

Γεώργιος Δημ. Κουφός

Παλαιοντολογία Σπονδυλωτών



Τι γίνονται άραγε οι αγέρινες γαζέλες σαν γερνάνε;
Τι γίνονται άραγε αυτές οι αφρικανές νεράιδες;
... Φθείρονται άραγε κι αυτές αργά-αργά και σβήνουν
ως να χωρέσουν ολόκληρες και να χαθούν μες στα τεράστια μάτια τους
ή μήπως ... τελειώνουν
... μες στα σαγόνια ουρανού και γης.

A. Χιόνης, «Σαν τον τυφλό μπροστά στον καθρέφτη»

Κάθε γνήσιο αντίτυπο φέρει την υπογραφή του συγγραφέα

Με το συγγραφέα επικοινωνείτε: 2310.998464

ISBN 960-431-903-5

© Copyright, 2004, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Γεώργιος Δ. Κουφός

Εξώφυλλο: Αναπαράσταση του παλαιοπεριβάλλοντος της κοιλάδας του Αξιού ποταμού στο Βαλλέζιο (Α. Μειόκαινο). Η αναπαράσταση έγινε από την S. Riffaut. *Κατά Bonis & Koufos, 1994*

Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται κατά τις διατάξεις του Ελληνικού νόμου (Ν.2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα) και τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως η άνευ γραπτής άδειας του εκδότη κατά οποιοδήποτε τρόπο ή μέσο αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρονική, μηχανική ή άλλη) και η εν γένει εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου.



**Φωτοστοιχειοθεσία
Εκτύπωση**

Βιβλιοπωλείο

www.ziti.gr

Π. ΖΗΤΗ & Σια ΟΕ

18ο χλμ Θεσ/νίκης-Περαίας
Τ.Θ. 4171 • Περαία Θεσσαλονίκης • Τ.Κ. 570 19
Τηλ.: 2392.072.222 (3 γραμ.) - Fax: 2392.072.229
e-mail: info@ziti.gr

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ

Αρμενοπούλου 27 • 546 35 Θεσσαλονίκη
Τηλ. 2310.203.720, Fax 2310.211.305
e-mail: sales@ziti.gr

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Παλαιοντολογία με τα απολιθώματα προκάλεσε από πολύ νωρίς το ενδιαφέρον ή και το φόβο του ανθρώπου. Πολλά απολιθώματα θεωρήθηκαν υπολείμματα γιγάντων, δράκων, μυθικών τεράτων και αποτέλεσαν πηγή φόβου και δέους για τον άνθρωπο. Η Παλαιοντολογία είναι η επιστήμη των ερωτημάτων και των ιδεών. Η παρουσία υπολειμμάτων θαλάσσιων οργανισμών σε σημερινά χερσαία τμήματα ή οροσειρές, αποτέλεσε ένα ερωτηματικό για τον άνθρωπο, που προσπάθησε να το εξηγήσει. Η δημιουργία της ζωής στον πλανήτη μας υπήρξε ένα από τα βασικά ερωτήματα του ανθρώπου, που προσπάθησε και προσπαθεί να εξηγήσει η Παλαιοντολογία. Πολλές σκέψεις και ιδέες αναπτύχθηκαν πάνω σ' αυτό το ερώτημα χωρίς μέχρι σήμερα να βρεθεί κάποια ικανοποιητική απάντηση. Ένα άλλο βασανιστικό ερώτημα του ανθρώπου είναι η καταγωγή και εξέλιξή του, που επίσης έδωσε αφορμή να αναπτυχθούν διάφορες ιδέες και σκέψεις. Η ανάπτυξη της θεωρίας της εξέλιξης στο 18^ο και κυρίως στο 19^ο-20^ο αιώνα έθεσε νέα ερωτήματα, στα οποία πολλές φορές η συμβολή της Παλαιοντολογίας υπήρξε καθοριστική. Πέραν όμως αυτών των ερωτημάτων, η Παλαιοντολογία βοήθησε στην οργάνωση και υποδιαίρεση του γεωλογικού χρόνου. Με βάση τα απολιθώματα και την εξέλιξη του οργανικού κόσμου καθορίστηκε μια παγκόσμια χρονοστρωματογραφική κλίμακα ηλικιών της Γης, η οποία βοήθησε στο συσχετισμό στρωμάτων και γεωλογικών συμβάντων. Σήμερα η Παλαιοντολογία αποτελεί μια ώριμη και βασική επιστήμη του κλάδου των γεωεπιστημών. Όπως όλες οι επιστήμες έτσι και η Παλαιοντολογία έχει σήμερα επίτχει μεγάλες προόδους με τη χρήση νέων μεθόδων έρευνας κυρίως ποσοτικών και συγκριτικών, καθώς και με την επέκταση της έρευνας στη μελέτη και εξέλιξη του περιβάλλοντος (παλαιοοικολογία), στη λεπτομερή υποδιαίρεση του γεωλογικού χρόνου, στον ακριβή προσδιορισμό της γεωλογικής ηλικίας των στρωμάτων (βιοχρονολογία) και στην παγκόσμια προοπτική των γεωεπιστημών (παλαιοβιογεωγρα-

φία). Ακόμη η συμβολή της στην έρευνα και εκμετάλλευση των πετρελαίων υπήρξε καθοριστική και συνέβαλε στην εξέλιξη του κόσμου.

Η Παλαιοντολογία των Σπονδυλωτών, μέσα σ' αυτό το γενικότερο πλαίσιο της Παλαιοντολογίας, παίζει σημαντικό ρόλο γιατί προσφέρει γνώσεις από τις πλούσιες πηγές της και γιατί βρίσκεται πλησιέστερα προς την προέλευση και εξέλιξη του ανθρώπου. Η χρονολόγηση και στρωματογραφία των χερσαίων αποθέσεων βασίζεται κατά κύριο λόγο στους σπονδυλωτούς οργανισμούς και ιδιαίτερα στα θηλαστικά. Ακόμη η παλαιοοικολογία χερσαίων οικοσυστημάτων του παρελθόντος είναι δυνατή μόνο μέσα από τη μελέτη των σπονδυλωτών ζώων. Οι μεγάλες μετακινήσεις χερσαίων πανίδων βοηθούν στον καθορισμό των παλαιογεωγραφικών συνθηκών και των παγκόσμιων τεκτονικών μοντέλων για τις κινήσεις των ηπείρων.

Σκοπός του παρόντος βιβλίου είναι να αποτελέσει ένα βοήθημα για τους φοιτητές του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ., που διδάσκονται το μάθημα της Παλαιοντολογίας Σπονδυλωτών. Για το λόγο αυτό, το περιεχόμενο και η ύλη του έχουν ταξινομηθεί και διαρθρωθεί, ώστε να εξυπηρετήσουν αυτό το σκοπό. Παρόλα αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από άλλους, οι οποίοι ενδιαφέρονται για την Παλαιοντολογία. Το βιβλίο αυτό αποτελεί εξέλιξη μιας σειράς διδακτικών σημειώσεων, που γράφτηκαν για πρώτη φορά το 1989 και 1990 και από τότε βελτιώθηκαν και εμπλουτίστηκαν με νέα στοιχεία και δεδομένα, μέχρις ότου πάρουν τη σημερινή τους μορφή. Οι βελτιώσεις, προσθήκες, αφαιρέσεις και γενικά οι όποιες αλλαγές προέκυψαν από τη διδασκαλία του μαθήματος, τις εξελίξεις της επιστήμης και από τη χρήση των σημειώσεων. Οι συζητήσεις μου με τους φοιτητές μιας 15ετίας με βοήθησαν στο να κάνω τις απαραίτητες αλλαγές και προσαρμογές των διαφόρων κεφαλαίων. Παρόλα τα παραπάνω, πιστεύω ότι πάντοτε υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης κάθε βιβλίου και με ιδιαίτερη χαρά θα δεχθώ οποιοσδήποτε καλόπιστος παρατηρήσεις και προτάσεις από συναδέλφους και φοιτητές. Ιδιαίτερα από τους τελευταίους, οι οποίοι βρίσκονται πλησιέστερα προς το βιβλίο.

Η ύλη του βιβλίου βασίστηκε στο πρόγραμμα σπουδών του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. και περιλαμβάνει τη συστηματική μελέτη όλων των ομάδων των σπονδυλωτών ζώων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ομοταξία των θηλαστικών γιατί: α) αποτελούν τη βασική ομάδα για τη στρωματογραφική διάρθρωση των χερσαίων αποθέσεων του Καινοζωϊκού αιώνα, β) είναι άφθονα στον ελλαδικό χώρο, και γ) υπάρχουν μεγάλες αποθέσεις χερσαίων Νεογενών και Τεταρτογενών ιζημάτων σ' όλες τις ελληνικές λεκάνες και η στρωματογραφία και βιοχρονολογία τους μπορεί να γίνει μόνο με τα απολιθώματα των θηλαστικών.

Τα ευρήματα του ελλαδικού χώρου προβάλλονται ιδιαίτερα μέσα από τις σελίδες του βιβλίου, γιατί πιστεύω ότι ο έλληνας γεωλόγος πρέπει να γνωρίζει τι έχει βρεθεί στο χώρο του. Αυτό γίνεται ιδιαίτερα αισθητό στις φωτογραφίες των διαφόρων

απολιθωμένων ειδών, όπου προτιμήθηκαν αυτές ελληνικών ευρημάτων, εφόσον υπήρχαν. Επίσης έγινε προσπάθεια να αναφερθούν όλα τα σπουδαία ευρήματα της Ελλάδας χωρίς να σημαίνει ότι δεν λησμονήθηκαν κάποια. Αυτό σε καμιά περίπτωση δεν έγινε σκόπιμο. Επειδή οι εφαρμογές της Παλαιοντολογίας στις γεωεπιστήμες, ιδιαίτερα την τελευταία πεντηκονταετία, υπήρξαν πολύ σημαντικές, σ' ένα ιδιαίτερο κεφάλαιο δίνονται τα βασικά στοιχεία από τις κυριότερες εξ αυτών. Στο τέλος του βιβλίου, κρίθηκε σκόπιμο, να αναφερθούν οι σπουδαιότερες ελληνικές απολιθωματοφόρες θέσεις σπονδυλωτών ζώων, ώστε ο αναγνώστης να έχει μια εικόνα της φυσικής ιστορίας του τόπου μας. Το γράψιμο αυτού του βιβλίου δεν εξαντλεί το θέμα της Παλαιοντολογίας των Σπονδυλωτών, το οποίο μπορεί να καλύψει χιλιάδες σελίδων, πιστεύω όμως ότι εξυπηρετεί ένα βασικό σκοπό των προπτυχιακών φοιτητών. Να τους προσφέρει τις βασικές γνώσεις για τα απολιθωμένα σπονδυλωτά, να τα αναγνωρίζουν στο ύπαιθρο, να μπορούν να κάνουν μια πρώτη ταξινόμησή τους και ακόμη να γνωρίσουν τις εφαρμογές τους στις γεωεπιστήμες.

Από τη θέση αυτή θα πρέπει να ευχαριστήσω όλους όσους κατά καιρούς με τις συζητήσεις, ιδέες και προτάσεις τους με βοήθησαν στη διαμόρφωση της ύλης και της έκτασής της. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλονται στη δακτυλογράφο του Εργαστηρίου Γεωλογίας-Παλαιοντολογίας κ. Δήμητρα Χρίστου, η οποία δακτυλογράφησε το κείμενο. Τέλος ευχαριστώ τη σύζυγο και τα παιδιά μου, που με την ανοχή τους με βοήθησαν να μπορέσω να ολοκληρώσω την προσπάθειά μου αυτή.

Γεώργιος Δ. Κουφός
Θεσσαλονίκη

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή

Ορισμός και αντικείμενο της Παλαιοντολογίας	19
Ιστορία της Παλαιοντολογίας	21
Βιβλιογραφία	25

Κεφάλαιο 1

Απολιθώματα και Απολίθωση 27

1.1. Απολιθώματα	29
1.2. Απολίθωση	30
1.2.1. Μοριακή αντικατάσταση	30
1.2.2. Εκμαγεία	31
1.2.3. Διατήρηση - Μουμιοποίηση	32
1.3. Ταφονομία	33
1.3.1. Συχνότητα των απολιθωμάτων	33
1.3.2. Θέση των απολιθωμάτων σε σχέση με τους χώρους διαβίωσής τους	35
1.3.3. Παραμορφώσεις των απολιθωμάτων	38
1.3.4. Απολιθωματοφόρα κοιτάσματα	39
1.4. Συλλογή και επεξεργασία των απολιθωμάτων	41
1.4.1. Εύρεση των απολιθωματοφόρων θέσεων	42
1.4.2. Παλαιοντολογικές ανασκαφές	43
1.4.3. Καθαρισμός και συντήρηση των απολιθωμάτων	50
1.5. Συστηματική ταξινόμηση των απολιθωμάτων	50
1.5.1. Μελέτη και προσδιορισμός των απολιθωμάτων	50
1.5.2. Περιγραφή και ονοματολογία των ειδών	53
1.5.3. Συστηματική των σπονδυλωτών	54
1.5.4. Προέλευση και εξέλιξη των σπονδυλωτών	61
Βιβλιογραφία	63

Κεφάλαιο 2

Απολιθώματα και Γεωλογικός χρόνος 65

2.1. Βιοστρωματογραφία	67
2.2. Διάρθρωση του γεωλογικού χρόνου	70

Κεφάλαιο 3

Η κατάκτηση του Υδάτινου Περιβάλλοντος 71

3.1. Οι πρώτοι σπονδυλωτοί οργανισμοί	73
3.2. Πρωτόγονα ψάρια με γνάθο	75
3.3. Χονδριχθύες	78
3.4. Οστεϊχθύες	82
3.4.1. Στρωματογραφική εξάπλωση και σημασία των οστεϊχθύνων	86
3.5. Απολιθωμένα ψάρια του ελληνικού χώρου	88
Βιβλιογραφία	90

Κεφάλαιο 4

Η μετάβαση από το Νερό στη Χέρσο 91

4.1. Προσαρμογές στη χερσαία διαβίωση	93
4.1.1. Σπονδυλική στήλη	93
4.1.2. Σκελετός των άκρων	94
4.1.3. Κρανίο και δόντια	96
4.2. Προέλευση και εξάπλωση των αμφιβίων	97
Βιβλιογραφία	99

Κεφάλαιο 5

Η κατάκτηση της Χέρσου 101

5.1. Χαρακτηριστικά και προσαρμογές	103
5.2. Σκελετικά χαρακτηριστικά των ερπετών	104
5.3. Βασικές ομάδες των ερπετών	105
5.3.1. Χελώνες (Chelonia)	105

5.3.2. Απολιθωμένες χελώνες της Ελλάδας	107
5.3.3. Ιχθυοσαύρια	110
5.3.4. Δεινόσαυροι	111
5.3.5. Αυγά δεινοσαύρων	113
5.3.5. Εξαφάνιση των δεινοσαύρων	115
Βιβλιογραφία	116

