

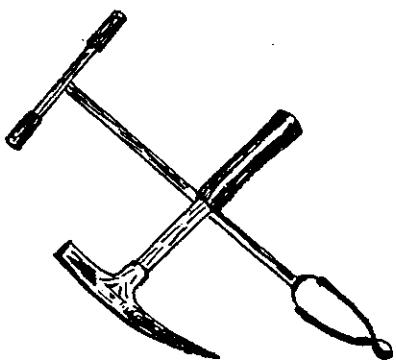
ΝΙΚΟΣ Δ. ΜΙΣΟΠΟΛΙΝΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Α.Π.Θ.

ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ

Εκδόσεις 
Γιαχούδης

ΝΙΚΟΣ Δ. ΜΙΣΟΠΟΛΙΝΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ



Στη μνήμη των γονιών μου
που με πολλή αγάπη με μεγάλωσαν

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΤΗΣ β' ΕΚΔΟΣΗΣ

Η Γεωλογία-Πετρογραφία αποτελεί μια σειρά μαθημάτων που περιλαμβάνει αφενός θέματα τα οποία ενδιαφέρουν άμεσα τους φοιτητές της Γεωπονίας και αφετέρου θέματα με γενικότερο γεωλογικό και πετρογραφικό ενδιαφέρον.

Η διδασκαλία του μαθήματος επί σειρά ετών και οι χρήσιμες υποδείξεις συναδέλφων και φοιτητών οδήγησαν στη β' έκδοση η οποία συμπληρώθηκε ως προς το τμήμα της Πετρογραφίας με την Κρυσταλλογραφία και την Περιγραφή των Ορυκτών. Έτσι η ύλη περιλαμβάνει και πάλι τα τρία βασικά κεφάλαια, τη Γεωλογία, την Πετρογραφία και την Αποσάθρωση-Διάβρωση. Η σειρά δεν είναι τυχαία, αλλά ξεκινά από γενικά γεωλογικά θέματα σχετικά με τον πλανήτη μας και διαμέσου της συστηματικής μελέτης των ορυκτών και πετρωμάτων καταλήγει στο προιόν αποσάθρωσης των πετρωμάτων, το έδαφος.

Η έκταση της ύλης περιορίστηκε κατά το δυνατόν στα λογικά πλαίσια ενός πανεπιστημιακού μαθήματος χωρίς να δίνονται περιττές γνώσεις ή να γίνεται υπερβολική ανάπτυξη θεμάτων.

Η ελληνική και η ξένη βιβλιογραφία αποτέλεσε την πηγή τόσο των θεμάτων και των πινάκων, όσο και των σχημάτων και των εικόνων. Η βιβλιογραφία που παρατίθεται στο τέλος μπορεί να αποτελέσει πηγή περισσοτέρων πληροφοριών για κάθε θέμα.

Τα λάθη σε κάθε βιβλίο είναι αναπόφευκτα. Κάθε υπόδειξη για βελτίωση της ύλης είναι πάντοτε ευπρόσδεκτη.

Ευχαριστίες οφείλονται τόσο στο μέλος του ΕΔΤΠ κ. Βεζύρη Β. όσο και στην κα Ματσικοπούλου Ε. για τη δακτυλογράφηση των σημειώσεων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Θεσσαλονίκη, Απρίλιος 1990

Ν.Δ. Μισοπολινός

ΠΡΟΛΟΓΟΣ α' ΕΚΔΟΣΗΣ

Τα μαθήματα Γεωλογίας - Πετρογραφίας αποτελούν μια σειρά μαθημάτων για τους φοιτητές της κατεύθυνσης των Εγγείων Βελτιώσεων και Εδαφολογίας του Γεωπονικού Τμήματος. Η ύλη περιλαμβάνει θέματα που ενδιαφέρουν άμεσα τους φοιτητές του Γεωπονικού Τμήματος ή είναι γενικώτερου ενδιαφέροντος.

Η ύλη χωρίστηκε σε τρία βασικά κεφάλαια, την Γεωλογία, την Πετρογραφία και την Αποσάθρωση - Διάθρωση. Η σειρά δεν είναι τυχαία, αλλά ξεκινά από γενικά γεωλογικά θέματα σχετικά με τη γη και διαμέσου της μελέτης των ορυκτών και πετρωμάτων καταλήγει στο προϊόν αποσάθρωσης των πετρωμάτων, το έδαφος.

Καταβλήθηκε προσπάθεια ώστε η έκταση της ύλης να είναι σχετικά μικρή και συγχρόνως περιεκτική, διότι στα πλαίσια ενός εξαμηνιαίου μαθήματος ο φοιτητής θα πρέπει να πάρει τις απαραίτητες γνώσεις μέσα από μια ύλη που δεν θα του προξενεί δέος.

Η επιλογή των θεμάτων καθώς και οι περισσότεροι πίνακες, εικόνες και σχήματα έγινε με βάση την ελληνική και ξένη βιβλιογραφία. Για πιο λεπτομερή εξέταση των θεμάτων που περιλαμβάνονται στα κεφάλαια ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στη βιβλιογραφία που αναγράφεται στο τέλος του βιβλίου.

Παρά την προσπάθεια που καταβλήθηκε δυνατόν να υπάρχουν παραλείψεις ή λάθη. Κάθε υπόδειξη για τη βελτίωση της ύλης θα γινόταν δεκτή με ευχαριστηση.

Η περάτωση του βιβλίου δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την ακούραστη προσπάθεια του Β. Βεζύρη, μέλους του ΕΔΤΠ του Τομέα Εγγείων Βελτιώσεων-Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής, ο οποίος δακτυλογράφησε τις σημειώσεις.

Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 1984

Ν.Δ. Μισοπολινός

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Εισαγωγή	1
ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΚΟΣΜΟΥ	1
ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΣ	2
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΒΑΘΜΙΔΑ	6
ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΥΠΟΚΕΙΤΑΙ Η ΓΗ	7
α. ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΕΝΕΡΓΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ	7
Καρστικά φαινόμενα	8
1. Επιφανειακά κάρστ	8
2. Υπόγεια κάρστ	10
β. ΕΝΔΟΓΕΝΕΙΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ	12
1. Ηπειρογενετικές και ορογενετικές κινήσεις	
Οι ηπειρογενετικές κινήσεις	13
Ορογένεση	15
2. Σεισμοί	15
3. Ηφαίστεια	21
χαρακτηριστικά ηφαιστειακής δραστηριότητας	23
ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ	27
ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ	31
ΣΤΡΩΜΑΤΑ	31
Κλιση και παράταξη στρώματος	31
ΠΤΥΧΩΣΕΙΣ	32
ΡΗΓΜΑΤΑ	33
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ	35
Γεωλογικές τομές	37
Τομές οριζόντιων στρωμάτων	37
Τομές κεκλιμένων στρωμάτων	39
Τομές κατακόρυφων στρωμάτων	39

ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ	43
ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΡΥΚΤΑ	43
Εισαγωγή	43
ΟΡΥΚΤΑ	43
ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΡΥΚΤΩΝ	44
Φυσικές δοκιμές	44
ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΟΡΥΚΤΑ	51
ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΟΡΥΚΤΑ	51
ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ	58
ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ	58
ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΑΞΟΝΕΣ	
ΚΑΙ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	61
ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ-ΔΕΙΚΤΕΣ	65
ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ Ἡ ΣΧΗΜΑ	66
ΔΙΔΥΜΙΑ Ἡ ΠΟΛΥΔΥΜΙΑ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ	71
ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ	
ΜΕ ΑΚΤΙΝΕΣ X	72
Περιθλασίμετρο	75
ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΡΥΚΤΩΝ	77
1. ΘΕΙΟΥΧΑ ΟΡΥΚΤΑ	78
Γαληνίτης	78
Σφαλερίτης	80
Χαλκοπυρίτης	80
Σιδηροπυρίτης	81
2. ΟΞΕΙΔΙΑ, ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΑ	82
Κορούνδιο	83
Αιματίτης	84
Ιλμενίτης	85
Πυρολουσίτης	85
Ρουτίλιο	86
Κασσιτερίτης	87
Διάσπορος	87
Γκαιτίτης	88

Μαγνητίτης	88
Χρωμίτης	89
Βρουκίτης	89
Λειμωνίτης	90
Βωξίτης	90
3. ΑΛΟΓΟΝΙΔΙΑ	91
Ορυκτό άλας (Αλίτης)	91
Φθορίτης	92
4. ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ	93
Ασβεστίτης	94
Μαγνησίτης	95
Δολομίτης	96
5. ΘΕΙΙΚΑ - ΧΡΩΜΙΚΑ	96
Γύψος	97
6. ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ, ΑΡΣΕΝΙΚΑ, ΒΑΝΑΔΙΚΑ	98
Απατίτης	98
7. ΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ	99
Αριθμός Συντάξεως	102
ΝΗΣΟΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ	102
Ομάδα Ολιβίνη	102
Ολιβίνης	103
Ομάδα Γρανατών	104
ΣΩΡΟΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ	105
Επίδοτο	106
ΙΝΟΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ	107
Πυρόξενοι	109
Ορθοπυρόξενοι	109
Ενστατίτης	109
Κλινοπυρόξενοι	110
Διοψείδιος	110
Αιγιρίτης	111
Αυγίτης	111
Αμφίβολοι	112
Τρεμολίτης	113

Ακτινόλιθος	113
Κεροστίλβη	114
ΦΥΛΛΟΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ	114
Μαρμαρυγίες	117
Μοσχοβίτης	118
Φλογοπίτης	119
Βιοτίτης	119
Χλωρίτες	120
Χλωρίτης	120
Σερπεντίτης	120
Ορυκτά της αργίλου	121
Τάλκης	122
ΤΕΚΤΟΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ	123
Ομάδα SiO₂	124
Χαλαζίας	124
Οπάλιος	126
ΑΣΤΡΙΟΙ	126
Καλιούχοι αστριοι	127
Όρθοκλαστο	127
Μικροκλινής	128
Πλαγιόκλαστα	129
Αλβίτης	130
Ανορθίτης	130
Αστριοειδή	132
Λευκίτης	133
Νεφελίνης	133
ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	134
1. ΠΥΡΙΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	134
Κατάταξη με βάση την προέλευση και τη χημική σύνθεση	134
Ενδιάμεσες ομάδες πετρωμάτων	135
Πλουτώνεια πετρώματα	137
Ηφαιστειογενή πετρώματα	138
Φλεβίτες	138

2. ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	138
(α) Αιμιώδεις τύποι	140
(β) Αργιλλώδεις τύποι	143
(γ) Ασβεστούχοι τύποι	144
(δ) Ανθρακούχοι τύποι	146
(ε) Πυριτικοί τύποι	147
3. ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΙΓΕΝΗ	147
 ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ	 151
Εισαγωγή	151
1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΗ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ	151
2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΆΛΛΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΗ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ	152
3. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ	152
4. ΧΗΜΙΚΗ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ	154
Χημική αποσάθρωση βασικών πετρωμάτων	157
Σχηματισμός εδάφους από βασικά πετρώματα	159
Χημική αποσάθρωση όξινων πετρωμάτων	160
Εδάφη που προκύπτουν από όξινα πετρώματα	161
Ερυθροπηλοί	162
Χημική αποσάθρωση αργιλλικών πετρωμάτων	163
Εδάφη που προκύπτουν από αργιλλικά ιζήματα	163
Χημική αποσάθρωση ασβεστούχων πετρωμάτων	164
α. Σκληρών ασβεστόλιθων	164
β. Μαλακών ασβεστόλιθων	165
Εδάφη που προκύπτουν από ασβεστούχα πετρώματα	166
α. Από σκληρούς ασβεστόλιθους	166
β. Από μαλακούς ασβεστόλιθους	166
 ΔΙΑΒΡΩΣΗ	 167
Εισαγωγή	167
ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	167
1. Γεωλογική διάβρωση	167

2. Επιταχυνόμενη διάβρωση	170
α) Επιφανειακή και αυλακωτή διάβρωση	170
Επιφανειακή διάβρωση	170
Αυλακωτή διάβρωση	171
β) Χαραδρωτική διάβρωση	173
Αύξηση σε μέγεθος των χαραδρών	175
γ) Απόθεση υλικών διάβρωσης	175
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	177
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	185
ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ	187

ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Εισαγωγή

Γεωλογία είναι η επιστήμη που ασχολείται με την ύφευνα της κατασκευής, της σύνθεσης και της εξέλιξης της γης. Μελετά δηλαδή το παρελθόν και το παρόν της γης στηριζόμενη κυρίως στην άμεση παρατήρηση και μελέτη των υλικών που βρίσκονται ή έρχονται στην επιφάνεια από μικρό σχετικά βάθος.

Το Τμήμα αυτό που είναι προσπό γιά μελέτη ονομάζεται λιθόσφαιρα.

Οι παρατηρήσεις μας φθάνουν μέχρι βάθος 50 Km όπου είναι το μέγιστο βάθος από το οποίο έρχονται στην επιφάνεια υλικά εκρήξεων των ηφαιστείων.

Η γεωλογία διαιρείται στη «Γενική Γεωλογία» που μελετά τις δυνάμεις που επιδρούν στην επιφάνεια της γης, στη «Στρωματογραφία» ή «Ιστορική Γεωλογία» που μελετά τη διαμόρφωση της γης στα δάφορα στάδια της εξέλιξης της, στην «Γαλαιοντολογία» που μελετά την ιστορία της ζωής της γης, την «Τοπική Γεωλογία» που ασχολείται με την κατασκευή και ιστορία σε ορισμένες περιοχές, και την «Εφαρμοσμένη Γεωλογία» που χρησιμοποιεί όλες τις γεωλογικές γνώσεις για πρακτικούς σκοπούς.

Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε κυρίως με τη Γενική Γεωλογία και με τα στοιχεία έκεινα που ενδιαφέρουν περισσότερο τους φοιτητές των γεωτεχνικών επιστημών ή αποτελούν αντικείμενα γενικότερου ενδιαφέροντος.

ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΚΟΣΜΟΥ

Η εξέλιξη της ζωής είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ιστορία και τις γεωλογικές μεταβολές πάνω στη γη. Οι μεγάλες μεταβολές του οργανικού κόσμου φαίνεται ότι ακολουθούν μεγάλες γεωλογικές μεταβολές όπως π.χ. ορογένεση, η πειρογένεση.

Η εξέλιξη του οργανικού κόσμου και η περίοδος που έζησαν οι διά-

φοροι οργανισμοί στη γη εξετάζεται με τη μελέτη των γεωλογικών στρωμάτων. Η χρονολόγηση των ιζηματογενών στρωμάτων και η σχετική ηλικία μεταξύ τους προσδιορίζεται με την προσεκτική μελέτη των απολιθωμάτων που ανακαλύπτονται στα διάφορα γεωλογικά στρώματα*. Κάθε περίοδος της ιστορίας της γης χαρακτηρίζεται από απολιθωμένα υπολείματα που βρίσκονται στα ιζηματογενή υλικά που αποτέλθηκαν κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής (π.χ. ο νουμμουλιτοφόρος ασβεστόλιθος της κορυφής των Ιμαλαΐων δείχνει ότι άλλοτε εκεί υπήρχε θάλασσα).

Η απόλυτη ηλικία των πετρωμάτων και απολιθωμάτων προσδιορίζεται πιο αποτελεσματικά με τη χρησιμοποίηση των φυσικών ραδιενεργών ισοτόπων. Τα φυσικά ραδιοϊσότοπα όπως φαίνονται στον πίνακα 1 έχουν ημιπερίοδο ζωής, $0,71 \times 10^9$ έως 50×10^9 χρόνια και χρησιμοποιούνται για την χρονολόγηση παλιών γεωλογικών σχηματισμών.

Πίνακας 1. Ημιπερίοδος ζωής φυσικών ραδιενεργών ισοτόπων

Μητρικό Στοιχείο Ισότοπο	Θυγατρικό Στοιχείο Ισότοπο	Ημιπερίοδος ζωής ($\times 10^9$ έπι)
Ουράνιο U^{238}	Μόλυβδος Pb^{206}	4,51
Ουράνιο U^{235}	Μόλυβδος Pb^{207}	0,71
Θόριο Th^{232}	Μόλυβδος Pb^{208}	13,90
Ρουβίδιο Ru^{87}	Στρόντιο Sr^{87}	50,00
Κάλιο K^{40}	Αργό A^{40}	12,40

Για τη χρονολόγηση πρόσφατων υλικών χρησιμοποιείται ο C^{14} με ημιπερίοδο ζωής 5.568 έτη για υλικά τα οποία περιέχουν άνθρακα.

Έτσι λοιπόν η ηλικία της γης υπολογίζεται σε περισσότερο από 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια από τα οποία μόνο τα 600 εκατομμύρια μπορούμε να σκιαγραφήσουμε με αρκετή ακρίβεια (Πίνακας 2).

ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΣ

Η επιφάνεια της γης $504.192.000 \text{ km}^2$ περιλαμβάνει $147.225.600 \text{ km}^2$ ξηρά και $356.996.400 \text{ km}^2$ περιοχή με νερά (θάλασσες, λίμνες). Έτσι λοιπόν τα 29% της γήινης επιφάνειας καταλαμβάνει η ξηρά με μέσο ύψος

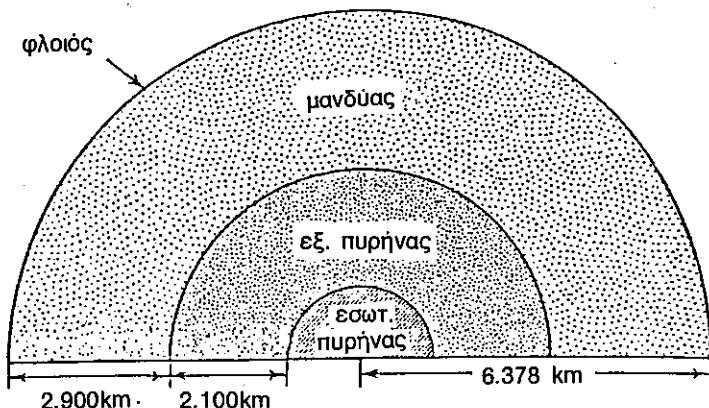
* Όσο βαθύτερα βρίσκεται ένα στρώμα σχετικά με άλλα στρώματα μιας γεωλογικής τομής τόσο παλαιότερο είναι το στρώμα αυτό, σε σύγκριση με τα υπερκείμενα.

Πίνακας 2. Γεωλογικοί αιώνες

Απόλυτη ηλικία	Αιώνες	Περίοδοι	Εποχές
1 εκ.	ΚΑΙΝΟΖΩΙΚΟΣ	Τεταρτογενές	Ολόκαινο ή Αλλούβιο
		1 εκ. χρόνια	Πλειστόκαινο ή Διλούβιο
		Τριτογενές 69. εκ. χρόνια	Νεογενές
			Παλαιογενές
70 εκ.	ΜΕΣΟΖΩΙΚΟΣ	Κρητιδικό	Άνω Κάτω
		65 εκ. χρόνια	
		Ιουρασσικό	Μάλμιο
		45 εκ. χρόνια	Δογγέριο Λιάσιο
225 εκ.	Τριαδικό	Τριαδικό	Άνω
		45 εκ. χρόνια	Μέσο
			Κάτω
600 εκ.	ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟΣ	Πέρμιο	Κοζάνιο Κουγγούριο Αρτίνσκιο
		45 εκ. χρόνια	
		Λιθανθρακοφόρο	Ουράλιο Μοσχόβιο Κούλμιο
		80 εκ. χρόνια	
2.500 εκ.		Δεβόνιο	Άνω Μέσο Κάτω
		50 εκ. χρόνια	
		Σιλούριο	Γοτλάνδιο Ορδοβίσιο
		100 εκ. χρόνια	
	Κάμβιο		
		100 εκ. χρόνια	Άνω Μέσο Κάτω
	ΠΡΟΚΑΜΒΡΙΟ	ΠΡΟΚΑΜΒΡΙΟ	
		Προτεροζωϊκός 650 εκ. χρόνια	
	Αρχαϊκός 900 εκ. χρόνια		
	ΚΟΣΜΙΚΟΣ ΑΙΩΝΑΣ		

πάνω από τη μέση επιφάνεια της θάλασσας περίου 800 μέτρα.

Ο φλοιός της γης αποτελείται από σκούρο πετρώδες ή στερεό γρανιτικό-τύπου υλικό με ειδικό βάρος $2,65 \text{ gr/cm}^3$ και σχηματίζει ένα λεπτό στρώμα από ιζηματογενή, πυριγενή και μεταμορφωσιγενή πετρώματα με ποικιλή σύσταση και μέσο πάχος περίου 800m. Το ανώτερο αυτό στρώμα του φλοιού της γης που ονομάζεται «ανώτερη λιθόσφαιρα» συνεχίζει στον κυρίως γρανιτικό φλοιό (ειδ. βάρος 3,2), τη «λιθόσφαιρα» η οποία συνεχίζεται στη βασαλτική κατώτερη λιθόσφαιρα (ειδ. βάρος 3,0). Μετά βρίσκεται ο ανώτερος (ειδ. βάρος 3,2) **Μανδύας** που αποτελείται από υπερβασικά πετρώματα, και, στη συνέχεια ο κατώτερος (ειδ. βάρος 4,5) που φθάνει μέχρι τον εξωτερικό πυρήνα. Μετά τον κατώτερο «Μανδύα», βρίσκεται ο εξωτερικός και εσωτερικός πυρήνας, σχ. 1.



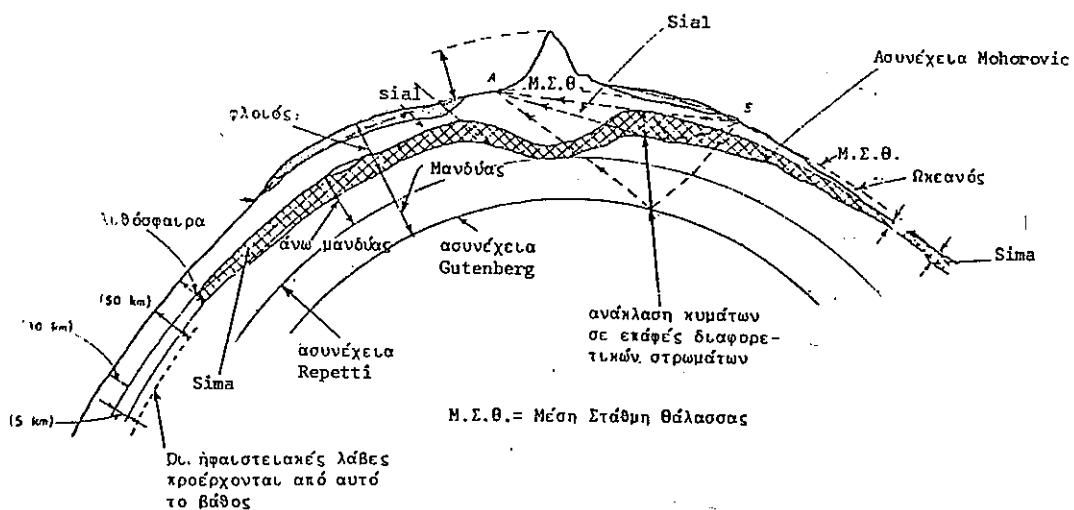
Σχ. 1. Εσωτερική κατασκευή της γης.

Η μέση ακτίνα της γης είναι 6.378 km. Το εξωτερικό τμήμα που αποτελείται από γρανιτικά πετρώματα με κύρια συστατικά το SiO_2 (*silica*) και το Al_2O_3 (*Alumina*) ονομάζεται «*Sial*» ενώ το εσωτερικό που αποτελείται από βασαλτικά και υπερβασικά κυρίως πετρώματα με κύρια συστατικά SiO_2 και Mg (*Magnesium*) ονομάζεται «*Sima*» (Εικ. 2). Το εσωτερικό τμήμα του διάπιυρου πυρήνα καλείται βαρύσφαιρα διότι έχει ειδικό βάρος 14 και επικρατεί ο Fe και το Ni . Το *Sial* φθάνει μέχρι βάθος 70 km, το *Sima* μέχρι ~900km και ο πυρήνας μέχρι 6.378km από την επιφάνεια της γης.

Με γεωφυσικές μεθόδους από τη μελέτη της διάδοσης των σεισμι-

κών κυμάτων άνοιξε ο δρόμος για την επίλυση του προβλήματος της σύστασης της γης. Από τη μελέτη των σεισμικών κυμάτων προέκυψε ότι η τιμή D (πυκνότητα) του μέσου από το οποίο διέρχεται το σεισμικό κύμα μεταβάλλεται με το βάθος*.

Η ταχύτητα διάδοσης των κυρίων και δευτερευόντων κυμάτων εξαρτάται από την ελαστικότητα, την πυκνότητα και τη σύσταση των πετρωμάτων. Η μελέτη της ταχύτητας και των αλλοιώσεων των σεισμικών κύματων στο εσωτερικό της γης απόδειξε ότι υπάρχουν δύο σαφείς οριακές επιφάνειες που ονομάζονται επιφάνειες ασυνέχειας. Η ανώτερη σε βάθος 30-70 km ονομάζεται *Moho* (από τον *Mohorovič*) και η κατώτερη σε βάθος 2.920 km ονομάζεται *Gutenberg*. Αργότερα ανακαλύφθηκε και άλλη επιφάνεια ασυνέχειας σε βάθος 900-1000km, που ονομάστηκε ασυνέχεια του *Repetti* (σχ. 2).



Σχ. 2. Λεπτομέρειες του φλοιού και του μανδύα μαζί με τις ασυνέχειες.

Το πάχος του *SiaL* μεταβάλλεται, σύμφωνα με τη θεωρία της ισοστασίας, και είναι μεγάλο στην ξηρά, ακόμη μεγαλύτερο στα υψηλότερα ση-

* Περί σεισμικών κυμάτων βλέπε κεφάλαιο σεισμοί.

μεία της γήινης επιφάνειας και πολύ μικρό στα βάθη των ωκεανών (Σχ. 2).

ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΒΑΘΜΙΔΑ

Η θερμοκρασία της λιθόσφαιρας αυξάνει με το βάθος. Ο βαθμός αυξήσεως με το βάθος ονομάζεται «γεωθερμική βαθμίδα». Σε διαφορετικές τοποθεσίες η γεωθερμική βαθμίδα έχει και διαφορετικές τιμές, αλλά γενικά, ο μέσος όρος είναι 1°C ανά $25 - 33$ μέτρα. Ο υπολογισμός γίνεται με βάση τη μέση επήσια θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους. Στη θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους προσθέτεται ο λόγος, βάθος σε μέτρα / την γεωθερμική βαθμίδα.

Τα αίτια της αύξησης της θερμοκρασίας με το βάθος όπως και η διακύμανση της γεωθερμικής βαθμίδας αποτελούν ακόμα σημεία έρευνας. Μερικά αίτια για, μη κανονικές, μεγάλες τιμές της γεωθερμικής βαθμίδας είναι 1. η γειτνίαση με μεγάλους όγκους πυριγενών και κρυσταλλοσχιστώδων πετρωμάτων, 2. σε περιπτώσεις ελευθερώσεως αερίων από άμμους όπου βρίσκονται κάτω από σημαντική πίεση (μερικές χλιάδες atm στα διάφορα βάθη). Μη κανονικές μικρές τιμές γεωθερμικής βαθμίδας παρατηρούνται 1. όταν υπάρχει νεαρή πυριγενής μάζα, 2. όταν κυκλοφορούν θερμά υπόγεια νερά και αέρια, 3. όταν η περιοχή βρίσκεται κοντά σε ηφαίστεια*, 4. όταν τα γεωλογικά στρώματα είναι οριζόντια.

Με σταθερές τιμές γεωθερμικής βαθμίδας υπολογίζεται (με αρκετές αντιρήσεις) ότι η θερμοκρασία σε βάθος 50 km είναι $1.200 - 2.000\text{ }^{\circ}\text{C}$ όπου τα περισσότερα γνωστά πετρώματα βρίσκονται σε κατάσταση αρχικής τήξης. Με όμοιο τρόπο υπολογίζεται η θερμοκρασία στο εξωτερικό τμήμα της βαρύσφαιρας ότι είναι $\sim 4.000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

* Στη Σαντορίνη η γεωθερμική βαθμίδα είναι $7 - 10$ μέτρα και στη Μήλο σε πολλές θέσεις $3 - 4$ μέτρα.

ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΥΠΟΚΕΙΤΑΙ Η ΓΗ

Οι δυνάμεις στις οποίες υπόκειται η γη είναι α. δυνάμεις που ενεργούν στην επιφάνειά της και λέγονται **εξωγενείς** και β. δυνάμεις που έχουν την αφετηρία τους στο εσωτερικό της γης και λέγονται **ενδογενείς**.

Οι δυνάμεις που ενεργούν στην επιφάνεια της γης είναι κυρίως το νερό, ο άνεμος και η θερμοκρασία. Οι δράσεις των προηγούμενων δυνάμεων έχουν σαν αποτέλεσμα την αποσάθρωση των διαφόρων πετρωμάτων στην επιφάνεια της γης, που με τη μεταφορά τους από το νερό ή τον άνεμο (διάβρωση) προκαλείται ιζηματογένεση.

Οι δυνάμεις που έχουν την προέλευσή τους στο εσωτερικό της γης είναι, οι ηπειρογενετικές και ορογενετικές δυνάμεις, οι σεισμοί και τα ηφαίστεια.

Όλες οι παραπάνω δυνάμεις συντελούν ώστε να υπάρχει μια δυναμική κατάσταση στη φύση.

a. ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΕΝΕΡΓΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

Οι δυνάμεις που ενεργούν στην επιφάνεια της γης είναι κυρίως το νερό και ο αέρας. Οι δυνάμεις αυτές αποσαθρώνουν και διαβρώνουν τα υλικά τα οποία βρίσκονται κάτω από την επίδραση τους με αποτελέσμα να υπάρχει μια συνεχής μεταβολή και ένας μετασχηματισμός των διαφόρων χημικών ενώσεων προς άλλες σταθερότερες.

Η αποσάθρωση (φαινόμενο στατικό) και η διάβρωση (φαινόμενο κινητικό) ενδιαφέρουν ιδιαίτερα και την επισήμη της Εδαφολογίας. Η αποσάθρωση είναι ο παράγοντας γενέσεως του εδάφους από τα διάφορα μητρικά υλικά (πετρώματα), ενώ η διάβρωση είναι παράγοντας ο οποίος «καταστρέφει» το έδαφος λόγω μεταφοράς του (χειμαρροί, ρυάκια, αέρας), και, φέρνει στην επιφάνεια νέα μητρικά υλικά στα οποία δρουν οι παράγοντες της αποσάθρωσης και στη συνέχεια της διάβρωσης. Σχηματίζεται έτσι ένας κύκλος αποσάθρωση-διάβρωση, ο οποίος τείνει να σταματήσει όταν το ανάγλυφο της περιοχής γίνει επίπεδο.

Η αποσάθρωση και η διάβρωση λόγω της μεγάλης σημασίας για το έδαφος εξετάζονται λεπτομερέστερα σε ξεχωριστό κεφάλαιο και μετά την πετρογραφία, για την καλύτερη συσχέτισή τους με τα πετρώματα και το έδαφος.

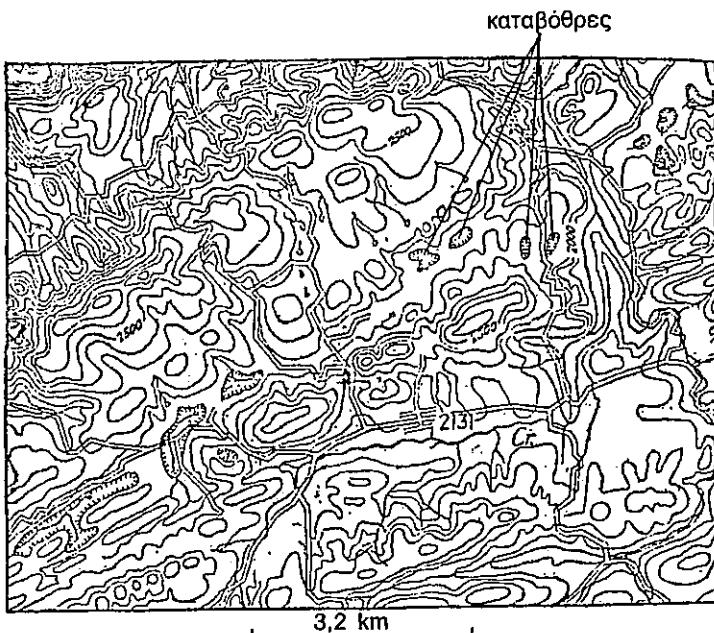
Στο σημείο αυτό θα εξετασθεί μόνο η δράση του νερού στους ασβεστόλιθους (καρστικά φαινόμενα).

Καρστικά φαινόμενα

Σαν καρστικά φαινόμενα χαρακτηρίζονται τα φαινόμενα διάλυσης των σκληρών ασβεστολιθικών πετρωμάτων από το νερό. Τα φαινόμενα αυτό έμφανιζονται σε περιοχές με υψηλή βροχόπτωση (> 1000 χλσ.). Η παρουσία τους σε περιοχές με μικρότερο ύψος βροχής σημαίνει ότι τα καρστικά φαινόμενα συνέβησαν σε παρελθόν με διαφορετικές κλιματικές συνθήκες. Το νερό, με τη βοήθεια του CO_2 από την ατμόσφαιρα, διαλύει τον ασβεστόλιθο και δημιουργεί το ειδικό τοπίο που λέγεται καρστικό. Τα καρστικά φαινόμενα χωρίζονται σε επιφανειακά και υπόγεια. Τα φαινόμενα αυτά έχουν ερευνηθεί στην περιοχή του όρους Karst της Ιστρίας και από κει προέρχεται και το όνομά τους.

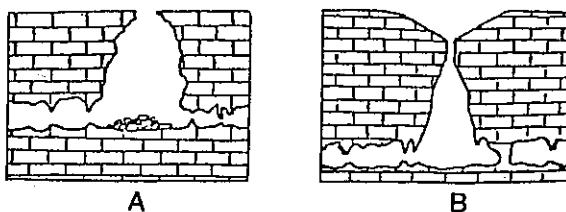
i. Επιφανειακά κάρστ

Τα επιφανειακά καρστικά φαινόμενα (σχ. 3) ανάλογα με την έκταση των καταλαμβάνουν και την μορφή που παίρνουν έχουν και διάφορες ονομασίες.



Σχ. 3. Επιφανειακά καρστικά φαινόμενα.

Καταβόθρες. Είναι ανοιγματα που αρχίζουν από την επιφανεια και από κει το νερό εισέρχεται στον ασβεστόλιθο. Αυτές σχηματίστηκαν ή από κοτευθείαν διάλυση του ασβεστόλιθου στο σημείο της καταβόθρας ή δη μιουργήθηκαν από την πτώση της οροφής μικρών ή μεγάλων σπηλαίων (σ. 4).



Σχ. 4. Καταβόθρες (τομές). Η Α δημιουργήθηκε από την πτώση της οροφής του σπηλαίου και η Β από διάλυση του ασβεστόλιθου.

Δολίνες. Είναι λεκάνες με μορφή κυκλική ή ελλειπτική, με διάμετρο 10-25 μέτρα και βάθος περίπου 10 μέτρα. Οι λεκάνες αυτές σχηματίστηκαν από διάλυση του ασβεστόλιθου στην περιοχή της λεκάνης. Η διάλυση έχει σαν συνέπεια την συγκέντρωση των προϊόντων διαλύσεως του ασβεστόλιθου στον πυθμένα της δολίνας. Συνήθως ο πυθμένας της δολίνας αποτελεί και μια καταβόθρα η οποία αποτελεί και ένα από τα σημεία αφετηρίας σειράς υπόγειων αγωγών. Το στόμιο της καταβόθρας πολλές φορές φράζει λόγω της συσσώρευσης στρώματος αργιλλώδους εδάφους από την διάλυση (αποσάθρωση) του ασβεστόλιθου. Το αργιλλώδες αυτό έδαφος έχει χρώμα ερυθρό και ονομάζεται *Terra Rossa**.

Ουβάλες. Η συνένωση πολλών δολίνων αποτελεί μια ουβάλα. Η ουβάλα δηλ. αποτελεί ένα πιο προχωρημένο στάδιο αποσάθρωσης του ασβεστόλιθου.

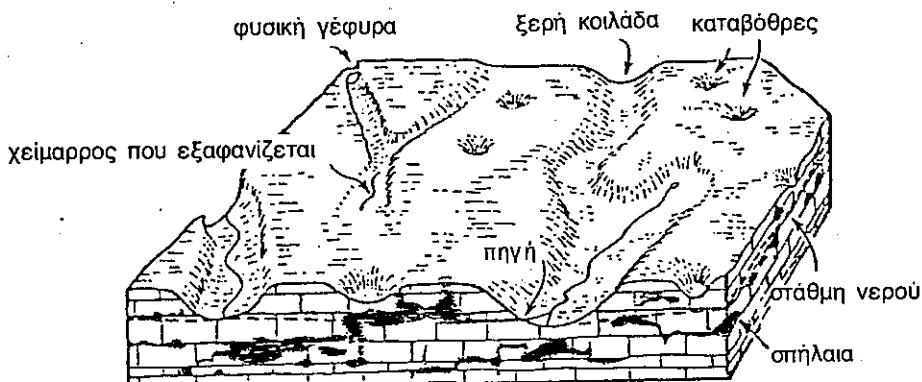
Πόλγες. Είναι επίπεδες μεγάλες λεκάνες (αποξηρανθείσα λίμνη Κωπαΐδας) που ο σχηματισμός τους οφείλεται στην ταπείνωση της επιφάνειας μιας περιοχής από τεκτονικά αίτια ή από κατάρευση υπόγειων θόλων σπηλαιών.

* Βλέπε κεφάλαιο πετρωμάτων.

Στα επιφανειακά κάρστ ανήκουν επίσης οι δακτυλογλυφές και οι αμαξοτροχιές. Οι δακτυλογλυφές είναι ραβδώσεις της επιφάνειας των ασβεστόλιθων λόγω διάλυσης του ασβεστόλιθου στα σημεία εκείνα από το νερό. Αμαξοτροχιές είναι διευρύνσεις των ρωγμών του ασβεστόλιθου που μοιάζουν σαν σιδηροδρομικές γραμμές.

2. Υ π ο γ ε ι α κάρστ

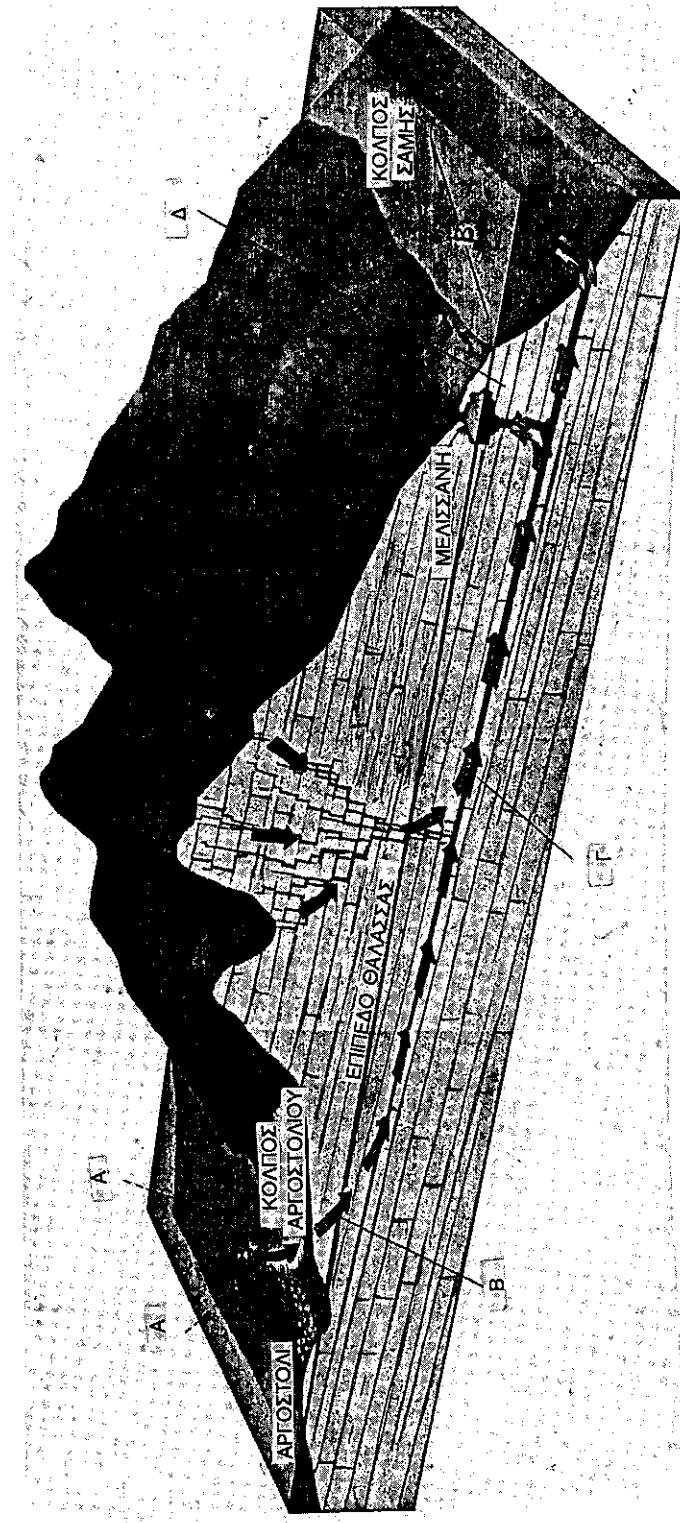
Το νερό εισέρχεται στον ασβεστόλιθο από τις ρωγμές, οι οποίες διευρύνονται από τη διαλυτική δράση του νερού, ή από τις καταβόθρες. Στη συνέχεια με ένα σύστημα υπόγειων αγωγών κυκλοφορεί σ' όλη τη μάζα του ασβεστόλιθου υπό μορφή υπόγειων ποταμών ή λιμνών. Πολλές φορές αναβλύζουν σε χαμηλότερα σημεία και σχηματίζουν πηγές που ονομάζονται **κεφαλάρια** (σχ. 5). Χαρακτηριστικό καρστικό υπόγειο φαινόμενο με σύστημα υπόγειων αγωγών και χαμηλότερες εμφανίσεις του νερού υπάρχει στο νησί Κεφαλλονιά (σχ. 6).



Σχ. 5. Καρστικά φαινόμενα (επιφανειακά και υπόγεια).

Το νερό με τη διαλυτική του δράση στον ασβεστόλιθο σχηματίζει και τα σπήλαια.

Τα σπήλαια. Το σπήλαιο μπορεί να είναι ένας απλός υπόγειος χώρος ή ένα πολύπλοκο σύστημα υπόγειων στοών και χώρων το οποίο εκτείνεται σε οριζόντια και κάθετη διάσταση. Πιθανόν να υπάρχει στο σπήλαιο και υπόγειος ποταμός ή λίμνες (σπήλαιο Δυρού Λακωνίας, σπήλαιο Μελισσά-



Σχ. 6. Υπόγειο φαινόμενο με σύστημα υπογειων αγωγών στην Κεφαλονία. Το νερό πης θάλασσας εισέρχεται από την καταβόθρα (A) στο Αργοστόλι και ακολουθεί την πορεία (B) δια του ασβεστόλιθου. Στο σημείο Γ συναντά τα κατερόχεινα δια του ασβεστόλιθου με μεγάλη ταχύτητα νερά πης θροκής και επιταχύνει τη ροή του. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα πη δημιουργία υποπίεσης στην περιοχή του Αργοστολίου και πη εισροή πης θαλασσας στο σημείο αυτό. Στη συνέχεια το νερό υπογειων εμφανίζεται στην υπόγεια λίμνη Μελισσάνη (Δ) και στον κόλπο πης Σάμης.

νης Κεφαλλονιάς). Στα σπήλαια δημιουργείται μια ποικιλία σχηματισμών από τη διαλυτική δράση του νερού στον ασβεστόλιθο, καθώς και από την απόθεση των υλικών αυτών. Οι πιο εντυπωσιακοί σχηματισμοί είναι αυτοί που δημιουργούνται στις οροφές, στα τοιχώματα και στον πυθμένα των σπηλαιών. Οι σταλακτίτες και οι σταλαγμίτες αποτελούν, με τα διάφορα σχήματά τους και τον διάφορο προσανατολισμό τους (κατακόρυφο, οριζόντιο, ελικοειδή), τους χαρακτηριστικούς αντιπροσώπους των σχηματισμών αυτών. Οι σταλακτίτες (από την οροφή) και οι σταλαγμίτες (από τον πυθμένα) είναι κατά κανόνα κενοί στο εσωτερικό τους και παίρνουν διάφορα χρώματα εκτός από το λευκό, που οφείλονται στις ξένες προσιμίξεις που έχει ο ασβεστόλιθος (συνήθως οξειδία και υδροξειδία του σιδήρου).

Η πλάγια ή άλλης διεύθυνσης ανάπτυξη κλάδων στους σταλακτίτες και σταλαγμίτες εξαρτάται από τον προσανατολισμό που θα πάρει ο κρυσταλλικός άξονας του ανθρακικού ασβεστίου.

Τα σπήλαια, εκτός από Γεωλογικό, παρουσιάζουν και ανθρωπολογικό ενδιαφέρον διότι σ' αυτά έζησαν οι πρώτοι άνθρωποι. Μέσα σ' αυτά πολλές φορές βρίσκονται εργαλεία, σχέδια στα τοιχώματα ή και κόκκαλα, κρανία κλπ., όπως ανευρέθηκαν και στο μεγάλης γεωλογικής και ανθρωπολογικής αξίας σπήλαιο των Πετραλώνων Χαλκιδικής.

Στην Ελλάδα εκτός από τα σπήλαια του Δυρού και των Πετραλώνων υπάρχει πληθώρα σπηλαιών όπως, των Ιωαννίνων, της Αλιστράτης Σερρών κ.ά

β. ΕΝΔΟΓΕΝΕΙΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Ενδογενείς δυνάμεις είναι δυνάμεις που έχουν την αφετηρία τους στο εσωτερικό της γης, στα όρια του εσωτερικού και εξωτερικού μανδύα (ασυνέχεια *Repeti*) και είναι κυρίως οι ηπειρογενετικές και ορογενετικές δυνάμεις, οι σεισμοί και τα ηφαίστεια. Υπάρχουν μεταβολές στις οποίες ο χρόνος δράσης των ενδογενών δυνάμεων είναι πολύ μεγάλος, όπως στις ορογενετικές και ηπειρογενετικές κινήσεις και υπάρχουν άλλες μεταβολές που ο χρόνος δράσης των ενδογενών δυνάμεων διαρκεί λίγο, όπως στους σεισμούς και στις εκρήξεις ηφαιστείων.

Ο μεγάλος χρόνος αν συγκριθεί με τη ζωή του ανθρώπου είναι μια τεράστια χρονική διάρκεια όπου εξελίσσονται τα μεγάλα γεωλογικά φαινόμενα, όπως σχηματισμός οροσειρών και ηπείρων. Τα φαινόμενα αυτά εξελίσσονται με ρυθμό πολύ βραδύ και σπάνια ξεπερνούν το 1 - 1,5 χλστ. το χρόνο.

Ε. ΗΠΕΙΡΟΥ ΥΓΕΙΝΕΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΟΡΟΥΓΕΙΝΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΦΕΡΟΣΕΙΣ

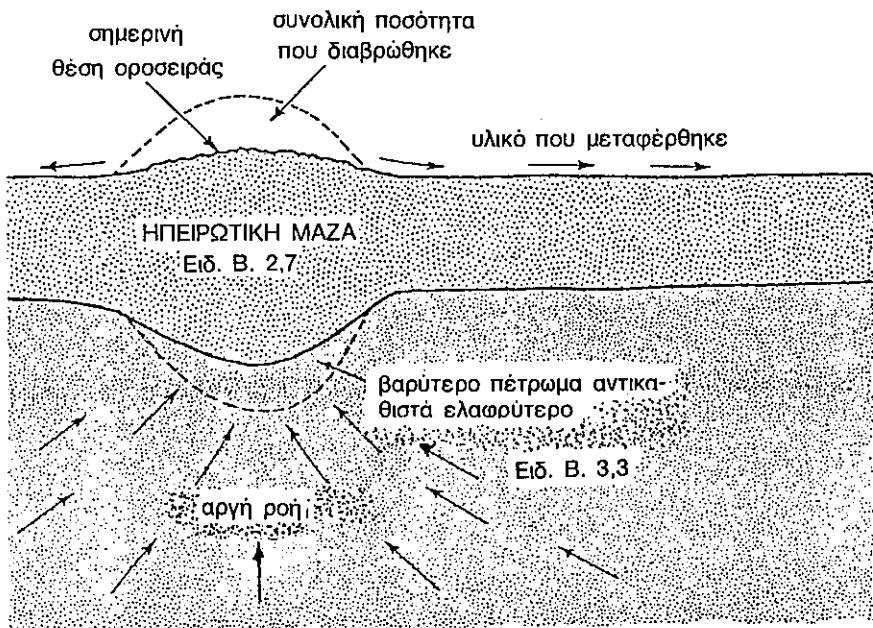
Οι ηπειρογεινετικές κινήσεις.

Είναι βραδύτατες κινήσεις που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια πολύ με γάλου χρονικού διαστήματος χωρίς διακοπές και έχουν σαν αποτέλεσμα την ανύψωση ή τη βύθιση τμημάτων του στερεού φλοιού της γης. Θεωρούνται σαν αυτόνομες ελαστικές παραμορφώσεις του στερεού φλοιού της γης. Οι κινήσεις αυτές οφείλονται στο φαινόμενο της ισοστασίας των πλακών του στερεού φλοιού της γης που «επιπλέουν» επάνω στο μανδύα. Τα όρη και οι πεδιάδες βρίσκονται σε ισορροπία πάνω στο μανδύα. Όταν η ισορροπία αυτή διαταραχθεί τότε έχουμε ανοδικές και καθοδικές κινήσεις. Η ισορροπία διαταράσσεται από τη μεταφορά υλικών (λόγω διάβρωσης) από τα όρη προς τις πεδιάδες. Μ' αυτόν τον τρόπο τα όρη γίνονται ελαφρύτερα και **ανυψώνονται** ενώ οι πεδιάδες γίνονται βαρύτερες και **βυθιζόνται**. Χαρακτηριστικά υπολογίζεται ότι η διάβρωση (γεωλογική κυρίως) φθείρει τα όρη κατά 0,1 χλστ. το χρόνο που σημαίνει 100 μέτρα σε διάστημα ενός εκατομμυρίου ετών. Ένας άλλος παράγοντας που διαταράσσει την ισορροπία είναι οι διακυμάνσεις της επιφάνειας της θάλασσας, γεγονός που συνέβαινε συχνότερα κατά το παρελθόν, και οφείλονται στο σχηματισμό ή την τήξη των πάγων κατά το τέλος της παγετώδους περιόδου. Κατά την παγετώδη περίοδο με το σχηματισμό στρώματος πάγου στην επιφάνεια της γης είχαμε «καθίζηση» της ξηράς, ενώ κατά το τέλος της παγετώδους περιόδου με την τήξη των πάγων είχαμε επαναφορά της γης στην πρότερή της κατάσταση.

Η ανύψωση των ορέων λόγω διάβρωσης μπορεί να παραληλισθεί με την ανύψωση ενός παγόβουνου, που επιπλέει στη θάλασσα, λόγω τήξης ενός τμήματός του.

Το «φορτίο» που μετακινείται με τη διάβρωση προστίθεται σε άλλες περιοχές και κυρίως στα δέλτα των ποταμών, όπου, με την αύξηση του «φορτίου» έχουμε καθίζηση των περιοχών αυτών.

Οι ανυψώσεις ισοσταθμίζονται από βραδεία μετακίνηση, κάτω από το φλοιό, «βαρύτερης» μάζας πετρώματος η οποία παίρνει τη θέση της «ελαφρύτερης» μάζας που ανυψώθηκε (σχ. 7). Το ειδικό βάρος τους είναι 3,3 και $2,7 \text{ gr/cm}^3$ αντίστοιχα (ή 11 προς 9), που σημαίνει ότι διάβρωση που αφαιρεί από ένα όρος 11 μέτρα υλικό θα ισοσταθμισθεί από «βαρύτερη» μάζα πετρώματος με πάχος 9 μέτρα και τελικά το βουνό θα έχει ένα υψόμετρο μικρότερο κατά 2 μέτρα. Βεβαίως η πορεία αυτή δεν είναι συνεχής διότι ο φλοιός της γης είναι αρκετά ανθεκτικός: μόνο μετά από πολύ προχωρημένη διάβρωση είναι δυνατόν να γίνουν τέτοιους είδους μετακινήσεις. Κατά παρόμοιο τρόπο ισοσταθμίζονται και οι καθιζήσεις των επίπεδων πε-



Σχ. 7. Κατακόρυφες κινήσεις του φλοιού της γης.

ριοχών που δέχονται τα «φορτία» από τη διάβρωση των υπερυψωμένων περιοχών.

Η ισοστασία είναι δυνατόν να διαταραχθεί και από εκρήξεις ηφαιστείων. Η λάβα, η σποδός και τα άλλα ηφαιστειακά υλικά, που συσσωρεύονται στην επιφάνεια της γης, λόγω του πρόσθετου βάρους τους δημιουργούν διαταράξεις της ισοστασίας.

Στα τελευταία 20.000 χρόνια η θάλασσα ανυψώθηκε γύρω στα 100 μέτρα από την τήξη των παγετώνων.

Σύγχρονες ηπειρογενετικές κινήσεις συμβαίνουν σε ορισμένες περιοχές του πλανήτη μας. Στην περιοχή της Μόσχας, μεταξύ Μόσχας και Λένιγκραντ και του λεκανοπεδίου του Δνείπερου το έδαφος βυθίζεται με ρυθμό 3 χλστ. το χρόνο. Αντίθετα σε άλλες περιοχές της Ρωσίας η επιφάνεια της γης ανυψώνεται όπως στο Κούρσκ με ρυθμό 3-4 χλστ. το χρόνο και στο Κριβόι Ρόγκ 1 εκ. το χρόνο. Το ατλαντικό τμήμα των Η.Π.Α. βυθίζεται με ρυθμό 6χλστ. το χρόνο σύμφωνα με μετρήσεις που έγιναν από το 1930 - 1948. Στο Lido της Βενετίας η επιφάνεια της γης ανυψώνεται με ρυθμό 3,5 χλστ. το χρόνο. Η Ολλανδία βυθίζεται με ρυθμό 10χλστ. στα 100 χρόνια.

Η δυτική ακτή της Κρήτης όπως και της Μ. Βρεταννίας ανυψώνεται με βραδύ ρυθμό. Σε πολλά άλλα επίσης μέρη της Ελλάδας έχουμε ηπειρογενετικές κινήσεις, όπως τις ακτές του Πειραιά και αλλού.

Ορογένεση

Είναι η παραμόρφωση του φλοιού της γης κατά την πορεία σχηματισμού εξάρσεων. Είναι μια πολύπλοκη πορεία που προχωρεί, όμως, μέσα από συγκεκριμένα διαδοχικά στάδια. Η ορογένεση συνδέεται άμεσα με την ηπειρογένεση και θεωρείται σαν συνέχειά της. Το αίτιο και ο μηχανισμός των κινήσεων αυτών δεν είναι γνωστά και έχουν διατυπωθεί διάφορες υποθέσεις, όπως η υπόθεση της συστολής της γης, της διαστολής, της μεταφοράς ρευμάτων και νεώτερες, όπως της θεωρίας του παλαιομαγνητισμού.

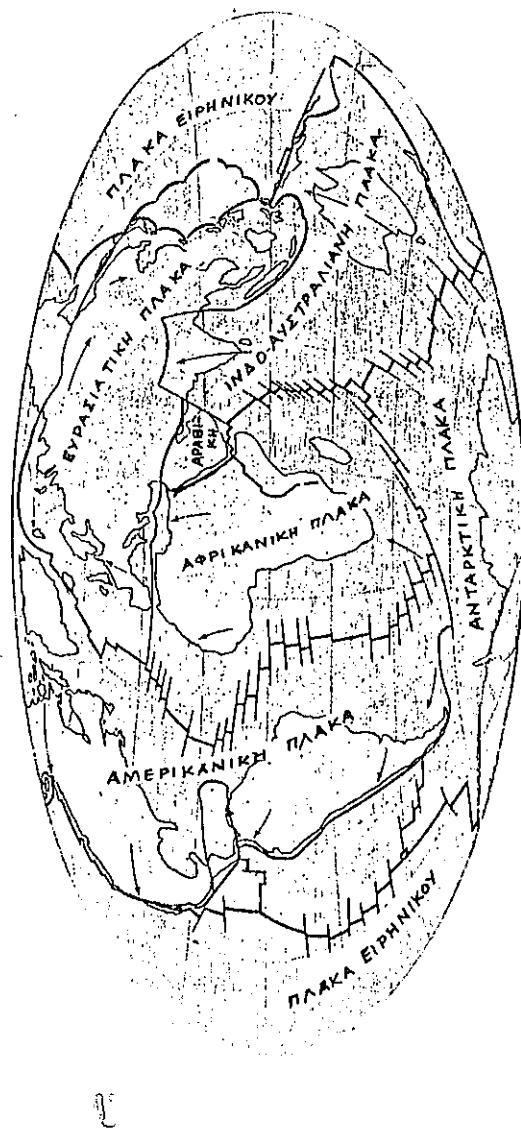
Αποτέλεσμα των ηπειρογενετικών και ορογενετικών κινήσεων είναι ο αποχωρισμός των σημερινών Ήπειρων από τη μια Ήπειρο που υπήρχε αρχικά στον πλανήτη της Πανγαίας και η δημιουργία του έντονου ανάγλυφου της γης με τις χαρακτηριστικές μεγάλες πλάκες του στερεού φλοιού της γης (σχ. 8).

Η ηπειρογένεση και η ορογένεση συνοδεύονται από δευτερογενείς παράγοντες οι οποίοι συμβάλλουν στη διαμόρφωση της μορφογενετικής εικόνας της γης. Οι παράγοντες αυτοί είναι οι σεισμοί και τα ηφαίστεια.

2. Σεισμοί

Αίτια των σεισμών θεωρούνται οι κινήσεις των πλακών του φλοιού της γης χωρίς όμως να είναι γνωστές οι αιτίες που προκαλούν αυτές τις κινήσεις. Πολλοί σεισμοί γίνονται γύρω από ενεργά ηφαίστεια και θεωρούνται σαν αποτέλεσμα της πίεσης του μάγματος και των αερίων που το συνοδεύουν· οι σεισμοί αυτοί όμως είναι μικρής ή μέσης ισχύος. Οι ισχυροί σεισμοί συμβαίνουν σε αρκετά μεγάλη απόσταση από ενεργά ηφαίστεια. Οι συνεχείς μετατοπίσεις των ρηγμάτων δείχνουν ότι τα αίτια βρίσκονται μέσα στη γη αλλά δεν είναι γνωστό το πώς γίνονται και το γιατί γίνονται.

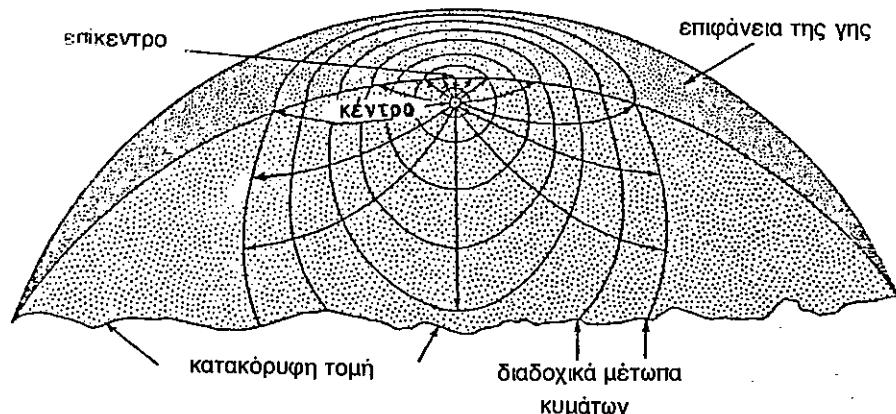
Η ελευθέρωση ενέργειας από τη μετατόπιση ή τη δημιουργία ενός ρήγματος δημιουργεί ιαχυρά κύματα τα οποία διαπερνούν τα πετρώματα. Οι διαδοχικές συμπιέσεις και διαστολές δημιουργούν μια κατηγορία κυμάτων με μικρό μήκος κύμανσης προς όλες τις διευθύνσεις. Είναι κύματα ηχητικά και συχνά ακούγονται σαν βαθιά υπόκοφη βοή ή σαν προμήνυμα σεισμού. Τα κύματα αυτά έχουν μεγάλη ταχύτητα ($\sim 11,2 \text{ km/sec}$) και φθάνουν πρώτα σε απομακρυαμένα σημεία· γιατό καλούνται **κύματα P** (*primary*). Διαπερνούν στερεά υγρά και αέρια.



χχ. 8. Εικόνα πις γης με τις πλάκες του στερεού φλοιου

Ένας άλλος τύπος κύμανσης με μεγαλύτερο μήκος κύματος από τα κύματα P προκαλείται από την κίνηση των πετρωμάτων κατά τη ρηγμάτωση. Τα κύματα αυτά είναι εγκάρσια και η ταχύτητα μετάδοσής τους ($\sim 6 \text{ km/sec}$) είναι μικρότερη από την ταχύτητα των P κυμάτων γιατό φθάνουν σε μια περιοχή μετά από τα κύματα P . Ονομάζονται κύματα S (Secondary) και διαπερνούν μόνο στερεά.

Και οι δύο τύποι κυμάτων, τα P και τα S , κινούνται σφαιρικά προς όλες τις διευθύνσεις από το σημείο δημιουργίας τους (σχ. 9).



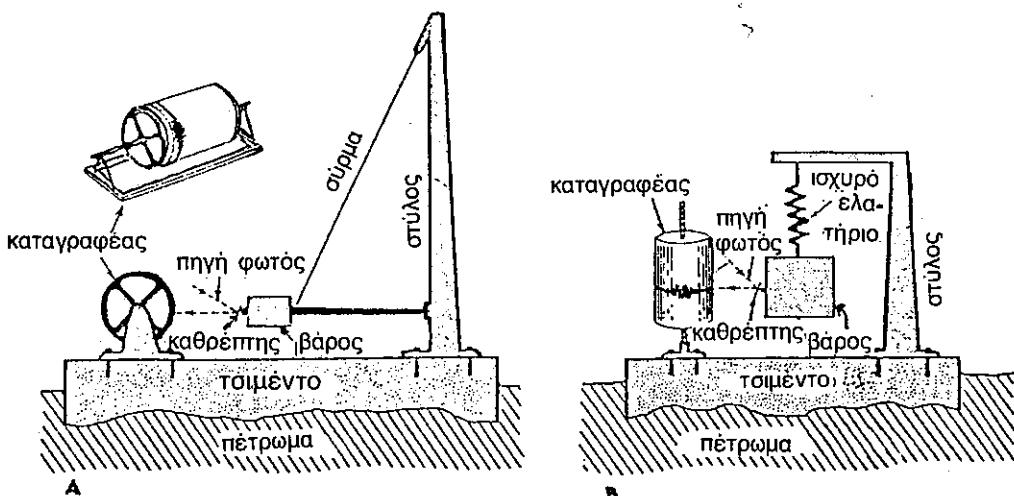
Σχ. 9. Μετάδοση κυμάτων από το κέντρο ενός σεισμού.

Το σημείο δημιουργίας των κυμάτων είναι η περιοχή της αρχής του ρήγματος κάτω από την επιφάνεια της γης και λέγεται **κέντρο του σεισμού**. Το κέντρο είναι δυνατόν να βρίσκεται χιλιόμετρα ή δεκάδες χιλιόμετρα κάτω από την επιφάνεια της γης. Το σημείο προβολής του κέντρου του σεισμού στην επιφάνεια της γης λέγεται **επίκεντρο του σεισμού** (πάνω από το κέντρο). Είναι το σημείο όπου συναντά τη γη το σφαιρικό μέτωπο των κυμάτων P .

Από την ενέργεια των κυμάτων P που φθάνουν στο επίκεντρο του σεισμού δημιουργείται ένα άλλο είδος κυμάτων με μεγάλο μήκος και πλάτος τα **κύματα L** (long). Τα κύματα αυτά διατρέχουν το εξωτερικό τμήμα του φλοιού της γης με μικρή ταχύτητα.

Σεισμογράφοι είναι τα όργανα με τα οποία μετράμε τα κύματα P, S, L .

Ένα μεγάλο βάρος που κρεμιέται από ένα στύλο και μπορεί να μετακινηθεί υπό την επίδραση και της παραμικρής δόνησης σε οριζόντια ή κατακόρυφη διεύθυνση αποτελεί και την αρχή πάνω στην οποία βασίζονται οι σεισμογράφοι. Για την καταγραφή οποιουδήποτε ειδους δόνησης ένας σταθμός χρειάζεται σύστημα τριών σεισμογράφων. Οι δύο τοποθετούνται σε ορθή γωνία (σχ. 10) για την καταγραφή όλων των πιθανών οριζόντιων δονήσεων και ο τρίτος τοποθετείται για την καταγραφή των κατακόρυφων δονήσεων.



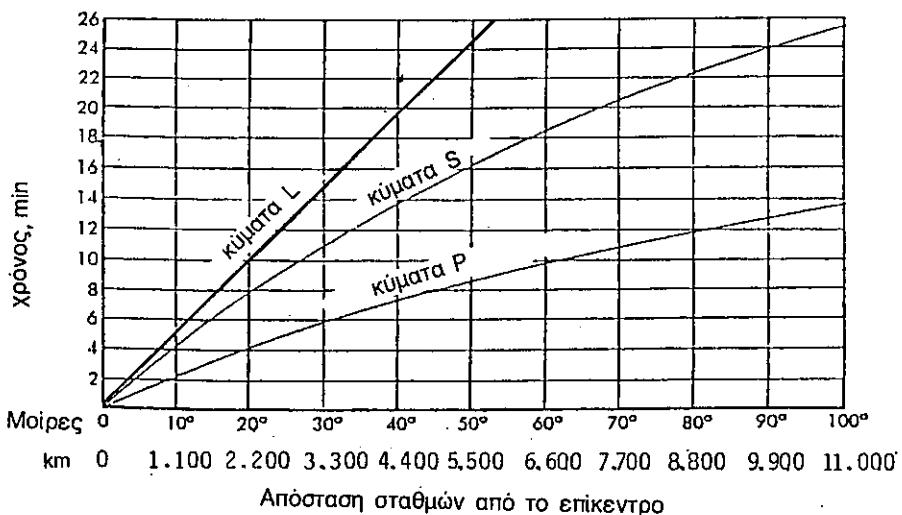
Σχ. 10. Τύποι σεισμογράφων για την καταγραφή των οριζόντιων (Α) και κατακόρυφων δονήσεων (Β).

Στους σεισμογράφους που καταγράφουν οριζόντιες δονήσεις το βάρος στριζεται στην άκρη μιας ράβδου που το άλλο άκρο της στριζεται σε ένα κατακόρυφο στύλο έτσι ώστε να μπορεί να κινείται με την παραμικρή οριζόντια δόνηση. Όλο το σύστημα στριζεται (πακτώνεται) σε τοιμεντένια βάση η οποία βρίσκεται επάνω στο κυρίως πέτρωμα (όχι το ρεγόλιθο) για να μη επηρεάζεται από δονήσεις, που προέρχονται από οχήματα ή άλλες κοντινές πηγές δόνησης.

Στους σεισμογράφους που καταγράφουν κατακόρυφες δονήσεις το βάρος κρεμιέται από ένα ισχυρό ελατήριο και επηρεάζεται από τις κατακόρυφες δονήσεις. Η κίνηση του βάρους και στις δύο περιπτώσεις μέσω συστήματος δέσμης φωτός και κατόπτρων καταγράφεται σ' ένα χαρτί tu-

λιγμένο σ' ένα περιστρεφόμενο τύμπανο (σχ. 10).

