλείων Αμιάντου, με τη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων<sup>35</sup> που εκπονήθηκε για λογαριασμό της MABE Α.Ε., προτού ακόμη σταματήσουν οι εξορυκτικές δραστηριότητες της εταιρίας. Στόχος της μελέτης ήταν σε πρώτη φάση να εντοπιστούν οι επεμβάσεις στο περιβάλλον από τη μεταλλευτική δραστηριότητα των MABE και κατόπιν να γίνει λεπτομερής περιγραφή του τρόπου προστασίας και αποκατάστασης του περιβάλλοντος. Σε αυτήν, ορίστηκαν οι απαραίτητες παρεμβάσεις κατά τη διάρκεια αλλά και μετά το πέρας της εκμετάλλευσης του μεταλλεύματος. Τον Οκτώβριο του 2000, μετά την απόφαση της MABE Α.Ε. για την οριστική διακοπή των μεταλλευτικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων που αφορούσαν την παραγωγή ινών αμιάντου, η ΜΠΕ συμπληρώθηκε με μια Τεχνική Έκθεση<sup>36</sup> για την επικαιροποίησή της. Στις 5-12-2000 το Νομαρχιακό Συμβούλιο Κοζάνης ενέκρινε την ΜΠΕ και με βάση αυτήν, εκδόθηκε η υπ' αρ. 88335/11-4-2001 Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) των Υπουργών ΠΕΧΩΔΕ και Ανάπτυξης με την οποία εγκρίθηκαν οι Περιβαλλοντικοί Όροι "για την αποκατάσταση των χώρων εκμετάλλευσης και απόθεσης στείρων υλικών κοιτάσματος αμιάντου σε χώρο έκτασης περίπου 4.135.175m<sup>2</sup>. της Εταιρείας «MABE Α.Ε.» που βρίσκεται στη θέση «ΖΙΔΑΝΙ» Νομού Κοζάνης".

Σύμφωνα με αυτούς:

1. Ορίζεται η υποχρέωση συμμόρφωσης προς τις διατάξεις που ορίζονται από την ελληνική νομοθεσία και καθορίζουν: τις οριακές εκπομπές ρυπαντικών φορτίων.
  - τις μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ρυπαντικών φορτίων στους αποδέκτες (μέσω των αερίων αποβλήτων).
  - τις ειδικές οριακές τιμές στάθμης θορύβου και δονήσεων.

<sup>35</sup> Κλάδης Α. & Σφακιανάκη Γ. Ιούνιος 1997: Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και Αποκατάστασης Περιβάλλοντος. Αθήνα.

<sup>36</sup> Κλάδης Α. & Μιχαλακόπουλος Μ. Οκτώβριος 2000: Τεχνική Έκθεση. Αθήνα

