

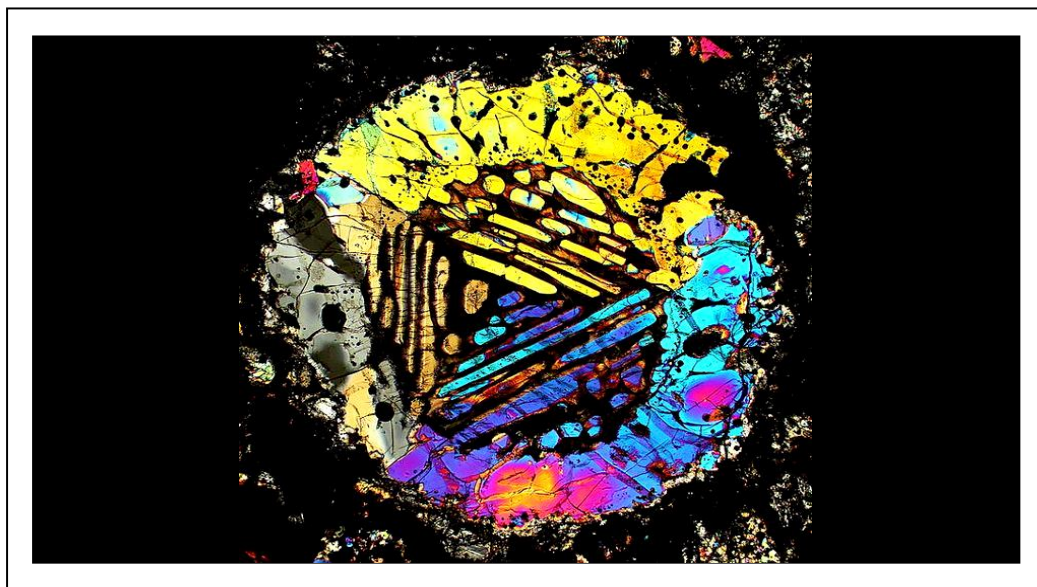
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ-
ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΣΤΥΛΙΑΝΗ Δ. ΕΥΦΡΑΙΜΙΔΟΥ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΧΟΝΔΡΙΤΩΝ ΜΕΤΕΩΡΙΤΩΝ:
Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΓΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2020

ΣΤΥΛΙΑΝΗ Δ. ΕΥΦΡΑΙΜΙΔΟΥ
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5224

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΧΟΝΔΡΙΤΩΝ ΜΕΤΕΩΡΙΤΩΝ:
Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΤΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΓΗ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας,
Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας

Επιβλέπων

Κορωναίος Αντώνιος

© Στυλιανή Δ. Ευφραιμίδου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας, 2020
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΧΟΝΔΡΙΤΩΝ ΜΕΤΕΩΡΙΤΩΝ: Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΓΗ
– Διπλωματική Εργασία

© Styliani D. Effraimidou, School of Geology, Dept. of Mineralogy-Petrology, 2020
All rights reserved.
STATISTICAL ANALYSIS OF CHONDRITE METEORITES: THE ROLE OF WEATHERING IN THEIR DISTRIBUTION ON THE EARTH
– 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.

Εικόνα Εξωφύλλου: Τομή του ανθρακούχου χονδρίτη (CV3) μετεωρίτη Dar al Gani 1040

Πηγή: <https://gr.pinterest.com/pin/642185228107230514/>

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	1
1. Εισαγωγή.....	3
1.1 Είδη μετεωριτών.....	3
1.2 Ταξινόμηση Λιθομετεωριτών.....	4
1.2.1 Χονδρίτες.....	4
1.3 Ταξινόμηση Χονδριτών.....	6
1.3.1 Τυπικοί	6
1.3.2 Ανθρακούχοι.....	7
1.3.3 Ενστατικοί-Rumuruti.....	8
2. Αλλοιώσεις μετεωριτών	
2.1 Πετρογραφικός τύπος.....	9
2.2 Αποσάθρωση (Weathering).....	11
2.2.1 Παράγοντες – Διεργασίες αποσάθρωσης.....	12
Μέρος II. Στατιστική ανάλυση δειγμάτων	
3. Πλήθος δειγμάτων.....	14
4. Μάζα δειγμάτων.....	19
5. Ανάλυση βάση του Πετρογραφικού τύπου.....	31
6. Ανάλυση βαθμού Shock μεταμόρφωσης.....	36
7. Fa, Fs, Wo.....	42
7.1 Ανάλυση Fa, Fs, Wo.....	43

8. Ανάλυση του Βαθμού αποσάθρωσης (Weathering).....	48
8.1 Το κλίμα της Γης και πως επιδρά στην αποσάθρωση των μετεωριτών.....	48
8.2 Τελικό συμπέρασμα για την αποσάθρωση (Weathering).....	54
9. Συμπεράσματα.....	55
Βιβλιογραφία.....	59
Περίληψη.....	61
Abstract.....	63

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Στατιστική ανάλυση τυπικών Χονδριτών μετεωριτών : Ο ρόλος της διάβρωσης στη κατανομή τους στη Γη» εκπονήθηκε στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης των σπουδών μου από το Τμήμα Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης,.

Στόχος και σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας ήταν η όσο το δυνατόν καλύτερη ανάλυση του θέματος με τη χρήση τόσο ξενόγλωσσας όσο και ελληνικής βιβλιογραφίας. Το περιεχόμενο της εργασίας αναλύεται και περιγράφεται όσο το δυνατόν πιο κατανοητά.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτού του εγχειρήματος, στον επιβλέποντα καθηγητή μου Αντώνιο Κορωναίο για τη βοήθεια και καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησής της. Επίσης στον επίκουρο καθηγητή Ιωάννη Μπαζιώτη του Γεωπονικού πανεπιστημίου Αθηνών για τη συνεχή υποστήριξη σε επιστημονικό επίπεδο, τις χρήσιμες συμβουλές και πληροφορίες σχετικά με το θέμα. Τέλος ευχαριστώ την οικογένεια μου για τη συνεχή στήριξη και αγάπη, που βοήθησαν στην ολοκλήρωση των σπουδών μου.

1. Εισαγωγή

Κάθε μέρα πάνω από εκατό τόνοι εξωπλανητικού υλικού φτάνουν στη Γη. Το υλικό αυτό είναι κυρίως σκόνη με κόκκους μερικών μm έως mm . Υλικό με μεγαλύτερο μέγεθος εμφανίζεται πιο σπάνια (Cepplecha 1998). Τέτοια σώματα αποτελούν οι μετεωρίτες και οι μικρομετεωρίτες. Οι μετεωρίτες είναι υλικά θραύσματα αποτελούμενα κατεξοχήν από σίδηρο ή πυρίτιο και προέρχονται είτε από αστεροειδείς ή πλανήτες (π.χ. Άρης) ή δορυφόρους πλανητών (π.χ. Σελήνη) (Beech & Steel 1995). Κύρια περιοχή προέλευσης μετεωριτών αποτελεί η «ζώνη των Αστεροειδών». Η ζώνη των Αστεροειδών εκτείνεται μεταξύ του Δία και του Άρη και αποτελείται από πολλούς μικρούς και μεγάλους αστεροειδείς, με ηλικία παρόμοια με αυτή της δημιουργίας του ηλιακού μας συστήματος ($4.5 \cdot 10^9$ χρόνια). Ο τύπος του αστεροειδούς αλλά και η περιοχή στην οποία βρίσκεται μέσα στη «ζώνη των αστεροειδών», καθορίζει κάποιες από τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά των μετεωριτών (Norton 2002). Η εσωτερική ζώνη αποτελείται κυρίως από σώματα πλούσια σε δύσπηκτα ορυκτά και με μικρά ποσοστά πτητικών ενώ η εξωτερική από σώματα με αυξημένα ποσοστά πτητικών, άνθρακα και νερό. Από την εξωτερική και εσωτερική ζώνη θα προκύψουν και αντίστοιχοι μετεωρίτες. Έτσι υπάρχει άμεση σύνδεση μεταξύ των μητρικών σωμάτων και των μετεωριτών (Norton 2002).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω μεγάλα ποσά υλικού (μικρομετεωρίτες, σκόνη) από το διάστημα πέφτουν στην επιφάνεια της Γης, παρόλα αυτά ένα μικρό ποσοστό είναι μετεωρίτες. Ετησίως παρατηρούνται 500 πτώσεις όμως μόλις 10 δείγματα θα εντοπιστούν.

1.1 Είδη μετεωριτών

Μία πρώτη ταξινόμηση μετεωριτών γίνεται βάση της χημικής και ορυκτολογικής τους σύστασης. Σύμφωνα με αυτή διακρίνονται τρεις βασικές κατηγορίες (Sears 1988):

- σιδηρομετεωρίτες,
- λίθο-σιδηρομετεωρίτες,
- λίθομετεωρίτες

Στη πρώτη κατηγορία ανήκουν αυτοί που αποτελούνται κυρίως από σίδηρο και νικέλιο (98 % μέταλλα). Οι σιδηρολιθομετεωρίτες είναι αυτοί με ποσοστό 50 % σίδηρο και νικέλιο και 50 % πυριτικά ορυκτά. Τέλος οι λιθομετεωρίτες, στους οποίους επικεντρώνεται και η εργασία, χωρίζονται περαιτέρω σε Χονδρίτες και Αχονδρίτες (παρουσία-απουσία χόνδρων) και περιλαμβάνουν ορυκτά όπως ολιβίνη, πυρόξενος, πλαγιόκλαστα αλλά και μέταλλα (Hutchison 2004).

Επίσης, οι μετεωρίτες διαχωρίζονται με βάση τη θερμοκρασία τήξης που υπέστησαν. Έτσι έχουμε τους πρωταρχικούς (Primitive) και τους διαφοροποιημένους (Differentiated). Οι πρωταρχικοί είναι αυτοί που δεν βρέθηκαν σε υψηλές θερμοκρασίες τέτοιες ώστε να τηχθούν. Από την άλλη οι διαφοροποιημένοι έχουν

υποστεί περιορισμένη ή ολική τήξη. Στους πρώτους ανήκουν οι Χονδρίτες (λιθομετεωρίτες) ενώ στη δεύτερη οι Αχονδρίτες, οι Σιδηρομετεωρίτες και οι Σιδηρολιθομετεωρίτες (Norton 2002, Hutchison 2004).

1.2 Ταξινόμηση Λιθομετεωριτών

Οι λιθομετεωρίτες διακρίνονται βάση της παρουσίας ή μη χόνδρων (σφαιρικά σώματα τηγμένου υλικού) σε Χονδρίτες και Αχονδρίτες. Οι Χονδρίτες είναι από τις πιο σημαντικές κατηγορίες μετεωριτών, καθώς αποτελούν ένα από τα παλαιότερα σώματα του ηλιακού μας συστήματος με ηλικία κρυστάλλωσης 4.6×10^9 έτη. Έτσι μας αποκαλύπτουν δεδομένα για τις συνθήκες που επικρατούσαν στα πρώτα στάδια διαμόρφωσης του ηλιακού μας συστήματος (Rossi 2018).

Οι Αχονδρίτες χαρακτηρίζονται από την απουσία χόνδρων. Έχουν υποστεί πλήρη κρυστάλλωση και παρουσιάζουν ηλικίες παρόμοιες με τους Χονδρίτες, αλλά και αρκετά νεώτερες.

1.2.1 Χονδρίτες

Κατά τη μελέτη των Χονδριτών εξετάζονται τα εξής χαρακτηριστικά (Krot 2014):

- Χόνδροι
- Ποσοστά μετάλλων Fe-Ni
- Εγκλείσματα πλούσια σε Ca –Al (CAIs)
- Εγκλείσματα αμοιβαδοειδούς Ολιβίνη (AOAs)
- Κύρια μάζα (Matrix)

Χόνδροι

Αποτελούν το κύριο χαρακτηριστικό των χονδριτών μετεωριτών. Είναι σφαιρικές δομές με μέγεθος μερικών mm. Εμφανίζουν μορφή πυριγενών πετρωμάτων και τα κυρίαρχα συστατικά τους είναι Fe-Mg πυριτικά ορυκτά όπως ο ολιβίνης και οι πυρόξενοι. Το σχήμα τους και η “πυριγενής” μορφή τους υποδηλώνουν ότι είναι αποτέλεσμα τήξης, ψύξης και κρυστάλλωσης πρωταρχικού υλικού κατά την δημιουργία του ηλιακού συστήματος. Οι θερμοκρασίες στις οποίες έγινε η τήξη υπολογίζεται στους 1500 βαθμούς Κελσίου (Rossi 2018).

Ποσοστά Fe-Ni

Τα στοιχεία Fe και Ni ενσωματώνονται κυρίως σε δύο φάσεις. Σε αυτή του καμασίτη, (χαμηλός σε Ni), και έχει ποσοστά περίπου 7.5 wt % Ni και του τενίτη, αλλιώς πλούσιο σε Ni, με ποσοστά 27-65 wt % (Rossi 2018).

CAIs

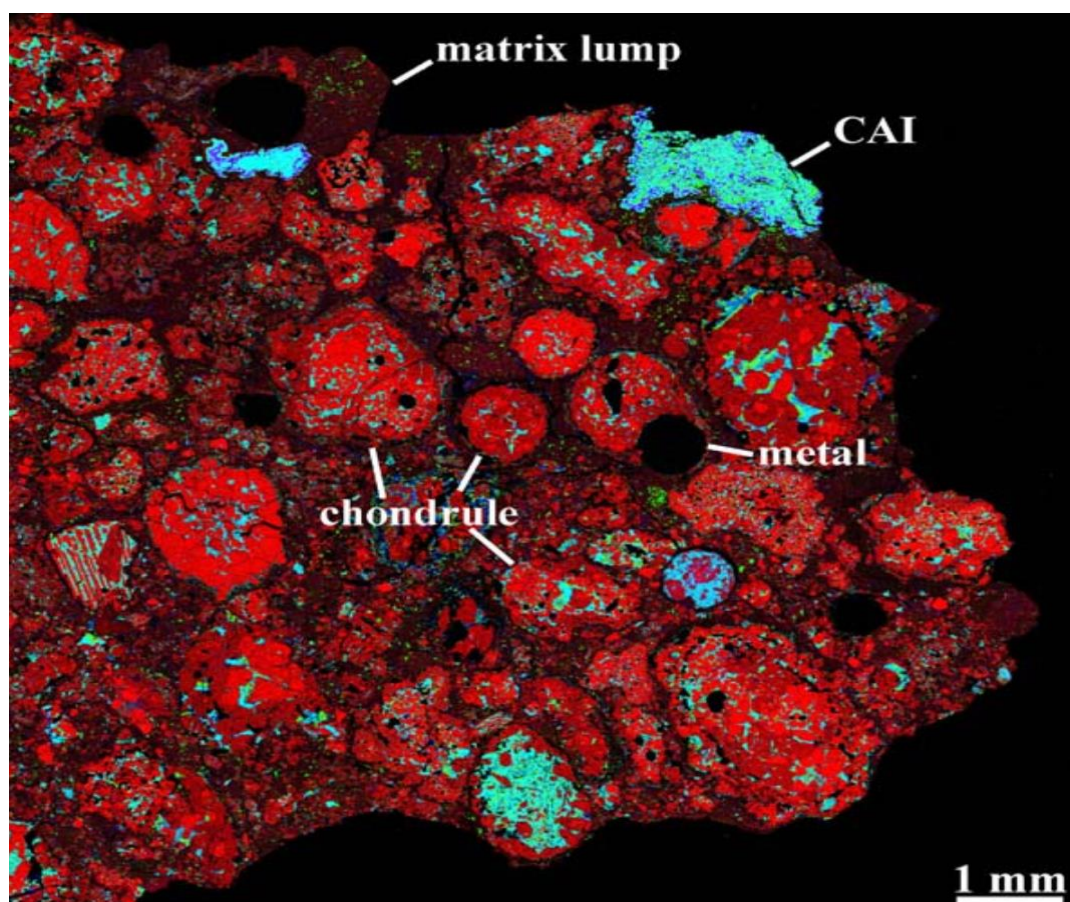
Είναι εγκλείσματα ανομοιόμορφης ή σφαιρικής μορφής, μεγέθους μερικών μm έως και cm. Αποτελούνται από οξείδια και πυριτικά ορυκτά πλούσια σε Ca-Al, σε μικρότερες ποσότητες εμφανίζονται Mg και Ti. Η σύστασή τους υποδηλώνει θερμοκρασίες πάνω από 1000 βαθμούς Κελσίου, που σημαίνει ότι αποτελούν τα πρώτα στερεά που αποχωρίστηκαν από τις αέριες συγκεντρώσεις. Κάποια από τα ορυκτά που απαντώνται είναι το κορούνδιο, ο περοβσκίτης, ο σπινέλιος, ο ανορθίτης, ο διοψίδιος και ο Al-Ti πυρόξενος (Rossi 2018).

AOAs (Amoeboid olivine aggregates)

Τα εγκλείσματα αυτά έχουν χαρακτηριστική μορφή, αμοιβαδοειδής και το μέγεθος τους κυμαίνεται από mm σε cm. Οι κύρια σύστασή τους είναι ολιβίνης πλούσιος σε Mg (Rossi 2018).

Κύρια μάζα (Matrix)

Αποτελεί το λεπτόκοκκο υλικό μεταξύ χόνδρων και εγκλεισμάτων και επιτυγχάνει τη συγκόλληση. Πυριτικά και ανθρακικά ορυκτά μαζί με θειούχα και μεταλλικά Fe-Ni αποτελούν τη κύρια σύστασή του (Rossi 2018).

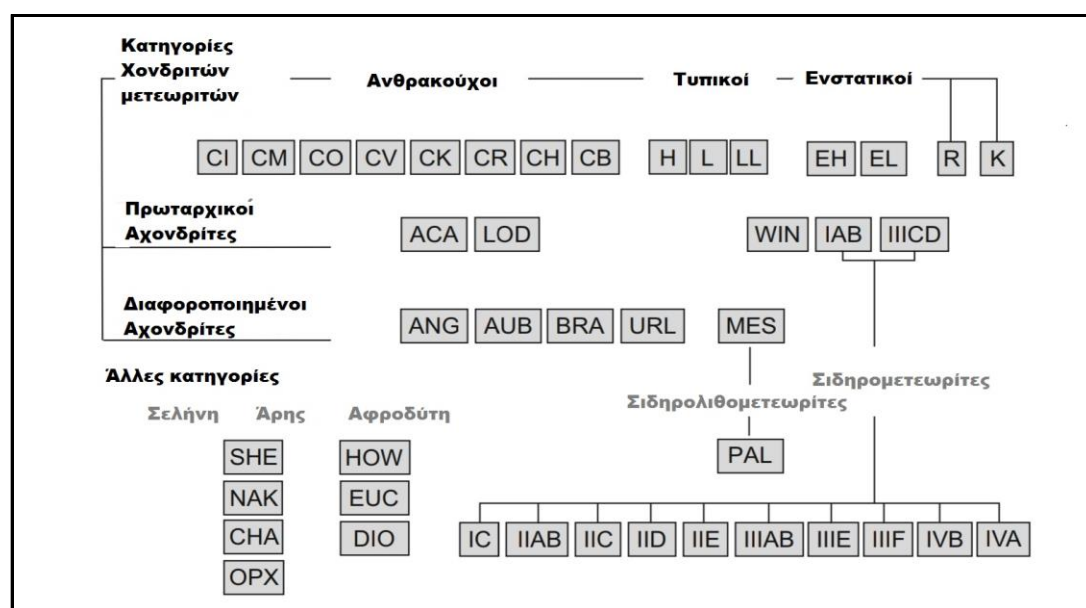


Εικ.1 Εικόνα από X-ray elemental mapping, του PCA 91082, CR2 μετεωρίτη (Krot 2014)

Στην εικόνα 1 απεικονίζεται λεπτή τομή του μετεωρίτη PCA 91082, όπου φαίνονται οι χόνδροι, τα μεταλλικά στοιχεία, τα CAIs και το matrix. Με κόκκινο χρώμα εμφανίζεται το Mg, με πράσινο το Ca και με μπλε το Al (Εικ. 1).

1.3 Ταξινόμηση Χονδριτών

Η ομάδα των Χονδριτών με τη σειρά της διακρίνεται σε τρεις βασικές κατηγορίες (Εικ. 2), στους Τυπικούς, Ανθρακούχους και Ενστατικούς χονδρίτες (Ordinary, Carbonaceous Enstatite), που στηρίζονται στην χημική σύσταση, στην ορυκτολογία, στα ποσοστά των ισοτόπων οξυγόνου και στα χαρακτηριστικά που αναλύθηκαν στην προηγούμενη ενότητα (Krot 2014).



Εικ. 2 Ταξινόμηση μετεωριτών (Rossi 2018)

1.3.1 Τυπικοί

Οι Τυπικοί μετεωρίτες βάση του ποσοστού μετάλλου (σιδήρου) που περιέχουν διακρίνονται σε H, L και LL. Οι H περιέχουν το μεγαλύτερο ποσό σιδήρου ενώ οι L, LL εμφανίζουν μικρότερα ποσοστά.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται κάποια από τα χαρακτηριστικά τους

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά Τυπικών Χονδριτών

Χαρακτηριστικά Τυπικών Χονδριτών			
Τυπικοί χονδρίτες	LL	L	H
CAIs + AOAs (vol %)	<0.1	<0.1	<0.1
Χόνδροι (vol %)	60-80	60-80	60-80
Κύρια μάζα (vol %)	10-15	10-15	10-15
Μέταλλα (vol %)	2	4.1	8.4
Μέγεθος χόνδρων (mm)	0.9	0.7	0.3

Οι τρεις υποκατηγορίες εμφανίζουν ομοιότητες σε σχέση με τους χόνδρους, τις περιεκτικότητες των CAIs+AOAs, τη κύρια μάζα ενώ οι διαφορές εντοπίζονται στο μέγεθος των χόνδρων και στα ποσοστά μετάλλου. Επίσης παρατηρείται αυξημένη παρουσία δύστηκτων λιθόφιλων στοιχείων (Nb, Y, Zr, Ta, Hf, Sc) όπως και ισοτόπων οξυγόνου. Οι χόνδροι που περιέχονται είναι πλούσιοι σε FeO και επικρατούν έναντι των πλούσιων σε Al. Όσο αναφορά αυτούς με χαμηλό FeO (Sears 1980, 1991) (Krot 2014).

