

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ - ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΑΥΓΕΡΙΝΟΣ ΠΙΤΣΙΛΛΗΣ

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2019

ΑΥΓΕΡΙΝΟΣ ΠΙΤΣΙΛΛΗΣ

Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, Τομέας Ορυκτολογίας-Πετρολογία-Κοιτασματολογίας,
Α.Ε.Μ: 5259

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ

Επιβλέπων

ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΑΝΤΗΡΑΝΗΣ

© Πιτσιλλής Αυγερινός, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Ορυκτολογίας – Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ – *Διπλωματική Εργασία*

© Pitsillis Avgerinos, School of Geology, Dept. of Mineralogy-Petrology-Economic Geology, 2019

All rights reserved.

INDUSTRIAL MINERALS AND ROCKS OF CYPRUS – Bachelor Thesis

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό την συλλογή πληροφοριών σχετικά με τα ορυκτά και πετρώματα της Νήσου Κύπρου τα οποία χρησιμοποιούνται ή χρησιμοποιήθηκαν στη βιομηχανία. Τα ορυκτά αυτά είναι ο μπεντονίτης και η γύψος, ενώ τα πετρώματα είναι τα ασβεστολιθικά πετρώματα και οι φυσικές χρωστικές. Επίσης, αναπτύσσεται η παρουσία του αμιάντου και η σημασία που η εκμετάλλευση αυτού είχε για την ανάπτυξη του νησιού. Η εξόρυξη και εμπορία όμως του αμιάντου έχει σταματήσει στο τέλος της δεκαετίας του 1980 εξαιτίας της επικινδυνότητας αυτού για το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Τα ορυκτά και πετρώματα που εκμεταλλεύονται ή εκμεταλλεύθηκαν στην Κύπρο, έχουν ως ευρείες χρήσεις στην τσιμεντοποιεία, τη γεωργία, στην τέχνη για σύνθεση χρωμάτων, στον οικοδομικό τομέα για την επένδυση κτηρίων, στις γεωτρήσεις κ.ά. Η εξόρυξη και εμπορία των βιομηχανικών ορυκτών και πετρωμάτων αποτέλεσε και αποτελεί βασικό πυλώνα της Κυπριακής οικονομίας, ενώ οι χρωστικές της Κύπρου είναι μοναδικές στον κόσμο γνωστές από την αρχαιότητα.

Extended summary

Industrial minerals and rocks of Cyprus

by Avgerinos Pitsillis

Since ancient times up until present day, the exploitation of natural resources of a country is the basic economic and social advantage. In this manner, the existence of a rich geological history in Cyprus, led to the mining and exploitation of natural metallic and non-metallic minerals. Cyprus is an island in the Eastern Mediterranean Sea, which emerged during the alpine orogeny and geologically is divided into four zones. The first zone is that of Pentadaktylos, which is the northerner zone of the island and it consists of re-crystallized limestones, dolomites, marbles and in situ marine sediments. The second zone is that of Troodos, which is the central part and constitutes the core of Cyprus with its ophiolitic complex and its associated sediments. The third is the zone of Mamonia, which consists of volcanic, sedimentary and metamorphic rocks and lastly the fourth zone is that of allochthonous sedimentary rocks, evaporites, unsorted or non-resident rocks and limestone rocks. Because of the ophiolite series, the island has deposits of mixed sulphides, chromite and asbestos, which have been exploited from ancient times to the present day. Apart from ores, due to the intense chemical sedimentation and the way it was created, Cyprus also has significant deposits of industrial minerals and rocks. These industrial minerals and rocks of the island that are being mined, apart from asbestos which its use has now been banned, are bentonite, gypsum, limestone and inorganic natural pigments, most of which are ochre, umber and terra verde. This thesis aims to present the way by which these minerals are created, their composition and properties, the way of extraction and industrial processing, as well as their uses in the industry and more generally in the everyday life of humans.

Περιεχόμενα

Περίληψη	v
Summary	vi
Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
Κεφάλαιο 2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ	7
2.1 Γεωλογικές ζώνες	8
2.1.1 Η Ζώνη Πενταδακτύλου (Κερύνειας)	8
2.1.2 Η Ζώνη Τροόδους ή το οφιολιθικό σύμπλεγμα Τροόδους.....	8
2.1.3 Η Ζώνη Μαμωνιών ή Σύμπλεγμα Μαμωνιών	10
2.1.4 Η Ζώνη των αυτόχθονων ιζηματογενών πετρωμάτων	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ.....	15
3.1 Αμύαντος.....	15
3.1.1 Γενικά	15
3.1.2 Ορυκτά του αμιάντου	16
3.1.2.2 Αμφιβολιτικός αμύαντος	17
3.1.3 Ο Αμύαντος της Κύπρου και η εκμετάλλευσή του	18
3.1.4 Βιομηχανικές χρήσεις.....	20
3.1.5 Επικινδυνότητα του αμιάντου	21
3.1.5.1 Αμιάντωση.....	22
3.1.5.2 Καρκίνος του πνεύμονα	22
3.1.5.3 Μεσοθηλίωμα.....	22
3.1.5.4 Άλλοι καρκίνοι.....	23
3.2 Μπεντονίτης.....	23
3.2.1 Γενικά	23
3.2.2 Ιδιότητες μπεντονίτη.....	25
3.2.3 Κοίτασμα μπεντονίτη Κύπρου	27
3.2.4 Χρήσεις	28
3.3 Γύψος	29
3.3.1 Γενικά	29
3.3.2 Βιομηχανικές ιδιότητες.....	32
3.3.3 Κοίτασμα γύψου στη Κύπρο	33
3.3.4 Χρήσεις	35

3.4 Ασβεστόλιθος.....	36
3.4.1 Γενικά	36
3.4.2 ιδιότητες ασβεστόλιθων	39
3.4.3 Ασβεστόλιθοι της Κύπρου.....	40
3.4.4 Χρήσεις	41
3.5 Φυσικές Χρωστικές	43
3.5.1 Γενικά	43
3.5.2 Φυσικές χρωστικές της Κύπρου	44
3.5.2.1 Ώχρα	44
3.5.2.2 Φαιόχρωμα ή Ούμβρα	45
3.5.2.3 Πρασινόχρωμα ή πράσινη γη (terra verde).....	46
3.5.3 Χρήσεις	47
4. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	49
Βιβλιογραφία	51

Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως Ορυκτό καταγράφετε, ένα στοιχείο ή μία χημική ένωση που προήλθε ως επακόλουθο προϊόν μίας γεωλογικής διεργασίας. Κατά κανόνα αποτελείται από κρυσταλλική δομή (Nickel 1995). Επιπλέον, στη κατηγορία των ορυκτών κατατάσσονται και ενώσεις οι οποίες δεν έχουν κρυσταλλική δομή αλλά χαρακτηρίζονται ως άμορφα στερεά. Η παρουσία ενός ή περισσότερων ορυκτών μαζί μπορεί να αποτελέσει ένα πέτρωμα, που είναι η δομική μονάδα του στερεού φλοιού της γης.

Ένα βιομηχανικό ορυκτό είναι ένα πέτρωμα, ένα ορυκτό ή άλλο φυσικό υλικό που έχει οικονομική αξία. Ένα βιομηχανικό ορυκτό ορίζεται από τις φυσικές ιδιότητές του, όπως η κρυσταλλικότητα, η ικανότητα μόνωσης, η πυκνότητα, η σκληρότητά του κ.ά. Με βάση τις ιδιότητες αυτές έχει και ανάλογες εφαρμογές (Kuzvar 1984). Τα βιομηχανικά ορυκτά δεν καλύπτουν τα μέταλλα, τα ενεργειακά ορυκτά και τους πολύτιμους λίθους, για τις οποίες καθοριστικό ρόλο παίζει η χημική τους περιεκτικότητα στον εν λόγω ορυκτό ή πέτρωμα. Η εξόρυξη των βιομηχανικών ορυκτών και πετρωμάτων γίνεται κυρίως σε ανοικτού τύπου λατομεία και σπανιότερα με υπόγεια εκμετάλλευση.

Τα βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη της σύγχρονης κοινωνίας και τεχνολογίας. Η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου του σύγχρονου ανθρώπου, γέννησε την ανάγκη για συνεχή χρήση νέων ορυκτών πρώτων υλών. Ως πρώτες ύλες τα βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα χρησιμοποιούνται στις κατασκευές, στη διακόσμηση, στις οικιακές και ως υποπροϊόντα στη μεταλλουργία, στη γεωργία, στην κτηνοτροφία, στη χημική βιομηχανία κ.ά.

Τα μη μεταλλικά στοιχεία είχαν μεγάλη σημασία για την ανθρωπότητα ήδη από την προϊστορική περίοδο. Η πρώτη ορυκτή ύλη που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο είναι αναμφίβολα η πέτρα κατά την Κατώτερη Παλαιολιθική περίοδο, η οποία υπάγεται κατά το Πλειστόκαινο (γεωλογική περίοδος) ή κοινώς κατά την εποχή των Παγετώνων. Η προαναφερθείσα περίοδος αναφέρεται στο χρονικό πλαίσιο 2 εκατομμυρίων μέχρι 300.000 χρόνων πριν. Ξεκινά με την εμφάνιση του πρώτου ανθρώπου στην Αφρική και τα πρωτόγονα εργαλεία που αυτός χρησιμοποίησε. Ο χειροπέλεκυ αποτελεί το σημαντικότερο τεχνολογικά επίτευγμα του ανθρώπου, αφού καταδεικνύει την σημαντική νόησή του με τη χρήση της τεχνικής της κρούσης. Μια πέτρα, ο κρουστήρας, χτυπάει

την άλλη που είναι ο πυρήνας για να φύγουν φολίδες. Η αμφίπλευρη και ασύμμετρη κατασκευή του μαρτυρεί τις διάφορες χρήσεις του, όπως είναι για το κυνήγι και η επεξεργασία των τροφών. Προς το τέλος της περιόδου εμφανίζονται συμμετρικά και καλοσχηματισμένα εργαλεία τα οποία είναι δουλεμένα και από τις δύο πλευρές και ονομάζονται φυλλόσχημες αιχμές. Στον ελλαδικό χώρο έχουμε δείγματα από τα Πετράλωνα, τον Κοκκινοπηλό (Ήπειρος) και την Ροδιά (Λάρισα) (Μαρινόπουλος 1985).

Η Μέση παλαιολιθική εποχή χρονολογείται 300.000 – 45.000 χρόνια πριν. Τα εργαλεία της Μέσης Παλαιολιθικής εποχής είναι διαφορετικά από τους χειροπέλεκεις, καθώς έχουμε την λιθοτεχνία των φολίδων, αιχμές δηλαδή εργαλείων που χρησίμευαν στην κόψη. Η εργαλειοτεχνία της περιόδου περιλαμβάνει, μονά ή διπλά ξέστρα, εγκοπές, οδοντωτά, λεπίδες και τυπικές μουστέριες αιχμές, δηλαδή τα κοφτερά άκρα των εργαλείων του ανθρώπου του Νεάντερταλ). Λακωνίς, Μάνη, Θεόπετρα και Καλαμπάκα είναι μερικές από τις αρχαιολογικές θέσεις όπου ανευρέθηκαν βραχοσκεπές και σπήλαια όπου οι τροφοσυλλέκτες-κυνηγοί της Μέσης Παλαιολιθικής, δημιούργησαν απλές και λιθόκτιστες εστίες, για να εξασφαλίσουν θέρμανση και δυνατότητα προετοιμασίας της τροφής τους.

Η Ανώτερη Παλαιολιθική περίοδος χρονολογείται 45.000 – 11.000 χρόνια πριν. Τα εργαλεία μικραίνουν και γίνονται μακρόστενα ενώ το μήκος τους είναι δύο φορές μεγαλύτερο από το πλάτος τους και ονομάζονται λεπίδες. Στο Κλειδί και στη Μποϊλα (Βοιωτία) για τις λιθοτεχνίες χρησιμοποιείται, ένα είδος σκληρού πυριτόλιθου. Τα κυριότερα εργαλεία τους ήταν αιχμές δοράτων και βελών, φολίδες, λεπίδες, μικρολεπίδες οπείς και ξέστρα. Την περίοδο αυτή η εργαλοτεχνεία εδραιώνεται κυρίως με τη χρήση οργανικών υλικών, όπως είναι το οστό και το ελαφοκέρατο. Επιπλέον στον εργαλειακό εξοπλισμό των κυνηγών της Ανώτερης Παλαιολιθικής περιόδου προστίθενται αιχμές από βέλη και, βελόνες, σπάτουλες και οπές. Τέλος, εμφανίζονται και οι σφήνες από ελαφοκέρατο που είναι ιδανικές για την εξόρυξη της κόκκινης ώχρας από κοιτάσματα αιματίτη, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί ως χρωστική ύλη αλλά και για να χρησιμοποιηθεί σε ανθρώπινες ταφές.

Η Μεσολιθική εποχή απαντάται στον γεωλογικό χρόνο του Ολόκαινου. Χαρακτηρίζεται από την σταθεροποίηση των κλιματολογικών και γεωλογικών φαινομένων, τα αποτελέσματα είναι εμφανή τόσο στην οικονομία αλλά και στην

κατοίκηση. Στον ελλαδικό χώρο η Μεσολιθική περίοδος συναντάτε κατά το χρονικό διάστημα από 11.000 χρόνια πριν από σήμερα μέχρι και 6.800 π.Χ. Οι αρχαιολογικές ανασκαφές ξεκαθαρίζουν την προτίμηση των μεσολιθικών ανθρώπων προς τις παράλιες ανοιχτές θέσεις αλλά και προς τα παράκτια σπήλαια. Αυτό πιστοποιείται από την εμφανή αυξημένη κινητικότητα στις οικονομικές δραστηριότητες τους που είναι η συστηματική αλιεία, η ναυσιπλοΐα στην ανοιχτή θάλασσα που είχε σαν σκοπό την αλιεία τόνου. Επιπρόσθετα η εξόρυξη οψιανού και αμφιβολίτη χρησίμευε για την κατασκευή εργαλείων πιο ανθεκτικών, του ανδεσίτη για την κατασκευή ιδανικών μυλόλιθων για το άλεσμα καρπών, τέλος η χρήση πλινθοκονιάματος για κατασκευή σπιτιών.

Η Νεολιθική εποχή στον Αιγαίο χώρο καλύπτεται κατά το χρονικό πλαίσιο 6.800-3.200 π.Χ. Η εποχή αυτή έχει από ως βασικό χαρακτηριστικό της την σταθεροποίηση των κλιματολογικών συνθηκών, την συστηματική οργάνωση οικισμών μόνιμου χαρακτήρα. Καθώς και από οικονομία βασισμένη στη συστηματική ενασχόληση με την γεωργία, την κτηνοτροφία, την ανταλλαγή πρώτων υλών και προϊόντων. Τέλος παρατηρούμε και την παραγωγή κεραμικής που γίνεται με τη χρήση αργιλικών ορυκτών (Dickinson 1994).

Σύμφωνα, με το Τμήμα Αρχαιοτήτων Κύπρου (2017) αποτελεί μεμονωμένο φαινόμενο στην ιστορία του νησιού κατά την Ύστερη Εποχή του Χαλκού, η ύπαρξη λατομείου που εξόριζαν και εκμεταλλεύονταν ασβεστόλιθο και βρίσκεται αμέσως κάτω από το δυτικό λοβό του πλατώματος του οικισμού της Ύστερης Εποχής του Χαλκού και έχει έκταση μεγαλύτερη από 500 τετραγωνικά μέτρα, με πλάτος 40 μέτρα και μήκος 15-24 μέτρα. Η εξόρυξη του λίθου, γινόταν είτε με σμίλες είτε με λίθινες αξίνες περίπου 8 με 10 εκατοστά πλάτος μέσα στον βράχο, όπως επίσης και από αρκετούς τετραγωνισμένους ογκόλιθους κάτι που μαρτυρείται από τα κανάλια εξόρυξης. Αυτό δείχνει την αναγκαιότητα χρήσης των βιομηχανικών πετρωμάτων και ορυκτών στο νησί και την ειδίκευση των ανθρώπων στην εξόρυξη.

Τα βιομηχανικά ορυκτά δεν έχασαν τη σημασία τους ακόμη και όταν ανακαλύφθηκε τα μεταλλεύματα και η κατεργασία αυτών-μεταλλουργία. Με λίγες εξαιρέσεις δεν χρησιμοποιούνταν πλέον για την κατασκευή εργαλείων, αλλά χρησίμευαν ως δομικά υλικά. Χρησιμοποιήθηκαν βιομηχανικά ορυκτά ως άκαυστα τούβλα στη Μεσοποταμία, ως καμένα τούβλα στο Mohenjo-Daro στον ποταμό Ινδούς, η χρήση ασβεστόλιθου για πυραμίδες στην Αίγυπτο, ως πυριτικό πυρίμαχο, μάρμαρο από την Πεντέλη για την

Ακρόπολη στην Αθήνα, μάρμαρο από την Καράρα και τραβερτίνης από το Tivoli Ιταλίας για τα κτίρια της Ρώμης. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν ψαμμίτης, ασβεστόλιθος και γρανίτης στη Βρετανία και τη Γαλλία, ηφαιστειακό υλικό για μνημεία στο Teotihuacan στο Περού, γρανίτης από το λατομείο Stone Creek στο Connecticut ως όγκοι και πλάκες για το άγαλμα της Ελευθερίας, το Πανεπιστήμιο Κολούμπια, το Μουσείο Smithsonian, για τον Grand Central Σταθμό στη Νέα Υόρκη και για διάφορους ουρανοξύστες.

Οι περισσότεροι από τους παραπάνω οικοδομικούς λίθους χρησιμοποιήθηκαν και από γλύπτες για αγάλματα. Στην Αίγυπτο χρησιμοποιήθηκαν περιστασιακά λίθοι βασάλτη για τα αγάλματα του φαραώ Μενκάουρε και της συζύγου του (4η δυναστεία), χαλαζίτης για τις κολόνες του Μέμνονα και πράσινος λίθος για το λεγόμενο «Πράσινο κεφάλι ενός ιερέα» (2ος αιώνας π.Χ.). Οι λίθοι και τα ανόργανα υλικά χρησιμοποιήθηκαν επίσης ως κοσμήματα (π.χ. τουρκουάζ από το Σινά κατά τη διάρκεια της βασιλείας της 3ης δυναστείας στην Αίγυπτο). Γυάλινα κοσμήματα ήταν κατασκευασμένα από χαλαζιακή άμμο στην Αίγυπτο ήδη από το 3500 π.Χ. και ο πηλός χρησιμοποιήθηκε για κεραμικά αγγεία σε όλο τον αρχαίο κόσμο. Πρώτη φορά πηλός παρασκευάστηκε από μάργα και άργιλο στην Αίγυπτο το 2000 π.Χ. Αργότερα, εβαποριτικά υλικά έγιναν σημαντικά υλικά που ως συλλιπάσματα χρησιμοποιούνται στην τήξη μετάλλων.

Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα, ο τρόπος χρήσης των βιομηχανικών ορυκτών δεν άλλαξε ουσιαστικά. Οι συνθήκες μεταβλήθηκαν σημαντικά στη σύγχρονη εποχή, ιδιαίτερα τον 19ο και 20ο αιώνα, όταν εφαρμόστηκαν νέα υλικά στη γεωργία, τη χημεία, την κατασκευή πυρίμαχων, ανθεκτικών σε οξέα, διηθητικών και μονωτικών προϊόντων στα κεραμικά, στη μεταλλουργία, στα οπτικά, στη χαρτοβιομηχανία, στις βιομηχανίες καουτσούκ και τροφίμων κ.ά.

