

Στέλιος ΛΟΖΙΟΣ, Κωστής ΣΟΥΚΗΣ & Βαρβάρα ΑΝΤΩΝΙΟΥ

 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ  ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ   
ΚΑΙ  
ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ



Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά  
Συγγράμματα και Βοηθήματα  
[www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr)

**HEALINK**  
Ενθεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών



ΕΠΕΚΡΕΜΟΣΤΑΚΕ ΣΠΟΥΔΑΜΕΝΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
Αναβάθμιση στην Ακαδημαϊκή Αγορά  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





ΣΤΕΛΙΟΣ ΛΟΖΙΟΣ

Επίκουρος Καθηγητής  
Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

ΚΩΣΤΗΣ ΣΟΥΚΗΣ

Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό  
Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

ΒΑΡΒΑΡΑ ΑΝΤΩΝΙΟΥ

Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό  
Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

# Γεωλογική Χαρτογράφηση και Ασκήσεις Υπαίθρου



Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά  
Συγγράμματα και Βοηθήματα  
[www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr)

# Γεωλογική Χαρτογράφηση και Ασκήσεις Υπαίθρου

Συγγραφή

Στέλιος Λόζιος

Κωστής Σούκης

Βαρβάρα Αντωνίου

**Κριτικός αναγνώστης**

Ευθύμιος Λέκκας

**Συντελεστές έκδοσης**

Γλωσσική επιμέλεια: Δημήτριος Καλλιάρης

ISBN: 978-960-603-200-4

Copyright © ΣΕΑΒ, 2015



Το παρόν έργο αδειοδοτείται υπό τους όρους της άδειας Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Παρόμοια Διανομή 3.0. Για να δείτε ένα αντίγραφο της άδειας αυτής επισκεφτείτε τον ιστότοπο

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/gr/>

Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780 Ζωγράφου

[www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr)

*Στους δασκάλους μας  
και στους  
φοιτητές μας*

# Περιεχόμενα

**Πίνακας συντομεύσεων-ακρωνύμια**

**Πρόλογος**

**Κεφάλαιο 1: Το πλαίσιο εργασίας της γεωλογικής χαρτογράφησης**

1.1 Εργασία υπαίθρου και γεωλογική χαρτογράφηση

1.2 Κλίμακα χάρτη και κλίμακα παρατήρησης

1.3 Γεωλογικός χάρτης

1.4 Κατηγορίες και είδη Γεωλογικών Χαρτών

Βιβλιογραφία/Αναφορές

**Κεφάλαιο 2: Εξοπλισμός, οργάνωση, ασφάλεια και συμπεριφορά στην ύπαιθρο**

2.1 Εξοπλισμός και γεωλογική χαρτογράφηση

2.2 Σφυριά, καλέμια και άλλα ... «σιδηρικά»

2.3 Γεωλογική πυξίδα

2.4 GPS

2.5 Λούπα

2.6 Κιάλια

2.7 Φωτογραφική μηχανή

2.8 Τοπογραφικοί χάρτες, δορυφορικές εικόνες, αεροφωτογραφίες

2.9 Γραφική ύλη

2.10 Τετράδιο (ή βιβλίο) σημειώσεων υπαίθρου

2.11 Άλλα χρήσιμα γεωλογικά αξεσουάρ για την ύπαιθρο

2.12 Σακίδιο

2.13 Μπότες

2.14 Κατάλληλος ρουχισμός

2.15 Ασφάλεια και κανόνες συμπεριφοράς στην ύπαιθρο

Βιβλιογραφία/Αναφορές

**Κεφάλαιο 3: Το τετράδιο σημειώσεων και ο γεωλογικός χάρτης υπαίθρου**

3.1 Παρατηρήσεις υπαίθρου

3.2 Οργανώνοντας σωστά το τετράδιο σημειώσεων

3.3 Τι σημειώνουμε στο τετράδιο υπαίθρου

3.4 Κατηγορίες και είδη Γεωλογικών Χαρτών

3.5 Τετράδιο & χάρτης VS tablet

Βιβλιογραφία/Αναφορές

**Κεφάλαιο 4: Η χρήση της γεωλογικής πυξίδας**

4.1 Διεύθυνση, κλίση, φορά κλίσης και πλαγιοβύθιση

4.2 Η γεωλογική πυξίδα

- 4.3 Ανατομία της γεωλογικής πυξίδας
- 4.4 Ρυθμίσεις και συστάσεις
- 4.5 Μέτρηση επίπεδης γεωλογικής επιφάνειας
- 4.6 Συμβουλές & τεχνάσματα (tips & tricks)
- 4.7 Μέτρηση γραμμικών γεωλογικών δομών
- 4.8 Μέτρηση παράταξης και πλαγιοβύθισης (pitch)
- 4.9 Οι διαφορές της πυξίδας Krantz
- 4.10 Προσδιορισμός της θέσης στον χάρτη
- 4.11 Μετρήσεις μορφολογικών και γεωλογικών διευθύνσεων και κλίσεων
- 4.12 Apps & smartphones VS γεωλογική πυξίδα

Βιβλιογραφία/Αναφορές

## **Κεφάλαιο 5: Τοπογραφικοί χάρτες και μορφολογικές δομές αναγλύφου**

- 5.1 Εισαγωγή στην επιστήμη της Τοπογραφίας
- 5.2 Ο τοπογραφικός χάρτης
- 5.3 Ορολογία αναγλύφου

Βιβλιογραφία/Αναφορές

## **Κεφάλαιο 6: Αναγνώριση πετρωμάτων και γεωλογικών σχηματισμών στην ύπαιθρο**

- 6.1 Πετρώματα, γεωλογικοί σχηματισμοί και χαρτογραφικές ενότητες
  - 6.1.1 Τεταρτογενείς αποθέσεις
  - 6.1.2 Νεογενείς σχηματισμοί
  - 6.1.3 Μολασσικοί σχηματισμοί
  - 6.1.4 Αμεταμόρφωτες αλπικές ενότητες
  - 6.1.5 Μεταμορφωμένες αλπικές ενότητες
  - 6.1.6 Μεταμορφωμένες προαλπικές ενότητες
  - 6.1.7 Πυριγενή (Μαγματικά) πετρώματα
- 6.2 Αναγνώριση των πετρωμάτων και των γεωλογικών σχηματισμών στην ύπαιθρο
  - 6.2.1 Τεταρτογενείς αποθέσεις
  - 6.2.2 Νεογενείς, μολασσικοί και αλπικοί κλαστικοί σχηματισμοί
  - 6.2.3 Ανθρακικοί σχηματισμοί και πετρώματα
  - 6.2.4 Μεταμορφωμένα πετρώματα και ενότητες
  - 6.2.5 Πυριγενή (Μαγματικά) πετρώματα

Βιβλιογραφία/Αναφορές

## **Κεφάλαιο 7: Αναγνώριση και χαρτογράφηση γεωλογικών ορίων**

- 7.1 Κατηγορίες και είδη γεωλογικών ορίων και επαφών
  - 7.1.1 Κανονικές επαφές
  - 7.1.2 Τεκτονικές επαφές
  - 7.1.3 Επαφές πυριγενών (μαγματικών) πετρωμάτων
- 7.2 Αναγνώριση της γεωμετρίας των επαφών στην ύπαιθρο

### 7.3 Τεχνικές χαρτογράφησης ορίων και σχηματισμών

#### 7.3.1 Τεχνική χαρτογράφησης επαφών

#### 7.3.2 Τεχνική χαρτογράφησης εμφανίσεων

#### 7.3.3 Τεχνική χαρτογράφησης σε συγκεκριμένη όδευση

### 7.4 Η χρήση δορυφορικών εικόνων και αεροφωτογραφιών

#### Βιβλιογραφία/Αναφορές

## **Κεφάλαιο 8: Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο**

### 8.1 Η αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο

### 8.2 Εγγενή χαρακτηριστικά των ρηγμάτων

### 8.3 Συνέπειες της ρηγματώσης σε γεωλογικές ή στρωματογραφικές ενότητες

### 8.4 Μορφοτεκτονικές εκφράσεις των ρηγμάτων

### 8.5 Κινηματικά κριτήρια ρηγμάτων

#### Βιβλιογραφία/Αναφορές

## **Κεφάλαιο 9: Αναγνώριση των πτυχών στην ύπαιθρο**

### 9.1 Κατηγορίες μακρο-πτυχών

### 9.2 Ανοικτές πτυχές

### 9.3 Πολύ κλειστές-ισοκλινείς πτυχές σε πελαγικές μη-μεταμορφωμένες ενότητες

### 9.4 Ισοκλινείς κατακεκλιμένες πτυχές σε μεταμορφωμένες ενότητες

#### Βιβλιογραφία/Αναφορές

## **Κεφάλαιο 10: Αναγνώριση και απεικόνιση τεκτονικών στοιχείων και δομών**

### 10.1 Εισαγωγή

### 10.2 Πρωτογενείς δομές

#### 10.2.1 Πρωτογενείς φυλλώσεις

#### 10.2.2 Πρωτογενείς γραμμώσεις

### 10.3 Δευτερογενείς - Τεκτονικές δομές

#### 10.3.1 Δευτερογενείς Φυλλώσεις

#### 10.3.2 Τεκτονικές Γραμμώσεις

### 10.4 Απεικόνιση δομών στον χάρτη

#### Βιβλιογραφία/Αναφορές

## **Κεφάλαιο 11: Συλλογή δειγμάτων στην ύπαιθρο**

### 11.1 Εισαγωγή

### 11.2 Σχεδιασμός - Οργάνωση Δειματοληψίας

### 11.3 Εξοπλισμός

### 11.4 Συλλογή, αρίθμηση και καταγραφή δειγμάτων

### 11.5 Μεταφορά των δειγμάτων

### 11.6 Ασφάλεια και Περιορισμοί

#### Βιβλιογραφία/Αναφορές



## **Κεφάλαιο 12: Επεξεργασία δεδομένων και σύνθεση γεωλογικού χάρτη**

12.1 Επεξεργασία των στοιχείων και δεδομένων

12.2 Προσδιορισμοί και αναλύσεις από τα πετρολογικά δείγματα

12.3 Τελική σύνθεση και κατασκευή του Γεωλογικού Χάρτη

Βιβλιογραφία/Αναφορές

## **Κεφάλαιο 13: Σύγχρονες Τεχνολογίες στη Γεωλογική Χαρτογράφηση**

13.1 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

13.2 Διαδικασία κατασκευής γεωλογικού χάρτη

13.2.1 Δημιουργία αρχείων

13.2.2 Προσθήκη χωρικής και περιγραφικής πληροφορίας

13.2.3 Δημιουργία θεματικών χαρτών

13.2.4 Προετοιμασία εκτύπωσης

13.3 Σύγχρονες τεχνολογίες στην υπαίθρια εργασία

13.3.1 Δορυφορικός Ανιχνευτής Στίγματος (GPS, Global Positioning System)

13.3.2 Τηλεπισκόπηση

13.3.3 Web mapping (Webgis) - Smartphones - tablets

Βιβλιογραφία/Αναφορές

## **Κεφάλαιο 14: Γεωλογικές εκθέσεις και Γεωλογικές αναφορές**

14.1 Εισαγωγή

14.2 Πολεοδομικές μελέτες - Μελέτες τεχνικών έργων

14.2.1 Μελέτες Γεωλογικής Καταλληλότητας (ΦΕΚ 1902B/2007)

14.2.2 Μείωση των αποστάσεων των ιδρυομένων ή επεκτεινομένων κοιμητηρίων (ΦΕΚ 838Δ/1998)

14.2.3 Υδρογεωλογικές μελέτες για την προστασία ιαματικών πηγών σε πολεοδομούμενες περιοχές (ΦΕΚ 35B/1999)

14.2.4 Προέγκριση χωροθέτησης έργων και δραστηριοτήτων ΚΥΑ 69269/5387/24.10.90 (ΦΕΚ 678B/1990)

14.2.5 Έγκριση Προδιαγραφών Γεωλογικών Εργασιών μέσα στα πλαίσια των Μελετών Τεχνικών Έργων (ΦΕΚ 29B/1986)

14.3 Μελέτες προς αποφυγή επιπτώσεων στο Νερό

14.3.1 Προγράμματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων (ΦΕΚ 1016B/1997)

14.3.2 Υγειονομική ταφή αποβλήτων (Οδηγία 1999/31/Εκ του συμβουλίου της 26ης Απριλίου 1999)

14.3.3 Εγκατάσταση για την ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπόγειων, που δεν χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό (ΦΕΚ 1595B/2004)

14.4 Μελέτες προς αποφυγή επιπτώσεων στο Περιβάλλον

14.4.1 Τεχνικές προδιαγραφές επιπτώσεων και αποκαταστάσεως του περιβάλλοντος (ΦΕΚ 820B/1980)

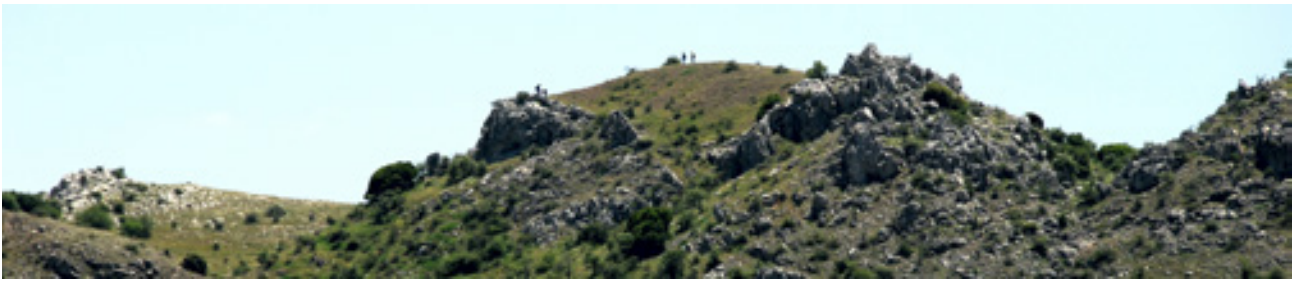
14.4.2 Προκαταρκτική περιβαλλοντική εκτίμηση και αξιολόγηση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθώς και έγκριση επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στα πλαίσια της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» (ΦΕΚ 552B/2003)

Βιβλιογραφία/Αναφορές

## Πίνακας συντομεύσεων-ακρωνύμια

BGS	British Geological Survey
CBU	Cycladic Blueschist Unit
DEM	Digital Elevation Model
ESRI	Environmental Systems Research Institute
ETRS89	European Terrestrial Reference System 89
EUREF	European Reference Frame
GIS	Geographical Information System
GPS	Geographical Positioning System
GTS	Geologic Time Scale
IAG	International Association of Geodesy
ITRS	International Terrestrial Reference System
IUGS	International Union of Geological Sciences
PC	Personal Computer
PDA	Personal Digital Assistant
RMS	Root Mean Square
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UTM	Universal Transverse Mercator
VS	Versus, against
WCDS	West Cycladic Detachment System
WGS	World Geodetic System
ΓΠΣ	Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο
ΓΥΣ	Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού
ΕΓΕ	Ελληνική Γεωλογική Εταιρία
ΕΓΣΑ	Ελληνικό Γεωγραφικό Σύστημα Αναφοράς
ΕΘΙΓΜΕ	Εθνικό Ίδρυμα Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών
ΕΚΑΒ	Εθνικό Κέντρο Άμεσης Βοήθειας
ΕΚΚΠΣ	Ευρωπαϊκό Κέντρο Πρόγνωσης και Πρόληψης Σεισμών
ΕΜΠ	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Η/Υ	Ηλεκτρονικός Υπολογιστής
ΙΓΕΥ	Ινστιτούτο γεωλογικών ερευνών Υπεδάφους
ΙΓΜΕ	Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών
ΙΓΜΕΜ	Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών και Μελετών
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
Μ.Π.Ε.	Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
ΟΑΣΠ	Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας
ΟΚΧΕ	Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδος

ΣΧΟΟΑΠ	Σχέδια Χωρικής και Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτών Πόλεων
ΦΕΚ	Φύλλο Εφημερίδας της Κυβέρνησης
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων
et al.	and others, από το λατινικό et alii (στις βιβλιογραφικές αναφορές)
βλπ.	βλέπε
δλδ.	δηλαδή
Εικ.	Εικόνα
κ.λπ.	και λοιπά
κ.α.	και άλλα ή και άλλοι (στις βιβλιογραφικές αναφορές)
π.χ.	παραδείγματος χάριν



## Πρόλογος

Η Γεωλογική Χαρτογράφηση αποτελεί ένα πολύ ιδιαίτερο μάθημα, όχι μόνο γιατί το αντικείμενό της είναι πολυκλαδικό και χρησιμοποιεί γνώσεις από τα περισσότερα βασικά μαθήματα της Γεωλογίας, αλλά, κυρίως, γιατί ο μοναδικός τρόπος να διδαχθεί είναι η άσκηση στην ύπαιθρο και όχι μία, περισσότερο ή λιγότερο, τυποποιημένη παράδοση στο αμφιθέατρο ή στο εργαστήριο. Τα πετρώματα και οι γεωλογικοί σχηματισμοί, τα απολιθώματα, η ορυκτολογική τους σύνθεση και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά που κρύβουν μέσα τους (και έξω τους), τα όρια, οι επαφές και οι σχέσεις μεταξύ τους, η παραμόρφωσή τους και οι τεκτονικές δομές που τα χαρακτηρίζουν και άλλα πολλά ακόμη, βρίσκονται εκεί έξω, στην ύπαιθρο και μας περιμένουν για να τα μελετήσουμε, να μπούμε στη λογική τους, να τα κατανοήσουμε και να τα απεικονίσουμε σε έναν χάρτη, με άλλα λόγια να τα χαρτογραφήσουμε. Όσες θεωρητικές περιγραφές και αν κάνουμε για τα πετρώματα και τις δομές, και όσες εικόνες και δείγματα αν δείξουμε στις παρουσιάσεις και στα εργαστήρια, είναι αδύνατον να γίνει κτήμα του φοιτητή οποιαδήποτε γεωλογική γνώση, αν δεν τα δει με τα μάτια του, από «κοντά» και «από μακριά», στον χώρο που αυτά βρίσκονται, αν δεν τα πιάσει στα χέρια του, αν δεν τα σπάσει με το γεωλογικό σφυρί, αν δεν τα εξετάσει με τη λούπα, αν δεν τα μετρήσει με την πυξίδα, αν δεν τα περπατήσει μέτρο-μέτρο, αν δεν γράψει αναλυτικά τα χαρακτηριστικά τους στο τετράδιο υπαίθρου, αν δεν προσπαθήσει να τα περάσει σε έναν τοπογραφικό χάρτη για να τον «ζωντανέψει» και να τον μετατρέψει σε γεωλογικό χάρτη και πολλά άλλα «αν δεν...» ακόμα.

Η γεωλογική χαρτογράφηση αποτελεί μια συνθετική εργασία, που το παραγόμενό της, ο γεωλογικός χάρτης, μας δίνει πάρα πολλές γεωλογικές πληροφορίες για μια περιοχή. Μας δίνει στοιχεία για το είδος και τα χαρακτηριστικά των πετρωμάτων, για την προέλευσή τους, το γεωτεκτονικό περιβάλλον στο οποίο δημιουργήθηκαν, την ηλικία τους, την παραμόρφωσή τους, την τεκτονική δομή τους, τη σχέση που έχουν μεταξύ τους και τον τρόπο που συνδέονται, την γεωλογική ιστορία και εξέλιξή τους, για τη σχέση τους με το ανάγλυφο, για την κατανομή τους και την εξάπλωσή τους στη γήινη επιφάνεια, αλλά πολύ περισσότερο για την δομή και εξέλιξή τους στο βάθος. Ένας γεωλογικός χάρτης αποτελεί μια δισδιάστατη απεικόνιση των πετρωμάτων, των γεωλογικών σχηματισμών και των ορίων τους. Η τεκτονική πληροφορία, όμως, που περιλαμβάνει, μας δίνει τη δυνατότητα να γνωρίζουμε την εξέλιξη της γεωμετρίας των στρωμάτων, των γεωλογικών σχηματισμών και των τεκτονικών δομών στο βάθος, δηλαδή στην τρίτη διάσταση. Για τον λόγο αυτό μπορούμε να κατασκευάσουμε γεωλογικές τομές, σε όποια διεύθυνση και προσανατολισμό θέλουμε, που «επεκτείνουν» τη χαρτογράφηση στην τρίτη διάσταση (βάθος) και σήμερα πλέον, με τη βοήθεια της πληροφορικής και των νέων τεχνολογιών, μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα τρισδιάστατο μοντέλο της γεωλογικής δομής και να το παρατηρήσουμε από οποιαδήποτε οπτική γωνία επιθυμούμε στην οθόνη του υπολογιστή μας. Άρα, στην πραγματικότητα ένας γεωλογικός χάρτης αποτελεί μια 3D απεικόνιση της γεωλογίας και της γεωλογικής δομής μιας περιοχής.

Για τον λόγο αυτό ο γεωλογικός χάρτης αποτελεί το απαραίτητο εργαλείο για οποιαδήποτε θεωρητική ή εφαρμοσμένη ερευνητική εργασία επιθυμούμε να κάνουμε. Είτε έχουμε σκοπό να μελετήσουμε τους μηχανισμούς δημιουργίας των καλυμμάτων είτε τις συνθήκες βάθους που μεταμορφώθηκε μια ακολουθία πετρωμάτων είτε τα ενεργά ρήγματα και τη σεισμική επικινδυνότητά τους, την εξόρυξη κάποιου μεταλλεύματος, την κατασκευή μιας σήραγγας, ενός φράγματος, μιας ερευνητικής γεώτρησης για νερό ή πετρέλαιο ... και άλλα πολλά, η βασική εργασία υποδομής, πάνω στην οποία «θα πατήσουμε» για να σχεδιάσουμε και να οργανώσουμε την έρευνά μας, είναι ένας γεωλογικός χάρτης, στην κατάλληλη κλίμακα με όλες οι πληροφορίες που αυτός περιλαμβάνει.

Η εργασία στην ύπαιθρο απαιτεί ενημέρωση, προετοιμασία, οργάνωση, κατάλληλο εξοπλισμό, σεβασμό στη φύση και στη γεωλογική κληρονομιά, συνεργασία με όλους όσους θα μας βοηθήσουν και φιλοξενήσουν

στα μέρη τους και γνώση να αντιμετωπίσουμε όλα τα έκτακτα περιστατικά ή όποια «αναποδιά» μας χτυπήσει την πόρτα. Δεν απαιτεί περισσότερο κόπο από οποιαδήποτε άλλη εργασία κάνουμε σωστά και ευσυνείδητα. Δεν απαιτεί ιδιαίτερη φυσική κατάσταση και ιδιαίτερες δεξιότητες παρά μόνο το αμέριστο ενδιαφέρον και την αγάπη μας για το αντικείμενο που επιλέξαμε. Και προφανώς μας αποζημιώνει με τον καλύτερο τρόπο, γιατί είναι πολύ πιο ευχάριστο να εργάζεται κάποιος στη φύση, παρά τους τέσσερις τοίχους (με ή χωρίς «windows») ενός γραφείου ή ενός εργαστηρίου. Συνεργασίες, ανθρώπινες σχέσεις αλλά και η έκφραση όλου του δυναμικού και των δυνατοτήτων που ο καθένας κρύβει μέσα του, πραγματώνονται με πολύ πιο εύκολο και «φυσικό» τρόπο κατά την εργασία (ή άσκηση) στην ύπαιθρο. Μας το αποδεικνύουν περίτρανα τα δικά σας λεγόμενα στις αξιολογήσεις και αυτό που παίρνουμε πίσω από όλους σας, μετά την «μεγάλη» άσκηση υπαίθρου της γεωλογικής χαρτογράφησης.

Το μάθημα της «Γεωλογικής Χαρτογράφησης», όπως διδάσκεται στο Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, περιλαμβάνει πολλές δράσεις, που έχουν ως στόχο την όσο το δυνατό καλύτερη προετοιμασία και κατάρτιση των φοιτητών για τη «μεγάλη» άσκηση υπαίθρου, που, τα τελευταία χρόνια, πραγματοποιείται επί δέκα ημέρες στην ορεινή περιοχή των Άνω Δολιανών Αρκαδίας. Οι φοιτητές παρακολουθούν μια σειρά από μαθήματα και εργαστήρια στα οποία, όχι μόνο καταρτίζονται θεωρητικά και πρακτικά για όλα τα αντικείμενα της γεωλογικής χαρτογράφησης και της εργασίας υπαίθρου, αλλά ενημερώνονται και εκπαιδεύονται στη σωστή και ασφαλή χρήση του απαραίτητου εξοπλισμού, στο σωστό και ασφαλή τρόπο που κάποιος περπατά και εργάζεται στην ύπαιθρο και στο σωστό τρόπο που θα αντιμετωπίσει έκτακτα περιστατικά, μέσα από ένα σεμινάριο για την παροχή Α΄ Βοηθειών, που πραγματοποιείται, ειδικά για το σκοπό αυτό, από το Ιατρείο Εργασιακής Υγιεινής, της Σχολής Θετικών Επιστημών του ΕΚΠΑ.

Το συγκεκριμένο σύγγραμμα έχει ως στόχο να κάνει μια εισαγωγή σε όλα αυτά τα θέματα, είτε αφορούν καθαρά επιστημονική γνώση είτε καθαρά πρακτικά θέματα (με έμφαση στην ασφάλεια), δεδομένου ότι είναι εξίσου απαραίτητα σε όποιον επιθυμεί να εργαστεί στην ύπαιθρο, πολύ περισσότερο δε στους φοιτητές, που έρχονται, ουσιαστικά, για πρώτη φορά σε επαφή με αυτόν τον τρόπο εργασίας. Στόχος είναι να γίνει η άσκηση στην ύπαιθρο οργανωμένα, με ασφάλεια και καλή συνεργασία γιατί αυτό έχει μεγάλη σημασία τόσο στο καθαρά επιστημονικό και ερευνητικό παραγόμενο που θα καταφέρουμε να υλοποιήσουμε, όσο και στην ικανοποίηση που θα πάρουμε και η οποία θα μας δώσει τη δύναμη για να προχωρήσουμε και να συνεχίσουμε. Προφανώς και δεν μπορούν να αναφερθούν σε ένα σύγγραμμα, όλα όσα θα πούμε και θα αναλύσουμε στην ύπαιθρο, σε άμεση επαφή με τα πετρώματα και τις δομές. Όλα αυτά, δηλαδή, που αφορούν στα «μυστικά και τα κόλπα» (“tips and tricks” στα ελληνικά) του, ιδιαίτερου από κάθε άποψη, αντικειμένου της γεωλογικής χαρτογράφησης και εργασίας στην ύπαιθρο. Και ακριβώς σε αυτό το θέμα της πρακτικής αντιμετώπισης της Γεωλογίας στην ύπαιθρο έρχεται να εσιτιάσει και να δώσει διέξοδο το βιβλίο αυτό, δεδομένου ότι επιστημονικά και σε θεωρητικό επίπεδο οι φοιτητές ακούνε και ξανα-ακούνε για όλα αυτά τα πράγματα στα μαθήματα στο αμφιθέατρο. Για παράδειγμα για να κάνει κάποιος γεωλογική χαρτογράφηση πρέπει να «κατέχει» από τεκτονική, στρωματογραφία, πετρολογία, ορυκτολογία κ.λπ. Στόχο του συγκεκριμένου συγγράμματος δεν αποτελεί να κάνουμε μια επανάληψη της ύλης των αντικειμένων αυτών, αλλά να εσιτιάσουμε στο πως τη γνώση αυτή (που τη θεωρούμε δεδομένη για τους φοιτητές) θα την εφαρμόσουμε και θα την χρησιμοποιήσουμε στην ύπαιθρο. Απλά και πρακτικά πράγματα, αλλά πολύ σημαντικά για την ουσιαστική κατανόηση και εμπέδωση της Γεωλογίας.

Το σύγγραμμα αυτό απευθύνεται, κατά κύριο λόγο, στους φοιτητές του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος της Αθήνας. Η διευκρίνιση αυτή γίνεται γιατί η ύλη είναι προσαρμοσμένη με βάση αυτά που οι φοιτητές μας διδάσκονται στα υπόλοιπα μαθήματα, αλλά και στα εργαστήρια και στις ασκήσεις υπαίθρου, του Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος. Στην Ελλάδα, το μόνο αντίστοιχο σύγγραμμα που κυκλοφορεί είναι αυτό του αγαπητού συναδέλφου Μάρκου Τρανού από το Τμήμα Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Στο εξαιρετικό αυτό σύγγραμμα, με τίτλο «Γεωλογικές Χαρτογραφήσεις – Γεωλογικοί Χάρτες και Τομές», περιλαμβάνεται ένα μεγάλο τμήμα ύλης, που στο δικό μας Τμήμα διδάσκεται στα πλαίσια άλλων μαθημάτων και εργαστηρίων και συγκεκριμένα των υποχρεωτικών μαθημάτων της «Εισαγωγής στη Γεωλογία», της «Τεκτονικής» και της «Γεωλογίας Ελλάδας». Η ιδιαιτερότητα αυτή, σε συνδυασμό με τη μεγάλη διαφορά στην ελληνική ορολογία και την απόδοση των ξενόγλωσσων (αγγλικών στην πλειονότητά τους) γεωλογικών όρων στα ελληνικά, που υπάρχει ανάμεσα στα συναφή εκπαιδευτικά ιδρύματα της Ελλάδας, καθόρισε την απόφασή μας για την έκδοση του συγκεκριμένου συγγράμματος.

Αλλωστε, η ιδιαιτερότητα του αντικειμένου της γεωλογικής χαρτογράφησης και των ασκήσεων υπαίθρου, έχει ως αποτέλεσμα και η διεθνής βιβλιογραφία να είναι σχετικά πτωχή σε αντίστοιχα συγγράμματα, σε σχέση με άλλα «αδελφά» και συναφή αντικείμενα όπως π.χ. η Τεκτονική (Structural Geology) ή τα Ιζηματογενή

Πετρώματα (Sedimentary Rocks) κ.λπ. Τα πιο πρόσφατα αναθεωρημένα και ενημερωμένα συγγράμματα στη διεθνή βιβλιογραφία είναι σήμερα τα:

- «Geological Field Techniques», των Coe, L., A. (editor), Argles, W., T., Rothery, A. D., Spicer, A., R. (εκδόσεις Wiley-Blackwell, 2010)
- «Basic Geological Mapping» των Lishle, J., R., Brabham, P., Barnes, J. (εκδόσεις Wiley-Blackwell, 2011).
- Η τριλογία «Sedimentary Rocks in the Field: A Practical Guide», του Tucker, E., M. (εκδόσεις Wiley-Blackwell, 2011),
- «The Field Description of Igneous Rocks», των Jeram, D. & Petford, N. (εκδόσεις Wiley-Blackwell, 2011)
- «The Field Description of Igneous Rocks», του Fry, N. (εκδόσεις John Wiley & Sons, 1997)
- «The Mapping of Geological Structures», του Mc Clay, K. (εκδόσεις Wiley-Blackwell, 1991),
- «Introduction to Geological Structures and Maps», των Bennison, M., G., Olver, A., P. & Moseley, A., K., C. (εκδόσεις Routledge, 2011)

Προφανώς κυκλοφορούν στην αγορά (βλπ. [www.amazon.co.uk](http://www.amazon.co.uk)) και παλαιότερα συγγράμματα με αντίστοιχο περιεχόμενο, αλλά και σύντομες αναφορές για την εργασία στην ύπαιθρο, σε συγγράμματα συναφών αντικειμένων, κυρίως της Τεκτονικής Γεωλογίας (π.χ. στο «Structural Geology of Rocks and Regions», των Davis, H., G., Reynolds, J., S. & Kluth, F., Ch., εκδόσεις John Wiley & Sons, Inc., 2011).

Η γλώσσα που έχει γραφτεί το σύγγραμμα αυτό είναι, από επιλογή, πιο ελεύθερη και όχι «ξερή» και «τυποποιημένη», χωρίς αυτό να σημαίνει ότι χάνει την επιστημονικότητά της. Στο βουνό, άλλωστε, δεν φοράμε τα καλά μας ρούχα. Όλα στη φύση είναι αλλιώς, πιο απλά, πιο αληθινά και πολύ πιο ουσιαστικά. Δεν χρειάζεται να φοράμε «μάσκες» ούτε να παίζουμε «ρόλους». Στην εργασία υπαίθρου, πολύ πιο εύκολα, οι ρόλοι εναλλάσσονται διαρκώς και έτσι έχουμε όλοι την ευκαιρία να γινόμαστε καλύτεροι μαθητές, καλύτεροι δάσκαλοι, και καλύτεροι άνθρωποι.

Στο σημείο αυτό οφείλουμε να ευχαριστήσουμε θερμά όλους όσους συνέβαλαν ώστε να ολοκληρωθεί η προσπάθεια αυτή:

- τη δράση του Κάλλιπου, «Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα» για την προσπάθεια εισαγωγής του ηλεκτρονικού, διαδραστικού, πολυμεσικού βιβλίου στην Ανώτατη Εκπαίδευση,
- τον κριτικό αναγνώστη Καθηγητή κ. Ευθύμη Λέκκα, για τη σημαντική συμβολή του και τις ουσιαστικές παρατηρήσεις του στη διαμόρφωση του περιεχόμενου και των κεφαλαίων,
- τον κ. Δημήτρη Καλλιάρια για τη γλωσσική επιμέλεια του κειμένου,
- το προσωπικό του Help Desk και τη Νομική Σύμβουλο κα Αικατερίνη Βράττη, που ανταποκρίθηκαν και υποστήριξαν με υπομονή και ευγένεια όλα τα ερωτήματα και τις απορίες μας,
- τους μεταπτυχιακούς φοιτητές Γιώργο Παπαντωνίου, Msc., Σοφία Λάσκαρη και Βαρβάρα Τσιρώνη για τη συμμετοχή τους και τη βοήθειά τους (τεχνική και επιστημονική) σε όλες τις βιντεοσκοπήσεις που συνοδεύουν το κείμενο.
- τους αγαπητούς συναδέλφους ΔΕΠ και ΕΔΙΠ του Τμήματος Καθηγ. Μαρία Τριανταφύλλου, Αν. Καθηγ. Θανάση Γκοντελίτσα, Επίκ. Καθηγ. Γιάννη Αλεξόπουλο, Λέκτ. Μανώλη Βασιλάκη, Δρ. Χάρη Κράνη και Δρ. Μανώλη Σκούρτσο, καθώς και τη νοσηλεύτρια του Ιατρείου Εργασιακής Υγιεινής, κα. Χαρά Καραγεώργου, MSc, που στηρίζουν και υποστηρίζουν το διατομεακό αυτό μάθημα, «εντός και εκτός των τειχών» (αμφιθέατρο και ύπαιθρο),
- τον τέως Πρόεδρο του Τμήματος Καθηγητή κ. Μ. Σταματάκη, που πρώτος υποστήριξε επιστημονικά και οικονομικά τη «μεγάλη» αυτή άσκηση υπαίθρου του Τμήματος, αλλά και τον νυν Πρόεδρο Καθηγητή κ. Ν. Βούλγαρη, που συνεχίζει να τη στηρίζει (και υποστηρίζει), παρά τις δύσκολες οικονομικές συγκυρίες.

Ολοκληρώνουμε τον μακροσκελή αυτό πρόλογο, με την επισήμανση της ιδιαίτερης σημασίας που έχει η άσκηση των φοιτητών στην ύπαιθρο, δεδομένου ότι αποτελεί προαπαιτούμενο επιστημονικής επάρκειας για το πτυχίο τους, σε παγκόσμιο επίπεδο. Για παράδειγμα, στο Ηνωμένο Βασίλειο για να υπάρξει η διαπίστευση ενός προγράμματος σπουδών, κάποιου Τμήματος Γεωλογίας τετραετούς φοίτησης, από τη Γεωλογική τους Εταιρεία (The Geological Society), απαιτούνται 70 έως 102 ημέρες υποχρεωτικής άσκησης και εκπαίδευσης

στην ύπαιθρο (βλπ. Butler, R.: «Teaching Geoscience through Fieldwork». GEES Learning and Teaching Guide, 56 p.). Στόχος, λοιπόν, όλης της ομάδας που συμμετέχει στο μάθημα της Γεωλογικής Χαρτογράφησης είναι να αναβαθμισθούν ακόμα περισσότερο, αλλά και να αυξηθούν σε διάρκεια, οι ασκήσεις υπαίθρου του Τμήματος, ώστε να προσεγγίσουν το επίπεδο αυτό.

*Ραντεβού στο βουνό*



*Στέλιος Λόζιος  
Κωστής Σούκης  
Βαρβάρα Αντωνίου*





## Κεφάλαιο 1:

# Το πλαίσιο εργασίας της γεωλογικής χαρτογράφησης

### Σύνοψη

Το σημαντικότερο τμήμα της εργασίας που κάνει ένας γεωλόγος πραγματοποιείται στην ύπαιθρο. Τα ορυκτά, τα πετρώματα, οι τεκτονικές δομές που δημιουργούνται από την παραμόρφωση των πετρωμάτων, τα απολιθώματα που χρησιμοποιούμε για τη χρονολόγηση των στρωμάτων, τα κοιτάσματα και οι υπόλοιποι ορυκτοί και φυσικοί πόροι βρίσκονται ..... «κάπου εκεί έξω», δηλαδή στην ύπαιθρο. Η βασικότερη γεωλογική εργασία υπαίθρου, η δουλειά υποδομής, όπως συνηθίζουμε να λέμε, είναι η γεωλογική χαρτογράφηση και η κατασκευή του γεωλογικού χάρτη μιας περιοχής. Ένας τέτοιος χάρτης είναι απαραίτητος σε όλους τους κλάδους και τις εξειδικεύσεις της γεωλογίας, είτε αυτές έχουν καθαρά θεωρητικό προσανατολισμό είτε -πολύ περισσότερο- εφαρμοσμένο στόχο και αντικείμενο. Η κλίμακα χαρτογράφησης, η λεπτομέρεια απεικόνισης των γεωλογικών σχηματισμών, το περιεχόμενο και η πληροφορία που περιλαμβάνει ένας γεωλογικός χάρτης βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση με την εργασία και τον στόχο που εξυπηρετεί.

### Προσπαιτούμενη γνώση

Οι βασικές γνώσεις που δίνονται στο μάθημα της Εισαγωγής στη Γεωλογία. Η ύλη από το αντίστοιχο κεφάλαιο των σημειώσεων που δίνονται στους φοιτητές και είναι αναρτημένη στην πλατφόρμα e-Class. Η ηχογραφημένη παράδοση (βιντεοδιάλεξη) από το αντίστοιχο κεφάλαιο, που έγινε στο πλαίσιο της δράσης «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα» και φιλοξενείται στην πλατφόρμα Open Delos.

## 1.1 Εργασία υπαίθρου και γεωλογική χαρτογράφηση

Η επιστήμη της Γεωλογίας περιλαμβάνει πολλούς κλάδους και εξειδικεύσεις, καθένας από τους οποίους έχει τις δικές του μεθοδολογίες και τεχνικές που χρησιμοποιεί για την εργασία στην ύπαιθρο. Οι παλαιοντολόγοι και οι στρωματογράφοι, για παράδειγμα, ενδιαφέρονται για τον εντοπισμό, συλλογή και μελέτη των απολιθωμάτων που βρίσκονται στα ιζηματογενή πετρώματα, ενώ οι τεκτονικοί γεωλόγοι, αντίστοιχα, για τη μελέτη και ανάλυση των τεκτονικών δομών, που σχετίζονται με την παραμόρφωση των πετρωμάτων και της λιθόσφαιρας. Οι κοιτασματολόγοι, για τα χαρακτηριστικά, τα αποθέματα και την κατανομή των κοιτασμάτων που αναπτύσσονται στο εσωτερικό, ή τις επαφές των γεωλογικών σχηματισμών και οι πετρολόγοι για τον προσδιορισμό των διαφόρων πετρολογικών τύπων που συμμετέχουν σε μια ακολουθία ή ενότητα πετρωμάτων. Οι τεχνικοί γεωλόγοι για τις μηχανικές παραμέτρους και τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των διαφόρων κατηγοριών πετρωμάτων και γεωλογικών σχηματισμών και οι σεισμολόγοι για τον μηχανισμό διάρρηξης και τον τρόπο διάδοσης των σεισμικών κυμάτων στις διάφορες κατηγορίες πετρωμάτων.