- Μειωμένος φαναλίτης (Fa) στον ολιβίνη
- Μειωμένος φερροσιλίτης (Fs) στον ορθοπυρόξενο
- Μικρές ποσότητες κοβαλτίου (Co) στον καμασίτη

1.3.2 Ανθρακούχοι

Εδώ διακρίνονται οκτώ υποκατηγορίες : CM, CR, CV, CO, CK, CI, CH, CB
Στη παρούσα μελέτη θα επικεντρωθούμε στα 5 πρώτα.

Ο πίνακας 2 απεικονίζει κάποια από τα χαρακτηριστικά στην συγκεκριμένη κατηγορία.

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά Ανθρακούχων Χονδριτών

Χαρακτηριστικά Ανθρακούχων Χονδριτών					
Ανθρακούχοι	CM	CO	CR	CV	CK
CAIs + AOAs (vol %)	5	13	0.5	10	4
Χόνδροι (vol %)	20	48	50-60	45	15
Κύρια μάζα (vol %)	70	34	30-50	40	75
Μέταλλα (vol %)	0.1	1-5	5-8	0-5	<0.01
Μέγεθος χόνδρων (mm)	0.3	0.15	0.7	1	0.7

Οι CO έχουν την μεγαλύτερη ποσότητα σε CAIs+AOAs, οι χόνδροι στους CR επικρατούν έναντι των υπόλοιπων όπως και η παρουσία μεταλλικών στοιχείων, οι CM εμφανίζουν τη μεγαλύτερη αναλογία για τη κύρια μάζα. Το μεγαλύτερο μέγεθος χόνδρων βρίσκεται στους CV. Επιπλέον στους CM και CR οι χόνδροι είναι κυρίως πορφυριτικοί, με τους πρώτους να είναι φτωχοί σε FeNi ενώ οι δεύτεροι, μαζί με τους CO, πλούσιοι σε Fe, Ni και Mg. Στους CR επίσης παρατηρούνται μεγάλες ποσότητες λιθόφιλων στοιχείων αλλά και οξείδια χρωμίου (Cr₂O₃)(Πίν. 2) (McSween 1977, Rubin 1989, Scott & Jones 1990, Krot 2004).

1.3.3 Ενστατικοί-Rumuruti

Η τελευταία μεγάλη κατηγορία είναι οι Ενστατικοί μετεωρίτες. Είναι σπάνιοι στη Γη σχετικά με τα υπόλοιπα είδη. Παρουσιάζουν μία μοναδική ορυκτολογία με ορυκτά όπως oldhamite (CaS), niningerite ((Mg,Fe,Mn)S), caswellsilverite (NaCrS₂). Δημιουργούνται σε πολύ συγκεκριμένες συνθήκες.

Επίσης σημαντικό χαρακτηριστικό τους είναι τα ποσοστά των ισοτόπων οξυγόνου που είναι μεταξύ των ποσοστών της Γης και της Σελήνης (Keil 1968, Brearley and Jones 1998).

Οι Rumuruti μοιάζουν αρκετά με τους Τυπικούς, ωστόσο παρουσιάζουν έλλειψη στοιχείων όπως Ga, Se, S και Zn. Επιπλέον περιέχουν τα υψηλότερα ποσά ισοτόπων οξυγόνου (O 17) (Bischoff 1994, Kallemeyn 1996).

Στον πίνακα 3 που ακολουθεί αναφέρονται κάποια χαρακτηριστικά των παραπάνω μετεωριτών.

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά Ενστατικών και Rumuruti χονδριτών

Χαρακτηριστικά Ενστατικών και Rumuruti χονδριτών		
Υπόλοιποι χονδρίτες	Ενστατικοί	Rumuruti
CAIs + AOAs (vol %)	<0.1	<0.1
Χόνδροι (vol %)	60-80	>40
Κύρια μάζα (vol %)	<0.1	30
Μέταλλα (vol %)	10.1	<0.1
Μέγεθος χόνδρων (mm)	0.2-0.6	0.4

2. Αλλοιώσεις Μετεωριτών

Όλοι οι μετεωρίτες, από τη στιγμή της δημιουργίας τους έως και τη πτώση τους στη γη, υποβάλλονται σε διεργασίες οι οποίες αλλάζουν τη δομή τους ή τη χημική τους σύσταση. Τέσσερις διεργασίες εντοπίζονται στους Χονδρίτες και παρουσιάζουν διαφορετικούς βαθμούς ανάλογα με το είδος του μετεωρίτη.

- Αλλοίωση λόγω νερού
- Θερμική μεταμόρφωση
- Μεταμόρφωση shock
- Θρυμματισμός

Η πρώτη διεργασία που λαμβάνει χώρα είναι η αλλοίωση λόγω νερού. Μετά το σχηματισμό των μητρικών χονδριτικών σωμάτων αυτά υφίστανται θέρμανση. Οι θερμοκρασίες σε κάποια σώματα είναι τέτοιες ώστε να υπάρχει υγρό νερό. Το νερό έρχεται σε επαφή με τα υπάρχοντα ορυκτά, σχηματίζοντας νέα. Όταν οι θερμοκρασίες είναι υψηλότερες δεν υπάρχει νερό και συμβαίνουν ορυκτολογικές και δομικές αλλαγές που εντάσσονται στην θερμική μεταμόρφωση. Σε αυτό το στάδιο

παρατηρείται ανακρυστάλλωση της κύριας μάζας και των χόνδρων, οι οποίοι σε έντονες συνθήκες θερμικής μεταμόρφωσης γίνονται δυσδιάκριτοι. Άλλες διεργασίες είναι η μεταμόρφωση shock και ο θρυμματισμός. Η μεταμόρφωση shock είναι αποτέλεσμα των συγκρούσεων μεταξύ σωμάτων, προκαλώντας μικρά ή μεγάλα σπασίματα και τη δημιουργία νέων ορυκτών. Σε μετεωρίτες όπου το shock είναι πιο ισχυρό παρατηρούνται μορφές τήξης. Τέλος ο θρυμματισμός αφορά τη δημιουργία θραυσμάτων από τις συγκρούσεις και την επανένωσή τους με αλλά υλικά μετεωριτών (Driss Takir 2013).

2.1 Πετρογραφικός τύπος

Μελετώντας τους μετεωρίτες παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν δύο βασικά γεγονότα τα οποία καθορίζουν τα τελικά χαρακτηριστικά τους. Αυτά που οδήγησαν στον αρχικό σχηματισμό των μητρικών σωμάτων και αυτά που τα αλλοίωσαν.

Ο συνδυασμός των δεδομένων που προκύπτουν από τα χημικά στοιχεία, την ορυκτολογία, τα ισότοπα οξυγόνου και την πετρολογία (χόνδροι, κύρια μάζα) μαζί με μεταβολές από την αλλοίωση λόγω νερού και θερμική μεταμόρφωση οδήγησαν σε μία περεταίρω ταξινόμηση των μετεωριτών που αναφέρεται ως πετρογραφικός τύπος (Van Schmus and Wood 1967).

Πίνακας 4: Κριτήρια πετρογραφικού τύπου (Krot 2014)

Πετρογραφικός τύπος						
Κριτήριο	1	2	3	4	5	6
Ομοιογένεια ολιβίνη και Low- Ca πυρόξενου		>5%		<5%	ομογενής	
Δομή πυρόξενου		μονοκλινική		>20% μονοκλινική	<20% μονοκλινική	ορθορομβική
Άστριοι		ελάχιστοι		δευτερογενείς <2 μm		
Γυαλί χόνδρων		διαφοροποιημένο, απουσία	διαφανές		απουσία	
Μέγιστο Ni στα μέταλλα		<20 wt%, τενίτης ελάχιστος ή απουσία	>20 wt% καμασίτης και τενίτης			
Μέγιστο Ni στα σουλφίδια		>0.5 wt%	<0.5 wt%	<0.5 wt%		
Κύρια μάζα	λεπτόκοκκη , αδιαφανή	κυρίως λεπτόκοκκη, αδιαφανή	κλαστική, αδιαφανής	διαφανή και ανακρυσταλλωμένη		
Αναλογία Χόνδρων-Κύρια μάζα	απουσία χόνδρων	χόνδροι με ξεκάθαρα όρια		χόνδροι με εμφανή όρια		Όχι εμφανή όρια
Άνθρακας (wt%)	3-5	0.8-2.6	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5
Νερό (wt%)	18-22	2-16	0.3-3			<1.5

Τύπος 1-2

Τα δείγματα τύπου 1 δεν εμφανίζουν πολλά χαρακτηριστικά. Δεν υπάρχουν χόνδροι, η κύρια μάζα είναι αδιαφανής και λεπτόκοκκη. Ο άνθρακας έχει ποσοστό 3 έως 5wt% , το νερό 18-22 wt%. Στο τύπο 2 εμφανίζεται ομοιογένεια ως προς τη σύσταση του ολιβίνη και του πυροξένου σε ποσοστό πάνω από 5 wt%. Οι κρύσταλλοι του πυρόξενου ανήκουν στο μονοκλινές σύστημα, και οι Άστριοι είναι λίγοι με μικρό μέγεθος. Το Ni υπάρχει σε ποσοστό κάτω από 20 wt%, ο Τενίτης είναι ελάχιστος. Στα σουλφίδια το Ni υπάρχει σε ποσοστό μεγαλύτερο από 0.5 wt%. Η κύρια μάζα είναι αδιαφανής. Οι χόνδροι έχουν διακριτά όρια με τη κύρια μάζα. Το ποσοστό του άνθρακα είναι 0.8-2.6 wt% ενώ το νερό 2-16 wt% (Πίν. 4).

Τύπος 3-6

Τα δείγματα τύπου 3 έχουν περίπου 5% ομοιογένεια ως προς την σύσταση του ολιβίνη και του Low- Ca πυρόξενου. Οι κρύσταλλοι του πυρόξενου ανήκουν κυρίως στο μονοκλινές σύστημα. Σε αυτή την κατηγορία οι άστριοι είναι λίγοι με μικρούς κόκκους. Η παρουσία του Ni στα μεταλλικά ορυκτά είναι πάνω από 2 wt% ενώ στα σουλφίδια είναι κάτω από 0.5 wt%. Η κύρια μάζα είναι κυρίως κλαστική και αδιαφανής. Οι χόνδροι έχουν έντονα όρια και ξεχωρίζουν από τη κύρια μάζα. Τα ποσοστά του άνθρακα είναι κάτω από 1.5 wt% ενώ το νερό είναι 0.3-3 wt%. Τα δείγματα τύπου 4 έχουν κάτω από 5% ομοιογένεια ολιβίνη και Low-Ca πυρόξενου. Πάνω από 20% των πυροξένων ανήκουν στο μονοκλινές σύστημα. Υπάρχουν δευτερογενείς άστριοι με μέγεθος κάτω από 2 μm. Το Ni εμφανίζεται ως καμασίτης και τενίτης ενώ στα σουλφίδια είναι κάτω από 5 wt% . Η κύρια μάζα είναι διαφανής και εμφανίζεται ανακρυσταλλωμένη. Υπάρχουν χόνδροι με ξεκάθαρα όρια. Ο άνθρακας είναι σε ποσοστό κάτω από 1.5 wt%. Τα δείγματα τύπου 5 είναι ομοιογενή ως προς τον ολιβίνη και το Low-Ca πυρόξενο. Κάτω από 20% των πυροξένων έχουν μονοκλινές σύστημα. Οι άστριοι έχουν μέγεθος 2 έως 50 μm. Το Ni εμφανίζεται, όπως και στον τύπο 4, στον καμασίτη και στον τενίτη. Στα σουλφίδια το Ni είναι κάτω από 0.5 wt%. Υπάρχει κύρια μάζα διάφανη και ανακρυσταλλωμένη. Οι χόνδροι δεν έχουν τόσο ξεκάθαρα όρια ενώ τα ποσοστά του άνθρακα είναι κάτω από 1.5 wt%. Τα δείγματα τύπου 6 έχουν και αυτά ομοιογένεια ως προς τον ολιβίνη και το πυρόξενο. Οι κρύσταλλοι του πυρόξενου ανήκουν στο ορθορομβικό σύστημα. Οι άστριοι σε αυτή την κατηγορία είναι μεγαλύτεροι, πάνω από 50 μm. Το Ni εμφανίζεται και εδώ στον καμασίτη και τενίτη, στα σουλφίδια είναι σε ποσοστό κάτω από 0.5 wt%. Η κύρια μάζα και σε αυτή την κατηγορία είναι διάφανη και ανακρυσταλλωμένη. Οι χόνδροι δεν έχουν εμφανή όρια. Ο άνθρακας όπως και το νερό υπάρχει σε ποσοστά κάτω από 1.5 wt% (Πίν. 4).

Οι τύποι 1 και 2 παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες μεταβολές λόγω του νερού με τον 1 να επικρατεί. Στους τύπους από 3 έως 6 αυξάνεται η θερμική μεταμόρφωση, με τον τύπο 3 να είναι ο λιγότερο επηρεασμένος. Μετεωρίτες όπως οι Ενστατικοί και οι Τυπικοί μπορεί να έχουν τύπο 7 . Αυτός ο τύπος είναι σπάνιος και χαρακτηρίζει Χονδρίτες με έντονη ανακρυστάλλωση και πιθανή τήξη.

Πίνακας 5: Συνήθης πετρογραφικοί τύποι μετεωριτών

Πετρογραφικοί τύποι				
	Ανθρακούχοι	Τυπικοί	Ενστατικοί	Rumuruti
Ομάδα	CM, CO, CR, CV, CK	H, LL, L	EH, EL	
Τύπος	1-2, 3-4, 1-2, 3-4, 3-6	3-6	3-6	3-6

Στον πίνακα 5 απεικονίζονται τα είδη των μετεωριτών με τους επικρατέστερους πετρογραφικούς τύπους.

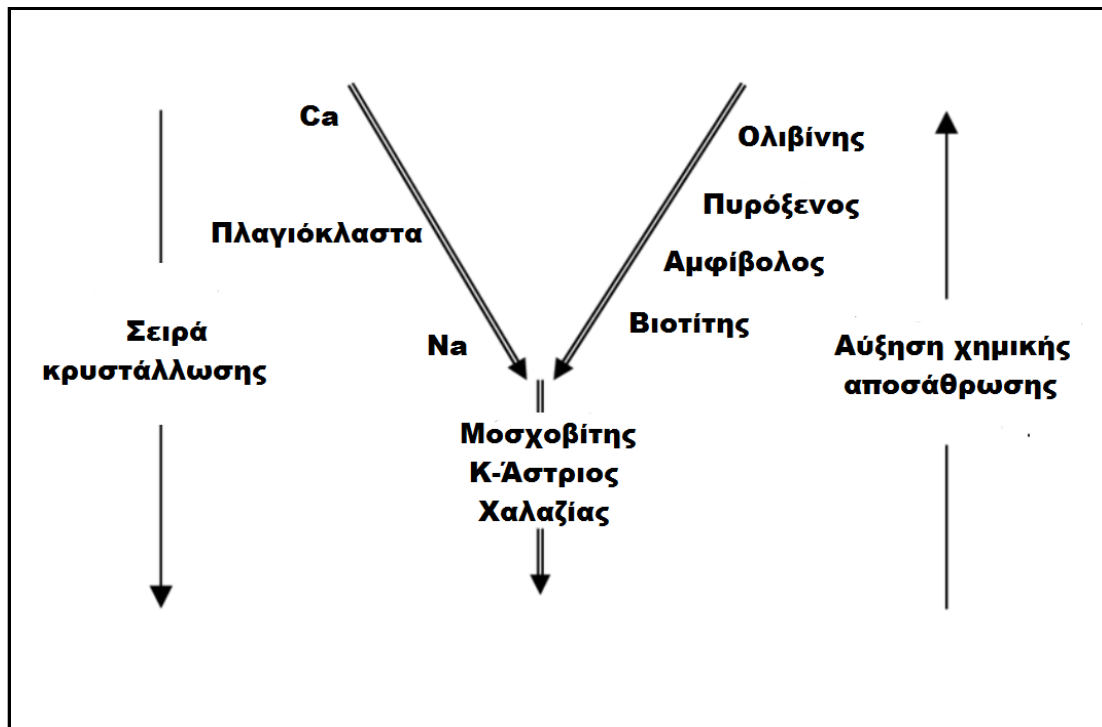
Στους Ανθρακούχους παρατηρούνται όλα τα είδη πετρογραφικού τύπου από 1 έως 6. Στους Τυπικούς, Ενστατικούς και Rumuruti μπορούν να υπάρξουν μόνο οι τύποι από 3 έως 6 (Πίν. 5).

2.2 Αποσάθρωση (Weathering)

Οι διεργασίες που περιγράφηκαν σε προηγούμενες ενότητες δηλαδή η αλλοίωση λόγω νερού, η μεταμόρφωση και ο θρυμματισμός συμβαίνουν όταν οι μετεωρίτες είναι ακόμα τμήματα των μητρικών σωμάτων ή όταν αποσπαστούν από αυτά, λαμβάνουν χώρα έξω από τη Γη. Η διεργασία που ξεκινά αφότου πέσουν στην επιφάνεια της Γης εκφράζεται με την έννοια της αποσάθρωσης.

Όπως και στα πετρώματα της Γης έτσι και στους μετεωρίτες επιδρούν οι συνθήκες του περιβάλλοντος και τους αλλοιώνουν. Οι παράγοντες που οφείλονται για την αποσάθρωση των πετρωμάτων, μετεωριτών είναι φυσικοί, χημικοί και βιολογικοί και συμβάλλουν στην αλλαγή της σύστασης, της μορφής και του ιστού του πετρώματος. Κατά τη φυσική αποσάθρωση δεν επηρεάζεται η χημική σύσταση αλλά οι μηχανικές ιδιότητες του υλικού και είναι πιο έντονη σε ξηρές περιοχές. Η χημική αποσάθρωση μεταβάλλει την χημική σύσταση των ορυκτών. Αυτή είναι εντονότερη σε υγρές και θερμές περιοχές. Τέλος η βιολογική αποσάθρωση προκαλείται από ζωικούς ή φυτικούς οργανισμούς και μπορεί να είναι χημική ή φυσική (Carroll 1970).

Όπως αναφέρθηκε η αποσάθρωση αφορά τις μεταβολές που συμβαίνουν στα ορυκτά των μετεωριτών αφού αυτοί πέσουν στο γήινο έδαφος. Για την μελέτη της εξαλλοίωσης των ορυκτών μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σειρά κρυστάλλωσης των ορυκτών κατά τον Bowen (Εικ. 3). Τα ορυκτά που βρίσκονται υψηλότερα στην σειρά κρυστάλλωσης εξαλλοιώνονται ευκολότερα (Goldich 1938).



Εικ. 3 Σειρά Bowen (Bowen 1956)

Για το χαρακτηρισμό των μετεωριτών βάση της αποσάθρωσης χρησιμοποιούμε το βαθμό αποσάθρωσης (Weathering grade) ο οποίος βασίζεται στις ορυκτολογικές μεταβολές που παρατηρούνται. Ο βαθμός είναι από 0 έως 6, δείγματα με W0 δεν παρουσιάζουν κάποια αλλαγή σε αντίθεση με το W6 όπου η αποσάθρωση είναι μέγιστη (Wlotzka 1993).

- W0: Δεν παρατηρείται οξείδωση στα μέταλλα και σουλφίδια
- W1: Εμφάνιση οξειδίων σε φλέβες και γύρω από τα μεταλλικά ορυκτά
- W2: Οξείδωση 20-60% του μετάλλου
- W3: Οξείδωση 60-95% του μετάλλου και του τροιλίτη
- W4: Πλήρη οξείδωση μετάλλου και τροιλίτη
- W5: Αλλοίωση μαφικών πυριτικών ορυκτών
- W6: Αντικατάσταση πυριτικών από αργιλικά ορυκτά και οξείδια

2.2.1 Παράγοντες και διεργασίες αποσάθρωσης

Από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που καθορίζουν το είδος της αποσάθρωσης είναι η θερμοκρασία και η υγρασία της κάθε περιοχής, δηλαδή το κλίμα του τόπου όπου έχει πέσει ο μετεωρίτης. Έτσι στις θερμές και υγρές περιοχές κυριαρχεί η χημική αποσάθρωση (Carroll 1970).

- Φυσικοί παράγοντες :

Οι απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας μπορούν να προκαλέσουν την θραύση των πετρωμάτων. Οι μεταβολές αυτές είναι ετήσιες, ημερήσιες και εποχιακές. Οι ημερήσιες είναι αυτές που επιδρούν περισσότερο καθώς τα πετρώματα διαστέλλονται και συστέλλονται συνεχώς. Οι μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ μέρας και νύχτας παρατηρούνται στις ερήμους. Εκτός όμως από τη θερμοκρασία, στη θραύση και αλλοίωση των πετρωμάτων συμβάλλει και το νερό. Το νερό το οποίο θα απορροφηθεί από τα ορυκτά και θα προκαλέσει διόγκωση με αποτέλεσμα την αύξηση των εσωτερικών τάσεων. Επίσης όσο περισσότερα και διαφορετικά ορυκτά έχουμε τόσο πιο έντονος θρυμματισμός παρατηρείται (διαφορετικοί συντελεστές θερμικής διαστολής) (Carroll 1970).