2. Ορίζονται τα τεχνικά έργα και τα μέτρα για την αντιμετώπιση της υποβάθμισης του περιβάλλοντος που επιβάλλεται να ληφθούν και συνοψίζονται στα εξής:
- **ΟΡΥΧΕΙΟ:** Στο χώρο του υφιστάμενου ορυχείου, δεν πρέπει να γίνει καμία εξορυκτική δραστηριότητα αλλά μόνο εργασίες για την αποκατάσταση του χώρου.
  - **ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ:** Στους υφιστάμενους σωρούς των αποθέσεων να ξεκινήσουν άμεσα οι εργασίες για τη διαμόρφωση βαθμίδων αρχίζοντας από τις ανώτερες θέσεις μέχρι τον πόδα των πρανών. Το ελάχιστο πλάτος των βαθμίδων που θα δημιουργηθούν να είναι 5m, το ύψος 10m και η γωνία πρανούς 45°. Μετά τη διαμόρφωση της κάθε βαθμίδας θα αρχίζει άμεσα η αποκατάστασή της.
  - **ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΥΔΑΤΩΝ :** Οι δύο κλειστές λεκάνες που χρησιμοποιούνταν ως δεξαμενές για την άντληση των νερών από το χώρο του ορυχείου, πρέπει να πληρωθούν με τα στείρα υλικά, που θα προκύψουν από τη διαμόρφωση των ενδιάμεσων βαθμίδων των αποθέσεων.
  - **ΟΡΥΧΕΙΟ:** Τα υλικά αυτά πρέπει επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη διάστρωση των υφιστάμενων βαθμίδων του ορυχείου σε ύψος τουλάχιστον ενός μέτρου. Στην περίπτωση που υπάρξει πλεονάζουσα ποσότητα στείρων υλικών, πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την πλήρωση μέρους της εκσκαφής του ορυχείου.
  - **ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ:** Η αποθηκευμένη φυτική γη πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την επικάλυψη των υπό αποκατάσταση επιφανειών (των αποθέσεων και των βαθμίδων του ορυχείου). Μόνο σε περίπτωση που περισσέψει φυτική γη μπορεί αυτή να χρησιμοποιηθεί για την πλήρωση μέρους της εκσκαφής του ορυχείου.
  - **ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ:** Να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα για την περιστολή των εκπομπών ινών αμιάντου στην ατμόσφαιρα κατά την φόρτωση - μεταφορά και εναπόθεση των στείρων υλικών που θα προκύψουν από τη διαμόρφωση των βαθμίδων των υφιστάμενων χώρων απόθεσης στείρων υλικών, τα οποία αποτελούν στερεά απόβλητα. Στα μέτρα αυτά περιλαμβάνονται τουλάχιστον τα ακόλουθα:
    - ❖ Διαβροχή των υλικών τόσο στο στάδιο της φόρτωσης τους όσο και στο στάδιο της απόρριψής τους στις νέες θέσεις.

- ❖ Κάλυψη του φορτίου που μεταφέρεται στις νέες θέσεις απόρριψης από φορτηγά οχήματα με ειδικό κάλυμμα.
- ❖ Συνεχής διαβροχή των οδών κίνησης οχημάτων - μηχανημάτων.
- ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ-αποθέσεις: Να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε η παράσυρση από βροχή ινών αμιάντου προς τα επιφανειακά και υπόγεια νερά της περιοχής να είναι η μικρότερη δυνατή. Στα μέτρα αυτά περιλαμβάνεται τουλάχιστον η κατασκευή των απαραίτητων τεχνικών έργων, τόσο για την ασφάλεια των πρανών των αποθέσεων όσο και για τον περιορισμό της ρύπανσης. Πιο συγκεκριμένα να κατασκευασθεί στα ανάντη και περιμετρικά του χώρου απόθεσης των στείων υλικών και σε όλη την έκτασή του, τάφος συλλογής και απομάκρυνσης των νερών της βροχής κατάλληλων διαστάσεων. Η απορροή της τάφρου πρέπει να γίνεται εκτός του χώρου απόθεσης στείων υλικών. Η κατασκευή της έπρεπε να είχε γίνει μέχρι τις 30.6.2001, σύμφωνα με τις υποδείξεις του Γραφείου Περιβάλλοντος της ΝΑ Κοζάνης.
- ΟΡΥΧΕΙΟ: Να γίνει περιμετρική περίφραξη του χώρου του ορυχείου, ώστε να αποτραπεί η προσέγγιση ανθρώπων ή ζώων σε αυτό. Η περίφραξη αυτή έχει τελειώσει. Να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα πυροπροστασίας.
- ΟΡΥΧΕΙΟ: Για την αποκατάσταση του ορυχείου, πρέπει η κάθε βαθμίδα του να διαστρώνεται με στείρα υλικά ύψους τουλάχιστον ενός (1) μέτρου και στη συνέχεια να καλύπτεται με φυτική γη ή αργιλικό υλικό πάχους τουλάχιστον μισού (0,5) μέτρου.
- ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ: Οι διαμορφωμένες βαθμίδες των πρανών αποθέσεων θα διαστρωθούν με φυτική γη ή αργιλικό υλικό πάχους τουλάχιστον μισού (0,5) μέτρου.
- ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ: Στις τελικές αποθέσεις των στείων (βαθμίδες και πρανή) πριν από την αποκατάσταση θα διαστρώνεται φυτική γη ή αργιλικό υλικό καλής ποιότητας, πάχους τουλάχιστον μισού (0,5) μέτρου.
- ΠΡΑΝΗ ΔΡΟΜΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ: Στα πρανή των υφιστάμενων δρόμων στο χώρο επέμβασης καθώς και στα τελικά πρανή των στείων υλικών πρέπει να φυτευτούν θάμνοι σε φυτευτικό σύνδεσμο 1,5 x 1,5m και να ληφθεί μέριμνα για την προστασία των φυτών από βόσκηση.