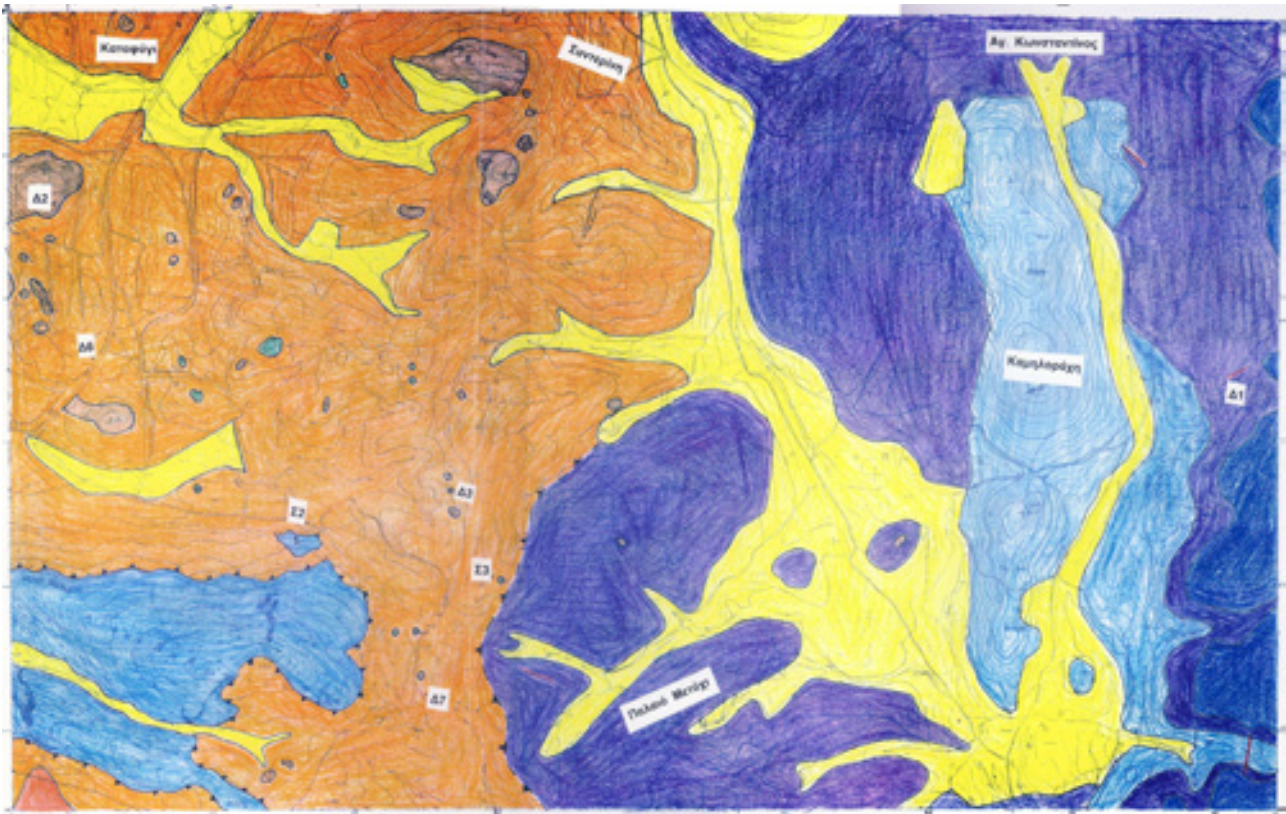
Από όλα τα παραπάνω είναι ξεκάθαρο ότι το σύνολο των ειδικοτήτων και ειδικεύσεων της Γεωλογίας, με τον έναν ή τον άλλο τρόπο, βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με τις διάφορες κατηγορίες πετρωμάτων, γεωλογικών σχηματισμών και γεωλογικών ενοτήτων, καθώς και με τον τρόπο που αυτές σχετίζονται και συνδέονται μεταξύ τους στον τρισδιάστατο χώρο, δηλαδή με τη γεωλογική και τεκτονική δομή. Όλοι οι γεωλόγοι, ανεξαρτήτως ειδικότητας, όταν εργάζονται στην ύπαιθρο θέλουν να ξέρουν «πού πατάνε και πού βρίσκονται», να γνωρίζουν, δηλαδή, το γεωλογικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα αναπτύξουν την έρευνά τους. Την πληροφορία αυτή θα την πάρουν από τον **γεωλογικό χάρτη** της περιοχής που μελετούν. Άρα η **γεωλογική χαρτογράφηση** αποτελεί τη βασική εργασία, τη βασική δουλειά υποδομής -και ο γεωλογικός χάρτης το πιο σημαντικό εργαλείο- πάνω στο οποίο θα στηριχθούν όλες οι επιμέρους ειδικότητες, θεωρητικές ή εφαρμοσμένες, για να προσανατολίσουν και να κατευθύνουν τα ερευνητικά τους αντικείμενα και στόχους.

Ένας γεωλογικός χάρτης δεν είναι τίποτε περισσότερο από τη χωρική κατανομή και αποτύπωση των διαφόρων κατηγοριών πετρωμάτων, γεωλογικών σχηματισμών και γεωλογικών ή γεωτεκτονικών ενοτήτων, καθώς και των δομών που τις συνδέουν, πάνω σε ένα τοπογραφικό υπόβαθρο. Για να κατασκευασθεί ένας γεωλογικός χάρτης απαιτείται συγκεκριμένη **εργασία υπαίθρου**, που έχει τη δική της μεθοδολογία και τεχνική. Ένας γεωλόγος που ασχολείται με τη γεωλογική χαρτογράφηση και την εργασία υπαίθρου που αυτή συνεπάγεται, κατ' ελάχιστον, πρέπει:

- να είναι εξοικειωμένος με την **πεζοπορία** στην ύπαιθρο (όχι πάντα από δρόμους ή μονοπάτια) σε όλα τα υψόμετρα.
- να είναι εξοικειωμένος με τη χρήση του εξοπλισμού που απαιτείται για την εργασία στην ύπαιθρο.
- να γνωρίζει και να τηρεί όλους τους **κανονισμούς ασφαλείας**, που διέπουν τόσο την εργασία στην ύπαιθρο και τους κινδύνους που αυτή συνεπάγεται, όσο και την ασφαλή χρήση του εξοπλισμού.
- να είναι εξοικειωμένος με την **τοπογραφία** και τις **δομές του αναγλύφου**, και να μπορεί να τις αναγνωρίζει και να τις εντοπίζει στον χάρτη, τόσο αυτές που βρίσκονται κοντά του, στον χώρο που κινείται, όσο και αυτές που βρίσκονται σε μακρινή απόσταση, μέσα στο οπτικό του πεδίο.
- να αναγνωρίζει τις διάφορες **κατηγορίες πετρωμάτων** και **γεωλογικών σχηματισμών**, με βάση: i) τα δομικά χαρακτηριστικά τους, ii) τους μακροσκοπικούς και μικροσκοπικούς (εξέταση με τη λούπα) χαρακτήρες τους, iii) την υφή και τη δομή της εμφάνισής τους στην ύπαιθρο, από κοντινή και μακρινή απόσταση και iv) τις μορφολογικές ιδιαιτερότητες και τις χαρακτηριστικές γεωμορφές με τις οποίες σχετίζονται.
- να ταξινομεί και να εντάσσει τα πετρώματα αυτά στις **γεωλογικές** και **γεωτεκτονικές** ενότητες που ανήκουν, αξιοποιώντας όλη την πληροφορία που του δίνουν (απολιθώματα, ηλικίες, φάσεις, ιζηματολογικά χαρακτηριστικά, ορυκτολογική σύσταση και ιστολογικοί χαρακτήρες, πετρολογικά χαρακτηριστικά, τεκτονικές δομές και παραμόρφωση, φάσεις μεταμόρφωσης κ.λπ.).
- να **αποτυπώνει** με ακρίβεια τα πετρώματα και τους λιθολογικούς σχηματισμούς που έχει διακρίνει, στο τοπογραφικό υπόβαθρο (χάρτη), που χρησιμοποιεί.
- να αναγνωρίζει το είδος και τη γεωμετρία των **γεωλογικών ορίων** (επαφών) και να τα αποτυπώνει στον χάρτη.
- να αναγνωρίζει τις **τεκτονικές δομές** σε όλες τις κλίμακες παρατήρησης, την επίδρασή τους στη μορφολογία και το ανάγλυφο, να αναγνωρίζει τα γεωμετρικά και κινηματικά χαρακτηριστικά τους, και να παίρνει μετρήσεις των απαραίτητων τεκτονικών στοιχείων.
- να εντοπίζει και να συλλέγει τα κατάλληλα **δείγματα**, είτε για προσδιορισμό απολιθωμάτων είτε για ορυκτολογικούς και πετρολογικούς προσδιορισμούς.
- να συνειδητοποιεί και να αναγνωρίζει τη **γεωλογική** και **τεκτονική δομή** και τη σχέση ανάμεσα στους διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς τόσο επιφανειακά, όσο και στο βάθος (στις τρεις διαστάσεις) και
- να κατασκευάζει **γεωλογικές τομές**, **λιθοστρωματογραφικές στήλες**, **τεκτονικά σκίτσα** και **πανοράματα**, αλλά και **στερεοδιαγράμματα** (3D απεικονίσεις), αντιπροσωπευτικά της παραμόρφωσης των πετρωμάτων,
- .... και πολλά άλλα μυστικά, τεχνικές και μεθοδολογίες (tips & tricks), που θα αναλύσουμε με λεπτομέρεια στα επόμενα κεφάλαια.



**Εικόνα 1.1** Στην **αριστερή φωτογραφία** φοιτητές πεζοπορούν στην ύπαιθρο αναζητώντας γεωλογικά στοιχεία και δεδομένα, για την αναγνώριση των πετρωμάτων και της γεωλογικής δομής, στα πλαίσια της άσκησης υπαίθρου του μαθήματος της Γεωλογικής Χαρτογράφησης. Στη **δεξιά φωτογραφία** φοιτητές ασκούνται από τους εκπαιδευτές τους στην αναγνώριση του αναγλύφου και στις μεθόδους και τεχνικές αποτύπωσης των γεωλογικών σχηματισμών και των ορίων τους στο τοπογραφικό υπόβαθρο.



**Εικόνα 1.2** Γεωλογικός χάρτης περιοχής της Λαυρεωτικής, σε κλίμακα 1:5.000, που έχει κατασκευασθεί από φοιτητές στα πλαίσια της άσκησης υπαίθρου για το μάθημα της Γεωλογικής Χαρτογράφησης.

Στο βιβλίο αυτό θα ασχοληθούμε με όλες τις μεθόδους και τεχνικές που εφαρμόζονται στην εργασία υπαίθρου, προκειμένου να συνταχθεί ένας γεωλογικός χάρτης. Είναι προφανές ότι η εργασία ενός γεωλόγου που ασχολείται με την κατασκευή ενός γεωλογικού χάρτη είναι σύνθετη και πολύπλοκη και απαιτεί γνώσεις **τεκτονικής**, αλλά και γνώσεις **παλαιοντολογίας**, **στρωματογραφίας**, **πετρολογίας** και ορυκτολογίας. Η γεωλογική χαρτογράφηση είναι ένα αντικείμενο που απαιτεί όχι μόνο θεωρητικές γνώσεις, αλλά πρωτίστως εμπειρία στην ύπαιθρο, την οποία κατακτά κανείς «γράφοντας πολλά χιλιόμετρα στο κοντέρ», όχι τρέχοντας, αλλά παρατηρώντας προσεκτικά, μετρώντας, εξετάζοντας, σημειώνοντας και σχεδιάζοντας με λεπτομέρεια στον χάρτη και στο τετράδιο υπαίθρου.



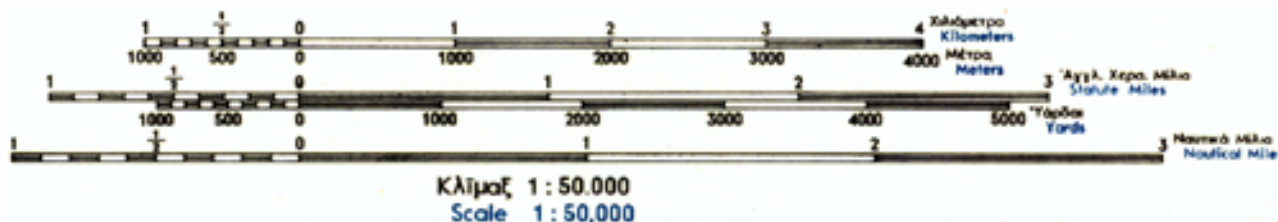
**Εικόνα 1.3** Φοιτητές εκπαιδεύονται στη λήψη ενόργανων μετρήσεων, στα πλαίσια του μαθήματος της Υδρογεωλογίας. Είναι προφανές ότι η εργασία υπαίθρου στις διάφορες ειδικότητες και κατευθύνσεις της Γεωλογίας περιλαμβάνει πολύ περισσότερα πράγματα από αυτά που αφορούν τη γεωλογική χαρτογράφηση.

Η ύλη του βιβλίου αυτού θα περιοριστεί στις μεθοδολογίες και τεχνικές που αφορούν αποκλειστικά στη

Γεωλογική Χαρτογράφηση. Δεν μπορεί και δεν έχει σκοπό, να καλύψει όλες τις τεχνικές και μεθοδολογίες που εφαρμόζονται στην ύπαιθρο σε όλους τους κλάδους και τις εξειδικεύσεις της Γεωλογίας. Για παράδειγμα δεν θα περιγράψουμε πώς παίρνει κανείς μια αναλυτική στρωματογραφική τομή (με δειγματοληψία) σε μια ιζηματογενή ακολουθία, ύλη που τη διδάσκεται στις ασκήσεις υπαίθρου του αντίστοιχου μαθήματος, αλλά θα πούμε πώς αναζητούμε, εντοπίζουμε, αξιολογούμε και παίρνουμε δείγμα από μια απολιθωματοφόρο θέση για προσδιορισμό της ηλικίας του σχηματισμού (που, όντως, αποτελεί μέρος της δουλειάς του γεωλόγου-χαρτογράφου). Ούτε θα επεκταθούμε στις μεθόδους και τεχνικές στην ύπαιθρο που απαιτούν οι ενόργανες γεωφυσικές διασκοπήσεις και οι εφαρμογές τους, αλλά απλά θα σχολιάσουμε σε ποιες περιπτώσεις λειτουργούν επικουρικά, ώστε να επιβεβαιώσουμε και να αποσαφηνίσουμε τη γεωλογική δομή σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βάθος (ανάλογα με τη μέθοδο). Οι τεχνικές αυτές καλύπτονται, άλλωστε, αναλυτικά και επαρκώς στις ασκήσεις υπαίθρου του αντίστοιχου μαθήματος της Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής.

## 1.2 Κλίμακα χάρτη και κλίμακα παρατήρησης

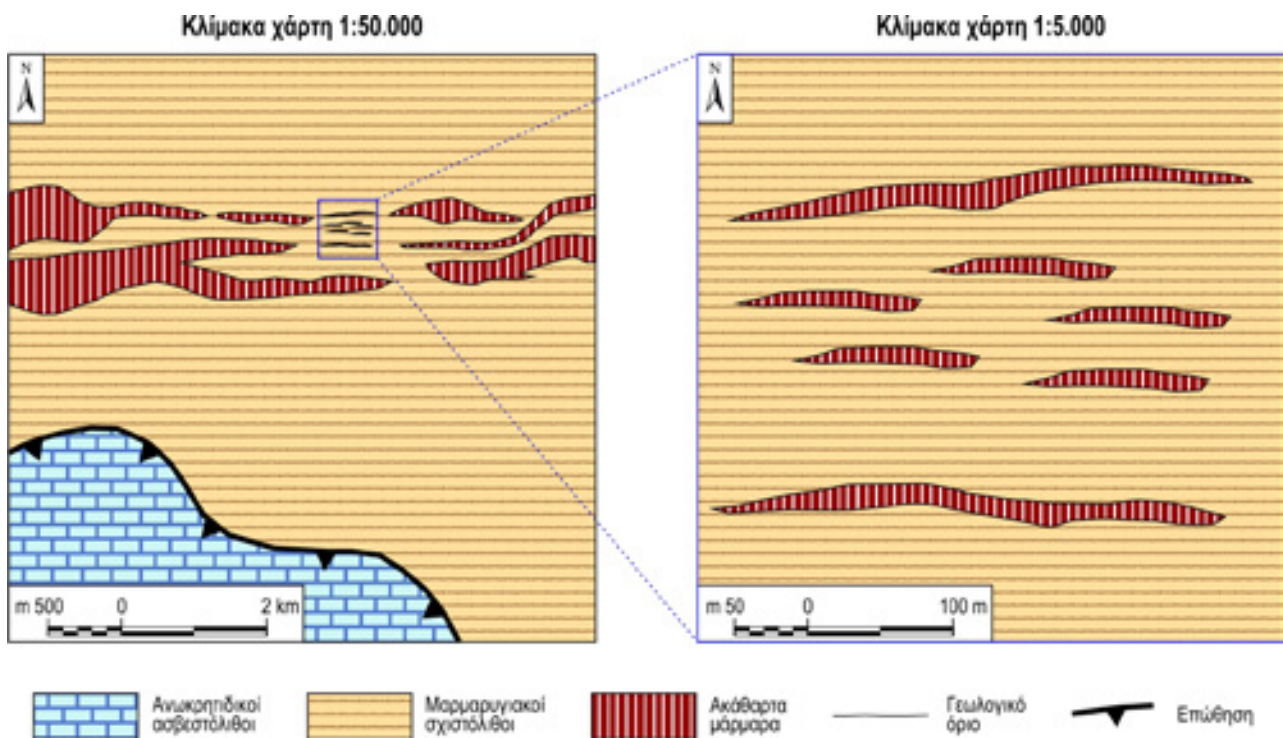
Όπως αναφέρθηκε ο γεωλογικός χάρτης συντάσσεται πάνω σε ένα τοπογραφικό υπόβαθρο μιας συγκεκριμένης κλίμακας. Η κλίμακα στους χάρτες αναπαρίσταται συνήθως γραμμικά, αλλά και αριθμητικά, δηλαδή με ένα κλάσμα (μια αναλογία), που δείχνει μια μονάδα μήκους στον χάρτη σε πόσες μονάδες αντιστοιχεί στην πραγματικότητα (δηλαδή στο έδαφος). Ο αριθμητής έχει πάντα τιμή 1 και αναφέρεται στη μονάδα μήκους στον χάρτη και ο παρονομαστής μια τιμή >1 που αντιστοιχεί στο πραγματικό μήκος στο έδαφος. Για παράδειγμα χάρτης κλίμακας 1:1.000 σημαίνει ότι απόσταση 1m στον χάρτη αντιστοιχεί σε 1.000m στο έδαφος, δηλαδή σε 1km, ή αντίστοιχα σημαίνει ότι απόσταση 1cm στον χάρτη αντιστοιχεί σε απόσταση 1.000cm στο έδαφος, δηλαδή σε 10m. Σε άλλο παράδειγμα, αν η κλίμακα του χάρτη είναι 1:50.000, τότε αυτό σημαίνει ότι 1cm στον χάρτη αντιστοιχεί σε 50.000cm, δηλαδή 500m, στην πραγματικότητα (στο έδαφος). Το κλάσμα 1:1.000 έχει τιμή μεγαλύτερη από το κλάσμα 1:50.000, άρα η κλίμακα 1:5.000 είναι μεγαλύτερη από την κλίμακα 1:50.000. Δηλαδή όσο μικρότερος είναι ο παρονομαστής του κλάσματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η κλίμακα και αντίθετα όσο αυξάνει ο παρονομαστής, τόσο η κλίμακα γίνεται μικρότερη.



**Εικόνα 1.4** Γραμμική και αριθμητική κλίμακα, όπως αποτυπώνονται στους τοπογραφικούς χάρτες κλίμακας 1:50.000 της ΓΥΣ (Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού). Η γραμμική κλίμακα παραμένει αληθής ακόμα και αν ο χάρτης σμικρυνθεί ή μεγεθυνθεί, σε αντίθεση με την αριθμητική, που παραμένει αληθής μόνο όσο δεν αλλάζουν οι αναλογίες του χάρτη.

Στη Γεωλογία υπάρχει άλλη μία έννοια που αναφέρεται στην «κλίμακα παρατήρησης». Για παράδειγμα η ειδίκευση της Μικροτεκτονικής (κλάδος της Τεκτονικής Γεωλογίας) μελετά τις τεκτονικές μικρο-δομές και την παραμόρφωση σε κλίμακα ορυκτού, δηλαδή στη μικρή κλίμακα παρατήρησης, χρησιμοποιώντας μικροσκόπιο. Αντίθετα στον κλάδο της Γεωτεκτονικής, που μελετά και εξετάζει τις μακρο-δομές, εργαζόμαστε στη μεγάλη κλίμακα παρατήρησης, χρησιμοποιώντας, για παράδειγμα, δορυφορικές εικόνες. Αντίστοιχα, ένας λιθολογικός σχηματισμός στη μεγάλη κλίμακα παρατήρησης (π.χ. από μακριά στην ύπαιθρο) μπορεί να εμφανίζεται ενιαίος και ομοιογενής, ενώ η εξέτασή του εκ του πλησίον φανερώνει ότι παρουσιάζει, τοπικά, λιθολογικές διαφοροποιήσεις, δηλαδή είναι ανομοιογενής.

Με αντίστοιχη έννοια χρησιμοποιείται και ο όρος «κλίμακα εμφάνισης». Μικρής κλίμακας εμφανίσεις (γεωλογικών σχηματισμών, γεωλογικών δομών κ.λπ.) σημαίνει μικρού μεγέθους εμφανίσεις, ή δομές (π.χ. της τάξης του μέτρου ή της τάξης μερικών μέτρων) και αντίστοιχα λέγοντας μεγάλης κλίμακας εμφανίσεις, εννοούμε εμφανίσεις (ή δομές) της τάξης εκατοντάδων ή και χιλιάδων μέτρων. Για παράδειγμα ενδιαστρώσεις μαρμάρων σε σχιστολίθους πάχους 0,5m, είναι εμφανίσεις μικρής κλίμακας (δηλαδή μικρού μεγέθους), σε αντίθεση με ενδιαστρώσεις της τάξης των μερικών δεκάδων μέτρων, που προφανώς αποτελούν μεγάλης κλίμακας (δηλαδή μεγάλου μεγέθους) εμφανίσεις.



**Εικόνα 1.5** Σε έναν μεγάλης κλίμακας χάρτη (π.χ. 1:5.000) μπορεί να αποτυπωθεί μεγαλύτερη γεωλογική λεπτομέρεια, δηλαδή να αποτυπωθούν και οι μικρότερης κλίμακας εμφανίσεις ενός σχηματισμού στην ύπαιθρο, σε αντίθεση με έναν μικρής κλίμακας χάρτη (π.χ. 1:50.000), όπου οι εμφανίσεις αυτές εξαφανίζονται κυριολεκτικά, αφού είναι μικρότερες ακόμα και από το πάχος της γραμμής που χρησιμοποιείται για τα γεωλογικά όρια.

Αν συσχετίσουμε τις έννοιες αυτές με την έννοια «κλίμακα χάρτη», είναι προφανές ότι για να αποτυπώσω χαρτογραφικά μικρής κλίμακας εμφανίσεις πρέπει να δουλέψω σε χάρτη μεγάλης κλίμακας (π.χ. 1:1.000 ή 1:5.000), ενώ αντίθετα για να χαρτογραφήσω μεγάλης κλίμακας δομές και εμφανίσεις χρειάζομαι έναν χάρτη μικρής κλίμακας (π.χ. 1:100.000 ή 1:500.000). Αυτό είναι εύκολα κατανοητό αν αναλογιστεί κανείς ότι μια μικρής κλίμακας εμφάνιση ενός πετρώματος στην ύπαιθρο, της τάξης των 10 μέτρων για παράδειγμα, είναι αδύνατον να αποτυπωθεί σε έναν μικρής κλίμακας χάρτη, π.χ. 1:100.000, αφού το 1mm στον χάρτη θα αντιστοιχεί στην ύπαιθρο (στο έδαφος) σε 100.000mm, δηλαδή σε 100m. Με άλλα λόγια εμφανίσεις των 100m στην ύπαιθρο θα αντιστοιχούν σε εμφανίσεις, μόλις, του 1mm στον χάρτη. Αρα ούτε λόγος για απεικόνιση εμφανίσεων της τάξης των 10m σε αυτή την κλίμακα. Για την περίπτωση αυτή χρειαζόμαστε έναν χάρτη μεγάλης κλίμακας, π.χ. 1:1.000, όπου το 1cm στον χάρτη αντιστοιχεί σε 1.000cm, δηλαδή 10m, στο έδαφος. Με άλλα λόγια εμφανίσεις της τάξης των 10m στην ύπαιθρο θα αντιστοιχούν σε εμφανίσεις του 1cm στον χάρτη. Άρα συνοπτικά:

- για την αποτύπωση **μικρής κλίμακας εμφανίσεων** απαιτείται **μεγάλης κλίμακας χάρτης** και
- για την αποτύπωση **μεγάλης κλίμακας εμφανίσεων** απαιτείται **μικρής κλίμακας χάρτης**,

ή όπως θα μπορούσαμε να το εκφράσουμε και αλλιώς:

- ένας **μεγάλης κλίμακας χάρτης** αποτυπώνει **μεγάλη γεωλογική λεπτομέρεια**, ενώ
- ένας **μικρής κλίμακας χάρτης**, αποτυπώνει **μικρή γεωλογική λεπτομέρεια**.

### 1.3 Ο Γεωλογικός Χάρτης

Όπως αναφέρθηκε, ένας γεωλογικός χάρτης δεν είναι τίποτε περισσότερο από τη χωρική κατανομή και αποτύπωση των διαφόρων κατηγοριών πετρωμάτων, γεωλογικών σχηματισμών και γεωλογικών ή γεωτεκτονικών ενοτήτων, καθώς και των δομών που τις συνδέουν, πάνω σε ένα τοπογραφικό υπόβαθρο. Περιλαμβάνει, όμως, και πάρα πολλά άλλα στοιχεία και δεδομένα, απαραίτητα για την κατανόηση όσων απεικονίζει. Πιο συγκεκρι-

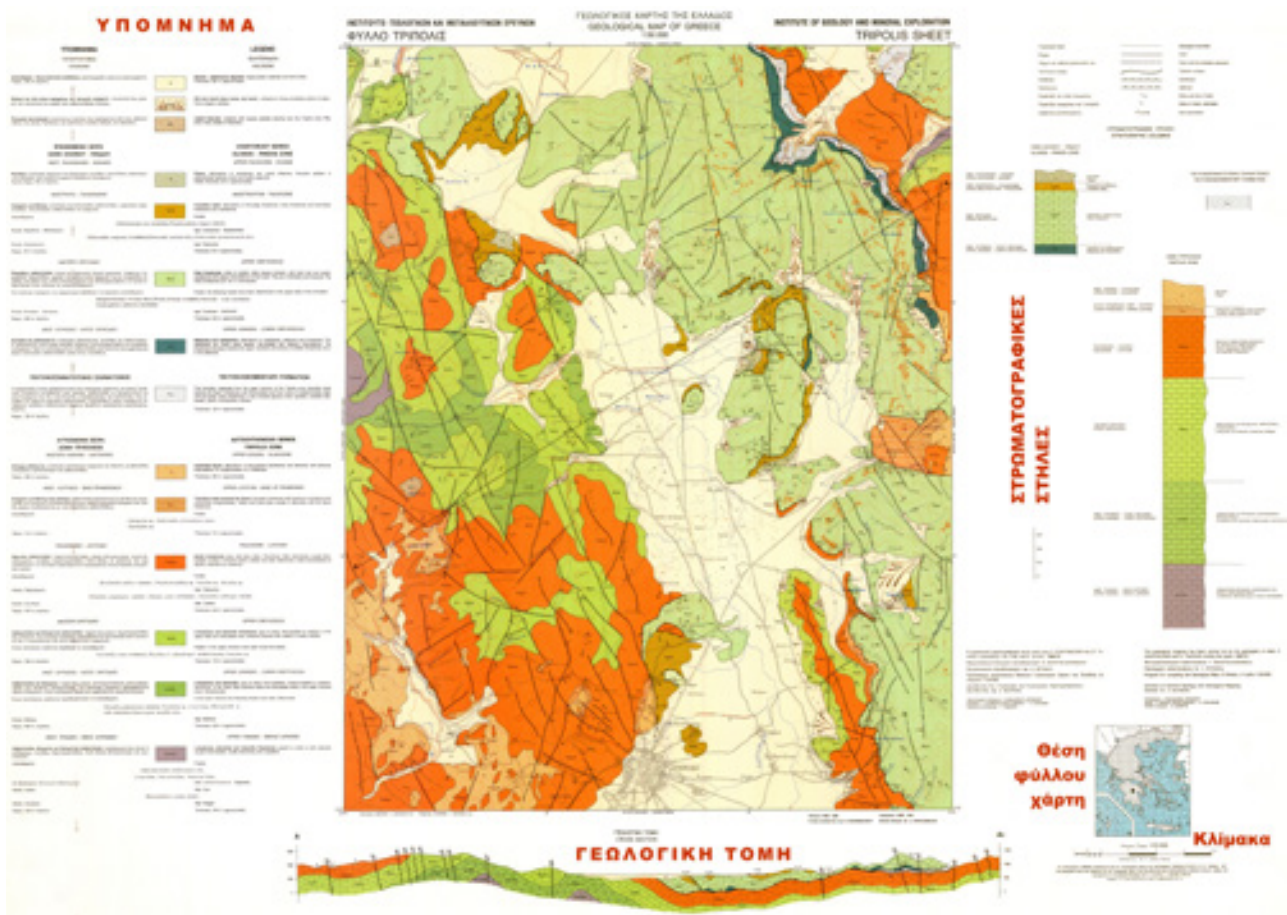
μένα, ένας γεωλογικός χάρτης περιλαμβάνει:

- ένα **τοπογραφικό υπόβαθρο**, καθορισμένης κλίμακας, ανάλογα με τη γεωλογική λεπτομέρεια που απαιτείται για τη συγκεκριμένη εργασία που προορίζεται ο χάρτης.
- την κατανομή και αποτύπωση πάνω στο τοπογραφικό υπόβαθρο των **γεωλογικών ενοτήτων** και των **πετρωμάτων** ή **γεωλογικών σχηματισμών**, που περιλαμβάνουν η καθεμία από αυτές, σημειωμένα με διαφορετικά χρώματα και/ή συμβολισμούς.
- τα **γεωλογικά όρια** (επαφές), που διαχωρίζουν τους γεωλογικούς σχηματισμούς μεταξύ τους, ταξινομημένα ανάλογα με το είδος τους (κανονικό ή τεκτονικό όριο) και τα οποία στον χάρτη συμβολίζονται με διαφορετικό πάχος, χρώμα και είδος γραμμής.
- τις **τεκτονικές δομές**, όπως ρήγματα και άξονες πτυχών και διάφορα τεκτονικά σύμβολα για την κλίση των στρωμάτων ή των φυλλώσεων, την κλίση των αξόνων των πτυχών και των γραμμώσεων, τη γεωμετρία και την κινηματική των ρηγμάτων.
- τις θέσεις με σημαντικές **μεταλλοφορίες** και εκμεταλλεύσιμους ορυκτούς πόρους.
- ένα **υπόμνημα** όπου περιγράφονται (ανά ενότητα και ηλικία) οι γεωλογικοί σχηματισμοί, η ηλικία τους, το πάχος τους, τα απολιθώματα που περιλαμβάνουν, καθώς και πολλά στρωματογραφικά, ιζηματολογικά, γεωμορφολογικά, τεκτονικά, πετρολογικά, ορυκτολογικά και γεωχημικά δεδομένα, ανάλογα με τους τύπους και τις κατηγορίες των πετρωμάτων που συμμετέχουν στον γεωλογικό χάρτη.
- ένα **υπόμνημα** για τα τεκτονικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται στον χάρτη, όπως γεωλογικά όρια, επωθήσεις, τεκτονικές επαφές, ρήγματα, διεύθυνση και κλίση στρωμάτων, άξονες πτυχών, γραμμώσεις κ.λπ.
- μία ή περισσότερες **γεωλογικές τομές**, αντιπροσωπευτικές για τη γεωλογική και τεκτονική δομή της περιοχής του χάρτη, που μας δίνουν την τρίτη διάσταση (δηλαδή τη δομή σε βάθος) σε έναν γεωλογικό χάρτη.
- μία ή περισσότερες, **λιθοστρωματογραφικές στήλες**, για το σύνολο των γεωλογικών ενοτήτων και σχηματισμών του χάρτη.
- την **κλίμακα** του χάρτη, σε γραμμική και αριθμητική απεικόνιση και
- διάφορα **συμπληρωματικά στοιχεία**, όπως την κλίμακα, το διάγραμμα της θέσης του φύλλου χάρτη, τη χρονική περίοδο χαρτογράφησης και το έτος έκδοσης, και την ομάδα των επιστημόνων που συμμετείχε στη χαρτογράφηση ή τη μελέτη και ανάλυση των δεδομένων.

Εκμεταλλεόμενοι όλα τα δεδομένα και την πληροφορία που μας δίνει ένας γεωλογικός χάρτης και το υπόμνημα που τον συνοδεύει, μπορούμε να κατανοήσουμε πολλά πράγματα, όπως:

- τη **γεωλογική ιστορία** και **εξέλιξη** των γεωλογικών σχηματισμών και ενοτήτων που περιλαμβάνονται σε αυτόν.
- την **ένταξή** τους στο γεωτεκτονικό πρότυπο και σύγχρονο γεωδυναμικό πλαίσιο της ευρύτερης περιοχής και
- τη διαχρονική **εξέλιξη** της **παραμόρφωσης** (και μεταμόρφωσης αν υπάρχουν και μεταμορφωμένα πετρώματα) και της **τεκτονικής δομής** της περιοχής.

Το σπουδαιότερο και σημαντικότερο, όμως, είναι ότι μπορούμε να αναπαραστήσουμε τη γεωλογική και γεωτεκτονική δομή της περιοχής στις **τρεις διαστάσεις** στον χώρο, σε ένα βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους της τάξης του ενός χιλιομέτρου ή και περισσότερο, ανάλογα με τα διαθέσιμα τεκτονικά στοιχεία και την επιφανειακή εξάπλωση των γεωλογικών σχηματισμών. Η απεικόνιση ενός γεωλογικού χάρτη μπορεί να είναι διδιάστατη και η άμεση πληροφόρηση που έχουμε να αφορά την επιφανειακή εξάπλωση των γεωλογικών σχηματισμών. Εκμεταλλεόμενοι, όμως, την πληροφορία για το ανάγλυφο από το τοπογραφικό υπόβαθρο, αλλά κυρίως αξιοποιώντας τα τεκτονικά στοιχεία και δεδομένα (γεωμετρία και δομή στρωμάτων και επαφών) που απεικονίζονται με ειδικά σύμβολα σε έναν γεωλογικό χάρτη, μπορούμε να έχουμε εύκολα **3D πληροφόρηση** και γεωλογική δομή. Για τον λόγο αυτό οι γεωλογικοί χάρτες συνοδεύονται από μία ή περισσότερες αντιπροσωπευτικές **γεωλογικές τομές**, που μας δίνουν στοιχεία όχι μόνο για την επιφανειακή εξάπλωση των σχηματισμών αλλά και για τη δομή τους στο βάθος.



**Εικόνα 1.6** Γεωλογικός χάρτης (φύλλο «Τρίπολις»), από τη σειρά του Βασιικού Γεωλογικού Χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000, του ΙΓΜΕ (Εξηγταβελόνης & Τακτικός, 1988). Εκτός από τον χάρτη που απεικονίζει τη βασική γεωλογική πληροφορία (γεωλογικοί σχηματισμοί, όρια, ρήγματα, τεκτονικά στοιχεία), περιλαμβάνει επίσης: υπόμνημα, γεωλογική τομή, στρωματογραφικές στήλες και άλλα πληροφοριακά στοιχεία (κλίμακα, διάγραμμα θέσης φύλλου χάρτη κ.λπ.).

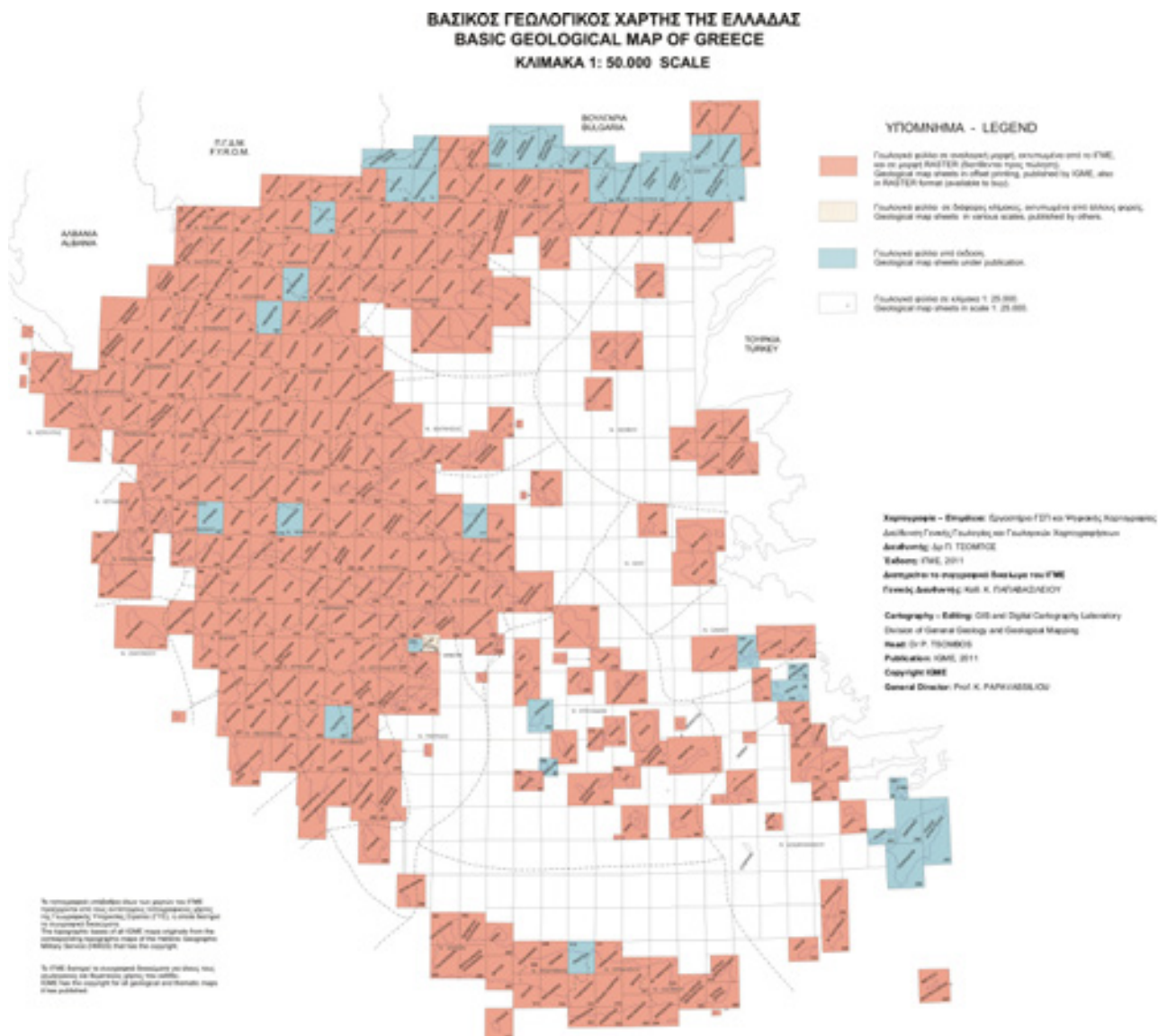
Τα τελευταία χρόνια υπάρχει η δυνατότητα να εισάγουμε σε συστήματα υπολογιστών και ειδικού λογισμικού (**GIS, Geographical Information Systems**), όλα τα στοιχεία ενός γεωλογικού χάρτη, τόσο αυτά που χαρακτηρίζουν την επιφανειακή εξάπλωση των πετρωμάτων και των δομών, όσο και αυτά που μας δίνουν την πληροφορία για την κατανομή τους στο βάθος. Αυτό μας επιτρέπει την πολύ πιο άμεση απεικόνιση και κατανόηση της γεωλογικής πληροφορίας και δομής σε **3D μοντέλα**, με άποψη από οποιαδήποτε γωνία και επίπεδο παρατήρησης. Ταυτόχρονα επιτρέπει και την πολύ καλύτερη οργάνωση όλων των στοιχείων και της πληροφορίας, που περιλαμβάνει ένας γεωλογικός χάρτης, σε **σχεσιακές βάσεις δεδομένων**, που μπορούν να εξυπηρετήσουν πολλές εφαρμογές, σε επίπεδο σχεδιασμού και όχι μόνο.