Πιο κάτω αναλύεται περαιτέρω η γεωλογική δομή της Κύπρου, οι ζώνες και τα πετρώματα που τις αποτελούν. Ακολούθως, περιγράφονται τα βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα του νησιού, τα οποία εκμεταλλεύθηκαν ή βρίσκονται υπό εκμετάλλευση, καθώς και οι πετρογραφικές ιδιότητες και η χρήση τους στη βιομηχανία και την καθημερινότητα του σύγχρονου ανθρώπου.

Κεφάλαιο 2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ

Η Κύπρος είναι ένα νησί για το οποίο η γεωλογία ήταν ένας από τους καθοριστικούς παράγοντες που επηρέασαν την ιστορία της και την πολιτιστική, την κοινωνική και οικονομική εξέλιξή της. Η γένεση του νησιού απορρέει από μια σειρά πολύπλοκων και μοναδικών συνάμα γεωλογικών διεργασιών. Η Κύπρος αποτελεί γεωλογικό πρότυπο για τους γεωμελετητές- γεωεπιστήμονες ανά το παγκόσμιο αφού συνένδραμε στην αποτελεσματική κατανόηση της εξέλιξης των ωκεανών αλλά και του πλανήτη γενικότερα. Η δημιουργία της Κύπρου μέσα από τις πολύπλοκες γεωλογικές διεργασίες, έλαβε χώρα στο ευρύτερο πλαίσιο της βύθισης της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την πλάκα της Ευρασίας. Έτσι, περίπου πριν 90 εκ. χρόνια δημιουργήθηκε ένας νέος ωκεάνιος φλοιός, μέρος του οποίου αποκόπηκε και αποτέλεσε στη συνέχεια το οφιολιθικό σύμπλεγμα του Τροόδους. Πριν 6 εκ. χρόνια, ασβεστολιθικά πετρώματα, ηλικίας 350 μέχρι 135 εκ. χρόνων, επωθήθηκαν στο βορειότερο τμήμα του οφιολιθικού συμπλέγματος του Τροόδους, σχηματίζοντας στη συνέχεια την οροσειρά του Πενταδάκτυλου.

Κατά τη διακοπή της επικοινωνίας του Ατλαντικού Ωκεανού με την Μεσόγειο Θάλασσα και λόγω της έντονης εξάτμισης, μειώθηκε δραστικά η στάθμη της θάλασσας, αυξήθηκε η αλατότητα του νερού της και αποτέθηκαν ιζήματα γύψου και αλατιού, σε ολόκληρη την περιοχή της Μεσογείου, πάχους έως και 3 χιλιόμετρα. Τα πετρώματα αυτά αποτελούν σήμερα το αδιαπέραστο στρώμα, κάτω από το οποίο βρίσκονται τα κοιτάσματα υδρογονανθράκων της Ανατολικής Μεσογείου. Ακολούθως, επανενώθηκε η Μεσόγειος με τον Ατλαντικό με αποτέλεσμα τη γρήγορη ανύψωση της στάθμης της θάλασσας και την απόθεση μαργών και ασβεστιτικών ψαμμιτών. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 2,6 εκ. χρόνων υπήρξε δραστική αύξηση του ρυθμού ανύψωσης του χώρου της Κύπρου, όπου σταδιακά σχηματίστηκαν οι οροσειρές του Τροόδους και του Πενταδακτύλου και το νησί, όπως το γνωρίζουμε σήμερα. Το αποτέλεσμα αυτής της ανύψωσης είναι η διάβρωση μεγάλου μέρους των οροσειρών, ιδιαίτερα της οροσειράς του Τροόδους από όπου μεταφέρονται τεράστιες ποσότητες κλαστικών ιζημάτων τα οποία αποτέθηκαν στις κοιλάδες των ποταμών, εντός των οποίων αναπτύχθηκαν οι σημαντικότεροι υπόγειοι υδροφόροι της Κύπρου.

2.1 Γεωλογικές ζώνες

Η δομή της Κύπρου χωρίζεται σε τέσσερις γεωλογικές ζώνες (Εικ. 1):

- (α) Πενταδακτύλου (Κερύνειας)
- (β) Τροόδους
- (γ) Μαμωνιών και
- (δ) Αυτόχθονων ιζηματογενών πετρωμάτων.

2.1.1 Η Ζώνη Πενταδακτύλου (Κερύνειας)

Είναι η βορειότερη γεωλογική ζώνη της Κύπρου. Έχει τοξοειδή διάταξη με διεύθυνση ανατολή-δύση με κυρίαρχο χαρακτηριστικό, τις επωθήσεις τεκτονικών τεμαχίων προς νότο. Στη βάση της αποτελείται κυρίως από μια σειρά αλλόχθονων συμπαγών και ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων, δολομιτών και μαρμάρων, ηλικίας 350-135 εκ. χρόνων. Ακολουθούν τα νεότερα αυτόχθονα θαλάσσια ιζήματα, ηλικίας 67-15 εκ. χρόνων, πάνω από τα οποία επωθήθηκαν νοτιότερα οι παλαιότεροι αλλόχθονοι σχηματισμοί. Οι τρεις σημαντικότεροι γεωλογικοί σχηματισμοί, ηλικίας 250-135 εκ. χρόνων αποτελούν και τις κύριες ασβεστολιθικές μάζες της οροσειράς και είναι αυτοί του Δικώμου, του Συγχαρίου και του Αγίου Ιλαρίωνα.

Ο σχηματισμός του Δικώμου από συγκροτείται από παραμορφωμένους λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους με ενστρώσεις φυλλιτών πράσινου και γκρίζου χρώματος. Ο Σχηματισμός του Συγχαρίου συγκροτείται από συμπαγείς έως παχυστρωματώδεις δολομιτικούς ασβεστόλιθους. Ο Σχηματισμός του Αγίου Ιλαρίωνα συγκροτείται από μεσοστρωματώδεις έως συμπαγείς ασβεστόλιθους, οι οποίοι υπέστησαν μεταμόρφωση πολύ χαμηλού βαθμού. Αξιοσημείωτες είναι και οι συνεχιζόμενες εμφανίσεις των ασβεστόλιθων που συναντώνται στο κεντρικό τμήμα της οροσειράς. Στο ανατολικό τμήμα συναντώνται υπό την μορφή ολισθόλιθων επάνω στα νεαρότερα ιζήματα.

2.1.2 Η Ζώνη Τροόδους ή το οφιολιθικό σύμπλεγμα Τροόδους

Είναι το κεντρικό τμήμα του νησιού, αποτελεί τον γεωλογικό πυρήνα της Κύπρου και παρουσιάζει χαρακτηριστικό επίμηκες θολωτό σχήμα. Δημιουργήθηκε πριν 90 εκ.

χρόνια στον βυθό της Νεοτηθύος θάλασσας. Είναι κομμάτι ωκεάνιου φλοιού, πλήρως αναπτυγμένου, γεγονός στο οποίο συνίσταται και η μοναδικότητά του. Από την πολύπλοκη διαδικασία τόσο της επέκτασης όσο και της δημιουργίας του ωκεάνιου φλοιού, δημιουργήθηκε η ζώνη του Τρόοδους η οποία αναδύθηκε και τοποθετήθηκε στη σημερινή του τοποθεσία. Αυτό επιτεύχθηκε μέσα από πολυσύνθετες τεκτονικές διεργασίες που ήταν καθορισμένες από δύο συγκλίνουσες λιθοσφαιρικές πλάκες, αυτή της Ευρασιατικής και αυτή της Αφρικανικής. Η στρωματογραφία του παρουσιάζεται με τοπογραφική αναστροφή. Έτσι τα κατώτερα πετρώματα του εμφανίζονται στην κορυφή του και τα στρωματογραφικά ανώτερα στις παρυφές του. Η ταυτόχρονη διάβρωση και ο τρόπος ανύψωσης εξηγούν με σαφήνεια την φαινομενική αυτή αναστροφή. Αποτελείται, ξεκινώντας από τους κατώτερους καταλήγοντας στους ανώτερους σχηματισμούς, από βασικά και υπερβασικά πλουτώνια, φλεβικά, ηφαιστειακά και χημικά ιζήματα. Αυτοί οι σχηματισμοί έχουν ομαδοποιηθεί σε τέσσερις ομάδες πετρωμάτων οι οποίες είναι:

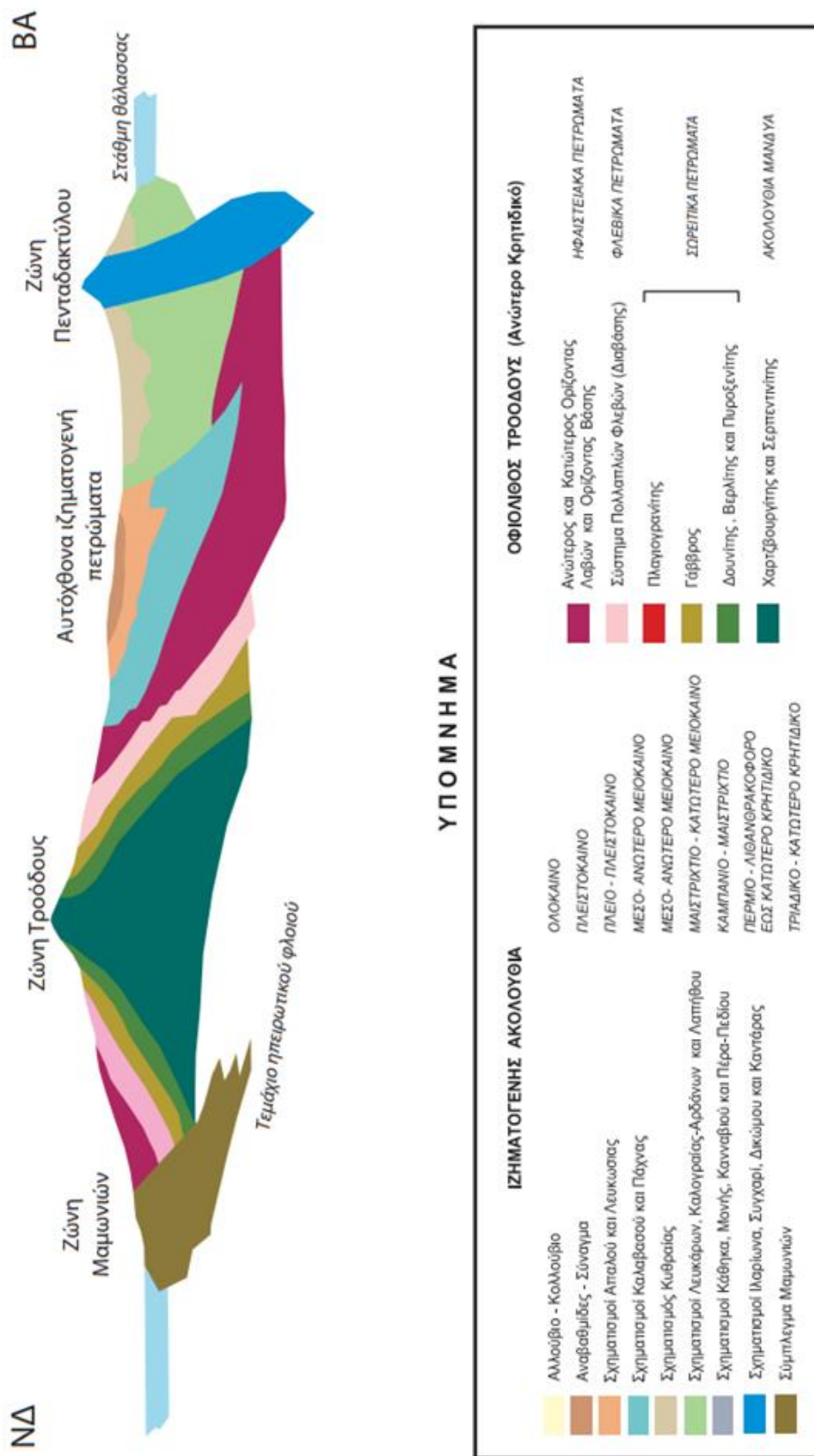
- **Η λεγόμενη ακολουθία του Μανδύα** πήρε το όνομα της από τα πετρώματα που την αποτελούν. Ουσιαστικά τα πετρώματα αυτά θεωρούνται, ως το δύστηκτο υλικό που μετά τη μερική τήξη του ανώτερου μανδύα και τον σχηματισμό μάγματος βασαλτικής σύστασης παρέμεινε στον ανώτερο μανδύα. Από αυτό το δύστηκτο υλικό προήλθαν τα υπόλοιπα πετρώματα του οφιόλιθικού συμπλέγματος. Αποτελείται κυρίως από χαρτζβουργίτη και δουνίτη, με τα ορυκτά τους να έχουν εξαλλοιωθεί σε διάφορα ορυκτά της ομάδας του σερπεντίνη, ενώ κατά θέσεις συναντάται και χρυσοτίλης (αμίαντος) που δηλώνει σχεδόν πλήρη εξαλλοίωση των υπερβασικών πετρωμάτων.
- **Τα σωρειτικά πετρώματα** είναι τα προϊόντα της κλασματικής κρυστάλλωσης, συγκέντρωσης ορυκτών στον πυθμένα ενός μαγματικού θαλάμου, κάτω από τις ζώνες διεύρυνσης μέσα στις ωκεάνιες ράχες. Τα κύρια σωρειτικά πετρώματα είναι ο δουνίτης με ή χωρίς συγκεντρώσεις χρωμίτη, ο πυροξενίτης, ο γάββρος ο πλαγιογρανίτης και ο βερλίτης που απαντώνται σε μικρές, ασυνεχείς εμφανίσεις.
- **Τα φλεβικά διαβασικά πετρώματα** είναι από βασαλτικής μέρχι δολεριτικής σύστασης που δημιουργήθηκαν από την στερεοποίηση του διαφυγόντος μάγματος,

από τους θαλάμους μάγματος στον πυθμένα του ωκεάνιου φλοιού. Έτσι τροφοδοτούνται ταυτόχρονα οι υποθαλάσσιες εκχύσεις λάβας προς στην ωκεάνια βάση. Ακολούθως τα ηφαιστειακά πετρώματα τα οποία σχηματίζονται από δύο ορίζοντες προσκεφαλοειδών λαβών (pillow lavas) και ροές λαβών, βασαλτικής κυρίως σύστασης.

- **Ο Σχηματισμός Πέρα Πεδίου** περιλαμβάνει φαιόχωμα (ούμβρα), ραδιολαρτιτικούς πηλίτες και ραδιολαρίτες που είναι και τα αρχικά χημικά και πελαγικά ιζήματα που εναποτέθηκαν πάνω στα οφιολιθικά πετρώματα ως επακόλουθο της υδροθερμικής δραστηριότητας και ιζηματογένεσης στον θαλάσσιο πυθμένα.

2.1.3 Η Ζώνη Μαμωνιών ή Σύμπλεγμα Μαμωνιών

Αποτελείται από μια σειρά ηφαιστειακών, ιζηματογενών και μεταμορφωμένων πετρωμάτων, ηλικίας 230-75 εκ. χρονών. Τα πετρώματα αυτά καταγράφονται ως αλλόχθονα, επωθήθηκαν πάνω και δίπλα στον οφιόλιθο Τροόδους και εμφανίζονται στο νοτιοδυτικό τμήμα της Κύπρου. Η ζώνη αυτή χωρίζεται στη σειρά εκρηξιγενών και ιζηματογενών πετρωμάτων και αποτελείται από ηφαιστειακά πετρώματα και ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους. Τη σειρά πελαγικών ιζηματογενών πετρωμάτων με ασβεστόλιθους, πηλίτες και χαλαζιακούς ψαμμίτες και τη σειρά μεταμορφωμένων πετρωμάτων με σχιστόλιθους και μάρμαρα. Τα πετρώματα της ζώνης αυτής έχουν έντονα παραμορφωθεί και αναμειχθεί με μεγάλα κομμάτια οφιολιθικών πετρωμάτων της ζώνης Τροόδους δημιουργώντας εκτεταμένες περιοχές από τεκτονικά μείγματα.



Εικόνα1. Απλοποιημένη γεωλογική τομή της δομής της Κύπρου (Τ.Γ.Ε. Κύπρου, 2000)

2.1.4 Η Ζώνη των αυτόχθονων ιζηματογενών πετρωμάτων

Συγκροτείται από ηφαιστειοκλαστικά ιζήματα, μπεντονίτες, κρητίδες, μάργες, κερατόλιθους, ασβεστολιθικούς ψαμμίτες, εβαπορίτες ασβεστόλιθους, και κλαστικά ιζήματα ηλικίας 67 εκ. χρονών. Η ζώνη αυτή καταλαμβάνει κυρίως τον χώρο μεταξύ των Ζωνών Πενταδακτύλου και Τροόδους στη περιοχή της Μεσαορίας καθώς και το νότιο τμήμα του νησιού. Η ιζηματογένεση αρχίζει με την απόθεση των ηφαιστειοκλαστικών και τη ακολουθούμενη εξαλλοίωση σε μπεντονίτες. Πριν από 65 εκ. χρόνια αρχίζει η ανθρακική ιζηματογένεση που συγκροτείται από πελαγικές μάργες και κρητίδες λευκού (χαρακτηριστικού) χρώματος με ή χωρίς την παρουσία κερατόλιθων. Ακολουθούν ιζήματα 22 εκ. χρόνων που αποτελούνται κυρίως από υποκίτρινες μάργες και κιτρινωπές κρητίδες παρουσία στρώσεων ασβεστιτικού ψαμμίτη και κατά τόπους ανάπτυξη κροκαλοπαγών. Η εν λόγω ιζηματογένεση ξεκίνησε, αναπτύχθηκε και ολοκληρώθηκε σε περιβάλλον αβαθών θαλασσών με την ανάπτυξη επίσης υφαλογενών ασβεστόλιθων.

Η απόθεση των εβαποριτών στη περιοχή Καλαβασού πριν 6 εκ. χρόνια (Μεσσήνιο), απορρέει από την αποκοπή της Μεσογείου από τον Ατλαντικό Ωκεανό και την εξάτμιση του νερού. Ο σχηματισμός αυτός αποτελείται από γυψούχες μάργες και γύψους που καταλαμβάνουν εκτεταμένες περιοχές του νησιού. Αργότερα όταν η Μεσόγειος και ο Ατλαντικός επανενώθηκαν, ξεκίνησε ένας καινούριος κύκλος ιζηματογένεσης, πριν 5-2 εκ. χρόνια με την απόθεση ιλυόλιθων και στρώσεων ασβεστιτικών ψαμμιτών και μαργών. Προς τα ανώτερα στρώματα παρατηρούνται στρώσεις ασβεστιτικού ψαμμίτη με ενδιάμεσες στρώσεις αμμούχων μαργών και τέλος το σύστημα κλείνει με χερσαίους σχηματισμούς οι οποίοι αποτελούνται από κλαστικές ποταμοχειμάρειες αποθέσεις.

Όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω το οφιολιθικό σύστημα το οποίο είναι η μεγαλύτερη κληρονομία του νησιού εδώ και χρόνια έχει υποστεί εκμετάλλευση λόγω των άμεσα συνδεδεμένων με αυτό κοιτασμάτων μεικτών θειούχων, χρωμίτη και αμιάντου. Τα κοιτάσματα σχηματίσθηκαν στο οφιολιθικό σύμπλεγμα σε διάφορες ενότητες και ανέβηκαν προς την επιφάνεια ως αποτέλεσμα της ανύψωσής του. Επιπλέον, η Κύπρος διαθέτει σημαντικά κοιτάσματα βιομηχανικών ορυκτών. Κυριότερα από αυτά είναι οι

φυσικές χρωστικές ουσίες φαιόχωμα κυρίως πράσινος σελαδονίτης, ούμβρες και ώχρες, η γύψος, οι μάργες, οι υφαλογενείς ασβεστόλιθοι και ο μπεντονίτης. Αυτά τα βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα θα αναλυθούν στη συνέχεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ

3.1 Αμύαντος

3.1.1 Γενικά

Ο όρος αμύαντος (asbestos) αναφέρεται ως μια ομάδα ένυδρων πυριτικών ινωδών ορυκτών. Οι διάφοροι τύποι αμύαντου περιλαμβάνουν ορυκτά των ομάδων του σερπεντίνη και των αμφιβόλων και ανήκουν στην κατηγορία των ινοπυριτικών και φυλλοπυριτικών ορυκτών. Ανάλογα με τον τύπο, είναι πιθανό να εμπεριέχεται μαγνήσιο (Mg), ασβέστιο (Ca) νάτριο (Na) ή σίδηρο (Fe), στη δομή τους. Επιπλέον, ο όρος αμύαντος χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει τους κύριους εμπορικούς τύπους αμύαντου όπως χρυσοτίλη, κροκιδόλιθο και αμοσίτη, αλλά υπάρχουν πολυάριθμα ινώδη ορυκτά, τα οποία είναι μικρότερης εμπορικής αξίας, αλλά αρκετά διαδεδομένα στην επιφάνεια της γης (Spray and Bebieen 1982). Οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν τον αμύαντο στη καθημερινή τους ζωή, έτσι προκύπτουν και τα δύο ονόματα του, «asbestos» και «amiante» όπως είναι γνωστός παγκοσμίως. Είναι και τα δύο ονόματα ελληνικής προέλευσης. Ο όρος «Asbestos» προέρχεται από την ελληνική λέξη άσβεστος επειδή δεν καιγόταν κατά τη χρήση του στα λυχνάρια και ο όρος «αμύαντος» από το ότι δεν “υφίστατο μίανσιν”, δηλαδή ότι παρέμενε πάντα καθαρός και δεν καταστρέφονταν.

Ο αμύαντος χαρακτηρίζεται από πολλές ιδιότητες, οι περισσότερες από αυτές χαρακτηρίζονται ως καλές. Κάποιες από τις ιδιότητες αυτές είναι η υψηλή μηχανική αντοχή και η ελαστικότητα, η αντοχή στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες ειδικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Επιπλέον η μεγάλη αντοχή του στα διαβρωτικά χημικά (όξινα και αλκαλικά διαλύματα), καθώς και η καλή αντίσταση στον ηλεκτρισμό και τέλος η μεγάλη θερμομονωτική ικανότητά του. Τα πιο πάνω σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος παραγωγής, αποτέλεσε την ιδανική λύση ως μονωτικό και κατασκευαστικό υλικό για πολλές δεκαετίες. Έτσι σήμερα αμιαντούχα υλικά βρίσκονται σχεδόν παντού, σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εργοστάσια, δημόσια κτίρια, σχολεία, κατοικίες, κ.ά. Υπάρχει σε σημαντικές ποσότητες στο στερεό φλοιό της Γης, με τα σημαντικότερα κοιτάσματα να εντοπίζονται στον Καναδά, στη Βραζιλία, στη Ζιμπάμπουε, στη Ρωσία, και στη Ν. Αφρική. Απαντάται επίσης στην Κίνα, στην Ιταλία, στην Κύπρο, στις Η.Π.Α.

και στην Αυστραλία (Pigg 1994). Η χρήση του αμιάντου σε παγκόσμια κλίμακα ήταν πολύ μεγάλης έκτασης με περισσότερες από 3.000 εφαρμογές. Οι παράγοντες που οδήγησαν τον αμιάντο σε κυρίαρχη πρώτη ύλη του 20^{ου} αιώνα είναι φυσικά οι ιδιότητες του ως αντιδιαβρωτικό και θερμομονωτικό υλικό, η αφθονία που διατίθεται στη φύση, το χαμηλό κόστος παραγωγής του.

Στις μέρες μας ο αμιάντος κατέχει ακόμη πρωταγωνιστικό ρόλο όμως από διαφορετική σκοπιά αφού αποτελεί έναν από τους επικίνδυνους παράγοντες καρκινογένεσης για τον άνθρωπο στην περίπτωση που οι ίνες του εισχωρήσουν στον οργανισμό του. Η διαπιστωμένη καρκινογένεση που προκαλείται από τον αμιάντο έχει οδηγήσει πολλές χώρες στη λήψη αυστηρών μέτρων για τον περιορισμό της χρήσης του αλλά και για την σταδιακή ολοκληρωτική απαγόρευσή του.

3.1.2 Ορυκτά του αμιάντου

Οι ίνες του αμιάντου υπάρχουν στη φύση σε ορυκτά των ομάδων του σερπεντίνη και των αμφιβόλων και είναι:

- Στην κατηγορία των σερπεντινών, ο χρυσοτίλης
- Στην κατηγορία των αμφιβόλων ο κροκιδόλιθος, ο αμοσίτης, ο ανθοφυλλίτης, ο τρεμολίτης και ο ακτινόλιθος.

Πιο κάτω θα αναλυθούν περεταίρω η τρεις κύριοι τύποι αμιάντου, ο χρυσοτίλης ο κροκιδόλιθος και ο αμοσίτης.

3.1.2.1 Χρυσοτίλης

Χημικός τύπος: $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ ή $(3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O)$

Ο χρυσοτιλικός αμιάντος οφείλει την ονομασία του στις ελληνικές λέξεις: χρυσός (chryso-) και τίλος (-tile) δηλαδή χρυσή ίνα. Χαρακτηρίζεται από λευκό χρώμα με ίνες πολύ μαλακές, λεπτές, και πολύ ελαστικές. Το μήκος των ινών του είναι από 10 έως 40 nm. Το τελικό προϊόν του χρυσοτιλικού αμιάντου είναι μία ελικοειδής ευλύγιστη ίνα λευκού χρώματος, η οποία έχει την ικανότητα να υποδιαιρείται σε μικρότερες ίνες. (Αναστασιάδου 2011). Ο χρυσοτιλικός αμιάντος είναι ο πιο εμπορικά διαδεδομένος και χρησιμοποιημένος τύπος αμιάντου. Κατά την χρονολογία 1976 αποτελεί το 97% της

παγκόσμιας παραγωγής (Wagner 1986). Συχνά, υποβαθμίζεται η ποιότητά του από την παρουσία μικρών ποσοτήτων άλλων ινωδών ορυκτών, όπως ο τρεμολίτης (HSDB 1998). Αυξημένο ενδιαφέρον παρουσιάζουν δύο συγκεκριμένα βιομηχανικά χαρακτηριστικά του χρυσοτίλη και τα οποία δεν παρουσιάζουν τα υπόλοιπα αμιαντούχα ορυκτά, όπως η αντοχή σε οξέα και η θερμική καταπόνηση.

Ο χρυσοτίλης δεν διαλύεται σε διαλύτες και η διαλυτότητά του εξαρτάται από το pH και τη θερμοκρασία του ρευστού. Οι όξινες συνθήκες όταν συνδιάζονται με ψηλές θερμοκρασίες υποχρεώνουν τις ίνες του να διαλύονται σχετικά γρηγορότερα (Schreier 1989). Η διαλυτότητα του χρυσοτίλη σε όξινες συνθήκες είναι αναμενόμενη από τη δομή του. Αυτή αποτελείται από τετράεδρα πυριτίου μεταξύ των οποίων παρεμβάλλονται στρώματα βρουσίτη $[Mg(OH)_2]$. Στον χρυσοτίλη τα στρώματα βρουσίτη και πυριτικών τετραέδρων κάμπτονται σαν σωλήνες και σχηματίζουν τις ίνες του ορυκτού (ATSDR 2001). Το $Mg(OH)_2$ διαλύεται στα αραιά οξέα ενώ στο νερό παραμένει αδιάλυτο (Budavari et al. 1989), συνεπώς ο χρυσοτίλης είναι μερικά διαλυτός σε όξινες συνθήκες. Εντούτοις, στις συνήθεις συνθήκες περιβάλλοντος μόνο 1% περίπου του χρυσοτίλη διαλυτοποιείται (US Department of Health and Human Services 1995).

Επίσης, η θερμική υποβάθμιση των ινών του χρυσοτίλη παρατηρείται σε υψηλές θερμοκρασίες και πραγματώνεται σε δύο στάδια. Συγκεκριμένα, σε πρώτη φάση γίνεται αφυδροξυλίωση και απώλεια βάρους στους 600-780 °C και ακολούθως στους 800-850 °C γίνεται αλλαγή φάσεων κατά την οποία το άνυδρο προϊόν διαχωρίζεται σε φορστερίτη (Mg_2SiO_4) και χαλαζία (SiO_2). Αυτές οι αντιδράσεις χαρακτηρίζονται ως μονόδρομες (HSDB 1998). Ο φορστερίτης δεν είναι καρκινογόνος και δεν προκαλεί αμιάντωση στους ανθρώπους αφού δεν χαρακτηρίζεται ως ινώδης (Evic and Anderson 1995, Nelson and Jones 1996).

3.1.2.2 Αμφιβολιτικός αμιάντος

Οι εμπορικά χρησιμοποιούμενοι τύποι αμφιβολιτικού αμιάντου είναι ο κροκιδόλιθος ($Na_2Fe^{2+}_3Fe^{3+}_2Si_8O_{22}(OH)_2$), που αντιστοιχεί στο ορυκτό ριβεκίτης, το μέγεθος των ινών του φθάνει πολλά εκατοστά μέχρι και 1 μέτρο (περιοχή Chaparo, Volívia) και αποτελεί το 1-2% του συνόλου των ινών αμιάντου που χρησιμοποιήθηκαν σε παγκόσμιο επίπεδο (Weis 2001). Ο αμοσίτης ή γρουνερίτης ($Fe^{2+}, Mg)_7Si_8O_{22}(OH)_2$ εμφανίζει ίνες που μπορεί να φτάσουν σε μήκος μέχρι και τα 30 εκατοστά. Την κατηγορία των

αμφιβολιτικών αμιάντων συμπληρώνουν ο τρεμολίτης $[\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$, ο ανθοφυλλίτης $[(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$ και ο ακτινολίθος $[\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$. Οι αμφιβολιτικοί αμιάντοι συνδέονται κυρίως με μεταμορφωμένα σιδηρούχα πυριτικά μεταϊζήματα.

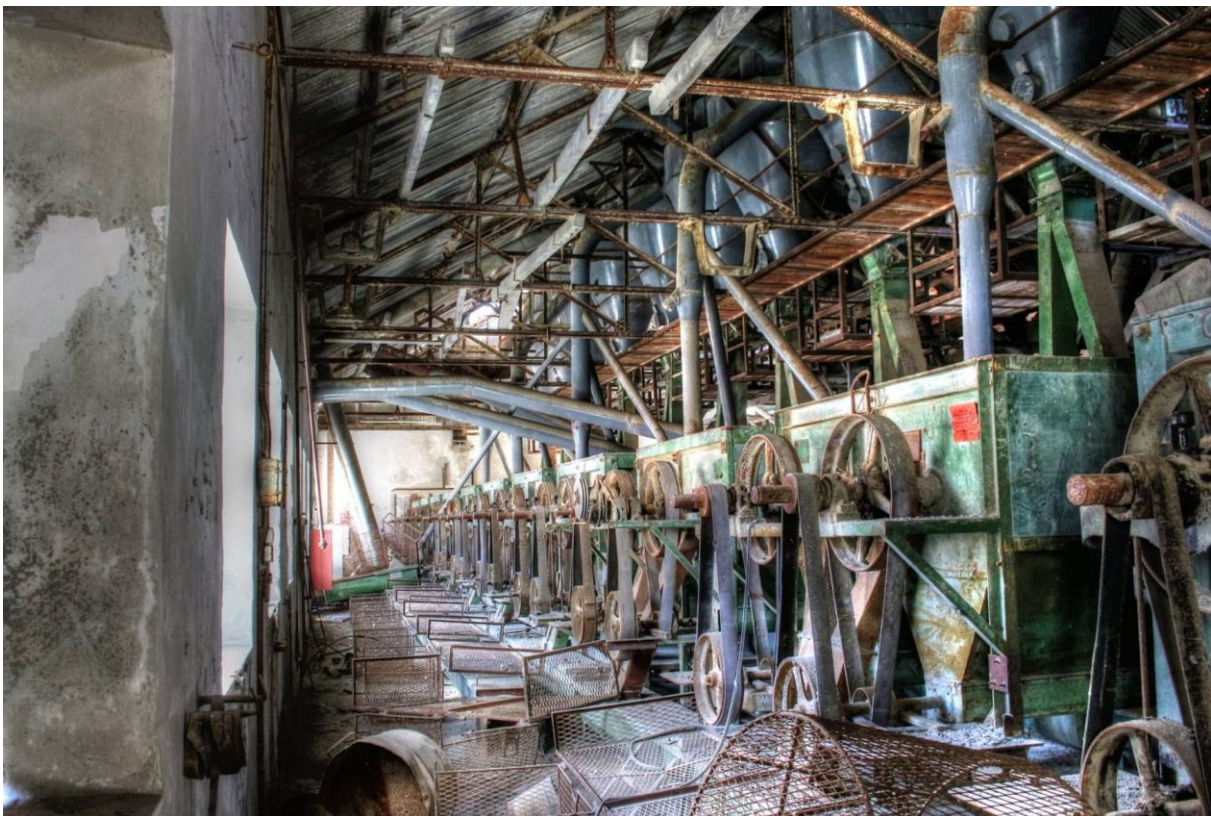
3.1.3 Ο Αμιάντος της Κύπρου και η εκμετάλλευση του

Στη Κύπρο βρίσκεται το πιο μεγάλο αποθέμα σε κοίτασμα χρυσοτιλικού αμιάντου που υπάρχει στην Ευρώπη μέσα σε ένα σερπεντινίτη ελλειψοειδούς σχήματος. Το μεταλλείο εξόρυξης αμιάντου λειτούργησε στο ομώνυμο χωριό μέχρι το 1988 και υπήρξε μια από τις σημαντικότερες επιχειρήσεις που λειτούργησαν στο νησί. Με έκταση 13 km² βρίσκεται σε υψόμετρο γύρω στα 1500 m περισσότερα από τη μέση στάθμη της θάλασσας. Ο κύριος τύπος αμιάντου που απαντάται στη Κύπρο είναι ο χρυσοτιλικός ή λευκός αμιάντος. Το έτος 1904 καταγράφεται ως η αρχή της εκμετάλλευσης αμιάντου σε συστηματικό βαθμό ενώ συνεχίστηκε μέχρι το 1988 όπου και τερματίστηκε έπειτα από την επιβολή της απόσυρσης από τη διεθνή αγορά των προϊόντων αμιάντου. Το κοίτασμα που χρίζει της μεγαλύτερης εκμετάλλευσης βρίσκεται στην οροσειρά Τρόοδους στο βόρειο τμήμα του χωριού Κάτω Αμιάντος της επαρχίας Λεμεσού.

Για να εφαρμοστεί η εξόρυξη του έπρεπε να χρησιμοποιηθούν επιφανειακές μέθοδοι εκμετάλλευσης όπως είναι η τύπου ανοιχτής εκσκαφής με ορθές βαθμίδες με τη χρήση μεγάλης δυναμικότητας μηχανικού εξοπλισμού της εξόρυξης, της φόρτωσης καθώς και της μεταφοράς. Αυτά περιλάμβαναν, δύο μεγάλους σπαστήρες με δυναμικότητα 150 τόνους υλικού την ώρα. Η εξόρυξη γινόταν με εκρηκτικές ύλες, χρήση μπουλντόζας τύπου D9 και φορτηγών που μετέφεραν το υλικό στους σπαστήρες και ακολούθως στη συνέχεια μέσω ταινιών στους μύλους. Μέχρι το 1950 η εξόρυξη γινόταν με την χρήση εκρηκτικών, ακολουθούσε χειρονακτική εργασία και μεταφορά με χειροκίνητα βαγόνια. Το μεταλλείο λειτουργούσε τους καλοκαιρινούς μήνες με πάνω από 18.000 εργαζομένους οι περισσότεροι από τους οποίους διέμεναν στο χώρο του μεταλλείου. Η χρονιαία εξόρυξη μεταλλεύματος τις περισσότερες των περιπτώσεων ξεπερνούσε τα 5 εκατομμύρια τόνους, ενώ η αναλογία του εξορυγμένου μεταλλεύματος προς το τελικό προϊόν ανήρχετο και το 150:1. Επίσης, υπολογίζεται ότι από το χώρο του

μεταλλείου εξορύχτηκαν γύρω στους 150 εκ. τόνοι μεταλλεύματος που έδωσαν μετά την επεξεργασία τους 942 χιλ. τόνους συμπυκνώματος ινών αμιάντου.

Το μεταλλείο βρισκόταν αρκετά κοντά στο εργοστάσιο εμπλουτισμού ενώ η μέθοδος εμπλουτισμού που εφαρμοζόταν ήταν η ταξινόμηση και η θραύση του μεταλλεύματος συμπεριλαμβανόμενης και της πνευματικής ταξινόμησης, με κυρίαρχο σκοπό την παραγωγή συμπυκνώματος από τις ίνες του αμιάντου. Από το 1960 λειτούργησε το νέο εργοστάσιο εμπλουτισμού (Εικ. 2) παράλληλα με τις παλιές εγκαταστάσεις μέχρι το 1964 οπότε και σταμάτησε η λειτουργία τους.



Εικόνα 2. Οι μύλοι του εργοστασίου εμπλουτισμού στο χωριό Αμιάντος Κύπρου (Γεωπάρκο Τροόδους, 2018).

Ο επεξεργασμένος αμιάντος μεταφέρονταν με εναέριο γραμμή στα λιμάνια του νησιού και στη συνέχεια με τη καλύτερη κατασκευή των δρόμων με φορτηγά και οχήματα (Γεωπάρκο Τροόδους 2018). Μετά τον τέλος των εργασιών στο μεταλλείο η κυπριακή κυβέρνηση βρέθηκε αντιμέτωπη με μια πληθώρα σοβαρών προβλημάτων κυρίως περιβαλλοντικού χαρακτήρα. Κυρίως λόγω της καταστροφής του περιβάλλοντος τόσο κατά την λειτουργία του μεταλλείου όσο και λόγω της έλλειψης σχετικής

περιβαλλοντικής Νομοθεσίας. Εξίσου ζημιογόνα για το περιβάλλον είναι και η απουσία στο να εφαρμοστεί η σταδιακή αποκατάσταση του. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία τεράστιων σωρών αποβλήτων οι οποίοι, πέρα από την καταστροφή του περιβάλλοντος, παρουσίαζαν σοβαρότατα κρούσματα ευστάθειας. Η λειτουργία του μεταλλείου σταμάτησε το 1988 εξαιτίας της διεθνούς εκστρατείας εναντίον της χρήσης αμιάντου ήδη από το 1982. Μετά το κλείσιμο του μεταλλείου, όλα αφέθηκαν στον χρόνο, χωρίς κανένας να έχει αναλάβει τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις για να τις επαναχρησιμοποιήσει με κάποιο τρόπο.