Κεφάλαιο 6

Η κατάκτηση του Εναέριου χώρου 117

6.1. Προσαρμογές για πτήση	119
6.2. Ιπτάμενα ερπετά	119
6.3. Πτηνά	122
6.3.1. Προέλευση και εξάπλωση των Πτηνών	124
6.3.2. Απολιθωμένα Πτηνά του ελληνικού χώρου	124
Βιβλιογραφία	125

Κεφάλαιο 7

Εμφάνιση των Θηλαστικών 127

7.1. Προέλευση των θηλαστικών	129
7.2. Μορφολογία των θηλαστικών	130
7.2.1. Κρανίο	130
7.2.2. Σπονδυλική στήλη	132
7.2.3. Σκελετός των άκρων	133
7.2.4. Οδοντοστοιχία	133
7.3. Τα πρώτα θηλαστικά	136
7.4. Πρωτοθήρια	136
7.4.1. Τρικωνόδοντα	136
7.4.2. Δοκόδοντα	138
7.4.3. Πολυφυματώδη	140
7.5. Μεταθήρια	140
Βιβλιογραφία	142

Κεφάλαιο 8

Εξάπλωση των Θηλαστικών	143
8.1 Γενικά	145
8.2. Συστηματική ταξινόμηση	145
8.3. Εντομοφάγα	148
8.4. Χειρόπτερα	149
8.5. Λαγόμορφα	151
8.6. Τρωκτικά	152
8.6.1. Sciuridae	153
8.6.2. Castoridae	155
8.6.3. Hystricidae	155
8.6.4. Muridae	157
8.6.5. Cricetidae	157
8.7. Σαρκοφάγα	158
8.7.1. Canidae	159
8.7.2. Hyaeidae	161
8.7.3. Felidae	165
8.7.4. Mustelidae	167
8.7.5. Ursidae	169
8.8. Σωληνόδοντα	170
8.9. Προβοσκιδωτά	170
8.9.1. Mastodontoidea	172
8.9.2. Deinotherioidea	172
8.9.3. Elephantoida	174
8.9.4. Εξέλιξη και στρωματογραφική εξάπλωση των προβοσκιδωτών	174
8.9.5. Προβοσκιδωτά του ελληνικού χώρου	177
8.10. Περισσοδάκτυλα	180
8.10.1. Rhinocerotidae	180
8.10.2. Equidae	181
8.10.3. Εξέλιξη των Equidae	183
8.10.4. Τα ιπποειδή της Ελλάδας	185
8.10.5. Στρωματογραφία και παλαιοοικολογία των Equidae	188
8.10.5. Chalicotheriidae	190
8.11. Αρτιοδάκτυλα	192
8.11.1. Suiformes	192
8.11.2. Tylopoda	197
8.11.3. Ruminantia	197
Βιβλιογραφία	208

Κεφάλαιο 9

Ο Άνθρωπος και η ιστορία του 213

9.1. Γενικά	215
9.2. Συστηματική ταξινόμηση	216
9.3. Cercopithecidae	218
9.4. Hominidae	222
9.4.1. Τα ανθρωποειδή του Μειοκαίνου	223
9.4.2. Μειοκαινικά Ανθρωποειδή της Ελλάδος	227
9.4.3. Αυστραλοπίθηκοι	231
9.4.4. Εμφάνιση του γένους <i>Homo</i>	235
9.4.5. Στάδιο <i>Homo erectus</i>	238
9.4.6. Ευρήματα του <i>H. erectus</i> s. l. στην Ελλάδα	244
9.4.7. Νεαντερτάλιοι	250
9.4.8. Σύγχρονος άνθρωπος, <i>Homo sapiens sapiens</i>	255
9.4.9. Εξέλιξη του σύγχρονου ανθρώπου	258
Βιβλιογραφία	258

Κεφάλαιο 10

Εφαρμογές της Παλαιοντολογίας 261

10.1. Γενικά	263
10.2. Βιοχρονολογία	265
10.2.1. Χρονολογικά συμβάντα	267
10.2.2. Βιοχρονολογία χερσαίων αποθέσεων	271
10.2.3. Βιοζώνες θηλαστικών	275
10.2.4. Παραδείγματα βιοχρονολόγησης χερσαίων αποθέσεων	280
10.3. Βιοστρωματογραφία	284
10.4. Παλαιογεωγραφία	286
10.5. Η παλαιοντολογία ως κριτήριο Γεωδυναμικών μοντέλων	288
10.6. Συμβολή της Παλαιοντολογίας στη Νεοτεκτονική	290
10.7. Συμβολή των απολιθωμάτων στις μελέτες παραμόρφωσης	291
10.8. Συμβολή της Παλαιοντολογίας στη μελέτη της διαγένεσης	294
10.9. Παλαιοοικολογία	296
10.9.1. Προσδιορισμός της παλαιοθερμοκρασίας των ωκεανών	296
10.9.2. Προσδιορισμός του παλαιοβάθους	297
10.9.3. Προσδιορισμός χερσαίων παλαιοπεριβαλλόντων	298

10.9.4. Κενογράμματα	299
10.9.5. Χρήση πολυπαραγοντικής ανάλυσης	304
10.9.6. Μικροτριβή των δοντιών	306
Βιβλιογραφία	308

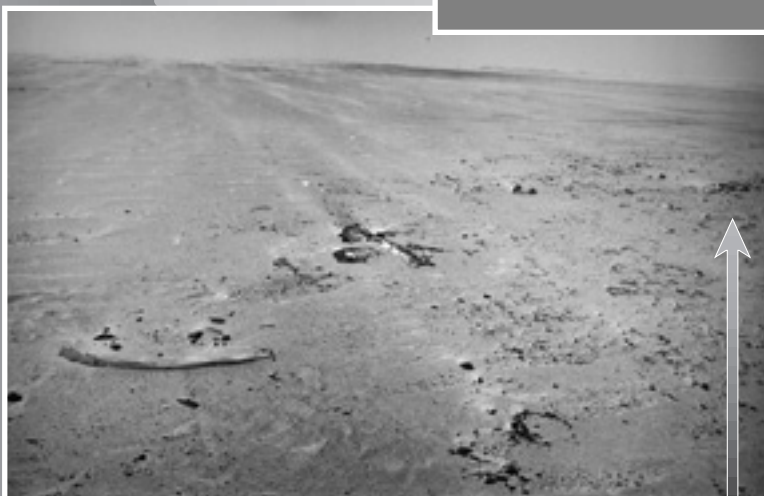
Κεφάλαιο 11

Απολιθωματοφόρες θέσεις της Ελλάδος	311
--	------------

11.1. Γενικά	313
11.2. Κατώτερο - Μέσο Μειόκαινο	315
11.3. Ανώτερο Μειόκαινο	318
11.3.1. Πικέρμι	318
11.3.2. Σάμος	321
11.3.3. Κουιάδα Αξιού ποταμού	325
11.3.4. Χαλκιδική	328
11.3.5. Θεσσαλία	329
11.3.6. Μαραμένα-Σίλατα	332
11.4. Πλειόκαινο	336
11.5. Α. Πλειόκαινο - Κ. Πλειστόκαινο	338
11.6. Μέσο - Άνω Πλειστόκαινο	342
Βιβλιογραφία	344

Ευρετήριο όρων κειμένου	349
Ευρετήριο φωτογραφιών	351
Ευρετήριο γενών και ειδών	353

ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Απολιθώματα σπονδυλωτών στη Νότια Σαχάρα, Τσάντ.
Διακρίνονται υπολείμματα από το κρανίο ενός ιπποποτάμου.
Φωτο Γ. Δ. Κουφός

Εισαγωγή

Ορισμός και αντικείμενο της Παλαιοντολογίας

Η Παλαιοντολογία είναι η επιστήμη, που μελετά την εμφάνιση και ανάπτυξη της ζωής στη Γη. Το μεγάλο πεδίο των Επιστημών της Γης συναντάται μ' αυτό των επιστημών της ζωής μέσα από την Παλαιοντολογία. Η μελέτη της ιστορίας της Γης δεν θα μπορούσε να είναι πλήρης χωρίς τη μελέτη του οργανικού κόσμου, που έζησε στο παρελθόν και των συνθηκών του περιβάλλοντος, όπου ζούσε. Οι επιστήμες της ζωής βρίσκουν σημαντικά στοιχεία στον οργανικό κόσμο του παρελθόντος, που συνδέονται με την εμφάνιση και εξέλιξή τους κατά τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου. Εκτός όμως από τα δύο αυτά πεδία, τα οποία συναντώνται στην επιστήμη της Παλαιοντολογίας, η τελευταία έχει κατά κάποιο τρόπο και χαρακτήρα φιλοσοφικό. Ερωτήματα του τύπου «*πώς δημιουργήθηκε η ζωή στη Γη*» ή «*πότε και πώς εμφανίστηκε ο άνθρωπος*» ζητούν απαντήσεις μέσα από την Παλαιοντολογία. Ιδιαίτερα, στο δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα η ανάπτυξη της Παλαιοντολογίας του Ανθρώπου προσπάθησε και προσπαθεί να απαντήσει στα ερωτήματα σχετικά με την εμφάνιση και προέλευση του ανθρώπου. Παρόλα αυτά η Παλαιοντολογία αναπτύχθηκε ως κλάδος των γεωλογικών επιστημών και η προσφορά της στη μελέτη της Γης είναι πολύ σημαντική. Αν και η Παλαιοντολογία φαίνεται ότι ανήκει στις βασικές επιστήμες, εντούτοις παρέχει σημαντικές εφαρμογές στις γεωλογικές επιστήμες. Τα απολιθώματα αποτελούν το «κλειδί» για τη χρονολόγηση των στρωμάτων. Όσες φυσικές μέθοδοι χρονολόγησης προτάθηκαν, όλες στο τέλος κατέληξαν στα απολιθώματα για να μπορέσουν να συσχετίσουν τα δεδομένα τους και να δώσουν μια χρονολογική κλίμακα της ιστορίας της Γης. Η ιστορία της εξέλιξης της ζωής στη Γη έχει αποτυπωθεί με τα απολιθώματα στα στρώματα του γήινου φλοιού και οι μεγάλοι σταθμοί της αποτελούν σημεία διαίρεσης του γεωλογικού χρόνου. Οι χλωρίδες και πανίδες του παρελθόντος αντανakλούν τις παλαιοπεριβαλλοντικές και παλαιοκλιματικές συνθήκες των εποχών, που ζούσαν και συμβάλλουν καθοριστικά στον προσδιορισμό τους. Ο οργανικός κόσμος του παρελθόντος και η παλαιογεωγραφική εικόνα της Γης επιτρέπουν τον έλεγχο της αξίας διαφόρων μοντέλων παγκόσμιας τεκτονικής. Η έρευνα των πετρελαίων βασίστηκε κατά κύριο λόγο στα απολιθώματα των μονοκύτταρων οργανισμών, γεγονός που επέτρεψε την ανάπτυξη της Μικροπαλαιοντολογίας. Επομένως η Παλαιοντολογία δεν είναι μόνο βασική, αλλά και εφαρμοσμένη επιστήμη.

Η Παλαιοντολογία ξεκίνησε ως περιγραφική επιστήμη προσπαθώντας να καταγράψει, περιγράψει και ταξινομήσει τον οργανικό κόσμο του παρελθόντος. Με την πάροδο του χρόνου όμως βελτίωσε τις μεθόδους έρευνας με εφαρμογή στατιστικών μεθόδων, καθώς και την εισαγωγή της πληροφορικής. Η κλαδιστική ανάλυση των μορφολογικών χαρακτηριστικών συνέβαλε στην πρόοδο της συστηματικής και στην κατανόηση των φυλογενετικών σχέσεων μεταξύ των διαφόρων ειδών. Πρόσφατα η εφαρμογή διαφόρων προγραμμαμάτων Η/Υ επέτρεψε την λεπτομερή ανακατασκευή των οργανισμών από διάφορα μικρά απολιθωμένα τμήματα του κρανίου ή του σκελετού τους. Η εφαρμογή μεθόδων ηλεκτρονικής και σαρωτικής μικροσκοπίας, καθώς και αξονικής τομογραφίας επέτρεψε τη μελέτη της εσωτερικής δομής των απολιθωμάτων, της μικροτριβής των δοντιών κ.λπ.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η Παλαιοντολογία ασχολείται με τον οργανικό κόσμο του παρελθόντος και ανάλογα με το τμήμα, που μελετά, χωρίζεται σε διάφορους κλάδους. Κατ' αρχάς διακρίνονται δύο μεγάλοι κλάδοι η Παλαιοβοτανική και η Παλαιοζωολογία (Σχ. 1).

Η **Παλαιοβοτανική** ασχολείται με τη μελέτη του φυτικού κόσμου, που έζησε στις διάφορες γεωλογικές εποχές. Η διαπίστωση όμως ότι και οι γυρεόκοκκοι των φυτών απολιθώνονται οδήγησε στη δημιουργία ενός νέου κλάδου της Γυρεολογίας ή Παλυνολογίας. Η **Γυρεολογία** προσπαθεί να ταξινομήσει τους απολιθωμένους γυρεοκόκκους, να προσδιορίσει τα ποσοστά των διαφόρων φυτικών ομάδων στα στρώματα και να εξάγει συμπεράσματα σχετικά με το φυτικό κόσμο του παρελθόντος, τη γεωλογική ηλικία και το κλίμα.



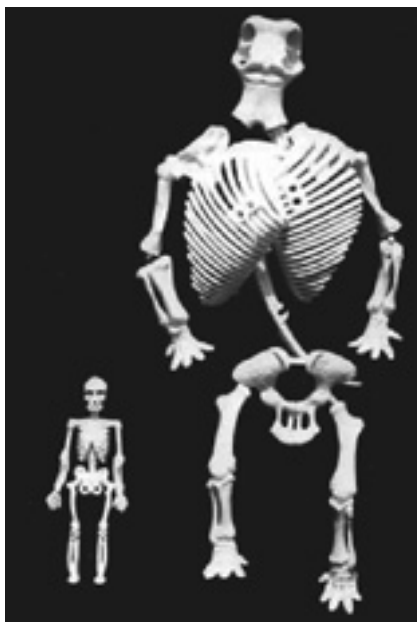
Σχ. 1. Οι κυριότεροι κλάδοι της Παλαιοντολογίας

Η **Παλαιοζωολογία** μελετά το ζωικό κόσμο του παρελθόντος και διακρίνεται σε **Παλαιοζωολογία Ασπονδύλων** και **Παλαιοζωολογία Σπονδυλωτών**. Τα τελευταία χρόνια μέσα από τους δύο βασικούς κλάδους της Παλαιοζωολογίας προέκυψαν δύο νέοι κλάδοι. Ο κλάδος της **Μικροπαλαιοντολογίας**, που ασχολείται με τη μελέτη των απολιθωμάτων που προέρχονται από μικρούς μονοκύτταρους οργανισμούς (πρωτόζωα) και που απαιτεί τη χρήση μικροσκοπίου. Η **Παλαιοανθρωπολογία** αποτελεί επίσης ένα νέο κλάδο της Παλαιοζωολογίας, που αναπτύχθηκε μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο και ασχολείται με τη μελέτη της τάξης των πρωτευόντων και ιδιαίτερα του ανθρώπου. Τα τελευταία 30-40 χρόνια η μελέτη των μικρών θηλαστικών (τρωκτικά, λαγόμορφα, χειρόπτερα) οδήγησε στην ανάπτυξη μιας νέας κατεύθυνσης, αυτής των μικροθηλαστικών, που τείνει να δώσει ένα νέο κλάδο.