Είναι προφανές, ότι με όλη αυτή την πληροφορία που περιλαμβάνει ένας γεωλογικός χάρτης, αλλά και την τεχνολογία που διαθέτουμε σήμερα για να τη διαχειριστούμε, αποτελεί το βασικό εργαλείο με το οποίο μπορούμε να έχουμε μια πρώτη εικόνα και εκτίμηση για τη γεωλογική δομή της περιοχής που πρόκειται να εργασθούμε σε ένα θεωρητικό αντικείμενο της γεωλογίας (π.χ. συνθήκες μεταμόρφωσης ή σχέση παραμόρφωσης/μεταμόρφωσης σε μεταμορφωμένες ενότητες, στρωματογραφία και ιζηματολογία σε μη-μεταμορφωμένες ενότητες κ.λπ.), αλλά και να εντοπίσουμε τις περιοχές που πρέπει να καθοδηγήσουμε την έρευνά μας, για εφαρμοσμένα αντικείμενα της γεωλογίας, όπως:

- να εντοπίσουμε περιοχές με σημαντικούς **φυσικούς πόρους** (υδάτινα αποθέματα, υδρογονάνθρακες, μεταλλεύματα, βιομηχανικά ορυκτά, διακοσμητικούς λίθους κ.λπ.).
- να εντοπίσουμε περιοχές που μπορούν να εκδηλωθούν **φυσικοί κίνδυνοι** και καταστροφές (ενεργά και σεισμικά ρήγματα, κατολισθητικά φαινόμενα και μετακινήσεις μαζών, καθιζήσεις, ρευστοποιήσεις, ηφαιστειακή δραστηριότητα κ.λπ.).
- να πραγματοποιήσουμε τον **βασικό σχεδιασμό** για μεγάλα **τεχνικά έργα** (φράγματα, σήραγγες, γέφυρες, οδοποιία κ.λπ.).

## 1.4 Κατηγορίες και είδη Γεωλογικών Χαρτών

Ο επίσημος γεωλογικός φορέας, η Εθνική Γεωλογική Υπηρεσία, που ασχολείται συστηματικά με τη Γεωλογική Χαρτογράφηση του ελληνικού χώρου, είναι το σημερινό **ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών)**, που έχει μια μακρόχρονη ιστορία και εξέλιξη, αφού ιδρύθηκε το 1952 ως ΙΓΕΥ (Ινστιτούτο γεωλογικών ερευνών Υπεδάφους), για να μετονομασθεί στη συνέχεια σε ΕΘΙΓΜΕ (Εθνικό Ίδρυμα Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, 1972-1976), ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, 1976-2011), ΙΓΜΕΜ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών και Μελετών, 2011-2015) και τέλος πάλι ΙΓΜΕ (2015).



**Εικόνα 1.7** Διάγραμμα των 327 φύλλων της σειράς του «Βασικού Γεωλογικού Χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000», που έχει εκδώσει το ΙΓΜΕ και καλύπτει το σύνολο του ελληνικού χώρου. Όπως φαίνεται το 90% των φύλλων έχουν ήδη εκδοθεί και μόνο το 10% είναι υπό έκδοση. Οι χάρτες αυτοί αποτελούν το βασικό γεωλογικό υπόβαθρο, στο οποίο στηρίζονται όλες οι ειδικότητες των γεωλόγων για την εργασία υπαίθρου.

Το ΙΓΜΕΜ έχει εκδώσει τον «**Βασικό Γεωλογικό Χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000**» (βλπ. Εικ. 1.6 στην προηγούμενη σελίδα), που αποτελείται από μια πολυάριθμη σειρά φύλλων χάρτη (327 φύλλα). Τα περισσότερα από τα φύλλα αυτά έχουν ολοκληρωθεί και εκδοθεί, εκτός από ελάχιστες περιπτώσεις που είναι υπό έκδοση. Παρά τη μακρόχρονη διάρκεια που είχε η εκπόνηση αυτών των βασικών χαρτών (πάντα σε σύγκριση με αυτό που υφίσταται στις πιο ανεπτυγμένες ευρωπαϊκές χώρες) και διάφορα άλλα προβλήματα, όπως: i) η μικρή, σχετικά, κλίμακα χαρτογράφησης (και άρα μικρή γεωλογική λεπτομέρεια στην αποτύπωση των σχηματισμών), ii) η παλαιότητα κάποιων φύλλων που χρήζουν αναθεώρησης και iii) η πολυπλοκότητα



της γεωλογικής δομής του ελληνικού χώρου, δεν παύει η σειρά αυτή να καλύπτει επαρκώς τη βασική γεωλογική πληροφόρηση που χρειάζονται όλοι οι γεωλόγοι και όλες οι ειδικότητες και εξειδικεύσεις της Γεωλογίας, θεωρητικού ή εφαρμοσμένου προσανατολισμού. Στους χάρτες αυτούς θα βασισθεί για παράδειγμα ένας πετρολόγος που θέλει να μελετήσει με λεπτομέρεια και να κάνει εξειδικευμένη έρευνα στους πετρολογικούς τύπους μιας γεωλογικής ενότητας, αλλά στους ίδιους χάρτες θα βασισθεί και ένας γεωτεχνικός που μελετά την εκδήλωση των κατολισθητικών φαινομένων σε έναν Νομό, μια Επαρχία ή κατά μήκος ενός τμήματος του οδικού δικτύου. Σε κάθε περίπτωση η ανάγκη της έρευνάς τους μπορεί να τους υποχρεώσει στην κατασκευή ενός πιο λεπτομερούς χάρτη σε μικρότερη κλίμακα (π.χ. 1:5.000). Τις βασικές όμως κατευθύνσεις και πληροφορίες για να σχεδιάσουν και ολοκληρώσουν τη δική τους γεωλογική χαρτογράφηση τους τις έχει δώσει το αντίστοιχο φύλλο (ή φύλλα) του Γεωλογικού Χάρτη του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000.

Είναι αλήθεια ότι στις μεγάλες ευρωπαϊκές χώρες η γεωλογική χαρτογράφηση της επικράτειάς τους είναι, εδώ και χρόνια, ολοκληρωμένη, αρκετά πιο σύγχρονη και αναθεωρημένη και το βασικότερο έχει πραγματοποιηθεί σε μικρότερες κλίμακες, που παρέχουν περισσότερη λεπτομέρεια και δίνουν πολύ πιο αναλυτική γεωλογική πληροφόρηση, με ότι αυτό συνεπάγεται για τη χρησιμότητα και τις εφαρμογές των χαρτών αυτών. Για παράδειγμα στο Ηνωμένο Βασίλειο, έχει ήδη ολοκληρωθεί η γεωλογική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:10.000, από την αντίστοιχη γεωλογική υπηρεσία (BGS – British Geological Survey). Το ΙΓΜΕ έχει και αυτό κατά καιρούς ξεκινήσει κάποια προγράμματα, τόσο για αναθεώρηση και ομογενοποίηση των παλαιάς ηλικίας χαρτών, όσο και για χαρτογράφηση στην κλίμακα **1:25.000** ή **1:20.000**, επιλεγμένων και ειδικού ενδιαφέροντος περιοχών. Τα αποτελέσματα, όμως, μέχρι τώρα είναι πολύ φτωχά και δεν υπάρχουν παρά ελάχιστες περιπτώσεις τέτοιων φύλλων (Μάνδρα Ελευσίνας, Λεκάνη Μεγαλόπολης, Νήσος Μήλος).

Προσπάθεια έχει γίνει την τελευταία δεκαετία και στην κατεύθυνση της ψηφιοποίησης των γεωλογικών χαρτών και το πέρασμά τους σε συστήματα GIS, με χρηματοδότηση από ευρωπαϊκά ή διεθνή προγράμματα, όπως το «**OneGeology**» (<http://www.onegeology.org>) με στόχο την προσαρμογή και ομογενοποίηση των γεωλογικών δεδομένων του ελληνικού χώρου με εκείνα του ευρωπαϊκού. Τελικός στόχος, βέβαια, είναι η διαθεσιμότητα των χαρτών σε ψηφιοποιημένη μορφή, όπως συμβαίνει ήδη σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες. Χρησιμοποιώντας το ίδιο παράδειγμα, στο Ηνωμένο Βασίλειο υπάρχουν διαθέσιμοι (από τη BGS) σε ψηφιακή μορφή (GIS format) όλοι οι χάρτες της επικράτειας σε κλίμακα 1:50.000. Τους χάρτες μπορεί να τους δει κανείς στην ιστοσελίδα Geoindex της BGS, ενώ για τους φοιτητές των γεωεπιστημών διατίθενται δωρεάν για εκπαιδευτική χρήση, μέσω ειδικής υπηρεσίας (EDINA digimap service).

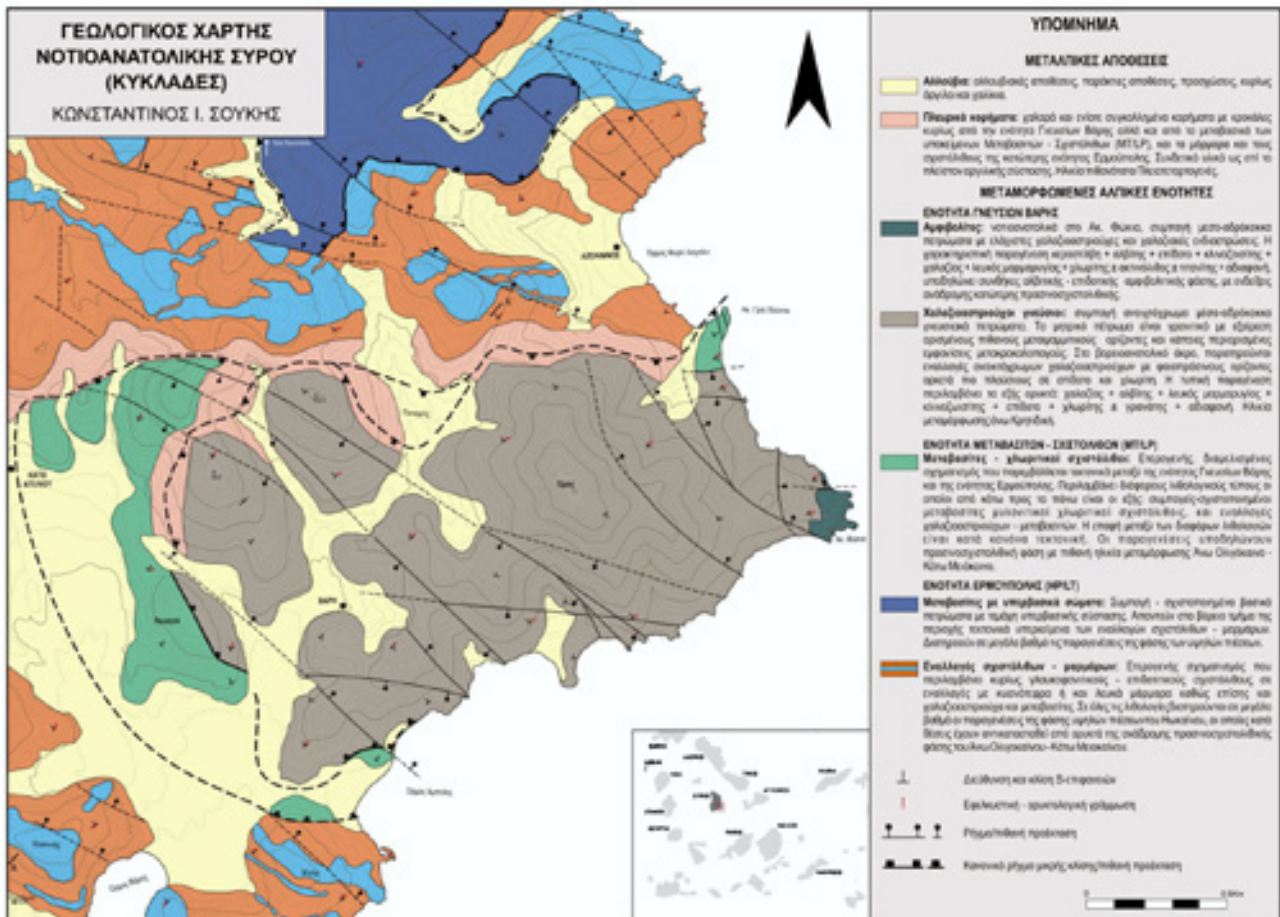


**Εικόνα 1.8** Χάρτες του ΙΓΜΕ σε κλίμακα 1:500.000. Γεωλογικός (Μπορνόβας & Ροντογιάννη-Τσιαμπάου, 1983), Σεισμοτεκτονικός (Μουγιάρης κ.ά., 1988) και Γεωτεχνικός (Ανδρονόπουλος κ.ά., 1983) του ΙΓΜΕΜ.

Από το ΙΓΜΕ εκδίδεται και ο «**Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:500.000**», που στην ουσία αποτελεί έναν εποπτικό χάρτη γενικής πληροφόρησης για τη γεωλογική δομή και την κατανομή των γεωλογικών ενότητων και πετρωμάτων, για το σύνολο του ελληνικού χώρου. Στην ίδια κλίμακα, εκδίδει και μία σειρά από πιο εξειδικευμένους χάρτες (όχι αμιγώς γεωλογικούς), όπως τον «**Σεισμοτεκτονικό Χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:500.000**» (απλοποιημένη γεωλογία και έμφαση στα μεγάλα νεοτεκτονικά ρήγματα και τα επίκεντρα μεγάλων σεισμών) και τον «**Γεωτεχνικό Χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:500.000**» (ταξινόμηση των γεωλογικών σχηματισμών με βάση τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά τους, κατολισθητικά φαινόμενα κ.λπ.).

Υπάρχει και μια παλαιά έκδοση του «**Μεταλλογενετικού Χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:1.000.000**» η οποία χρήζει αναθεώρησης. Κατά καιρούς, έχουν επίσης εκδοθεί από το ΙΓΜΕ και **γενικοί γεωλογικοί χάρτες** σε κλίμακες **1:100.000** (Μεγαλόπολη-Δημητσάνα, Β. & Ν. Ήπειρος, Χαλκιδική, Μεσολόγγι, Κεφαλονιά) ή **1:200.000** (Εύβοια, Κρήτη, Θάσος, Σαμοθράκη). Τέλος, μεγάλης κλίμακας Γεωλογικοί Χάρτες έχουν, κατά καιρούς, συνταχθεί από το ΙΓΜΕ, για την κάλυψη αναγκών της εφαρμοσμένης έρευνας τοπικού χαρακτήρα.

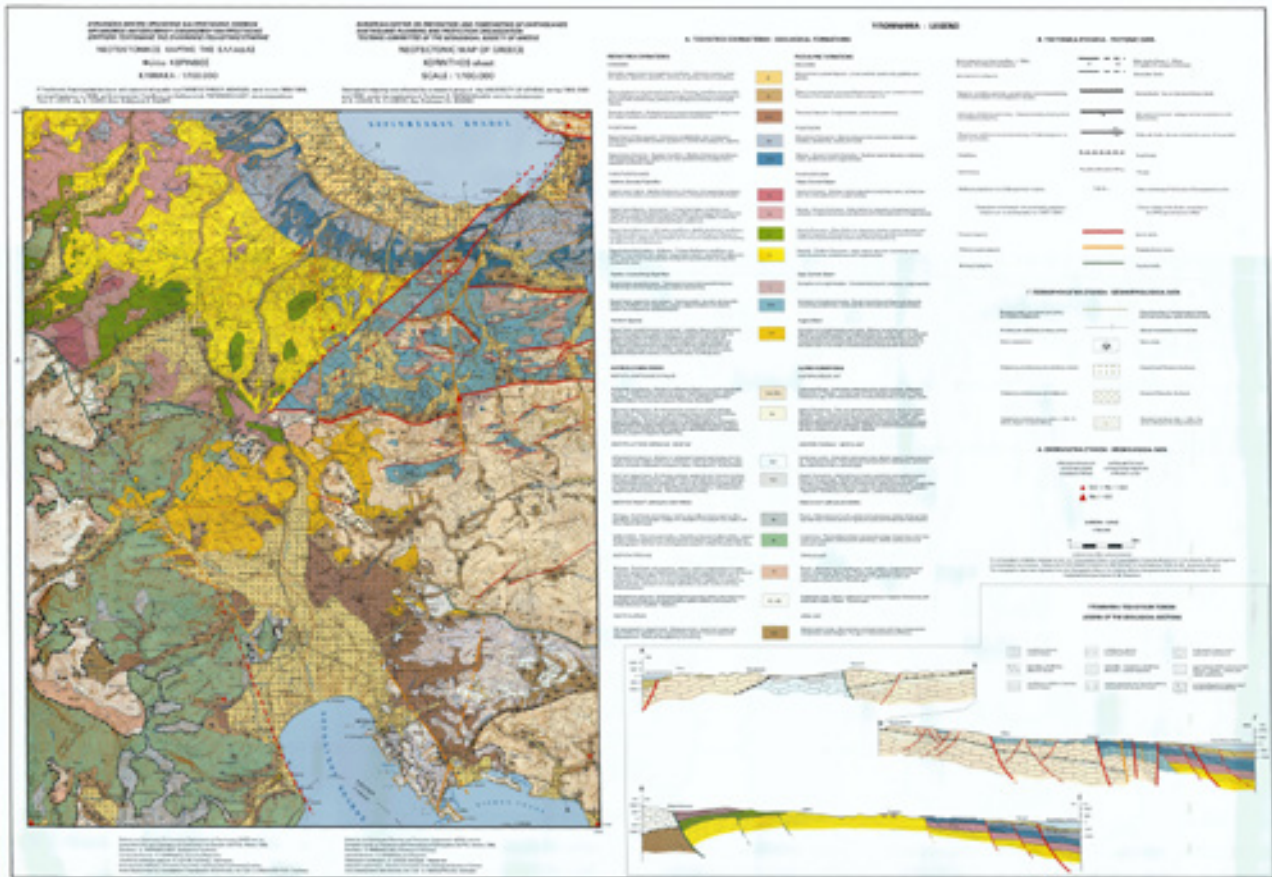
Σημαντικές περιοχές του ελληνικού χώρου έχουν χαρτογραφηθεί στο παρελθόν και συνεχίζουν να χαρτογραφούνται και σήμερα, **στα πλαίσια εκπόνησης διδακτορικών διατριβών ή μεταπτυχιακών εργασιών** ειδίκευσης, κυρίως από τα τρία Τμήματα Γεωλογίας της Ελλάδας, σε Αθήνα, Θεσσαλονίκη και Πάτρα, αλλά και από αντίστοιχα Τμήματα Πανεπιστημίων του εξωτερικού. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι χάρτες αυτοί είναι αρκετά πιο αναλυτικοί και λεπτομερείς από αυτούς του ΙΓΜΕ, με την κλίμακά τους να κυμαίνεται από **1:25.000** μέχρι **1:10.000**, ή ακόμα και **1:5.000**.



**Εικόνα 1.9** Γεωλογικός χάρτης, κλίμακας 1:5.000, από την ΝΑ Σύρο, που έχει κατασκευασθεί στα πλαίσια διδακτορικής διατριβής (Σούκης, 2011).

Άξια αναφοράς είναι και η σειρά του «**Νεοτεκτονικού Χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:100.000**», με προδιαγραφές που τέθηκαν από τον **ΟΑΣΠ (Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας)** και την **Επιτροπή Τεκτονικής της ΕΓΕ (Ελληνική Γεωλογική Εταιρία)**. Τα λίγα φύλλα που έχουν κυκλοφορήσει αφορούν περιοχές με έντονη σεισμικότητα και εκπονήθηκαν από τα Πανεπιστήμια Αθηνών, Θεσσαλονίκης, Πάτρας, το ΕΜΠ και το ΙΓΜΕ. Στους χάρτες αυτούς έμφαση έχει δοθεί στους μεταλλικούς σχηματισμούς, που χαρτογραφήθηκαν με λεπτομέρεια, στα νεοτεκτονικά ρήγματα που παρουσιάζονται χαρακτηρισμένα ως σεισμικά, ενεργά, πιθανά ενεργά και ανενεργά, στα μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής, στη σεισμικότητα (επίκεντρα σεισμών) και στα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των γεωλογικών σχηματισμών και την εκδήλωση φυσικών καταστροφικών φαινομένων. Αντίστοιχη σειρά είναι και οι «**Υποθαλάσσιοι Νεοτεκτονικοί Χάρτες σε κλίμακα 1:100.000**», που αναφέρονται στον υποθαλάσσιο χώρο, με έμφαση στα ιζήματα των θαλάσσιων λεκανών, τα νεοτεκτονικά και ενεργά ρήγματα και τα μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά του πυθμένα. Εκδίδονται από το ΕΛΚΕΘΕ (**Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών**), αξιοποιώντας τα στοιχεία που έχουν συλλεγεί με το ωκεανογραφικό σκάφος «ΑΙΓΑΙΟ», σε περιοχές με έντονη σεισμικότητα κοντά σε

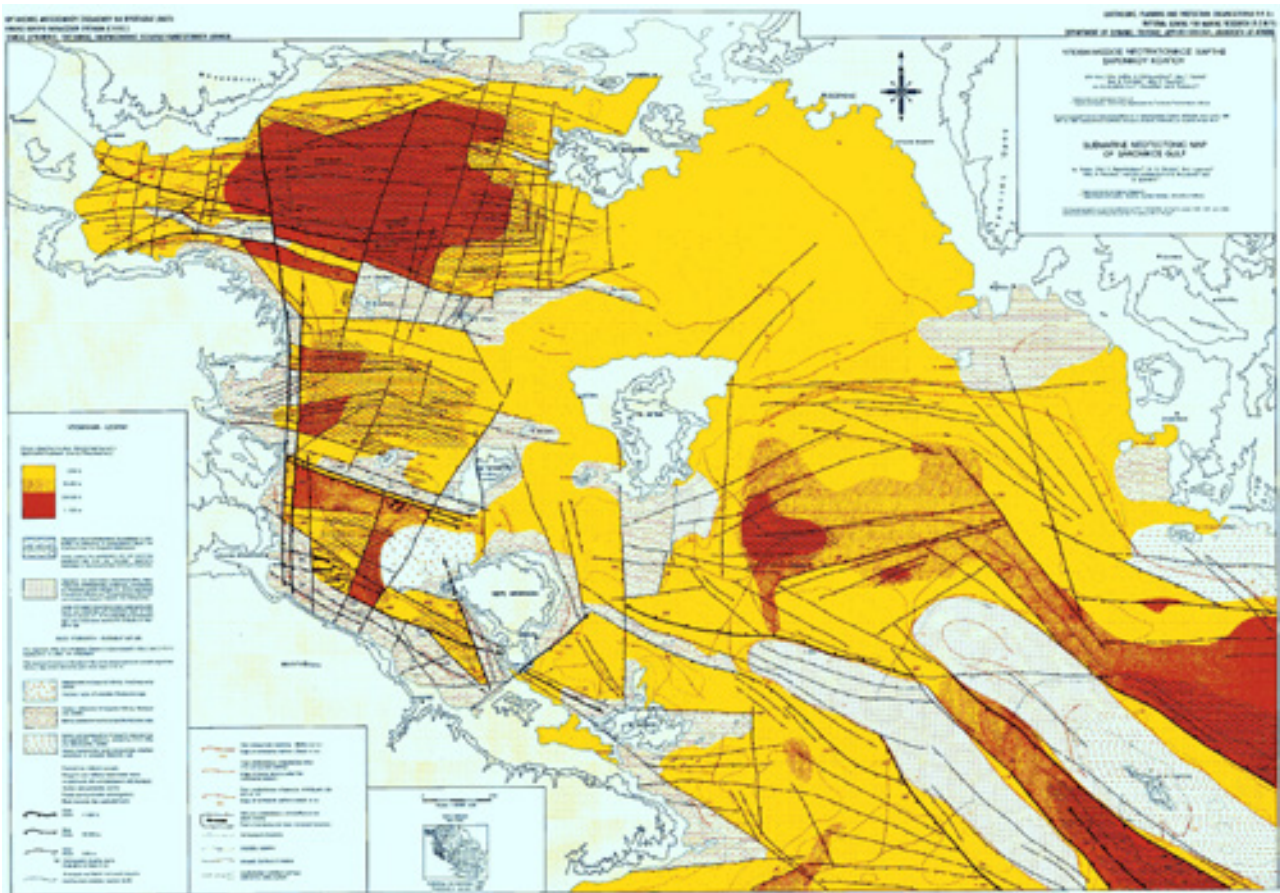
μεγάλα αστικά κέντρα (Μεσσηνιακός κόλπος, Σαρωνικός κόλπος, Νότιος Ευβοϊκός κόλπος κ.λπ.).



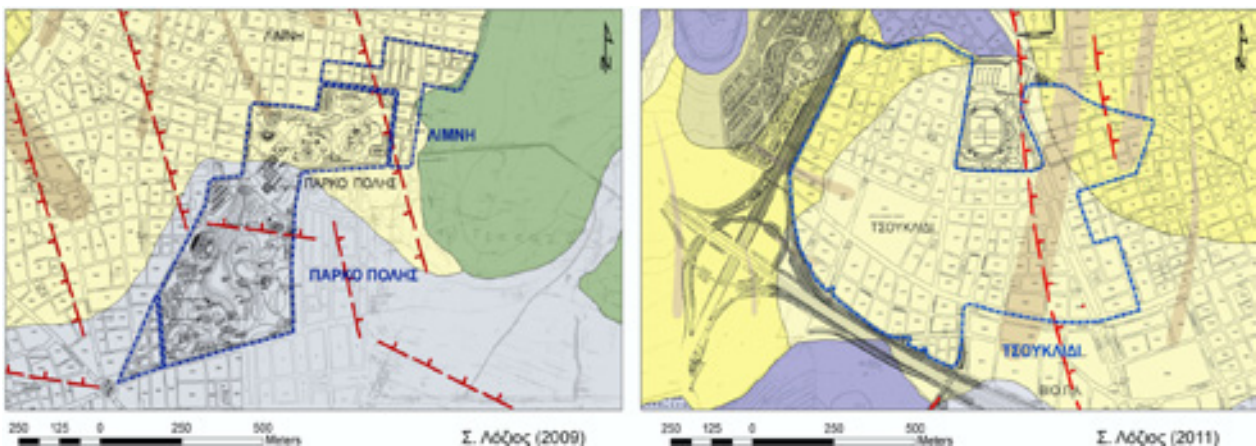
**Εικόνα 1.10** Το φύλλο «Κόρινθος» (Παπανικολάου κ.α., 1996) από τη σειρά του «Νεοτεκτονικού Χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:100.000», που αποτελεί έκδοση του ΟΑΣΠ (Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας) με την επιστημονική επίβλεψη της Επιτροπής Τεκτονικής της ΕΓΕ (Ελληνική Γεωλογική Εταιρεία).

Γεωλογικοί Χάρτες σε μεγάλες κλίμακες (**1:2.000**), με σημαντική γεωλογική λεπτομέρεια στην αποτύπωση, κατασκευάζονται, επίσης, στα πλαίσια των «**Μελετών Γεωλογικής Καταλληλότητας**», που εκπονούνται σε προς πολεοδόμηση περιοχές και καλύπτουν, συνήθως, την περιοχή ενός Δήμου. Ονομάζονται «**Γεωλογικοί Χάρτες Προσαρμογής και Πληροφόρησης**» και εκτός από το βασικό περιεχόμενο ενός γεωλογικού χάρτη, περιλαμβάνουν και αρκετές άλλες διαθέσιμες πληροφορίες και στοιχεία από τη βιβλιογραφία ή τεχνικές μελέτες, όπως ταξινόμηση των σχηματισμών κατά γεωτεχνική ενότητα, γεωτεχνικά δεδομένα, γεωτηρητικά δεδομένα, υδρογεωλογικά στοιχεία και πληροφορίες κ.λπ.

Ολοκληρώνοντας τη σύντομη αυτή περιήγηση στις κατηγορίες των γεωλογικών χαρτών, αναφέρουμε και την κατηγορία των «**Γεωλογικών Χαρτών Αναγνώρισης**» (**Geological Reconnaissance Maps**). Αντιπροσωπεύουν γεωλογικούς χάρτες μικρής ή πολύ μικρής κλίμακας (**1:250.000** έως και **1:1.000.000**), που εκπονούνται ερμηνεύοντας τη γεωλογία και τεκτονική δομή κυρίως με τη χρήση δορυφορικών εικόνων, αεροφωτογραφιών και άλλων μεθόδων τηλεανίχνευσης. Οι επισκέψεις στην ύπαιθρο είναι οι ελάχιστες δυνατές προκειμένου να επιβεβαιωθούν οι βασικοί πετρολογικοί τύποι και η γενική τεκτονική δομή. Η μεθοδολογία αυτή ακολουθείται στις περιοχές που χρειαζόμαστε άμεσα μια εικόνα για τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της και όπου δεν υπάρχει ευκολία πρόσβασης, όπως σε απομακρυσμένες, μη ανεπτυγμένες περιοχές, χωρίς υποδομές οδικού δικτύου, σε επικίνδυνες, λόγω συγκρούσεων, ζώνες ή σε περιοχές όπου η διάρκεια των εποχών με ομαλές καιρικές συνθήκες είναι πάρα πολύ μικρή. Οι χάρτες αυτοί, καλύπτουν, κατά κύριο λόγο, τις ανάγκες εφαρμοσμένης έρευνας για την αναζήτηση μεταλλευμάτων, υδρογονανθράκων ή άλλων φυσικών πόρων και χρησιμοποιούνται σε συνεργασία με άλλους χάρτες και δεδομένα που προκύπτουν από αέρος γεωφυσικές διασκοπήσεις. Τα πρώτα χρόνια λειτουργίας του ΙΓΜΕ, όπου η εκπόνηση των φύλλων του Βασικού Γεωλογικού Χάρτη, δεν είχε καλύψει μεγάλο ποσοστό του ελληνικού χώρου, υπήρχε η σειρά του «**Φωτογεωλογικού Χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000**», όπου η αποτύπωση των γεωλογικών στοιχείων γινόταν με τη χρήση αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων και ελάχιστη εργασία υπαίθρου.



**Εικόνα 1.11** Ο «Υποθαλάσσιος Νεοτεκτονικός Χάρτης του Σαρωνικού Κόλπου σε κλίμακα 1:100.000» (Παπανικολάου κ.α., 1989), που έχει συνταχθεί με τα δεδομένα από το ωκεανογραφικό σκάφος «ΑΙΓΑΙΟ». Η ερμηνεία των δεδομένων και η σύνταξη του χάρτη έγινε από τον Τομέα Δυναμικής, Τεκτονικής & Εφαρμοσμένης Γεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος του ΕΚΠΑ.



**Εικόνα 1.12** Γεωλογικός χάρτης, κλίμακας 1:2.000, του Δήμου Άνω Λιοσίων, που έχει κατασκευασθεί στα πλαίσια Μελέτης Γεωλογικής Καταλληλότητας για την επέκταση σχεδίου πόλης.

Εκτός από όλες αυτές τις κατηγορίες χαρτών που αναφέρθηκαν, οι οποίες, σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό, περιλαμβάνουν το γεωλογικό υπόβαθρο ενός κλασικού γεωλογικού χάρτη, υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία χαρτών που κατασκευάζουν και χρησιμοποιούν οι διάφορες ειδικότητες των Γεωλόγων, όπως **Γεωφυσικοί Χάρτες**, **Γεωχημικοί Χάρτες**, **Γεωμορφολογικοί Χάρτες**, **Κοιτασματολογικοί Χάρτες** κ.λπ., που, προφανώς, δεν αποτελούν αντικείμενο και μέρος της ύλης του παρόντος συγγράμματος. Μια ακόμα πιο εξειδικευμένη κατηγορία αφορά την **υπόγεια γεωλογική χαρτογράφηση**, που απαιτείται σε περιπτώσεις όπως η εξερεύνηση και αξιοποίηση **σπηλαίων**, η κατασκευή **σπηράγγων** σε μεγάλα τεχνικά έργα και η κατασκευή και διάνοιξη **στοών** σε μεταλλεία και υπόγεια λατομεία.

## Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Ανδρονόπουλος, Β., Ρόζος, Δ., Κυνηγαλάκη, Μ. & Κούκης, Γ. (1983). *Γεωτεχνικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:500.000*. Έκδοση ΙΓΜΕ.
- Εξηναβελώνης, Π. & Τακτικός, Στ. (1988). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000, Φύλλο «Τρίπολις»*. Έκδοση ΙΓΜΕ.
- Μουγιάρης, Ν., Ανδρονόπουλος, Β., Ελευθερίου, Α., Κούκης, Γ., Κυνηγαλάκη, Μ., Ροντογιάννη, Θ., Κασι-  
κάτσος, Γ., Μέττος, Α., Περισσοράτης, Κ., Δρακόπουλος, Ι. & Παπαζάχος, Β. (1988). *Σεισμοτεκτονι-  
κός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:505.000*. Έκδοση ΙΓΜΕ.
- Μπορνόβας, Ι. & Ροντογιάννη-Τσιαμπάου, Θ. (1983). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα  
1:500.000*. Έκδοση ΙΓΜΕ.
- Παπανικολάου, Δ., Λόγος, Ε., Λόζιος, Σ. & Σίδερης, Χ. (1996). *Νεοτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμα-  
κα 1:100.000, Φύλλο «Κόρινθος»*. Έκδοση ΕΚΠΠΣ, ΟΑΣΠ και Επιτροπής Τεκτονικής ΕΓΕ.
- Παπανικολάου, Δ., Χρόνης, Γ., Λυκούσης, Β., Παυλάκης, Π., Ρουσσάκης, Γ. & Συσκάκης, Δ. (1989). *Υποθα-  
λάσιος Νεοτεκτονικός Χάρτης Σαρωνικού Κόλπου σε κλίμακα 1:100.000*. Έκδοση ΟΑΣΠ, ΕΛΚΕΘΕ  
& Τομέα Δυναμικής, Τεκτονικής & Εφαρμοσμένης Γεωλογίας ΕΚΠΑ.
- Σούκης, Κ. (2011). *Παραμόρφωση γρανιτικών πετρωμάτων στον χώρο του Αιγαίου*. Διδακτορική διατριβή.  
439σ., Αθήνα.



## Κεφάλαιο 2:

# Εξοπλισμός, οργάνωση, ασφάλεια και συμπεριφορά στην ύπαιθρο

### Σύνοψη

Η βασική εργασία της γεωλογικής χαρτογράφησης γίνεται στην ύπαιθρο, διαδικασία η οποία απαιτεί πολυήμερη και πολύωρη πεζοπορία ώστε να καλυφθεί η προς χαρτογράφηση περιοχή, σε μέρη, που συχνά απέχουν πολύ από κατοικημένες περιοχές και από το οδικό δίκτυο (πολύ περισσότερο από τη «βάση» του γεωλόγου) και ως εκ τούτου είναι δύσκολο (και οικονομικά ασύμφορο) να ξαναπάει κανείς. Για τους λόγους αυτούς και για να ολοκληρώσει ο γεωλόγος με επιτυχία τον συγκεκριμένο στόχο, απαιτούνται δύο παράμετροι. Κατάλληλος εξοπλισμός, οργάνωση και ασφάλεια. Χωρίς συστηματική καταγραφή των συγκεκριμένων στόχων και του προγράμματος εργασίας και καταλόγων με τον απαραίτητο εξοπλισμό (χάρτες, τετράδιο υπαίθρου, γραφική ύλη, γεωλογικά σφυριά, πυξίδες, GPS, κατάλληλο ρουχισμό και άλλα πολλά), «δουλειά δεν γίνεται» ή γίνεται με «χίλιους κόπους και βάσανα». Από την άλλη, η ασφάλεια σε αυτές τις δύσκολες συνθήκες εργασίας, είναι πρωταρχικής σημασίας και μπαίνει σε προτεραιότητα. Τήρηση κανονισμών ασφαλούς χρήσης του εξοπλισμού και εργασίας και κίνησης στην ύπαιθρο, αλλά και καλή γνώση και εκπαίδευση στην παροχή Α΄ βοηθειών, θεωρούνται τα ελάχιστα. Για τη συμπεριφορά μας στο φυσικό περιβάλλον και τη γεωλογική κληρονομιά, νομίζουμε ότι δεν χρειάζεται κανένα σχόλιο. Ο απόλυτος σεβασμός και προστασία από τη μεριά των γεωλόγων που εργάζονται στην ύπαιθρο, θεωρείται δεδομένος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το σύγγραμμα αυτό απευθύνεται, πρωτίστως, σε φοιτητές, ορισμένα στοιχεία αναφέρονται και επισημαίνονται με περισσότερη λεπτομέρεια, έστω και αν φαίνονται αυτονόητα.

### Προαπαιτούμενη γνώση

Η ύλη των σημειώσεων από το υποχρεωτικό Σεμινάριο «Άσκηση και Εργασία στην Ύπαιθρο – Εξοπλισμός και Ασφάλεια» και η ύλη από το αντίστοιχο κεφάλαιο των σημειώσεων για το μάθημα της «Γεωλογικής Χαρτογράφησης», που δίνονται στους φοιτητές και είναι αναρτημένες στην πλατφόρμα e-Class. Οι αντίστοιχες ηχογραφημένες παραδόσεις (βιντεοδιαλέξεις), που έγιναν στα πλαίσια της δράσης «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα» και φιλοξενούνται στην πλατφόρμα Open Delos.

## 2.1 Εξοπλισμός για γεωλογική χαρτογράφηση

Ο **βασικός εξοπλισμός** για τη **γεωλογική χαρτογράφηση**, αλλά και για την **εργασία υπαίθρου**, που απαιτούν οι περισσότεροι κλάδοι και εξειδικεύσεις της Γεωλογίας, είναι βασικά κοινός και κατά περίπτωση, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες της κάθε κατεύθυνσης, αλλά και της συγκεκριμένης εργασίας που εκτελείται κάθε φορά, προστίθεται επιπλέον εξοπλισμός (Coe et al., 2010; Lisle et. al., 2011). Είναι γεγονός ότι οι ανάγκες για τη γεωλογική χαρτογράφηση δεν είναι μεγάλες, ακόμα και με τις σύγχρονες τεχνολογίες που έχουν προσθέσει στη (γεωλογική) ζωή μας ένα σωρό «γκατζετάκια» και «καλούδια», που άλλες φορές εξυπηρετούν και άλλες φορές μάλλον αποτελούν «μπελάδες» και «χάσιμο χρόνου». Ο τοπογραφικός χάρτης, ένα γεωλογικό σφυρί, μια πυξίδα, μια λούπα, το τετράδιο σημειώσεων, γραφική ύλη και μεγάλη ..... «γεωλογική περιέργεια», είναι αρκετά για έναν έμπειρο γεωλόγο-χαρτογράφο, ώστε να κάνει τη δουλειά «σωστά, γρήγορα, εύκολα και ευχάριστα».

