



Universität Hamburg

DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

Mineralogisch-Petrographisches Institut
PD Dr. Kyriakos Arikas

FAX 040 - 42838 2422
E-mail: arikas@web.de

UHH . Mineralogisch-Petrographisches Institut . Grindelallee 48 . 20146 Hamburg

Τρεμολίτης στις Σκουριές: μεγάλη απειλή για τη δημόσια υγεία

Κυριάκος Αρίκας

Υφηγητής Ινστιτούτου Ορυκτολογίας–Πετρογραφίας Πανεπιστημίου Αμβούργου

Εισαγωγή

Τα πολλαπλά και ποικιλότροπα περιβαλλοντικά προβλήματα και οι επικινδυνότητες στη δημόσια υγεία από την προγραμματιζόμενη εκμετάλλευση χρυσού στις Σκουριές κινητοποίησαν δραστικά την τοπική κοινωνία ενάντια στις μεταλλευτικές δραστηριότητες στη Χαλκιδική. Επ' αυτών υπάρχει ένα ακόμη πρόβλημα στο οποίο επικεντρώνεται η παρούσα εισήγηση.

Από τα γεωλογικά, πετρογραφικά και ορυκτολογικά δεδομένα προκύπτει ότι οι εξορύξεις, η μεταλλευτική διεργασία και η διαχείριση των μεταλλευτικών τελμάτων στις Σκουριές θα προκαλέσουν ανεξέλεγκτες εκπομπές καρκινογόνων ινών αμιάντου με προβλεπόμενες και δυσμενείς επιπτώσεις στη δημόσια υγεία.

Η συζήτηση επί του θέματος εντείνεται και από το γεγονός ότι η ίδια η „Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων“ (ΜΠΕ) της εταιρείας „Ελληνικός Χρυσός“ (ΕΧ) αναφέρει το ορυκτό αμιάντου, τον **τρεμολίτη**, να συμμετέχει με περιεκτικότητες έως περίπου 10%, τόσο στα εξορύξιμα πετρώματα όσο και στα μεταλλευτικά απόβλητα της προγραμματιζόμενης εκμετάλλευσης Σκουριών.

Πηγές ορυκτών αμιάντου στη Χαλκιδική

Ως γνωστόν, τα ορυκτά αμιάντου χωρίζονται σε δύο ομάδες: των **σερπεντινών** και των **αμφιβόλων**. Και οι δύο ομάδες αμιάντου **συνδέονται με βασικά και υπερβασικά πετρώματα** τα οποία αφθονούν στο ανατολικό τμήμα της Χαλκιδικής. **Μεταβασικά** και **μεταϋπερβασικά** πετρώματα συμμετέχουν και στο ανατολικό τμήμα της Χαλκιδικής, στις σειρές μεταμορφωμένων πετρωμάτων «**Κερδυλλίων**» και «**Βερτίσκου**», οι οποίες φιλοξενούν τις μαγματικές διεισδύσεις και τις μεταλλοφορίες του Ολιγοκαίνου. Δεν θα σταθούμε σε πετρογραφικές λεπτομέρειες, παρά θα παραθέσουμε μόνο επί λέξει την σχετική περιγραφή στην ΜΠΕ της εταιρείας ΕΧ:

«Ο σχηματισμός Κερδυλλίων συνίσταται από βιοτιπικό γνεύσιο με ενστρώσεις **κεροσιλβικού** γνεύσιου, **αμφιβολιτών** και μαρμάρου. Ο υπερκείμενος σχηματισμός του Βερτίσκου αποτελείται κυρίως από διμαρμαρυγιακό γνεύσιο. Στο σχηματισμό του Βερτίσκου συχνά συναντάται η ακολουθία των **μεταβασικών (από γάββρους, διαβάσες)** και **μεταϋπερβασικών (από δουνίτες, χαρτζβουργίτες, πυροξενίτες) πετρωμάτων**» (ΜΠΕ, σελ. 3.2-9). Από τις αναφορές αυτές της ΜΠΕ είναι λοιπόν εύκολα εξηγήσιμη η παρουσία τρεμολίτη (ή ακτινόλιθου, ανθοφυλλίτη κ.ά. αμφιβόλων) σε καρότα γεωτρήσεων.