- Χημικοί παράγοντες :

Η υψηλή θερμοκρασία και η υγρασία ευνοούν τη χημική αποσάθρωση. Οι διεργασίες που συμβαίνουν είναι η διάλυση, η ενυδάτωση, η υδρόλυση, η αναγωγή και η οξείδωση. Αυτές επηρεάζονται άμεσα από τις κλιματικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής. Το μέγεθος της επίδρασης κάθε διεργασίας εξαρτάται από το νερό, το CO₂, το O₂ και την διαλυτότητα του κάθε ορυκτού. Κατά την ενυδάτωση ορισμένα ορυκτά απορροφούν νερό, αυτό συμβαίνει κυρίως σε θεικές, πυριτικές και ανθρακικές ενώσεις αλλά και σε κάποια οξείδια. Κατά την διάλυση σημαντικό ρόλο παίζει η θερμοκρασία, το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό. Νερό πλούσιο σε CO₂ διαλύει ευκολότερα ανθρακικά άλατα ασβεστίου και μαγνησίου. Δεν αντιδρούν όλα τα ορυκτά με τον ίδιο τρόπο στη διάλυση, χωρίζονται σε αδιάλυτα και διαλυτά. Τα υλικά που είναι πλούσια σε ανθρακικές και αργλικές ενώσεις αποσθρώνονται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Στην υδρόλυση το νερό αντιδρά με το κρυσταλλικό πλέγμα των ορυκτών προς τον σχηματισμό υδροξυλίου (OH). Έπειτα στην οξείδωση επιδρά το οξυγόνο με τα ορυκτά που είναι επιδεκτικά σε αυτή (αποβολή ηλεκτρονίων). Χαρακτηριστική είναι η οξείδωση των σιδηρούχων και θειούχων ορυκτών που μετατρέπονται σε οξείδια. Επίσης παρατηρείται αλλαγή στο χρώμα, τα σιδηρούχα δίνουν ερυθρό (Fe²⁺ σε Fe³⁺) ενώ τα μαγγανιούχα μαύρο. Στην αναγωγή (πρόσληψη ηλεκτρονίων) απομακρύνεται το οξυγόνο από τις ενώσεις (Carroll 1970).

Μέρος II: Στατιστική Ανάλυση δειγμάτων

3.Πλήθος δειγμάτων

Στο II Μέρος της εργασίας περιγράφονται τα δεδομένα που προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση δειγμάτων μετεωριτών.

Έγινε συσχέτιση των δειγμάτων βάση του τόπου όπου βρέθηκαν ,της μάζας , του πετρογραφικού τύπου, του Shock, του weathering και των ορυκτών Fa, Fs και Wo.

Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν πάρθηκαν από τη βάση δεδομένων του Meteoritical Bulletin. Η Βάση διαθέτει πάνω από 60.000 δείγματα, σε αυτή την εργασία χρησιμοποιήθηκαν 17914. Τα δείγματα αυτά αφορούν τις κατηγορίες των Τυπικών, Ανθρακούχων, Ενστατικών και Rumuruti μετεωριτών από την Αφρική, την Ασία, την Αμερική, την Ευρώπη και την Αυστραλία (Meteoritical Bulletin).

Στον παρακάτω πίνακα (Πίν. 6) απεικονίζονται τα δείγματα ανά κατηγορία και πλήθος.

Πίνακας 6: Πλήθος δειγμάτων ανά κατηγορία μετεωριτών

Χονδρίτες μετεωρίτες	Πλήθος
Τυπικοί	
LL	1768
L	6476
H	7067
Ανθρακούχοι	1146
CK	257
CM	108
CO	303
CR	77
CV	354
Ενστατικοί	187
Rumuruti	171

Τα δείγματα αυτά επεξεργάστηκαν στατιστικά και παρουσιάστηκαν σε διαγράμματα σε συνάρτηση διαφορετικών παραμέτρων .

- **Μάζα**
- **Πετρογραφικός τύπος**
- **Μεταμόρφωση shock**
- **Βαθμός αποσάθρωσης**
- **Fa, Fs, Wo (mol %)**

Επίσης χωρίσθηκαν ανά ηπείρους και ανά χώρες.

- Αφρική
- Ασία
- Νότια Αμερική
- Βόρεια Αμερική
- Αυστραλία
- Ευρώπη

Πίνακας 7: Πλήθος δειγμάτων ανά ήπειρο

	Τυπικοί			Ανθρακούχοι						Ενστατικοί-Rumuruti	
Ήπειροι	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	E	R
Αφρική	1133	2750	2738	803	180	72	211	60	248	139	121
Ασία	216	1772	1719	56	4	9	19	2	19	8	13
Β.Αμερική	26	274	411	21	16	2	1	0	1	3	1
Ν.Αμερική	71	557	754	29	3	0	16	3	1	4	1
Αυστραλία	28	170	173	4	3	0	1	0	0	4	1
Ευρώπη	9	21	30	5	0	2	2	0	1	0	0



Διάγραμμα 1. Πλήθος μετεωριτών ανά ήπειρο

Αφότου τα δείγματα χωρίσθηκαν ανά ήπειρο, χωρίσθηκαν περαιτέρω ανά χώρα, για την καλύτερη μελέτη τους.

Στους πίνακες 8, 9, 10, 11 και 12 τα σύμβολα LL, L, H αναφέρονται στις κατηγορίες των Τυπικών χονδριτών, τα C, CK, CM, CO, CR και CV αφορούν τους Ανθρακούχους χονδρίτες ενώ το E και R τους ενστατικούς και Rumuruti αντίστοιχα.

Πίνακας 8: Πλήθος μετεωριτών στην Αφρική ανά χώρα

Αφρική	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	E	R
Μαρόκο	728	1475	1189	602	152	60	127	33	213	60	102
Λιβύη	136	532	650	83	10	2	53	3	8	3	3
Αλγερία	136	236	277	56	3	4	11	20	10	8	2
Τυνησία	4	27	36								
Μαυριτανία	25	30	23	33	8	1	11	4	11		6
N. Αφρική	1	1									
Δυτική Σαχάρα	13	16	41	19	6	5	4		3	13	3
Σαχάρα	63	391	431	9			4		2	53	5
Αίγυπτος	4	18	41								
Σουδάν	1										
Νίγηρας	2	11	30	1			1		1	2	
Νιγηρία		3	2								
Μαδαγασκάρη		1									
Κένυα		2									
Ουγκάντα		1	1								
Τανζανία		1									
Ζιμπάμπουε		1									
Μπουργκίνα Φάσο		1	1								
Ναμίμπια		1	3								
Τσαντ		1	1								
Αιθιοπία			1								
Μάλι			2								
Μποτσουάνα			9								
Σομαλία					1						

Πίνακας 9: Πλήθος μετεωριτών στην Ασία ανά χώρα

Ασία	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	E	R
Σαουδική Αραβία		17	50	4	1		2		1	2	
Ομάν	3	1504	1350	50	3	8	16	2	18	6	13
Κίνα	184	183	65	1			1				
Ινδία	18	9	1	1		1					
Υεμένη	2	1									
Βιρμανία		1									
Η. Α. Εμιράτα		21	10								
Τουρκία		1	2								
Ιράν		31	218								
Κατάρ	9	3	13								
Ιαπωνία		1									
Καμπότζη			1								
Καζακστάν			4								
Ουζμπεκιστάν			1								
Νότια Κορέα			1								
Ταϊλάνδη			1								
Μογγολία			1								
Πακιστάν			1								

Πίνακας 10: Πλήθος μετεωριτών στην Αμερική ανά χώρα

Βόρεια Αμερική	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	E	R
Κούβα		1									
Καναδάς			6								
ΗΠΑ	25	266	402	20	16	1	1		1	3	1
Μεξικό	1	7	3								
Κόστα Ρίκα				1		1					
Νότια Αμερική	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	E	R
Χιλή	68	543	739	29	3		16	3	1	4	1
Περού	1		3								
Βραζιλία	2	5	3								
Βολιβία			1								
Αργεντινή		6	7								
Κολομβία		2	1								
Εκουαδόρ		1									

Πίνακας 11: Πλήθος μετεωριτών στην Ευρώπη ανά χώρα

Ευρώπη	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	E	R
Γαλλία	1	2	2								
Βέλγιο	1										
Τσεχία	2	1	1								
Αυστρία	1										
Πολωνία	2	3	1								
Γερμανία	1	1	2								
Ρωσία	1	8	10	1					1		
Σλοβενία		1	1								
Ιταλία		1	3								
Ελβετία		1	1								
Ρουμανία		1	1								
Ολλανδία		1		1		1					
Σλοβακία			1								
Ισπανία		1		2			2				
Λευκορωσία			1								
Κροατία			1								
Ουγγαρία			2								
Δανία			2	1		1					
Ουκρανία			1								

Πίνακας 12: Πλήθος μετεωριτών στην Αυστραλία

ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	E	R
Αυστραλία	28	170	173	4	3		1			4	1

Ο αριθμός των μετεωριτών από τους πίνακες 8, 9, 10, 11 και 12 δεν ταυτίζονται απόλυτα με τους αριθμούς από τους 5 και 6 καθώς κάποια δείγματα δεν είχαν σαφή χώρα προέλευσης, οπότε αφαιρέθηκαν. Ο τελικός αριθμός των δειγμάτων είναι 14921.

Σύμφωνα με αυτούς τους πίνακες παρατηρείται πληθώρα δειγμάτων στην Αφρική και Ασία, στις υπόλοιπες είναι εμφανώς λιγότερα με την Ευρώπη να έρχεται τελευταία. Εκ πρώτης όψεως η διαφορά μπορεί να οφείλεται στην έκταση της κάθε ηπείρου. Η Ευρώπη είναι η μικρότερη ήπειρος και κατά συνέπεια θα έχει τα λιγότερα δείγματα. Από την άλλη όμως, ήπειροι με παρόμοιο μέγεθος εμφανίζουν μεγάλες διαφορές. Έτσι εκτός από την έκταση πρέπει να ελέγξουμε και το ποσοστό αυτής που είναι διαθέσιμο και προσβάσιμο για έρευνα. Η Αφρική και η Ασία εκτός από το μέγεθος περιλαμβάνουν τεράστιες ερημικές εκτάσεις, που είναι κατάλληλες για τον εντοπισμό δειγμάτων. Στα τροπικά δάση από την άλλη, που βρίσκονται σε πολλές περιοχές της Γης η εύρεση μετεωριτών γίνεται πιο δύσκολη λόγω της εκτεταμένης βλάστησης. Επίσης υπάρχουν δάση και περιοχές που είναι σχεδόν ανεξερεύνητες από τον άνθρωπο. Επιπλέον οι περιοχές στις οποίες βρίσκονται οι μεγάλες οροσειρές της Γης αποτελούν σημεία που δεν είναι εύκολα προσβάσιμα. Τέλος όσο πιο πυκνοκατοικημένη είναι μία χώρα, ή μια ήπειρος τόσο λιγότερα δείγματα υπάρχουν. Το γεγονός μπορεί να οφείλεται στο ότι τα δείγματα χάνονται μέσα στο αστικό περιβάλλον ή συλλέγονται από άλλους και παραμένουν σε προσωπικές συλλογές. Εκτός όμως από την έκταση, το περιβάλλον και τις συνθήκες η διαφορά στον αριθμό των δειγμάτων υπάρχει πιθανότητα να σχετίζεται και με το ενδιαφέρον κάθε λαού προς τους μετεωρίτες.

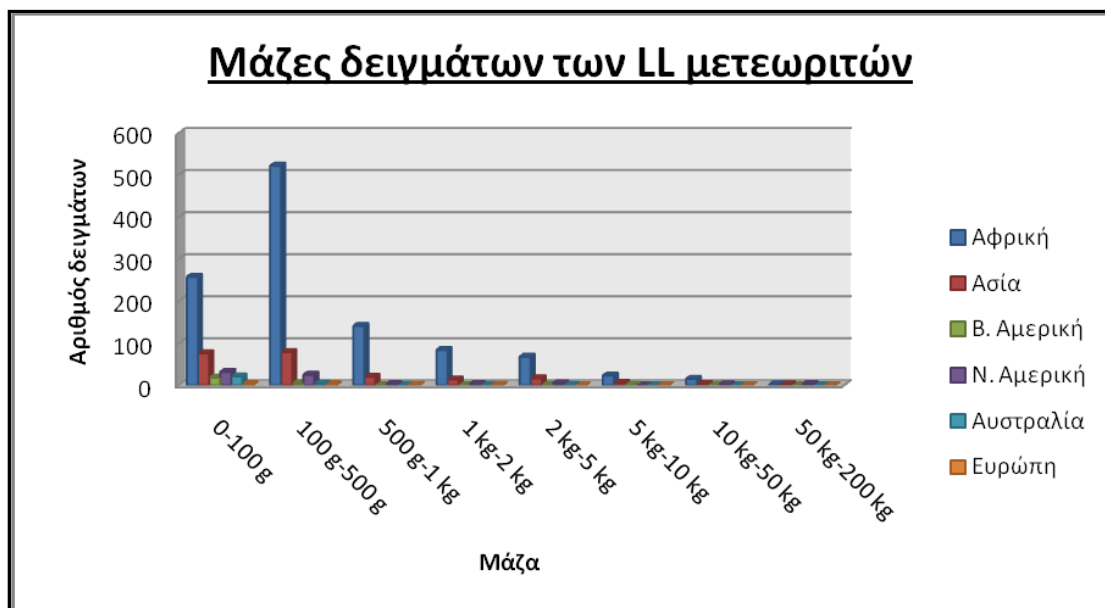
4. Μάζα δειγμάτων

LL

- Αφρική: Τα περισσότερα δείγματα LL από την Αφρική βρίσκονται στο Μαρόκο. Σε πλειοψηφία τα δείγματα έχουν μάζα έως 500 g. Η μέγιστη μάζα εντοπίζεται σε δείγματα από το Μαρόκο (Northwest Africa 4493), 56 kg.
- Ασία: Τα περισσότερα δείγματα LL της Ασίας είναι από το Ομάν. Η πλειοψηφία των μετεωριτών έχει μάζα κάτω από 500 g. Η μέγιστη τιμή είναι από δείγμα της Ινδίας (Sulagiri), 110 kg.
- Βόρεια Αμερική: Τα περισσότερα δείγματα LL της Βόρειας Αμερικής είναι από τις ΗΠΑ. Οι μάζες είναι κάτω από 100 g ενώ η μέγιστη τιμή είναι 14 kg (Stump Spring 083).

- Νότια Αμερική: Τα περισσότερα δείγματα LL της Νότιας Αμερικής είναι από την Χιλή. Οι περισσότερες μάζες είναι κάτω από 500 g ενώ η μέγιστη τιμή είναι 10 kg.
- Αυστραλία: Τα δείγματα από την Αυστραλία έχουν μάζα κάτω 100 g. Η μέγιστη τιμή είναι 2.5 kg (Kybo 001)
- Ευρώπη: Οι μετεωρίτες LL της Ευρώπης είναι ελάχιστοι σε σχέση με τις άλλες Ηπείρους. Τα περισσότερα δείγματα έχουν μάζα κάτω από 1 kg, η μέγιστη τιμή είναι 100 g.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω τα περισσότερα δείγματα της Αφρικής προέρχονται από το Μαρόκο, της Ασίας από το Ομάν, της Βορείου Αμερικής από τις ΗΠΑ, της Νοτίου Αμερικής από την Χιλή. Επίσης έχουμε και τους μετεωρίτες της Αυστραλίας και Ευρώπης. Τα περισσότερα δείγματα τα συγκεντρώνει η Αφρική. Σε παγκόσμιο επίπεδο η πλειοψηφία των δειγμάτων LL έχει μάζα κάτω από 1 kg ενώ η μέγιστη τιμή μάζας εντοπίζεται σε δείγμα της Ασίας και συγκεκριμένα στην Ινδία (Sulagiri) (Διάγραμμα 2).

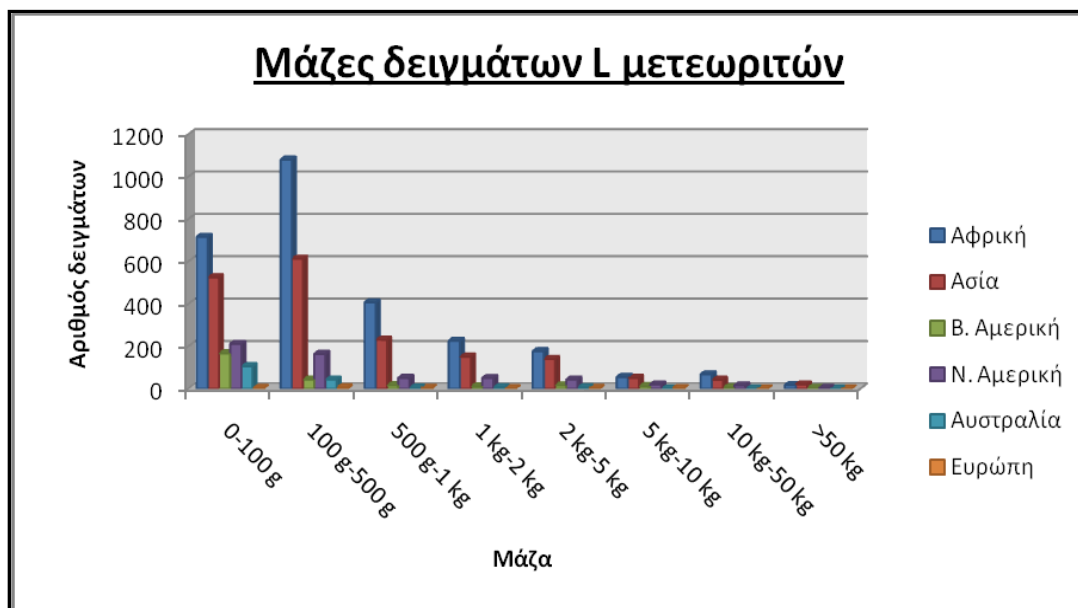


Διάγραμμα 2: Μάζες δειγμάτων των LL μετεωριτών ανά ήπειρο

L

- Αφρική: Τα δείγματα L της Αφρικής είναι στο σύνολο 2747, τα περισσότερα είναι από το Μαρόκο. Η πλειοψηφία των τιμών της μάζας είναι έως 500 g. Αρκετά μεγάλες μάζες εμφανίζονται στο Μαρόκο (200kg), Νιγηρία (160kg), Λιβύη (150kg), Σαχάρα (400kg), Κένυα (102kg), Ζιμπάμπουε (100kg).
- Ασία: Τα περισσότερα δείγματα της Ασίας εντοπίζονται στο Ομάν. Η πλειοψηφία των δειγμάτων έχουν μάζα κάτω από 500g. Η μέγιστη τιμή είναι 550 kg και το δείγμα είναι από το Ομάν (Jiddat al Harasis 073).
- Βόρεια Αμερική: Τα περισσότερα δείγματα εντοπίζονται στις ΗΠΑ. Τα δείγματα έχουν μάζα ,σε πλειοψηφία, κάτω των 100g. Μέγιστη τιμή είναι τα 377 kg (Clarendon).
- Νότια Αμερική: Τα περισσότερα δείγματα εντοπίζονται στην Χιλή. Τα δείγματα σε πλειοψηφία έχουν μάζα έως 100g. Η μέγιστη τιμή είναι 60 kg, (2 δείγματα από Αργεντινή και Χιλή).
- Αυστραλία: Τα δείγματα από την Αυστραλία έχουν μάζα κάτω από 100g. Έξι δείγματα έχουν μάζα πάνω από 2 kg. Η μέγιστη τιμή είναι 7 kg.
- Ευρώπη: Τα δείγματα από Ευρώπη έχουν , σε πλειοψηφία, μάζα κάτω από 100g. Η μέγιστη τιμή είναι τα 6.5 kg από δείγμα της Ρωσίας.

Τα περισσότερα δείγματα L της Αφρικής προέρχονται από το Μαρόκο, της Ασίας από Ομάν, Βόρειας Αμερικής από ΗΠΑ, Νότιας Αμερικής από Χιλή επίσης υπάρχουν δείγματα από Αυστραλία και Ευρώπη. Σε παγκόσμιο επίπεδο η πλειοψηφία των δειγμάτων είναι από την Αφρική. Οι μάζες κυρίως κυμαίνονται σε τιμές κάτω από 500g. Οι μέγιστες τιμές εντοπίζονται στη Σαχάρα 400 kg και στο Ομάν 550 kg (Διάγραμμα 3).

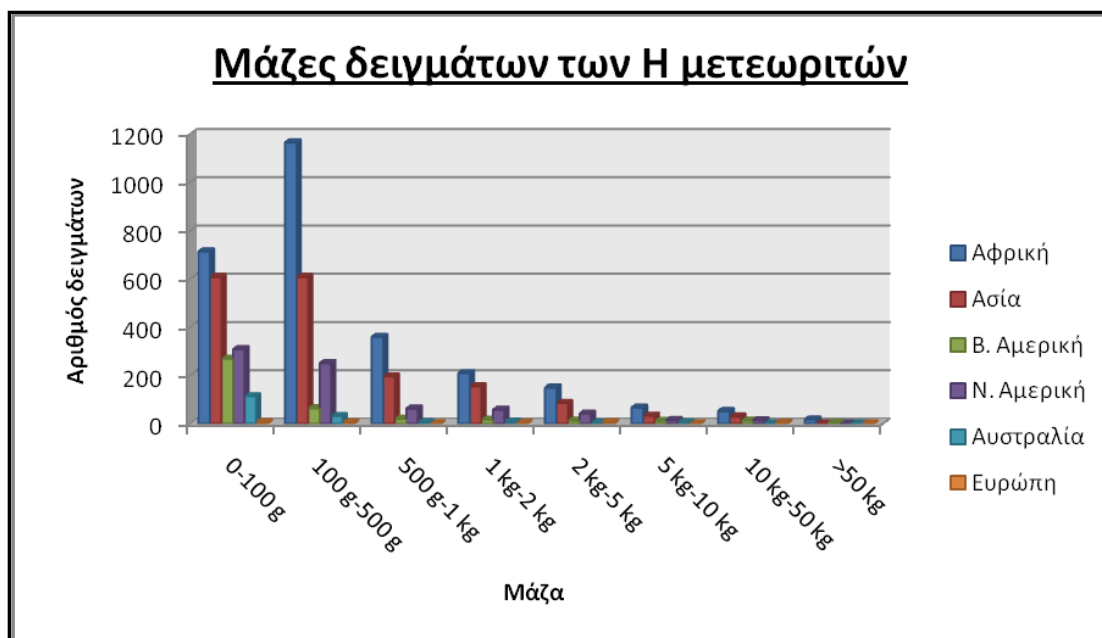


Διάγραμμα 3: Μάζες δειγμάτων των L μετεωριτών ανά ήπειρο

Η

- Αφρική: Τα περισσότερα δείγματα προέρχονται από το Μαρόκο. Η πλειοψηφία των δειγμάτων έχουν μάζα κάτω από 500 g. Υπάρχουν και αρκετά δείγματα με μεγάλες μάζες. 17 έχουν μάζα πάνω από 50 kg. Η μέγιστη τιμή είναι 400 kg από δείγμα του Νίγηρα (Tassédet 004)
- Ασία: Τα περισσότερα δείγματα είναι από το Ομάν. Η πλειοψηφία των δειγμάτων έχει μάζα κάτω από 500g. Η μέγιστη τιμή είναι 250 kg από δείγμα του Ομάν (Dhofar 020).
- Βόρεια Αμερική: Τα περισσότερα δείγματα προέρχονται από τις ΗΠΑ. Η πλειοψηφία έχει μάζα έως 500 g. Η μέγιστη μάζα είναι 100 kg (Franconia).
- Νότια Αμερική: Τα περισσότερα της Νότιας Αμερικής προέρχονται από την Χιλή. Η πλειοψηφία έχει μάζα κάτω από 500 g. Το δείγμα με την μέγιστη μάζα εντοπίζεται στην Χιλή (60kg) (Los Vientos 119).
- Αυστραλία: Τα περισσότερα δείγματα έχουν μάζα κάτω από 100 g. Η μέγιστη μάζα είναι 100 kg (Cook 007).
- Ευρώπη: Τα περισσότερα δείγματα έχουν μάζα κάτω από 100g. Τα περισσότερα δείγματα τα συγκεντρώνει η Ρωσία. Η μέγιστη μάζα είναι 140 kg από δείγμα της Ρωσίας.