Στα επόμενα θα περιγράψουμε αναλυτικά όλα τα οργανωτικά μυστικά καθώς και την υλικοτεχνική υποδομή, τον απαραίτητο εξοπλισμό, τον ενδυματολογικό «κώδικα» και τα «μικροπράγματα», που απαιτούνται για την εργασία υπαίθρου της γεωλογικής χαρτογράφησης. Θα αποκαλύψουμε, επίσης, και όλα τα «μυστικά και κόλπα» για την επιλογή και χρήση, όλων αυτών των απαραίτητων γεωλογικών «αξεσουάρ», έχοντας πάντα στην άκρη του μυαλού μας ότι απευθυνόμαστε σε φοιτητές (και όχι μόνο). Θα ασχοληθούμε τόσο με τα βασικά και απολύτως απαραίτητα, που πρέπει να τα έχουν όλοι ανεξαιρέτως, αλλά και τα πιο «εξεζητημένα», για τους πιο οργανωτικούς και σχολαστικούς, ώστε η ενημέρωση να είναι πλήρης και σφαιρική. Σε κάθε περίπτωση θα αναφέρουμε τα «συν» και τα «πλην» των επιλογών, αλλά δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι ο καθένας από εμάς βολεύεται και διευκολύνεται με διαφορετικά πράγματα, που ο άλλος τα βρίσκει δύσχρηστα ή μη απαραίτητα. Όπως και να έχει η εμπειρία και τα «πολλά χιλιόμετρα (γεωλογικής) πεζοπορίας στην ύπαιθρο» θα είναι ο

βασικός οδηγός για τη λίστα των «απαραίτητων και χρειαζόμενων» που θα φτιάχνουμε κάθε φορά πριν ..... «πάρουμε τα βουνά». Οι βασικές κατηγορίες του απαιτούμενου εξοπλισμού, όλες με την ίδια σημασία και βαρύτητα, είναι οι ακόλουθες:

- **Τοπογραφικό υπόβαθρο εργασίας** (τοπογραφικοί χάρτες, δορυφορικές εικόνες, αεροφωτογραφίες, υπάρχοντες γεωλογικοί χάρτες κ.λπ.) για την κατασκευή του χάρτη.
- **Γραφική ύλη** για καταγραφή και αποτύπωση των δεδομένων και στοιχείων που θα συλλέξουμε από την εργασία υπαίθρου (τετράδιο υπαίθρου, μολύβια, χρώματα κ.λπ.).
- **Εργαλεία και συσκευές** για διάφορες χρήσεις (σφυρί, πυξίδα, GPS, λούπα, φωτογραφική μηχανή smartphone με εφαρμογές κ.λπ.).
- **Σακίδιο** μεταφοράς εξοπλισμού (σακίδιο που να χωρά τον εξοπλισμό αλλά και τα δείγματα που θα συλλέξουμε, σακούλες για τα δείγματα κ.λπ.).
- **Κατάλληλος ρουχισμός, είδη προστασίας και είδη διατροφής** (μπότες, καπέλο, φαρμακείο, κατάλληλα ρούχα, αδιάβροχο, παγούρι με νερό, πρόχειρο φαγητό κ.λπ.).

Είναι προφανές ότι οι ανάγκες διαφέρουν ανάλογα την εποχή (κρύο, ζέστη, βροχή, άνεμος) και τον τόπο εργασίας (ορεινή, πεδινή ή νησιωτική περιοχή, έντονο ή ήπιο ανάγλυφο, μακριά ή κοντά σε κατοικημένες περιοχές), άρα και ο εξοπλισμός προσαρμόζεται κατά περίπτωση. Στην ελληνική πραγματικότητα τα πράγματα είναι σχετικά απλά και εύκολα δεδομένου ότι και από άποψη αναγλύφου, αλλά και καιρικών συνθηκών είναι προφανές ότι είμαστε «ευνοημένοι», έχουμε το «πλεονέκτημα», σε σχέση με τις συνθήκες που επικρατούν στις βορειοευρωπαϊκές χώρες, πολύ περισσότερο δε με αυτές που επικρατούν σε άλλα πιο «άγρια» και «αφιλόξενα» μέρη του πλανήτη (Αφρική, Ασία, Αυστραλία κ.λπ.).

Στην περιγραφή του εξοπλισμού που θα ακολουθήσει, δεν θα τηρηθεί κάποια συγκεκριμένη σειρά. Θα ξεκινήσουμε από τα πιο «διάσημα» γεωλογικά εργαλεία (και προφανώς από τον «άρχοντα» αυτών, το «γεωλογικό σφυρί») και θα καταλήξουμε στα πιο «ταπεινά» (γόμες, ξύστρες και ξυλομπογιές), χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η σπουδαιότητά τους είναι πάντα μικρότερη. Όσο δύσκολο και αδύνατο είναι να κάνει κάποιος τη δουλειά του στην ύπαιθρο όταν έχει ξεχάσει το γεωλογικό του σφυρί, το ίδιο δύσκολο και αδύνατο είναι να κάνει τη δουλειά του αν δεν έχει μαζί του τα απαραίτητα χρώματα για να περνάει στον χάρτη τους γεωλογικούς σχηματισμούς. Η μόνη διαφορά είναι ότι στην πρώτη περίπτωση θα χρειαστεί πολύ περισσότερος χρόνος για να του το στείλει κάποιος με courier ή το τοπικό ΚΤΕΛ, ενώ στη δεύτερη μπορεί να το καλύψει άμεσα από ένα τοπικό βιβλιοπωλείο ή super market.

Θα πρέπει πάντα να έχει κανείς υπόψη του ότι η εργασία στην ύπαιθρο κοστίζει αρκετά χρήματα. Γι' αυτό χρειάζεται πολύ καλή οργάνωση και προετοιμασία, ώστε οι ημέρες στην ύπαιθρο να είναι όσο πιο παραγωγικές γίνεται. Με άλλα λόγια να «βγάλουν τα λεφτά τους». Καταρτίζουμε, λοιπόν, έναν κατάλογο με όλα τα απαιτούμενα και πριν την αναχώρηση ελέγχουμε σχολαστικά αν όλα βρίσκονται μέσα στο σακίδιο. Ένας λεπτομερής τέτοιος κατάλογος δίνεται στο τέλος του κεφαλαίου, αλλά υπάρχουν τέτοιοι κατάλογοι και στο e-Class του μαθήματος της Γεωλογικής Χαρτογράφησης και της Τεκτονικής Γεωλογίας.

## 2.2 Σφυριά, καλέμια και άλλα .... «σιδηρικά»

Το **γεωλογικό σφυρί** αποτελεί το «σήμα κατατεθέν» του γεωλόγου και είναι απαραίτητο στο σύνολο των ειδικοτήτων ή ειδικεύσεων της γεωλογίας, πολύ περισσότερο στη γεωλογική χαρτογράφηση. Το χρησιμοποιούμε για να σπάμε τα πετρώματα, έτσι ώστε παρατηρώντας τη δομή, τον ιστό και την υφή τους, σε μια «φρέσκια» τομή (με το μάτι ή τη λούπα), να αποφανθούμε για το είδος του πετρώματος, τα απολιθώματα που πιθανά περιέχει, την ορυκτολογική σύστασή του κ.λπ. Το χρησιμοποιούμε, επίσης, μόνο του, ή σε συνδυασμό με κάποιο καλέμι, για τη λήψη πετρολογικών δειγμάτων με στόχο την εξέτασή τους στο εργαστήριο (κατασκευή λεπτών τομών, γεωχημικές αναλύσεις κ.λπ.). Επικουρικά, το χρησιμοποιούμε για την αναρρίχηση μας στις απότομες πλαγιές, σαν κλίμακα για τη φωτογράφιση γεωλογικών δομών, σαν αντίβαρο ισορροπίας κατά την πεζοπορία σε επικλινή εδάφη και ενίοτε ...σαν κάθισμα.

Το γεωλογικό σφυρί αποτελείται από τη **λαβή** και την **κεφαλή**. Η λαβή είναι επενδεδυμένη με πλαστικό ή fiberglass και σπανιότερα με δέρμα, ώστε να απορροφώνται οι κραδασμοί κατά το χτύπημα. Η κεφαλή έχει δύο άκρα. Το ένα έχει μια τετράγωνη διατομή με πλευρά γύρω στα 2 με 2,5cm, που τη χρησιμοποιούμε για να χτυπάμε το πέτρωμα για να σπάσει. Το άλλο άκρο έχει είτε μια **μυτερή απόληξη (pick edge)** είτε μια **επίπεδη**



(«πλακέ») λεπτή απόληξη (**chisel edge**) της τάξης των 3 με 3,5cm, που την τοποθετούμε συνήθως στις ασυνέχειες των πετρωμάτων και τη χρησιμοποιούμε είτε σαν μοχλό είτε σαν καλέμι (σε συνδυασμό με ένα άλλο γεωλογικό σφυρί) για να εξάγουμε ένα κομμάτι πετρώματος (ένα δείγμα). Για τους γεωλόγους τα γεωλογικά σφυριά με την επίπεδη απόληξη (chisel edge) και για τους λόγους που αναφέρθηκαν ανωτέρω, θεωρούνται πιο κατάλληλα. Αν παρόλα αυτά κάποιος έχει ήδη ένα γεωλογικό σφυρί με μυτερή απόληξη (pick edge), δεν χρειάζεται να το αλλάξει, μπορεί σε κάθε περίπτωση να κάνει μια χαρά τη δουλειά του.



**Εικόνα 2.1** Διάφοροι τύποι γεωλογικών σφυριών, κατάλληλοι για χρήση στην ύπαιθρο. Η απάντηση στο ερώτημα «chisel or pick edge?» μάλλον κλίνει προς το chisel. Μια θήκη για τη ζώνη, από τους διάφορους τύπους που κυκλοφορούν στην αγορά, θα διευκολύνει αρκετά, ενώ ένα «φωσφορίζε» και έντονου χρώματος κορδόνι στη βάση της λαβής, και θα «δέσει» το χέρι με το σφυρί και θα μας βοηθήσει να το εντοπίσουμε εύκολα αν το παρατήσουμε κάπου.

Το συνολικό βάρος ενός γεωλογικού σφυριού, που είναι κατάλληλο για πετρώματα, κυμαίνεται γύρω στα 800 με 900 gr, ενώ το βάρος της κεφαλής του γύρω στα 550 με 800 gr. Το μήκος της λαβής είναι γύρω στα 25 με 30cm και το μήκος της κεφαλής γύρω στα 16 με 18cm. Προφανώς υπάρχουν τόσο μικρότερα όσο και μεγαλύτερα σφυριά. Το **μήκος** της λαβής, το **βάρος** της κεφαλής και το καλό **ζύγισμα** είναι αυτά που έχουν ιδιαίτερη σημασία, δεδομένου ότι καθορίζουν και τη **δύναμη** που θα χτυπήσει το γεωλογικό σφυρί το πέτρωμα ώστε να το σπάσει. Άρα οι διαστάσεις και το βάρος του γεωλογικού σφυριού καθορίζονται από το είδος των πετρωμάτων που πρόκειται να εργαστούμε. Για μαλακά ιζήματα και αποσθρωμένα πετρώματα αρκεί ένα μικρότερο γεωλογικό σφυρί, ενώ για σκληρά ιζήματα, πυριγενή και ισχυρά μεταμορφωμένα πετρώματα χρειάζεται ένα βαρύτερο και με μεγαλύτερη λαβή.

Όταν εργαζόμαστε σε σκληρά πετρώματα και οι απαιτήσεις για το μέγεθος των δειγμάτων είναι αυξημένες (π.χ. όταν απαιτούνται γεωχημικές αναλύσεις και ραδιοχρονολογήσεις), τότε είναι απαραίτητη και η χρήση πιο μεγάλου μεγέθους και βάρους σφυριών, με τη μορφή που έχουν οι **βαριοπούλες** που χρησιμοποιούν οι τεχνίτες στις κατασκευές. Υπάρχουν σε διάφορα μεγέθη (μήκος λαβής) και βάρη, ανάλογα για τη χρήση που προορίζονται. Πολύ συχνά για την εξαγωγή δειγμάτων από βραχώδη σκληρά πετρώματα απαιτείται και η χρήση διαφόρων τύπων **καλεμιών**, μικρού ή μεγάλου μήκους και με επίπεδη (chisel edge) ή μυτερή απόληξη (pick edge). Προτιμήστε αυτά που διαθέτουν λαστιχένιο ή πλαστικό προστατευτικό, γιατί πολύ συχνά χτυπώντας το καλέμι με τη βαριοπούλα, χτυπάμε και το χέρι που κρατάει το καλέμι.

Όλα αυτά τα ... «σιδηρικά», μπορεί να τα προμηθευτεί κανείς στην Ελλάδα από καταστήματα που εμπορεύονται ημιπολύτιμους λίθους και ορυκτά, καθώς και εξειδικευμένα καταστήματα που πωλούν εργαλεία. Προφανώς η μεγάλη αγορά βρίσκεται στο διαδίκτυο, όπου υπάρχουν, τόσο επί ευρωπαϊκού όσο και επί αμερικανικού εδάφους, εξειδικευμένα καταστήματα (για την αναζήτηση δίνουμε «geology store», «geological tools» ή «field equipment»). Το κόστος ενός γεωλογικού σφυριού κυμαίνεται από 30,00 μέχρι 70,00 € και αποτελεί το ένα από τα τρία βασικά αντικείμενα του εξοπλισμού που δικαιούται να έχει κάθε φοιτητής της Γεωλογίας (τα άλλα δύο είναι ένα ζευγάρι μπότες και ένα σακίδιο). Προσφορές στο διαδίκτυο εμφανίζονται συχνά, ιδίως σε συνδυασμό με άλλα απαραίτητα του γεωλογικού εξοπλισμού (π.χ. καλέμι, τετράδιο υπαίθρου, λούπα, σακίδιο κ.λπ.). Στην αμερικανική αγορά οι τιμές είναι αρκετά χαμηλότερες και οι προσφορές πραγματικά «κελεπούρια». Θέλει όμως προσοχή γιατί εκτός από τα ακριβότερα μεταφορικά, μπορεί να υπάρχουν και έξοδα εκτελωνισμού. Η καλύτερη περίπτωση είναι να υπάρχει «θείος από την Αμερική», που επισκέπτεται

κάθε καλοκαίρι την Ελλάδα. Σε κάθε περίπτωση καλό είναι να σιγουρευτεί κανείς ότι το «εργαλείο» που πρόκειται να αγοράσει, εκτός από τη συμφέρουσα τιμή, πληροί και τις **ευρωπαϊκές** (ή αμερικανικές) **προδιαγραφές ασφαλείας**. Για παράδειγμα, ένα γεωλογικό σφυρί, πέρα από το κράμα του μετάλλου, που πρέπει να έχει τέτοια χαρακτηριστικά ώστε να μην «εκσφενδονίζει» ρινίσματα όταν προσπαθούμε να σπάσουμε ένα κομμάτι πετρώματος, είναι πιο ασφαλές η λαβή και η κεφαλή του να αποτελούνται από ένα ενιαίο μεταλλικό κομμάτι, ώστε να μηδενίζεται ο κίνδυνος τραυματισμού στην περίπτωση που σπάσει και αποσπαστεί η κεφαλή κατά τη διάρκεια του κτυπήματος σε κάποιο βραχώδες και σκληρό πέτρωμα. Αν και σπάνια τηρείται από τους γεωλόγους, σε όλα τα μήκη και πλάτη της υφηλίου, θα επισημάνουμε ότι, για λόγους ασφαλείας, καλό είναι να φοράμε **προστατευτικά γυαλιά** (τα βρίσκουμε στα καταστήματα που πωλούν εργαλεία και σιδηρικά) όταν χρησιμοποιούμε το γεωλογικό σφυρί.



**Εικόνα 2.2** Βαριοπούλες, σε διάφορα μεγέθη και βάρη, και καλέμια, σε διάφορους τύπους και μήκη (με μυτερή –pick ή φαρδιά –chisel απόληξη), συμπληρώνουν τα «σιδηρικά», που απαιτεί η λήψη δειγμάτων από σκληρά και «ζόρικα» πετρώματα. Η ύπαρξη προστατευτικής λαβής στο καλέμι, θα μας γλυτώσει από τις μελανιές και τον πόνο στο χέρι.

Ένα απαραίτητο και βολικό αξεσουάρ είναι μια **θήκη** που μπαίνει στη ζώνη για να «κρεμάμε» το γεωλογικό σφυρί όταν δεν το χρησιμοποιούμε ή θέλουμε να έχουμε ελεύθερα τα χέρια μας για ...άλλες χρήσεις (να κρατάμε σημειώσεις, να φωτογραφίζουμε κ.λπ.). Υπάρχουν διάφοροι τύποι, που τους βρίσκει κανείς στο διαδίκτυο, με κόστος από 5,00 μέχρι 20,00 €.

Δεδομένου ότι το γεωλογικό σφυρί κοστίζει αρκετά χρήματα και επειδή, συνήθως, αναπτύσσουμε και μια «συναισθηματική» σχέση μαζί του (κάτι σαν τη σχέση ανάμεσα στον στρατιώτη και το όπλο του), συνιστάται να είμαστε αρκετά προσεκτικοί για να μην το χάσουμε. Αν παρατήσουμε το σφυρί κάπου στην ύπαιθρο είναι δύσκολο να το βρούμε μέσα στη βλάστηση, τους θάμνους ή κάτω από τους βράχους και τις πέτρες. Υπάρχει, όμως, και μια δικλείδα ασφαλείας που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε. Οι περισσότεροι τύποι γεωλογικών σφυριών έχουν στη βάση της λαβής μια διαμπερή τρύπα, στην οποία καλό είναι να περάσουμε ένα **κορδόνι** με έντονο «φωσφορίζε» χρώμα (πορτοκαλί ή έντονο κίτρινο) για δύο λόγους: Πρώτον για να περνάμε το χέρι μας μέσα από αυτό όταν το χρησιμοποιούμε ώστε να είναι δύσκολο να το ξεχάσουμε κάπου και να φύγουμε και δεύτερον αν τελικά .... «καταφέρουμε» και το παρατήσουμε κάπου, όταν επιστρέψουμε να το αναζητήσουμε και να μπορέσουμε να το εντοπίσουμε εύκολα από το έντονο χρώμα που θα έχει το κορδόνι.

## 2.3 Γεωλογική πυξίδα

Η γεωλογική πυξίδα αποτελεί το δεύτερο απαραίτητο εξάρτημα για το σύνολο των ειδικοτήτων και ειδικεύσεων της Γεωλογίας. Δεν είναι τίποτε περισσότερο από μια απλή μαγνητική πυξίδα, διαμορφωμένη όμως έτσι (κυρίως σώμα, καπάκι και ενδείξεις) ώστε να διευκολύνει τη λήψη τεκτονικών μετρήσεων. Με άλλα λόγια δίνει τη δυνατότητα, με μία κίνηση, να πάρουμε ταυτόχρονα τιμή και φορά κλίσης/βύθισης, επίπεδων ή γραμμικών γεωλογικών και τεκτονικών δομών. Προφανώς χρησιμοποιείται και για τις κλασικές τοπογραφικές εργασίες, όπως λήψη αξιμουθίου, εύρεση της θέσης στον τοπογραφικό χάρτη κ.λπ.

Το κόστος μιας γεωλογικής πυξίδας είναι αρκετά υψηλό και κυμαίνεται από 100,00 μέχρι πάνω από

1.000,00 €, με το μέσο κόστος μια καλής γεωλογικής πυξίδας να προσεγγίζει τα 600,00 €. Το «Εργαστήριο Τεκτονικής και Γεωλογικών Χαρτογραφήσεων» διαθέτει έναν ικανό αριθμό γεωλογικών πυξίδων, με τις οποίες μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες των προπτυχιακών και μεταπτυχιακών φοιτητών (εκπαίδευση, εξάσκηση, διπλωματικές εργασίες κ.λπ.). Συνήθως διαθέτουν και **θήκη**, για ανάρτηση στη ζώνη, ώστε να υπάρχει άμεση πρόσβαση για συχνή χρήση.



**Εικόνα 2.3** Με τις κλασικές γεωλογικές πυξίδες (τόσο τις ευρωπαϊκές, όσο και της άλλης ακτής του Ατλαντικού) μπορούμε να πάρουμε, με μία μέτρηση, τιμή και φορά κλίσης (ή βύθισης) σε γεωλογικές επιφάνειες ή γραμμικές δομές. Συνήθως διαθέτουν θήκη για τοποθέτηση στη ζώνη, ώστε να υπάρχει εύκολη πρόσβαση. Προφανώς χρησιμοποιούνται και για να παίρνουμε αζιμούθια, προκειμένου να προσδιορίσουμε τη θέση μας στον χάρτη. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει «must» και mobile apps, που μετατρέπουν ένα smartphone, σε γεωλογική πυξίδα (και όχι μόνο), με πολύ περισσότερες δυνατότητες αποθήκευσης, επεξεργασίας και προβολής των στοιχείων σε χάρτη ή στο Google Earth.

Τα τελευταία χρόνια, με την εξάπλωση των smartphones, που είναι εφοδιασμένα από μια σειρά αισθητήρων, όπως πυξίδα, GPS κ.λπ., έχουν αναπτυχθεί «εφαρμογές γεωλογικής πυξίδας» και μπορεί κάλλιστα να χρησιμοποιήσει κάποιος το «έξυπνο» κινητό του, αντί για τη συμβατική γεωλογική πυξίδα. Αυτό γίνεται ακόμα πιο δελεαστικό, αν αναλογισθεί κανείς και τις επιπρόσθετες ευκολίες που του προσφέρει το «πακέτο» smartphone + application, όπως ηλεκτρονική αποθήκευση των μετρήσεων, συντεταγμένες του σημείου μέτρησης, προβολή σε χάρτες ή στο Google Earth, διαγράμματα προβολής σε δίκτυο Schmidt κ.λπ. Χρειάζεται όμως μεγάλη προσοχή, γιατί η ακρίβεια των μετρήσεων με smartphone είναι αμφισβητήσιμη και μπορεί, ενίοτε, να υπερβαίνει τις 20°-30°, ακόμα και αν απομαγνητίζει κανείς τον αισθητήρα της γεωλογικής πυξίδας του κινητού (διαγράφοντας με τη συσκευή τα γνωστά «οσχάρια» στον αέρα), πριν από κάθε μέτρηση. Άρα το γενικό συμπέρασμα είναι ότι η συμβατική γεωλογική πυξίδα είναι αναντικατάστατη, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν «πειραματιζόμαστε» και με τις ηλεκτρονικές διευκολύνσεις της εποχής. Επισημαίνεται ότι ένας σχετικά έμπειρος γεωλόγος μπορεί, χωρίς πολύ κόπο και με ακρίβεια, να μετρήσει τα τεκτονικά στοιχεία μιας γεωλογικής επιφάνειας ακόμα και με μια απλή ορειβατική ή τοπογραφική πυξίδα.

Στα επόμενα υπάρχει κεφάλαιο αφιερωμένο στη χρήση της γεωλογικής πυξίδας από τους γεωλόγους, όπου εκεί μπορεί να βρει κανείς πολύ περισσότερες πληροφορίες, για τους διάφορους τύπους που κυκλοφορούν στην αγορά και τις ιδιαιτερότητες του καθενός από αυτούς.

## 2.4 GPS

Με την τεράστια εξάπλωση και τις εφαρμογές που έχουν τα **GPS** σήμερα, είναι αυτονόητη η χρήση και χρησιμότητά τους σε όλα τα στάδια της (γεωλογικής) χαρτογραφίας. Η καταγραφή των συντεταγμένων κάποιου σημείου στην ύπαιθρο (π.χ. σημείο παρατήρησης, λήψης μετρήσεων, δειγματοληψίας, γεωλογικού ορίου κ.λπ.), αλλά και η καταγραφή μιας διαδρομής (π.χ. κατά μήκος του ίχνους ενός ρήγματος ή μιας επαφής) αποτελούν βασικές λειτουργίες κάθε τέτοιου οργάνου. Η δυνατότητα εισόδου του τοπογραφικού χάρτη που χρησιμοποι-

ούμε στη χαρτογράφηση, στο GPS και η απεικόνισή του, μαζί με το στίγμα της θέσης που βρισκόμαστε, στην οθόνη της συσκευής, αποτελούν συνήθως χαρακτηριστικό και δυνατότητα των πιο ακριβών συσκευών. Το κατέβασμα των στοιχείων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και η προβολή τους σε ένα σύστημα GIS, μαζί με τα υπόλοιπα δεδομένα της γεωλογικής χαρτογράφησης, αποτελούν, επίσης, βασικές δυνατότητες κάθε τύπου τέτοιας συσκευής, που κυκλοφορεί σήμερα στην αγορά.

Υπάρχουν πολλοί τύποι GPS, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εργασία υπαίθρου, κατά τη διάρκεια μιας γεωλογικής χαρτογράφησης. Ο πιο συνηθισμένος τύπος είναι μια αυτόνομη συσκευή με αποκλειστική χρήση ως GPS και κάποιες άλλες βοηθητικές λειτουργίες (π.χ. πυξίδα κ.λπ.). Προφανώς ένα smartphone, με την κατάλληλη εφαρμογή, αποτελεί επίσης μια πολύ καλή εναλλακτική λύση, με περισσότερες, ίσως δυνατότητες. Επιπρόσθετα, **GPS-ρολόι χειρός**, **GPS σε PDA**, **φωτογραφικές μηχανές με GPS** και άλλα συναφή «γκατζετάκια», χρησιμοποιούνται, επίσης συχνά, από τους γεωλόγους και κάνουν την εργασία στην ύπαιθρο πιο εύκολη και πιο αποδοτική, αν και ενίοτε και πιο ...βασανιστική (π.χ. όταν δεν πιάνει καλά τους δορυφόρους, όταν «ξεμεινεί» από μπαταρία, όταν κολλήσει το λογισμικό, όταν χάσει τα δεδομένα κ.λπ.).



**Εικόνα 2.4** Διάφοροι τύποι συσκευών GPS κυκλοφορούν στην αγορά και με τους περισσότερους από αυτούς μπορεί ο γεωλόγος να κάνει τη δουλειά του.

Παρά την εισβολή αυτή της τεχνολογίας στην «γεωλογική» ζωή μας, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η κλασική εργασία υπαίθρου, κατά τη διάρκεια μιας γεωλογικής χαρτογράφησης, προϋποθέτει ότι ο γεωλόγος μπορεί (χωρίς άλλα όργανα ή διευκολύνσεις) να προσδιορίσει με ακρίβεια τη θέση του στον χάρτη, αλλά και να συσχετίσει όλο το ορατό ανάγλυφο και τις γεωμορφές (κορυφές, ρέματα, ράχες, κλιτύς κ.λπ.) που έχει στο οπτικό του πεδίο με την απεικόνισή τους, μέσω των ισοϋψών καμπυλών, στον τοπογραφικό χάρτη. Έχει, δηλαδή, εκπαιδευτεί να διαβάσει το ανάγλυφο και να χρησιμοποιεί την πυξίδα στις περιπτώσεις που αυτό είναι δύσκολο (π.χ. λόγω ομοιόμορφης τοπογραφίας ή έντονης φυτοκάλυψης). Η προϋπόθεση αυτή είναι απαραίτητη (όπως θα δούμε αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο) για να μπορέσει να περάσει πάνω στον χάρτη τους γεωλογικούς σχηματισμούς και τα όριά τους. Κατά την εκπαίδευση των φοιτητών δίνεται ιδιαίτερη σημασία και βαρύτητα στο να αποκτήσουν τις δεξιότητες αυτές και μόνο όταν αυτές κατακτηθούν, ξεκινάει η εκπαίδευση και η παρουσίαση των ηλεκτρονικών ευκολιών, που προφανώς και αυτές είναι απαραίτητες στις μέρες μας. Για παράδειγμα, σε όλες τις επιστημονικές δημοσιεύσεις, είναι απαραίτητο πλέον να δίνονται οι συντεταγμένες των θέσεων δειγματοληψίας, ώστε να μπορούν με ακρίβεια και άλλοι ερευνητές να εντοπίζουν με ακρίβεια τα πετρώματα και τις θέσεις που πήραμε τα δείγματά μας. Περισσότερα στοιχεία και λεπτομέρειες στο κεφάλαιο για την ηλεκτρονική χαρτογραφία.

## 2.5 Λούπα

Η **λούπα** (**magnifier** ή **hand lens**) είναι ένας μικρού μεγέθους ισχυρός μεγεθυντικός φακός, που χρησιμοποιούν οι γεωλόγοι για να εξετάζουν τα «ενδότερα» των πετρωμάτων, κυρίως σε ότι αφορά την υπαρξη μικρο-απολιθωμάτων, την ορυκτολογική σύσταση και άλλα δομικά χαρακτηριστικά του πετρώματος, ανάλογα με

την κατηγορία στην οποία ανήκει. Η πιο συνηθισμένη κατηγορία και αυτή με τη μεγαλύτερη ευχρηστία, είναι αυτή των **folding magnifiers**, όπου το σώμα του φακού περιστρέφεται και μπαίνει μέσα σε μια μεταλλική θήκη. Η διάμετρος του φακού κυμαίνεται από 15 μέχρι 20cm και η μεγέθυνση που προσφέρουν είναι, συνήθως, της τάξης του 10x ή 20x (και σπανιότερα 15x ή 30x) υπεραρκετή για όλες τις χρήσεις από έναν γεωλόγο.

Την αναζητάμε σε καταστήματα οπτικών ή σε καταστήματα που πωλούν ορυκτά και ημιπολύτιμους λίθους, αλλά και στα διαδικτυακά καταστήματα με γεωλογικό εξοπλισμό. Οι τιμές κυμαίνονται από 10,00 μέχρι 30,00 €, με τις ακριβότερες προτάσεις να διαθέτουν καλύτερα οπτικά χαρακτηριστικά, δηλαδή μικρότερες παραμορφώσεις και χρωματικές αποκλίσεις του φακού, που αποτελούν σημαντικές παραμέτρους για τη σωστή αναγνώριση και προσδιορισμό των ορυκτών από τον γεωλόγο. Οι περισσότερες λούπες διαθέτουν έναν φακό, υπάρχουν όμως και λούπες με δύο φακούς, π.χ. ο ένας 10x και ο άλλος 20x.

Ο σωστός τρόπος οπτικής εξέτασης προϋποθέτει αρχικά την εξέταση με γυμνό οφθαλμό, ώστε να εντοπίσουμε τις περιοχές του δείγματος που έχουν ενδείξεις για απολιθώματα ή ορυκτά. Ακολουθεί η εξέταση με τη λούπα, όπου κρατάμε το πετρολογικό δείγμα στο ένα χέρι και με το άλλο χέρι κρατάμε τη λούπα, σε απόσταση μισού, περίπου, εκατοστού από το μάτι μας, πλησιάζοντας σταδιακά το δείγμα προς τη λούπα (ή το αντίθετο), μέχρι να εστιάσει ο φακός και να έχουμε καθαρή εικόνα. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται σε απόσταση 1 έως 4cm της λούπας από το δείγμα. Σε άλλες περιπτώσεις είναι σκόπιμο να εξετάζουμε μια φρέσκια τομή του πετρώματος (που μόλις σπάσαμε με το γεωλογικό σφυρί), ενώ σε άλλες μια διαβρωμένη επιφάνεια του δείγματος, αλλά καθαρή από βρύα και λειχήνες. Αυτό συμβαίνει, γιατί συχνά τα μικρο-απολιθώματα στα ιζηματογενή πετρώματα, αλλά και ορισμένα ορυκτά (σε μεταμορφωμένα κυρίως πετρώματα), προεξέχουν λόγω της διάβρωσης του πετρώματος και άρα είναι πιο εύκολα παρατηρήσιμα.



**Εικόνα 2.5** Μια αναδιπλούμενη λούπα (folding magnifier), απλή ή με φωτισμό και μεγέθυνση της τάξης 10x έως 20x, είναι απαραίτητη για την αναγνώριση μικροαπολιθωμάτων και ορυκτών στα πετρώματα. Η τεχνική προϋποθέτει να πλησιάσουμε τη λούπα και το δείγμα του πετρώματος προς το μάτι μας, μέχρι να εστιάσει η εικόνα. Ένα κορδόνι, για να την έχουμε πάντα περασμένη στο λαιμό μας, είναι η πιο ασφαλής και βολική λύση. Αν υπάρχει και θήκη ακόμα καλύτερα για την προστασία του φακού.

Κατά την οπτική εξέταση με τη λούπα πρέπει να έχουμε καλό φωτισμό, που είναι μεν άφθονος σε συνθήκες υπαίθρου, αλλά μειώνεται αρκετά γιατί σκιάζεται το πέτρωμα που κρατάμε στα χέρια μας, αφού το πρόσωπό μας και η λούπα είναι σχεδόν «κολλημένα» πάνω σε αυτό. Το πρόβλημα διορθώνεται με την εξέταση υπό κατάλληλη γωνία σε σχέση με τον ήλιο, αλλά για τους πιο «gadget freak» και «technojunkie» υπάρχουν **λούπες με φωτισμό led**, που είναι αμφίβολο αν προσφέρουν κάτι περισσότερο ή απλά προσθέτουν και τον «μπελά» της μπαταρίας και του ειδικού κατσαβιδιού που απαιτείται για την αλλαγή της.

Οι πιο «σινιέ» λούπες διαθέτουν και δερμάτινη θήκη για τη φύλαξή τους, αυτό, όμως, που είναι πραγματικά απαραίτητο είναι ένα **κορδόνι**, σαν αυτά που χρησιμοποιούνται για τα καρτελάκια των συνεδρίων, αφού η πλέον κατάλληλη, βολική και ασφαλής θέση για τη λούπα είναι να είναι μόνιμα κρεμασμένη στον λαιμό μας. Ελέγχουμε περιοδικά το κορδόνι και το «κλιπ» που συνδέει τη λούπα για φθορές, γιατί συχνά κόβονται, με αποτέλεσμα η λούπα να καταλήξει στα .... «θυμαράκια».

## 2.6 Κιάλια

Τα **κιάλια**, ενίοτε, αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για τον γεωλόγο, δεδομένου ότι του δίνουν τη δυνατότητα να μεγεθύνει την εικόνα που βλέπει σε μακρινές (αλλά και κοντινές) αποστάσεις, προκειμένου να έχει μια πιο λεπτομερή και ευκρινή άποψη για το είδος του πετρώματος, τον χαρακτήρα μιας επαφής, τη γεωμετρία μιας τεκτονικής δομής κ.λπ. Εξυπακούεται ότι δεν μένουμε στην εικόνα της μακρινής παρατήρησης με τα κιάλια, αλλά οφείλουμε να επισκεφθούμε την περιοχή για να δούμε από κοντά περί τίνος ακριβώς πρόκειται. Μόνο σε περιπτώσεις που είναι αδύνατον να προσεγγίσουμε με ασφάλεια την περιοχή ή το σημείο (π.χ. κατακόρυφα πρηνή ενός βουνού ή ενός λατομείου), θα αρκεστούμε στην εικόνα της παρατήρησης με τα κιάλια.



**Εικόνα 2.6** Ένα ζευγάρι κιάλια, με μικρό μέγεθος και βάρος και ικανή μεγέθυνση, μπορούν να φανούν χρήσιμα σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως π.χ. για να δούμε με μεγαλύτερη ευκρίνεια γεωλογικές δομές που βρίσκονται μακριά, σε περιοχές που δεν μπορούμε να πλησιάσουμε με ασφάλεια (απόκρημνα πρηνή, τομές λατομείων κ.λπ.).

Η τεχνολογία σήμερα προσφέρει κιάλια με εξαιρετικά οπτικά χαρακτηριστικά (υψηλή ευκρίνεια, ελάχιστες παραμορφώσεις κ.λπ.) και αρκετά μεγάλη μεγέθυνση (8-10x), που ταυτόχρονα έχουν μικρό μέγεθος (10x8x3,5cm) και είναι πολύ ελαφριά (< 200 gr) και έτσι δεν αποτελούν βάρος για να τα έχουμε πάντα στο σακίδιο. Μια φωτογραφική μηχανή με υψηλό zoom και καλό οπτικό σκόπευτρο, μπορεί να αντικαταστήσει εν μέρει (χωρίς την ίδια ευκρίνεια, βέβαια) τα κιάλια.

## 2.7 Φωτογραφική μηχανή

«Μια εικόνα, χίλιες λέξεις», το ρητό που έρχεται «γάντι» στη γεωλογική εργασία υπαίθρου. Και ναι μεν μπορεί τα σύγχρονα έξυπνα κινητά (smartphones) να διαθέτουν πλέον ικανές (από άποψη ποιότητας) φωτογραφικές κάμερες, με GPS και κατάλληλες εφαρμογές (applications ... στα ελληνικά), που μαζί με τη φωτογραφία αποθηκεύουν συντεταγμένες, προβολές στο Google Earth ή στον χάρτη, μετρήσεις τεκτονικών στοιχείων και σημειώσεις και περιγραφές για τη συγκεκριμένη θέση, τίποτα, όμως, δεν μπορεί να αντικαταστήσει μια καλή **φωτογραφική κάμερα**, που πρέπει να έχει ο γεωλόγος πάντα μαζί του. Οι λόγοι πολλοί.

Η φωτογραφία είναι η άμεση απόδειξη αυτού που περιγράφει και διατείνεται ότι ανακάλυψε, περπατώντας και οδοιπορώντας σε «βουνά και λαγκάδια» και φθάνοντας σε σημεία που δεν πάει εύκολα κανείς για δεύτερη φορά. Πρέπει, λοιπόν, να έχει τη φωτογραφική αποτύπωση με τη μέγιστη δυνατή ποιότητα, τόσο για την επεξεργασία όσο και για τη δημοσίευση των στοιχείων του σε ένα καλό διεθνές περιοδικό ή για την ανακοίνωση σε ένα διεθνές συνέδριο.

Ένα smartphone σε καμιά περίπτωση δεν προσφέρει τις εξειδικευμένες τεχνικές δυνατότητες μιας καλής φωτογραφικής κάμερας, που σχεδόν πάντα θα χρειαστεί ένας γεωλόγος. Χειροκίνητες ρυθμίσεις, οπτικό zoom, φωτογράφιση macro, πολλαπλή εστίαση, πολλαπλές λήψεις κ.λπ. είναι από τα πιο απαραίτητα. Πιο συγκεκριμένα, μια κατάλληλη φωτογραφική μηχανή για εργασία υπαίθρου, είναι καλό να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: i) **Μικρό μέγεθος** για να μεταφέρεται εύκολα και να προσαρτάται στη ζώνη. Ευτυχώς η τεχνολογία προσφέρει πια compact φωτογραφικές κάμερες με δυνατότητες εφάμιλλες μιας DSLR. ii) **Ισχυρό οπτικό zoom**, κατ' ελάχιστο 20x. iii) **Πανοραμική λήψη** iv) **Οπτικό σκόπευτρο** (οι συνθήκες φωτισμού στην υπαίθρο κάνουν συχνά απαγορευτική τη χρήση της οθόνης) και iv) **GPS**. Εννοείται ότι υψηλή ανάλυση, μεγάλου format αισθητήρας και άλλα τέτοια δελεαστικά τεχνικά χαρακτηριστικά, είναι πάντα καλοδεχόμενα.

Οι τιμές, στην περίπτωση αυτή, είναι «τσουχτερές». Ξεκινάνε από 300,00 € και φθάνουν σε τριψήφια νούμερα. Θα πρέπει, όμως, να γίνει ξεκάθαρο ότι οι επιλογές αυτές αφορούν έναν επαγγελματία γεωλόγο

και σε καμία περίπτωση δεν αφορούν τους εκπαιδευόμενους, τους φοιτητές. Ότι διαθέτει κανείς, μια απλή compact φωτογραφική μηχανή, με ή χωρίς zoom, με ή χωρίς GPS, με υψηλή ή πιο χαμηλή ανάλυση ...κ.λπ. είναι αρκετή για να κάνει τη δουλειά της. Αν και οι περισσότεροι φοιτητές χρησιμοποιούν και καλύπτονται από τα κινητά τους (λόγω συνήθειας και «μόδας»), συνιστάται να έχουν πάντα και μια φωτογραφική κάμερα (ό,τι υπάρχει διαθέσιμο στην οικογένεια), που θα τους δώσει, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, πολύ πιο καλό αποτέλεσμα.



**Εικόνα 2.7** Μια μικρού μεγέθους φωτογραφική μηχανή (compact), με δυνατότητες DSLR κατά προτίμηση και ισχυρό zoom ( $\geq 20X$ ), είναι η καλύτερη επιλογή για να καλύψει τις ανάγκες της εργασίας υπαίθρου. Μια θήκη για τη ζώνη κάνει τη χρήση της πολύ πιο βολική και λειτουργική.