Τα σεισμικά κύματα (P , S , L) κινούνται με διαφορετική ταχύτητα το καθένα. Η ταχύτητα των P και S κυμάτων αυξάνεται με την απόσταση μέχρι 100° ή 11.000 km από το επίκεντρο (Σχ. 1). Η διεύθυνση κίνησης των κυμάτων P και S μέσα στη γη ακολουθεί καμπύλη τροχιά λόγω της αύξησης του ειδικού βάρους* προς το κέντρο της γης. Τα κύματα L έχουν σταθερή ταχύτητα διότι κινούνται σε μια ζώνη όπου οι ιδιότητες των πετρωμάτων είναι ίδιες (σχ. 11).

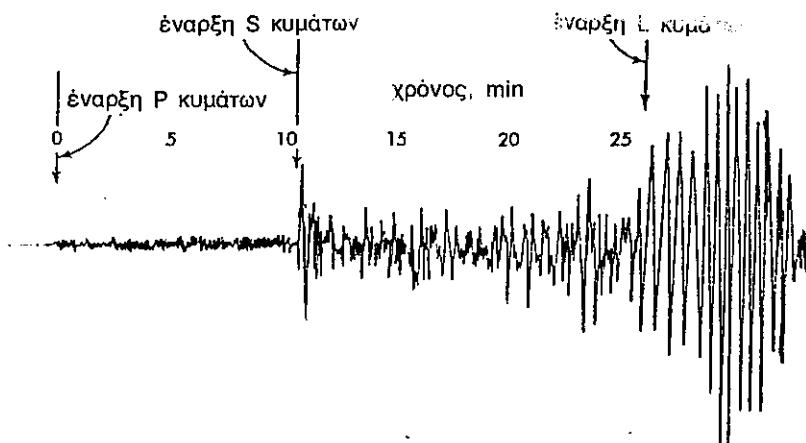


Σχ. 11. Απόσταση σε συνάρτηση με το χρόνο που χρειάζονται τα κύματα P , S , και L για να φθάσουν σε ένα σεισμολογικό σταθμό.

Η απόσταση του επίκεντρου από ένα σταθμό προσδιορίζεται από τη διαφορά αφίξεως των P και S κυμάτων. Ένα τυπικό απλό σεισμογράφημα φαίνεται στο σχ. 12. Η διαφορά αφίξεως P και S κυμάτων στο σχ. 12 είναι 10 λεπτά. Από το σχ. 11 βλέπουμε ότι διαφορά 10 λεπτών αντιστοιχεί σε απόσταση 6.600 km από το επίκεντρο.

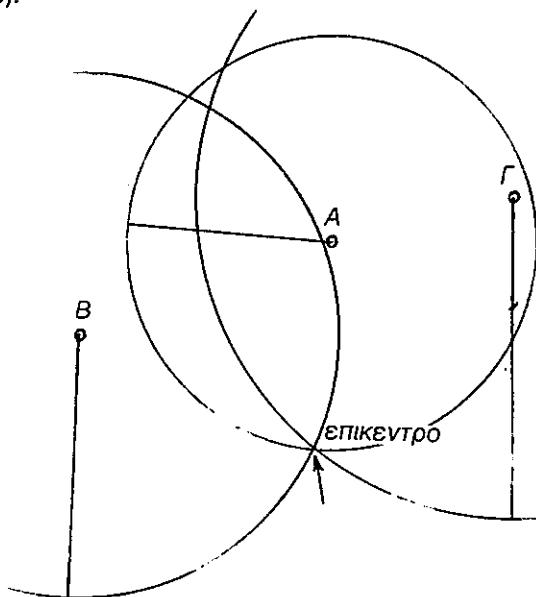
Ο προσδιορισμός της απόστασης από τρεις τουλάχιστον σεισμολογικούς σταθμούς και η χάραξη των κύκλων με κέντρο το σταθμό και ακτίνα τις αποστάσεις, που προσδιορίστηκαν, από κάθε σταθμό καθορίζουν το

* Στα πικνότερα μέσα η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη.



Σχ. 12. Απλό τυπικό σεισμογραφημα που δείχνει τη διαφορά αφίξεως των κυμάτων P , S και L . Η απόσταση από το επίκεντρο υπολογίζεται σε 7.700 km.

σημείο τομής από τρεις τουλάχιστον κύκλους, δηλ. το επίκεντρο του σεισμού (σχ. 13).



Σχ. 13. Προσδιορισμός επικέντρου σεισμού μετά από λήψη κυμάτων από τρεις σεισμολογικούς σταθμούς (A , B , G)

Η ένταση του σεισμού υπολογίζεται με βάση την κλίμακα Richter, η οποία έχει και περισσότερη επιστημονική βάση, από την κλίμακα Mercali. Η κλίμακα Richter είναι λογαρθιμική κλίμακα, που σημαίνει ότι διαφορές μεταξύ διαδοχικών κλάσεων (Πίν. 3) είναι πολύ μεγάλες. Ένας σεισμός με ένταση 8 R ελευθερώνει 3.500 φορές μεγαλύτερη ενέργεια από σεισμό με ένταση 6 R και 200.000 φορές μεγαλύτερη ενέργεια από σεισμό 5 R. Σεισμοί με ένταση 7 R ή μεγαλύτερη προκαλούν τεράστιες καταστροφές στην περιοχή του επίκεντρού τους.

Πίνακας 3. Κλίμακα Richter για το μέγεθος των σεισμών.

Κλάση	α	β	γ	δ	ε
Μέγεθος	$7^{3/4} - 8^{1/2}$	7,0 - 7,7	6 - 6,9	5,3 - 5,9	< 5,3
Απόσταση	σ' όλη τη γη	μέχρι 10.000 km	μέχρι 5.000 km	μέχρι 1.000 km	

Με τη μελέτη των P , S και L κυμάτων καθορίζεται και το κέντρο του σεισμού που μπορεί να είναι μικρού βάθους < 70 km, μέσου βάθους 70-300 km και μεγάλου βάθους > 300 km βάθος. Η πλειονότητα των σεισμών είναι μικρού βάθους.

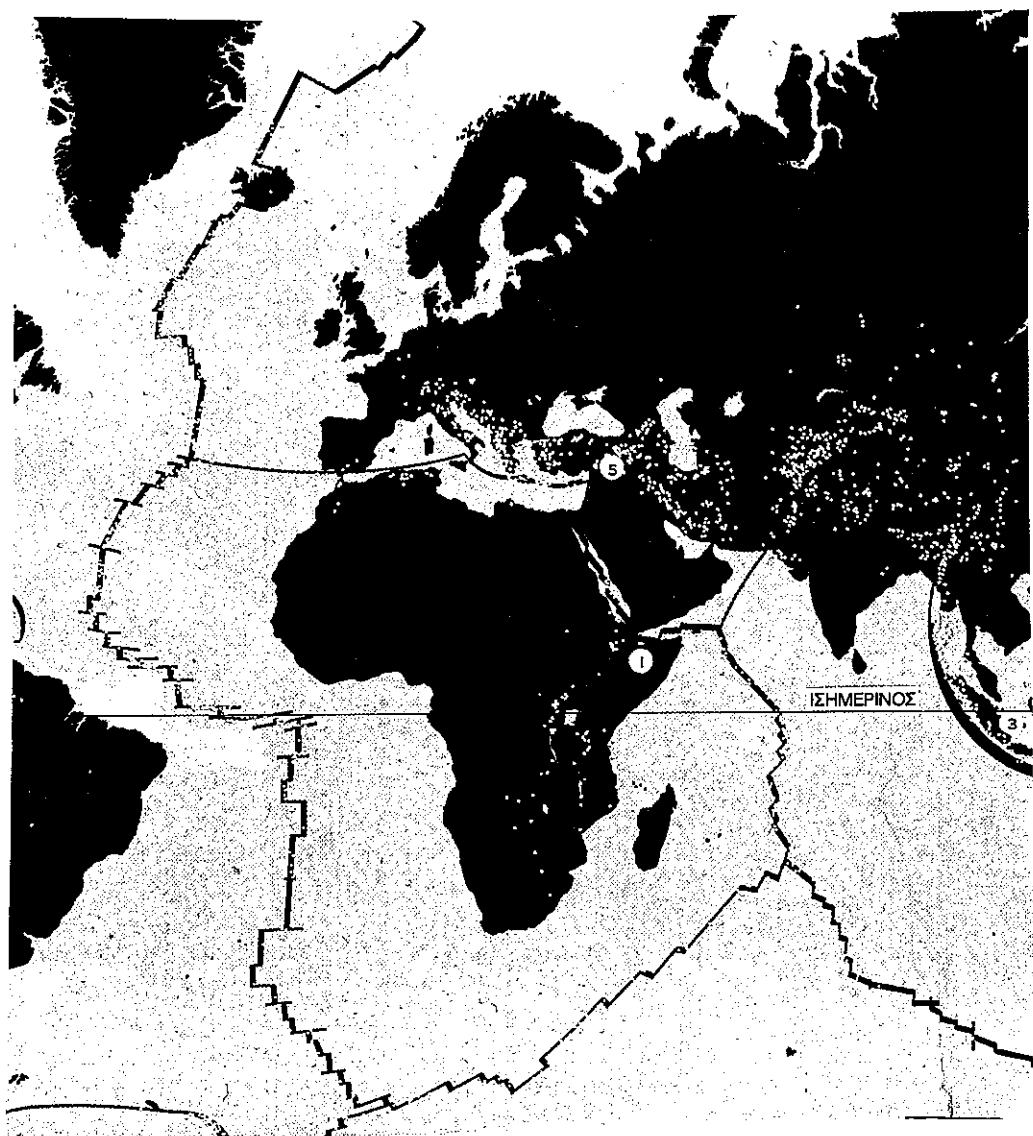
Οι σεισμοί που προκαλούνται από κατακόρυφες μετακινήσεις προκαλούν μικρά ή μεγάλα σεισμικά θαλάσσια κύματα που λέγονται *tsunami*. Η κατανομή των σεισμών στη γήινη σφαίρα φαίνεται στό σχ. 14.

3. Η φαίστεια

Η προέλευση της γηγενούς θερμότητας οφείλεται κατά ένα μέρος στην αρχική θερμότητα της γης και κατά ένα μέρος στη ραδιενέργεια. Σε βάθος 90 km τα δύο μέρη της θερμότητας θεωρούνται ότι είναι περίπου ίσα: σε βάθος όμως 9 km η ραδιενέργεια συμβάλει κατά τα τρία τέταρτα (σχ. 15). Αν δεν υπήρχε η θερμότητα που οφείλεται στη ραδιενέργεια λόγω της μεταστοιχίωσης στο εσωτερικό της γης, οι εκρήξεις και η συχνότητα των ηφαιστείων θα ήταν πολύ λιγότερες· πιθανόν να έλλειπαν τελείως.

Αίτια ηφαιστειακής δραστηριότητας.

Η ηφαιστειακή δραστηριότητα είναι περιοδική και τα ηφαιστεία βρίσκονται σε συγκεκριμένα μέρη πάνω στη γη. Μερικά ηφαιστεία εκρήγνυνται





Σχ. 15. Γήινες θερμοκρασίες στα διάφορα βάθη.

μετά από ηρεμία μηνών ή ετών και στη συνέχεια ηρεμούν για να ενεργοποιηθούν ξανά. Τα ηφαιστεια θεωρούνται ότι υπάρχουν στις επιφέρες των γήινων πλακών (τεμαχών): στα σημεία επαφής των πλακών όπου βρίσκονται τα μεγάλα ρήγματα από την επιφάνεια μέχρι το βάθος του φλοιού υπάρχουν σειρές ηφαιστείων (Μεσόγειος, μεσατλαντική οροσειρά, δυτικός Ειρηνικός κλπ.). Η πίεση στο βάθος ενός τέτοιου ρήγματος είναι 17.000 φορές μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική στην επιφάνεια της θάλασσας. Η διαφορά αυτή είναι αρκετή για να εξωθήσει το «λυσαμένο» πέτρωμα στο ρήγμα και από εκεί μέχρι την επιφάνεια.

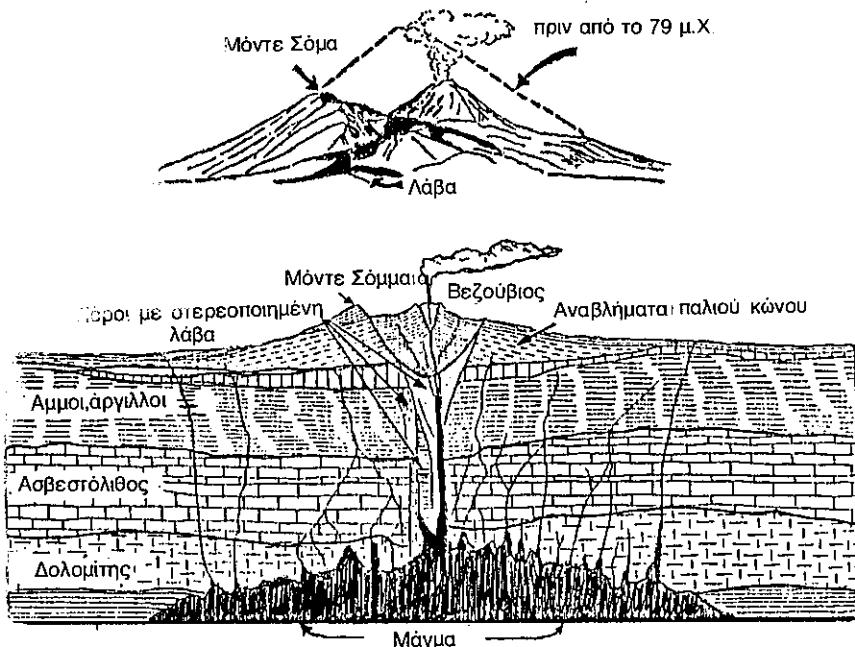
Τα πετρώματα που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια είναι συμπαγή λόγω της μεγάλης πίεσης. Όταν ελαττώνεται η πίεση λόγω της διάνοιξης ενός ρήγματος (εξισορρόπηση με την ατμοσφαιρική) το πέτρωμα μπορεί να λυσώσει. Στην κατάσταση αυτή ονομάζεται **μάγμα**. Κατά την άνοδό του το μάγμα γίνεται πιο λεπτόρευστο λόγω της διαστολής του και αποκτά μεγαλύτερη κινητικότητα λόγω της απελευθέρωσης, κυρίως, αερίων. Όλοι οι παραπάνω λόγοι συντελούν ώστε το λυσαμένο πέτρωμα να αποχύνεται στην επιφάνεια σαν λάβα.

Χαρακτηριστικά ηφαιστειακής δραστηριότητας

Ένα από τα προβλήματα των ηφαιστείων είναι το μικρό μεγεθος των κεντρικών αγωγών. Οι κεντρικοί αυτοί αγωγοί ονομάζονται **πόροι**. Η μέση διάμετρος του πόρου ενός ηφαιστείου δεν ξεπερνά τα 300 μέτρα. Μέσα από τους πόρους αυτού του μεγέθους εξέρχονται ατμοί, τέφρα και λάβα που συγκεντρώνονται σε κώνους με μεγάλο πολλές φορές πλάτος καί ύψος. Ο κώνος του ηφαιστείου *Mauna Loa* στα νησιά Χαβάη έχει ύψος >9.000 μέτρα από τον πιθμένα του ωκεανού όπου σχηματίστηκε αρχικά και 4.000 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας. Τέτοιοι κώνοι περιέχουν υλικά εκατομμυρίων τόνων που βγήκαν από ένα σχετικά στενό πόρο.

Πολλές φορές, όταν η λάβα ψυχθεί αρκετά, μπορεί να στερεοποιηθεί

μέσα στους πόρους. Αν όμως η θερμότητα εξακολουθεί να ανεβαίνει τότε συγκεντρώνεται μεγάλη ενέργεια κάτω από το στερεοποιημένο υλικό. Η ενέργεια αυτή είναι ικανή να εκδιώξει βίαια το στερεοποιημένο υλικό και να συνεχιστεί η δράση του ηφαιστείου. Μεγάλα διαστήματα ηρεμίας που ακολουθούνται από βίαιους παροξυσμούς οφείλονται σε «παγίδευση» στερεοποιημένου υλικού στον πόρο του ηφαιστείου. Η έκρηξη του Βεζούβιου το 79 μ. Χ. μετά από μεγάλη περιόδο ηρεμίας εκτίναξε στον αέρα τον κώνο του ηφαιστείου αφήνοντας ένα μεγάλο κρατήρα με απότομα τοιχώματα (σχ. 16).



Σχ. 16. Ο Βεζούβιος όπως διαμορφώθηκε μετά την έκρηξη του 79 μ.

Σε αντίθεση με το ηφαίστειο που αναφέρθηκε, υπάρχουν άλλοι γύπευφαιστείων τα οποία έχουν μια κανονική ενεργοποίηση. Οι αντιθέσεις έχουν στη συμπεριφορά των ηφαιστείων οφείλονται κυρίως στη διαφορά είδους της λάβας.

Από τα αέρια που βγαίνουν από τα ηφαίστεια το μεγαλύτερο ποσο (70%) κατέχουν οι υδρατμοί και ακολουθούν το CO₂ και το SO₂ ποτελούν και τα αίτια των βίαιων έκρηξες.

Οι υδρατμοί των ηφαιστείων θεωρείται ότι ελευθερώνονται κατά τη διαδικασία της κρυστάλλωσης. Ο αλβίτης π.χ. στη θερμοκρασία 1.100°C και στη μεγάλη πίεση που υπάρχει σε βάθος 2.250 m περιέχει $4\% \text{H}_2\text{O}$. Η κρυστάλλωσή του αρχίζει όταν η θερμοκρασία πέσει στους 960°C . Στους 820°C ο μισός αλβίτης κρυσταλλώνεται. Έτσι το τήγμα που παραμένει περιέχει λόγω εμπλουτισμού του σε H_2O από την κρυστάλλωση, $\sim 10\% \text{H}_2\text{O}$, που είναι αρκετό για να ανεβάσει την πίεση στις 3.000 atm και να τη διπλασιάσει με τη συνέχιση της κρυστάλλωσης.

Η θερμοκρασία της λάβας στην επιφάνεια της γης είναι μεγαλύτερη από ότι λίγο κάτω από την επιφάνεια και αυτό οφείλεται στην καύση των αερίων που εξέρχονται.

Υπάρχουν δύο κυριώς είδη λάβας, οι όξινες και οι βασικές. Οξινές λάβες είναι αυτές που όταν στερεοποιηθούν περιέχουν μεγάλο ποσοστό ελεύθερου χαλαζία. Έχουν μεγάλο ιεώδες, είναι δηλαδή δυσκίνητες, στερεοποιούνται σε μεγάλες θερμοκρασίες και δεν φθάνουν σε μεγάλες αποστάσεις μετά την έξοδό τους από τον πόρο του ηφαιστείου. Έχουν τάση να φράζουν (λόγω στερεοποίησεως) τον πόρο του ηφαιστείου και είναι χαρακτηριστικές ηφαιστείων που εκρήγνυνται και σχηματίζουν κώνοις. Ηφαιστεία τέτοιας μορφής είναι και τα Ελληνικά στα Μέθανα και στη Σαντορίνη (σγ. 17). Οι βασικές λάβες, στις οποίες λείπει ο χαλαζίας, είναι

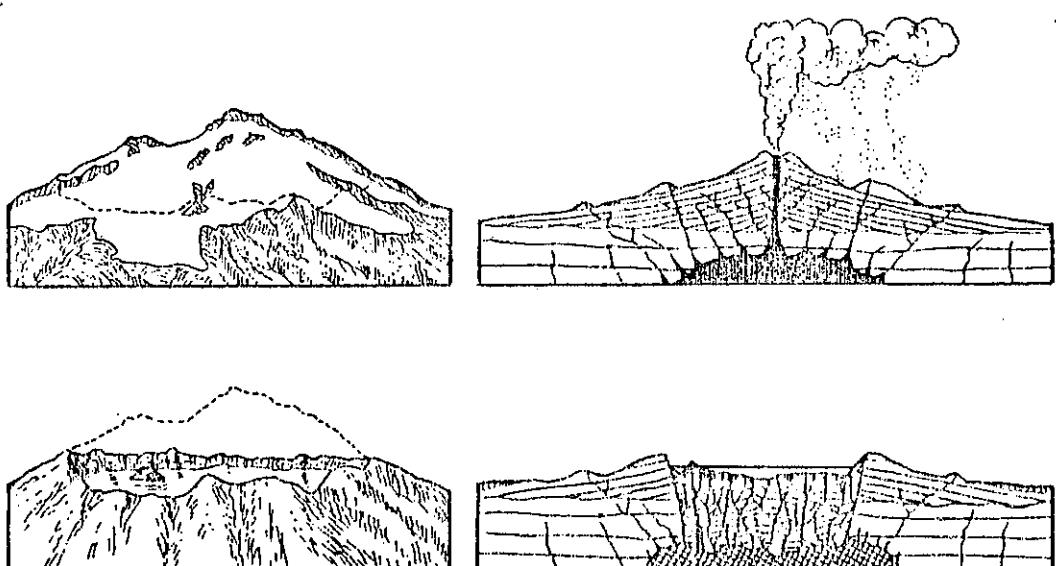


Σχ. 17. Το νησί Σαντορίνη με την καλδέρα και το ηφαιστείο.

ευκίνητες. Ρέουν σε μακριές γλώσσες ή σε πλατειά φύλλα, με ταχύτητα που είναι μερικά χιλιόμετρα την ώρα, από μεγάλους κεντρικούς πόρους ή σχισμές.

Στη διαφορετική ευκίνησία της λάβας και στους διαφορετικούς τύπους εκρήξεων οφείλονται και το διαφορετικό τοπίο που σχηματίζεται στην επιφάνεια της γης. Τα τοπία αυτά διαιρούνται σε τρεις κλάσεις, τους ηφαιστειακούς κώνους, τους θόλους από λάβα και τα βασαλτικά φύλλα, που η λεπτομερής τους ανάπτυξη ανήκει στην επιστήμη της Γεωμορφολογίας.

Σε ορισμένα ηφαίστεια και κατά το τέλος της δραστηριότητάς τους μετά από βιαιες εκρήξεις ελευθερώνονται η ενέργεια η οποία είχε συγκεντρωθεί υπό μορφή υδρατμών ή άλλων αερίων. Η ελευθέρωση της ενέργειας έχει σαν συνέπεια την πτώση της πίεσης στο εσωτερικό του ηφαιστείου κάτω από τον κρατήρα. Έτσι το υπερκείμενο βάρος της στερεοποιημένης λάβας δεν είναι δυνατό να συγκρατηθεί και βυθίζεται, σχηματίζοντας ένα χαρακτηριστικό βυθισμένο κρατήρα με απότομα τοιχώματα που ονομάζεται *caldéra* (σχ. 17, σχ. 18). Ο κρατήρας αυτός στη συνέχεια γεμίζει νέρο από τη θάλασσα ή από βροχές.



Σχ. 18. Σχηματισμός καλδέρας.

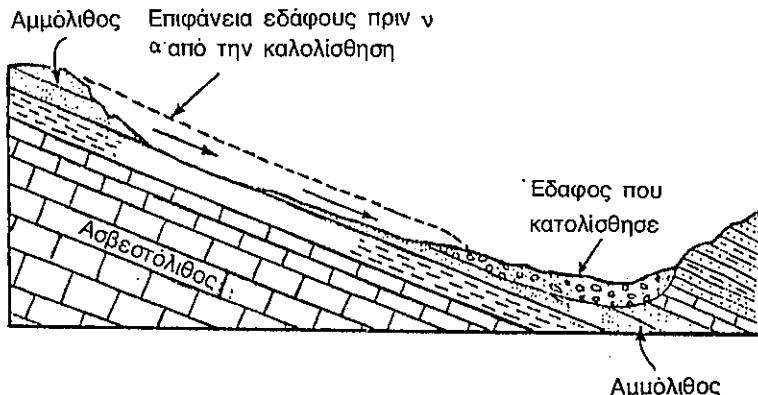
ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ*

Κατολίσθηση είναι το γεωλογικό φαινόμενο κατά το οποίο μεγάλες μάζες εδάφους ή πετρώματος ή και τα δύο αποσπώνται από τις κλυτείς και σιγά-σιγά ή γρήγορα «κυλούν» προς τα χαμηλώτερα σημεία.

Οι κατολισθήσεις είναι συχνές σε απότομες κλίσεις. Οι παράγοντες οι οποίοι συντελούν στη δημιουργία μιας κατολίσθησης είναι, η σύνθεση των υποκείμενων πετρωμάτων τους, η γεωμορφολογία της περιοχής, η διεύθυνση της κλίσης των γεωλογικών στρωμάτων, η υπονόμευση της βάσης της κλιτύος, η υπερφόρτωση και οι σεισμοί.

Σύνθεση των υποκείμενων πετρωμάτων.

Απαραίτητη προϋπόθεση μιας κατολίσθησης είναι η δημιουργία ενός επίπεδου ολίσθησης. Το επίπεδο αυτό δημιουργείται στις επαφές κυρίως αργιλλικών πετρωμάτων, όπως ψαμμίτες, μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι, φλύσαρχοι**, μάργες, αργιλλικοί σχιστόλιθοι, με το υπερκείμενο πέτρωμα ή έδαφος. Το νερό που διεισδύει στην υπερκείμενη μάζα του εδάφους αφ' ενός αυξάνει το βάρος του εδάφους και αφ' ετέρου δημιουργεί στο οημένιο επαφής του εδάφους με το υποκείμενο πέτρωμα, λόγω πλαστικοποίησης του αργιλλικού πετρώματος, μία επιφάνεια ολίσθησης. Μ' αυτόν λοιπόν τον τρόπο δημιουργείται η προϋπόθεση για την κατολίσθηση του υπερκείμενου εδάφους ή πετρώματος (σχ. 19). Συχνές κατολισθήσεις πάνω



Σχ. 19. Κατολίσθηση σε αργιλλικό σχιστόλιθο.

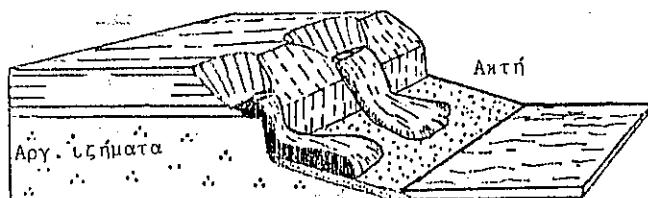
* Οι κατολισθήσεις αν και ανήκουν στις εξωγενεις δυνάμεις, εξετάζονται μετά τις ενδογενεις διότι, ορισμένες φορές, από αριστερά κατολισθήσεων είναι οι σεισμοί.

**Ο φλύσαρχος είναι γεωλογικός σχηματισμός αργιλλοψαμπτικής σύστασης.

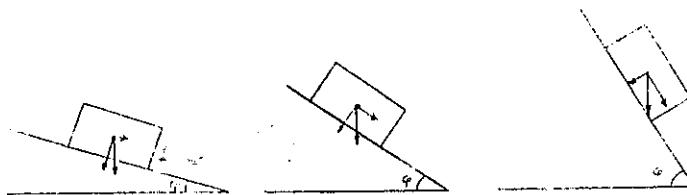
σε φλύσχη έχουμε στη δυτική Ελλάδα.

Γεωμορφολογία της περιοχής.

Το ανάγλυφο μιας περιοχής παίζει καθοριστικό ρόλο στη δημιουργία μιας κατολισθησης. Απότομες κλίσεις, κοιλάδες και επικλινείς ακτές (σχ. 20) είναι περισσότερο επιδεκτικές στις κατολισθήσεις, διότι η δύναμη που ενεργεί κατά την κατολισθηση είναι μεγαλύτερη στις μεγαλύτερες κλίσεις (σχ. 21) λόγω εξάρτησής της από τη γωνία κλίσης.



Σχ. 20. Κατολισθήσεις σε επικλινείς ακτές.



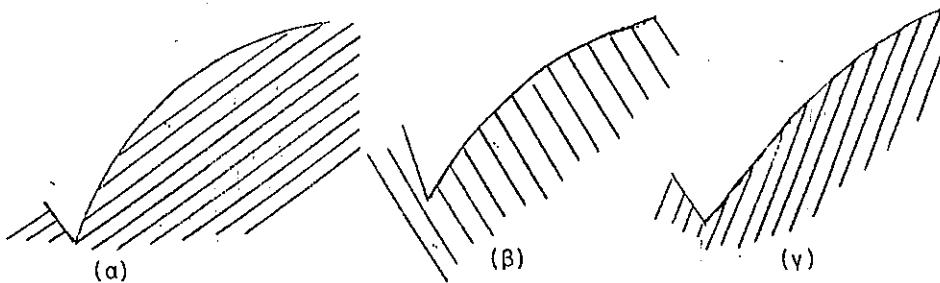
Σχ. 21. Αύξηση της γωνίας κλίσης (φ) αυξάνει την «αλισθαίνουσα» δύναμη.

Διεύθυνση της κλίσης των γεωλογικών στρωμάτων.

Αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες της πρόκλησης μιας κατολισθησης. Όταν η κατεύθυνση της κλίσης των γεωλογικών στρωμάτων συμπίπτει με την κατεύθυνση της κλίσης της κλιτύος ή είναι μικρότερη από συτή τότε ο κίνδυνος κατολισθησης αυξάνεται σημαντικά. Σε αντίθετες κλίσεις ή σε σύμφωνες αλλά μεγαλύτερες, οι πιθανότητες κατολισθησης είναι πολύ μικρότερες (σχ. 22), χωρίς όμως να αποκλείονται εντελώς.

Η υπομόνευση της βάσης της κλιτύος.

Η υπομόνευση μπορεί να συμβεί σε πολλές περιπτώσεις. Αίτια υπονό-



Σχ. 22. Κλίσεις στρωμάτων σε σχέση με την κλίση του επιφανειακού εδάφους.

μευσης είναι οι χειμαρροί που κυλούν στη βάση μιας κλιτύος, οι ποταμοί ή τα θαλάσσια κύματα. Επίσης η δημιουργία τεχνικών έργων, όπως οι κισμών, διάνοιξη δρόμων, φραγμάτων, γεφυρών, είναι δυνατό να υπονομεύσουν τις βάσεις των κλιτύων. Άλλες ανθρώπινες επεμβάσεις στο τοπίο όπως, η διάνοιξη λατομείων, επηρεάζουν την αντοχή της βάσης. Η καταστροφή των δασών από πυρκαγιές ή υπερβόσκησή τους επιτρέπει τη δημιουργία πολλών και ορμητικών χειμάρρων οι οποίοι συντελούν στη δημιουργία προϋποθέσεων υπομόνευσης της βάσης.

Η υπερφόρτωση των κλιτύων.

Η υπερφόρτωση θεωρείται σαν μια από τις αιτίες δημιουργίας κατολισθήσεων. Η υπερφόρτωση μπορεί να είναι φυσική ή τεχνητή. Φυσική υπερφόρτωση γίνεται από χιόνια ή συσσώρευση υλικών μηχανικής αποσάθρωσης (λιθοσωροί κλπ.). Τεχνητή υπερφόρτωση γίνεται σε την κατασκευή, δρόμων μεγάλης κυκλοφορίας, μεγάλων τεχνικών έργων και κυρίως οικισμών οι οποίοι υπερφορτώνουν τις κλιτείς και προκαλούν πολλές κατολισθήσεις.

Οι σεισμοί

Οι σεισμοί μπορούν να επιταχύνουν την εξέλιξη μιας κατολισθησης. Μετά από μεγάλους σεισμούς υποβοηθούνται μεγάλες κατολισθήσεις σε πως αυτές στο μεγάλο σεισμό του Τόκιο το 1923, όπου παρασύρθηκε ομαλά μαζί με το έδαφος και αμαξοστοιχία γεμάτη επιβάτες.

Όλες οι προηγούμενες περιπτώσεις κατολισθήσεων έχουν σαν κύριο αιτίο το νερό το οποίο κυκλοφορεί στη μάζα του υπερκείμενου στρώματος που υφίσταται την κατολισθηση.

Στη δυτική Ελλάδα όπου αφθονεί ο φλύσχης οι κατολισθήσεις είναι συχνές διότι το τοπίο του φλύσχη παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι του τόπου άλλων άγονων περιοχών για τη δημιουργία οικισμών, όπως ομαλή μορφολογία, έδαφος σχετικά γόνιμο και εμφάνιση πηγών. Γι' αυτό στις περιοχές του φλύσχη ή και σε άλλες περιοχές που είναι επιρρεπείς στις κατολισθήσεις πρέπει να λαμβάνονται ορισμένα προληπτικά μέτρα. Τέτοια μέτρα είναι: 1. η διευθέτηση της κοίτης των χειμάρρων 2. η κατασκευή αναβαθμίδων 3. η αναδάσωση όπου χρειάζεται 4. η παρεμπόδιση υπερβολικής διαπότισης του εδάφους με νερό και 5. η κατασκευή οικισμών με ελαφρά υλικά (κυρίως ξύλα).

Ιδιαίτερη σημασία για τη γεωργία έχουν οι κατολισθήσεις οι οποίες απομακρύνουν το γόνιμο επιφανειακό έδαφος ή καλύπτουν γόνιμο έδαφος με υγρή μάζα από άργιλο και χαλίκια. Τέτοιες μικρής έκτασης κατολισθήσεις συμβαίνουν στα πρανή των μικρών χαραδρών ή χειμάρρων όπως και στις περιπτώσεις υπερβόσκησης επικλινών περιοχών όπου δημιουργούνται μικροί ή μεγαλύτεροι χείμαρροι. Στις περιπτώσεις αυτές συνιστάται (με μεγάλη πάντα οικονομική δαπάνη) το γέμισμα των μικρών ή μεγάλων χαραδρών και η παρεμπόδιση δημιουργίας νέων.

Γενικά οι μικρές ή μεγάλες κατολισθήσεις εδάφους ή πετρωμάτων συνδέονται στενά με την αποσάθρωση και τη διάβρωση των πετρωμάτων από το νερό. Η διαδικασία της αποσάθρωσης επιτρέπει την δημιουργία χαλαρού υλικού το οποίο κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις με τη βοήθεια του νερού «κυλά» προς τα χαμηλώτερα σημεία. Η διάβρωση με την υπονόμευση κυρίως της βάσης των κλίσεων συντελεί και αυτή σε μεγάλο πολλές φορές βαθμό στην επιτάχυνση μιας κατολισθησης.

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Τα ιζηματογενή και μεταμορφωσιγενή πετρώματα που αποτελούν και το ~90% του εξωτερικού φλοιού της γης κατά το σχηματισμό τους διατάχθηκαν σε οριζόντια στρώματα. Τα στρώματα αυτά ή παρέμειναν οριζόντια ή με την ενέργεια των διαφόρων ενδογενετικών δυνάμεων έχουν διαταραχθεί και έχουν σχηματίσει πτυχώσεις ή βυθίσματα τα οποία βρίσκονται ή όχι σε επαφή με πυριγενείς όγκους· τα επίπεδα επαφής όπως και οι ρωγμές των πετρωμάτων αποτελούν και «δρόμους» κυκλοφορίας των υπόγειων νερών που αν δεν υπήρχαν η διείσδυση του νερού στους συμπαγείς όγκους των περισσοτέρων πετρωμάτων θα ήταν αδύνατη.

Στη συνέχεια θα εξετασθούν, τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν τα στρώματα, καθώς επίσης, οι πτυχώσεις και τα ρήγματα.

ΣΤΡΩΜΑΤΑ

Κλίση και παράταξη στρώματος

Τα στρώματα στο εσωτερικό της γης είναι διατεταγμένα σε παράλληλες ή μη παράλληλες στρώσεις με οριζόντια κάθετη ή πλάγια διάταξη. Κάθε στρώμα έχει δύο χαρακτηριστικές επιφάνειες επαφής με τα άλλα στρώματα, την άνω και την κάτω. Οι επιφάνειες αυτές μπορεί να είναι παράλληλες ή όχι μεταξύ τους ανάλογα με την διεργασία σχηματισμού του στρώματος.

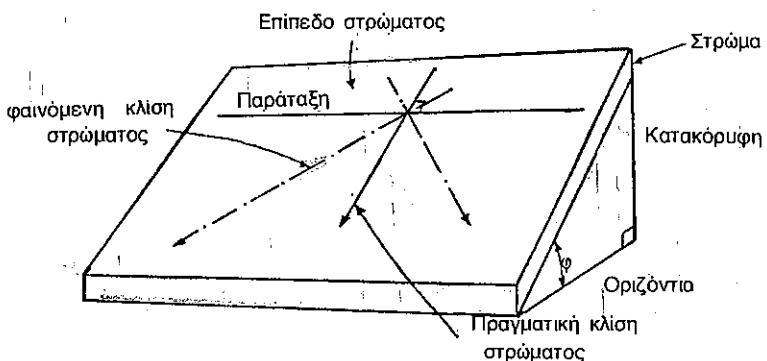
Κάθε στρώμα έχει ορισμένες χαρακτηριστικές παραμέτρους (σχ. 23). Οι παράμετροι αυτές είναι η κλίση και η παράταξη ή διεύθυνση.

Κλίση ενός στρώματος είναι η διεύθυνση και η γωνία της μέγιστης κλίσης με το οριζόντιο επίπεδο. Είναι γωνία οξεία που κυμαίνεται από 0-90° (σχ. 23). Η διεύθυνση της κλίσης ενός στρώματος είναι η οριζόντια γωνία από τον γεωγραφικό βορρά.

Παράταξη ή διεύθυνση ενός στρώματος είναι η τομή του επίπεδου του στρώματος με το οριζόντιο και είναι κάθετη προς την κλίση του στρώματος. Την παράταξη την μετράμε με την οριζόντια γωνία που έχει σαν αρχή τη διεύθυνση του γεωγραφικού βορρά.

Την κλίση και την παράταξη τις μετράμε με τη γεωλογική πυξίδα· την παράταξη με τη μαγνητική βελόνα και την κλίση με το κλισίμετρο της πυξίδας.

Όταν τα γεωλογικά στρώματα τέμνουν την επιφάνεια της γης, η τομή μπορεί να βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο όταν το έδαφος είναι οριζόντιο,

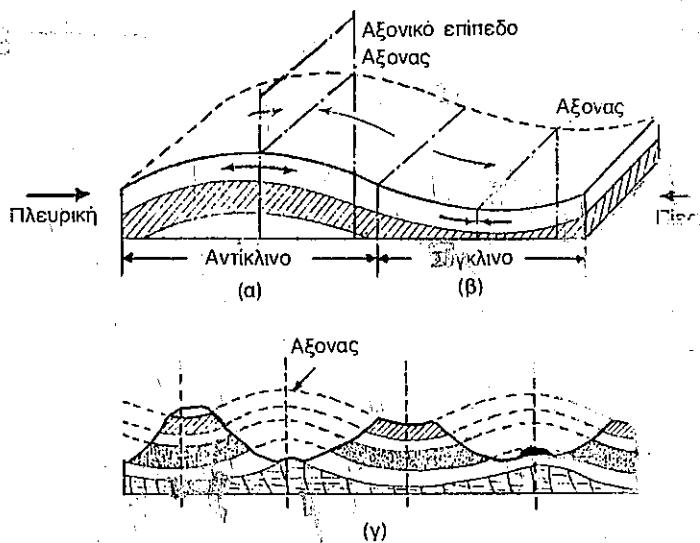


Σχ. 23. Χαρακτηριστικές παράμετροι ενός στρώματος.

ή να βρίσκεται σε οποιοδήποτε άλλο μη οριζόντιο επίπεδο. Η τομή αυτή ονομάζεται όριο εμφάνισης του στρώματος.

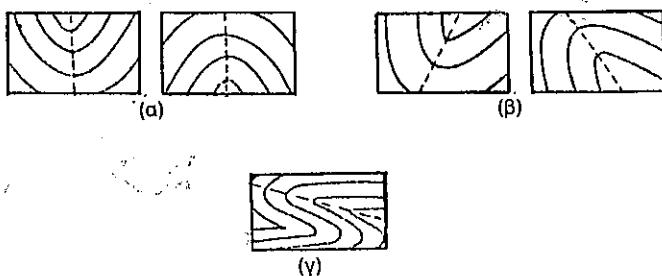
ΠΤΥΧΩΔΕΙΣ

Τα ιζηματογενή στρώματα έχουν διαταραχθεί από διάφορες ενδογενετικές πλευρικές ζυνάμεις και έχουν οχηματίσει τις πτυχώσεις. Οι πτυχώσεις είναι μια σειρά αντικλινών και σύγκλινων, που έχουν σα χαρακτηριστικές παραμέτρους, τον άξονα και το αξονικό επίπεδο, σχ. 24 α.β.



Σχ. 24. Χαρακτηριστικές παράμετροι πτυχώσεων. Αντικλίνο (α), συγκλίνο (β), εμφάνιση της επιφάνειας μετά από διάθρωση (γ).

Οι πτυχώσεις ανάλογα με τη θέση του αξονικού επίπεδου διακρίνονται σε **συμμετρικές**, **ασύμμετρες** και **κατακεκλιμένες** ή αναδιπλωμένες, Εικ. 21.



Σχ. 25. Πτυχώσεις συμμετρικές (α), ασύμμετρες (β), κατακεκλιμένες (γ).

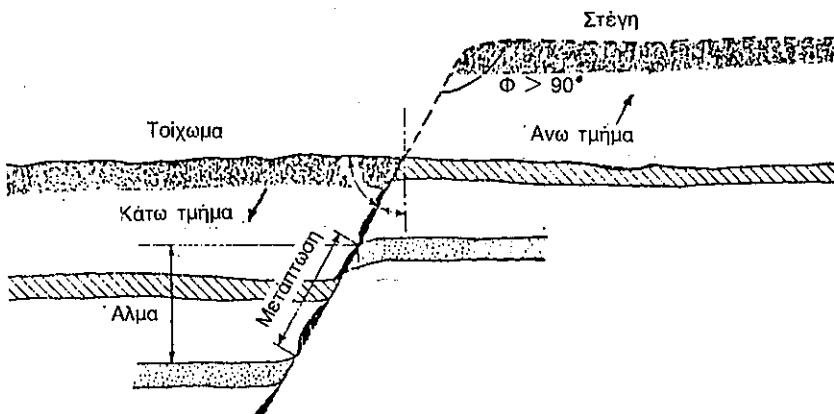
Πολλές πτυχώσεις λόγω ισχυρής διάβρωσης εμφανίζούν διαφορετική εικόνα των αντίκλινων και σύγκλινων στην επιφάνεια της γης και δείχνουν μια διαφορετική διάταξη των αντίκλινων και των σύγκλινων από αυτή που πραγματικά είναι, Σχ. 24γ.

ΡΗΓΜΑΤΑ

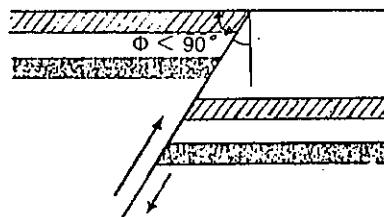
Τα ρήγματα δημιουργούνται από κατακόρυφες δυνάμεις που ενεργούν στα στρώματα. Όταν οι δυνάμεις υπερβούν το όριο αντοχής των στρωμάτων, τα στρώματα διαρρηγούνται. Όταν τα τμήματα εκατέρωθεν της διάρηξης δεν μετακινηθούν τότε έχουμε **διάκλαση**, ενώ όταν τα στρώματα μετακινηθούν έχουμε **ρήγμα**.

Σε κάθε ρήγμα διακρίνονται (σχ. 26) το επίπεδο, η στέγη, το τοίχωμα, το άλμα και η μετάπτωση.

Τα ρήγματα μπορεί να είναι κατακόρυφα ή πλάγια. Τα πλάγια διακρίνονται σε **σύμφωνα** και **ασύμφωνα** (σχ. 27). Σε πολλές περιοχές, τα επίπεδα ρηγμάτωσης σχηματίζουν ομάδες παράλληλες μεταξύ τους. Μια τέτοια ομάδα μπορεί να σχηματίζει σκάλες που όταν κατέρχονται αμφίπλευρα και εσωτερικά σχηματίζουν **τεκτονικές τάφρους** και όταν κατέρχονται αμφίπλευρα και εξωτερικά σχηματίζουν **τεκτονικά κέρατα** (σχ. 28). Τεκτονικές τάφροι είναι οι πεδιάδες Θεσσαλονίκης και Σερρών και τεκτονικά κέρατα είναι οι χερσόνησοι της Χαλκιδικής



Σχ. 26. Κανονικό ρήγμα, σύμφωνο.



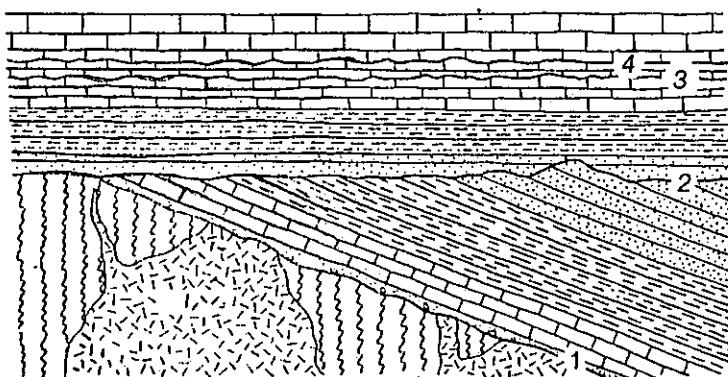
Σχ. 27. Ρήγμα, ασύμφωνο.

Πολλές φορές μια σειρά στρωμάτων με ορισμένη διεύθυνση είναι δυνατόν να επικάθεται πάνω σε μια σειρά στρωμάτων με διαφορετική διεύθυνση και να δημιουργεί μια **ασυμφωνία** (σχ. 29). Εξάλλου η μετακίνηση πετρωμάτων με τη βοήθεια πλευρικών δυνάμεων και η επικάλυψη από αυτά άλλων γειτονικών πετρωμάτων ή γεωλογικών σχηματισμών ονομάζεται **επώθηση**.

Τελικά, η διάταξη των ιζηματογενών, κρυσταλλοσχιστωδών και πυριγενών πετρωμάτων στο εσωτερικό της γης δημιουργεί και ανάλογη μορφολογία στην επιφάνεια της γης. Η μορφολογία αυτή εκτός από τη διάταξη των πετρωμάτων ή των γεωλογικών σχηματισμών, εξαρτάται και από την αντοχή τους στους παράγοντες της αποσάθρωσης και διάβρωσης καθώς επίσης και από διάφορες άλλες γεωλογικές καταστάσεις όπως πτυχώσεις, ρήγματα, ηφαίστεια, επωθήσεις, σχ. 30.



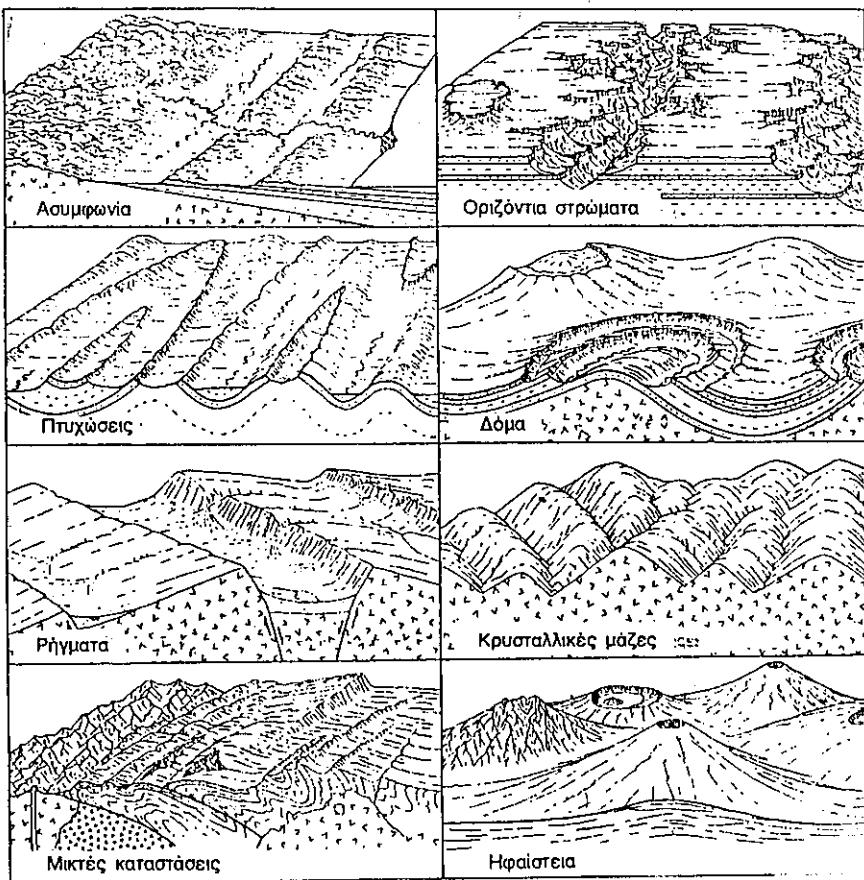
Σχ. 28. Τεκτονική τάφρος (α), τεκτονικό (β).



Σχ. 29. Ασυμφωνία στρωμάτων 1, 2, 3, 4.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

Γεωλογικοί χάρτες είναι τοπογραφικοί χάρτες οι οποίοι συμπληρώνονται με διάφορες γεωλογικές παρατηρήσεις. Οι παρατηρήσεις αυτές είναι σχετικές με την εμφάνιση και διάταξη των πετρωμάτων και των γεωλογικών σχηματισμών, των ρηγμάτων, των επωθήσεων, των μεταλλείων, των θέσεων των γεωτρήσεων. Τα χρώματα με τις αποχρώσεις τους στο γεωλογικό χάρτη καθορίζουν την ηλικία των πετρωμάτων και των γεωλογικών σχηματισμών. Έχει καθιερωθεί το λευκό να χρησιμοποιείται για τα τεταρτογενή, το κίτρινο για τα τριτογενή, το πράσινο για τα κρητιδικά, το κυανό για τα ιουρασικά, το ιώδες για τα τριαδικά, το καστανό για τα παλαιοζωϊκά, και το κόκκινο γενικά για εκρηξιγενή πετρώματα. Η ανάγνωση ενός γεωλογικού χάρτη δίνει χρησιμότατες πληροφορίες οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από επιστήμονες διαφόρων ειδικοτήτων, όπως γεωλόγους, μηχανι-



Σχ. 30. Μορφολογία στην επιφάνεια της γης όπως διαμορφώθηκε στις διάφορες περιπτώσεις λόγω διάταξης των πετρωμάτων ή των γεωλογικών σχηματισμών, ή λόγω άλλων γεωλογικών καταστάσεων.

κούς, δασολόγους, γεωπόνους και άλλους.

Η αναγνώριση των πετρωμάτων από τους γεωλογικούς χάρτες μιας περιοχής και προ παντός η διάταξή τους στο χώρο είναι πληροφορίες πολύ χρήσιμες για τους γεωτεχνικούς που ασχολούνται με την εδαφολογία, διότι τα πετρώματα και οι γεωλογικοί σχηματισμοί αποτελούν το μητρικό υλικό των εδαφών. Η διάταξη των πετρωμάτων στο χώρο δίνει πληροφορίες σχετικές με την ευκολία αποσάθρωσης και διάβρωσης ενός πετρώματος όπως και πληροφορίες σχετικές με τους κινδύνους μικρών ή μεγάλων κατοισθήσεων.

Οι πληροφορίες οι σχετικές με τις εμφανίσεις των διαφόρων πετρωμάτων παρέχονται άμεσα από την ανάγνωση του γεωλογικού χάρτη. Οι πληροφορίες οι σχετικές με τη διάταξη των πετρωμάτων στο χώρο, τη διεύθυνση των στρωμάτων και των ρηγμάτων δίνονται από τις γεωλογικές τομές οι οποίες κατασκευάζονται με βάση τα στοιχεία του γεωλογικού χάρτη.

Γεωλογικές τομές

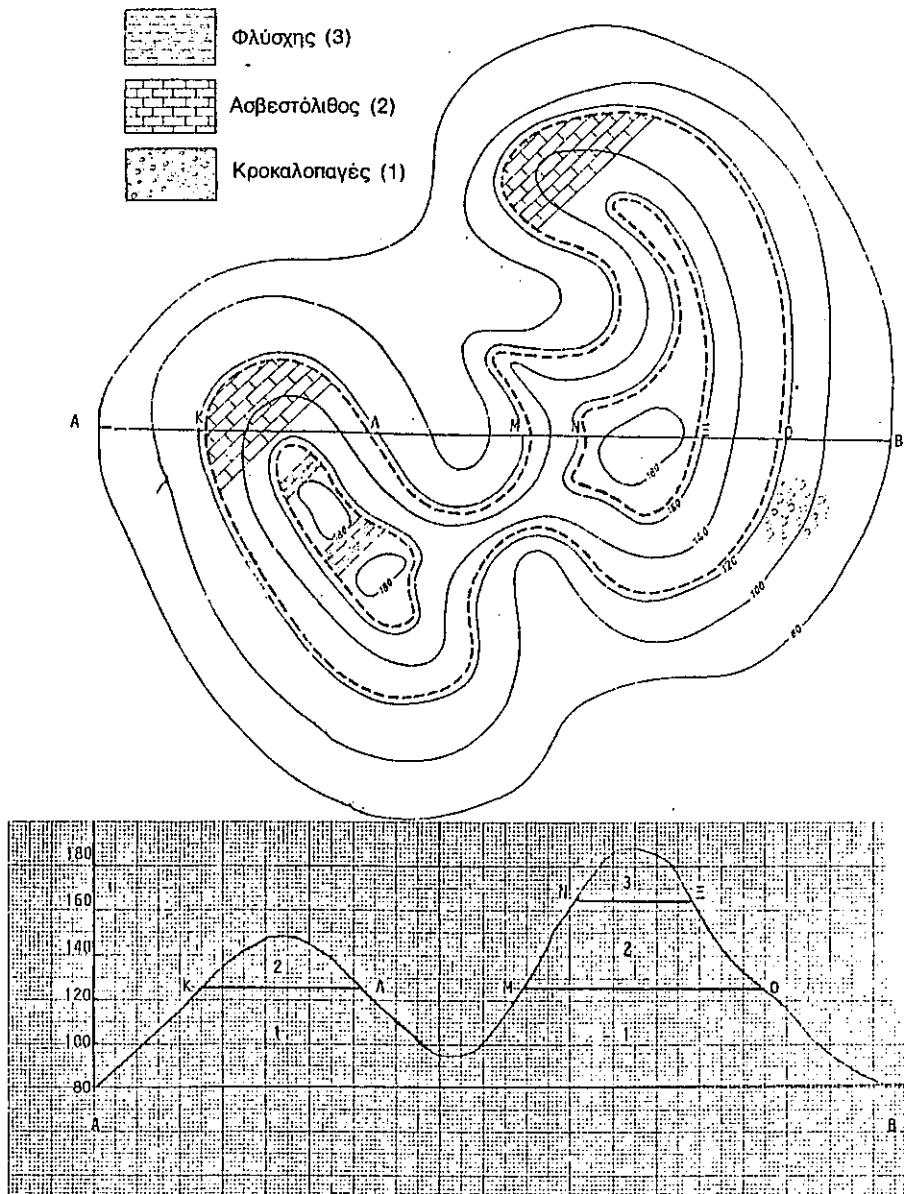
Γεωλογικές τομές είναι τοπογραφικές τομές στις οποίες τοποθετούνται οι διευθύνσεις και η σειρά των γεωλογικών στρωμάτων με βάση τα στοιχεία του γεωλογικού χάρτη.

Οι γεωλογικές τομές κατασκευάζονται κατά τη διεύθυνση της μέγιστης κλίσης των πετρωμάτων για να εμφανίζεται στο σχέδιο της τομής η πραγματική κλίση των πετρωμάτων. Ασφαλώς μπορούμε να κάνουμε τομές και κατά οποιαδήποτε άλλη κατεύθυνση θεωρούμε ότι θα πάρουμε τις περισσότερες πληροφορίες για τις περιπτώσεις που ερευνάμε.

Για την παρουσίαση της γεωλογικής τομής κατ' αρχή κατασκευάζεται η τοπογραφική τομή σε «φυσική» ή «διογκωμένη» κλίμακα κατά τα γνωστά. Στη συνέχεια μεταφέρονται τα γεωλογικά στοιχεία. Τα γεωλογικά στοιχεία μπορούν να διακριθούν σε στοιχεία από οριζόντια γεωλογικά στρώματα, σε στοιχεία από κεκλιμένα στρώματα και σε στοιχεία από κάθετα στρώματα.

Τομές οριζόντιων στρωμάτων.

Στα οριζόντια στρώματα τα όρια εμφάνισης των πετρωμάτων είναι παράλληλα προς τις ισούψεις (σχ. 31). Επομένως η μεταφορά των ορίων των εμφανίσεων στην τοπογραφική τομή είναι μεταφορά των ισούψών που αντιπροσωπεύουν τα όρια των εμφανίσεων αυτών. Στο σχ. 31, τα σημεία Κ, Λ, Μ, Ν, Ξ, Ο στο χάρτη είναι τα σημεία τομής των ορίων εμφανίσεων των αντιστοιχών πετρωμάτων με τη γεωλογική τομή AB. Τα σημεία αυτά μεταφέ-



Σχ. 31. Γεωλογικός χάρτης και τομή (AB) με οριζόντια στρώματα.

ρονται στην τοπογραφική τομή με το αντίστοιχο υψόμετρο και καθορίζουν τα οριζόντια γεωλογικά στρώματα. Η κλίση και η παράταξη δεν καθορίζονται, όπως γίνοται εύκολα αντιληπτό, διότι τα στρώματα είναι οριζόντια. Από τη σχεδίαση της τομής μπορεί να μετρήσει κανείς και το πάχος των γεωλογικών στρωμάτων.

Τομές κεκλιμένων στρωμάτων

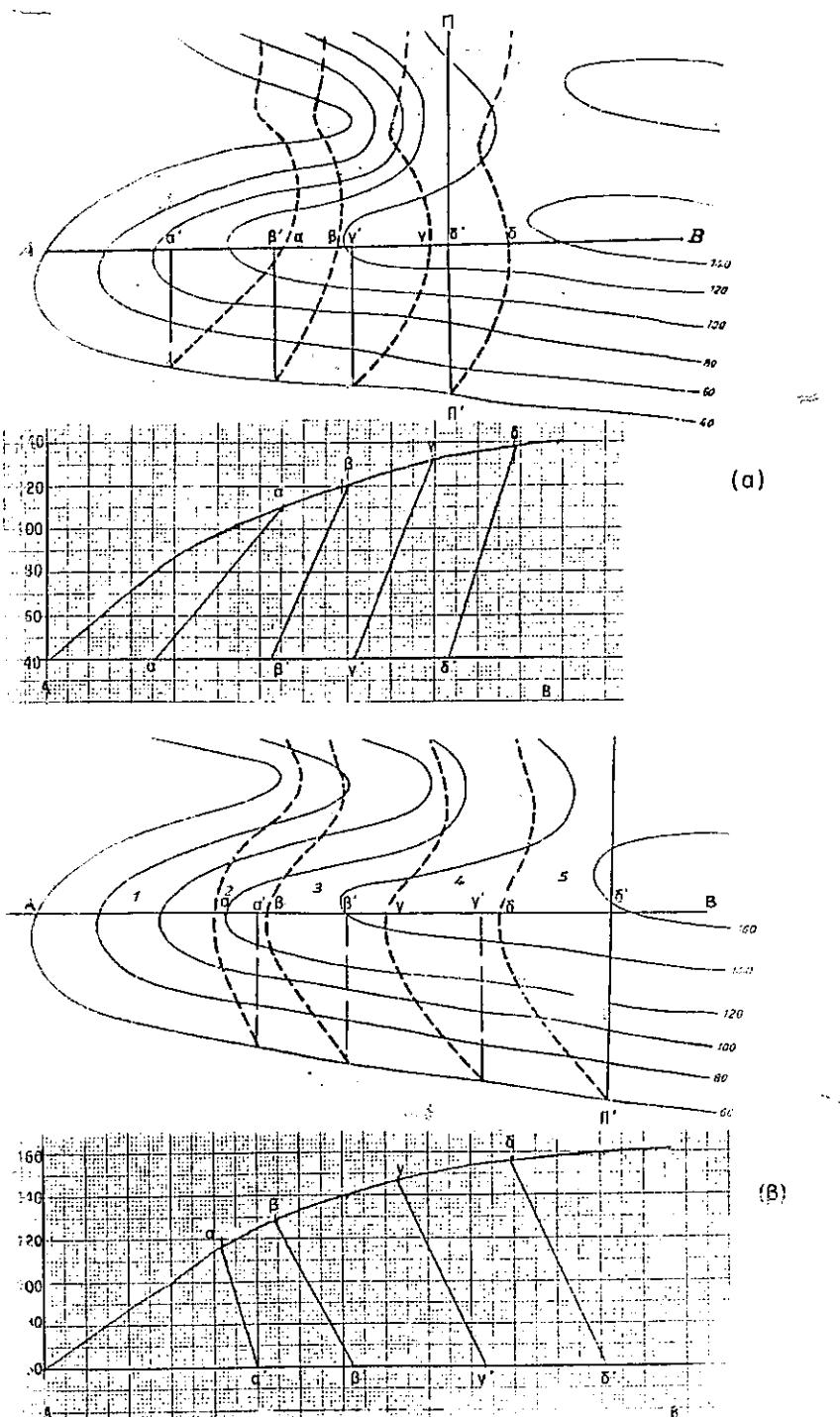
Τα κεκλιμένα στρώματα ή είναι ομόρροπα προς την κλίση ή αντίρροπα. Όπως αναφέρθηκε η γεωλογική τομή γίνεται συνήθως κατά τη διεύθυνση της μέγιστης κλίσης των στρωμάτων για να παρουσιάζεται η πραγματική τους κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Γι αυτό σχεδιάζεται στο γεωλογικό χάρτη, και στην περιοχή που επιλέχτηκε η γεωλογική τομή, η παράταξη. Η παράταξη ενός στρώματος στο χάρτη ορίζεται από τα δύο σημεία της τομής του ορίου εμφάνισης του στρώματος με την ισούψη του ίδιου υψόμετρου. Στα παράλληλα κεκλιμένα στρώματα οι παρατάξεις είναι μεταξύ τους παράλληλες και η διεύθυνση της κλίσης των στρωμάτων κάθετη προς τις παρατάξεις (Εικ. 28). Επομένως κάθετες τομές προς την παράταξη είναι τομές που συμπίπτουν με τη διεύθυνση της κλίσης των στρωμάτων.

Οι τομές κεκλιμένων στρωμάτων κατασκευάζονται ως εξής (σχ. 32) α, β): Καθορίζεται η παράταξη ενός στρώματος π.χ. του στρώματος 4 από την ευθεία ΠΠ'. Στη συνέχεια ορίζεται η διεύθυνση AB της γεωλογικής τομής που κατασκευάζεται (κάθετη προς την παράταξη). Κατασκευάζεται η τοπογραφική τομή, κατά τα γνωστά, μεταφέροντας τα σημεία τομής των ισούψων με την ευθεία AB στο σχέδιο. Στη συνέχεια μεταφέρονται στην τοπογραφική τομή τα σημεία τομής των ορίων των εμφανίσεων των πετρώματων με την AB (α,β,γ,δ), και η προβολή, πάνω στην ευθεία AB, των σημείων τομής των ορίων των εμφανίσεων των πετρωμάτων με την ισούψη του μικρότερου υψόμετρου (α', β', γ', δ') που μεταφέρθηκε από το χάρτη στην τοπογραφική τομή. Οι ευθείες, που συνδέουν τα σημεία αα', ββ', γγ' και δδ' στην τομή που κατασκευάστηκε, αποτελούν τις διευθύνσεις των γεωλογικών στρωμάτων είτε αυτά είναι ομόρροπα προς την κλίση της επιφάνειας του εδάφους (σχ. 32α), είτε αντίρροπα (σχ. 32β).

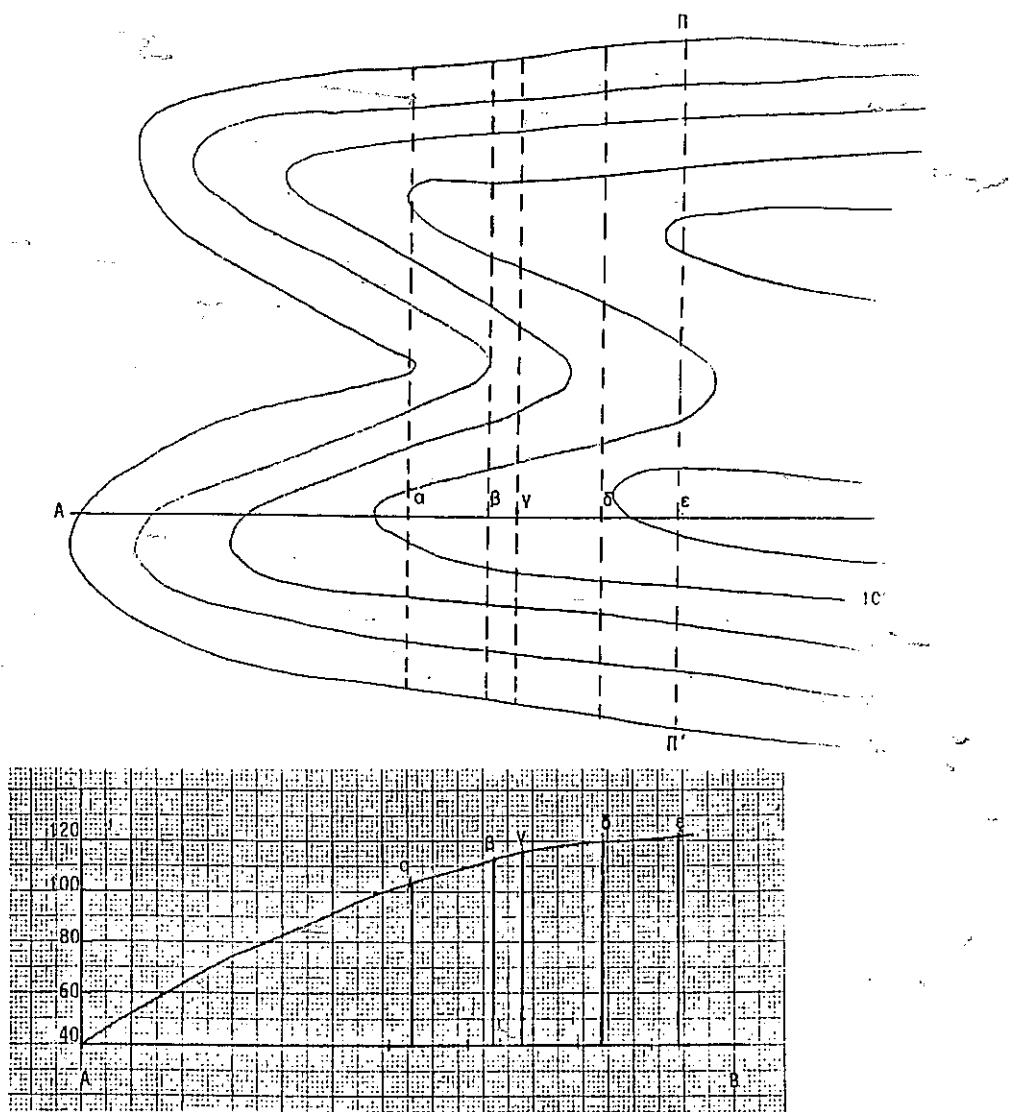
Η μεταφορά στη γεωλογική τομή μόνο των σημείων α,β,γ,δ και α',β',γ',δ', αποτελεί μια απλούστευση που γίνεται για εκπαιδευτικούς λόγους. Στην πραγματικότητα μεταφέρονται όλα τα σημεία που τέμνουν τις ισούψεις οι καμπύλες αα', ββ', γγ', δδ'.

Τομές κατακόρυφων στρωμάτων.

Η κατασκευή τομής κατακόρυφων στρωμάτων (σχ. 33) είναι ίδια, σχε-



Σχ. 32. Γεωλογικοί χάρτες και σημείο (ΑΒ) με κεκλιμένα ομόροπα (a) και αντίστροφα (b) στρώματα.



Σχ. 33. Γεωλογικός χάρτης και τομή (AB) με κατακόρυφα στρώματα.