Σύμφωνα πάλι με την ΜΠΕ της ΕΧ «το **κοίτασμα Σκουριών αναπτύσσεται εντός ενός υποαλκαλικού πορφύρη, ο οποίος διείσδυσε στο νοτιοανατολικό τμήμα του σχηματισμού Βερτίσκου**» (ΜΠΕ σελ. 5.1-4). Πλευρικές αποφύσεις του πορφύρη έχουν πλάτος 10 μ. και μήκος μέχρι 90 μ. Οι περιβάλλοντες σχιστόλιθοι με τις μεταβασικές και μεταϋπερβασικές παρεμβολές θα εξορύσσονται επίσης διότι «λόγω **εμποτισμού με χρήσιμα μέταλλα αποτελούν επίσης κοίτασμα**».

Οι εν λόγω **αμφιβολίτες και μεταβασίτες (μεταγάββροι, διαβάσες)** αποτελούν προφανώς τις **πηγές των ορυκτών της ομάδας των αμφιβόλων (τρεμολίτη - ακτινόλιθου), τα δε μεταϋπερβασικά πετρώματα (δουνίτες, χαρτζβουργίτες)** είναι δυνητικές πηγές αμιαντόμορφου **σερπεντίνης (χρυσοτίλη)**, ο οποίος δεν αναφέρεται μεν στην ΜΠΕ, αλλά η

παρουσία του είναι πολύ πιθανή αφού σύμφωνα με τους γεωλογικούς χάρτες υπάρχουν στην περιοχή μεταξύ άλλων και σερπεντινωμένα υπερβασικά πετρώματα.

Η ΜΠΕ της ΕΧ περιγράφει στη σελ. 5.3-109/110 εξαιρετικά συνοπτικά (3-4 σειρές) την ορυκτολογική σύσταση και δίνει αντίστοιχα την χημική «ανάλυση» ενός δείγματος α) του εξορύξιμου κοιτάσματος β) των αποβλήτων της επεξεργασίας, γ) των «στείρων» αποβλήτων εξορύξης και δ) κοκκομετρικών κλασμάτων «στείρων», και αναφέρει **περιεκτικότητες σε τρεμολίτη 3%, 8%, 7% και 6-9%** αντίστοιχα. Επ' αυτών οι εξής παρατηρήσεις:

► Η εταιρεία υποβιβάζει τη νοημοσύνη των πολιτών της Χαλκιδικής παρουσιάζοντας «ανάλυση» ενός μόνο δείγματος, αντιπροσωπευτικού υποτίθεται για τα 146 εκατομμύρια (!!!) τόνους των προς εξορύξη πετρωμάτων και των περίπου ίδιων γιγαντιαίων ποσοτήτων μεταλλευτικών αποβλήτων.

► Εκτός τούτου, οι αναλύσεις είναι χαμηλού επιστημονικού επιπέδου, ελλιπείς και υπεραπλοποιημένες. Έτσι δεν αποκλείονται υψηλότερες περιεκτικότητες σε τρεμολίτη και η συμμετοχή και άλλων συγγενικών ορυκτών αμιάντου (ακτινολίθου, ανθοφυλλίτη κ.α.).

Δεν θα σταθούμε εδώ σε λεπτομέρειες σχετικά με την ποιότητα των αναλύσεων της ΜΠΕ παρά θα επικεντρωθούμε στο **θέμα του „τρεμολίτη“** ο οποίος, ακόμη και με τις δεδομένες περιεκτικότητες στις «αναλύσεις» της εταιρείας (έως περίπου 10%) εγκυμονεί μεγάλους κινδύνους εν όψει των γιγαντιαίων ποσοτήτων των 146 εκατομμυρίων τόνων εξορύξιμου πετρώματος, που σημαίνει: διάθεση λεπτότατα διαμερισμένου (άρα υπό μορφή αμιάντου) τρεμολίτη στο περιβάλλον έως περίπου 15 εκατομμύρια (!!!) τόνους.

