



Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Γεωλογίας



Διπλωματική Εργασία

Θέμα: Χρήσεις Ανθρακικών Πετρωμάτων



Φοιτητής: Θωμαΐδης Κωνσταντίνος Α.Ε.Μ. : 3991

Επιβλέπων Καθηγητής : κ. Καντηράνης Νικόλαος

Θεσσαλονίκη, 2013

Περιεχόμενα

1. Ευχαριστίες.....σελ. 2	σελ. 2
2. Εισαγωγή	
2.1 Στόχος της εργασίας.....σελ. 3	σελ. 3
2.2 Σύνοψη ιστορική αναφορά.....σελ. 3	σελ. 3
3. Πετρογραφικοί τύποι Ανθρακικών Πετρωμάτων	
3.1 Πετρογραφικοί τύποι Ιζηματογενών Ανθρακ. Πετρωμάτων.....σελ. 6	σελ. 6
3.2 Πετρογραφικοί τύποι Μεταμορφωμένων Ανθρακ. Πετρωμάτων.....σελ. 11	σελ. 11
4. Γεωτεκτονική Κατανομή Ανθρακικών Πετρωμάτων.....σελ.13	σελ.13
4.1 Ελληνική Ενδοχώρα.....σελ.14	σελ.14
4.2 Εσωτερικές Ελληνίδες.....σελ.14	σελ.14
4.3 Εξωτερικές Ελληνίδες.....σελ.17	σελ.17
5. Χρήσεις Ανθρακικών Πετρωμάτων.....σελ.20	σελ.20
5.1 Κατασκευαστικός Τομέας.....σελ.21	σελ.21
5.2 Γεωργική και κτηνοτροφική βιομηχανία.....σελ.26	σελ.26
5.3 Βιομηχανικές Εφαρμογές.....σελ.28	σελ.28
5.4 Περιβαλλοντικές Εφαρμογές.....σελ.30	σελ.30
6. Συμπεράσματα.....σελ.31	σελ.31
7. Βιβλιογραφία.....σελ.32	σελ.32

1. Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον λέκτορα κ. Καντηράνη Νικόλαο καθώς και τον ομότιμο καθηγητή κ. Τσιραμπίδη Ανανία για την πολύτιμη βοήθεια τους στην υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επίσης, οφείλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους καλούς μου φίλους Ευαγγελία, Στέφανο, Σάκη για την ηθική και υλική υποστήριξη τόσο κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, όσο και κατά τη διάρκεια συγγραφής αυτής της εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον φίλο μου Σάββα Ραφαηλίδη, για την βοήθεια και την φιλολογική επιμέλεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

2. Εισαγωγή

2.1. Στόχος της εργασίας

Στόχος της παρούσας εργασίας δεν είναι τόσο η παραγωγή νέας γνώσης, όσο η συγκέντρωση όλων των γνωστών πληροφοριών σχετικά με τις χρήσεις των ανθρακικών πετρωμάτων. Ως κύρια πηγή χρησιμοποιήθηκαν τα πρακτικά των Διεθνών Συνεδρίων της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας με την μορφή που δημοσιεύτηκαν στα «Δελτία της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας». Μετά την μελέτη των παραπάνω, αποκρυσταλλώθηκε μία εικόνα σχετική με τις ιδιότητες των ανθρακικών πετρωμάτων στον ελλαδικό χώρο και με τις δυνατότητες αξιοποίησής τους στον ευρύτερο βιομηχανικό τομέα.

2.2. Σύνοψη ιστορική αναφορά

Από την αρχή της εξέλιξής του, ο άνθρωπος επιχείρησε να χρησιμοποιήσει τη φύση προς όφελός του. Πρώτος ο Homo Habilis (έζησε περίπου 2,3 με 1,4 εκατομμύρια χρόνια πριν), άρχισε να κατασκευάζει και να χρησιμοποιεί κάποια λίθινα εργαλεία. Καταγράφεται διαδεδομένη χρήση κατεργασμένων κροκάλων χαλαζία ή βασάλτη, οι οποίες βοηθούσαν στο σκίσιμο, το γδάρισμα και το κόψιμο. Τον Homo Habilis ακολούθησε ο Homo Erectus (πριν από 1,8 με 1,3 εκατομμύρια χρόνια), ο οποίος εντάσσεται στη λεγόμενη «Εποχή του Λίθου». Ο Homo Erectus χρησιμοποίησε διαφοροποιημένη λίθινη τεχνολογία, με κύριο εργαλείο τον χειροπέλεκυ που ήταν ουσιαστικά ένα προσεκτικά διαμορφωμένο κομμάτι λίθου. Έπειτα, ο Homo Sapiens (200.000 χρόνια πριν), κατασκεύασε πολλά εργαλεία για ειδικές χρήσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι λίθινες αιχμές οι οποίες ήταν προσαρμοσμένες σε ξύλινα ακόντια και έκαναν πιο αποτελεσματικό το κυνήγι. Σε γενικές γραμμές θα μπορούσαμε να πούμε πως η τεχνολογία των λίθινων εργαλείων εμφανίζει έναν αυξανόμενο βαθμό τελειότητας (Παπαευθυμίου, 2004).

Με την πάροδο των ετών η αξία των λίθων έπαψε να είναι αποκλειστικά χρηστική και έγινε εν μέρει αισθητική. Στην Αρχαία Ελλάδα, ο Θεόφραστος (372 – 287 π.Χ.) συνέγραψε ένα έργο, το «Περί Λίθων», στο οποίο επιχειρεί μία πρώιμη καταγραφή και κατηγοριοποίηση των τότε γνωστών πετρωμάτων και ορυκτών. Την εποχή εκείνη, τα ανθρακικά πετρώματα χρησιμοποιούνταν όχι μόνο για την κατασκευή απλών κτισμάτων (οικίες, λουτρά, φρούρια κ.α.), αλλά και για τη δημιουργία κάποιων σπουδαίων αρχιτεκτονικών μνημείων του παγκόσμιου πολιτισμού. Ένα τέτοιο αρχιτεκτονικό μνημείο είναι ο Παρθενώνας, για την κατασκευή του οποίου χρησιμοποιήθηκε πεντελικό μάρμαρο, εκτός από το στυλοβάτη που κατασκευάστηκε από ασβεστόλιθο, καθώς και το αρχαίο θέατρο της Δωδώνης το οποίο έχει κατασκευαστεί από ασβεστόλιθο της Πίνδου.



Το αρχαίο θέατρο της Δωδώνης κατασκευάστηκε το 297- 292 π.Χ. επί βασιλείας Πύρρου.

Η χρήση πετρωμάτων συνεχίστηκε και τους επόμενους αιώνες, σε έργα εξ ίσου σημαντικά με αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω. Το γνωστότερο σύμβολο του Βυζαντινού πολιτισμού, η Αγία Σοφία αποτελείται σε σημαντικό βαθμό από μάρμαρο, όχι μόνο για κατασκευαστικούς λόγους, αλλά κυρίως για διακοσμητικούς. Πιο συγκεκριμένα, μεγάλες εσωτερικές επιφάνειες του ναού καλύπτονται από πολύχρωμα μάρμαρα, όπως ήταν τα πράσινα μάρμαρα από

τη Θεσσαλία. Κατά το 1249 ξεκινάει η κατασκευή της καστροπολιτείας του Μυστρά κατ' εντολή του Γουλιέλμου Β' Βιλλαρδουίνου. Για την αποπεράτωση του έργου χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι λίθοι όπως ασβεστόλιθος, πωρόλιθος, μάρμαρο και πολύτιμοι λίθοι. Μια ομάδα τεχνιτών ανέλαβε την τοποθέτηση των μαρμάρινων επενδύσεων, ορθομαρμαρώσεων (η εσωτερική επένδυση των τοίχων με μαρμάρινες πλάκες) και μαρμαροθετημάτων, που με την πολυχρωμία τους συνέβαλλαν στην εικόνα της πολυτελούς κατασκευής του κτηρίου.

Αρκετά χρόνια αργότερα, ο ορυκτός πλούτος ορισμένων κρατών αποτέλεσε έναν από τους καθοριστικότερους παράγοντες της βιομηχανικής τους εξέλιξης. Στη μέθοδο Leblanc, ο ασβεστόλιθος ήταν ένα από τα υλικά που βοήθησε στη φθηνή και μεγάλη σε κλίμακα παραγωγή του ανθρακικού νατρίου (σόδας), η ζήτηση του οποίου υπήρξε ιδιαιτέρως αυξημένη κατά τη βιομηχανική επανάσταση.

3. Πετρογραφικοί τύποι Ανθρακικών Πετρωμάτων

3.1. Πετρογραφικοί τύποι Ιζηματογενών Ανθρακικών Πετρωμάτων

Τα ιζηματογενή πετρώματα αποτελούν το 7,9% του συνολικού όγκου των πετρωμάτων του φλοιού της γης, όμως καλύπτουν το 75% της επιφάνειάς. Τα ιζήματα συνήθως αποθέτονται σε στρώματα διαφορετικής πετρολογικής σύστασης και ιστού. Από τη μελέτη αυτών συμπεραίνουμε τις περιβαλλοντικές συνθήκες του γεωλογικού παρελθόντος, αλλά και τη γεωλογική ιστορία της γης. Τα ιζήματα είναι σπουδαίες πηγές δομικών υλικών, κεραμικών προϊόντων, ανθράκων και ορισμένων μετάλλων. Ακόμα, μέσα σ' αυτά βρίσκονται το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.

Η κατάταξη των ιζηματογενών πετρωμάτων σε λιθολογικούς τύπους εξαρτάται από τον τρόπο απόθεσης των συστατικών τους, την ορυκτολογική τους σύσταση και το μέγεθος των κόκκων τους. Διαιρούνται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες: 1) Κλαστικά ιζήματα. Σχηματίστηκαν από απόθεση και συμπαγοποίηση ή όχι αποσασθρωτικών υλικών με τη μεσολάβηση νερού ή ανέμου ή πάγου. 2) Ηφαιστειοκλαστικά ιζήματα. Σχηματίστηκαν από απόθεση ηφαιστειακών υλικών και ανάμιξη τους με άλλα κλαστικά υλικά με τη μεσολάβηση νερού ή ανέμου. 3) Χημικά ιζήματα. Σχηματίστηκαν από την καταβύθιση των συστατικών ιόντων διάφορων διαλυμάτων, κυρίως της εξάτμισης. 4) Βιογενή ιζήματα. Σχηματίστηκαν από τη συσσώρευση και συμπαγοποίηση ή όχι των σκελετικών στοιχείων διάφορων ζωικών ή φυτικών οργανισμών μετά το θάνατό τους.