Τα περισσότερα δείγματα Η μετεωριτών εντοπίζονται στην Αφρική και σε χώρα, στο Ομάν. Συγκεκριμένα οι περισσότεροι μετεωρίτες της Αφρικής είναι από το Μαρόκο, Ασίας από το Ομάν, Β. Αμερικής από ΗΠΑ, Ν. Αμερική από Χιλή επίσης υπάρχουν δείγματα από Ευρώπη και Αυστραλία. Η μέγιστη μάζα εντοπίζεται στο Νίγηρα (400 kg) (Διάγραμμα 4).



Διάγραμμα 4: Μάζες δειγμάτων των Η μετεωριτών ανά ήπειρο

Ανθρακούχοι

- Αφρική: Τα περισσότερα δείγματα Ανθρακούχων μετεωριτών προέρχονται από το Μαρόκο. Η πλειοψηφία έχει μάζα έως 500g. Η μέγιστη τιμή είναι 95 kg από δείγμα της Λιβύης (Dar al Gani 749).
- Ασία: Τα περισσότερα δείγματα της συγκεκριμένης κατηγορίας προέρχονται από το Ομάν. Οι μάζες των δειγμάτων κυμαίνονται σε κάποια g (<100g). Η μέγιστη τιμή είναι 3.1 kg από δείγμα της Κίνας.
- Βόρεια Αμερική: Τα περισσότερα δείγματα της Β. Αμερικής προέρχονται από τις ΗΠΑ. Η μάζα κυμαίνεται κάτω από 100 g, ενώ η μέγιστη τιμή είναι 27 kg (Κόστα Ρίκα- Aguas Zarcas).
- Νότια Αμερική: Όλα τα δείγματα προέρχονται από την Χιλή. Τα περισσότερα έχουν μάζα κάτω από 100g. Η μέγιστη τιμή είναι 26 kg (El Médano 262).

- Ευρώπη: Με μάζες έως 70 g.
- Αυστραλία: Με μάζα κάτω από 20 g.

Οι περισσότεροι ανθρακούχοι μετεωρίτες της Αφρικής προέρχονται από το Μαρόκο, της Ασίας από το Ομάν, της Βόρειας Αμερικής από το Ομάν, της Νότιας από την Χιλή (μόνο) ενώ υπάρχουν δείγματα από Ευρώπη και Αυστραλία. Η πλειοψηφία των δειγμάτων είναι από το Μαρόκο. Τα περισσότερα δείγματα έχουν μάζα έως 2 kg, ενώ υπάρχουν και αρκετά δείγματα με μάζα κάποιων g. Η μέγιστη τιμή είναι 95 kg (Λιβύη) (Διάγραμμα 5).

Στη συνέχεια αναλύονται ξεχωριστά οι τύποι των ανθρακούχων μετεωριτών βάση της μάζας τους (CM, CK, CV, CO, CR).

CM

- Αφρική: Τα δείγματα έχουν μάζες κάτω από 200 g, ενώ η μέγιστη μάζα είναι 6 kg από τη Δυτική Σαχάρα. Τα περισσότερα δείγματα προέρχονται από το Μαρόκο.
- Ασία: Τα περισσότερα δείγματα είναι από το Ομάν . Η μάζα είναι έως 90 g. Η μέγιστη μάζα είναι 2 kg από δείγμα της Ινδίας.
- Βόρεια Αμερική: Μόνο 2 δείγματα CM από την Βόρεια Αμερική, με μάζα έως 700 g
- Ευρώπη: Μόνο 2 δείγματα με μάζες έως 70g.

Δεν υπάρχουν δείγματα από Αυστραλία και Νότια Αμερική.

Η κατηγορία αυτή δεν έχει δείγματα από Αυστραλία και Νότια Αμερική. Τα περισσότερα δείγματα εντοπίζονται στο Μαρόκο. Τα δείγματα έχουν μικρές μάζες, κάτω από 100 g. Η μέγιστη μάζα είναι 27 kg από την Κόστα Ρίκα.

CK

- Αφρική: Τα περισσότερα δείγματα από την Αφρική είναι από το Μαρόκο. Οι μάζες των περισσότερων είναι έως 300 g. Η μέγιστη μάζα είναι 26.5 kg από δείγμα της Λιβύης (Hammadah al Hamra 280).

- Ασία: Λίγα δείγματα από την Ασία με μάζα έως 200 g.
- Βόρεια Αμερική: Όλα τα δείγματα από τη Βόρεια Αμερική είναι από τις ΗΠΑ. Με μάζα έως 12 g. Η μέγιστη τιμή είναι 1 kg.
- Νότια Αμερική: Όλα τα δείγματα από τη Νότια Αμερική είναι από τη Χιλή. Με μάζα έως 180 g.
- Αυστραλία: Μόνο 3 Δείγματα με μάζα έως 11 g.

Δεν υπάρχουν δείγματα από την Ευρώπη.

Σε αυτή την κατηγορία δεν υπάρχουν δείγματα από την Ευρώπη. Τα περισσότερα δείγματα είναι από το Μαρόκο. Η μάζα των δειγμάτων είναι κάτω από 300 g. Η μέγιστη μάζα είναι 26.5 kg από δείγμα της Λιβύης.

CV

- Αφρική: Τα περισσότερα δείγματα είναι από το Μαρόκο. Η πλειοψηφία των δειγμάτων έχουν μάζα έως 400 g. Η μέγιστη μάζα είναι 100 kg (Northwest Africa 4502).
- Ασία: Τα περισσότερα δείγματα είναι από το Ομάν. Τα δείγματα έχουν μάζα έως 500 g. Η μέγιστη μάζα είναι 1.7 kg.
- Βόρεια Αμερική: Ένα μόνο δείγμα στη Βόρεια Αμερική (ΗΠΑ) με μάζα 190g.
- Νότια Αμερική: Ένα μόνο δείγμα στη Νότια Αμερική (Χιλή) με μάζα 380g.
- Ευρώπη: Ένα μόνο δείγμα από Ρωσία με μάζα 0.1g.

Δεν υπάρχουν δείγματα από την Αυστραλία.

Τα περισσότερα δείγματα προέρχονται από το Μαρόκο. Η μάζα είναι έως 400 g . Η μέγιστη μάζα είναι 100 g. Δεν υπάρχουν δείγματα από την Αυστραλία.

CO

- Αφρική: Τα περισσότερα δείγματα είναι από το Μαρόκο. Η πλειοψηφία έχει μάζα έως 1 kg. Η μέγιστη μάζα είναι 95 kg από δείγμα της Λιβύης (Dar al Gani 749).
- Ασία: Τα περισσότερα δείγματα έχουν μάζα έως 100 g. Η μέγιστη μάζα είναι 3 kg (Κίνα).

- Βόρεια Αμερική: Ένα μόνο δείγμα από την Βόρεια Αμερική, ΗΠΑ με μάζα 2.8 kg.
- Νότια Αμερική: Τα δείγματα είναι μόνο από την Χιλή. Τα 9 δείγματα έχουν μάζα κάτω από 800 g. Η μέγιστη τιμή είναι 26 kg (El Médano 262).
- Αυστραλία: Με μάζα 20 g.
- Ευρώπη: Με μάζα κάτω από 50 g.

Τα περισσότερα δείγματα είναι από το Μαρόκο. Τα δείγματα έχουν μάζα κάτω από 1kg. Η μέγιστη μάζα είναι 95 kg από δείγμα της Λιβύης.

CR

- Αφρική: Τα περισσότερα δείγματα είναι από το Μαρόκο. Σε πλειοψηφία τα δείγματα έχουν μάζα έως 400 g. Η μέγιστη μάζα είναι 1 kg.
- Ασία: Τα δείγματα από το Ομάν είναι τα μοναδικά δείγματα από την Ασία. Με μάζα έως 1 kg.
- Νότια Αμερική: Είναι τα μοναδικά δείγματα από την Νότια Αμερική. Με μάζα έως 350 g.

Δεν υπάρχουν δείγματα από την Αυστραλία, Ευρώπη και Βόρεια Αμερική.

Τα περισσότερα δείγματα είναι από το Μαρόκο. Η πλειοψηφία των δειγμάτων έχουν μάζα έως 400 g. Η μέγιστη μάζα είναι 1 kg. Δεν υπάρχουν δείγματα από την Ευρώπη, Αυστραλία και Βόρεια Αμερική.



Διάγραμμα 5: Μάζες δειγμάτων των Ανθρακούχων μετεωριτών ανά ήπειρο

Ενστατικοί

- Αφρική: Τα περισσότερα δείγματα της Αφρικής είναι από το Μαρόκο. Η πλειοψηφία έχει μάζα έως 500g. Πολλά δείγματα έχουν μάζα μερικών g. Η μέγιστη τιμή είναι 3 τόνοι σε δείγμα του Μαρόκο (Al Haggounia 001).
- Ασία: Ελάχιστα δείγματα, με μάζες κάτω από 100 g. Η μέγιστη τιμή είναι 1.7 kg από δείγμα της Σαουδικής Αραβίας.
- Βόρεια Αμερική: Τα δείγματα είναι μόνο από τις ΗΠΑ , με μάζα κάτω από 100 g.
- Νότια Αμερική: Τα δείγματα είναι μόνο από τη Χιλή, με τιμές μάζας να ποικίλουν από g έως 100 kg.
- Αυστραλία: 4 Δείγματα με μάζα έως 1.5 kg.

Δεν υπάρχουν δείγματα από Ευρώπη.

Τα περισσότερα δείγματα προέρχονται από την Αφρική, Μαρόκο. Με μάζες έως 1 kg και με πολλά δείγματα με τιμές κάποιων g. Η μέγιστη είναι 3 τόνοι σε δείγμα του Μαρόκο (Διάγραμμα 6).

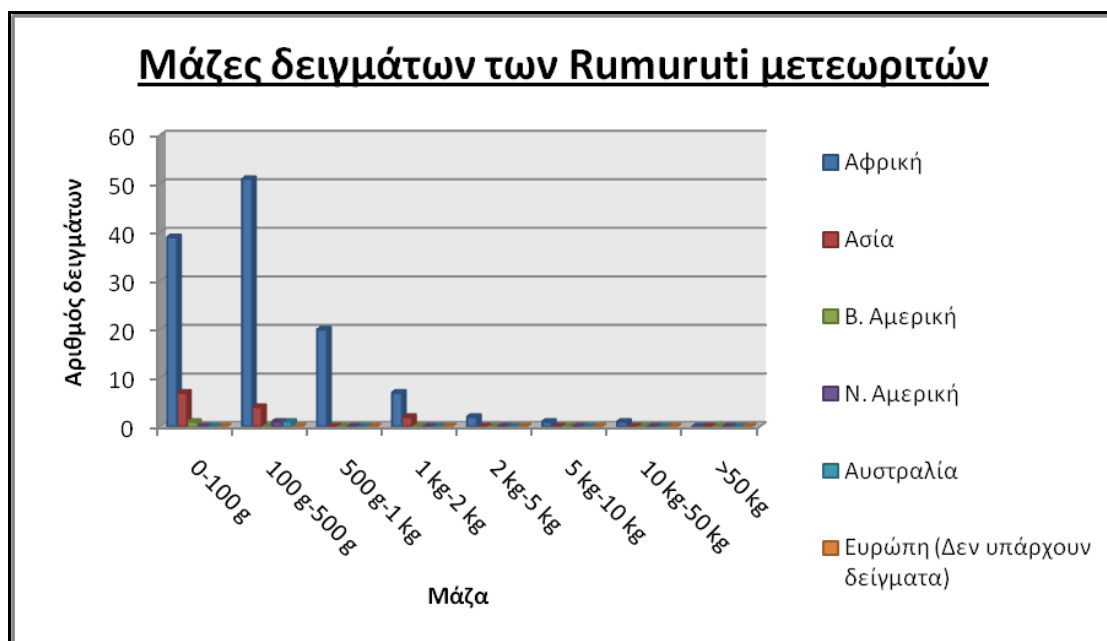


Διάγραμμα 6: Μάζες δειγμάτων των Ενστατικών μετεωριτών ανά ήπειρο

Rumuruti

- Αφρική: Τα περισσότερα δείγματα της Αφρικής προέρχονται από το Μαρόκο. Οι μάζες φτάνουν έως 500g. Η μέγιστη τιμή είναι 12 kg (Northwest Africa 753).
- Ασία: Τα δείγματα είναι μόνο από το Ομάν. Τα περισσότερα δείγματα έχουν μάζα έως 100 g. Η μέγιστη μάζα είναι 1.8 kg.
- Βόρεια Αμερική: Μόνο ένα δείγμα από τις ΗΠΑ. Με μάζα 70 g.
- Νότια Αμερική: Μόνο ένα δείγμα από την Χιλή με μάζα 280 g.
- Αυστραλία: 1 Δείγμα με μάζα 100 g.

Τα περισσότερα δείγματα προέρχονται από την Αφρική, Μαρόκο. Η πλειοψηφία των μαζών είναι έως 500g. Η μέγιστη τιμή είναι 12 kg (Διάγραμμα 7).



Διάγραμμα 7: Μάζες δειγμάτων των Rumuruti μετεωριτών

Οι ήπειροι που δεν αναπαρίστανται σε διάγραμμα είτε δεν έχουν δείγματα είτε έχουν ελάχιστο αριθμό αυτών (κάτω από 4).

Ακολουθούν συνοπτικοί πίνακες (Πίν. 13, 14, 15, 16, 17) με τις κυρίαρχες μάζες των δειγμάτων.

Πίνακας 13: Μάζες δειγμάτων Αφρικής

Χώρες	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	Enst	R
ΑΦΡΙΚΗ	Μάζες δειγμάτων (kg) (g)– Μεγάλο εύρος ή λίγα δείγματα(-)–(Τα δείγματα κάτω από 3 είναι kg)										
Μαρόκο	<2	<2	<500	<2	<300	<100	<1	<300	<400	<1	<1
Λιβύη	<1	<2	<500	<1	<1	<100	<800	<100	<1	<1	<400
Αλγερία	<2	<2	<500	<1	-	<1	<500	<400	<1	<400	<200
Τυνησία	<1	<1	<100								
Μαυριτανία	<2	<1	<1	<500	<400	-	<800	<1	<500		<700
Νότια Αφρική	-	-									
Δυτική Σαχάρα	<1	<500	<400	<1	<680	<40	<700		-	<200	<1
Σαχάρα	<2	<1	<500	<500			<81		-	<1	<90
Αίγυπτος	<2	<1	<200								
Σουδάν	-										
Νίγηρας	<2	<1	<1	-			-		-	<700	
Νιγηρία		<1	-								
Μαδαγασκάρη		-									
Κένυα		-									
Ουγκάντα		-	-								
Τανζανία		-									
Ζιμπάμπουε		-									
Μπουργκίνα Φάσο		-	-								
Ναμίμπια		-	-								

Τσαντ			-								
Αιθιοπία			-								
Μάλι			-								
Μποτσουάνα			<800								
Σομαλία					-						

Πίνακας 14: Μάζες δειγμάτων Ασίας

ΑΣΙΑ	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	E	R
Σαουδική Αραβία	<500	<1	<200	<500	-		<400		-	-	
Ομάν	<1	<3	<2	<200	<200	<100	<100	<1	<500	<200	<300
Κίνα	<1	<2	<400	-			-				
Ινδία	-	-	-	-		-					
Υεμένη		-									
Βιρμανία		-									
Η. Α. Εμιράτα		<1	<300								
Τουρκία		-	-								
Ιράν	<1	<3	<400								
Κατάρ		<800	<1								
Ιαπωνία		-									
Καμπότζη			-								
Καζακστάν			-								
Ουζμπεκιστάν			-								
Νότια Κορέα			-								
Ταϊλάνδη			-								
Μογγολία			-								
Πακιστάν			-								

Πίνακας 15: Μάζες δειγμάτων Αμερικής

ΒΟΡΕΙΑ ΑΜΕΡΙΚΗ	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	Enst	R
Κούβα		-									
Καναδάς			<350								
ΗΠΑ	<1	<2.5	<500	<100	<12	-	-		-	<300	-
Μεξικό	-	<2	-								
Κόστα Ρίκα				-		-					
ΝΟΤΙΑ ΑΜΕΡΙΚΗ	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	Enst	R
Χιλή	<1	<2	<500	<1	<180		<800	<350	-	-	-
Περού	-		-								
Βραζιλία	<1.5	<2.5	<300								
Βολιβία			-								
Αργεντινή		<2	-								
Κολομβία		-	-								
Εκουαδόρ		-									

Πίνακας 16: Μάζες δειγμάτων Ευρώπης

ΕΥΡΩΠΗ	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	Enst	R
Ευρώπη	<1	<2	<1	<70		<70	<50				

Πίνακας 17: Μάζες δειγμάτων Αυστραλίας

ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	Enst	R
Αυστραλία	<500	<1	<400	<20	<11		<20			<1.5	-

Παρατηρώντας τα παραπάνω, οι μάζες των δειγμάτων δεν παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις, οι τιμές μάζας μπορεί να είναι από μερικά γραμμάρια έως και 1-2 kg κατά μέσο όρο. Μεγαλύτερη ποικιλία στις τιμές παρουσιάζουν οι περιοχές όπου υπάρχουν και περισσότερα δείγματα. Ελάχιστα είναι τα δείγματα με σχετικά μεγάλες μάζες όπως ο μετεωρίτης Al Haggounia από το Μαρόκο με μάζα τριών (3) τόνων, άλλα δείγματα με μεγάλες μάζες απαντώνται στην Ινδία (110 kg), στη Βόρεια Αφρική και στη γενικότερη περιοχή της Σαχάρας αλλά και στο Ομάν (550 kg). Τα δείγματα αυτά προέρχονται από τις κατηγορίες των Τυπικών, Ανθρακούχων και Ενστατικών μετεωριτών. Οι Rumuruti δεν παρουσιάζουν παρόμοιες μάζες, η μέγιστη τιμή για τους Rumuruti είναι 12 kg σε δείγματα από τη Βόρειο Δυτική Αφρική.

5. Ανάλυση βάση του Πετρογραφικού τύπου

Ο πετρογραφικός τύπος χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό κάθε είδους μετεωρίτη και εκφράζει τη χημική του σύσταση, τα ορυκτά που περιέχει, την πετρολογία αλλά και τις διεργασίες και μεταβολές που έχει δεχθεί. Οι κατηγορίες των μετεωριτών (Ordinary, Carbonaceous, Enstatite, Rumuruti) έχουν συγκεκριμένη χημική και ορυκτολογική σύσταση. Έτσι σε κάθε είδος συναντάμε διαφορετικούς πετρογραφικούς τύπους. Στους Τυπικούς, Ενστατικούς και Rumuruti ο τύπος μπορεί να είναι από 3 έως 6. Από την άλλη στους Ανθρακούχους ανάλογα σε ποία υποκατηγορία αναφερόμαστε ο τύπος διαφέρει. Οι CM, CR έχουν από 1 έως 2, οι CO, CV από 3 έως 4 ενώ οι CK από 3 έως 6.

Παρακάτω αναλύονται λεπτομερώς οι αριθμοί των δειγμάτων που ανήκουν σε κάθε τύπο (Πίν. 18). Μπορεί να υπάρχουν αποκλίσεις από τον συνολικό αριθμό των δειγμάτων διότι κάποια δεν είχαν ακριβή τύπο, έτσι δεν συμπεριλήφθησαν.