Καρκινογόνα ορυκτά αμιάντου

„**Αμιάντος**“ είναι η συλλογική ονομασία για ορισμένα φυσικά ανόργανα πυριτικά ορυκτά, με πολύπλοκη χημική σύνθεση και ινώδη κρυσταλλική δομή. Τα ορυκτά αυτά χωρίζονται σε δύο μεγάλες ομάδες, την **ομάδα „σερπεντινών“** και την **ομάδα „αμφιβόλων“**. Ο διαχωρισμός αυτός βασίζεται στην κρυσταλλική δομή. Η δομή των σερπεντινών είναι φυλλώδης, ενώ των αμφιβόλων ινώδης αλυσιδωτή.

Οι γνωστότερες κατηγορίες αμιάντου είναι:

Κατηγορία των Σερπεντινών

Χρυσοτίλης $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$

Κατηγορία Αμφιβόλων

Κροκιδόλιθος $Na_2Fe^{2+}_3Fe^{3+}_2Si_8O_{22}(OH,F)_2$

Αμωσίτης $(Fe,Mg)_7Si_8O_{22}(OH)_2$

Τρεμολίτης $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$

Ακτινολίθος $Ca_2(Fe,Mg)_5Si_8O_{22}(OH)_2$

Ανθοφυλλίτης $(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH,F)_2$

Ο χρυσοτίλης σχηματίζει εύκαμπτες λευκές ίνες οι οποίες έχουν την δυνατότητα να υποδιαιρούνται σε μικρότερα ινίδια διαμέτρου κάτω από από 0,02 mm. Τα ορυκτά της ομάδας αμφιβόλων σχηματίζουν ευθείες ίνες με δομή που μοιάζει με μικρά ίσια ξυλαράκια.

Η εισπνοή των ορυκτών αυτών ινών προκαλεί σοβαρές παθήσεις, όπως **„αμιάντωση“** **„μεσοθηλίωμα“**, **„καρκίνο του πνεύμονα“** (ή **„βρογχικό καρκίνωμα“**), **„πνευμονοκονίαση“** κ.ά. Δεν θα σταθούμε εδώ σε λεπτομέρειες των ασθενειών αυτών, διότι δεν αποτελούν το κύριο θέμα της παρούσας εισήγησης. (πολλές πληροφορίες επ' αυτού προσφέρονται άλλωστε και στο internet), παρά θα δώσουμε μόνο μερικά στοιχεία για το **„μεσοθηλίωμα“**, την πιο σημαντική ασθένεια σε άμεση σχέση με τον αμιάντο: **„Μεσοθηλίωμα“ είναι καρκίνος είτε της μεμβράνης της θωρακικής κοιλότητας (pleural mesothelioma) είτε της μεμβράνης της κοιλότητας του υπογαστρίου (peritoneal mesothelioma). Αυτός ο τύπος καρκίνου αναπτύσσεται ραγδαία και είναι πάντοτε θανατηφόρος.**

Οι βλαπτικές επιδράσεις του αμιάντου διαπιστώθηκαν μεν ήδη στη δεκαετία του 1920 αλλά δεκαετίες αργότερα οδήγησαν στη λήψη αυστηρών μέτρων χρήσης και στη σταδιακή απαγόρευσή του. Στην Ελλάδα η νομοθεσία θέσπισε αυστηρό πλαίσιο για τη χρήση του αμιάντου με το προεδρικό διάταγμα ΠΔ 70^α/1998 και ΠΔ 175/97. Με την οδηγία 1999/77 της ΕΕ απαγορεύεται στις χώρες μέλη η **διάθεση στην αγορά και η χρήση όλων των μορφών αμιάντου και των προϊόντων που τον περιέχουν.**