Η προέλευση των ανθρακικών ιζημάτων μπορεί να είναι χημική, αλλά και βιογενής. Αποτελούν το 25% του συνόλου των ιζηματογενών πετρωμάτων και η ηλικία τους φτάνει μέχρι 2,7 δισεκατομμύρια χρόνια. Έχουν χρώμα συνήθως τεφρό, αλλά ακόμη και λευκό, καστανό, ερυθρό, υποκίανο ή μαύρο.

Το ορυκτό συστατικό που επικρατεί στα ανθρακικά πετρώματα είναι ο ασβεστίτης και από άποψη προέλευσης και ιστού τα συστατικά τους είναι (Τσιραμπίδης, 2008): 1) Σφαιροειδή. Είναι σφαιρόμορφοι σχηματισμοί με διάμετρο συνήθως <0,2 mm. Αποτελούνται από μικροκρυσταλλικό ασβεστιτικό υλικό. 2) Ωόλιθοι. Είναι σφαιρόμορφοι σχηματισμοί που αποτελούνται από

συγκεντρικές αποθέσεις ασβεστιτικού υλικού γύρω από ένα πυρήνα ο οποίος συνήθως είναι κλαστικός κόκκος. Η διάμετρός τους είναι 0,2–2 mm. Μεγαλύτεροι ωόλιθοι ονομάζονται πισόλιθοι (μέγεθος 2–10 mm). Οι σύγχρονοι ωόλιθοι είναι κυρίως αραγωνιτικοί, ενώ οι παλαιότεροι ασβεστιτικοί. 3) Βιοκλάστες. Είναι σκελετικά θραύσματα κυρίως θαλάσσιων οργανισμών όπως κοραλλιών, κρινοειδών, μαλακίων, τρηματοφόρων κλπ. Οι βιοκλάστες είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι για τον παλαιοντολογικό προσδιορισμό της ηλικίας των ανθρακικών πετρωμάτων. 4) Ενδοκλάστες. Είναι θραύσματα παλαιότερων ανθρακικών πετρωμάτων που έχουν επανιζηματοποιηθεί. 5) Σπαρίτης. Είναι ασβεστιτική αδροκρυσταλλική ύλη που αποθέτεται στους πόρους μεταξύ των κόκκων ή σε μεγαλύτερα διάκενα του ανθρακικού πετρώματος. Ο σπαρίτης έχει μέγεθος κόκκων άμμου ($>63 \mu\text{m}$) ή ιλύος ($63\text{--}4 \mu\text{m}$). Μερικές φορές μπορεί να είναι και ινόμορφος. 6) Μικρίτης. Είναι το κύριο ή το μοναδικό συστατικό των λεπτόκοκκων ανθρακικών πετρωμάτων. Αποτελείται από κρυπτοκρυσταλλικό ασβεστίτη με μέγεθος κόκκων $<4 \mu\text{m}$. 7) Μικροσπαρίτης. Είναι λεπτοκρυσταλλικό ασβεστιτικό συγκολλητικό υλικό με μέγεθος κόκκων 20–5 μm . Μπορεί να θεωρηθεί κλαστική ανθρακική ίλυς ή υλικό αντικατάστασης γειτονικών κρυσταλλων. Ασβεστόλιθοι που αποτελούνται κυρίως από μικροσπαρίτη ονομάζονται ασβεστοίλυόλιθοι.

Τα πιο γνωστά ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα είναι:

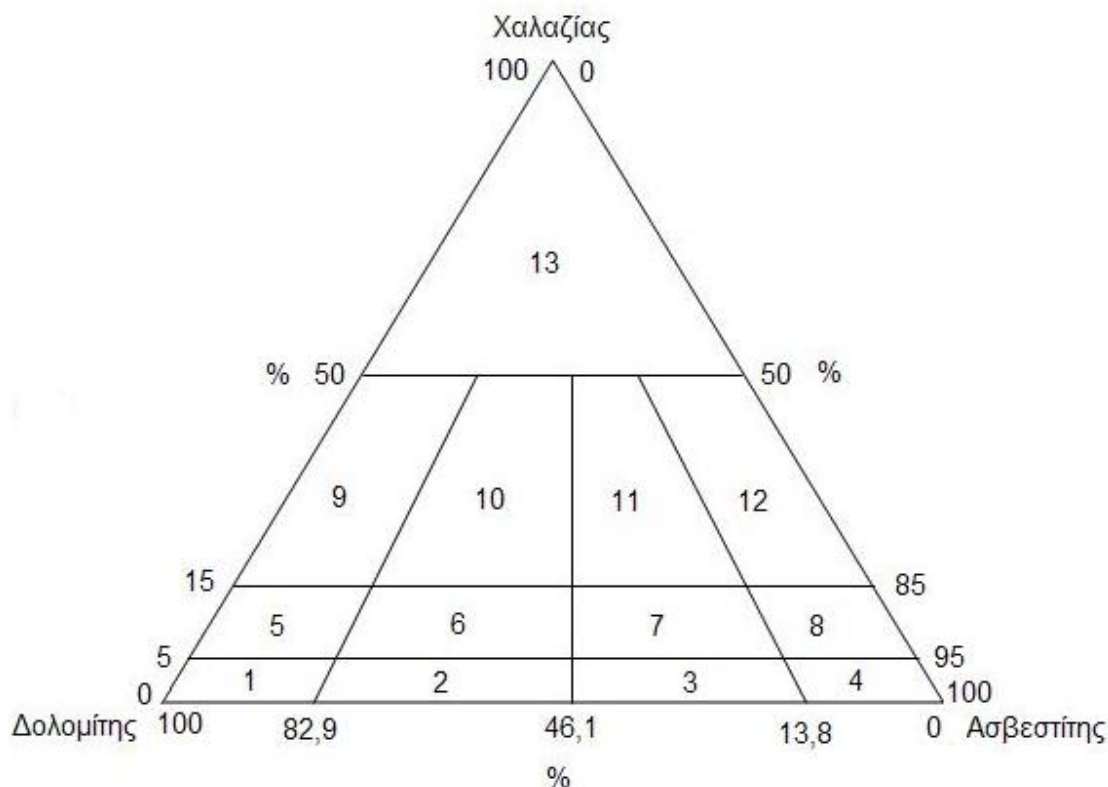
1) Ασβεστόλιθοι. Αποτελούνται τουλάχιστον από 90% ασβεστίτη και μέχρι 10% δολομίτη. Σχηματίζονται από οργανικές ή ανόργανες διεργασίες και μπορεί να είναι κλαστικοί, χημικοί ή βιογενείς, κρυσταλλικοί ή ανακρυσταλλωμένοι. Το μέγεθος, το σχήμα και η καθαρότητα των ανθρακικών κόκκων καθορίζεται από το περιβάλλον απόθεσης. Συστατικά σε μικρές αναλογίες που συναντάμε στους ασβεστόλιθους είναι ο χαλαζίας, ο χαλκηδόνιος, οι άστριοι, τα αργιλικά ορυκτά, ο σιδηρίτης και ο σιδηροπυρίτης.

Είναι τα κοινότερα και πιο διαδεδομένα ανθρακικά πετρώματα με ιδιαίτερη αξία στους στρωματογραφικούς προσδιορισμούς εξαιτίας των ποικίλων απολιθωμάτων που περιέχουν. Επίσης, αποτελούν χώρους συγκέντρωσης πετρελαίων, φυσικών αερίων και υδρογονανθράκων.

Οι διάφοροι τύποι ασβεστολιθικών ή δολομιτικών πετρωμάτων χαρακτηρίζονται διαφορετικά ανάλογα με το περιεχόμενο τους σε χαλαζία ή χαλκηδόνιο, δολομίτη και ασβεστίτη (σχήμα 1).

Οι πιο διαδεδομένες ποικιλίες των ασβεστολιθικών πετρωμάτων παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω (Τσιραμπίδης, 2004):

- 1.1) Κρητίδα. Αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από ασβεστίτη (90% - 99%). Πορώδης, μαλακός, σχετικά εύθρυπτος, λευκός μέχρι γκρίζος ασβεστόλιθος, θαλάσσιας προέλευσης.
- 1.2) Τραβερίνες. Σκληροί, λεπτοκρυσταλλικοί, συμπαγείς ή μαζώδεις και συχνά συγκριμματικοί ασβεστόλιθοι, χρώματος λευκού μέχρι καστανού.
- 1.3) Πωρόλιθοι. Αδρόκοκκοι ασβεστόλιθοι που παρουσιάζουν πολύ μεγάλο πορώδες.
- 1.4) Υφαλογενείς ασβεστόλιθοι. Συγκροτούνται κυρίως από εξωσκελετούς κοραλλιών, φυκών και αλκυοναρίων. Η υφή τους είναι μαζοειδής και χωρίς στρωμάτωση.
- 1.5) Κοκίνα. Μαλακός, πορώδης, εύθρυπτος, αδρόκοκκος και λευκός ασβεστόλιθος που σχηματίζεται από χαλαρά συσσωρευμένα κελύφη ή θραύσματα τους.
- 1.6) Όστρακα. Αποτελούνται κυρίως από κελύφη θαλάσσιων οργανισμών.
- 1.7) Πτηνόφθαλμος. Πολύ λεπτόκοκκος ασβεστόλιθος που περιέχει αδρομερείς κρυστάλλους ασβεστίτη με μορφή στιγμάτων ή σωλήνων.
- 1.8) Φλεβοειδής ασβεστίτης. Επιγενετικής προέλευσης ασβεστιτικές αποθέσεις που γεμίζουν ρωγμές ή σχισμές άλλων πετρωμάτων με μορφή πλακώδη ή φυλλώδη.



Σχήμα 1. Πετρογραφικοί τύποι ασβεστολιθικών και δολομιτικών πετρωμάτων (Harben, 1992). 1=Δολομίτης, 2=Ασβεστολιθικός δολομίτης, 3=Μαγνησιούχος ασβεστόλιθος, 4= Ασβεστόλιθος, 5=Δολομίτης που περιέχει 5-15% SiO₂, 6=Ασβεστιτικός δολομίτης που περιέχει 5-15% SiO₂, 7=Μαγνησιούχος ασβεστόλιθος που περιέχει 5-15% SiO₂, 8=Ασβεστόλιθος που περιέχει 5-15% SiO₂, 9=Πυριτιούχος δολομίτης (15-50% SiO₂), 10=Πυριτιούχος ασβεστιτικός δολομίτης (15-50% SiO₂), 11=Πυριτιούχος μαγνησιούχος ασβεστόλιθος (15-50% SiO₂), 12=Πυριτιούχος ασβεστόλιθος (15-50% SiO₂), 13= Κερατόλιθοι ή χαλαζίτες

1.9) Κροκαλοπαγείς ή λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι. Αποτελούνται αντίστοιχα από στρογγυλεμένα ή γωνιώδη θραύσματα κυρίως ανθρακικής σύστασης.