Ολοκληρώνουμε τα των φωτογραφικών μηχανών, αναφέροντας ότι πολύ συχνά «ακουμπάει» κάποιος μια παρουσία για μια «σούπερ - ντούπερ» φωτογραφική κάμερα και την χρησιμοποιεί σαν ...απλή compact, χωρίς να αξιοποιεί καμία από τις εξαιρετικές δυνατότητές της. Δηλαδή ... «τα ράσα δεν κάνουν τον παπά». Ο γεωλόγος πρέπει να είναι καλός φωτογράφος. Και ο καλός φωτογράφος βγάζει καλές φωτογραφίες, σε δύσκολες συνθήκες, ακόμα και με μια απλή φωτογραφική μηχανή. Ψάξτε, διαβάστε, ενημερωθείτε. Συνάδελφοι (συμφοιτητές) που γνωρίζουν καλά την τέχνη σίγουρα υπάρχουν στην παρέα μας, αλλά και στο διαδίκτυο υπάρχει άπειρο (δωρεάν) υλικό για πρωτάρηδες ή πιο προχωρημένους. Τέλος, μην ξεχνάτε ότι, για όσους ξέρουν και ασχολούνται, υπάρχει πια άφθονο ελεύθερο λογισμικό, που μπορεί να κάνει θαύματα σε «κακοτραβηγμένες» φωτογραφίες.

## 2.8 Τοπογραφικοί χάρτες, δορυφορικές εικόνες, αεροφωτογραφίες

Αλλάζουμε λίγο ύφος και από τα «πρωτόγονα» σιδηρικά και εργαλεία ή τις σύγχρονες ηλεκτρονικές συσκευές, που περιγράψαμε στα προηγούμενα, περνάμε στην κατηγορία του **υποβάθρου** πάνω στο οποίο θα δουλέψει ο γεωλόγος και θα «χτίσει» τον **γεωλογικό χάρτη**. Με άλλα λόγια σε ότι αφορά τους **τοπογραφικούς χάρτες** ή **τοπογραφικά διαγράμματα** (ανάλογα με τις ανάγκες του έργου και την κλίμακα της χαρτογράφησης), που θα χρησιμοποιηθούν σαν υπόβαθρο, πάνω στο οποίο θα περάσουμε τα γεωλογικά όρια, τα πετρώματα και τους γεωλογικούς σχηματισμούς και τα τεκτονικά στοιχεία. Επικουρικά, **δορυφορικές εικόνες**, **εικόνες από το Google Earth** και **αεροφωτογραφίες** θα συνδράμουν και θα βοηθήσουν, κατά περίπτωση. Για τον γεωλογικό χάρτη που κατασκευάζουμε στην ύπαιθρο και τι σημειώνουμε σε αυτόν, υπάρχει ειδικό, επόμενο κεφάλαιο.

Προμηθευόμαστε, λοιπόν, τους απαραίτητους τοπογραφικούς χάρτες ή τα τοπογραφικά διαγράμματα από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, τους σαρώνουμε («σκανάρουμε» ... στα ελληνικά) για να υπάρχει πάντα ηλεκτρονικά το αντίγραφο, και τυπώνουμε, σε μέγεθος A3, μια σειρά από ασπρόμαυρα φύλλα (ώστε να διακρίνονται καθαρά τα χρώματα που χρησιμοποιούμε για τα πετρώματα και τους σχηματισμούς), που να καλύπτουν το σύνολο της περιοχής που θα χαρτογραφήσουμε. Τυπώνουμε πάντα περισσότερα από ένα αντίγραφα, δεδομένου ότι από τη συνεχή χρήση το χαρτί φθείρεται και έτσι πρέπει να περάσουμε τη δουλειά μας σε ένα καινούργιο αντίγραφο για να συνεχίσουμε.

Έγχρωμα αντίγραφα από τις δορυφορικές εικόνες και αεροφωτογραφίες που έχουμε διαθέσιμες, αλλά και προϋπάρχοντες γεωλογικοί χάρτες, μπαίνουν και αυτά στο σχετικό φάκελο με τους τοπογραφικούς χάρτες, δεδομένου ότι θα μας βοηθήσουν, σε ορισμένες περιπτώσεις, να περάσουμε τα γεωλογικά όρια και να χαρτογραφήσουμε πετρώματα και σχηματισμούς.

Κατά τη διάρκεια της γεωλογικής χαρτογράφησης στην ύπαιθρο, είναι απαραίτητο ένα ταμπλό, που θα λειτουργεί σαν στήριγμα του χάρτη για να μπορούμε να εργαζόμαστε. Ένα κομμάτι από ελαφρύ κόντρα-πλακέ θαλάσσης, μεγέθους λίγο μικρότερο από Α3, με ένα φαρδύ μεταλλικό μανταλάκι στην κορυφή και μερικά **φαρδιά λαστιχάκια** και **μεταλλικά κλιπ** για να συγκρατούν τον χάρτη, ιδιαίτερα όταν φυσάει, είναι ότι καλύτερο. Βολικό είναι, επίσης, και ένα δίφυλλο πλαστικό ταμπλό, με ενσωματωμένο μεταλλικό κλιπ (μανταλάκι), μεγέθους Α4 -κλειστό και Α3 -ανοικτό, που μπορεί να βρει κανείς στα περισσότερα βιβλιοχαρτοπωλεία. Διευκολύνει γιατί κλειστό (Α4) μπορούμε και το τοποθετούμε εύκολα στο σακίδιο και ανοικτό μας παρέχει διπλάσιο σε έκταση χώρο (Α3) για να δουλεύουμε στον χάρτη. Επιλέγουμε ένα **έντονο χρώμα** (πορτοκαλί, κίτρινο κ.λπ.) ώστε να εντοπίζεται εύκολα, αν το ξεχάσουμε κάπου στην ύπαιθρο.



**Εικόνα 2.8** Κατά την εργασία υπαίθρου είναι απαραίτητο ένα βολικό ταμπλό, για να τοποθετήσουμε τον τοπογραφικό χάρτη, που θα μετατρέψουμε σε γεωλογικό, περνώντας τους γεωλογικούς σχηματισμούς, τα όριά τους και τα τεκτονικά στοιχεία. Μερικά μεταλλικά κλιπ και λαστιχάκια, θα σώσουν την κατάσταση όταν φυσάει δυνατός αέρας. Όταν χρειαστεί να δουλέψουμε κάτω από καιρικές συνθήκες που προϋποθέτουν βροχή, τότε είναι σκόπιμο να προμηθευθούμε μια αδιάβροχη θήκη (από τους διάφορους τύπους που κυκλοφορούν στα διαδικτυακά καταστήματα), ώστε να μπορούμε να χρησιμοποιούμε τον χάρτη κατά την εργασία υπαίθρου.

Στα διαδικτυακά καταστήματα με γεωλογικό εξοπλισμό, διατίθενται και ειδικές αδιάβροχες θήκες για τον χάρτη, οι οποίες είναι όντως χρήσιμες στις βόρειες χώρες, όπου η βροχή είναι η πιο συχνή «παρέα» του γεωλόγου. Στις ελληνικές καιρικές συνθήκες η ανάγκη αυτή δεν υφίσταται στην ουσία και μόνο αν είμαστε υποχρεωμένοι να εργαστούμε κατά τη διάρκεια ενός βροχερού χειμερινού μήνα ή σε περιοχές που φημίζονται για τις βροχοπτώσεις τους (π.χ. ΒΔ Ελλάδα), είναι καλό να έχουμε προμηθευτεί και μια τέτοια θήκη.

## 2.9 Γραφική ύλη

Όσο και αν φαίνεται κοινότυπο, ο γεωλόγος-χαρτογράφος χρειάζεται μια καλή υποδομή από **γραφική ύλη**, για να μπορέσει να κάνει τη δουλειά του χωρίς ...να του «σπάσουν τα νεύρα». Οι απαιτήσεις της δουλειάς προϋποθέτουν χρωμάτισμα, σχεδίαση, γράψιμο, σβήσιμο κ.λπ. κυρίως στο τετράδιο σημειώσεων και στον χάρτη, αλλά και πάνω στα δείγματα που θα συλλέξουμε, στη σακούλα που θα τα βάλουμε, ακόμα και πάνω στους βράχους και τα πετρώματα που θα σημειώσουμε π.χ. κάποια κινηματικά στοιχεία ή μια μέτρηση, για να βγάλουμε μια φωτογραφία.

Είναι πολύ σύνηθες οι εκπαιδευόμενοι φοιτητές να μη δίνουν ιδιαίτερη σημασία σε αυτά τα «ταπεινά» υλικά, που πρέπει πάντα να έχουμε μαζί μας και έρχονται στις ασκήσεις υπαίθρου κρατώντας μόνο ένα στυλό. Στην πορεία διαπιστώνουν ότι είναι αδύνατο να εργαστεί κάποιος χωρίς τα απαραίτητα μολύβια, χρώματα και όλα τα συναφή και αρχίζει η αναζήτηση του «οργανωμένου» συμφοιτητή, που έχει έρθει «πάνοπλος» και ο οποίος, ακόμα και αν έχει την καλή διάθεση να τους εξυπηρετήσει όλους, πρακτικά, δεν μπορεί. Ακολουθεί ένας κατάλογος με τα απολύτως απαραίτητα για την εργασία υπαίθρου γραφικά υλικά, που όλοι μας έχουμε



μάθει να χρησιμοποιούμε από το Δημοτικό. Τηρήστε τη λίστα με υπευθυνότητα για να κάνετε τη «γεωλογική» ζωή σας, αλλά και τη ζωή των εκπαιδευτών σας, πιο εύκολη (και ευχάριστη). Έχουμε και λέμε λοιπόν:



**Εικόνα 2.9** Η απαραίτητη γραφική ύλη, κατά τη γεωλογική χαρτογράφηση και εργασία υπαίθρου. Μπορεί να αποτελείται από απλά και συνηθισμένα υλικά, που όλοι χρησιμοποιούμε καθημερινά από τα μαθητικά μας χρόνια, η έλλειψή τους, όμως, θα κάνει τη ζωή μας στην ύπαιθρο αντιπαραγωγική και τη ζωή μας δύσκολη. Μια κασετίνα θα μας βοηθήσει στην οργάνωσή τους, αν και συνήθως οι φοιτητές ανακαλύπτουν λύσεις πολύ πιο βολικές.

- **Στυλό ή λεπτά μαρκαδοράκια** για γράψιμο. Κατά προτίμηση και τα 4 βασικά χρώματα (μπλε, μαύρο, κόκκινο, πράσινο). Υπάρχουν και στυλό με ειδική γόμα στο πίσω μέρος, που σβήνουν και αποδεικνύονται πολύ εξυπηρετικά.
- **Μολύβια** (σκληρότητα HB), κατά προτίμηση όχι μηχανικά, γιατί σπάει εύκολα η μύτη τους και δεν είναι κατάλληλα για σχεδίαση (σκίτσα, πανοράματα κ.λπ.). Εννοείται ότι τα διατηρούμε πάντα καλοξυσμένα.
- Ένα σετ από **ξυλομπογιές**, που να περιλαμβάνει κατ' ελάχιστο 12 βασικά χρώματα, αν και η εμπειρία έχει δείξει ότι με 24 θα βολευτείτε ακόμα καλύτερα.
- **Γόμα και ξύστρα**, σε όποια μορφή ή τύπο βολεύεται ο καθένας, από τους πολλούς που κυκλοφορούν πια στην αγορά, όπως π.χ. συνδυασμός γόμα και ξύστρα μαζί, γόμα «μολύβι», γόμα που φοριέται «καπέλο» στο μολύβι κ.λπ.
- **Ανεξίτηλους μαρκαδόρους**, με χοντρή μύτη, για να σημειώνουμε στα δείγματα (αρίθμηση, προσανατολισμός κ.λπ.) και τα πετρώματα (σύμβολα κλίσεων, τιμές μετρήσεων κ.λπ.). Τους διακρίνουμε από τη σήμανση «permanent» πάνω στον μαρκαδόρο. Δύο βασικά χρώματα αρκούν, αν και τα 4 είναι πιο βολικά σε κάποιες περιπτώσεις, όπως π.χ. στην περίπτωση που μελετάμε κινηματικά τεκτονικές δομές και χρειάζεται να σημειώνουμε πάνω στον βράχο τις επικαλυπτόμενες δομές διαφορετικών παραμορφωτικών φάσεων για να τις φωτογραφίσουμε.
- **Μαρκαδόρους υπογράμμισης** (αυτούς με τα «φωσφοριζέ» χρώματα), για επισημάνσεις στο κείμενο των σημειώσεων ή τα σκίτσα και τις τομές.
- **Μοιρογνωμόνιο** και **μικρό υποδεκάμετρο** («χαρακάκι») ...στα ελληνικά) ή καλύτερα ένα ορθογώνιο τριγωνάκι (με υποτείνουσα 10-15cm), που περιλαμβάνει και τα δύο (υποδεκάμετρο σε cm και μοιρογνωμόνιο). Τα χρησιμοποιούμε για μέτρηση αποστάσεων και υπολογισμό γωνιών και προσανατολισμών στον χάρτη.

## 2.10 Τετράδιο (ή βιβλίο) σημειώσεων υπαίθρου

Προφανώς ο γεωλόγος που εργάζεται στην ύπαιθρο χρειάζεται ένα τετράδιο για να κρατάει σημειώσεις και παρατηρήσεις όλων των στοιχείων και δεδομένων που συλλέγει. Αντιλαμβανόμαστε όλοι πόσο σημαντικό είναι το σημείο αυτό, γιατί η πληροφορία που συγκεντρώνεται, ακόμα και από μιας μικρής διάρκειας γεωλογική εξόρμηση στην ύπαιθρο (1-2 ημέρες), είναι και πολύ μεγάλη σε όγκο και εξαιρετικής σημασίας για το στόχο της δουλειάς μας. Για τον λόγο αυτό υπάρχει ειδικό κεφάλαιο αφιερωμένο στο «**τετράδιο σημειώσεων υπαίθρου**» (ή «**βιβλίο**», καλύτερα, για να έχει πιο ...βαρύ και επίσημο τίτλο, λόγω της σημασίας του), που περιγράφει με λεπτομέρεια ποιες πληροφορίες πρέπει να συγκεντρώνουμε σε αυτό και τον τρόπο που τις οργανώνουμε και τις επεξεργαζόμαστε επιτόπου ή αργότερα στο κατάλυμα που διανυκτερεύουμε. Προσοχή, η επεξεργασία που ακολουθεί στο εργαστήριο στο Πανεπιστήμιο είναι ... «άλλου παπά Ευαγγέλιο» και αφορά όλες τις μεθόδους και τεχνικές που διδάσκονται οι φοιτητές στα εργαστήρια των μαθημάτων, με δεδομένα από την ύπαιθρο (δηλαδή από τα «βιβλία σημειώσεων υπαίθρου» των καθηγητών τους ή των δικών τους).

Στο κεφάλαιο αυτό, δεν θα πούμε τίποτα περισσότερο από τα τεχνικά χαρακτηριστικά, που η εμπειρία έχει δείξει ότι καλό είναι να έχει το τετράδιο αυτό, δεδομένου ότι χρησιμοποιείται κάτω από ειδικές «μάχιμες» συνθήκες. Ο γενικός κανόνας είναι βολικό σε μέγεθος και ανθεκτικό στη χρήση. Χρειάζονται όμως περισσότερες λεπτομέρειες, γιατί ...αυτές κάνουν τη διαφορά. Έχουμε και λέμε, λοιπόν:



**Εικόνα 2.10** Βολικό μέγεθος, σκληρό εξώφυλλο με έντονο χρώμα και αντοχή στην κακομεταχείριση, είναι τα βασικά χαρακτηριστικά του «τετραδίου ή βιβλίου, σημειώσεων υπαίθρου». Αδιάβροχες εκδόσεις, σελίδες με ειδικές διαγραμμίσεις και πίνακες αναφοράς για χρήση στην ύπαιθρο, «καλοδεχούμενα» αλλά όχι απαραίτητα. Η διαμάχη «τετράδιο VS tablet, με τα σημερινά δεδομένα, κλίνει σαφώς υπέρ του τετραδίου. Πειραματιζόμαστε, όμως και χρησιμοποιούμε τη νέα τεχνολογία.

- **Μικρό μέγεθος.** Διαστάσεις γύρω στο A5 (μισό A4, περίπου 15x21cm) ή λίγο μικρότερες (γύρω στο B6, 12x18cm) θεωρούνται ιδανικές. Προφανώς αν κάποιος βολεύεται με κάτι πιο μαχί ή mini, καμία αντίρρηση.
- **Σκληρό εξώφυλλο** με βιβλιοδετημένη ραμμένη ράχη για να αντέχει. Αν η ράχη είναι κολλημένη υπάρχει πιθανότητα με τη συχνή (και σκληρή) χρήση να γίνει «φύλλο και φτερό». Αποφεύγετε και τα σπирάλ, γιατί οι σελίδες σχίζονται εύκολα (ακόμα και με τον δυνατό αέρα) και γιατί δεν μπορούμε να σχεδιάσουμε μια μεγάλη τομή ή ένα πανόραμα χρησιμοποιώντας και τις δύο αντικριστές σελίδες με το τετράδιο ανοικτό, γιατί υπάρχει ανάμεσα ο κενός χώρος του σπирάλ της ράχης.
- **Έντονο χρώμα** εξωφύλλου (έντονο κίτρινο ή πορτοκαλί) για εύκολο εντοπισμό, σε περίπτωση που ξεχαστεί δίπλα από έναν βράχο, ή κάτω από ένα δένδρο.
- **Ικανός αριθμός σελίδων**, γύρω στις 150 (70 με 80 φύλλα).

- Οι σελίδες καλό είναι να έχουν το γνωστό **καρέ με τα τετραγωνάκια**, γιατί διευκολύνει: i) να γράφουμε ευθεία, ii) να σχεδιάζουμε γεωλογικά (στρωματογραφικές στήλες, τομές, σκίτσα, πανοράματα κ.λπ.), iii) να κάνουμε διαγράμματα (π.χ. δίκτυα Schmidt) και iv) να γράφουμε τις τεκτονικές μετρήσεις σε στήλες. Προσοχή μόνο το καρέ να μην είναι έντονα τυπωμένο, αλλά να είναι «αχνό» για να διακρίνεται καλά η γραφή με μολύβι. Σε αντίθετη περίπτωση και οι λευκές σελίδες βολικότερες είναι, αρκεί να είναι κανείς «ευθυγραμμισμένος» στο γράψιμο και το σχέδιο (οι γεωλόγοι συνήθως είναι ή ... γίνονται με την εκπαίδευση).

Τέτοια τετράδια βρίσκει εύκολα κανείς στην ελληνική αγορά, όπως στις αλυσίδες καταστημάτων που πωλούν ηλεκτρονικά και γραφική ύλη ή παιχνίδια και εποχιακά είδη, σε μεγάλα βιβλιοπωλεία κ.λπ., με τιμές που κυμαίνονται από 1,50 μέχρι 17,00 €. Στη διαδικτυακή έρευνα, που είναι βέβαιο ότι όλοι θα κάνετε, θα διαπιστώστε ότι στα ηλεκτρονικά καταστήματα με γεωλογικό εξοπλισμό, διατίθενται «**field notebooks**» ή «**field books**» με την ένδειξη «**all weather**» ή «**rite in the rain**». Δηλαδή αδιάβροχα τετράδια, που με τη χρήση ειδικού στυλό, μπορεί να γράφει κανείς υπό βροχή. Αναγκαιότητα για τις χώρες που η καλοκαιρία και η ηλιοφάνεια (ή έστω οι μέρες χωρίς βροχή) σπανίζουν, άσκοπο έξοδο στις ελληνικές συνθήκες, δεδομένου ότι το κόστος, όπως θα διαπιστώστε, είναι αρκετά «τσουχτερό». Φθάνει τα 25,00 με 30,00 «κολλαριστά» €, για ένα «τετραδιάκι» των 150 σελίδων. Εντάξει, μην τα υποτιμάμε, είναι πολύ περιποιημένα, με σκληρό εξώφυλλο (με έντονο χρώμα), πολύ καλό δέσιμο, σελίδες με καρέ, milimetre ή στήλες για μετρήσεις, αλλά και ένα σωρό «καλούδια» και «έξτρα» στο τέλος, όπως **κλίμακα φωτογράφισης, Πίνακα Γεωλογικού Χρόνου (GTS – Geologic Time Scale)** και άλλες **σελίδες αναφοράς** με σκίτσα και διαγράμματα σε φυσική κλίμακα για πρακτική χρήση από τους γεωλόγους (π.χ. επιτόπου ταξινόμηση κλαστικών ιζημάτων με βάση το μέγεθος των κόκκων κ.λπ.). Αν και εφόσον χρειασθεί να δουλέψουμε κάτω από τέτοιες συνθήκες, ένα τέτοιο «τετραδιάκι» θα έκανε τη ζωή μας πιο εύκολη και δεν θα εξαντλούσε την υπομονή μας.

Προφανώς τη σημερινή εποχή θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε ένα **tablet**, ένα **phablet** ή ακόμα και ένα **ευμέγεθες smartphone** (ιδιαίτερα αυτά που διαθέτουν και «**πενάκι**») σαν τετράδιο σημειώσεων υπαίθρου, πολύ περισσότερο αν αναλογιστεί κανείς, ότι υπάρχουν ήδη και οι κατάλληλες εφαρμογές που συσχετίζουν σημειώσεις, μετρήσεις, φωτογραφίες, συντεταγμένες θέσης και χάρτες. Περισσότερες «αλήθειες» για τη δυνατότητα αυτή, αλλά και λεπτομέρειες για όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα (και πολύ περισσότερα ακόμα) στο ειδικά αφιερωμένο κεφάλαιο για το «Ευαγγέλιο» των γεωλόγων. Το «τετράδιο (ή βιβλίο) σημειώσεων υπαίθρου».

## 2.11 Άλλα χρήσιμα γεωλογικά αξεσουάρ για την ύπαιθρο

Εκτός από τα βασικά που αναφέρθηκαν μέχρι τώρα, υπάρχουν και ορισμένα ακόμα γεωλογικά «μπιχλιμπίδια», που καλό είναι να τα έχουμε μαζί μας γιατί θα μας φανούν χρήσιμα σε αρκετές περιπτώσεις και ανάλογα, πάντα, με την περιοχή και την κατηγορία των πετρωμάτων και γεωλογικών σχηματισμών που χαρτογραφούμε. Ορισμένα από αυτά είναι άκρως απαραίτητα και για να κάνουμε τη δουλειά μας αξιοπρεπώς, αλλά πολύ περισσότερο για την ασφάλειά μας. Δεν χάλασε ο κόσμος αν δεν έχουμε μια κλίμακα φωτογράφισης, πειράζει, όμως, αν δεν έχουμε τα απαραίτητα για τις πρώτες βοήθειες (ένα μικρό φαρμακείο τουλάχιστον).

**α) Υδροχλωρικό οξύ.** Ένα μπουκαλάκι με διάλυμα 10% υδροχλωρικού οξέος θα μας διευκολύνει να ξεχωρίσουμε τα ασβεστολιθικά από τα δολομιτικά πετρώματα ή να διαπιστώσουμε αν ένας σχιστόλιθος είναι ασβεστιτικός ή όχι. Ο ασβεστίτης αναβράζει, ενώ ο δολομίτης όχι. Ζητάμε από τον φαρμακοποιό να μας το φτιάξει ή «δανειζόμαστε» από το μπουκάλι με aqua forte που έχουμε στο σπίτι μας. Προσοχή στη χρήση του. Όχι αστεία και παιχνίδια.

**β) Μεταλλικό σουγιαδάκι.** Ένα ατσάλινο σουγιαδάκι θα μας φανεί χρήσιμο για να προσδιορίσουμε για κάποια ιζηματογενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα αν πρόκειται για ανθρακικά ή πυριτικά. Τα πιο συχνά άχρωμα ορυκτά (τόσο στα πετρώματα, όσο και σαν δευτερογενές υλικό πλήρωσης ασυνεχειών) είναι ο ασβεστίτης και ο χαλαζίας. Μπορούμε, λοιπόν, να απαντήσουμε στο ερώτημα αν πρόκειται για χαλαζία ή ασβεστίτη (ανθρακικό ή ασβεστιτικό πέτρωμα), δεδομένου ότι ο χαλαζίας θα χαράξει το ατσάλινο σουγιαδάκι, ενώ ο ασβεστίτης όχι. Αν αντί για ένα ταπεινό σουγιαδάκι έχουμε έναν «ελβετικό σουγιά», μπορούμε να καλύψουμε και άλλες μικροανάγκες, ανάλογα με τα εξαρτήματα που έχει προσαρτημένα επάνω του. Εκτός από το μαχαίρι, διευκολύνει να έχουμε ψαλίδι, πένσα, λεπτό κατσαβίδι με μύτες, πριονάκι και τσιμπιδάκι για τα αγκάθια. Εντάξει και ... ανοιχτήρι για μπύρες.



**Εικόνα 2.11** Μικροπράγματα, αλλά άκρως απαραίτητα και εξοπλητικά. Η αρίθμηση όπως στο κείμενο.

**γ) Διαγράμματα ταξινόμησης και προσδιορισμού χρώματος.** Για την περιγραφή ενός πετρώματος συχνά χρησιμοποιούμε το μέγεθος των κόκκων του αλλά και το χρώμα του ή άλλες παραμέτρους και χαρακτηριστικά, ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκει (ιστό, υφή κ.λπ.). Υπάρχουν τυποποιημένα έτοιμα τέτοια διαγράμματα που μπορούμε να έχουμε μαζί μας στην ύπαιθρο για να μας διευκολύνουν στην περιγραφή και ταξινόμηση του πετρώματος. Το πιο κοινό είναι αυτό που αφορά στο μέγεθος των κόκκων ενός κλαστικού πετρώματος. Ακουμπάμε το διάγραμμα-κλίμακα πάνω στο πέτρωμα και συγκρίνουμε σε ποια εικόνα του διαγράμματος αντιστοιχεί για να το ταξινομήσουμε αντίστοιχα, ως αδρόκοκκο, λεπτόκοκκο, μεσόκοκκο κ.λπ. Για τον προσδιορισμό του χρώματος, ιδιαίτερα όταν απαιτείται ακριβής προσδιορισμός σε εναλλαγές στρωματιδίων με διαφορετική απόχρωση, που σχετίζονται με τη σύσταση του πετρώματος, χρησιμοποιείται το γεωλογικό διάγραμμα χρωμάτων του Munsell (Geological Munsell color chart). Το πλήρες διάγραμμα είναι ογκώδες και προφανώς χρειάζεται μια πιο ελαφριά έκδοση για χρήση στην ύπαιθρο, που τη βρίσκει κανείς, όπως και τα υπόλοιπα διαγράμματα που αναφέραμε, στα διαδικτυακά καταστήματα με γεωλογικό εξοπλισμό ή σαν διαφημιστικές εκδόσεις Γεωλογικών Εταιριών ή Συνεδρίων. Μην ξεχνάτε ότι τα διαγράμματα αυτά προσφέρονται και με ορισμένα ακριβά τετράδια υπαίθρου, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

**δ) Κλίμακες φωτογράφισης.** Πολύ συχνά, όταν φωτογραφίζουμε πετρώματα, απολιθώματα, τεκτονικές και άλλες γεωλογικές δομές, στη μικρή κλίμακα παρατήρησης, χρειάζεται να χρησιμοποιήσουμε μια κλίμακα, ένα μέτρο σύγκρισης δηλαδή, για να αντιληφθεί ο άλλος την τάξη μεγέθους, της δομής ή του γεωλογικού αντικειμένου που βλέπει. Προς τούτου υπάρχουν τυποποιημένες κλίμακες της τάξης των 5 έως 10cm (με υποδιαίρεση ανά μισό εκατοστό), σε μέγεθος πιστωτικής κάρτας δηλαδή, που συνήθως μοιράζονται στα μέλη Γεωλογικών Εταιριών ή Συνεδρίων ή δίνονται ως «έξτρα» με τα πιο ακριβά τετράδια υπαίθρου ή πωλούνται και αυτόνομα με ελάχιστα €, από τα διαδικτυακά καταστήματα με γεωλογικό εξοπλισμό (συνήθως στην κατη-

γορία field accessories). Κατά τη φωτογράφιση, για κλίμακα, χρησιμοποιούμε, επίσης, το γεωλογικό σφυρί, την πυξίδα, ένα μολύβι ή έναν μαρκαδόρο, αντικείμενα, δηλαδή που έχουν συγκεκριμένο μέγεθος. Για τις μικρότερης κλίμακας δομές, όπως μακροαπολιθώματα, ορυκτά, κινηματικούς δείκτες κ.λπ., χρησιμοποιούμε συνήθως ένα κέρμα του 1,00 ή των 2,00 €, που στηρίζουμε σε προεξοχές της φυσικής τομής του πετρώματος (του βράχου) που περιέχει το αντικείμενο ενδιαφέροντος. Αν η τομή είναι κατακόρυφη και οι προεξοχές ανύπαρκτες, είναι αδύνατο να σταθεί κάτι για κλίμακα, εκτός και αν το κρατάει κανείς με το χέρι του. Για τις περιπτώσεις αυτές υπάρχει μια παλιά γεωλογική τεχνική, αρκεί να έχουμε μαζί μας ένα **κουτάκι τσίχλες**. Μια «μασημένη» τσίχλα θα αποτελέσει τη συγκολλητική ύλη ώστε να σταθεί το κέρμα πάνω στο πέτρωμα και να πάρουμε τη φωτογραφία. Δεν ξεχνάμε φεύγοντας να μαζέψουμε το κέρμα ΚΑΙ την τσίχλα. Όσοι «δεν μασάνε» μπορούν να χρησιμοποιήσουν **blu tack** (ή **multi tack** ή **patafix**, είναι της ίδιας «συνομοταξίας»). Κάνουν την ίδια, ή και ακόμα καλύτερη, δουλειά και είναι ...πολύ φθηνότερα από τις τσίχλες (1,50 έως 2,00 € το φακελάκι των 100 τεμαχίων).

**ε) Σακούλες δειγμάτων.** Προφανώς χρειαζόμαστε σακούλες για τα δείγματα που θα συλλέξουμε. Αν και οι ανάγκες διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος του πετρώματος και το είδος των αναλύσεων που προορίζεται το δείγμα (λεπτές τομές, χημικές αναλύσεις, ραδιοχρονολογήσεις κ.λπ.), υπάρχουν, από την εμπειρία, ορισμένοι κοινοί κανόνες και συμβουλές. Το μέγεθος της σακούλας εξαρτάται από την ποσότητα και το μέγεθος του δείγματος που θέλουμε να συλλέξουμε. Για λεπτές τομές ένα δείγμα μεγέθους γροθιάς είναι αρκετό. Άρα σακούλες 15x15 ή 10x15cm είναι αρκετές. Για χημικές αναλύσεις και ραδιοχρονολογήσεις απαιτούνται τουλάχιστον 3 kg πετρώματος, άρα χρειαζόμαστε σακούλες με μεγαλύτερο μέγεθος (20x30cm). Οι πάνινες σακούλες, από караβόπανο, είναι ότι ιδανικότερο. Είναι ανθεκτικές και οικολογικές και αποτελούν την καλύτερη προστασία για τα δείγματά μας. Τις βρίσκουμε δύσκολα στο εμπόριο (ακόμα και στο διαδίκτυο) και είναι ακριβές. Μπορούν όμως να κατασκευασθούν εύκολα στο σπίτι από κάποιον που χειρίζεται μια απλή ραπτομηχανή ή σε καταστήματα που ράβουν τέντες ή υφάσματα επιπλώσεων. Προφανώς οι πλαστικές σακούλες είναι η άλλη λύση. Δεν είναι ανθεκτικές, επιβαρύνουν το περιβάλλον, αλλά τις βρίσκει κανείς εύκολα και στοιχίζουν ελάχιστα. Τις αναζητάμε σε καταστήματα ειδών συσκευασίας. Αυτές με κλείσιμο zip είναι πιο εύχρηστες και τις βρίσκουμε ακόμα και στα super market στις σακούλες για τρόφιμα.

**στ) Χαρτοταινία και ταινία δεμάτων.** Επειδή σε ορισμένα δείγματα πετρωμάτων είναι δύσκολο να γράψουμε με τον ανεξίτηλο μαρκαδόρο, γιατί έχουν αρκετά «σκονισμένες» και «λερωμένες» επιφάνειες (π.χ. μαργαϊκά ή αργιλικά πετρώματα, μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι κ.λπ.), αν έχουμε μια χαρτοταινία μπορούμε να τυλίξουμε με αυτή το δείγμα μας και να γράψουμε πάνω στην ταινία τα στοιχεία της ταυτότητας του δείγματος (ονοματολογία και αριθμηση). Δεν έχει ισχυρή κόλλα, οπότε και αφαιρείται εύκολα χωρίς να καταστρέψει ή να «μολύνει» το δείγμα μας και ο μαρκαδόρος γράφει πολύ καλά πάνω σε αυτή. Σε άλλες περιπτώσεις δεν καταφέρνουμε παρά να πάρουμε θρυμματισμένα τμήματα από ένα πέτρωμα. Τα τυλίγουμε σε ένα χαρτί και τα περιδένουμε είτε με τη χαρτοταινία είτε (καλύτερα) με την κλασική καφέ ταινία για δέματα. Προσοχή η ταινία αυτή δεν είναι πολύ κατάλληλη για να τυλίγουμε απευθείας τις πέτρες (δείγματα), γιατί αφαιρείται δύσκολα και αφήνει υπολείμματα πάνω στο δείγμα μας.

**ζ) Μετροταινία.** Σε περιπτώσεις που είναι αναγκαίο σε ιζηματογενή πετρώματα να κάνουμε μια μικρή τομή για συστηματική δειγματοληψία «πάγκο-πάγκο», καλό είναι να έχουμε μια μετροταινία ή ένα κλασικό ξύλινο διπλωτό μέτρο, ώστε να το βάλουμε για δείκτη και να φωτογραφίσουμε, περιγράψουμε και σκισάρουμε την τομή και τις θέσεις δειγματοληψίας.

**η) Στερεοσκόπιο.** Αν χρησιμοποιούμε αεροφωτογραφίες στην ύπαιθρο, καλό είναι να έχουμε ένα στερεοσκόπιο τσέπης μαζί μας, ώστε να μπορούμε να τις κοιτάμε, ανά ζεύγη, στερεοσκοπικά για να έχουμε 3D εικόνα και καλύτερη άποψη. Βέβαια πολλοί «πεπειραμένοι» γεωλόγοι μπορούν να δουν στερεοσκοπικά ζεύγη αεροφωτογραφιών, χωρίς στερεοσκόπιο, απλά «αλληθωρίζοντας» τα μάτια τους. Δεν συνιστάται, τα μάτια είναι πολύτιμα και ο οφθαλμιάτρος και τα γυαλιά κοστίζουν.

**θ) Παγούρι με νερό και πρόχειρη τροφή.** Προφανώς κάποιος που εργάζεται (σκληρά) στην ύπαιθρο έχει ανάγκη από νερό και ενέργεια (τροφή). Ένα παγούρι με ικανή χωρητικότητα, ανάλογα με τις ανάγκες και το πρόγραμμα υπαίθρου, θεωρείται απαραίτητο. Πάντα πρέπει να είμαστε ενημερωμένοι για τις πηγές με πόσιμο νερό που υπάρχουν στην περιοχή που χαρτογραφούμε. Για θερμίδες και ενέργεια, μπάρες δημητριακών, ξηροί καρποί, φρούτα και καμιά σοκολάτα, είναι ιδανικά από διατροφική άποψη και ζυγίζουν ελάχιστα.

**ι) Είδη πρώτης ανάγκης.** Ένα μικρό φαρμακείο με τα απαραίτητα είδη, μία σφυρίχτρα, μερικά μέτρα ανθεκτικό κορδόνι και κινητό τηλέφωνο (κατά προτίμηση ανθεκτικό στις πτώσεις, το νερό και τη σκόνη, π.χ. με προδιαγραφές IP67), είναι προφανές ότι αποτελούν είδη πρώτης ανάγκης για κάποιον που εργάζεται στην ύπαιθρο, ιδιαίτερα σε απομακρυσμένες και ορεινές περιοχές. Περισσότερες λεπτομέρειες για την ασφάλεια στα επόμενα.

## 2.12 Σακίδιο

Όλη αυτή την «πραμάτεια», που αναφέραμε στα προηγούμενα, πρέπει κάπου να την βάλουμε για να τη μεταφέρουμε ή καλύτερα να την οργανώσουμε σοφά και πρακτικά. Προφανώς όχι σε μια νάιλον σακούλα, αν και το έχουμε δει και αυτό από κάποιους φοιτητές. Απαιτείται ένα **σακίδιο**, είτε απλό (και φθινό, όπως αυτά που όλοι έχουμε στο σπίτι) είτε πιο εξειδικευμένο (αλλά δυστυχώς ακριβότερο, έως ...πολύ ακριβότερο). Το σακίδιο ενός γεωλόγου έχει στην ουσία διττό ρόλο. Από τη μία μεριά μέσα σε αυτό θα μεταφέρουμε «ευαίσθητα» στην «κακομεταχείριση» αντικείμενα (φωτογραφική μηχανή, γυαλιά, κινητό, GPS, τετράδιο υπαίθρου, χάρτες, γραφικά κ.λπ.) και από την άλλη θα πρέπει να μεταφέρουμε και ... «κοτρώνες», πετρωλογικά δείγματα, δηλαδή, που είναι απαραίτητα για την κατασκευή λεπτών τομών και αναλύσεων στο εργαστήριο. Άρα θα πρέπει να έχει όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά ώστε να εξυπηρετεί και τις δύο παραπάνω συνθήκες. Δηλαδή να έχει ικανό μέγεθος (χωρητικότητα), να είναι ανθεκτικό και να έχει αρκετές θήκες για την τακτοποίηση και οργάνωση όσων θα χρειαστεί να μεταφέρει.

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες σακιδίων: **Σακίδια ώμου**, δηλαδή αυτά που διαθέτουν έναν ιμάντα ώστε να τα κρεμάμε στον έναν ή τον άλλο ώμο και **σακίδια πλάτης**, δηλαδή τα κλασικά σακίδια με δύο ιμάντες που επιτρέπουν να μεταφέρεις το σακίδιο στην πλάτη. Και οι δυο περιπτώσεις έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Τα σακίδια ώμου είναι πολύ πιο βολικά κατά τη γεωλογική χαρτογράφηση, γιατί σου επιτρέπουν να έχεις πρόσβαση στο περιεχόμενό τους (χάρτες, τετράδιο, μολύβια κ.λπ.) χωρίς να χρειαστεί να βγάλεις το σακίδιο από τον ώμο. Είναι, όμως, πιο κουραστικά, γιατί κατανέμουν το βάρος στον έναν μόνο ώμο και έχουν μικρότερη δυνατότητα μεταφοράς δειγμάτων.



**Εικόνα 2.12** Σακίδια διαμορφωμένα για να μεταφέρουν γεωλογικό εξοπλισμό. Στο ερώτημα σακίδιο ώμου ή πλάτης, η απάντηση εξαρτάται από τις ανάγκες της εργασίας υπαίθρου. Η ζώνη με θήκες εξυπηρετεί, αλλά για πιο ελαφρά εργασία.