- **ΟΡΥΧΕΙΟ ΚΑΙ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ:** Οι τελικές βαθμίδες του ορύγματος και του χώρου απόθεσης των στείρων να έχουν μικρή εσωτερική κλίση προς το εσωτερικό του χώρου επέμβασης 2-3%.
- **ΦΥΤΕΥΣΕΙΣ:** Τα φυτευτικά είδη (δένδρα και θάμνοι) να συντηρούνται (πότισμα, σκάλισμα, λίπανση), και να αντικαθίστανται όσα από αυτά για οποιοδήποτε λόγο καταστρέφονται, μέχρι να έχουν την δυνατότητα να αναπτυχθούν χωρίς φροντίδα. Το ποσοστό επιτυχίας των φυτεύσεων να είναι τουλάχιστον 80% η συντήρηση των φυτών θα γίνει με ευθύνη της εταιρείας για τρία τουλάχιστον χρόνια μετά την λήξη της όλης αποκατάστασης. Ο φυτευτικός σύνδεσμος στις τελικές βαθμίδες των στείρων υλικών να είναι 2x3m.
- **ΕΠΙΠΕΔΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ:** Οι αποδεσμευμένοι χώροι, μετά την απομάκρυνση εγκαταστάσεων και μηχανολογικού εξοπλισμού πρέπει να αποκατασταθούν με κατάλληλα μέτρα. Για παράδειγμα,
  - ❖ να απομακρυνθεί το τυχόν επιβαρημένο επιφανειακό στρώμα,
  - ❖ να αναμοχλευτεί το έδαφος σε βάθος τουλάχιστον τριάντα εκατοστών,
  - ❖ να επικαλυφτεί με στρώμα φυτικής γης πάχους τουλάχιστον μισού μέτρου.

Το επιβαρημένο υλικό πρέπει να μεταφερθεί και να αποτεθεί σε κατάλληλο χώρο στο εσωτερικό των υφιστάμενων χώρων απόθεσης των στείρων υλικών.
- **ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ:** Πρέπει να εγκατασταθεί σταθμός μέτρησης των ινών αμιάντου στο χώρο διαμόρφωσης των στείρων υλικών για την παρακολούθηση της ποσότητας ινών αμιάντου στην ατμόσφαιρα (με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο). Η έναρξη της όλης παρακολούθησης έπρεπε να είχε αρχίσει τρεις μήνες μετά την έκδοση της ΚΥΑ (δηλ. την 11η Ιουλίου 2001)
- **ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ:** Πρέπει να γίνει μια αναλυτική σειρά μετρήσεων (με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο) στην τεχνητή λίμνη Πολυφύτου για να διαπιστωθεί η υπάρχουσα ποσότητα ινών αμιάντου ύστερα από μελέτη που θα κατατεθεί και θα εγκριθεί από τη Δ/ση Περι/κού Σχεδιασμού του ΥΠΕΧΩΔΕ ώστε να διαπιστωθεί η υπάρχουσα ποσότητα ινών αμιάντου στον υδάτινο αυτό όγκο.