1.10) Ασβεστορουδίτες. Αποτελούνται από >50% κλαστικούς ασβεστιτικούς κόκκους μεγέθους μεγαλύτερου της άμμου (>2 mm) και συχνά η συγκολλητική ύλη είναι ασβεστιτική.

1.11) Ασβεσταρενίτες. Αποτελούνται από >50% κλαστικούς ασβεστιτικούς κόκκους μεγέθους άμμου (2 – 1/16 mm).

1.12) Ασβεστολουτίτες. Αποτελούνται από >50% κλαστικούς ασβεστιτικούς κόκκους μεγέθους ιλύος και/ή αργίλου (<1/16 mm).

2) Πυριτιούχοι ασβεστόλιθοι. Αντιπροσωπεύουν συνηθισμένα μίγματα ανθρακικού ασβεστίου και διοξειδίου του πυριτίου χημικής προέλευσης που έχουν αποτεθεί ταυτόχρονα. Είναι πυκνοί, σκουρόχρωμοι και λεπτοστρωματωμένοι.

3) Ασβεστολιθίτες. Είναι λιθαρενίτες (πετρογραφικός τύπος ψαμμιτών) στους οποίους επικρατούν θραύσματα ανθρακικών πετρωμάτων (>50%).

4) Οφειτασβεσίτες. Πρόκειται για ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους με σύσταση ασβεστίτη και σερπεντίνη.

5) Καλός. Αποτελείται κυρίως από φλοιούς διαλυτών αλάτων ασβεστίου και ξένες προσμίξεις όπως χαλίκια, άμμους, ιλύες και αργίλους. Είναι αδιαφανές, λευκός μέχρι καστανέρυθρος. Το συγκολλητικό υλικό είναι συνήθως CaCO_3 .

6) Δολομίτες. Θεωρούνται μονόμικτα ανθρακικά πετρώματα με κύριο ορυκτό συστατικό το δολομίτη του οποίου η σύσταση κατά βάρος είναι $\text{MgO} = 21,9\%$, $\text{CaO} = 30,4\%$, $\text{CO}_2 = 47,7\%$. Έχουν χρώμα γκρίζο μέχρι καστανό και είναι ανθεκτικότεροι στην επίδραση διαλυμάτων οξέων σε σχέση με τους ασβεστόλιθους. Η πλειοψηφία των δολομιτών έχει σχηματιστεί από τη δολομιτίωση προϋπαρχόντων ασβεστολίθων. Δολομιτίωση είναι η διεργασία κατά την οποία ο ασβεστόλιθος μετατρέπεται μερικώς ή ολικώς σε δολομίτη με την αντικατάσταση μέρους του αρχικού CaCO_3 από MgCO_3 . Ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης του ασβεστίτη από δολομίτη έχουμε τους παρακάτω πετρογραφικούς τύπους:

Πετρογραφικός τύπος	% Δολομίτης
Ασβεστόλιθος	0 – 10
Δολομιτικός ασβεστόλιθος	10 – 50
Ασβεστιτικός δολομίτης	50 – 90
Δολομίτης	90 – 100

7) Μάργα. Είναι κυρίως μίγμα αργίλου (35-65%) και ασβεστόλιθου (35-65%) και σχηματίζεται σε περιβάλλον θαλασσίου ή κυρίως γλυκού νερού. Έχει

χρώμα γκρίζο και σπανιότερα χρώμα κίτρινο, πράσινο και μαύρο. Ανάλογα με το ποσοστό του αργίλου προκύπτουν οι παρακάτω πετρογραφικοί τύποι:

Μέλος	% Άργιλος
Ασβεστόλιθος	0 – 5
Μαργαϊκός ασβεστόλιθος	5 – 15
Μαργασβεστόλιθος	15 – 25
Ασβεστομάργα	25 – 35
Μάργα	35 – 65
Αργιλομάργα	65 – 75
Μαργάργιλος	75 – 85
Μαργαϊκή άργιλος	85 – 95
Άργιλος	95 – 100

3.2. Πετρογραφικοί τύποι Μεταμορφωμένων Ανθρακικών Πετρωμάτων

Βασική διεργασία στη μεταμόρφωση των πετρωμάτων είναι η ανακρυστάλλωση και η νεοκρυστάλλωση. Ανακρυσταλλώσεις είναι συχνές σε πετρώματα που αποτελούνται από ένα και μόνο ορυκτό όπως ο ασβεστόλιθος. Όλες οι μεταμορφικές διεργασίες σε ένα πέτρωμα οδηγούν σε μεταβολές που προκαλούν μείωση της θερμοδυναμικής τους ενέργειας. Για τον καθορισμό του πετρογραφικού τύπου ενός μεταμορφωμένου πετρώματος είναι απαραίτητος ο πλήρης προσδιορισμός της ορυκτολογικής του σύστασης, δηλαδή της συνολικής παραγένεσής του. Ως βάση της ταξινόμησης των μεταμορφωμένων πετρωμάτων θεωρείται η υφή και βοηθητικά χρησιμοποιούνται η ορυκτολογική σύσταση τους και το είδος των μητρικών τους πετρωμάτων.

Τα δύο πιο γνωστά ανθρακικά μεταμορφωμένα πετρώματα είναι:

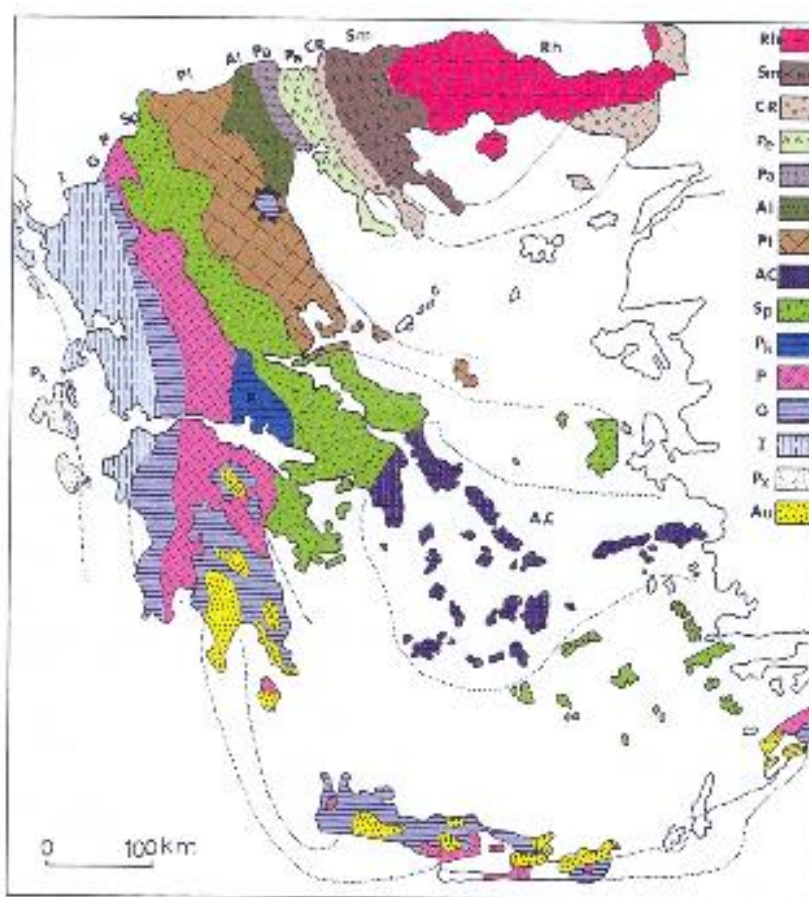
1) Ασβεσπιτικοί Σχιστόλιθοι. Πρόκειται για έντονα φυλλώδες μεταμορφωμένο πέτρωμα. Οι ασβεσπιτικοί σχιστόλιθοι είναι μια ομάδα σχιστωδών πετρωμάτων που έχουν θεμελιώδες συστατικό ασβεστίτη ή/και δολομίτη, περιέχουν

όμως σε μικρότερες αναλογίες χαλαζία, πλαγιόκλαστο, μοσχοβίτη, τάλκη, επίδοτο, κεροστίλβη κ.α. Παρουσιάζουν φτωχή, μέτρια ή καλή φολίδωση και σχιστότητα. Είναι προϊόντα περιοχικής μεταμόρφωσης με αρχικά υλικά αργιλομιγή και χαλαζιομιγή ασβεστολιθικά ή δολομιτικά πετρώματα (Δημητριάδης, 1988).

2) Μάρμαρα. Τα μάρμαρα είναι πετρώματα που αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από λεπτόκοκκο μέχρι χοντρόκοκκο ανακρυσταλλωμένο ασβεστίτη ή/και δολομίτη. Η υφή τους είναι συνήθως ισότροπη και ο ιστός τους λοβοειδής ή πολυγωνικός γρανοβλαστικός ή σακχαροειδής, που σημαίνει ότι όλοι οι κόκκοι του έχουν σχεδόν ίσο μέγεθος. Σπάνια παρουσιάζουν κάποιου είδους φολίδωση ή ατελή σχιστότητα. Είναι προϊόντα περιοχικής μεταμόρφωσης ανθρακικών ιζηματογενών πετρωμάτων (ασβεστολίθων και δολομιτών). Άλλα ορυκτά, εκτός από τα ανθρακικά, μπορεί να συμμετέχουν με μικρή αναλογία. Τέτοια ορυκτά είναι: χαλαζίας, άστριοι, μαρμαρυγίες, τρεμολίτης, γραφίτης κ.α. και η παρουσία τους εξαρτάται από το αν το αρχικό υλικό ήταν ασβεστιτικό ή δολομιτικό και αν περιείχε προσμίξεις πυριτικές ή αργλικές. Αν και το συνηθισμένο χρώμα των μαρμάρων είναι λευκό διάφορα επουσιώδη ορυκτά όπως: χλωρίτης, γρανάτης, βολλαστονίτης κ.α. προσδίδουν σε αυτά διάφορα χρώματα όπως: ροζ, κίτρινο, πράσινο ακόμα και μαύρο.