Τα σακίδια πλάτης είναι πιο ξεκούραστα, αφού κατανέμουν το βάρος και στους δύο ώμους και έχουν σημαντικά μεγαλύτερη χωρητικότητα (ανάλογα με το μέγεθός τους βέβαια) και άρα μπορούν να μεταφέρουν πολύ περισσότερα δείγματα. Από την άλλη όμως είναι αρκετά πιο δύσκολα, δεδομένου ότι για να πάρουμε κάποιο αντικείμενο από το εσωτερικό τους, πρέπει να κατεβάσουμε το σακίδιο από την πλάτη. Και η εμπειρία έχει δείξει ότι κατά τη διάρκεια της γεωλογικής χαρτογράφησης πολύ συχνά χρειαζόμαστε τότε τον χάρτη, τότε τις ξυλομπογιές, τότε το τετράδιο υπαίθρου, αλλά και τη γόμα, την ξύστρα, τη φωτογραφική μηχανή κ.λπ. Αν το πρόγραμμα εργασίας δεν περιλαμβάνει τη συλλογή πολλών δειγμάτων, καλό είναι να προτιμήσουμε ένα σακίδιο ώμου. Από την άλλη, αν πρόκειται να κουβαλήσουμε μεγάλο αριθμό δειγμάτων, τότε αναγκαστικά θα προτιμήσουμε ένα σακίδιο πλάτης. Σε ορισμένες περιπτώσεις και ανάλογα με τις ανάγκες δειγματοληψίας και την ευκολία πρόσβασης στην περιοχή που θα εργαστούμε, μπορεί να απαιτηθεί η χρήση και των δύο τύπων σακιδίων. Με άλλα λόγια, αν απαιτείται να πάρουμε αρκετά δείγματα και για να προσεγγίσουμε την περιοχή που εργαζόμαστε χρειάζονται μερικές ώρες πεζοπορίας (δηλαδή κάπου που δεν πάει κανείς εύκολα δεύτερη φορά), θα οργανωθούμε όσο γίνεται καλύτερα, ώστε και την ευκολία μας να έχουμε και να καταφέρουμε να μεταφέρουμε ότι πέτρα μαζέψουμε.

Τις περισσότερες φορές, τα κλασικά τουριστικά σακίδια που όλοι έχουμε σπίτι μας (είτε ώμου είτε πλάτης) είναι σχετικά κατάλληλα για χρήση κατά τη γεωλογική χαρτογράφηση και έτσι δεν απαιτείται οι φοιτητές να προβούν στην αγορά κάποιου άλλου, πιο εξειδικευμένου, σακιδίου. Ενημερωτικά, στα διάφορα διαδικτυακά καταστήματα, που προσφέρουν γεωλογικό εξοπλισμό, μπορεί να βρει κανείς σακίδια για γεωλόγους, τόσο

ώμου, όσο και πλάτης, που έχουν πρόβλεψη (με πολλές θήκες και λουριά) για τη μεταφορά όλου του απαιτούμενου γεωλογικού εξοπλισμού (από σφυρί και πυξίδα, μέχρι ξυλομπογιές και παγούρι). Οι τιμές τους είναι, όμως, αρκετά «τσουχτερές» και κυμαίνονται από 100,00 μέχρι και πάνω από 200,00 €. Στη διαδικτυακή βόλτα που θα κάνει κανείς θα διαπιστώσει ότι, εκτός από τα γεωλογικά σακίδια, υπάρχει και η λύση της «ζώνης με θήκες» που φοριέται στη μέση (ένα είδος γεωλογικής «μπανάνας» δηλαδή), που μπορεί να εξυπηρετήσει, αλλά σε πιο «light» απαιτήσεις (π.χ. μια πρώτη γεωλογική αναγνώριση μιας περιοχής). Οι τιμές ... «τσουχτερές» και στην περίπτωση αυτή (από 100,00 μέχρι 200,00 €).

## 2.13 Μπότες

Όπως αναφέρθηκε, όλοι οι φοιτητές της Γεωλογίας, κατά την πανεπιστημιακή εκπαίδευσή τους, «δικαιούνται» ένα καλό γεωλογικό σφυρί και ένα **καλό ζευγάρι μπότες**. Ένα σημαντικό τμήμα της επαγγελματικής ζωής του ο γεωλόγος (πολύ περισσότερο ο γεωλόγος-χαρτογράφος) το περνάει εργαζόμενος και περπατώντας στην ύπαιθρο. Και για τον λόγο αυτό χρειάζεται τα κατάλληλα υποδήματα. Όχι μόνο για λόγους άνεσης και ευκολίας, αλλά κυρίως για λόγους ασφάλειας. Προφανώς ένα ζευγάρι καλές μπότες θα είναι πιο άνετο και πιο ξεκούραστο, αλλά επίσης προστατεύουν από πεσίματα, πιθανά σπασίματα, θλάσεις ή κακώσεις στον αστράγαλο, ακόμα και δαγκώματα φιδιών.



**Εικόνα 2.13** Ένα καλό ζευγάρι μπότες για ορεινή πεζοπορία είναι το ιδανικότερο δώρο για τα πόδια μας, αλλά κοστίζει αρκετά χρήματα. Εξίσου καλά κάνουμε τη δουλειά μας με ένα ζευγάρι στρατιωτικές αρβύλες από το Μοναστηράκι. Πρέπει να συνδυάζονται πάντα με τις κατάλληλες κάλτσες.

Ο πιο κατάλληλος τύπος για τη γεωλογική εργασία στην ύπαιθρο είναι οι **μπότες πεζοπορίας**, αυτές που συνήθως θα τις βρείτε με το χαρακτηριστικό «**hiking**» ή «**trekking**». Προσοχή, γιατί υπάρχουν και «παπούτσια» πεζοπορίας, τα οποία δεν είναι κατάλληλα, γιατί δεν προστατεύουν και δεν «δένουν» τον αστράγαλο όπως οι μπότες, δεδομένου ότι ο γεωλόγος δεν περπατά συνήθως στον δρόμο ή το μονοπάτι αλλά σε πιο ανώμαλα και κακοτράχαλα εδάφη. Οι «μπότες ορειβασίας» δεν θεωρούνται κατάλληλες, δεδομένου ότι προορίζονται για πολύ πιο «δύσκολα terrain» (χιόνια, αναρρίχηση σε μεγάλα υψόμετρα κ.λπ.) και είναι αρκετά πιο βαριές, άκαμπτες και δύσχρηστες (και προφανώς αρκετά ακριβότερες).

Θα τις βρείτε στα καταστήματα με ορειβατικά είδη ή καταστήματα με outdoor εξοπλισμό, όπου οι πωλητές είναι, συνήθως, πρόθυμοι και καταρτισμένοι να σας συμβουλευσουν τόσο για τον τύπο, όσο και για το κατάλληλο μέγεθος. Προφανώς υπάρχουν και άπειρα διαδικτυακά καταστήματα με έδρα την Ελλάδα ή το εξωτερικό. Αν ακούσετε τις λέξεις, «**αδιάβροχες**», «εσωτερική επένδυση τύπου **Gore-Tex** για να αναπνέει το πόδι» και «**αντικραδασμική σόλα** τύπου **Vibram**, ή αντίστοιχο», προτιμήστε τες.

Το κόστος τους, δυστυχώς, είναι πολύ υψηλό. Κυμαίνεται από 70,00 μέχρι και πάνω από 200,00 €. Αν δεν έχετε ήδη την εμπειρία, μην αγοράσετε απευθείας από το διαδίκτυο «γουρούνι στο σακί», χωρίς να τις δοκιμάσετε, γιατί πετύχατε μια καταπληκτική προσφορά. Ακολουθήστε την εξής διαδικασία: Δοκιμάστε προσεκτικά, πολλούς τύπους και μάρκες σε πολλά καταστήματα και αποφασίστε, χωρίς να βιαστείτε, ποιες από αυτές τις νοιώθετε πολύ άνετα στο πόδι σας. Μην τις αγοράσετε ακόμα, αλλά σημειώστε τη μάρκα, το μοντέλο και το μέγεθος. Στη συνέχεια κάντε μια προσεκτική έρευνα αγοράς στο διαδίκτυο για τα συγκεκριμένα μοντέλα και αγοράστε τες από εκεί που θα τις βρείτε φθηνότερα. Ναι, υπάρχουν καταπληκτικές προσφορές, γι' αυτό μην

βιαστείτε, ούτε να το αφήσετε τελευταία στιγμή, πριν φύγετε για την άσκηση της χαρτογράφησης. Δεδομένου ότι τα είδη αυτά έχουν μεγάλη ζήτηση τη χειμερινή περίοδο (από όσους ασχολούνται με χειμερινά σπορ), οι καλές προσφορές (μέχρι και 50% κάτω από την αρχική τιμή) «σκάνε μύτη» από την άνοιξη και μετά, που τα καταστήματα (διαδικτυακά και μη) θέλουν να ξεστοκάρουν.

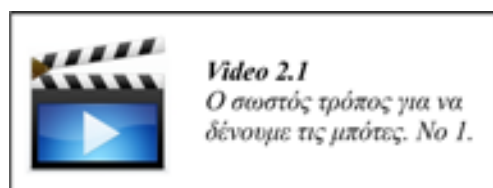
Το ερώτημα που τίθεται στο σημείο αυτό είναι: Είναι μονόδρομος να ξοδέψει κανείς τόσα χρήματα για να αποκτήσει ένα ζευγάρι αξιοπρεπείς μπότες; Όχι βέβαια. Με ένα ζευγάρι **κλασικές στρατιωτικές αρβύλες**, που θα βρείτε στο Μοναστηράκι με πολύ λιγότερα χρήματα, μπορείτε να κάνετε το ίδιο καλά τη δουλειά σας.

Προσεκτική επιλογή λοιπόν, χωρίς βιασύνες, θα σας εξοικονομήσει αρκετά χρήματα και θα σας γλυτώσει από μεγάλη ταλαιπωρία. Για φανταστείτε να φορέσετε όλο καμάρι και χαρά τις καινούργιες και ακριβές μπότες σας την πρώτη μέρα της άσκησης υπαίθρου και μετά από δύο ημέρες να ανακαλύψτε ότι σας έχουν γεμίσει τα πόδια πληγές. Επειδή το έχουμε ζήσει αρκετές φορές, επιλέξτε με μεγάλη προσοχή, ιδιαίτερα όσοι είστε «δύσκολοι» στα παπούτσια (σας χτυπάνε, σας στενεύουν κ.λπ.).



**Εικόνα 2.14** Είναι προφανές ότι από την ομάδα φοιτητών που εργάζονται στην ύπαιθρο κάποιος δεν περνάει καλά γιατί τον χτύπησαν οι μπότες. Προσεκτική επιλογή λοιπόν και «στρώσιμο» πριν την άσκηση της Γεωλογικής Χαρτογράφησης. Ατυχήματα πάντα μπορούν να συμβούν, γι' αυτό πρέπει να είμαστε προετοιμασμένοι.

Συμβουλές για τον τρόπο που πρέπει να φοράτε και να δένετε τις μπότες σας και συμβουλές για τη σωστή συντήρησή τους, είτε θα σας δώσουν οι πωλητές των καταστημάτων είτε θα τις αναζητήσετε στο διαδίκτυο. Για να πάρετε μια «πρώτη γεύση», σας δίνουμε δύο βιντεάκια από το διαδίκτυο για τον σωστό τρόπο που δένουμε τις μπότες, ώστε και το πόδι να μην ταλαιπωρείται και να μην χρειάζεται να τις ξαναδένουμε κάθε λίγο και λιγάκι. Στο You Tube («how to lace hiking boots»), θα βρείτε πολύ περισσότερα μυστικά και κόλπα.



Για να δείτε το βίντεο πατήστε <https://youtu.be/a2gJWT8P4OU>



Για να δείτε το βίντεο πατήστε <https://youtu.be/SOE28brAcEc>

Σε αρκετές περιπτώσεις κατά την εργασία στην ύπαιθρο, είτε σε ένα ζευγάρι πολυφορεμένες μπότες, που έχουν «φάει τα ψωμιά τους» είτε σε ένα ζευγάρι φτηνές μπότες που έχουν χρησιμοποιηθεί ακατάλληλα υλικά προσαρμογής, μπορεί να συμβεί το ατύχημα και να ξεκολλήσει η σόλα. Αντιλαμβάνεστε ότι η επιστροφή (ιδιαίτερα αν περιλαμβάνει πολύωρη πεζοπορία) καθίσταται προβληματική. Στις περιπτώσεις αυτές, 1-2 μέτρα **ανθεκτικό λεπτό αναρριχητικό κορδόνι** (στα καταστήματα με ορειβατικά είδη), για να περιδέσουμε τη σόλα



με την μπότα, μπορεί να αποδειχτεί σωτήριο. Λεπτό σύρμα, ταινία για δέματα, πετονοκλωστή ή ό,τι άλλο έχουμε διαθέσιμο (π.χ. φαντασία και εφευρετικότητα), αποτελούν δεύτερες επιλογές.

Οι μπότες απαιτούν και ένα ζευγάρι **κατάλληλες κάλτσες**, για να αναπνέει το πόδι, να διατηρείται δροσερό το καλοκαίρι και ζεστό το χειμώνα και, το κυριότερο, για να μην σας «χτυπήσουν» οι μπότες. Υπάρχουν πολλοί τύποι για να διαλέξετε στα καταστήματα που αναφέραμε και οι πωλητές θα σας ενημερώσουν για τις πιθανές επιλογές σας, καλοκαίρι ή χειμώνα. Αν παρ' όλα αυτά βαρεθείτε να κάνετε αυτή την έρευνα αγοράς, ένα ζευγάρι χοντρές μάλλινες κάλτσες πρέπει να είναι η επιλογή σας, όχι μόνο τον χειμώνα, αλλά και το καλοκαίρι, όσο και αν σας φαίνεται παράξενο.

## 2.14 Κατάλληλος ρουχισμός

Οι κανόνες που διέπουν τις ενδυματολογικές συνήθειες των γεωλόγων, δεν διαφέρουν ιδιαίτερα από αυτές όσων ασχολούνται με πεζοπορία, ορειβασία ή άλλες δραστηριότητες στο βουνό. Ρούχα **άνετα** και ικανά να μας προστατεύουν από τις καιρικές συνθήκες (ήλιος, βροχή, κρύο) και το φυσικό περιβάλλον (γδαρσίματα από κλαδιά και αγκάθια, τσιμπήματα εντόμων κ.λπ.). Αλλά και ρούχα **χρηστικά** και **βολικά** (με τις κατάλληλες τσέπες, θήκες κ.λπ.), που μας δίνουν τη δυνατότητα να μεταφέρουμε οργανωμένα και να χρησιμοποιούμε με ευκολία, όλο τον εξοπλισμό και τα αξεσουάρ που χρειαζόμαστε. Τα αναζητούμε στα φυσικά ή διαδικτυακά καταστήματα με ορειβατικά είδη, με outdoor εξοπλισμό ή με αθλητικά είδη, αλλά και στα αντίστοιχα καταστήματα στην οδό Αθηνάς και το Μοναστηράκι, για πιο συμφέρουσες τιμές. Ακολουθούν, κωδικοποιημένες, ορισμένες βασικές συμβουλές, σχετικά με τον κατάλληλο ρουχισμό για εργασία στην ύπαιθρο, προσαρμοσμένες στις γεωλογικές συνθήκες. Θεωρούμε σαν δεδομένο ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η γεωλογική εργασία λαμβάνει χώρα τους εαρινούς και καλοκαιρινούς μήνες του χρόνου, γι' αυτό προσανατολιζόμαστε στις συγκεκριμένες συνθήκες, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν θα λάβουμε υπόψη μας ότι γεωλογική εργασία (και ασκήσεις υπαίθρου με τους φοιτητές) πραγματοποιούνται και τη χειμερινή περίοδο.



Εικόνα 2.15 Προετοιμαζόμαστε και επιλέγουμε πάντα τον κατάλληλο ρουχισμό, για όλες τις καιρικές συνθήκες.

- Φοράμε πάντα **μακρύ παντελόνι** για να διασχίζουμε με ασφάλεια περιοχές με πυκνή βλάστηση (πουρνάρια, αγκάθια κ.λπ.).
- Φοράμε πάντα, ακόμα και τους καλοκαιρινούς μήνες, **μακρυμάνικο ανοιχτόχρωμο βαμβακερό πουκάμισο**. Μας προστατεύει από τον ήλιο, είναι πολύ πιο δροσερό (ακόμα και από τα κοντομάνικα T-shirt's) και μας προστατεύει από τα κλαριά και τα αγκάθια.
- Παντελόνια (και πουκάμισα) με **πολλές τσέπες** και **θήκες** βολεύουν και διευκολύνουν την ταξινόμηση και εύκολη χρήση όλου του γεωλογικού εξοπλισμού που κουβαλάμε μαζί μας.
- **Καπέλα** και **μπαντάνες** είναι απαραίτητα το καλοκαίρι για προστασία από την υπερέκθεση στον ήλιο. Προτιμήστε τις εκδοχές με **προστασία UV**. Καπέλα με φαρδύ γείσο ή τύπου jokey, αλλά με προστασία για τα αυτιά και το σβέρκο, συνιστώνται ανεπιφύλακτα. Καλό είναι να έχουν **κορδόνι** για συγκράτηση όταν φυσάει άνεμος. Οι μπαντάνες τύπου Buff, έχουν γίνει must και best seller για όσους ασχολούνται με δραστηριότητες στην ύπαιθρο, δεδομένου ότι έχουν πολλούς τρόπους χρήσης και προστατεύουν αποτελεσματικά από ήλιο, αέρα και σκόνη. Είναι εντυπωσιακό με πόσους τρό-

πους μπορεί να φορεθεί μια τέτοια μπαντάνα, όπως μπορείτε να δείτε στα άπειρα σχετικά βιντεάκια που υπάρχουν στο You Tube (αναζήτηση «how to wear buff»). Στην ελληνική αγορά θα τις βρείτε στα καταστήματα που αναφέραμε, με τιμές γύρω στα 15,00 € οι απλές και 17,00 € οι high UV protection. Ψάξτε και το διαδίκτυο.

- Ένα καλό **αδιάβροχο** είναι απαραίτητο ακόμα και τους καλοκαιρινούς μήνες, δεδομένου ότι στα ορεινά μια απογευματινή μπόρα είναι σύνηθες φαινόμενο.
- Προφανώς αν εργαζόμαστε τη χειμερινή περίοδο χρησιμοποιούμε και τα κατάλληλα ρούχα και αξεσουάρ (**αδιάβροχα τζάκετ, σκουφιά και γάντια fleece** κ.λπ.).

## 2.15 Ασφάλεια και κανόνες συμπεριφοράς στην ύπαιθρο

Η ασφάλεια αποτελεί ένα βασικό κεφάλαιο κατά την εργασία στην ύπαιθρο, πολύ περισσότερο όταν πρόκειται για την εκπαίδευση φοιτητών, όπου εμπειρία και σωφροσύνη, πολύ σοφά, δεν συμβαδίζουν με τις ηλικίες αυτές. Όσο και αν ακούγεται δύσκολο και όσο και αν όλοι με μεσογειακό DNA (μικροί ή μεγάλοι, έμπειροι ή μη-έμπειροι, σώφρονες ή μη-σώφρονες) εκδηλώνουμε τάσεις «παραβατικότητας», είναι καλό να ακολουθούμε κάποιους βασικούς κανόνες, άλλους πιστά και «κατά γράμμα» και άλλους ... με μέτρο, χωρίς να γινόμαστε «ψυχαναγκαστικοί».

Στο πεδίο της ασφάλειας περιλαμβάνονται μια σειρά από γνώσεις, ενέργειες, κατάλληλο εξοπλισμό και συμπεριφορές, που αποτελούν τα απαραίτητα εφόδια για να είμαστε και να νιώθουμε ασφαλείς κατά την εργασία στην ύπαιθρο. Σωστή οργάνωση, προετοιμασία, ενημέρωση και εκπαίδευση αποτελούν το τετράπτυχο επιτυχίας του στόχου αυτού. Πιο συγκεκριμένα η ασφάλεια περιλαμβάνει:

- Θεωρητικές και πρακτικές γνώσεις «**Παροχής Α΄ Βοηθειών**».
- Κανόνες **ασφαλείας** και **σωστής χρήσης** του **εξοπλισμού**.
- Κανόνες **ασφαλούς κίνησης** και **εργασίας** στην ύπαιθρο.
- Κανόνες **ασφαλούς συμπεριφοράς** σε σχέση με το φυσικό περιβάλλον (άγρια ζώα κ.λπ.) και τους κατοίκους της περιοχής.
- Ενημέρωση για άλλες **επικινδυνότητες** (ενεργά λατομεία, εγκαταλελειμμένες στοές και πηγάδια μεταλλείων, πεδία βολής, εργοτάξια κ.λπ.) στην περιοχή που θα εργαστούμε.

Σε πρώτη φάση, το Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του ΕΚΠΑ, έχει καθιερώσει ένα εβδομαδιαίο Σεμινάριο για τους πρωτοετείς φοιτητές (στο e-Class «**Σεμινάριο: ΑΣΚΗΣΗ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΥΠΑΙΘΡΟ - ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ & ΑΣΦΑΛΕΙΑ**»), όπου αρχικά γίνεται ενημέρωση για όλους αυτούς τους κινδύνους και τους κανόνες ασφαλείας που πρέπει να εφαρμόζονται κατά την εργασία υπαίθρου και ολοκληρώνεται με τη θεωρητική και πρακτική κατάρτιση και εκπαίδευση των φοιτητών στην «Παροχή Α΄ Βοηθειών». Τραυματισμοί, λιποθυμίες, αφυδάτωση, αλλεργίες, ηλίαση, κρίσεις πανικού, δείγματα από έντομα ή φίδια κ.λπ. πρέπει να αντιμετωπίζονται με επιτυχία, από όσους εργάζονται στην ύπαιθρο, είτε ομαδικά είτε μόνοι τους. Πλούσιο, σχετικό, έντυπο υλικό αλλά και βίντεο υπάρχουν διαθέσιμα στο e-Class, στη σελίδα του μαθήματος της Γεωλογικής Χαρτογράφησης (Υ6203-ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ → Έγγραφα → ΥΛΙΚΟ ΓΙΑ ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ). Διαβάστε και ενημερωθείτε. Έχει καθιερωθεί, επίσης, όλοι οι φοιτητές να κάνουν μια σειρά **ιατρικών εξετάσεων** (όπως αυτές που ζητούνται όταν κάποιος θέλει να ασχοληθεί με κάποιο απαιτητικό άθλημα), ώστε να μην βάλει κανείς σε δοκιμασία την υγεία του.

Ακολουθεί μια λίστα με όλα τα βασικά απαραίτητα για την ασφάλεια, που η εμπειρία έχει δείξει ότι πρέπει να έχει υπόψη του κανείς, έχοντας πάντα στο νου μας ότι, κατά κύριο λόγο, απευθύνεται στους φοιτητές. Αν κάποιος έχει σαν γνώμονα την «κοινή λογική» και το «μέτρο», είναι σίγουρο ότι ποτέ δεν θα εκθέσει τον εαυτό του (και την ασφάλειά του) σε περιπέτειες.

- Είναι καλό οι φοιτητές, ιδιαίτερα στα πρώτα βήματα των ασκήσεων υπαίθρου, να **κυκλοφορούν** στην ύπαιθρο **ομαδικά** και όχι ατομικά, με την εποπτεία των εκπαιδευτών τους. Προφανώς η εργασία που κάνουν μπορεί να είναι ατομική, αλλά συνυπάρχουν στο χώρο (στην περιοχή εργασίας) μαζί με άλλους συμφοιτητές τους. Ακόμα και κατά την εκπόνηση της διπλωματικής τους εργασίας, στο τέλος των σπουδών τους, καλό είναι να συνοδεύονται και από άλλο ένα άτομο (ένα συμφοιτητή τους).

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ (\*)**

Ημερομηνία	Τίτλος	Εισηγητής	Ώρα / Αμφιθέατρο
ΔΕΥΤΕΡΑ 9/3/2015	ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ από τον Πρόεδρο του Τμήματος • Γεωλογική εργασία και άσκηση στην ύπαιθρο • Απαραίτητες εξοπλιστικές & κανονισμολογικές ασφαλείας	– ΝΙΚΟΣ ΒΟΥΝΤΑΡΟΣ Καθηγητής – ΣΤΕΛΙΟΣ ΑΣΙΔΗΣ Διευκ. Καθηγητής	16:00-18:00 Αυθ. ΑΣ3 Όλοι οι φοιτητές
ΤΡΙΤΗ 10/3/2015	• Ενδεδειγμένη μετατόπιση και δεξιότητα • Σηματοδότηση και ασφαλείας χρήσης	– ΠΑΝΟΣ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ Διευκ. Καθηγητής	16:00-18:00 Αυθ. ΑΣ3 Όλοι οι φοιτητές
ΤΕΤΑΡΤΗ 11/3/2015	• Μαθήματα Παροχής Α' βοηθητικών ΕΞΑΙΕΚΣΗ – ΕΠΗΧΕΙΡΗΣΗ	– ΜΣC ΧΑΡΑ ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΟΥ Διοικητούρα	16:00-18:00 Αυθ. ΑΣ3 Όλοι οι φοιτητές
ΠΕΜΠΤΗ 12/3/2015	• Μαθήματα Παροχής Α' βοηθητικών ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΕΞΑΙΕΚΣΗ	– ΜΣC ΧΑΡΑ ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΟΥ Διοικητούρα	17:00-19:00 Αυθ. ΑΣ3 2 <sup>η</sup> ομάδα φοιτητών
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ 13/3/2015	• Μαθήματα Παροχής Α' βοηθητικών ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΕΞΑΙΕΚΣΗ	– ΜΣC ΧΑΡΑ ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΟΥ Διοικητούρα	17:00-19:00 Αυθ. ΑΣ3 2 <sup>η</sup> ομάδα φοιτητών
ΣΑΒΒΑΤΟ (**) 14/3/2015	ΑΣΚΗΣΗ ΥΠΑΙΘΡΟΥ (Πρακτική) εδραίωση στο πως εργαζόμαστε, δραστηριοποιούμε τον εαυτό μας και κοινοποιούμε με ασφάλεια στην ύπαιθρο	– Δρ. ΣΤΕΛΙΟΣ ΑΣΙΔΗΣ – Δρ. ΧΑΡΗΣ ΚΡΑΜΕΡΗΣ – Δρ. ΠΑΝΟΣ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ – Δρ. ΜΑΝΩΛΗΣ ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ – Δρ. ΚΩΣΤΗΣ ΣΩΚΗΣ	09:00-14:00 Οφ. ΥΜΗΤΤΟΣ Όλοι οι φοιτητές (ανασημαίνονται 4 ομάδες)
ΤΕΤΑΡΤΗ 18/3/2015	• Μαθήματα Παροχής Α' βοηθητικών ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΕΞΑΙΕΚΣΗ	– ΜΣC ΧΑΡΑ ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΟΥ Διοικητούρα	17:00-19:00 Αυθ. ΑΣ3 2 <sup>η</sup> ομάδα φοιτητών
ΠΕΜΠΤΗ 19/3/2015	• Μαθήματα Παροχής Α' βοηθητικών ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΕΞΑΙΕΚΣΗ	– ΜΣC ΧΑΡΑ ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΟΥ Διοικητούρα	17:00-19:00 Αυθ. ΑΣ3 4 <sup>η</sup> ομάδα φοιτητών

(\*) Ενδέχεται κάποιος από τις ημερομηνίες, ή ώρα από τα μαθήματα Παροχής Α' βοηθητικών να αλλάξει, οπότε και θα ειδοποιηθεί μέσω e-Mail.

(\*\*) Η δραστηριότητα της ΑΣΚΗΣΗΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ ενδέχεται να μετατοπιστεί για το επίσημο ή μη επίσημο Σάββατο, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, (ειδοποιείται μέσω e-Mail).



**Εικόνα 2.16** Το πρόγραμμα των σεμιναριακών μαθημάτων «ΑΣΚΗΣΗ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΥΠΑΙΘΡΟ – ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ & ΑΣΦΑΛΕΙΑ», που παρακολούθησαν οι πρωτοετείς φοιτητές του ακαδημαϊκού έτους 2014-2015.



**Εικόνα 2.17** Για όλους τους γεωλόγους, αλλά ιδιαίτερα για τους φοιτητές στα πρώτα βήματα των ασκήσεων υπαίθρου και για λόγους ασφαλείας, επιβάλλεται να μην κυκλοφορούν μόνοι τους.

- **Ενημερώνουμε** πάντα κάποιο δικό μας άνθρωπο (ακόμα και τον ξενοδόχο στο κατάλυμα διαμονής μας) για τη **διαδρομή** που πρόκειται να ακολουθήσουμε ή την περιοχή που σκοπεύουμε να εργαστούμε τη συγκεκριμένη ημέρα, καθώς και για την ώρα που προβλέπεται να επιστρέψουμε. Είναι αυτοί που θα ειδοποιήσουν και θα ενημερώσουν άμεσα τις αρμόδιες αρχές, αν χαθούν τα ίχνη μας και θα μπορέσουν να μας εντοπίσουν.
- **Κινητό τηλέφωνο** πάντα μαζί, πλήρως φορτισμένο (+ ένα **powerbank** για παν ενδεχόμενο), ώστε να μπορούμε να ειδοποιήσουμε για βοήθεια. Αν στην περιοχή που θα εργασθούμε το δικό μας κινητό δεν έχει σήμα, αλλά μιας άλλης εταιρίας έχει, δεν θεωρείται πολυτέλεια να δανειστούμε ένα, ή να αγοράσουμε ένα φθηνό καρτοτηλέφωνο, ώστε να είμαστε πλήρως καλυμμένοι. Μια **σφυρίχτρα** και ένα ρούχο με έντονο χρώμα (αν μπορούμε το κρεμάμε ψηλότερα σε ένα κλαδί) θα βοηθήσουν στον εντοπισμό μας.

- Έχουμε πάντα μαζί μας (στο κινητό και το ...μυαλό μας) τα τριψήφια τηλέφωνα για έκτακτη ανάγκη (ΕΚΑΒ **166**, Πυροσβεστική **199**, Αστυνομία **100**), από το τοπικό Κέντρο Υγείας ή Νοσοκομείο της περιοχής και δεν ξεχνάμε τον αριθμό **112** (Ευρωπαϊκός Αριθμός Έκτακτης Ανάγκης), από τον οποίο μπορούμε να ζητήσουμε βοήθεια.



Εικόνα 2.18 Οι βασικοί τριψήφιοι αριθμοί για κάθε ανάγκη.

- Έχουμε πάντα μαζί μας ένα **μικρό φαρμακείο (First Aid Kit)**, με όλα τα απαραίτητα που έχουν υποδειχθεί από τα μαθήματα «Παροχής Α΄ Βοηθειών». Υπάρχουν και οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που δίνουν έναν μακροσκελή κατάλογο για όσους περπατούν στο βουνό. Τον παραθέτουμε για ενημέρωση (σε παρένθεση ο αριθμός των τεμαχίων).

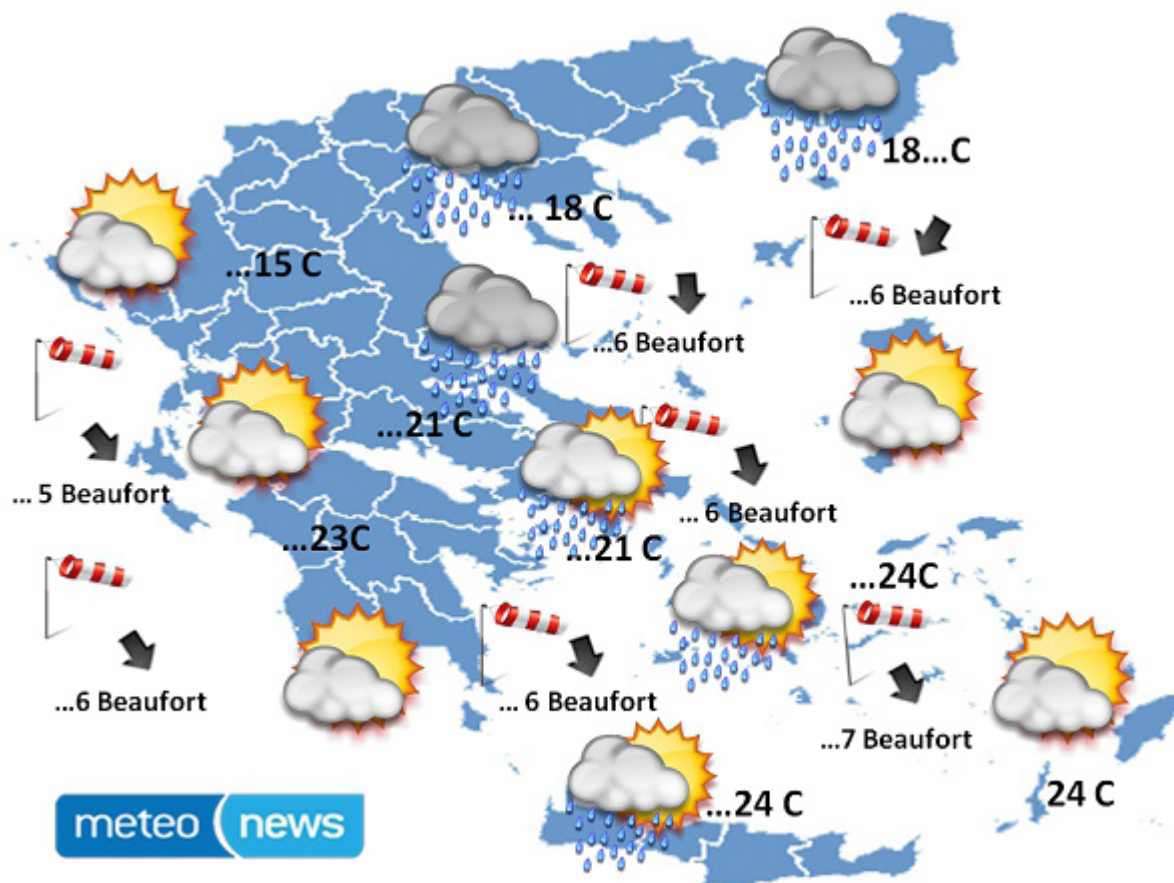
1. Βιβλίο οδηγιών Α΄ Βοηθειών σε διάφορες γλώσσες (1)
2. Αποστειρωμένες γάζες 5 x 5cm (5)
3. Γάζα ταχείας επούλωσης πληγής 10 x 10cm (4)
4. Επίδεσμος 5cm x 4m (1)
5. Επίδεσμος 7,5cm x 4m (1)
6. Αυτοκόλλητη γάζα 19 x 38mm (5)
7. Αυτοκόλλητη γάζα 25 x 72mm (5)
8. Αυτοκόλλητη γάζα 60 x 110mm (5)
9. Αυτοκόλλητη γάζα για δάχτυλα (2)
10. Αυτοκόλλητη γάζα κλειδώσεων δάχτυλων (2)
11. Αυτοκόλλητη γάζα για φουσκάλες 5 x 5cm (5)
12. Επίθεμα τραύματος με επίδεσμο 12 x 12cm (2)
13. Κολλητική ταινία 2,5cm x 5m (1)
14. Αυτοκόλλητη ταινία 2,5cm x 10m (1)
15. Ταινία σύγκλισης τραυμάτων (1)
16. Καρφίδιο δακτυλοδειγματοληψίας αίματος (5)
17. Γάντια Βινυλίου (ζεύγη) (2)
18. Μαντηλάκια οίνοπνεύματος (6)
19. Ψαλίδι διασωστικό μεγάλο (1)
20. Τσιμπιδάκι (1)
21. Παραμάνες (6)
22. Τριγωνικός επίδεσμος (2)
23. Μάσκα για το φιλί της ζωής (1)
24. Κουβέρτα επιβίωσης (1)
25. Θερμόμετρο (1)
26. Αντηλιακό stick για τα χείλια (1)
27. Νάρθηκας (1)
28. Αντιδρωτική σκόνη ποδιών (1)
29. Διασωστική σφυρίχτρα (1)
30. Ταινία για τον νάρθηκα (1)
31. Οδηγίες σημάτων συναγερμού (1)
32. Σωληνωτός δικτυωτός νάρθηκας (1)



**Εικόνα 2.19** Φαρμακείο με όλα όσα περιλαμβάνουν οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για όσους περπατούν στο βουνό. Δεν παραλείπουμε το τσιμπιδάκι για τα αγκάθια.

Στο «κλασικό» περιεχόμενο ενός τέτοιου κιτ περιλαμβάνεται και ένα **λεπτό τσιμπιδάκι**, για αφαίρεση ακίδων και αγκαθιών, που κάποια στιγμή, όσο προσεκτικοί και αν είμαστε, θα «συντροφεύσουν» τα χέρια μας. Προφανώς αν κάποιος βρίσκεται σε ιατρική αγωγή, έχει μαζί του και ότι άλλο του έχει συστήσει ο ιατρός του.

- Αν αντιληφθούμε ότι **κάτι δεν πάει καλά** (ζαλάδες, αδιαθεσίες κ.λπ.) ή ότι έχουμε ξεχάσει κάποια απαραίτητα (αντηλιακό, καπέλο, νερό κ.λπ.), καλό είναι να επιστρέψουμε, παρά να εκθέσουμε σε κίνδυνο την υγεία μας.
- Φροντίζουμε να έχουμε λεπτομερή γνώση για την **πρόγνωση του καιρού** (καύσωνας, καταιγίδες κ.λπ.) και φροντίζουμε για τον κατάλληλο ρουχισμό. Βαμβακερά, ανοιχτόχρωμα ρούχα για τις ζεστές ημέρες και αδιάβροχο ή ρούχα που στεγνώνουν εύκολα αν πρόκειται να συναντήσουμε βροχές. Πάντα να έχουμε στο νου μας ότι υπάρχουν έντονα καιρικά φαινόμενα για τα οποία μπορεί να μην έχει υπάρξει έγκαιρη ή επιτυχής πρόγνωση. Ας έχουμε ένα αδιάβροχο μαζί μας και ας μη χρειαστεί.



**Εικόνα 2.20** Δεν ξεχνάμε να ενημερωθούμε για τις καιρικές συνθήκες και προετοιμαζόμαστε κατάλληλα για την ασφάλειά μας.

- Έχουμε όλα τα **απαραίτητα αξεσουάρ**, αντηλιακό (με υψηλό δείκτη), καπέλο, μπαντάνες, μαντήλια, γυαλιά κ.λπ. για **προστασία** από τον ήλιο, τη ζέστη και τα εγκαύματα (βλπ. και Κεφ. 2.14). Αποφεύγουμε την υπερέκθεση στον ήλιο, είμαστε καλυμμένοι «από την κορφή μέχρι τα νύχια», καθόμαστε συχνά σε σκιερά μέρη και εφαρμόζουμε ότι έχουμε μάθει στα μαθήματα Παροχής Α΄

Βοηθειών για να μην πάθουμε ηλίαση (ή όταν το πρωτο-αντιλαμβανόμαστε για να μην έχουμε χειρότερα). Μια αλοιφή για εγκαύματα είναι χρήσιμη ορισμένες φορές, που ξεχάσαμε, η βαρεθήκαμε να «πασαλειφθούμε ξανά και ξανά» με αντιηλιακό.



**Εικόνα 2.21** Χρησιμοποιούμε ότι υπάρχει διαθέσιμο για την προστασία από τον ήλιο, αποφεύγουμε την υπερβολική έκθεση, αλλά ...για κάθε ενδεχόμενο, έχουμε και μια αλοιφή για τα εγκαύματα μαζί μας.

- Έχουμε πάντα μαζί μας την **απαραίτητη ποσότητα νερού** που θα χρειαστούμε για τη διαδρομή που έχουμε σχεδιάσει (δεν ξεχνάμε την επιστροφή). Αν υπάρχουν **πηγές** με πόσιμο νερό στην περιοχή που θα εργασθούμε, έχουμε ενημερωθεί (ή διαπιστώσει οι ίδιοι) για την ακριβή θέση ή προσβασιμότητά τους, καθώς και για το αν έχουν παροχή ή στερεύουν την καλοκαιρινή περίοδο. Προσέχουμε να μην πάθουμε αφυδάτωση, έχουμε το νου μας στα πρώτα σημάδια, εφαρμόζουμε ότι έχουμε μάθει και ένα-δυο **δισκία με ηλεκτρολύτες** δεν μας βαραίνουν.
- Ελαφριά και υγιεινή **τροφή**, με υψηλή θερμιδική αξία, που δεν φέρνει δίψα (ξηροί καρποί, αποξηραμένα φρούτα, ενεργειακές μπάρες και λίγη σοκολάτα), πρέπει να υπάρχει πάντα στο σακίδιό μας. ΠΟΤΕ αλκοόλ στην ύπαιθρο, ΟΥΤΕ ΛΟΓΟΣ για εθιστικές ουσίες, ακόμα και το τσιγάρο κόβουμε, για να έχουμε ... «ανάσα» για τις ανηφόρες.
- Σε περίπτωση που εργαζόμαστε σε **χειμερινές καιρικές συνθήκες**, φροντίζουμε να έχουμε τα **κατάλληλα ρούχα** για προστασία από τη βροχή και το κρύο. Όταν περπατάμε και ζεσταινόμαστε μπορούμε να αφαιρούμε ρουχισμό, πρέπει όμως να «ξαναντυθούμε» όταν χρειαστεί να σταματήσουμε (π.χ. για να κρατήσουμε σημειώσεις ή να ξεκουραστούμε).
- Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται (κυρίως στις ορεινές περιοχές) όταν υπάρχει **καταιγίδα** που συνοδεύεται από **κεραυνούς**, φαινόμενο ιδιαίτερα συχνό, που ξεσπάει απότομα, ακόμα και τους καλοκαιρινούς μήνες, σε πολλές περιοχές. Προβαίνουμε στις ακόλουθες ενέργειες:



**Εικόνα 2.22** Οι ξαφνικές καταιγίδες, που συνοδεύονται από πτώση κεραυνών, είναι κάτι το συνηθισμένο ακόμα και το καλοκαίρι. Πρέπει να ξέρουμε πώς θα το αντιμετωπίσουμε.