Η μελέτη αυτή πρέπει να γίνει μέσα σε δύο χρόνια από την έγκριση των Περιβαλλοντικών Όρων (δηλ. μέχρι τις 11/4/2003).

- ΑΝΑΦΟΡΑ ΠΡΟΟΔΟΥ: Από το 2002, πρέπει τον πρώτο μήνα κάθε έτους, να κατατίθεται αναφορά στο Τμήμα Περιβάλλοντος της ΝΑ Κοζάνης, που να αποτυπώνει την πορεία αποκατάστασης.
- Η μη υλοποίηση όρου/όρων της ΚΥΑ, μέσα στις οριζόμενες προθεσμίες θα έχει ως αποτέλεσμα την επιβολή διοικητικών (κατ' αρχή πρόστιμο) και ποινικών κυρώσεων σύμφωνα με το Νόμο 1650/86.
- Οι αναφερόμενοι Περιβαλλοντικοί Όροι βαρύνουν το φορέα εκτέλεσης και λειτουργίας του έργου και ισχύουν μέχρι 31/12/2007.
- Σύμφωνα με τη ΜΠΕ το κόστος αποκατάστασης ανέρχεται στα 4.029.848 €, ενώ στην ΚΥΑ το κόστος τήρησης των Περιβαλλοντικών Όρων κατεβαίνει στο ποσό των 2.650.000 €.

#### ***A.2 Τι προφυλάσσει το μέλλον***

Στη συνέχεια, το σχεδιαζόμενο μέλλον για το χώρο των ΜΑΒΕ, άρχισε να κινείται προς δύο κατευθύνσεις:

- ◆ Την αποκατάσταση της περιοχής
- ◆ Την ενδεχόμενη επαναχρησιμοποίηση του χώρου και των υπαρχόντων κτιριακών εγκαταστάσεων με την ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων

Για την δρομολόγηση των έργων αποκατάστασης και αξιοποίησης, η Ν.Α. Κοζάνης προχώρησε στη σύναψη συμφωνιών με τους εμπλεκόμενους φορείς. Συγκεκριμένα:

Στις 14 Μαρτίου 2002 υπεγράφη η ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΑΒΕ ανάμεσα στο Ελληνικό Δημόσιο (Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας) στη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση (ΝΑ) Κοζάνης στα Μεταλλεία Αμιάντου Βορείου Ελλάδος (ΜΑΒΕ) Α.Ε. και στην Ελληνικός Αμιάντος Α.Ε. Στη σύμβαση αυτή συμφωνήθηκε να προωθηθεί συστηματικά ένα συνολικό σχέδιο αποκατάστασης - αναβάθμισης και εν συνεχεία αξιοποίησης της περιοχής των ΜΑΒΕ Α.Ε. και ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΑΜΙΑΝΤΟΣ Α.Ε., με βάση την ισχύουσα Νομοθεσία και τους περιβαλλοντικούς όρους που είχαν εγκριθεί με την υπ' αρ. 88335/11-4-2001 Κοινή Απόφαση των Υπουργών ΠΕΧΩΔΕ και

Ανάπτυξης. Αναφέρεται ότι προς την κατεύθυνση αυτήν υλοποιήθηκαν προγράμματα τα οποία χρηματοδοτήθηκαν από τα «Ολοκληρωμένα Προγράμματα Ανασυγκρότησης Γρεβενών - Κοζάνης» (Ο.Π.Α.Γ.Κ).