4. Γεωτεκτονική κατανομή ανθρακικών πετρωμάτων Ελλάδας

Η σημερινή γεωτεκτονική θέση της Ελλάδας είναι στο χώρο του ορίου σύγκρουσης των λιθοσφαιρικών πλακών Ευρώπης και Αφρικής, με τη διαμόρφωση του παγκόσμια γνωστού Ελληνικού τόξου. Η Ελλάδα και ολόκληρη η Βαλκανική χερσόνησος ανήκει στη Νέα Ευρώπη που σχηματίστηκε από πετρώματα – ιζημάτα που αποτέθηκαν στο Αλπικό γεωσύγκλινο και διαμορφώθηκαν με τις Αλπικές πτυχώσεις κατά την διάρκεια του Μεσοζωικού και Καινοζωικού. Ο Ελληνικός χώρος, κατά την διάρκεια του Μεσοζωικού – Καινοζωικού, καλύπτονταν από την Τηθύ θάλασσα, που είχε ως αποτέλεσμα την απόθεση μεγάλου πάχους ιζημάτων. Οι Ελληνίδες οροσειρές, μαζί με τις Δυναρίδες οροσειρές, περιλαμβάνονται στις Δυναρικές Άλπεις, που ανήκουν στον Δυναρικό κλάδο του Αλπικού συστήματος αλύσεων ορέων.



Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών. Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιροδοπική ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Al: Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξιού, PI: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικοκυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης, I: Ιόνιος ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπουλία, Au: Ενότητα «Πλακώδεις ασβεστόλιθοι- Ταλέα όρη» πιθανόν της Ιονίου ζώνης (Mountrakis et al, 1983).

Οι Ελληνικές οροσειρές υποδιαιρούνται σε 14 γεωτεκτονικές ζώνες από τα ανατολικά προς τα δυτικά και η κατανομή των ανθρακικών πετρωμάτων κατά γεωτεκτονική ζώνη και γεωλογική ηλικία είναι (Μουντράκης, 1985, Τσιραμπίδης, 1996):

4.1. Ελληνική Ενδοχώρα

1) Η μάζα της Ροδόπης

Οι ανθρακικοί σχηματισμοί της μάζας είναι ασβεστόλιθοι του Περμίου – Τριαδικού, ενστρώσεις ασβεστόλιθων και δολομιτών του Άνω Παλαιοζωικού, μάρμαρα του Λιθανθρακοφόρου και φακοί ασβεστόλιθων ηλικίας Σιλουρίου – Δεβονίου – Λιθανθρακοφόρου. Στη Θάσο βρίσκονται δύο ορίζοντες δολομιτικών μαρμάρων του Άνω Παλαιοζωικού (Βορέαδης, 1954).

2) Η Σερβομακεδονική μάζα

Το κρυσταλλοσχιστώδες της μάζας διαιρείται σε δύο μεγάλες σειρές. Την κατώτερη σειρά των Κερδυλλίων και την ανώτερη σειρά του Βερτίσκου. Στην πρώτη μεταξύ γνευσιακών πετρωμάτων βρίσκονται συνήθως μάρμαρα πολύ μεγάλου πάχους σε αντίθεση με τη δεύτερη που τα μάρμαρα περιορίζονται σε λεπτές ενστρώσεις. Η ηλικία και των δύο σειρών είναι Μεσοζωική.

4.2. Εσωτερικές Ελληνίδες

3) Περιροδοπική ζώνη

Οι τρεις βασικές ενότητες που συγκροτούν την ζώνη είναι: α) Η ενότητα Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά. Περιλαμβάνει μια ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά που ολοκληρώνεται προς τα πάνω με την απόθεση μιας ανθρακικής νηριτικής σειράς που αποτελείται από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους, ψαμμιτικούς και μαργαϊκούς. Η ηλικία της σειράς είναι Μ. Τριαδικό έως Μ. Ιουρασικό. β) Η ενότητα Μελισσοχωρίου – Χολομώντα. Ο κατώτερος σχηματισμός της είναι

μάρμαρα και ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι, ηλικίας Μ. – Α. Τριαδικό. Ο ανώτερος σχηματισμός, αποτελείται από τουρβιδικές εναλλαγές ψαμμιτών, μάργων και ασβεστολιθικών ενστρώσεων και είναι γνωστές ως «φλύσχης της Σβούλας», ηλικίας Κ. – Μ. Ιουρασικό. γ) Η ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη. Μετακλαστικά και νηριτικά ανθρακικά ιζήματα, ανάλογα της ενότητας Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά, αποτελούν τα κατώτερα τμήματα.

Μια παχιά σειρά φυλλιτών με ενστρώσεις μετακροκαλοπαγών και ασβεστολίθων πλούσιων σε απολιθώματα φυκών και τρηματοφόρων εμφανίζεται στην περιοχή της Αλεξανδρούπολης με ηλικία Τριαδικό – Κάτω Κρητιδικό (Μαράτος & Ανδρονόπουλος, 1965).

4-5-6) Ζώνη Αξιού

4) Ζώνη Παιονίας

Στο ανατολικό της τμήμα βρίσκονται ένα ανώτερο λεπτό ασβεστολιθικό στρώμα ηλικίας Κάτω Ιουρασικού και ένα κατώτερο παχύ στρώμα ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων του Τριαδικού. Στο δυτικό τμήμα βρίσκονται κροκαλοπαγείς ή νηριτικοί ασβεστόλιθοι με απολιθώματα κοραλλιών χαρακτηριστικών του Πορτλαντίου (Άνω Ιουρασικό), μάρμαρα ηλικίας Τριαδικού – Ιουρασικού, καθώς και μια Ηωκαινική ασβεστολιθική σειρά.

5) Ζώνη Πάικου

Εμφανίζονται κυρίως απολιθωματοφόροι ασβεστόλιθοι και σιπολινικά μάρμαρα ηλικίας Τριαδικό – Κ. Κρητιδικό. Κατά το Μ. – Α. Κρητιδικό η ιζηματογένεση στη ζώνη έδωσε αρχικά δολομιτικά πετρώματα, στη συνέχεια νηριτικούς ασβεστόλιθους και τέλος ασβεστολιθίτες.

6) Ζώνη Αλμωπίας

Οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ζώνης είναι μάρμαρα, σιπολίνες, δολο-

μίτες και ασβεστόλιθοι ηλικίας Τριαδικού – Ιουρασικού. Επίσης εμφανίζονται τεφροί έως μαύροι ασβεστόλιθοι του Μέσου – Άνω Κρητιδικού και Πλειστοκαινικοί τραβερτίνες.

7) Πελαγονική ζώνη

Φακοί ερυθρών και τεφρών ασβεστόλιθων, παρεμβάλλονται στις Περμοτριάδικές κλαστικές ακολουθίες της ζώνης. Διαιρείται σε δύο ανθρακικά καλύμματα. Το δυτικότερο, ηλικίας Μ. Τριαδικού – Κ. Κρητιδικού, αποτελείται από λατυποπαγείς ή πλακώδεις ανακρυσταλλωμένους και βιοσπαριτικούς ασβεστόλιθους, χρώματος λευκού, τεφρού ή μαύρου. Το ανατολικότερο κάλυμμα, ηλικίας Τριαδικού – Ιουρασικού, αποτελείται από ανακρυσταλλωμένους βιοσπαριτικούς ασβεστόλιθους, δολομίτες, μάρμαρα και σιπολίνες.

Στην ίδια ζώνη βρίσκονται και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι του Μέσου Κρητιδικού, μικρολατυποπαγείς και συμπαγείς ασβεστόλιθοι του Άνω Κρητιδικού και ασβεστοπηλινικός φλύσχος του Α. Κρητιδικού – Κ. Παλαιοκαίνου.

8) Αττικοκυκλαδική ζώνη

Οι κυριότερες ενότητες της ζώνης είναι (Paranikolaou, 1984):

α) Η ενότητα Αττικής. Αποτελείται από μάρμαρα και δολομίτες Α. Τριαδικού – Κ. Ιουρασικού, αλλά και ανθρακικά μεταμορφωμένα πετρώματα του Α. Κρητιδικού.

β) Η ενότητα βόρειων Κυκλάδων. Αποτελείται από μάρμαρα του Α. Τριαδικού – Κ. Ιουρασικού.

γ) Η ενότητα νότιων Κυκλάδων. Αποτελείται από μάρμαρα και δολομίτες ηλικίας Α. Τριαδικού – Α. Κρητιδικού.

Στην περιοχή της Βοιωτίας βρίσκονται μεγάλου πάχους νηριτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες ηλικίας Τριαδικού – Μ. Ιουρασικού.

9) Υποπελαγονική ζώνη

Οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ζώνης αυτής είναι κυρίως πελαγικοί ασβεστόλιθοι με πυριτικούς κονδύλους και νηριτικοί με φύκη ηλικίας Τριαδικού. Χαρακτηριστικοί είναι οι ερυθροί αμμωνιτοφόροι ασβεστόλιθοι. Στο Ανώτερο Τριαδικό επικρατούν τεφροί και συχνά ωολιθικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες. Στο Ανώτερο Κρητιδικό ακολουθούν μαύροι ως τεφροί νηριτικοί ή πλακώδεις ασβεστόλιθοι, συχνά ωολιθικοί ή τύπου bird's eye και νηριτικοί ρουδιστοφόροι και πελαγικοί μαργαϊκοί κονδυλώδεις ασβεστόλιθοι.

Στα ανατολικά της ζώνης έχουν εντοπιστεί μαύροι σχιστοποιημένοι ασβεστόλιθοι του Σιλουρίου, ασβεστόλιθοι και μάρμαρα του Δεβονίου, σχιστώδεις ασβεστόλιθοι του Λιθανθρακοφόρου, καθώς και ασβεστόλιθοι του Σιλουρίου – Περμίου.

4.3. Εξωτερικές Ελληνίδες

10) Ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας

Νηριτικοί ασβεστόλιθοι συνολικού πάχους 1.800 μέτρων αποτελούν σχεδόν το σύνολο των πετρωμάτων αυτής της ζώνης. Τα βαθύτερα στρώματα αποτελούνται από λευκό δολομίτη που εξελίσσεται προς τα πάνω σε τεφρό παχυστρωματώδη ασβεστόλιθο, μερικές φορές αμμωνιτοφόρο, ηλικίας Α. Τριαδικού. Ακολουθεί σκουρόχρωμος, βιοσπαριτικός ασβεστόλιθος ηλικίας Κ. Ιουρασικού και ωομικριτικός ασβεστόλιθος του Α. Ιουρασικού. Πάνω σ' αυτόν βρίσκεται ο πρώτος βωξιτικός ορίζοντας που καλύπτεται από σκουρόχρωμους ασβεστόλιθους. Ακολουθεί ο δεύτερος βωξιτικός ορίζοντας που καλύπτεται από λευκούς ή τεφρούς ασβεστόλιθους του Α. Ιουρασικού – Μ. Κρητιδικού. Στη συνέχεια ο τρίτος βωξιτικός ορίζοντας καλύπτεται από μαύρους ρουδιστοφόρους ασβεστόλιθους του Μ. Κρητιδικού. Η ιζηματογένεση συνεχίζεται προς τα πάνω με λευκούς μέχρι ερυθροπράσινους και κονδυλώδεις βιομικριτικούς ασβεστόλιθους του Α. Κρητιδικού – Παλαιοκαίνου.