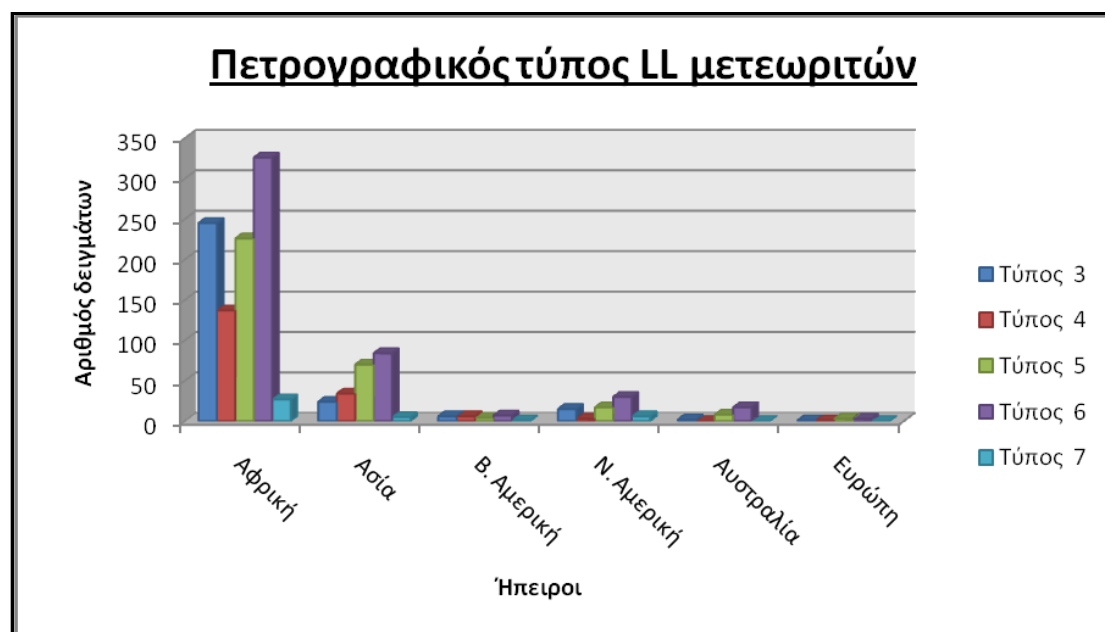
Πίνακας 18: Πετρογραφικοί τύποι ανά κατηγορία μετεωριτών

	Τυπικοί			Ανθρακούχοι	Ενστατικοί	Rumuruti
	LL	L	H			
Τύπος 1	0	0	0	7	0	0
Τύπος 2	0	0	0	127	0	0
Τύπος 3	293	459	403	575	66	68
Τύπος 4	181	714	1373	68	11	36
Τύπος 5	328	1477	2823	72	7	26
Τύπος 6	467	2779	1164	34	63	4
Τύπος 7	39	5	11	3	1	0

LL Μετεωρίτες

Τα περισσότερα δείγματα έχουν τύπο 6, περίπου ισάριθμα δείγματα είναι αυτά με τύπο 3-4. Τα λιγότερα είναι αυτά με τύπο 7. Σε αυτή την κατηγορία δεν υπάρχουν δείγματα με τύπο κάτω από 3 (Διάγραμμα 8).

Από τα δείγματα της Αφρικής τα περισσότερα είναι LL3-4, όπως και της Βόρειας Αμερικής. Στην Ασία, Νότια Αμερική και Ευρώπη κυριαρχεί ο τύπος 6.



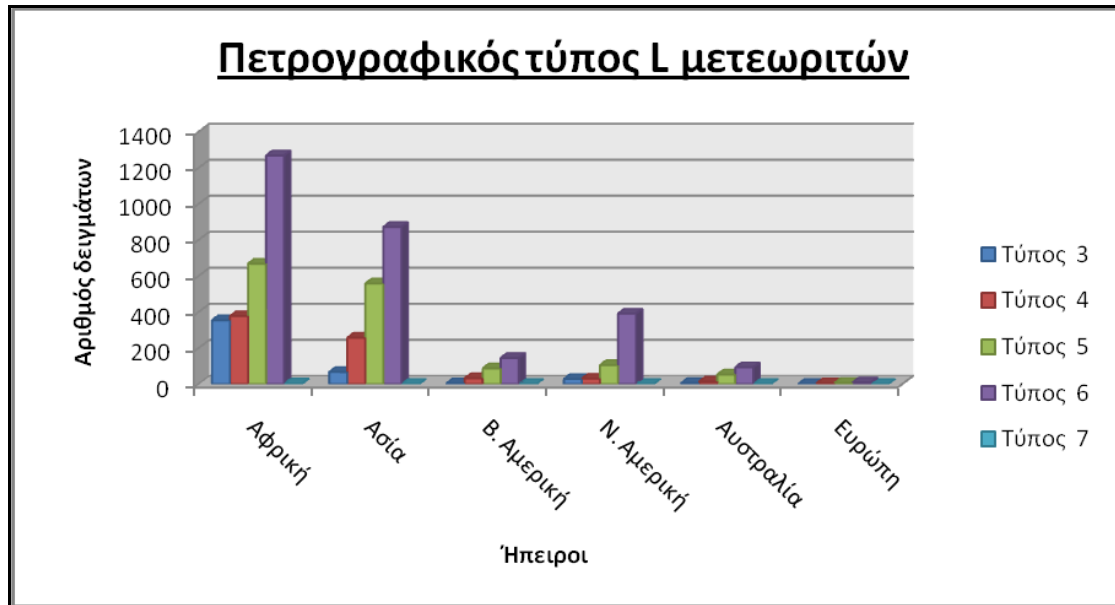
Διάγραμμα 8: Πετρογραφικός τύπος των LL μετεωριτών ανά ήπειρο

L Μετεωρίτες

Τα περισσότερα δείγματα L έχουν τύπο 6. Ο τύπος 5 ακολουθεί και έπειτα με μικρή διαφορά τα δείγματα με τύπο 3-4. Ελάχιστα έχουν τύπο 7 (Διάγραμμα 9).

Σε αντίθεση με τους LL, οι L με τύπο 6 υπερिशύουν σε όλες τις Ηπείρους.

Ο τύπος 7 είναι σπάνιος και για τις υπόλοιπες κατηγορίες μετεωριτών. Τα δείγματα που ανήκουν σε αυτόν εμφανίζουν εκτεταμένη ανακρυστάλλωση και μορφές τήξης.



Διάγραμμα 9: Πετρογραφικός τύπος των L μετεωριτών ανά ήπειρο

Η Μετεωρίτες

Τα περισσότερα δείγματα έχουν τύπο 5, ακολουθούν αυτά με τύπο 3-4 και 6 με σχετικά μικρή διαφορά δειγμάτων. Ελάχιστα τα δείγματα με τύπο 7(Διάγραμμα 10).

Σε όλες τις ηπείρους υπερिशύει ο τύπος 5. Επίσης τα δείγματα των Τυπικών χονδριτών εντοπίζονται σε όλες τις Ηπείρους.



Διάγραμμα 10: Πετρογραφικός τύπος των Η μετεωριτών ανά ήπειρο

Ανθρακούχοι Μετεωρίτες

CI, CM, CV, CR, CH, CB, CO, CK

Θα ασχοληθούμε με τους CM, CR, CO, CV, CK

Σαν σύνολο, στους Ανθρακούχους υπάρχουν όλοι οι πετρογραφικοί τύποι.

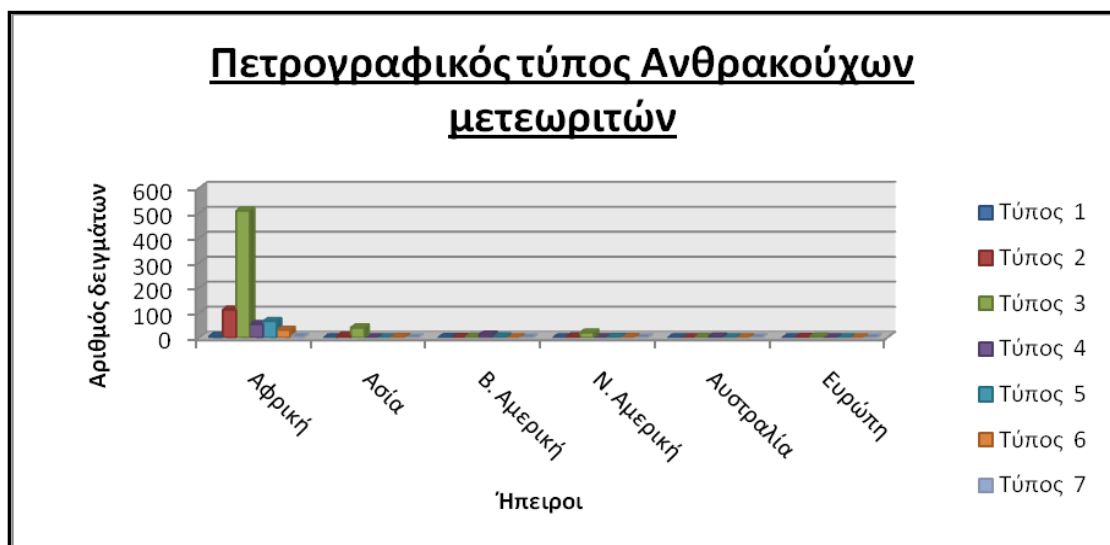
Τα περισσότερα δείγματα έχουν τύπο 3, με μεγάλη διαφορά σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους. Με λιγότερα δείγματα είναι οι τύποι 4 – 7 (Διάγραμμα 11).

CK: Δεν υπάρχουν δείγματα από την Ευρώπη.

CM: Δεν υπάρχουν δείγματα από τη Νότια Αμερική και την Αυστραλία.

CR: Δεν υπάρχουν δείγματα από τη Βόρεια Αμερική, Ευρώπη και Αυστραλία.

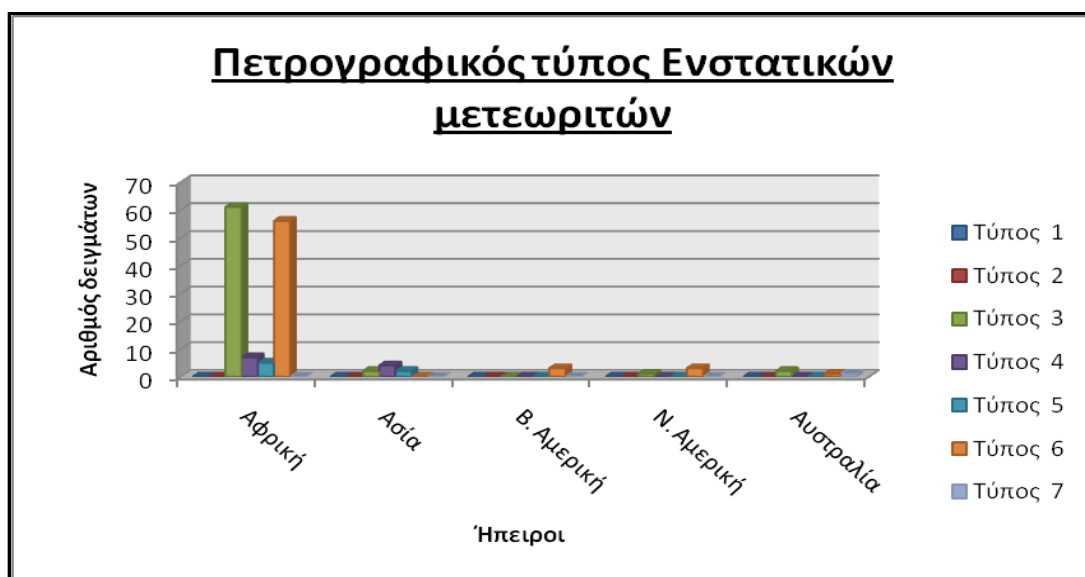
CV: Δεν υπάρχουν δείγματα από την Αυστραλία.



Διάγραμμα 11: Πετρογραφικός τύπος των Ανθρακούχων μετεωριτών ανά ήπειρο

Ενστατικοί Μετεωρίτες

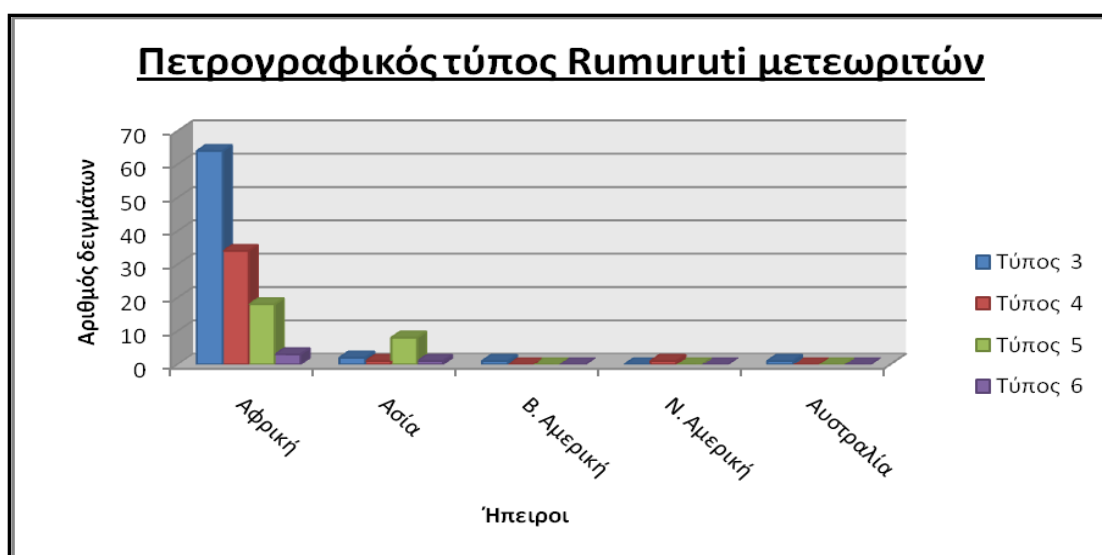
Στους Ενστατικούς κυριαρχεί ο τύπος 3, όπως και ο 6. Δείγματα με τύπο 5 και 7 είναι ελάχιστα. Δεν υπάρχουν δείγματα από την Ευρώπη (Διάγραμμα 12).



Διάγραμμα 12: Πετρογραφικός τύπος των Ενστατικών μετεωριτών ανά ήπειρο

Rumuruti Μετεωρίτες

Ο τύπος 3-4 είναι αυτός που υπερισχύει έναντι των υπολοίπων. Δεν υπάρχουν δείγματα από την Ευρώπη (Διάγραμμα 13).



Διάγραμμα 13: Πετρογραφικός τύπος των Rumuruti μετεωριτών ανά ήπειρο

6. Ανάλυση βαθμού shock μεταμόρφωσης

Το Shock stage εκφράζει το βαθμό της shock μεταμόρφωσης, η οποία προκαλείται από τις συγκρούσεις μεταξύ των μετεωριτικών σωμάτων. Για τον καθορισμό του βαθμού ελέγχονται ο ολιβίνης, ο πυρόξενος και το πλαγιόκλαστο. Ανάλογα με το είδος του μετεωρίτη που θέλουμε κάθε φορά να ορίσουμε, μελετάμε και άλλο ορυκτό. Στους Τυπικούς μετεωρίτες εξετάζεται ο ολιβίνης και τα πλαγιόκλαστα, στους Ανθρακούχους μόνο ο ολιβίνης ενώ στους Ενστατικούς ο ορθοπυρόξενος.

Ο βαθμός κυμαίνεται από 1 έως 6. Σε κάποιους μετεωρίτες εμφανίζεται και το στάδιο 7, όπου αυτοί υπέστησαν μερική ή ολική τήξη (Stoffler and Keil et al. 1991).

Πίνακας 19: Επίδραση shock μεταμόρφωσης (Krot, 2014)

Επιδράσεις μεταμόρφωσης shock					
Βαθμός shock	Περιγραφή	Ολιβίνης	Πλαγιόκλαστο	Ορθοπυρόξενος	Πίεση shock (GPa)
S1	Δεν έχει υποστεί shock (unshocked)		έντονη κατάσβεση, ακανόνιστα σπασίματα		<4-5
S2	Πολύ ελαφριά μεταμόρφωση (very weakly shocked)	κυματοειδή κατάσβεση, ακανόνιστα σπασίματα	κυματοειδή κατάσβεση, ακανόνιστα σπασίματα	κυματοειδή κατάσβεση, επίπεδα σπασίματα, ακανόνιστα σπασίματα	5-10
S3	Ελαφριά μεταμόρφωση (weakly shocked)	κυματοειδή κατάσβεση, επίπεδα σπασίματα, ακανόνιστα σπασίματα	κυματοειδή κατάσβεση	κυματοειδή κατάσβεση, επίπεδα σπασίματα, ακανόνιστα σπασίματα, κλινοενστατίτης σε ελάσματα	15-20
S4	Μέτρια μεταμόρφωση (moderately shocked)	ελαφριά μορφή μωσαϊκού, επίπεδα σπασίματα	Κυματοειδή κατάσβεση, επίπεδα σπασίματα, σχισμό		30-35
S5	Ισχυρή μεταμόρφωση (strongly shocked)	Έντονη μορφή μωσαϊκού, επίπεδα σπασίματα, σχισμός			45-55
S6	Πολύ ισχυρή μεταμόρφωση (very strongly shocked)	Ανακρυσταλλωμένος με κηλιδώσεις, εμφανίσεις ringwoodite	Τήξη, γυαλί	Μορφές τήξης, εμφάνιση majorite	75-90
S7	τήξη	Ολική τήξη πετρώματος			

S1-6

Στα δείγματα με S1 ο ολιβίνης δεν παρουσιάζει αλλαγή, τα πλαγιόκλαστα εμφανίζουν έντονη κατάσβεση και ακανόνιστα σπασίματα. Στα δείγματα με S2 ο ολιβίνης έχει κυματοειδή κατάσβεση και ακανόνιστα σπασίματα, όπως και τα πλαγιόκλαστα. Στον S3 ο ολιβίνης εμφανίζει επίπεδα σπασίματα, ακανόνιστα σπασίματα και κυματοειδή κατάσβεση, τα πλαγιόκλαστα επίσης παρουσιάζουν κυματοειδή κατάσβεση. Στα δείγματα με S4 ο ολιβίνης εμφανίζει ελαφριά μορφή μωσαϊκού και επίπεδα σπασίματα. Τα πλαγιόκλαστα έχουν κυματοειδή κατάσβεση και επίπεδες δομές σαν σχισμό. Στα S5 ο ολιβίνης έχει έντονη μορφή μωσαϊκού και επίπεδες δομές (Σχισμός). Τα δείγματα με S6 παρουσιάζουν ανακρυσταλλωμένο ολιβίνη με κηλιδώσεις και εμφανίσεις ringwoodite. Τα πλαγιόκλαστα έχουν τηχθεί.

Ο ορθοπυρόξενος στα δείγματα με S1 δεν εμφανίζει αλλαγές, όπως και στα S4 και S5. Στα S2 ο Ορχ έχει κυματοειδή κατάσβεση, ακανόνιστα ή επίπεδα σπασίματα. Στα S3 παρατηρείτε ότι και στα S2, συν την ύπαρξη κλινοενστατίτη σε ελάσματα. Στα δείγματα με S6 εμφανίζεται ο majorite και μορφές τήξης (Πίν. 19).

Στη συνέχεια περιγράφονται τα δείγματα από όλες τις κατηγορίες ως προς το shock stage (Πίν. 20).

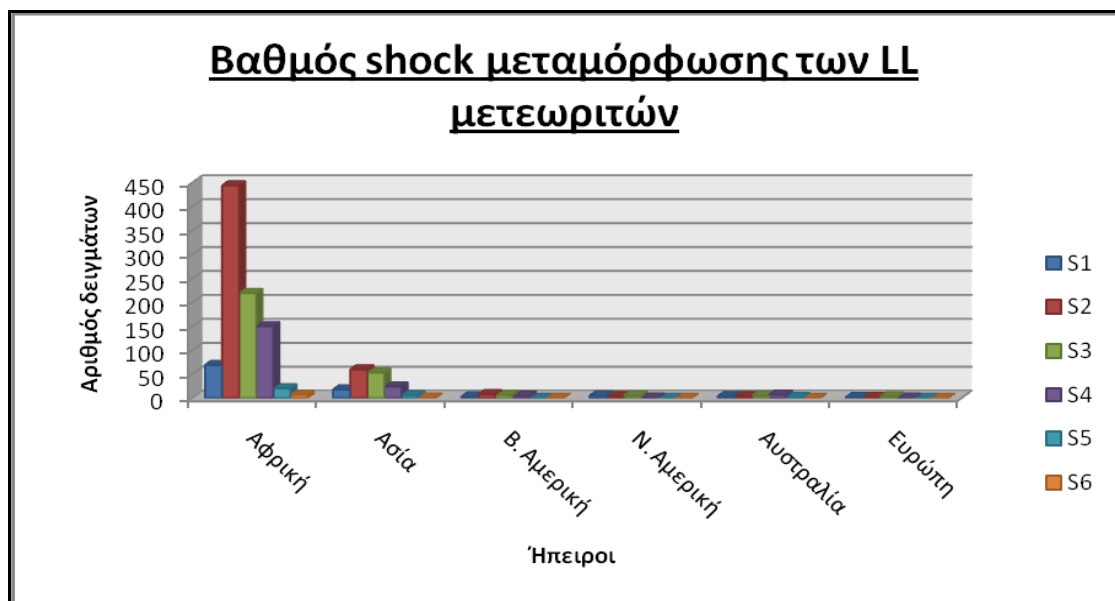
Πίνακας 20: Πλήθος μετεωριτών ανά βαθμό shock

	Τυπικοί			Ανθρακούχοι	Ενστατικοί	Rumuruti
	LL	L	H			
S1	101	263	643	169	12	11
S2	522	1268	1957	399	27	47
S3	291	1177	1168	21	5	22
S4	188	1106	331	7	2	12
S5	28	252	29	1	0	
S6	8	93	10	0	3	

Το πλήθος των δειγμάτων διαφέρει από το αρχικό καθώς ο βαθμός αποσάθρωσης δεν έχει καθοριστεί για όλα τα δείγματα, έτσι μετρήθηκαν μόνο όσα είχαν ακριβές βαθμό.