δὸν, με την κατασκευὴ τομῆς κεκλιμένων στρωμάτων. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό οι προβολές των σημείων α', β', γ' δ', στην AB συμπίπτουν με τα σημεία α, β, γ, δ και κατὰ την κατασκευὴ της τομῆς μεταφέρονται

στην τοπογραφική τομή ευκολότερα.

Γενικά ή αριθμηση των στρωμάτων στη γεωλογική τομή γίνεται από τα παλαιότερα προς τα νεότερα στρώματα.

ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΡΥΚΤΑ

Εισαγωγή

Η πλήρης γεωλογική ταξινόμηση των πετρωμάτων και ορυκτών αποτελεί μια πολύπλοκη και λεπτομερή μελέτη για τους φοιτητές του Γεωπονικού τμήματος. Ο φοιτητής θα πρέπει να γνωρίζει απλούστερες ταξινομήσεις για μεγάλες ομάδες πετρωμάτων ή ορυκτών και να είναι σε θέση να τα αναγνωρίζει (πετρώματα και ορυκτά) στο εργαστήριο και στην ύπαιθρο.

Στη συνέχεια θα γίνει μελέτη των κύριων τύπων των ορυκτών σε σχέση με την προέλευση και το σχηματισμό τους, την κρυσταλλική τους δομή και την ορυκτολογική τους σύνθεση. Επειδή τα πετρώματα αποτελούνται από ορυκτά είναι αναγκαίο να γίνει πρώτα περιγραφή ορισμένων ορυκτών σε συνδυασμό με τις ιδιότητές τους.

ΟΡΥΚΤΑ

Στην μελέτη των κοινών ορυκτών που υπάρχουν στα πετρώματα πρέπει να υπάρχει μια βασική σκιαγράφηση των χημικών στοιχείων και των ενώσεων που συνιστούν την πλειονότητα των ορυκτών. Η σκιαγράφηση αυτή δίνεται στογύ πίνακα 4.

Από τα 2.000 περίπου ταξινομημένα ορυκτά, στο κεφάλαιο αυτό δίνονται μόνο τα συνήθη πυριτικά και μη πυριτικά ορυκτά. Μερικά κοινά τυπικά ορυκτά είναι:

Σιδηροπυρίτης. Αποτελείται από μπρουντζοκίτρινους, μεταλλικούς κυβικούς κρυστάλλους, με χρώμα (γραμμή) σκόνης καφετί προς το μαύρο ή πράσινο και θραυσμό κογχώδη. Αποτελείται από θειούχο σίδηρο (FeS_2),

Πίνακας 4. Ορυκτολογία

1. Στοιχεία	Ουσίες που δεν είναι δυνατόν να διαιρεθούν σε αιλούστερες.																									
2. Ενώσεις	Ουσίες που περιέχουν δύο ή περισσότερα στοιχεία ενωμένα πάντοτε με συγκεκριμένες αναλογίες.																									
3. Ορυκτά	<p>Είναι ουσίες:</p> <ol style="list-style-type: none"> Με συγκεκριμένη χημική σύνθεση. Σχηματίσθηκαν φυσικά με ανόργανη πορεία. Που έχουν συγκεκριμένη εσωτερική δομή π.χ. κρυσταλλική. Που έχουν σταθερές φυσικές ιδιότητες σύμφωνα με τη σύνθεση και τη δομή. <p>Η πλειονότητα των ορυκτών των πετρωμάτων είναι χημικές ενώσεις όπως οξειδία και πυριτικά ανθρακικά' και θειϊκά' χλωριούχα, θειούχα κλπ.</p> <p>Οι τύποι για τη σύνθεση όλων των κρυσταλλικών πετρωμάτων υπό μορφή οξειδίων (%) είναι:</p> <table> <tbody> <tr> <td>SiO_2</td> <td>59,1*</td> <td>Fe_2O_3</td> <td>3,1*</td> </tr> <tr> <td>Al_2O_3</td> <td>15,2</td> <td>K_2O</td> <td>3,1</td> </tr> <tr> <td>CaO</td> <td>5,1</td> <td>H_2O</td> <td>1,3</td> </tr> <tr> <td>Na_2O</td> <td>3,7</td> <td>TiO_2</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>FeO</td> <td>3,7</td> <td>P_2O_5</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>MgO</td> <td>3,3</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	SiO_2	59,1*	Fe_2O_3	3,1*	Al_2O_3	15,2	K_2O	3,1	CaO	5,1	H_2O	1,3	Na_2O	3,7	TiO_2	1,2	FeO	3,7	P_2O_5	0,3	MgO	3,3			<p>Λίγα μόνο στοιχεία υπάρχουν μόνο τους ως ορυκτά π.χ. άνθρακας (C), θειάφι (S), χρυσός (Au), χαλκός (Cu).</p> <p>* Ένα άτομο πυριτίου (Si) συνδέεται χημικά με δύο άτομα οξυγόνου (O_2) και σχηματίζει ένα μόριο χαλαζία (SiO_2). Όμοια τρία άτομα οξυγόνου πάντα συνδέονται με δύο άτομα σιδήρου (Fe) και σχηματίζουν ένα μόριο αιματίτη (Fe_2O_3).</p>
SiO_2	59,1*	Fe_2O_3	3,1*																							
Al_2O_3	15,2	K_2O	3,1																							
CaO	5,1	H_2O	1,3																							
Na_2O	3,7	TiO_2	1,2																							
FeO	3,7	P_2O_5	0,3																							
MgO	3,3																									
4. Πετρώματα	<p>Τυπικά παραδείγματα:</p> <p>C γραφίτης Cu χαλκός Au χρυσός</p> <p>Διοξείδιο του πυριτίου SiO_2 καθαρός αυμόλιθος -</p> <p>Ανθρακικό ασβεστιο $CaCO_3$ καθαρός ασβεστόλιθος -</p> <p>Χαλαζίας, άστριοι, μαρμαρυγίες: Γρανίτης</p>	<p>Ένα στοιχείο</p> <p>Πέτρωμα ενός ορυκτού (χαλαζίας)</p> <p>» » » (ασβεστίτης)</p> <p>Πέτρωμα δύο ή περισσότερων ορυκτών</p>																								
5. Δοκιμές αναγνώρισης ορυκτών.	<p>Φυσικές:</p> <ol style="list-style-type: none"> Κρυσταλλική μορφή Σχισμός Σκληρότητα Ειδικό βάρος Λάμψη Χρώμα Χρώμα (γραμμή) σκόνης 	<p>Τα δείγματα του ίδιου ορυκτού έχουν τις ίδιες φυσικές ιδιότητες και την ίδια χημική σύνθεση, που είναι αμετάβλητα. Εται οι φυσικές δοκιμές είναι επαρκείς για γνώριση των ορυκτών.</p>																								

έχει σκληρότητα 6, ειδικό βάρος 5 και βρίσκεται σε πολλά πετρώματα (π.χ. ωχιστόλιθους), ή σε φλέβες.

Μαγνητίτης. Μαύρο οξείδιο του σιδήρου (Fe_3O_4) με μεταλλικούς κυβικούς κρυστάλλους που σχηματίζουν οκτάεδρα (Εικ. 30). Έχει μαγνητικές ιδιότητες θραυσμό κογχώδη, σκληρότητα 6 και ειδικό βάρος 5.

Αιματίτης. Κόκκινο οξείδιο του σιδήρου (Fe_2O_3) με μεταλλικούς γκριζόμαυρους αλαμπείς κρυστάλλους του εξαγωνικού συστήματος. Έχει χρώμα (γραμμή) σκόνης κόκκινο και θραυσμό ανώμαλο.

Δολομίτης. Ανθρακικό του μαγνησίου και του ασβεστίου, (Ca, Mg, CO_3), με μαργαριτώδεις λευκοκίτρινους κρυστάλλους του εξαγωνικού συστήματος, με κυρτές επιφάνειες. Έχει σκληρότητα 3,5-4 και ειδικό βάρος 2,8.

Αστριοι. Σύνθετα πυριτικά που αποτελούνται από πυρίτιο, οξυγόνο, αργίλιο και K, Na ή Ca . Σχηματίζουν σειρά μονοκλινών και τρικλινών κρυστάλλων και βρίσκονται σε γρανίτες και σε πολλά άλλα πυριγενή πετρώματα.

Μαρμαρυγίες. Σύνθετες πυριτικές ενώσεις που αποτελούνται από πυρίτιο, οξυγόνο, αργίλιο, κάλιο και, σε συνδυασμό με, μαγνήσιο και σιδηρο. Μονοκλινείς μαργαριτώδεις λεπτοί κρύσταλλοι είναι ο μοσχόβιτης, ενώ μαύροι είναι ο βιοτίτης. Βρίσκονται κυρίως στους γρανίτες και άλλα ξενιά πετρώματα, καθώς επίσης και σε μεταμορφωσιγενή πετρώματα.

Γύψος. Ενυδρό θειϊκό ασβέστιο ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) που αποτελείται από μικρούς μαλακούς κρυστάλλους, μονοκλινείς, άσπρους. Βρίσκεται σε φλέβες και σε ασβεστολιθικά πετρώματα.

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΡΥΚΤΩΝ

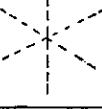
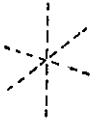
Επειδή η πλειονότητα των ορυκτών έχει πολύ πολύπλοκη χημική σύνθεση, είναι αναγκαίο να έχουμε απλές και γρήγορες φυσικές μεθόδους ταυτοποίησης, όπως περιγράφονται στη συνέχεια.

Φυσικές δοκιμές

1. Κρυσταλλική μορφή· 2. Σχισμός· 3. Σκληρότητα· 4. Ειδικό βάρος· 5. Λάμψη· 6. Χρώμα και χρώμα (γραμμής) σκόνης.

Κρυσταλλική μορφή. Απαραίτητο στοιχείο για τη δοκιμή αυτή είναι η γνώση των κρυσταλλικών μορφών που υπάρχουν στη φύση, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι ιδανικές μορφές που θα εξετασθούν στη συνέχεια υπάρχουν αυτούσιες στη φύση. Η ανάπτυξη της πλήρους μορφής κάθε κρυστάλλου εξαρτάται από το χώρο που διαθέτει κάθε ορυκτό στη φύση για την ελεύ-

Πίνακας 5. Τα έξη κρυσταλλικά συστήματα.

Σύστημα	Σχόλια	Παραδείγματα
(α) Κυβικό 	Περιλαμβάνει το οκτάεδρο, το δωδεκάεδρο και σύνθετους κρυστάλλους. Τρεις ίσοι άξονες σε ορθή γωνία με εννιά επίπεδα συμμετρίας	Φθορίτης, μαγνητίτης γαρνίερίτης, χρωριούχο νάτριο, λευκίτης, αιδηροπυρίτης και αφαλερίτης
(β) Τετραγωνικό ¹ 	Δύο ίσοι άξονες που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 90°, και ένας κάθετος (και άνισος) προς τους προηγούμενους, με πέντε επίπεδα συμμετρίας.	Ζιρκόνιο, ιδοκράσιης, κασσιτερίτης
(γ) Εξαγωνικό	Τρεις ίσοι άξονες που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 120° και ένας κάθετος (και άνισος) προς τους προηγούμενους, με επτά επίπεδα συμμετρίας	Χαλαζίας, ασβεστίτης, απατίτης, τουρμαλίνης, βηρύλιο, νεφελίνης
(δ) Ορθορομβικό	(Κυβικό σύστημα που διαταράχθηκε οριζόντια) Τρεις άνισοι άξονες που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 90° με τρία επίπεδα συμμετρίας.	Ολιβίνης, βαρύτης, τοπάζιο, ενστατίτης
(ε) Μονοκλινές	(Διατάραξη του ορθορομβικού) Τρεις άνισοι άξονες. Ο ένας είναι κατακόρυφος, ο ένας σχηματίζει ορθή γωνία με τον προηγούμενο και ο τρίτος σχηματίζει γωνία προς το επίπεδο των δύο άλλων. Ένα επίπεδο συμμετρίας.	Κεροστίλη, γύψος, αυγίτης, ορθόκλαστο, άστριοι, μαρμαρυγίες
(ζ) Τρικλινές	(Διατάραξη του μονοκλινούς) Τρεις άνισοι άξονες που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνίες ΟΧΙ ορθές. Κανένα επίπεδο συμμετρίας	Πλαγιόκλαστα, αξινίτης
(η) Άμορφο	Υλικό χωρίς κρυσταλλική μορφή	

* Ένα επίπεδο συμμετρίας διαιρεί τον κρύσταλλο σε δύο ακριβώς όμοια κομμάτια με σχέση ειδώλου προς αντικείμενο. Τα ορυκτά με την πιο απλή σύνθεση έχουν και τις πιο απλές μορφές όπως κυβική, τετραγωνική, εξαγωνική (α,β,γ) ενώ ορυκτά με πιο πολύπλοκη μοριακή κατασκευή ανήκουν στο ορθορομβικό, το μονοκλινές και το τρικλινές (δ,ε,ζ).

Θερη ανάπτυξη της μορφής του. Τα ορυκτά υπάρχουν συνήθως σαν μάζες μικρών ή τμήματα μεγαλυτέρων κρυστάλλων. Τέλειοι κρύσταλλοι μπορούν να παρασκευασθούν τεχνητά ή υπάρχουν σε ορισμένες φλέβες ορυκτών ή σε κοιλώματα πετρωμάτων (σχ. 34). Η εξωτερική κρυσταλλική μορφή αντικατοπτρίζει τη θέση και το μήκος των κρυσταλλικών αξόνων και τοποθετείται το ορυκτό σε ορισμένο σύστημα*. Η γωνία μεταξύ των γειτονικών επιφανειών ενός κρυστάλλου είναι σταθερή για κάθε τύπο ορυκτού (π.χ. στο κυβικό σύστημα είναι 90° , στο εξαγωνικό είναι 120°) παρά το γεγονός ότι η πραγματική κρυσταλλική μορφή δυνατόν να μη φαίνεται λόγω ανωμαλιών της επιφάνειας του κρυστάλλου. Οι γωνίες αυτές μπορούν να μετρηθούν με γωνιόμετρα.

Υπάρχουν έξη κρυσταλλικά συστήματα. Συνοπτική περιγραφή ορισμένων δόθηκαν στις προηγούμενες σελίδες (πιν. 5) για την κατανόηση της ταυτοποίησης του ορυκτού από την κρυσταλλική του μορφή.

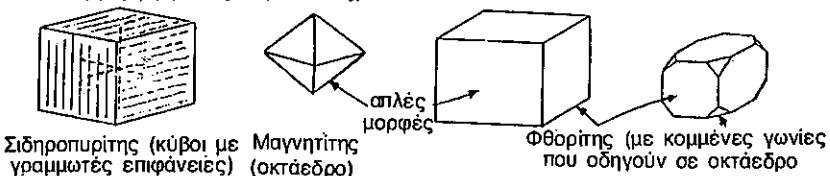
Σχισμός. Όταν τοποθετήσει κανείς ένα ορυκτό πάνω σε πλάκα από ατσάλι και το χτυπήσει με ένα ελαφρύ σφυρί τότε οι κρύσταλλοι τείνουν να σπάσουν ή να «σχιστούν» παράλληλα με μια από τις πιο κύριες επιφάνειες του κρυστάλλου, και προκύπτουν μικρότερα θραύσματα με συγκεκριμένο σχήμα. Η ιδιότητα αυτή οδηγεί στην ταυτοποίηση της κρυσταλλικής μορφής του ορυκτού. Μερικά ορυκτά όπως ο χαλαζιας δεν έχουν επίπεδα ή διευθύνσεις προς τις οποίες ο κρύσταλλος τείνει να σπάσει πιο εύκολα, ενώ άλλα όπως οι μαρμαρυγίες σχίζονται εύκολα σε λεπτά φυλλίδια παράλληλα προς το βασικό τους, επίπεδο· ο ασβεστίτης έχει τρία επίπεδα σχισμού με κλίση μεταξύ τους, προς τα οποία σπάζουν οι κρύσταλλοι του σε ρομβόεδρα (Εικ. 30). Ο σχισμός διακρίνεται σε **πολύ τέλειο, τέλειο, καλό, σαφή, ασαφή,** ανάλογα με την «ποιότητά» του.

Πολύ τέλειο σχισμό έχουμε όταν το ορυκτό σπάζει μόνο κατά σχισμογενή επίπεδα και τα σχισμογενή επίπεδα είναι μεγάλα και λεία (μαρμαρυγίες, ασβεστίτης). Τέλειο σχισμό έχουμε όταν ένα ορυκτό σπάζει αρκετά καλά παράλληλα προς τα σχισμογενή επίπεδα (άστριοι, αμφίβολοι και πυρόξενοι).

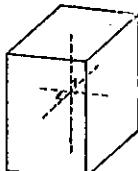
Σκληρότητα. Όταν μια ουσία είναι πιο σκληρή από μια άλλη τότε η πρώτη ουσία χαράζει τη δεύτερη. Μ' αυτό το σκεπτικό μια ουσία χαράζει μια άλλη και με τη σειρά της χαράζεται από μια άλλη. Η ιδιότητα αυτή είναι σημαντική για την ταυτοποίηση των ορυκτών. Η ακριβής κλίμακα για τη σύγκριση της σκληρότητας, καλείται κλίμακα του *Mohs* και αποτελείται από 10 ορισμένα ορυκτά, πίνακας 6.

* Βλέπε πίνακα 5

Κρυσταλλική μορφή (απλές περιπτώσεις)



(a) κυβικό



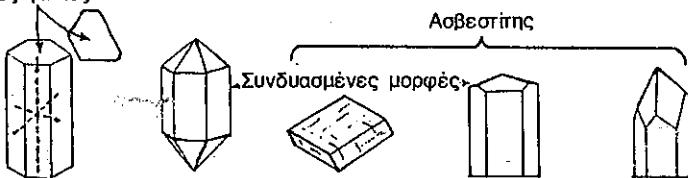
Ζιρκόνιο



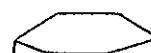
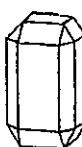
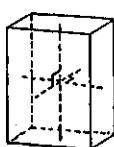
Ιδοκράσης

Τομές κρυστάλλων δείχνουν κανόνικες και πιθανόν μη κανονικές επιφάνειες αλλά με σταθερές γωνίες

(β) Τετραγωνικό

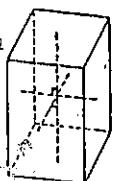


(γ) Εξαγωνικό



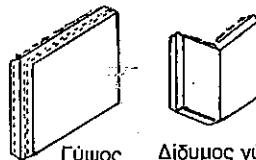
Βαρύτης

(δ) Ορθορομβικό



Ορθόκλαστο

Ολιβίνης

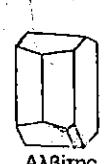


Γύψος Διδυμος γύψου

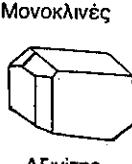
(ε) Μονοκλινές



Πλαγιόκλαστο



Αλβίτης



Αξινίτης

(ζ) Τρικλινές

Σημείωση: Απλές μορφές είναι ο κύβος και το οκτάεδρο με όλες τις επιφάνειες ίδιες.

Συνδυασμένες μορφές περιλαμβάνουν τα περισσότερα ορυκτά που έχουν επιφάνειες από συνδυασμό π.χ. ο χαλαζίας και ο ασβεστίτης έχουν εξαγωνικά πρίσματα με κορυφή πυραμίδας.

Σχ. 34. Διαγράμματα των κρυσταλλικών συστημάτων (οι κρυσταλλογραφικοί άξονες με διακεκομμένες γραμμές).

Πίνακας 6. Σκληρομετρική κλίμακα του Mohs

1. Τάλκης	μπορεί να χαραχθεί με το νύχι	6. Ορθόκλαστο
2. Γύψος		7. Χαλαζίας
3. Ασβεστίτης	μπορεί να χαραχθεί με μαχαιρί τσέπης	8. Τοπάζιο
4. Φθορίτης		9. Κορούνδιο
5. Απατίτης		10. Διαμάντι
		δεν χαράζονται με το μαχαιρί τσέπης

Η σκληρότητα του νυχιού είναι περίπου 2,5-3 στη κλίμακα του *Mohs* και του μαχαιριού τσέπης περίπου 6.

Η σκληρότητα κάθε ορυκτού είναι ορισμένη, ανεξάρτητα από την πρέξεωσή του. Στη δοκιμή σκληρότητας προσπιάθουμε να χαράξουμε το άγνωστο ορυκτό με ένα από τα ορυκτά της κλίμακας *Mohs* για να το τοποθετήσουμε στην αντίστοιχη θέση της κλίμακας. Η δοκική καταρχή, γίνεται με το νύχι και το μαχαιρί τσέπης και τοποθετείται το ορυκτό στην περίπου θέση της κλίμακας. Με το νύχι και το μαχαιρί διακρίνονται τρεις περιοχές της κλίμακας *Mohs*.

Ειδικό βάρος. Το ειδικό βάρος των διαφόρων ορυκτών είναι ιδιότητα χρήσιμη για την κατάταξή του. Το ειδικό βάρος είναι το «βάρος ενός ορισμένου όγκου του ορυκτού σε σύγκριση με το βάρος ίδιου όγκου νερού». Το ειδικό βάρος των ορυκτών κυμαίνεται από 1 έως 20. Το ειδικό βάρος των περισσότερων ορυκτών κυμαίνεται μεταξύ 2 και 7 gr/cm³. Ενσι το ειδικό βάρος του χαλαζία είναι 2,65 gr/cm³, του ολιβίνη είναι 3,5 gr/cm³ παρ' όλο που η σκληρότητά τους είναι περίπου ίδια (7 και 6,5 αντίστοιχα), πίνακα 7.

Η ακριβής μέτρηση του ειδικού βάρους των ορυκτών γίνεται με την κλασσική μέθοδο της λυκήθου:  Ια μεγαλύτερη όμως ταχύτητα μπορεί να χρησιμοποιηθούν και άλλες απλούστερες, με μικρότερη ακρίβεια, όπως η εύρεση του όγκου προζυγισθέντος τμήματος ορυκτού από το υγρό που εκτοπίζει όταν τοποθετείται σε κοινό κύλινδρο εργαστηρίου.

Λάμψη. α) Είναι η εμφάνιση της επιφάνειας του ορυκτού όταν πέσει επάνω του το φως. Για τον βαθμό της λάμψης δίνονται διάφοροι όροι: Μεταλλική- όπως στη γαληνίτη, Αργυρή- όπως στο γραφίτη, Μπρούντζινη- όπως στο σιδηροπυρίτη, Υαλώδης- όπως στο χαλαζία, Μαργαριτώδης- όπως στο μοσχοβίτη και στον τάλκη, Ρητινώδης ή Μεταξώδης- όπως στον οπάλιο (ή οπαλίζουσα). Όταν το ορυκτό δεν εμφανίζει καθόλου λάμψη τότε λέγεται αλαμπής (θαμπή). β) Αισθηση στο χέρι. Συχνά είναι χρήσιμη ιδιότητα, π.χ. λιπαρώδης ή σαπονώδης όπως του σερπεντίνη ή του τάλκη.

Χρώμα. α) Ορυκτού. Το χρώμα του ορυκτού ποικίλει και δεν μπορεί να ληφθεί σαν στοιχείο για την αναγνώρισή του· π.χ. ο χλωρίτης και ο ολιβίνης είναι πράσινος, αλλά άλλα ορυκτά όπως ο χαλαζίας, που κανονικά είναι άχρωμα μπορεί να χρωματισθούν από οποιαδήποτε χημική «ακαθαρσία».

β) Χρώμα (γραμμή) σκόνης. Είναι το χρώμα του ορυκτού σε κατάσταση σκόνης. Η δοκιμή γίνεται αν σύρει κανείς το ορυκτό πάνω σε πλακίδιο πορσελάνης (μη γυαλωμένο). Το χρώμα της γραμμής που αφήνει το ορυκτό πάνω στο πλακίδιο πορσελάνης είναι αρκετά χαρακτηριστικό για το ορυκτό αυτό. Έτσι: ο Αιματίτης (Fe_2O_3), ενώ έχει χρώμα ορυκτού γκριζό ή μαύρο, δίνει γραμμή σκόνης κόκκινη· ο Λειμωνίτης ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$), με άμορφη μάζα και χρώμα καφέ προς το κίτρινο, δίνει γραμμή σκόνης καφέ· ο Μαγνητίτης (Fe_3O_4), με χρώμα ορυκτού μαύρο, δίνει γραμμή σκόνης γκρι· ο Σιδηροπυρίτης (FeS_2), με μπρουντζοκίτρινο χρώμα ορυκτού, δίνει γραμμή σκόνης μαύρη.

Εκτός από τις προηγούμενες δοκιμές ενδιαφέρον παρουσιάζει και ο **Θραυσμός** ενός ορυκτού, που μπορεί να είναι:

- (α) κογχώδης ή καμπυλωτός, όταν μοιάζει με το εσωτερικό ενός κελύφους όπως είναι στο χαλαζία και στον πυριτόλιθο.
- (β) ομαλός, όταν η σπασμένη επιφάνεια παρουσιάζεται ομαλή.
- (γ) ανώμαλος, όταν η σπασμένη επιφάνεια παρουσιάζεται ανώμαλη.
- (δ) ακανθώδες, όταν η σπασμένη επιφάνεια παρουσιάζει μικρές αιχμηρές επιφάνειες.

Επίσης η **μορφή** ενός ορυκτού παρουσιάζει ενδιαφέρον για την ταυτοποίησή του και μπορεί να διακριθούν τα ορυκτά σε: άμορφα (ή μη-κρυσταλλικά), λεπτοκρυσταλλικά, συμπαγή ή ευμορφικά. Μπορεί επίσης να βοηθήσει στην ταυτοποίηση των ορυκτών και η εμφάνιση της κρυσταλλικής επιφάνειας· π.χ. οι επιφάνειες του χαλαζία έχουν συχνά γραμμώσεις που τον διακρίνουν από τον αιχμηρότητα.

Εκτός από τις προηγούμενες ιδιότητες, με τις αντίστοιχες δοκιμές, υπάρχει και η χημική ανάλυση των ορυκτών αλλά κυρίως η εξέταση λεπτών τομών του ορυκτού στο πετρογραφικό (πολωτικό) μικροσκόπιο, καθώς επίσης η εξέταση του ορυκτού σε ακτίνες -X. Η εξέταση ορισμένων μεθόδων από αυτές ξεφεύγει από τους σκοπούς των σημειώσεων αυτών και δεν αναπτύσσονται.

Τα ορυκτά χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα πρωτογενή και τα δευτερογενή ανάλογα με τον σχηματισμό τους.

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΟΡΥΚΤΑ

Τα πρωτογενή ορυκτά των πυριγενών πετρωμάτων σχηματίζονται από τη ρευστή μάζα του μάγματος που ανέρχεται από το βάθος της γης κάτω από ψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις. Τα πιο στεθερά ορυκτά είναι τα σκληρά ορυκτά όπως ο χαλαζίας ή οι αστριοί. Τα κυριότερα πρωτογενή ορυκτά περιγράφονται στον πίνακα 7.

Χαλαζίας. Είναι το κατ' εξοχήν πρωτογενές ορυκτό και υπάρχει σαν κύριο συστατικό στους γρανίτες και σε άλλους όξινους ή ενδιάμεσους πυριγενείς τύπους ή σε αιμολόθιους κλπ. Οι κρύσταλλοι του παίρνουν μορφή εξαγωνικών πρισμάτων ή υπάρχουν σαν δύο πυραμίδες, με οριζόντιες ραβδώσεις (σχ. 35), ενωμένες στη βάση τους.

Κεροστίλβη. Ανήκει στην ομάδα των Αμφίβολων και έχει ραβδώσεις που διασταυρώνονται σε γωνία 120° (σχ.35). Υπάρχει σε πυριγενή και μεταμορφωσιγενή πετρώματα π.χ. διορίτες, ανδεσίτες και κεροστίλβικούς σχιστόλιθους. Είναι πυριτικό του ασβεστίου, του μαγνησίου και του σιδήρου, με μαύρο ως μαυροπράσινο χρώμα και κρύσταλλους μονοκλινείς με έξη πλευρές. Έχει σκληρότητα 5-6 και ειδικό βάρος 3,2-3,5.

Αυγίτης. Ανήκει στους πυρόξενους και έχει ραβδώσεις κάθετες μεταξύ τους (σχ. 35). Στην εμφάνιση μοιάζει με την κεροστίλβη και υπάρχει σε πολλά βασικά πυριγενή πετρώματα (π.χ., στο γάββρο).

Γενικά η οικογένεια των σιδηρομαγνησιούχων πυριτικών πετρωμάτων αποτελείται από σκούρα, βαριά, σκληρά, βασικά ορυκτά, ενώ η οικογένεια των όξινων πυριτικών αποτελείται από ανοικτόχρωμα ορυκτά.

ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΟΡΥΚΤΑ

Τα δευτερογενή ορυκτά δημιουργήθηκαν από τον διαχωρισμό και την ανασύνθεση των χημικών στοιχείων των πρωτογενών ορυκτών, με τη βοήθεια του νερού, που περιέχει CO_2 ή SO_2 από την ατμόσφαιρα. Τα ορυκτά που είναι σταθερά στις διαδικασίες αυτές, όπως ο χαλαζίας, παραμένουν αμετάβλητα. Οι διαλυμένες ενώσεις του καλίου (K) και νατρίου (Na) μεταφέρονται στη θάλασσα με τα ποτάμια και το ασβέστιο (Ca), σε συνδυασμό με το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) της ατμόσφαιρας, σχηματίζει ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$) ένα μέρος από το οποίο γίνεται το ορυκτό «ασβεστίτης».

Στον πίνακα 8 παρουσιάζονται οι κυριώτεροι τύποι με τις ιδιότητες τους.

Πίνακας 7.

Ομάδα	Τύπος ορυκτού	Γενική χημική σύνθεση	Κρυσταλλική μορφή	Λάμψη	Χρώμα
Πυριτικά ορυκτά	Ολιβίνης	Πυριτικό με <i>Fe, Mg</i>	Ορθορομβικό	Υαλώδης	Πράσινο ελαιώδες
Πυρόξενοι	Αυγίτης	Σύνθετο πυριτικό με <i>Mg, Al, Ca, Fe</i>	Μονοκλινές	Υαλώδης ως ρητινώδης	Μαύρο ως πρασινόμαυρο
Αμφίβολοι	Κερροστιλβη	Σύνθετο πυριτικό με <i>Al, Mg, Fe, Ca</i>	Μονοκλινές	Υαλώδης ως ρητινώδης	Μαύρο
	Ακτινόλιθος	Σύνθετο πυριτικό με <i>Ca, Mg, Fe</i>	Μονοκλινές	Υαλώδης	Λευκό
Μαρμαρυγίες (φυλλώδη)	Μοσχοβίτης	Πυριτικό με <i>Al, K</i>	Μονοκλινές	Μαργαριτώδης	Αχρωμο διαφανές
	Βιοτίτης	Πυριτικό με <i>Al, K, Fe, Mg</i>	Μονοκλινές	Μαργαριτώδης	Μαύρο, σκρο πράσινο
Αστριοι (κύρια ορυκτά των πυριγενών πετρωμάτων)	Ορθόκλαστο (σανίδινο)	Πυριτικό με <i>Al, K</i>	Μονοκλινές	Υαλώδης	Σαρκόχρου
	Αλβίτης	Πυριτικό με <i>Al, Na</i>	Τρικλινές	Υαλώδης	Τεφρόλευκι
	Λαβραδόριο		Τρικλινές	Υαλώδης	Τεφρό
	Ανορθίτης	Πυριτικό με <i>Al, Ca</i>	Τρικλινές	Υαλώδης	Αχρωμο ή λευκό
<i>SiO₂</i>	Χαλαζίας	<i>SiO₂</i>	Εξαγωνικό	Υαλώδης	Αχρωμο
Συνοδεύοντα	Ζιρκόνιο	Πυριτικό με <i>Zr</i>	Τετραγωνικό	Αδαμαντώδης	Κίτρινο ή αχρωμο
	Γρανάτες	Πυριτικό με <i>Ca, Mg, Fe, Mn, Al</i>	Τετραγωνικό κυβικό	Υαλώδης	Σκούρο κόκκινο και κα

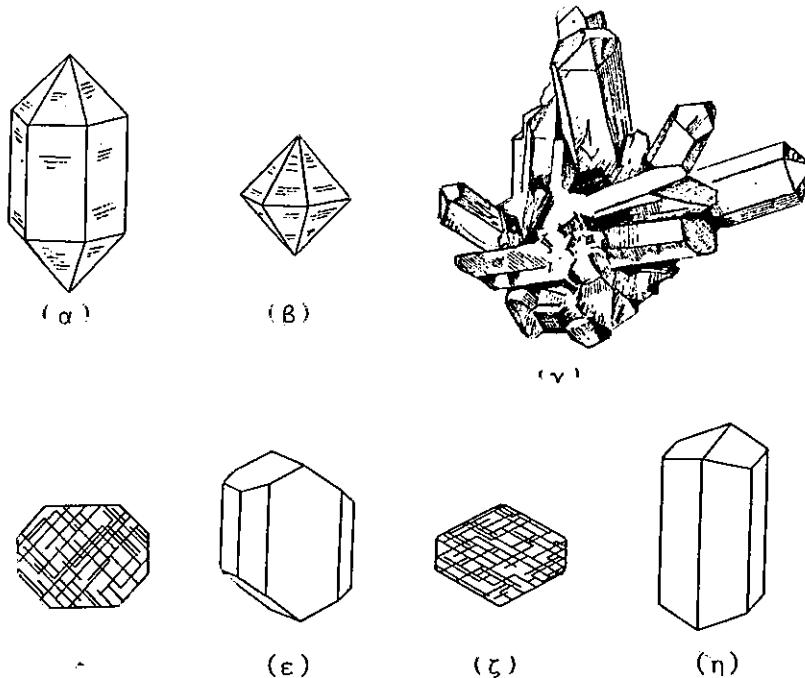
Πρωτογενή ορικτά των πετρωμάτων

Χρώμα σκόνης	Θραυσμός	Σκληρότητα	Ειδικό βάρος	Εμφάνιση ως κύριο των πυριγενών / μεταμορφωσιγενών πετρωμάτων
Λευκό	Κογχώδης	6,5	3,5	Βασικά και υπερβασικά πετρώματα (περιδοτίτες, ολιβινικός βασάλτης, γάββρος)
Λευκό ως γκρίζο	Κοιχιδητός ως ανώμαλος	5-6	3,2-3,5	Βασικά (γάββρος, δολερίτες, βασάλτες)
Ανοικτό γκρίζο	Ανώμαλος	5-6	3-3,4	Οξινά και ενδιάμεσα πετρώματα (γρανίτης, ανδεσίτης, διορίτης, συηνίτης)
Λευκό		5-6	3-3,4	Μεταμορφωσιγενή πετρώματα
Λευκό		2-2,5	2,85	Οξινά πετρώματα (γρανίτες)
Λευκό υποπράσινο		2,5-3	3	Οξινά πετρώματα (γρανίτες)
Λευκό		6-6,5	2,55	Οξινά πετρώματα (γρανίτες)
Λευκό	Ανώμαλος	6-6,5	2,63	Οξινά και ενδιάμεσα πετρώματα
Λευκό	Κογχώδης	6	2,67-2,76	Βασικά πετρώματα (γάββρος, βασάλτες).
Λευκό	Κογχώδης	6-6,5	2,76	Βασικά πετρώματα (γάββροι)
	Κογχώδης		2,65	Οξινά πετρώματα, γρανίτες, χαλαζιακοί διορίτες
	Κογχώδης	7,5	4,7	Οξινά πετρώματα
		6,5-7,5	3,5-4,2	Μεταμορφωσιγενή πετρώματα

Ομάδα	Τύπος ορυκτού	Γενική χημική σύνθεση	Κρυσταλλική μορφή	Λάμψη	Χρώμα
Πυριτικά	Χλωρίτης	Ενυδρο πυριτικό <i>Al, Fe, Mg</i>	Μονοκλινές	Μαργαριτώδης	Πράσινο
	Τάλκης	Ενυδρο πυριτικού <i>Mg</i>	Μονοκλινές	Μαργαριτώδης	Λευκό - Πράσινο
	Σερπεντίνης	Ενυδρο πυριτικό <i>Mg</i>	Μονοκλινές	Κηρώδης	Πρασινόμαυρο
	Καολίνης	Ενυδρο αργιλιοπυριτικό	Μονοκλινές	Αλαμπής	Λευκό
	Χαλκηδόνιος	Μικροκρυσταλλικό <i>SiO₂</i>	Ορθορομβικό	Στεατώδης	Λευκόγκριζο
	Πυριτόλιθος	Μικροκρυσταλλικό <i>SiO₂</i>	-	-	Μαύρο - Λευκό
	Κερατόλιθος	-	-	-	-
	Οπάλιος	Ενυδρο πυριτικό	Άμορφο	Μαργαριτώδης	Λευκόγκριζο
	Μαγνητίτης	Οξείδιο του <i>Fe</i>	Κυβικό	Μεταλλική	Μαύρο - Γκρι
	Αιματίτης	Οξείδιο του <i>Fe</i>	Εξαγωνικό	Μεταλλική	Μαύρο
Ανθρακικά	Λειμωνίτης	Ενυδρο <i>Fe</i>	Άμορφο	Υπομεταλλική	Κίτρινο
	Ιλμενίτης	Οξείδιο <i>Fe</i> και <i>Ti</i>	Εξαγωνικό	Υπομεταλλική	Μαύρο
	Κασσιτερίτης	Οξείδιο <i>Sn</i>	Τετραγωνικό	Αδαμαντώδης	Μαύρο ή Κασσιτερίτης
	Ασβεστίτης	Ανθρακικό <i>Ca</i>	Εξαγωνικό	Υαλώδης	Λευκοκίτρινο
	Δολομίτης	Ανθρακικό <i>Ca</i> και <i>Mg</i>	Εξαγωνικό	Υαλώδης	Λευκο-Κίτρινο
Φωσφορικά	Σιδερίτης	Ανθρακικό <i>Fe</i>	Εξαγωνικό	Υαλώδης	Ανοικτό - Κίτρινο
	Απατίτης	Φωσφορικό <i>Ca</i>	Εξαγωνικό	Υαλώδης	Ποικίλει
Θειικά	Γύψος	Θειϊκό <i>Ca</i>	Μονοκλινές	Μαργαριτώδης	Λευκό ή Άχρηστο
	Βαρύτης	Θειϊκό <i>Ba</i>	Ορθορομβικό	Υαλώδης	Λευκό ή Άχρηστο
Σουλφιδια (θειούχα)	Σιδηροπυριτης	Σουλφίδιο <i>Fe</i>	Κυβικό	Μεταλλική	Μπρούτζινο
	Μαρκασίτης	Σουλφίδιο <i>Fe</i>	Ορθορομβικό	Μεταλλική	Ανοικτό-Κίτρινο
	Γαληνίτης	Σουλφίδιο <i>Pb</i>	Κυβικό	Μεταλλική	Γκριζό
	Σφαλερίτης	Σουλφίδιο <i>Zn</i>	Κυβικό	Στεατώδης	Μαύρο
Φθοριούχα	Φθορίτης	Φθοριούχο <i>Ca</i>	Κυβικό	Υαλώδης	Πρασινωπό
Χλωριούχα	Ορυκτό άλας	Χλωριούχο <i>Na</i>	Κυβικό	Υαλώδης	Άχρωμο ή Λευκό

Δευτερογενή ορυκτά πετρωμάτων

ρώμα ιόνης	Θραυσμός	Σκληρότητα	Ειδικό βάρος	Υπαρξη ως κοινό συστατικό των πετρωμάτων
υκό	-	1,5-2,5	2,6-3	Μεταμορφωμένοι τύποι
υκό	Ανώμαλος	1	2,7	Μεταμορφωμένοι τύποι
υκό	Κογχώδης	3-4	2,5-2,6	Βασικοί και υπερβασικοί τύποι
υκό	-	2-2,5	2,6	Αποσάθρωση αστρίων προς αργύν.
υκό	-	6,5	2,6	-
-	Κογχώδης	6,5	2,6	Σε κιμωλία
-	-	-	-	-
-	Κογχώδης	6	2,2	Σχισμές πυριγενών ορυκτών
αύρο	Υποκογχώδης	5,5-6,5	4,9-5,2	Μικρές ποσότητες σε πυριγενή
ικκινο	Υποκογχώδης	5,5-6,5	5	"
γρινο	-	5-5,5	3,6-4	-
αύρο	Κογχώδης	5-6	4,5-5	Βασικά πυριγενή πετρώματα
προ	Υποκογχώδης	6-7	6,4-7,1	Φλέβες και αποθέσεις
υκό	Κογχώδης	3	2,7	Ασβεστόλιθος
	Κογχώδης	3,5-4	2,8	Ασβεστόλιθος
υκό	Ανώμαλος	3,5-4,5	3,7-3,9	Ασβεστόλιθος
υκό	Κογχώδης	5	3,2	Συνοδεύον σε πυριγενή
	-	1,5-2	2,3	Ιζήματα (αλατούχα)
ευκό	-	2,5-3,5	4,6	Φλεβικές αποθέσεις
ισινο	Κογχώδης	6-6,5	4,8	Φλέβες και συνοδεύοντα
ιύρο - Γκρι	Ανώμαλος	3,5-4,5	4,4-4,65	Βασικά πυριγενή
οίζο	Πλακώδης	2,5	7,2	Φλέβες μεταλλεύματος
προ	Κογχώδης	3,5-4	3,9-4,2	Φλέβες μεταλλεύματος
υκό	Κογχώδης	4	3,25	Φλέβες μεταλλεύματος
-	-	2-2,5	2,2	Αλατούχα ιζήματα



Σχ. 35. Κρυσταλλικός χαλαζίας (α), (β), (γ), χαρακτηριστικοί σχισμοί λινοξένων (δ), κρύσταλλος αυγίτη (ε), χαρακτηριστικοί σχισμοί αμφιθόλων (ζ), κρύσταλλος κεροστίλθης (η).

Συνέχεια με βάση τον πίνακα 8 περιγραφούνται δύο χαρακτηριστικά δείγματα που μπορεί να αποτελέσουν σαν βάση για την περιγραφή των υπόλοιπων τύπων.

Αστίτης. Λευκό, υαλώδες, κρυσταλλικό ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$) υπάρχει στα ασβεστολιθικά πετρώματα. Οι κρύσταλλοι σχηματίζουν ιδιαίτερα πρώτα προϊόντα που καταλήγουν σε επίπεδη βάση ή πυραμίδες, με σχισμογενή επίπεδα με γωνία 60° . Με το σπάσιμο του κρύσταλλου απιζονται κανονικά ρομβόεδρα με επίπεδες παραλληλόγραμμες πλευρές (σχ. 34). Οι κρύσταλλοι του ασβεστίτη είναι λίγο σκληρότεροι από το λαχί (σκληρότητα 3) και έχουν ειδικό βάρος 2,7. Ξένες ενώσεις στον κρύσταλλο σε μικρά ποσοστά χρωματίζουν εύκολα τη μάζα του. Από τον χαρακτηριστικό της μορφής μικρών κρυστάλλων είναι το κύριο συστατικό των ασβεστόλιθων τυγματίζει τους χαρακτηριστικούς «σταλακτίτες» και «σταλαγμίτες», τα οποία προκαλούνται αντιστοίχως στην αναβολή και στην απαντολή των πετρών.

Καολίνης. Άνηκει στα ενυδρά αργιλιοπυριτικά ορυκτά. Έχει χρώμα λευκό (ματ) όταν είναι καθαρός με γαιώδη εμφάνιση και αποτελεί προϊόν αποσάθρωσης των άστριων στην πορεία σχηματισμού της αργιλλου. Έχει κρυσταλλους σε μικρό εξαγωνικό πλατύ σχήμα που ανήκουν στο μονοκλινέτι σύστημα. Έχει μικρή σκληρότητα (2-2,5) και ειδικό βάρος 2,6.

Στη συνέχεια θα γίνει η ανάπτυξη ορισμένων στοιχειών κρυσταλλογραφίας και ταυτοποίηση των ορυκτών με ακτίνες X καθώς επίσης και περιγραφή των ορυκτών τα οποία συμμετέχουν στο σχηματισμό των πετρωμάτων.

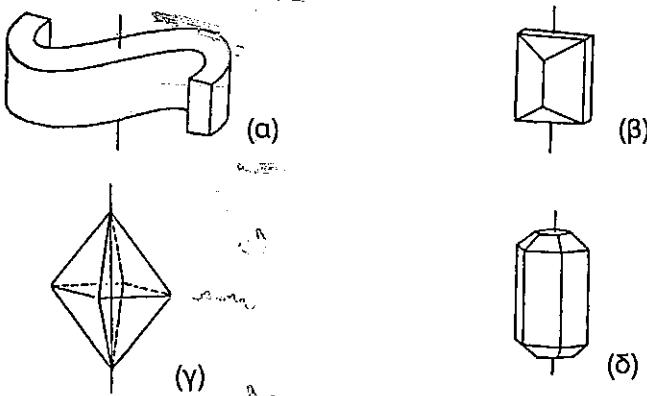
ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ

Οι κρύσταλλοί των ορυκτών παρουσιάζουν συμμετρία ως προς άξονα, επίπεδο ή κέντρο.

Οι διεργασίες που γίνονται σ'έναν κρύσταλλο ώστε αυτός να έρθει σε θύμπτωση, με την αρχική του θέση χαρακτηρίζονται ως διεργασίες συμμετρίας. Οι διεργασίες αυτές είναι α) στροφή γύρω από άξονα, β) κατοπτρισμός σε επίπεδο, και γ) στροφή γύρω από άξονα σε συνδυασμό με αναστροφή.

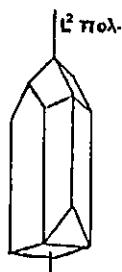
Συμμετρία ως προς άξονα. Όταν ένας κρύσταλλος περιστραφεί γύρω από ένα άξονα, ο οποίος διέρχεται από το κέντρο του κρυστάλλου, και εμφανίζεται, κατά ορισμένη στροφή, η αυτή όψη του κρυστάλλου, τότε ο άξονας είναι άξονας συμμετρίας 2ης, 3ης, 4ης ή 6ης τάξεως (σχ. 36) ανάλογα με τη γωνία στροφής κατά (180° , 120° , 90° , 60°).



Σχ. 36. Άξονες συμμετρίας 2ας (α,β), 4ης(γ) και 6ης(δ) τάξεως.

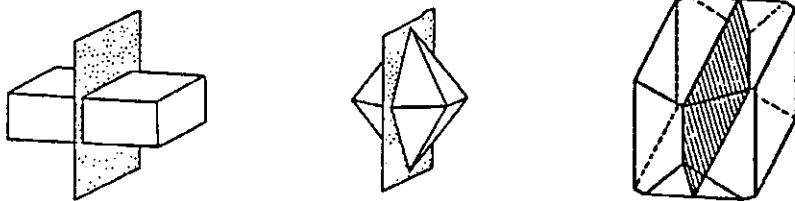
Πρέπει να σημειωθεί ότι άξονας 5ης τάξεως δεν εμφανίζεται στους κρυστάλλους. Οι άξονες συμμετρίας παριστάνονται με το γράμμα Λ ή L . Λ^2 για άξονα 2ας τάξεως, Λ^3 για 3ης κ.ο.κ. Τους άξονες Λ τους ονομάζουμε πρωτεύοντες και τους L δευτερεύο-

ντες. Όταν υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί άξονες σ'έναν κρύσταλλο, τότε αυτοί που έχουν θέση περισσότερο συμμετρική είναι οι κύριοι και είναι αυτοί που είναι κάθετοι σε άλλους της αυτής τάξεως όπως, έστω κιαν η τάξη τους είναι μικρότερη. Όταν οι άξονες καυλήγουν σε διαφορετικά περατωτικά στοιχεία (π.χ. κορυφή-κέντρο έδρας) τότε ονομάζονται πολικοί (σχ. 37).



Σχ. 37. Πολικοί άξονες συμμετρίας 2ας τάξεως.

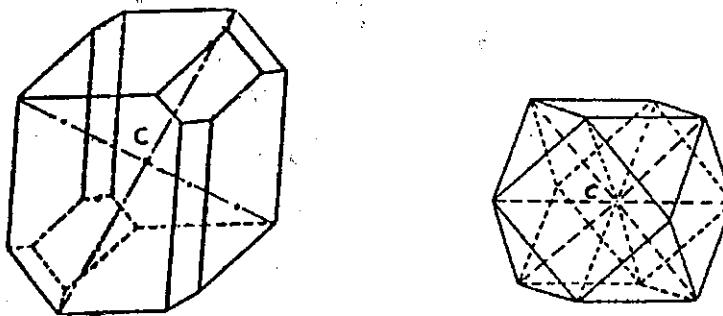
Συμμετρία ως προς επίπεδο. Η σχέση ειδώλου προς αντικείμενο ως προς ένα φανταστικό κατοπτρικό επίπεδο του κρυστάλλου αποτελεί συμμετρία ως προς επίπεδα συμμετρίας (σχ. 38). Τα κύρια επίπεδα συμμετρίας συμβολίζονται με Π και είναι κάθετα σε κύριους άξονες και τα δευτερεύοντα επίπεδα με Ρ και είναι κάθετα σε δευτερεύοντες άξονες.



Σχ. 38. Συμμετρία ως προς επίπεδο συμμετρίας.

Συμμετρία ως προς κέντρο. Οι κρύσταλλοι είναι συμμετρικοί ως προς κέντρο συμμετρίας, όταν η επιφάνεια μιας πλευράς του

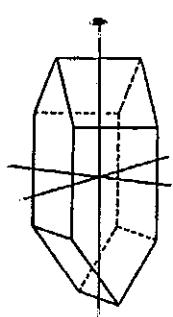
κρυστάλλου έχει μία αντίστοιχη παράλληλη συμμετρική πλευρά (σχ 39). Τότε κάθε σημείο της μιάς πλευράς έχει το συμμετρικό του (ως προς το κέντρο συμμετρίας) στην αντίστοιχη παράλληλη του πλευρά. Το κέντρο συμμετρίας συμβολίζεται με C



Σχ. 39. Συμμετρία ως προς κέντρο συμμετρίας c.

Συμμετρία ως προς άξονα με σύγχρονη αναστροφή. Είναι σύνθετη συμμετρία η οποία επιτυγχάνεται με στροφή γύρω από έναν άξονα και σύγχρονη αναστροφή του κρυστάλλου (σχ. 40).

Από τα προηγούμενα καθίσταται σαφές ότι τα στοιχεία συμμετρίας ενός κρυστάλλου μπορεί να είναι **άξονας, επίπεδο, άξονας με αναστροφή, και κέντρο συμμετρίας**, και χαρακτηρίζονται με τα σύντομα που προαναφέρθηκαν.



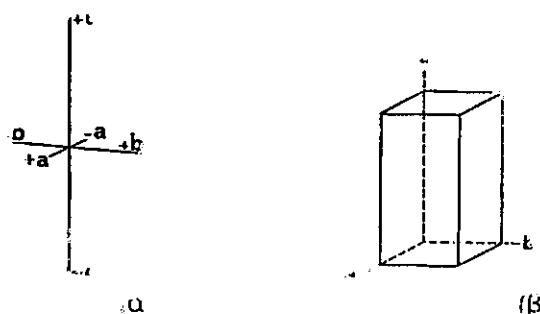
Σχ. 40. Συμμετρία ως προς άξονα με σύγχρονη αναστροφή

ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΑΞΟΝΕΣ ΚΑΙ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Κρυσταλλογραφικοί άξονες.

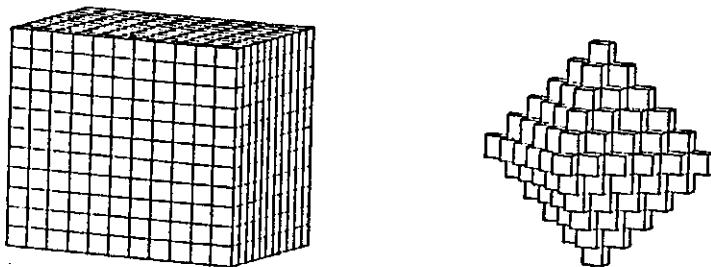
Για την περιγραφή των κρυστάλλων και σύμφωνα με τις μεθόδους της αναλυτικής γεωμετρίας, χρησιμοποιούνται, συγκεκριμένες ευθείες που διέρχονται από το κέντρο του ιδανικού κρυστάλλου, ως άξονες αναφοράς. Αυτές οι φανταστικές ευθείες ονομάζονται **κρυσταλλογραφικοί άξονες**. Οι άξονες αυτοί λαμβάνονται παράλληλα προς τις τομές των ακμών των κύριων κρυσταλλικών επιφανειών. Με αυτή την έννοια οι κρυσταλλογραφικοί άξονες πολλές φορές συμπίπτουν με τους άξονες συμμετρίας, διότι οι θέσεις των κρυσταλλογραφικών αξόνων αντιστοιχούν στίς θέσεις των αξόνων συμμετρίας των κρυστάλλων.

Οι κρυσταλλογραφικοί άξονες είναι τρείς (σχ. 41.α,β). Χαρακτηρίζονται, ως άξονας α αυτός που είναι κάθετος στο επίπεδο παρατήρησης, ως β αυτός που είναι οριζόντιος και παράλληλος προς το επίπεδο παρατήρησης, και ως c αυτός που είναι κατακόρυφος. Οι κρυσταλλογραφικοί άξονες έχουν θετικό και αρνητικό τμήμα σύμφωνα με την αναλυτική γεωμετρία. Το μήκος καθώς και η σχέση των μηκών των κρυσταλλογραφικών αξόνων είναι χαρακτηριστικά μεγέθη για κάθε κρύσταλλο (σχ. 41β).



Σχ. 41. Κρυσταλλογραφικοί άξονες (α,β).

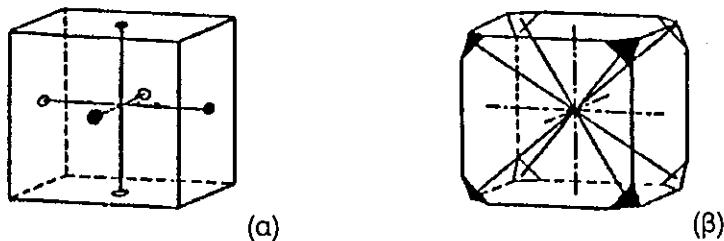
Οι κρύσταλλοι θεωρούνται ότι είναι επαναλήψεις στο χώρο της βασικής μονάδας μιας κυψελίδας της οποίας οι διαστάσεις των αξόνων καθώς και οι γωνίες που σχηματίζουν μεταξύ τους είναι συστημένες για κάθε κρύσταλλο (σχ. 42).



Σχ. 42. Κρύσταλλοι όπως προκύπτουν από την επανάληψη της βασικής κυψελίδας.

Κρυσταλλικά συστήματα.

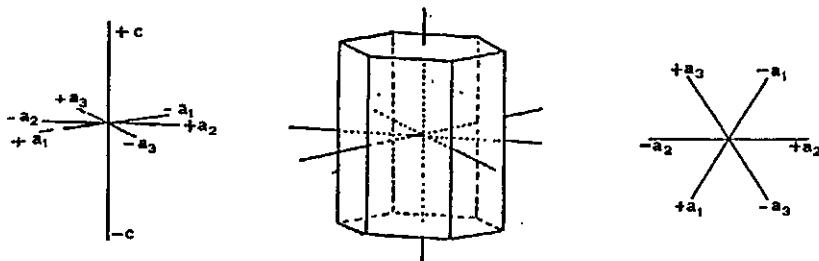
Τα κρυσταλλικά συστήματα είναι έξι ή επτά ανάλογα με το αν συμπεριλαμβάνεται και το τρικλινές στην κατάταξη ή όχι. Τα επτά αυτά συστήματα περιλαμβάνουν τις 32 κρυσταλλικές τάξεις, τις τάξεις δηλαδή στις οποίες ταξινομούνται τα κρυσταλλικά πολύεδρα (κρύσταλλοι) με βάση τη συμμετρία τους.



Σχ. 43. Κυβικό σύστημα με τρείς κρυσταλλογραφικούς άξονες Λ^4 (α) και Λ^2 (β).

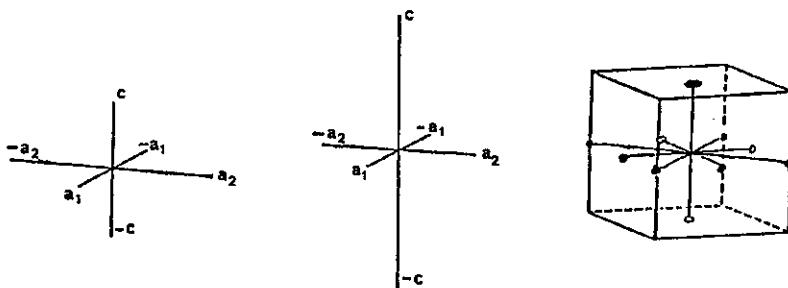
1. Σύστημα κυβικό. Έχει 3 κρυσταλλογραφικούς άξονες που είναι ίσοι και κάθετοι μεταξύ τους και ταυτίζονται με $3\Lambda^4$ ή $3\Lambda^2$ (σχ. 43).

2. Σύστημα εξαγωνικό. Έχει 4 κρυσταλλογραφικούς άξονες όπου ο c ταυτίζεται με Λ^6 και είναι κάθετος στο επίπεδο των τριών άλλων αξόνων. Οι τρείς άξονες τέμνονται υπό γωνία 60° (σχ. 44.).



Σχ. 44. Εξαγωνικό σύστημα κρυσταλλώσεως.

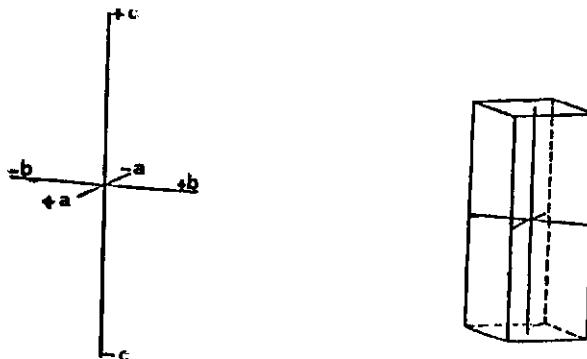
3. Σύστημα τετραγωνικό. Έχει τρείς άξονες. Ο c ταυτίζεται με Λ^4 και είναι κάθετος στους a και b . Οι a και b είναι ίσοι και κάθετοι μεταξύ τους (σχ. 45).



Σχ. 45. Τετραγωνικό σύστημα κρυσταλλώσεως.

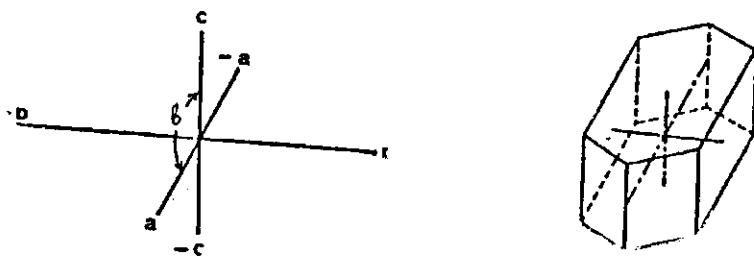
4. Σύστημα τριγωνικό. Έχει 4 κρυσταλλογραφικούς άξονες όπου ο c ταυτίζεται με Λ^3 . Κατά τα άλλα είναι όμοιο προς το εξαγωνικό.

5. Σύστημα ορθορομβικό. Έχει τρείς άνισους άξονες κάθετους μεταξύ τους (σχ. 46).



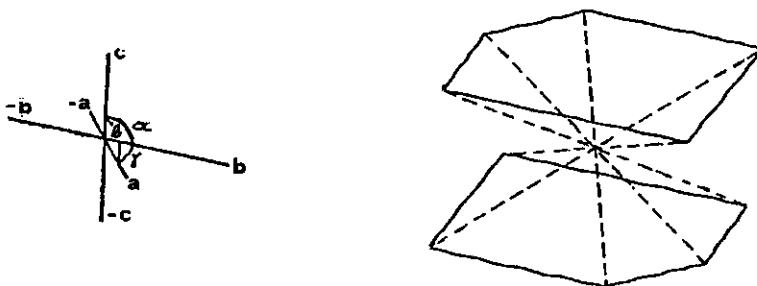
Σχ. 46. Ορθορομβικό σύστημα κρυσταλλώσεως.

6. Σύστημα μονοκλινές. Έχει 3 άξονες άνισους μεταξύ τους. Ο b είναι κάθετος στους a και c , οι οποίοι σχηματίζουν μεταξύ τους μη ορθή γωνία (σχ. 47).



Σχ. 47. Μονοκλινές συστήμα κρυσταλλώσεως

7. Σύστημα τρικλινές. Έχει τρείς άνισους άξονες οι οποίοι διανύνται υπό γωνία (β, α, γ) διάφορη της οικονομικής (σχ. 48)

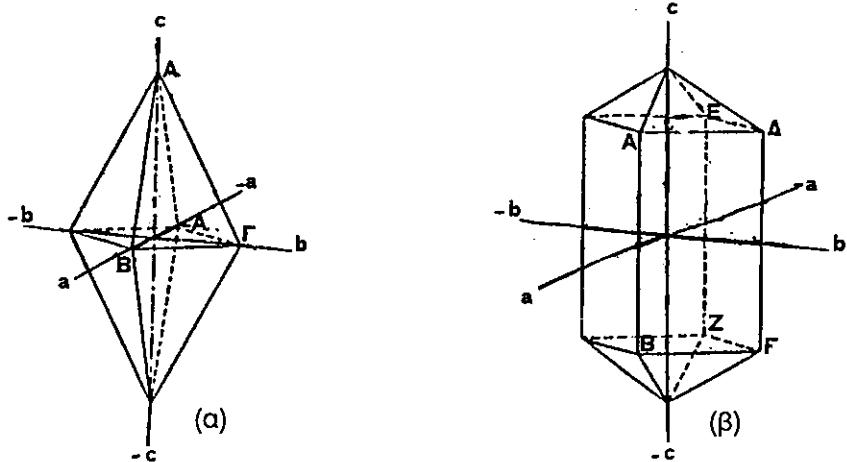


Σχ. 48. Τρικλινές σύστημα κρυσταλλώσεως.

ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ - ΔΕΙΚΤΕΣ

Οι εξωτερικές επιφάνειες ενός κρυστάλλου καθορίζονται από το μήκος των κρυσταλλογραφικών αξόνων και τη γωνία που αυτοί τέμνονται μεταξύ τους. Επομένως με βάση το σύστημα συντεταγμένων a , b , c , όπως είναι οι κρυσταλλογραφικοί άξονες, κάθε επιφάνεια του κρυστάλλου θα είναι παράλληλη προς ένα ή δύο άξονες, θα τέμνει δύο άξονες και θα είναι παράλληλο προς τον τρίτο κ.ο.κ. Θα καταλαμβάνει δηλαδή μία συγκεκριμένη θέση σ'ένα από τα οκτώ οκτημόρια του συτήματος αξόνων a , b , c και επομένως η τομή αυτή μπορεί να είναι θετική ή αρνητική. Ας εξετάσουμε για παράδειγμα έναν κρύσταλλο θείου που έχει μορφή διπυραμίδας (σχ 49.α). Η εξωτερική επιφάνεια $AB\Gamma$ του κρυστάλλου έχει μία τομή με τον άξονα a , μία με τον b και μία με τον c ή με σύμβολα 1a, 1b, 1c. Ο συμβολισμός αυτός με δείκτες είναι στην προκειμένη περίπτωση (111 - διαβάζεται ένα, ένα, ένα) για την αντίστοιχη πλευρά του κρυστάλλου. Αν θεωρήσουμε πλευρά $-A,B,\Gamma$ τότε έχουμε -1a, 1b, 1c ή (-111) κ.ο.κ.

Όταν η έδρα είναι παράλληλη προς ένα άξονα τότε η παραλληλία συμβολίζεται με 0. Στον κρύσταλλο του σχήματος 49.β πλευρά $AB\Gamma\Delta$ τέμνει τον a και τον b και είναι παράλληλη προς τον c . Ο συμβολισμός με δείκτες είναι (110). Για την πλευρά $EZ\Gamma\Delta$ είναι



Σχ. 14. Κρύσταλλοι ορυκτών με τις κρυσταλλικές παραμέτρους.

(-110). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι δείκτες δηλώνουν και τις ακριβείς σχέσεις μεταξύ των αξόνων από την τομή τους με την εν λόγω πλευρά. Στο παράδειγμα του σχήματος 14 το (111) δείχνει ότι τα τμήματα των αξόνων a, b, c στα οποία τους τέμνει η πλευρά $AB\Gamma$ είναι μεταξύ τους ίσα. Επειδή όμως, εκτός λίγων εξαιρέσεων (κυβικό), οι άξονες δεν είναι ίσοι, στις περιπτώσεις αυτές ο συμβολισμός αντικαθίσταται με σύμβολα h ή $-h$, k ή $-k$, l ή $-l$ και 0 . Έτσι ο γενικός συμβολισμός είναι (hkl) και τα γράμματα h, k, l μπορούν να έχουν θετικές ή αρνητικές τιμές των αριθμών $1, 2, 3, \dots, 0$. Το (111) είναι (hkl) το (-110) είναι $(-h\bar{k}0)$, το (121) είναι $(h\bar{k}l)$ κ.ο.κ. Το προηγούμενο περιγραφέν σύστημα δεικτών καλείται σύστημα δεικτών Miller και είναι το κατεξοχή διεθνώς παραδεκτό.

ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ Ή ΣΧΗΜΑ.

Όταν ένα ορυκτό κρυσταλλώθει ελεύθερα στο χώρο, τότε παίρνει μια χαρακτηριστική εξωτερική μορφή, συνήθως πολυεδρική. Σε κάθε κρυσταλλική τάξη υπάρχουν μορφές των οποίων οι έδρες τέμνουν τους τρείς κρυσταλλογραφικούς άξονες. Αυτές είναι μια

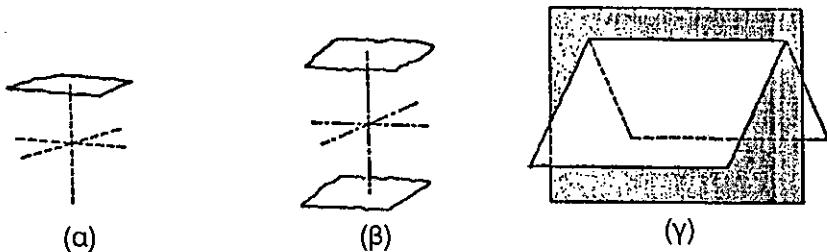
γενική μορφή και συμβολίζονται {hkl}. Όλες οι άλλες μορφές αποτελούν ειδικές μορφές.

Οι μορφές του σχήματος 49, όπου οι έδρες περικλείουν ένα χώρο, λέγονται κλειστές μορφές, ενώ οι μορφές του σχήματος 52 ανοικτές μορφές. Οι μορφές των κρυστάλλων χαρακτηρίζονται κάθε μια από ένα ιδιαίτερο όνομα, που είναι:

Πεδίο. Μια απλή έδρα που αποτελεί μια μορφή (σχ. 50.α).

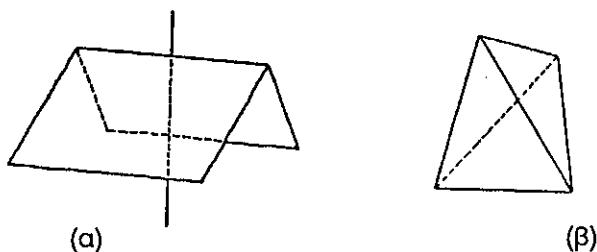
Πινακοειδές. Δύο παράλληλες έδρες αποτελούν μια μορφή (σχ.50.β).

Δόμα. Δύο μη παράλληλες συμμετρικές ως προς επίπεδο συμμετρίας έδρες (σχ. 50.γ).



Σχ. 50. Ανοικτές μορφές κρυστάλλων: πεδίο(α), πινακοειδές(β) και δόμα(γ).