11) Ζώνη Ωλονού – Πίνδου

Τα βαθύτερα ιζήματα αυτής της ζώνης είναι δολομίτες και ασβεστόλιθοι ηλικίας Μ. Τριαδικού. Στο Α. Τριαδικό γίνεται η απόθεση πελαγικών πλακωδών μικριτικών ασβεστόλιθων. Στη διάρκεια του Ιουρασικού αποτέθηκαν πελαγικοί πυριτικοί ασβεστόλιθοι. Στο Α. Κρητιδικό έγινε απόθεση πελαγικών πλακωδών ασβεστόλιθων με πυριτικές ενστρώσεις. Η ιζηματογένεση γίνεται σταδιακά ασβεστομαργαϊκή και μεταπίπτει στο τυπικό και αντιπροσωπευτικό φλύσχη του Ελληνικού χώρου.

12) Ζώνη Γαβρόβου – Τρίπολης

Το υπόβαθρο της ζώνης αποτελείται από πλακώδεις και ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους του Τριαδικού – Ηωκαίνου. Στη συνέχεια η νηριτική ιζηματογένεση έδωσε δολομίτες και τεφρούς μέχρι μαύρους βιοσπαριτικούς ή βιομικριτικούς ασβεστόλιθους. Το συνολικό τους πάχος είναι περίπου 1.800 μέτρα και η ηλικία τους Άνω Τριαδικό – Άνω Ηώκαινο.

Η ανθρακική ιζηματογενής σειρά της περιοχής του Ολύμπου είναι νηριτική, έχει πάχος 2.500 μέτρα και περιλαμβάνει ασβεστόλιθους και δολομίτες ηλικίας Α. Τριαδικού – Κ. Ηωκαίνου.

13) Αδριατικοϊόνιος ζώνη

Στην διάρκεια του Α. Τριαδικού – Κ. Ιουρασικού αποτέθηκαν μαύροι ασβεστόλιθοι, λευκοί δολομίτες, νηριτικοί ασβεστόλιθοι, ερυθροί αμμωνιτοφόροι (ammonitico rosso) ασβεστόλιθοι και ασβεστόλιθοι με Filaments. Ακολούθησε η απόθεση πελαγικών πλακωδών ασβεστόλιθων μέχρι το Α. Κρητιδικό και λατυποπαγών βιομικριτικών ασβεστολίθων κατά το Άνω Κρητιδικό – Μ. Ηώκαινο. Το νότιο τμήμα της ζώνης αποτελείται από ένα αυτόχθονο σύστημα πλακωδών ή μαζοειδών ασβεστόλιθων (σειρά Plattenkalk) δολομιτών και ασβεστολιθικών κροκαλοπαγών ηλικίας Πέρμιου – Ηωκαίνου.

14) Ζώνη Παξών

Γύψοι, δολομίτες και νηριτικοί ασβεστόλιθοι είναι τα παλαιότερα ιζήματα της ζώνης με ηλικία Α. Τριαδικό. Λευκοί ως τεφροί νηριτικοί ασβεστόλιθοι συχνά μικρολατυτοπαγείς και με ενστρώσεις κερατόλιθου αποτέθηκαν μέχρι το Μειόκαινο.

5. Χρήσεις Ανθρακικών Πετρωμάτων

Με τον όρο βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα συμπεριλαμβάνονται όλα τα ορυκτά και τα πετρώματα που χρησιμοποιούνται ανεπεξέργαστα ή επεξεργασμένα ως πρώτες ύλες ή ως βοηθητικά προσθέματα από πολλές βιομηχανίες, αλλά και ως δομικά υλικά στις κατασκευές. Τέτοια υλικά θεωρούνται και τα ανθρακικά πετρώματα, ιζηματογενούς ή μεταμορφικής προέλευσης. Μετά την εξόρυξη των βιομηχανικών ορυκτών και πετρωμάτων, σημαντικό ρόλο παίζει ο εμπλουτισμός τους. Μερικές από τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι ο θρυμματισμός, το πλύσιμο, το κοσκίνισμα, η επίπλευση κ.α. Οι μέθοδοι εμπλουτισμού παραμένουν ίδιες με αυτές των μεταλλευμάτων. Τα περισσότερα όμως βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα επεξεργάζονται χωρίς να προηγηθεί εκτεταμένος εμπλουτισμός τους. Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι επεξεργασίας είναι η θραύση, η κονιοποίηση, η κοσκίνιση, η λειοτρίβηση, η ξήρανση, η φρύξη, η χημική επεξεργασία κ.α.

Απαιτήσεις μεγέθους για διάφορες χρήσεις ανθρακικών πετρωμάτων (Harben, 1992).

Μέγεθος τεμαχιδίων	Χρήσεις
> 1m	Λίθοι δόμησης
> 30cm	Λίθοι δόμησης, αρδευτικών καναλιών, αναβαθμίδων ποταμών, φραγμάτων, προστασίας ακτών
20 – 1 cm	Αδρανή για σκυροδέματα, υποστρώματα δρόμων και σιδηροδρομικών γραμμών, για στέγες κατοικιών
8 – 3 cm	Στρώματα φιλτραρίσματος, ταφικά μνημεία
5 – 0,2 cm	Υαλουργία και χημικές βιομηχανίες, άμμος ορνιθοτροφείων
< 4 cm	Ασβεστοποίηση
< 3 cm	Εύτηκτα σε χυτήρια
< 0,2 cm	Πληρωτικά, αποξεστικά, στιλβωτικά και υλικά σμάλτου, σκόνη ορυχείων, παρασκευή μυκητοκτόνων και εντομοκτόνων
< 0,1 mm	Αποθείωση καπνοδόχων βιομηχανικών μονάδων

Τα περισσότερα ανθρακικά πετρώματα προσφέρονται άφθονα σε παγκόσμια κλίμακα και σε χαμηλές τιμές. Στις μέρες μας βρίσκονται μεταξύ των 30 σπουδαιότερων πρώτων υλών με πολλές εφαρμογές. Πιο συγκεκριμένα, οι

βιομηχανικοί ασβεστόλιθοι βρίσκονται στην 11^η θέση της παγκόσμιας σειράς κατάταξης, ανάλογα με την αξία τους, για όλες τις βιομηχανικές εφαρμογές και για την βιομηχανία τσιμέντου στην 5^η θέση. Ποιοτικά καταλαμβάνουν αντίστοιχα την 11^η και την 7^η (Luttig, 1980).

Οι σημαντικότερες χρήσεις των ανθρακικών πετρωμάτων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις παρακάτω κατηγορίες : 1) Κατασκευαστικός τομέας, 2) Γεωργική και κτηνοτροφική βιομηχανία, 3) Βιομηχανικές εφαρμογές, 4) Περιβαλλοντικές εφαρμογές.

5.1. Κατασκευαστικός τομέας

Τα ανθρακικά πετρώματα κατέχουν την πρώτη θέση στην κατανάλωση στον κατασκευαστικό τομέα με ευρύτητα χρήσεων, καθώς και μεγάλη ποικιλία προδιαγραφών. Κάποιοι από τους βασικούς τομείς εφαρμογής είναι η δόμηση (π.χ. λίθοι δόμησης, πλάκες επίστρωσης ή επένδυσης), τα αδρανή υλικά, η οδοποιία, η τσιμεντοβιομηχανία, τα πληρωτικά, λευκαντικά και επικαλυπτικά υλικά, η μεταλλουργία, τα κεραμικά κ.α.

Επίσης, οι κατασκευές κατέχουν σπουδαία θέση στην κατανάλωση της ασβέστου (για την παρασκευή της ο ασβεστόλιθος πρέπει να περιέχει >98,6% CaCO_3 και <1% SiO_2). Η οργανική ύλη που περιέχει ο ασβεστόλιθος επηρεάζει το πορώδες που συνδέεται με την δραστικότητα της παραγόμενης ασβέστου. Όσο μεγαλύτερο το ποσοστό της οργανικής ύλης του ασβεστόλιθου τόσο δραστικότερη θα είναι η άσβεστος (Καντηράνης κ.α., 1999). Βιογενείς ασβεστόλιθοι από την περιοχή Χαιρεθιανά της δυτικής Κρήτης έχουν μελετηθεί και κριθεί κατάλληλοι για την παραγωγή υδραυλικής ασβέστου (Μαρκόπουλος κ.α., 2004). Επίσης, ο Άνω Κρητιδικός ασβεστόλιθος της Ιόνιας ενότητας, από την περιοχή της Άρτας, έχει βρεθεί κατάλληλος για την παραγωγή ασβέστου (Christidis et al., 2001).

Για την καταλληλότητα των ανθρακικών πετρωμάτων για κατασκευαστικούς σκοπούς εξετάζονται κάποιες φυσικές και χημικές ιδιότητες (Power, 1985): 1) Η αντοχή και η σκληρότητα. Συνδέεται κυρίως με την πυκνότητα, το

πορώδες και το βαθμό ομογένειας μιας απόθεσης. 2) Σχήμα θραυσμάτων. Μετά την θραύση και την κονιοποίηση τα τεμαχίδια πρέπει να είναι όσο γίνεται κυβικού σχήματος, χωρίς φυλλώδη δομή ή μικρορωγμές. 3) Καθαρότητα. Δεν πρέπει να περιέχουν ξένες προσμίξεις (π.χ. άργιλο, ιλύ κ.α.). 4) Χημική καθαρότητα. Η παρουσία διαλυτών ορυκτών ή ξένων προσμίξεων (π.χ. θειικών), μειώνει την αντοχή του σκυροδέματος. 5) Χρώμα. Όταν τα πετρώματα χρησιμοποιούνται για διακοσμητικούς σκοπούς ή όταν απαιτείται υψηλή ανακλαστικότητα, το χρώμα παίζει μεγάλο ρόλο.

α) Αδρανή υλικά.