Ειδικές παρατηρήσεις σχετικά με τον τρεμολιτικό αμιάντο

Ο χρυσοτίλης της ομάδας σερπεντινών είναι μεν το πιο συχνό και γι' αυτό ίσως το πιο γνωστό ορυκτό αμιάντου, αλλά **ο αμιάντος της κατηγορίας αμφιβόλων εγκυμονεί μεγαλύτερους κινδύνους για την υγεία των ανθρώπων**. Επί του θέματος παραθέτουμε παρακάτω ορισμένες αξιολογήσεις μιας διατριβής του Πανεπιστημίου Πατρών, θεμελιωμένες σε βιβλιογραφικά δεδομένα πολλών ειδικών ερευνητών (Α. Νικολάου: *Επικινδυνότητες του αμιάντου*, Πάτρα 2009, 290 σελ.) Οι παρακάτω παραθέσεις και οι σχετικές εικόνες βρίσκονται στις σελ. 26 έως 30 της εν λόγω διατριβής:

► «Ο βαθμός κινδύνου (παθογένεια) για την πρόκληση αμιάντωσης, καρκίνου των πνευμόνων και μεσοθηλιώματος συσχετίζεται με τον τύπο των ινών και την κατανομή μεγέθους των ινών».

► «Διάφοροι ερευνητές έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν επαρκή στοιχεία για να καταδείξουν ότι ο χρυσοτίλης είναι λιγότερο επικίνδυνος από τους αμφιβολιτικούς αμιάντους» (δίνονται 9 βιβλιογραφικές αναφορές).

► «Ο χρυσοτίλης τεμαχίζεται γρήγορα σε πολύ κοντές ινώδεις μορφές που μπορούν εύκολα να φαγοκυτταρωθούν και να απομακρυνθούν από τον πνεύμονα (Churg, 1994). (.....) ενώ το αποτέλεσμα από τον αμφιβολιτικό αμιάντο απεικονίζει την αδιάλυτη ινώδη δομή του».

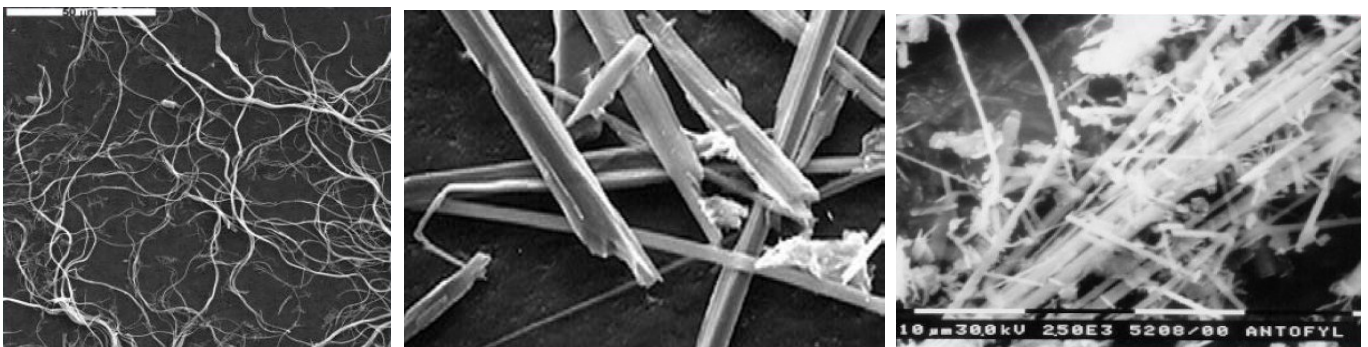
► «Οι σγουρές-κυματοειδείς ίνες χρυσοτίλη (βλ. εικόνα) έχουν μικρή αντοχή στην κάμψη και στην περιέλιξη και όταν εισπνέονται δεν φθάνουν στο παρέγχυμα του πνεύμονα αλλά μένουν παγιδευμένες σε πλατιές διακλαδώσεις αεραγωγών. Αντίθετα, οι ίνες του αμφιβολιτικού αμιάντου είναι ευθύγραμμες και αιχμηρές (βλ. εικόνες τρεμολίτη και ανθοφυλλίτη) με μεγάλη αντοχή στην κάμψη και στην περιέλιξη και έτσι διεισδύουν ευκολότερα και μεταφέρονται με ρεύμα αέρα στην περιφέρεια του πνεύμονα» (δίνονται 3 βιβλ. αναφορές).