Το παρόν βιβλίο ασχολείται με την Παλαιοντολογία Σπονδυλωτών. Στο πρώτο κεφάλαιο δίνονται γενικά στοιχεία, που αφορούν τα απολιθωματοφόρα κοιτάσματα, τον τρόπο δημιουργίας τους, τη συλλογή, καθαρισμό, συντήρηση και ταξινόμηση των απολιθωμάτων. Στα επόμενα κεφάλαια αναλύονται οι διάφορες ομάδες των σπονδυλωτών ζώων. Το κεφάλαιο 9 αναφέρεται στην ιστορία του ανθρώπου και δίνονται περιληπτικά τα βασικά στάδια εξέλιξής του και οι διάφορες μορφές, που εμφανίστηκαν κατά τη διάρκειά τους. Στο κεφάλαιο 10 αναφέρονται ορισμένα στοιχεία για τις Εφαρμογές της Παλαιοντολογίας στις γεωεπιστήμες με ιδιαίτερη έμφαση στη βιοχρονολογία και τον καθορισμό των παλαιοπεριβαλλόντων. Στο τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται οι κυριότερες απολιθωματοφόρες θέσεις σπονδυλωτών της Ελλάδας με στοιχεία που αφορούν την πανίδα, τη στρωματογραφία και τη χρονολόγησή τους.

Ιστορία της Παλαιοντολογίας

Τα απολιθώματα, ιδιαίτερα των μεγάλωσμων θηλαστικών ζώων, προκάλεσαν από πολύ νωρίς το ενδιαφέρον του ανθρώπου, ο οποίος προσπάθησε να δώσει εξηγήσεις σχετικά με την προέλευσή τους. Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκαν διάφοροι μύθοι με γίγαντες και δράκοντες (Σχ. 2, 3). Ο μύθος του κύκλωπα πιθανόν να σχετίζεται με το κρανίο ενός ελέφαντα, που φέρει στο κέντρο του προσώπου του μια βαθιά και μεγάλη ρινική οπή, που θεωρήθηκε ως μάτι. Στο Σχ. 2 φαίνεται πώς ο σκελετός ενός ελέφαντα, μπορεί να πάρει διαστάσεις γίγαντα ή κύκλωπα στη φαντασία ενός ανθρώπου. Η παρουσία πολυάριθμων οστών ελεφάντων και μαμμούθ στη λεκάνη της Μεγαλόπολης Πελοποννήσου, έδωσε αφορμή για το μύθο της μάχης των γιγάντων. Οι προϊστορικοί άνθρωποι φαίνεται ότι μάζευαν απολιθώματα, τα οποία χρησιμοποιούσαν, είτε ως κοσμήματα, είτε ως εργαλεία,



Σχ. 2. Σκελετός ελέφαντα μετασχηματιζόμενος στη φαντασία των ανθρώπων σε σκελετό γίγαντα ή κύκλωπα. Κατά A. Mayor, 2000.



Σχ. 3. Το τέρας της Τροίας, όπως φαίνεται ζωγραφισμένο σ' ένα βάζο, που βρέθηκε στην Κόρινθο και φυλάσσεται στο Μουσείο της Βοστώνης. Πιθανόν το τέρας να αντιστοιχεί με το κρανίο του Σαμοθηρίου (κάτω), που είναι γνωστό από τη Σάμο και την Τουρκία. Η φωτογραφία του βάζου δόθηκε από την A. Mayor, ενώ το σχέδιο του κρανίου του Σαμοθηρίου είναι από τον Lydekker, 1883,

χωρίς βέβαια να γνωρίζουν την πραγματική σημασία τους. Διάφοροι αρχαίοι κλασικοί συγγραφείς, όπως ο Ξενοφάνης, ο Ηρόδοτος, ο Αριστοτέλης μπόρεσαν να αναγνωρίσουν την οργανική προέλευση ορισμένων θαλασσιών απολιθωμάτων. Αργότερα (Ρωμαϊκή εποχή, Μεσαίωνας) τα απολιθώματα θεωρήθηκαν ως «μυστικιστικά» ή «μαγικά» κατασκευάσματα. Οι «γλωσσόπετρες» είναι πολύ γνωστές και αναφέρονται στα απολιθωμένα δόντια των καρχαριών, που μοιάζουν με τις γλώσσες των ερπετών (Σχ. 4). Μάλιστα τα χρησιμοποιούσαν για να προστατεύονται από τα τσιμπήματα των ερπετών.

Σχ. 4. «Γλωσσόπετρα». Στην πραγματικότητα πρόκειται για απολιθωμένο δόντι καρχαρία, που οι άνθρωποι το θεώρησαν ως γλώσσα ερπετού. Το φορούσαν σαν φυλακτό για να τους προστατεύει από τα τσιμπήματα των φιδιών.



Η “πλαστική δύναμη” (*vis plastica*) ήταν η θεωρία που προσπάθησε κατά το 16^ο και 17^ο αιώνα να εξηγήσει τη δημιουργία των απολιθωμάτων. Η δύναμη αυτή δρούσε μέσα στη Γη και δημιουργούσε αυτές τις παράξενες μορφές, που έμοιαζαν με ζώα ή φυτά. Οι εξηγήσεις αυτές σήμερα φαίνονται απλοϊκές, αλλά την εποχή εκείνη υπήρχε το πρόβλημα της εξήγησης αυτών των ευρημάτων. Τα ευρήματα έμοιαζαν με τα αρτίγωνα κοχύλια αλλά είχαν διαφορετικό σχήμα και ορυκτολογική σύσταση, ενώ βρίσκονταν μακριά από τη θάλασσα στις κορυφές των βουνών. Το πρόβλημα όμως φαίνεται, ότι είχε λυθεί νωρίτερα από τον Leonardo da Vinci (1690-1732) και τον R. Hooke (1625-1703), οι οποίοι κατάλαβαν ότι τα απολιθώματα είναι υπολείμματα οργανισμών του παρελθόντος. Ο δεύτερος μάλιστα έδωσε και περιγραφές κάποιων μικροαπολιθωμάτων παρατηρώντάς τα στο μικροσκόπιο. Στον 18^ο αιώνα επικράτησε η ιδέα της εξαφάνισης, η οποία αναπτύχθηκε κυρίως από το G. Cuvier (1769-1882). Την περίοδο αυτή ο C. Linnaeus (1707-1778) παρουσιάζει τη συστηματική κατάταξη των ζώων στο βιβλίο του

Systema naturae. Στο τέλος του 18^{ου} αιώνα αναπτύχθηκε η ιδέα, ότι τα ιζηματογενή πετρώματα με τα περιεχόμενα σ' αυτά απολιθώματα, μπορούν να αναπαραστήσουν την ιστορία μεγάλων χρονικών διαστημάτων. Ο Buffon μάλιστα προσδιόρισε την ηλικία της Γης από 75.000-3.000.000 χρόνια. Ήδη, από το τέλος του 18^{ου} αιώνα οι περισσότεροι παλαιοντολόγοι και γεωλόγοι δέχονταν ότι η ηλικία της Γης ήταν πολύ μεγάλη και αναφέρονταν ως «βαθύς χρόνος». Το 19^ο αιώνα γίνεται η σύνδεση των απολιθωμάτων με το χρόνο. Ο Cuvier περιγράφει από τη λεκάνη του Παρισιού μεγάλες ακολουθίες πετρωμάτων με τα απολιθώματα που περικλείουν, ενώ σημειώνει μεγάλες αλλαγές στις πανίδες, που τις συνδέει με καταστροφικά γεγονότα. Οι αλλαγές αυτές δεν ήταν τίποτε άλλο, παρά οι αλλαγές των πανίδων από χερσαίες σε θαλάσσιες και αντίστροφα λόγω διαδοχικών επικλύσεων και αποσύρσεων της θάλασσας στη λεκάνη του Παρισιού. Την ίδια περίοδο ο άγγλος ερευνητής και μηχανικός W. Smith (1769-1839), εργαζόμενος στη Ν. Αγγλία, αναγνωρίζει πολλές ενότητες πετρωμάτων με βάση τα περιεχόμενα σ' αυτές απολιθώματα και το 1815 δημοσιεύει τον πρώτο γεωλογικό χάρτη. Οι βασικές γραμμές του χρονοστρωματογραφικού πίνακα των ηλικιών της Γης και οι βασικές μεγάλες γεωλογικές ενότητες καθορίστηκαν μέχρι το 1850 με βάση τα απολιθώματα.

Ταυτόχρονα με τη γνώση και μελέτη των απολιθωμάτων άρχισαν και οι συζητήσεις και διαφωνίες σχετικά με το αν υπήρχε μια βαθμιαία προοδευτικότητα των οργανισμών από τους πλέον απλούς στα παλαιά πετρώματα, προς τους πιο πολύπλοκους στα νεότερα. Η έννοια της προοδευτικότητας οδήγησε στην εξέλιξη των οργανισμών, που εκφράστηκε από τον Buffon και Lamarck ως ένα μεγάλης κλίμακας εξελικτικό μοντέλο. Ο Lamarck πίστευε, ότι όλοι οι οργανισμοί ήταν συνδεδεμένοι με το χρόνο σε μια «κινητή σκάλα» μιας μόνο κατεύθυνσης, από τους πιο απλούς στη βάση της προς τους πιο πολύπλοκους στην κορυφή της. Το 1830 όμως ο C. Darwin (1809-1882) αναπτύσσει τη θεωρία της εξέλιξης με τη φυσική επιλογή, θεωρώντας ότι τα είδη δεν είναι αμετάβλητα, αλλά τα άτομα ενός είδους παρουσιάζουν ποικιλότητα. Επίσης, για κάθε είδος υπάρχει ένας πρόγονος, δηλαδή όλα τα ζώντα είδη προήλθαν από άλλα είδη του παρελθόντος. Ο C. Darwin για περίπου είκοσι χρόνια μάζευε αποδείξεις της θεωρίας του και το 1859 δημοσίευσε το βιβλίο του *On the Origin of Species*, όπου δίνει τη θεωρία του και τις αποδείξεις της. Η θεωρία της εξέλιξης μαζί με τη διαρκώς αυξανόμενη μελέτη των απολιθωμάτων βοήθησαν σημαντικά στην υποδιαίρεση του γεωλογικού χρόνου σε μικρότερες ενότητες.

Στη διάρκεια του 19^{ου} αιώνα το ενδιαφέρον των παλαιοντολόγων εστιάστηκε στην εύρεση νέων απολιθωμάτων. Εκτεταμένες ανασκαφές στην Ευρώπη και Β. Αμερική έφεραν στο φως πλήθος απολιθωμάτων, η μελέτη των οποίων βοή-

θηκε στην κατανόηση του οργανικού κόσμου του παρελθόντος και της ιστορίας της Γης. Οι δεινόσαυροι, η αρχαιοπτέρυγα, τεράστιος αριθμός θηλαστικών, τα πρώτα πρωτεύοντα, τα πρώτα ευρήματα των νεαντερταλίων καθόρισαν την ιστορία της Παλαιοντολογίας τον αιώνα αυτό. Η έρευνα των πετρελαίων, και η ανακάλυψη μικροσκοπίων μεγάλης ευκρίνειας και μεγέθυνσης οδήγησε στη μελέτη των μικροαπολιθωμάτων και αργότερα στον 20^ο αιώνα η ανακάλυψη του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου στη μελέτη των νανο-απολιθωμάτων. Η ανάπτυξη της Παλαιοανθρωπολογίας ουσιαστικά άρχισε μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο με τη διεξαγωγή εκτεταμένων ανασκαφών σε διάφορες περιοχές, ιδιαίτερα στην Αφρική και τη συλλογή νέων ευρημάτων. Τα τελευταία επέτρεψαν την ιχνηλάτηση της εξελικτικής πορείας του ανθρώπου. Η ανάπτυξη της Γυρεολογίας προσέφερε και προσφέρει σημαντικά στοιχεία στον καθορισμό των παλαιοκλιματικών συνθηκών. Η μελέτη των μικροθηλαστικών, που ουσιαστικά ξεκίνησε πριν ~50 χρόνια και αναπτύχθηκε πολύ γρήγορα βοήθησε σημαντικά στη βιοχρονολογία. Το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα, αναπτύχθηκε επίσης η Παλαιοοικολογία, η οποία προσπαθεί να καθορίσει τις παλαιοπεριβαλλοντικές αλλαγές του παρελθόντος και τα αίτια που τις προκάλεσαν. Η μεγάλη ανάπτυξη της Παλαιοντολογίας τον 20^ο αιώνα είχε ως αποτέλεσμα τον καθορισμό μιας λεπτομερούς παγκόσμιας χρονοστρωματογραφικής κλίμακας, η οποία σε συνδυασμό με τη ραδιοχρονολογική και μαγνητοπολική, παρέχει πολύ ακριβείς χρονολογήσεις των στρωμάτων και γεωλογικών συμβάντων.

Παρόλη όμως την ανάπτυξη της Παλαιοντολογίας αλλά και όλων των επισημών γενικότερα, τα βασικά ερωτήματα της δημιουργίας της ζωής, της εμφάνισης και εξέλιξης του ανθρώπου, καθώς και της μελλοντικής του πορείας παραμένουν αναπάντητα. Τα ερωτήματα αυτά συνεχίζουν και σήμερα να αναζητούν τις απαντήσεις τους μέσα από διάφορες επιστήμες και φιλοσοφικές απόψεις.