Το έτος 1995 άρχισαν δειλά και οι εργασίες για την μετατροπή του χώρου του μεταλλείου. Σκοπός της μετατροπής αυτής ήταν αρχικά η σταθεροποίηση των απορριμμάτων με την κατασκευή βαθμίδων αλλά και την εδαφοκάλυψη και την αναδάσωση της περιοχής με τη δημιουργία βοτανικού πάρκου. Όλα τα κτήρια που αποτελούνταν από προϊόντα αμιάντου χρηματοδοτήθηκαν για την αντικατάσταση του αμιαντούχου υλικού. Τα δημόσια κτήρια τα οποία αποτελούνταν από αμιάντο κατεδαφίστηκαν και αντικαταστάθηκαν με καινούργια και τα μπάζα και υλικά που αφαιρέθηκαν χρησιμοποιήθηκαν ως υλικό πλήρωσης στο μεταλλείο. Οι εργασίες συνεχίζονται μέχρι σήμερα, με τη δημιουργία τεχνητής λίμνης για τη λειτουργία της ως βιότοπος (Φιλελεύθερος 2012).

3.1.4 Βιομηχανικές χρήσεις

Ο αμιάντος, λόγω των φυσικών ιδιοτήτων του παρουσιάζει σημαντική εφαρμογή κατά τη διάρκεια των δεκαετιών '70 και '80. Χρησιμοποιήθηκε σχεδόν παντού και μέχρι σήμερα απαριθμούνται περισσότερα από 3.000 βιομηχανικά προϊόντα και εφαρμογές του ορυκτού αυτού. Οι συχνότερες χρήσεις του αμιάντου είναι (Κουσαίτη 2012):

- **Αμιαντοτσιμέντο.** Επιτυγχάνεται με την ανάμειξη λεπτών ινών του κατεργασμένου αμιάντου, με τσιμέντο και ποσότητα απαραίτητου νερού για την ενυδάτωση του τσιμέντου. Οι ίνες του δημιουργούν σύμπλέγμα που προσδίδει αμιαντοτσιμέντο συνοχή.
- **Δομικά υλικά.** Σε πλάκες, σωλήνες αποχέτευσης, αεραγωγούς, αλλά και ύδρευσης των πόλεων, λούκια, πλακάκια οροφής, στέγης, εξαρτήματα επικαλύψεις, σύνδεση αγωγών και γλάστρες. Η διάρκεια ζωής του αμιάντου ως

υλικό κυμαίνεται μεταξύ 20-30 χρόνια. Παρατηρούμε μέσα από το πέρασμα του διαστήματος που προαναφέρθηκε το υλικό, εξαιτίας και της φυσικής φθοράς, εξαπολύει ευκολότερα τις ίνες αμιάντου. Η κάλυψη και επαναλαμβανόμενη ανανέωση του επιφανειακού στρώματος του αμιαντούχου υλικού που είναι εκτεθειμένο στην ατμόσφαιρα με ένα κατάλληλο στρώμα μπογιάς αποτελεί την πιο ασφαλή και οικονομική επέμβαση.

- **Μονωτικά υλικά.** Πλάκες πάχους 10-150mm για θερμομόνωση, ηχομόνωση και πυροπροστασία σε μονωτικές πλάκες με εφαρμογή σε τοίχους, θαλάμους, πόρτες, στέγες εσωτερικά και εξωτερικά. Επίσης, σε άλλες μορφές ή χύμα σε σωληνώσεις, λέβητες, πλοία, φούρνους, κάτω από δάπεδα ή σε τοίχους πάλι για μόνωση.
- **Ύφανση.** Γινόταν από τις γυναίκες και αφορούσε κυρίως σε γάντια, σπάγκους, κουβέρτες πυροπροστασίας, τσιμούχες, στρώματα, φλάντζες, κουρτίνες, ποδιές, στολές πυροσβεστών, ιμάντες οδηγών αγώνων, σχοινιά, και κλωστές.

3.1.5 Επικινδυνότητα του αμιάντου

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος για την είσοδο ινών αμιάντου στο σώμα είναι μέσω της αναπνοής. Στην πραγματικότητα, το υλικό που περιέχει αμιάντο θεωρείται επιβλαβές μόνο εφόσον απελευθερώνει ίνες στον αέρα που μπορούν να εισπνευστούν ή να καταναλωθούν. Πολλές από τις ίνες θα παγιδευτούν στις βλεννώδεις μεμβράνες της μύτης και του λαιμού, όπου μπορούν στη συνέχεια να απομακρυνθούν, αλλά μερικές ενδέχεται να περάσουν βαθιά στους πνεύμονες ή, μέσω κατάποσης, στο πεπτικό σύστημα. Μόλις παγιδευτούν στο σώμα, οι ίνες μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα υγείας. Ο αμιάντος είναι πιο επικίνδυνος όταν είναι εύθρυπτος. Εύθρυπτος σημαίνει ότι ο αμιάντος θρυμματίζεται με το χέρι, απελευθερώνοντας εύκολα τις ίνες του στον αέρα.

Επειδή είναι πολύ δύσκολο να καταστραφούν οι ίνες αμιάντου, το σώμα δεν μπορεί να τις διασπάσει ή να τις αφαιρέσει μόλις παγιδευτούν στους πνεύμονες ή άλλους ιστούς του σώματος, συνεπώς παραμένουν στη θέση τους όπου και μπορούν να προκαλέσουν διάφορες ασθένειες. Υπάρχουν τρεις πρωταρχικές ασθένειες που συνδέονται με την έκθεση στον αμιάντο, η Αμιάντωση, ο καρκίνος του πνεύμονα και το μεσοθηλίωμα.

3.1.5.1 Αμιάντωση

Η αμιάντωση είναι μια σοβαρή, χρόνια, αναπνευστική νόσος. Οι εισπνεόμενες ίνες αμιάντου παγιδεύονται στους ιστούς του πνεύμονα, γεγονός που τους προκαλεί ουλές. Τα συμπτώματα της αμιάντωσης περιλαμβάνουν δυσκολία στην αναπνοή και ξηρό βήχα στους πνεύμονες κατά την εισπνοή. Στα προχωρημένα στάδια της, η ασθένεια μπορεί να προκαλέσει καρδιακή ανεπάρκεια και δεν υπάρχει αποτελεσματική θεραπεία.

Ο κίνδυνος από την αμιάντωση είναι ελάχιστος για όσους δεν έρχονται σε επαφή με αμίαντο, αντίθετα όσοι άμεσα ή έμμεσα ασχολούνται με εργασίες ή βρίσκονται σε χώρους που περιέχουν αμίαντο ενδέχεται να διατρέχουν σημαντικό κίνδυνο, ανάλογα με τη φύση της έκθεσης και τις προφυλάξεις που λαμβάνονται.

3.1.5.2 Καρκίνος του πνεύμονα

Ο καρκίνος του πνεύμονα προκαλεί τον μεγαλύτερο αριθμό θανάτων που σχετίζονται με την έκθεση του ατόμου στον αμίαντο. Η συχνότητα εμφάνισης καρκίνου του πνεύμονα σε άτομα που ασχολούνται άμεσα με την εξόρυξη, την άλεση, την παραγωγή και τη χρήση του αμιάντου και των προϊόντων του είναι πολύ υψηλότερη από ότι στο γενικό πληθυσμό. Οι πιο διαδεδομένες ενδείξεις του καρκίνου του πνεύμονα είναι η αλλαγή της αναπνοής και ο βήχας. Επίσης, άλλα συμπτώματα περιλαμβάνουν δύσπνοια, επίμονους πόνους στο στήθος, βραχνάδα και αναιμία.

Τα άτομα που έχουν εκτεθεί στον αμίαντο και είναι επίσης εκτεθειμένα σε κάποιο άλλο καρκινογόνο παράγοντα, όπως το κάπνισμα, έχουν σημαντικά μεγαλύτερο κίνδυνο ανάπτυξης καρκίνου του πνεύμονα από ότι οι άνθρωποι που έχουν εκτεθεί μόνο στον αμίαντο. Ο Doll (1955) διαπίστωσε ότι οι εργαζόμενοι στον αμίαντο που καπνίζουν είναι περίπου 90 φορές πιο πιθανό να αναπτύξουν καρκίνο του πνεύμονα από όσους δεν καπνίζουν και δεν έχουν εκτεθεί στον αμίαντο.

3.1.5.3 Μεσοθηλίωμα

Το μεσοθηλίωμα είναι μια μορφή καρκίνου που αναπτύσσεται στην επένδυση των λεπτών μεμβρανών των πνευμόνων, του θώρακα, της κοιλιάς και της καρδιάς. Σχεδόν όλες οι περιπτώσεις μεσοθηλιώματος συνδέονται με έκθεση στον αμίαντο. Περίπου το 2% όλων των εργαζομένων σε ορυχεία, αλλά και την κλωστοϋφαντουργία αμιάντου και

το 10% όλων των εργαζομένων που ασχολούνταν με την κατασκευή ειδικών масκών που περιέχουν αμιάντο, εμφανίζουν μεσοθηλίωμα.

Επίσης, οι άνθρωποι που συζούν με εργαζομένους που ασχολούνται με αμιάντο, ή κοντά σε περιοχές εξόρυξης αμιάντου, ή κοντά σε εργοστάσια παραγωγής αμιάντου ή κοντά σε ναυπηγεία διατρέχουν σημαντικό κίνδυνο μεσοθηλιώματος εξαιτίας της επιβαρυμένης ατμόσφαιρας με ίνες αμιάντου.

3.1.5.4 Άλλοι καρκίνοι

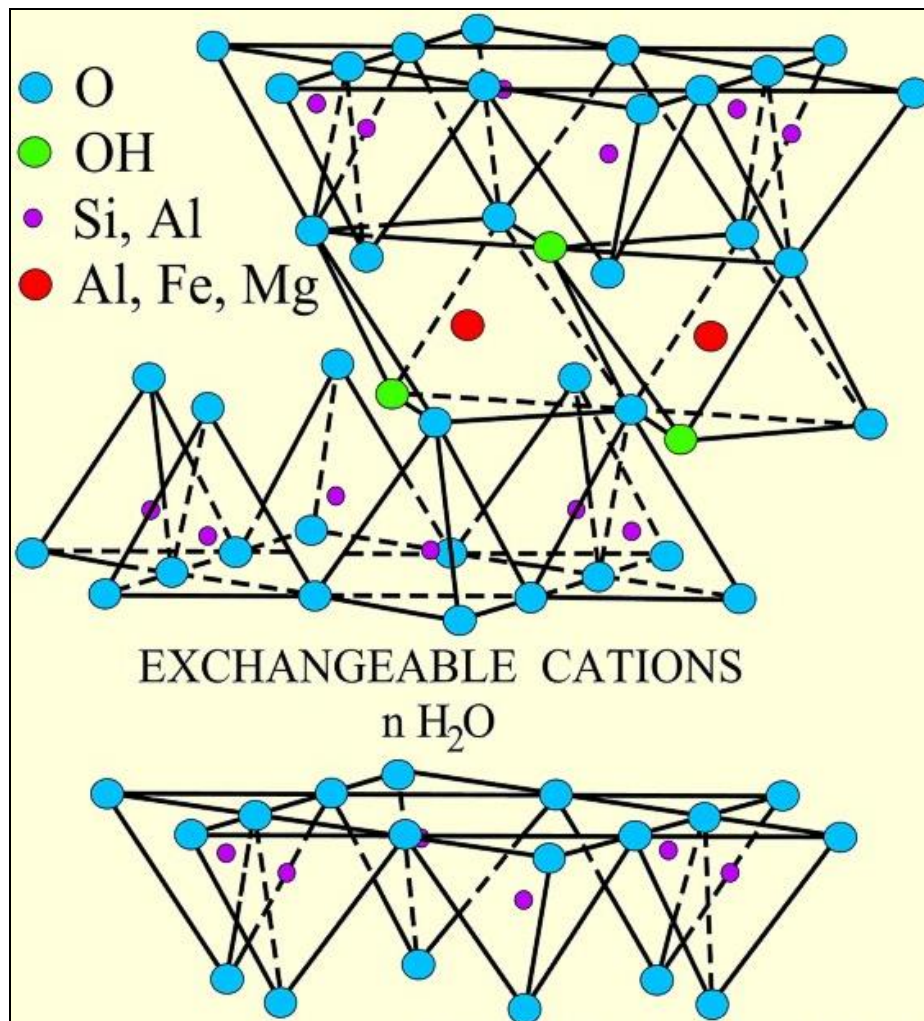
Τα στοιχεία δείχνουν ότι οι καρκίνοι του οισοφάγου, του λάρυγγα, της στοματικής κοιλότητας, του στομάχου, του παχέος εντέρου και των νεφρών μπορεί να προκληθούν από την κατάποση αμιάντου. Όσο περισσότερο εκτίθενται ένας άνθρωπος στον αμιάντο και όσο περισσότερες ίνες εισέρχονται στο σώμα του, τόσο πιθανότερο είναι να νοσήσει από τον αμιάντο. Το κάπνισμα είναι ένας παράγοντας που αυξάνει τη πιθανότητα ασθένειας στο άτομο σε συνδυασμό με την έκθεση του σε ίνες αμιάντου.

3.2 Μπεντονίτης

3.2.1 Γενικά

Ως άργιλοι χαρακτηρίζεται η ομάδα των ένυδρων αργιλοπυριτικών ορυκτών, αλλά και τα πετρώματα που αποτελούνται κυρίως από κόκκους $<2\mu\text{m}$. Ο μπεντονίτης είναι ένα αργιλικό πέτρωμα που αποτελείται από αργιλικά ορυκτά, κυρίως σμεκτίτες σε ποσοστό πέραν του 80%, και δημιουργείται από την εξαλλοίωση όξινων κυρίως ηφαιστειακών πετρωμάτων, καθώς και των αντίστοιχων πυροκλαστικών υλικών όπως τέφρα και τόφφοι. Οι διαφορές στη σύσταση, ορυκτολογική και χημική, των σμεκτιτών οφείλονται στα διαφορετικής σύστασης ηφαιστειακά πετρώματα, ρυόλιθοι έως ανδεσίτες, από τα οποία μπορούν να προκύψουν. Η εξαλλοίωση των προϋπαρχόντων πετρωμάτων και η μετατροπή τους σε σμεκτίτη γίνεται κάτω από υδροθερμικές συνθήκες σε αλκαλικό θαλάσσιο περιβάλλον ή κατά την αποσάθρωση. Όπου η περιεκτικότητα σε σμεκτίτη είναι μεταξύ 60-80%, το υλικό χαρακτηρίζεται ως άργιλος μπεντονίτη. Πήρε το όνομά του από την τοποθεσία Fort Benton της πολιτείας Yoming των Η.Π.Α., από όπου ανακαλύφθηκε και ξεκίνησε η εξόρυξη του. (Knight et al 1999).

Κύριο ορυκτών της ομάδας των σμεκτιτών είναι ο μοντμοριλλονίτης. Ο μοντμοριλλονίτης, με χημικό τύπο $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, ανήκει στα αργιλικά ορυκτά και αποτελείται από δύο φύλλα τετραέδρων πυριτίου που εμπεριέχουν ένα φύλλο οκταέδρων αργιλίου, σιδήρου και μαγνησίου (Εικ. 3). Στον ενδοστοιβαδικό χώρο, μπορούν να προσροφηθούν ευκόλως ανταλλάξιμα κατιόντα, μόρια νερού και άλλα πολικά μόρια. Τα τελευταία προκαλούν διόγκωση της δομής του σμεκτίτη η οποία αποτελεί και την κύρια ιδιότητα στην οποία οφείλονται οι σημαντικές χρήσεις του.



Εικόνα 3. Δομή μοντμοριλλονίτη (Grim, 1962).

Οι μπεντονίτες ανάλογα με το επικρατέστερο ενδοστοιβαδικό κατιόν στο πλέγμα του μοντμοριλλονίτη, νάτριο ή ασβέστιο, χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες (Bates and Beck 1969):

- **Ισχυρά διογκωμένους ή νατριούχους μπεντονίτες ή τύπου Wyoming.**

Έχουν την ικανότητα να προσροφούν μεγάλες ποσότητες νερού, έως είκοσι φορές τον αρχικό ξηρό όγκο τους και παραμένουν σε αιώρηση σε περίσσεια νερού.

- **Μη διογκωμένους ή ασβεστούχους μπεντονίτες ή μεταμπεντονίτες.**

Προσροφούν ποσότητες νερού σε σύγκριση με άλλους αργίλους, αλλά χωρίς σημαντική αύξηση του όγκο τους και σε περίσσεια νερού καθιζάνουν γρήγορα.

Στη φύση συναντώνται συνήθως μπεντονίτες με μικτή σύσταση. Οι νατριούχοι μπεντονίτες εμφανίζουν μία πιο βελτιωμένες τις ιδιότητες της διόγκωσης, της διασποράς και του ιξώδους, σε σύγκριση με τους ασβεστούχους. Αυτή η συμπεριφορά οφείλεται στα κατιόντα νατρίου (Na^+) που σε σύγκριση με τα δισθενή κατιόντα ασβεστίου (Ca^{2+}), δεσμεύονται με πιο ασθενείς δεσμούς στη δομή του μοντμοριλλονίτη και είναι ευκολότερα ανταλλάξιμα (Logaly 1989).

Μμπεντονίτες κατώτερης ποιότητας καταγράφονται αυτοί που έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε Na και υψηλή περιεκτικότητα σε Mg και σε Ca. Προκειμένου οι Ca-ούχοι και οι Mg-ούχοι μπεντονίτες να αποκτήσουν καλύτερες ρεολογικές ιδιότητες, είναι απαραίτητη η ενεργοποίησή τους, δηλαδή η μετατροπή τους σε Na-ούχους μπεντονίτες.

Με την ορολογία ενεργοποίηση του μπεντονίτη εννοείται η επεξεργασία με την οποία επιτυγχάνεται η αντικατάσταση ανεπιθύμητων κατιόντων με επιθυμητά, λόγω ιοντοανταλλαγής. Για παράδειγμα η μετατροπή του ασβεστούχου μπεντονίτη σε νατριούχο, με τη προσθήκη κονιοποιημένης άνυδρης σόδας (Na_2CO_3) σε υγρό μπεντονίτη. Η ανθρακική ρίζα που ελευθερώνεται από τη σόδα μέσα στον υγρό μπεντονίτη δεσμεύει το ασβέστιο από τον ενδοστοιβαδικό του χώρο. Αντίστοιχα, το διαθέσιμο από τη σόδα νάτριο απορροφάται στη θέση του ασβεστίου και σχηματίζεται έτσι νατριούχος μπεντονίτης με βελτιωμένες ιδιότητες. Η ενεργοποίηση του μπεντονίτη ανάλογα και για την χρήση που προορίζεται μπορεί να είναι ή όξινη ή αλκαλική.