► «Οι ποσότητες Fe που περιέχονται στις ίνες του αμφιβολιτικού αμιάντου αντιδρούν με το οξυγόνο και τα προϊόντα οξειδωσης καταστρέφουν τους ιστούς, ακόμα και το DNA των κυττάρων.

► «Εξάλλου, οι ίνες χρυσοτίλη δύσκολα φθάνουν στον πνεύμονα καθώς το νερό προσκολλάται πάνω τους και αποβάλλονται με τη βοήθεια βλέννας που παράγει ο οργανισμός. Οι αμφιβολιτικές ίνες είναι υδρόφοβες και καθιστούν δύσκολη την απομόνωση και αποβολή τους».

► «Μια ομάδα 406 ατόμων που απασχολήθηκαν πριν από το 1963 για τουλάχιστον ένα έτος σε ένα ορυχείο βερμικουλίτη στη Μοντάνα παρακολούθηθηκε μέχρι τον Ιούλιο του 1983. Το μέταλλευμα βερμικουλίτη περιείχε 4-6% αμφιβολιτικές ίνες της σειράς του τρεμολίτη. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της μελέτης από τους McDonald et al. (1986), η θνησιμότητα της ομάδας από καρκίνο των πνευμόνων και από μεσοθήλιους όγκους ήταν υψηλότερη από αυτήν στην εξόρυξη χρυσοτίλη».

Σημειώνεται ότι στη ΜΠΕ της ΕΧ αναφέρεται αισθητά ανώτερη περιεκτικότητα σε τρεμολίτη (έως 9%) στις Σκουριές απ' ότι στο εν λόγω παράδειγμα μεταλλείου με κρούσματα καρκίνου των πνευμόνων και μεσοθήλιων όγκων.



Εικόνες ορυκτων αμιάντου στο σαρωτικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SRM), **απο αριστερά προς δεξιά: σγουρές ίνες χρυσοτίλη, ευθείες ίνες τρεμολίτη, και ευθείες ίνες ανθοφυλλίτη** που εν μέρει σπαζουν στα άκρα (απο Α. Νικολάου 2009, σελ. 30)

Συμπεράσματα

Το θέμα „τρεμολίτη" δεν περιορίζεται μόνο στην άμεση περιοχή Σκουριών αλλά επεκτείνεται και στην ευρύτερη περιοχή των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων. Σύμφωνα με τη ΜΠΕ υπάρχει

τρεμολίτης στην Ολυμπιάδα: 5% στα στείρα και 2% στα αδρομερη και λεπτομερή απόβλητα (ΜΠΕ σελ. 5.4-51,52). Στις Μαύρες Πέτρες, 7-9% στο τέλμα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV σελ. 32-33) και 5-7% στα στείρα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV σελ. 39-41). Τονίζεται πάλι ότι στην ευρύτερη μεταλλευτική περιοχή υπάρχουν πιθανόν και εμφανίσεις αμιάντου της κατηγορίας των σερπεντινών (χρυσοσίλη), οι οποίες δεν καταγράφονται στην ΜΠΕ, ενώ σύμφωνα με τους γεωλογικούς χάρτες απαντώνται συχνά μεταβασίτες και σερπεντινωμένα υπερβασικά πετρώματα. Σημειώνεται ότι στα ορυκτολογικά δεδομένα της ΜΠΕ αναφέρεται και ο τάλκης ($Mg_3Si_2O_5(OH)_4$), ο οποίος αποτελεί ορυκτοχημικά όμοιο και πετρολογικά ίδιας παραγένεσης ορυκτό σε συνοδεία με τον χρυσοσίλη.