Βιβλιογραφία

- MAYOR, A. (2000). A time of giants and monsters., *Archaeology*, 53:58-61.
- ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, Μ. (2002). Γεωλογικές διαδρομές. Μικρά μελετήματα. Εκδόσεις Γκελμπέση, Αθήνα, pp. 193-244.
- LYDEKKER, R. (1883). Siwalik Camelopardalidae, *Pal. Indica*, ser. X, 2.
- ΜΕΛΕΝΤΗΣ, Ι. (1983). Παλαιοντολογία Σπονδυλωτών, Θεσσαλονίκη, pp. 1-741
- MÜLLER A.H. (1863). *Lehrbuch der Paläozoologie*, Band I. Allgemeine Grundlagen. Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, pp. 1-387.
- PIVETEAU, J. (1952-57). *Traite de Paléontologie* vol. IV, Masson et Cie, Paris, pp. 1-387.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Απολιθώματα & Απολίθωση



Ανασκαφή στην απολιθωματοφόρο θέση Νικήτη 1, Χαλκιδική.
Φωτο Γ. Δ. Κουφός

Κεφάλαιο 1

Απολιθώματα και Απολίθωση

1.1. Απολιθώματα

Τα υπολείμματα των οργανισμών (ζώων και φυτών) του παρελθόντος, που βρίσκονται μέσα στους διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς, ονομάζονται **απολιθώματα**. Τα απολιθώματα των σπονδυλωτών μπορεί να είναι τμήματα του σκελετού, δόντια, κέρατα, εκμαγεία και σε σπανιότερες περιπτώσεις πτερά, λέπια, κελύφη αυγών ή άλλα μαλακά τμήματα. Συχνή είναι επίσης η εύρεση ιχνών βάδισης των διαφόρων ζώων. Τέλος, ως απολιθώματα αναφέρονται ορισμένα διατηρημένα ζώα ή οστά, π.χ. κατεψυγμένα μαμμούθ, ολόκληρα ζώα ή οστά διατηρημένα μέσα σε οζοκηρίτη ή πίσσα.

Τα απολιθώματα συναντώνται συνήθως μέσα σε ιζηματογενή ή ελαφρά μεταμορφωμένα πετρώματα. Αντίθετα στα υψηλού βαθμού μεταμορφωμένα πετρώματα η ανακρυστάλλωση τα καταστρέφει. Μόνο σε σπάνιες περιπτώσεις είναι δυνατή η διατήρησή τους. Η διατήρηση των απολιθωμάτων εξαρτάται από τη σύσταση και τη δομή του τμήματος του ζώου, από τη φύση και το μέγεθος των κόκκων του ιζήματος και από τις φυσικές και χημικές μεταβολές κατά την ιζηματογένεση και διαγένεση του υλικού.

Οι απολιθωμένοι οργανισμοί των διαφόρων γεωλογικών εποχών, που βρίσκονται σήμερα, αντιπροσωπεύουν συνήθως ένα μικρό τμήμα της συνολικής πανίδας και χλωρίδας που ζούσε την εποχή εκείνη, ενώ τα απολιθωμένα είδη αντιπροσωπεύουν ένα τμήμα του πληθυσμού τους που έζησε στο παρελθόν. Σήμερα είναι γνωστά περίπου $1,5 \cdot 10^6$ είδη. Με δεδομένο, ότι ο σημερινός οργανικός κόσμος αντιστοιχεί σε μια μικρή χρονική στιγμή της ιστορίας της Γης θα έπρεπε ο αριθμός των απολιθωμένων ειδών να ήταν πολύ μεγαλύτερος των ζώντων. Εντούτοις, τα γνωστά απολιθωμένα είδη είναι 130.000 περίπου, δηλαδή αντιπροσωπεύουν μόλις το 8,7% των γνωστών ζώντων ειδών. Η διαφορά αυτή οφείλεται στις συνθήκες απολίθωσης, που δεν ήταν πάντοτε ιδανικές, στη μικρότερη ποικιλία του οργανικού κόσμου σε παλαιότερες γεωλογικές περιόδους και στην ύπαρξη πολλών πρωτόγονων μορφών ζωής χωρίς σκελετικά στοιχεία, που έζησαν σε παλαιότερες γεωλογικές περιόδους και δεν άφησαν απολιθώματα. Σχετικά με τον αριθμό των απολιθωμένων ειδών, που έζησαν στο παρελθόν, διατυπώθηκαν διάφορες από-

ψεις. Με βάση ότι τα ζώντα είδη ζώων και φυτών υπολογίζονται σε $4,5 \cdot 10^6$ και την υπόθεση του Simpson ότι ο μέσος όρος ζωής (εμφάνιση-εξαφάνιση) ενός είδους είναι $2,75 \cdot 10^6$ χρόνια οι Raup & Stanley υπολόγισαν τον αριθμό των απολιθωμένων ειδών από το Κάμβριο μέχρι σήμερα σε $1,0 \cdot 10^9$ περίπου. Άλλοι ερευνητές θεωρούν, ότι την ίδια χρονική περίοδο έζησαν τουλάχιστον $1,6 \cdot 10^9$ είδη.

1.2. Απολίθωση

Βασική συνθήκη για την απολίθωση ενός οργανισμού είναι η γρήγορη κάλυψή του από κάποιο ιζημα, ώστε να αποφευχθεί η καταστροφή των σκελετικών του τμημάτων. Ακόμη και σ' αυτή την περίπτωση δεν είναι βέβαιο ότι θα απολιθωθεί, διότι πρέπει οι φυσικές και χημικές συνθήκες στο περιβάλλον ιζημα να είναι κατάλληλες. Η διαδικασία της απολίθωσης αρχίζει αμέσως και μπορεί να διαρκέσει μέχρι και 10.000 χρόνια. Συνήθως, μετά 5.000 χρόνια θεωρείται ότι η απολίθωση έχει ολοκληρωθεί. Ο χρόνος και η ποιότητα της απολίθωσης εξαρτώνται από τη φύση του ιζήματος, τις φυσικές και χημικές συνθήκες του περιβάλλοντος (υγρασία, περιεκτικότητα του νερού σε CaCO_3 κ.ά.) και τις συνθήκες διαγένεσης. Η απολίθωση και διατήρηση των σπονδυλωτών οργανισμών γίνεται με διάφορους τρόπους.

1.2.1. Μοριακή αντικατάσταση

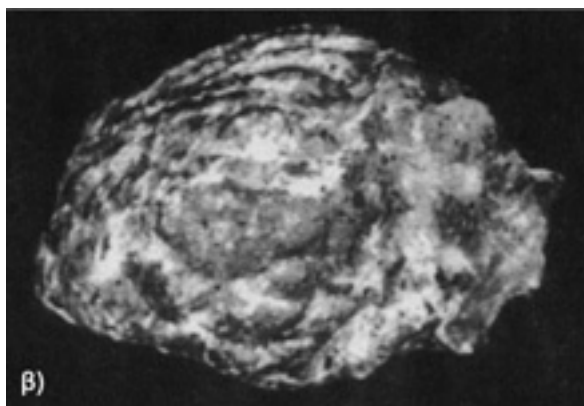
Πρόκειται για τον σημαντικότερο τρόπο απολίθωσης των σπονδυλωτών οργανισμών. Όταν ένα οστό καλυφθεί από ιζήματα και υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες, τότε γίνεται βαθμιαία μόριο προς μόριο αντικατάσταση του οστίτη ιστού από ανθρακικό ασβέστιο. Με τον τρόπο αυτό η οργανική ύλη αντικαθίσταται από ανόργανη, ενώ το οστό διατηρεί όλα τα μορφολογικά του χαρακτηριστικά (Σχ. 1.1).



Σχ. 1.1. Απολιθωμένος βραχίονας κερκοπιθήκου. Η απολίθωση έγινε με μοριακή αντικατάσταση του οστίτη ιστού από ανθρακικό ασβέστιο. Φωτο Γ. Δ. Κουφός.

1.2.2. Εκμαγεία

Τα εκμαγεία δημιουργούνται, είτε από ολόκληρο τον σκελετό ενός οργανισμού, είτε από την πλήρωση του κρανίου του ή ακόμη από τα ίχνη βάδισής του. Ένα ψάρι μετά το θάνατό του πέφτει στον πυθμένα της θάλασσας ή λίμνης και ο σκελετός του αφήνει το αποτύπωμά του πάνω στη μαλακή ιλύ. Μετά την στερεοποίηση του ιζήματος δημιουργούνται το θετικό και αρνητικό εκμαγείο του (Σχ. 1.2α). Συχνή είναι και η εύρεση ενδοκρανιακών εκμαγείων διαφόρων οργανισμών (Σχ. 1.2β). Αυτά προέρχονται από την πλήρωση του κρανίου με λεπτόκοκκα ιζήματα κατά την απολίθωση και την εν συνεχεία καταστροφή του οστού του κρανίου, οπότε μένει το ενδοκρανιακό εκμαγείο του.



Σχ. 1.2. α. Αρνητικό εκμαγείο ψαριού, που διακρίνεται ως σκιά. *Κατά Rothpletz 1909.*

β. Ενδοκρανιακό εκμαγείο γαζέλλας του είδους *Gazella deperdita* από το Πικέρι Αττικής. *Κατά Μελένη, 1966.*

Το τελευταίο αντιπροσωπεύει ουσιαστικά το εκμαγείο του εγκεφάλου του ζώου. Τα ενδοκρανιακά εκμαγεία δίνουν σημαντικές πληροφορίες για τη δομή του εγκεφάλου των οργανισμών από τους οποίους προέρχονται. Συχνή είναι επίσης η εύρεση θετικών και αρνητικών εκμαγείων από τα ίχνη βάδισης πολλών ζώων (Σχ. 1.3, 9). Η μελέτη τους προσφέρει σημαντικά στοιχεία για τον τρόπο βάδισης, το βάρος, τη διατροφή και το περιβάλλον, όπου ζούσαν οι οργανισμοί.



Σχ. 1.3. Ίχνη βάδισης ενός μικρού ερπετού, όπως αποτυπώθηκαν στην ιλύ πάνω στην οποία βάδισε. Μετά τη διαγένεση του ιζήματος διατηρήθηκαν τα αποτυπώματα της βάδισής του υπό μορφή εκμαγείων. Κατά Müller, 1954.

1.2.3. Διατήρηση – Μουμιοποίηση

Πολύ συχνά στη φύση συναντώνται περιπτώσεις διατήρησης ολόκληρου του σώματος ενός ζώου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η διατήρηση ολοκλήρου του σώματος των ζώων μέσα σε πίσσα ή πάγο. Σε σπάνιες περιπτώσεις τα ζώα έπεφταν σε λάκκους πίσσας, οπότε διατηρήθηκαν αναλλοίωτα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι δύο τριχωτοί ρινόκεροι, που διατηρήθηκαν μέσα σε οζοκηρίτη και βρέθηκαν στην περιοχή Starunia της Πολωνίας ή τα διατηρημένα οστά μαστοδόντων κι άλλων ζώων που βρέθηκαν στους πισσόλακκους της περιοχής Lanrea στην Καλλιφόρνια της Αμερικής, καθώς και τα κατεψυγμένα μαμμούθ που βρέθηκαν στην Σιβηρία (Σχ. 1.4). Σε ειδικές περιπτώσεις (υψηλή ξηρασία ή θερμοκρασία) το σώμα του ζώου αποξηραίνεται, συρρικνώνεται και μουμιοποιείται. Στις περιπτώσεις αυτές διατηρούνται και τα μαλακά μέρη του σώματος των ζώων, οπότε μπορούν να μελετηθούν και να εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα για τη μορφολογία τους.



Σχ. 1.4. Οπίσθιο άκρο μαμμούθ, που βρέθηκε διατηρημένο μέσα στους πάγους στη Σιβηρία. Κατά Pfitzenmayer, 1937.

1.3. Ταφονομία

Η ταφονομία αποτελεί τον κλάδο της Παλαιοντολογίας, που ασχολείται με τη μελέτη του τρόπου σχηματισμού των απολιθωματοφόρων κοιτασμάτων, δηλαδή ασχολείται με όλες τις φυσικές και χημικές διεργασίες, που συμβαίνουν στο χρονικό διάστημα από το θάνατο ενός οργανισμού μέχρι την εμφάνισή του ως απολιθώματος. Συνεπώς, η ταφονομία μελετά όλα όσα συμβαίνουν κατά τη μετάβαση ενός οργανισμού από τη βιόσφαιρα στη λιθόσφαιρα. Η ταφονομία παρουσίασε ιδιαίτερη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Οι σημερινές ταφονομικές μελέτες προσπαθούν να καθορίσουν όλους τους παράγοντες, που συμβάλλουν στη δημιουργία των απολιθωματοφόρων κοιτασμάτων. Από τις μέχρι τώρα μελέτες θα πρέπει να ερευνάται η συχνότητα των απολιθωμάτων, η θέση εύρεσής τους σε σχέση με τους χώρους διαβίωσής τους, η διευθέτησή τους μέσα στα στρώματα, οι παραμορφώσεις τους κ.ά.

1.3.1. Συχνότητα των απολιθωμάτων

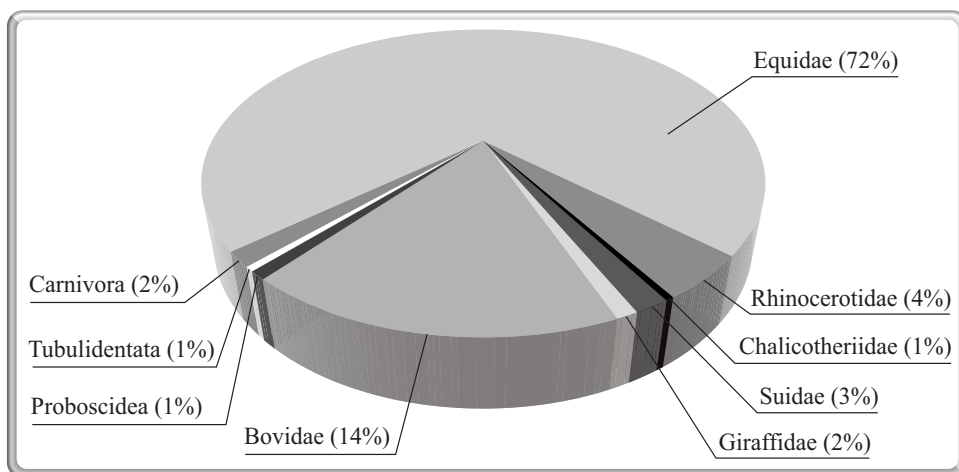
Οι πρώτοι παλαιοντολόγοι δεν θεωρούσαν σημαντικό στοιχείο τη συχνότητα εμφάνισης των απολιθωμάτων, δηλαδή την αφθονία τους. Αργότερα όμως με την ανάπτυξη της Μικροπαλαιοντολογίας και της Παλυνολογίας έγινε απαραίτητη η

μελέτη της αφθονίας τους, καθώς και η αριθμητική και γραφική απόδοσή της. Η αφθονία των απολιθωμάτων είναι ένας παράγοντας που ποικίλλει και απαιτεί λεπτομερή έρευνα και μελέτη. Είναι δυνατόν να ερευνηθεί μια μεγάλη περιοχή και σε πρώτη φάση να θεωρηθεί φτωχή ή χωρίς απολιθώματα. Λεπτομερέστερη όμως, έρευνα της περιοχής μπορεί να οδηγήσει στην εύρεση πολλών απολιθωμάτων. Ακόμη πολλά απολιθωματοφόρα κοιτάσματα, που θεωρούνται φτωχά, με περαιτέρω έρευνα ή αν ληφθούν υπόψη τα θραύσματα των απολιθωμάτων μπορούν να θεωρηθούν ως πλούσια. Τα όρια του απολιθωματοφόρου κοιτάσματος πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό της αφθονίας. Η αφθονία ενός είδους ή μιας ταξινομικής ομάδας σ' ένα απολιθωματοφόρο κοιτάσμα εκφράζεται συνήθως επί τοις % και δίνεται υπό μορφή γραφικής απεικόνισης (Σχ. 1.5). Τα απολιθωματοφόρα κοιτάσματα ανάλογα με τη συχνότητα και την αφθονία των απολιθωμάτων που περιέχουν διακρίνονται στους εξής τύπους:

Ομοειδή, όταν περιέχουν απολιθώματα μιας μόνο ομάδας, π.χ. τα απολιθωματοφόρα στρώματα της κοιλάδας του Αξιού ποταμού περιέχουν μόνο θηλαστικά.