LL Μετεωρίτες

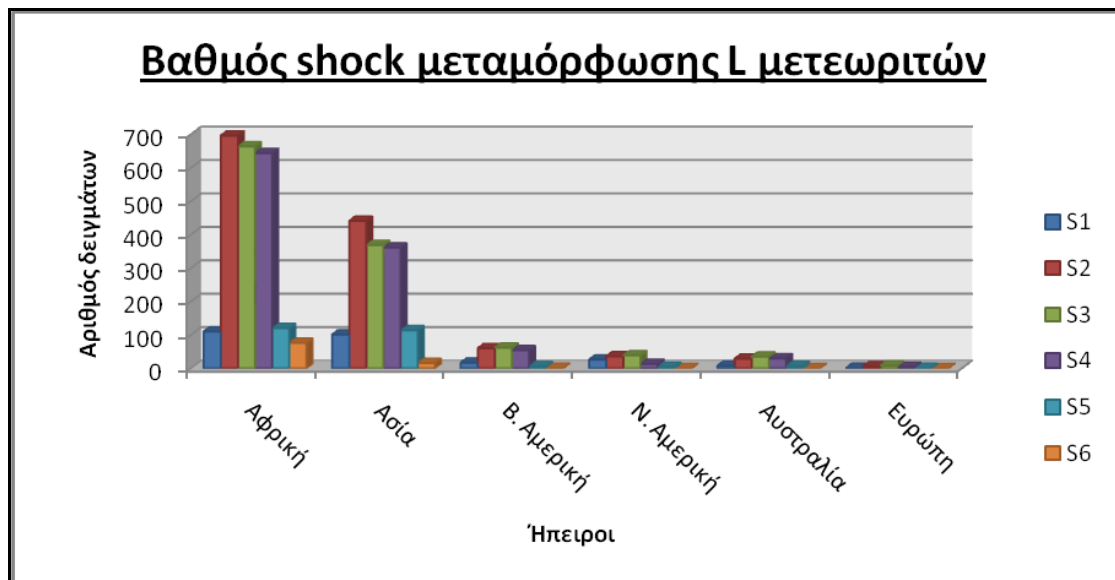
Τα περισσότερα δείγματα ανήκουν στο S2, ελάχιστα έχουν υψηλό βαθμό, πάνω από S5. Σε αυτή την κατηγορία υπερισχύει το S2 σε όλες τις ηπείρους (Διάγραμμα 14).



Διάγραμμα 14: Βαθμός shock μεταμόρφωσης των LL δειγμάτων ανά ήπειρο

L Μετεωρίτες

Οι 3 κατηγορίες S2, S3, S4 είναι περίπου ισάριθμες. Σε όλες τις ηπείρους κυριαρχεί ο τύπος S2-3(Διάγραμμα 15).

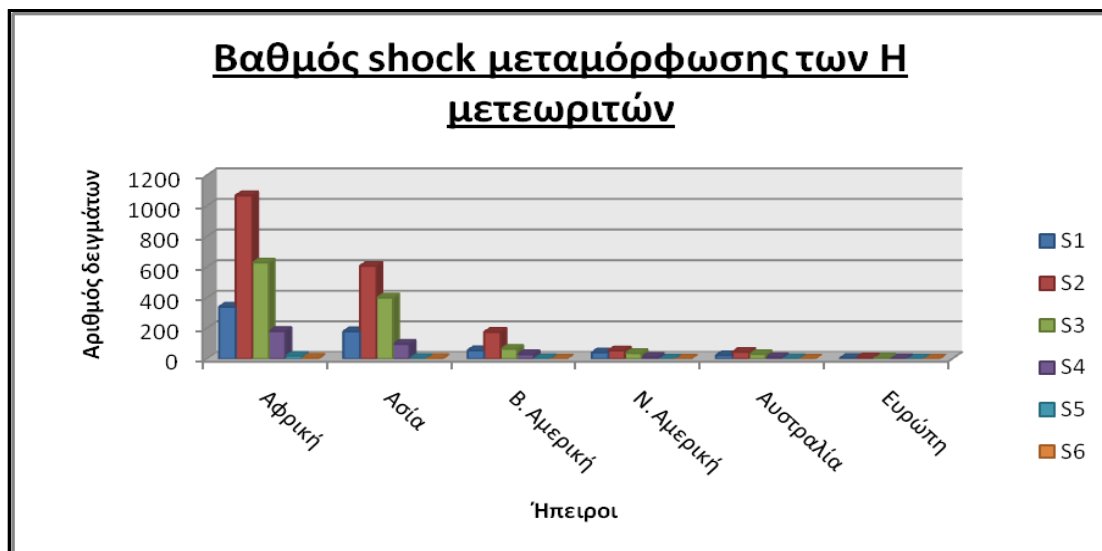


Διάγραμμα 15: Βαθμός shock μεταμόρφωσης των L δειγμάτων ανά ήπειρο

Η Μετεωρίτες

Και σε αυτή την κατηγορία τα δείγματα με S2 είναι περισσότερα. Υπάρχει 1 δείγμα χωρίς ενδείξεις shock. Σε όλες τις ηπείρους υπερισχύει ο S2 (Διάγραμμα 16).

Στους Τυπικούς μετεωρίτες εμφανίζονται όλα στα στάδια shock.



Διάγραμμα 16: Βαθμός shock μεταμόρφωσης των Η δειγμάτων ανά ήπειρο

Ανθρακούχοι Μετεωρίτες

Στους Ανθρακούχους, σαν σύνολο, επικρατούν τα δείγματα με S2. Μόνο 1 δείγμα έχει S5 (Διάγραμμα 17).

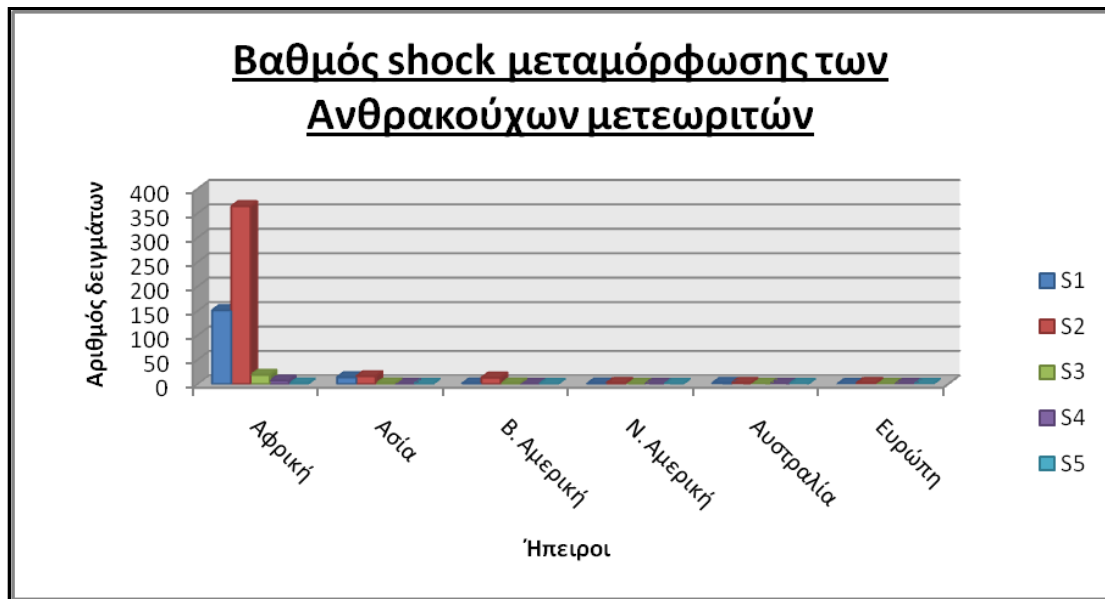
CK: Δεν υπάρχουν δείγματα από την Ευρώπη και Νότια Αμερική.

CM: Όλα τα δείγματα έχουν S1-2 και είναι μόνο από την Αφρική και Ασία.

CV: Δεν υπάρχουν δείγματα από την Ευρώπη, Νότια Αμερική και Αυστραλία.

CR: Τα δείγματα είναι μόνο από Ασία και Αφρική.

CO: Τα δείγματα των CO μετεωριτών έχουν κυρίως S1-3. Ένα μόνο δείγμα έχει S5.



Διάγραμμα 17: Βαθμός shock μεταμόρφωσης των Ανθρακούχων δειγμάτων ανά ήπειρο

Ενστατικοί Μετεωρίτες

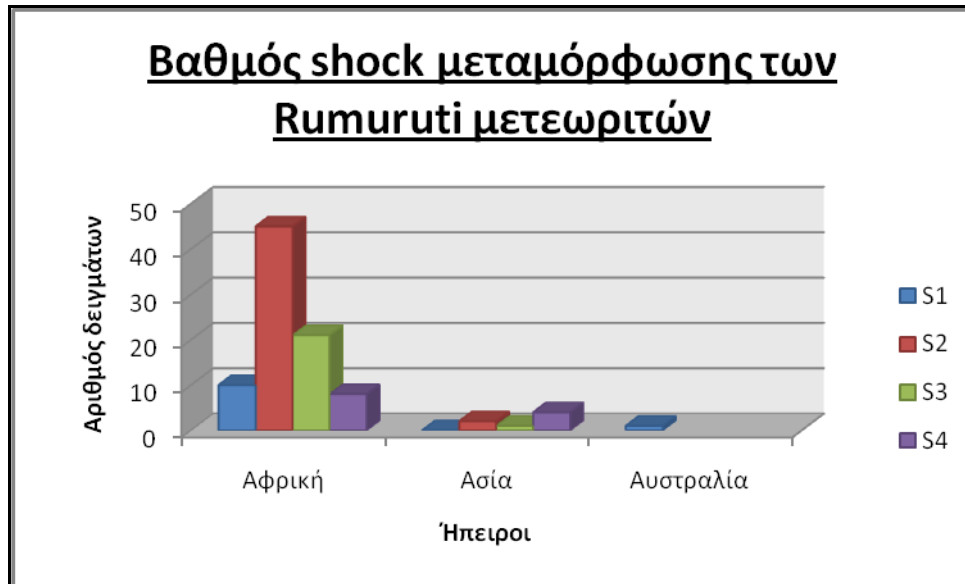
Τα δείγματα με S2 υπερισχύουν. Δεν υπάρχουν δείγματα από Ευρώπη και Αμερική (Διάγραμμα 18).



Διάγραμμα 18: Βαθμός shock μεταμόρφωσης των Ενστατικών δειγμάτων ανά ήπειρο

Rumuruti Μετεωρίτες

Το S2 επικρατεί σε σχέση με τα S3-4. Δεν υπάρχουν δείγματα από Ευρώπη, Β. Αμερική και Αυστραλία (Διάγραμμα 19).



Διάγραμμα 19: Βαθμός shock μεταμόρφωσης των Rumuruti δειγμάτων ανά ήπειρο

Όπως και στις υπόλοιπες κατηγορίες, έτσι και για τους Rumuruti δεν έγιναν διαγράμματα για τις ηπείρους με λίγα δείγματα. Στα δείγματα της Αμερικής και Ευρώπης δεν υπάρχουν δεδομένα για τον βαθμό αποσάθρωσης.

Παρατηρείται από τα διαγράμματα αλλά και τους αρχικούς πίνακες για το shock ότι σε όλες τις κατηγορίες μετεωριτών και σε όλες τις ηπείρους ο S2 είναι ο επικρατέστερος βαθμός, δείγματα με S4 και πάνω είναι σπάνια

7. Fa, Fs, Wo

Στη μελέτη των μετεωριτών εκτός από την ανάλυση των χόνδρων, του matrix, των CAIs και AOAs σημαντικό ρόλο έχουν και οι ποσότητες συγκεκριμένων ορυκτών όπως ο Φαναλίτης (Fa), ο Φερροσιλίτης (Fs) και ο Βολλαστονίτης (Wo) (Εικ. 6).

Ο Φαναλίτης είναι ακραίο μέλος της σειράς του Ολιβίνη με σύσταση Fe_2SiO_4 . Αποτελεί το πιο σιδηρούχο μέλος από τους Ολιβίνες, σε αντίθεση με το Φορστερίτη (Mg_2SiO_4) που είναι το Μαγνησιούχο. Η θερμοκρασία κρυστάλλωσης του Fa 1205 C (mindat).

Τον συναντάμε με :

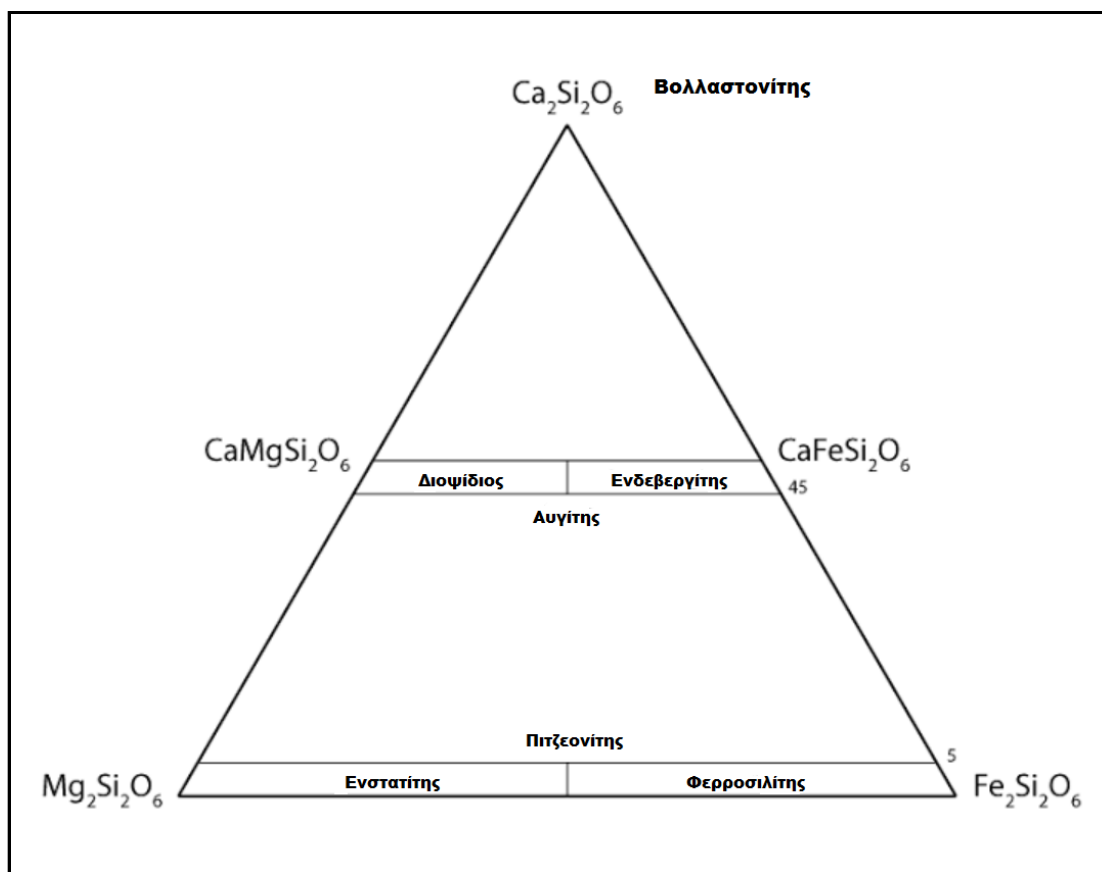
- + Cr
- Σπινέλιο
- Βασικό Πλαγιόκλαστο
- Πυρόξενο

Ο Φερροσιλίτης ανήκει στους Ορθοπυρόξενους και μαζί με τον ενστατίτη είναι ακραία μέλη μια ισόμορφης σειράς ορυκτών με σύσταση $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$.

Ο Βολλαστονίτης ανήκει στους κλινοπυρόξενους και αποτελεί ακραίο μέλος των πυροξένων μαζί με τον Ενστατίτη και Φερροσιλίτη. Η χημική του σύσταση είναι $\text{Ca}_2\text{Si}_2\text{O}_6$.

Τον συναντάμε με :

- Γρανάτη
- Διόψιδο
- Τρεμολίτη
- Πλαγιόκλαστο



Εικ. 6 Διάγραμμα ταξινόμησης Πυρόξενων En-Wo-Fs (Morimoto et al. 1989)

7.1 Ανάλυση Fa, Fs, Wo

Η ανάλυση των δειγμάτων ως προς τα ορυκτά Fa, Fs, Wo απεικονίζεται στους παρακάτω πίνακες (Πίν. 21-25).

Τυπικοί χονδρίτες

Πίνακας 21: Μέσος Όρος ποσοστών των ορυκτών Fa, Fs και Wo στα δείγματα των τυπικών χονδριτών

Τυπικοί	LL	L	H
Fa	28.76 (mol %)	24.53 (mol %)	18.62 (mol %)
Fs	23.94 (mol %)	20.89 (mol %)	16.63 (mol %)
Wo	1.82 (mol %)	1.65 (mol %)	1.3 (mol %)

Ανθρακούχοι χονδρίτες

Πίνακας 22-23: Μέσος Όρος ποσοστών των ορυκτών Fa, Fs και Wo στα δείγματα των Ανθρακούχων χονδριτών

Fa	26.28 (mol %)
Fs	10.35 (mol %)
Wo	7.78 (mol %)

	CK	CR	CM	CO	CV
Fa	31.29 (mol %)	4.05 (mol %)	0.51 (mol %)	35.2 (mol %)	12.95 (mol %)
Fs	20.5 (mol %)	3.28 (mol %)	1.46 (mol %)	7.24 (mol %)	3.66 (mol %)
Wo	17.9 (mol %)	1.55 (mol %)	1.37 (mol %)	1.26 (mol %)	1.61 (mol %)

Ενστατικοί χονδρίτες

Πίνακας 24: Μέσος Όρος ποσοστών των ορυκτών Fa, Fs και Wo στα δείγματα των Ενστατικών χονδριτών

Fa	0.84 (mol %)
Fs	0.64 (mol %)
Wo	1.23 (mol %)

Rumuruti

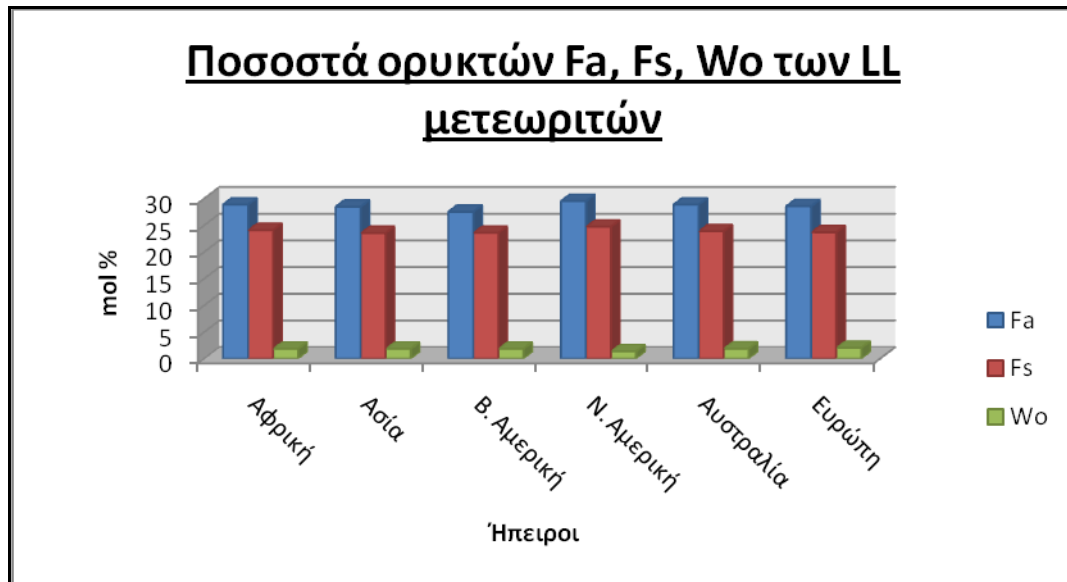
Πίνακας 25: Μέσος Όρος ποσοστών των ορυκτών Fa, Fs και Wo στα δείγματα των Rumuruti χονδριτών

Fa	37.84 (mol %)
Fs	22.5 (mol %)
Wo	17.81 (mol %)

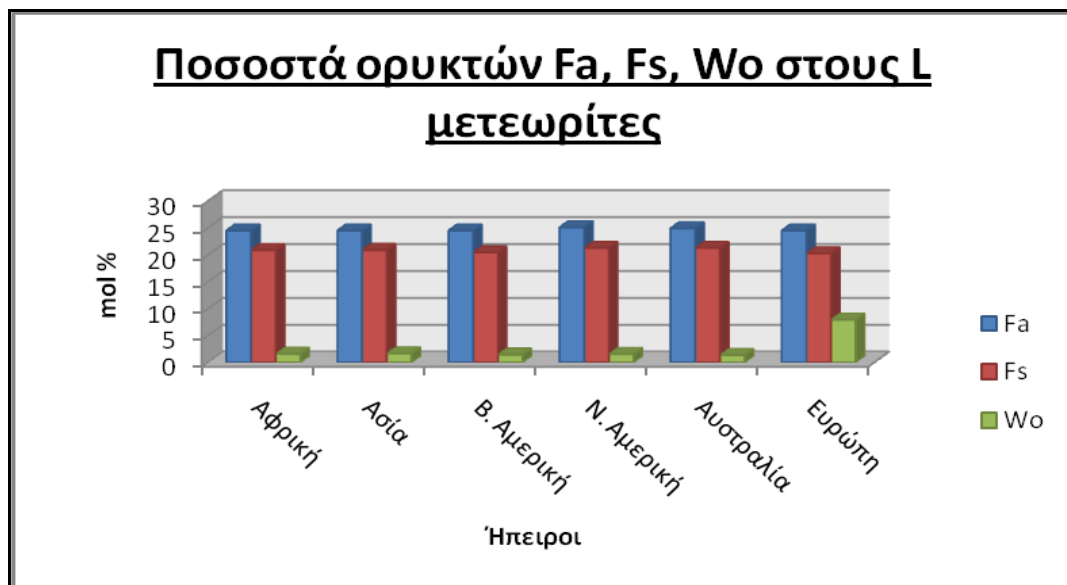
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω τα ορυκτά που μελετώνται είναι ο Ολιβίνης και οι Πυρόξενοι. Συγκεκριμένα από την Ομάδα του Ολιβίνη εξετάζεται ο Φαυαλίτης ενώ από τους Πυρόξενους ο Φερροσιλίτης και ο Βολλαστονίτης. Σύμφωνα με τους Πίνακες, στους Τυπικούς (LL, L, H) επικρατούν ο Fa και ο Fs. Ο Wo εμφανίζεται με μικρότερα ποσοστά. Οι LL (Low metal) παρουσιάζουν τα υψηλότερα ποσοστά των ορυκτών και από τις τρεις κατηγορίες των Τυπικών χονδριτών. Στους Ανθρακούχους, σαν σύνολο, ο Fa κυριαρχεί ενώ ο Fs είναι μειωμένος, σε αντίθεση με την προηγούμενη κατηγορία ο Wo έχει μεγαλύτερα ποσοστά. Συγκεκριμένα στους CK ο Fa και ο Fs επικρατούν, παρόλο που και ο Wo έχει αυξημένη τιμή. Οι CR και CM εμφανίζουν αρκετά μειωμένες τιμές των ορυκτών σε σχέση με τους υπόλοιπους Ανθρακούχους. Έπειτα οι CO (και CV) έχουν μεγάλες τιμές Fa, με τα άλλα δύο ορυκτά να έχουν μικρά ποσοστά. Ο Wo σε σύγκριση με όλες τις προηγούμενες κατηγορίες μετεωριτών υπερτερεί στους Ενστατικούς ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό το έχουν οι Rumuruti.