- Αν υπάρχει χρόνος (βλέποντας την καταιγίδα και τις αστραπές από μακριά να έρχονται προς το μέρος μας) **κατεβαίνουμε γρήγορα σε χαμηλότερα υψόμετρα.**
- Τοποθετούμε το σφυρί και όλα τα μεταλλικά αντικείμενα στο σακίδιο.
- Δεν χρησιμοποιούμε **ποτέ ομπρέλα** για προστασία από τη βροχή.
- Δεν καθόμαστε **ποτέ κάτω ή δίπλα** από ένα **δένδρο** ή άλλο **ψηλό αντικείμενο** (στύλο, εξέδρα, ανεμογεννήτρια, κολώνα της ΔΕΗ κ.λπ.) γιατί «έλκουν» τους κεραυνούς.
- Αν είμαστε κοντά σε νερό (λίμνη, θάλασσα) **απομακρυνόμαστε γρήγορα από την ακτογραμμή,**

όπου «σκάνε» συχνά οι κεραυνοί.

ζ) «**Κουλουριαζόμαστε**» **χαμηλά στο έδαφος**, σε ένα ανοικτό μέρος, προσπαθώντας να έχουμε τη μικρότερη δυνατή επαφή με αυτό.

στ) Αν έχουμε φθάσει σε κάποιο **όχημα**, είμαστε **ασφαλείς** μέσα σε αυτό αρκεί να μην ακουμπάμε μεταλλικές επιφάνειες του οχήματος.

η) Η **ενημέρωση από τους ντόπιους** για την περίοδο και τον χρόνο εκδήλωσης τέτοιων φαινομένων θα βοηθήσει να προγραμματίσουμε την εργασία μας, έτσι ώστε να επιστρέψουμε πριν την εκδήλωση των φαινομένων.

- Δίνουμε ιδιαίτερη σημασία στην επιλογή των «σιδηρικών» που χρησιμοποιούμε για την δειγματοληψία πετρωμάτων (γεωλογικά σφυριά, βαριοπούλες, καλέμια) προσέχοντας να πληρούν κάποιες **προδιαγραφές ασφαλείας** (ευρωπαϊκές ή αμερικανικές). Στο γεωλογικό σφυρί (και τη βαριοπούλα) είναι καλό κεφαλή και λαβή να αποτελούνται από ένα ενιαίο σφυρήλατο ατσάλινο κομμάτι (**forged one-piece tool steel**). Ειδική επίστρωση στη λαβή από βινύλιο (**vinyl grip**) μειώνει τους κραδασμούς κατά το χτύπημα τις πέτρες (**shock-reduction grip**). Ειδικά κράματα μετάλλου διπλο-φουρνισμένα (**double tempered**) δίνουν στο σφυρί μεγαλύτερη αντοχή. Καλοζυγισμένα και καλογυαλισμένα σφυριά με άψογο φινίρισμα (**unsurpassed in quality, balance and finish, one-piece and fully polished hammers**), προτιμώνται σε κάθε περίπτωση. Σε ότι αφορά στα καλέμια προτιμάμε αυτά που διαθέτουν **προστατευτική λαβή** για το χέρι.



**Εικόνα 2.23** Επιλέγουμε με μεγάλη προσοχή τα «σιδηρικά» που χρησιμοποιούμε στην εργασία υπαίθρου. Δίνουμε ιδιαίτερη προσοχή στις οδηγίες χρήσης και τις προειδοποιήσεις του φυλλαδίου που τα συνοδεύει. Τηρούμε όλους τους κανονισμούς ασφαλείας.

- Διαβάζουμε προσεκτικά τις **οδηγίες χρήσης** και τις ακολουθούμε πιστά. Στις διαδικτυακές σελίδες των εταιρειών που κατασκευάζουν γεωλογικά σφυριά, βρίσκει κανείς πολλές οδηγίες και video για τη σωστή και ασφαλή χρήση τους. Είμαστε πολλοί προσεκτικοί κατά τη χρήση των εργαλείων αυτών, τόσο σε ό,τι αφορά τον εαυτό μας, όσο και αυτούς που βρίσκονται δίπλα μας. Το να έχουμε ένα καλό γεωλογικό σφυρί δεν σημαίνει ότι μπορούμε να «βαράμε μετά μανίας» όποιο βράχο ή πέτρα βρούμε μπροστά μας και «όποιον πάρει ο χάρος» από τα θρύμματα που θα εκσφενδονίζονται προς όλες τις κατευθύνσεις.
- Όσο και αν δεν τηρείται, το σωστό και ασφαλές στις περιπτώσεις τέτοιων δραστηριοτήτων στην υπαίθρο, είναι να φοράμε **προστατευτικά γυαλιά (safety goggles)**, **κράνος** και **γάντια**. Ανάλογα με το είδος των πετρωμάτων από τα οποία χρειαζόμαστε δείγματα, μπορεί να χρειαστεί να καλύψουμε και άλλα ευαίσθητα σημεία του σώματος (πρόσωπο, λαιμό κ.λπ.). Στις βορειοευρωπαϊκές χώρες είναι συχνή η εικόνα εκπαιδευόμενων φοιτητών της Γεωλογίας να εργάζονται με τέτοια περιβολή. Χρησιμοποιούν ακόμα και «**φωσφοριζέ**» **γιλέκα** για να είναι εύκολα διακριτοί από τα οχήματα (δεδομένου ότι συνήθως βρέχει και υπάρχει ομίχλη), ιδιαίτερα στην περίπτωση που εργάζονται σε τομές δρόμων με συχνή διέλευση οχημάτων. Ουσιαστική συμβολή στην πειθαρχημένη αυτή συμπε-

ριφορά, παίζει η εκπαίδευσή τους από τα πρώτα μαθητικά τους χρόνια, όταν ενημερώνονται για το επάγγελμα του Γεωλόγου και τον τρόπο που αυτός εργάζεται με ασφάλεια στην ύπαιθρο.



**Εικόνα 2.24** Οφείλουμε να λαμβάνουμε όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας όταν «σφυροκοπούμε» τα πετρώματα. Στο εξωτερικό αυτό διδάσκεται από τη βασική εκπαίδευση, γι' αυτό και οι ξένοι φοιτητές πειθαρχούν πιο εύκολα, φορώντας «υπομονετικά» όλο τον εξοπλισμό ασφαλείας κατά την εργασία στην ύπαιθρο.

- Χρησιμοποιούμε με προσοχή το HCl, αλλά και το σουγιάδακι για τη «διάγνωση» των πετρωμάτων και των ορυκτών και δεν κάνουμε ... «παιχνίδια» με τους συμφοιτητές μας.
- Κινούμαστε πάντα **προσεκτικά** και με **ασφάλεια** σε περιοχές με **επικίνδυνο ανάγλυφο**, χωρίς ριψοκίνδυνες αναβάσεις και αναρριχήσεις (ή καταβάσεις), προσέχοντας πιθανές καταπτώσεις βράχων και κατολισθήσεις (ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων). Αποφεύγουμε να διασχίζουμε σάρες (ασύνδετα κορήματα στις απότομες κλιτύες), αν δεν είμαστε απόλυτα σίγουροι για την ασφάλειά μας. Αποφεύγουμε να διασχίζουμε ποτάμια, ορμητικούς χειμάρρους ή καταρράκτες, αν δεν είμαστε βέβαιοι ή ενημερωμένοι, ότι αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με απόλυτη ασφάλεια. Δεν διασχίζουμε, επίσης, ελώδεις ή παραποτάμιες περιοχές, που είναι καλυμμένες με νερό, λάσπη και πυκνές καλαμιές. Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα, ιδιαίτερη σημασία για να βαδίζουμε με ασφάλεια σε όλα τα εδάφη (βραχώδη, επικλινή, κακοτράχαλα, διαβρωμένα, λασπώδη, χωμάτινα κ.λπ.), χωρίς να τρώμε τις «γλίστρες» και «τούμπες» της ζωής μας και χωρίς να κινδυνεύουμε για κακώσεις στον αστράγαλο, είναι ένα καλό ζευγάρι σωστές (και άνετες) μπότες, με γερή «τρακτερωτή» σόλα «4X4».
- Είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί όταν κινούμαστε σε χώρους **λατομείων** ή **μεταλλείων** (είτε εν ενεργεία είτε εγκαταλελειμμένα), σε **εργοτάξια** και χώρους εκτέλεσης **τεχνικών έργων** (ιδιαίτερα μέσα σε **σήραγγες**) και σε χώρους επικίνδυνων εγκαταστάσεων ή άλλων δραστηριοτήτων. Έχουμε πάντα ειδοποιήσει και συνεννοηθεί με τους υπευθύνους και επιβλέποντες για την παρουσία μας, την οποία φροντίζουμε να κάνουμε ορατή με κάθε μέσο (ρούχα με έντονα χρώματα, «φωσφορίζε» γιλέκο ασφαλείας, κράνος με έντονο χρώμα κ.λπ.).



**Εικόνα 2.25** Κινούμαστε προσεκτικά και με ασφάλεια στην ύπαιθρο, ιδιαίτερα σε περιοχές και χώρους με κάθε είδους επικινδυνότητες, είτε του ανάγλυφου είτε από ανθρώπινες δραστηριότητες.

- Κινούμαστε και λειτουργούμε με **προσοχή** σε σχέση με την **πυκνή** και «**επικίνδυνη**» **βλάστηση** (αγκάθια, πουρνάρια κ.λπ.), αποφεύγοντας να διασχίσουμε τέτοιες πυκνόφυτες περιοχές (ακόμα και αν χρειαστεί να κάνουμε μεγάλο κύκλο), γιατί, αν τα καταφέρουμε να βγούμε τελικά, θα μετράμε τις ... «απώλειες». Ιδιαίτερη προσοχή στα αλλεργιογόνα φυτά, από τις «ευπαθείς» ομάδες των γεωλόγων. Έχετε πάντα μαζί ότι σας έχει συστήσει ο γιατρός σας.
- Σεβόμαστε τα **άγρια ζώα** (όσα έχουν μείνει ακόμα), τα αποφεύγουμε, δεν τα ενοχλούμε και παίρνουμε πάντα τις κατάλληλες προφυλάξεις. Ενημερωνόμαστε από τους ντόπιους για το τι «επικίνδυνο» κυκλοφορεί στα μέρη τους (αρκούδες, λύκοι, ελάφια, αγριογούρουνα κ.λπ.).
- Το ίδιο ισχύει με τα τσοπανόσκυλα που φυλάνε τα κοπάδια, αλλά και άλλα **κατοικίδια ζώα** (άλογα,



ταύρους, χοίρους κ.λπ.), που μπορεί να συναντήσουμε (σε περιφραγμένους χώρους ή ελεύθερα). Δεν ξεχνάμε ότι και «τα ζώα της φάρμας» μπορεί να γίνουν πολύ επικίνδυνα, αν τα ενοχλήσουμε, φερόμενοι απερίσκεπτα και απρεπώς απέναντί τους.



**Εικόνα 2.26** Για να μην κινδυνέψουμε, σεβόμαστε και δεν ενοχλούμε όχι μόνο τα άγρια, αλλά και τα ήμερα ζώα, που θα συναντήσουμε εργαζόμενοι στην ύπαιθρο.

- **Έντομα και φίδια.** Ένας μεγάλος φόβος για τους «πρωτάρηδες» (και όχι μόνο) της υπαίθρου. Προχωρώντας και εργαζόμενοι με προσοχή και σεβασμό, σπάνια θα αντιμετωπίσουμε πρόβλημα. Αποφεύγουμε τα μελίσσια, δεν σηκώνουμε ή σκαλίζουμε άσκοπα και χωρίς προσοχή πέτρες που σκεπάζουν σκορπιούς, αράχνες ή άλλα «ζουζούνια», δεν φοράμε έντονα χρώματα ή αρώματα, που προσελκύουν τα έντομα, προχωράμε αργά βλέποντας πού θα πατήσουμε και κάνοντας θόρυβο για να προλάβει να φύγει το φίδι πριν το συναντήσουμε, δεν ακουμπάμε τα χέρια μας πάνω σε βράχους (ή κάτω από βράχους) αν δεν σιγουρευτούμε ότι δεν «παραμονεύει» κάτι εκεί και αν δούμε κάποιο φίδι ή άλλο ερπετό, δεν το ενοχλούμε ούτε δοκιμάζουμε την υπομονή του. Οι αντιδράσεις τους είναι απρόβλεπτες και αν τελικά δεν μας δαγκώσει σίγουρα θα έχουμε «γκρεμοτσακιστεί» στην «πρεμούρα μας» να απομακρυνθούμε. Αν, τελικά, συμβεί το αποτρόπαιο, δεν πανικοβαλλόμαστε, καλούμε βοήθεια και εφαρμόζουμε ότι έχουμε μάθει στα μαθήματα για την Παροχή Α΄ Βοηθειών.



**Εικόνα 2.27** Μπορεί να προξενούν φόβο, δεν θα κινδυνέψουμε όμως, αν λειτουργήσουμε με σεβασμό, χωρίς να ξεχνάμε ότι εμείς εισβάλλουμε στο φυσικό τους περιβάλλον. Το συναντήσαμε, το θαυμάσαμε και το φωτογραφίσαμε, διακριτικά και χωρίς να το ενοχλήσουμε, τον Ιούνιο του 2014 στην άσκηση υπαίθρου της Γεωλογικής Χαρτογράφησης στα Ανω Δολιανά.

- Οι **ντόπιοι** είναι πάντα η **καλύτερη πηγή πληροφορίας** για όλες τις επικινδυνότητες που θα συναντήσει κανείς περιδιαβαίνοντας τα μέρη τους. Τοπικοί ορειβατικοί, φυσιολατρικοί, αθλητικοί ή πολιτιστικοί σύλλογοι, που οργανώνουν δραστηριότητες και εκδηλώσεις στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής τους, μπορούν να μας δώσουν πολύτιμες πληροφορίες για το τι πρέπει να προσέξουμε ή να αποφύγουμε και σε ποια περιοχή. Ενημερωνόμαστε από όλους, τους ακούμε προσεκτικά και ακολουθούμε τις συμβουλές τους.
- Φροντίζουμε να έχουμε **άριστες σχέσεις με τους κατοίκους της περιοχής** και δεν αντιδικούμε ή μπλεκόμαστε σε προστριβές και καυγάδες μαζί τους. Σεβόμαστε πάντα τις τοπικές συνήθειες και τους κανόνες. Τους ενημερώνουμε με ευχαρίστηση για τον λόγο της παρουσίας μας στα μέρη τους και κατανοούμε την ανησυχία τους όταν βλέπουν κάποιους άγνωστους και «περιέργους» τύπους με σφυριά» να «γκρεμίζουν» όποιο βράχο ή μάντρα, βρεθεί στον δρόμο τους ή να κυκλοφορούν «χωρίς λόγο» στα δάση τους και τα κτήματά τους. Έχουν κάθε δικαίωμα να ανησυχούν και για κλοπές και για εμπρησμούς και για οτιδήποτε άλλο. **Δεν μπαίνουμε ποτέ σε ιδιόκτητους και περιφραγμένους χώρους**, ακόμα και αν υπάρχει η πιο σπάνια γεωλογική εμφάνιση «εκεί μέσα», χωρίς τη συγκατάθεση ή την άδειά τους. Και αν μας τη δώσουν φερόμαστε υπεύθυνα και με σεβασμό, αφήνοντας τα

πράγματα όπως τα βρήκαμε. Αν ανοίξουμε μια πόρτα σε ένα περιφραγμένο με συρματόπλεγμα χώρο, φροντίζουμε άμεσα να ξανακλείσουμε και την πόρτα. Δεν προξενούμε καταστροφές σε οποιαδήποτε κατασκευή υπάρχει στο χώρο αυτό και αν το πράξουμε άθελά μας φροντίζουμε να το αποκαταστήσουμε.



**Εικόνα 2.28** Δεν μπλέκουμε ποτέ σε καυγάδες και δεν δημιουργούμε αντιδικίες με τους ντόπιους. Είναι καλό να έχουμε μόνο φίλους, που θα μας περιμένουν με χαρά όταν θα πάμε ξανά στο ίδιο μέρος για δουλειά. Το χαμόγελο των φοιτητών, του αγαπητού συναδέλφου Θανάση Γκοντελίτσα και του συμπαθέστατου Ηλία, που ευγενικά και υπομονετικά μας μετέφερε με το φορτηγό του στις μακρινές διαδρομές, στην άσκηση υπαίθρου της Γεωλογικής Χαρτογράφησης το 2014 στα Άνω Δολιανά, τα λέει όλα.

- Έχουμε πάντα μια **υπογεγραμμένη και σφραγισμένη ΒΕΒΑΙΩΣΗ** από το Πανεπιστήμιο, για την περιοχή στην οποία θα εργαστούμε, το είδος της εργασίας που θα κάνουμε και τη διάρκειά της. Πρέπει να υπάρχει εμφανώς η αναφορά ότι όλα τα δείγματα που θα συλλέξουμε δεν έχουν ουδεμία χρηματική ή αρχαιολογική αξία. Σε κάθε περίπτωση, καλό είναι να ενημερώνουμε την Αστυνομία και τις τοπικές αρχές. **Ταυτότητα και δίπλωμα οδήγησης** πάντα μαζί μας.

Αφήνουμε τελευταίες τις παραινέσεις και συμβουλές, σε ό,τι έχει να κάνει με τη σωστή συμπεριφορά απέναντι στο φυσικό περιβάλλον και τον γεωλογικό πλούτο της χώρας μας, τη γεωλογική μας κληρονομιά. Υποθέτουμε ότι όλοι έχουμε την απαραίτητη παιδεία και κουλτούρα για μια τέτοια συμπεριφορά και λειτουργούμε πάντα έτσι, χωρίς «εκπτώσεις».

- Δεν αφήνουμε ΚΑΝΕΝΑ σκουπίδι (ή σκουπιδάκι) στο πέρασμά μας, ΔΕΝ ρυπαίνουμε, ΔΕΝ λερώνουμε, ΔΕΝ πετάμε οτιδήποτε (ιδιαίτερα αν είναι πλαστικό) «δεξιά κι' αριστερά». **Μεταφέρουμε τα απορρίμματά μας στο σακίδιο**, μέχρι τους κάδους στον χώρο διαμονής μας.
- **Σεβόμαστε και προστατεύουμε τη φύση και το περιβάλλον.** Αν δούμε κάτι ύποπτο (νεκρά άγρια ζώα, καπνούς, απορρίμματα ή απόβλητα, κομμένα δένδρα, παράνομες δραστηριότητες κ.λπ.) ειδοποιούμε τις αρμόδιες αρχές. Προφανώς δεν προσπαθούμε να λύσουμε το πρόβλημα μόνοι μας, δεν ζητάμε τον λόγο από κανένα, ούτε το συζητάμε μαζί του, όσο καλή πρόθεση και αν έχουμε. Απομακρυνόμαστε και ειδοποιούμε τους αρμόδιους.
- **Σεβόμαστε τον γεωλογικό πλούτο και τις σπάνιες εμφανίσεις.** Δεν παίρνουμε μαζί μας όποια πέτρα «μας γυαλίσει» παρά μόνο ότι είναι εντελώς απαραίτητο για την εργασία μας. Τα απολιθώματα, τα ορυκτά, τα πετρώματα, οι τεκτονικές μικρο-δομές και ό,τι άλλο εντυπωσιακό και όμορφο ή απλά επιστημονικά ενδιαφέρον και σπάνιο, αξίζει να μείνει στη θέση του για να το δουν, θαυμάσουν και μελετήσουν και οι επόμενες γενεές γεωλόγων ή γεω-τουριστών.
- **Η προστασία των μνημείων της γεωλογικής μας κληρονομιάς και η ανάδειξη γεωτόπων και γεωπάρκων,** αποτελούν θέματα που έχουν αρχίσει να συζητώνται και στη χώρα μας και να διαμορφώνεται το νομικό πλαίσιο που θα τα προστατεύει. Χρειάζεται, όμως, ακόμα πολύς δρόμος. Στο εξωτερικό τα πράγματα είναι εντελώς διαφορετικά και πολύ συχνά θα δει κανείς πινακίδες που προστατεύουν σπάνιες γεωλογικές εμφανίσεις. Εκεί, όμως, η προστασία γεωλογικών και γεωμορφολογικών σχηματισμών και τοπίων ξεκίνησε από τον 19<sup>ο</sup> αιώνα (Φασουλάς, 2001; Φασουλάς, 2011). Στην Ελλάδα, με το ισχύον νομικό καθεστώς, ως μνημείο γεωλογικής κληρονομιάς προστατεύεται μόνο το απολιθωμένο δάσος της Λέσβου. Προστατεύονται, επίσης, τα φαράγγια του Βίκου, της Σαμαριάς και του Βουραϊκού, καθώς και ο Όλυμπος ως εθνικοί δρυμοί, τα Μετέωρα ως μνημείο της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς της UNESCO και όλα τα σπήλαια, ως εν δυνάμει αρχαιολογικοί χώροι (Εικ. 2.29).



**Στην Ελλάδα τα πράγματα είναι λίγο διαφορετικά:**

- Με το ισχύον καθεστώς προστατεύονται:
  - Τα φαράγγια της Σαμαριάς, του Βίκου και του Βουραϊκού και ο Όλυμπος ως Εθνικοί όρυμοί.
  - Τα Μετέωρα ως μνημείο της Παγκόσμιας Πολιτιστικής Κληρονομιάς της UNESCO.
  - Όλα τα σπήλαια ως βιολογικά αρχαιολογικοί χώροι.
  - Το απολιθωμένο δάσος Αίθωνος, το μόνο που προστατεύεται ως μνημείο της Γεωλογικής Κληρονομιάς.
- Στην πράξη η υπάρχουσα νομοθεσία αγνοεί τη γεωλογική κληρονομιά, ενώ όπου υπάρχουν "παράθυρα" προστασίας (Ν. 1650) η γραφειοκρατία και οι πραγματικές αντιλήψεις εμποδίζουν κάθε προσπάθεια γεωδραστηρίων.
- Μόνο με την ΚΑ. 32691 (ΦΕΚ 1902/2007) "Προδιαγραφές ΜΓΚ στα πλαίσια ΓΠΣ & ΣΧΟΔΑΠ" δίνεται η δυνατότητα προστασίας και ανάδειξης της Γεωλογικής Κληρονομιάς.

Πηγή: από: Δρ. Χ. ΦΑΙΟΥΔΑ, Μουσείο Φυσικής ιστορίας Κρήτης

**Εικόνα 2.29** Η προστασία των σπάνιων και ιδιαίτερων γεωλογικών θέσεων, που αποτελούν μνημεία γεωλογικής κληρονομιάς, εφαρμόζεται στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες. Στην Ελλάδα, μόλις ξεκινήσαμε, αλλά έχουμε δρόμο ακόμα.

Είναι προφανές ότι ο καθένας είναι υπεύθυνος για τη συμπεριφορά του και την ασφάλειά του και η συμμετοχή του στις ασκήσεις υπαίθρου γίνεται με δική του και μόνο ευθύνη. Για τον λόγο αυτό όλοι οι φοιτητές υπογράφουν μια **Υπεύθυνη Δήλωση** πριν την αναχώρηση για την ύπαιθρο. Η εμπειρία μέχρι τώρα έχει δείξει ότι η συνεργασία και η συμπεριφορά των φοιτητών είναι κυριολεκτικά «υποδειγματική». ΠΟΤΕ δεν έχει δημιουργηθεί κανένα ουσιαστικό πρόβλημα, αποδεικνύοντας ότι η σωστή, ενδιαφέρουσα και ευχάριστη εργασία (και εκπαίδευση), σε περιβάλλον υπαίθρου, από μαθησιακή άποψη διαθέτει πολλά πλεονεκτήματα, τα οποία φαίνονται από την πρώτη κιόλας ημέρα εργασίας. Και είναι προφανές ότι όταν κάποιος είναι απόλυτα ικανοποιημένος, δεν έχει κανένα λόγο να προβεί σε παραβατική συμπεριφορά.

**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ**

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος .....  
του ..... και της ..... με ΑΔΤ .....  
φοιτητής του Τμήματος Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος με ΑΜ ..... και έτος εισαγωγής το ..... δηλώνω τα κάτωθι:

1. Αναλαμβάνω πλήρως την ευθύνη της συμμετοχής μου στην ΑΣΚΗΣΗ ΥΠΑΙΘΡΟΥ, που θα πραγματοποιηθεί στα πλαίσια του μαθήματος "ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ", από 8 έως 16 Ιουνίου 2015, στην ορεινή περιοχή των Άνω Δολιχίων Αρκαδίας και σε ορεινές περιοχές του όρους Υμηττός, κατά τη διάρκεια της οποίας θα κινούμαι αποκλειστικά και μόνο με δική μου ευθύνη, έχοντας γνώση των κινδύνων και των κανονισμών ασφαλείας που συνεπάγεται η εργασία και παραμονή στην ύπαιθρο.
2. Δεν πάσχω από κάποιο νόσημα το οποίο απαγορεύει την εργασία στην ύπαιθρο, ή την επηρεάζει κάτω από ειδικές προϋποθέσεις και προφυλάξεις και έχω προσκομίσει τις απαραίτητες ιατρικές βεβαιώσεις που μου έχουν ζητηθεί από το Εργαστήριο Εργασιακής Υγιεινής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Έχω ενημερώσει δε, για τυχόν ασθενείς ή προβλήματα υγείας (DL, αλλεργίες, διαβήτη, πίεση, δερματοπάθειες, λήψη φαρμακευτικής αγωγής κλπ.).
3. Έχω παρακολουθήσει αναλυτικά όλη τη σειρά μαθημάτων πρώτων βοηθειών, που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του εαρινού εξαμήνου από το Εργαστήριο Εργασιακής Υγιεινής του Πανεπιστημίου Αθηνών.
4. Θα τηρώ πιστά τις οδηγίες και τους κανονισμούς ασφαλείας που μου δίνονται από τους διδάσκοντες και ο γεωλογικός και λοιπός εξοπλισμός που θα χρησιμοποιώ (γεωλογικό σφυρί, καλάμι, βαρομετρία κλπ.), πληροί τις απαιτούμενες από το νόμο προδιαγραφές ασφαλείας.
5. Το προσωπικό του Πανεπιστημίου Αθηνών, που συνοδεύει τους φοιτητές, ουδέμία ευθύνη φέρει σε περίπτωση τραυματισμού, ατυχήματος, θανάτου, ή οποιασδήποτε άλλης βλάβης, οικονομικής απώλειας, ζημίας, ταλαιπωρίας και παράνομης πράξης ή συμπεριφοράς -ιδίαιτερα κάτω από την επίδραση αλκοόλ ή ναρκωτικών ουσιών- για τα οποία αποκλειστικά και μόνον εγώ αναλαμβάνω και φέρω την ευθύνη και παραποιώμαι από οποιαδήποτε τυχρή ή μελλοντική οικονομική αξίωση ή απαίτηση.

Ο ΔΗΛΩΝ

**Εικόνα 2.30** Η Υπεύθυνη Δήλωση που υπογράφουν οι φοιτητές πριν τις ασκήσεις υπαίθρου. Ευτυχώς, μέχρι σήμερα, μόνο τυπικοί λόγοι επιβάλλουν την υπογραφή της, δεδομένου ότι ουσιαστικοί δεν έχουν προκύψει ποτέ. Η συνεργασία και συμπεριφορά των φοιτητών είναι υποδειγματική, ... «εκεί έξω στα βουνά και τα λαγκάδια».

Και μια τελευταία συμβουλή, ολοκληρώνοντας το κεφάλαιο αυτό. Αναγνωρίζουμε ότι ο σωστός εξοπλισμός κοστίζει και σε πολλές περιπτώσεις οι τιμές είναι υψηλές για τα περισσότερα «βαλάντια». Μην «τσιγκουνευτείτε» όμως σε καμία περίπτωση, είτε η αγορά αφορά ένα μολύβι ή ένα καπέλο είτε αφορά ένα ζευγάρι μπότες ή ένα καλό σακίδιο, γιατί αυτό θα το πάρετε πίσω, όχι μόνο σε ασφάλεια (που είναι το βασικό) αλλά και σε άνεση και ευκολία.

<b>ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ</b>
• Γεωλογικό σφυρί
• Θήκη για τη ζώνη
• Φωσφοριζέ κορδόνι
• Βαριοπούλα
• Καλέμι
• Προστατευτικά γυαλιά ασφαλείας
• Κράνος, γάντια, φωσφοριζέ γιλέκο (?)
• Γεωλογική πυξίδα & θήκη
• GPS
• Λούπα & κορδόνι για το λαιμό
• Κιάλια
• Ψηφιακή κάμερα & θήκη για τη ζώνη
• Τοπογραφικοί χάρτες (υπόβαθρο)
• Αεροφωτογραφίες & Δορυφορικές
• Ταμπλό για το χάρτη, λάστιχα, κλιπ
• Αδιάβροχη θήκη για το χάρτη (?)
• Μολύβια (καλοξημένα)
• Ξυλομπογιές (Χ24 χρώματα)
• Στυλό, μαρκαδοράκια
• Γόμα, ξύστρα
• Ανεξίτηλοι μαρκαδόροι
• Τρίγωνο, μοιρογνωμόνιο, χάρακας
• Μαρκαδόροι υπογράμμισης
• Κασετίνα
• Τετράδιο σημειώσεων υπαίθρου
• Tablet (?)
• Φιαλίδιο με HCl (διάλυμα 10%)
• Σουγιαδάκι (ή ελβετικός σουγιαός)
• Διαγράμματα ταξινόμησης-αναφοράς
• Κλίμακα φωτογράφισης
• Σακούλες για δείγματα
• Χαρτοταινία & ταινία δεμάτων
• Μετροταινία ή σπαστό μέτρο
• Στερεοσκόπιο (φορητό)
• Παγούρι με νερό
• Τροφή για υπαίθρο
• Φαρμακείο
• Τσιμπιδάκι για αγκάθια
• Σφυρίχτρα
• 1-2 m λεπτό κορδόνι ορειβασίας
• Κινητό τηλέφωνο (smartphone)
• Σακίδιο (ώμου ή πλάτης)
• Μπότες (& κάλτσες)
• Κατάλληλα ρούχα
• Λεπτό αδιάβροχο [Τζάκετ αδιάβροχο]
• Καπέλο, μπαντάνα [Σκούφος, κασκόλ]
• Γυαλιά ηλίου [Γάντια]
• Αντιηλιακό (με δείκτη 50+)
• ΒΕΒΑΙΩΣΗ εργασίας από ΕΚΠΑ
• Ταυτότητα, δίπλωμα οδήγησης

<b>ΚΑΝΟΝΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΩΔΙΚΕΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ</b>
• Παρακολούθηση μαθημάτων για Α' Βοήθειες
• Ενημέρωση από το σχετικό υλικό που έχει ανέβει στο e-Class
• Πραγματοποίηση των απαραίτητων ιατρικών εξετάσεων
• Προτιμάμε να εργαζόμαστε στην υπαίθρο ζευγάρια ή ομάδες
• Πάντα γνωρίζει κάποιος τη διαδρομή που θα κάνουμε και την ώρα που θα επιστρέψουμε, ώστε να ειδοποιήσει και ενημερώσει τις αρμόδιες αρχές αν χαθούν τα ίχνη μας
• Έχουμε πάντα μαζί μας κινητό τηλέφωνο (+ ένα powerbank για να μη μείνουμε από μπαταρία) & σφυρίχτρα διάσωσης – εντοπισμού
• Έχουμε αποθηκεύσει στο κινητό μας και απομνημονεύσει τους τριψήφιους αριθμούς έκτακτης ανάγκης (112, 166, 100, 199)
• Έχουμε φαρμακείο με όλα όσα απαιτούνται από τους κανονισμούς της Ε.Ε.
• Έχουμε ενημερωθεί για τον καιρό και προετοιμαστεί κατάλληλα
• Έχουμε όσα απαιτούνται για προστασία από τον ήλιο, τον καύσωνα, τις έντονες βροχοπτώσεις, το κρύο
• Γνωρίζουμε πώς να προστατευθούμε από τους κεραυνούς
• Έχουμε πάντα όσο νερό θα χρειαστούμε και κατάλληλη τροφή
• Τηρούμε όλους τους κανονισμούς ασφαλείας κατά τη δειγματοληψία πετρωμάτων (προστατευτικά γυαλιά, γάντια, κράνος κλπ.) και χρησιμοποιούμε πάντα τα κατάλληλα για κάθε δουλειά εργαλεία (γεωλογικό σφυρί, καλέμι, βαριοπούλα)
• Χρησιμοποιούμε με προσοχή το HCl
• Περιπατάμε με προσοχή, ή αποφεύγουμε, τις επικινδυνότητες του αναγλύφου (μεγάλες κλίσεις, κατολισθήσεις κλπ.), των ορμητικών χειμάρρων και των χαλαρών εδαφών
• Κινούμαστε με προσοχή, τηρώντας τους κανονισμούς ασφαλείας και αφού ενημερώσουμε, σε χώρους λατομείων, ορυχείων, εργοταξίων και σπηλαίων, ιδιαίτερα όταν είναι εγκαταλελειμμένα
• Κινούμαστε με προσοχή στην πυκνή και επικίνδυνη βλάστηση
• Δεν ενοχλούμε και σεβόμαστε τα άγρια, αλλά και ήμερα ζώα. Ενημερωνόμαστε από τους ντόπιους για τα ζώα που κυκλοφορούν στα μέρη τους
• Προσέχουμε και αποφεύγουμε έντομα και φίδια. Δεν φοράμε αρώματα ή έντονα χρώματα που τα προσελκύουν. Προσέχουμε όταν ακουμπάμε σε βράχους ή σηκώνουμε πέτρες. Γνωρίζουμε τι πρέπει να κάνουμε σε περίπτωση που μας δαγκώσουν
• Δεν δημιουργούμε αντιδικίες, φροντίζουμε πάντα να έχουμε καλές σχέσεις με τους κατοίκους της περιοχής και σεβόμαστε τα ήθη, τις συνήθειες και τα έθιμά τους
• Δεν μπαίνουμε σε ξένες ιδιοκτησίες χωρίς άδεια και αν μπούμε αφήνουμε τα πάντα όπως τα βρήκαμε (κλειστές πόρτες κλπ.)
• Ενημερώνουμε τους πάντες για την εργασία που κάνουμε, ιδιαίτερα τις τοπικές αρχές και έχουμε πάντα μια ΒΕΒΑΙΩΣΗ, σφραγισμένη και υπογεγραμμένη από το ΕΚΠΑ. Έχουμε πάντα μαζί ταυτότητα και δίπλωμα οδήγησης
• Παίρνουμε μόνο όσα δείγματα είναι απαραίτητα. Σεβόμαστε και προστατεύουμε τις σπάνιες γεωλογικές εμφανίσεις
• Δεν βρισκόμαστε ποτέ κάτω από την επήρεια αλκοόλ ή άλλων εθιστικών ουσιών

Πίνακας 2.1 Συνοπτικοί πίνακες εξοπλισμού και ασφάλειας (ο απολύτος απαραίτητος εξοπλισμός).

## Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Coe, L.A. (editor), Argles, W.T., Rothery, A. D. & Spicer, A., R. (2010). *Geological Field Techniques*. 323p., Wiley-Blackwell.
- Lisle, J., R., Brabham, P. & Barnes, J. (2011). *Basic Geological Mapping*. 217p., Wiley-Blackwell.
- Φασουλάς, Χ. (2001). Ανάδειξη και προστασία γεωλογικών μνημείων της Κρήτης. *Πρακτικά Διεθνούς Συμποσίου Μνημεία της φύσης και Γεωλογική κληρονομιά*. Λέσβος 1997, 260-268.
- Φασουλάς, Χ. (2011). *Δυνατότητες Προστασίας και Καταγραφής της Γεωλογικής κληρονομιάς κληρονομιάς κατά την εκπόνηση Μελετών Γεωλογικής Καταλληλότητας (ΜΓΚ)* <http://goo.gl/RO5yBt>



## Κεφάλαιο 3:

# Το τετράδιο σημειώσεων και ο γεωλογικός χάρτης υπαίθρου

### Σύνοψη

Ο γεωλόγος-χαρτογράφος όταν εργάζεται στην ύπαιθρο, για να σημειώνει την πληροφορία, τα στοιχεία και τα δεδομένα που συγκεντρώνει από τις παρατηρήσεις υπαίθρου, χρειάζεται ένα τετράδιο και έναν χάρτη. Περιγραφές, παρατηρήσεις, μετρήσεις, προσδιορισμοί, στοιχεία εντοπισμού θέσης, δείγματα, φωτογραφίες αλλά και σκέψεις, ιδέες και συμπεράσματα, σημειώνονται αναλυτικά και με επιμέλεια στο «τετράδιο (ή βιβλίο) σημειώσεων υπαίθρου». Γεωλογικές τομές, στρωματογραφικές στήλες, σκαριφήματα, πανοράματα, σκίτσα και διαγράμματα σχεδιάζονται προσεκτικά και συμπληρώνουν τις σημειώσεις. Ταυτόχρονα, γεωλογικά όρια, επαφές, πετρώματα, γεωλογικοί σχηματισμοί και λιθολογικές ενότητες χαρτογραφούνται και σημειώνονται στο τοπογραφικό υπόβαθρο, που σταδιακά μετατρέπεται σε γεωλογικό χάρτη. Ρήγματα, επωθήσεις, σύμβολα κλίσης στρωμάτων και φυλλώσεων, άξονες πτυχών, γραμμώσεις και διάφορα άλλα τεκτονικά σύμβολα και μετρήσεις συμπληρώνουν και ολοκληρώνουν τον χάρτη. Οι θέσεις παρατήρησης και οι θέσεις λήψης μετρήσεων, δειγμάτων, φωτογραφιών ή άλλων στοιχείων, οφείλουν και αυτές με τη σειρά τους να σημειώνονται στον χάρτη υπαίθρου, δεδομένου ότι αποτελούν τον συνδετικό κρίκο με τα δεδομένα και τις πληροφορίες που περιέχονται στο τετράδιο (ή βιβλίο) σημειώσεων. Το είδος, ο τρόπος γραφής και σχεδίασης και η σωστή οργάνωση των πληροφοριών και δεδομένων, που περιλαμβάνονται στο τετράδιο και τον χάρτη που χρησιμοποιούμε στην ύπαιθρο, έχουν τα μυστικά τους, που θα προσπαθήσουμε να σας .... «εκμυστηρευθούμε με πάσα ειλικρίνεια» στη συνέχεια.

### Προσπαιτούμενη γνώση

Βασικές γνώσεις από τις σημειώσεις των Εργαστηρίων και τις Ασκήσεις Υπαίθρου της «Εισαγωγής στη Γεωλογία», της «Τεκτονικής», της «Μικροτεκτονικής & Τεκτονικής Ανάλυσης», της «Γεωλογίας Ελλάδας», της «Στρωματογραφίας», της «Μικροπαλαιοντολογίας», της «Πετρολογίας Ιζηματογενών, Πυριγενών & Μεταμορφωμένων» καθώς και η ύλη από το αντίστοιχο κεφάλαιο των σημειώσεων για το μάθημα της «Γεωλογικής Χαρτογράφησης», που δίνονται στους φοιτητές και είναι αναρτημένες στην πλατφόρμα e-Class. Οι αντίστοιχες ηχογραφημένες παραδόσεις (βιντεοδιαλέξεις), που έγιναν στα πλαίσια της δράσης «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα» και φιλοξενούνται στην πλατφόρμα Open Delos.