Ετεροειδή, όταν περιέχουν απολιθώματα διαφόρων ομάδων, π.χ. το απολιθωματοφόρο κοιτάσμα του Πικερμίου περιέχει θηλαστικά, πτηνά, ερπετά και αμφίβια.

Εκλεκτικά, όταν γίνεται εκλεκτική συγκέντρωση και διατήρηση ορισμένων απολιθωμάτων ή τμημάτων τους, π.χ. στο απολιθωματοφόρο κοιτάσμα θηλαστικών του Dorkovo (Βουλγαρία) το 95% των απολιθωμάτων είναι μαστόδοντες.



Σχ. 1.5. Γραφική παράσταση της ποσοστιαίας σύστασης των τάξεων και οικογενειών της πανίδας μιάς απολιθωματοφόρου θέσης του Α. Μειοκαίνου.

1.3.2. Θέση των απολιθωμάτων σε σχέση με τους χώρους διαβίωσής τους

Τα απολιθώματα συναντώνται στη φύση, άλλοτε μεμονωμένα κοντά στους χώρους διαβίωσής τους και σε μεγάλη απόσταση το ένα από το άλλο και άλλοτε συσσωρεύονται κατά θέσεις ύστερα από μεταφορά. Τέλος σ' ορισμένες περιπτώσεις το πέτρωμα αποτελείται σχεδόν εξ ολοκλήρου από απολιθώματα ή τμήματά τους. Η τελευταία περίπτωση είναι σπάνια για τα θηλαστικά. Παρόλα αυτά σ' αποθέσεις σπηλαίων συναντώνται συχνά οστεοπαγή, δηλαδή απολιθωμένα σκελετικά στοιχεία σπονδυλωτών, που έχουν συγκολληθεί με σταλαγματικό υλικό (ανθρακικό ασβέστιο). Οι θέσεις των απολιθωμάτων σε σχέση με το χώρο διαβίωσής τους διακρίνονται ως εξής:

Πρωταρχική θέση. Οι οργανισμοί μετά το θάνατό τους παρέμειναν στους χώρους διαβίωσής τους, όπου και απολιθώθηκαν. Η περίπτωση αυτή είναι σχετικά σπάνια για τα χερσαία σπονδυλωτά, ενώ αντίθετα στα ψάρια είναι πιο συχνή. Επίσης πολλά από τα απολιθώματα θηλαστικών, που βρίσκονται στα σπήλαια (απολιθώματα αρκούδων, ναινών, νυχτερίδων), είναι σε πρωταρχική θέση, γιατί βρίσκονται μέσα στο χώρο διαβίωσής τους.



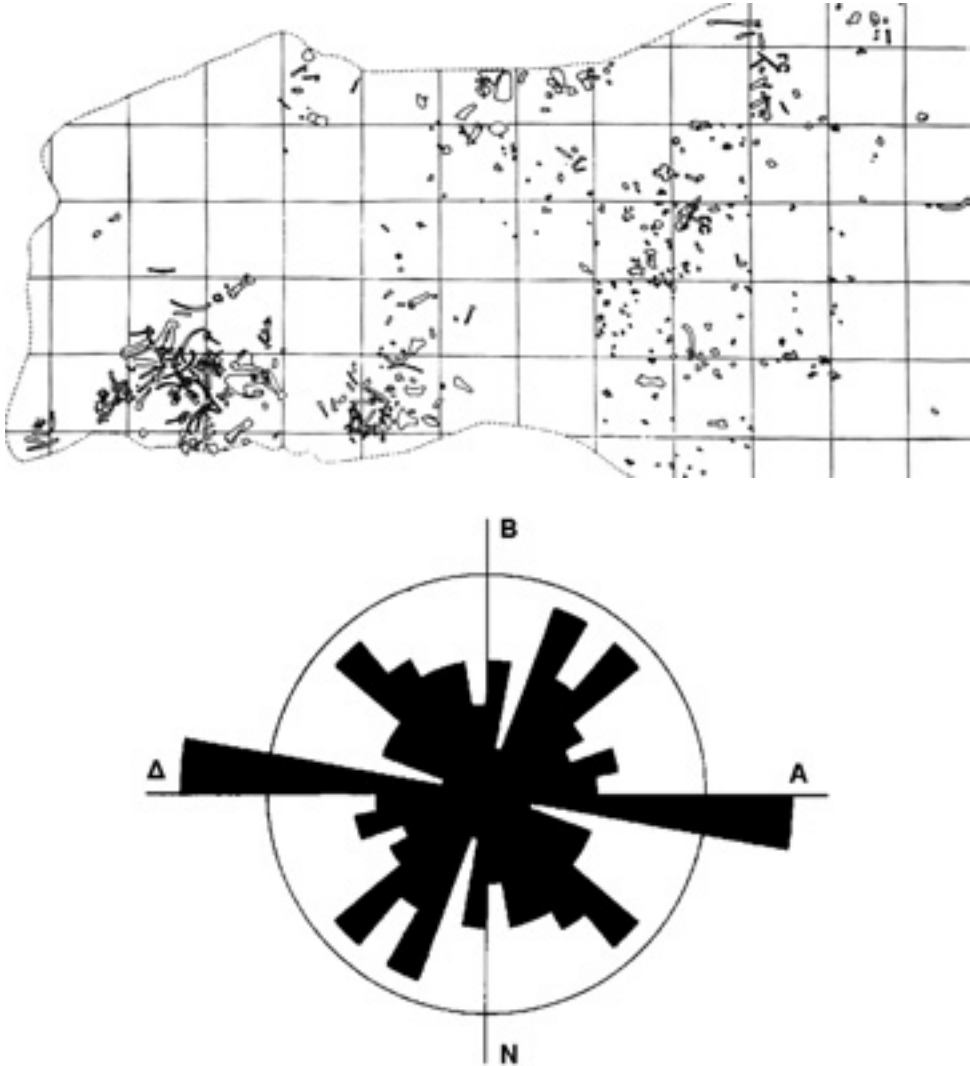
Σχ. 1.6. Απολιθωμένος μηρός ελέφαντα, που κόπηκε από ένα ρήγμα και τα δύο τμήματα μετακινήθηκαν. Βρέθηκε στη Ν. Απολλωνία Θεσσαλονίκης. Φωτο Γ. Δ. Κουφός.

Υποπρωταρχική θέση. Τα υπολείμματα των οργανισμών μετά το θάνατό τους μεταφέρονται συνήθως από το νερό σε μικρές ή μεγάλες αποστάσεις από τους τόπους διαβίωσής τους. Το κύριο μέσο μεταφοράς είναι το νερό (θαλάσσια ρεύματα, ποτάμια). Είναι γεγονός, ότι κατά μήκος των ποταμών συναντώνται πολλές απολιθωματοφόρες θέσεις σπονδυλωτών, που δημιουργήθηκαν με τη μεταφορά και συγκέντρωση υπολειμμάτων ζώων από το νερό. Αυτά συναντώνται κατά φακούς και περιλαμβάνουν ζώα διαφόρων βιοτόπων, που τα σκελετικά τους υπολείμματα είναι αναμεμειγμένα. Συχνά παρατηρείται η εύρεση ορισμένων μελών τους σε φυσική θέση, που σημαίνει ότι αυτά μεταφέρθηκαν σε μικρή απόσταση μαζί με τα μαλακά μέρη τους. Κατά μήκος όλων σχεδόν των μεγάλων ποταμών (Αξιός, Αλιάκμονας, Στρυμόνας, Πηνειός) συναντώνται απολιθωματοφόρα κοιτάσματα με πανίδες από διαφόρους βιοτόπους και με ποικιλία ειδών. Οι συγκεντρώσεις αυτές δημιουργήθηκαν από τη δράση του νερού, που μεταφέρει τα υπολείμματα των οργανισμών και τα αποθέτει στα πιο ήρεμα σημεία του ποταμού ή στα σημεία όπου ελαττώνεται η μεταφορική ικανότητα του νερού. Η γρήγορη κάλυψή τους από ιζήματα τα προφυλάσσει από την καταστροφή. Το άφθονο ανθρακικό ασβέστιο, που κυκλοφορεί διαλυμένο στο νερό, είναι ένας παράγοντας που οδηγεί στην απολίθωσή τους με τη διαδικασία της μοριακής αντικατάστασης. Συνεπώς οι παλιές κοίτες ποταμών είναι σημεία, όπου είναι πιθανή η εύρεση απολιθωματοφόρων θέσεων.

Δευτερογενής θέση. Τα απολιθώματα από τη στιγμή του εγκλεισμού τους μέσα σ' ένα πέτρωμα μέχρι την αποκάλυψή τους υφίστανται διάφορες αλλαγές της θέσης τους, της σχετικής τοποθέτησης των σκελετικών τους στοιχείων και της μορφολογίας τους (Σχ. 1.6). Στην περίπτωση αυτή τα απολιθώματα βρίσκονται σε δευτερογενή θέση. Επίσης μετά την αποκάλυψή τους τα απολιθώματα υφίστανται αμέσως τη διαδικασία της αποσάθρωσης και διάβρωσης. Με τον τρόπο αυτό τμήματά τους μεταφέρονται σ' άλλες θέσεις και σε νεότερα στρώματα. Η διαπίστωση μιας τέτοιας δευτερογενούς θέσης είναι δύσκολη αλλά σημαντική, γιατί οι ενδείξεις ηλικίας, που δίνουν τα απολιθώματα, δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Στην περίπτωση της δευτερογενούς απόθεσης τα απολιθώματα έχουν αποστρογγυλευμένα άκρα (εξαιτίας της δράσης του νερού), είναι τεμαχισμένα και συναντώνται πολλές φορές ανακατεμένα με απολιθώματα νεότερης ηλικίας.

Εκτός από τη θέση των απολιθωμάτων σε σχέση με τον αρχικό χώρο διαβίωσής τους εξετάζονται κι άλλες σχέσεις τους, όπως η κοκκομετρία των απολιθωμάτων, η τοποθέτησή τους σε σχέση με τη στρώση και η διάταξη των απολιθωμάτων στο χώρο. Το τελευταίο είναι πολύ σημαντικό, διότι βοηθάει στην εξαγω-

γή συμπερασμάτων σχετικών με τη διεύθυνση των ρευμάτων που μετέφεραν τα οστά. Ιδιαίτερα, τα επιμήκη οστά διατάσσονται παράλληλα με τη διεύθυνση του κυρίου ρεύματος. Μετρώντας τις διευθύνσεις των επιμήκων οστών και εφαρμόζοντας στατιστικές μεθόδους κατασκευάζονται ροδοδιαγράμματα, που δείχνουν την κύρια ή τις κύριες διευθύνσεις τοποθέτησής τους (Σχ. 1.7).

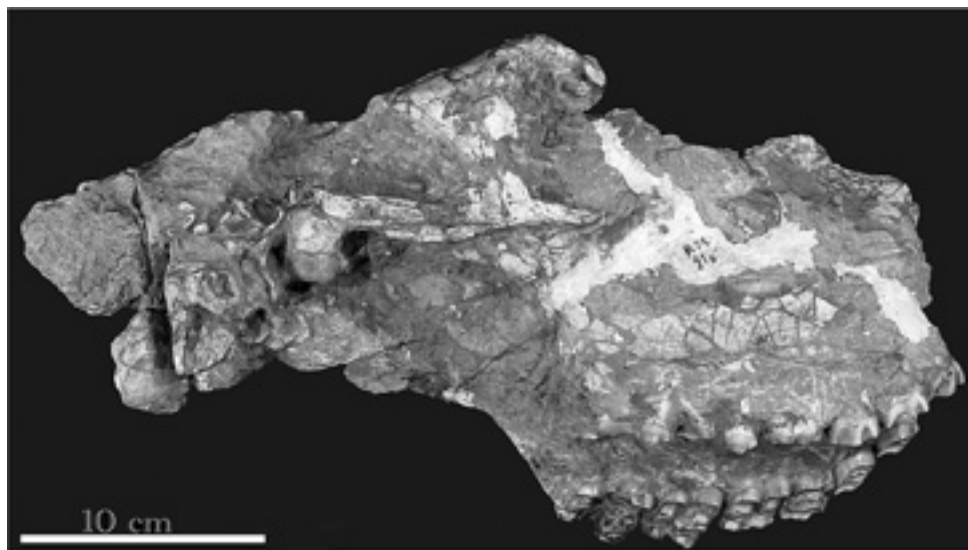


Σχ. 1.7. Χάρτης ανασκαφής μιας απολιθωματοφόρου θέσης και αντίστοιχο ροδοδιάγραμμα των διευθύνσεων των επιμήκων οστών. Κατά Johanson *et al.*, 1976.

1.3.3. Παραμορφώσεις των απολιθωμάτων

Οι φθορές, οι μεταβολές του σχήματος και της μορφολογίας, οι αλλοιώσεις και καταστροφές, που συμβαίνουν στα απολιθώματα μετά την απολίθωση, ονομάζονται **παραμορφώσεις**. Παρατηρήσεις σε σύγχρονες θανατοκοινωνίες έδειξαν, ότι τα σκελετικά στοιχεία των οργανισμών υφίστανται διάφορες φθορές (ρωγμές, τριβές, θρυμματισμούς), που οφείλονται, είτε στη δράση του νερού, είτε στην πίεση των υπερκείμενων στρωμάτων ή σε χημικές αλλοιώσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η δράση των ριζών, οι οποίες με τα οξέα, που εκκρίνουν, διαλύουν το CaCO_3 των απολιθωμένων οστών και τα καταστρέφουν.