Ακολουθούν διαγράμματα με τα ποσοστά των ορυκτών Fa, Fs και Wo για τις διαφορετικές κατηγορίες μετεωριτών ανά ήπειρο (Διάγραμμα 20-25).

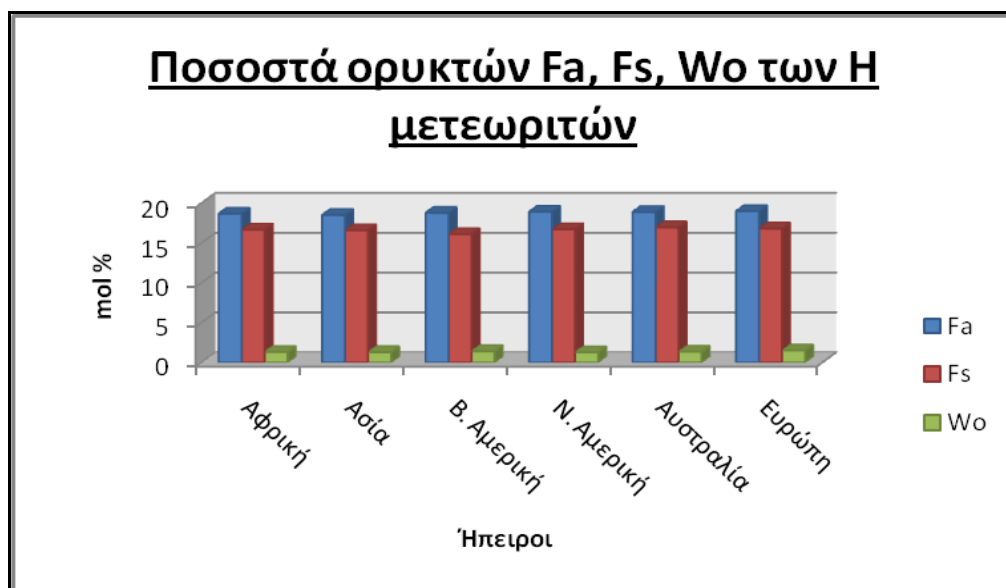
Τυπικοί χονδρίτες



Διάγραμμα 20: Ποσοστά των Fa, Fs και Wo ορυκτών στα δείγματα των LL μετεωριτών



Διάγραμμα 21: Ποσοστά των Fa, Fs και Wo ορυκτών στα δείγματα των L μετεωριτών



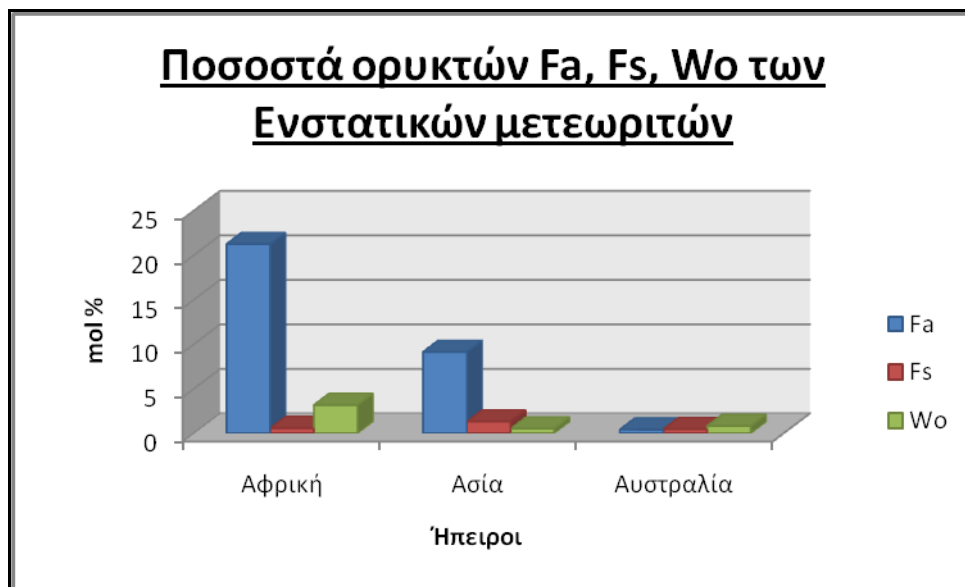
Διάγραμμα 22: Ποσοστά των Fa, Fs και Wo ορυκτών στα δείγματα των Η μετεωριτών

Ανθρακούχοι



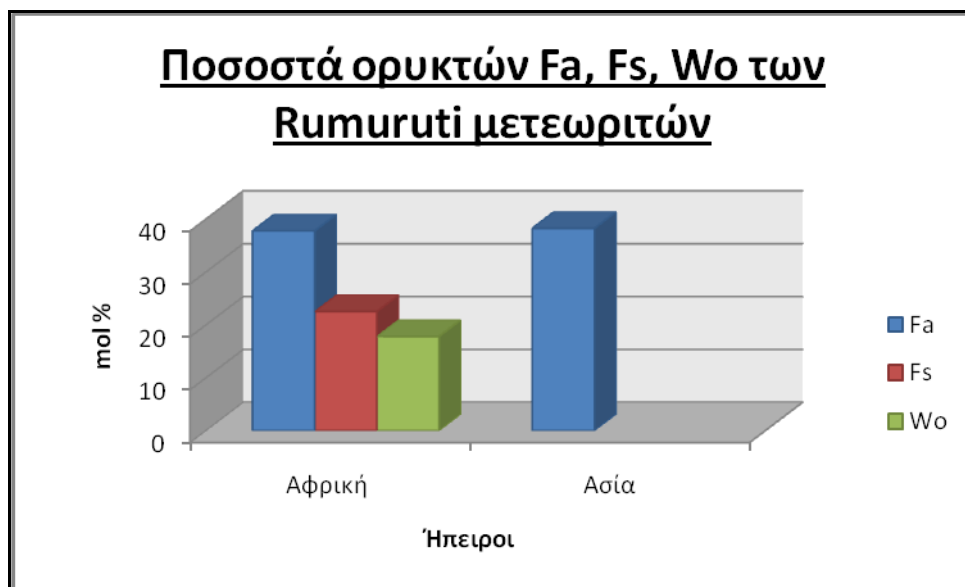
Διάγραμμα 23: Ποσοστά των Fa, Fs και Wo ορυκτών στα δείγματα των Ανθρακούχων μετεωριτών

Ενστατικοί



Διάγραμμα 24: Ποσοστά των Fa, Fs και Wo ορυκτών στα δείγματα των Ενστατικών μετεωριτών

Rumuruti



Διάγραμμα 25: Ποσοστά των Fa, Fs και Wo ορυκτών στα δείγματα των Rumuruti μετεωριτών

Δεν υπάρχουν διαγράμματα για τις ηπείρους και τα ορυκτά όπου τα δείγματα ή οι τιμές αντίστοιχα ήταν ελάχιστες.

8. Ανάλυση του Βαθμού αποσάθρωσης (Weathering grade)

Η αποσάθρωση αφορά τις μεταβολές που συμβαίνουν στα ορυκτά των μετεωριτών αφού αυτοί πέσουν στο γήινο έδαφος. Το weathering grade εκφράζει τον βαθμό αποσάθρωσης τους και κυμαίνεται από 0 έως 6. Οι μετεωρίτες όπως και τα υπόλοιπα πετρώματα της Γης επηρεάζονται από τις συνθήκες του τόπου όπου βρίσκονται. Το κλίμα της κάθε περιοχής σε συνδυασμό με τα συστατικά που περιέχουν είναι οι παράγοντες που θα καθορίσουν τον βαθμό αποσάθρωσης.

8.1 Το κλίμα της Γης και πως αυτό επιδρά στην αποσάθρωση των μετεωριτών

Αφρική: Η ήπειρος αυτή χωρίζεται σε αρκετές κλιματικές περιοχές. Από τις πιο σημαντικές για την μελέτη των μετεωριτών είναι η περιοχή της Ερήμου, η τροπική και η περιοχή κατά μήκος και γύρω από τον Ισημερινό. Η έρημος, Σαχάρα, περιλαμβάνει εκτάσεις από το Μαρόκο, την Αλγερία, τη Τυνησία, τη Λιβύη, την Αίγυπτο, το Σουδάν, το Τσαντ, το Μάλι, το Νίγηρα και τη Μαυριτανία. Επίσης στο ερημικό κλίμα ανήκει και η έρημος Καλαχάρι (Ναμίμπια, Μποτσουάνα, Νότια Αφρική). Το κλίμα παρουσιάζει υψηλές θερμοκρασίες, λίγη βροχόπτωση (έως καθόλου) και χαμηλή υγρασία. Στην τροπική και Ισημερινή ζώνη ανήκουν περιοχές της Γκάνας, της Αιθιοπίας, της Μπουργκίνα Φάσο, της Νιγηρίας, μέρος του Σουδάν, της Σομαλίας, της Κένυας, της Τανζανίας, του Καμερούν, της Ουγκάντα, της Ζιμπάμπουε και το νησί της Μαδαγασκάρης. Σε αυτές τις περιοχές το κλίμα είναι θερμό αλλά αρκετά πιο υγρό. Επιπλέον υπάρχουν τροπικά δάση και σαβάνες, με αρκετά ανεπτυγμένη βλάστηση (Britannica Encyclopaedia).

Πίνακας 26: Δείγματα μετεωριτών που αναλύθηκαν ως προς την αποσάθρωση από την Αφρική

Χώρες Αφρικής	LL	L	H	Carb	CM	CK	CV	CO	CR	Enst	Rum
Μαρόκο	672	1415	1160	227	11	61	74	52	23	35	57
Λιβύη	129	504	589	68	1	6	1	52	2		3
Αλγερία	92	108	65	16	1		3	4	7	3	
Τυνησία	4	27	36								
Μαυριτανία	25	30	23								1
Δυτική Σαχάρα	13	16	40	5	2		1	2		6	1
Σαχάρα	61	391	430	7			2	4		11	5
Αίγυπτος	3	15	39								
Νίγηρας	2	9	29							2	
Μάλι			2								
Νιγηρία		2	2								
Σουδάν											
Κένυα		2									
Μποτσουάνα			9								
Μπουργκίνα Φάσο		1	1								

Αιθιοπία			1								
Σομαλία											
Νότια Αφρική	1	1									
Τανζανία		1									
Ουγκάντα		1	1								
Τσαντ		1	1								
Ζιμπάμπουε		1									
Ναμίμπια			1								
Μαδαγασκάρη		1									

Στον πίνακα 26 απεικονίζονται τα δείγματα μετεωριτών της Αφρικής που μελετήθηκαν για το Weathering. Οι πλειοψηφία των δειγμάτων ανήκουν στους Ordinary. Επίσης οι περισσότεροι μετεωρίτες έχουν βρεθεί στις περιοχές όπου υπάρχει Έρημος, στις τροπικές και υποτροπικές τα δείγματα είναι ελάχιστα. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν έχουν πέσει σε εκείνες τις περιοχές αλλά λόγω της εκτεταμένης βλάστησης δεν έχουν βρεθεί.

Πίνακα 27: Βαθμός αποσάθρωσης των δειγμάτων από την Αφρική

Χώρες Αφρικής	LL	L	H	Carb	CM	CK	CV	CO	CR	Enst	Rum
Μαρόκο	0-1	2	2	2	0-1	2	2	2	2	0-1	0-1
Λιβύη	3	2	3	2	2	3	1	2	2-4		4
Αλγερία	3	2	0-1	2	2		1	2	2	2	
Τυνησία	1	3	3								
Μαυριτανία	0-1	0-1	0-1								2
Δυτική Σαχάρα	0-1	3	2	1	1		1	2		3	0
Σαχάρα		2	2	1				4		6	3
Αίγυπτος	0-3	2	3								
Νίγηρας	1-2	1	0-1							0-2	
Μάλι			0-1								
Νιγηρία		0-1	0-1								
Σουδάν											
Κένυα		0-1									
Μποτσουάνα			3								
Μπουργκίνα Φάσο		0	1								
Αιθιοπία			4								
Σομαλία											
Νότια Αφρική	0	2									
Τανζανία		1									
Ουγκάντα		0	0								
Τσαντ		0	1								
Ζιμπάμπουε		0									
Ναμίμπια			1								
Μαδαγασκάρη		1									

Στον πίνακα 27 απεικονίζονται οι μετεωρίτες από τον πίνακα 26 βάση του επικρατέστερου τύπου αποσάθρωσης. Δεν παρατηρείτε κάποια χαρακτηριστική διαφορά ως προς την αποσάθρωση μεταξύ των Ερημικών και Τροπικών περιοχών. Ο βαθμός αποσάθρωσης κυμαίνεται σε όλη την ήπειρο από 0 έως 3 εκτός από ελάχιστα δείγματα με τύπους 4 και 6. Έτσι η αποσάθρωση δεν είναι έντονη στην πλειοψηφία τους. Παρατηρούνται αλλαγές στα μεταλλικά στοιχεία χωρίς πλήρη οξείδωση. Το συμπέρασμα αυτό σχετίζεται με τις κλιματικές συνθήκες. Όπως προαναφέρθηκε στις ερήμους υπάρχουν υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλή υγρασία έτσι δεν ευνοείται η χημική αλλοίωση των ορυκτών. Υπερισχύει η μηχανική αποσάθρωση. Για τις τροπικές περιοχές, λόγω της αυξημένης υγρασίας θα περιμέναμε μεγαλύτερη αποσάθρωση, το οποίο δεν παρατηρείται, παρόλα αυτά δεν μπορούμε να επιβεβαιώσουμε το συμπέρασμα λόγω των ελάχιστων δειγμάτων.

Ασία: Το μεγαλύτερο μέρος της ηπείρου ανήκει στο Βόρειο ημισφαίριο, λόγω της έκτασης της παρατηρούνται (σχεδόν) όλα τα είδη κλίματος. Οι περιοχές με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον βάση των δειγμάτων (μετεωριτών) που έχουν βρεθεί είναι οι έρημοι, οι τροπικές και εύκρατες περιοχές.

Οι έρημοι εντοπίζονται σε 6 σημεία (WorldAtlas):

- Αραβική χερσόνησο (Ομάν, Σαουδική Αραβία, Η.Α. Εμιράτα)
- Έρημος Γκόμπι (Κίνα, Μογγολία)
- Τουρκμενιστάν (Ανατολικά της Κασπίας θάλασσας),
- Ουζμπεκιστάν –Καζακστάν
- Δυτική Κίνα
- Ινδία-Πακιστάν (Υποτροπική ζώνη)

Όπως σε όλες τις Ερήμους έτσι και εδώ το κλίμα είναι ξερό και θερμό. Με τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες να έχουν σημειωθεί στην έρημο της Αραβίας και στην έρημο Γκόμπι.

Στην τροπική ζώνη εντοπίζονται μεγάλα δάση που καταλαμβάνουν περιοχές της Ινδονησίας, της Μαλαισίας, της Ταϊλάνδης και της Καμπότζης. Σε αυτές τις περιοχές όπως και στη γενικότερη Νότιο-Ανατολική Ασία (Ινδία, Νότια Κίνα) υπάρχουν περίοδοι με υψηλές βροχοπτώσεις (περιοχή των Μουσώνων). Έτσι έχουν περισσότερη υγρασία συγκριτικά με την υπόλοιπη ήπειρο. Στην εύκρατη περιοχή όπου το κλίμα είναι ήπιο, με μέτριες θερμοκρασίες και ποσοστά υγρασίας ανήκουν εκτάσεις της Κίνας, Ιαπωνίας, Μογγολίας, και του Καζακστάν (Climate-Data) (Britannica Encyclopaedia).

Πίνακας 28: Δείγματα μετεωριτών που αναλύθηκαν ως προς την αποσάθρωση από την Ασία

Χώρες Ασίας	LL	L	H	C	CM	CO	CV	CK	CR	Enst	Rum
Ομάν	182	1495	1327	15		6	7	1	1	5	4
Σαουδική Αραβία	3	17	49	2		1	1			2	
Κίνα	13	156	52								
Ιράν	9	31	217								
Υεμένη		1									
Βιρμανία		1									
Η.Α. Εμιράτα		21	10								
Τουρκία		1	1								
Κατάρ		5	13								
Καμπότζη			1								
Καζακστάν			4								
Ουζμπεκιστάν			1								
Νότια Κορέα			1								
Ταϊλάνδη			1								
Μογγολία			1								
Πακιστάν			1								
Ινδία				1	1						

Πίνακας 29: Βαθμός αποσάθρωσης των δειγμάτων από την Ασία

Χώρες Ασίας	LL	L	H	C	CM	CO	CV	CK	CR	Enst	Rum
Ομάν	2	3	3	2		2	3	1	2	3	1
Σαουδική Αραβία	2	3	3	3		3	3			3-4	
Κίνα	3	2	5								
Ιράν	2	2	3								
Υεμένη		1									
Βιρμανία		0									
Η.Α. Εμιράτα		3	4								
Τουρκία		0	1								
Κατάρ		2 -4	4								
Καμπότζη			1								
Καζακστάν			3								
Ουζμπεκιστάν			2								
Νότια Κορέα			0								
Ταϊλάνδη			1								
Μογγολία			2								
Πακιστάν			0								
Ινδία				0	0						

Στον πίνακα 28 παρουσιάζονται τα δείγματα που βρέθηκαν στην Ασία και μελετήθηκαν ως προς την αποσάθρωση. Η πλειονηφία των δειγμάτων προέρχεται από την Αραβική χερσόνησο και την Κίνα όπου ανήκουν την ερημική και εύκρατη ζώνη. Οι περιοχές με τροπικό κλίμα δεν παρουσιάζουν πολλά δείγματα. Το είδος μετεωρίτη που επικρατεί είναι οι Τυπικοί..

Στον πίνακα 29 απεικονίζονται τα δείγματα σύμφωνα με τον κυρίαρχο βαθμό αποσάθρωσης. Σε αντίθεση με τα δείγματα της Αφρικής, τα δείγματα της Ασίας εμφανίζουν υψηλότερο βαθμό, που κυμαίνεται από W2 έως 3. Δείγματα με W0-1 και πάνω από 3 είναι ελάχιστα. Άρα η αποσάθρωση δεν έντονη, έχει μέτριες τιμές. Παρόλο που δεν υπάρχει ομοιομορφία στον αριθμό των δειγμάτων δεν εμφανίζονται διαφορές ως προς το βαθμό αποσάθρωσης. Η έλλειψη δειγμάτων στις τροπικές περιοχές, αλλά και γενικότερα ο μικρότερος αριθμός δειγμάτων μπορεί να σχετίζεται με την ύπαρξη βλάστησης αλλά και με τις έντονες αλλαγές μορφολογίας και κλίματος που παρουσιάζει η ήπειρος και δυσκολεύουν τον εντοπισμό των μετεωριτών.

Βόρεια Αμερική: Η έκταση της Βόρειας Αμερικής έχει ανάπτυξη Βορρά-Νότου, τα κλίματα που εντοπίζονται ακολουθούν αυτή την κατεύθυνση. Βόρεια των ΗΠΑ και στο Καναδά το κλίμα είναι ψυχρό όσο κατεβαίνουμε νοτιότερα γίνεται πιο ήπιο και τελικά τροπικό. Επίσης υπάρχουν και έρημοι που καλύπτουν περιοχές της Καλιφόρνια, της Αριζόνα, της Νεβάδα (Νότιο-Δυτικές ΗΠΑ) αλλά και του Μεξικού (Britannica Encyclopaedia) (Climate-Data).

Πίνακας 30: Δείγματα μετεωριτών που αναλύθηκαν ως προς την αποσάθρωση από τη Βόρεια Αμερική

Βόρεια Αμερική	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	Enst	Rum
Καναδάς			6								
ΗΠΑ	22	204	325	8	5		1		1	1	
Μεξικό	1	7	3								
Κούβα		1									

Τα περισσότερα δείγματα, παρατηρώντας τον πίνακα 30, προέρχονται από τις ΗΠΑ και συγκεκριμένα από το Νότιο-δυτικό τμήμα. Παρόλη την μεγάλη έκταση της, η Βόρεια Αμερική δεν έχει πολλά δείγματα. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι το μεγαλύτερο μέρος της είναι κατοικήσιμο και τα δείγματα να χάνονται ή να συλλέγονται και να παραμένουν σε προσωπικές συλλογές.

Πίνακας 31: Βαθμός αποσάθρωσης των δειγμάτων από τη Βόρεια Αμερική

Βόρεια Αμερική	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	Enst	Rum
Καναδάς			0-1								
ΗΠΑ	2	2	3	3	3		3		3	2	
Μεξικό	2	2	3								
Κούβα											

Όσο αναφορά το βαθμό, κυμαίνεται από 0 έως 3 με τα περισσότερα δείγματα να έχουν W2-3 (Πίν. 31). Όπως και στις προηγούμενες ηπείρους έτσι και εδώ δεν παρατηρούνται υψηλοί βαθμοί αποσάθρωσης ούτε κάποια βασική διαφοροποίηση λόγω του κλίματος.