Στην Προγραμματική Σύμβαση ρυθμίστηκε ο τρόπος υλοποίησης των έργων που κρίθηκαν ως απαραίτητα για την εφαρμογή του σχεδίου. Με αυτήν προβλέπονται:

1. Έργα αποκατάστασης της περιοχής που εξειδικεύονται ως εξής:
  - Αποκατάσταση της περιοχής με τη δημιουργία συστάδων νέας βλάστησης με κατάλληλες φυτεύσεις. Ειδικότερα, η επαναφορά της βλάστησης θα αφορά:
    - ❖ Τις πλατείες απόθεσης στείρων μεταλλεύου
    - ❖ Τις πλατείες απόθεσης υπολειμμάτων επεξεργασίας αμιάντου.
  - Αποκατάσταση του χώρου αποθέσεων με:
    - ❖ Διαμόρφωση βαθμίδων
    - ❖ Επικάλυψη των βαθμίδων και των πρανών των αποθέσεων με φυτική γη
    - ❖ Δενδροφύτευση των βαθμίδων και πρανών απόθεσης
    - ❖ Κατασκευή αρδευτικού δικτύου για το πότισμα των φυτών που θα φυτευθούν.
2. Αποκατάσταση του χώρου του ορυχείου με απόθεση φυτική γης και δενδροφύτευση.
3. Έργα που θα αποσκοπούν στην αποκατάσταση, επανάχρηση και αξιοποίηση των κτιριακών και λοιπών εγκαταστάσεων, που θα υλοποιηθούν κατά την κρίση της Ν.Α. Κοζάνης και δεν εξειδικεύονται στην παρούσα σύμβαση.

Την ίδια μέρα (14 Μαρτίου 2002), υπεγράφη η ΣΥΜΒΑΣΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΑΚΙΝΗΤΟΥ ανάμεσα στα Μεταλλεία Αμιάντου Βορείου Ελλάδος (ΜΑΒΕ) Α.Ε., στην ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΑΜΙΑΝΤΟΣ Α.Ε., στη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση (Ν.Α.) Κοζάνης και στην Ε.Τ.ΒΑ BANK, σύμφωνα με την οποία: οι ΜΑΒΕ Α.Ε. και ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΑΜΙΑΝΤΟΣ Α.Ε. παραχωρούν κατά χρήση προς την Ν.Α. Κοζάνης την περιοχή έκτασης 4.109.169,645 m<sup>2</sup>, στην οποία βρίσκονται οι εγκαταστάσεις εξόρυξης και επεξεργασίας αμιάντου, στη θέση Ζιδάνι του νομού Κοζάνης. Η σύμβαση αυτή συνοδεύεται από Τοπογραφικό Διάγραμμα στο οποίο ορίζεται επακριβώς η περιοχή. Η έκταση παραχωρείται για χρονικό διάστημα τριάντα (30) ετών. Η παραπάνω σύμβαση, ουσιαστικά παραχωρεί την έκταση στη Ν.Α.

Κοζάνης, αφού σύμφωνα με το άρθρο 1045 του Αστικού Κώδικα, "εκείνος ο οποίος έχει στη νομή του για μια εικοσαετία πράγμα κινητό ή ακίνητο, γίνεται κύριός του (έκτακτη χρησικτησία)".

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΞΥΓΙΑΝΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΜΕ ΑΜΙΑΝΤΟ

Παρακάτω αναφέρονται συνοπτικά ορισμένα παραδείγματα δράσεων αποκατάστασης σε μεταλλεία και κτιριακές εγκαταστάσεις που υλοποιήθηκαν σε χώρες της Ευρώπης και στις Η.Π.Α.. Ακολουθούν δύο αναλυτικές περιγραφές περιπτώσεων αποκατάστασης στην Γερμανία: αποσυναρμολόγηση σχολικού συγκροτήματος που χρησιμοποιούσε μονωτικό υλικό που περιείχε αμιάντο και εξυγίανση εδαφικού υλικού ρυπασμένο με αμιάντο.

### ➤ **Η.Π.Α. Καλιφόρνια: "Atlas Asbestos Mine"**

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ: Αποκατάσταση υπαίθριων χώρων μεταλλείου.