Όταν ένα απολιθωμένο οστό διατηρεί όλα τα δομικά και μορφολογικά του χαρακτηριστικά, αλλά έχει μεταβληθεί το σχήμα του τότε υπάρχει παραμόρφωση (Σχ. 1.8). Οι παραμορφώσεις είναι ιδιαίτερα συχνές στα απολιθωμένα κρανία των σπονδυλωτών και οφείλονται, αφενός μεν στην επίδραση του βάρους των υπερκείμενων στρωμάτων και αφετέρου στη διαγένεση του ιζήματος, που έχει γεμίσει το εσωτερικό του κρανίου. Συνήθως, η διαγένεση προκαλεί μείωση του όγκου του ιζήματος με αποτέλεσμα να δημιουργούνται κενοί χώροι στο εσωτερικό του κρανίου, το οποίο παραμορφώνεται στα σημεία αυτά από την πίεση των υπερκείμενων ιζημάτων. Εκτός του κρανίου παραμορφώσεις παρατηρούνται και στα σκελετικά



Σχ. 1.8. *Palaeotragus cf. coelophrys*, κρανίο, κοιλάδα Αξιού, Αν. Μειόκαινο. Το κρανίο έχει υποστεί ισχυρή παραμόρφωση εξαιτίας της πίεσης των υπερκείμενων στρωμάτων. Φωτο Γ. Δ. Κουφός.

στοιχεία των διαφόρων ζώων, που οφείλονται στους ίδιους λόγους. Τέλος, στους σπονδυλωτούς οργανισμούς υπάρχουν παραμορφώσεις εξαιτίας της δράσης κάποιων παρασίτων ή από ασθένειες των οστών (βιογενείς παραμορφώσεις). Οριακή περίπτωση παραμόρφωσης των απολιθωμάτων είναι η ολοκληρωτική καταστροφή τους, που μπορεί να οφείλεται στη μεταμόρφωση του αρχικού ιζήματος, στη δράση τεκτονικών δυνάμεων, στην αποσάθρωση, στην επίδραση οξέων ή άλλους παράγοντες.

1.3.4. Απολιθωματοφόρα κοιτάσματα

Διακρίνονται διάφορες κατηγορίες απολιθωματοφόρων κοιτασμάτων ανάλογα με την προέλευσή τους και τον τρόπο σχηματισμού τους

Θαλάσσια. Δημιουργούνται από σπονδυλωτούς οργανισμούς, που ζουν στη θάλασσα κυρίως ψάρια και θαλάσσια ερπετά ή θηλαστικά. Μετά το θάνατό τους και μέχρι την καταβύθισή τους στον πυθμένα είναι δυνατόν να μεταφερθούν από τα θαλάσσια ρεύματα και τα κύματα σ' άλλες θέσεις ή στην ακτή. Συχνά σε κλειστούς κόλπους ή λιμνοθάλασσες δημιουργούνται συνθήκες έλλειψης οξυγόνου, που προκαλούν μαζικό θάνατο των ψαριών, οπότε δημιουργείται ένα εκτεταμένο απολιθωματοφόρο κοίτασμα. Επίσης, η απότομη είσοδος της θάλασσας σε μια λεκάνη χαμηλής αλμυρότητας προκαλεί το θάνατο πολλών οργανισμών, που δεν είναι προσαρμοσμένοι σε παρόμοιο περιβάλλον. Σε διάφορα σημεία της λεκάνης των Σερρών υπάρχουν παρόμοια κοιτάσματα με απολιθώματα ψαριών, που δημιουργήθηκαν εξαιτίας απότομου θανάτου των οργανισμών αυτών.

Ελώδη. Το περιβάλλον των ελών βοηθάει σημαντικά στη δημιουργία απολιθωματοφόρων κοιτασμάτων από οργανισμούς, που ζουν μέσα στο νερό ή στη γύρω περιοχή, καθώς και από ζώα που έρχονται για να βρουν νερό. Στις περιπτώσεις όμως, που γίνεται ταυτόχρονα και απόθεση λιγνιτών, η διατήρηση των σκελετικών στοιχείων είναι δύσκολη και τα απολιθώματα σπάνια. Ελώδη περιβάλλοντα με υψηλό ποσοστό οργανικών υλών είναι ιδανικά για την εύρεση απολιθωμάτων μικροθηλαστικών.

Λιμναία. Σ' αυτού του είδους τα απολιθωματοφόρα κοιτάσματα συναντώνται απολιθώματα από υδρόβιους οργανισμούς ή οργανισμούς που ζουν στις ακτές της λίμνης (ψάρια, χελώνες, κροκόδειλοι, ιπποπόταμοι, τρωκτικά κ.ά.), καθώς και από οργανισμούς που μεταφέρουν τα ποτάμια, που καταλήγουν στις λίμνες. Τέλος, πολλά ζώα που πηγαίνουν για να πουν νερό, σκοτώνονται από τα σαρκοφάγα και τα υπολείμματά τους απολιθώνονται. Συχνή είναι η εύρεση λιμναίων απολιθωματοφόρων κοιτασμάτων ψαριών. Ο θάνατός τους οφείλεται σε κάποιο βίαιο

γεγονός, όπως έλλειψη οξυγόνου, απότομες πλημμύρες ή απότομη μεταφορά μεγάλου όγκου ιζημάτων. Σε λιμναίες αποθέσεις συνήθως διατηρούνται ολόκληροι σκελετοί διαφόρων χερσαίων ζώων. Τα ζώα πηγαίνουν για να πιουν νερό, κολλούν στη λάσπη και τα πιο αδύναμα μένουν εκεί και πεθαίνουν. Επίσης πολλά σκοτώνονται από τα σαρκοφάγα ή μεταφέρονται από το νερό ολόκληρα. Ο σκελετός τους απολιθώνεται και βρίσκεται σήμερα σε πλήρη ανατομική συνάφεια (Σχ. 1.9).



Σχ. 1.9. Σκελετός θηλυκού ιππαρίου σε ανατομική συνάφεια, που βρέθηκε στις λιμναίες αποθέσεις της περιοχής Howenegg της Γερμανίας. Στη θέση Α διακρίνονται τα οστά από το έμβρυο, που έφερε το άτομο αυτό. *Κατά Bernor et al., 1997.*

Ποταμοχειμάρρια. Δημιουργούνται κατά μήκος των ποταμών και χειμάρρων από τους οργανισμούς, που μεταφέρονται από το νερό και αποτίθενται στα πιο ήρεμα σημεία τους. Ο θάνατος των ζώων είναι βίαιος εξαιτίας πλημμυρών ή άλλων φυσικών φαινομένων. Σε περιόδους ξηρασίας ένας μεγάλος αριθμός ζώων πεθαίνει από έλλειψη νερού. Στην περίοδο των βροχών, που ακολουθεί, όλα τα σκελετικά τους τμήματα μεταφέρονται από το νερό και αποτίθενται σε διάφορες θέσεις κατά μήκος των ποταμών. Συνήθως συναντώνται υπολείμματα ζώων διαφόρων βιο-

τόπων ανακατεμένα, ενώ δεν είναι σπάνια και η περίπτωση μερικά σκελετικά τους στοιχεία να βρίσκονται σ' ανατομική συνάφεια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα απολιθωματοφόρα κοιτάσματα θηλαστικών κατά μήκος των διαφόρων ποταμών (Αξιός, Αλιάκμονας, Στρυμόνας κ.α.).

Ερμηικά. Συνήθως, εξαιτίας του ξηρού κλίματος και της έλλειψης βακτηρίων τα ζώα που πεθαίνουν, μουμιοποιούνται.

Περιπαγετώδη. Η διατήρηση ολόκληρων πτωμάτων μαμμούθ ή άλλων μικρότερων ζώων ως κατεψυγμένων, μέσα σε πάγους είναι συχνή στις παγετώδεις και περιπαγετώδεις περιοχές.



Σχ. 1.10. *Australopithecus afarensis*, Laetolil, Τανζανία, Αφρική, Πλειόκαινο. 'Ιχνη βάδισης δύο ενήλικων ατόμων, που περπατούσαν το ένα στα ίχνη του άλλου, ενώ στο άνω τμήμα διακρίνονται τα ίχνη ενός μικρότερου (νεαρού) ατόμου. Από *Journey to the origins of the Man's History*, 1985.

Καρστικά. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα απολιθωματοφόρα κοιτάσματα, που σχηματίζονται μέσα σε σπήλαια ή σε καρστικές ρωγμές. Στα σπήλαια συναντώνται συνήθως απολιθώματα ζώων, που τα χρησιμοποιούν ως κατοικία (αρκούδες, ύαινες, λιοντάρια, νυχτερίδες, τρωκτικά), ζώα που αποτελούν υπολείμματα τροφής και τέλος ζώα, τα οποία έπεσαν τυχαία μέσα στο σπήλαιο ή μεταφέρθηκαν από το νερό. Οι καρστικές ρωγμές συνήθως γεμίζουν από τα υλικά της διάβρωσης και αποσάθρωσης των ασβεστολίθων, που μεταφέρονται από το νερό. Μαζί όμως με τα υλικά αυτά μεταφέρονται και υπολείμματα ζώων, συνήθως μικροθηλαστικά ή υπολείμματα μεγάλων θηλαστικών, που απολιθώνονται μέσα στις ρωγμές. Οι ρωγμές

αυτές συχνά χρησιμοποιούνται ως κατοικία διαφόρων σαρκοφάγων και τρωκτικών, τα υπολείμματα των οποίων, καθώς και της τροφής τους απολιθώνονται στους χώρους αυτούς. Συνεπώς οι καρστικές ρωγμές είναι πιθανές απολιθωματοφόρες θέσεις χερσαίων σπονδυλωτών.

Ίχνη βάδισης σπονδυλωτών. Η διατήρησή τους προϋποθέτει πολύ μαλακό και λεπτόκοκκο υπόστρωμα με ταχύτατη κάλυψη του ίχνους από ένα υλικό διαφορετικής φύσης. Τα πιο χαρακτηριστικά ίχνη είναι αυτά που βρέθηκαν στο Laetolil (Τανζανία, Αφρική) και ανήκουν σ' ένα πρωτόγονο άνθρωποειδές, που λέγεται *Australopithecus afarensis* (Σχ.1.10) ηλικίας 3,6 Ma (εκατομμύρια χρόνια). Συχνή όμως είναι και η εύρεση ιχνών από ερπετά και αμφίβια (Σχ. 1.3). Ίχνη βάδισης δεινοσαύρων έχουν διαπιστωθεί σε πολλές περιοχές της Γης.

1.4. Συλλογή και επεξεργασία των απολιθωμάτων

1.4.1. Εύρεση των απολιθωματοφόρων θέσεων

Ο εντοπισμός των απολιθωματοφόρων θέσεων μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Ο πιο συνήθης είναι η γεωλογική-γεωμορφολογική μελέτη της περιοχής με καθορισμό πιθανών απολιθωματοφόρων τμημάτων της, που στη συνέχεια ερευνώνται πιο συστηματικά. Αν η γεωλογική μελέτη μιας περιοχής δείξει την παρουσία μιας παλιάς κοίτης ή μιας παλιάς λίμνης ή ενός έλους, τότε είναι πολύ πιθανή η παρουσία απολιθωμάτων μέσα στις αποθέσεις τους, οπότε η έρευνα εντοπίζεται στις περιοχές αυτές.

Πολλές φορές ο εντοπισμός νέων απολιθωματοφόρων θέσεων βασίζεται σε βιβλιογραφικές αναφορές. Η έρευνα στην περιοχή, που αναφέρουν, οδηγεί συνήθως σε νέες θέσεις. Πλην της γεωλογικής βιβλιογραφίας, στοιχεία μπορεί να βρεθούν σε ιστορικά, λαογραφικά άρθρα ή τον ημερήσιο και περιοδικό τύπο. Εδώ αξίζει να αναφερθεί ότι η ελληνική μυθολογία οδήγησε πολλούς ερευνητές στον εντοπισμό πλούσιων απολιθωματοφόρων θέσεων. Ο Πλούταρχος αναφέρει για τη Σάμο τα εξής:

«Από τινος Πάναιμα τόπος εν τη Σαμίων νήσω καλεΐται. Ἡ ὅτι φεύγουσαι Διώνυσον αἱ Αμαζόνες ἐκ Εφεσίων χώρας εἰς Σάμον διέπεσαν, ὁ δὲ ποιησάμενος πλοία, καὶ διαβάς, μάχην συνήψε καὶ πολλὰς αὐτῶν ἀπέκτεινε περὶ τὸν τόπον τούτον, ὃν δια τὸ πλῆθος τοῦ ρέοντος αἵματος, οἱ θεώμενοι Πάναιμα θαυμάζοντες ἐκάλουν. Τῶν δὲ φ *** ἀποθανεῖν τινες λέγονται περὶ τὸν Φλοιόν, καὶ τα οστὰ δέικνυται αὐτῶν; τινὲς δὲ λέγουσι καὶ τὸ Φλοιόν ἀπ' ἐκεῖνων ραγῆναι, φθεγγομένων μέγα τι καὶ διάτορον».

Η ελεύθερη μετάφραση του κείμενου αυτού είναι.

*«Από πολύ παλιά είναι γνωστή μια τοποθεσία στη Σάμο, που ονομάζεται Πά-
ναιμα. Οι Αμαζόνες προσπαθώντας να ξεφύγουν από το Διόνυσσο κατέφυγαν στη
Σάμο από την Έφεσο. Αυτός (ο Διόνυσος), αφού έφτιαξε καράβια και πέρασε τη
θάλασσα, έκανε πόλεμο μαζί τους και σκότωσε πολλές στον τόπο εκείνο. Όσοι
είδαν τη μάχη εξαιτίας του άφθονου αίματος, που χύθηκε, όνόμασαν τον τόπο
Πάναιμα. Απ' αυτές που χτύπηθηκαν λέγεται ότι κάποιες πέθαναν στο Φλοιό,
όπου φαίνονται τα οστά τους. Γι' αυτό το λόγο λένε ότι ο Φλοιός ράγησε απ' τις
δυνατές και διαπεραστικές φωνές τους».*

Ο ελβετός Forsyth Major μέ βαση αυτή την αναφορά του Πλουτάρχου άρχι-
σε την έρευνα στη Σάμο και εντόπισε τις απολιθωματοφόρες αποθέσεις του νη-
σιού. Παρόμοια ο Αριστομένης αναφέρει για την μάχη των γιγάντων στην πε-
ριοχή της Μεγαλόπολης στην Πελοπόννησο. Βλέποντας τα μεγάλα οστά των
απολιθωμένων προβοσκιδωτών στην περιοχή θεώρησαν, ότι αυτά ανήκουν σε με-
γαλόσωμους ανθρώπους και έπλασαν το μύθο της μάχης των γιγάντων. Η αξιο-
ποίηση πληροφοριών που προέρχονται από διαφόρους ανθρώπους, που βρίσκο-
νται συχνά στην ύπαιθρο, οδηγεί πολλές φορές στην εύρεση νέων απολιθωματο-
φόρων θέσεων. Τέλος η κατασκευή διαφόρων τεχνικών έργων έχει ως αποτέλε-
σμα να έρθουν στην επιφάνεια νέοι απολιθωματοφόροι ορίζοντες. Οι εκσκαφές,
που έγιναν κοντά στο χωριό Πρόχωμα της Θεσσαλονίκης, για τη διάνοιξη νέας
σιδηροδρομικής γραμμής, οδήγησαν στην ανακάλυψη μιας νέας απολιθωματο-
φόρου θέσης του Αν. Μειοκαίνου. Η κατασκευή ενός αγροτικού δρόμου κοντά
στο χωριό Νικήτη της Χαλκιδικής έφερε στην επιφάνεια βαθύτερους απολιθω-
ματοφόρους ορίζοντες. Η έρευνα, που ακολούθησε στην περιοχή, οδήγησε στον
εντοπισμό ακόμη μιας απολιθωματοφόρου θέσης. Η κατά βάθος διάβρωση είναι
εκείνη η διαδικασία, που φέρνει στο φως παλαιότερα στρώματα. Για το λόγο αυ-
τό η αναζήτηση των απολιθωματοφόρων θέσεων γίνεται στις ρεματιές. Στα τοι-
χώματά τους εμφανίζονται τα βαθύτερα στρώματα των αποθέσεων και τα τυχόν
απολιθώματα που περιέχουν.