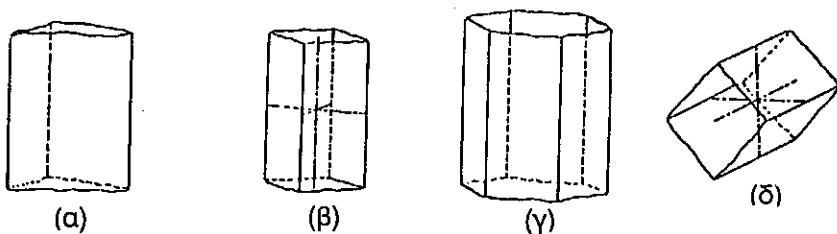
Σφηνοειδές. Δύο μη παράλληλες έδρες που είναι συμμετρικές ως προς άξονα συμμετρίας 2ας ή 4ης τάξης (Λ_2 ή Λ_4) (σχ.51.a).



Σχ. 51. Σφηνοειδής(α) και δισφηνοειδής(β) μορφή κρυστάλλων.

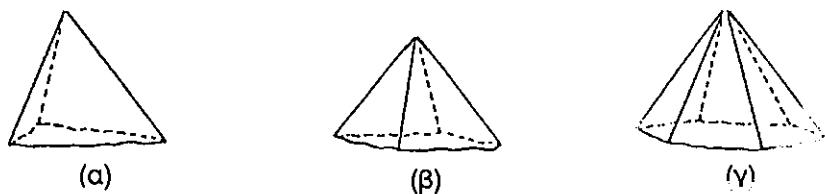
Δισφηνοειδές. Μια μορφή με 4 έδρες όπου οι δυο εδρες του ανώ σφηνοειδούς εναλλάσσονται με τις 2 του κάτω σφηνοειδούς (σχ. 51.β).

Πρίσμα. Μια μορφή με 3, 4, 6, 8 ή 12 έδρες οι οποίες είναι παράλληλες στον ίδιο άξονα (κυρίως σε ένα κρυσταλλογραφικό άξονα) (σχ. 52).



Σχ. 52. Πρίσματα με διαφορετικό αριθμό κρυσταλλικών εδρών

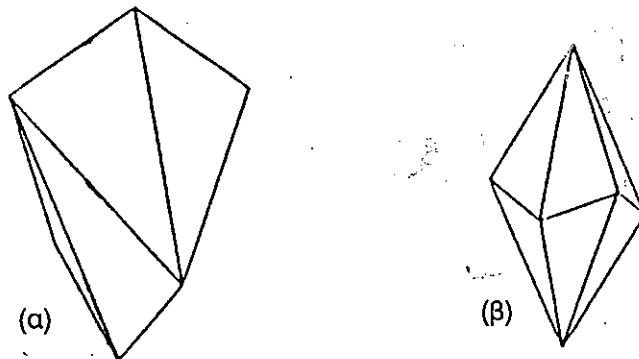
Πυραμίδα. Μια μορφή με 3, 4, 6, 8 ή 12 μη παράλληλες έδρες οι οποίες τέμνονται σε ένα σημείο (σχ. 53)



Σχ. 53. Πυραμίδα τριγωνική (a), τετραγωνική (b) και εξαγωνική (γ)

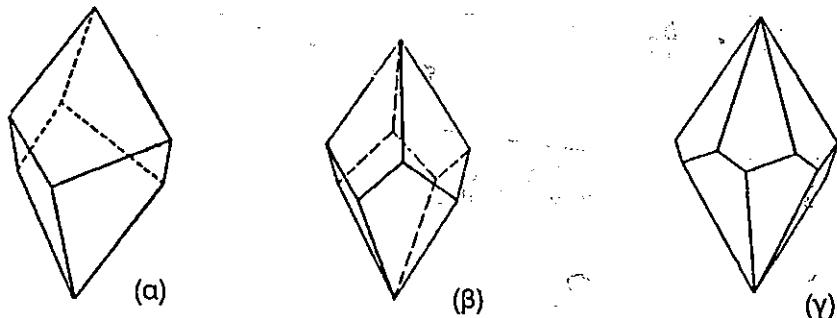
Σκαληνόεδρο. Οκτάεδρη (σχ. 54.α) ή 12εδρη (σχ. 54.β) κλειστοφόρη με έδρες συνκεντρωμένες σε συμμετρικά ζεύγη, επάνω

και κάτω. Σε κρυστάλλους με τέλεια ανάπτυξη κάθε έδρα είναι ένα τικαληνό τρίγωνο.



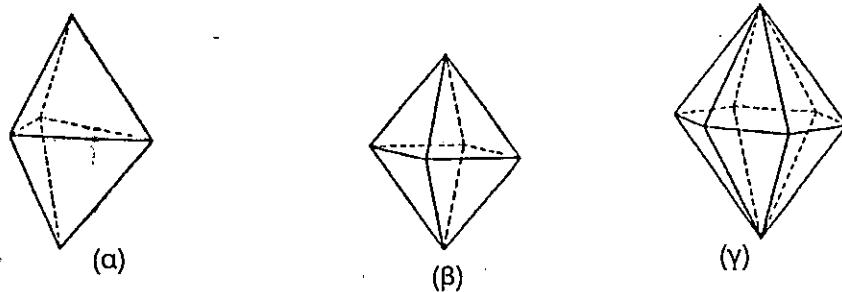
Σχ. 54. Σκαληνόεδρο, οκτάεδρο (a) και δωδεκάεδρο (b).

Τραπεζόεδρο. Εξάεδρη, οκτάεδρη ή δωδεκάεδρη, κλειστή μορφή με 3, 4, 6 έδρες επάνω και 3, 4, 6 έδρες κάτω (σχ. 55.α,β,γ). Σε τέλεια ανάπτυξη κρυστάλλων κάθε έδρα είναι ένα τραπέζιο.



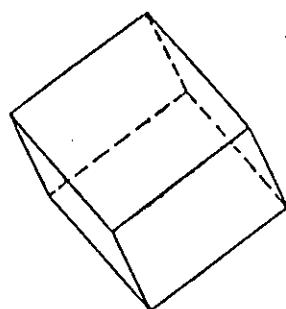
Σχ. 55. Τραπεζόεδρα με 6(α), 8(β) και 12(γ) έδρες.

Διπυραμίδα. Εξάεδρη, οκτάεδρη, δωδεκάεδρη, δεκαεξάεδρη ή εικοσιτετράεδρη κλειστή μορφή. Μπορούν να θεωρηθούν είδωλα ως προς ένα οριζόντιο επίπεδο συμμετρίας (σχ. 56.α,β,γ).



Σχ. 56. Διπυραμίδες με 6(α), 8(β) και 12(γ) έδρες.

Ρομβόεδρο. Κλειστή μορφή με έξη έδρες οι τομές των οποίων είναι ορθές γωνίες (σχ 57).



Σχ. 57. Ρομβόεδρο με 6 έδρες.

ΔΙΔΥΜΙΑ ή ΠΟΛΥΔΥΜΙΑ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

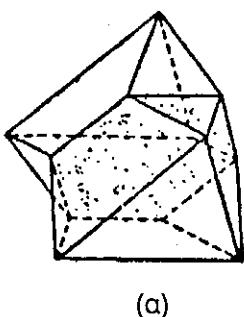
Η περιγραφή και η συζήτηση των κρυσταλλικών συστημάτων αφορά κρυστάλλους στις ιδανικές τους μορφές οι οποίες στη φύση ουσιαστικά δεν υφίστανται. Στη φύση έχουμε ανάπτυξη κρυστάλλων κατά συσσωματώματα και ανάπτυξη του ενός μέσα στον άλλο. 'Όταν έχουμε ανάπτυξη ενός κρυστάλλου μέσα σε έναν άλλο κάτω από συγκεκριμένους νόμους τότε έχουμε το φαινόμενο της διδυμίας.

Στα διαφορετικά τμήματα των δίδυμων κρυστάλλων έχουμε διάφορες σχέσεις μεταξύ τους:

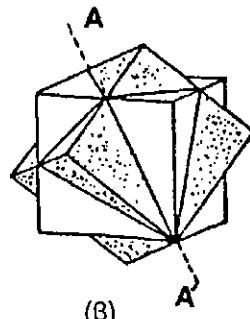
1. Εμφανίζονται στον κρύσταλλο ως το ένα τμήμα να προήλθε από την ανάκλαση του ενός σε ένα κοινό τους επίπεδο συμμετρικά. Το επίπεδο αυτό καλείται **επίπεδο διδυμίας** (σχ. 58).

2. Το ένα τμήμα φαίνεται ως να έχει προκύψει από το άλλο με στροφή ως προς μία κοινή διεύθυνση. Η γωνιώδης στροφή είναι συνήθως 180° και ονομάζεται άξονας διδυμίας (σχ. 59).

3. Οι δύο κρύσταλλοι που συνθέτουν ένα δίδυμο είναι δυνατόν να είναι συμμετρικοί ως προς ένα κέντρο, που ονομάζεται κέντρο διδυμίας.



(a)

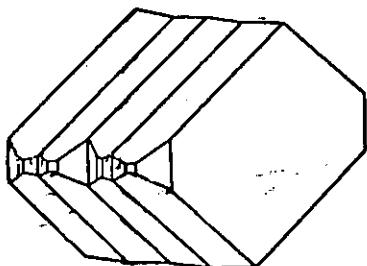


(β)

Σχ. 58. Δίδυμος Σπινελίου με επίπεδο συμμετρίας.

Σχ. 59. Δίδυμος Φθορίτη με άξονα διδυμίας AA'.

Η διδυμία γίνεται σύμφωνα με κάποιον νόμο της διδυμίας με την εφαρμογή του οποίου βλέπουμε αν υπάρχει κέντρο, άξονας ή



Σχ. 60. Πολυδυμία Αλβίτη.

επίπεδο διδυμίας και ο οποίος δίνει τον προσανατολισμό του áξονα ή του επιπέδου.

Εκτός της διδυμίας έχουμε και την πολυδυμία στους κρυστάλλους όπου τρείς ή περισσότεροι κρύσταλλοι αναπτύσσονται μαζί υμφωνα με ένα ορισμένο νόμο.

Η πολυδυμία είναι κοινό φαινόμενο στους αστρίους, όπως οι ουρανικές αλβίτες (σχ. 60).

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΜΕ ΑΚΤΙΝΕΣ X.

Όπως έχει αναφερθεί και σε άλλα τμήματα του βιοθήματος, οι κρύσταλλοι αποτελούνται από άτομα ή ομάδες ατόμων με περιορισμένη επανάληψη κατά ορισμένες διευθύνσεις του κρυσταλλικού πλέγματος. Οι έδρες των κρυστάλλων είναι παράλληλες προς το ατομικά επίπεδα τα οποία έχουν τη μεγαλύτερη πυκνότητα των σημείων του πλέγματος.

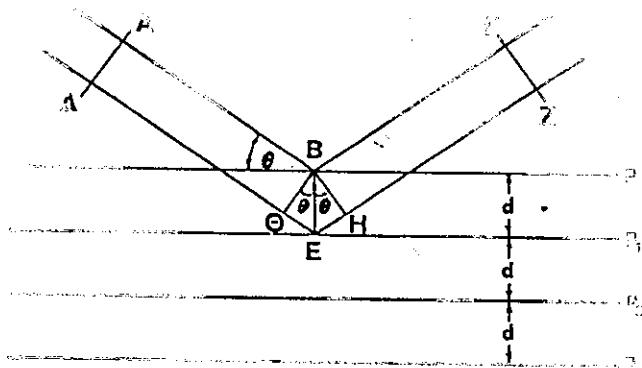
Όταν μια δέσμη ακτίνων X προσπέσει σε έναν κρύσταλλο, τον διαπερνά και η περίθλαση δεν προέρχεται από ένα επίπεδο αλλό από ένα σχεδόν αόριστο αριθμό παραλλήλων επιπέδων. Κάθε ένος από τα επίπεδα τα οποία διαπερνά η δέσμη ακτίνων X έχει τη δική του μικρή συμμετοχή στην τελική ολική περίθλαση.

Οι γραμμές r , r_1 , r_2 , r_3 , στο σχήμα (σχ. 61) αντιπροσωπεύουν δική των ατόμων και των δικτυωτών επιπέδων ενός κρυστάλλου του απέχουν μεταξύ τους απόσταση d . Η πρόσπτωση των ακτίνων σε καθένα από τα δικτυωτά αυτά επίπεδο έχει ως αποτέλεσμα

την περιθλασή τους στα άτομα των επιπέδων με μια γωνία θ . Η μως παρόλο που η γωνία θ είναι η ίδια για κάθε επίπεδο, υπάρχει μια διαφορά πορείας των ακτίνων. Αν θεωρήσουμε το 1ο και το 2ο, r και r_1 , τότε η διαφορά είναι $\Theta E + EH = 2(\Theta E) = 2(d\eta\mu\theta) = 2d\eta\mu\theta$. Για να μη έχουμε διαφορά φάσεως θα πρέπει η διαφορά της πορείας αυτής να είναι ίση με ακέραιο αριθμό μηκών κύματος (λ). Από τον προηγούμενο συλλογισμό προκύπτει η θεμελιώδης εξίσωση του Bragg:

$$\eta\lambda = 2 d\eta\mu\theta$$

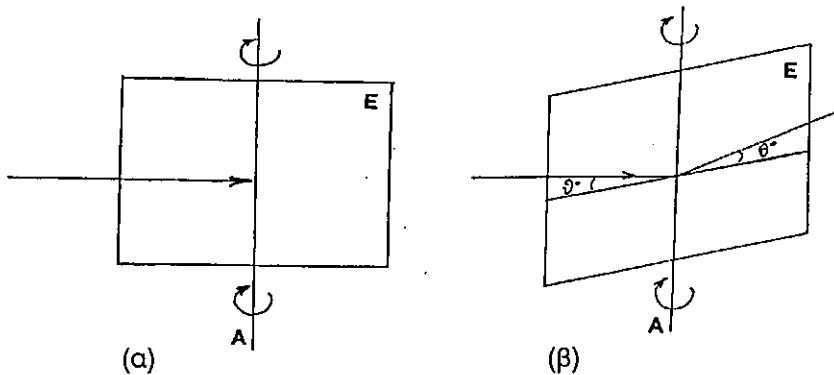
όπου λ είναι το μήκος κύματος της μονοχρωματικής ακτινοβολίας X , η ο αριθμός μηκών κύματος, d η απόσταση των δικτυωτών επιπέδων, και θ η γωνία προσπέσεως και περιθλάσεως προς το δικτυωτό επίπεδο. Επομένως η γωνία μεταξύ προσπίπτουσας και περιθλωμένης είναι 2θ .



Σχ. 81. Περιθλασή ακτίνων ... ως δικτυωτά επίπεδα κρυστάλλων.

Για μια δεδομένη αποσταση δικτυωτών επιπέδων d , και μήκος κύματος λ είναι δυνατόν να υπάρχουν περιθλάσεις σε γωνίες θ , όπου επαληθεύεται η εξίσωση του Bragg. Για παράδειγμα, ας θεωρήσουμε μια μονοχρωματική δέσμη X η οποία προσπίπτει παράλληλα προς ένα δικτυωτό επίπεδο, αλλά κάθετα προς ένα άξονα A .

ο οποίος βρίσκεται επάνω στο επίπεδο και γύρω από τον οποίο περιστρέφεται το δικτυωτό επίπεδο (σχ 62). Στη θέση αυτή δεν έχουμε περίθλαση των ακτίνων X.



Σχ. 62. Μονοχρωματική δέσμη παράλληλη προς το δικτυωτό επίπεδο E και κάθετη στον άξονα περιστροφής A (a), καθώς και περίθλασή της μετά από γωνία στροφής θ^0 (b).

Με τη στροφή του επιπέδου δεξιόστροφα γύρω από τον άξονα A κατά γωνία θ δεν υπάρχει περίθλαση μέχρι να επαληθευθεί η εξίσωση του Bragg με $\eta=1$. Στη συνέχεια σε γωνία θ με $\eta=2,3,4,5$ κ.ο.κ. έχουμε τις αντίστοιχες περιθλάσεις. Οι περιθλάσεις αυτές ονομάζονται πρώτης, δεύτερης, τρίτης κ.ο.κ. τάξεως περιθλάσεις.

Οι περισσότερο χρησιμοποιούμενες μέθοδοι για την ταυτοποίηση των ορυκτών με ακτίνες X είναι, η μέθοδος "αναφούς κόνεως" και, ως εξέλιξή της, η μέθοδος του περιθλασμέτρου.

Στη συνέχεια θα περιγραφεί η μέθοδος του περιθλασμέτρου η οποία εκτός από την κρυσταλλογραφία χρησιμοποιείται ευρύτατα και στην Εδαφολογία.

Περιθλασίμετρο.

Αποτελεί επέκταση της μεθόδου της "αναφούς κόνεως" και σε εφαρμογές εκτός της ορυκτολογίας. Χαρακτηριστική επέκταση της εφαρμογής της είναι στην ταυτοποίηση των ορυκτών της αργίλου των εδαφών. Χρησιμοποιείται μονοχρωματική ακτινοβολία ακτίνων X και δείγμα σε πολύ λεπτή σκόνη ή άργιλος ($<2\mu$). Οι περιθλώμενες ακτίνες αποτυπώνονται μέσω ενός καταγραφικού συστήματος ως ίχνη με μελάνι επάνω σε χαρτί.

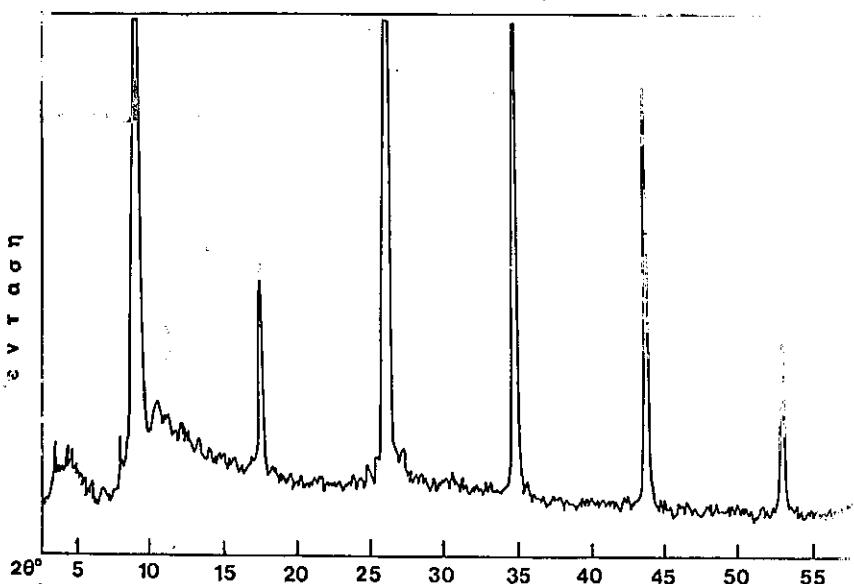
Το δείγμα παρασκευάζεται ως εξής: Λειοτριβείται μέχρις "αναφούς κόνεως" και απλώνεται ομοιόμορφα σε πλακίδιο υάλινο (αντικειμενοφόρο πλάκα μικροσκοπίου) με τη βοήθεια συγκολητικής ύλης. Προκειμένου περί αργίλου επιστάζονται στο πλακίδιο μερικές σταγόνες νερού που περιέχουν σε αιώρηση άργιλο. Μετά την εξάτμιση του νερού η άργιλος είναι κατανεμημένη ομοιόμορφα στο πλακίδιο και έτοιμη για ανάλυση στο περιθλασίμετρο.

Το πλακίδιο τοποθετείται σε ειδική θέση στο κέντρο ενός γωνιομετρημένου κυκλικού δίσκου. Το πλακίδιο περιστρέφεται και επάνω του προσπίπτει μια αποκλείνουσα δέσμη ακτίνων X. Οι περιθλώμενες ακτίνες καταγράφονται από έναν απαριθμητή Geiger ο οποίος είναι τοποθετημένος σε κατάλληλη θέση και περιστρέφεται συγχρόνως με το πλακίδιο. Στη θέση μηδέν η θέση ακτίνων X είναι παράλληλη με το πλακίδιο και πηγαίνει απ' ευθείας στον απαριθμητή Geiger. Στη συνέχεια το πλακίδιο περιστρέφεται με σύγχρονη περιστροφή του απαριθμητή Geiger αλλά από διαφορετικά γρανάζια ώστε όταν το πλακίδιο περιστραφεί κατά γωνία θ ο απαριθμητής περιστρέφεται κατά 2θ . Ο σκοπός της διάταξης αυτής εξυπηρετεί μία σχέση μεταξύ πηγής ακτίνων X, δείγματος και απαριθμητή Geiger τέτοια ώστε, καμία περίθλαση να μήν περικόπτεται (εξαφανίζεται) από το πλακίδιο.

'Όλες οι πιθανές περιθλάσεις από τα επίπεδα των ατόμων λαμβάνονται από τον απαριθμητή Geiger ξεχωριστά. Στην πράξη το δείγμα, ο απαριθμητής Geiger και η κίνηση του χαρτιού στο καταγραφικό αρχίζουν ταυτόχρονα. Σε ατομικό πλέγμα με απόσταση ατόμων d και περίθλαση $\theta=20^{\circ}$ ο απαριθμητής καταγράφει (και συγχρόνως το καταγραφικό) όταν έρθει σε γωνία 2θ , δηλ. 40° . Μ' αυτόν τον τρόπο περιγράφονται υπό μορφή κορυφών οι περιθλάσεις στις αντίστοιχες γωνίες 2θ , (σχ. 63).

Το υψος των κορυφών είναι ανάλογο των εντάσεων των περιθλαμένων ακτίνων. Σε κάθε χαρακτηριστική κορυφή στη βάση του διαγράμματος υπάρχει η γωνία 2θ από την οποία και σύμφωνα με την εξίσωση $\eta\lambda=2d\sin\theta$ μπορεί να βρεθεί η απόσταση d των ατομίκων πλεγμάτων. Οι περιθλάσεις θεωρούνται ότι είναι ίντς τάξεως. Από τη γωνία θ και το διάστημα d μέσω πινάκων ταυτοποιούνται τα ορυκτά.

Το περιθλασμένο αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο όργανο για τη μελέτη των ορυκτών των πετρωμάτων αλλά και των ορυκτών της αργίλου διότι είναι όργανο μεγάλης ακρίβειας και ταχύ.



Εχ. 63. Διάγραμμα ακτίνων χ Βιοτίτη με τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις.

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΡΥΚΤΩΝ.

Γα ορυκτά που υπάρχουν στη φύση κατατάσσονται σε κλασεις για την ευκολότερη και πληρέστερη μελέτη.

Στη συνέχεια θα περιγραφούν οι κλάσεις οι οποίες είναι ενδιαφέρουσες πετρογραφικά ή περιλαμβάνουν ορυκτά τα οποία συνοδεύουν τα πετρώματα. Επειδή όμως οι κλάσεις περιλαμβάνουν και ομάδες ή μέλη τα οποία δεν παρουσιάζουν πετρογραφικό ενδιαφέρον, η παράθεση και η περιγραφή των ορυκτών μέσα στις κλάσεις θα γίνει με το ίδιο κριτήριο· να παρουσιάζουν δηλαδή πετρογραφικό ενδιαφέρον.

Οι κλάσεις των ορυκτών είναι:

Απλά Στοιχεία.

Θειούχα.

Οξείδια ή Υδροξείδιο

Αλογονίδια.

Ανθρακικά.

Νιτρικά.

Βορικά.

Φωσφορικά.

Θειικά.

Βολφραμικά.

Πυριτικά.

Οι κλάσεις των ορυκτών υποδιαιρούνται περαιτέρω σε **οικογένειες** ανάλογα με το χημικό τους τύπο, οι οικογένειες σε **ομάδες** με παρόμοια κρυσταλλογραφικά και δομικά χαρακτηριστικά, οι ομάδες σε **είδη**, τα **είδη σε σειρές** και οι **σειρές σε ποικιλίες**.

Οι κλάσεις των ορυκτών που δεν περιγράφονται στη συνέχεια είναι οι κλάσεις των Απλών Στοιχείων, των Νιτρικών, των Βορικών και των Βολφραμικών.

Ο τρόπος περιγραφής έχει ως στόχο την εξυπηρέτηση γενικότερων Γεωπονικών εκπαιδευτικών αναγκών και όχι καθαρά Γεωλογικών ή μεταλλευτικών.

Από τις ομάδες των ορυκτών θα περιγραφούν αυτές που συμμετέχουν στο σχηματισμό των πετρωμάτων ή σ' αυτές ανήκουν ορυκτά τα οποία συνοδεύουν τα πετρώματα. Η κυριότερη από τις ομάδες

δες που θα περιγραφούν είναι των πυριτικών ορυκτών διότι σ' αυτήν ανήκουν τα πλείστα των ορυκτών των πετρωμάτων.

1. ΘΕΙΟΥΧΑ ΟΡΥΚΤΑ

Τα θειούχα περιλαμβάνουν ορυκτά με χημική σύνθεση του τύπου A_nX_n όπου A =μεταλλικό στοιχείο και X =Θείο. Τα θειούχα περιλαμβάνουν αρκετά μέλη πολύ ενδειαφέροντα για την εξαγωγή μετάλλων. Στα θειούχα ορυκτά υπάγονται κυρίως τα ακόλουθα.

Αργεντίτης(Αργυρίτης)	Ag_2S	Κινναβαρίτης	HgS
Χαλκοσίτης	Cu_2S	Ρεαλγιρίτης	AsS
Βορνίτης	Cu_5FeS_4	Ορπιμεντίτης	As_2S_3
Γαληνίτης	PbS	Στιβνίτης	Sb_2S_3
Σφαλερίτης	ZnS	Βισμουθίτης	Bi_2S_3
Χαλκοπυρίτης	$CuFeS_2$	Σιδηροπυρίτης	FeS_2
Κασπιτερίτης	Cu_2FeSnS_4	Κοβαλτίτης	$(Co,Fe)AsS$
Γκρινοκίτης	CdS	Μαρκασίτης	FeS_2
Πυρροτίτης	$Fe_{1-x}S$	Αρσενοπυρίτης	$FeAsS$
Νικκολίτης	$NiAs$	Μολυβδενίτης	MoS_2
Μιλλερίτης	NiS	Καλαβερίτης	$AuTe_2$
Πεντλαντίτης	$(Fe,Ni)_9S_8$	Συλβανίτης	$(Au,Ag)Te_2$
Κοβελλίτης	CuS	Σκουπτερουδίτης	$(Co,Ni,Fe)As_3$

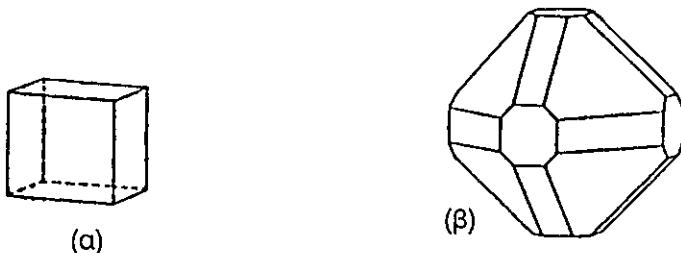
Πετρογραφικά τα πιο ενδειαφέροντα είναι ο Γαληνίτης, ο Σφαλερίτης, ο Χαλκοπυρίτης και ο Σιδηροπυρίτης.

Γαληνίτης - PbS

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως κυβικό, με μορφή κύβου ή οκταέδρου (σχ. 64).

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 2,5, ειδ. βάρος 7,4-7,6 και σχισμό τέλειο κατά {001}. Έχει λάμψη μεταλλική, χρώμα μολυβί-γκριζο και γραμμή σκόνης ίδιου χρώματος.

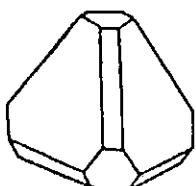
Στοιχεία αναγνώρισης. Είναι το μεγάλο ειδικό βάρος, ο τέλειος σχισμός, η μεταλλική λάμψη και το χρώμα.



Σχ. 64. Κρύσταλλοι Γαληνίτη, α) κύβος και β) συνδυασμός οκταέδρου και κύβου.

Που υπάρχει. Είναι πολύ διαδεδομένο ορυκτό στη φύση μαζί κυρίως με Σφαλερίτη, Σιδηροπυρίτη και Χαλκοπυρίτη και αποτελεί το κυριότερο μετάλλευμα μολύβδου. Επίσης βρίσκεται μαζί με ασβεστολίθους και διολομίτες καθώς και σε φλέβες σε μεταμορφωσιγενή πετρώματα ή πηγματίτες.

Ονομασία. Από τη λατινική λέξη **galena** που σημαίνει μετάλλευμα μολύβδου.



Σχ. 65. Κρύσταλος Σφαλερίτη.
Συνδυασμός κύβου και τετραέδρου.

Σφαλερίτης - ZnS

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως κυβικό με τετραεδρικές (σχ. 65), ρομβοεδρικές συνδυασμένες με κυβικές μορφές. Η διδυμία είναι συνήθης.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 3,5-4, ειδ. βάρος 3,9-4, i σχισμό ρομβοεδρικό τέλειο κατά {011}. Έχει λάμψη ρητινώδη υπομεταλλική, χρώμα συνήθως κίτρινο, αλλά και καφέ ή μαύρο ανάλογα με τις προσμίξεις σιδήρου. Έχει γραμμή σκόνης λευκή, κίτρινη καφέ.

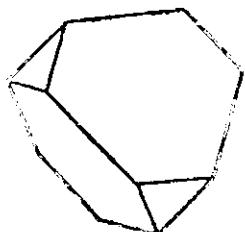
Στοιχεία αναγνώρισης. Λόγω των διαφόρων χρωμάτων του αναγνωρίζεται δύσκολα από το χρώμα.

Που υπάρχει. Αποτελεί το κυριότερο μετάλλευμα του ψευδαργύρου. Βρίσκεται μαζί με Γαληνίτη, Σιδηροπυρίτη, Χαλκοπυρίτη. Βρίσκεται επίσης σε φλέβες εντός των πετρωμάτων όπως ο Γαληνίτης.

Ονομασία. Από την Ελληνική λέξη σφάλλω διότι συγχέεται με το Γαληνίτη.

Χαλκοπυρίτης - CuFeS₂

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως τετραγωνικό με μορφή τετραεδρική σκαληνοέδρου (σχ. 66). Συνήθως βρίσκεται κατά συμπαγείς μάζες. Η διδυμία είναι συνήθης.



Σχ. 66. Χαλκοπυρίτης με μορφή τετραεδρική σκαληνόεδρου.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 3,5-4 και ειδ. βάρος 4. Ο θραυσμός του είναι κογχοειδής, η λάμψη του είναι μεταλλική.

κή και το χρώμα του κίτρινο ορειχάλκινο και ιριδίζον με γραμμή σκόνης πρασινόμαυρη.

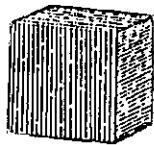
Στοιχεία αναγνώρισης. Ξεχωρίζει από το Σιδηροπυρίτη από το σκουρότερο χρώμα του και τη μικρότερη σκληρότητα. Διαλύεται σε νιτρικό οξύ.

Που υπάρχει. Αποτελεί το ευρύτερα διαδεδομένο ορυκτό του χάλκου. Συνυπάρχει με Γαληνίτη, Σφαλερίτη και Σιδηροπυρίτη σε φλέβες στα πετρώματα που αναφέρθηκαν για το Γαληνίτη.

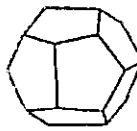
Όνομασία. Από τις Ελληνικές λέξεις χαλκός και πυρίτης.

Σιδηροπυρίτης (Πυρίτης) - FeS₂

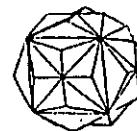
Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως κυβικό με μορφή κύβων, πυριτοέδρου ή οκταέδρου (σχ. 67). Η πιο συνήθης μορφή, οι κύβοι, φέρουν ραβδώσεις (αντίθετες με τις παρακείμενες πλευρές) στις επιφάνειες (σχ. 67). Αναπτύσσεται επίσης υπό μορφή διδύμων (διείσδυση του ενός πυριτοέδρου σε άλλο) με επίπεδο διδυμίας {011}.



(a)



(β)



(γ)

Σχ. 67. Κρύσταλλοι Σιδηροπυρίτη, α) κύβος με ραβδώσεις. β) πυριτόεδρο και γ) δίδυμος πυριτοέδρου.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 6-6,5 και ειδ. βάρος 4,9-5,2. Έχει σχισμό κυβικό ή οκταεδρικό, λάμψη μεταλλική, θραυσμό κογχοειδή, χρώμα κίτρινο ορειχάλκινο και γραμμή σκόνης πρασινόμαυρη.

Στοιχεία αναγνώρισης. Ξεχωρίζει από το χαλκοπυρίτη από το ανοικτότερό του χρώμα και τη μεγαλύτερη σκληρότητα.

Που υπάρχει. Είναι το περισσότερο διαδεδομένο από τα θειούχα ορυκτά. Βρίσκεται στη φύση μαζί με Γαληνίτη, Σφαλερίτη, Χαλκοπυρίτη. Συνοδεύει τα πυριγενή πετρώματα, βρίσκεται στα ιζηματογενή στους μαύρους σχιστολίθους και στα μεταμορφωσιγενή σε φυλλίτες.

Όνομασία. Από την Ελληνική λέξη **πυρίτης**, διότι αν χτυπηθεί σε ατσάλι δίνει σπίθες.

2. ΟΞΕΙΔΙΑ, ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΑ

Περιλαμβάνουν τα απλά οξείδια, τα σύνθετα ή πολλαπλά οξείδια, τα οξείδια που έχουν στη δομή τους και υδροξείδια, και τα υδροξείδια.

Γενικά τα οξείδια περιλαμβάνουν τους τύπους A_2O , AO_2 και AB_2O_4 , όπου A και B κατιόντα και O=οξυγόνο.

Τα οξείδια και τα υδροξείδια περιλαμβάνουν τα εξής ορυκτά:

ΟΞΕΙΔΙΑ

Κυπρίτης	Cu_2O	Ομάδα Γκαιτίτη
Ψευδαργυρίτης	ZnO	Διάσπορος $HAlO_2$
Ομάδα Αιματίτη		Γκαιτίτης $HFeO_2$
Κορούνδιο	Al_2O_3	Ομάδα Σπινελίου
Αιματίτης	Fe_2O_3	Σπινέλιος $MgAl_2O_4$
Ιλμενίτης	$FeTiO_3$	Γκανίτης $ZnAl_2O_4$
Ομάδα Ρουτιλίου		Μαγνητίτης Fe_3O_4
Ρουτίλιο	TiO_2	Φρανκλινίτης $(Zn,Fe,Mn)(Fe,Mn)_2O_4$
Πυρολουσίτης	MnO_2	Χρωμίτης $FeCr_2O_4$
Κασσιτερίτης	SnO_2	Χρυσοβυρήλιο $BeAl_2O_4$
Ουρανίτης	UO_2	Κολουμβίτης $(Fe,Mn)(Nb,Ta)_2O_6$

ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΑ

Βρουκίτης	$Mg(OH)_2$	Λειμωνίτης $FeO(OH) \cdot nH_2O$
Μαγγανίτης	$MnO(OH)$	Βωξίτης οξείδια-υδροξείδια Fe
Ψιλομέλανας	$BaMn_{2+}Mn_{4+}$	$8O_{16}(OH)_4$

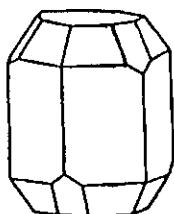
Στη συνέχεια θα περιγραφούν αυτά που είναι περισσότερο ενδιαφέροντα για την πετρογραφία, όπως:

A. Οξείδια. Από την ομάδα του Αιματίτη, το Κορούνδιο, ο Αιματίτης και Ιλμενίτης, από την ομάδα του Πουτιλίου, ο Πυρολουσίτης, το Ρουτίλιο και ο Κασσιτερίτης, από την ομάδα του Γκαιτίτη, ο Διάσπορος και ο Γκαιτίτης, Από την ομάδα του Σπινελίου, ο Μαγνητίτης και ο Χρωμίτης.

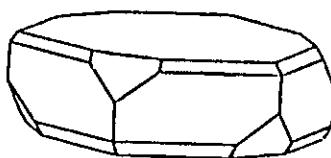
B. Υδροξείδια. Ο Βρουκίτης, ο Λειμωνίτης και ο Βωξίτης.

Κορούνδιο - Al_2O_3

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως τριγωνικό με μορφή πρισματική βαρελοειδή ή πλακοειδή (σχ. 68). Η διδυμία είναι συνήθης.



(a)



(β)

Σχ. 68. Κρύσταλλοι Κορουνδίου με μορφή α) βαρελοειδή και β) πινακοειδή.

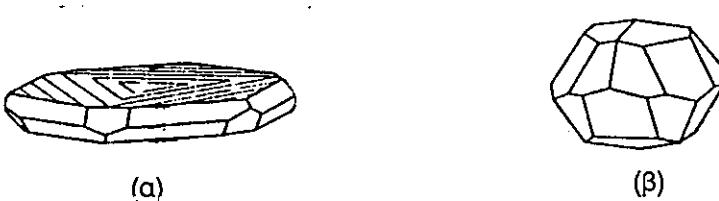
Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 9, ειδ. βάρος 3,9-4,1 και δεν παρουσιάζει σχισμό. Ο θραυσμός του είναι κογχοειδής και η λάμψη του είναι αδαμαντοειδής προς υαλώδη. Το χρώμα του ποικίλει. Η γαλάζια ποικιλία λέγεται **Σάπφειρος** (ζαφείρι) και η κόκκινη **Ρουμπίνι**. Απαντάται επίσης και με κίτρινο, καφέ και πράσινο χρώμα.

Διαγνωστικά κριτήρια. Ξεχωρίζει κυρίως από τη μεγάλη σκληρότητά του, το ειδικό βάρος και την κρυσταλλική του μορφή.

Που υπάρχει. Βρίσκεται σε ορισμένους νεφελινικούς συηνίτες, σε μεταμορφωσιγενή πετρώματα, όπως μάρμαρα, γνεύσιοι και μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι. Μεγάλοι κρύσταλλοι του βρίσκονται σε πηγματίτες. Επίσης λόγω της μεγάλης σκληρότητάς και της ανθεκτικότητάς του στην αποσάθρωση βρίσκεται στην άμμο αλλούβια κώνων περιοχών.

Αιματίτης - Fe_2O_3

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως τριγωνικό με μορφή πλακοειδή, ρομβοεδρική (σχ. 69) ή γαιώδη.



Σχ. 69. Κρύσταλλοι Αιματίτη με μορφή α) πλακοειδή και β) ρομβοεδρική.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 5-6, ειδ. βάρος 4,9-5,3, λάμψη μεταλλική στους κρυστάλλους και μούντη στη γαιώδη μορφή. Έχει χρώμα γκρίζο προς μαύρο με γραμμή σκόνης κόκκινη.

Διαγνωστικά κριτήρια. Διακρίνεται κυρίως από τη χαρακτηριστική κόκκινη γραμμή σκόνης.

Που υπάρχει. Το κυριότερο ίσως ορυκτό για την εξαγωγή του σιδήρου. Βρίσκεται σε πυριγενή πετρώματα ως συνοδεύον ορυκτό, αλλά και σε ιζηματογενή.

Όνομασία. Από την Ελληνική λέξη **σίμα** λόγω του χρώματος του ορυκτού σε κατάσταση σκόνης.

Ιλμενίτης - FeTiO_3

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως τριγωνικό με κρυστάλλους πλακοειδείς (σχ. 70) συχνά όμως συμπαγής.



Σχ. 70. Κρύσταλλοι Ιλμενίτη με πλακοειδή μορφή.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 5-6, ειδ. βάρος 4,7, δεν παρουσιάζει σχισμό και έχει λάμψη μεταλλική έως υπομεταλλική με χρώμα μαύρο. Έχει γραμμή σκόνης μαύρη έως καφεκόκκινη.

Διαγνωστικά κριτήρια. Διαχωρίζεται από το Μαγνητίτη από τις μη μαγνητικές του ιδιότητες και από τον Αιματίτη από τη γράμμη σκόνης.

Που υπάρχει. Συνοδεύει πυριγενή πετρώματα όπως γάββρους και διορίτες και σε ορισμένα μεταμορφωσιγενή όπως γνεύσιοι. Συνυπάρχει με Μαγνητίτη και Ρουτίλιο σε αλλουβιακές μαύρες άμμους.

Όνομασία. Από το όρος 'Ιλμεν' της Ρωσίας.

Πυρολουσίτης - MnO_2

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως τετραγωνικό, με μορφή συνήθως συμπαγή ή δενδριτική σε διαχωριστικές επιφάνειες ασβεστολίθων.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 1-2 όταν είναι σε συμπαγή άμορφη κατάσταση και 6-6,5 σε κρυσταλλική. Ο σχισμός του είναι τέλειος πρισματικός κατά {110}, η λάμψη του μεταλλική και το χρώμα καθώς και η γραμμή σκόνης μαύρο του χάλυβα.

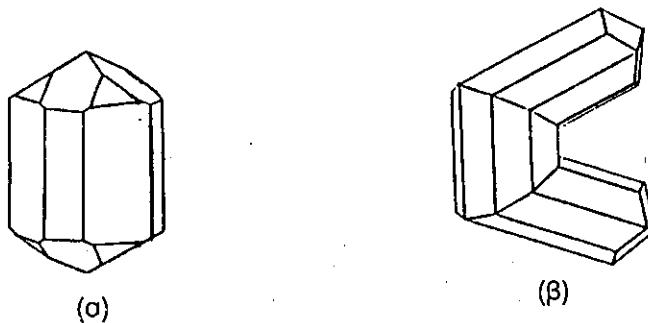
Διαγνωστικά κριτήρια. Ξεχωρίζει από τη μορφή, τη σκληρότητα και το χρώμα.

Που υπάρχει. Βρίσκεται σε ορισμένους ασβεστολίθους υπό δενδριτική μορφή καθώς και σε αργίλους υπό μορφή στρωμάτων ή συγκριμάτων.

Όνομασία. Από τις Ελληνικές λέξεις πυρ και λούσιμο διότι χρησιμοποιήθηκε ως οξειδωτικό για τον αποχρωματισμό του γυαλιού που οφείλεται σε οξείδια του σιδήρου.

Ρουτίλιο - TiO_2

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως τετραγωνικό με μορφή πρισματική που καταλήγει σε διπυραμίδα και με δίδυμία υπό μορφή αρθρώσεων (σχ. 71). Οι επιφάνειές του φέρουν γραμμώσεις.



Σχ. 71. Κρύσταλλοι Ρουτιλίου με μορφή πρισματική που καταλήγει σε πυραμίδες (a) και δίδυμος με αρθρώσεις.

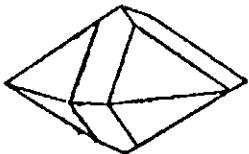
Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 6-6,5, ειδ. βάρος 4,2-4,4, λάμψη αδαμαντοειδή έως υπομεταλλική, με χρώμα κόκκινο προς κοκκινωπό καφέ έως μαύρο. Έχει γραμμή σκόνης ανοικτή καφέ. *Διαγνωστικά κριτήρια.* Ξεχωρίζει από το κόκκινο χρώμα, τη λάμψη και την κρυσταλλική μορφή.

Που υπάρχει. Συνοδεύει πυριγενή πετρώματα όπως γρανίτες και μεταμορφωσιγενή όπως μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους, γνεύσιους, μάρμαρα και χαλαζίτες. Βρίσκεται σε μαύρες άμμους μαζί με Μαγνητίτη, Ζιρκόνιο ($ZrSiO_4$) και Μοναζίτη [$(Ce,La,Th)PO_4$].

Ονομασία. Από τη Λατινική λέξη *rutilus* που σημαίνει κόκκινος.
'Άλλη μορφή του TiO_2 είναι ο **Ανατάσης**.

Κασσιτερίτης - SnO_2

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως τετραγωνικό με μορφή πυραμιδική ή και πρισματική (σχ. 72). Υπάρχει επίσης σε συμπαγή μορφή, αλλά και σε ινώδη. Η διδυμία είναι συνήθης.



Σχ. 72. Κρύσταλλος Κασσιτερίτη
με πρισματική μορφή.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 6-7, ειδ. βάρος 6,8-7,1, λάμψη αδαμαντοειδή προς υπομεταλλική μουντή. Τόχρωμα του είναι κοκκινοκαφέ έως σχεδόν μαύρο και ορισμένες φορές κιτρινωπό. Γραμμή σκόνης λευκή ή γκρίζα.

Διαγνωστικά κριτήρια. Αναγνωρίζεται από το υψηλό ειδ. βάρος, την κρυσταλλική μορφή και τη γραμμή σκόνης.

Που υπάρχει. Βρίσκεται σε γρανιτικές μάζες, αλλά συνυθέστερα συνυπάρχει σε φλέβες με Χαλαζία. Επίσης βρίσκεται υπό μορφή σφαιριδίων σε αλλουβιακές αποθέσεις.

Διάσπορος - $HAlO_2$ ή $AlO(OH)$

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως ορθορομβικό με κρυστάλλους μικρού πάχους πλατείς πάραλληλούς προς το {010}, ή με μορφή φυλλώδη λεπιδοειδή ή συμπαγή.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 6,5-7, ειδ. βάρος 3,3-3,5, σχισμό τέλειο κατά {010}, λάμψη υαλώδη και στις σχισμογενείς ε-

πιφάνειες μαργαριτώδη. Το χρώμα του είναι λευκό, γκρίζο, καφετί, κιτρινωπό ή πρασινωπό.

Διαγνωστικά κριτήρια. Έχει χαρακτηριστικά τέλειο σχισμό, σκληρότητα σχετικά μεγάλη (6,5-7) και λεπιδοειδή εμφάνιση.

Που υπάρχει. Βρίσκεται μαζί με Κορούνδιο σε δολομιτικούς και χλωριτικούς σχιστολίθους και μάρμαρα. Είναι συστατικό του Βωξίτη μαζί με τον Βαιμίτη-Al(OH) και τον Γκιπσίτη-Al(OH)₃.

Ονομασία. Από την Ελληνική λέξη διασπείρω διότι κατά τη θέρμανση χαλαρώνει η δομή του και καταρέει.

Γκαιτίτης - HFeO₂ ή FeO(OH)

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως ορθορομβικό με μορφή συνήθως συμπαγή, βοτρυοειδή ή σταλακτιτική.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 5-5,5, ειδ. βάρος 3,3-4,3, λάμψη αδαμαντοειδή έως μουντή και χρώμα πολύ σκούρο καφέ ή οι γαιώδεις του μορφές κιτρινοκαφέ. Η γραμμή σκόνης είναι κιτρινωπή καφέ.

Διαγνωστικά κριτήρια. Ξεχωρίζει κυρίως από το χρώμα και τη γραμμή σκόνης. Τα κρυσταλλικά του στοιχεία, όπως ο σχισμός, τον διαχωρίζουν από το Λειμωνίτη. **Λεπιδοχρωσίτης** είναι μια άλλη μορφή του Γκαιτίτη και ξεχωρίζει πολύ δύσκολα από αυτόν.

Που υπάρχει. Προκύπτει από την αποσάθρωση του Ολιβίνη. Χρησιμοποιείται ως σιδηρομετάλλευμα.

Ονομασία. Προς τιμή του Γερμανού ποιητή **Γκαίτε**.

Μαγνητίτης - Fe₃O₄

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως κυβικό, με κρυστάλλους σε μορφή συνήθως οκταεδρική και σπανιότερα δωδεκαδρική. Υπάρχει επίσης σε συμπαγή καθώς και σε κοκκώδη μορφή. Η διδυμία είναι συνήθης στα οκτάεδρα.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 5,5-6,5, ειδ. βάρος 5,2, λάμψη μεταλλική έως υπομεταλλική μουντή, χρώμα μαύρο αδιαφανές και γραμμή σκόνης μαύρη. Έχει ισχυρές μαγνητικές ιδιότητες.

Διαγνωστικά κριτήρια. Ξεχωρίζει από το χρώμα, τη γραμμή σκόνης και τις ισχυρές μαγνητικές ιδιότητες.

Που υπάρχει. Σύνηθες μετάλλευμα του σιδήρου. Συνοδεύει τα περισσότερα από τα πυριγενή πετρώματα, όπως, διορίτες, γάβρους και περιδοτίτες. Είναι σύνηθες ορυκτό στα μεταμορφωσιγενή πετρώματα. Μαζί με το Κορούνδιο βρίσκεται στη Σμύριδα.

Ονομασία. Από την Ελληνική λέξη **μαγνίτης** που προήλθε μάλλον από την Ελληνική πόλη Μαγνησία της Μικράς Ασίας.

Χρωμίτης - FeCr_2O_4

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως κυβικό με μορφή συνήθως συμπαγή ή κοκκώδη.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 5,5, ειδ. βάρος 4,6, λάμψη μεταλλική έως υπομεταλλική, χρώμα μαύρο σιδήρου έως καφετί μαύρο και γραμμή σκόνης σκούρη καφέ. Πολλές φορές ο Fe υποκαθίσταται από Mg στους **Μαγνησιοχρωμίτες**.

Διαγνωστικά κριτήρια. Ξεχωρίζει από τη γραμμή σκόνης και τις ασθενείς μαγνητικές του ιδιότητες.

Που υπάρχει. Είναι σύνηθες ορυκτό σε περιδοτικά πετρώματα και σερπεντινίτες. Αποτελεί ουσιαστικά και την κύρια πηγή χρωμίου.

Βρουκίτης - $\text{Mg}(\text{OH})_2$

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως τριγωνικό μορφή πλακοειδή φυλλώδη, νηματοειδή και συμπαγή.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 2,5, ειδ. βάρος 2,4, σχισμό τέλειο κατά {0001}, λάμψη υαλώδη, ρητινώδη ή μαργαριτώδη στις σχισμογενείς επιφάνειες. Το χρώμα του είναι λευκό, γκρίζο ή ανοικτό πράσινο με γραμμή σκόνης λευκή.

Διαγνωστικά κριτήρια. Ξεχωρίζει από το σχισμό, το ανοικτό χρώμα, τη μικρή σκληρότητα και τη φυλλώδη μορφή. Διαλύεται εύκολα στο HCl.

Που υπάρχει. Συνοδεύει σερπεντινίτες, δολομίτες, μαγνησίτες, χρωμίτες και μάρμαρα.

Ονομασία. Προς τιμή του Αμερικανού γεωλόγου A. Bruce.

Λειμωνίτης - $\text{FeO(OH)} \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Κρυσταλλογραφία. Είναι áμορφο. Υπάρχει σε ινώδεις γαιώδεις ή σταλακτιτικές μάζες.

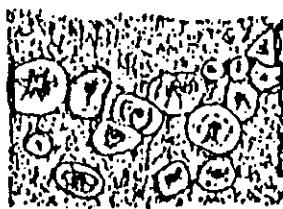
Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 5-5,5 ή και 1 σε γαιώδη μορφή, ειδ. βάρος 3,6-4, λάμψη υαλώδη, χρώμα σκούρο καφέ ή μαύρο και γραμμή σκόνης κιτρινικαφέ.

Διαγνωστικά κριτήρια. Ξεχωρίζει κυρίως από τη γραμμή σκόνης και από το Γκαιτίτη λόγω της απουσίας κρυσταλλικών χαρακτηριστικών.

Που υπάρχει. Βρίσκεται σε ανάμιξη με την áργιλο (τις κίτρινες αργύριούς) και το éδαφος. Σε ανάμιξη με áργιλο είναι γνωστή ως **κίτρινη ώχρα**. Βρίσκεται μαζί με Γκαιτίτη, Αιματίτη, Πυρολουσίτη, Ασβεστίτη και Σιδερίτη.

Βωξίτης

Κρυσταλλογραφία. Είναι μίγμα σε συμπαγή μορφή, ωολιθική, πισσολιθική (σχ. 73) ή γαιώδη.



Σχ. 73. Βωξίτης με πισσολιθική μορφή.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 1-3, ειδ. βάρος 2-2,6, λάμψη μουντή έως γαιώδη και χρώμα λευκό, γκρίζο, κίτρινο ή κόκκινο.

Σύνθεση. Είναι μίγμα ένυδρων οξειδίων του αργιλίου, κυρίως Διάσπορου, Γκιπσίτη, Βαιμίτη και οξειδίων του σιδήρου. Είναι δευτερογενούς προελεύσεως και σχηματίσθηκε κάτω από τροπικές συνθήκες σε μακρά περίοδο αποσαθρώσεως πυριτικών ορυκτών

που περιέχουν αργίλιο. Η έκπλυση απομακρύνει το SiO_2 και αφήνει τα οξείδια του αργιλίου.

Διαγνωστικά κριτήρια. Συνήθως ξεχωρίζει από τον πισσολιθικό του χαρακτήρα.

Που υπάρχει. Εκτός από την προηγούμενη διαδικασία της αποσάθρωσης πυριτικών ορυκτών, μπορεί να σχηματισθεί από ασβεστολίθους που περιέχουν σημαντικές ποσότητες γαιωδών συστατικών. Οι αποθέσεις με το όνομα **Λατερίτες** που περιέχουν κυρίως ένυδρα οξείδια του αργιλίου και του σιδήρου είναι το έδαφος που έμεινε μετά την απομάκρυνση των περισσότερο διαλυτών από τα πυριτικά ορυκτά. Πολλές φορές αποτελούν και αυτά πηγές αργιλίου και σιδήρου.

Είναι το κύριο μίγμα από το οποίο εξάγεται το μέταλλο αργίλιο (αλουμίνιο).

Ονομασία. Από τη Γαλλική περιοχή **Baux**.

3. Α Λ Ο Γ Ο Ν Ι Δ Ι Α

Χαρακτηρίζονται από την παρουσία αλογόνων όπως Cl^- , Br^- , F^- , Γ . Τα αλογονίδια περιλαμβάνουν τα ορυκτά:

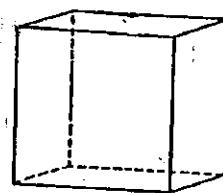
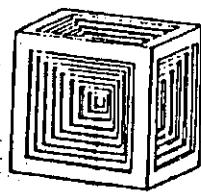
Ορυκτό άλας (αλίτης)	NaCl	Φθορίτης	CaF_2
Συλβίνης	KCl	Ατακαμίτης	$\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$
Κεραργυρίτης	AgCl	Καρναλίτης	$\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Κρυστάλλιθος	Na_3AlF_6		

Από τα ορυκτά της κλάσεως αυτής θα περιγράφουν το Ορυκτό άλας (Αλίτης) και ο Φθορίτης ως περισσότερο ενδιαφέροντα πετρογραφικά.

Ορυκτό άλας (Αλίτης) - NaCl

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως κυβικό σε μορφή κύβων (σχ. 74), κοκκωδών κρυσταλλικών μαζών αλλά και συμπαγής.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 2,5, ειδ. βάρος 2,1-2,2, σχισμό τέλειο κατά {001}, λάμψη υαλώδη. Είναι άχρωμο ή λευκό αλλά και κιτρινωπό, κόκκινο ή γαλάζιο. Έχει γεύση αλμυρή.



Σχ. 74. Κρύσταλλοι NaCl.

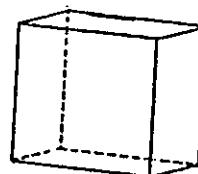
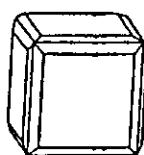
Διαγνωστικά κριτήρια. Ξεχωρίζει από τη γεύση του και τον κυβικό σχισμό του. Διαλύεται ελεύθερα στο νερό.

Pou υπάρχει. Βρίσκεται μαζί με Γύψο, Συλβίνη, Ανυδρίτη, Ασβεστίτη, αργίλους ή άμμο. Βρίσκεται επίσης διαλυμένο σε νερά ποταμών, λιμνών, Θαλασσών.

Όνομασία: Από την Ελληνική λέξη **άλς-αλός** όπου σημαίνει θάλασσα.

Φθορίτης - CaF₂

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως κυβικό, σε μορφή κύβων (σχ. 75), κοκκώδη ή συμπαγή. Η διδυμία είναι συνήθης.



Σχ. 75. Κύβοι Φθορίτη.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 4, ειδ. βάρος 3,2, λάμψη υαλώδη με χρώματα ποικίλα. Παρουσιάζει ελαφρά το φαινόμενο του φθορισμού.

Διαγνωστικά κριτήρια. Ξεχωρίζει από τη σκληρότητα (χαράσσεται με μαχαίρι), τους κυβικούς κρυστάλλους, την υαλώδη εμφάνιση και τους απαλούς χρωματισμούς.

Που υπάρχει. Είναι κοινός στους διολομίτες και τους ασβεστολίθους και συνοδεύει πυριγενή πετρώματα και πηγαδίτες. Συνυπάρχει με Ασβεστίτη, Δολομίτη, Γύψο, Βαρίτη, Χαλαζία, Γιαληνίτη, Σφαλερίτη, Κασσιτερίτη, Τοπάζιο, Τουρμαλίνη και Απατίτη.

Όνομασία. Από τη Λατινική λέξη *fluere* που σημαίνει ρέω, διότι λυώνει ευκολώτερα από άλλα ορυκτά.

4. ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ.

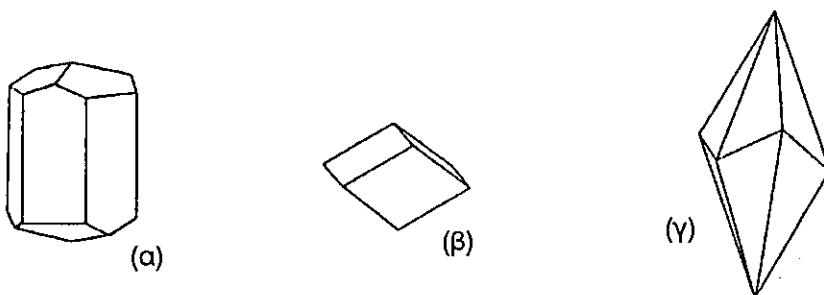
Η κλάση των ανθρακικών ορυκτών αποτελείται από ομάδες ορυκτών οι οποίες περιλαμβάνουν μέλη με μεγάλο πετρογραφικό ενδειαφέρον, είτε διότι από μόνα τους αποτελούν πετρώματα (μάρμαρα), είτε διότι συνοδεύουν πετρώματα ως προϊόντα αποσαθρώσεως των πρωτογενών ή αποτελούν συνδετική ύλη ορισμένων ιζηματογενών πετρωμάτων. Τα ανθρακικά περιλαμβάνουν τις ομάδες του Ασβεστίτη και του Αραγωνίτη καθώς και τον Μαλαχίτη και Αζουρίτη.

Ομάδα Ασβεστίτη	Ομάδα του Αραγωνίτη
Ασβεστίτης CaCO_3	Αραγωνίτης CaCO_3
Δολομίτης $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Ουιδερίτης BaCO_3
Μαγνησίτης MgCO_3	Στροντιανίτης SrCO_3
Σιδερίτης FeCO_3	Κερουσοσίτης PbCO_3
Ροδοχρωσίτης MnCO_3	Μαλαχίτης(πράσινο) $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$
Σμιθσωνίτης ZnCO_3	Αζουρίτης(μπλέ) $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$

Από τα ανθρακικά ορυκτά θά περιγραφούν ο Ασβεστίτης, ο Μαγνησίτης και Δολομίτης ως περισσότερο ενδειαφέροντα από πετρογραφικής σκοπιάς.

Ασβεστίτης - CaCO₃

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως τριγωνικό. Η συνήθης μορφή του ορυκτού είναι αυτή των κρυστάλλων. Η πιο συνισθέντη κρυσταλλική μορφή είναι η πρισματική, η πλακώδης, η ρομβοεδρική ή η σκαλινοεδρική (σχ. 76). Η διδυμία είναι συνήθης (σχ. 77). Εκτός από την κρυσταλλική βρίσκεται σε κοκκώδη, σε γαιώδη, σταλακτιτική ή και συμπαγή μορφή.



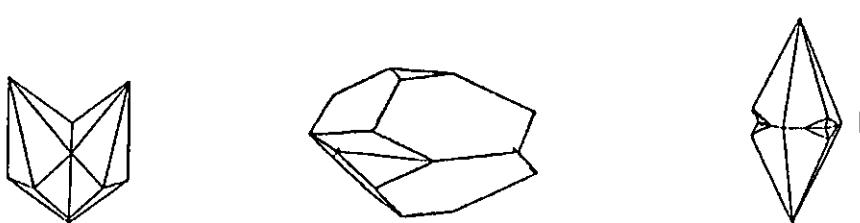
Σχ. 76. Κρύσταλλοι Ασβεστίτη με μορφή, α) πρισματική, β) ρομβοεδρου και γ) σκαληνόεδρου.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 3, ειδ. βάρος 2,7, σχισμό ρομβοεδρικό τέλειο κατά {1010}. Ρομβόεδρα Ασβεστίτη παρουσιάζουν το φαινόμενο της διπλής διαθλάσεως. Έχει λάμψη υαλώδη έως γαιώδη και το χρώμα του είναι συνήθως άχρουν ή λευκό αλλά και γκρίζο, κόκκινο, πράσινο, μπλέ, κίτρινο κ.λ.π. Η γραμμή σκόνης είναι λευκή.

Διαγνωστικά κριτήρια. Ξεχωρίζει από τη σκληρότητα του, τον τέλειο ρομβοεδρικό σχισμό, την υαλώδη λάμψη και την πλήρη διάλυσή του στο κρύο υδροχλωρικό οξύ.

Που υπάρχει. Είναι από τα συνηθέστερα ορυκτά και συμμετέχει στα πετρώματα. Αποτελεί το κύριο συστατικό των ασβεστούχων ιζηματογενών (ασβεστόλιθοι) και μεταμορφωσιγενών (μάρμαρα) πετρωμάτων. Βρίσκεται ως ίζημα θερμών πηγών (τραφερτίνης) ή υπό μορφή σταλακτιτών ή σταλαγμιτών. Ο Ασβεστίτης μπορεί να αποτελεί μόνος του ή σε συνδυασμό με SiO₂ τη συνδετική ύλη σε αμμολίθους ή κροκαλλοπαγή. Είναι δυνατόν να προκύψει από την απο-

σάθρωση πυριγενών πετρωμάτων που περιέχουν ασβέστιο, όπως είναι τα Ca-πλαγιόκλαστα.



Σχ. 77. Διδυμίες κρυστάλλων Ασβεστίτη.

Όνομασία. Η ονομασία του οφείλεται στη σύνθεσή του. Ο **Αραγωνίτης** του ρομβοεδρικού συστήματος, λόγω της σπανιότητάς του, δεν θα περιγραφεί στη συνέχεια.

Μαγνησίτης - $MgCO_3$

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως τριγωνικό, με μορφή ρομβοεδρική ή πρισματική. Η παρουσία κρυστάλλων είναι συνήθης. Βρίσκεται επίσης σε μορφή κοκκώδη ή συμπιαγή.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 3,5-4,5, ειδ. βάρος 3,9-3,2, σχισμό ρομβοεδρικό τέλειο κατά {1011}, λάμψη υαλώδη, χρώμα συνήθως λευκό ή με γκριζωπές, κιτρινωπές και καφετί σκιές λόγω της παρουσίας σιδήρου. Έχει γραμμή σκόνης λευκή και θραυσμό κογχοειδή.

Διαγνωστικά κριτήρια. Έχει τα ίδια με τον Ασβεστίτη με τη διαφορά ότι δεν διαλύεται στο κρύο υδροχλωρικό οξύ αλλα στο θερμό.

Που υπάρχει. Δεν αποτελεί από μόνος του πέτρωμα όπως ο Ασβεστίτης. Προκύπτει από την αποσάθρωση μαγνησιούχων πυριγενών πετρωμάτων ή σερπεντινιτών με την ενέργεια του H_2O ε-

μπλουτισμένου με CO_2 . Επίσης υπάρχει σε φλέβες μαζί με ταλκικούς, χλωριτικούς και μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους.

Όνομασία. Η ονομασία του οφείλεται στη σύνθεσή του.

Δολομίτης - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως τριγωνικό με μορφή ρομβοεδρική ή συμπαγή ή κοκκοειδή.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 3,5-4, ειδ. βάρος 2,8-2,9, σχισμό ρομβοεδρικό τέλειο και θραυσμό υποκογχώδη. Έχει χρώμα συνήθως λευκό ή ροζέ, γραμμή σκόνης λευκή και λάμψη ιταλώδη.

Ο Ανκερίτης- $\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe})(\text{CO}_3)_2$ είναι ανάλογος του Δολομίτη όπου ο Fe^{2+} υποκαθιστά μέρος του Mg.

Διαγνωστικά κριτήρια. Διαλύεται ελαφρά στο υδροχλωρικό οξύ, αλλά ελεύθερα στο θερμό.

Που υπάρχει. Βρίσκεται σε δολομιτικούς ασβεστολίθους και μάρμαρα. Σχηματίσθηκε από ασβεστολίθους στους οποίους επέδρασαν διαλύματα πλούσια σε Mg.

Όνομασία. Από το Γάλλο χημικό Dolomieu.

5. ΘΕΙΙΚΑ - ΧΡΩΜΙΚΑ.

Τα θειικά και χρωμικά περιλαμβάνουν ορυκτά με δισθενές ανιόν SO_4 ή CrO_4 και είναι άνυδρα ή ένυδρα ή και βασικά. Τα κοινότερα ορυκτά της κλάσεως αυτής είναι:

Ανυδρά	Ένυδρα
Γκλαουβερίτης $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$	Πολυαλίτης $\text{K}_3\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Ομάδα Βαρύτη	Γύψος $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Βαρύτης BaSO_4	Εψομίτης $\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Κελεστίτης SrSO_4	Χαλκανθίτης $\text{CuO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Αγγλεσίτης PbSO_4	

Βασικά			
Ανυδρίτης CaSO_4		Αντλερίτης $\text{Cu}_3(\text{OH})_4\text{SO}_4$	
Κροκοΐτης PbCrO_4		Αλουνίτης $\text{KAl}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$	

Από τα ορυκτά της κλάσεως των Θειικών και Χρωμικών το μεγαλύτερο ενδειαφέρον πετρογραφικά παρουσιάζει η Γύψος.

Γύψος - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως μονοκλινές, με μορφή πλακοειδή και με αποστρογγυλευμένες απολήξεις (σχ. 78). Βρίσκεται επίσης σε κοκκώδη συμπαγή μορφή. Η δίδυμία είναι συνήθης με τη μορφή ουράς χελιδονιού (σχ. 78). Ο Αλάβαστρος είναι μια ποικιλία συμπαγής κοκκώδης. Ο Σελινίτης είναι ποικιλία άχρωμη διαφανής. Υπάρχει και ινώδης ποικιλία με το όνομα **Μεταξώδης**.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 2, ειδ. βάρος 2,3, σχισμό τέλειο κατά {010}, λάμψη υαλώδη ή μαργαριτώδη, είναι άχροι ή λευκή ή γκρίζα με σκιές κίτρινες, κόκκινες ή καφέ λόγω προσμίξεων.

Διαγνωστικά κριτήρια. Ξεχωρίζει από τη σκληρότητά της (χαράσσεται με το νύχι), και το σχισμό.

Που υπάρχει. Είναι ορυκτό που προήλθε λόγω εξάτμισης και βρίσκεται σε ιζηματογενή πετρώματα, συχνά σε στρώσεις. Λόγω της μικρότερης διαλυτότητάς της από τον Ανυδρίτη και το Ορυκτό άλας, καθιζάνει πρώτο και στη συνέχεια ο Ανυδρίτης και το Ορυκτό άλας. Υπάρχει επίσης σε μικρότερες ποσότητες σε αργίλους και σχιστολίθους. Συνυπάρχει με NaCl , Ανυδρίτη, Δολομίτη, Ασβεστίτη, Θείο, Σιδηροπυρίτη και χαλαζία.



Σχ. 78. Πλακοειδής μορφή γύψου (α) και δίδυμος γύψος με μορφή ουράς χελιδονιού (β).

6. ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ, ΑΡΣΕΝΙΚΑ, ΒΑΝΑΔΙΚΑ.