ΕΚΤΑΣΗ: 4.500 στρέμματα

ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ:

- ❖ Περιορισμός της πρόσβασης στην περιοχή με χρήση φρακτών και συνεχή φύλαξη.
- ❖ Θεσμοθέτηση περιορισμών ως προς τη χρήση της γης.
- ❖ Ασφαλτόστρωση της οδού διέλευσης των οχημάτων, ώστε να περιορισθεί η δημιουργία σκόνης.
- ❖ Εκτροπή των παρακείμενων επιφανειακών υδάτων και κατασκευή ειδικών φραγμάτων καθίζησης για την ελαχιστοποίηση της μεταφοράς του αμιάντου από τα επιφανειακά ύδατα.
- ❖ Εφαρμογή προγράμματος δεντροφύτευσης ώστε να αυξηθεί η σταθερότητα του εδαφικού καλύμματος και να ελαχιστοποιηθεί η διάβρωσή του.

- ❖ Μεταφορά των επιφανειακών αποβλήτων και των άλλων αποθέσεων σε ειδικούς χώρους απόθεσης αποβλήτων αμιάντου, εκτός του μεταλλείου.
- ❖ Εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης κατά τη διάρκεια αλλά και μετά το πέρας των εργασιών.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ: 1994 -1999

ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ: 4.900.000 € (σε τιμές 1997).

➤ **Η.Π.Α. - Καλιφόρνια: "Coalinga Asbestos Mines"**

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ: Αποκατάσταση και επαναχρησιμοποίηση υπαίθριων χώρων και κτιριακών εγκαταστάσεων.

ΕΚΤΑΣΗ: 1.070 στρέμματα

ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ:

- ❖ Εκσκαφή και διαχείριση περίπου 20.000m<sup>3</sup> ρυπασμένων εδαφών και άλλων αποβλήτων.
- ❖ Απομάκρυνση διαφόρων αποβλήτων και εξοπλισμού, που είχαν ρυπανθεί με αμιάντο.
- ❖ Εξυγίανση των κτιριακών εγκαταστάσεων.
- ❖ Κατασκευή υπόγειου χώρου για την μόνιμη απομόνωση των αποβλήτων κάτω από μη διαπερατή κάλυψη. Η τελευταία αποτελείται από ένα στρώμα συμπίεσμένου μητρικού εδάφους, ένα στρώμα αργίλου (ελάχιστη υδροδιαπερατότητα) και ένα δεύτερο στρώμα μητρικού εδάφους.
- ❖ Εξομάλυνση των περιοχών, από τις οποίες απομακρύνθηκαν τα ρυπασμένα εδάφη.
- ❖ Θεσμοθέτηση περιορισμών στις χρήσεις της γης, ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε διατάραξη του υπογείου θαλάμου και της εδαφικής κάλυψης, που θα είχε ως αποτέλεσμα την εκ νέου απελευθέρωση ινών αμιάντου στο περιβάλλον.
- ❖ Εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης κατά τη διάρκεια αλλά και μετά το πέρας των εργασιών.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ: 1991-1995

ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ: 2.858.000 € (σε τιμές 1997).

➤ **Κύπρος- Όρος Τρόδος: "Μεταλλείο Αμιάντου Α.Ε."**

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ: Αποκατάσταση μεταλλείου

ΕΚΤΑΣΗ: 6.500 στρέμματα.

ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ:

- ❖ Κατεδάφιση του εργοστασίου μετά από βασικό καθαρισμό (πλύσιμο με πυροσβεστικές αντλίες).
- ❖ Διαχωρισμός των μεταλλικών συστατικών των κτιρίων και πώλησή τους.
- ❖ Επί τόπου θάψιμο των αποβλήτων που προέκυψαν από την κατεδάφιση.
- ❖ Διαμόρφωση βαθμίδων του μεταλλείου, κάλυψη με φυτική γη και δενδροφύτευση.
- ❖ Διαμόρφωση βαθμίδων στις αποθέσεις, κάλυψη με φυτική γη και δενδροφύτευση.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (προβλεπόμενη) : 1996 - 2006

ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (προβλεπόμενο): ~12.000.000 €

***B.1 Παράδειγμα εξυγίανσης σχολικού συγκροτήματος (αφαίρεση μονωτικού υλικού που περιείχε αμιάντο από κτιριακές εγκαταστάσεις).***

Το συγκεκριμένο σχολείο βρίσκεται στην πόλη Φρανκφούρτη της Γερμανίας. Ο συνολικός χώρος προς αποκατάσταση είχε έκταση  $2.310\text{m}^2$  ( $10.520\text{m}^3$ ) και το κόστος αποκατάστασης και ανάπλασης ήταν 467.500 € (κόστος μελέτης 22.500 €, κόστος αποκατάστασης 445.000 € και ανάπλασης 17.500 €). Η χρονική διάρκεια των εργασιών αποκατάστασης ήταν 1 έτος (2000 - 2001).



**Σχήμα Π.1:** Επικάλυψη του σχολικού συγκροτήματος με ειδική μεμβράνη (Περίφραξη)

### ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ:

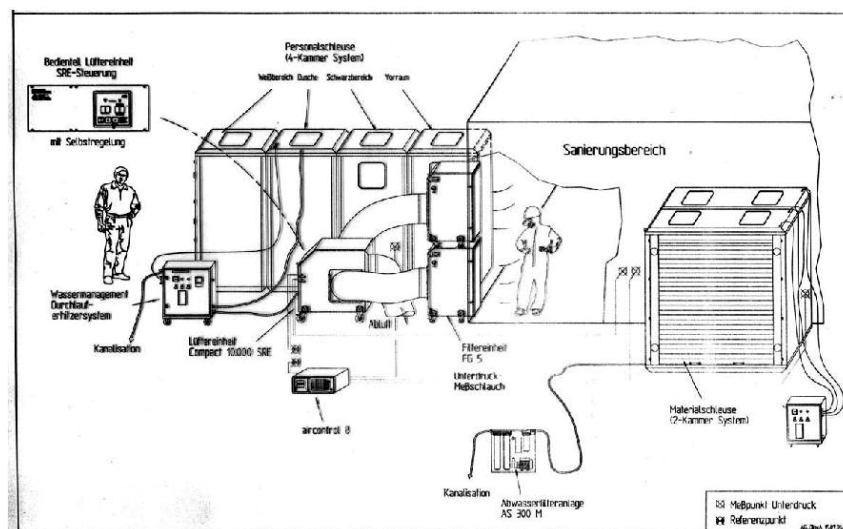
- Έρευνα της υφιστάμενης κατάστασης (ιστορικό κατασκευής, εξερεύνηση του κτιρίου, συλλογή δειγμάτων από διάφορους χώρους ).
- Χαρακτηρισμός των υλικών που περιέχουν αμίαντο (είδος και περιεκτικότητα σε αμίαντο, υφιστάμενη κατάσταση των υλικών αυτών).
- Σχεδιασμός τόσο των εργασιών αποκατάστασης όσο και των εργασιών αποσυναρμολόγησης.
- Εκτίμηση τοξικότητας, κόστους αποκατάστασης και ανάθεση έργου.
- Ορισμός των βημάτων αποκατάστασης (μέτρα προστασίας, απαιτούμενα μέσα):
  - ❖ Διαχωρισμός «μαύρης» και «άσπρης» περιοχής, μολυσμένης και μη αντίστοιχα.
  - ❖ Επικάλυψη των σχολικών κτιριακών εγκαταστάσεων με ειδική μεμβράνη (Σχήμα Π.1)
  - ❖ Δημιουργία ειδικής διόδου επικοινωνίας μεταξύ «μαύρης» και «άσπρης» περιοχής με 4 θαλάμους για τους εργαζομένους και 2 θαλάμους για τη μεταφορά του υλικού (Σχήμα Π.2).
  - ❖ Χρήση αντλίας αέρος (για τουλάχιστον 10πλή ανανέωση του αέρα ανά ώρα) και ειδικών φίλτρων για την δέσμευση των ινών αμιάντου.
  - ❖ Εφαρμογή αρνητικής πίεσης (20Pa) εντός της «μαύρης» περιοχής.
  - ❖ Ανανέωση του αέρα 50 φορές πριν από κάθε εργασία.