1.4.2. Παλαιοντολογικές ανασκαφές

Μετά την εύρεση των απολιθωματοφόρων θέσεων ακολουθεί το σημαντικότερο
στάδιο, που είναι η ανασκαφή για τη συλλογή των απολιθωμάτων. Πρόκειται για
τη δυσκολότερη και πιο επίπονη φάση της όλης διαδικασίας. Αφού επιλεγεί η θέ-
ση γίνεται συνήθως μια δοκιμαστική τάφρος πλάτους 60-70 cm, ώστε να διαπι-

στωθεί η έκταση και αφθονία του απολιθωματοφόρου στρώματος. Η δοκιμαστική τομή, είτε γίνεται κάθετα προς τον άξονα ροής του ρέμματος εφόσον πρόκειται για πλατιά χαράδρα, είτε παράλληλα προς αυτόν όταν πρόκειται για στενή χαράδρα. Στα σπήλαια η δοκιμαστική τάφρος συνήθως ανοίγεται παράλληλα προς το μεγαλύτερο άξονα του θαλάμου. Μετά τη διαπίστωση της έκτασης του απολιθωματοφόρου ορίζοντα αρχίζει η απομάκρυνση των επικείμενων στείρων υλικών, ώστε να μπορέσει κανείς να φθάσει στον ορίζοντα με τα απολιθώματα. Αυτό επιτυγχάνεται με ανασκαφή κατά αναβαθμίδες. Σε περίπτωση, που το ανάγλυφο είναι ομαλό, είναι δυνατόν να απομακρυνθούν τα επικείμενα στρώματα με τη βοήθεια μηχανικών μέσων. Στην αντίθετη περίπτωση η απομάκρυνση γίνεται με αξίνες και φτυάρια. Αφού αποκαλυφθεί ο απολιθωματοφόρος ορίζοντας, στη συνέχεια η ανασκαφή γίνεται κατά οριζόντια στρώματα προσπαθώντας να απομονωθούν όλα τα απολιθώματα.

Τα διάφορα απολιθώματα που βρίσκονται, καθαρίζονται προσεκτικά με λεπτά εργαλεία (μικρά κοπίδια, μαχαιράκια, βελόνες) και γίνεται προσπάθεια μόνα τους ή ως ένα μικρό συσσωμάτωμα πολλών απολιθωμάτων να απομονωθούν από το περιβάλλον ίζημα. Το περιβάλλον ίζημα σκάπτεται περιφερειακά σε βάθος, ώστε να απομονωθεί το τμήμα του, που περιέχει τα απολιθώματα (Σχ.1.11α). Στην περίπτωση, που τα απολιθώματα είναι εύθρυπτα, τότε συντηρούνται επί τόπου με τη βοήθεια ειδικών συντηρητικών (Σχ.1.11β). Με τον τρόπο αυτό απομονώνεται ένα τμήμα του ιζήματος, που στην κορυφή του και στο εσωτερικό του περιέχει το ή τα απολιθώματα (Σχ.1.11γ). Από το σημείο αυτό και ύστερα η απόληψή του γίνεται με την κατασκευή καλουπιού από γύψο.

Στην αρχή τα εκτεθειμένα στην άνω επιφάνεια του απομονωμένου συσσωματώματος τμήματα των απολιθωμάτων καλύπτονται με χώμα για να μην καταστραφούν, ενώ όλο το συσσωμάτωμα καλύπτεται με χαρτί, συνήθως εφημερίδες (Σχ. 1.11δ). Στη συνέχεια εμποτίζονται κομμάτια λινάτσας σε διαλυμένη γύψο και μ' αυτά καλύπτεται όλο το συσσωμάτωμα (Σχ. 1.11ε). Μετά τη στερεοποίηση της γύψου με τη βοήθεια μεγάλων σφηνών το καλούπι αποχωρίζεται από το έδαφος, αφού πρώτα σημειωθούν πάνω του διάφορα στοιχεία (Σχ.1.11ζ), που αφορούν τη θέση εύρεσής του. Η απόληψη των απολιθωμάτων με τη βοήθεια καλουπιών γύψου εξυπηρετεί **α.** τη συλλογή μεγαλύτερου αριθμού απολιθωμάτων, **β.** η συντήρηση και ο καθαρισμός τους, που απαιτούν πολύ χρόνο γίνεται στο εργαστήριο, και **γ.** η μεταφορά τους είναι ασφαλέστερη και ευκολότερη. Η συλλογή των απολιθωμάτων με τον τρόπο αυτό συνεχίζεται μέχρις ότου εξαντληθεί ο απολιθωματοφόρος ορίζοντας ή φακός.



(α)



(δ)



(β)



(ε)



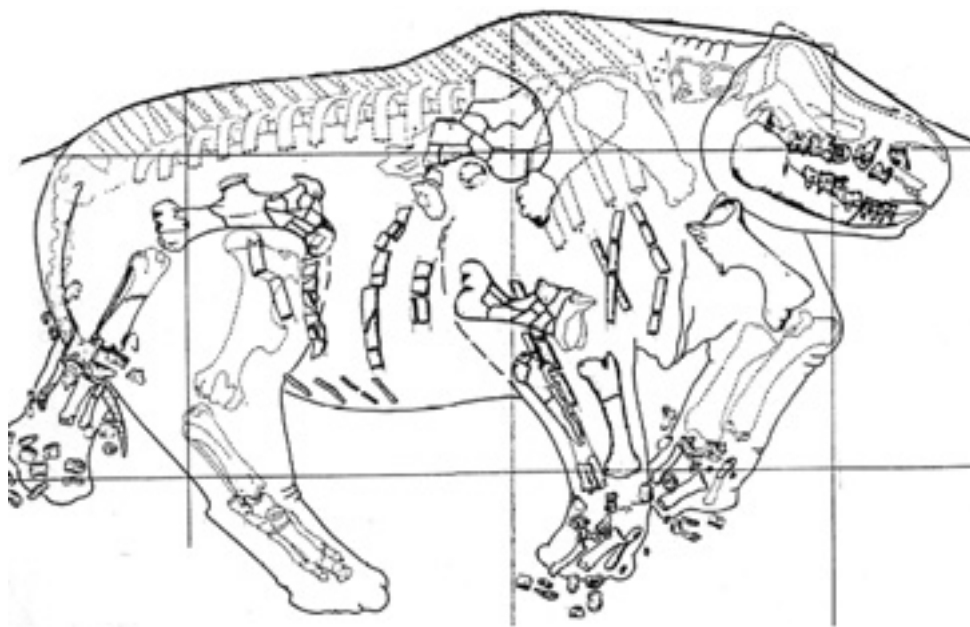
(γ)



(ζ)

Σχ. 1.11. Στάδια καθαρισμού και απόληψης των απολιθωμάτων κατά την ανασκαφή στο ύπαιθρο. **α.** Εμφάνιση του (των) απολιθώματος (-ων), **β.** Συντήρηση του (των) απολιθωμάτων, **γ.** Απομόνωση του (των) απολιθώματος (-των) από το περιβάλλον ίζημα. **δ.** Προετοιμασία για την κατασκευή γύψινου καλουπιού, **ε.** Κατασκευή, και **ζ.** Απόληψη καλουπιού. *Φωτο Γ. Δ. Κουφός.*

Όταν πρόκειται να ερευνηθεί η ταφονομία και το παλαιοπεριβάλλον της απολιθωματοφόρου περιοχής πρέπει να κατασκευάζονται χάρτες της ανασκαφής. Στην περίπτωση αυτή ο χώρος της ανασκαφής χωρίζεται σε τετράγωνα με τη βοήθεια λεπτού σπάγγου. Κάθε τετράγωνο αριθμείται, ενώ όλα απεικονίζονται σ' ένα επίπεδο φύλλο χαρτιού. Κάθε απολίθωμα, που βρίσκεται, απεικονίζεται πάνω στο χάρτη στο αντίστοιχο τετράγωνο, έτσι ώστε στο τέλος της ανασκαφής υπάρχει ένας χάρτης μ' όλα τα ευρήματα τοποθετημένα στο χώρο (Σχ.1.7). Παρόμοια φύλλα χαρτών ανασκαφής γίνονται για διάφορα βάθη, όσο προχωράει η εργασία σε βαθύτερα στρώματα. Ένας χάρτης ανασκαφής πολλές φορές αποκαλύπτει ενδιαφέροντα στοιχεία σχετικά με τους οργανισμούς, το θάνατό τους και την απολίθωσή τους (Σχ.1.12).



Σχ. 1.12. Χάρτης ανασκαφής από την απολιθωματοφόρο θέση Vergranpe (Γαλλία). Η σύνταξη του χάρτη ανασκαφής αποκάλυψε την παρουσία ενός ολόκληρου σκελετού ρινόκερου και συνεπώς όλα τα απολιθώματα ανήκουν σ' ένα άτομο. Από *Les premiers habitants de l' Europe* 1988.

Στην περίπτωση, που γίνεται ανασκαφή σε σπήλαιο μετά το πρώτο διερευνητικό όρυγμα για τον καθορισμό του απολιθωματοφόρου στρώματος, η ανασκαφή γίνεται κατά αναβαθμίδες συλλέγοντας τα απολιθώματα και κατασκευάζοντας χάρτη ανασκαφής με τον τρόπο, που αναφέρθηκε παραπάνω. Επίσης, λαμβάνεται μέ-

ριμνα, ώστε μετά την ανασκαφή να παραμείνει ένα τμήμα των αποθέσεων, στο οποίο να φαίνεται η στρωματογραφική διάταξη των ιζημάτων και ο απολιθωματοφόρος ορίζοντας ή ορίζοντες για συγκριτικούς σκοπούς και για να υπάρχει η δυνατότητα στο μέλλον να χρησιμοποιηθεί για την εφαρμογή νέων μεθόδων έρευνας.

Κάθε απολιθωμα ή καλούπι, που συλλέγεται, αριθμείται και καταγράφεται στο ημερολόγιο της ανασκαφής. Το πιο σημαντικό βέβαια είναι η αναγραφή της θέσης, όπου βρέθηκε. Κάθε απολιθωματοφόρος θέση ονομάζεται και τα απολιθώματα χαρακτηρίζονται με το όνομα αυτό. Το όνομα συνήθως προέρχεται από το όνομα του πλησιέστερου χωριού ή τοποθεσίας. Σε περίπτωση, που σε μια θέση υπάρχουν περισσότεροι απολιθωματοφόροι ορίζοντες, τότε καθένας ονομάζεται διαφορετικά. Για λόγους συντομίας για κάθε θέση ή ορίζοντα επιλέγονται ορισμένα γράμματα του λατινικού αλφαβήτου. Στην περιοχή του χωριού Βαθύλακκος της κοιλάδας του Αξιού βρέθηκαν τρεις διαφορετικές απολιθωματοφόρες θέσεις, που ονομάστηκαν αντίστοιχα Βαθύλακκος-1, 2, 3 και χαρακτηρίστηκαν συντομογραφικά ως VLO, VTK και VAT.

Σημαντική είναι επίσης η στρωματογραφική τοποθέτηση των διαφόρων απολιθωματοφόρων θέσεων και οριζόντων, ώστε να είναι σαφής η σχετική μεταξύ τους θέση, δηλαδή ποια είναι νεότερη και ποια παλαιότερη. Αυτό προϋποθέτει τη λεπτομερή στρωματογραφική έρευνα της περιοχής και την κατασκευή λεπτομερών στρωματογραφικών τομών. Ο καθορισμός της ακριβούς θέσης εύρεσης των απολιθωμάτων είναι πολύ σημαντικός για μετέπειτα στρωματογραφικά και βιοχρονολογικά συμπεράσματα ή συσχετισμούς. Για το λόγο αυτό πάνω σε κάθε απολιθωμα αναγράφονται τα χαρακτηριστικά γράμματα της θέσης προέλευσής του και ο αύξων αριθμός του. Όταν βέβαια γίνεται συστηματική ανασκαφή από παλαιοντολόγους όλα τα παραπάνω τηρούνται με σχολαστικότητα.