Αδρανή υλικά ονομάζουμε τα σκληρά κατασκευαστικά υλικά όπως χαλίκια, άμμοι, όστρακα, σκωρίες, θρυμματισμένα πετρώματα, καθώς και το συνδυασμό αυτών που χρησιμοποιούνται σε μίγματα ποικίλων κοκκομετρικών διαβαθμίσεων με ένα συγκολλητικό ή βιτουμενιούχο υλικό για παραγωγή κονιαμάτων, σκυροδεμάτων, προκατασκευασμένων δομικών στοιχείων κ.λ.π. Ονομάστηκαν αδρανή, γιατί δεν αντιδρούν χημικά με τις διάφορες συγκολλητικές ύλες. Χρησιμοποιούνται αυτούσια ως υποστρώματα δρόμων και σιδηροδρομικών τροχιών, σε φράγματα, σε τοίχους αντιστήριξης πρανών, σε κατασκευές λιμενικών έργων (λιμενοβραχίονες, κυματοθραύστες κ.α.), σε κατασκευές αναβαθμιδών ποταμών, για προστασία ακτών, σε στέγες κτιρίων, σε ταφικά μνημεία, ως φίλτρα διήθησης ή καθαρισμού νερών κ.α.

Βάση των ελληνικών προδιαγραφών τα αδρανή διακρίνονται σε σχέση με το μέγεθος των κόκκων τους σε (Κατερινόπουλος και Σταματάκης, 1995): 1) Παιπάλη ή αλεύρι ($<0,25$ mm), 2) Άμμο ($0,25 - 7$ mm), 3) Χαλίκι ($7 - 70$ mm).

Επίσης, διαχωρίζονται σε σκληρά αδρανή (π.χ από πορφυριτικά πετρώματα, βασάλτες, χαλαζίτες κ.α.) και μαλακά αδρανή που χωρίζονται ανάλογα με την προέλευση τους σε α) φυσικά, που προέρχονται από την θραύση και διαλογή πετρωμάτων όπως π.χ. οι ασβεστόλιθοι, η κίσσηρη, οι τόφφοι κ.α. και β) τεχνητά, που σχηματίζονται από την πύρωση πηλιτών, από την θραύση και διαλογή αφρώδους ή κοκκώδους σκωρίας, τέφρας κ.α. Στην Ελλάδα, σχε-

δόν όλα τα αδρανή υλικά είναι ασβεστολιθικής προέλευσης που ικανοποιούν τις περισσότερες προδιαγραφές, αλλά υστερούν στη φθορά από τριβή και στη δυνατότητα κατασκευής αντισιδητικών οδοστρωμάτων.

Στα αδρανή υλικά πραγματοποιούνται διάφοροι έλεγχοι όπως καθαρότητα, προσδιορισμός ειδικού βάρους, πορώδους, υδαταπορροφητικότητας κ.α. Ένας σημαντικός έλεγχος είναι το τεστ ολισθηρότητας που προσδιορίζει τον κατάλληλο τύπο αδρανούς για την κατασκευή οδοστρωμάτων. Μία ακόμα σημαντική ιδιότητα των αδρανών υλικών είναι η κοκκομετρική τους διαβάθμιση. Η κοκκομετρία προσδιορίζεται με μια σειρά προτύπων κοσκίνων και αφού το αρχικό υλικό πυρωθεί στους 105⁰C, ώστε να αφαιρεθεί η φυσική του υγρασία.

Από την μελέτη των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των μαρμάρων της Μερέντας (ανατολική Αττική) διαπιστώθηκε η καταλληλότητά τους για την παραγωγή αδρανών υλικών (Κουμαντάκη κ.α., 1986). Οι ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι και τα τυπικά μάρμαρα της περιοχής Βαφειοχωρίου Κιλκίς μπορούν μετά από την κατάλληλη θρυμματοποίηση να χρησιμοποιηθούν επίσης ως αδρανή υλικά (Ηλιάδου κ.α., 2004).

β) Τσιμεντοβιομηχανία.

Κονίες ή συνδετικές ύλες ονομάζουμε τα κονιοποιημένα υλικά που, όταν αναμιχθούν με νερό, σχηματίζουν πολτό ο οποίος παρουσιάζει συγκολλητικές ιδιότητες, πήζει και σκληραίνει. Οι πρώτες ύλες του τσιμέντου είναι ασβεστόλιθος («βασικό» συστατικό), άργιλος («όξινο» συστατικό), γύψος (επιβραδυντής) και προσθετικά. Οι κυριότερες κονίες είναι το τσιμέντο, η ασβεστος, η υδράσβεστος, η υδραυλική ασβεστος, η γύψος, η μαγνησιακή κόλλα, η ρωμαϊκή κονία, ο πηλός, η ασφαλτος και η πίσσα. Η βιομηχανία τσιμέντου απορροφά μεγάλες ποσότητες ασβεστόλιθου αφού για την παραγωγή ενός τόνου τσιμέντου απαιτείται αντίστοιχα ένας τόνος ασβεστόλιθος.

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες των ανθρακικών πετρωμάτων στα γεωγραφικά όρια του νομού Κοζάνης (Σιάτιστα, όρος Βούρινος, όρος Βέρμιο) έχουν

μελετηθεί και έχουν βρεθεί κατάλληλα για την βιομηχανία τσιμέντου (Dagounaki et al, 2004), όπως επίσης και τα ασβεστιτικά μάρμαρα της Θάσου (Καντηράνης κ.α., 2001).

Ανάλογα με τον τρόπο που στερεοποιούνται οι κονίες χωρίζονται σε (Κατερινόπουλος και Σταματάκης, 1995): 1) Απλές, που στερεοποιούνται στην ατμόσφαιρα και διαλύονται σε υγρό περιβάλλον, ακόμη και αν έχουν στερεοποιηθεί, 2) Υδραυλικές, που πήζουν και σκληραίνουν μέσα σε υγρό περιβάλλον. Βασικές προδιαγραφές για την παραγωγή του κοινού τσιμέντου είναι: >65% CaCO_3 , <5% MgO , <1,5% αδιάλυτο σε οξέα υπόλειμμα, <0,1% Fe και <3% απώλεια πύρωσης. Επίσης, το τσιμέντο πόρτλαντ πρέπει να περιέχει <5% MgO που σημαίνει ότι η πρώτη ύλη πρέπει να περιέχει <3% MgCO_3 (Τσιραμπίδης, 1996).

γ) Πληρωτικά, λευκαντικά και επικαλυπτικά υλικά.

Πληρωτικά χαρακτηρίζονται τα υλικά που προσθέτονται σε προϊόντα για την αύξηση του όγκου τους, τη μείωση του κόστους τους και την βελτίωση γενικά των ιδιοτήτων τους. Ειδικότερα με τη χρήση των πληρωτικών επιτυγχάνεται η βελτίωση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των προϊόντων (π.χ. ελαστικότητα, αντοχή στην κρούση κ.α.), ρυθμίζεται η πυκνότητα, η σκληρότητα, το χρώμα και η λάμψη. Οι κυριότερες ιδιότητες των πληρωτικών που πρέπει να αξιολογούνται είναι η ορυκτολογική και χημική σύσταση, το σχήμα των κόκκων, η κοκκομετρία, η σκληρότητα, το χρώμα, ο δείκτης διάθλασης, η υδατοδιαλυτότητα, το ειδικό βάρος, η διασπορά και η απορρόφηση του συνδετικού υλικού (Παναγόπουλος κ.α., 1991).

Ασβεστόλιθος μεγάλης καθαρότητας, ύστερα από κατάλληλη άλεση, χρησιμοποιείται ευρέως ως πληρωτικό, λευκαντικό ή επικαλυπτικό υλικό σε πλήθος εφαρμογών στις κατασκευές και στην ευρύτερη βιομηχανία. Μεγάλη σημασία έχει ο βαθμός άλεσης και το κοκκομετρικό μέγεθος. Τα κονιοποιημένα ανθρακικά πετρώματα για πληρωτικές χρήσεις πρέπει να έχουν λευκότητα >80% (για παρασκευή στόκου) ή >96% (για κατεργασία χάρτου), τιμές απορρόφησης ελαίων 18–21, επιφανειακή έκταση 1,5–4 m^2/g , ολική πυκνότητα

0,6-0,8 g/cm³, και pH ίσο με 9-9,5. Κοιτάσματα ασβεστιτικών μαρμάρων των περιοχών Κράστας – Λουτροχωρίου και Κουμαριάς (νομού Ημαθίας) και Κυνίδαρου (Νάξου) λόγω του υψηλού βαθμού λευκότητας και της χαμηλής ικανότητας απόξεσης θεωρούνται κατάλληλα ως υλικά πλήρωσης (Λασκαρίδης, 1988).

Ενδεικτικές εφαρμογές των πληρωτικών είναι: παρασκευή ασφαλτομιγμάτων, χρωμάτων, συγκολλητικών υλικών, στόκου, λιπασμάτων, σαπουνιών, ξυλομπογιών, ως πληρωτικό, λευκαντικό και επικαλυπτικό χάρτου, ως πρόσθετο επικαλυμμάτων δαπέδων, παρασκευή ελαστικών, οδοντόπαστας, φαρμακευτικών υλικών, στεγανωτικών υλικών, πλαστικών, καλλυντικών, κραγιόν, μπίκεν πάουντερ, πλαισίων κορνιζών, λειαντικών, εκρηκτικών, υλικών χυτηρίων, λευκής μελάνης, εντομοκτόνων, κατεργασία τσίχλας κ.α.

Μεγέθη κόκκων ανθρακικών πετρωμάτων για πληρωτικές εφαρμογές (Harben, 1992).

Χαρακτηρισμός κόκκων	Μέγεθος κόκκων (mm)	Χρήσεις
Αδρόκοκκος	40 - 22	Κόλλα αρμών, υπόστρωμα ταπήτων, ασφαλτος στεγών
Μεσόκοκκος	22 – 12	Στόκος, σφραγιστικά, ελαστικά
Λεπτόκοκκος	10 – 3	Χαρτί, χρώματα, πλαστικά, ελαστικά
Υπερλεπτόκοκκος	2 – 0,7	Χαρτί, χρώματα, πλαστικά

δ) Μεταλλουργία

Ο ασβεστόλιθος χρησιμοποιείται στην παραγωγή αλουμίνας πλούσιας σε SiO₂. Επίσης πολύ εκτεταμένη είναι η χρήση CaO στην ανάκτηση σειράς μεταλλευμάτων με επίπλευση, όπως μεταλλεύματα χαλκού, χρυσού, αργύρου, ουρανίου, υδράργυρου, ψευδάργυρου, νικελίου κ.α. Οι απαιτούμενες προδιαγραφές για την χρήση κονιοποιημένου ασβεστόλιθου στην αποθείωση καπνοδόχων βιομηχανικών μονάδων είναι: >95% CaCO₃, <2% SiO₂, <1%

Fe_2O_3 , <1% Al_2O_3 , <1% MgO , <0,02% MnO , <0,001% Cl , ελάχιστη δραστηριότητα 50% σε 30 λεπτά μέχρι 90% σε 90 λεπτά (Τσιραμπίδης, 2005).

Οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί της Σιάτιστας και οι δολομιτικοί σχηματισμοί του Βερμίου της Κοζάνης είναι κατάλληλοι να χρησιμοποιηθούν μέσα στον κλίβανο ως ρευστοποιητές με σκοπό να σχηματίσουν σκωρία με τα όξινα συστατικά του μεταλλεύματος, ενώ οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί της Σιάτιστας, της Κοζάνης και του Βούρινου και οι δολομιτικοί σχηματισμοί του Βερμίου και της Κοζάνης είναι κατάλληλοι για τις εγκαταστάσεις συμπύκνωσης ως μέσα ροής (Νταγκουνάκη κ.α., 2004).

ε) Κεραμικά

Στην κεραμική χρησιμοποιείται ασβεστόλιθος ειδικών προδιαγραφών σύστασης και κοκκομετρίας, ως πρόσθετο για στιλβώματα και σμαλτώματα. Τα κεραμικά προϊόντα διακρίνονται σε (Κατερινόπουλος και Σταματάκης, 1995): 1) Αδρόκοκκα και λεπτόκοκκα με βάση το μέγεθος των συστατικών τους και 2) Πορώδη και μη πορώδη με βάση την υδαταπορροφητικότητα τους. Στα αδρόκοκκα κεραμικά και ως δομικά υλικά περιλαμβάνονται τα τούβλα και τα κεραμίδια δίνοντας έμφαση στην αντοχή τους στην θλίψη.

5.2. Γεωργική και κτηνοτροφική βιομηχανία

α) Βελτιωτικά εδαφών.

Η οξύτητα των εδαφών είναι ένας περιοριστικός παράγοντας στην ανάπτυξη των φυτών που οφείλεται κυρίως στην αλόγιστη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων. Ένας τρόπος βελτίωσης αυτών των εδαφών είναι η πρακτική της ασβέστωσης, δηλαδή η προσθήκη υλικών που περιέχουν ενώσεις του Ca και Mg . Με τη διαδικασία αυτή επιτυγχάνουμε: 1) Εξουδετέρωση της οξύτητας των όξινων εδαφών και αύξηση του pH στις αλκαλικές περιοχές. Η ποσότητα του ασβεστόλιθου που προσθέτεται εξαρτάται από την οξύτητα του εδάφους, το χαρακτήρα του χώματος και το είδος της καλλιέργειας (από την εμπειρία, οι

ποσότητες που απαιτούνται κυμαίνονται από 500-2500 kg υδρασβέστου ανά στρέμμα ή ισοδύναμες ποσότητες άλλων ασβεστούχων υλικών (Σικαλίδης και Καραγιαννίδης, 2004)). 2) Παροχή βασικών θρεπτικών ουσιών (ιδιαίτερα σε φυτά που απορροφούν μεγάλες ποσότητες Ca και Mg όπως τριφύλλι, κρεμμύδι, καλαμπόκι κ.α.). 3) Αύξηση της απόδοσης των λιπασμάτων με χρονικό περιορισμό της απόπλυσης των συστατικών τους στοιχείων. 4) Εξασφάλιση πηγής άντλησης ιχνοστοιχείων που περιέχει συνήθως ο ασβεστόλιθος. 5) Ενεργοποίηση μικροβιολογικών δραστηριοτήτων με συνέπεια την απελευθέρωση άλλων στοιχείων μεγάλης θρεπτικής αξίας. 6) Αύξηση μικροοργανισμών ο ρόλος των οποίων είναι γνωστός στην καλύτερη γονιμότητα του εδάφους. 7) Διευκόλυνση και επιτάχυνση της αποσύνθεσης των υπολειμμάτων της φυτικής ζωής. 8) Βελτίωση της καλλιεργησιμότητας του εδάφους (ο ασβεστόλιθος διατηρεί το έδαφος πιο μαλακό, εύθρυπτο και εργάσιμο).

β) Βιομηχανία λιπασμάτων

Στα λιπάσματα προσθέεται δολομίτης, σε αναλογία μέχρι 13% με κοκκομετρία 0,2 – 1 mm, ως πληρωτικό ή αραιωτικό υλικό. Συνεισφέρει σε Ca και Mg και εξουδετερώνει στα λιπάσματα τα $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4NO_3 , τα υπερφωσφορικά και την ουρία που δημιουργούν όξινο περιβάλλον.

γ) Συμπληρώματα ζωοτροφών

Ασβεστόλιθος εξαιρετικά καθαρός (98 – 98,5% CaCO_3), απαλλαγμένος από τοξικές ουσίες (As, F κ.α) και μη τοξικές (SiO_2 , Al_2O_3 κ.α.) και με αυστηρές κοκκομετρικές προδιαγραφές χρησιμοποιείται στην βιομηχανία ζωοτροφών. Ο παραπάνω ασβεστόλιθος σε ανάμιξη με διφωσφορικό κάλιο και αλεσμένα οστά προσθέεται στις τροφές των οικόσιτων ζώων με αποτέλεσμα την υγιεινή διάπλαση του σκελετού και των ιστών των ζώων, καθώς και τη γρηγορότερη ανάπτυξή τους. Τα θαλάσσια κελύφη είναι σχεδόν καθαρό CaCO_3 και θεωρούνται καλές πηγές Ca για όλες τις τάξεις των ζώων. Επίσης, κονιοποιημένος ασβεστόλιθος συνηθισμένης καθαρότητας με κόκκους μεγέθους <3 mm

χρησιμοποιείται ως μέσο πέψης πουλερικών. Ακόμα, άσβεστος διασκορπίζεται στα δάπεδα των ορνιθοτροφείων εξουδετερώνοντας ορισμένες μεταδοτικές ασθένειες, αλλά και τη δυσοσμία (Τσιραμπίδης, 2004, 2005).

5.3. Βιομηχανικές εφαρμογές

α) Βιομηχανία τροφίμων.

Ανθρακικά πετρώματα (κυρίως ασβεστολιθικά και δολομιτικά) κονιοποιημένα σε λεπτόκοκκα θραύσματα χρησιμοποιούνται στην κονσερβοποίηση φρούτων και χυμών, στην επεξεργασία υπολειμμάτων σφαγής ζώων για παραγωγή κόλλας ή ζελατίνας, στην κατεργασία εκχυλίσματος των τεύτλων για παρασκευή της ζάχαρης κ.α. Συγκεκριμένα για τον εξευγενισμό της ζάχαρης ο κονιοποιημένος ασβεστόλιθος πρέπει να περιέχει $>98,5\%$ CaCO_3 και $<0,5\%$ SiO_2 .

β) Χαρτοβιομηχανία

Τα φυσικά ανθρακικά πετρώματα έχουν μεγάλη ποικιλία εφαρμογών στην χαρτοβιομηχανία. Ως υλικά πλήρωσης δίνουν στα χαρτιά τις απαιτούμενες ιδιότητες εκτύπωσης τους, δηλαδή υψηλό βαθμό αδιαφάνειας, καλύτερη σταθερότητα και αντοχή διαστάσεων και μείωση της πιθανότητας διαπέρασης του αρχικού χρώματος εκτύπωσης. Ασβεστόλιθος περιεκτικότητας 95-97% CaCO_3 και με μέγεθος κόκκων $<2 \mu\text{m}$ χρησιμοποιείται κατά τη μέθοδο Jensen για την παρασκευή χαρτοπολτού.

Τα σπουδαιότερα ποιοτικά κριτήρια στην εκλογή των ανθρακικών πετρωμάτων για χρήση στη χαρτοβιομηχανία είναι ο βαθμός λευκότητας, η ελάχιστη απόξεση και κυρίως το μέγεθος των κόκκων τους. Οι λευκοί ασβεστόλιθοι για να χρησιμοποιηθούν σε ειδικές εφαρμογές πρέπει να παρουσιάζουν υψηλό βαθμό λευκότητας και απορροφητικότητας ελαίου, ελάχιστη απόξεση, ελάχιστη υγρασία (0,1-0,2%) και μέγεθος κόκκων $<2 \mu\text{m}$. Συνήθως, ο βαθμός

λευκότητας είναι πάνω από 86% Elrepho R-457 και η τιμή απόξεσης μεγαλύτερη από 35 mg.

Τα τελευταία χρόνια το χημικά καταβυθιζόμενο CaCO_3 παίζει σημαντικό ρόλο στις αγορές των πληρωτικών και λευκών χρωστικών υλικών, ιδιαίτερα στην Ευρώπη, όπου η ζήτηση χάρτου αλκαλικής επεξεργασίας είναι υψηλή (Τσιραμπίδης, 2004).

Σύμφωνα με τον Λασκαρίδη (1988), τα ελληνικά δολομιτικά μάρμαρα και οι ασβεστολιθικοί δολομίτες παρουσιάζουν πολύ υψηλές τιμές απόξεσης, για αυτό πρέπει να αποκλείονται για χρήση στη χαρτοβιομηχανία ως λευκαντικά ή επικαλυπτικά υλικά σε αντίθεση με τους ασβεστόλιθους και τα ασβεστοίτικα μάρμαρα που είναι κατάλληλα.

γ) Υαλουργία

Μεγάλης καθαρότητας και ομοιογένειας ασβεστόλιθος και δολομίτης χρησιμοποιούνται στην υαλουργία που αποτελεί και παράδειγμα της δυνατότητας του ασβεστόλιθου να συμπληρώνει ή να αναπληρώνει την άσβεστο και αντίστροφα. Για την κατασκευή φιαλών πρέπει το κονιοποιημένο ανθρακικό πέτρωμα να περιέχει $<0,1\%$ Fe_2O_3 , $<0,001\%$ Cr_2O_3 και $<0,1\%$ υγρασία (Τσιραμπίδης, 2005).

Συνηθισμένες απαιτήσεις σύστασης ανθρακικών πετρωμάτων για την παρασκευή υαλοπινάκων (Harben, 1992).