Σχήμα Π.2: Η είσοδος της διόδου προς την «μαύρη» περιοχή

- Εκτέλεση έργου: αφαίρεση υλικού, συλλογή, συσκευασία και μεταφορά αυτού (Σχήμα Π.3).
- Παρακολούθηση κατά την διάρκεια των εργασιών αποκατάστασης και συνεχή μέτρηση ινών αμιάντου στον εργασιακό χώρο.
- Τελική έκθεση και καταγραφή.
- Αφαίρεση των μέτρων προστασίας.
- Αποσυναρμολόγηση κτιρίου και αναστήλωση του σχολικού συγκροτήματος.



Σχήμα Π.3: Η διαδικασία αφαίρεσης του μονωτικού υλικού

## ***B.2 Παράδειγμα εξυγίανσης υπεδάφους ρυπασμένο με αμίαντο***

Σκοπός ήταν η προέκταση του λιμένα του Αμβούργου (Σχήμα Π.4) της Γερμανίας, έργο δυνατό μόνο έπειτα από την αποκατάσταση του ρυπασμένου από αμίαντο

υπεδάφους στον χώρο του λιμανιού. Ο χώρος προς αποκατάσταση είχε έκταση 250.000m<sup>2</sup> και αποτελείται αποκλειστικά από εδαφικό υλικό. Το κόστος αποκατάστασης ήταν περίπου 7.500.000 € οι εργασίες αποκατάστασης ολοκληρώθηκαν μέσα στο 2001 (διάρκεια λιγότερο από 1 έτος).



Σχήμα Π.4: Λιμένας Αμβούργου

#### ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ:

- Έρευνα της υφιστάμενης κατάστασης ρύπανσης.
- Σχεδιασμός των εργασιών εξυγίανσης του υπεδάφους.
- Εκτίμηση τοξικότητας, κόστους εξυγίανσης και ανάθεση έργου.
- Ορισμός των βημάτων αποκατάστασης (μέτρα προστασίας, απαιτούμενα μέσα):
  - ❖ Διαχωρισμός περιοχών σε μολυσμένες «μαύρες» και καθαρές «άσπρες» (περίφραξη της «μαύρης» περιοχής και τοποθέτηση πινακίδων).
  - ❖ Δημιουργία θαλάμων για τους εργαζομένους.
  - ❖ Καθορισμός μιας «γκρίζας» περιοχής, στην οποία γίνεται η μεταφορά του μολυσμένου με αμιάντο έδαφος (Σχήμα Π.5).
  - ❖ Επεξεργασία υδάτων, διήθηση των ινών αμιάντου με την μέθοδο διήθησης σε επίπεδα στο τμήμα που έχει υποστεί μόλυνση.
  - ❖ Εγκατάσταση ειδικής μονάδας καθαρισμού μεταφορικών των μεταφορικών οχημάτων.

- ◆ Σταθερή επικάλυψη του εδάφους.
- ◆ Προσωπικά μέτρα ασφαλείας, όπως μηχανήματα εκσκαφής με θαλάμους υποπίεσης και τεχνικές επικάλυψης.
- ◆ Συνεχής δειγματοληψία στην ρυπασμένη από τον αμίαντο περιοχή.
- ◆ Μεταφορά και περιβαλλοντική διαχείριση του ρυπασμένου εδάφους.
- ◆ Τελική έκθεση και καταγραφή.
- ◆ Αφαίρεση των μέτρων προστασίας.



**Σχήμα Π.5:** Καθαρισμός των φορτηγών από ίνες αμιάντου