3.2.2 Ιδιότητες μπεντονίτη

Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του μπεντονίτη, που οφείλονται στους περιεχόμενους σμεκτίτες, τον καθιστούν ιδιαίτερου ενδιαφέροντος για τις βιομηχανίες, το

περιβάλλον, τη γεωργία, τη μεταλλουργία και την τεχνολογία. Οι ιδιότητες αυτές είναι:

- **Ανταλλαγή κατιόντων:** Μια κύρια ιδιότητα είναι η ανταλλαγή κατιόντων μετάλλων που απορροφούνται κυρίως στις ενδοστοιβαδικές επιφάνειες των φύλλων του σμεκτίτη. Η ανταλλαγή των κατιόντων στη δομή του σμεκτίτη είναι σχετικά εύκολη και αμφίδρομη. Η προσθήκη ανθρακικού νατρίου ή άλλων ενώσεων νατρίου είναι συνήθης πρακτική στη βιομηχανία για την παραγωγή ενεργοποίηση του μπεντονίτη και το σχηματισμό Na-ούχου σμεκτίτη με υψηλή αναλογία Na/Ca.
- **Θιξοτροπία:** Μόλις προστεθούν σμεκτιτικοί άργιλοι σε μικρή ποσότητα νερού, οι μικροί κρύσταλλοι διασκορπίζονται και διαχωρίζονται ως αποτέλεσμα των χημικών και ενυδατικών τους ιδιοτήτων. Το ηλεκτρικό δυναμικό προκαλεί τα μικρά σωματίδια να απωθούνται μεταξύ τους και να παραμένουν σε αιώρηση με τη μορφή κολλοειδούς εναιωρήματος (Nawasreh et al. 2015). Η προσθήκη περισσότερου μπεντονίτη στο νερό προκαλεί την εμφάνιση ιξώδους. Τα πλέον ιξώδη υλικά είναι οι μοντμοριλλονίτες οι οποίοι έχουν την ικανότητα να αναπτύσσουν θιξοτροπία.
- **Αφυδάτωση και ενυδάτωση:** Τα αργιλικά ορυκτά είναι υγροσκοπικά και απορροφούν μεγάλες ποσότητες νερού από τον αέρα. Η θέρμανση των ορυκτών θα προκαλέσει την απώλεια νερού δύο μορφών, προσροφημένου και κρυσταλλικού. Το προσροφημένο νερό χάνεται σε θερμοκρασίες από 100-200 °C. Το κρυσταλλικό νερό χρειάζεται υψηλότερες θερμοκρασίες από 550-750 °C. Η ενυδάτωση μπορεί να συμβεί με βάση το επίπεδο σχετικής υγρασίας και τον τύπο του ενδοστρωματωμένου κατιόντος. Οι μπεντονίτες με Ca και Mg ενυδατώνονται γρήγορα σε μικρότερη ποσότητα υγρασία.
- **Υδροπερατότητα:** Το μικρό μέγεθος των αργιλικών ορυκτών και κατ' επέκταση κι του αργιλικού πετρώματος, οι πολύ μικρών διαστάσεων πόροι του αργιλικού πετρώματος, καθώς και η μεγάλη ικανότητα συγκράτησης ρευστών, δεν αφήνουν το νερό να περάσει μέσα από αυτό, είναι δηλαδή αδιαπέραστα.
- **Πλαστικότητα:** Τα ορυκτά του μπεντονίτη, όταν ενωθούν με νερό γίνονται ιδιαίτερα πλαστικά, δίνοντας εύπλαστες μάζες.
- **Απορρόφηση νερού:** ο μπεντονίτης, όπως όλοι οι άργιλοι μπορούν να απορροφούν νερό, διογκώνονται και μεταβάλλεται η συνεκτικότητά τους.

3.2.3 Κοίτασμα μπεντονίτη Κύπρου

Ο μπεντονίτης εμφανίζεται σκληρός και με σαφή στρώση στα κατώτερα στρώματα και είναι τοποθετημένος τεκτονικά μεταξύ Μεσοζωικών κοραλλιογενών ασβεστόλιθων, ιζημάτων και μαξιλαροειδών λαβών. Με κριτήριο τη σκληρότητα, τη στρώση και το χρώμα του υλικού, διακρίνονται δύο μπεντονιτικά υλικά, τα οποία είναι εύκολο να εντοπιστούν και να διαχωριστούν στο μέτωπο εξόρυξης. Το κατώτερο στρωματογραφικά υλικό είναι πολύ λεπτόκοκκο και λεπτοστρωματώδες, σχετικά συνεκτικό και εμφανίζεται με καστανό, κίτρινο και υπόλευκο χρώμα. Το ανώτερο στρώμα που εμφανίζεται άστρωτο, με μεγάλη πλαστικότητα και υδατοαπορροφητικότητα, μαλακό και ομογενές τεφρό-πράσινο χρώμα (Tsiggis 2008). Σε παλαιοεπιφάνειες εμφανίζει τις κλασικές μορφές ενυδάτωσης και ξήρανσης των πλούσιων σε διογκούμενα ορυκτά μπεντονιτών.

Στην Κύπρο υπάρχουν εκτεταμένα επιφανειακά κοιτάσματα μπεντονίτη που καλύπτουν μεγάλες άγονες εκτάσεις. Το πάχος του μπεντονίτη σε αρκετές περιπτώσεις μπορεί να είναι μεγαλύτερο των 300m. Οι κυπριακοί μπεντονίτες από πλευράς ορυκτολογικής αποτελούνται από ασβεστιούχο μοντμοριλλονίτη σε ποσοστό 40-60% κ.β., τα δε υπόλοιπα συστατικά είναι χαλαζίας, πλαγιόκλαστα, ιλλίτης, καθώς και άμορφο υλικό (Stamatakis et al. 2005). Ο μπεντονίτης πιθανότατα έχει σχηματιστεί από την υποθαλάσσια εξαλλοίωση των λαβών πάνω στις οποίες έχουν αποθεθεί. Παρόλο που υπάρχουν μεγάλες αποθέσεις μπεντονιτών στην Κύπρο, η συστηματική εκμετάλλευση και επεξεργασία τους άρχισε σχετικά πρόσφατα και συγκεκριμένα το 1974. Ο βασικότερος λόγος της καθυστέρησης στην εκμετάλλευσή τους είναι η ορυκτολογική τους σύσταση, που απαιτεί ειδική επεξεργασία και ενεργοποίηση, σε αντίθεση με το νατριούχο μπεντονίτη που υπάρχει σε άλλες χώρες. Με την κατάλληλη όμως επεξεργασία μπορεί και ο κυπριακός μπεντονίτης είναι ποιοτικά εφάμιλλος των μπεντονιτών του εξωτερικού (Reijonen and Russel 2013).

Η εξόρυξη του μπεντονίτη γίνεται επιφανειακά σε αναβαθμίθες και το υλικό συλλέγεται με εκσκαφείς. Απο το λατομείο μέσο φορτηγών μεταφέρεται σε ειδικούς χώρους αποθήκευσης, στις πλατείες ή οδηγείται κατευθείαν σε μονάδα προθραύσης και ενεργοποίησής του. Στη συνέχεια, το υλικό αποξηραίνεται στον ήλιο για μείωση φυσικής υγρασίας από 30% σε 22% (κατά βάρος) και ακολούθως μεταφέρεται σε κλιβάνους με θερμοκρασία 600 °C για περαιτέρω μείωση της φυσικής υγρασίας σε ποσοστό 10-15%

(Stamatakis et al. 2005). Ακολούθως, μεταφέρεται σε ειδικούς χώρους αποθήκευσης μέχρι το προϊόν να μετακινηθεί στα εργοστάσια τυποποίησης και συσκευασίας και από εκεί για πώληση, κυρίως στο εξωτερικό. Πιο κάτω απεικονίζεται σε πίνακα η παραγωγή του μπεντονίτη της Κύπρου το διάστημα 2003-2012. Σχεδόν όλη η παραγωγή του νησιού εξάγεται σε εταιρείες του εξωτερικού.

Πίνακας 2.1. Ετήσια παραγωγή μπεντονίτη στην Κύπρο (Source: USGS, Minerals Resources Program).

Έτος	Τον. για εξαγωγή
2003	144.859
2004	155.715
2005	150.000
2006	150.000
2007	150.000
2008	150.000
2009	150.000
2010	150.000
2011	150.000
2012	160.180

3.2.4 Χρήσεις

Ο μπεντονίτης λόγω των ιδιοτήτων του, όπως η διόγκωση, η υψηλή πλαστικότητα του, η θιξοτροπία, αλλά και οι στεγανοποιητικές ιδιότητές του, παρουσιάζει πολλές χρήσεις σε διάφορους τομείς. Στη σύγχρονη εποχή, έχει χαρακτηριστεί ως η άργιλος με τις χίλιες χρήσεις. Ακολουθούν οι πιο σημαντικές χρήσεις του (Nawasreh et al. 2015).

- **Γεωτρήσεις:** Ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται στον πολφό των γεωτρήσεων, επίσης κατά κύριο ρόλο χρησιμοποιείται για την ψύξη και τη λίπανση των κοπτικών άκρων των γεωτρήσεων και η στεγανοποίηση των τοιχωμάτων της γεώτρησης. Επίσης, λόγω της θιξοτροπίας του, χρησιμοποιείται στον καθαρισμό των τοιχωμάτων αυτών. Η αναζήτηση μπεντονίτη για την εργασία αυτή συνδέεται περισσότερο με δραστηριότητες παραγωγής πετρελαίου, αλλά επίσης χρησιμοποιείται και στις γεωτρήσεις νερού.
- **Χυτήρια:** Ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται σε μίγματα με άμμο χυτηρίων ως συνδετικό υλικό στην κατασκευή καλουπιών χύτευσης (Μεταλλευτικό Μουσείο Μήλου).

- **Παραγωγή σιδήρου:** Ο μπεντονίτης λειτουργεί σαν συνδετικό υλικό στη σφαιροποίηση του λειοτριβημένου σιδηρομεταλλεύτικού μείγματος, το οποίο με τη σειρά του χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη τροφοδοσίας των καμινιών για την παραγωγή χάλυβα και χυτοσιδήρου.
- **Άμμος Υγιεινής Κατοικίδιων Ζώων:** Χρησιμοποιείται για την απορρόφηση των ζωικών απορριμμάτων. Το πλεονέκτημα του σημειώνονται ως προς την απορρόφηση απορριμμάτων με τον σχηματισμό σβώλων που απομακρύνονται εύκολα, επιτρέποντας έτσι την επαναχρησιμοποίηση της υπόλοιπης άμμου υγιεινής και χωρίς ενόχληση απο οσμές.
- **Τεχνικά Έργα:** Χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σαν θιξοτροπικό πρόσθετο, λιπαντικό και υποστηρικτικό μέσο σε θεμελιώσεις, διαφραγματικά τοιχώματα, σε σήραγγες αλλά και σε διανοίξεις μικροσηράγγων με τη μέθοδο προώθησης σωλήνων. Επιπλέον συνιστάται και σαν υλικό στεγανοποίησης κυρίως για την κατασκευή χώρων ταφής απορριμμάτων, διασφαλίζοντας έτσι την μακροπρόθεσμη προστασία των υπόγειων νερών από μολυσματικές ουσίες.
- **Βιομηχανία Χαρτιού:** Χρησιμεύει στη βελτίωση των ιδιοτήτων του χαρτιού, καθώς συμβάλλει στην αποτελεσματική απομάκρυνση των ινών, των ρητινών, των χρωμάτων και άλλων βλαβερών ουσιών που προκύπτουν από τον χαρτοπολτό. Σε συνδυασμό με πολυμερές ουσίες, συμβάλλει στη βελτίωση της συνοχής των συστατικών του πολφού, αλλά και στον καθαρισμό του κυκλώματος του νερού.
- **Άλλες Εφαρμογές:** Η βιομηχανία τροφίμων, η καθάρυση τοξικών, τα απορρυπαντικά, τα αφυγραντικά, τα κεραμικά, τα χρώματα, τα πλαστικά, τα καλλυντικά, είναι μόνο μερικές από τις πάμπολλες χρήσεις του μπεντονίτη.(Μεταλλευτικό μουσείο Μήλου).

3.3 Γύψος

3.3.1 Γενικά

Η γύψος ανήκει στα θειικά ορυκτά με χημικό τύπο $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Το όνομά της, είναι αρχαίο ελληνικό που με τη λέξη «γύψος» εκτός απο το ορυκτό γύψος, περιλάμβανε τον ασβέστη, τον ανυδρίτη και άλλα παρόμοια δομικά υλικά. Κατά κανόνα η γύψος χαρακτηρίζεται από αχρωμία είτε είναι λευκή. Σε κάποιες περιπτώσεις εμφανίζεται και

σε κίτρινη, καστανή, κόκκινη και γκρί απόχρωση. Παρουσιάζει σκληρότητα 2 της κλίμακας Mohs. Έχει ειδικό βάρος 2,79 και διαλύεται εύκολα. Χαρακτηριστικό γνώρισμα της γύψου είναι το φαινόμενο της φωταύγειας, δηλαδή όταν τεθεί κάτω από λυχνία υπεριώδους ακτινοβολίας εκπέμπει χαρακτηριστικό πράσινο φως. Οι κρύσταλλοι της γύψου παρουσιάζονται σαν πρισματικοί, φυλλώδεις, πλακώδεις, ή βελονοειδείς και εμφανίζουν μαργαριτώδη λάμψη, ανώμαλο θραυσμό και σχισμό. Εξαιτίας του σχισμού προκύπτουν πλακίδια και φύλλα, τα οποία δεν εμφανίζουν ελαστικότητα αλλά θρίβονται εύκολα. Στις ερημικές περιοχές, η γύψος σχηματίζει ρόδακες από αδιαφανείς κρυστάλλους με περιεκτικότητα απο κόκκους άμμου, γνωστό ως ρόδο της ερήμου. Επίσης, οι κρύσταλλοι εισέρχονται ο ένας μέσα στον άλλο με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα ξεχωριστό φαινόμενο που ονομάζεται ουρά χελιδονιού. Η διαφανής άχρωμη ποικιλία με μαργαριταρώδη λάμψη ή λάμψη του σεληνόφωτος, είναι γνωστή με την ορολογία σεληνίτης και η λεπτοκρυσταλλική συμπαγής λευκή ποικιλία είναι γνωστή ως αλάβαστρο.

Η γύψος δημιουργείται με χημικές διαδικασίες κατά το στάδιο σχηματισμού των εβαποριτών. Οι εβαπορίτες ονομάζονται τα σχηματισθέντα πετρώματα από την εναπόθεση αλάτων από υδατικά διαλύματα, όταν το νερό εξατμίζεται η συγκέντρωση των ιόντων αυξάνεται. Εβαπορίτες ονομάζονται και τα πετρώματα που σχηματίζονται από κορεσμένες άλμεις που βρίσκονται είτε κοντά στην επιφάνεια είτε πάνω σε αυτή, ο σχηματισμός τους οφείλεται κατα κύριο λόγο στην ηλιακή εξάτμιση (Warren 2006). Στον όρο εβαπορίτες ενσωματώνεται και μια πληθώρα από χημικά άλατα συμπεριλαμβανομένου και των αλκαλικών ανθρακικών πετρωμάτων. Το κάθε εβαποριτικό ορυκτό που θα αποτεθεί επηρεάζεται από τον βαθμό κορεσμού του ύδατος σε συγκεκριμένα ιόντα. Σε περίπτωση που το αλμυρό νερό είναι κορεσμένο σε θειούχο ανιόν και ασβέστιο θα αποτεθεί γύψος ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ή/και ανυδρίτης (CaSO_4), ενώ όταν είναι πλήρης σε ιόντα νατρίου και χλωρίου αποτίθεται αλίτης (NaCl).

Με γνώμονα την σειρά απόθεσης των εβαποριτικών ορυκτών από άλμεις των οποίων η συγκέντρωση αυξάνεται σταδιακά λόγω συνεχόμενης εξάτμισης, τα εβαποριτικά ορυκτά μπορούν να υποδιαιρεθούν σε δύο κύριες ομάδες (Warren 2006):

- **Εβαποριτικά ανθρακικά ορυκτά** όπως αραγωνίτης, δολομίτης, ασβεστίτης.

- **Εβαποριτικά άλατα** όπως γύψος, ανυδρίτης, αλίτης, συλβίνης, καρναλίτης, κ.α.

Η απόθεση εβαποριτών προϋποθέτει την ύπαρξη ημίξηρου εως ξηρού κλίματος, επίσης προϋποθέτει την απώλεια νερού που προκαλείται από την εξάτμιση σε μεγαλύτερα ποσοστά από αυτά που εισέρχονται στην λεκάνη σχηματισμού τους. Με βάση την πιο πάνω αναφορά διαπιστώνουμε ότι σε μια λεκάνη όπου η αλατότητα του νερού αυξάνεται σταδιακά λόγω της εξάτμισης, αποτίθενται πρώτα τα εβαποριτικά ανθρακικά ορυκτά και μετέπειτα τα άλατα. Το απαιτούμενο υδρολογικό καθεστώς για τον σχηματισμό εβαποριτών είναι το ποσοστό του εξατμιζόμενου νερού να υπερβαίνει το ποσοστό του νερού που εισέρχεται στην λεκάνη. Η λεκάνη στην οποία πραγματοποιείται η απόθεση των εβαποριτικών ορυκτών μπορεί να βρίσκεται είτε σε παράκτιες περιοχές, είτε σε ενδοηπειρωτικές λίμνες.

Τα εβαποριτικά ορυκτά και ιδιαίτερα η γύψος ήταν γνωστή από τη αρχαιότητα με μεγάλη ποικιλία χρήσεων. Τα αρχαιότερα ίχνη γυψοκονιάματος βρέθηκαν στη Συρία και την Ανατολία και είναι 9.000 ηλικιακά. Επιπλέον, γνωστό είναι και το γεγονός ότι οι Αιγύπτιοι πρωτοί να χρησιμοποιήσουν τη γύψο, την έκαιγαν με φωτιά στο εξωτερικό περιβάλλον και έπειτα την έτριβαν σε σκόνη, στη συνέχεια αναμίγνυαν τη σκόνη με νερό και τη χρησιμοποιούσαν ως συνδετικό κονίαμα για τις κατασκευές τους. Ακόμη, χρησιμοποίησαν τη γύψο για να φτιάξουν αγάλματα με ανθρώπινη μορφή με τη χρήση καλουπιών και για τη διακόσμηση των ναών και των σπιτιών τους. Τη γύψο χρησιμοποιούσαν και οι αρχαίοι Έλληνες για πολλές εφαρμογές, όπως στη κατασκευή αγαλματιδίων αλλά και τη δημιουργία παραθύρων στους ναούς τους. Εξαιτίας της αντανάκλασης των ακτινών του ήλιου και το φαινόμενο της φωταύγειας το ορυκτό φώτιζε το ναό με σεληνόφως. Μετά την Αίγυπτο και την αρχαία Ελλάδα τη γύψο χρησιμοποιούσαν και οι Ρωμαίοι. Όπως έχει αποδειχθεί από την αρχαιολογική ανασκαφική δαπάνη αλλά και μέσω μαρτυριών, χιλιάδες αγάλματα ελληνικής καταγωγής έχουν διασωθεί μέσω της αντιγραφής τους από τους Ρωμαίους, χρησιμοποιώντας καλούπια από γύψο. Την ακριβή περιγραφή για την επεξεργασία της γύψου στη Συρία και τη Φοινίκη μας έδωσε Ο Θεόφραστος (372-287 π.Χ.). Η χρήση της γύψου είναι εμφανής και μεταγενέστερα όμως, αφού στο Παρίσι του 1700 όλοι οι τοίχοι των ξύλινων σπιτιών καλύφθηκαν με γύψο, για να προστατευτούν από πυρκαγιές.