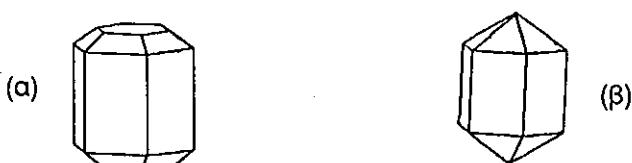
Περιλαμβάνουν ορυκτά με τρισθενές ανιόν PO_4 , AsO_4 , VO_4 και είναι άνυδρα ή ένυδρα. Τα κυριότερα μέλη της κλάσεως αυτής είναι:

Μοναζίτης	$(\text{Ce}, \text{La}, \text{Y}, \text{Th})\text{PO}_4$
Τριφυλλίτης	LiFePO_4
<i>Ομάδα Απατίτη</i>	
Απατίτης	$\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})(\text{PO}_4)_3$
Πυρομορφίτης	$\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3$
Μιμετίτης	$\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{AsO}_4)_3$
Βαναδινίτης	$\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{VO}_4)_3$
Αμβλυγωνίτης	LiAlFPO_4
Λαζουλίτης	$\text{MgAl}_2(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_2$
Σκοροδίτης	$\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Ουειβελίτης	$\text{Al}_3(\text{OH})_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Τουρκουάζ	$\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Αυτυνίτης	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10 \text{--} 12\text{H}_2\text{O}$
Βιβιανίτης	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Ερυθρίτης	$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Καρνοτίτης	$\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Από τα προηγούμενα ορυκτά το μεγαλύτερο ενδειαφέρον πετρογραφικά παρουσιάζει ο Απατίτης.

Απατίτης - $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})(\text{PO}_4)_3$

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως εξαγωνικό με μορφή εξαγωνική πρισματική διπυραμίδας (σχ. 79) ή κοκκώδη συμπαγή ή συμπαγή.



Σχ. 79. Κρύσταλλοι Απατίτη με μορφή πρισματική (a) και πρισματική που καταλήγει σε πυραμίδες (b).

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 5, ειδ. βάρος 3,1-3,3, λάμψη υαλώδη ή υπορητινώδη με χρώμα συνήθως πρασινωπό ή γκριζοπράσινο αλλά και λευκό, καφεκίτρινο και γραμμή σκόνης λευκή.

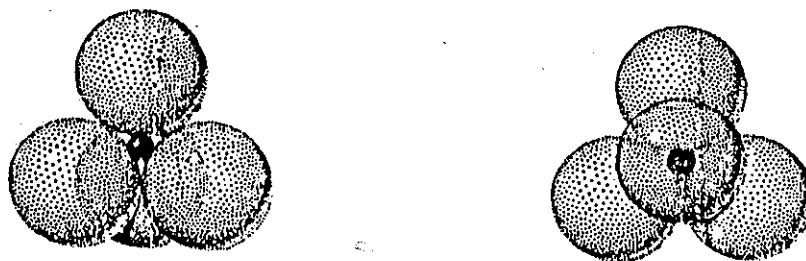
Διαγνωστικά κριτήρια. Ξεχωρίζει από τη σκληρότητα (μόλις χαράσσεται με μαχαίρι) και τη μορφή των εξαγωνικών κρυστάλλων καθώς και το χρώμα.

Που υπάρχει. Συνοδεύει υπό μορφή μικρών κρυστάλλων τα περισσότερα πυριγενή, ιζηματογενή και μεταμορφωσιγενή πετρώματα. Η ποικιλία του Κολλοφάνη είναι το κύριο ορυκτό των φωσφοριτών (βιογενούς προελεύσεως κοιτάσματα).

Όνομασία. Από την Ελληνική λέξη απάτη διότι συγχέεται με άλλα ορυκτά.

7. ΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

Αποτελούν τη σπουδαιότερη κλάση ορυκτών. Το 40% από τα γνωστότερα ορυκτά και το σύνολο σχεδόν των ορυκτών που συμμετέχουν στη δομή των πυριγενών πετρωμάτων είναι πυριτικά ορυκτά. Τα ορυκτά της αργίλου που αποτελούν και το πιο ενεργό ανόργανο τμήμα του εδάφους είναι πυριτικά ορυκτά. Ότι έχει σχέση με δομικά υλικά (τούβλα, τσιμέντο, γυαλί, κεραμεικά) είναι κατά το μέγιστο ποσοστό τους προιόντα προερχόμενα από πυριτικά ορυ-



κτά.

Σχ. 80. Τετράεδρα πυριτίου.

Τα πυριτικά ορυκτά συντίθενται με βάση το Si και το O τα οποία αποτελούν μια σταθερή κατάσταση (με αριθμό συντάξεως^{*}

4) κατά την οποία 4 οξυγόνα και ένα πυρίτιο σχηματίζουν ένα τετράεδρο πυριτίου (σχ. 80). Τα τετράεδρα συνδέονται μεταξύ τους με κοινά οξυγόνα και έτσι είναι δυνατόν, με βάση αυτό το είδος **πολυμερισμού**, να δημιουργηθούν δομές προς μία ή περισσότερες διευθύνσεις, κυκλικές και ούτω καθ'εξής. Ο βαθμός πολυμερισμού εξαρτάται από τη θερμοκρασία κάτω από την οποία σχηματίσθηκε το αντίστοιχο ορύκτο. 'Οσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία σχηματισμού τόσο μικρότερο βαθμό πολυμερισμού έχει το ορυκτό και αντίθετα, ανάλογα πάντοτε με την πίεση και τη χημική συγκέντρωση. Στα πυριγενή η κρυστάλλωση ξεκινά με τον Ολιβίνη και συνεχίζει με τούς πυρόξενους και τους αμφίβολους με τελευταίο το Χαλαζία.

Πίνακας 9. Κατάταξη των πυριτικών ορυκτών.

Si:O	Διάταξη τετραέδρων	Κατηγορία
1:4	απομονωμένα	Νησοπυριτικά
2:7	διπλή	Σωροπυριτικά
1:3	δακτύλιος	Κυκλοπυριτικά
1:3	απλή αλυσίδα	Ινοπυριτικά
4:11	διπλή αλυσίδα	"
2:5	φύλλα	Φυλλοπυριτικά
1:2	ανάπτυξη στο χώρο	Τεκτοπυριτικά

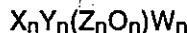
Εκτός από το πυρίτιο αλλό σπουδαίο κατιόν που συμμετέχει στα πυριτικά ορυκτά είναι το Al το οποίο μαζί με το Si και το O αποτελεί τα κύρια δομικά στοιχεία των πυριτικών ορυκτών. Το Al μπορεί αφενός να υποκαταστήσει το Si στο πλέγμα των πυριτικών ορυκτών στα τετράεδρα Si, και αφετέρου να βρίσκεται στα οκτάρδρα αργιλίου, διότι έχει δύο αριθμούς συντάξεως ως προς το οξυγόνο, 4 και 6.

'Άλλα κατιόντα όπως, το μαγνήσιο, ο δισθενής ή τρισθενής σίδηρος, το δισθενές μαγγάνιο, το αργίλιο και το τετρασθενές τιτάνιο είναι δυνατόν να συμμετέχουν στη δομή των πυριτικών ορυκτών με αριθμό συντάξεως ως προς το οξυγόνο 6. Τα κατιόντα αυτά έχουν παραπλήσιο μέγεθος. Η αντικατάσταση ενός κατιόντος από τα προηγούμενα με μικρότερο σθένος από ένα με μεγαλύτερο σθένος

δημιουργεί στο πλέγμα θέσεις με ελεύθερο θετικό φορτίο το οποίο εξουδετερώνεται από ένα αρνητικό φορτίο.

Μεγαλύτερα από τα προηγούμενα σε μέγεθος κατιόντα, με αριθμό συντάξεως ως προς το οξυγόνο 8 ή μεγαλύτερο, είναι τα κατιόντα ασβέστιο και νάτριο και καταλαμβάνουν θέσεις με ασθενέστερο φορτίο στο πλέγμα.

Ο γενικός τύπος των πυριτικών ορυκτών μπορεί να γράφει:



όπου $X = Ca^{2+}, Na^+, K^+, Ba^{2+}$

$Y = Al^{3+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}, Ti^{4+}$, $Z = Si^{4+}, Al^{3+}$

$O = οξυγόνο$, $W = ανιόντα$ και $n =$ ο αριθμός των αντίστοιχων κατιόντων ή ανιόντων.

Τα πυριτικά ορυκτά χαρακτηρίζονται από την αναλογία Si:O που έχουν στο πλέγμα τους και κατ' αυτόν τον τρόπο κατατάσσονται σε μια από τις κατηγορίες, Νησοπυριτικά, Κυκλοπυριτικά, Ινοπυριτικά, Φυλλοπυριτικά και Τεκτοπυριτικά (Πιν. 9).

Πίνακας 10. Αριθμός συντάξεως των κατιόντων στα πυριτικά ορυκτά.

Ιόν	Ιονική ακτίνα	αριθμός συντάξεως
(Α)		
Si ⁴⁺	0,42	4
Al ³⁺	0,64	6
Fe ³⁺	0,64	6
Mg ²⁺	0,66	6
Ti ⁴⁺	0,68	6
Fe ²⁺	0,74	6
Mn ²⁺	0,80	6
Na ⁺	0,97	8
Ca ²⁺	0,99	8
K ⁺	1,33	8-12
Ba ²⁺	1,34	8-12
Rb ⁺	1,47	8-12

* Αριθμός συντάξεως.

'Όταν δύο ιόντα με αντίθετο ηλεκτρικό φορτίο ενώνονται για να σχηματίσουν έναν κρύσταλλο με ηλεκτροστατικές κυρίως δυνάμεις, κάθε ιόν έχει την τάση να συγκεντρώνει γέρω του τόσα αντιθέτως φορτισμένα ιόντα όσα του επιτρέπει το μέγεθός του.

'Ετσι σε μια σταθερή κρυσταλλική κατάσταση κάθε κατιόν βρίσκεται στο κέντρο ενός πολυέδρου του οποίου οι κορυφές καταλαμβάνονται από ένα συγκεκριμένο αριθμό ανιόντων. Ο αριθμός αυτός λέγεται αριθμός συντάξεως (coordination number) και χαρακτηρίζει κάθε κατιόν. Οι αριθμοί συντάξεως των κατιόντων που συμμετέονται στο σχηματισμό των πυριτικών ορυκτών φαίνονται στον Πίνακα 10.

ΝΗΣΟΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

Τα νησοπυριτικά ορυκτά περιλαμβάνουν μέλη με αυθυπόστατες τετραεδρικές ομάδες πυριτίου (SiO_4) μέσα στο πλέγμα υπό μορφή νησίδων και συνδέονται μεταξύ τους μόνο με ιονικούς δεσμούς μέσω των κατιόντων τα οποία καταλαμβάνουν τους χώρους μεταξύ των τετραεδρικών ομάδων του πυριτίου. Αν το κατιόν είναι δισθενές τότε ο γενικός τύπος είναι A_2SiO_4 , όπου A είναι Mg ή Fe^{2+} . Αν τα κατιόντα είναι ένα δισθενές μεγάλου μεγέθους και ένα τρισθενές μικρού τότε έχουμε τον γενικό τύπο $\text{A}_3\text{B}_2(\text{SiO}_4)_3$, όπου A=δισθενές κατιόν και B=τρισθενές.

Οι κυριότερες πετρογραφικά ομάδες των νησοπυριτικών ορυκτών είναι:

1. Ομάδα του Ολιβίνη.
2. Ομάδα των Γρανατών.

Ομάδα του Ολιβίνη

Περιλαμβάνει τον Φοστερίτη- $\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)$ και τον Φαγιαλίτη- $\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)$. Το ορυκτό που ονομάζεται Ολιβίνης είναι ένα στερεό διάλυμα με διάφορη αναλογία των ορυκτών Φορστερίτη και Φαγιαλίτη.

Ολιβίνης- $(Mg,Fe)_2(SiO_4)$

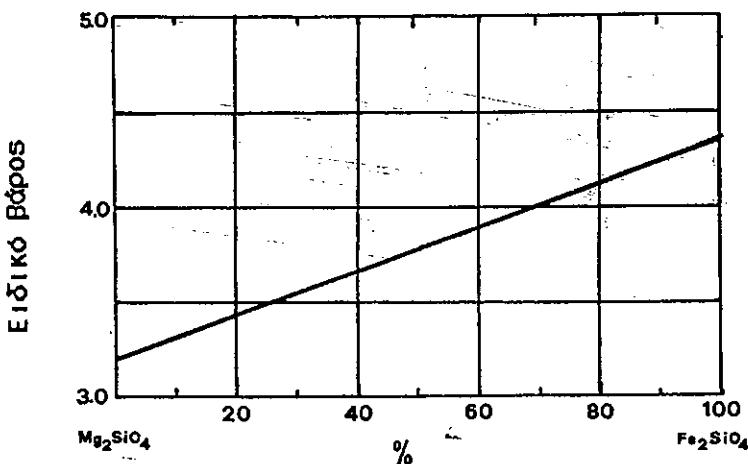
Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως ορθορομβικό με σχήμα διπυραμίδας. Η ύπαρξη καλοσχηματισμένων κρυστάλλων είναι σπάνια. Συνήθως βρίσκεται σε μορφή μεμονομένων κόκκων μέσα σε πυριγενή πετρώματα ή ως κοκκώδη συσσωματώματα.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 6,5-7 και ειδ. βάρος 3,3-3,4. Η αύξηση του ποσοστού του σιδήρου συμβάλλει στην αύξηση του ειδικού βάρους του (σχ. 81). Έχει λάμψη υαλώδη και χρώμα πράσινο υαλώδες, ορισμένες όμως φορές και καφετί ή κιτρινωπό. Είναι διαφανής ή ημιδιαφανής.

Στοιχεία αναγνώρισης. Αναγνωρίζεται από την υαλώδη λάμψη, τον κογχοειδή θραυσμό και το έλαιωδες πράσινο χρώμα του.

Που υπάρχει. Είναι πολύ κοινό ορυκτό και συμμετέχει στο σχηματισμό των πετρωμάτων και κυρίως στα βασικά πυριγενή, όπως στους γάββρους, τούς περιδοτίτες και τους βασάλτες. Το πέτρωμα **Δουνίτης** αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από ολιβίνη. Συνοδεύεται από πυροξένους (κυρίως Αυγίτη), ασβεστούχα πλαγιόκλαστα (Ανορθίτη), Μαγνητίτη, Κορούνδιο, Χρωμίτη και Σερπεντίνη. Ο Ολιβίνης βρίσκεται σε ορισμένους μετεωρίτες και σε βασάλτες της σελήνης.

Ονομασία. Από το έλαιωδες (olive) πράσινο χρώμα του.



Σχ. 81. Μεταβολή του ειδικού βάρους του Ολιβίνη ανάλογα με το ποσοστό Φορστερίτη και Φαγιαλίτη.

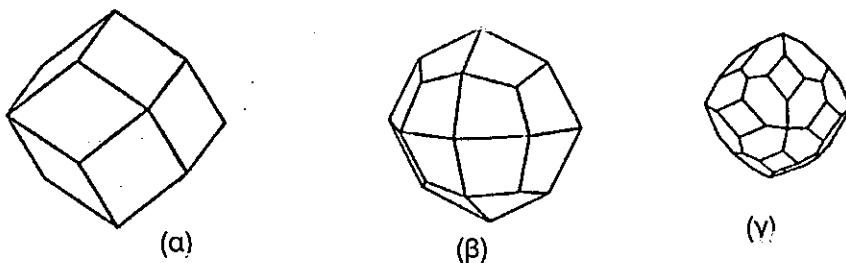
Ομάδα των Γρανατών

Η ομάδα των γρανατών περιλαμβάνει ορυκτά που ανταποκρίνονται στο γενικό τύπο $X_3Y_2(SiO_4)_3$, όπου $X = Ca, Mg, Mn, Fe^{2+}$ και $Y = Al, Cr$ ή Fe^{3+} .

Τα μέλη της ομάδας των Γρανατών είναι:

Πυρόπητς	$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$
Αλιγανδίτης	$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$
Σπεσσαρτίτης	$Mn_3Al_2(SiO_4)_3$
Γκροσσουλαρίτης	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$
Ανδραδίτης	$Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$
Ουβαροβίτης	$Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως κυβικό με μορφή δωδεκαέδρου και τραπεζοέδρου (σχ. 82) ή κοκκοειδή ή συμπαγή.



Σχ. 82. Κρύσταλλοι Γρανατών με μορφή δωδεκαέδρου (α), τραπεζοέδρου (β) και συνδυασμός ρομβοδωδεκαέδρων και εικοσιτετραέδρου (γ).

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 6-7,5, ειδ. βάρος 3,6-4,3, λάμψη υαλώδη έως ρητινώδη και χρώμα που ποικίλει από κόκκινο ή καφέ, λευκό ή πράσινο ως μαύρο και γραμμή σκόνης λευκή.

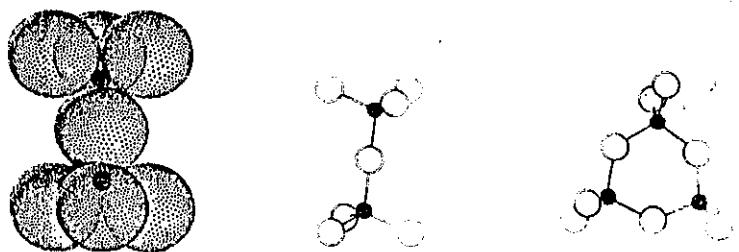
Διαγνωστικά κριτήρια. Διακρίνονται από τους ισομετρικούς ρυστάλους, τη σκληρότητά τους και το χρώμα. Ακριβής αναγνώριση δύμως μπορεί να γίνει μόνο με πετρογραφικό μικροσκόπιο.

Που υπάρχουν. Βρίσκονται σε πολλά μεταμορφωσιγενή και ορισμένα πυριγενή πετρώματα ως συνοδεύοντα ορυκτά. Χαρακτηριστικά βρίσκονται σε μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους, κεροστιλβικούς σχιστολίθους και γευσίους.

Όνομασία. Από τη Λατινική λέξη *granatus*, που σημαίνει κόκκος.

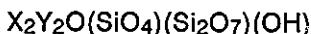
ΣΩΡΟΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ.

Χαρακτηρίζονται από διπλές απομονωμένες τετραεδρικές ομάδες οι οποίες σχηματίζονται από δύο τετράεδρα πυριτίου (SiO_4) με κοινό οξυγόνο (σχ. 83). Έχει αναλογία $\text{Si:O} = 2:7$. Η κυριότερη πετρογραφικά ομάδα ορυκτών είναι η ομάδα του Επιδότου.



Σχ. 83. Τεταεδρικές ομάδες σωρόπυριτικών ορυκτών με κοινό οξυγόνο.

Ο γενικός τους τύπος είναι



όπου $\text{X}=\text{Ca}$ και $\text{Y}=\text{Al}, \text{Fe}^{3+}$.

Όλα τα μέλη ανήκουν στο μονοκλινές σύστημα κρυσταλλώσεως με χαρακτηριστική επιμήκυνση κατά τον άξονα b .

Τα κυριώτερα μέλη είναι

Ομάδα Επιδότου

Κλινοζωισίτης $\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{O}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$

Επίδοτο $\text{Ca}_2(\text{Al},\text{Fe})\text{Al}_2(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$

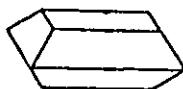
Ιδοκράστης $\text{Ca}_{10}(\text{Mg},\text{Fe})_2 \text{Al}_4(\text{SiO}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH})_4$

Επίδοτο - $\text{Ca}_2(\text{Al},\text{Fe})\text{Al}_2\text{O}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$

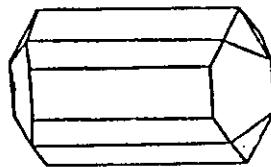
Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως μονοκλινές. Κρύσταλλοι πρισματικοί επιμηκεινόμενοι κατά τον άξονα b (σχ 84.α) ή με ραβδώσεις (σχ 84.β). Συνήθως είναι συμπαγής κοκκώδης ή ινώδης.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 6-7 και ειδ. βάρος 3,2-3,5. Έχει σχισμό τέλειο κατά {001}. Είναι διαφανής με χρώμα πράσινο φυστικιάς ή κιτρινωπό έως μαυροπράσινο.

Στοιχεία αναγνώρισης. Χαρακτηριστικά του είναι ο τέλειος σχισμός και το ποικιλόμορφο πράσινο χρώμα του.



(α)



(β)

Σχ. 84. Κρύσταλλοι επιμηκυνόμενοι κατά τον άξονα των b (α)
ή ραβδωτοί (β).

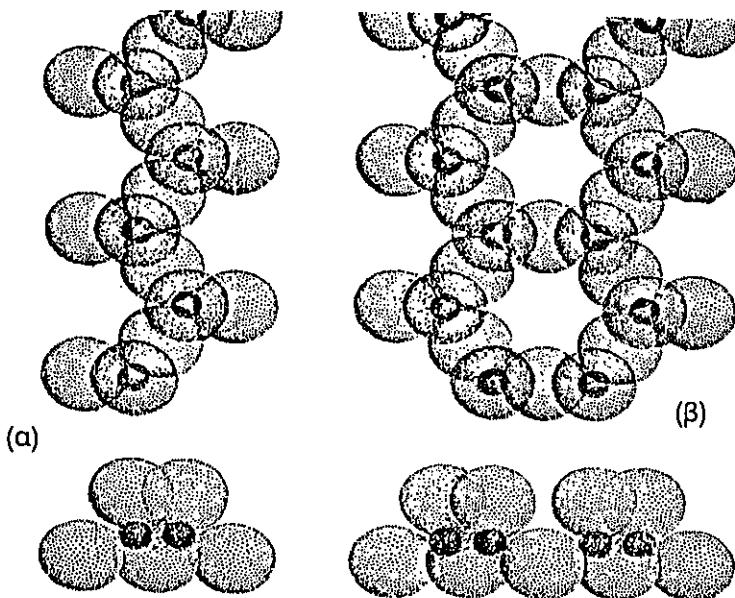
Που υπάρχει. Βρίσκεται σε μεταμορφωσιγενή πετρώματα όπως γνεύσιοι, αμφιβολίτες και διάφοροι σχιστόλιθοι ως προιόν αποσάθρωσης των ασβεστούχων αστρίων, των πυροξένων, των αμφιβόλων και του βιοτίτη. Συχνά βρίσκεται μαζί με χλωρίτες.

Ονομασία. Από την Ελληνική επιδοτώ (=αυξάνω) λόγω της ανάπτυξής του κατά τον άξονα.

ΙΝΟΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ.

Στα ινοπυριτικά ορυκτά τα τετράεδρα του πυριτίου συνδέονται μέσω των οξυγόνων τους σε αλυσίδες οι οποίες στη συνέχεια μπορούν να ενωθούν πλευρικά με ορισμένα από τα οξυγόνα των τετραέδρων του Si (σχ. 85). Αυτές οι δύο δομές έχουν αναλογία Si:O, 2:6 ή πρώτη και 4:11 η δεύτερη.

Η πρώτη δομή αντιστοιχεί στη δομή των πυροξένων με γενικό τύπο $X_2(Si_2O_6)$. Τα X είναι κατιόντα μεγάλου μεγέθους με ασθενές ηλεκτρικό φορτίο, όπως νάτριο ή ασβέστιο, και μικρότερα κατιόντα όπως μαγνήσιο, σίδηρος δισθενής ή τρισθενής, αργίλιο, μαγγάνιο δισθενές ή τρισθενές ή ακόμη και λίθιο ή τετρασθενές τιτάνιο. Η δομή τους εκτείνεται επ' αόριστον κατά τον άξονα c. Στό σχήμα 86, έχουμε μια τομή κάθετη στον άξονα c και εμφανίζονται και όπου εμφανίζονται και τα σχισμογενή επίπεδα υπό γωνία 87^0 και 93^0 .



Σχ. 85. Δομή ινοπυριτικών ορυκτών με αναλογία Si:O, 2:6 (a) και 4:11 (b).

Η-δεύτερη δομή αντιστοιχεί στους αμφίβολους με γενικό τύπο $X_2(Si_4O_{11})(OH)_2$ όπου τα X αντιπροσωπεύουν τα ίδια με τους πυριξένους κατιόγτα. Το Si είναι δυνατόν να υποκαθίσταται σε ένα βαθμό από Al. Η δομή των αμφιβόλων εκτείνεται και αυτή όπως των πυροξένων επ' αόριστον κατά τον άξονα c, όπως φαίνεται στο σχ. 87 όπου η τομή είναι κάθετη συνον άξονα c και τα σχισμογενή επίπεδα τέμνονται υπό γωνία 124^0 και 56^0 και επεκτείνονται και αυτά κατά τον άξονα c.

Στα ινοπυριτικά ορυκτά περιλαμβάνονται οι ομάδες:

Πυρόξενοι

Ορθοπυρόξενοι

Ενστατίτης - $Mg(SiO_3)$

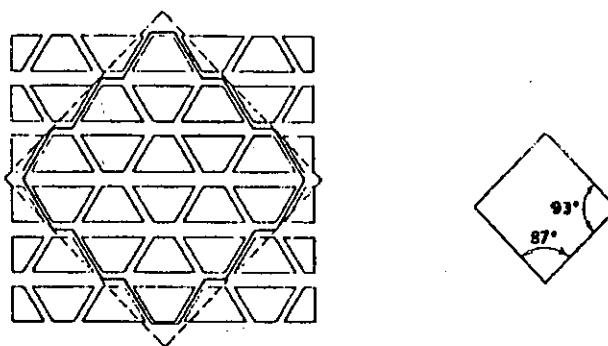
Υπερσθενής - $(Mg,Fe)(SiO_3)$

Κλινοπυρόξενοι

Αιγιρίτης - $NaFe(Si_2O_6)$

Διοψείδιος - $CaMg(Si_2O_6)$

Αυγίτης - $(Ca,Na)(Mg,Fe,Ti,Al)(Al,Si)_2O_6$



Σχ. 86. Σχισμογενή επίπεδα υπό γωνία 87 και 93^0 στους πυροξένους.

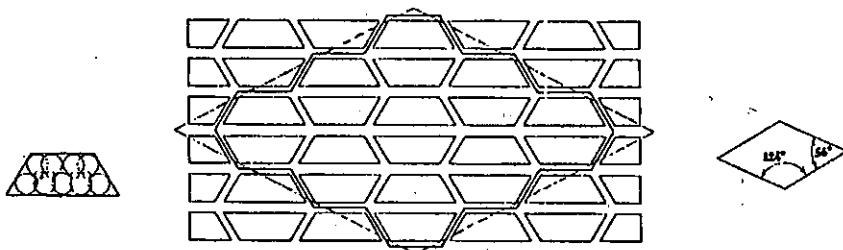
Αμφίβολοι

Τρεμολίτης - $Ca_2Mg_5(Si_8O_{22})(OH)_2$

Ακτινόλιθος - $Ca_2(Mg,Fe)_5(Si_8O_{22})(OH)_2$

Κεροστίλβη-
Βολλαστονίτης - $(Ca,Na)_{2-3}(Mg,Fe,Al)_5(Al,Si)_8O_{22}(OH)_2$

$CaSiO_3$



Σχ. 87. Σχισμογενή επίπεδα υπό γωνία 124 και 56^0 στους αμφιβόλους.

Πυρόξενοι

Έχουν σχισμό πρισματικό με γωνία 87^0 και 93^0 . τα μέλη τους έχουν παρόμοιες χημικές ιδιότητες με τους αμφιβόλους. Κρυσταλλώνονται στο ορθορομβικό και μονοκλινές σύστημα.

Ορθοπυρόξενοι

Οι ορθοπυρόξενοι κρυσταλλώνονται στο ορθορομβικό σύστημα κρυσταλλώσεως και περιέχουν πολύ μικρό ποσοστό ασβεστίου. Περιλαμβάνουν τα ορυκτά Ενστατίτη και Υπερσθενή.

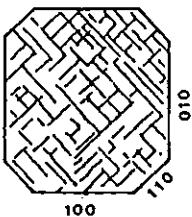
Ενστατίτης - $Mg_2(SiO_3)$, Υπερσθενής - $(Mg,Fe)(SiO_3)$

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως ορθορομβικό με πρισματικούς κρυστάλλους. Συνήθως βρίσκεται υπό συμπαγή, ινώδη ή πλακώδη μορφή.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 5-6 και ειδ. βάρος 3,2-3,4 (αύξηση του σιδήρου συνεπάγεται και αύξηση του ειδικού βάρους). Έχει σχισμό καλό κατά $\{110\}$ υπό γωνία 87^0 και 93^0 και λάμψη υαλώδη προς μαργαριτώδη στις σχισμογενείς επιφάνειες. Έχει χρώμα ανοικτό πράσινο έως σκούρο καφετί πράσινο, ανάλογα με το ποσοστό του σιδήρου που περιέχει. Η ποικιλία με μεταλλική ορειχάλκινη

λάμψη ονομάζεται **Βρονζίτης** και είναι ορυκτό ενδιάμεσο μεταξύ ενστατίτη και υπερσθενή.

Στοιχεία αναγνώρισης. Συνήθως αναγνωρίζεται από τις σχισμογενείς επιφάνειες που τέμνονται υπό σχεδόν ορθή γωνία (σχ. 88). Επίσης ο Ενστατίτης και ο Βρονζίτης από το πράσινο και το ορειχάλκινο γυαλιστερό χρώμα αντίστοιχα. Ο Υπερσθενής είναι δυνατόν να εκλειφθεί ως κλινοπυρόξενος. Ποικιλίες με υψηλό ποσοστό σιδήρου είναι μαύρες και ξεχωρίζουν πολύ δύσκολα από τον



Σχ. 88. Τομή κρυστάλλων Ενστατίτη όπου διακρίνεται η σχεδόν ορθή γωνία υπό την οποία τέμνονται τα σχισμογενή επίπεδα.

Αυγίτη

Που υπάρχει. Οι ορθοπυρόξενοι βρίσκονται στους γάββρους, τους πυροξενίτες, τους περιδοτίτες και βασάλτες, και σε μετεωρίτες.

Όνομασία. Ο ενστατίτης από την Ελληνική λέξη **ένσταση** (=αντίσταση, αντιπαλότητα) και ο υπερσθενής από το **υπερ** και **σθένος** (=πολύ ισχυρό) διότι θεωρείτο πιο σκληρός από την κεροστίλβη.

Κλινοπυρόξενοι.

Οι κλινοπυρόξενοι κρυσταλλώνονται στο μονοκλινές και περιέχουν Ca ή Na και Al,Fe³⁺ ή Li. Περιλαμβάνουν τον Διοψείδιο, τον Αιγιρίτη και τον Αυγίτη.

Διοψείδιος - CaMg(Si₂O₆).

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως μονοκλινές. Οι κρύσταλλοι του εμφανίζουν τετραγωνική ή οκταεδρική διατομή.

Βρίσκονται επίσης υπό μορφή συμπαγή, στυλοειδή ή φυλλώδη. Εμφανίζεται συχνά πολυδυμία στους κρυστάλλους κατά {001}.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 5-6 και ειδ. βάρος 3,2-3,3. Συνήθως διαχωρίζεται παράλληλα προς το πινακοειδές της βάσης {001}. Οταν διαχωρίζεται κατά το εμπρόσθιο πινακοειδές {100}, αποτελεί την ποικιλία που ονομάζεται Διαλαγής. Έχει χρώμα λευκό έως ανοικτό πράσινο και σκουριάνει με την αύξηση της περιεκτικότητάς του σε σίδηρο.

Που υπάρχει. Μεμονωμένα υπαρχει σε κρυσταλλικούς ασβεστολίθους, ως ορυκτό που προέκυψε από μεταμόρφωση εξ επαφής. Σ' αυτές τις περιπτώσεις συνοδεύεται από τα ορυκτά Τρεμολίτη, Σκαπολίτη και Ιδοκράση. Η ποικιλία Διαλαγής βρίσκεται πολύ συχνά στους γάββρους, περιδοτίτες και σερπεντίνιτες.

Ονομασία. Από την Ελληνική λέξη δις και οψη διότι η κάθετη πρισματική ζώνη μπορεί να προσανατολισθεί κατά δύο τρόπους.

Αιγιρίτης - NaFe(Si₂O₆).

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως μονοκλινές με χαρακτηριστικύς πρισματικούς κρυστάλλους με απότομες απολήξεις. Συχνά βρίσκεται υπό μορφή ινωδών συσσωματωμάτων.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 6-6,5 και ειδ. βάρος 3,4-3,6. Ο σχισμός του είναι πρισματικός και το χρώμα του είναι καφέ ή πράσινο με λάμψη υαλώδη.

Στοιχεία αναγνώρισης. Αναγνωρίζεται από τους λεπτούς πρισματικούς του κρυστάλλους και το χρώμα του που είναι καφέ έως πράσινο. Εντούτοις η αναγνώρισή του του είναι δύσκολη χωρίς οπτικές δοκιμές.

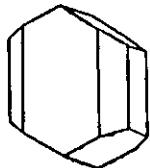
Που υπάρχει. Βρίσκεται σε Συηνίτες, σε Νεφελινικούς συηνίτες και σε πηγματίτες.

Ονομασία. Από τον Ισλανδό θεό Αιγίρ.

Αυγίτης - (Ca,Na)(Mg,Fe,Al)(Si,Al)₂O₆.

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως μονοκλινές με πρισματικούς κρυστάλλους (σχ. 89).

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 5-6, ειδ. βάρος 3,2-3,4, λάμψη υαλώδη και χρώμα σκούρο πράσινο έως μαύρο. Εμφανίζει πολλές φορές δίδυμους κρυστάλλους. Είναι δυνατόν να εμφανισθεί καλός σχισμός κατά {110}. Έχει δύο σχεδόν κάθετους σχισμούς, στοιχείο χαρακτηριστικό όλων των πυροξένων.



Σχ. 89. Πρισματικοί κρύσταλλοι
Αυγίτη.

Στοιχεία αναγνώρισης. Οι κρύσταλλοι του έχουν τετραγωνική ή οκταγωνική διατομή. Διακρίνονται από τον Διοψείδιο από το σκουρότερο χρώμα και από την Κεροστίλβη από τον σχισμό.

Που υπάρχει. Είναι από τα σπουδαιότερα ορυκτά των πυροξένων και συμμετέχει στη δομή των βασικών πυριγενών πετρωμάτων. Πολύ σπάνια ανευρίσκεται σε πετρώματα που περιέχουν πολύ χαλαζία. Αποτελεί βοσικό συστατικό των Γάβρων και Περιδοτίτων και συμμετέχει στη σύνθεση των Συηνιτών και Γνευσίων.

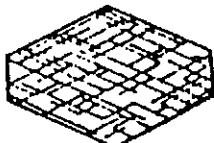
Ονομασία. Από την Ελληνική λέξη **αυγή** (με την έννοια λάμψη, ακτινοβολία).

Γενικά η ονομασία των πυροξένων προήλθε από τις Ελληνικές λέξεις **πυρ** και **ξενος** διότι αρχικά θεωρίτο ότι δεν υπήρχε σε πυριγενή πετρώματα.

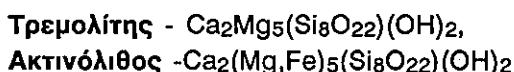
Αμφίβολοι.

Οι αμφίβολοι όπως και οι πυρόξενοι αποτελούν μία από τις σπουδαιότερες ομάδες και λαμβάνουν μέρος στο σχηματισμό πολλών πετρωμάτων. Τα κοινότερα μέλη των αμφιβόλων κρυσταλλών έχουν σχέση Si:O, 4:11 και περιέχουν υδροξύλιο. Οι γωνίες των σχισμών τους είναι 56° και 124° (σχ. 90) και διαφέρουν από αυτές των πυ-

ροξένων (87° και 93°). Μέλη των αμφιβόλων είναι ο **Τρεμολίτης**, ο **Ακτινόλιθος** και η **Κεροστίλβη**.



Σχ. 90. Χαρακτηριστικός σχισμός αμφιβόλων (βλέπε και σχ. 52).



Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως μονοκλινές. Συνήθως σχηματίζει μακρείς ινώδεις πρισματικούς κρυστάλους. Πολλές φορές είναι συμπαγής ινώδης. Η διδυμία είναι συνήθης.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 5-6, ειδ. βάρος 3,0-3,4, λάμψη υαλώδη, σχισμό πρισματικό και χρώμα λευκό, έως ανοικτό πράσινο στον Ακτινόλιθο, με μεταξώδη εμφάνιση. Μια συμπαγής ποικιλία του ονομάζεται **νεφρίτης**. Ο ακτινόλιθος έχει ποσοστό σιδήρου μεγαλύτερο από 20%.

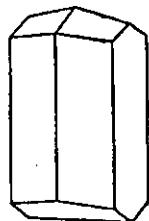
Στοιχεία αναγνώρισης. Χαρακτηρίζεται από τους λεπτούς μακρείς κρυστάλλους και από τον καλό πρισματικό σχισμό. Από τους πυροξένους διαφέρει ως προς τις γωνίες των σχισμογενών επιπέδων και από την Κεροστίλβη από το ανοικτότερό τους χρώμα.

Που υπάρχει. Ο Τρεμολίτης υπάρχει στους μη καθαρούς δολομιτικούς ασβεστολίθους και σε ταλκικούς σχιστολίθους. Ο Ακτινόλιθος υπάρχει σε σχιστολίθους και αποτελεί το κύριο ορυκτό των πρασινοσχιστολίθων και των πρασινολίθων. Ο Ακτινόλιθος συνήθως είναι ινώδης και ονομάζεται αμίαντος (asbestos).

Ονομασία. Ο Τρεμολίτης από την κοιλάδα Tremola της Ελβετίας και ο Ακτινόλιθος από την Ελληνική λόγω της ακτινωτής του φάνησης.

Κεροστίλβη - $(\text{Ca},\text{Na})_{2-3}(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})_5(\text{Al},\text{Si})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Κρυσταλλογραφία. Ανήκει στο μονοκλινές σύστημα και έχει πρισματικούς κρυστάλλους μακρείς ή κοντούς.



Σχ. 91. Δίδυμος κρύσταλλος Κεροστίλβης.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 5-6, ειδ. βάρος 3,0-3,5, σχισμό πρισματικό, χρώμα πολύ σκούρο πράσινο έως μαύρο και λάμψη υαλώδη. Παρουσιάζει το φαινόμενο της διδυμίας (σχ. 91).

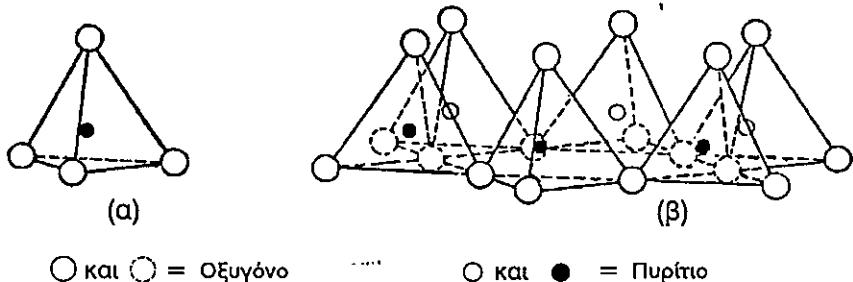
Διαγνωστικά κριτήρια. Οι γωνίες των σχισμογενών επιπέδων την διαχωρίζουν από τους πυροξένους. Διαχωρίζεται από τους άλλους αμφιβόλους από το σκούρο χρώμα της.

Που υπάρχει. Είναι από συνηθέστερα ορυκτά και συμμετέχει στη σύνθεση πολλών πετρωμάτων. Υπάρχει τόσο στα πυριγενή όσο και στα μεταμορφωσιγενή. Στα πυριγενή υπάρχει κυρίως στα δέινα και ενδιάμεσα. Αποτελεί το κύριο συστατικό του πετρώματος αμφιβολίτης (μεταμορφωσιγενής σχιστόλιθος).

Ονομασία. Από παλαιότερη Γερμανική λέξη.

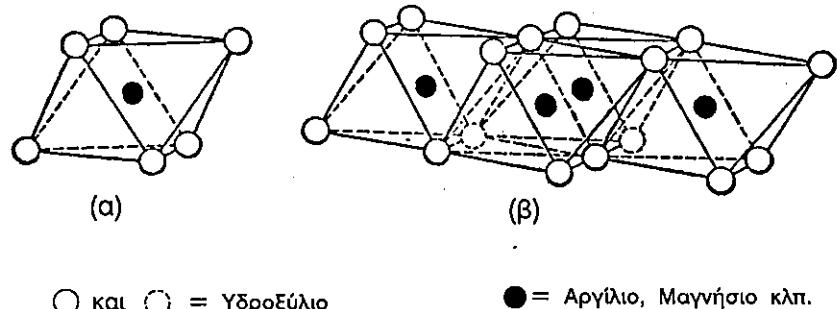
ΦΥΛΟΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

Τα ορυκτά της ομάδος αυτής έχουν φυλλώδη δομή με τα επίπεδα φύλλωσης κάθετα προς τον άξονα C. Έχουν μικρό ειδικό βάρος, είναι μαλακά και διαχωρίζονται σε λεπτά φύλλα, στη βασική τους δηλ. δομική μονάδα. Οι ιδιότητές τους είναι αποτέλεσμα της δομής η οποία συνίσταται από την άλληλοδιαδοχή φύλλων τετραέδρων πυριτίου του τύπου Si_2O_5 (σχ. 92) και οκταέδρων αργιλίου ή



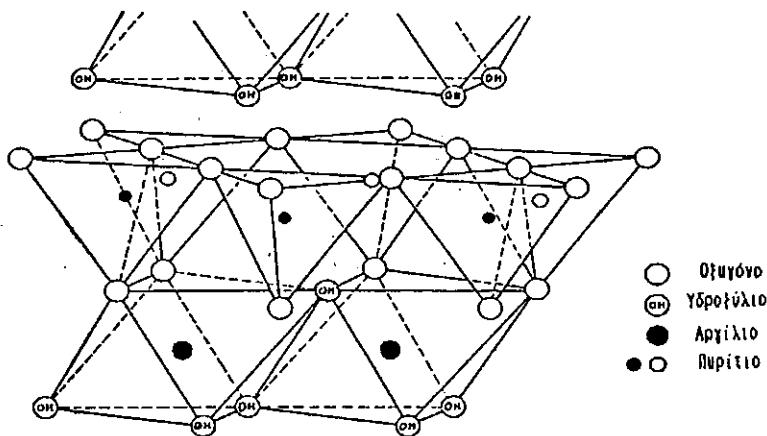
Σχ. 92. Τετράεδρο πυριτίου (a) και φύλλο τετραέδρων πυριτίου(β).

μαγνησίου (δομή Γκιπσίτη ή Βρουκίτη σχ. 93). Τα περισσότερα ορυκτά της οιμάδος αυτής περιέχουν -OH και οι ιδιότητές τους καθορίζονται από τις δομικές τους μονάδες που συνδέονται με τα υδροξυλιόντα αυτά. Γενικά τα φυλλοπυριτικά ορυκτα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο προσανατολισμού των υδροξυλιομάδων. Η μία κατηγορία αποτελείται από συνδυασμούς φύλλων Si_2O_5 με φύλλα Γκιπσίτη (οκτάεδρα αργιλίου) και η άλλη από συνδυασμού φύλλων Si_2O_5 με φύλλα Βρουκίτη (οκτάεδρα μαγνησίου).



Σχ. 93. Οκτάεδρο αργιλίου (a) και φύλλο οκταέδρων αργιλίου(β).

Η απλούστερη δομή τέτοιων ορυκτών είναι της ομάδος του καολινίτη (σχ. 94) και του σερπεντινίτη που περιλαμβάνουν ένα φύλλο Γκιπόσιτη με ένα Si₂O₅ και ένα φύλλο Βρουκίτη με ένα Si₂O₅. Αυτός ο απλός συνδυασμός είναι και η βασική δομική του μονάδα.



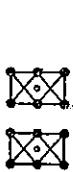
Σχ. 94. Δομή Καολινίτη με εναλλαγή φύλλων τετραεδρών πυριτίου και οκταεδρών αργιλίου.

Ομάδες με δύο φύλλα Si₂O₅ και ένα φύλλο Γκιπόσιτη ή Βρουκίτη, όπως και άλλες πολυπλοκώτερες δομές απεικονίζονται στο σχήμα 95. Στα ορυκτά της ομάδος των φυλλοπυριτικών εκτός των βασικών ιόντων (O, Al, Mg) υπάρχουν και άλλα ιόντα όπως Ca, K, Na, Ba, Cr, Li, Mn.

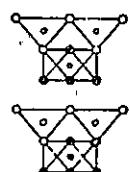
Το μαγνήσιο ή το αργίλιο μπορούν να υποκατασταθούν από σίδηρο δισθενή ή τρισθενή. Εκτός από αυτές είναι δυνατόν να έχουμε και άλλες υποκαταστάσεις σε ορυκτά που περιέχουν Na, K. Ετσι το Ca μπορεί να υποκαταστήσει το Na σε κατάλληλες θέσεις και το Ba μπορεί να υποκαταστήσει το K.

Οι ομάδες που περιλαμβάνονται στα φυλλοπυριτικά ορυκτά είναι: **Οι μαρμαρυγίες** (μοσχοβίτης, φλοιογοπίτης, βιοτίτης, λεπιδολίτης, μαργαρίτης), **οι χλωρίτες** (χλωρίτης, σεπιολίτης), **τα ορυκτά της αργίλου** (μοντμοριλλονίτης, ιλλίτης, βερμικουλίτης, καολινίτης, σερπεντινίτης, γαρνιερίτης, πυροφυλλίτης, τάλκης) και **ο αποφυλλίτης**.

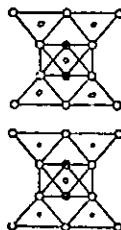
Τριοκταεδρική



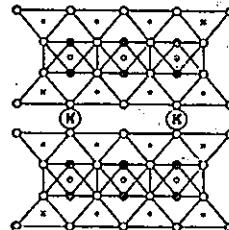
Βρουκίτης



Αντιγορίτης



Τάλκης

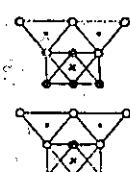


Φλογοπίτης

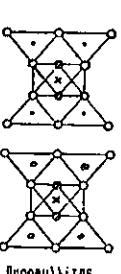
Διοκταεδρική



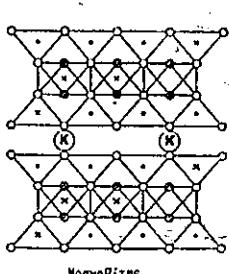
Γκαλκίτης



Δολινίτης



Πυροψυλίτης



Μαγνειτίς

○ Θημένο

● Υδροβύαλο

• Αργίτιο

× Παρίτιο

○ Μαγνήτισ

Σχ. 95. Διαγραμματική σειρά των φυλλοπυριτικών ορυκτών.

Οι περισσότερο ενδιαφέρουσες, από πετρογραφικής και εδαφολογικής σκοπιάς ομάδες των φυλλόμορφων πυριτικών ορυκτών είναι οι μαρμαρυγίες, οι χλωρίτες και τα ορυκτά της αργίλου και από αυτές περιγράφονται στη συνέχεια ορισμένα ορυκτά.

Μαρμαρυγίες

Οι μαρμαρυγίες περιλαμβάνουν δύο ειδιάδεις ορυκτών. Τους μαρμαρυγίες με χρώμα σκούρο που είναι πλούσιοι σε Fe και Mg, και τους μαρμαρυγίες με χρώμα ανοικτό που είναι πλούσιοι σε αργίλιο. Στους σκουρόχρωμους μαρμαρυγίες συμπεριλαμβάνονται ο φλογοπίτης και ο βιοτίτης και στους ανοικτόχρωμους ο μοσχοβίτης.

Οι μαρμαρυγίες κρυσταλλώνονται στο μονοκλινές σύστημα. Οι κρύσταλλοι είναι φυλλοειδείς και έχουν χαρακτηριστικό σχισμό κατά {001}.

Μοσχοβίτης - KAl2 (AlSi3O10) (OH)₂

Κρυσταλλογραφία. Κρυσταλλώνεται στο μονοκλινές. Η γωνία β πλησιάζει τις 90⁰. Οι κρύσταλλοι είναι φυλλώδεις με εξαγωνικό περίγραμμα.

Φυσικές ιδιότητες. Παρουσιάζουν τέλειο σχισμό κατά {001} και το ορυκτό διαχωρίζεται εύκολα σε πολύ λεπτά φυλλίδια. Έχει ειδικό βάρος 2,8-2,9 και σκληρότητα 2-2,5. Το χρώμα του ποικίλει από λευκό διαφανές (σε λεπτά φύλλα) έως διαφανές με κίτρινες, καφέ, πράσινες ή κόκκινες σκιάσεις. Έχει λάμψη υαλώδη προς μεταξώδη έως μαργαριτώδη. Δεν προσβάλλεται από οξέα.

Στοιχεία αναγνώρισης. Ο χαρακτηριστικός φυλλώδης σχισμός και η εμφάνισή του, συνήθως σε λεπτά ανοικτόχρωμα διαφανή φυλλίδια, είναι χαρακτηριστικά για την αναγνώρισή του. Η οπτική διαφορά του από τα άλλα μέλη των μαρμαρυγιών (φλογοπίτη, βιοτίτη) συνίσταται στο γεγονός ότι σε μερικά μεταμορφωσιγενή φυλλίδια ενώ ο φλογοπίτης και ο βιοτίτης σκούρο.

Πού υπάρχει. Ο μοσχοβίτης είναι από τα ορυκτά τα οποία συμετέχουν στο σχηματισμό πολλών πετρωμάτων. Συμμετέχει στα πυριγενή πετρώματα και κυρίως στους γρανίτες. Σε πηγματικούς γρανίτες εμφανίζεται πολλές φορές με μεγάλους κρυστάλλους. Συμμετέχει επίσης σε μεταμορφωσιγενή πετρώματα όπως οι γνεύσιοι και οι μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι. Σε μερικούς σχιστόλιθους υπάρχει υπό μορφή βελονοειδή και λάμψη μεταξώδη που δεν είναι η τυπική μορφή του ορυκτού. Η ποικιλία αυτή του μοσχοβίτη ονομάζεται **Σερικίτης** και είναι δευτερογενές προιόν αποσαθρώσεως των αστρίων. Ο μοσχοβίτης είναι πολύ ανθεκτικός στην αποσάθρωση και τη μεταφορά για αυτό υπάρχει στα κλαστικά ιζήματα όπως οι αμμώλιθοι και τα ίλιστρα συμπαγή ιζήματα.

Όνομασία. Λόγω της χρήσης του ως υποκατάστατο του γυαλιού σε παλαιότερες εποχές στην Ρωσία ονομάζόταν γυαλί της Μόσχας, και από αυτή την ονομασία, στη συνέχεια, Μοσχοβίτης.

Φλογοπίτης $KMg_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$

Κρυσταλλογραφία. Κρυσταλλώνεται στο μονοκλινές με μορφή πρισματική. Εμφανίζεται συνήθως σε φύλλα εξάπλευρα. Οι κρύσταλλοι του είναι συνήθως μεγάλοι, βρίσκονται όμως και φυλλώδη μορφή.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει τέλειο σχιμό κατά {001}. Έχει σκληρότητα 2,5-3 και ειδ. βάρος 2,86. Το χρώμα του είναι σκούρο (κιτρινωπό καφέ, χαλκοκόκκινο), όχι όμως τόσο όσο τού βιοτίτη. Πολλές φορές τα φυλίδια του δημιουργούν αστεράκια στο διερχόμενο φώς.

Στοιχεία αναγνώρισης. Χαρακτηριστικός ο σχισμός των μαρμαρυγών και το συνήθως κιτρινωπό του χρώμα.

Που υπάρχει. Σε κρυσταλλικούς μαγνησιούχους σχιστόλιθους, σε δολομιτικά μάρμαρα ή σερπεντίνες.

Ονομασία. Από την Ελληνική λέξη **φλόγα** λόγω του χρώματός του.

Βιοτίτης $K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$

Κρυσταλλογραφία. Κρυσταλλώνεται στο μονοκλινές. Εμφανίζεται σε μορφή φυλλώδη ή μικρού μεγέθους κρυστάλλους με χαρακτηριστικό σχισμό. Οι κρύσταλλοι τοποθετημένοι σε δέσμες παρουσιάζουν μία ψευδορομβοεδρική εμφάνιση.

Φυσικές ιδιότητες. Έχουν τέλειο σχισμό κατά {001}. Αποτέλεσμα του τέλειου σχισμού είναι να διαχωρίζεται σε πολύ λεπτά φυλλίδια. Έχει ειδικό βάρος 2,3-3,3 και σκληρότητα 2,5-3. Η αύξηση της σκληρότητας έχει σχέση με την αυξανόμενη ποσότητα του σιδήρου. Το χρώμα του είναι πράσινο, καφέ μέχρι μαύρο. Τα λεπτά φύλλα του έχουν χρώμα σκούρο σαν καπνός και αυτό τον ξεχωρίζει από τον άχρωμο μοσχοβίτη. Προσβάλλεται από θερμό θειικό οξύ και διαλύεται.

Στοιχεία αναγνώρισης. Το σκούρο χρώμα και ο χαρακτηριστικός σχισμός των μαρμαρυγών.

Που υπάρχει: Συμμετέχει στα πυριγενή πετρώματα όπου αποτελεί βασικό παράγοντα των γρανιτών και συηνιπών. Βρίσκεται επίσης σε γνεύσιους και σχιστόλιθους (μαρμάρυγιακούς) μαζί με μοσχοβίτη.

Όνομασία. Προς τιμή του Γάλλου φυσικού J.B.Biot.

Χλωρίτες

'Όλα τα μέλη της οιμάδος αυτής έχουν παρόμοιες χημικές κρυσταλλογραφικές και φυσικές ιδιότητες γι' αυτό και δύσκολα ξεχωρίζουν χωρίς ποσοτική χημική ανάλυση ή μελέτη τών οπτικών τους ιδιοτήτων.

Χλωρίτης $Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2 \cdot Mg_3(OH)_6$

Κρυσταλλογραφία. Κρυσταλλώνεται στο μονοκλινές σε ψευδοξεγαγωνικούς φυλλώδεις κρυστάλλους. Συνήθως βρίσκεται σε φυλλώδεις μάζες.

Φυσικές ιδιότητες. Παρουσιάζει τέλειο σχισμό κατά {001}. Έχει σκληρότητα 2-2,5 και ειδικό βάρος 2,6-2,9. Αποτελείται από λεπτά εύκαμπτα αλλά μη ελαστικά φύλλα. Έχει χρώμα κυρίως πράσινο με διάφορες σκιάσεις.

Στοιχεία αναγνώρισης. Χαρακτηριστικό του είναι το πράσινο χρώμα.

Που υπάρχει. Έιναι δευτερογενές ορυκτό, προιόν αποσαθρώσεως των πυροξένων, των αμφιβόλων, του βιοτίτη και άλλων. Μερικοί σχιστόλιθοι αποτελούνται εξ ολοκλήρου σχεδόν από χλωρίτη.

Όνομασία. Από την ελληνική λέξη χλωρός που σημαίνει πράσινη.

Απεντίνης - $Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως μονοκλινές με οφή πρισματική. Απαντάται αντιγορίτης και ως χρυσότιλο.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 2,5-4 και ειδ. βάρος 2,5-3. Η ποικιλία χρυσότιλο, που αποτελεί και τον κυριότερο τύπον αμιάντου (άλλη πηγή αμιάντου αποτελούν οι αμφιβόλοι), έχει ινώδη υφή, ενώ ο αντιγορίτης έχει πλακώδη έως φυλλώδη.

Στοιχεία αναγνώρισης. Έχει συνήθως χρώμα πράσινο με ελαιώδη εμφάνιση (ο αντιγορίτης), ή σπανιότερα καφετί, γκρίζες, λευκό ή κίτρινο. Στοιχείο αναγνώρισης αποτελεί επίσης η ινώδης εμφάνιση με υφή μεταξώδη στο χρυσότιλο (αμιάντος).

Που υπάρχει. Ο σερπεντίνης είναι δευτερογενές ορυκτό προιόν χημικής αποσαθρώσεως του ολιβίνη και των ορθοπυροξένων. Συνυπάρχει με τα ορυκτά μαγνησίτη ($MgCO_3$), χρωμάτη ($FeCr_2O_4$) και μαγνητίτη (Fe_3O_4). Το όνομα σερπεντινίτης ως πέτρωμα δίνεται στο ορυκτό αντιγορίτης.

Ονομασία. Από το πράσινο χρώμα που μοιάζει με πράσινες ποχώσεις ορισμένων φιδιών.

Ορυκτά της αργίλου

Τα ορυκτά της αργίλου είναι κυρίως ένυδρα αργιλιοπυριτικά ορυκτά. Στα ορυκτά αυτά υπάρχουν μερικές υποκαταστάσεις αργίλου από σίδηρο ή μαγνήσιο.

Η ομάδα του **μοντμοριλλονίτη** - $Al_2Si_4O_{10}(OH)_2.nH_2O$ - αποτελείται από μία σειρά μελών (μοντμοριλλονίτης, βαιδελίτης, νοτρονίτης, ταπιωνίτης). Έχουν σχηματισθεί από τη δομή του πυροφυλλίτη με εισαγωγή μορίων ύδατος ανάμεσα στις δομικές του μονάδες (σχ. 32). Μ' αυτόν τον τρόπο τα ορυκτά της ομάδος αυτής με τη διαβροχή τους διαστέλλονται αισθητά. Ο μοντμοριλλονίτης αποτελεί το κύριο ορυκτό του μπετονίτη, μίας διαφοροποιημένης ηφαιστειακής τέφρας.

Με την ονομασία **ιλλίτες** υπάρχει μία σειρά ορυκτών που μοιάζουν με τους μαρμαρυγίες. Διαφέρουν από αυτούς διότι έχουν οι μικρότερο βαθμό υποκατάσταση πυριτίου από αργίλιο στα τετράδρα, περιέχουν περισσότερα μόρια ύδατος, και το κάλιο έχει μερικώς υποκατασταθεί από ασβέστιο και μαγνήσιο. Οι ιλλίτες αποτελούν ενδιάμεση ομάδα μεταξύ της ομάδας του μοντμοριλλονίτη και των μαρμαρυγιών.

Οι **βερμικουλίτες** - $Mg_3(Al, Si)_4O_{10}(OH)_2.4H_2O$ - αποτελούν μία μορφή διαφοροποίησης του βιοτίτη. Φύλλα βιοτίτη με ενδιάμεσα επίπεδα μορίων νερού συνιστούν τη δομή τους. Με τη θέρμανση αποβάλλει νερό και διαστέλλεται με σκωληκοειδή εμφάνιση.

Ο **Καολινίτης** - $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ - είναι δευτερογενές προιόν αποτάθρωσης αργιλιοπυριτικού ορυκτού. Έκτός από την άργιλο των ζαφών βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες σε κοιτάσματα. Χρησιμοποιείται στήν κεραμική και στα κοιτάσματα πορσελάνης.

Η μεγάλη σημασία των ορυκτών της αργίλου έγκειται στην μεγάλη σημασίας ιδιότητά τους την εναλλακτική τους ικανότητα.

(C.E.C., cation exchange capacity), την ικανότητά τους δηλ. να συγκρατούν και να εναλάσσουν κατιόντα με το εδαφικό διάλυμα και τις ρίζες των φυτών. Η εναλλακτική ικανότητα διαφέρει από ομάδα σε ομάδα ορυκτών. Τη μεγαλύτερη εναλλακτική ικανότητα την έχει ο βερμικουλίτης και στη συνέχεια έρχονται ο Μοντμοριλλονίτης οι Ιλλίτες και ο Καολινίτης. Αποτελούν μ' αυτόν τον τρόπο μιά σύνεχη πηγή θρεπτικών συστατικών για τα φυτά. Η ενδοστοιβαδική συγκράτηση νερού εξάλλου αποτελεί μια συνεχή πηγή νερού για τα φυτά μετά από μια βροχερή περίοδο (ή άρδευση) και μέχρι την περίοδο της ξηρασίας, διότι το νερό συγκρατείται ισχυρότερα από το νερό που βρίσκεται στους εδαφικούς πόρους.

Η περιγραφή κάθε μέλους ξεχωριστά καθώς και οι ιδιότητές τους αποτελούν αντικείμενο της εδαφολογίας και κυρίως του ειδικού μαθήματος των ορυκτών της αργίλου και γι' αυτό η επέκταση της παρούσας ύλης σε τέτοιες λεπτομέρειες θεωρείται περιπτή.

Τάλκης(σαπουνόπετρα) - $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως μονοκλινές. Κρύσταλλοι του ορυκτού ανευρίσκονται σπάνια. Συνήθως βρίσκεται σε κοκκώδη ή φυλλώδη συμπαγή μορφή.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 1 και ειδ. βάρος 2,6-2,8. Παρουσιάζει τέλειο σχισμό κατά {001}. Έχει χρώμα κυρίως πράσινο, αλλά και γκρίζο, λευκό ή ασημόλευκο. Δίνει αίσθηση ελαιώδη ή σαπωνώδη κατά την αφή.

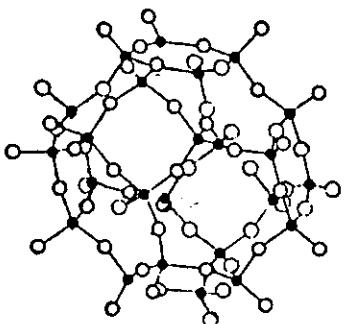
Στοιχεία αναγνώρισης. Χαρακτηριστικά του είναι η σαπωνώδης αίσθηση κατά την αφή, το ότι είναι μαλακός, καθώς και ο σχισμός και η φυλλώδης υφή.

Που υπάρχει. Είναι δευτερογενές ορυκτό προιόν αποσαθρώσεως του ολιβίνη, των πυροξένων και των αμφιβόλων. Υπάρχει στη φύση μαζί με πυριγενή ως προιόν αποσάθρωσης περιδοτιτικών και πυροξενικών πυριγενών πετρωμάτων, κυρίως όμως με μεταμορφοσιγενή πετρώματα ως προιόν αποσάθρωσης μαγνησιούχων μεταμορφοσιγενών πετρωμάτων όπου συνοδεύεται συχνά από ακτινόλιθους. Πολλές φορές βρίσκεται κατά μεγάλες μάζες και ονομάζεται ενστατίτης ή σαπουνόπετρα.

Ονομασία. Το όνομά του είναι αμφισβητίσιμης προέλευσης πιθόν Αραβικής.

ΤΕΚΤΟΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

Τα τεκτοπυριτικά ορυκτά είναι ορυκτά που η βασική δομική τους μονάδα αναπτύσσεται στο χώρο. Όλα τα οξυγόνα των τετραέδρων του πυριτίου είναι κοινά με τα διπλανά τους τετράεδρα. Έτσι στα τεκτοπυριτικά υπάρχει δομή του τύπου Si:O, 1:2 (σχ. 96).



Σχ. 96. Δομή τεκτοπυριτικών ορυκτών.

Περιλαμβάνονται ορυκτά που αποτελούν το 75% του εξωτερικού γήινου φλοιού. Περιλαμβάνει τις εξής ομάδες.

Ομάδα του SiO_2 (Χαλαζίας, Τριδυμίτης, Χριστοβαλίτης, Οπάλιος).

Ομάδα αστρίων

Κ-άστριοι (Μικροκλινής Ορθόκλαστο).

Na-Ca-άστριοι ή πλαγιόκλαστα (Αλβίτης έως Ανορθίτης).

Οικογένεια αστριοειδών (Λευκίτης, Νεφελίνης Σοδαλίτης, Λαζουρίτης, Πεταλίτης).

Οικογένεια σκαπολίτη (Μαριαλίτης, Μειονίτης).

Οικογένεια ζεολίθων (Αναλκίμης, Νατρολίτης, Χαβαζίτης, Χευλανδίτης, Στιλβίτης).

Οι σπουδαιότερες πετρογραφικά και εδαφολογικά ομάδες των τεκτοπυριτικών ορυκτών είναι η ομάδα του χαλαζία και η ομάδα των αστριών. Στη συνέχεια θα αναπτυχθούν τόσο τα γενικά χαρακτηριστικά όσο και ορισμένα μέλη των ομάδων αυτών τα οποία παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

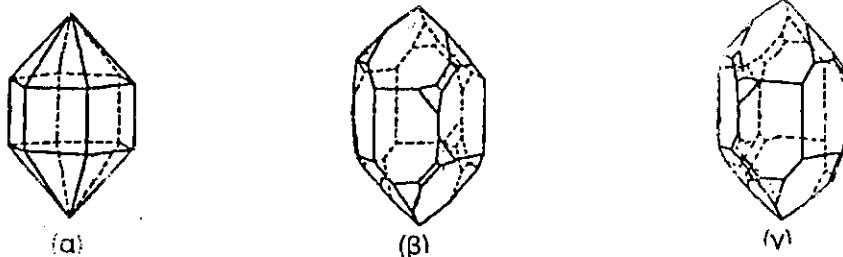
Ομάδα SiO_2

Οι κρύσταλλοι του SiO_2 είναι τετράεδρα και στην απλούστερη τους μορφή είναι ηλεκτρικώς ουδέτερα. Υπάρχουν οκτώ διαφορετικοί τρόποι συνδιασμού των τετραέδρων μέσω των οξυγόνων τους που δημιουργούν ένα τρισδιάστατο ηλεκτρικώς ουδέτερο δίκτυο. Οι συνδυασμοί αυτοί αντιστοιχούν στις οκτώ πολυμορφικές μορφές του SiO_2 . Κάθε μία από τις μορφές αυτές έχει τα ιδιαίτερά της εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά και τις χαρακτηριστικές διαστάσεις της κυψελίδας της.

Οι οκτώ μορφές του SiO_2 εμπίπτουν σε τρείς δομικές κατηγορίες: α) τον χαλαζία με τη μικρότερη συμμετρία και το περισσότερο συμπαγές δίκτυο, β) τον τριδυμίτη με την υψηλότερη συμμετρία και την περισσότερα ανοικτή δομή, και γ) τον χριστοβαλίτη με την μεγαλύτερη συμμετρία και το περισσότερο εκτεταμένο δίκτυο.

Χαλαζίας - SiO_2

Κρυσταλλογραφία Έχουμε: τον α-χαλαζία ο οποίος κρυσταλλώνεται στο εξαγωνικό σύστημα και έχει σχήμα εξαγωνικής αμφιπυραμίδας (σχ. 97.α). Έχει σχηματισθεί από το τήγμα σε υψηλές θερμοκρασίες. Τον β-χαλαζία, ο οποίος κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα σε θερμοκρασία 575°C και εμφανίζεται με τις μορφές του σχήματος 97 β,γ, τις δεξιόστροφες και τις αριστερόστροφες.



Σχ. 97. Εξαγωνική αμφιπυραμίδα α-χαλαζία (α) και β-χαλαζία με την δεξιόστροφη (β) και αριστερόστροφη (γ) μορφή.

Οι δεξιόστροφες και οι αριστερόστροφες μορφές του β-χαλαζία είναι μορφές εναντιόμορφες ως αποτέλεσμα της εσωτερικής τους δομής.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 7 και ειδικό βάρος 2,65. Έχει θραυσμό κογχώδη. Έχει λάμψη υαλώδη και μερικά είδη του ελαιώδη. Είναι άγχρωμος ή λευκός (γαλακτόχρους), αλλά πολλές φορές χρωματίζεται από διάφορες "προσμίξεις" και μπορεί να πάρει οποιοδήποτε χρώμα. Μ' αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται αρκετές ποικιλίες.

α) με μεγάλους κρυστάλλους όπως: Η *Ορεία κρύσταλλος* με αδιαφανείς καλώς σχηματισμένους κρυστάλλους, ο *Αμέθυστος* με χρώμα βισσινί ή ιώδες λόγω των μικρών ποσοτήτων τρισθενούς σιδήρου, ο *Καπνίας* με κίτρινο ή καφέ καπνισμένο έως μαύρο, λόγω της έκθεσής του σε ακτινοβολία ραδιενεργών σωμάτων, και το *Μάτι Τίγρης*.

β) κρυπτοκρυσταλλικές ποικιλίες όπως: Ο *Χαλκηδόνιος* ως γενικό όνομα με πολλά χρώματα που δημιουργούν τις ποικιλίες, κόκκινος χαλκηδόνιος (καρνέκια), καφέ (σάρδιος λίθος), πράσινος (χρυσοπράσινος), ο *Αχάτης* με εναλλασσόμενα στρώματα χαλκηδόνιου και οπαλίου με συνήθως ομοκεντρική διάταξη, ο *'Ονυχας* σαν τον Αχάτη αλλά με παράλληλες στρώσεις. Ο *Πυριτόλιθος* μοιάζει με τον χαλκηδόνιο αλλά είναι συχνά πολύ σκουρόχρωμος. Έχει κογχοειδή θραυσμό και δημιουργεί μ' αυτόν τον τρόπο κοφτερές γωνίες, και γιαυτό χρησιμοποιήθηκε για εργαλεία από τους πρώτους ανθρώπους, ο *Κερατόλιθος* είναι πανομοιότυπος με τον πυριτόλιθο αλλά έχει ανοικτό χρώμα. Ο *Ίασπης* με χρώμα κόκκινο λόγω του περιεχομένου αιματίτη.