Νότια Αμερική: Το μεγαλύτερο τμήμα της Νοτίου Αμερικής περιλαμβάνει εκτάσεις από τροπικά δάση. Το υπόλοιπο αποτελείται από πεδιάδες και σαβάνες. Σε αυτές τις περιοχές το κλίμα είναι εύκρατο ή τροπικό με υψηλές θερμοκρασίες και βροχοπτώσεις. Επίσης στη Βόρεια Χιλή υπάρχει έρημος, η έρημος Ατακάμα, με κλίμα θερμό και ξερό .

Πίνακας 32: Δείγματα μετεωριτών που αναλύθηκαν ως προς την αποσάθρωση από τη Νότια Αμερική

Νότια Αμερική	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	Enst	Rum
Περού	1		1								
Βολιβία			1								
Ισημερινός		1									
Κολομβία		1									
Χιλή	62	539	734	2			1				1
Βραζιλία	2	3	3								
Αργεντινή		5	7								

Σύμφωνα με το πίνακα 32 τα περισσότερα δείγματα μετεωριτών από την Νότια Αμερική προέρχονται από την Χιλή και συγκεκριμένα από την έρημο. Όπως και στον υπόλοιπο πλανήτη έτσι και εδώ η έρημος αποτελεί κατάλληλο τόπο για την εύρεση μετεωριτών. Στις υπόλοιπες χώρες τα δείγματα είναι ελάχιστα καθώς όπως αναφέρθηκε τα τροπικά δάση κυριαρχούν σε μεγάλη έκταση.

Πίνακας 33: Βαθμός αποσάθρωσης των δειγμάτων από τη Νότια Αμερική

Νότια Αμερική	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CR	CV	Enst	Rum
Περού	2		2								
Βολιβία			0								
Ισημερινός		0									
Κολομβία		0									
Χιλή	2	2	0-1	2			2				4
Βραζιλία	0-1	0	0-1								
Αργεντινή		0	2								

Ο βαθμός αποσάθρωσης (Weathering) των δειγμάτων (Πίν. 33) δεν έχει μεγάλο εύρος, κυμαίνεται από W0 έως W2. Αυτό ισχύει για όλους τους μετεωρίτες της Ν. Αμερικής. Έτσι η αποσάθρωση δεν έχει επιδράσει σημαντικά, τα δείγματα δεν παρουσιάζουν έντονες και εκτεταμένες αλλαγές.

Αυστραλία: Στα παράλια της ηπείρου το κλίμα είναι τροπικό, ενώ προς το εσωτερικό γίνεται πιο ξερό. Στις περιοχές που είναι πιο κοντά στον Ισημερινό επικρατούν έντονες βροχοπτώσεις. Στη Νότια και Δυτική Αυστραλία υπάρχουν έρημοι, όπου το κλίμα είναι ξερό και θερμό (Climate-Data). Τα δείγματα των μετεωριτών προέρχονται κυρίως από τις περιοχές όπου βρίσκονται οι έρημοι. Δεν μπορούμε να βγάλουμε εύκολα συμπεράσματα καθώς δεν υπάρχουν αρκετά δείγματα. Παρόλα αυτά ο βαθμός είναι από 0 έως 4, με το W2-3 να υπερισχύει (Πίν. 34).

Πίνακας 34: Πλήθος και βαθμός αποσάθρωσης δειγμάτων από την Αυστραλία

Αυστραλία	LL	L	H	C	CK	CM	CO	CV	CR	E	R
Δείγματα	22	104	102	3	2		1			4	
Weathering	W2	W2	W3	0-4	1-4		W3			W4	

Ευρώπη: Το κλίμα της Ευρώπης περιορίζεται κυρίως στην Εύκρατη ζώνη με τα Βόρεια της ηπείρου να είναι πιο ψυχρά. Στην Ευρώπη έχουν βρεθεί τα λιγότερα δείγματα σε σχέση με τις άλλες ηπείρους. Ο βαθμός αποσάθρωσης είναι 0 ή 1, δηλαδή ελάχιστη ή μηδενική αποσάθρωση (Πίν. 35). Η όχι έντονη αποσάθρωση μπορεί να οφείλεται στο ότι η Ευρώπη, στο μεγαλύτερο μέρος της κατοικείται και η έκτασή της είναι αρκετά πιο μικρή σε σύγκριση με της υπόλοιπες ηπείρους. Έτσι τα δείγματα εντοπίζονται γρηγορότερα καθώς η εύρεση τους είναι ευκολότερη.

Πίνακας 35: Πλήθος και βαθμός αποσάθρωσης δειγμάτων από την Ευρώπη

Ευρώπη	LL	L	H	C	CM
Δείγματα	9	22	28	1	1
Weathering	0-1	0-1	0-1	0	0

8.2 Τελικό συμπέρασμα για την αποσάθρωση (Weathering)

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα από όλες τις ηπείρους, τα περισσότερα δείγματα εντοπίζονται στις έρημους, τα δείγματα από τις τροπικές και εύκρατες περιοχές είναι εμφανώς λιγότερα. Η ήπειρος με τον μεγαλύτερο αριθμό μετεωριτών (8435 δείγματα) είναι η Αφρική και συγκεκριμένα οι εκτάσεις των χωρών που καταλαμβάνονται από

την έρημο Σαχάρα. Το γεγονός ότι οι έρημοι συγκεντρώνουν τα περισσότερα δείγματα, δεν υπονοεί απαραίτητα ότι σε αυτές έχουν πέσει περισσότεροι μετεωρίτες, σε σύγκριση με άλλες περιοχές, αλλά λόγω της μορφολογίας και των συνθηκών είναι πιο εύκολο να βρεθούν. Σε αντίθεση με τις τροπικές περιοχές όπου η εκτεταμένη και πυκνή βλάστηση δυσκολεύει την εύρεση δειγμάτων, σε συνδυασμό με το ότι πολλές από αυτές τις περιοχές είναι δυσπρόσιτες και σε μεγάλο βαθμό ανεξερεύνητες από τον άνθρωπο.

Οι μετεωρίτες στην επιφάνεια της Γής αντιδρούν όπως και κάθε άλλο πέτρωμα. Αποσαθρώνονται χημικά ή μηχανικά βάσει της σύστασης τους αλλά και των περιβαλλοντικών συνθηκών. Στις ερημικές περιοχές το κλίμα χαρακτηρίζεται ως θερμό και ξερό, παράγοντες που είναι υπεύθυνοι κυρίως για την μηχανική αποσάθρωση, την θραύση. Σε περιοχές με τροπικό κλίμα όπου τα ποσοστά υγρασίας είναι υψηλά ευνοείται η χημική αποσάθρωση. Ο βαθμός της αποσάθρωσης στα δείγματα μετεωριτών περιγράφεται από το weathering grade. Αυτό κυμαίνεται από 0 έως 6. Στη πλειοψηφία των δειγμάτων που περιγράφηκαν παραπάνω, ο βαθμός αποσάθρωσης είναι από 0 έως 3, που δηλώνει μηδενική έως ελαφριά, μέτρια αποσάθρωση. Αυτά τα αποτελέσματα δεν περιορίζονται σε ένα κλιματικό τύπο ή χώρα (Ηπειρο) αλλά φαίνεται να είναι ανεξάρτητα, δηλαδή δείγματα από την Αφρική ή την Ασία σε τροπικό ή ερημικό κλίμα παρουσιάζουν παρόμοιες διακυμάνσεις στην αποσάθρωση με κάποιες ελάχιστες εξαιρέσεις. Το γεγονός ότι δείγματα με $W > 4$ είναι ελάχιστα υπάρχει περίπτωση να σχετίζεται και με τον ίδιο τον βαθμό αποσάθρωσης δηλαδή να υπάρχουν δείγματα με υψηλό βαθμό αλλά να μην είναι εύκολα αναγνωρίσιμα λόγω της αλλοίωσης τους. Σημαντικό ρόλο σε αυτό έχει και το εμπόριο καθώς οι μετεωρίτες που είναι πιο αποσαθρωμένοι δεν θα έχουν την ίδια αξία στην αγορά ή την ίδια ζήτηση σε σχέση με αυτούς που είναι σχετικά αναλλοίωτοι, έτσι οι μετεωρίτες με $W0-3$ πωλούνταν ευκολότερα και είναι αυτοί που θα φτάσουν στους ερευνητές.

9. Συμπεράσματα

Μέσω της στατιστικής ανάλυσης των δειγμάτων επιχειρήθηκε η εύρεση ενός κοινού παρονομαστή μεταξύ του είδους των μετεωριτών και του τόπου όπου εντοπίστηκαν. Μελετήθηκαν τα δείγματα βάσει του πλήθους ανά χώρα και ήπειρο και στη συνέχεια βάσει της μάζας τους, των χαρακτηριστικών τους, του πετρογραφικού τύπου, του shock stage, της αποσάθρωσης και των ποσοστών Fa , Fs και Wo .

Παράμετροι όπως η ορυκτολογία, ο πετρογραφικός τύπος και το shock stage αφορούν διεργασίες που υπέστησαν οι μετεωρίτες πριν εκατομμύρια χρόνια, κατά τη δημιουργία του ηλιακού μας συστήματος, όσο ακόμα αποτελούσαν τμήματα των μητρικών σωμάτων (αστεροειδών). Από την άλλη η αποσάθρωση είναι διεργασία που σχετίζεται με την επίδραση του περιβάλλοντος στα σώματα των μετεωριτών αφού πέσουν στη Γη.

Οι Χονδρίτες μετεωρίτες που παρατηρούνται στη Γη ανήκουν σε 3 μεγάλες κατηγορίες στους Τυπικούς, τους Ανθρακούχους και στους Ενστατικούς. Υπάρχει και άλλη μια, μικρότερη κατηγορία οι Rumuruti. Τα περισσότερα δείγματα που έχουν εντοπιστεί ανήκουν στους Τυπικούς χονδρίτες (H, LL, L) με τους Ανθρακούχους να ακολουθούν και με λιγότερα δείγματα εμφανίζονται οι Ενστατικοί και Rumuruti. Οι περιοχές που συγκεντρώνουν τα περισσότερα δείγματα είναι η Αφρική και η Ασία. Συγκεκριμένα για την Αφρική τα δείγματα εντοπίζονται περισσότερο στις περιοχές που καταλαμβάνονται από την έρημο Σαχάρα, αντίστοιχα για την Ασία, η Αραβική χερσόνησος αποτελεί το τόπο προέλευσης των περισσότερων δειγμάτων. Από την άλλη, υπάρχουν περιοχές με ελάχιστα ή και καθόλου δείγματα. Αυτή η διαφορά στις συγκεντρώσεις μετεωριτών από μέρος σε μέρος δεν έχει επιβεβαιωθεί ότι οφείλεται σε εξωγενείς παράγοντες όπως η θέση της Γη στο ηλιακό σύστημα ή η απόσταση από τις πηγές μετεωριτών (Ζώνη Αστεροειδών). Σύμφωνα με τις σύγχρονες θεωρίες σε όλες τις περιοχές της Γης υπάρχουν ίσες πιθανότητες να πέσουν μετεωρίτες. Έτσι η διαφορά στον αριθμό των δειγμάτων σχετίζεται με τη πιθανότητα εντοπισμού. Παράγοντες που αφορούν τον εντοπισμό μετεωριτών είναι η μορφολογία της κάθε περιοχής, η βλάστηση, η παρουσία ή απουσία ερήμου, το κλίμα και η ανθρώπινη δράση. Στην ανθρώπινη δράση συγκαταλέγονται οι κατοικήσιμες περιοχές, το ενδιαφέρον του πληθυσμού ως προς τη συλλογή μετεωριτών, το εμπόριο και η οικονομία.

Όσον αναφορά τη μάζα των δειγμάτων δεν παρατηρήθηκε κάποια βασική διαφορά μεταξύ των κατηγοριών των μετεωριτών και του τόπου προέλευσης. Η πλειοψηφία των δειγμάτων έχουν μάζα έως 2 kg, ενώ υπάρχουν πολλά δείγματα μετεωριτών με μάζα μερικών γραμμαρίων. Τα δείγματα που η μάζα τους υπολογίστηκε πάνω από 100 kg είναι ελάχιστα, ενώ ένα μόνο δείγμα έχει μάζα πάνω από 1 τόνο.

Στη συνέχεια για την ανάλυση του πετρογραφικού τύπου και του shock stage χρησιμοποιήθηκαν τα δείγματα που είχαν σαφή πληροφορίες για αυτά τα δύο στοιχεία. Στους τυπικούς χονδρίτες μετεωρίτες ο πετρογραφικός τύπος κυμαίνεται από 3 έως 6. Στα δείγματα των LL κυριαρχεί ο τύπος 3-4 (474 δείγματα), στους L ο τύπος 6 (2779 δείγματα) ενώ στους H ο 5 (2824 δείγματα). Οι τύποι 6 και 5 των L και H εμφανίζουν την ίδια συχνότητα σε όλες τις ηπείρους, δηλαδή σε όλες τις ηπείρους η πλειοψηφία των δειγμάτων έχουν τύπο 5 και 6 αντίστοιχα, ενώ ο τύπος 3-4 υπερισχύει μόνο στους LL της Αφρικής και Βόρειας Αμερικής, στην Ασία, Νότια Αμερική και Αυστραλία ο 6. Στη κατηγορία των Ανθρακούχων χονδριτών μπορούν να βρεθούν όλοι οι πετρογραφικοί τύποι, με τον τύπο 3 να επικρατεί (575 δείγματα). Στους Ενστατικούς και Rumuruti τα περισσότερα δείγματα έχουν τύπο 3-4. Το Shock stage των δειγμάτων παρουσιάζει μία ομοιομορφία με το stage 1-2 να είναι το επικρατέστερο (5418 δείγματα).

Τα ορυκτά που δόθηκε ιδιαίτερη βάση είναι ο φαυαλίτης (Fa), ο φεροσιλίτης (Fs) και ο βολλαστονίτης (Wo). Για τους τυπικούς χονδρίτες εμφανίζεται αύξηση στα ποσοστά των ορυκτών από τους H προς τους LL. Από τα δείγματα των ανθρακούχων χονδριτών οι CK, CO έχουν αυξημένο Fa ενώ οι CM σχεδόν καθόλου. Ο Wo στους

CK έχει τα μεγαλύτερα ποσοστά από τη κατηγορία των ανθρακούχων. Στους Ενστατικούς και τα τρία ορυκτά είναι μειωμένα με τον Wo να επικρατεί. Οι Rumuruti παρουσιάζουν ομοιότητες με τους Τυπικούς με τον Wo να έχει μεγαλύτερα ποσοστά.

Τέλος ο βαθμός αποσάθρωσης των δειγμάτων κυμαίνεται από 0 έως 3 (πλειοψηφία) και φαίνεται να είναι ανεξάρτητο των συνθηκών του κάθε τόπου, καθώς παρατηρούνται ομοιότητες σε δείγματα που προέρχονται από διαφορετικά κλιματικά περιβάλλοντα. Παρόλα αυτά δεν μπορούμε να επιβεβαιώσουμε το παραπάνω διότι δείγματα με μεγαλύτερο βαθμό αποσάθρωσης είναι πιο δύσκολο να εντοπιστούν λόγω της αλλοίωσης τους, των περιοχών που μπορεί να βρεθούν αλλά και της εμπορικής αξίας και ζήτησης τους έτσι δεν μπορούμε να γνωρίζουμε τον ακριβή αριθμό των δειγμάτων με βαθμό αποσάθρωσης πάνω από 4.

Βιβλιογραφία

- Cepilecha Z. B., Borovicka J., Graham W., Revelle D.O., Hawkes R.L., Porubcan V., Šimek M. (1998). Meteor phenomena and bodies. *Space Science*, **84**, 327-471.
- Rubin A.E. (1989). Size-frequency distributions of chondrules in CO3 chondrites. *Meteoritics*, **24**, 179-189.
- Bischoff A., Geiger T., Palme H. (1994). Acfer217: A new member of the Rumuruti chondrites group. *Meteoritics*, **29**.
- Driss Takir J. P. (2013). Nature and degree of aqueous alteration in CM and CI carbonaceous chondrites. *PhD Thesis, University of Tennessee*, 159p.
- Hutchison R. & Dodd R. T. (2004). Meteorites, a petrologic, chemical and isotopic. *Cambridge University Press*, 506p.
- Van Schmus W.R & Wood J.A. (1967). A chemical-petrologic classification for the Chondritic meteorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **31**, 747-754.
- McSween H.Y Jr. (1977). Carbonaceous chondrites of the Ornans type: A metamorphic sequence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **41**, 1145-1161.
- Keil K. (1968). Mineralogical and chemical relationships among Enstatite chondrites. *Journal of Geophysical Research*, **73**, 6945-6976.
- Kallemeyn G.W., Rubin A.E., & Wasson J.T. (1996). The compositional classification of chondrites: VII. The R chondrites group. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **60**, 2243-2256.
- Krot A.N., Libourel G., Goodrich C.A., & Petaev M.I. (2004). Silica-rich igneous rims around magnesian chondrules in CR carbonaceous chondrites: Evidence for fractional condensation during chondrule formation. *Meteoritics and Planetary Science*, **39**.
- Krot A. N. (2014). Classification of Meteorites and Their Genetic Relationships. Meteorites and Cosmochemical Processes. *Treatise on Geochemistry, Elsevier*, 63p.
- Norton O. (2002). The Cambridge encyclopedia of meteorites. *Cambridge University Press*, 354p.
- Brearely A.J. & Jones R.H. (1998). Chondritic meteorites, Planetary materials. *Mineralogical Society of America*, **36**, C1p.
- Sears D.W.G & Dodd R.T. (1988). Overview and classification of meteorites. In: Kerridge J. F. and Matthews M. S (eds.) Meteorites and the Early Solar System. *University of Arizona Press*, 3-31.
- Rossi, A. P. & Van Gasselt S. (2018). Planetary Geology. *Springer*, **1**, 478p.
- Scott E.R.D. & Jones R.H. (1990). Disentangling nebular and asteroidal features of CO3 carbonaceous chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **54**, 2485-2502.

- Sears D.W.G., Grossman J. N., Melcher C. L., Ross L. M. & Mills A. A. (1980). Measuring the metamorphic history of unequilibrated ordinary chondrites. *Nature*, **287**, 791-795.
- Sears D.W.G., Hasan F. A. , Batchelor J. D. & Lu J. (1991). Chemical and physical studies of type 3 chondrites: XI. Metamorphism, pairing, and brecciation of ordinary chondrites. *Proceedings of the 21st Lunar and Planetary Science Conference*. 493-512.
- Wlotzka F. (1993). A weathering scale for the ordinary chondrites. *Meteoritics*, **28**, 460p.
- Beech M. & Steel D. (1995). On the definition of the term Meteoroid. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* , **36**, pp. 281-284.
- Bowen N. L. (1956). The Evolution of the Igneous Rocks. Canada: Dover. 60-62.
- Morimoto N., Fabries J., Ferguson A. K., Ginzburg I. V., Ross M., Seifert F.A. & Zussman J. (1989). Nomenclature of pyroxenes. *Canadian Mineralogist*. 143-156.
- Goldish S.S. (1938). A Study in Rock Weathering. *Journal of Geology*, **46**, 17-58.
- Carroll D. (1970). Rock Weathering. *Springer*, 168p.

Ιστοσελίδες

<https://www.britannica.com/place/Africa/Climate>

<https://www.britannica.com/place/Asia/Climate>

<https://en.climate-data.org/>

<https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php>

<https://www.worldatlas.com/webimage/countrys/aslanddeserts.htm>

<https://www.mindat.org/>

Περίληψη

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας είναι η στατιστική ανάλυση χονδριτών μετεωριτών και ειδικότερα του ρόλου της αποσάθρωσης στη κατανομή των δειγμάτων στη Γη. Γίνεται αναφορά στις βασικές κατηγορίες και στα χαρακτηριστικά των μετεωριτών, δίνοντας έμφαση στους χονδρίτες μετεωρίτες. Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν 17914 δείγματα από τη βάση δεδομένων του Meteoritical Bulletin. Τα δείγματα αρχικά χωρίστηκαν με κριτήριο την ήπειρο και χώρα ανάκτησης, κι έπειτα με κριτήριο τη μάζα, το πετρογραφικό τύπο, το στάδιο σοκ, το ποσοστό φαϋαλίτη-φεροσιλίτη-βολλαστονίτη, και το βαθμό αποσάθρωσης. Η πλειονότητα των δειγμάτων έχουν ανακτηθεί από την Αφρική (έρημος Σαχάρα) και την Ασία (Αραβική χερσονήσος). Διαπιστώνεται ότι οι κατηγορίες μετεωριτών εμφανίζουν διαφορές μεταξύ τους, οι οποίες όμως δε σχετίζονται με τη περιοχή ανάκτησής τους. Τέλος ο βαθμός αποσάθρωσης πιθανώς να είναι ανεξάρτητος των κλιματικών συνθηκών, καθώς παρατηρούνται ομοιότητες σε δείγματα που έχουν βρεθεί σε διαφορετικά κλιματικά περιβάλλοντα. Τούτο ενδεχομένως οφείλεται στο μεγάλο χρόνο παραμονής των μετεωριτών στο γήινο περιβάλλον και της επακόλουθης αλληλεπίδρασής τους με την ατμόσφαιρα.

Abstract

The subject of this thesis is the statistical analysis of chondrite meteorites and in particular, the role of weathering in the samples distribution in the Earth. I refer to the types and meteorite characteristics, focusing on the chondrite meteorites. For the statistical analysis used 17914 samples obtained from the Meteoritical Bulletin database. Firstly, the samples divided by continent and country of recovery, and then by mass, petrographic type, shock stage, fayalite-ferrosilite-wollastonite content, and weathering grade. Most of the samples recovered from Africa (Sahara desert) and Asia (Arabian peninsula). I infer that the differences between the chondrites are not connected with the region where they were found. The weathering grade seems to be unrelated with the environmental conditions, because there are similarities between samples from different climatic regions. This may happens because of the long time that the meteorites stayed in the Earth's environment and consequently with the prologned interaction with the earth's atmosphere.