3.3.2 Βιομηχανικές ιδιότητες

Με την ανακάλυψη των ιδιοτήτων της γύψου απο τα αρχαία χρόνια την κατέστησαν ως ένα σημαντικό ορυκτό με ευρεία χρήση. Οι ιδιότητές της αναπτύσσονται πιο κάτω με την ανάλογη επεξεργασία ενεργοποίησής της (Panagoroulos 2007).

- **Μετατροπή σε ημιυδρίτη:** Η μετατροπή της γύψου αρχίζει με θέρμανση υπό επιφανειακές συνθήκες, αρχίζει λοιπόν στους 80-90 °C να χάνει το νερό της και στους 107-110 °C να μετατρέπεται σε μπασανίτη ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) χάνοντας τα 3/4 του κρυσταλλικού νερού. Στους 120-140 °C έχει μετατραπεί εξ' ολοκλήρου σε ανυδρίτη (CaSO_4), ο ανυδρίτης αποτελεί την πλαστική γύψο ή την γύψο ταχείας πήξεως. Όταν η πλαστική γύψος αναμιγνύεται με νερό δίνει ένα μείγμα το οποίο σκληραίνει πολύ γρήγορα μετατρέποντας το πάλι σε γύψο. Εκ τούτου στην ιδιότητα αυτή στηρίζεται και η χρήση της γύψου στην οικοδομική διεργασία υπό την μορφή γυψοκονιάματος όπως άλλωστε και στην ιατρική.
- **Απο ανυδρίτη σε γύψο:** Κατά την μετατροπή του ανυδρίτη (CaSO_4) σε γύψο ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) επιτυγχάνεται ελαφρά αύξηση του όγκου. Έτσι η πλαστική γύψος χρησιμοποιείται για την δημιουργία χυτών αντικειμένων στην καλλιτεχία και στην διακοσμητική.
- **Βιομηχανικές ποικιλίες:** Από την πύρωση που προκαλείται σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 175 °C η γύψος χάνει το περισσότερο νερό που περιέχει και τότε σκληρύνεται δυσκολότερα και βραδύτερα υπό την μορφή κονιάματος. Σε θερμοκρασίες 200-300 °C επιτυγχάνεται η βιομηχανική γύψος, η οποία παρόλο που έχει αφυδατωθεί εντελώς διατηρεί όμως τη δυνατότητα πλήρους ενυδάτωσης με την προσθήκη νερού. Πήζει ταχύτατα και εύκολα και η χρήση της είναι ιδανική για την τοιχοποιία. Σε θερμοκρασία 300-500 °C έχουμε τον σχηματισμό της υδραυλικής γύψου, όμως παρατηρείται βραδύτερη πήξη. Παρόλα αυτά είναι ανθεκτική και πλάθεται με ισόποσο όγκο νερού. Σε θερμοκρασία άνω των 500 °C προκύπτει η μη ενεργή γύψος, η οποία έχει απωλέσει την δυνατότητα αντίδρασης με το νερό, ενώ η χρήση της είναι ιδανική για μπετόν και μαρμαροκονιάματα (Valavanidis and Vlachogiannis 2016).

3.3.3 Κοίτασμα γύψου στη Κύπρο

Το νησί της Κύπρου κυριαρχείται από δύο οροσειρές που χωρίζονται από μια σχεδόν Α-Δ διεύθυνσης πεδιάδα. Αυτές οι γεωμορφολογικές περιοχές συμπίπτουν με τέσσερις μεγάλες στρωματογραφικές και τεκτονικές ζώνες. Στη ζώνη τον αυτόχθονων ιζημάτων και στη κορυφή της ακολουθίας της Πάχνας, περιλαμβάνονται βιογενείς ασβεστόλιθοι με φύκια, οι οποίοι μεταβαίνουν προς τα πάνω και πλευρικά σε εβαπορίτες και κυρίως γύψο, του σχηματισμού Καλαβασού. Διάτρηση στην περιοχή έχει δείξει ότι όλες οι μη εκτεθειμένες αποθέσεις γύψου βρίσκονται κάτω από τις κατώτερες μάργες του Πλειόκαινου (Pantazis 1967). Το αλάτι έχει βρεθεί μόνο στο βόρειο τμήμα αυτής της ζώνης. Το κοίτασμα είναι 305 μέτρα πάχους, από τα οποία τα 296 μέτρα αποτελούνται από καθαρούς εβαπορίτες, ενώ τα υπόλοιπα 9 μέτρα αποτελείται από γκριζα μάρμαρα που περιέχουν ανυδρίτη (Robinson and Gass 1960).

Η γύψος είναι ορυκτό που βρίσκεται σε πολλές περιοχές της Κύπρου. Πολλά από τα κοιτάσματα είναι επιφανειακά καθιστώντας έτσι την εκμετάλλευσή τους εύκολη και με χαμηλό κόστος. Η περιεκτικότητά τους σε θειικό ασβέστιο κυμαίνεται μεταξύ 95 και 99%.

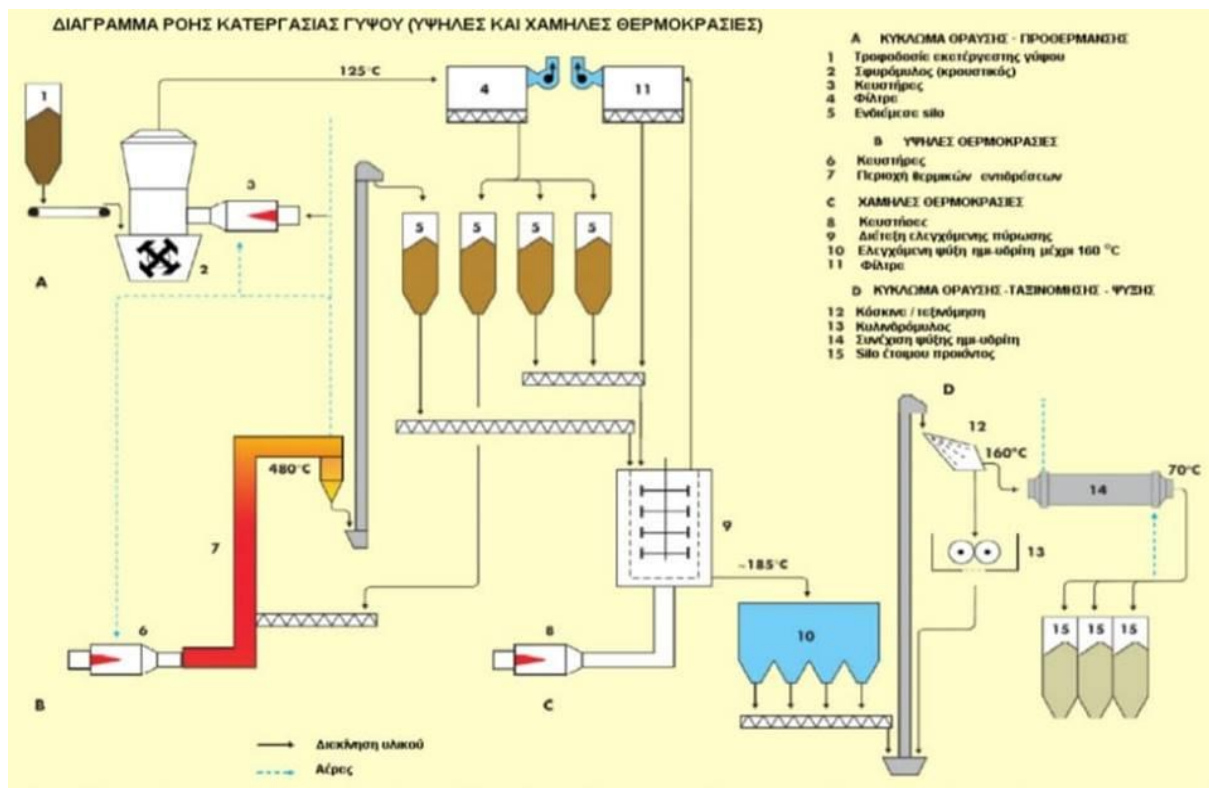
Στην Κύπρο εμφανίζονται κυρίως τέσσερις τύποι γύψου: σακχαροειδής, σεληνίτης, "μάρμαρο" και αλάβαστρο (Gaitana 2012).

- **Σακχαροειδής γύψος:** Είναι σφαιρικού σχήματος με μαύρο, καφέ, γκρι ή λευκό χρώμα και μαζεύεται μαζικά. Αποτελείται από αμοιβαία παρεμβλλόμενες πλάκες και υποεδρικά συσσωματώματα γύψου που συνήθως εμφανίζουν υφή που μοιάζει με περθίτη. Η σακχαροειδή ποικιλία είναι ο συνηθέστερος γύψος στην Κύπρο και είναι ο κύριος τύπος που εξορύσσεται για εξαγωγή.
- **Σεληνίτης:** Βρίσκεται στενά συνδεδεμένος με την σακχαροειδή ποικιλία. Είναι άχρωμος και ημιδιαφανής, σχηματίζει φύλλα και συσσωματώματα. Τα φύλλα αποτελούνται από μεγάλους, λαμπερούς, ελασματοποιημένους κρυστάλλους γύψου.
- **"Μάρμαρο":** Είναι ένας συμπαγής, γενικά γκριζωπός ή καστανός λευκός μεσαίου μεγέθους γύψος, ο οποίος συνήθως χωρίζεται σε στρώματα πάχους ενός έως δύο ιντσών. Αυτή η ποικιλία απαντάται στην περιοχή που συνδέεται με την

σακχαροειδή γύψο και μπορεί να περιλαμβάνει και ανυδρίτη. Χρησιμοποιείται από τους κατοίκους για εσωτερικά πλακάκια δαπέδου και πλακόστρωτα.

- **Αλάβαστρο:** είναι η συμπαγής λευκή λεπτοκρυσταλλική μορφή της γύψου.

Η εξόρυξη του γύψου όπως και όλων των βιομηχανικών ορυκτών γίνεται επιφανειακά με χρήση εκσκαφών και φορηγών για τη συλλογή του υλικού. Το υλικό μεταφέρεται στα εργοστάσια όπου γίνεται θραύση με κρουστικούς ή σιαγωννοτούς θραυστήρες, ανάλογα με το μέγεθος του εξορυσσόμενου πετρώματος (Εικ. 3). Το υλικό, μετά την έξοδό του από το θραυστήρα, οδηγείται σε ένα ενδιάμεσο χώρο αποθήκευσης. Από το χώρο αποθήκευσης, τροφοδοτείται σε συγκρότημα κονιοποίησης και προκαταρκτικής ξήρανσης της γύψου, με χρήση σφυρόμυλων και κωνικών θραυστήρων. Η κονιοποίηση και η πύρωση της γύψου πραγματοποιείται σε κατακόρυφους κυλινδρόμυλους με ενσωματωμένους αεροδιαχωριστές για καλύτερη ταξινόμηση του μεγέθους των κόκκων. Μετά το μύλο, το μερικώς ξηραμένο υλικό, εξέρχεται μαζί με τα καυσαέρια ξήρανσης, μεταφέρεται και συγκεντρώνεται σε χώρο αποθήκευσης.



Εικόνα 3. Μέθοδος επεξεργασίας της γύψου (Papadopoulos, 2007).

Ακολουθώντας, πηγαίνει για την πύρωση της γύψου που γίνεται σε έναν κυλινδρικό χαλύβδινος κάδος που περιβάλλεται από πυρίμαχη επένδυση, εξοπλισμένος με ένα αεροστεγές δίκτυο αεραγωγών θερμών αερίων. Μέσα στον κάδο υπάρχει αναδευτήρας, με πτερύγια, που αναδεύει το υλικό για να γίνεται ομοιόμορφα η κατανομή της θερμοκρασίας αλλά και για να μην κολλάει το υλικό στον πυθμένα. Τα αέρια αυτά είναι αποτέλεσμα της καύσης, που πραγματοποιείται στον καυστήρα, κάτω από τον πυθμένα του. Ο κάδος γεμίζει από το πάνω μέρος και έχει 2 εξόδους. Από τη μια εξέρχεται το υλικό και η άλλη είναι μια έξοδος ασφαλείας απ' όπου μπορεί, αν απαιτηθεί, να απομακρυνθεί το υλικό ή να εισέλθει εξωτερικός αέρας, αν χρειαστεί να μειωθεί η θερμοκρασία. Αποτέλεσμα αυτών των διεργασιών είναι η εμφάνιση υδρατμών, οι οποίοι απάγονται, μέσω του αεραγωγού. Οι απομακρυνόμενοι υδρατμοί, οι οποίοι περιέχουν και ποσότητες γύψου σε μορφή κόκκων, οδηγούνται σε ένα φίλτρο, στο οποίο διαχωρίζονται και συλλέγονται οι κόκκοι υλικού που έχουν παρασυρθεί. Στους 200 °C περίπου το υλικό απομακρύνεται από τον κάδο, το κρυσταλλικό νερό έχει στο σύνολό του απομακρυνθεί και το παραγόμενο προϊόν είναι διαλυτός ανυδρίτης. Το υλικό αυτό έχει μεγαλύτερη πλαστικότητα, αλλά μετά από επανυδάτωση δίνει προϊόν μεγαλύτερης πυκνότητας και αντοχής.

3.3.4 Χρήσεις

Ο γύψος έχει μια μεγάλη ποικιλία προϊόντων και χρήσεις σε διάφορους τομείς, οι σημαντικότεροι των οποίων είναι (Sargentis et al. 2006):

- **Οικοδομική:** Οι σημαντικότερες χρήσεις της γύψου στον οικοδομικό κλάδο αναφέρονται στην παραγωγή ειδών κονιαμάτων, καθώς και στην παραγωγή γυψοσανίδων και γυψοπλακών.
- **Βιομηχανία τσιμέντου:** Η σημαντικότερη χρήση της γύψου στην τσιμεντοβιομηχανία έχει να κάνει με την πήξη και σκλήρυνση του τσιμέντου. Η γύψος λειτουργεί ως ρυθμιστής του χρόνου πήξης του τσιμέντου.
- **Γεωργία:** Στη γεωργία, η γύψος χρησιμοποιείται για την εξουδετέρωση αλκαλικών και αλατούχων εδαφών, ενώ διευκολύνει τη διαπερατότητα των αργιλικών στρωμάτων και τον εφοδιασμό τους με θειάφι και άλλα θρεπτικά στοιχεία,

αυξάνοντας τις δυνατότητες αγγολίπανσης και την παραγωγικότητα σε καλλιέργειες. Επιπλέον, η γύψο χρησιμοποιείται και για την παραγωγή συνθετικού λιπάσματος θειούχου αμμωνίου, μετά από βιομηχανική επεξεργασία.

- **Τέχνη:** Η πλαστικότητα και η σκληρότητα που χαρακτηρίζει τη γύψο, αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα για τη χρήση της ως υλικό στην αρχιτεκτονική, καθώς και στην παραγωγή διάφορων κομψοτεχνημάτων. Επίσης, το αλάβαστρο και η ινομεταξώδης μορφή της φυσικής γύψου χρησιμοποιούνται στην αγαλματοτεχνική και διακοσμητική, όπου αξιοποιείται η πλαστικότητα και το λευκό χρώμα της
- **Ιατρική:** Η πλαστική γύψος βρίσκει εφαρμογές στον κλάδο της ιατρικής και ειδικότερα στην ορθοπεδική για νάρθηκες και επιδέσμους, εξαιτίας της πλαστικότητας και της σκληρότητας της. Επιπλέον, η τιμή του pH της πλαστικής γύψου όταν σκληραίνει είναι παρόμοια με το pH του ανθρώπινου δέρματος και δεν προκαλεί ερεθισμούς στο δέρμα.

Η φυσική γύψος, λόγω της πλαστικότητας και του λευκού της χρώματος χρησιμοποιείται και σε μικρότερης σημασίας εφαρμογές, ως πληρωτικό υλικό στις βιομηχανίες χρωμάτων, χαρτιού, υφασμάτων, ενώ σε μικρότερες ποσότητες χρησιμοποιείται επίσης ως πληρωτικό υλικό στη φαρμακευτική βιομηχανία για οδοντόκρεμες και στη δημιουργία μοντέλων για οδοντοστοιχεία, πούδρες, εντομοκτόνα και στη βιομηχανία ελαστικών. Στην χημική βιομηχανία, η φυσική γύψος αποτελεί πρώτη ύλη για την παραγωγή χημικών προϊόντων, όπως το θειικό οξύ (H_2SO_4), το οποίο χρησιμοποιείται και για την παρασκευή άλλων οξέων, βιομηχανικών λιπασμάτων, εκρηκτικών υλών και σε υλικά καθαρισμού. Τέλος, άλλες εφαρμογές της γύψου στη φυσική της μορφή είναι στη ζυθοποιία, στις γεωτρήσεις πετρελαίου για εμπλουτισμό του πολφού με ιόντα ασβεστίου, στην υαλουργία και στη μεταλλουργία για την τήξη μεταλλευμάτων (Gaitana 2012).

3.4 Ασβεστόλιθος

3.4.1 Γενικά

Ο ασβεστόλιθος είναι ένα ιζηματογενές πέτρωμα του οποίου το κύριο συστατικό είναι το ορυκτό ασβεστίτης (CaCO_3). Στη φύση εμφανίζονται περίπου 60 ορυκτά με

ανθρακική ρίζα και πάνω από 800 μορφές του ασβεστίτη εξαιτίας των ποικίλων τρόπων σχηματισμού του. Ιδιαίτερες μορφές του ασβεστίτη είναι ο μονοϋδρασβεστίτης ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), ο ικαίτης ($\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) και ο βατερίτης (οργανικής προέλευσης CaCO_3).

Το πιο κοινό συστατικό των ανθρακικών πετρωμάτων είναι ο μικρίτης που αποτελεί τον ανθρακικό πηλό και έχει μικρό μέγεθος ($<63\mu\text{m}$) και ο σπαρίτης που αποτελεί το συγκολλητικό υλικό και αδροκρυσταλλικός ασβεστίτης (Τσιραμπίδης 2008).

Με βάση τον τρόπο σχηματισμού των ασβεστόλιθων, χημικό ή βιογενή, παρατηρείται ποικιλία χρωμάτων και δομών σε αυτούς. Τα ασβεστολιθικά πετρώματα ανήκουν στα ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα. Τα κύρια γνωρίσματα των πετρωμάτων αυτών είναι τα εξής:

- Οι κόκκοι που περιέχουν έχουν μέγεθος άμμου έως αργίλου.
- Συμμετέχουν στο σχηματισμό τους και τα σκελετικά συστατικά των οργανισμών.
- Ο σχηματισμός τους γίνεται από αβαθή ύδατα έως πελαγικά περιβάλλοντα.
- Ο ρυθμός ιζηματογένεσης ποικίλει ανάλογα με το περιβάλλον απόθεσης και μπορεί να δίνει λεπτές ή παχιές στρώσεις.