Στοιχεία αναγνώρισης. Χαρακτηριστικά του είναι η υαλώδης εμφάνιση, ο κογχώδης θραυσμός και η κρυσταλλική του συνήθως μορφή. Η σκληρότητά του και η μη αντίδρασή του στο HCl τον διαχωρίζει από τον ασβεστίτη.

Που υπάρχει. Αποτελεί κύριο συστατικό των όξινων πυριγενών πετρωμάτων, των γνεύσιων και των σχιστολίθων καθώς και των χαλαζιτών και αιμολίθων. Είναι εξαιρετικά ανθεκτικός στη μηχανική και χημική αποσάθρωση. Στα πετρώματα συνοδεύεται κυρίως από αστρίους και μοσχοβίτη.

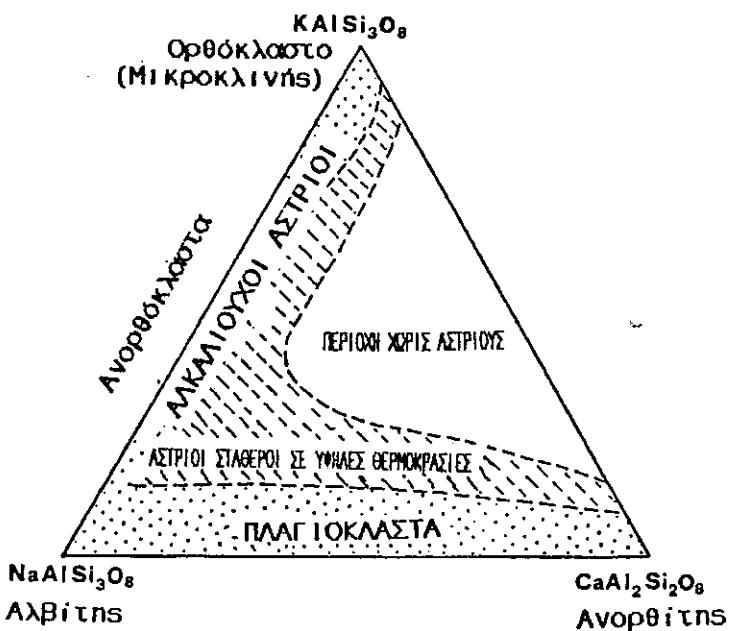
Ονομασία. Η διεθνής του ονομασία είναι Quartz και προήλθε από τήν αρχαία Γερμανική γλώσσα.

Οπάλιος $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Είναι μία άμφορφη, συχνά βοτρυοειδής μάζα, σταλακτιτικής προέλευσης. Εχει παρόμοιες ιδιότητες με το χαλαζία αλλά είναι λιγότερο σκληρός και με μικρότερο ειδικό βάρος. 'Εχει οπαλίζουσα όψη. 'Εχει πολλές ποικιλίες όπως, ,ο κοινός οπάλιος, ο υαλίτης, ο γκευσερίτης, ο ξυλώδης οπάλιος, οι διατομίτες (ή γή διατόμων).

ΑΣΤΡΙΟΙ

Η ομάδα των αστρίων είναι πιο σπουδαία απ' όλες τις άλλες



Σχ. 98. Διάγραμμα από το οποίο προκύπτει η σύνθεση των Αστρίων.

διότι υπάρχει σε αφθονία τόσο στα πυριγενή, όσο και τα μεταμορφωμένα και ιζηματογενή πετρώματα.

'Έχουν το γενικό τύπο $X(\text{Al},\text{Si})_4\text{O}_8$ όπου X μπορεί να είναι Na , K , Ca ή Ba . Ανήκουν στο μονοκλινές ή τρικλινές σύστημα κρυσταλλώσεως. Οι άστριοι μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες, στους καλιούχους άστριους και τα πλαγιόκλαστα. Οι καλιού-

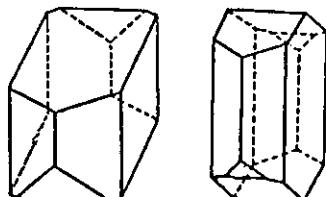
χοι περιλαμβάνουν τον **Μικροκλινή** - $\text{H}(\text{AlSi}_3)\text{O}_8$ - και το **Ορθόκλαστο** - $\text{K}(\text{AlSi}_3)\text{O}_8$ -, και τα **πλαγιόκλαστα** τη σειρά από τον **Αλβίτη** - $\text{Na}(\text{AlSi}_3)\text{O}_8$ - έως τον **Ανορθίτη** - $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2)\text{O}_8$. Διαγραμματικά η σύνθεση των αστρίων παρουσιάζεται στο σχ. 98.

Καλιούχοι αστριοί

Κύριοι αντιπρόσωποι είναι το Ορθόκλαστο και ο Μικροκλινής.

Ορθόκλαστο KAlSi_3O_8

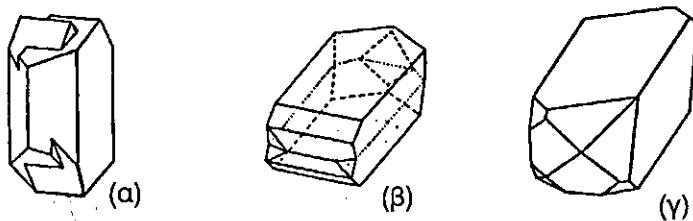
Κρυσταλλογραφία. Κρυσταλλώνεται στο μονοκλινές με πρισματική μορφή η οποία επεκτείνεται παράλληλα προς τον α ή τον c άξονα (σχ. 99). Παρατηρείται έντονα το φαινόμενο της διδυμίας στούς κρυστάλλους.



Σχ. 99. Κρύσταλλοι Ορθοκλάστου επιμηκυνόμενοι κατά τον άξονα a και b.

Η διδυμία στο ορθόκλαστο ακολουθεί τους νόμους: Carlsbad τον άξονα c ως άξονα διδυμίας (σχ. 100.α), Manebach με {001} επίπεδο διδυμίας (σχ. 100.β) και Baveno με {021} επίπεδο διδυμίας (σχ. 100.γ).

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 6 και ειδικό βάρος 2,57. Παρουσιάζει δύο χαρακτηριστικούς σχισμούς υπό γωνία 90° κατά {001} και {010}, παράλληλα δηλαδή προς το πινακοειδές της βάσεως



Σχ. 100. Δίδυμος Carlsbad (α), Manebach (β) και Baveno (γ).

και της πλευράς. Είναι άχρωμο, λευκό, γκρίζο, σαρκόχρουν. Η αδαλουρία είναι μια ποικιλία διαφανής σαν γυαλί και βρίσκεται υπό μορφή φαινοκρυστάλλων σε ορισμένα πυριγενή πετρώματα.

Στοιχεία αναγνώρισης. Το ορθόκλαστο και ο μικροκλινής είναι γνωστά ως καλιούχοι άστριοι. Συνήθως αναγνωρίζεται από το χρώμα, τη σκληρότητα και το σχισμό. Ο υπό ορθή γωνία διπλός σχισμός του είναι χαρακτηριστικό της διάκρισής του από άλλους αστρίους.

Που υπάρχει. Είναι από τα συνηθέστερα ορυκτά. Αποτελεί κύριο συστατικό των πυριγενών πετρωμάτων και ειδικότερα τούς γρανίτη, συηνίτη. Στα ιζηματογενή πετρώματα υπάρχει στον αρκόζη κα. σε ορισμένους αμμόλιθους και κροκαλλοπαγή. Από τα μεταμορφωτικές οι γνεύσιοι περιέχουν στη σύνθεσή τους ορθόκλαστο. Στους γρανίτες και συηνίτες βρίσκονται ως σκληροί, λευκοί ή ροζ (σαρκόχροοι) κρύσταλλοι που καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα των πετρώματος. Υπάρχει επίσης σε φλέβες ως πηγματίτες συνοδευόμενοι από χαλαζία, μοσχοβίτη και αλβίτη.

Ονομασία. Από τις Ελληνικές λέξεις **ορθός** και **κλάση** (= ήριη ση) λόγω του υπό ορθή γωνία διπλού σχισμού.

Μικροκλινής KAISi3O8

Κρυσταλλογραφία. Κρυσταλλώνεται στο τρικλινες σύστημα. Είναι παρόμοιος με το ορθόκλαστο με τη διαφορά ότι οι δύο σχισμοί (παραλληλοί προς το πινακοειδές βάσης και πλευράς) σχηματίζονται

γωνία $89,5^{\circ}$ αντί 90° . Ως προς τη διδθμία ακολουθεί τους ίδιους νόμους διδυμίας με το οθόκλαστο. Επί πλέον σχηματίζει δίδυμους κρυστάλους κατά τον αλβίτικό με το πινακοειδές της πλευράς ως επίπεδο διδυμίας, και το περικλινικό νόμο με τον κρυσταλλογραφικό άξονα b ως άξονα διδυμίας. Οι δύο τελευταίοι νόμοι αποτελούν χαρακτηριστική διδυμία των αστρίων που κρυσταλλώνονται στο τρικλινές σύστημα.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 6 και ειδ. βέροις $2,54-2,57$. Παρουσιάζει σχισμούς κατά {001} και {010} υπό γωνία $89,5^{\circ}$. Έχει χρώμα λευκό, ροζέ ή πράσινο. Ο πράσινος μικροκλινής ονομάζεται και *Αμαζόνιος λίθος*. Οι κρύσταλλοι του είναι ημιδιαφανείς έως διαφανείς. Το νάτριο μπορεί να υποκαταστήσει το κάλιο στον μικροκλινή και αν αυτή η υποκατάσταση υπερβεί το 50% τότε το ορυκτό λέγεται *Ανορθόκλαστο*.

Στοιχεία αναγνώρισης. Διακρίνεται από το ορθόκλαστο μόνο με το πετρογραφικό μικροσκόπιο από τις χαρακτηριστικές διδυμίες των τρικλινών αστρίων.

Που υπάρχει. Ισχύουν το ίδια με το οθόκλαστο. Συνήθως το ορυκτό που ονομάζουμε ορθόκλαστο στην πλειονότητά του είναι μικροκλινής.

Ονομασία. Είναι συνδυασμός δύο Ελληνικών λέξεων **μικρο** και **κλινής** και δηλώνει τη διαφοροποίηση των σχισμών του από την ορθή γωνία.

Πλαγιόκλαστα.

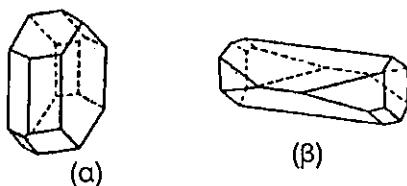
Τα πλαγιόκλαστα είναι μια σειρά από ορυκτά που ανήκουν στους αστρίους και στα οποία έχουμε μια σταδιακή υποκατάσταση

ποσοστό Αλβίτη	ποσοστό Ανορθίτη	ορυκτό
100-90	0-10	Αλβίτης
90-70	10-30	Ολιγόκλαστο
70-50	30-50	Ανδεσίνης
50-30	50-70	Λαβραδόριτος
30-10	70-90	Βυτωβνίτης
10-0	90-100	Ανορθίτης

του νατρίου από ασβέστιο. Πρώτο μέλος της σειράς είναι ο **Αλβίτης** - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ και τελευταίος ο **Ανορθίτης** - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$. Η αλλαγή στη χημική σύνθεση των πλαγοκλάστων καθορίζει και τις περισσότερες ιδιότητές τους.

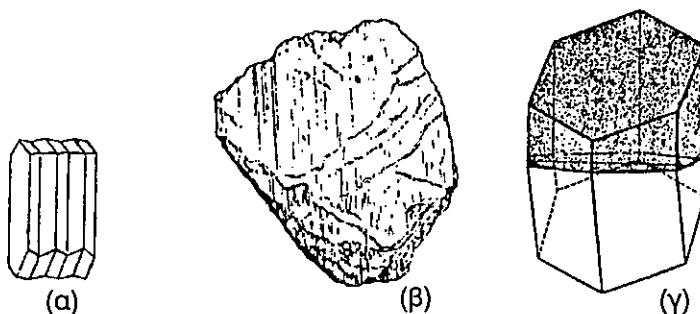
Αλβίτης- $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - Ανορθίτης- $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$.

Κρυσταλλογραφία. Η σειρά των πλαγοκλάστων ανήκει στο τρικλινές σύστημα κρυσταλλώσεως και οι κρύσταλλοι αναπτύσσονται υπό μορφή πινακοειδούς παράλληλα προς το επίπεδο {010} και ορισμένες φορές επιμηκύνονται παράλληλα προς τον b κρυσταλλογραφικό άξονα (σχ. 101).



Σχ. 101. Κρύσταλλοι Αλβίτη με μορφή πινακοειδή (a) ή επιμηκυνόμενοι κατά τον b άξονα (b).

Ακολουθούν τους νόμους της διδυμίας του ορθοκλάστου (Carlsbad, Baveno και Manebach) και επί πλέον τον ένα ή και τους



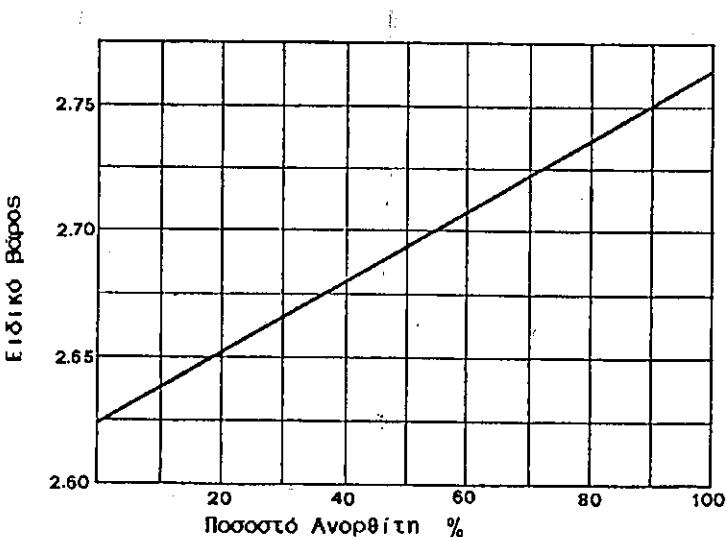
Σχ. 102. Πολυδυμία πλαγιοκλάστων με φύλλα παράλληλα μεταξύ τους (a,β) και κατά τον περικλινικό νόμο (γ).

δύο από τους αλβιτικό και περικλινικό νόμο. Το επίπεδο διδυμίας είναι το {010} και σχηματίζει γωνία με το πινακοειδές της βάσης 86^0 . Η διδυμία στα πλαγιόκλαστα είναι πολυδυμία υπό μορφή φύλλων παράλληλων μεταξύ τους (σχ. 102 α,β).

Η πολυδυμία υπό μορφή παράλληλων φύλλων αποτελεί και ένα από τα κυριώτερα κριτήρια για την αναγνώριση των πλαγιοκλάστων. Κατά τον περικλινικό νόμο οι κρύσταλλοι στρέφονται κατά 180^0 ο ένας σε σχέση με τον άλλο γύρω από τον άξονα διδυμίας που συμπίπτει με τον κρυσταλλογραφικό άξονα b (σχ. 102.γ).

Φυσικές ιδιότητες. Έχουν σκληρότητα 6 και ειδ. βάρος που κυμαίνεται από 2,62 στο Αλβίτη έως 2,76 στον Ανορθίτη (σχ. 103).

Παρουσιάζουν τέλειο σχισμό κατά {001} και καλό κατά {010}. Τα πλαγιόκλαστα είναι συνήθως άχροα, λευκά ή γκρίζα και πιο σπάνια πρασινωπά, γκριζωπά και σαρκόχροα. Το Λαβραδόριο και ο Ανδεσίνης παρουσιάζουν τέτοιους ιριδισμούς διαφόρων χρωμάτων.



Σχ. 103. Μεταβολή του ειδικού βάρους στα πλαγιόκλαστα.

Στοιχεία αναγνώρισης. Τα πλαγιόκλαστα διακρίνονται από τους αστρίους από την αλβιτική διδυμία. Ο ακριβής διαχωρισμός μεταξύ των μελών της σειράς γίνεται με πετρογραφικό μικροσκόπιο

ή ποσοτική χημική ανάλυση. Πρόχειρος όμως διαχωρισμό μπορεί να γίνει από τη μέτρηση του ειδικού τους βάρους.

Που υπάρχουν. Αποτελούν κύρια συστατικά των πετρωμάτων. Βρίσκονται κυρίως στα πυριγενή και λιγότερο στα μεταμορφωσιγενή και ιζηματογενή πετρώματα. Ανάλογα με την παρουσία κάποιου από τους αστρίους γίνεται η ταξινόμηση των πυριγενών πετρωμάτων.

Ονομασία. Ο Αλβίτης από τη Λατινική λέξη *albus* που σημαίνει λευκό. Το ολιγόκλαστο από την Ελληνική λέξη *ολίγος* και κλάση διότι αρχικά θεωρείτο ότι είχε λιγότερο τέλειο σχισμό απ' ότι ο Αλβίτης. Ο Ανδεσίνης διότι αποτελεί τον κύριο άστριο που υπάρχει στους Ανδεσίτες των Άνδεων. Το Λαβραδόριο από την ακτή του Λαβραδόρ όπου υπάρχει σε μεγάλες μάζες. Ο βυτωβνίτης από το *Bytown* του Καναδά (τη σημερινή πόλη της Οττάβας). Ο Ανορθίτης από τίς Ελληνικές λέξεις *αν(=μη)* και *ορθός* διότι οι κρύσταλλοι του ανήκουν στο τρικλινές σύστημα (πλάγιοι).

Γενικά η ονομασία πλαγιόκλαστα προήλθε από τίς Ελληνικές λέξεις *πλάγιος* και *κλάση* (Θραύση) λόγω της λοξής γωνίας των σχισμογενών επιπέδων τους.

Αστριοειδή.

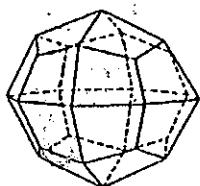
Τα αστριοειδή έχουν παρόμοια χημική σύνθεση με τους αστρίους με τη διαφορά ότι περιέχουν μικρότερο ποσοστό πυριτίου. Περιέχουν περίπου τα 2/3 του πυριτίου των αστρίων. Ανήκουν στα τεκτοπυριτικά ορυκτά και έχουν τρισδιάτατη δομή. ρισμένα μέλη έχουν κα ανιόντα τα οποία συγκρατούνται απλά σε χώρους ανοικτούς από τους πολλούς που υπάρχουν στη δομή των τεκτοπυριτικών ορυκτών.

Μέλη των αστριοειδών είναι ο **Λευκίτης-K**(AlSi₂O₆), ο **Νεφελίνης-(Na,K)(AlSiO₄)**, ο **Σοδαλίτης-Na₄(AlSiO₄)₃Cl**, ο **Λαζουρίτης-(Na,Ca)₄(AlSiO₄)₃(SO₄,S,Cl)** και ο **Πεταλίτης -Li(AlSi₄O₁₀)**.

Στη συνέχεια θα περιγραφούν οι Λευκίτης και Νεφελίνης λόγω της συμμετοχής τους στα πετρώματα.

Λευκίτης $K(AlSi_2O_6)$.

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως κυβικό με τραπεζοεδρική μορφή (σχ. 104).



Σχ. 104. Κρύσταλλος Λευκίτη με τραπεζοεδρική μορφή.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει σκληρότητα 5,5-6 και ειδ. βάρος 2,45-2,5. Έχει χρώμα λευκό μουντό έως γκρίζο.

Στοιχεία αναγνώρισης. Διακρίνεται από την τραπεζοεδρική του μορφή.

Που υπάρχει. Συμμετέχει στα πυριγενή πετρώματα και κυρίως σε πρόσφατες λάβες και δεν έχει βρεθεί σε πετρώματα που περιέχουν χαλαζία.

Ονομασία. Από την Ελληνική λέξη **λευκός**.

Νεφελίνης $(Na,K)(AlSiO_4)$.

Κρυσταλλογραφία. Σύστημα κρυσταλλώσεως εξαγωνικό με μορφή πυραμιδοειδή, ποικιλία ελαιόλιθος με χρώμα γκριζωπό τιμρέ το όνομα από την ελαιώδη υφή του.

Φυσικές ιδιότητες. Έχει ευδιάκριτο σχισμό παράλληλο με το {1010}. Γυαλιστεροί διαφανείς κρύσταλλοι ή με ελαιώδη υφή στην ποικιλία ελαιόλιθος. Έχει χρώμα λευκό, γκριζωπό ή κιτρινωπό.

Στοιχεία αναγνώρισης. Στις συμπεγείς ποικιλίες από την ελαιώδη υφή. Διακρίνεται από τύπους αστρίους από τη ζελατινώδη υφή του όταν διαλύεται σε υδροχλωρικό οξύ.

Που υπάρχει. Συμμετέχει σε πυριγενή πετρώματα. Στους φωνόλιθούς, στους νεφελινικούς συηνίτες και τύπους νεφελινικούς βασάλτες υπάρχει σε σημαντικό ποσοστό. Κατά κανόνα δεν συμμετέχει σε πετρώματα που περιέχουν χαλαζία.

Ονομασία. Από την Ελληνική λέξη **νέφος** διότι κατά την διάλυσή του στο υδροχλωρικό οξύ δημιουργεί νέφος.

ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

Τα πετρώματα ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους διακρίνονται σε τρεις μεγάλες ομάδες: 1. Πυριγενή, 2. Ιζηματογενή και 3. Μεταμορφωσιγενή ή Κρυσταλλοσχιστώδη. Τα πυριγενή σχηματίσθηκαν κάτω από την επιφάνεια της γης με πήξη του θερμού μάγματος. Τα ιζηματογενή που καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας της γης (~τα 3/4) βρίσκονται κατά στρώσεις, λόγω της απόθεσης των υλικών τους (συνήθως από το νερό), σε μεγάλες επιφάνειες και σε κανονικές στρώσεις η μια πάνω στην άλλη. Τα μεταμορφωσιγενή σχηματίσθηκαν από τα ιζηματογενή και τα πυριγενή. Συγκεκριμένες συνθήκες οδήγησαν τα πετρώματα αυτά σε μεγάλο βάθος όπου κάτω από μεγάλη πίεση και θερμοκρασία μετασχηματίσθηκαν σε μεταμορφωσιγενή πετρώματα.

1. ΠΥΡΙΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

Εισαγωγή

Τα τρία πέμπτα σχεδόν του φλοιού της γης αποτελούνται από διοδείδιο του πυριτίου (SiO_2). Η «όξινη» αυτή ένωση σχηματίζει πυριτικές ενώσεις του αργιλίου, του σιδήρου, του ασβεστίου, του καλίου, του μαγνησίου και του νατρίου (πρωτογενή ορυκτά): τα πυριγενή πετρώματα είναι συσσωματώματα αυτών των πρωτογενών πυριτικών ορυκτών και το ποσοστό του SiO_2 είναι ο δείκτης για τη χημική κατάταξη των διαφόρων τύπων των πετρωμάτων σε ομάδες.

Κατάταξη με βάση την προέλευση και τη χημική σύνθεση

Σε ένα όξινο πέτρωμα όπως ο γρανίτης (που λέγεται και υπέρκορο), το SiO_2 υπήρχε σε περίσεια σε σχέση προς τις βάσεις στο ψυχώμενο μάγμα. Ήτοι ένα ποσοστό του SiO_2 σχημάτισε ενώσεις με τις βάσεις που υπήρχαν στο μάγμα και το υπόλοιπο κρυσταλλώθηκε ως χαλαζίας (ελεύθερο SiO_2) και αποτέλεσε την κύρια μάζα μέσα στην οποία βρίσκονται τα άλλα πρωτογενή ορυκτά. Τα όξινα πετρώματα έχουν χρώμα ανοικτό, είναι ελαφρά (ειδικό βάρος 2,7) και αποτελούνται από χαλαζία, ορθόκλαστο (πυριτικό του αργιλίου και του καλίου) και μαρμαρυγίες (πυριτικά του αργιλίου και του μαγνησίου).

Στα βασικά πετρώματα όπως ο γάββρος (που λέγεται και μη κορεσμένο*) το ελεύθερο SiO_2 είναι σε μικρές ποσότητες ή λείπει τελείως: έτσι υπερτερούν τα σκούρα σιδηρομαγνησιούχα πυριτικά όπως τα πλαγιόκλαστα ($Na-Ca$) και ο αυγίτης, ή ο ολιβίνης και η κεροστίλβη (βασικά πυριτικά του μαγνησίου). Δυνατόν να υπάρχουν και οξειδία του σιδήρου (π.χ. μαγνητίτης και ίλμενίτης) αν το αρχικό μάγμα ήταν πλούσιο σε σιδήρο. Το ειδικό βάρος των πετρωμάτων αυτών είναι μεγαλύτερο από 3.

Τα ενδιάμεσα πετρώματα (που ονομάζονται και κορεσμένα**), γενικά έχουν, ένα ποσοστό χαλαζία και, κύρια, σιδηρομαγνησιούχα πυριτικά (κεροστίλβη) και πλαγιόκλαστα. Το ποσοστό του χαλαζία που περιέχουν κυμαίνεται μεταξύ του ποσοστού των όξινων και βασικών πετρωμάτων.

Τα υπερβασικά πετρώματα, όπως ο περιδοτίης, διακρίνονται από την τέλεια έλλειψη χαλαζία και άστριων: είναι πολύ σκούρα διότι αποτελούνται μόνο από αυγίτη και ολιβίνη και έχουν ειδικό βάρος 3,3.

Στον πίνακα 9 παρουσιάζονται όλες οι κατηγορίες των πυριγενών πετρωμάτων ανάλογα με το ποσοστό του SiO_2 που περιέχουν και το μέγεθος των κόκκων τους, δηλαδή, ανάλογα με τη χημική τους σύνθεση και την κρυσταλλική τους υφή.

Ενδιάμεσοι αδειομέτρων

Τα πετρώματα αυτά διακρίνονται κυρίως με πετρογραφικό μικροσκόπιο από τους χαρακτηριστικούς άστριους, που στα ενδιάμεσα διαστήματα τους έχουν κρύσταλλους χαλαζία: η παρουσία των αλκαλιούχων αστρίων είναι χαρακτηριστική της οικογένειας του Συηνίτη/Τραχείτη (α), ενώ των ασβεστούχων αστρίων είναι ενδεικτική της οικογένειας Διορίτη/Ανδεσίτη (β) πίνακας 11.

Η δημιουργία ενός συγκεκριμένου τύπου πυριγενούς πετρώματος εξαρτάται από τη χημική σύνθεση και από την ταχύτητα πήξεως του ρευστού μάγματος.

Ένα μάγμα που έπηξε σιγα-σιγά και επιτρέπει την δημιουργία μεγάλων κρυστάλλων με ποικίλα μεγέθη σχημάτισε τα πλουτώνεια πετρώματα (ή πλουτωνίτες).

* Βλέπε και πίνακα 9

** Οι όροι «βασικά» πετρώματα προέρχονται από τη μεγάλη περιεκτικότητα τους σε βάσεις. Οι διάφορες πυριτικές ενώσεις αποτελούνται από SiO_2 σε συνδυασμό (χημικό) με οξειδία (βασικά) του Na , K , Al , Fe , Mg κλπ. και σχηματίζουν πυριτικά άλατα όπως οι άστριοι.

Οι όροι, υπέρκορο, κορεσμένο, μη κορεσμένο, αναφέρονται στην παρουσία μεγάλης ή μικρής ποσότητας SiO_2 .

Πίνακας 11. Κατάταξη των κυριότερων τύπων των πυριγενών πετρωμάτων

Προέλευση		Σύνθεση			
Μέγεθος κρυστάλλων*	Εχύτα	Όξινα	Ενδιάμεσα	Βασικά	Υπερβασικά
		(α) Όξινη ή ενδιάμεση όξινη ομάδα - (β) Βασική ενδιάμεση ομάδα Αλκαλική -Ασβεστίου			
Ηφαιστειογενή: Με δομή πολύ λεπτόκοκκη ή σαν γυαλί (σχεδόν μη κρυσταλλική) και αυχνά οι κρύσταλλοι διακρίνονται μόνο με πετρογραφικό μικροσκόπιο.	(α) Ρυόλιθος Οψιδιανός Ελαφρόπετρα	(β) Ανδεσίτης (α) Τραχείτης	Βασάλτης		
Φλεβίτες: Λεπτοί ή μέσοι κόκκοι (μέγεθος κρυστάλλων) 1mm) (οι κρύσταλλοι διακρίνονται με φακό ταξηδιού).	Μικρογρανίτης (α) Πορφυρικός γρανίτης	(β) Μικροδιορίτης (β) Πορφυρίτης (α) Συνηίτης πορφυριτικός**	Μικρογάββρος Δολερίτης	Mικρό με μικρότερους κρυστάλλους από τα αντίστοιχα πλούτωνεια.	
Πλουτώνεια: Μεγάλοι κρύσταλλοι (μέγεθος κρυστάλλων) 2-5mm)	(α) Γρανίτης	(β) Διορίτης : (α) Γραναδιορίτης (β) Συνηίτης	Γάββρος	Πικρίτης Περιδότινης-Δουνίτης Σερπεντίνης	
Περιποιηση των πετρωμάτων	Ορθόλιαστο Χαλαζίας Αστριού (πλαγιόκλαστο) Μαρμαρυκές	Αστριού (πλαγιόκλαστο) (α); (β) Κεροστική	Αυγίτης	Ολιβίνης	
Περιεκτικότητα σε SiO_2 (το ποσοστό μειώνεται από τα αριστερά προς τα δεξιά)	>66% υπέρκορο* (80-66%)	66-52% κορεσμένο*	52-45%	<45-35% μη κορεσμένο*	
Σύνθεση των κυριότερων πετρωμάτων (σε ορυκτά)	1. Χαλαζίας 2. Αστριού 3. Σιδηρομαγνητικά	1. Σιδηρομαγνητούχα 2. Αστριού, επίσης Αστριοειδή Χημικά ίδια με τους άστριους αλλά με μικρότερη περιεκτικότητα σε Al π.χ. Λευκίτης, Νεφελίνης.	1. Σιδηρομαγνητούχα 2. Αστριού, επίσης Αστριοειδή Χημικά ίδια με τους άστριους αλλά με μικρότερη περιεκτικότητα σε Al π.χ. Λευκίτης, Νεφελίνης.	1. Σιδηρομαγνητούχα Μαγνητητικές ίλιμενίτις	
Ειδικό βάρος	2.7 λιγότερο αυμπαγή ανοικτόχρωμα	2.7-3.0	3,3-3,4 περισσότερο αυμπαγή ακουρόχρωμα		

- * Μικροκρυσταλλικά - Λεπτοκρυσταλλικά - οι κρύσταλλοι διακρίνονται μόνο με μικροσκόπιο.
- Κρυπτοκρυσταλλικά - Λεπτοκρυσταλλικά, αλλά οι κρύσταλλοι διακρίνονται μόνο με μεγέθυνση.
- Ολακρυσταλλικά - Κρύσταλλοι 2-5mm, όπως στα πλουτώνεια.
- ** Πορφυρικά - Περιέχει «φαινοκρύσταλλους» και μικροκρύσταλλους Οφειτικά - Τα πλαγιόκλαστα παρουσιάζουν επιζάτηση ασβεστίου.

Ένα μάγμα που έπηξε σχετικά γρήγορα και επιτρέπει την δημιουργία πολλών μικρών κρυστάλλων σχημάτισε τους φλεβίτες.

Ένα μάγμα που έπηξε ταχύτατα στην επιφάνεια της γης και δεν επιτρέπει την δημιουργία ορατών κρυστάλλων σχημάτισε τα ηφαιστειογενή πετρώματα.

Έτσι λοιπόν τα πλουτώνεια είναι πετρώματα που σχηματίσθηκαν σε μεγάλα βάθη κάτω από υψηλή θερμοκρασία και πίεση, οι φλεβίτες είναι πετρώματα που σχηματίσθηκαν σε μικρό βάθος από την επιφάνεια της γης μέσα σε ρήγματα του στερεού φλοιού της γης ή παρεμβλήθηκαν μεταξύ στρωμάτων σαν παρεισάκτες κοίτες.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα πλουτώνεια και ιδιαίτερα τα ορυκτά τους, τα οποία κρυσταλλώθηκαν κάτω από συνθήκες υψηλής πίεσεως και θερμοκρασίας σε μεγάλο βάθος, με την εμφάνισή τους στην επιφάνεια της γης, μετά από διατάραξη του φλοιού, είναι ασταθή στις μεγάλες του περιβάλλοντος: είναι ιδιαίτερα ασταθή στη μηχανική (τεμαγκισμός) και στη χημική (εκτός από το χαλαζία) αποσάθρωση

Πλουτώνεια πετρώματα

Γρανίτης και γρανοδιορίτης. Αποτελούνται από ανοικτόχρωμο μέγεθος κρυστάλλων ορυκτά, χαλαζία, ροζέ ορθόκλαστου και βιοτίτης ή άσπρων (μοσχοβίτης) μαρμαρυγών σε συνδυασμό με κρύτερες ποσότητες λευκών ή γκριζων πλαγιόκλαστων, μαύρης στίλβης, τα οποία αυξάνουν στους γρανοδιορίτες. Οι γρανίτες περιέχουν συνολικά περισσότερο από 66% SiO_2 . Ο χαλαζίας στο γρανίτη κρυσταλλεῖται τελευταίος και καταλαμβάνει θέσεις γύρω από τα γωνιώδη κοκκινάστριων (σχ. 105α).

Διορίτης. Είναι ένας γρανιτικός τύπος πετρώματος με πολύ μικρό σοστό χαλαζία και περιέχει περισσότερα πλαγιόκλαστα ($Na-Ca$) απότι ορθόκλαστο. Κύριο ορυκτό έχει την κεροστίλβη (συνολικό SiO_2 66-52%).

Δολερίτης και γάββρος. Περιέχουν σε μεγάλο ποσοστό σκουρόχρωμα ορυκτά όπως αυγίτη, ολιβίνη και πλαγιόκλαστα (συνολικό SiO_2 52-45%). Δολερίτης είναι μάλλον ένας φλεβίτης και έχει πολύ μικρούς κρυστάλλους σε σύγκριση με τον γάββρο.

Η υφή των γρανιτικών πετρωμάτων δίνεται στον πίνακα 9 όπου υπάρχει επίσης και ο πίνακας σύνθεσης των πυριγενών πετρωμάτων που περιλαμβάνει διαγραμματικά την ποσοστιαία ορυκτολογική τους σύνθεση.

Η φαϊστειογενή πετρώματα

Ρυόλιθος. Είναι μια ανοικτόχρωμη όξινη λάβα με πολύ λεπτούς λευκούς και ρόδινους κρύσταλλους χαλαζία και ορθόκλαστου μερικές φορές μεμονωμένοι μεγάλοι κρύσταλλοι δίνουν πορφυριτική υφή (σχ.105β) αλλά τις περισσότερες φορές η υφή είναι λεπτόκοκκη. Ρυολιθικές λάβες πολλές φορές έχουν θύλακες αερίων και σχηματίζουν την **ελαφρόπετρα**, ενώ άλλοτε σχηματίζουν τον υαλώδη **οψιδιανό**. Ο ρυόλιθος είναι αφανιτικό πέτρωμα με φαινοκρύσταλλους χαλαζία και πιθανόν άστριων και βιοτίτη.

Τραχείτης. Πολύ λεπτοκρυσταλλικός με χρώμα ανοικτό γκρι, με παράλληλη ροή και ανώμαλους κόκκους. Συχνά έχει πορφυριτική υφή (ιστό) επικρατούν τα πλαγιόκλαστα και το οθρόκλαστο και υπάρχει σχετικά μικρό ποσοστό χαλαζία. Υπάρχουν επίσης μαρμαρυγίες και κεροστίλβη.

Ανδεσίτης. Είναι όμοιος με τον τραχείτη στην υφή και στη σύνθεση, αλλά πολύ σκουρότερος διότι περιέχει σε μεγαλύτερο ποσοστό σιδηρομαγνησιούχα ορυκτά, όπως βιοτίτη, κεροστίλβη και αυγίτη. Μοιάζει με το ρυόλιθο: , του λείπουν όμως οι φαινοκρύσταλλοι του χαλαζία και έχει φαινοκρύσταλλους άστριων και σκούρων ορυκτών.

Βασάλτης. Είναι πολύ σκούρο λεπτόκοκκο πέτρωμα, σχεδόν μαύρο πολλές φορές, και έχει όμοια σχεδόν σύνθεση με το γάββρο. Εμφανίζεται υπό μορφή εξαγωνικών κολωνών (σχ. 105γ).

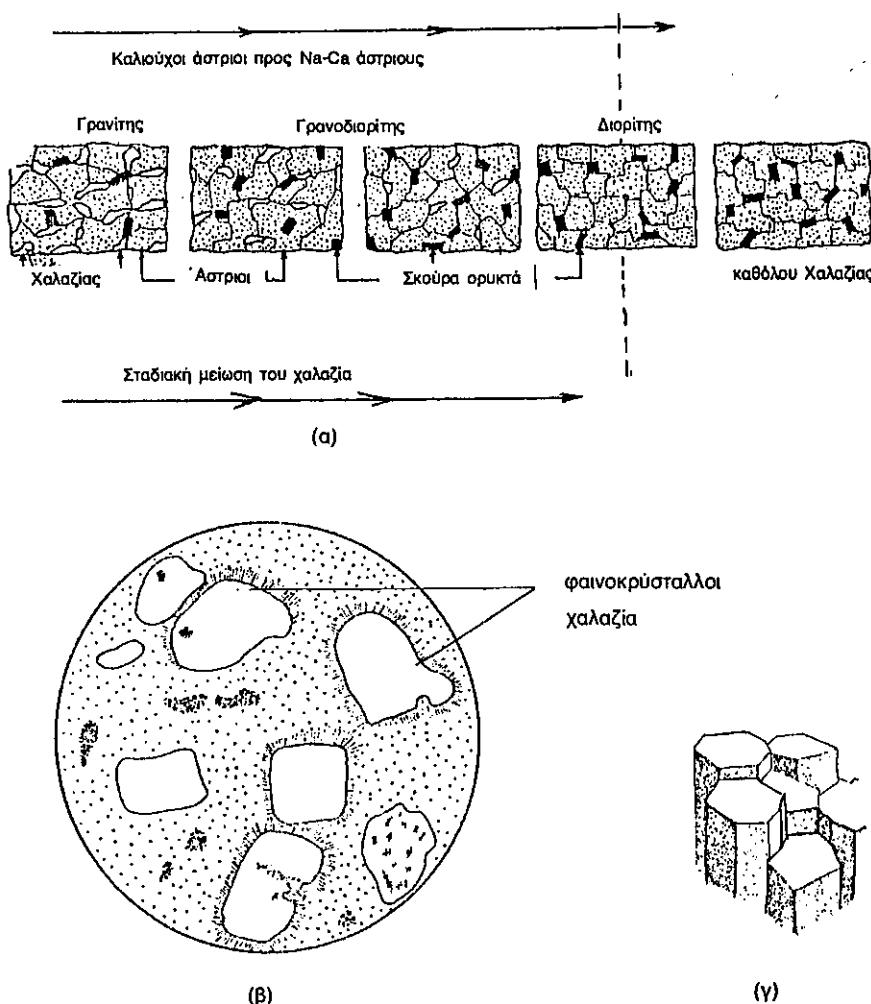
Φλεβίτες

Οι τρεις «μικροί» τύποι είναι λεπτόκοκκα πετρώματα ίδια με τα αντίστοιχα πλουτώνεια: έτσι τα πετρώματα ονομάζονται μικρο-γρανίτης, μικροδιορίτης και μικρο-γάββρος και ανάλογα με τη χημική τους σύνθεση, «όξινα» και «βασικά».

2. ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

Σχηματίσθηκαν, από ιζηματογένεση μεταφερθέντων τεμαχίων από το νερό στους ακεανούς, τις θάλασσες και λίμνες σε διαδοχικά στρώματα από κομμάτια πυριγενών και μεταμορφωσιγενών πετρωμάτων, και συγκόλληση των υλικών με $CaCO_3$, SiO_2 , άργιλο κλπ.

Γενικά χωρίζονται σε τρεις κύριες ομάδες: Μηχανικά ή κλαστικά, χημικά και οργανικά.



Σχ. 105. Υφή πλουτωνείων (α) Πορφυριτική υφή (ιστός) σε λεπτή τομή ρυόλιθου (β), βασάλτης σε εξαγωνικές κολώνες (γ)

Τα πετρώματα από τη στιγμή που εκτίθενται στην ατμόσφαιρα υποβάλλονται στις διεργασίες της αποσάθρωσης. Ο διαμελισμός των πετρωμάτων είναι αποτέλεσμα της μηχανικής αποσάθρωσης, π.χ. από βροχή, πάγο, αέρα· ενώ η αποσύνθεση είναι η διεργασία της χημικής αποσάθρωσης στα συστατικά του πετρώματος.

Ετοι τα μηχανικά ή κλαστικά ιζήματα αποτελούνται από κομμάτια πυριγενών και /ή άλλων πετρωμάτων, μαζί με πρωτογενή και δευτερογενή ορυκτά. Λόγω της μεγάλης ποικιλίας στη σύνθεση, τα μηχανικά ιζήματα διαχωρίζονται (ταξινομούνται) με βάση το μέγεθος των κόκκων τους.

Τα χημικά ιζήματα σχηματίσθηκαν κυρίως από τα υπολείματα των φυτών και των ζώων. Τυπικά παραδείγματα κάθε τύπου, συγκολλημένων ή μη δίνονται στον πίνακα 12.

Ένας άλλος διαχωρισμός γίνεται ανάλογα με τη φύση τους ή τα κυρια φυσικά συστατικά τους και στη συνέχεια υποδιαιρούνται σύμφωνα με το μέγεθος των κόκκων και το βαθμό συμπάγειας τους, πίνακας 13. Η ορυκτολογική τους σύνθεση, είναι πολύπλοκη σύνθεση πρωτογενών και δευτερογενών ορυκτών (λόγω της προέλευσης των ενώσεων από μηχανική και χημική αποσάθρωση, π.χ. χαλαζίας μαζί με ορυκτά της αργιλλου).

Οι διαφορές μεταξύ ιζηματογενών και πυριγενών πετρωμάτων είναι προφανείς. Χαρακτηριστικά μπορεί να αναφέρει κανείς το κροκαλοπαγές και το γρανίτη. Το κροκαλοπαγές είναι άθροισμα τεμαχίων αποστρογγυλεμένων με διαφορετικό μέγεθος και διαφορετική προέλευση; τα τεμάχια αυτά συγκεντρώθηκαν σ' ένα μέρος με φυσικό τρόπο και συγκολήθηκαν μεταξύ τους με ένα λεπτότερο υλικό, που συνήθως είναι άργιλος, οξειδίο ή ανθρακικό. Ο γρανίτης, σχηματίσθηκε κατά την ψύξη του λυωμένου μάγματος μέχρι την περάτωση της κρυστάλλωσης οπότε σχηματίσθηκε το συμπαγές πέτρωμα με κύρια μάζα τον χαλαζία και κρύσταλλους των άλλων ορυκτών.

(a) Α μ μ ω δ ε ι c t ú p o :

Οι αμμόλιθοι είναι οι πιο αντιπροσωπευτικοί τύποι. Είναι πετρώματα που σχηματίσθηκαν από τη συγκόλληση των τεμαχίδων της άμμου. Έτοι, το βασικό συστατικό του αμμόλιθου είναι η άμμος· ως 95% χαλαζία με τεμαχίδια σιδηρο-μαγνησιούχων και πυριτικών υλικών, όπως βιοτίτη και διάφορες ενώσεις του σιδήρου, με άστριους και θραύσματα κελυφών. Όλα αυτά συγκολλήθηκαν με διοξειδίο του πυριτίου, οξειδίο του σιδήρου, ανθρακικό ασβέστιο ή άργιλο.

Όταν οι μαρμαρυγίες συμμετέχουν σε μεγάλο ποσοστό, με διάταξη των φυλλιδίων τους παράλληλη προς τις στρώσεις της άμμου το πέτρωμα ονομάζεται **μαρμαρυγιακός αμμόλιθος**: όταν περιέχει 25-50% άστριους λέγεται αστριούχος αμμόλιθος ή **αρκόζης**.

Πίνακας 12. Τύποι ιζημάτων

Μηχανικά ή κλαστικά		Χημικά από διαλύματα		Οργανικά	
Σύγκολλημένα	Μη συγκολλημένα	Σύγκολλημένα	Μη συγκολλημένα	Σύγκολλημένα	Μη συγκολλημένα
Κροκαλοπαγές Λατυποπαγή	Κροκάλες Λιθοί Χαλίκια Χονδρή άμμος	Ασβεστόλιθος $CaCO_3$ Ωσιοθικός ασβεστόλιθος	Κιμωλία Ωόλιθος	Καφέ και ασφαλ- τώδης άνθρακας Ανθρακίτης	Τύρφη Λιγνίτης Αποσυντεθμένη φυτική ύλη
Αμμόλιθος	Χονδρή Μέση άμμος Λεπτή	Σιδηρόλιθος	Αργιλλος με σι- δηρίτη (ανθρακι- κός σιδηρας)	Κρινοειδής Ασβεστόλιθος	Κρινοειδή
Ιλιώδεις σχιστό- λιθοί	Ιλείς	Γυψος $NaCl$	Ιζήματα αλμυ- ρών λιμνών	Κελυφογενής ή Κοραλλιογενής Ασβεστόλιθος	Κελυφη και άμμος
Αργιλλικοί Σχιστό- Αργιλλίτες λιθοί	Πηλοί και άργιλλος	Άλατα Na , K Δολομίτης	Αλληλεπίδραση Κιμωλίας και μαγνησιακών αλάτων	Φωσφορίτης Δολομίτης	Υφαλοι κοραλλίων Γουανό Γη διατόμων

Πίνακας 13. Συνοπτική κατάταξη των ιζηματογενών πετρωμάτων

Κυρίως μηχανικά ιζήματα		Κυρίως χημικά και οργανικά			
(α) Αμμώδη	(β) Αργιλλώδη	(γ) Ασβεστούχα	(δ) Ανθρακικά	(ε) Πυριτικά	(ζ) Ιζήματα
Κροκάλες	Αργιλλοί	Κιμωλίες	Τύρφη	Γη διατόμων	Αλάτι ($NaCl$)
Χαλίκια	<i>Terra rossa</i>	Ασβεστόλιθος	Λιγνίτες	Πυριτόλιθος	Γύψος
Άμμος	Καολινιτική άργιλλος	Δολομίτες	Ανθρακες	Κερατόλιθος	Ανυδρίτης
Λατυποπαγή	Σιδηρολιθικές γαίες	Ωόλιθοι		Διατομίτες	Στρώσεις K
Κροκαλοπαγή	Αργιλλίτες	<i>Traethertinēs</i>			Στρώσεις Mg
Άμμολίθοι (Ψαμμίτες)	Αμμόλιθοι				Νιτρικά
Χαλαζίτες	Αργιλλικοί Σχιστόλιθοι				Φωσφορικά
Αρκόζης					
Πηλοί					

Ο γραουβάκης είναι σκούρος γκριζωπός αμμόλιθος, που περιέχει εκτός από κόκκους χαλαζία και πλαγιόκλαστα και πολλά άλλα ορυκτά, όπως γωνιώδη θραύσματα άλλων ορυκτών (π.χ. σχιστόλιθων). Είναι συνήθως παλιά χονδρόκοκκα πετρώματα, σε περιοχές που γειτονεύουν με πυριγενή (κυρίως γρανιτικά) πετρώματα.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι άστριοι με χημική αποσάθρωση δίνουν ορυκτά της αργίλου που με τη μεταφορά τους με το νερό αποτελούν τελικά το κύριο συστατικό των αργιλούχων ιζημάτων. Οι άστριοι υπάρχουν σε μεγάλη αναλογία και στον αρκόζη. Στους αμμόλιθους όμως δεν είναι συνηθισμένο συστατικό. Πολλοί αμμόλιθοι σχηματίσθηκαν από καθίζηση των υλικών τους σε ρηχά νερά ποταμών, λιμνών και θαλασσών και σχημάτισαν τους θαλάσσιους, τους ποτάμιους ή τους λιμναίους αμμόλιθους, ενώ άλλοι σχηματίσθηκαν από συγκόλληση τεμαχίων άμμου που μεταφέρθηκε με τον αέρα.

Το μέγεθος των κοκκίων στους αμμόλιθους κυμαίνεται από 2mm ως 0,05mm (50μ). Όταν όμως επικρατεί το κλάσμα κοντά στα 50μ τότε έχουμε τους ιλιώδεις αμμόλιθους.

Το υλικό συγκόλλησης προσδιορίζει και τη σταθερότητα των πετρώματων στην αποσάθρωση. Έτσι λοιπόν ένας αμμόλιθος με συγκολλητική ύλη άργιλλο ή ανθρακικό ασβέστιο αποσαθρώνεται πολὺ εύκολα. Ένας αμμόλιθος με συγκολλητική ύλη διοξείδιο του πυριτίου είναι ανθεκτικότατος στην αποσάθρωση στα πετρώματα αυτά, όπως στο χαλαζίτη, η συγκολλητική ύλη δεν χαράζεται με μαχαίρι.

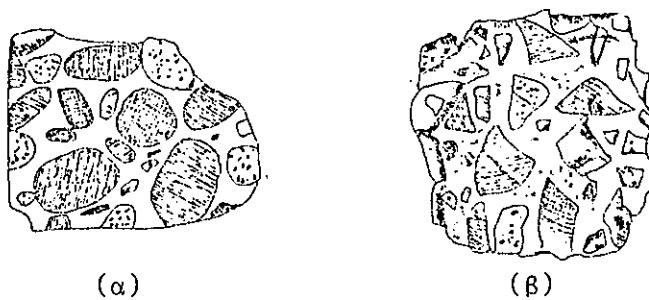
Πετρώματα όπως κροκαλοπαγή, λατυποπαγή κλπ. με τεμάχια μεγαλύτερα από τους κανονικούς αμμόλιθους ($>2\text{mm}$) ονομάζονται **αδρόκοκκα**.

Αμμόλιθοι (και άμμοι). Είναι έγχρωμοι ανάλογα με την παρουσία του οξειδίου του σιδήρου σαν συγκολλητική ύλη, ή ανάλογα με την παρουσία του σαν υλικό περικάλυψης των κοκκίων στους τύπους που περιέχουν σιδήρο, επικρατεί το κόκκινο και το καφέ οξείδιο του σιδήρου (αιματίτης, λειμωνίτης) κυρίως στις εξωτερικές τους επιφάνειες (λόγω οξείδωσης), ενώ στις εσωτερικές επιφάνειες (που δεν οξειδώνονται), οι πρασινωπές και γκριζες ενώσεις του σιδήρου δίνουν το χρώμα τους στο πέτρωμα. Οι ασβεστούχοι αμμόλιθοι έχουν σαν συγκολλητική ύλη το ανθρακικό ασβέστιο. Έχουν χρώμα γκρι λόγω της παρουσίας του ανθρακικού ασβεστίου σαν συγκολλητική ύλη.

Κροκαλοπαγές. Αποτελείται από στρογγυλές κροκάλες πυριγενών, ιζηματογενών ή μεταμορφωμένων πετρωμάτων με συγκολλητική ύλη που ποικίλει από διοξείδιο του πυριτίου ως άργιλλο.

Πολλοί τύποι παίρνουν το όνομα ανάλογα με το είδος των κροκαλών που επικρατούν, π.χ., χαλαζιακό κροκαλοπαγές, πυριτολιθικό κροκαλοπαγές ασβεστολιθικό κροκαλοπαγές, γρανιτικό κλπ.

Λατυποπαγές. Είναι όμοιο με το κροκαλοπαγές (σχ.106) με τη διαφορά ότι περιέχει λατύπες (γωνιώδεις λίθους) αντί κροκάλες. Δηλαδή, τα λατυποπαγή αποτελούνται από υλικά που δεν έχουν υποστεί τις διαφοροποιήσεις της μεταφοράς (αποστρογγυλεύσεις): είναι, δηλαδή, πετρώματα *in situ*.



Σχ. 106. Κροκαλοπαγές (α), Λατυποπαγές (β).

(β) Αργιλλώδεις τύποι

Αργιλλικοί αμμόλιθοι. Σχηματίζονται από τη συγκόλληση κοκκίων άμμου με άργιλλο. Μερικές φορές περιέχουν και ανθρακικό ασβέστιο. Δεν είναι συμπαγείς και σπάζουν εύκολα λόγω της παρουσίας της χαλαρής συγκόλλητικής ύλης.

Αργιλλικοί σχιστόλιθοι. Αποτελούνται από λεπτά φύλλα συμπιεσμένης αργιλλούς ή ιλύος. Είναι πολύ εύσχιστα πετρώματα και διαχωρίζονται εύκολα σε φύλλα.

Αργιλλίτες. Είναι ένας μη εύσχιστος, μαυρο-κύανο γκρι, αργιλλούχος σχηματισμός, πιο συμπαγής από τους αργιλλικούς σχιστόλιθους και γενικά δεν είναι πλαστικός ούτε έχει φυλλώδη χαρακτηριστικά. Σπάζουν με ακανόνιστο κογχώδη θραυσμό. Μερικοί αργιλλίτες έχουν σχηματισθεί σε στρώσεις με πάχος 30 ή περισσότερων εκατοστών, ενώ άλλοι έχουν κάποια φυλλώδη εμφάνιση και βρίσκονται εναλλάξ με αργιλλικούς σχιστόλιθους.

Μάργες. Είναι ασβεστούχοι άργιλλοι ή γαιώδη μίγματα με ελάχιστο ποσοστό $CaCO_3$ 15%. Όταν περιέχει μεγάλα ποσοστά $CaCO_3$ μπορεί να καταταχθεί και στους ασβεστόλιθους, σαν αργιλλούχος ασβεστόλιθος. Είναι ένα σαθρό και πορώδες πέτρωμα που αποσαθρώνεται με μεγάλη ευκολία.

Άργιλλοι. Είναι σχηματισμοί γεωλογικοί και περιέχουν συστατικά με μέγεθος $< 0,002\text{mm}$ και αντιπροσωπεύουν τα πιο λεπτόκοκκα ιζήματα. Δημιουργήθηκαν από τη χημική αποσάθρωση και μεταφέρθηκαν από το νερό. Συστατικά τους είναι μαρμαρυγιακά, καολινιτικά ή αστριούχα ορυκτά. Συχνά περιέχουν και χαλαζία ή ίλυ (με μέγεθος $\leq 0,06\text{ mm}$). Επίσης άλλες φορές περιέχουν, ανθρακικό ασβέστιο, οργανική ουσία και ενώσεις του σιδήρου, (θειούχες ή οξειδία) που τους δίνει και ανάλογο χρώμα (γκρι ή κόκκινο)

Terra Rossa* (ερυθρογή). Είναι αργιλλικός σχηματισμός με πολύ λεπτόκοκκα συστατικά (κυρίως σε μέγεθος $\leq 0,002\text{ mm}$). Προέρχεται από τη βράδεια αποσάθρωση σκληρών ασβεστόλιθων, δολομιτικών ασβεστόλιθων, δολομιτών και μαρμάρων κυρίως κατά την τριτογενή περίοδο. Η *terra rossa* βρίσκεται σε παραμεσόγειες περιοχές ή άλλες περιοχές με μεσογειακό κλίμα. Τα ασβεστολιθικά πετρώματα από τα οποία σχηματίσθηκε, με την πορεία της αποσάθρωσης (διάλυσής) τους, περιέχουν και ένα ποσοστό από χαλαζία, μαρμαρυγίες, άστριους, μοντμοριλονίτη και καολινίτη δηλαδή ένα σύνολο πρωτογενών και δευτερογενών ορυκτών. Τα προϊόντα αυτά μετά τη διάλυση των ασβεστολιθικών πετρωμάτων αποτελούν το υλικό από το οποίο σχηματίζεται η *terra rossa*. Εκτός από το μητρικό υλικό, άλλος παράγοντας για το σχηματισμό του γεωλογικού αυτού σχηματισμού είναι το κλίμα. Η *terra rossa* εμφανίζεται σε περιοχές με εναλασσόμενες ξηρές-θερμές και ήπιες υγρές και ψυχρές περιόδους.

Η *terra rossa*, η οποία βρίσκεται σε πολλές περιοχές της Ελλάδας, αποτελεί το υλικό σχηματισμού πολλών χαρακτηριστικών ερυθρών εδαφών

(γ) Ασβεστούχοι τύποι

Τα πετρώματα αυτά αποτελούνται κυρίως από ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$). Εντούτοις μερικά είναι δυνατόν να περιέχουν ως 40% αργιλλικό υλικό, όπως συμβαίνει στη μάργα και τους αργιλλικούς σχιστόλιθους. Τα ασβεστολιθικά πετρώματα σχηματίσθηκαν από σκελετικά και οργανικά υπολείματα καθώς και απολιθωμένα όστρακα τα οποία συγκεντρώθηκαν σε ρηχά νερά θαλασσών ή σε μεγάλες λίμνες. Μία ποσότητα από σπασμένα όστρακα και οργανικά υπολείματα που διαλύθηκε στο νερό (εμπλουτι-

* Η *terra rossa* παρόλο που δεν μπορεί να θεωρηθεί σαν ιζηματογενής γεωλογικός σχηματισμός, εντούτοις περιγράφεται στη θέση αυτή μαζί με τους άλλους αργιλλώδεις τύπους

σμένο με CO_2 της ατμόσφαιρας) σχημάτισε ανθρακικό ασβέστιο, το οποίο με καθίζηση γέμισε τους πόρους και τις σχισμές των συμπαγών αυτών ιζημάτων και αποτέλεσε το συνδετικό τους υλικό.

Τα περισσότερα ασβεστολιθικά πετρώματα περιέχουν απολιθώματα, και από το είδος των απολιθωμάτων καθορίζεται και η ηλικία τους. Η ονομασία στα ασβεστολιθικά πετρώματα δίνεται από τα οργανικά υπολείματα που επικρατούν σ' αυτούς· έτσι έχουμε «κελυφογενή ασβεστόλιθο» και «κοραλλιογενή ασβεστόλιθο». Πολλοί τύποι ασβεστολιθικών πετρωμάτων περιέχουν διαλυτές ουσίες στο νερό σε ποσοστό μεγαλύτερο από 95% με αποτέλεσμα να είναι διαλυτοί στο ανθρακικό οξύ (νερό της βροχής με διαλυμένο CO_2 της ατμόσφαιρας). Τα αδιάλυτα αιμιλιώδη/αργιλλικά συστατικά προσδιορίζονται μετά την αντίδραση ενός τεμαχίου ασβεστολιθικού πετρώματος με υδροχλωρικό οξύ (HCl), στο οποίο διαλύεται το ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$) του πετρώματος. Το ποσοστό αυτό μερικές φορές μπορεί να ξεπεράσει το 30% του πετρώματος.

Τα ασβεστολιθικά πετρώματα χαράσσονται εύκολα με μαχαίρι και έτσι μπορεί να ξεχωρίσει κανείς τον ασβεστίτη των ασβεστολιθών από το χαλαζία. Μερικά ασβεστολιθικά πετρώματα έχουν ομαλό θραυσμό και ομοιόμορφη εμφάνιση της δομής τους (κιμωλία), ενώ άλλα έχουν εμφάνιση οστρακώδη με τραχιά επιφάνεια (κελυφογενής ασβεστόλιθος, κοραλλιογενείς ασβεστόλιθοι). Η περατότητα των ασβεστολιθικών πετρωμάτων στο νερό εξαρτάται από το βαθμό συμπάγειας και «τσιμεντοποίησής» τους και μερικές φορές μπορεί να είναι πολύ μεγάλη.

Πολλά ασβεστολιθικά πετρώματα περιέχουν ένα μικρό ποσοστό ανθρακικού μαγνησίου ($MgCO_3$), το οποίο είναι αδιάλυτο στο κρύο υδροχλωρικό οξύ. Το $MgCO_3$ αποτελεί και το κύριο συστατικό των δολομιτών ασβεστολιθών. Το θερμό υδροχλωρικό οξύ προσβάλλει τα πετρώματα αυτά σε αντίθεση με το κρύο, και η αντίδραση αυτή αποτελεί κριτήριο για τη διάκρισή τους.

Το χρώμα των ασβεστολιθικών πετρωμάτων εξαρτάται από την ποσότητα των μη ασβεστούχων υλικών ή από τις ενώσεις του σιδήρου που υπάρχουν σ' αυτούς. Το χρώμα μπορεί να ποικίλει από λευκό, γκρι ή κίτρινο, μέχρι κόκκινο ή ακόμη και μαύρο αν περιέχουν σιδηρίτη (ανθρακικό σίδηρο) και άλλα οξειδία του σιδήρου.

Ασβεστόλιθοι. Σχηματίσθηκαν από υπολείματα οργανισμών. Το συνδετικό τους υλικό είναι κυρίως ασβεστίτης ($CaCO_3$) που προήλθε από τη διάλυση των σπασμένων κελυφών. Το χρώμα τους είναι συνήθως γκρι και αν το ποσοστό του ασβεστίτη είναι μεγάλο τότε η αντίδραση του HCl στην επιφύσειά τους είναι ζωηρότατη με εκτίναξη φυσσαλίδων. Οι ασβεστόλιθοι

ευρύτατα «διαδεδομένοι» στην Ελλάδα και αποτελούν το πέτρωμα από το οποίο σχηματίσθηκαν οι ερυθρογαίες.

Ωολιθικός ασβεστόλιθος. Αποτελείται από συγκόλληση σφαιροειδών συσσωματωμάτων γνωστών σαν «ωόλιθοι». Κάθε «σφαίρα» έχει διάμετρο 3 χιλιοστά περίπου και σχηματίσθηκε από αποθέσεις σε ομόκεντρους φλοιούς ανθρακικού ασβεστίου γύρω από πυρήνα τεμαχιδίου άμμου, οστράκου κλπ.

Κιμωλία. Είναι ένα πολύ λεπτόκοκκο, μαλακό ασβεστολιθικό πέτρωμα, γενικά με μεγάλη καθαρότητα. Εντούτοις μπορεί να περιέχει ξένες ύλες σε ποσοστό από 1 ως 40%. Οι ξένες ύλες αποτελούνται κυρίως από ίλιο και άμμο ή από τεμαχίδια πυριτόλιθου και κερατόλιθου. Η κιμωλία σπάζει εύκολα και διαβρέχεται από το νερό. Μερικά είδη όμως κιμωλίας είναι πιο σκληρά, σπάζουν πιο δύσκολα και έχουν λείες θραυσμογενείς επιφάνειες.

Τραβερντίνες. Είναι χερσαίο ασβεστολιθικό πέτρωμα που σχηματίσθηκε με αποβολή $CaCO_3$ από ασβεστούχα νερά (θερμές πηγές κλπ.). Πολλές φορές η αποβολή γίνεται πάνω σε φυτικά τεμάχια ή κλαδιά δέντρων και διατηρούν το σχήμα τους μέσα στις κοιλότητές τους (τραβερντίνες Βέροιας, Νάουσας, Νυμφόπετρας). Το χρώμα τους διαφέρει από γκριζόλευκο ως κίτρινο, καφέ, ιώδες ανάλογα με το ποσοστό και το είδος των ξένων ουσιών που υπάρχουν σ' αυτούς και κυρίως ανάλογα με το είδος των οξειδίων του σιδήρου.

(δ) Ανθρακούχοι τύποι

Τύρφες. Είναι σχηματισμοί που δημιουργήθηκαν σε ανάγλυφο όπου συσσωρεύεται νερό (τενάγη, λίμνες κλπ.). Στις περιοχές αυτές στην αρχή εμφανίζεται βλάστηση στις παρυφές τους, η οποία στη συνέχεια επεκτείνεται προς το κέντρο και τελικά καλύπτει όλη την επιφάνεια. Τα φυτικά υπολείμματα καθιζάνουν και σχηματίζουν μια οργανική μάζα. Από τις βιολογικές και χημικές αναερόβιες διεργασίες η μάζα διαφοροποιείται και σχηματίζει την τύρφη, η οποία περιέχει οργανική ουσία τουλάχιστον 30% και αποτελείται από ημιαποσυντεθειμένα ή αποσυντεθειμένα φυτικά υπολείμματα. Το πάχος των τυρφών μπορεί να κυμαίνεται από 50cm μέχρι δεκάδες μέτρα (τενάγη Φιλλίπων). Οι τύρφες βρίσκονται σε ανάμειξη με ανόργανα συστατικά τα οποία προήλθαν από το νερό που τροφοδοτεί τις λίμνες ή τα τενάγη. Όταν έλθουν σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα υφίσταται χουμοποίηση και στη συνέχεια σχηματίζονται εδάφη με πολύ υψηλό ποσοστό οργανικής ουσίας.

Η τύρφη διακρίνεται σε τύρφη με μικρή σχέση C/N (<30) και τέφρα 14 ως 15%, και σε τύρφη με μεγαλύτερη σχέση C/N (40) και τέφρα 2-3%.

Οι χημικές ιδιότητες των τυρφών εξαρτώνται από το ασβέστιο και τα θρεπτικά συστατικά που περιέχει. Το rH τους μπορεί να είναι ουδέτερο ή ελαφρά αλκαλικό ή και όξινο (rH 3-4). Το είδος των φυτών και του νερού, με το οποίο τροφοδοτούνται, καθορίζουν την ποσότητα των θρεπτικών συστατικών της τύρφης.

Η γαιοτύρφη που αναπτύσσεται στις παρυφές των τεναγών και λιμνών αποτελείται από τύρφη και ανόργανα συστατικά του εδάφους σε πλήρη ανάμειξη. Όταν περιέχει και $CaCO_3$ τότε ο κορεσμός της εναλλακτικής φάσης με Ca κάνει την γαιοτύρφη περισσότερο ενεργή βιολογικά απ' ότι όταν δεν περιέχει $CaCO_3$. Η περιεκτικότητά της σε τέφρα είναι μεγαλύτερη από 50%.

(ε) Πυριτικοί τύποι

Οι πυριτόλιθοι και οι κερατόλιθοι είναι κρυπτο-κρυσταλλικοί σχηματισμοί μικρών κόκκων διοξειδίου του πυριτίου. Οι κόκκοι του διοξειδίου του πυριτίου προήλθαν από τα υπολείματα πυριτιούχων σπόγγων, που διαλύθηκαν στο νερό και κατέπεσαν στη συνέχεια σαν «ζελατινώδες» ίζημα. Οι κερατόλιθοι αποτελούνται από πυριτικό υλικό που είναι κυρίως χαλκηδόνιος. Οι πυριτόλιθοι είναι σχεδόν καθαρό SiO_2 σε μορφή χαλκηδόνιου με ή χωρίς σπάλιο, χρώμα μαύρο και θραυσμό κογχώδη. Βρίσκονται σαν βολβώδεις όγκοι μέσα σε κιμωλία και μέσα σε ασβεστολιθικά στρώματα πολλές φορές σαν διαστρώσεις. Σχηματίσθηκαν κατά τη διαγένεση των ασβεστολίθων από διαλύματα SiO_2 που προήλθαν από βιογενή υλικά.

Γη διατόμων. Αποτελείται κυρίως από σκελετούς πρωτεροζωϊκών σπόγγων και μερικές φορές από θαλάσσιους οργανισμούς, όπως η «*Radiolaria*», ή από απλούς φυτικούς οργανισμούς. Είναι πρόσφατοι σχηματισμοί μικρής γεωλογικής ηλικίας. Κύριο συστατικό τους είναι το διοξείδιο του πυριτίου.

Διατομίτες. Είναι συμπαγή στρώματα γης διατόμων με χρώμα λευκό τα οποία συγκεντρώθηκαν σε λίμνες. Είναι σχηματισμοί με ηλικία παλαιότερη από τη γη διατόμων.

3. ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΙΓΕΝΗ

Τα πετρώματα αυτά αποτελούν τους περισσότερο περίπλοκους τύπους πετρωμάτων και σχηματίσθηκαν από «μεταμόρφωση» των πυριγενών

και ιζηματογενών πετρωμάτων· η μεταμόρφωση είναι φυσική, χημική ή συνδυασμός των δύο και γίνεται σε μικρά ή μεγάλα βάθη με πίεση (λόγω των υπερκείμενων στρωμάτων) και θερμοκρασία* (αύξηση της θερμοκρασίας με το βάθος).

Ο βαθμός της μεταμόρφωσης ποικίλει, από την απλή σκλήρυνση των ιζημάτων σε σκληρό πέτρωμα, που αναγνωρίζεται εύκολα λόγω της αρχικής κατασκευής και της ορυκτολογικής σύστασης (σκληρηθέντες άμμοι ή αμμόλιθοι), μέχρι την ανακρυστάλλωση λόγω της οποίας είναι αδύνατον να διακρίνει κανείς την αρχική κατάσταση του ορυκτού· στον χαλαζίτη π.χ. διακρίνονται ελάχιστα κοκκία άμμου από το δευτερογενές χαλαζιακό συνδετικό υλικό. Με όμοιο τρόπο οι άργιλοι μπορούν να γίνουν σκληροί αργιλικοί σχιστόλιθοι με φυλλιτική εμφάνιση όπου διακρίνονται τα αρχικά ελάσματα· ή μπορούν να μεταμορφωθούν σε τέτοιο βαθμό με πίεση που μπορεί να μετατραπούν σε φυλλίτες με φυλλιτικό σχισμό, χωρίς να διακρίνονται τα αρχικά επίπεδα στρωματώσεως της αργιλλού.

Έντονες συνθήκες μεταμορφώσεως δημιουργούν τη χαρακτηριστική σχιστότητα στους μαρμαρυγιακούς και κεροστιλβικούς σχιστόλιθους, με τη διάταξη των δευτερογενών ορυκτών τους σε οριζόντια επίπεδα κατά τα οποία το ορυκτό μπορεί εύκολα να σχιστεί· η κυματοειδής εμφάνιση των επιπέδων φύλλωσης επιτρέπει την διάκριση των σχιστόλιθων από τα ιζηματογενή ή μερικώς μεταμορφωμένα πετρώματα τα οποία έχουν επίπεδη εμφάνιση. Το τελικό στάδιο της μεταμόρφωσης φαίνεται στοιχ. Γνεύσιους, στους οποίους δεν διακρίνεται καμμιά από τις αρχικές δομές των πετρωμάτων από τα οποία μεταμορφώθηκαν (αν ήταν ιζηματογενή ή πυριγενή): εξαίρεση αποτελεί ο σερπεντινίτης που προήλθε εξ² ολοκλήρου από τον ολιβίνη των περιδοτικών πετρωμάτων.

Τα περισσότερα μεταμορφωσιγενή πετρώματα είναι σκληρά και, εάν προέρχονται από ιζηματογενή πετρώματα, χάνουν τα αρχικά τους απολιθώματα, λόγω εξαφάνισής τους κατά την πορεία της διαφοροποίησης.

Γνεύσιοι. Σχηματίσθηκαν από δυναμική μεταμόρφωση των αδρόκοκκων πυριγενών πετρωμάτων και έχουν ίδια σύνθεση με το γρανίτη· η μεταμόρφωση οδηγεί σε μια εμφάνιση σε φύλλα, από την διάταξη σε στρώσεις των ανοικτών και σκούρων ορυκτών (εναλλάξ στρώματα χαλαζία και άστριων με βιοτίτη μεταξύ τους). Έχουν ιστό κοκκοβλαστικό με σχιστοφυτή υφή. Κύρια ορυκτά είναι ο χαλαζίας, το ορθόκλαστο, πλαγιόκλαστα, ο βιοτίτης, ο μισχοβίτης, η κεροστιλβη. Οι γνεύσιοι που προέρχονται από πυριγενή πε-

* Χαρακτηριστικά μπορεί να αναφέρει κανείς ότι σε βάθος 10 km τα πετρώματα υφίστανται περίπου 2.700 atm και θερμοκρασία περίπου 300°C

τρώματα λέγονται ορθογνεύσιοι και αυτοί που προέρχονται από ιζηματογενή παραγνεύσιοι. Οι παραγνεύσιοι αναγνωρίζονται διότι λόγω της ιζηματογενούς προελεύσεως υπάρχουν σ' αυτούς πυριτικές ενώσεις πλούσιες σε αργίλιο π.χ. σιλλιμανίτης κλπ.

Σχιστόλιθοι. Είναι περισσότερο λεπτόκοκκα, με φυλλώδη εμφάνιση πετρώματα που σχηματίσθηκαν από βασικές λάβες ή από αργιλλικά ιζήματα π.χ. μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, κεροστιλβικός σχιστόλιθος. Οι σχιστόλιθοι σπάζουν (χωρίζουν) εύκολα κατά τα επίπεδα φύλλωσης (ή σχιστότητας) και φαίνονται οι γλυστερές επιφάνειες των μαρμαρυγών ανάμεσα από τα φύλλα. Γόλοι κόκκοι χαλαζία επιμηκύνθηκαν από την πίεση κατά την μεταμόρφωση και βρίσκονται στα επίπεδα σχιστότητας. Γενικά οι σχιστόλιθοι διαφέρουν από τους γνεύσιους διότι είναι πτωχότεροι σε άστριους ή οι άστριοι λείπουν τελείως.

Χαλαζίτης. Προήλθε από αμμώδη ιζήματα και σχηματίσθηκε από μεταμόρφωση αμμωδών/αργιλλωδών πετρωμάτων. Όταν είναι συγκολλημένοι με διοξείδιο του πυρίτιου οι αμμόλιθοι μετατρέπονται σε πολύ σκληρούς χαλαζίτες ή σε παραγνεύσιους. Οι χαλαζίτες δεν προέρχονται όλοι από μεταμόρφωση διότι υπάρχουν και ορισμένοι σκληροί αμμόλιθοι που μπορούν να καταταχθούν στην ίδια κατηγορία.

Φυλλίτες. Τα αργιλλικά ιζήματα μετασχηματίζονται σε αργιλίτες και στη συνέχεια σε αργιλλικούς σχιστόλιθους με πίεση από τα υπερκείμενα ιζήματα: στη συνέχεια με μεγάλη πίεση μεταμορφώνονται σε φυλλίτες ή ακόμη και σε μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους ή γνεύσιους. Οι φυλλίτες έχουν δέσμες σχισμογενών επιπέδων (φυλλιτικός σχισμός) και δεν μοιάζουν καθόλου με τα ιζηματογενή πετρώματα από τα οποία προήλθαν διότι οι φυλλίτες διαχωρίζονται σε λεπτά λεία φύλλα ή πλάκες, σε αντίθεση με τα ιζηματογενή πετρώματα.

Κερατίτες. Αργιλοί που περιέχουν μαγνήσιο και σίδηρο με θερμομεταμόρφωση δίνουν τους κερατίτες. Το όνομά τους οφείλεται στο γεγονός ότι λεπτά σκλήρα είναι διαφώτιστα, όπως τα κέρατα. Όταν είναι πλούσιοι σε σκουύρα ασβεστούχα ορυκτά λέγονται ασβεστοκερατίτες και προέρχονται από ασβεστόλιθους με μετατροπή του CO_2 σε SiO_2 . Όταν προέρχονται από αργιλλικούς σχιστόλιθους καλούνται κερατίτες.

Μάρμαρα. Προέρχονται από μεταμόρφωση καθαρών ασβεστόλιθων με ανακρυστάλλωση του ανθρακικού ασβεστίου. Τα απολιθώματα καταστράφηκαν κατά την πορεία της θερμο- και πιεσο- μεταμόρφωσης. Τα μάρμαρα αποτελούνται από ασβεστίη υψηλής κρυστάλλωσης και εμφανίζουν κρυ-

σταλλική υφή πολλές φορές σαν ζάχαρι. Ασβεστόλιθοι πιθανόν να μετατραπούν σε ασβεστούχους γνεύσιους. Το χρώμα των μαρμάρων ποικίλει από κίτρινο, κόκκινο, μαύρο, πράσινο, με ραβδώσεις, σκιές κλπ. Χαράσσονται με μαχαίρι σε αντιδιαστολή με τους χαλαζίτες. Τα μάρμαρα εκτός από ασβεστίτη ή και δολομίτη (δολομιτικά) περιέχουν και άλλα συστατικά ανάλογα με τον ασβεστόλιθο από τον οποίο προήλθαν και αυτά δίνουν τους διάφορους χρωματισμούς στη μάζα τους. Βρίσκονται μαζί με άλλα μεταμορφωσιγενή πετρώματα όπως χαλαζίτες, φυλλίτες, σχιστόλιθους και κερατίτες.

ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Εισαγωγή

Αποσάθρωση είναι η πορεία της διαφοροποίησης των πετρωμάτων κατά την έκθεση τους στον αέρα, την υγρασία και τον οργανικό κόσμο. Σημαντικό ρόλο στην πορεία της αποσάθρωσης παίζει η θερμοκρασία η οποία δρα σε συνδυασμό με τους άλλους παράγοντες αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με τους άλλους παράγοντες μπορεί να επιταχύνει σε μεγάλο βαθμό την αποσάθρωση όπως συμβαίνει στις περιοχές με τροπικό κλίμα. Η αποσάθρωση είναι μηχανική και χημική. Η δράση της μηχανικής και της χημικής αποσάθρωσης στα πετρώματα είναι ταυτόχρονες ενέργειες. Κατά πόσον επικρατεί η μια ή η άλλη μορφή εξαρτάται από διάφορους παράγοντες και κυρίως το κλίμα. Ο διαχωρισμός σε μηχανική και χημική αποσάθρωση εξυπηρετεί μόνο διδακτικούς σκοπούς γιατί και στη συνέχεια εξετάζονται ξεχωριστά.

1. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΗ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ

Ζεστό και υγρό κλίμα επιταχύνει σε μεγάλο βαθμό την αποσάθρωση των πετρωμάτων ενώ κρύο και ξερό κλίμα την επιβραδύνει. Η χημική αποσάθρωση στις τροπικές χώρες είναι πολύ έντονη και προχωρεί σε μεγάλο βάθος στο πέτρωμα. Επίσης είναι έντονη στις χώρες με μεγάλη βροχόπτωση και σχετικά μέση θερμοκρασία.

Θα περιμενει κανείς η μηχανική αποσάθρωση στις, ερήμους και στις αρκτικές περιοχές να είναι μεγαλύτερη από τις θερμές ή κανονικές σε θερμοκρασία περιοχές με υγρό κλίμα. Εντούτοις στις ερήμους και αρκτικές περιοχές η έλλειψη υγρασίας εμποδίζει σε μεγάλο βαθμό τη μηχανική αποσάθρωση παρόλο που στις συνθήκες θερμοκρασίας είναι ιδανικές για τη συνεχή παραγωγή πάγου η χημική αποσάθρωση λόγω των χαμηλών

θερμοκρασιών είναι σχεδόν ανυπαρκτή. Έτσι λοιπόν στις ερήμους και στις αρκτικές περιοχές με τη μηχανική αποσάθρωση που ενεργεί σε μικρό βαθμό στο πέτρωμα και τη σχεδόν ανύπαρκτη χημική αποσάθρωση, βρίσκονται μεγάλες ποσότητες θριμματισμένου πετρώματος. Αντίθετα στις περιοχές με κανονικές (όπως στην Ελλάδα) ή μεγάλες θερμοκρασίες και με βροχόπτωση ίση ή μεγαλύτερη από 500 χιλ. ευνοείται η μηχανική, αλλά περισσότερο η χημική αποσάθρωση με αποτέλεσμα οι εξάρσεις των πετρωμάτων στην επιφάνεια της γης να είναι καλυμένες με το τελικό, σχεδόν, προϊόν αποσάθρωσης, το έδαφος.

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΆΛΛΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΗ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ

Μεταξύ των σπουδαιότερων παραγόντων που επηρεάζουν την πορεία αποσάθρωσης είναι το **ανάγλυφο της περιοχής**, η **σύνθεση του πετρώματος** και ο **χρόνος**.

Στις περιοχές με μεγάλες κλίσεις τα προϊόντα της αποσάθρωσης απομένουνται, λόγω της βαρύτητας, και εκτίθενται στην αποσάθρωση συνεχώς νέες επιφάνειες του πετρώματος με αποτέλεσμα την επιτάχυνσή της. Το ανώμαλο ανάγλυφο μιας περιοχής βοηθά στην απομάκρυνση καμεταφορά (από τους χειμάρρους) των προϊόντων αποσάθρωσης που έχει· αν αποτέλεσμα την απόθεσή τους σε σημεία κατώτερα από τη μητρική υφή.

Η αντοχή των πετρωμάτων διαφέρει από πέτρωμα σε πέτρωμα. Οι χαλαζίες και οι αμμόλιθοι που αποτελούνται κυρίως από χαλαζία είναι πολὺ ανθεκτικοί στην αποσάθρωση. Ο γρανίτης αποσαθρώνεται πολὺ ευκολώτερα σε όλα τα κλίματα: οι άστριοι σχηματίζουν άργιλο (ορυκτά της αργιλίου). Άλλα πετρώματα όπως περιδοτίτες και δουνίτες αποσαθρώνονται πολύ ευκολότερα. Βεβαίως οι χρονικές περίοδοι των μετατροπών αυτών, από την ανθρώπινη σκοπιά, φαίνονται να κυλούν με αργό ρυθμό. Με τη γεωλογική όμως έννοια του χρόνου οι μετατροπές αυτές είναι σχετικό ταχείες. Ο ασβεστόλιθος αποσαθρώνεται ευκολότερα σε υγρές και θερμές περιοχές όπου σχηματίζει έδαφος πάνω στο μητρικό πέτρωμα ενώ σε ξηνές περιοχές η αποσάθρωση του είναι ελάχιστη.

3 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ

Παράγοντες της μηχανικής αποσάθρωσης είναι ο **παγετός**, η **μηχανική ενέργεια των φυτών** στα πετρώματα, οι **μεταβολές** της θερμοκρα-

σίας και τα μηχανικά αποτελέσματα της χημικής αποσάθρωσης

Παγετός

Ο όγκος του νερού αυξάνεται με τη μετατροπή του σε πάγο κατά 9%. Όταν ο χώρος στον οποίο βρίσκεται το νερό είναι περιορισμένος τότε με τη μετατροπή του σε πάγο ασκεί πίεση πολλών ατμοσφαιρών. Έτοι, όταν το νερό βρίσκεται στις ρωγμές των πετρωμάτων και του ρεγόλιθου, κατά τη μετατροπή του σε πάγο ασκεί τεράστια δύναμη η οποία κατακερματίζει τα πετρώματα και τα τεμάχια τους, που εξαιτίας της βαρύτητας κυλούν σε κατώτερες περιοχές και σχηματίζουν σωρούς ή περιοχές από γωνιώδη λιθάρια κάτω από το πέτρωμα. Ο παγετός, μπορούμε να πούμε, ότι συντελεί στον αδρομερή αλλά τον πρώτο τεμαχισμό του πετρώματος το οποίο στη συνέχεια εκτίθεται στους υπόλοιπους παράγοντες αποσάθρωσης με μεγαλύτερη επιφάνεια.

Μηχανική ενέργεια των φυτών στα πετρώματα

Οι ρίζες των δέντρων βαθμιαία διεισδύουν στις κοιλότητες και σχισμές των πετρωμάτων και κατά την πορεία της ανάπτυξης τους διαρρηγούνται ή διαχωρίζουν τα πετρώματα. Τα μικρότερα φυτά στέλνουν τις ρίζες τους σε μικρότερες σχισμές με αποτέλεσμα να ασκούν και αυτά μια «καταστροφική» ενέργεια στα πετρώματα. Σε συνδυασμό και με τη χημική αποσάθρωση των πετρωμάτων από τις ρίζες των φυτών δημιουργούνται νέες αφετηρίες (σχισμές ή κοιλώματα) μηχανικής και χημικής αποσάθρωσης.

Μεταβολές της θερμοκρασίας

Οι μεταβολές της θερμοκρασίας μεταξύ μέρας και νυκτας αποτελούνται από παράγοντα (αν και όχι σπουδαίο) μηχανικής αποσάθρωσης των πετρωμάτων με την αποκόλληση τεμαχιδίων ορυκτών από την επιφάνεια των πετρωμάτων.

Οι πυρκαγιές όμως των δασών με τη δημιουργία μεγάλης διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ επιφάνειας και μάζας του πετρώματος δημιουργούν συνθήκες, με την επιφανειακή διαστολή, οι οποίες επιταχύνουν την αποσάθρωσή τους.

Μηχανικά αποτελέσματα της χημικής αποσάθρωσης

Ο σχηματισμός (στην πορεία της αποσάθρωσης) ορυκτών της αργιλλούς από τα πετρώματα συνεπάγεται μια αύξηση του όγκου τους. Η υγρασία που

εισέρχεται σε μικρές σχισμές ενός πετρώματος με την ενέργειά της (χημική) πάνω στα ορυκτά τα μετατρέπει σε ορυκτά της αργιλλου. Η μετατροπή αυτή, που έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου του ορυκτού της αργιλλου στο χώρο της σχισμής, δημιουργεί δυνάμεις οι οποίες αποχωρίζουν τμήματα του πετρώματος.⁵ Ο αποχωρισμός τμημάτων από την έπιφάνεια του πετρώματος, κατά τη διάρκεια της αποσάθρωσης, σε λεπτά «φύλλα», π.χ. στον γρανίτη, ονομάζεται «αποφύλλωση» (*exfoliation*).

4. ΧΗΜΙΚΗ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ

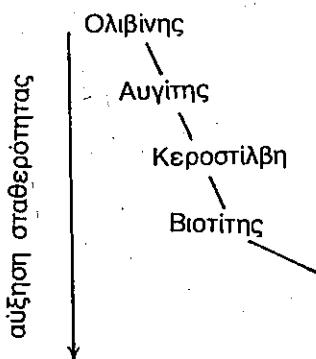
Η χημική αποσάθρωση είναι η πορεία των χημικών διεργασιών στο ιαρχικό πέτρωμα και στα προϊόντα της διασπάσεως του με τελικό στάδιο την δημιουργία οξειδίων και υδροξειδίων. Την αρχική καταστροφή του πετρώματος ακολουθεί δημιουργία νέων ορυκτών (ορυκτά της αργιλλου) και στη συνέχεια διάσπαση των ορυκτών της αργιλλου και δημιουργία οξειδίων και υδροξειδίων του αιδήρου, του πυριτίου, του αργιλίου. Σε ποιο από τα στάδια αυτά θα καταλήξει ή θα επιβραδυνθεί η αποσάθρωση και τι είδους ορυκτά της αργιλλου θα σχηματίσει εξαρτάται από το είδος του πετρώματος, αλλά κυρίως από το κλίμα. Ετσι στα θερμά και υγρά κλίματα ευνοείται περισσότερο ο σχηματισμός του καολίνη και σχεδόν απουσιάζει ο μοντμορίλλονίτης, ενώ στα ημιξερα κλίματα με θερμή ξερή περίοδο και υγρή ψυχρή ευνοείται η δημιουργία Ιλίτη και μοντμορίλλονίτη (Πίνακας 14). Με τη μετατροπή των ορυκτών των πετρωμάτων σε δευτερογενή ορυκτά τα δεύτερα γίνονται πιο «μαλακά» π.χ. ολιβίνης σκληρότητα 7, σερπεντίνης 3-4. Επίσης στα ορυκτά της αργιλλου έχουμε χαλάρωση της ελαστικότητας και ελάτωση της σπιληνότητας, ιδιότητες που κάνουν τα νέα αυτά ορυκτά περισσότερο επιδεκτικά στη χημική και φυσική αποσάθρωση.

Οι παράγοντες της χημικής αποσάθρωσης είναι η διάλυση, η υδρόλυση, η οξειδώση, η αναγωγή, η ενυδάτωση και τα βιοχημικά φαινόμενα των φυτικών οργανισμών και βακτηρίων. Οι διάφοροι τύποι πετρωμάτων έχουν και διαφορετική αντοχή στους παράγοντες της χημικής αποσάθρωσης. Είναι ταχύτατη τα ασβεστολιθικά και αργιλικά πετρώματα, μικρότερη στα ηφαιστειογενή και ακόμη μικρότερη στα μεταμορφωσιγενή. Τα χονδρόκοκκα πετρώματα είναι πιο ευαποσάθρωτα από τα λεπτόκοκκα (μικρόκοκκα) π.χ. ο μικρογρανίτης, ο μικροδιορίτης, ο βασάλτης είναι πιο ανθεκτικά από τον γρανίτη, τον διορίτη, τον περιδοτίτη.

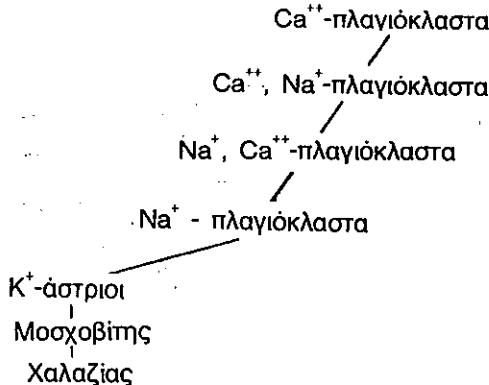
Η αντοχή στην αποσάθρωση των διαφόρων πρωτογενών ορυκτών όπως μελετήθηκε σε γρανιτικό γνεύσιο, σε διαβάση και σε αμφιβολίτη διαφέρει

από ορυκτό σε ορυκτό κατά την ακόλουθη σειρά.

σκουρόχρωμα (φεμικά)



ανοικτόχρωμα (σαλικά)



Πίνακας 14. Προϊόντα αποσαθρώσεως σε σχέση με το περιβάλλον σχηματισμού τους

Περιβάλλον	pH	Eh	Συμπεριφορά ιόντων	Ορυκτολογική Σύνθεση
Μη εκπλυνόμενο, θερμό Βροχή 0-300 χλσ.	αλκαλικό	οξειδωτικό	Μερική απώλεια αλκαλίων (Να,Κ) Σίδηρος σε μορφή τρισθενή.	Μητρικό υλικό μερικώς αποσαθρωμένο. Ιλλίτης, χλωρίτης, μοντμορίλλονίτης, μικτού τύπου ορυκτά. Αιματίτης, ανθρακικά, άλλα άλατα. Οργανική ουσία λείπει ή είναι λίγη.
Χωρίς έκπλυση κάτω από τη στάθμη του νερού	αλκαλικό προς ουδέτερο	αναγωγικό	Μερική απώλεια αλκαλίων (Να,Κ) Σίδηρος σε μορφή τρισθενή πάνωποτή στάθμη του νερού	Μητρικό υλικό μερικώς αποσαθρωμένο. Σίδηρίτης και αιδηροπυρίτης. Υπάρχει οργανική ουσία.
Κανονική έκπλυση εύκρατο κλίμα Βροχή 600-1200 χλσ.	όξινο	οξειδωτικό προς αναγωγικό	Απώλεια αλκαλίων και αλκαλικών γαιών. Μερική απώλεια SiO ₂ . Συγκέντρωση Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ .	Καολινίτης με ή χωρίς ιλλίτη. Κάποια ποσότητα αιματίτη. Γενικά υπάρχει οργανική ουσία.
Έντονη έκπλυση θερμό Βροχή > 1200 χλσ.	όξινο	οξειδωτικό	Απώλεια αλκαλίων, αλκαλικών γαιών και SiO ₂ . Συγκέντρωση Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ .	Αιματίτης, γκαιτίτης, γκιποίτης, βοευμίτης με λίγο καολινίτη. Οργανική ουσία λείπει ή είναι λίγη.
Έντονη έκλυση, δροσερό Βροχή > 1200 χλσ..	πολύ ίξινο	αναγωγικό	Απώλεια αλκαλίων, αλκαλικών γαιών και του περισσότερου σιδήρου. Al ₂ O ₃ , SiO ₂ και TiO ₂ παραμένουν.	Καολινίτης, πιθανόν με λίγο γκιποίτη ή ιλλίτη. Οργανική ουσία άφθονη.

Στη συνέχεια οι παράγοντες της χημικής αποσάθρωσης δεν θα εξετασθούν ξεχωριστά, αλλά για λόγους καλύτερης κατανόησης της τελικής μετατροπής ενός πετρώματος σε έδαφος θα εξετασθεί η επιδρασή τους ξεχωριστά σε κάθε κατηγορία πετρωμάτων. Εντούτοις σχετικά με τον παράγοντα υδρόλυση των ορυκτών αξίζει να αναφερθεί στο σημείο αυτό το pH λειοτρίβησης. Είναι το χαρακτηριστικό pH που δίνει κάθε ορυκτό, όταν λειοτριβηθεί σε αποσταγμένο νερό, λόγω υδρόλυσής του. Η ιδιότητα αυτή μπορεί να αποτελέσει και μια από τις δοκιμές στην ύπαιθρο και το εργαστήριο και να εξετάζεται μαζί με τις άλλες φυσικές δοκιμές. Χαρακτηριστικές τιμές του pH λειοτρίβησης δίνονται στον πίνακα 15.

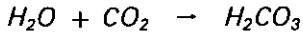
**Πίνακας 15. pH Λειοτρίβησης για μερικά κύρια ορυκτά
(πρωτογενή και δευτερογενή)**

Ορυκτά*	Τύπος Ορυκτού	pH λειοτρίβησης
Πρωτογενή		
ολιβίνης	$(MgFe)_2SiO_4$	10, 11
αυγίτης	$Ca(MgFeAl)/(AlSi)_2O_6$	10
κεροστίλβη	$(CaNa)_2(MgFeAl)_5(AlSi)_8O_{22}(OH)_2$	10
ακτινόλιθος	$Ca_2(MgFe)_5Si_2O_{22}(OH)_2$	11
μοσχοβίτης	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	7, 8
βιοτίτης	$K(MgFe)_3(AlSi_3)O_{10}(OH)_2$	8, 9
ορθόκλαστος	$KAlSi_3O_8$	8
αλβίτης	$NaAlSi_3O_8$	9, 10
λαβραδόριο	$Alb^{**}50-30 An^{**}50-70$	8, 9
ανορθίτης	$CaAl_2Si_2O_8$	8
χαλαζίας	SiO_2	8
Δευτερογενή		
τάλκης	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	8
καιολίνης	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	8
αιματίτης	Fe_2O_3	8
ασβεστίτης	$CaCO_3$	8
δολομίτης	$(CaMg)(CO_3)_2$	9, 10
σιδηρίτης	$FeCO_3$	8
μοντμορίλλονίτης	$Al_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$	8
γκιπσίτης	$Al(OH)_3$	8
βοεμίτης	$Al_2O(OH)$	8
μαγνησίτης	$MgCO_3$	10

* Η σειρά των ορυκτών ακολουθεί τη σειρά του πίνακα 7 και 8

** Alb = αλβίτης. An = ανορθίτης

Ο κύριος συντελεστής της χημικής αποσάθρωσης είναι το νερό. Το νερό της βροχής διαλύει CO_2 από τον ατμοσφαιρικό αέρα και δρα σαν ανθρακικό οξύ,



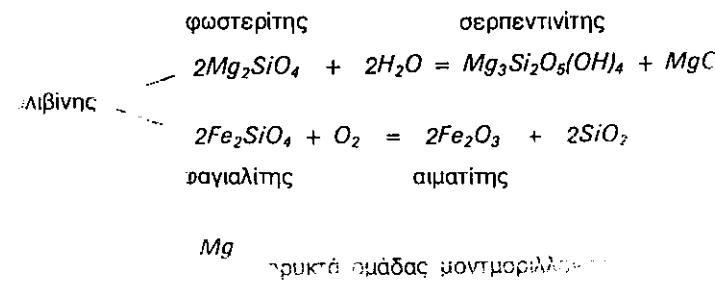
το οποίο εισέρχεται στο τεμαχισμένο επιφανειακό υλικό του πετρώματος (το ρεγόλιθο), αλλά και στη μάζα του υποκείμενου πετρώματος. Με την ενίσχυσή του σε CO_2 , από τη σήψη της υπάρχουσας στην περιοχή του πετρώματος βλάστησης, η δράση του καθίσταται εντονότερη.

Χημική αποσάθρωση βασικών πετρωμάτων

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν πυριτικά πετρώματα (πίνακας 9) με σιδηρομαγνησιούχα ορυκτά όπως, περιδοτίτες, γάββροι, δολερίτες, βασάλτες και μεταμορφωσιγενή με χαμηλή περιεκτικότητα σε SiO_2 όπως ασβεστοκερατίτες. Κύρια ορυκτά των πετρωμάτων αυτών είναι ο ολιβίνης, οι πυρόξενοι (κυρίως αυγίτης), οι ασβεστούχοι άστριοι (από λαβραδόριο μέχρι ανορθίτη) και οι αμφιβολοί (κυρίως κεροστίλβη). Δευτερεύοντα ορυκτά είναι κυρίως ο μαγνητίτης ($FeO.Fe_2O_3$), και ο ίλμενίτης ($FeTiO_3$).

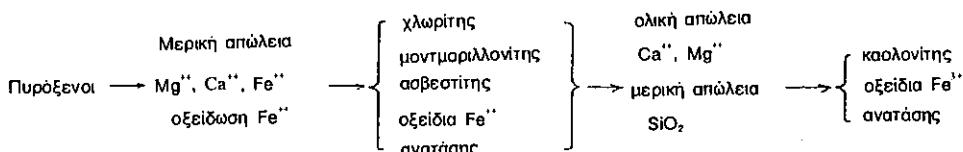
α. Ο ολιβίνης ($MgFe)_2SiO_4$. Αποσαθρώνεται εύκολα. Στις περιπτώσεις που το SiO_2 που ελευθερώνεται από το ορυκτό είναι περισσότερο από αυτό που απομακρύνεται από τη ζώνη αποσάθρωσης με διάλυση, η περίσεια ποσότητα SiO_2 πολυμερίζεται σε φύλλα με σύγχρονη δέσμευση Mg και σχηματίζει σερπεντίνη. Ο εύκολος πολυμερισμός του SiO_2 που ελευθερώνεται προς φυλλώδη δομή των φυλλοπυριτικών ορυκτών είναι φαινόμενο που παρατηρείται κατ' επανάληψη στην πορεία της αποσάθρωσης των πυριτικών ορυκτών.

Ο σίδηρος που ελευθερώνεται, αν βρίσκεται ψηλότερα από την ζώνη αποσάθρωσης, οξειδώνεται προς οξειδίο (συνήθως προς αιματίτη) ή υδροξειδίο (γκαιτίτη).



Στη συνέχεια της αποσάθρωσης το MgO απομακρύνεται από τη ζώνη εκπλύσεως και ο σερπεντινίτης μετατρέπεται σε μοντμορίλλονίτη όπως συμβαίνει στις δικές μας κλιματικές συνθήκες. Σε εντονότερες όμως συνθήκες χημικής αποσάθρωσης ο μοντμορίλλονίτης μετατρέπεται σε καολινίτη και στη συνέχεια σε οξειδία και υδροξειδία του Fe και του Al .

β. Οι πυρόξενοι. Χαρακτηριστικός αντιπρόσωπος στα πετρώματα είναι ο Αυγίτης, $Ca(MgFeAl)(AlSi)_2O_6$. Η ενέργεια του νερού, εμπλουτισμένου με CO_2 , προκαλεί ταχεία λύση της δομής των πυρόξενων και σε πρώτο στάδιο σχηματίζονται χλωρίτης ή μοντμορίλλονίτης ή και τα δύο. Ο δισθενής σίδηρος με οξειδωση μετατρέπεται σε τρισθενή: το τιτάνιο κρυσταλλώνεται σαν ανατάσης (TiO_2). Όταν το ποσό του ασβεστίου που ελευθερώνεται είναι περισσότερο από το ποσό που απομακρύνεται με δάλυση από τη ζώνη αποσάθρωσης σχηματίζεται ασβεστίτης ($CaCO_3$). Κάτω από τις δικές μας κλιματικές συνθήκες η αποσάθρωση συνήθως προχωρεί μέχρι το στάδιο αυτό. Σε εντονότερες όμως συνθήκες η χημική αποσάθρωση φθάνει μέχρι τα τελικά προϊόντα (καολινίτης, οξειδία Fe^{3+} , ανάτασης). Σχηματική πορεία χημικής αποσάθρωσης των πυρόξενων δίδεται στη συνέχεια.

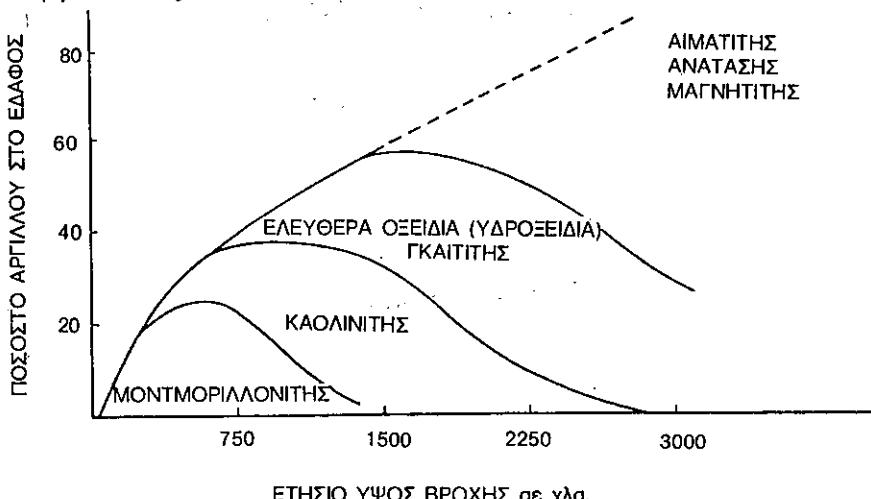


γ. Ασβεστούχοι άστριοι. Η λύση της δομής των άστριων στην πορεία της αποσάθρωσης συνοδεύεται από απώλεια K , Na και Ca . Η σταθερότητα των άστριων στην αποσάθρωση διαφέρει στα διάφορα μέλη του λόγω της διαφορετικής αναλογίας $Al:Si$ (1:3 στους άστριους με K ή Na και 1:1 στους άστριους με Ca) στο πλέγμα τους (διάγρ. σελ. 155). Μετά την απώλεια των κατιόντων η πορεία της αποσάθρωσης είναι σχεδόν ίδια με τους πυρόξενους. Η παραμονή του Ca των ασβεστούχων άστριων στη ζώνη αποσάθρωσης οδηγεί (στο δικό μας κλίμα) στο σχηματισμό κυρίως μοντμορίλλονίτη.

δ. Τα δευτερεύοντα ή συνοδεύοντα ορυκτά των βασικών πετρωμάτων. Ο μαγνητίτης ($FeO \cdot Fe_2O_3$), ο τιτανομαγνητίτης και ο ίλμενίτης ($FeTiO_3$) μετατρέπονται σε αιματίτη (Fe_2O_3), μαγκεμίτη (Fe_2O_3) και γκαϊτίτη $FeO(OH)$, με ελευθέρωση Ti .

Σχηματισμός εδάφους από βασικά πετρώματα

Τα εδάφη που προέρχονται από βασικά πετρώματα είναι συνήθως βαριάς* μηχανικής σύστασης λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε μοντμοριλλονίτη. Οι φυσικές και χημικές τους ιδιότητες είναι συνάρπηση κυρίως του ορυκτού αυτού της αργίλλου. Έται λοιπόν τα εδάφη αυτά με την παρουσία νερού έχουν την τάση να διογκώνονται σε μεγάλο βαθμό. Η απώλεια του νερού στα εδάφη αυτά έχει σαν αποτέλεσμα τη συρίκνωσή τους και τη δημιούργια μικρών αλλά, συνήθως μεγάλων (ως 5εκ.) ρωγμών (*Vertisols*) που φθάνουν και σε μεγάλο βάθος (70-80 εκ.). Λόγω της μεγάλης εναλλακτικής ικανότητάς τους έχουν ρυθμιστικές ιδιότητες. Πολλές φορές τα εδάφη αυτά έχουν πόσοστά εναλλακτικού μαγνησίου ως 90% της CEC, αποτέλεσμα του σποίου είναι να παρατηρούνται ανωμαλίες στην ανάπτυξη και την απόδοση των καλλιεργούμενων φυτών. Το γεγονός αυτό δυνατόν να οφείλεται και στην παρομίσια χρωμίσια στα εδάφη αυτά διότι οι χρώμιτες συνοδεύουν, συνήθως υπό μορφή φλεβών, τα βασικά πυριγενή κυρίως πετρώματα. Τα εδάφη είναι πλαστικά κολλώδη και δύσκολα στην κατεργασία τους.



ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ σε χλσ.

Σχ. 107. Είδος αργίλου που σχηματίζεται στο έδαφος σε κλίμα με ξηρές και θερμές περιόδους.

Στα αρχικά στάδια αποσάθρωσης το κλάσμα της άμμου των εδαφών αυτών αποτελείται από ημιαποσάθρωμένα τεμαχίδια του μητρικού πετρώματος

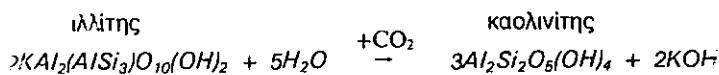
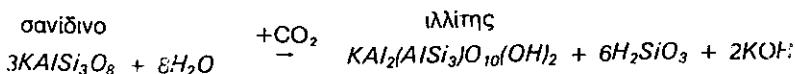
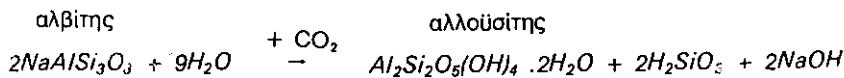
* Ο όρος βαριά, μέσα ή ελαφρά που αναφέρεται στη μηχανική σύσταση είναι σχετικός και εξαρτάται, από το ποσοστό και το είδος της αργίλλου στο έδαφος. Το ποσοστό και το είδος της αργίλλου εξαρτώνται από το είδος των πρωτογενών ορυκτών και από το στάδιο αποσάθρωσής τους. Το στάδιο αποσάθρωσης το οποίο εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες καθορίζει την αναλογία των κλασμάτων του εδάφους (άργιλος, ιλύς, άμμος) αλλά κυρίως τη σύνθεση των ορυκτών της αργίλλου όπως φαίνεται στο σχ. 5.

(ολιβίνης, αυγίτης, Ca-πλαγιόκλαστα). Στα προχωρημένα* στάδια αποσάθρωσης το ποσοστό της άμμου μειώνεται αισθητά λόγω της μικρής αντίστασης στην αποσάθρωση των ορυκτών, από τα οποία αποτελούνται τα βασικά πετρώματα. Η απουσία του χαλαζία στην άμμο και σε οποιοδήποτε στάδιο αποσάθρωσης είναι χαρακτηριστική στα εδάφη αυτά λόγω της απουσίας του ορυκτού αυτού από τα πρωτογενή ορυκτά των βασικών πετρωμάτων. Το χρώμα** τους είναι καστανόφαιο ανοικτό ως σκούρο.

Χ η μ ι κ ή α π ο σ ᄂ θ ρ ω σ η όξινων πετρωμάτων

Τα όξινα πετρώματα χαρακτηρίζονται από την παρουσία καλιούχων και νατριούχων άστριων σε συνδυασμό με χαλαζία και μικρότερες ποσότητες βιοτίτη και κεροστίλβης. Οι καλιούχοι και νατριούχοι άστροι είναι ορυκτά σταθερά στη διάβρωση και χρειάζονται μεγαλύτερο διάστημα για τον τεμαχισμό τους και πιο έντονες συνθήκες χημικής αποσάθρωσης απ' ότι τα περισσότερα πυριτικά ορυκτά.

a. Αλκαλιούχοι άστριοι. Τα προϊόντα αποσάθρωσης των άστριων αυτών είναι καολινίτης και αλλοϋσίτης*** κάτω από συνθήκες ισχυρής έκπλυσης και απομάκρυνσης των προϊόντων από τη ζώνη αποσάθρωσης με βαθμό μεγαλύτερο από τη λύση του πετρώματος (υγρά και θερμά κλίματα), ενώ κάτω από τις δικές μας συνθήκες ήπιας έκπλυσης, όπου ο ρυθμός σχηματισμού προϊόντων αποσάθρωσης είναι μεγαλύτερος από τον ρυθμό απομάκρυνσής τους από τη ζώνη αποσάθρωσης, σχηματίζεται ιλλίτης ή μοντμοριλλονίτης ή και τα δύο.



Το NaOH και το KOH σαν προϊόντα των αντιδράσεων δίνουν χαρακτηριστική αλκαλική αντίδραση στο νερό. Ο αλβίτης δίνει pH 9-10 στο νερό μετά από λειστρίβηση ενώ ο μικροκλινής pH 8-9 (Πίνακας 15).

Η προχωρημένη αποσάθρωση δεν σημαίνει έντονη αποσάθρωση. Ο όρος έντονη αποσάθρωση έχει σχέση με τις κλιματικές συνθήκες, με την ένταση δηλαδή της χημικής αποσάθρωσης.

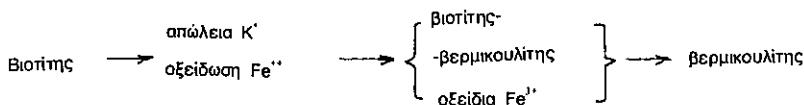
• Το χρώμα εξαρτάται, εκτός από την παρουσία έγχρωμων πρωτογενών ή δευτερογενών ορυκτών, και από την παρουσία σε μικρό ή μεγάλο ποσοστό οργανικής ουσίας. Ετοι με την παρουσία οργανικής ουσίας το χρώμα μπορεί να μετατοπισθεί προς σκουρότερους τόνους.

•• Ορυκτό της ομάδας του Καολινίτη (διοκτπεδοική οσειδά)

β. Ο χαλαζίας ως ανθεκτικός στη διάβρωση δεν υφίσταται σχεδόν καμμιά μεταβολή και παραμένει σχεδόν αναλλοίωτος μετά την πλήρη καταστροφή του πετρώματος. Ο χαλαζίας μετά την αποσάθρωση των πλαγιόκλαστων από τα όξινα πετρώματα διαχωρίζεται σε μικρούς ή μεγάλους κόκκους οι οποίοι παρασύρονται κατά μεγάλο μέρος από το νερό και αποτίθενται σε στρώσεις οι οποίες πολλές φορές τσιμεντοποιούνται και σχηματίζουν αμμόλιθους. Στη συνέχεια λόγω διάβρωσης οι αμμόλιθοι διαχωρίζονται σε κόκκους από χαλαζία και σπάζουν σε μικρότερους κόκκους με την ενέργεια του νερού και του αέρα. Κατά κύριο λόγο η άμμος των ακτών και των ερήμων προήλθε από την αποσάθρωση γρανιτικών πετρωμάτων σε παλιές γεωλογικές περιόδους.

γ. Η κεροστίλβη με δομή παρόμοια προς τους πυρόξενους ακολουθεί την πορεία αποσάθρωσης όπως περιγράφηκε στα βασικά πετρώματα και δίνει τελικά προϊόντα, στις δικές μας κλιματικές συνθήκες, κυρίως χλωρίτη και βαϊδελίτη (ομάδα μοντμοριλλονίτη) ή, κάτω από έντονες συνθήκες απομάκρυνσης των προϊόντων αποσάθρωσης (έκπλυσης), βερμικουλίτη.

δ. Ο βιοτίτης μετατρέπεται ανάλογα, τελικά σε βερμικουλίτη σε όξινα πετρώματα (π.χ. γρανίτες) ή σε μοντμοριλλονίτη σε βασικά και υπερβασικά πετρώματα κάτω από συνθήκες κακής στράγγισης.



ε. Δευτερεύοντα ή συνοδεύοντα ορυκτά των όξινων πετρωμάτων είναι οι απατίτες $Ca_5(PO_4)_3(F,Cl,OH)$, το ζιρκόνιο ($ZrSiO_4$) και ο μαγνητίτης (Fe_3O_4). Από αυτά τη μεγαλύτερη σημασία έχουν οι απατίτες ως κύρια πηγή φωσφόρου. Οι περισσότερο σταθεροί αντιπρόσωποι της ομάδας των απατιτών είναι οι φθοριοαπατίτες ενώ οι υδροξυαπατίτες είναι σχετικά ασταθείς στην έκπλυση. Οι χλωριοαπατίτες είναι στο ενδιάμεσο μεταξύ φθοριο- και υδροξυ- απατιτών. Το ζιρκόνιο είναι πολύ σταθερό στη διάβρωση. Ο μαγνητίτης επειδή περιέχει και δισθενή και τρισθενή σίδηρο μπορεί να οξειδωθεί ή να αναχθεί. Με οξειδωση δίνει αιματίτη, με αναγωγή σχηματίζονται προϊόντα όπως ο όξινος ανθρακικός σίδηρος.

Ε δάφη που προέρχονται από όξινα πετρώματα
Ο παράγοντας ο οποίος ρυθμίζει τη μηχανική σύσταση των εδαφών:

που προέρχονται από όξινα πετρώματα (γρανίτες, γνεύσιοις, ρυόλιθοις κλπ.) είναι ο χαλαζίας. Ο χαλαζίας υπάρχει στα όξινα πετρώματα σε ποσοστό που ξεπερνά και το 30% (βλέπε πίνακα 9). Η άμμος των εδαφών που προκύπτει από την αποσάθρωση των όξινων πετρωμάτων περιέχει, χαλαζία, μεγάλο ποσοστό μοσχοβίτη (αν υπάρχει) και καλιούχος άστριοις επειδή αποσαθρώνονται δύσκολα στο δικό μας κλίμα (βλέπε διάγραμμα σελίς 155). Το κλάσμα ιλύς αλλά κυρίως η άργιλλος αποτελείται από τα προϊόντα της χημικής αποσάθρωσης ενός ποσοστού καλιούχων άστριων και κυρίως των νατριούχων και ασβεστούχων (αν υπάρχουν) άστριων, του βιοτίτη και της κεροστίλβης. Προϊόντα αποσάθρωσης των προηγούμενων ορυκτών είναι (για το δικό μας Μεσογειακό κλίμα) Ιλλίτης, μοντμοριλλονίτης ενδεχομένως βερμικουλίτης σε μικρό ποσοστό (αν υπάρχει βιοτίτης) και χλωρίτης με βαϊδελίτη (ορυκτό της ομάδας του μοντμοριλλονίτη).

Ετσι λοιπόν προκύπτουν εδάφη με μεγάλο ποσοστό μη αποσαθρούμενων (χαλαζίας) και δύσκολα απόσαθρούμενων (καλιούχοι άστριοι, μοσχοβίτης) ορυκτών τα οποία και αποτελούν το κλάσμα της άμμου των εδαφών αυτών. Το ποσοστό αυτό μπορεί να φθάνει και το 60% σε μερικά πολύ όξινα πετρώματα (γρανίτες, γνεύσιοι). Το υπόλοιπο ποσοστό αποτελείται από ένα τμήμα μη αποσαθρούμενων, αλλά κυρίως δύσκολα απόσαθρούμενων ορυκτών το οποίο υπάρχει κυρίως στην ιλύ. Η άργιλλος αποτελείται σε ένα μεγάλο ποσοστό από μοντμοριλλονίτη, ένα ποσοστό Ιλλίτη και χλωρίτη, και πιθανόν ένα μικρό ποσοστό βερμικουλίτη και καολινίτη.

Ετσι τα εδάφη αυτά δεν είναι τόσο βαριά (όταν είναι βαριά) όσο τα εδάφη της προηγούμενης κατηγορίας. Είναι εδάφη κυρίως πηλώδη όχι πολύ κολλώδη μέσης πλαστικότητας και έχουν χρώμα από καφέ μέχρι κοκκινώπο λόγω της παρουσίας Fe^{3+} . Αποτελούν συνήθως εδάφη της κατηγορίας *inceptisols* ή όταν βρίσκονται κάτω από εντονότερες συνθήκες έκλυσης, *alfisols* λόγω μετακίνησης της αργιλλού προς τον Β ορίζοντα και σχηματισμού *B2t* ορίζοντα.

Οι δύο αυτές «κατηγορίες» εδαφών δεν περιέχουν $CaCO_3$ και αν περιέχουν είναι δευτερογενούς προέλευσης (διάλυση παρακείμενου ασβεστόλιθου ή δολομίτη).

Ερυθροπηλοί

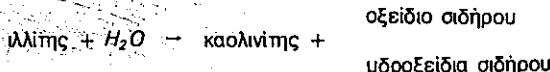
Είναι μια κατηγορία εδαφών που υπάρχει στις παραμεσόγειες περιοχές και σχηματίστηκε σε παλιότερες, γεωλογικές περιόδους κάτω από τροπικές και υποτροπικές κλιματικές συνθήκες. Σχηματίσθηκε από την αποσάθρωση πυριτικών πυριγενών και μεταμορφωσιγενών πετρωμάτων. Είναι προϊόντα έντονης αποσάθρωσης η οποία οδηγεί στο σχηματισμό οξειδίων

και υδροξειδίων του σιδήρου από τα οποία χαρακτηρίζονται. Έχουν μεγάλο ποσοστό καολινίτη και σε υψηλή κατάσταση είναι πολύ κολλώδη και έχουν κακό αερισμό και μικρή διαπερατότητα.

Χημική αποσάθρωση αργιλλικών πετρωμάτων

Τα πετρώματα αυτά ιζηματογενή ή μεταμορφωσιγενή περιέχουν σημαντικό ποσοστό ορυκτών της αργίλλου και η αποσάθρωσή τους χαρακτηρίζεται από διαφοροποίηση των ορυκτών αυτών. Τα πετρώματα αυτά είναι αργιλλικοί σχιστόλιθοι, αργιλλίτες, αργιλλικοί άμμοι και αμμόλιθοι (αργιλλικοί) και φυλλίτες. Τα πετρώματα της κατηγορίας αυτής δίνουν σε πολύ λιγότερο χρονικό διάστημα έδαφος από τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Περιέχουν εκτός από τα ορυκτά της αργίλλου, χαλαζία συνήθως σε μεγάλη ποσότητα, άστριους, αιματίτη, ρουτίλιο, ζιρκόνιο, τουρμαλίνη, ανθρακικά σε μικρές ως πολύ μικρές ποσότητες.

Από τα ορυκτά της αργίλλου επικρατούν οι ίλλιτες και λιγότερο ο καολινίτης. Η αποσάθρωση των ίλλιτών ακολουθεί γενικά τη σειρά, α) απώλεια καλίου και σιδήρου από το πλέγμα με σύγχρονη διάτασή του και β) τεμαχισμός των ορυκτών, που έχει σαν αποτέλεσμα την παρουσία στο έδαφος οξειδίων και υδροξειδίων του σιδήρου. Η πορεία αυτή δίνει σαν κύριο προϊόν καολινίτη, και επίταχύνεται κάτω από έντονες συνθήκες χημικής αποσάθρωσης.

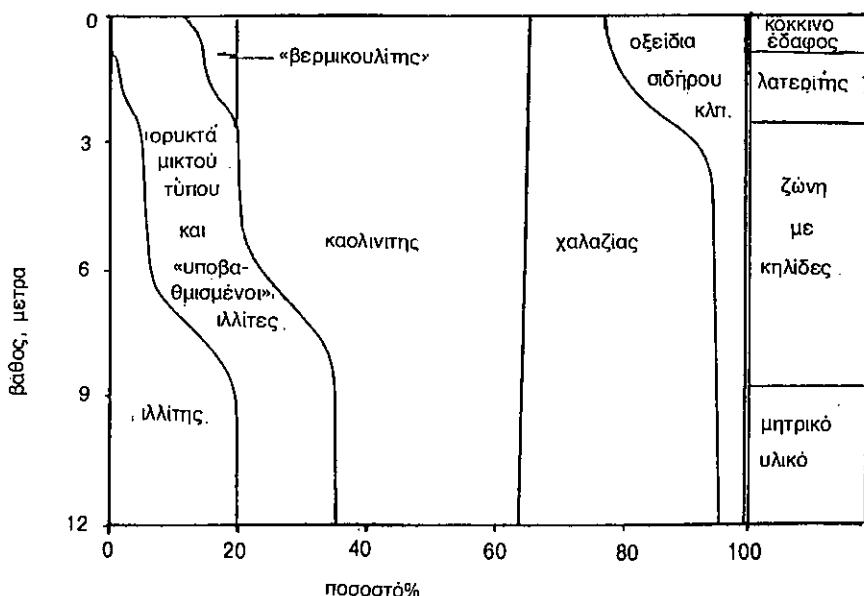


Οι χλωρίτες υπάρχουν σε μικρότερα ποσοστά και μετατρέπονται τελικά σε βερμικουλίτη.

Η σχηματική πορεία αποσάθρωσης ενός αργιλλικού σχιστόλιθου δίνεται στο σχ. 108, όπου φαίνεται ο τελικός σχηματισμός ενός εδάφους που περιέχει κύρια καολινίτη σε μεγάλη ποσότητα, χαλαζία, μικτού τύπου ορυκτά, βερμικουλίτη και αφθονά οξείδια και υδροξειδία του σιδήρου. Το έδαφος έχει χρώμα ερυθρό, μεγάλη περιεκτικότητα σε καολινίτη και αποτελεί προϊόν έντονων συνθηκών χημικής αποσάθρωσης.

Εδάφη που προκύπτουν από αργιλλικά ιζήματα

Τα εδάφη που προκύπτουν από αργιλλικά ιζήματα κάτω από Μεσογεια-



Σχ. 108. Σχηματική πορεία αποσάθρωσης αργιλλικών σχιστόλιθων

κές κλιματικές συνθήκες χαρακτηρίζονται από την παρουσία στην άργιλλο τους κυρίως ιλίτη και καολινίτη δηλ. ορυκτών που έχουν μικρή εναλλακτική ικανότητα (καολινίτης $5\text{me}/100\text{g}$ και ιλίτης $10-40\text{me}/100\text{g}$). Αν η περιεκτικότητα του πετρώματος σε χαλαζία είναι μικρή τότε έχουν μέση μηχανική σύσταση και είναι κυρίως εδάφη πηλώδη μη κολλώδη με σχετικά μικρή εναλλακτική ικανότητα (συνήθως $<20\text{me}/100\text{g}$). Αν η περιεκτικότητα του χαλαζία είναι μεγάλη (δυνατόν να ξεπερνάει και το 50% του υλικού του πετρώματος) τότε έχουμε εδάφη πιο ελαφρά και με μικρότερη εναλλακτική ικανότητα. Η παρουσία στα εδάφη αυτά Fe^{3+} είναι έντονη και γιαυτό έχουν χρώμα ερυθρό.

Χημική αποσάθρωση ασβεστούχων πετρωμάτων

a. Σκληρών ασβεστόλιθων*

Οι ασβεστόλιθοι, οι ασβεστίτες, οι δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, τα μάρ-

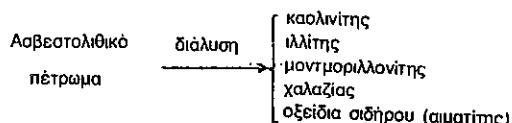
* Τα σχετικά με την αποσάθρωση των ασβεστόλιθων και τη δημιουργία καρστικού τοπίου εξετάζονται στο κεφάλαιο της Γεωλογίας.

μαρα, αποτελούνται κυρίως από $CaCO_3$ και από ένα μικρό ως ελάχιστο ποσοστό «γαιωδών» συστατικών (μέχρι 3%). Τα «γαιώδη» συστατικά αποτελούνται από χαλαζία, μαρμαρυγίες, άστριους, ίλλιτη, μοντμοριλλονίτη και καολίνιτη. Στον πίνακα 16 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα οφισμένων ελληνικών ασβεστολιθικών πετρωμάτων σε γαιώδη υλικά.

Πίνακας 16. Περιεκτικότητα σε γαιώδη υλικά μερικών ελληνικών ασβεστολιθών

Περιγραφή και θέση	Γαιώδη gr/100gr.
Δολομιτικό μάρμαρο Κοκλοτού Λάρισας	3,00
Τυπικός ασβεστόλιθος Κάτω Μπράλου	0,56
Τυπικός ασβεστόλιθος Αλιάρτου Λιβαδειάς	2,30
Ημιμεταμορφωμένος ασβεστόλιθος Σχηματαρίου Αττικής	3,00
Ασβεστίτης Μαλακάσας Αττικής	0,33
Ημιμεταμορφωμένος ασβεστόλιθος Μαρκόπουλου Αττικής	2,50
Ημιμεταμορφωμένος ασβεστόλιθος Σουνίου Αττικής	2,04
Ημιμεταμορφωμένος ασβεστόλιθος Βάρκιζας Αττικής	2,76
Τυπικός ασβεστόλιθος Δερβενακίων Νεμέας	0,54
Μάρμαρο Μοναστηράκι Δράμας	0,30
Μάρμαρο Παλιάς Καβάλας	0,44
Μάρμαρο Λουτροχωρίου Βεροίας	0,27
Ασβεστίτης Νευροκοπίου Δράμας	1,20
Μαργαϊκός ασβεστόλιθος Κόζιακα Περτουλίου	20,50
Τυπικός ασβεστόλιθος Καστοριάς	0,60

Η γενική πορεία της χημικής αποσάθρωσης των ασβεστολιθικών πετρώμάτων ακολουθεί την εξής κατεύθυνση:



β. Μαλακά ασβεστολιθικά πετρώματα

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι μαργαϊκοί (ή αργιλούχοι) ασβεστόλιθοι και οι μάργες. Χαρακτηρίζονται από τη παρουσία μεγάλου ποσοστού «γαιωδών» συστατικών (πίνακας 14). Το ποσοστό αυτό ξεπερνάει συνήθως το 20% και φθάνει ως ~80% του πετρώματος. Κύρια ορυκτά των «γαιω-

δών». συστατικών είναι ο μοντμοριλλονίτης, ο ατταπουλγκίτης*, ο ίλλιπης, ο καολινίτης.

Εδάφη που προκύπτουν από ασβεστούχα πετρώματα

α. Από σκληρούς ασβεστόλιθους. Σχηματίζεται η *Terra rossa*** κάτω από Μεσογειακές κλιματικές συνθήκες. Είναι ένας γεωλογικός σχηματισμός, ο οποίος δίνει έδαφος με μέση ως βαριά μηχανική σύσταση. Η άργιλος της αποτελείται κυρίως από καολινίτη και ίλλιπη και πολύ λιγότερο μοντμοριλλονίτη. Η εναλλακτική της ικανότητα ποικίλει ανάλογα με το ποσοστό συμμετοχής των ορυκτών στην άργιλο. Έχει ερυθρό χρώμα (*terra rossa*) λόγω της παρουσίας αιματίτη, που μπορεί να γίνει σκουρότερο από την παρουσία οργανικής ουσίας, και αποτελεί μια από τις κύριες κατηγορίες εδαφών στην Ελλάδα. Χαρακτηρίζεται από την απουσία $CaCO_3$ στην κατατομή του εδάφους και από την απότομη μετάβαση από το έδαφος στο μητρικό πέτρωμα. Η απουσία $CaCO_3$ στην κατατομή συντελεί (πολλές φορές) στην πτώση του pH μέχρι όξινης αντιδρασης.

β. Από μαλακά ασβεστολιθικά πετρώματα.

Κάτω από μεσογειακές κλιματικές συνθήκες σχηματίζονται τα εδάφη *Rendzina* με ταχύ ρυθμό. Σε αντίθεση με τα *Terra rossa* χαρακτηρίζονται από την παρουσία, σαν κύριου ορυκτού της αργίλου του μοντμοριλλονίτη σε συνδυασμό με τον ατταπουλγκίτη. Περιέχουν αρκετή οργανική ουσία και $CaCO_3$ συνήθως σε μεγάλες ποσότητες και έχουν χρώμα σκούρο (γκριζόμαυρο). Οπως τα *Terra rossa* έχουν μικρή διαφοροποίηση οριζόντων και ανήκουν, συνήθως, στα *Inceptisols* ή στα *Mollisols*. Τα εδάφη *Rendzina* παρά την παρουσία μοντμοριλλονίτη είναι εύθριπτα και έχουν κοκκώδη δομή λόγω της παρουσίας μεγάλης ποσότητας οργανικής ουσίας. Περιέχουν, χαρακτηριστικά, στην κατατομή τους λίθους και χαλίκια.

* Είναι ορυκτό της αργίλου, ιδιαίτερης ομάδας, του ατταπουλγκίτη-σεπιολίτη με νηματοειδή μορφή κρυστάλλων και δομή ανάλογη προς τους αμφίβολους και $CEC 21-24 me/100g$.

** Βλέπε και σελίδα 68.

ΔΙΑΒΡΩΣΗ

Εισαγωγή

Η διάβρωση, σε αντίθεση με την αποσάθρωση, είναι φαινόμενο κινητικό και συντελεί στη μεταφορά των προϊόντων της αποσάθρωσης στα χαμηλότερα σημεία του ανάγλυφου. Οι συντελεστές της διάβρωσης είναι το νερό και ο άνεμος (αιολική διάβρωση). Στη συνέχεια θα εξετασθεί μόνο η διάβρωση με την ενέργεια του νερού γιατί είναι η πιο σημαντική για τη χώρα μας*.

ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Υπάρχουν δύο κυρίως τύποι διαβρώσεως με νερό, η γεωλογική και η επιταχυνόμενη διάβρωση.

1. Γεωλογική διάβρωση

Η γεωλογική διάβρωση είναι η διάβρωση που υφίσταται η επιφάνεια της γης στη φυσική της κατάσταση χωρίς να έχει επέμβει ο άνθρωπος με καλλιέργειες, τεχνικά έργα κλπ. Η γεωλογική διάβρωση ξεκίνησε^θ από τη στιγμή που ανυψώθηκαν οι Ήπειροι από τη θάλασσα. Είναι αυτή που οχημάτισε (μαζί με τις αναδιπλώσεις του φλοιού της γης) το ανάγλυφο με τα όρη, τους λόφους, τα φαράγγια, τις πεδιάδες, τους χείμαρρους, τους ποταμούς, τα δέλτα των ποταμών.

Το νερό με τα υδρογραφικά δίκτυα μεταφέρει τα υλικά της αποσάθρωσης των πετρωμάτων και τα εναποθέτει σε χαμηλότερα σημεία (αλλοιοβιακά

* Για την αιολική διάβρωση μπορεί ο αναγνώστης να ανατρέξει σε άλλα πανεπιστημιακά συγγράμματα όπως, I.M. Καλόβουλου, Εφαρμοσμένη εδαφολογία Α', Θεσ/νίκη 1981, και Λ.Δ. Σωτηριάδη, Μαθήματα Φυσικής Γεωγραφίας, Θεσ/νίκη 1978.

ριπίδια) ή τα μεταφέρει στις λίμνες και τις θάλασσες όπου σχηματίζει τα γνωστά δέλτα.

Η αποσάθρωση των άστριων αλλά και των άλλων ορυκτών και ο σχηματισμός ορυκτών της αργίλλου βοηθά τον μηχανισμό της μετακίνησης και κάνει πιο εύκολη τη μεταφορά των προϊόντων αυτών. Η απομάκρυνση των υλικών με τη διάβρωση, εξάλλου, επιταχύνει ακόμη περισσότερο την αποσάθρωση με την έκθεση νέου πετρώματος στους παράγοντες μηχανικής και χημικής αποσάθρωσης. Τα κομμάτια των πετρωμάτων που παρασύρει το νερό, με τις συγκρούσεις που υφίστανται μεταξύ τους αλλά και με τα εκτεθειμένα πετρώματα κατά τη διάρκεια της διαδρομής, τεμαχίζονται σε μικρότερα κομμάτια και μ' αυτόν τον τρόπο εκτίθενται συνεχώς και νούργιες επιφάνειες στη διάβρωση.

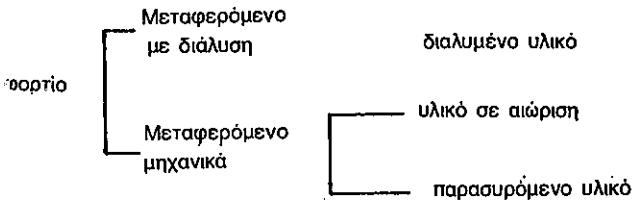
Η διάβρωση μιας περιοχής από χείμαρρους περιλαμβάνει α. την «υδραυλική ενέργεια», β. την απορρίνηση από την αλληλοσύγκρουση χαλικών, λίθων ή σιγκόλιθων, γ. τη διάλυση και τη μεταφορά, και τέλος δ. την απόθεση. «**Υδραυλική ενέργεια**» είναι η ανύψωση και η μεταφορά των τεμαχιδίων με δυνάμεις που προέρχονται από την κίνηση του νερού.

Απορρίνηση είναι το μηχανικό κτύπημα μεταξύ πετρωμάτων. Στους χείμαρρους προκαλείται από την τριβή και τη σύγκρουση μεταξύ των τεμαχιδίων ενός πετρώματος που μετακινούνται, και μεταξύ των τεμαχιδίων του πετρώματος και του σταθερού πετρώματος που υπάρχουν στους χείμαρρους. Η απορρίνηση εξαρτάται από την παρουσία τεμαχίων των πετρωμάτων στους χείμαρρους (δηλαδή από το «φορτίο» του χείμαρρου) ενώ η υδραυλική ενέργεια εμφανίζεται όταν οι χείμαρροι δεν έχουν μεγάλο «φορτίο».

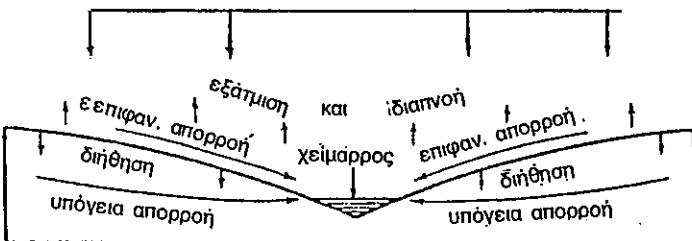
Στους περισσότερους χείμαρρους η διάμετρος του υλικού που μεταφέρεται μειώνεται κατά τη διάρκεια ροής του χείμαρρου. Σ' αυτό εν μέρει συντελεί η απορρίνηση και εν μέρει η σταδιακή απόθεση των χονδρότερων (βαρύτερων) υλικών λόγω μείωσης της ταχύτητας απορροής.

Διάλυση. Κατά τη διαδρομή του το νερό διαλύει υλικά από τα πετρώματα που υπάρχουν κατά τη διάρκεια της διαδρομής του καθώς επίσης και από τα τεμαχίδια των πετρωμάτων που μετακινεί. Όμως ένα μικρό μόνο μέρος από τις διαλυμένες ουσίες στο νερό προέρχονται από αυτή τη διαδικασία: το μεγαλύτερο ποσοστό των ουσιών που είναι διαλυμένες στον νερό των χειμάρρων προέρχεται από τα νερά διηθήσεως των κλιτύων τους (σχ. 109).