Συστατικά	Ασβεστόλιθος %	Δολομίτης %
CaO	$>54,85$	$>29,50$
MgO	$<0,80$	$>21,40$
Fe_2O_3	$<0,075$	$<0,25$
Al_2O_3	$<0,35$	$<0,40$
Θεικές ενώσεις	$<0,05$	$<0,20$
Ελεύθερος άνθρακας	$<0,10$	$<0,40$
Αδιάλυτες ουσίες	$<0,60$	$<0,60$
Υγρασία	$<0,05$	$<0,10$

Ο δολομιτικός σχηματισμός του Βερμίου έχει βρεθεί κατάλληλος για την κατασκευή υαλοπινάκων, ενώ οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί της Σιάτιστας και του Βούρινου, καθώς και ο δολομιτικός σχηματισμός του Βερμίου αποτελούν κατάλληλες πρώτες ύλες για την κατασκευή άχρωμων φιαλών (Νταγκουνάκη κ.α., 2004). Επίσης, τα δολομιτικά μάρμαρα της Θάσου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή φιαλών, με την προϋπόθεση να έχουν πολύ χαμηλό Cr_2O_3 (Καντηράνης κ.α., 2001).

5.4. Περιβαλλοντικές εφαρμογές.

Τα προϊόντα της βιομηχανίας ασβέστου βρίσκουν πολλές εφαρμογές στην προστασία του περιβάλλοντος όπως π.χ. στην επεξεργασία του πόσιμου νερού, των αστικών λυμάτων, στην εξουδετέρωση της οξύτητας και τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με την αποθείωση των καπναερίων (ο ασβεστολιθικός σχηματισμός της Σιάτιστας είναι κατάλληλος για τη δέσμευση SO_3 από τα όξινα αέρια καμινάδας (DFG)(Νταγκουνάκη κ.α., 2004)) κ.α. Τα προϊόντα της βιομηχανίας παραγωγής ασβέστου που προορίζονται για περιβαλλοντικές εφαρμογές χαρακτηρίζονται από την υψηλή δραστικότητα και καθαρότητα τους (Τριανταφύλλου και Μανούτσογλου, 2004).

Σε λίμνες ή έλη, όπου τα νερά είναι στάσιμα και θολά και η ενάλια ζωή είναι φτωχή ή αδρανής εξαιτίας έντονης ανάπτυξης φυκών, αυξημένης παρουσίας οξέων και αφθονίας φυτικής ουσίας που αποσυνθέτεται, διασκορπίζεται στην επιφάνεια τους υδράσβεστος μόνη ή σε ανάμιξη με κονιοποιημένο ασβεστόλιθο. Με την προσθήκη αυτή επιτυγχάνεται αύξηση του pH, εξουδετέρωση της οξύτητας του νερού και αύξηση της διαύγειας με αποτέλεσμα την διείσδυση του οξυγόνου του αέρα και του ηλιακού φωτός και την επαναφορά της ενάλιας ζωής στα φυσιολογικά επίπεδα.

Σπουδαίο μέσο καθαρισμού βιομηχανικών και αστικών λυμάτων ή άλλων ακάθαρτων νερών αποτελεί ο τοποθετημένος σε στρώματα θρυμματοποιημένος ασβεστόλιθος, μεγάλης καθαρότητας που είναι απαλλαγμένος από σκόνη και μη ανθρακικά ορυκτά (π.χ. αργιλιοπυριτικά, οξείδια και σουλφίδια σιδήρου κ.α.). Ποιο συγκεκριμένα ο θρυμματοποιημένος ασβεστόλιθος πρέπει να περιέχει 85 – 95% CaCO_3 , <5% MgO και αδιάλυτα συστατικά.

6. Συμπεράσματα

Μετά από τη συστηματική μελέτη των πρακτικών των Διεθνών Συνεδρίων της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, καθώς και της αναφερόμενης βιβλιογραφίας μπορούν να εξαχθούν κάποια χρήσιμα συμπεράσματα, σχετικά με την παρουσία και το ρόλο των ανθρακικών πετρωμάτων στον ελλαδικό χώρο. Στην Ελλάδα υπάρχουν τεράστιες ποσότητες ανθρακικών πετρωμάτων, οι οποίες μάλιστα παρουσιάζουν ένα σημαντικό εύρος ιδιοτήτων. Αυτό ακριβώς το εύρος είναι που δίνει στο βιομηχανικό τομέα τις μεγάλες δυνατότητες αξιοποίησής τους. Τα ανθρακικά πετρώματα αποτελούν σημαντικές πρώτες ύλες για τη βιομηχανία (κατασκευές, γεωργία, κτηνοτροφία, κ.α.), αλλά και καταλύτες για την περιβαλλοντική ισορροπία.

Η παρούσα εργασία επιχείρησε μία γενική καταγραφή των χρήσεων των ανθρακικών πετρωμάτων στη βιομηχανία και όχι μόνο. Παρ' όλα αυτά απαιτείται μία συστηματικότερη και μεγαλύτερης κλίμακας διερεύνηση των δυνατοτήτων αξιοποίησης των ανθρακικών πετρωμάτων υπό το πρίσμα των τεχνολογικών εξελίξεων και την πρόοδο του τεχνικού τομέα.

7. Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Βορεάδης Γ., 1954, Γεωλογικά και κοιτασματολογικά έρευναι εν Θάσσω, Ι-ΓΕΥ,ΙΙΙ.
- Δημητριάδης Σ., 1988, Εισαγωγή στην πετρολογία των μεταμορφωμένων πετρωμάτων, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη, 73-118, 145-159.
- Δούτσος Θ., 2000, Γεωλογία: Αρχές και εφαρμογές, Leader Books, Αθήνα, 89-110.
- Ηλιάδου Σ., Τσιραμπίδης Α., Κασώλη-Φουρναράκη Α., ΜιχαηλίδηςΚ., 2004, Πετρογραφική και γεωχημική μελέτη ανθρακικών πετρωμάτων της περιοχής Βαφειοχωρίου Κιλκίς, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας 36/1, 10-18.
- Καντηράνης Ν., Τσιραμπίδης Α., Φιλιππίδης Α., 2001, Βιομηχανικές χρήσεις των ανθρακικών πετρωμάτων της νήσου Θάσου (Ελλάς), Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας 34/3, 1147-1154.
- Καντηράνης Ν., Φιλιππίδης Α., Χρηστάρας Β., Τσιραμπίδης Α., Κασώλη-Φουρναράκη Α., 1999, Ο ρόλος της οργανικής ύλης των ανθρακικών πετρωμάτων στη δραστικότητα της παραγόμενης ασβέστου, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας 33, 105-111.
- Κατερινόπουλος Α. & Σταματάκης Μ., 1995, Εφαρμοσμένη ορυκτολογία-πετρολογία. Τα βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα και οι χρήσεις τους, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο, Αθήνα, 311σ.
- Κουμαντάκη Ι., Κοντογιάννη Κ., Πατεράκη Γ., 1986, Μελέτη των μαρμάρων Μερέντας (Ανατ. Αττική) από τη σκοπιά της δυνατότητας παραγωγής αδρανών υλικών, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας 18, 99-109.
- Λασκαρίδης Κ., 1989, Εξέταση λευκών Ελληνικών ασβεστόλιθων και δολομιτών για τη χρήση τους στη βιομηχανία (π.χ. στη χαρτοβιομηχανία), Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας 23/2, 295-304.
- Μαράτος Γ., Ανδρονόπουλος Β., 1965, Η ανευρεθείσα πανίς εις τους ασβεστόλιθους Αλίκης-Αλεξανδρουπόλεως, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, 6, 348-352.
- Μαρκόπουλος Θ., Τριανταφύλλου Γ., Μανούτσογλου Ε., 2004, Αξιολόγηση βιογενών ασβεστόλιθων από την περιοχή Χαιρεθιάνα της Δυτικής Κρήτης για την παραγωγή υδραυλικής ασβέστου, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας 36/1, 28-33.
- Μουντράκης Δ., 1985, Γεωλογία της Ελλάδας, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 207σ.
- Νταγκουνάκη Κ., Κασώλη-Φουρναράκη Α., Τσιραμπίδης Α., Σικαλίδης Κ., 2004, Ανθρακικοί σχηματισμοί της ευρύτερης περιοχής της Κοζάνης και δυνατότητα αξιοποίησης τους στην υαλουργία, στην απομάκρυνση όξινων αερίων και στην μεταλλουργία, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας 36/1, 34-42.

- Παναγόπουλος Κ., Καλιαμπάκος Δ., Ραζής Ι., 1991, Τα πληρωτικά και οι χρήσεις τους, Ορυκτός πλούτος, 72, 17-25.
- Παπαευθυμίου – Παπανθίμου Α., 2004, Εισαγωγή στους πολιτισμούς της προϊστορίας, Εκδόσεις Βάνιας, Θεσσαλονίκη, 21-52.
- Σικαλίδης Κ., Καραγιαννίδης Ν., 2004, Χρησιμοποίηση ορυκτών πρώτων υλών και μιγμάτων τους ως εδαφοβελτιωτικό, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας 36/1, 43-52.
- Τριανταφύλλου Γ., Μανουτσόγλου Ε., 2004, Η συμβολή της ασβεστού στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας 36/1, 246-253.
- Τσιραμπίδης Α., 1996, Τα Ελληνικά μάρμαρα και άλλα διακοσμητικά πετρώματα, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 310σ.
- Τσιραμπίδης Α., 2004, Πετρολογία Ιζηματογενών Πετρωμάτων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 261σ.
- Τσιραμπίδης Α., 2004, Η χρήση επεξεργασμένων ή συνθετικών ορύκτων στην παρασκευή τροφίμων, φαρμάκων, καλλυντικών και άλλων προϊόντων, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας 36/1, 53-62.
- Τσιραμπίδης Α., 2005, Ο ορυκτός πλούτος της Ελλάδος, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη, 391σ.
- Τσιραμπίδης Α., 2008, Ιζηματογενή πετρώματα, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη, 317σ.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Christidis G., Triantafyllou G., Markopoulos T., 2001, Evaluation of an upper Cretaceous limestone from the area of Arta for lime production, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας 34/3, 1169-1175.
- Dagounaki C., Sikalidis C., Kassoli-Fournaraki A., Tsirampidis A., 2004, Suitability of the Kozani's area (NW Macedonia, Greece) carbonate rocks for the cement industry and as aggregates in constructions, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας 36/1, 80-88.
- Harben P., 1992, The industrial minerals handybook - a guide to markets, specifications & prices, Metal Bulletin plc, London UK.
- Luttig G., 1980, Industrial minerals and rocks in the area of the Federal Republic of Germany. In: General geology of the Federal Republic of Germany, Schweizerbart, Stuttgart, 37-59.
- Papanikolaou D., 1984, The three metamorphic belts of the Hellenides: a review and a kinematic interpretation, J. Geol. Soc., sp. publ., 17, 550-561
- Power T., 1985, Limestone specifications. Limiting constraints on the market. Ind. Minerals, 65-91.