Αρχικά, σε όλα τα θαλάσσια ιζηματογενή περιβάλλοντα το CaCO_3 σχηματίζεται κυρίως με τη μορφή του αραγωνίτη, ο οποίος όμως είναι ασταθής και μετατρέπεται γρήγορα σε ασβεστίτη που αποτελεί την πιο σταθερή μορφή του CaCO_3 στη φύση. Τα ασβεστολιθικά πετρώματα ανάλογα με το σχηματισμό τους, τις συνθήκες που επικρατούν κατά την απόθεσή τους και τις διαδικασίες διαγένεσης και μεταμόρφωσης που υφίστανται, διακρίνονται σε (Τσιραμπίδης 2008, Nikolaidis 2011):

- **Συμπαγείς ασβεστόλιθους.** Σχηματίζεται από χημική καθίζηση ανθρακικού ασβεστίου κατά τον κορεσμό του στο νερό της λεκάνης απόθεσης.
- **Πωρόλιθους.** Είναι αδρόκοκκοι ασβεστόλιθοι με πολύ μεγάλο πορώδες.
- **Κοκκίνα.** Ασβεστόλιθος με μηχανική ταξινόμηση και ασθενή συγκολλημένα υπολείμματα σκελετών. Επίσης, είναι μαλακός, εύθρυπτος, αδρόκοκκος, λευκός με μεγάλο πορώδες.
- **Φλεβοειδής ασβεστίτης.** Είναι επιγενετικής προέλευσης αποθέσεις ασβεστίτη με μορφή πλακωδών ή φυλλωδών θραυσμάτων ανθρακικής σύστασης.

- **Κάλις.** Είναι λευκό μέχρι καστανέρυθρο ασβεστιτικό υλικό δευτερογενούς συσσώρευσης. Σχηματίζεται κοντά στην επιφάνεια πετρωδών εδαφών σε ξηρές ή ημίξηρες περιοχές. Ο σχηματισμός αυτού του τύπου οφείλεται σε τριχοειδή φαινόμενα εδαφικών διαλυμάτων και αποθέτουν τα άλατα τους.
- **Δολομίτες.** Είναι μείγμα ανθρακικών ενώσεων ασβεστίου και μαγνησίου.
- **Ωολιθικοί ασβεστόλιθοι.** Σχηματίζονται από ασβεστιτική ιλύ μέσα στην οποία περιέχονται σφαιρίδια με διαδοχικές στρώσεις ανθρακικού ασβεστίου γύρω από ένα πυρήνα (ωόλιθοι).
- **Οργανογενής ασβεστόλιθοι.** Έχουν γκρίζο χρώμα και περιέχουν σημαντική ποσότητα οργανικού υλικού. Αναδύουν μυρωδιά πίσσας εξαιτίας της σημαντικής ποσότητα υδρογονανθράκων που περιέχουν.
- **Πυριτικοί ασβεστόλιθοι.** Είναι ασβεστόλιθοι που περιέχουν μέχρι και 50% κ.β. διοξείδιο του πυριτίου.
- **Αμμούχοι ασβεστόλιθοι.** Περιέχουν υψηλή ποσότητα χαλαζιακής άμμου.
- **Τραβερτίνης.** Είναι ανθρακικό πέτρωμα που αποτελείται κυρίως από CaCO_3 και σχηματίζεται από την περιασβέστωση φυτικών οργανισμών εξαιτίας της δράσης θερμών πηγών.
- **Κοραλλιογενείς ασβεστόλιθοι.** Δημιουργούνται από ασβεστολιθικούς σκελετούς κοραλλιών σε περιβάλλον ρηχής, θερμής και καθαρής θάλασσας.
- **Κρητίδες.** Είναι λεπτόκοκκο, στιφρό πέτρωμα με λευκό χρώμα αποτελούμενο κυρίως από ασβεστολιθικά σκελετικά στοιχεία τρηματοφόρων.
- **Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι.** Πρόκειται για λιμναίες αποθέσεις και αποτελούν μείγμα ασβεστόλιθου και αργίλου.
- **Σταλακτίτες και σταλαγμίτες.** Σχηματίζονται σε καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους. Το νερό της βροχής διαβρώνει δημιουργώντας κοιλώματα στον ασβεστόλιθο και εμπλουτίζεται σταδιακά σε ανθρακικό ασβέστιο. Κατά την κίνηση του εμπλουτισμένου σε ασβέστιο νερού αποτίθεται με πολύ αργό ρυθμό μέσα στα δημιουργηθέντα κοιλώματα ανθρακικό ασβέστιο σχηματίζοντας τους σταλακτίτες και σταλαγμίτες.
- **Μάρμαρο.** Σχηματίζεται από τη μεταμόρφωση προϋπαρχόντων ασβεστιτικών πετρωμάτων. Η μεταμόρφωση προκαλεί ανακρυστάλλωση του ασβεστίτη και

καταστροφή όλων των ιστολογικών χαρακτηριστικών των ιζηματογενών ανθρακικών πετρωμάτων.

Τα ανθρακικά πετρώματα ταξινομούνται κυρίως σύμφωνα με τον Folk (1959) με βάση τρία κύρια συστατικά τους. Τα ευδιάκριτα αλλόχθονα συστατικά που είναι σφαιρίδια, ωόλιθοι, βιοκλάστες και ενδοκλάστες. Την κύρια μάζα που είναι μικροκρυσταλλική μορφή ασβεστίτη και ονομάζεται μικρίτης και τον σπαρίτη που είναι ο διάφανος κρυσταλλικός ασβεστίτης και λειτουργεί ως συγκολλητικό υλικό (Τσιραμπίδης 2008).

3.4.2 ιδιότητες ασβεστόλιθων

Τα ανθρακικά πετρώματα έχουν μηχανικές και φυσικοχημικές ιδιότητες που οδηγούν σε ένα ευρύ φάσμα χρήσεων και εφαρμογών. Ακολουθώς, θα αναπτυχθούν οι πιο σημαντικές από αυτές τις ιδιότητες (Tsiggis, 2008).

- **Χρώμα.** Οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία χρωμάτων από λευκό, τεφρό, κιτρινωπό έως και μαύρο ή κόκκινο και εξαρτάται από τις προσμίξεις που περιέχουν.
- **Ειδικό βάρος.** Κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 2,7 g/cm³ αναλόγως της σύστασης. Η σκληρότητα των ασβεστόλιθων είναι λίγο μεγαλύτερη του κύριου συστατικού που περιέχουν (ασβεστίτης 3 στη κλίμακα Mohs) και κυμαίνεται μεταξύ 3 και 4 στην κλίμακα Mohs.
- **Πορώδες.** Αν ο ασβεστόλιθος είναι καρστικοποιημένος τότε αυξάνεται η περατότητα και η αποθηκευτική του ικανότητα, λειτουργώντας ως ταμιευτήρας υπόγειου νερού και υδρογονανθράκων.
- **Αντοχή.** Γενικά ως πέτρωμα έχει σημαντική θλιπτική αντοχή η οποία αυξάνεται με τη μεταμόρφωση. Εξαίρεση αποτελούν οι καρστικοποιημένες δομές στις οποίες η αντοχή μειώνεται με το βαθμό καρστικοποίησης. Η θλιπτική αντοχή των ασβεστόλιθων και μαρμάρων φτάνει μέχρι τα 1500 kg/cm².

3.4.3 Ασβεστόλιθοι της Κύπρου

Η Κύπρος έχει ανθρακικά πετρώματα τα οποία σχηματίστηκαν από το Άνω Κρητιδικό μέχρι το Μειόκαινο σε ρηχά και υφάλμυρα νερά γύρω από το οφιολιθικό σύμπλεγμα του Τροόδους. Στην Κύπρο εμφανίζονται βιογενείς ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και υφαλογενείς ασβεστόλιθοι οι οποίοι είναι και τα πιο διαδεδομένα πετρώματα της χώρας.

Η Ανώτερη Κρητιδική ενότητα λιθολογικά δεν περιέχει καθόλου πυρίτιο και διακρίνεται σε μορφή συμπαγούς ασβεστόλιθου ο οποίος αποτελείται κατά κανόνα από μεγάλου πάχους στρώσεις και από τον σχιστώδη ασβεστόλιθο ο οποίος έχει πλακοειδής μορφή. (Bagnall 1960). Οι ασβεστόλιθοι του σχηματισμού των Λευκάρων ηλικίας Κρητιδικού- Ηωκαίνου αποτελούνται από επτά διαδοχικά στρώματα λευκού μέχρι τεφρόλευκου ασβεστόλιθου με εναλλαγές από λεπτές στρώσεις μαργαϊκού ασβεστόλιθου που εμπεριέχουν λιγοστό άμορφο πυρίτιο. Το άμορφο πυρίτιο έχει χρώμα τεφρό ή ρόδινο μέχρι άχρωμο, το πάχος του είναι λιγότερο από δέκα εκατοστά και είναι πλούσιο από απολιθώματα τρηματοφόρων. Οι υφαλογενείς και οι ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι χρονολογούνται στο Μέσο Μειόκαινο και τα πάχη τους υπολογίζονται μεγαλύτερα από 120 m. Είναι συμπαγείς, σκληροί και ημικρυσταλλικοί με έντονη παρουσία απολιθωμάτων. Μελέτη λεπτών τομών σε πολωτικό μικροσκόπιο έδειξαν ότι οι ασβεστόλιθοι αυτοί αποτελούνται από ασβεστίτη, κλαστικούς κόκκους χαλαζία και αλβίτη και οξείδια του σιδήρου (Nikolaidis 2011).

Οι υφαλογενείς ασβεστόλιθοι εξορύσσονται από τις λατομικές ζώνες Μιτσερού, Ξυλοφάγου (Εικ. 4) και Ανδρολύκου. Σε αυτές τις ζώνες λειτουργούν λατομεία που παράγουν αδρανή υλικά και δομικούς λίθους με μικρή κατεργασία του αρχικού πετρώματος. Το πρόγραμμα εργασιών έχει ως βάση του τα χημικά, ποιοτικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής καθορίζει την εξόρυξη του κάθε πετρώματος. Τα ανθρακικά πετρώματα που εξορύσσονται θραύονται πρωτογενώς και ακολούθως μεταφέρονται στα εργοστάσια για περαιτέρω επεξεργασία και παραγωγή τσιμέντου και αδρανών υλικών.



Εικόνα 4. Λατομείο ασβεστόλιθου στη περιοχή Ξυλοφάγου (Nikolaidis, 2011).

3.4.4 Χρήσεις

Ο ασβεστόλιθος, λόγω των ιδιοτήτων και των ποιοτικών χαρακτηριστικών που εμφανίζει έχει μεγάλη ποικιλία χρήσεων σε πολλούς τομείς, όπως αναλυτικά αναφέρονται ακολούθως (Τσιραμπίδης 2008):

- **Γεωργία.** Το ανθρακικό ασβέστιο αποτελεί χρήσιμη προσθήκη στο έδαφος για τη γεωργία, σταθεροποιώντας την οξύτητα του εδάφους, βελτιώνοντας τις αποδόσεις των καλλιεργειών και μειώνοντας τη χρήση λιπασμάτων.
- **Ζωοτροφές.** Το ασβέστιο ενσωματώνεται στις ζωοτροφές ως συμπλήρωμα και αντιοξειδωτικό. Ασβεστόλιθος υψηλής καθαρότητας, με χαμηλό επίπεδο αδιάλυτων σε οξέα ενώσεων, αποτελεί βασικό συστατικό των ζωοτροφών για πουλερικά, χοίρους και βοοειδή. Τα πουλερικά απαιτούν ανθρακικό ασβέστιο στην τροφή τους το οποίο βοηθά στην πέψη και ενισχύει τα κελύφη των αυγών.
- **Οδοποιία και κατασκευαστικά έργα.** Η ασφαλτος είναι ένα μείγμα βιτουμενίων με άμμο και ασβεστολιθικά ή άλλα αδρανή υλικά που χρησιμοποιείται στην

κατασκευή και την επισκευή δρόμων, χώρων στάθμευσης αυτοκινήτων και πεζοδρομίων. Επίσης, όγκοι ασβεστόλιθου χρησιμοποιούνται με ποικίλους τρόπους στα κατασκευαστικά έργα, συμπεριλαμβανομένων και των αποστραγγιστικών έργων.

- **Κεραμική.** Ο ασβεστόλιθος προστίθεται σε μικρές ποσότητες ως πληρωτικό για τη μείωση της συρρίκνωσης των πηλών χαμηλής πύρωσης, για τον έλεγχο της υγρασίας και ως ευτηκτικό υλικό σε κεραμικά γυαλιά.
- **Ανθρακωρυχεία.** Ο κονιοποιημένος ασβεστόλιθος χρησιμοποιείται ως μέσο καταστολής της σκόνης στα ανθρακωρυχεία και συμβάλλει στην παθητική πυροπροστασία και την πρόληψη των υπόγειων εκρήξεων.
- **Τσιμεντοβιομηχανία και οικοδομική.** Ασβεστόλιθος χρησιμοποιείται στην παραγωγή τσιμέντου. Επίσης, η χρήση αλεσμένου ανθρακικού ασβεστίου μπορεί να βελτιώσει την πυκνότητα του σκυροδέματος, το φινίρισμα της επιφάνειας, τις φυσικές ιδιότητες και να δώσει ένα ελαφρύτερο σκυρόδεμα κατάλληλο για αρχιτεκτονικές εφαρμογές. Χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο σε εφαρμογές, όπως πλακόστρωτα, πλακάκια και κεραμίδια. Οι σκόνες ασβεστόλιθου χρησιμοποιούνται συνήθως σε πλαστικοποιημένο PVC και κόλες σε εφαρμογές επενδύσεων και πλακάκια δαπέδων. Επιπλέον, χρησιμοποιείται ως πέτρα επένδυσης και διακοσμητικός λίθος σε ιδιωτικά και δημόσια έργα.
- **Επεξεργασία νερού και αποβλήτων.** Ο ασβεστόλιθος χρησιμοποιείται για την επεξεργασία αποβλήτων και πόσιμου νερού, για την ανανέωσή τους και για την προσαρμογή του pH των όξινων υδάτων σε λίμνες, πλωτές οδούς και δεξαμενές.
- **Χαρτί.** Λεπτόκοκκος ασβεστόλιθος χρησιμοποιείται εκτενώς στην κατασκευή χαρτιού. Ως αλκαλικό υλικό μειώνει την οξύτητα του χαρτιού, βελτιώνοντας την ανθεκτικότητά του.
- **Χρώματα.** Ο ασβεστόλιθος χρησιμοποιείται ως πληρωτικό και επικαλυπτικό υλικό σε μια ποικιλία εφαρμογών (χρώματα, κονιάματα και καλλιτεχνήματα).
- **Φαρμακευτικά προϊόντα.** Το ανθρακικό ασβέστιο χρησιμοποιείται ως αδρανές πληρωτικό σε δισκία και ως φορέας βάσης για κτηνιατρικά προϊόντα.

- **Πλαστικό.** Χρησιμοποιείται ευρέως ως πληρωτικό σε πλαστικά προϊόντα, μέχρι και 25% του όγκου τους. Προσθέτει πυκνότητα, βελτιώνει τη ρεολογία, τη συνεκτικότητα και μειώνει το κόστος τους (Longcliffe 2010).
- **Παραγωγή γυαλιού.** Τα περισσότερα εμπορικά γυαλιά αποτελούνται κυρίως από διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) μαζί με σόδα (Na_2CO_3) και ασβέστη (CaO), ενώ ο ασβέστης αντικαθίσταται εν μέρει από μαγνησία (MgO) ανάλογα με την εφαρμογή. Το ασβέστιο εισάγεται στο τήγμα γυαλιού με την προσθήκη ασβεστόλιθου (CaCO_3) και το μαγνήσιο με την προσθήκη δολομίτη $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

Εκτός από τις πιο πάνω χρήσεις, ο ασβεστόλιθος χρησιμοποιείται και σε πολλούς άλλους τομείς, όπως στη βιομηχανία αυτοκινήτων και στη μεταλλουργία.

3.5 Φυσικές Χρωστικές

3.5.1 Γενικά

Οι φυσικές χρωστικές είναι από τις παλαιότερες που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο. Εμφανίζονται για πρώτη φορά πριν από 60.000 χρόνια, ενώ πιο συστηματικά (κάρβουνο και κόκκινη ώχρα) αναδεικνύοντας την ανάγκη επικοινωνίας και έκφρασης του ανθρώπου από την Παλαιολιθική εποχή (28.000 έως 24.000 χρόνια π.Χ.) στο Σπήλαιο Roucadour, Γαλλία. Οι ανόργανες χρωστικές είναι συνδυασμοί ενός ή περισσοτέρων ορυκτών και εμπίπτουν στα απλά οξείδια ή υδροξείδια, τα σουλφίδια, τα θειικά, πυριτικά και ανθρακικά άλατα (Poulioroulos et al. 2005).

Στην αρχαία Ελλάδα οι ώχρες, οι λευκοί άργιλοι και τεχνητές χρωστικές όπως το Αιγυπτιακό μπλε, που αποτελούνται αποκλειστικά ή κυρίως από ορυκτά όπως σανδαράχη, κιννάβαρη, αζουρίτης, μαλαχίτης, σελαδονίτης, κουπροριβαΐτης κ.ά. εφαρμόζονταν συνήθως σε αντικείμενα γοήτρου και στη διακόσμηση πολυτελών μνημείων. Ταυτίστηκαν σε έργα γλυπτικής και ζωγραφικής της αρχαϊκής, κλασικής και ελληνιστικής περιόδου και η χρήση τους τεκμηριώνεται από τις λεπτομερείς αναφορές στην αρχαία ελληνική και ρωμαϊκή γραμματεία.

Πριν από το 1856 όλες οι εφαρμόσιμες χρωστικές ουσίες ήταν φυσικής προέλευσης, σε αντίθεση με το σήμερα που οι περισσότερες χρωστικές ουσίες έχουν ανθρωπογενή προέλευση. Η χρήση των χρωστικών ανάμεσα στο πέρασμα των

αιώνων, συγκεκριμένα από την περίοδο του Μεσαίωνα, θεμελίωσε πρώτιστα την τέχνη και αργότερα την σύγχρονη βιομηχανία παραγωγής χρωστικών ουσιών, η οποία διακρίνεται από μεγάλη πολυπλοκότητα. Σήμερα είναι διαθέσιμο ένα μεγάλο φάσμα συνθετικών χρωστικών ουσιών που ξεπερνά τον αριθμό των 7.000, προσφέροντας μια τεράστια ποικιλία αποχρώσεων. Οι βιομηχανικές χρωστικές ουσίες χαρακτηρίζονται από σταθερή ποιότητα βαφής, καλή αντοχή στις περιβαλλοντικές συνθήκες, ευκολία στη χρήση και τέλος προσφέρουν μια ποικιλία υλικών πάνω στα οποία είναι εφαρμόσιμες και είναι χαμηλού κόστους. (Apostolaki 2005).