Μεταφορά. Το φορτίο που μεταφέρεται από ένα χείμαρρο χωρίζεται σε έταφερόμενο με διάλυση και μεταφερόμενο μηχανικά Διαγραμματικά μέρουσιάζεται στη συνέχεια με το επόμενο διάγραμμα:



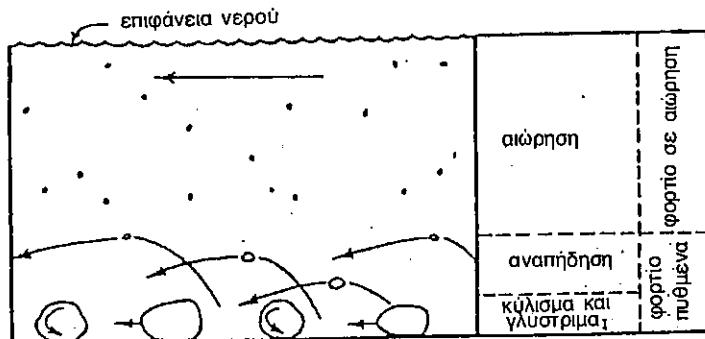
ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΑ



Σχ. 109. Σχηματική τομή χειμάρρου με τα νερά που δέχεται από τις κλιτείς καθώς επίσης και τα νερά που χάνονται από εξάτμιση και διαπνοή

Η διάμετρος και το ειδικό βάρος των τεμαχιδίων καθορίζουν και την απόσταση των υλικών από τον πυθμένα των χειμάρρων κατά τη μεταφορά τους. Το υλικό που βρίσκεται σε αιώριση συνήθως αποτελείται από άργιλο και ιλύ. Ο χρόνος που μένει ένα τεμαχίδιο σε αιώριση εξαρτάται, 1. από την ταχύτητα της πτώσης του τεμαχιδίου σε νερό που βρίσκεται σε ηρεμία, και 2. από την ένταση της στροβιστικής ροής. Όσο η προς τάνω ώθηση, από τη στροβιστική ροή, είναι μεγαλύτερη από την τάση του τεμαχιδίου να πέσει, τόσο το τεμαχίδιο παραμένει πάνω από τον πυθμένα. Το υλικό που μεταφέρεται παρασυρόμενο αποτελείται κυρίως από άμμο ή χαλίκια ή και από τα δύο. Εκτός από τα υλικά που μεταφέρονται σε αιώρηση ή μεταφέρονται παρασυρόμενα, υπάρχουν και υλικά που μεταφέρονται με συνεχείς μικρές ή μεγάλες αναπτηδήσεις. Τα υλικά αυτά από απόψεως μεγέθους βρίσκονται μεταξύ αυτών που είναι σε αιώρηση (λεπτόκοκκα υλικά) και αυτών που μεταφέρονται παρασυρόμενα (χονδρόκοκκα υλικά), σχ. 110.

Απόθεση. Τα μεταφερόμενα υλικά αποτίθενται συνέχεια στον πυθμένα του ποταμού. Η μεταφορά των χονδρότερων υλικών δεν είναι συνεχής.



Σχ. 110. Είδη μετακίνησεων των τεμαχιδίων των ορυκτών κατά τη ροή.

κατά διαστήματα τα χονδρόκοκκα υλικά αποτίθενται για να παρασυρθούν πάλι και η πορεία αυτή συνεχίζεται μέχρι το τελικό σημείο της απόθεσής τους. Γενικά κατά τη ροή ενός χειμαρρού τα χονδρόκοκκα υλικά αποτίθενται πρώτα και ακολουθούν τα λεπτόκοκκα. Σπην κορυφή π.χ. ενός αλλούβιακού ριπιδίου αποτίθενται τα χονδρόκοκκα υλικά και προς τη βάση τα λεπτόκοκκα. Μ' αυτόν τον τρόπο γίνεται η μεταφορά των υλικών από το σημείο δημιουργίας τους (λόγω αποσάθρωσης) μέχρι το σημείο απόθεσής τους.

2. Ε π ι τ α χ υ ν ὄ μ ε ν η διάβρωση

Η επιταχυνόμενη διάβρωση είναι αποτέλεσμα των επεμβάσεων του ανθρώπου για την παραγωγή προϊόντων, και για την κατασκευή διαφόρων τεχνικών έργων. Οι επεμβάσεις αυτές έχουν σαν αποτέλεσμα (αν δεν λαμβάνονται μέτρα) την απομάκρυνση του επιφανειακού γόνιμου εδάφους. Η επιταχυνόμενη διάβρωση περιλαμβάνει α) την επιφανειακή και άυλακωτή διάβρωση β) την χαραδρωτική διάβρωση γ) την απόθεση των υλικών της διάβρωσης.

a) Επιφανειακή και άυλακωτή διάβρωση

• Επιφανειακή διάβρωση

Η επιφανειακή διάβρωση είναι η μετακίνηση του λεπτού επιφανειακού στρώματος μιας περιοχής λόγω κλίσεως (*mass movement*). Τα απο-

τελέσματά της δεν είναι τόσο σημαντικά μετά από μία ραγδαία βροχή, αλλά αν εξετάσει κανείς τα αποτελέσματα μετά από αρκετές ραγδαίες βροχές στο πέρασμα του χρόνου τότε τα αποτελέσματα είναι τρομακτικά.

Η επιφανειακή διάβρωση διακρίνεται συχνά από τον ανοικτό τόνο των εδαφών στα υψηλότερα σημεία της κλίσεως, διότι το σκούρο επιφανειακό έδαφος το οποίο περιέχει οργανική ουσία έχει χαθεί: έχει κυλίσει προς τα κάτω.

Η επιφανειακή διάβρωση συντελείται σε δύο στάδια. Κατά το πρώτο στάδιο αποσπώνται τα τεμαχίδια του εδάφους από την επιφάνεια και στο δεύτερο μεταφέρονται από την αρχική τους θέση. Η απόσπαση των τεμαχίδιων γίνεται από την πτώση των σταγόνων της βροχής στο έδαφος.

Όταν πέφτει μια σταγόνα σε υγρό έδαφος σχηματίζεται ένας κρατήρας, όπου από την περιφέρεια του εκσφενδονίζονται τεμαχίδια του εδάφους μέχρι 60 εκ. ψηλά και 1,5 μέτρο οριζόντια. Όταν το έδαφος βρίσκεται σε κεκλιμένη περιοχή τότε τα εκτινασσόμενα τεμαχίδια του εδάφους μετακινούνται προς τα χαμηλότερα σημεία της κλίσης. Επειδή κατά τη διάρκεια μιας ραγδαίας βροχής οι σταγόνες είναι χιλιάδες και πέφτουν με μεγάλη ταχύτητα τα τεμαχίδια του εδάφους που μετακινούνται προς τα χαμηλότερα σημεία είναι πάρα πολλά.

Όταν η ταχύτητα πτώσης της βροχής υπερβαίνει την ταχύτητα διηθήσεως του νερού δια μέσου του εδάφους τότε το νερό αρχίζει και κυλάει στην επιφάνεια της κεκλιμένης περιοχής. Στο σημείο αυτό αρχίζει το δεύτερο είδος της διάβρωσης από την επιφανειακή ροή του νερού. Το νερό που κυλάει επιφανειακά παρασύρει τα τεμαχίδια του εδάφους, που αποσπάσθηκαν από την επιφάνεια από τις σταγόνες της βροχής, και τα μεταφέρει προς τα χαμηλότερα σημεία. Στην περίπτωση αυτή το νερό κινείται υπό μορφή λεπτών επιφανειακών υμενίων, και μ' αυτόν τον τρόπο είναι δυνατόν να έχουμε σημαντικότατη απώλεια επιφανειακού γόνιμου εδάφους. Έρευνες έδειξαν, ότι όταν το πάχος του επιφανειακού υμενίου είναι περίπου ίσο με τη διάμετρο των τεμαχίδιων του εδάφους που αποσπώνται από την επιφάνεια τότε, έχουμε τη μεγαλύτερη μετακίνηση των τεμαχίδιων.

Αυλακωτή διάβρωση

Η κίνηση του νερού σε μορφή λεπτών-επιφανειακών υμενίων συμβαίνει όταν η επιφάνεια και η κλίση του εδάφους είναι ομαλή. Ασφαλώς η συνθήκη αυτή είναι σπάνια, διότι η επιφάνεια συνήθως είναι ανώμαλη από την κατεργασία με γεωργικά μηχανήματα. Παρουσιάζει δηλ. μικροβιοθίσματα και μικροεξάρσεις. Έτσι στην αρχή της βροχής το νερό συγκεντρώνεται στα μικροβιοθίσματα και όταν γεμίσουν τα βύθισμά τα τότε το νερό αρχίζει

να κυλά, διαλέγοντας το δρόμο της μικρότερης αντίστασης, με το φορτίο του που είναι κυρίως ιλύς.

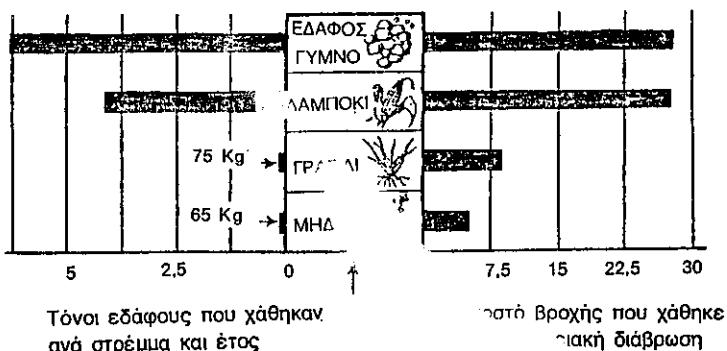
Το που σταματά η ροή υπό μορφή επιφανειακών υμενίων και αρχίζει η ροή με μικρά ρυάκια είναι πολύ δύσκολο να καθοριστεί. Τα ρυάκια αρχίζουν περίπου με την έναρξη της επιφανειακής ροής. Ο αρθμός των ρυάκιων που θα σχηματιστούν στην επιφάνεια ενός εδάφους εξαρτάται από το ανώμαλο της επιφάνειας του εδάφους και από την ένταση και την ποσότητα της βροχής.

Η απόσπαση των τεμαχιδίων του εδάφους από την επιφάνεια και η μεταφορά τους είναι πιο έντονη στην αυλακωτή διάβρωση απ' ότι στην επιφανειακή. Αυτό συμβαίνει διότι η ταχύτητα κίνησης του νερού στα ρυάκια που σχηματίζονται είναι μεγάλη. Η απόσπαση τεμαχιδίων του εδάφους από την επιφάνεια του κατά την αυλακωτή διάβρωση οφείλεται στην ενέργεια του «ρέοντος ύδατος» και όχι στην πτώση των σταγόνων στην επιφάνεια. Η ποσότητα των τεμαχιδίων που αποσπώνται από το νερό που κινείται είναι ανάλογη με το τετράγωνο της ταχύτητας ροής. Έτσι αν η ταχύτητα αυξηθεί από 1feet/sec (30cm/sec), όπως συνήθως είναι στη ροή υπό μορφή επιφανειακών υμενίων, σε 2feet/sec (60cm/sec) η δύναμη απόσπασης τεμαχιδίων αυξάνεται τέσσερις φορές. Η ικανότητα του νερού να μεταφέρει έδαφος είναι ανάλογη με την πέμπτη δύναμη. Έτσι αν η ταχύτητα αυξηθεί από 1 σε 2 feet/sec τότε η μεταφορική ικανότητα του νερού αυξάνεται 32 φορές.

Η αυλακωτή διάβρωση είναι εντονώτατη όταν πέφτουν ραγδαίες βροχές (στη χώρα μας συνήθως άνοιξη και καλοκαίρι) και όταν το έδαφος διαβρώνεται εύκολα. Η αυλακωτή διάβρωση μεταφέρει ένα ποσοστό του επιφανειακού εδάφους. Άλλα, από τη στιγμή που θα αρχίσει, αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα προχωρεί σε βάθος, προς το υπέδαφος.

Τα αποτελέσματα της επιφανειακής και αυλακωτής διάβρωσης εξαρτώνται εκτός από τη ραγδαιότητα και την ποσότητα της βροχής και από 1. την κλίση του εδάφους 2. την κάλυψη ή όχι με βλάστηση 3. το είδος του εδάφους 4. τα αντιδιαβρωτικά μέτρα.

Ανάλογα με την κλίση και το μήκος κλίσεως του εδάφους αυξάνεται η ταχύτητα του νερού και συνεπώς και η διαβρωτική του ενέργεια. Η κάλυψη με βλάστηση και το είδος της βλαστήσεως παίζουν σημαντικό ρόλο στην έκταση της διάβρωσης στα γεωργικά εδάφη (σχ. 111). Στα δασικά εδάφη η βλάστηση προστατεύει το μικρού πάχους στρώμα του εδάφους. Μετά όμως από πυρκαγιές όταν το έδαφος μένει γυμνό από βλάστηση, τότε, λόγω, των μεγάλων κλίσεων η διάβρωση έχει καταστροφικά αποτελέσματα. Διότι δεν είναι μόνο το γεγονός ότι καίγονται μερικές χιλιάδες δένδρα και με μια νέα δενδροφύτευση σε 20-30 χρόνια θά έχουμε νέο δάσος. Όταν



Σχ. 111. Αποτελέσματα της κάλυψης του εδάφους για έδαφος ιλυώδες με κλίση 8% και ετήσιο ύψος βροχής 1000 χλστ.

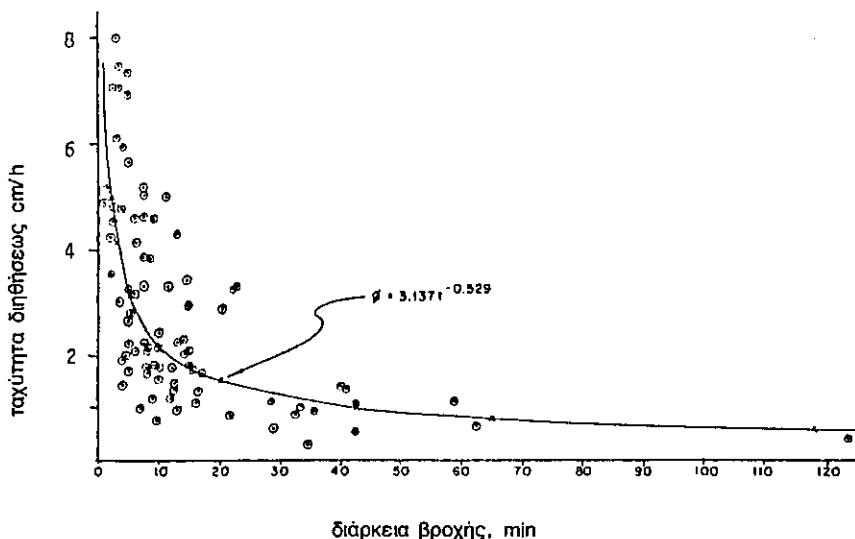
παρασυρθεί (και παρασύρεται ευκολώτατα) το μικρό στρώμα του εδάφους των δασών που αποτελεί το μέσο στο οποίο αναπτύσσεται η ποώδης και η δενδρώδης βλάστηση τότε για να δημιουργηθεί νέο στρώμα εδάφους χρειάζονται όχι 30 αλλά μερικές χιλιάδες χρόνια.

Το είδος του εδάφους παιζει σημαντικό ρόλο στη διάβρωση. Εδάφη με μεγάλη διηθητικότητα διηθουν μεγάλες ποσότητες νερού και δεν επιτρέπουν μεγάλη επιφανειακή απορροή. Τέτοια εδάφη είναι μέσης ή ελαφράς μηχανικής σύστασης με λίγο ή καθόλου $CaCO_3$. Όταν όμως η διάρκεια της βροχής παρατείνεται, τότε η ταχύτητα διηθησης μειώνεται αισθητά (σχ. 112) και το έδαφος υφίσταται τις καταστροφικές συνέπειες της διάβρωσης. Η οργανική ουσία σε περίσσεια με τη δημιουργία κοκκώδους δομής συντελεί στη συγκράτηση μεγάλων ποσοτήτων νερού. Αντίθετα τα βαριά εδάφη με μικρή διηθητικότητα διαβρώνονται ευκολότερα. Τα ιλυώδη εδάφη, που περιέχουν μεγάλο ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου στο κλάσμα της ιλύος, δημιουργούν επιφανειακά ένα αδιαπέραστο στρώμα από το νερό με αποτέλεσμα να αυξάνεται σημαντικά η επιφανειακή απορροή και η ταχύτητα διάβρωσης.

Τα αντιδιαβρωτικά μέτρα είναι: 1. καλλιέργεια παράλληλη με τις ισούψεις και 2. κατασκευή αναβαθμίδων (πεζουλιών) εκεί όπου οι κλίσεις είναι μεγάλες. Μ' αυτόν τον τρόπο μειώνεται η ταχύτητα της ροής του νερού και κατά συνέπεια η διαβρωτική του δράση.

3. Χαραδρωτική διάβρωση

Χαραδρωτική διάβρωση είναι η διάβρωση με μικρές ή μεγάλες χαρά-



Σχ. 112. Ταχύτητα διηθήσεως (cm/h) σε συνάρτηση με τη διάρκεια (min.) μιας βροχής.

δρες. Η διάβρωση αυτή ακολουθεί συχνά την επιφανειακή και την αυλακωτή διάβρωση. Είναι η διάβρωση που προχωρεί σε βάθος και είναι σχεδόν αδύνατο να επανέλθει το έδαφος στην προηγούμενή του κατάσταση.

Η χαραδρωτική διάβρωση αναπτύσσεται σε δύο περιπτώσεις: 1. όταν ο όγκος και η ταχύτητα του νερού αυξάνονται αισθητά κατά τη ροή σε μια κλίση και 2. όταν η διαδρομή του νερού μέσα στο ίδιο κανάλι είναι μεγάλη.

Οι χαράδρες είναι δυνατόν να εξελιχθούν από τα μικρά αυλάκια όταν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα. Συνήθως οι χαράδρες αναπτύσσονται σε φυσικά βυθίσματα της επιφάνειας της γης όταν σ' αυτά συγκεντρωθεί μεγάλη ποσότητα νερού από τη βροχή. Επίσης οι χαράδρες δημιουργούνται και από τις ίχνη γεωργικών μηχανημάτων που κινούνται κατά τη διεύθυνση της κλίσης της επιφάνειας του εδάφους.

Το μέγεθος και η ταχύτητα ανάπτυξης μιας χαράδρας συνδέεται στενά με την ποσότητα και την ταχύτητα του νερού της βροχής. Η ανάπτυξη μιας χαράδρας εξαρτάται από σχετικά μεγάλες ποσότητες νερού για την παροχή της αναγκαίας ενέργειας για την «απόσπαση» και μεταφορά του εδάφους. Η ταχύτητα της χαραδρωτικής διάβρωσης είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών του εδάφους, του μεγέθους και του σχήματος των ήδη υπαρχουσών χαραδρών καθώς και της κλίσης της κοίτης τους.

Αύξηση (σε μέγεθος) των χαραδρών

Οι χαράδρες μεγαλώνουν σε μέγεθος κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις οι οποίες μπορεί να υπάρχουν συγχρόνως ή ξεχωριστά. Οι προϋποθέσεις αυτές είναι:

1. Κίνηση του νερού στον πυθμένα και στις πλαγιές της χαράδρας και σύγχρονη μεταφορά, από το νερό, υλικών που προκαλούν απορρίνηση (ξύσιμο), όπως, τεμαχίδια εδάφους ή μεγαλύτερα τεμάχια αποσαθρωμένων πετρωμάτων.

2. Η διάβρωση στην αρχή της χαράδρας, όπως αυτή συμβαίνει και στους καταρράκτες, με αποτέλεσμα να υπάρχει μετακίνηση της αρχής της χαράδρας συνεχώς προς το μη διαβρωθέν έδαφος.

3. Μετακίνηση εδάφους από τις πλαγιές προς τον πυθμένα της χαράδρας (*mass movement*).

Το πλάτος και το βάθος των χαραδρών μπορεί να ποικίλουν το πλάτος από 2 ως 30 μέτρα και το βάθος από 1 ως 10 μέτρα.

Οι χαράδρες παίρνουν το σχήμα Β ή το σχήμα ΙΙ. Οι χαράδρες τύπου Β αναπτύσσονται εκεί όπου το υπέδαιφος είναι ανθεκτικό στη διάβρωση είτε λόγω μηχανικής σύστασης είτε λόγω σκληρότητας του υποκείμενου πετρώματος. Οι χαράδρες τύπου ΙΙ βρίσκονται συνήθως σε προσχωσιγενείς κοιλάδες όπου το επιφανειακό έδαφος και το υπέδαιφος διαβρώνονται εύκολα. Πολλές φορές μέσα στην ίδια χαράδρα μπορεί να συνυπάρχουν και οι δύο τύποι.

Η χαραδρωτική διάβρωση αποτελεί ένα προχωρημένο στάδιο διάβρωσης και η αντιμετώπισή της είναι πολύ δαπανηρή. Η αντιμετώπιση προϋποθέτει τη μετακίνηση μεγάλων όγκων εδάφους και την κατασκευή φραγμάτων ή άλλων πολυδάπανων τεχνικών έργων. Η παρεμπόδιση* της δημιουργίας χαραδρωτικής διάβρωσης μπορεί να γίνει με την κατάλληλη χρησιμοποίηση της γης, την επιλογή του κατάλληλου καλλιεργητικού συστήματος και, τη λήψη μέτρων σχετικών με τη συντήρηση του συστήματος έδαφος/νερό καθώς και τη λήψη των κατάλληλων αντιδιαβρωτικών μέτρων, όπως αναφέρθηκαν στην ανάπτυξη της επιφανειακής διάβρωσης.

γ. Απόθεση υλικών διάβρωσης

Το έδαφος που διαβρώνεται μεταφέρεται από την αρχική του θέση σε μια άλλη, που μπορεί να είναι είτε κοντά στην αρχική ή πολύ μακριά από

* Η λεπτομερής εξέταση των μέτρων που μπορούν να ληφθούν για την αντιμετώπιση της επιφανειακής και της χαραδρωτικής διάβρωσης ξεφεύγουν από τους σκοπούς του μαθήματος αυτού και γιαυτό δεν αναπτύσσονται.

αυτήν (π.χ. στη Θάλασσα) ή κάπου μεταξύ των δύο αυτών ακραιών περιπτώσεων.

Η απόσταση που μεταφέρονται τα συστατικά του εδάφους εξαρτάται κυρίως από το μέγεθός τους, την πυκνοτητά τους, το σχήμα τους και την ταχύτητα με την οποία κυλά το νερό της βροχής. Τα συστατικά με μεγάλο μέγεθος διανύουν τη μικρότερη απόσταση και αποτίθενται πρώτα. Στη συνέχεια και με την ελάττωση της ταχύτητας του νερού αποτίθενται η λεπτή άμμος και η ιλύς. Το πολύ λεπτό κλάσμα της ιλύος καθίζανει μόνο όταν το νερό ηρεμήσει (μηδενιστεί η ταχύτητά του). Η άργιλλος και η κολλοειδής οργανική ουσία δεν καθίζανει όταν το νερό ηρεμήσει αλλά βρίσκονται συνέχεια σε αιώρηση μέχρι να θρομβωθούν. Η θρόμβωση γίνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης των ηλεκτρολυτών (αλάτων) στο νερό ή με απότομη πτώση της θερμοκρασίας του νερού. Η αιώρηση αυτή συνεχίζει και μετά την είσοδο της αιωρούμενης αργίλλου και κολλοειδούς οργανικής ουσίας στις λίμνες (θολά νερά). Όταν όμως το αιώρημα αυτό φθάνει στην Θάλασσα τότε η μεγάλη συγκέντρωση των ηλεκτρολυτών στο θαλασσινό νερό θρομβώνει την άργιλλο και την οργανική ουσία και προκαλεί τη γρήγορη καθίζησή τους.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

1. Τι είναι σχετική και τι απόλυτη ηλικία πετρωμάτων. Πως προσδιορίζονται. Μέχρι πόσα χρόνια προσδιορίζονται με τον C¹⁴.
2. Από τι στρώματα αποτελείται η γη. Τι είναι *sima*, *sial*. Ποιές ασυνέχειες γνωρίζεται και σε ποι βάθος· πως έγινε γνωστή η ύπαρξή τους.
3. Τι είναι γεωθερμική βαθμίδα από τι εξαρτώνται οι μικρές ή οι μεγάλες τιμές της. Γιατί στη Σαντορίνη η γεωθερμική βαθμίδα είναι μικρή;
4. Ποιά είναι τα επιφανειακά καρστικά φαινόμενα και τι χαρακτηριστικά έχουν. Κατατάξτε τα με βάση το στάδιο αποσάθρωσης του ασβεστόλιθου.
5. Εξηγείστε περιγραφικά ή με σχήματα τι συμβαίνει κατά τις ηπειρογεννητικές κινήσεις. Γιατί ένα όρος που χάνει από την διάβρωση ένα στρώμα πάχους 11 μέτρων το ύψος του θα μειωθεί μόνο κατά 2 μέτρα;
6. Ποιά είναι τα αίτια των σεισμών. Πόσα είδη κυμάτων έχουμε και τι ιδιότητες έχουν. Τι είναι κέντρο και τι επίκεντρο σεισμού. Πως προσδιορίζεται το επίκεντρο ενός σεισμού: ξεκινήστε από τη λήψη των *P* κυμάτων.
7. Πόσα είδη λάβας έχουμε· τι καταστάσεις μπορεί να προκαλέσει κάθε είδος. Από που προέρχεται το μεγάλο ποσοστό υδρατμών (~10%) στις λάβες. Τι είναι καλδέρα.
8. Ποιοι παράγοντες συντελούν στη δημιουργία μιας κατολισθησης (σύντομη περιγραφή).
9. Ένα στρώμα φλύσχη με αντίρροπη κατεύθυνση προς την κλίση του εδάφους είναι δυνατόν να δημιουργήσει προϋποθέσεις κατολισθησης; Ποιές κατολισθήσεις έχουν ιδιαίτερη σημασία για τα γεωργικά εδάφη και πως μπορούμε να τις αποφύγουμε.
10. Ποιά είναι τα χαρακτηριστικά ενός στρώματος. Τι γνωρίζετε σχετικά με τις πτυχώσεις.
11. Τι είναι ρήγματα και τι στοιχεία έχουν. Τι είναι ασυμφωνία στρωμάτων; Η επώθηση είναι ασυμφωνία στρωμάτων;
12. Ποιές χρήσιμες πληροφορίες δίνουν οι γεωλογικοί χάρτες στους γεωτεχνικούς. Τι αντιπροσωπεύουν στους χάρτες οι διάφοροι χρωματισμοί των πετρωμάτων ή των γεωλογικών σχηματισμών;
13. Από τμήμα γεωλογικού χάρτη να βρεθούν, η παράταξη και η κλίση κάθε στρώματος και να σχεδιασθεί γεωλογική τομή. Να αναγνωρισθεί αν τα στρώματα είναι κεκλιμένα και αν είναι ομόρροπα ή αντίρροπα προς την κλίση της επιφάνειας του εδάφους.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

1. Περιγράψτε συνοπτικά την κατάταξη των πυριγενών πετρωμάτων και αναπτύξτε τα κριτήρια στα οποία στηρίζεται η κατάταξη. Ιδιαίτερα περιγράψτε την ορυκτολογική σύνθεση, τις διαφοροποιήσεις στην υφή και τις φυσικές ιδιότητες του γρανίτη, του τραχείτη και του περιοδοτίτη.
2. Πως μπορείτε να διαχωρίσετε έναν ρυόλιθο από ένα βασάλτη και ένα γρανίτη από ένα γάββρο. Πως μπορούν να συγκριθούν ο ανδεσίτης και ο διορίτης στην υφή και στη σύνθεση με τους τύπους των πετρωμάτων που αναφέρθηκαν.
3. Περιγράψτε τις δοκιμές για να διακρίνετε ένα χαλαζίτη από έναν ασβεστόλιθο και έναν δολομιτικό ασβεστόλιθο και απαριθμήστε μερικά ίζηματογενή πετρώματα στα οποία υπάρχουν συνήθως χαλαζίας, ασβεστίτης, άστριοι, αυγίτης και ολιβίνης.
4. Περιγράψτε με συντομία τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά των ακόλουθων πετρωμάτων: 1. αργιλλικός σχιστόλιθος, κερατίτης, 2. πυριτόλιθος, κερατόλιθος, 3. ωλιθικός ασβεστόλιθος, 4. αργιλλικός αμμόλιθος.
5. Από ποια πετρώματα θα περιμένατε να δημιουργηθεί ένα έδαφος το οποίο σε προχωρημένο στάδιο αποσάθρωσης δεν θα περιέχει καθόλου άμμο. Αναλύστε το θέμα και δικαιολογίστε την απάντηση.
6. Περιγράψτε το φαινόμενο της μεταμόρφωσης και εξηγήστε τη διαφορά μεταξύ μεταμόρφωσιγενών και ίζηματογενών πετρωμάτων.
7. Δώστε παραδείγματα μεταμόρφωσιγενών πετρωμάτων που προήλθαν από 1. αργιλλικούς σχιστόλιθους, 2. γρανίτες, 3. καθαρό ασβεστόλιθο, 4. αμμόλιθο, και περιγράψτε με συντομία τις ιδιότητες των πετρωμάτων αυτών.
8. Περιγράψτε τις διαφορές μεταξύ των διαφόρων βαθμών της δυναμικής και θερμικής μεταμόρφωσης στη δημιουργία τύπων ορυκτών από σκληροθέντα ίζηματα ως τα πετρώματα με πλήρη ανακριυστάλλωση. Δώστε χαρακτηριστικά παραδείγματα από την ποικιλία των μεταβολών που μπορεί να συμβούν.
9. Ειδικά περιγράψτε την πορεία σχηματισμού ενός φυλλίτη από την προέλευσή του ως ίζηματογενές μέχρι την τελική μεταμόρφωμένη μορφή.
10. Δώστε σύντομη περιγραφή της προέλευσης, της υφής, της ορυκτολογικής σύνθεσης και των φυσικών ιδιοτήτων των παρακάτω πετρωμάτων.
1. βασάλτη, 2. μαρμάρου, 3. αργιλλικό αμμόλιθο, 4. σχιστόλιθου, 5. ωλιθικού ασβεστόλιθου, 6. ρυόλιθου, 7. κροκαλοπαγού.

11. Περιγράψτε σύντομα τις φυσικές δοκιμές που εφαρμόζονται για την ταυτοποίηση των ορυκτών δίνοντας για κάθε δοκιμή και τα χαρακτηριστικά παραδείγματα ορυκτών.
12. Δώστε συνοπτικά τα χημικά συστατικά, την κρυσταλλική μορφή και τους τύπους των πετρωμάτων που συναντώνται τα ακόλουθα ορυκτά:
 1. χαλαζίας, 2. ολιβίνης, 3. ορθόκλαστο, 4. γύψος, 5. ασβεστίτης, 6. μοσχοβίτης, 7. καολίνης, 8. κεροστίλβη, 9. αιματίτης.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑΣ

1. Ποιές είναι οι διεργασίες συμμετρίας και πώς καθορίζονται.
Ποιά είναι τα στοιχεία συμμετρίας ενός κρυστάλλου.
2. Τί είναι πρωτεύοντες, δευτερεύοντες, κύριοι και πολικοί άξονες.
3. Περιγράψτε την έννοια των κρυσταλλογραφικών αξόνων.
4. Πόσα κρυσταλλικά συστήματα υπάρχουν και ποιά κρυσταλλογραφικά στοιχεία έχει το καθένα.
5. Τί είναι δείκτες και τί καθορίζουν σε μια κρυσταλλική έδρα. Δώστε τουλάχιστον 2 παραδείγματα.
6. Πότε θεωρούμε ότι έχουμε διδυμία σε έναν κρύσταλλο. Τί είναι επίπεδο, άξονας και κέντρο διδυμίας. σε τί διαφέρει η διδυμία από την πολυδυμία.
7. Ποιά είναι η εξίσωση του Bragg, πώς προκύπτει και πού χρησιμοποιείται.
8. Περιγράψτε με συντομία το περιθλασμέτρο.

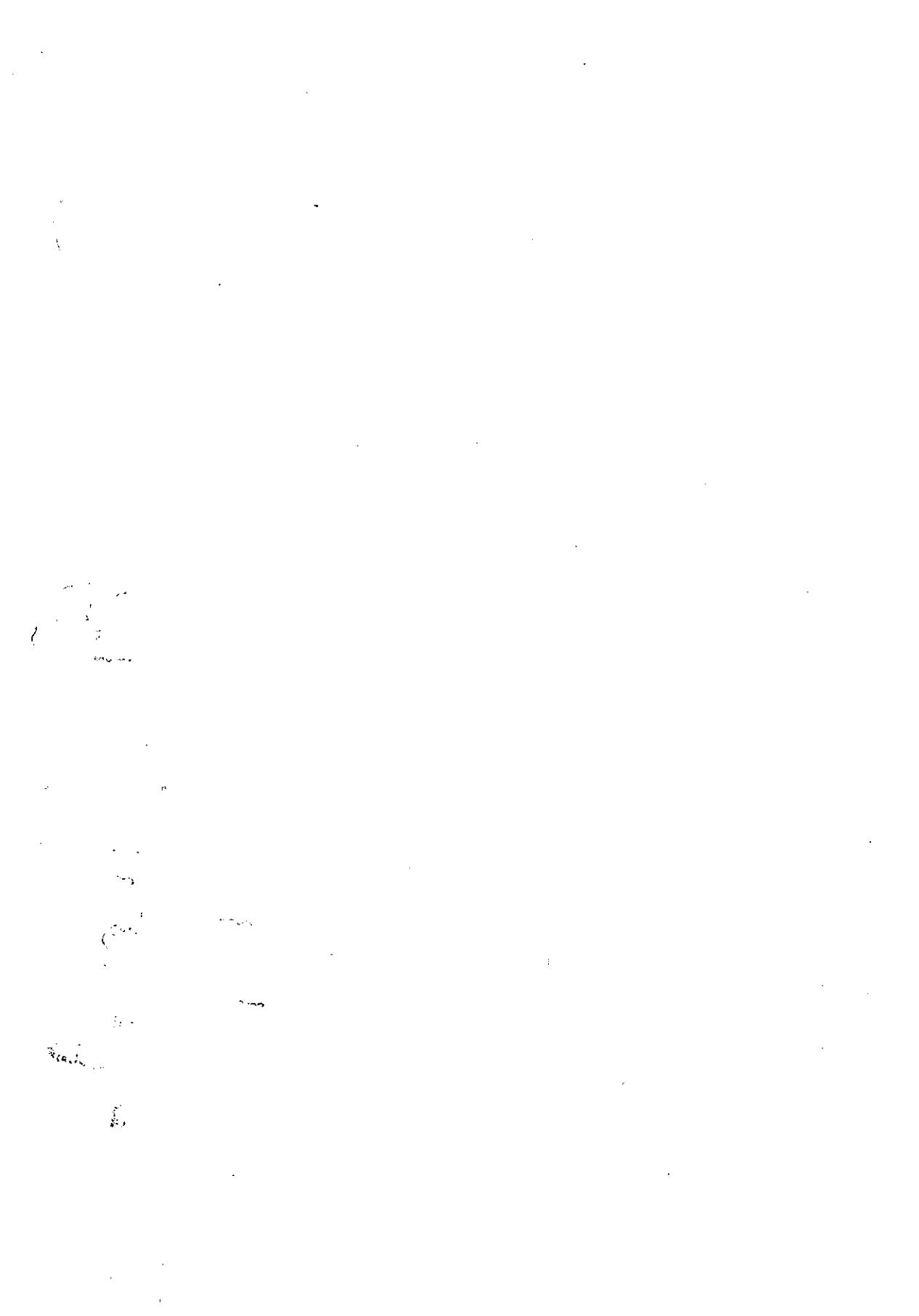
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΞΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ

1. Πόσες κλάσεις ορυκτών έχουμε και ποιές. Σε ποιές μικρότερες μονάδες υποδιαιρούνται οι κλάσεις των ορυκτών.
2. Ποιά θειούχα έχουν πετρογραφικό ενδειαφέρον. Γράψτε τους χημικούς τους τύπους.
3. Τί είναι το Κορούνδιο, σε ποιά πετρώματα απαντάται. Ποιές γνωστές του ποικιλίες γνωρίζεται.
4. Αιματίτης: Φυσικές ιδιότητες, πού υπάρχει, διαγνωστικά κριτήρια.
5. Ιλμενίτης, Πυρολουσίτης, Ρουτίλιο, Διάσπορος. Χημικοί τύποι, πού υπάρχουν.
6. Γκαιτίτης, Μαγνητίτης, Βρουκίτης, Λειμωνίτης. Χημικοί τύποι, φυσικές ιδιότητες, πού υπάρχουν και διαγνωστικά κριτήρια του Μαγνητίτη και του Λειμωνίτη.
7. Τί γνωρίζετε για το Βωξίτη.
8. Ασβεστίτης: Χημικός τύπος, φυσικές ιδιότητες, διαγνωστικά κριτήρια, πού υπάρχει.
9. Μαγνησίτης, Δολομίτης: ημικοί τύποι, φυσικές ιδιότητες, πού υπάρχουν.
10. Γύψος: Τί γνωρίζετε. Απατίτης: Φυσικές ιδιότητες, διαγνωστικά κριτήρια, πού υπάρχει.
11. Από ποιά στοιχεία συντίθενται τα πυριτικά ορυκτά και πώς.
12. Κατάταξη τών πυριτικών ορυκτών.
13. Τί είναι αριθμός συντάξεως.
14. Επίδοτο: Χημικός τύπος, φυσικές ιδιότητες, στοιχεία αναγνωρίσεως, πού υπάρχει, σε ποιά κλάση ανήκει.
15. Πυρόξενοι-Αμφίβολοι: Γενικοί χημικοί τύποι. Μέλη των ομάδων, χημικοί τύποι.
16. Αυγίτης: Χημικός τύπος, σύστημα κρυσταλλώσεως, φυσικές ιδιότητες, στοιχεία αναγνώρισης, πού υπάρχει.
17. Κεροστίλβη: τί γνωρίζετε.
18. Δομή φυλλοπυριτικών ορυκτών: Τί γνωρίζετε, Ποιές ομάδες ορυκτών περιλαμβάνουν και ποιά είναι τα μέλη κάθε ομάδας.
19. Μοσχοβίτης-Βιοτίτης: Χημικοί τύποι, φυσικές ιδιότητες, στοιχεία αναγνώρισης, που υπάρχουν.
20. Αμίαντος. Τί γνωρίζετε.

21. Ορυκτά της αργιλου: Τί είναι , ποιές ομάδες περιλαμβάνουν και ποιά μέλη των ομάδων γνωρίζετε.
22. Ομάδες και μέλη των ομάδων που παρουσιάζουν πετρογραφικό ενδειαφέρον, των τεκτοπυριτικών ορυκτών.
23. Χαλαζίας: Φυσικές ιδιότητες, που υπάρχει.
24. Άστριοι: Τί γνωρίζετε γενικά.
25. Ορθόκλαστο: Χημικός τύπος, φυσικές ιδιότητες, στοιχεία αναγνώρισης, που υπάρχει.
26. Πλαγιόκλαστα: Τί γνωρίζετε.
27. Αλβίτης: ημικός τύπος, φυσικές ιδιότητες, στοιχεία αναγνώρισης, που υπάρχει.
28. Αστριοειδή: Τί γνωρίζετε γενικά.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗΣ - ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

1. Τι είναι αποσάθρωση και πώς δρα στα πετρώματα (γενικά).
2. Ποιοί είναι οι σπουδαιότεροι παράγοντες της χημικής και μηχανικής αποσάθρωσης και πώς δρουν αναπτύξτε τους με συντομία.
3. Σε περιβάλλον με κανονική έκπλυση, εύκρατο κλίμα, βροχόπτωση 600-1200 χλστ. το χρόνο, pH όξινο και οξειδωτικές προς αναγωγικές συνθήκες, γενικά τί προϊόντα αποσάθρωσης θα περιμένατε; Ευνοείται ο σχηματισμός μοντμορίλλονίτη σε περιβάλλον θερμό και βροχόπτωση > 1200 χλστ. το χρόνο;
4. Δινονται: Al_2O_3 , SiO_2 , μοσχοβίτης, βιοτίτης, ολιβίνης· κατατάξτε τα κατά σειρά αντοχής στους παράγοντες της χημικής αποσάθρωσης. Τι είναι pH λειτοριβησης;
5. Τι πορεία ακολουθεί η αποσάθρωση των πυρόξενων κατά την αποσάθρωση των βασικών πετρωμάτων; Στις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας που θα περιμένατε να σταματήσει η πορεία αυτή και γιατί;
6. Τι πορεία ακολουθεί η αποσάθρωση των αλκαλιούχων άστριων στα όξινα πετρώματα και σε κλιματικές συνθήκες όμοιες με της χώρας μας; Γιατί κατά την αποσάθρωση του αλβίτη το pH του περιβάλλοντός του γίνεται αλκαλικό;
7. Τι είναι οι ερυθροπηλοί και πώς προήλθαν; Η *Terra rossa* είναι ερυθροπηλός; Ναι ή όχι και γιατί.
8. Από τους μαρμαρυγίες ο βιοτίτης αφθονεί στα όξινα κυρίως πετρώματα. Τι προϊόντα αποσάθρωσης δίνει;
9. Τα πετρώματα γρανίτης, περιδοτίτης, αργιλλικός σχιστόλιθος, χαλαζίτης έχουν την ίδια αντοχή στη χημική αποσάθρωση; Δώστε την πορεία της χημικής αποσάθρωσης του ευκολότερα αποσαθρούμενου από αυτά.
10. Ποιό από τα δύο είδη διάβρωσης είναι πιο σπουδαίο, και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, στα καλλιεργούμενα εδάφη και γιατί;
11. Εξηγείστε τι συμβαίνει κατά την επιφανειακή διάβρωση. Προτείνατε μέτρα περιστολής της.
12. Ποιός είναι ο ρόλος της βλάστησης στην παρεμπόδιση της επιφανειακής και αυλακωτής διάβρωσης; Δώστε παραδείγματα.
13. Ποιός είναι ο ρόλος της μηχανικής σύστασης και του $CaCO_3$ στη διάβρωση των εδαφών;
14. Ποιές προϋποθέσεις χρειάζονται για να αυξηθούν σε μέγεθος οι χαράδρες; που θα περιμένατε πιο χονδρόκοκκα υλικά στην κορυφή ή στη βάση ενός αλλουβιακού ριπίδιου;



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Blyth, F. G. H. 1971. Geology for Engineers. Edward Arnold (Publishers) Ltd. London.
- Bundred, J. 1969. Basic Geology for Engineers. Butterworts. London.
- Correns C. W. 1967. Introduction to Mineralogy. Springer - Verlag, Berlin.
- Dury, G. H. 1966. The Face of the Earth. Penguin Book Ltd. England.
- Earle, W.K. 1965. The geological Map.-Methuen and Co. Ltd., London.
- F.A.O. 1965. Soil Erosion by Water. Rome.
- Hamilton, W.R., Woollen, A.R. and Bishop, A.C. 1980. Minerals, Rocks and Fossils. Hamlyn. London.
- Hulbut, C. 1959. Dana's manual of mineralogy. John Wiley and Sons, New York.
- Grout, F.F. 1947. Kemp's Handbook of Rocks. D. Van Nostrand Company, Inc. N. York.
- Καλόβουλος, Ι.Μ. 1981. Εφαρμοσμένη Εδαφολογία. Μέρος πρώτο και δεύτερο. Θεσσαλονίκη.
- Κόκκορος, Π. 1970. Γενική Ορυκτολογία. Θεσσαλονίκη.
- Lahee, F.H. 1959. Field Geology. Mc Graw-Hill. London.
- Longwell, C.R. and Flint, R.F. 1962. Introduction to Physical Geology. J. Wiley and Sons, Inc. London.
- Loughnan, F.C. 1969. Chemical Weathering of the Silicate Minerals. Elsevier Publishing Company, Inc. N. York.
- Miller, J και Sholten, R. 1962. Laboratory studies in Geology. W. H. Freeman and Company, San Francisco, London.
- Μισοπολινός, Ν.Δ., Συλλαίος, Ν.Γ. 1984. Συστήματα Ταξινομήσεως Εδαφών. Θεσσαλονίκη.
- Οικονομόπουλος, Γ.Θ. 1930. Ορυκτογνωστικοί Πίνακες. Θεσσαλονίκη.
- Παξινός, Σ.Α. 1968. Εδαφολογία. Θεσσαλονίκη.
- Πολυζόπουλος, Ν.Α. 1976. Εδαφολογία. Θεσσαλονίκη.
- Σαπουντζής, Η.Σ. και Χριστοφίδης, Γ.Θ. 1982. Ορυκτοδιαγνωστική. Θεσσαλονίκη.

- Σακελλαρίου-Μανέ, 1974. Σημειώσεις Γεωλογίας. Θεσσαλονίκη.
- Σολδάτος, K.T. 1976. Μαθήματα Ειδικής Ορυκτολογίας και Ορυκτοδιαγνωστικής. Θεσσαλονίκη.
- Σολδάτος, K.T. 1980. Μαθήματα Ορυκτολογίας. I. Εισαγωγή στην Κρυσταλλογραφία. Θεσσαλονίκη.
- Σωτηριάδης, Λ.Δ. 1978. Μαθήματα Φυσικής Γεωγραφίας. Θεσσαλονίκη.
- Thornbury, W.D. 1969. Principles of Geomorphology. J. Wiley and Sons, Inc. London.
- Williams, H., Turner, F.J. and Gilbert, C.M. 1954. Petrography. W.H. Freeman and Company. San Francisco.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

A

- Αγγλεσίτης 96
Αζουρίτης 93
Αιγιρίτης 108, 111
Αιματίτης 46, 54, 82, 84, 142, 155, 156, 157, 158, 163, 165
Ακτινόλιθος 52, 108, 113, 156
Αλβίτης 52, 123, 126, 127, 129, 130, 156, 160
Alfisols 162
Αλλουβιακό ριπίδιο 170
Αλλουσίτης 160
Αλμανδίτης 104
Αλουνίτης 96
Αλάβαστρος 97
Αλίτης 91
Αμαζόνιος λίθος 129
Αμαξοτροχιές 10
Αμβλυγωνίτης 98
Αμμόλιθοι 141, 142
Αμφίβολοι 52, 56, 108, 112
Αμίαντος 113, 120
Αναλκίμης 123
Ανατάσης 87, 158, 159
Ανδεσίνης 129
Ανδεσίτης 135, 136, 138
Ανκερίτης 96
Ανορθίτης 52, 123, 126, 127, 129, 130, 156
Ανορθόκλαστο 129
Αντιγορίτης 120
Αντιδιαβρωτικά μέτρα 173
Αντλερίτης 96
Αντοχή ορυκτών στην αποσάθρωση 155
Αντίκλινο 32
Ανυδρίτης 96
Αξόνας με αναστροφή 60
Αξόνας πτύχωσης 2
Αξόνας συμμετρίας 48
Αξονες δευτερεύοντες 58
Αξονες κρυσταλλογραφικοί 61
Αξονες πρωτεύοντες 58
Αξονες συμμετρίας 60
Αξονικό επίπεδο

- Απατίτης 54, 98, 161
- Απορρίνηση πετρωμάτων 168
- Αποσάθρωση 7
- Αποσάθρωση πετρωμάτων 151, 157, 160, 163, 164
- Αποφυλλίτης 116
- Αποφύλλωση πετρωμάτων 154
- Αραγωνίτης 93
- Αργεντίνης 78
- Αργιλικοί αμμόλιθοι 143, 163
- Αργιλικοί σχιστόλιθοι 141, 143, 163, 164
- Αργιλοι 141, 144
- Αργυλίτες 141, 143, 163
- Αριθμός συντάξεως 102
- Αρκόζης 140, 141
- Αρσενοπυρίτης 78
- Ασβεστίτης 47, 49, 54, 56, 93, 94, 156, 158, 165
- Ασβεστόλιθοι 141, 145, 164, 165
- Αστριοειδή 132
- Αστριοι 44, 48, 52, 126, 136, 137, 158, 160, 162, 163, 165
- Ασυμφωνία στρώματος 35, 36
- Ατακουμίτης 91
- Ατταπουλγκίτης 166
- Αυγίτης 51, 52, 53, 108, 111, 135, 136, 155, 156, 158
- Αυτυνίτης 98

B

- Βαθυγενή πετρώματα 136
- Βαιδελίτης 162
- Βαρύτης 47, 54, 96
- Βασικές λάβες 25
- Βασικό πέτρωμα 135, 136
- Βασάλτης 136, 138, 157
- Βερμικουλλίτες 121, 161, 162
- Βιβιανίτης 98
- Βιοτίτης 52, 119, 148, 156, 161, 162
- Βοεμίτης 156
- Βολλαστονίτης 108
- Βορνίτης 78
- Βρονζίτης 110
- Βρουκίτης 82, 89
- Βυτωβνίτης 129
- Βωξίτης 82, 90

Γ

- Γαιοτύρφη 147

- Γαιώδη συστατικοί εστολίθων 165
 Γαληνίτης 54, 78
 Γεωθερμική βαθμίδα
 Γεωλογικοί αιώνες
 Γεωλογική τομή 37, 41
 Γεωλογικός χάρτης 3
 Γκαιτίτης 82, 88, 155, 159
 Γκανίτης 82
 Γκιπσίτης 155, 156
 Γκλαουθερίτης 96
 Γκρινοκίτης 78
 Γνεύσιοι 148, 162
 Γραμμή σκόνης 50
 Γρανοδιορίτης 136, 137
 Γρανάτες 52, 102, 103
 Γρανίτης 136, 137, 162
 Γραουβάκης 142
 Γάββρος 136, 137, 157
 Γή διατόμων 141, 147
 Γήινη θερμοκρασία 23
 Γύψος 44, 47, 49, 54, 96, 97

Δ

- Δακτυλογλυφές 10
 Διατομίτες 141, 147
 Διδυμία 71
 Διδυμίας επίπεδο 71
 Διδυμίας κέντρο 71
 Διδυμίας όξονας 71
 Διορίτης 135, 136, 137
 Διοψείδιος 108, 110
 Διπυραμίδα 69
 Δισφηνοειδές 68
 Διάβρωση 7, 167
 Διάβρωση αυλακωτή 171
 Διάβρωση γεωλογική 167
 Διάβρωση επιταχυνομένη 167, 170
 Διάβρωση επιφανειακή 170, 173
 Διάβρωση χαραδρωτική 173
 Διάκλαση 33
 Διάσπορος 82, 87
 Δολερίτης 136, 137, 157
 Δολομίτης 44, 54, 93, 96, 156
 Δολίνες 9
 Δουνίτης 103
 Δυνάμεις ενδογενείς 7, 12

Δυνάμεις εξωγενείς 7
Δόμα 36, 67

E

Ειδικό βάρος ορυκτών 49, 52, 54
Εκχυτά πετρώματα 136
Ελαφρόπετρα 138
Ενδιάμεσα πετρώματα 135, 136
Ενστατίτης 108, 109
Εξαγωνικό 63
Εξίσωση Bragg 73
Επιφάνεια Gutemberg 5
Επιφάνεια Moho 5
Επιφάνεια Repeti 5
Επιδότο 106
Επίκεντρο σεισμού 17
Επίπεδο ολίσθησης 27
Επίπεδο στρώματος 32
Επίπεδο συμμετρίας 60
Επώθηση 34
Ερυθροπηλοί 162
Ερυθρίτης 98
Εφαρμοσμένη γεωλογία 1
Εψομίτης 96

Z

Ζιρκόνιο 47, 52, 161, 163

H

Ηλικία πετρωμάτων απόλυτη 2
Ηλικία πετρωμάτων σχετική 2
Ημιπερίοδος ζωής 2
Ηπειρογενετικές κινήσεις 13
Ηπειρογένεση 1
Ηφαιστειογενή πετρώματα 136, 137
Ηφαίστεια 21, 36

Θ

Θραυσμός ορυκτών 52

I

Inceptisols 162, 166

Ιδικράσης 106
 Ιλλίτες 121
 Ιλλίτης 155, 160, 162, 163, 164, 165
 Ιλμενίτης 54, 135, 158
 Ιλμενίτης 82, 85
 Ινοπυριτικά 107
 Ιστορ. γεωλογία 1

K

Karst επιφανειακά 8
 Karst υπόγεια 10
 Καλαβερίτης 78
 Καολινίτης 121
 Καολίνης 54, 57, 155, 158, 159, 160, 163, 164, 165,
 Καρναλίτης 91
 Καρνοτίτης 98
 Καρστικά φαινόμενα 8
 Κασσιτερίτης 54
 Κασσιτερίτης 78
 Κασσιτερίτης 82, 87
 Καταβόθρες 8, 9
 Κατολίσθηση 27
 Κελεστίτης 96
 Κεραργυρίτης 91
 Κερατίτες 149
 Κερατόλιθος 54, 147
 Κεροστιλβικός σχιστόλιθος 149
 Κεροστύλη 108, 113, 114
 Κεροστήλη 51, 52, 56, 135, 136, 137, 148, 156, 161, 162
 Κερουσίτης 93
 Κεφαλάρια 10
 Κιμωλία 141, 146
 Κινναβαρίτης 78
 Κλινοζωισίτης 106
 Κλινοπυρόξενοι 108, 110
 Κλίμακα richter 21
 Κλίμακα μερκαλί 21
 Κλίση στρώματος 31
 Κοβαλτίτης 78
 Κοβελλίτης 78
 Κολλοφάνη 99
 Κολουμβίτης 82
 Κορούνδιο 82, 83
 Κροκαλοπαγές 141, 142, 143
 Κροκοίτης 96
 Κρυσταλλικά συστήματα 62

- Κρυσταλλικά συστήματα ορυκτών 47, 48
 Κρυσταλλική μορφή 66
 Κρυσταλλικός άξονας ορυκτών 47, 48
 Κρυσταλλογραφικοί δείκτες 65
 Κρυσταλλογραφικές παράμετροι 65
 Κρυστάλθιος 91
 Κυβικό σύστημα 62
 Κυπρίτης 82
 Κέντρο σεισμού 17
 Κέντρο συμμετρίας 60
 Κίτρινη ώχρα 90

A

- Λαβραδόριο 129
 Λαβραδόριο 52, 156
 Λαζουρίτης 123, 132
 Λατερίτης 164
 Λατερίτης 91
 Λατυποπαγές 141, 143
 Λειμωνίτης 54, 142
 Λειμωνίτης 82, 90
 Λειοτρίβησης ph 156
 Λεπιδοχρωσίτης 88
 Λευκίτης 123, 132, 133
 Λευκίτης 133
 Λιθόσφαιρα 1,4
 Λάμψη ορυκτού 52, 54

M

- Mass movement 170
 Mollisols 166
 Μαγγανίτης 82
 Μαγκεμίτης 15
 Μαγνησιοχρωμίτης 89
 Μαγνησίτης 156
 Μαγνησίτης 93, 95
 Μαγνητίτης 44, 47, 54, 131, 159, 161
 Μαγνητίτης 82, 88
 Μαλαχίτης 93
 Μανδύας 4
 Μαριαλίτης 123
 Μαρκασίτης 54
 Μαρκασίτης 78
 Μαρμαρυγιακός αμμόλιθος 140
 Μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος 149

Μαρμαρυγίες 116, 117
 Μαρμαρυγίες 44, 48, 52, 136, 165
 Μειονίτης 123
 Μεταξώδης 97
 Μηχανικά ιζήματα 138, 141
 Μηχανική αποσάθρωση 151, 152
 Μικροκλινής 123, 126, 127, 128
 Μιλλερίτης 78
 Μιμετίτης 98
 Μολυβδενίτης 78
 Μοναζίτης 98
 Μονοκλινές 64
 Μοντμοριλλονίτης 121
 Μοντμοριλλονίτης 155, 156, 157, 159, 162, 165
 Μορφή ορυκτών 50
 Μοσχοβίτης 118
 Μοσχοβίτης 52, 148, 155, 156
 Μάγμα 23
 Μάργα 144, 165
 Μάρμαρα 149, 165

N

Νατρολίτης 123
 Νεφελίνης 123, 132, 133
 Νεφελίνης 133
 Νησοπυριτικά 102
 Νικκολίτης 78

O

Ολιβίνης 102, 103
 Ολιβίνης 52, 135, 136, 155, 156, 157
 Ολιγόκλαστο 129
 Ολισθαίνουσα δύναμη 28
 Οξινες λάβες 25
 Οξινο πέτρωμα 134, 136
 Οπάλιος 123, 126
 Οπάλιος 54
 Οργανικά ιζήματα 138, 141
 Ορθοπυρόξενοι 108, 109
 Ορθορομβικό63
 Ορθόκλαστο 123, 126, 127
 Ορθόκλαστο 47, 52, 136, 148, 156
 Ορογένεση 1, 15
 Ορπιμεντίτης 78
 Ορυκτά 43, 45

Ορυκτά αλογονίδια 91
 Ορυκτά ανθρακικά 93
 Ορυκτά αργύλου 116, 121
 Ορυκτά αρσενικά, βαναδικά 98
 Ορυκτά δευτερογενή 51, 54
 Ορυκτά θειικά-χρωμικά 96
 Ορυκτά θειούχα 78
 Ορυκτά οξείδια-υδροξείδια 82
 Ορυκτά πρωτογενή 51, 52
 Ορυκτά πυριτικά 99
 Ορυκτά φωσφορικά 98
 Ουβαροβίτης 104
 Ουβάλες 9
 Ουειβελίτης 98
 Ουιδερίτης 93
 Ουρανίτης 82
 Οψιδιανός 138

Π

Παλαιοντολογία 1
 Παροξυσμός ηφαιστείου 24
 Παράταξη στρώματος 31, 32
 Πεδίο 67
 Πεντλαντίτης 78
 Περιδοτίτης 135, 136, 157
 Περιθλασίμετρο 75
 Πεταλίτης 123, 132
 Πετρώματα 164
 Πετρώματα ιζηματογενή 138
 Πετρώματα μεταμορφωσιγενή 147
 Πετρώματα πυριγενή 134, 136
 Πινακοειδές 67
 Πλαγιόκλαστα 126, 127, 129
 Πλαγιόκλαστα 57, 136, 137, 148
 Πλουτώνια πετρώματα 135, 136, 137
 Πλάκες γήινου φλοιού 16, 23
 Πολυαλίτης 96
 Πολυδυμία 71, 72
 Πορφυριτική υφή 136, 139
 Προιόντα αποσάθρωσης 153
 Πρίσμα 68
 Πτυχώσεις 32, 36
 Πυραμίδα 68
 Πυριτικά ορυκτά 52
 Πυρολουσίτης 82, 85
 Πυρομορφίτης 98

Πυρροτίτης 78
 Πυρήνας 4
 Πυρόξενοι 108, 109
 Πυρόξενοι 52, 56, 157, 158
 Πυρόπιτης 104
 Πέτρωμα μη κορεσμένο 135, 136
 Πόλγες 9
 Πόρος ηφαιστείου 23

P

Ρεαλγιρίτης 78
 Rendzina εδάφη 166
 Ροδοχρωσίτης 93
 Ρομβόεδρο 70
 Ρουμπίνι 83
 Ρουτύλιο 163
 Ρουτύλιο 82, 86
 Ρυόλιθος 136, 138
 Ρήγμα ασύμφωνο 33, 34
 Ρήγμα γεωλογικό 33, 36
 Ρήγμα σύμφωνο 33, 34

S

Σανίδινο 160
 Σεισμικά κύματα 5, 15
 Σεισμογράφημα 20
 Σεισμογράφος 17, 18
 Σεισμοί 15, 31
 Σελινίτης 97
 Σερπεντινίτης 120
 Σερπεντίτης 156, 54, 134, 157
 Sial 4, 5, 6
 Σιδερίτης 93
 Σιδηροπυρίτης 43, 47, 54, 155
 Σιδηροπυρίτης 78, 81
 Σιδηρίτης 54, 155, 156
 Σιλλιμανίτης 149
 Sigma 4, 5
 Σκαληνόεδρο 68
 Σκληρομετρική κλίμακα ποhs 49
 Σκληρόστητα ορυκτών 46
 Σκοφοδίτης 98
 Σκουπτερουδίτης 78
 Σμιθσωνίτης 93
 Σοδαλίτης 123, 132

- Σπινέλιος 82
- Σπήλαια 10
- Σταλαγμίτες 12
- Σταλακτίτες 12
- Στιβνίτης 78
- Στιλβίτης 123
- Στροντιανίτης 93
- Στρωματογραφία 1
- Στρώμα 31, 32
- Στέγη ρήγματος 34
- Συηνίτης 135, 136
- Συλβανίτης 78
- Συλβίνης 91
- Συμμετρία προς επίπεδο 59
- Συμμετρία προς κέντρο 59
- Συμμετρία προς άξονα 58
- Σφαλερίτης 54
- Σφαλερίτης 78, 80
- Σφηνοειδές 67
- Σχισμός ορυκτών 46
- Σχιστόλιθοι 149
- Σωροπυριτικά 105
- Σάπφειρος 83
- Σύγκλινο 32

T

- Terra Rossa* 141, 144, 166
- Ταυτοποίηση ορυκτών 44
- Ταχύτητα διηθήσεως 174
- Τεκτονική γεωλογία 31
- Τεκτονική τάφρος 35
- Τεκτονικό κέρας 35
- Τεκτοπυριτικά 123
- Τετραγωνικό 63
- Τίτανομαγνητίτης 158
- Τοπική γεωλογία 1
- Τουρκουάζ 98
- Τουρμαλίνης 163
- Τοίχωμα ρήγματος 34
- Τραβερτίνης 141, 146
- Τραπεζόεδρο 69
- Τραχείτης 135, 136, 138
- Τρεμολίτης 108, 113
- Τριγωνικό 63
- Τριδυμίτης 123, 124
- Τρικλινές 64

Τριφυλλίτης 98
 Τάλκης 122
 Τάλκης 54, 156
 Τύρφη 141, 146

Υ

Υπερβασικά πετρώματα 135, 136
 Υπερσθενής 108
 Υπέρκαρο πέτρωμα 134, 136

Φ

Φαγιαλίτης 102
 Φαγιαλίτης 157
 Φθορίτης 54
 Φθορίπης 91, 92
 Φλεβίτες 136, 137, 138
 Φλογοπίτης 119
 Φορστερίτης 102
 Φρανκλινίτης 82
 Φυλλοπυριτικά 114
 Φυλλίτες 149, 163
 Φωρστερίτης 157

Χ

Χαβαζίτης 123
 Χαλαζίας 47, 51, 54, 56, 123, 124, 136 137, 148, 156, 163
 Χαλαζίτης 141, 149
 Χαλκανθίτης 96
 Χαλκηδόνιος 54
 Χαλκοπυρίτης 78, 80
 Χαλκοσίτης 78
 Χευλανδίτης 123
 Χημικά ιζήματα 138, 141
 Χημική αποσάθρωση 151, 154
 Χλωρίτες 116, 120
 Χλωρίτης 120
 Χλωρίτης 52, 155, 147, 162, 163
 Χριστοβαλίτης 123, 124
 Χρυσοβυρήλιο 82
 Χρυσότιλο 120
 Χρωμίτης 82, 89
 Χρώμα ορυκτών 50, 52, 54
 Χρώμα σκόνης ορυκτών 50, 52, 54

Ψ

Ψαμμίτης 27
Ψευδαργυρίτης 82
Ψιλαμέλας 82

Ω

Ωστιθικός ασβεστόλιθος 141, 146

Υ

Vertisols 159

ПАРАРТНМА



α



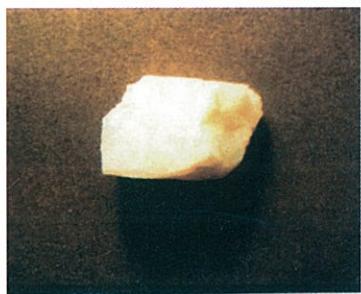
β



γ



δ

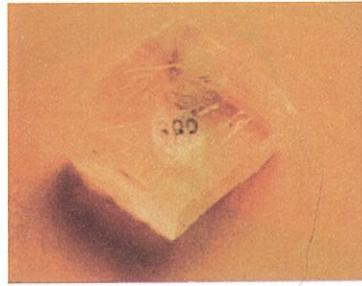
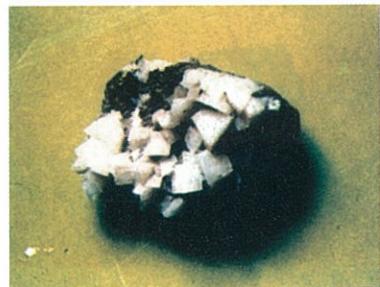


ε

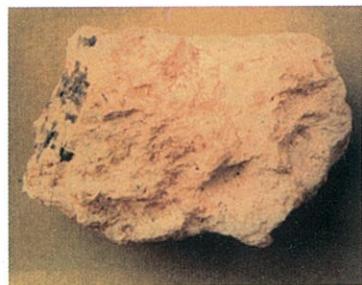
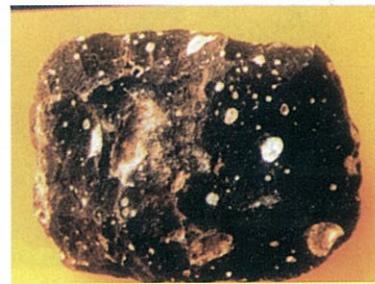


ζ

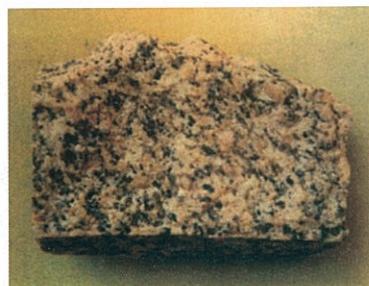
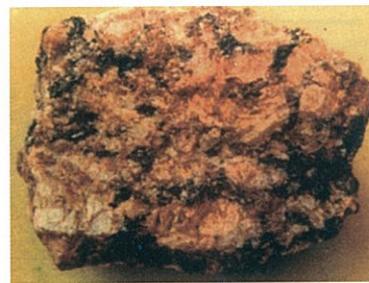
Φωτ. 1. α,β. Χαλαζίας, γ. μικροκλινής, δ. ορθόκλαστο, ε. Αλβίτης, ζ. Κεροστίλβη.

**α****β****γ****δ****ε****ζ**

Φωτ. 2. α. Βιοτίτης, β. Αυγίτης, γ. Ασβεστίτης, δ. Ρομβόεδρο ασβεστίτη (παρουσιάζει το φαινόμενο της διπλής διάθλασης), ε,ζ. Δολομίτης.

**α****β****γ****δ****ε****ζ**

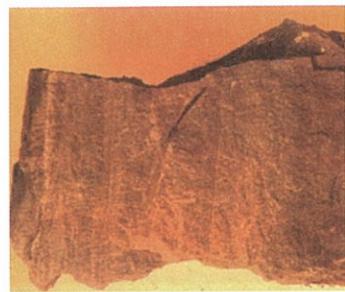
Φωτ. 3. α. Ελαφρόπετρα (ρυσόλιθος), β. Ρυσόλιθος, γ. Τραχείτης, δ. Τραχείτης (πορφυριτικός), ε. Ανδεσίτης, ζ. Βασάλτης (αμυγδαλοειδής).

**α****β****γ****δ****ε****ζ**

Φωτ. 4. α. Τμήμα Βασάλτη, β. Απλίτης, γ. Γρανίτης, δ. Γρανίτης, ε. Πορφυριτικός γρανίτης, ζ. Γρανοδιορίτης.



α



β



γ



δ



ε



ζ

Φωτ. 5. α. Μάρμαρο λευκό, β. Φυλλίτης, γ. Ταλκικός σχιστόλιθος, δ. Μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος, ε. Μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος, ζ. Χλωριτικός σχιστόλιθος.



α



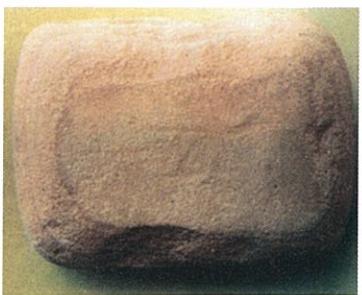
β



γ



δ

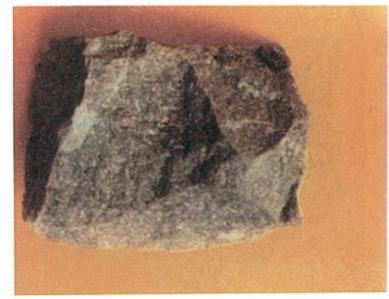


ε



ζ

Φωτ. 6. α. Άργιλος, β. Αργιλικός σχιστόλιθος, γ. Κροκαλλοπαγές, δ. Λατυποπαγές, ε. Αμμόλιθος, ζ. Γραουβάκης.

**α****β****γ****δ****ε****ζ**

Φωτ. 7. α. Αρκόζης, β. Μάργα, γ. Ασβεστόλιθος(κόκκινος), δ. Ασβεστόλιθος (κελυφογενής), ε. Ασβεστόλιθος (δολομιτικός), ζ. Τραβερτίνης.



α



β



γ



δ



ε



ζ

Φωτ. 8. α. Κιμωλία, β. Χαλαζίας, γ. Σερπεντινίτης, δ. Λευκόλιθος (σε αποσα-
θρωμένο δουνίτη), ε. Κερατόλιθος, ζ. Πυριτόλιθος.