Τα μη μηχανικά αποσυντεθειμένα συσσωματώματα τρεμολίτη, μπορεί να μην είναι επικίνδυνα ως έχουν, **θα γίνουν όμως εξαιρετικά επικίνδυνα, επειδή αναπότρεπτα θα μεταπέσουν σε εισπνεύσιμες και καρκινογόνες αμιαντικές ίνες όταν τα περιέχοντα πετρώματα υποστούν το καταστροφικό σοκ των εκρήξεων (ελευθέρωση στην ατμόσφαιρα των τεράστιων ποσοτήτων της παραγόμενης σκόνης με τον τρεμολίτη εντός της-), κατά τη διάρκεια της μετακίνησης των εξορυγμάτων, κατά τη λεπτομερέστατη έπειτα λειοτρίβησή τους, και τέλος κατά και μετά την τελική εναπόθεση των αποβλήτων στην ανοικτή γιγαντιαία λεκάνη μεταλλευτικών τελμάτων.** Ο αμιαντοποιημένος κατά τις διαδικασίες αυτές τρεμολίτης θα δημιουργεί συνεχώς πρόβλημα με την περίφημη "πάστα" τέλματος η οποία θα πρέπει να στεγνώνει για να πέσει η επόμενη στρώση. Αρα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα γνωστά μέσα ελέγχου της σκόνης (κατάβρεξη) και στη συγκεκριμένη περίπτωση αυτή η σκόνη θα είναι πλούσια σε ίνες αμιάντου, όπως εξάλλου και το νερό μετά την όποια κατάβρεξη. Πρέπει να σημειωθεί, ότι οι έλεγχοι και οι μετρήσεις της συμμετοχής μικροϊνών αμιάντου στον αέρα δεν είναι καθόλου εύκολες υποθέσεις, ούτε μπορούν να γίνονται συνεχώς. Για να είναι αξιόπιστες οι σχετικές μετρήσεις απαιτούν τη χρήση εξαιρετικά λεπτών μικροφίλτρων και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου. **Υπενθυμίζεται πάλι ότι θα εξορυχθούν και θα επεξεργασθούν 146 εκατομμύρια (!!!) τόνοι πετρώματος. Έστω και εάν λάβουμε υπ' όψη μόνο τις δεδομένες στην ΜΠΕ περιεκτικότητες, 5%-9% τρεμολίτη, η διάθεση καρκινογόνου αμιάντου στο περιβάλλον εύκολα υπολογίζεται ότι θα ανέλθει σε πάνω από 7 έως 13 εκατομμύρια τόνους.**

arikas@web.de

Βιογραφικά στοιχεία του εισηγητή:

Ο Κυριάκος Αρίκας κατάγεται από την Κίρκη Αλεξανδρούπολης, σπούδασε και σταδιοδρόμησε στη Γερμανία και ήταν μέχρι την συνταξιοδότησή του υφηγητής στο Ινστιτούτο Ορυκτολογίας-Πετρογραφίας του Πανεπιστημίου Αμβούργου με το οποίο συνεργάζεται μέχρι σήμερα. Είναι έμπειρος γνώστης των γεωλογικών συνθηκών στη Θράκη, διότι στα πλαίσια της ερευνητικής του δραστηριότητας ασχολήθηκε πάνω από τρεις δεκαετίες με την γεωλογία, πετρογραφία και κοιτασματολογία-γεωχημεία του νοτιοανατολικού τμήματος της Θράκης και έχει επιτηρήσει επιπλέον πολλές επιστημονικές διατριβές στις περιοχές: Σάπες-Κασσιτερά-Συκορράχη, Πέραμα-Πετρωτά, Κίρκη-Αισύμη και Λουτρά-Φέρρες.

Ο Κ. Αρίκας έλαβε μέρος το 2005-2007 στο πρόγραμμα „LIFE ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ“ της Ε.Ε., αποκατάστασης του εγκατελειμένου μεταλλείου (ΜΑΒΕ) αμιάντου στο Σιδάνι Ν. Κοζάνης, στο οποίο συμμετείχαν η „Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Κοζάνης“ και οι τεχνικές εταιρείες „ΑΝΚΟ“ (έδρα Κοζάνη) „SPEC“ (Αθήνα) και „VON LIEBERMAN“ (Αμβούργο). Ο Κ. Αρίκας ασχολήθηκε εκ μέρους της εταιρείας VON LIEBERMAN με την μελέτη πετρωμάτων και ορυκτών αμιάντου του επιφανειακού ορυχείου στο Σιδάνι.