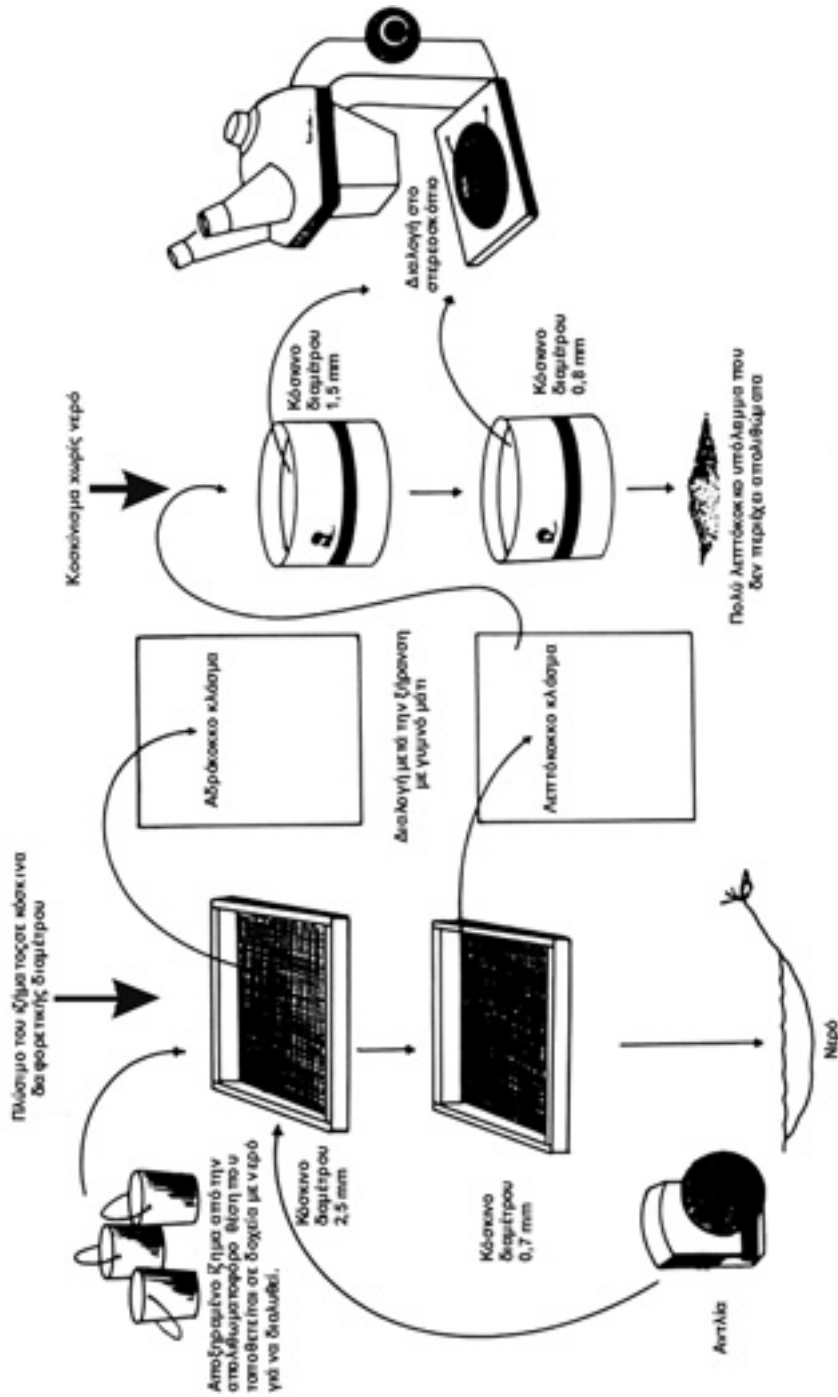
Στην περίπτωση, που ένας γεωλόγος εργάζεται στο ύπαιθρο και βρει απολιθώματα (σπονδυλωτά ή ασπόνδυλα) και θελήσει να κάνει μια πρώτη συλλογή για να τη χρησιμοποιήσει στον προσδιορισμό της ηλικίας των στρωμάτων, τότε πρέπει να λάβει υπόψη τα εξής:

- να τοποθετήσει στο χάρτη του την ακριβή γεωγραφική θέση της απολιθωματοφόρου θέσης ή να σημειώσει τις συντεταγμένες της θέσης χρησιμοποιώντας το κατάλληλο όργανο (G.P.S.),
- να κάνει ένα σκαρίφημα της γεωλογικής τομής της θέσης και να τοποθετήσει τον απολιθωματοφόρο ορίζοντα ή ορίζοντες,
- να κάνει συλλογή απολιθωμάτων αρχίζοντας από τους κατώτερους ορίζοντες και τοποθετώντας τα απολιθώματα κάθε ορίζοντα σε διαφορετικά κιβώτια, χαρακτηρίζοντάς τα με διαφορετικά γραμματικά ή αριθμητικά σύμβολα, και

- να κάνει συλλογή απ' όλα τα υπάρχοντα είδη χωρίς επιλογή, ώστε να έχει μια όσο το δυνατόν καλύτερη αντιπροσώπευση της απολιθωμένης πανίδας. Αυτό βέβαια στην περίπτωση των σπονδυλωτών δεν είναι τόσο εύκολο γιατί απαιτεί εξειδικευμένους παλαιοντολόγους, που θα κάνουν την ανασκαφή. Παρόλα αυτά ο γεωλόγος μπορεί να κάνει μια δειγματοληπτική συλλογή, που θα δώσει σ' ένα παλαιοντολόγο για να έχει τις πρώτες ενδείξεις για την πανίδα και την ηλικία της. Η ανασκαφή για τη συλλογή περισσότερων στοιχείων θα γίνει στη συνέχεια από τους παλαιοντολόγους.

Η διεργασία που ακολουθείται για τη συλλογή των μικροθηλαστικών (τρωκτικά, λαγόμορφα, εντομοφάγα) είναι φυσικά διαφορετική. Πρόκειται για μικρόσωμους οργανισμούς, που τα σκελετικά τους στοιχεία και δόντια έχουν μικρό μέγεθος. Η διαπίστωσή τους στο πέτρωμα (συνήθως λεπτόκοκκοι άμμοι και αργιλλικά πετρώματα) γίνεται, είτε ύστερα από παρατήρηση μικρών τεμαχίων του πετρώματος με φακό (λούπα), είτε έπειτα από δοκιμαστική δειγματοληψία. Η επεξεργασία του δείγματος γίνεται με την ίδια διαδικασία, που ακολουθείται για τη συλλογή τους και που περιγράφεται παρακάτω.

Εφόσον διαπιστωθεί η παρουσία μικροθηλαστικών μέσα σ' ένα στρώμα η διαδικασία απόληψής τους ακολουθεί τα παρακάτω στάδια (Σχ. 1.13). Το στρώμα σκάβεται και το υλικό, που συλλέγεται, απλώνεται για να στεγνώσει. Μετά την ξήρανσή του τοποθετείται μέσα σε δοχεία με νερό, ώστε να διαλυθεί σ' όσο το δυνατόν μικρότερα τμήματα. Στη συνέχεια ρίπτεται το περιεχόμενο των δοχείων (ουσιαστικά πρόκειται για λάσπη του μητρικού πετρώματος) σε μια σειρά από κόσκινα διαφορετικής διαμέτρου και ξεπλένεται με νερό, που προέρχεται από κάποιο γειτονικό ποτάμι ή λίμνη ή ακόμη και την θάλασσα. Αν η διάλυση του αρχικού πετρώματος δεν είναι ικανοποιητική η διαδικασία ξήρανσης και απόπλυσης επαναλαμβάνεται. Τα κλάσματα, που μένουν μέσα στα κόσκινα, τοποθετούνται ξεχωριστά και ξηραίνονται. Το αδρόκοκκο κλάσμα παρατηρείται με γυμνό μάτι ή με μεγενθυντικό φακό για εύρεση τυχόν δοντιών μεγάλων θηλαστικών ή μεγαλόσωμων μικροθηλαστικών. Το λεπτόκοκκο κλάσμα κοσκινίζεται σε μια σειρά κόσκινων διαφορετικής διαμέτρου (συνήθως 1,0 mm, 0,7 mm και 0,5 mm). Τα κλάσματα στη συνέχεια παρατηρούνται στο στερεοσκόπιο για την απομόνωση των δοντιών των μικροθηλαστικών. Τα ευρήματα αριθμούνται και ταξινομούνται μέσα σε ειδικά κουτιά για περαιτέρω μελέτη. Οι ενδείξεις προέλευσης και η αρίθμηση των απολιθωμάτων γίνεται, όπως και στην περίπτωση των μεγάλων θηλαστικών.



Σχ. 1.13. Επεξεργασία ιζημάτων για την συλλογή μικροθλαστικών.

1.4.3. Καθαρισμός και συντήρηση των απολιθωμάτων

Ο καθαρισμός και η συντήρηση των ευρημάτων των παλαιοντολογικών ανασκαφών γίνεται στο εργαστήριο. Τα γύψινα καλούπια, που μεταφέρθηκαν από το ύπαιθρο καθαρίζονται σιγά-σιγά, ώστε να απομονωθούν τα απολιθώματα. Με λεπτά εργαλεία (βελόνες, κοπιδάκια, νυστέρια) απομακρύνεται το υλικό που περιβάλλει τα απολιθώματα. Τα τμήματα του απολιθώματος, που αποκαλύπτονται, εμποτίζονται με διάφορες συνθετικές ρητίνες, ώστε να συμπαγοποιηθούν και συντηρηθούν. Με τον τρόπο αυτό σιγά-σιγά καθαρίζεται ολόκληρο το απολιθώμα. Η εργασία του καθαρισμού απαιτεί πολύ χρόνο και εξαρτάται από την κατάσταση στην οποία βρίσκονται τα απολιθώματα. Αν είναι τεμαχισμένα και σαθρά τότε απαιτείται περισσότερος χρόνος για τον καθαρισμό και τη συντήρησή τους. Αν το περιβάλλον υλικό είναι σκληρό επίσης απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος για την απομάκρυνσή του. Στην περίπτωση, που τα απολιθώματα είναι αρκετά συμπαγή και το περιβάλλον υλικό μαλακό, τότε το τελευταίο μπορεί να απομακρυνθεί αφού πληθούν με νερό. Τέλος, ο καθαρισμός μπορεί να γίνει με τη βοήθεια ειδικών μηχανημάτων πεπιεσμένου αέρα ή αμμοβολής.

Μετά τον καθαρισμό τους τα απολιθώματα συντηρούνται. Κατ' αρχήν συγκολλώνται τα διάφορα τμήματά τους, που έσπασαν, ώστε να ολοκληρωθούν τα δείγματα. Κατόπιν εμποτίζονται με διάφορες διαλυτές κόλλες, ώστε να συμπαγοποιηθούν για να είναι προσιτά στον ερευνητή. Τέλος αφού αναγραφούν πάνω στα απολιθώματα οι ενδείξεις της θέσης εύρεσής τους και του αύξοντα αριθμού τους, καταγράφονται σ' ένα βιβλίο συλλογών ή με ηλεκτρονικό τρόπο και δίνονται για μελέτη και προσδιορισμό. Ο καθαρισμός και η συντήρηση των απολιθωμάτων των σπονδυλωτών είναι ιδιαίτερα δύσκολη εργασία και απαιτεί μεγάλη εμπειρία. Στα διάφορα Ινστιτούτα και Μουσεία Φυσικής Ιστορίας υπάρχουν ειδικά εξοπλισμένα εργαστήρια με ειδικευμένους τεχνικούς, που ασχολούνται με τον καθαρισμό και τη συντήρηση των απολιθωμάτων, εφαρμόζοντας διάφορες μεθόδους και τεχνικές.

1.5. Συστηματική ταξινόμηση των απολιθωμάτων

1.5.1. Μελέτη και προσδιορισμός των απολιθωμάτων

Μετά τον καθαρισμό και συντήρηση των απολιθωμάτων αρχίζει η μελέτη τους με τελικό στόχο τον προσδιορισμό τους. Η μελέτη των απολιθωμένων σκελετικών τμημάτων γίνεται με τις κλασικές μεθόδους της συγκριτικής ανατομίας. Τα ευρήματα συγκρίνονται μορφολογικά και μετρικά με άλλα γνωστά, ώστε να καταστεί δυνατός ο προσδιορισμός τους. Εκτός από τις κλασικές μεθόδους της συγκριτικής ανατομίας

εφαρμόζονται κι άλλες τεχνικές για τη μελέτη τους, που συχνά εξαρτώνται από τη φύση και τον τρόπο διατήρησης των απολιθωμάτων. Στα απολιθώματα παλαιότερων γεωλογικών περιόδων (Άγναθα, Πλακόδερμοι) η συμπαγοποίηση με το πέτρωμα είναι πολύ μεγάλη και μόνο τα εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά είναι ορατά. Για τη μελέτη τους γίνονται λεπτές λειασμένες τομές, που παρατηρούνται στο στερεοσκόπιο, ώστε τελικά να γίνει η αναπαράσταση της εσωτερικής μορφολογίας των απολιθωμάτων (του σκελετού, των νευρικών ή αγγειακών ιχνών διαδρομής κ.ά.). Σήμερα εφαρμόζεται πολύ συχνά η τεχνική των ακτινογραφιών και της αξονικής τομογραφίας (Σχ.1.14), ώστε να μπορεί κανείς να αντλήσει όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες για την εσωτερική μορφολογική δομή των απολιθωμάτων. Η ανάπτυξη της πληροφορικής επέτρεψε τη δημιουργία κατάλληλων προγραμμάτων, που επιτρέπουν την πλήρη αναπαράσταση των σκελετικών τμημάτων, οποιαδήποτε παραμόρφωση κι αν έχουν υποστεί. Σύγχρονα προγράμματα επεξεργασίας των δεδομένων της αξονικής τομογραφίας επιτρέπουν την πλήρη και ακριβή αναπαράσταση των απολιθωμάτων και την κατασκευή εκμαγείων τους, όπου φαίνονται λεπτομέρειες της δομής των οστών τους η ακόμη και την πλήρη ανακατασκευή τους.

Ο προσδιορισμός ενός απολιθώματος είναι εξαιρετικά δύσκολος, δεδομένου ότι υπάρχουν πάρα πολλά απολιθωμένα είδη. Ο προσδιορισμός αρχίζει από το επίπεδο της τάξης και βαθμιαία πηγαίνει σε κατώτερες συστηματικές ομάδες, οικογένεια, υποοικογένεια, γένος, είδος. Ο ορισμός του “παλαιοντολογικού είδους” βασίζεται σε διαφορετικά στοιχεία από εκείνο του “βιολογικού είδους”. Ο παλαιοντολόγος για τον καθορισμό του είδους έχει στη διάθεσή του περιορισμένα στοιχεία (υπολείμματα του σκελετού, δόντια, λέπια) σ’ αντίθεση με το βιολόγο, που έχει στη διάθεσή του ολόκληρα ζωντανά άτομα και μπορεί να δει όλα τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του σκελετού και των μαλακών μορίων τους και να παρακολουθήσει την ανάπτυξή τους (από το εμβρυακό στάδιο μέχρι την ενηλικίωσή τους). Ο γεωλογικός χρόνος δυστυχώς στέκεται αρνητικά στο σημείο αυτό για τον παλαιοντολόγο. Ο τελευταίος καθορίζει ένα “παλαιοντολογικό είδος”, στο οποίο περιλαμβάνει εκείνα μόνο τα δείγματα, που κατά τη γνώμη του και με βάση τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να ανήκουν σ’ ένα απλό “βιολογικό είδος” και να είχαν ζήσει στο ίδιο χρονικό διάστημα. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα “μορφοείδος”. Στον ορισμό του “παλαιοντολογικού είδους” υπεισέρχεται η γεωλογική ηλικία και η γεωγραφική θέση. Πολλές φορές ο καθορισμός ορισμένων ειδών βασίζεται στη διαφορετική εποχή που έζησαν, “στρωματογραφικό είδος”, ή στο διαφορετικό γεωγραφικό χώρο, “γεωγραφικό είδος”. Ακόμη και σήμερα ο διαχωρισμός ζώντων ειδών με βάση τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά είναι δύσκολος και πολλές φορές οι βιολόγοι καταφεύγουν σε αναλύσεις πρωτεϊνών του είδους για να υποβοηθηθούν.