Η Κύπρος από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα αποτέλεσε και αποτελεί το σημείο αναφοράς για τις φυσικές χρωστικές. Το νησί έχει σημαντικά κοιτάσματα φαιοχρώματος γνωστό ως ούμβρα, που είναι ιζηματογενές πέτρωμα πλούσιο με οξείδια σιδήρου και μαγγανίου, ώχρας που συνδέεται με την εξαλλοίωση των κοιτασμάτων θειούχων μεταλλευμάτων, κυρίως από την περιοχή της Σκουριώτισσας, και πρασινόχρωμα που αποτελείται κατά κύριο λόγο από σελαδονίτη (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου 2000).

3.5.2 Φυσικές χρωστικές της Κύπρου

3.5.2.1 Ώχρα

Η ώχρα (Εικ. 5) είναι φυσική ορυκτή χρωστική ύλη και αποτελείται από υδροξείδια ή οξείδια του σιδήρου μαζί με τα αργιλοπυριτικά ορυκτά, τον χαλαζία ή τον ασβεστίτη. Το χρώμα της ώχρας οφείλεται στην μορφή των υδροξειδίων ή οξειδίων του σιδήρου.

- Η κόκκινη ώχρα οφείλει το χρώμα της στην παρουσία του αιματίτη (Fe_2O_3).
- Η κίτρινη και καφέ ώχρα, που ονομάζεται λειμωνίτης και αποτελείται από ένυδρα οξείδια/υδροξείδια του σιδήρου, κυρίως γκαιπίτη [$\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$] και ακολούθως λεπιδοκροκίτη [$\gamma\text{-FeO}(\text{OH})$]. Η κίτρινη ώχρα αποτελείται σχεδόν εξ ολοκλήρου από καθαρό γκαιπίτη.

Στις ώχρες υπάρχει μεγάλη διακύμανση στην περιεκτικότητά τους σε οξείδια και υδροξείδια του σιδήρου. Ανάλογα με αυτό, παρουσιάζεται σε διάφορες αποχρώσεις που ποικίλλουν από ανοικτή κίτρινη έως καστανοκόκκινη. Κάποιες ώχρες έχουν καλή καλυπτική ικανότητα, ενώ άλλες εκτιμώνται ιδιαίτερα για τη διαφάνειά τους. Η κίτρινη

ώχρα είναι η πιο ανθεκτική χρωστική ουσία σε όλες τις τεχνικές, ενώ δεν αλλοιώνεται από την παρουσία ασθενών οξέων ή αλκαλίων. Με θέρμανση της κίτρινης ώχρας, επιτυγχάνεται η αφυδάτωση των ορυκτών που περιέχει και η μετατροπή τους σε αιματίτη, δηλαδή σε κόκκινη ώχρα.

•3.5.2.2 Φαιόχρωμα ή Ούμβρα

Η ούμβρα (Εικ. 5) είναι μια καστανή ανόργανη χρωστική ουσία πανομοιότυπη με την ώχρα αλλά περιέχει επιπλέον ορυκτά μαγγανίου, εκτός από τα διάφορα ορυκτά του σιδήρου. Η γενική σύσταση φαιοχρωμάτων που παραμένουν ακατέργαστα είναι 45 έως 55% κ.β. Fe_2O_3 , 8 έως 16% κ.β. MnO_2 , και 2% κ.β. SiO_2 , Al_2O_3 κ.ά. (Gettens and Stout, 1975). Η ούμβρα συναντάται ευρέως στη φύση και εκτός από κρυσταλλικές φάσεις, μπορεί να περιέχει και άμορφα υλικά πλούσια σε Fe και Mn.



Εικόνα 5. Ούμβρα από το μεταλλείο της Σκουριώτισσας (αριστερά) και κόκκινη ώχρα από τη συλλογή ορυκτών του Γεωπάρκου Τροόδους (δεξιά).

Οι χρωματικές διαβαθμίσεις των διαφόρων τύπων ούμβρας επηρεάζονται από την αναλογία των φάσεων του σιδήρου με τις φάσεις του μαγγανίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η συμμετοχή του μαγγανίου, τόσο σκουρότερη είναι η χρωστική, καθώς τα οξείδια του μαγγανίου είναι μαύρα-καστανόμαυρα. Αντίστροφα, υψηλή παρουσία σιδήρου (γκαιίτη ή/και λεπιδοκροκίτη) αναδεικνύουν πιο καστανές αποχρώσεις.

Οι ούμβρες μπορούν να προσαρμοστούν σε όλες τις τεχνικές καθώς είναι ανθεκτικές-συμβατές και με άλλες χρωστικές ουσίες. Η κακής ποιότητας ούμβρες εμπεριέχουν φυτικό μαυρόχρωμα, εξασθενούν στο ισχυρό φως του ήλιου, ενώ δεν είναι ανθεκτικές. Η ούμβρα αφού ψηθεί έχει ένα μουντό κόκκινο χρώμα. Η θέρμανση μετατρέπει το υδροξείδιο του σιδήρου σε οξείδιο του σιδήρου (αιματίτης). Το προϊόν είναι πιο κόκκινο και πιο θερμό από την ακατέργαστη ούμβρα. Κάτω από το μικροσκόπιο διαφέρει ελάχιστα από την ακατέργαστη ούμβρα, εκτός από το ότι είναι λίγο πιο κόκκινη και διαφανέστερη. Οι ούμβρες είναι απρόσβλητες από τα αλκάλια και τα αραιά οξέα, αυτό επιτυγχάνεται από την περιεκτικότητά τους σε μαγγάνιο, στεγνώνουν καλά στο λάδι και έχουν χρησιμοποιηθεί ως ξηραντικό μέσο σε βερνίκια (Georgiou 2018).

Οι ούμβρες ήταν διαθέσιμες ήδη από την προϊστορική εποχή. Οι καλύτερες ούμβρες έχουν θερμό καστανό-κόκκινο χρώμα, με πρασινωπή απόχρωση και μία από τις καλύτερες, που είναι γνωστή ως Τούρκικη ούμβρα, βρέθηκε στην Κύπρο.

3.5.2.3 Πρασινόχρωμα ή πράσινη γη (terra verde)

Μια καλή ποικιλία πρασινοχρώματος είναι αυτή που αποτελείται από σελαδονίτη $[K(Mg,Fe^{2+})(Fe^{3+},Al)(Si_4O_{10})(OH)_2]$. Ο σελαδονίτης είναι ορυκτό που εντάσσεται στην κατηγορία των μαρμαρυγιών. Ανευρέθηκε βόρεια του Μόντε Κάρλο, κοντά στη Βερόνα της Ιταλίας, στη Γερμανία, στη Γαλλία, στην Κορνουάλλη και στην Κύπρο (Rose 1916). Στη Κύπρο το πρασινόχρωμα όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω αποτελείται κατά κύριο λόγο από το ορυκτό σελαδονίτη, που είναι ένα μαλακό ορυκτό που περιέχει μαγνήσιο, κάλλιο και πυρίτιο και είναι συνήθως πράσινου ή γκριζοπράσινου χρώματος. Εμφανίζεται σε ρωγμές μέσα σε βασαλτικά πετρώματα του νησιού. Αποτελείται από στρογγυλεμένους, αδρόκοκκους, πράσινους και μπλε κόκκους. Με ισχυρή θέρμανση το

πράσινο χρώμα γίνεται κόκκινο-καστανό εξαιτίας της οξείδωσης, διατηρείται το πράσινο χρώμα και χαρακτηρίζεται ως σταθερή χρωστική ουσία (Εικ. 6).



Εικόνα 9. Κονιοποιημένη terra verde και χρήση αυτής (Τμήμα συντήρησης αρχαιοτήτων και έργων τέχνης, 2014).

Παρεπιπτόντως το φως ο αέρας δεν την επηρεάζουν, όπως και τα χημικά αντιδραστήρια παραδείγματος χάριν αραιά οξέα και αλκάλια. Σε κάποιες περιπτώσεις μερικά δείγματα πράσινης γης οξειδώνονται όταν έρχονται σε επαφή με υδροξείδιο του ασβεστίου στις νωπογραφίες (Gettens and Stout 1975).

3.5.3 Χρήσεις

Οι φυσικές χρωστικές έχουν χρήση από την προϊστορία μέχρι σήμερα και η κύρια λειτουργία τους ήταν η χρώση αντικειμένων, η διακόσμηση μνημείων και ο καλλωπισμός. Σήμερα, οι χρωστικές ουσίες έχουν και άλλες χρήσεις, κυρίως στη βιομηχανία, που θα αναπτυχθούν πιο κάτω.

- **Καλλυντικά:** Οι ανόργανες χρωστικές χρησιμοποιούνται με ανάμειξη άλλων υλικών στα καλλυντικά για να αποδώσουν μια σταθερότητα στο τελικό προϊόν. Είναι αδιάλυτες στο νερό, στο λάδι και στους οργανικούς διαλύτες και διατηρούν το χρώμα τους στο φως χωρίς καμία αλλοίωση.

- **Χρώματα:** Οι φυσικές χρωστικές χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία χρωμάτων για καλλιτεχνικούς σκοπούς όπως η ζωγραφική και για οικοδομικούς σκοπούς. Το βάψιμο με φυσικές χρωστικές ουσίες οδηγεί σε χρωματισμούς με σταθερότητα και φιλικούς στο περιβάλλον.
- **Τσιμεντοποιία:** Οι ώχρες και οι ούμβρες κακής ποιότητας λόγω των υδροξειδίων και των οξειδίων του σιδήρου που περιέχουν, γίνεται κονίαση και προσθήκη τους μέσα σε τσιμέντο για την υποστήριξη του και τη σταθερότητα του (Georgiou 2018).

4. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα η εκμετάλλευση του φυσικού πλούτου μιας χώρας είναι το βασικό οικονομικό και κοινωνικό της προτέρημα, έτσι και στην Κύπρο η ύπαρξη πλούσιας γεωλογικής ιστορίας οδήγησε στην εξόρυξη και εκμετάλλευση των μεταλλικών και μη μεταλλικών ορυκτών της. Η Κύπρος είναι νησί της ανατολικής Μεσογείου, αναδύθηκε κατά το αλπικό ορογενές και χωρίζεται γεωλογικά σε τέσσερις ζώνες. Πρώτη, η ζώνη Πενταδακτύλου, είναι η βορειότερη ζώνη του νησιού και αποτελείται από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους, δολομίτες, μάρμαρα και από αυτόχθονα θαλάσσια ιζήματα. Δεύτερη, η ζώνη Τροόδους, είναι το κεντρικό τμήμα και αποτελεί τον πυρήνα της Κύπρου, με το οφιολιθικό σύμπλεγμα και τα συνοδά ιζήματά της. Τρίτη, η ζώνη Μαμωνίων, που αποτελείται από ηφαιστειακά, ιζηματογενή και μεταμορφωμένα πετρώματα και τέταρτη η ζώνη των αυτόχθονων ιζηματογενών πετρωμάτων, με εβαποριτικά, νηριτικά και ασβεστολιθικά πετρώματα. Το νησί λόγω της οφιολιθικής σειράς του, παρουσιάζει αποθέματα χρωμίτη, αμιάντου και σουλφιδίων τα οποία και βρίσκονται υπό εκμετάλλευση από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα. Εκτός από μεταλλεύματα, η Κύπρος, λόγω της έντονης χημικής ιζηματογένεσης και του τρόπου δημιουργίας της, εμφανίζει και σημαντικά κοιτάσματα βιομηχανικών ορυκτών και πετρωμάτων. Τα βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα του νησιού που εξορύσσονται, εξαιρώντας τον αμιάντο, για τον οποίο έχει πλέον απαγορευτεί η χρήση του, είναι ο μπεντονίτης, η γύψος, ο ασβεστόλιθος και οι ανόργανες φυσικές χρωστικές με σημαντικότερες την ώχρα, την ούμβρα και το φαιόχρωμα. Η θεματολογία της διπλωματικής αυτής εργασίας έχει επικεντρώνεται στο να παρουσιάσει τον τρόπο δημιουργίας των ορυκτών αυτών, τις συστάσεις και ιδιότητές τους, τον τρόπο εξόρυξης και βιομηχανικής επεξεργασίας, αλλά και τις χρήσεις τους στην βιομηχανία και γενικότερα στην καθημερινότητα του ανθρώπου.

Βιβλιογραφία

- Bagnall P.S., 1960. Wrench faulting in Cyprus. *The journal of Chicago geology* 73(3), 327-345.
- Bates R.G. and Beck M.E., 1969. Tectonic rotation in the Cascade range of southern Washington. *Geology* 9(4), 184-189.
- Budavari S., Maryadel J. and O'Neil, 1989. The merck index. Merck 11, 2330-2331.
- Dickinson O., 1994. The Aegean Bronze Age. Cambridge University Press 1999 Senior Lecturer in History and Archaeology at the Durham University pages 35-50, 53-61, 63-82, 83-147, 277-358.
- Evic R.C. and Anderson I.D.M., 1995. Sediment fluxes and varve formation in Santa Barbara Basin offshore California *geology* 23(12),1083-1086,1995.
- Folk R.L., 1959. Practical petrographic classification of limestone. *AAPG Bulletin* 43(1), 1-38.
- Kelly T.D. and Matos G.R., 2005. Historical statistics for mineral and material commodities in the United States. Data Series.
- Knight J.B., Morrison S.R. and Mortensen J.K., 1999. The relationship between placer gold particle shape, rimming and distance of Fluvial transport as exemplified District, Yukon Territory, Canada. *Economic geology* 94(5), 635-648.
- Kuzvart M., 1984. Industrial minerals support economic geology in globalized world. Society for geology applied mineral deposits *SGA News* 1-6,2001.
- Logaly G., 1989. Principles of flow of Kaolin and bentonite dispersions. *Applied clay science* 4(2), 105-123.
- Nawasresh M. and Aloman Y., 2005. Activation of Jordanian ore bentonite by sodium carbonates. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering* 03(06): 477-487.
- Nelson K.D. and Jones A.G., 1996. Partially molten middle crust beneath southern Tibet synthesis of project INDEPTH results. *Science* 274 (5293), 1684-1688.
- Nickel E.H., 1995. Definition of a mineral. *Mineralogical magazine* 59(4), 68-71, 76-77.
- Pantazis T.M., 1967. Cyprus evaporites. Geological Survey Department, Nicosia, Cyprus.
- Pigg B.J., 1994, The uses of chrysotile. *The Annals of occupational hygiene* 38(4), 453-458.
- Reijonen H.M. and Russel W.A., 2013. Bentonite analogue research related to geological disposal of radioactive waste. Current status and future outlook. *Swiss Journal of geosciences pages* 108,101-110.
- Robinson P.T. and Gass W.M.,1960. Volcanic glass compositions of the scientific examination of paintings Netherlands Kunsthistorisch Jaarboek, Netherlands yearbook for history of Art 26,1-40,1975.
- Rose J.H., 1916, The development of the European nations, 1870-1914. Library of Alexandria, 1916.
- Sargentis Ch., Giannakopoulos K., Travlos A., and Boukos N., 2006. Simple method for the fabrication of high dielectric constant metal-oxide-semiconductor capacitor embedded with PL nanoparticles. *Applied physics letter* 88(7), 073106.
- Schreier H., 1989. Asbestos in the natural environment. Elsevier, ISBN: 9780080874968.

- Spray J.G. and Bebieen J.B., 1982. Age constraints on the igneous and metamorphic evolution of the Hellenic-Dinaric ophiolites. Geological society, London, Special publication 17(1), 619-627.
- Valavanidis A. and Vlachogiannis T., 2016. Engineered nanomaterials for pharmaceutical and biomedical products new trends, benefits, and opportunities. Pharmaceutical Bioprocessing 4(1), 13-24, 2016.
- Wagner S.F., 1986. New method for detecting rhammolipids excreted by pseudomonas species during growth on mineral agar. Biotechnology Techniques 5(4) 265-268.
- Warren J.K., 2006. Evaporites sediments, resources and hydrocarbons. Springer science & Business media, eBook ISBN 978-3-540-32344-0.
- Yedidia J.S., Freeman W.T., Weiss Y., 2001. Generalized belief propagation advances in neural information processing systems, 689-695.

Ελληνική Βιβλιογραφία:

- Αποστολάκη Χ.Η., 2005. Μελέτη Ρωμαϊκών κονιαμάτων και χρωστικών τοιχογραφιών από την Αρχαία Κόρινθο. Διπλωματική εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Τμήμα Ιστορίας και Αρχαιολογίας.
- Γαϊτάνη Α., 2012. Πεδία εφαρμογής και μέθοδοι κατεργασίας Ελληνικών κοιτασμάτων Γύψου. Μεταπτυχιακή εργασία, Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Περιβάλλοντος.
- Γιδαράκος Ε., 2006. Επικίνδυνα απόβλητα: Διαχείριση, Επεξεργασία, Διάθεση. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ζυγός.
- Καλαμαράς Α., 2007. Φασματοσκοπικές Τεχνικές FTIR και EELS: Βασικές αρχές και εφαρμογές στην ετρογενή κατάλυση. Διδακτορική διατριβή Πανεπιστήμιο Κύπρου, Τμήμα Χημείας.
- ΚΛΑΡΚ ΓΚΡΑΧΑΜ-ΠΑΙΓΚΟΤ ΣΤΙΟΥΑΡΤ, ΠΡΟΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΚΟΙΝΩΝΙΕΣ, 1961, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΑΡΔΑΜΙΤΣΑ Σελίδες: 20-150-151-180-300-311-390.
- Κουσαϊτή Α., 2012. Υδροθερμική επεξεργασία αμιαντούχων αποβλήτων με σκοπό τη χρήση αυτών στην προσρόφηση πετρελαϊκών ρύπων. Πτυχιακή εργασία Πολυτεχνείο Κρήτης Τμήμα μηχανικών ορυκτών πόρων.
- Μάρκου Σ., 2007. Επαγγελματική έκθεση στον Αμίαντο Παρατηρήσεις κατά την τελευταία 25ετία σε εργοστάσιο αμιαντοτσιμέντου. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Ιατρικής.
- Νικολαΐδης Ν., 2011. Αξιολόγηση πιστικών χαρακτηριστικών ασβεστολιθικών πετρωμάτων της Κύπρου ως προς την καταλληλότητα τους για παραγωγή υδραυλικής ασβέστου. Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα μηχανικών ορυκτών πόρων.
- Νικολάου Α., 2009. Η επικινδυνότητα του αμιάντου: Ιστορικό – Νομοθεσία – Διερεύνηση σε εργασιακό περιβάλλον. Διπλωματική εργασία ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας.
- Παναγόπουλος Γ., 2007. Προτάσεις γεωτρητικού προγράμματος σε ενεργό λατομικό χώρο με χρήση χωρικών γεωλογικών στοιχείων, Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας.

Συλλογικό Έργο, ΟΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΝΕΟΛΙΘΙΚΗ-ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥ.1996-ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΑΡΔΑΜΙΤΣΑ Σελίδες: 30-45, 60-80-90-120-159-190-250-311-390-456-500-630.
Τετόρος Ι., 2014. Χημική επεξεργασία χρυσολιτικού αμιάντου με οργανικά οξέα και ανάκτηση των παραπροϊόντων. Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα μηχανικών περιβάλλοντος.
Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης 2002. Η Γεωογία της Κύπρου. http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/dmlInfoLeaflets_gr/dmlInfoLeaflets_gr?OpenDocument.

Διαδικτυακές πηγές

<https://www.indexmundi.com/minerals/?country=cy&product=bentonite&graph=production>

http://edume.myds.me/00_0070_e_library/10060/003/07.pdf