## 3.1 Παρατηρήσεις υπαίθρου

Οι παρατηρήσεις υπαίθρου (**field observations**) είναι αυτές που μας δίνουν το υλικό για τις σημειώσεις και όσο πιο πολύ «κόβει το μάτι μας», τόσο περισσότερες και σωστότερες, πληροφορίες, ιδέες και απόψεις θα περιλαμβάνονται στο τετράδιο υπαίθρου. Η διαφορά στην ποιότητα των σημειώσεων των φοιτητών, ανάμεσα στις πρώτες και τελευταίες ημέρες της άσκησης υπαίθρου της Γεωλογικής Χαρτογράφησης είναι πολύ μεγάλη, όπως θα διαπιστώσετε όλοι σας. Είναι η σταδιακή μεταμόρφωση όταν από «φυσιολάτρες» και «περιπατητές του βουνού», που κρατάνε «ημερολόγιο», μετατρέπεστε σε «γεωλόγους-χαρτογράφους», που κρατάνε σωστές «σημειώσεις υπαίθρου».

Για να υπάρχει οργανωμένη δομή στις σημειώσεις μας και «τελικό συμπέρασμα», πρέπει να υπάρχει οργανωμένη γεωλογική σκέψη και παρατήρηση στην ύπαιθρο, διαδικασία σύνθετη και πολύπλοκη. Στις παρατηρήσεις συνδυάζουμε πολλά γεωλογικά αντικείμενα και σκεφτόμαστε ταυτόχρονα ως τεκτονικοί, στρωματογράφοι, πετρολόγοι, γεωμορφολόγοι κ.λπ. Και, προφανώς, ξέρουμε να κρατάμε, με σωστό τρόπο, τις αντίστοιχες σημειώσεις.

Είναι αλήθεια ότι συχνά, όση εμπειρία και αν έχουμε, ιδιαίτερα αν η περιοχή είναι καινούργια και την «πρωτοπερπατάμε», δεν ξέρουμε από πού να αρχίσουμε. Η συμβουλή για τους φοιτητές είναι .... «απλά αρχίστε, κάντε την πρώτη παρατήρηση, σημειώστε τη στο τετράδιό σας και συνεχίστε...». Δεν βιαζόμαστε και δεν περνάμε τρέχοντας τη διαδρομή. Στόχος δεν είναι να καλύψουμε αποστάσεις, αλλά να βρούμε την αλήθεια. Άρα παίρνουμε όσο χρόνο χρειάζεται για να παρατηρήσουμε και να σημειώσουμε. Καλύτερα οι σημειώσεις μας να περιλαμβάνουν περισσότερη πληροφορία, έστω και αν κάποια από αυτή αποδειχθεί «άχρηστη», παρά

να λείπει χρήσιμη πληροφορία. Πολλές φορές, την εργασία αυτή θα χρειαστεί να την κάνουμε κάτω από συνθήκες «πίεσης» και «άγχους». Στην εργασία υπαίθρου μπορεί να συναντήσουμε δυσκολίες, όπως βροχή, ισχυρό άνεμο, πολύ κρύο, υπερβολική ζέστη, έντονη κόπωση, εξάντληση, δίψα ή περιορισμένο χρόνο γιατί ... «η μέρα φεύγει και η νύχτα έρχεται», που θα έχουν αντίκτυπο στην «ποιότητα» τόσο των παρατηρήσεων, όσο και των σημειώσεων. Όσο πιο καλά οργανωμένοι και προετοιμασμένοι είμαστε, τόσο ευκολότερα θα καλύψουμε κάποιες από τις περιπτώσεις αυτές. Σίγουρα όχι όλες και σίγουρα όχι πάντα. Δεν ξεχνάμε ότι δεν ήμαστε τέλειοι και ότι υπάρχουν πράγματα που ... «δεν περνάνε από το χέρι μας». Δεν απογοητευόμαστε και κάνουμε πάντα ό,τι μπορούμε καλύτερο. Το θέμα των σημειώσεων, όταν μας πιέζει ο χρόνος, υπάρχει τρόπος να το καλύψουμε. Γράφουμε τα απολύτως απαραίτητα (αρίθμηση θέσης, δειγμάτων, φωτογραφιών, ένδειξη GPS, μετρήσεις και ότι άλλο είναι δύσκολο να κρατήσουμε στη μνήμη μας) και το περισσότερο «μπλα-μπλα» με τις απαραίτητες επισημάνσεις, επεξηγήσεις και σχολαστικές περιγραφές, το αφήνουμε για αργότερα, όταν επιστρέψουμε στη βάση μας το βράδυ. Δεν ξεχνάμε να αφήσουμε κενό χώρο στο τετράδιο και αστερίσκους με μονολεκτικές υποσημειώσεις του τύπου «(\*) να θυμηθώ να σχολιάσω το ...». Εννοείται ότι το βράδυ (μετά από ένα καλό μπάνιο και ένα καλό φαγητό), συμπληρώνουμε τα κενά και «σουλουπώνουμε» τις σημειώσεις μας. **ΠΡΟΣΟΧΗ!** Αν δεν θυμόμαστε κάτι δεν σημειώνουμε «στον βρόντο», αλλά πηγαίνουμε να το ξαναδούμε.

Σε κάποιες περιπτώσεις οι καλές θέσεις παρατήρησης στην ύπαιθρο είναι πολλές και με σημαντική πληροφορία η καθεμία. Επιλέγουμε να αρχίσουμε από κάπου, χρησιμοποιώντας κάποιο σκεπτικό. Βολεύει, π.χ., να ξεκινήσουμε από μια τομή που είναι **παράλληλη ή κάθετη στη στρώση** και όχι από μια τυχαία τομή. Άλλο παράδειγμα, σε μια περιοχή με δύο ενότητες είναι σκόπιμο να ξεκινήσουμε πρώτα από τις τομές που εστιάζουν στην κάθε ενότητα χωριστά και μετά να προχωρήσουμε στην τομή που περιλαμβάνει την επαφή ανάμεσα στις δύο ενότητες, αφού η γνώση για τις ενότητες θα μας βοηθήσει και στην αποσαφήνιση της επαφής.



**Εικόνα 3.1** Πολλές φορές κατά την εργασία στην ύπαιθρο, ιδιαίτερα όταν οι εμφανίσεις είναι πολλές και υπάρχουν φυσικές τομές των γεωλογικών σχηματισμών σε διάφορες διευθύνσεις, αναρωτιόμαστε από πού να ξεκινήσουμε. Όσο μελετάμε την περιοχή και αποκτάμε εμπειρία για τη γεωμετρία των δομών, η απόφαση είναι εύκολη. Όσο είμαστε αρχάριοι σημασία έχει να ξεκινήσουμε, επιλέγοντας για παράδειγμα μια τομή, που είναι παράλληλη με τη μέγιστη κλίση των στρωμάτων.

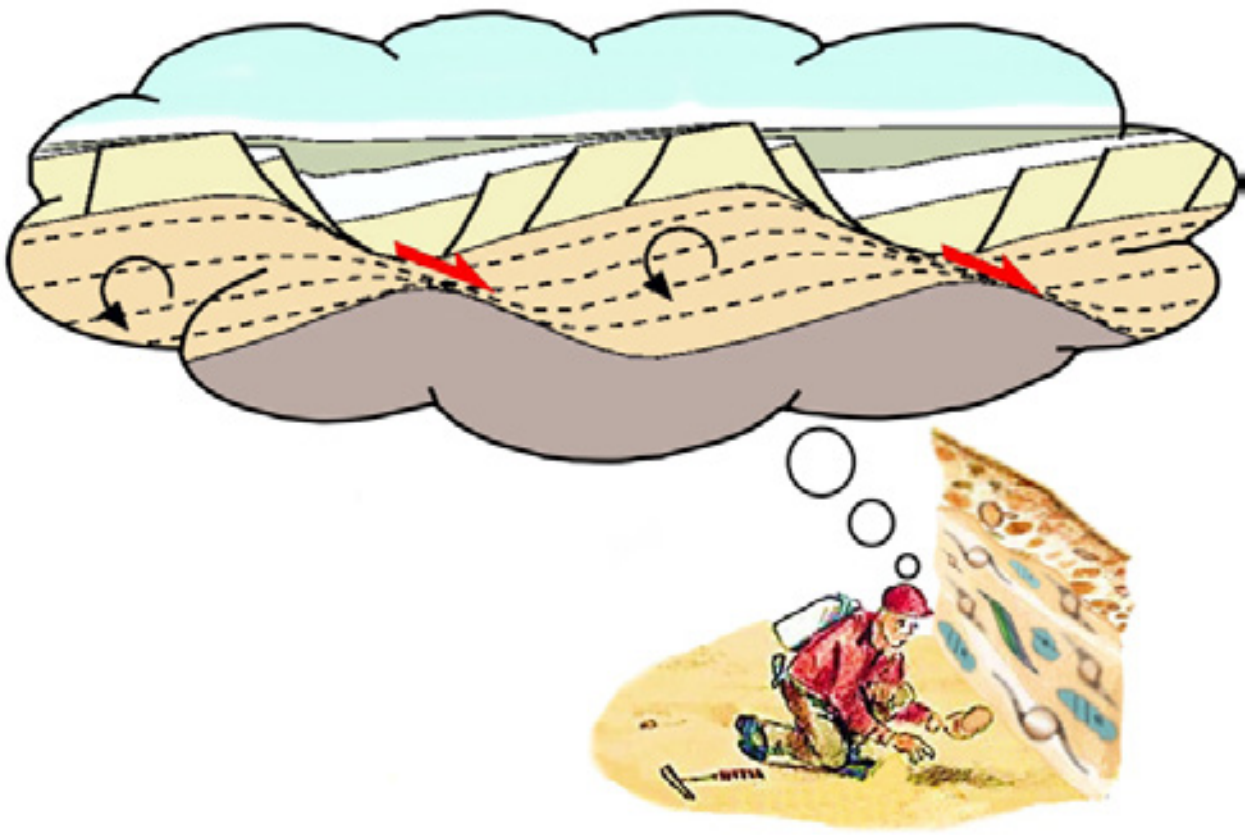
Άλλες φορές οι θέσεις παρατήρησης είναι ελάχιστες (π.χ. λόγω έντονης φυτοκάλυψης) ή υπάρχουν συχνές εμφανίσεις των πετρωμάτων, αλλά δεν περιέχουν την πληροφορία που χρειάζομαι (απολιθώματα, δομές κ.λπ.). Θα ανακαλύψετε όλοι σας, ότι με την εμπειρία και τη συστηματική εργασία, τα στοιχεία και τα δεδομένα που υπάρχουν «κρυμμένα» στα πετρώματα και τις γεωλογικές εμφανίσεις θα σας «έλκουν» και θα σας «μαγνητί-



ζουν» από μόνα τους. Ένα μοναδικό απολίθωμα να έχει «ξεμείνει» σε ολόκληρη την περιοχή, θα πέσετε επάνω του. Μία τομή με τις κατάλληλες δομές, που φανερώνουν τις σχέσεις επικάλυψης ανάμεσα στις φυλλώσεις να υπάρχει, θα στρίψετε στο κατάλληλο μονοπάτι για να περάσετε από εκεί.

Συχνά, για να επιβεβαιώσουμε μια παρατήρηση, χρειάζεται να την κάνουμε **περισσότερες από μία φορές**, δηλαδή και σε άλλες θέσεις παρατήρησης. Έστω, για παράδειγμα, ότι βλέπω κάπου έναν κινηματικό δείκτη. Για να θεωρήσω ότι αντιπροσωπεύει την κίνηση ενός ολόκληρου καλύμματος και όχι μόνο μια τοπική ιδιομορφία, πρέπει να το επιβεβαιώσω σε πολλές θέσεις.

Ακόμα και όταν δουλεύουμε και κάνουμε παρατηρήσεις σε μικρής κλίμακας εμφανίσεις, σε τοπικό (in situ) επίπεδο, δεν πρέπει να χάνουμε από το νου μας την **εικόνα της μεγάλης κλίμακας**. Δηλαδή, τη σημασία που έχει αυτή η μικρής κλίμακας δομή και τα στοιχεία που μας δίνει για να ερμηνεύσουμε τη μεγαδομή. Η κάθε επιμέρους παρατήρηση δεν μπορεί να λειτουργεί από μόνη της, αποσπασματικά, αλλά να αποτελεί «μέρος» ενός γενικότερου «όλου». Δουλεύουμε και σημειώνουμε στο τετράδιο υπαίθρου, για το χτίσιμο ενός «πάζλ», που θα μας οδηγήσει στην αποκάλυψη της γεωλογικής ιστορίας και εξέλιξης της περιοχής που μελετάμε. Από τη σημειοκή παρατήρηση για το απολίθωμα (δηλ. ηλικία, φάση κ.λπ.) και το ορυκτό (π.χ. συνθήκες παραμόρφωσης και μεταμόρφωσης) στη γεωτεκτονική εξέλιξη σε κλίμακα τεκτονικής των πλακών.



**Εικόνα 3.2** *Ακόμα και όταν εργαζόμαστε σε τοπικό επίπεδο στην ύπαιθρο, κάνοντας σημειοκές παρατηρήσεις, το μυαλό μας πρέπει πάντα να επεξεργάζεται τη σημασία των παρατηρήσεων αυτών στη μεγάλη κλίμακα εμφάνισης. Ο γεωλόγος της φωτογραφίας παρατηρεί και μελετά σε μια φυσική τομή αυτά τα μυλονιτικά πετρώματα με τους καταπληκτικούς κινηματικούς δείκτες, που σε τάξη μεγέθους δεν υπερβαίνουν τα μερικά εκατοστά, αλλά ταυτόχρονα αναλογίζεται τη σημασία τους για την ύπαρξη μιας μεγάλης ζώνης διάτμησης (αποκόλλησης – detachment) σε κλίμακα στερεού φλοιού, που έχει διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στη γεωτεκτονική δομή και εξέλιξη της περιοχής που χαρτογραφεί και μελετά.*

Συχνά επίσης, για να καταλήξουμε σε κάποιο συμπέρασμα, χρειαζόμαστε **δεδομένα από πολλές θέσεις παρατήρησης**. Π.χ. για να συνθέσουμε τη στρωματογραφική στήλη μιας ενότητας, μπορεί να χρειαστούν παρατηρήσεις από πολλές θέσεις, όπου εμφανίζονται αποσπασματικά τμήματα της συνολικής στήλης. Η, άλλο παράδειγμα, για να αποσαφηνισθεί η τεκτονική ιστορία και εξέλιξη μιας ακολουθίας πετρωμάτων, τα στοιχεία και τα δεδομένα μπορεί να υπάρχουν «διασκορπισμένα» ανά ομάδες, σε περισσότερες από μία θέσεις παρατήρησης.

Κατάλληλες θέσεις για γεωλογικές παρατηρήσεις είναι **φυσικές ή τεχνητές τομές** στο ανάγλυφο, με άλλα λόγια περιοχές όπου το ανάγλυφο παρουσιάζεται κατακόρυφο ή με πολύ μεγάλες κλίσεις. Απαραίτητη προϋ-

πόθεση είναι η δυνατότητα της ασφαλούς προσέγγισης. Τέτοιες θέσεις μπορεί να είναι:

- Φυσικές **εμφανίσεις πετρωμάτων** ή γεωλογικών σχηματισμών στην ύπαιθρο, με συστήματα διακλάσεων ή άλλων κατακόρυφων ασυνεχειών, που επιτρέπουν την παρατήρησή τους σε τομή,
- Απότομες **μορφολογικές ασυνέχειες**, από τεκτονικά αίτια (ρήγματα), διάβρωση (εναλλαγές σκληρών/μαλακών πετρωμάτων κ.λπ.) ή αναβαθμίδες (θαλάσσιες ή ποτάμιες),
- Φυσικές **τομές κατά μήκος ποταμών** (ρεμάτων ή χειμάρρων),
- Απότομα πρανή σε **παράκτιες ζώνες** (κυρίως σε παραθαλάσσιες αλλά και παραλίμινες περιοχές).
- **Μέτωπα κατολισθήσεων**,
- Τεχνητά **πρανή δρόμων**,
- Τεχνητά **πρανή λατομείων ή μεταλλείων**,
- Τεχνητά **πρανή** λόγω εκτέλεσης **τεχνικών έργων**,
- **Σήραγγες** και **στοές** (οδοποιίας, μεταλλείων κ.λπ.).

Η παρατήρηση στην ύπαιθρο γίνεται **σε όλες τις κλίμακες**. Παρατηρούμε αυτό που υπάρχει κοντά μας και δίπλα μας, αυτό που φαίνεται παραδίπλα μας ή λίγο πιο μακριά, αλλά και αυτό που φαίνεται στην απέναντι πλαγιά ή στα απέναντι βουνά ή ακόμα και πιο μακριά στον ορίζοντα. Προφανώς συγκεντρώνουμε διαφορετικά στοιχεία και δεδομένα από κάθε παρατήρηση. Στην κοντινή παρατήρηση θα αναγνωρίσουμε το είδος του πετρώματος, τα απολιθώματα και τα ορυκτά που περιέχει και τις μικρής κλίμακας δομές της παραμόρφωσης (φυλλώσεις, πτυχές, διακλάσεις, ρήγματα, γραμμώσεις, κινηματικούς δείκτες κ.λπ.). Είναι η μόνη θέση που μπορούμε να είμαστε 100% βέβαιοι για τις παρατηρήσεις μας, αφού μπορούμε να «πιάσουμε», να «σπάσουμε», να «δούμε διαβρωμένη ή φρέσκια τομή», «να εξετάσουμε με τη λούπα», «να δούμε δομές πάνω στις επιφάνειες της στρώσης ή της φύλλωσης», «να μετρήσουμε με την πυξίδα» και γενικά .... «να χάσουμε τη μύτη μας παντού».



**Εικόνα 3.3** Η κοντινή παρατήρηση, σε μια φυσική εμφάνιση (τομή) των πετρωμάτων στην ύπαιθρο θα μας επιτρέψει να τα μελετήσουμε με λεπτομέρεια και να είμαστε βέβαιοι για τις παρατηρήσεις μας. Η μακρινή παρατήρηση μας αποκαλύπτει (με την εμπειρία) πολλά στοιχεία για εμφανίσεις πετρωμάτων, επαφές, γεωμετρία ορίων και μεγάλης κλίμακας δομών. Θα τα σημειώσουμε όμως στο τετράδιο υπαίθρου με πάσα επιφύλαξη, μέχρι να πάμε να τα δούμε και να τα επιβεβαιώσουμε από κοντά, κάνοντας τις απαραίτητες διορθώσεις, τροποποιήσεις και αναθεωρήσεις.

Όσο πιο μακριά κοιτάμε, τόσο θα αναγνωρίζουμε δομές μεγαλύτερης κλίμακας (μεγάλης κλίμακας ρήγματα, μακροπτυχές κ.λπ.) και θα χάνουμε τη λεπτομέρεια στις λιθολογικές φάσεις που δομούν ένα σχηματισμό ή μια ενότητα πετρωμάτων. Το ποσοστό αβεβαιότητας (γι' αυτό που βλέπουμε) αυξάνεται όσο η παρατήρηση υπαίθρου αφορά όλο και πιο μακρινές περιοχές. Η εμπειρία που αποκτάμε με τα χρόνια και όσο γνωρίζουμε την περιοχή που εργαζόμαστε, μας «δίνει πόντους» στη διάγνωση. Δηλαδή μαθαίνουμε να αναγνωρίζουμε την όψη που έχουν τα πετρώματα και οι τεκτονικές δομές και τη σχέση που αναπτύσσουν με το ανάγλυφο, από μακριά. Σε κάθε περίπτωση, όμως, τις μακρινές παρατηρήσεις, οφείλουμε να τις επιβεβαιώνουμε πάντα από κοντά, με επιτόπου επίσκεψη. Αρα, λοιπόν, θα κρατήσουμε σημειώσεις για τις μακρινές παρατηρήσεις, τις οποίες θα διορθώσουμε και θα συμπληρώσουμε όταν επισκεφθούμε την περιοχή από κοντά.

Συχνά, επίσης, σημειώνουμε στο τετράδιο **ιδέες, υποθέσεις και ερμηνείες** για τη γεωλογία της περιοχής, που, νεότερα δεδομένα, από παρατηρήσεις σε άλλες θέσεις, τις ανατρέπουν. Θα λύσει πολλά προβλήματα αν δεν «κολλάμε» και δεν επιμένουμε σε μια «θεωρία» που πρώτοι αναπτύξαμε, αλλά, αντίθετα, είμαστε ευέλι-

κτοι και έτοιμοι για αλλαγές, τόσο στα γεωλογικά «πιστεύω» μας, όσο και στις σημειώσεις στο τετράδιο. Είναι σημαντικό, σε όλο το εύρος των σημειώσεών μας, να υπάρχει σαφής διάκριση ανάμεσα σε μια «αδιαμφισβήτητη παρατήρηση» και μια «πιθανή ερμηνεία, υπόθεση, μοντέλο ή θεωρία».

### 3.2 Οργανώνοντας σωστά το τετράδιο σημειώσεων

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά, που οφείλει να έχει το τετράδιο για να κρατάμε σημειώσεις στην ύπαιθρο (βολικό μέγεθος, σκληρό εξώφυλλο με έντονο χρώμα, καλό δέσιμο για αντοχή κ.λπ.), αναφέρθηκαν με λεπτομέρεια στα προηγούμενα. Για τις σημειώσεις θα χρησιμοποιήσουμε όλη τη γραφική ύλη που περιγράψαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο και όσο πιο καλά οργανωμένοι είμαστε τόσο θα κάνουμε τη ζωή μας πιο εύκολη και τις σημειώσεις μας πιο ευανάγνωστες, οργανωμένες και εύκολα προσβάσιμες. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι συχνά θα χρειαστεί να ανατρέξουμε σε αυτές, τόσο κατά τη διάρκεια της εργασίας στην ύπαιθρο, όσο και μεταγενέστερα, κατά την επεξεργασία των στοιχείων και δεδομένων στο εργαστήριο.

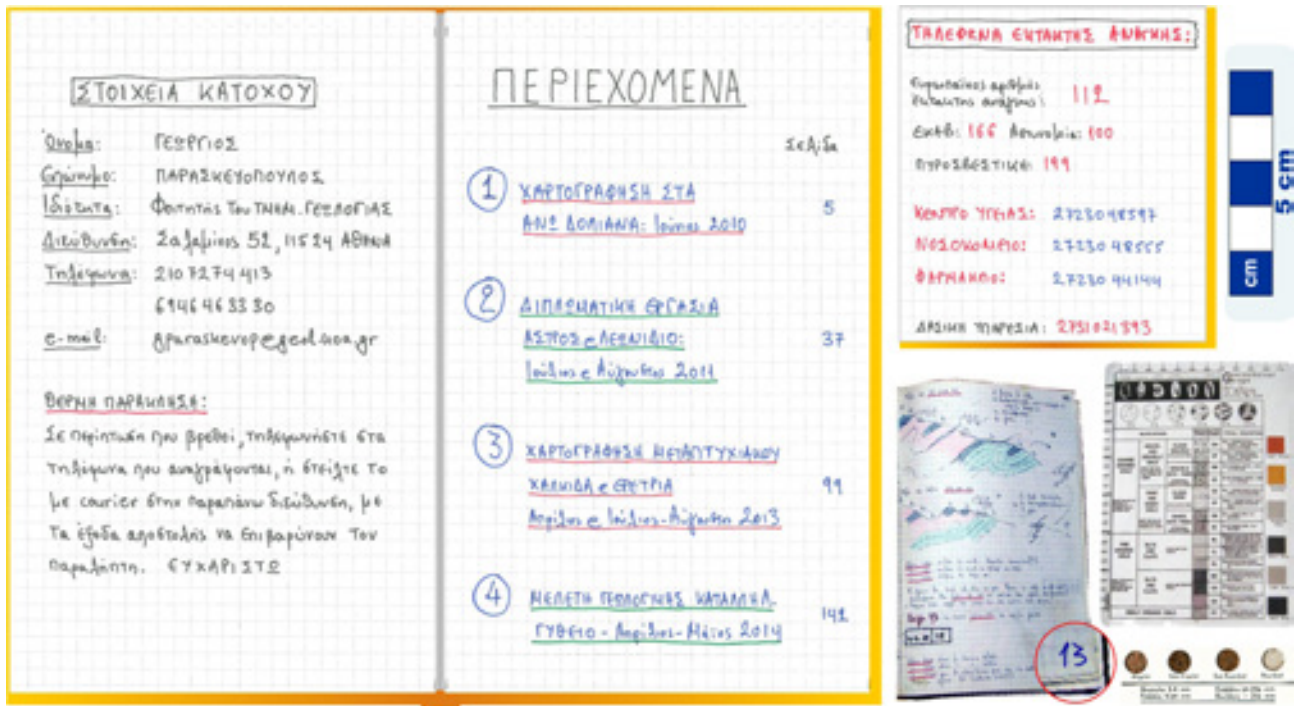
Για να κρατάμε σημειώσεις χρησιμοποιούμε, κατά κύριο λόγο, ένα καλοξυσμένο μολύβι, ώστε να έχουμε τη δυνατότητα να σβήνουμε εύκολα και να κάνουμε αλλαγές. Προφανώς χρησιμοποιούμε και τις ξυλομπογιές, ιδίως για να δώσουμε χρώμα στα σκίτσα, τις τομές και τα διαγράμματα. Με στυλό ή χρωματιστά μαρκαδοράκια, μπορούμε να σημειώνουμε «σταθερά» στοιχεία, όπως π.χ. την αρίθμηση των θέσεων, των δειγμάτων κ.λπ., ή να υπογραμμίζουμε για να δώσουμε έμφαση ή να ξεχωρίσουμε κάτι.

Καλό είναι στην πρώτη σελίδα να γράψουμε αναλυτικά τα «**στοιχεία κατόχου**», που θα περιλαμβάνουν όνομα, τηλέφωνα, e-mail και στοιχεία διεύθυνσης, ώστε, αν τύχει και το χάσουμε (ή ξεχάσουμε) κάπου, να μπορέσει να επικοινωνήσει μαζί μας όποιος το βρει και να μας το ταχυδρομήσει. Αφήνουμε μερικές λευκές σελίδες ακόμα (3-4 είναι αρκετές), όπου στη συνέχεια μπορούμε να φτιάξουμε έναν «**Πίνακα Περιεχομένων**», ώστε να γνωρίζουμε τι περιλαμβάνει το συγκεκριμένο τετράδιο. Ο πίνακας αυτός (και, άρα, το περιεχόμενο του τετραδίου) μπορεί να αφορά είτε σε διαφορετικά projects (διαφορετικές δουλειές δηλαδή) είτε σε ξεχωριστά μέρη του ίδιου project (π.χ. όπως αυτό εξελίχθηκε με τον χρόνο). Ακολουθεί η **αρίθμηση των σελίδων** (με μαρκαδοράκι), στο κάτω δεξιό μέρος της σελίδας, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας και πρόσβασης σε αναφορές και παραπομπές, τόσο κατά τη διάρκεια που κρατάμε σημειώσεις, όσο και μετά. Στο τέλος του τετραδίου μπορούμε να κολλήσουμε **διαγράμματα** και **πίνακες αναφοράς**, όπως πίνακες ταξινόμησης των πετρωμάτων, πίνακες κοκκομετρικής ταξινόμησης, πίνακα των βαθμίδων του γεωλογικού χρόνου, πίνακες με τεκτονικά σύμβολα κ.λπ. Προφανώς και ο πίνακας με τον απαραίτητο γεωλογικό εξοπλισμό, που δόθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, διευκολύνει για ένα τελικό τσεκάρισμα, πριν ξεκινήσουμε για τη διαδρομή της ημέρας.

Στην αρχή ή το τέλος του τετραδίου είναι σκόπιμο να αφιερώσουμε και μια σελίδα στα **τηλέφωνα έκτακτης ανάγκης**, δεδομένου ότι όσο γνωστά και εύκολα αν τα θεωρούμε, σε περίπτωση πανικού, η μνήμη μας δεν πρόκειται να μας βοηθήσει. Στην ίδια σελίδα σημειώνουμε τηλέφωνα από το τοπικό Νοσοκομείο ή Ιατρικό Κέντρο, τηλέφωνα από το πλησιέστερο Φαρμακείο, τηλέφωνα του καταλύματος που διαμένουμε και άλλα χρήσιμα τηλέφωνα φορέων και υπηρεσιών της περιοχής, για όποιο άλλο κίνδυνο ή πρόβλημα για τη φύση και το περιβάλλον αντιληφθούμε. Αν πρόκειται να επισκεφθούμε για εργασία χώρους λατομείων, μεταλλείων, τεχνικών έργων κ.λπ. φροντίζουμε να έχουμε σημειωμένα και τα τηλέφωνα των υπευθύνων. Μπορεί η τεχνολογία να έχει φροντίσει ώστε να έχουμε αποθηκευμένα στη μνήμη του κινητού μας όσα τηλέφωνα χρειαζόμαστε, όμως και ο κλασικός τρόπος καταγραφής των τηλεφώνων δεν βλάπτει, δεδομένου ότι «άνθρωποι είμαστε» και κάτι μπορεί να ξεχάσαμε να περάσουμε, κάτι μπορεί να σβήστηκε κατά λάθος, κάτι ....

Ένα από τα βασικά ζητούμενα στο τετράδιο υπαίθρου, είναι να μπορούμε να **εντοπίσουμε με ευκολία** κάτι όταν το χρειαζόμαστε, π.χ. έναν σχολιασμό, μια παρατήρηση, πληροφορίες για ένα δείγμα, ορισμένες μετρήσεις κ.λπ., που είχαμε κάνει είτε μερικές μέρες είτε μερικά ....χρόνια, πριν. Η εμπειρία έχει δείξει ότι συνήθως ζητάμε:

- πληροφορίες από μια **θέση** (ή **σημείο**) παρατήρησης (π.χ. το «**Σημείο 123**», που το έχουμε εντοπίσει από τον χάρτη υπαίθρου),
- πληροφορίες για ένα δείγμα που έχουμε πάρει από κάποια συγκεκριμένη θέση (π.χ. το «**Δείγμα MAP. 148**») και
- πληροφορίες για συγκεκριμένες φωτογραφίες (π.χ. «**Φωτό P1000975, P1000976 & P1000977, ανάλογα με τον τρόπο αρίθμησης της φωτογραφικής μηχανής**»), που χρειαζόμαστε κάποια στιγμή.



**Εικόνα 3.4** Στις πρώτες σελίδες του τετραδίου σημειώσεων υπαίθρου καλό είναι να υπάρχει μια σελίδα αφιερωμένη στα στοιχεία κατόχου (για ευνόητους λόγους σε περίπτωση απώλειας) και μερικές λευκές σελίδες για να συμπληρώνουμε με τον καιρό τα περιεχόμενα. Μια σελίδα με τηλέφωνα έκτακτης ανάγκης, η αρίθμηση των σελίδων και μερικά διαγράμματα και πίνακες αναφοράς, που θα κολλήσουμε στις τελευταίες σελίδες, θεωρούνται απαραίτητα.

Το τετράδιο υπαίθρου, λοιπόν, είναι γεμάτο με τις λέξεις «**Σημείο** ....», «**Δείγμα** ....» και «**Φωτό** ....», που είναι διεσπαρμένες σε διάφορες θέσεις στις σελίδες του. Για να τις εντοπίζουμε εύκολα καλό είναι να διακρίνονται και να ξεχωρίζουν από το υπόλοιπο κείμενο. Ένας τρόπος είναι οι λέξεις αυτές να γράφονται με έντονο χρώμα (π.χ. με μαρκαδοράκι), ώστε να έχουν ισχυρή αντίθεση με το μολύβι, που χρησιμοποιούμε συνήθως για να γράφουμε ή να σχεδιάζουμε. Μπορούμε να υπογραμμίζουμε ταυτόχρονα, για περισσότερη έμφαση. Χρησιμοποιούμε διαφορετικό χρώμα για κάθε περίπτωση, π.χ.:

- το «**Σημείο** ....» με κόκκινο χρώμα,
- το «**Δείγμα** ....» με πράσινο χρώμα και
- η «**Φωτό** ....» με μπλε χρώμα.

Αν ο χρόνος στην ύπαιθρο μας πιέζει (όπως συμβαίνει συνήθως) και είναι χρονοβόρο να εναλλάσσουμε διαρκώς μολύβια και μαρκαδοράκια, μπορούμε να χρησιμοποιούμε μόνο το μολύβι και το βράδυ, με το «σουλούπωμα» των σημειώσεων στο δωμάτιο που διαμένουμε, περνάμε πάνω από το μολύβι το αντίστοιχο χρώμα. Το ίδιο αποτέλεσμα θα προκύψει αν χρησιμοποιήσουμε text markers, «μαρκάροντας» με διαφορετικό χρώμα τις λέξεις αυτές. Με τον τρόπο αυτό γίνεται εύκολο και λειτουργικό, να εντοπίσουμε όποια πληροφορία χρειαζόμαστε. Άλλωστε μην ξεχνάμε ότι, όπως θα δούμε στη συνέχεια, υπάρχει άμεση συσχέτιση ανάμεσα στον χάρτη υπαίθρου και το τετράδιο σημειώσεων, αφού τα σημεία παρατήρησης σημειώνονται και στον χάρτη. Όταν χρειαζόμαστε πληροφορίες από μια περιοχή, που έχουμε ήδη δουλέψει και χαρτογραφήσει, βλέπουμε ποια σημεία έχουμε σημειώσει στον χάρτη στην περιοχή αυτή και ανατρέχουμε στο τετράδιο σημειώσεων για πληροφορίες και δεδομένα.

Όπως θα περιγράψουμε αναλυτικά στη συνέχεια, το τετράδιο σημειώσεων εκτός από κείμενο περιλαμβάνει και σχήματα (γραφικές απεικονίσεις), όπως τομές, στήλες, σκίτσα κ.λπ., τα οποία βρίσκονται σε άμεση συσχέτιση με συγκεκριμένα σημεία (θέσεις) παρατήρησης, με φωτογραφίες, με δείγματα που έχουν παρθεί, με μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί κ.λπ. Τα σχήματα εντοπίζονται πολύ πιο γρήγορα ξεφυλλίζοντας το τετράδιο και μας θυμίζουν πολύ πιο εύκολα τη θέση στην οποία αναφέρονται, καθώς και τις παρατηρήσεις που έχουν γίνει εκεί. Για το λόγο αυτό τα χρησιμοποιούμε, πολύ συχνά, για να εντοπίσουμε πληροφορίες (περιγραφές, μετρήσεις, δείγματα, φωτογραφίες κ.λπ.).



**Εικόνα 3.5** Μαρκάροντας και υπογραμμίζοντας την αρίθμηση των θέσεων παρατήρησης, την αρίθμηση των δειγμάτων και την αρίθμηση των φωτογραφιών, διευκολυνόμαστε πολύ στην αναζήτηση στοιχείων από το τετράδιο. Η πυκνότητα του κειμένου και των σχημάτων και η διαχείριση του χώρου του τετραδίου, είναι πολύ σημαντική διαδικασία και απαιτεί μέτρο, ώστε το τετράδιο να είναι ευανάγνωστο και λειτουργικό. Δεν αμελούμε ποτέ να φωτοτυπήσουμε ή να «σκανάρουμε» τις πραγματικά «πολύτιμες» σημειώσεις μας για λόγους ασφαλείας.

Όλα όσα αναφέρθηκαν για την οργάνωση του τετραδίου σημειώσεων υπαίθρου, αποτελούν **γενικούς κανόνες**, που η εμπειρία έχει δείξει ότι διευκολύνουν. Ο καθένας από εμάς έχει το **δικό του «στυλ»** που γράφει και κρατάει σημειώσεις. Άλλος γράφει και σχεδιάζει πυκνά και άλλος πολύ αραιά. Για την ίδια πληροφορία, αν ο πρώτος χρειαστεί 3 σελίδες, ο δεύτερος θα χρειαστεί σχεδόν 10. Στο τέλος της χαρτογράφησης ο ένας θα έχει 50 σελ. σημειώσεις και ο άλλος 150 σελ. Προφανώς ο πρώτος θα εντοπίζει κάτι πολύ πιο εύκολα, με λιγότερο ξεφύλλισμα, αλλά ο δεύτερος θα έχει χώρο να σημειώσει και να συμπληρώσει κάτι που θυμήθηκε ή ξέχασε. Άλλος χρησιμοποιεί με φειδώ υπογραμμίσεις, επισημάνσεις, χρώματα, πλαίσια κ.λπ. για να δώσει έμφαση ή να τονίσει ό,τι χρειάζεται και άλλος καταφέρνει κάθε σελίδα, σε όλες του τις σημειώσεις, να ένα «πολύχρωμο πανηγύρι». Ο πρώτος εύκολα θα εντοπίσει κάτι, ο δεύτερος πολύ δυσκολότερα. Πάντα χρειάζεται ένα **μέτρο**, που με σωστή εκπαίδευση και εμπειρία θα προσαρμόσετε όλοι στον δικό σας τρόπο γραφής.

Ολοκληρώνουμε το υποκεφάλαιο αυτό, επισημαίνοντας ότι πάντα πρέπει να υπάρχει και ένα **δεύτερο αντίγραφο**, για παν ενδεχόμενο (απώλειας, καταστροφής, κλοπής κ.λπ.). Το τετράδιο σημειώσεων έχει γεμίσει με πολύ «κόπο και ιδρώτα» και τις περισσότερες φορές και αρκετά έξοδα. Θα είναι φοβερά επίπονο και ψυχοφθόρο αν αναγκαστούμε να συλλέξουμε ξανά την πληροφορία αυτή. Αν δεν υπάρχει η δυνατότητα σάρωσης ή φωτοτυπίας στον τόπο διαμονής μας, μια συνήθης πρακτική είναι η καθημερινή φωτογράφιση των σελίδων του τετραδίου. Προσέχουμε μόνο να έχουμε εστιασμένες, καθαρές και όχι θολές εικόνες, ώστε οι φωτογραφίες, αν χρειαστεί, να είναι ευανάγνωστες. Εννοείται ότι και τις φωτογραφίες αυτές τις αποθηκεύουμε σε δύο ή περισσότερα, διαφορετικά μέσα (camera, laptop, φορητός σκληρός), γιατί ... υπάρχει και ο νόμος του Murphy.

### 3.3 Τι σημειώνουμε στο τετράδιο υπαίθρου

Οι παρατηρήσεις υπαίθρου πρέπει να περάσουν, όσο πιο αναλυτικά και επεξηγηματικά γίνεται, στο **τετράδιο σημειώσεων**. Πιο σωστά θα λέγαμε οι «παρατηρήσεις, μετρήσεις, συλλογή δειγμάτων και λήψη φωτογραφιών που πραγματοποιούμε στην ύπαιθρο» πρέπει να καταγραφούν (αναλυτικά και επεξηγηματικά) στο τετράδιο και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούμε διαφορετικούς **τύπους καταγραφής δεδομένων (data formats)**, που εξυπηρετούν καλύτερα την κάθε περίπτωση. Άλλες είναι οι ανάγκες όταν περιγράψουμε ένα πέτρωμα ή

γεωλογικό σχηματισμό, άλλες όταν περιγράφουμε την τεκτονική δομή, άλλες όταν κάνουμε δειγματοληψία κ.λπ.

Οι βασικές τεχνικές μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες. **Κείμενο** και **αριθμοί**, από τη μια και **σχήματα** και **γραφικές απεικονίσεις**, από την άλλη. Τα σχήματα και οι γραφικές απεικονίσεις έχουν τον πρώτο λόγο και είναι αναντικατάστατα για τους γεωλόγους, όχι μόνο κατά τη φάση εργασίας στην ύπαιθρο, αλλά σε όλες τις φάσεις ανάλυσης, επεξεργασίας και παρουσίασης των δεδομένων. Συνοπτικά, τα πιο συνηθισμένα data formats, που θα περιγράψουμε με παραδείγματα στη συνέχεια, είναι τα ακόλουθα:

- **Κείμενο.** Είναι αναγκαίο και «αναντικατάστατο» στις περισσότερες περιπτώσεις και λειτουργεί συνδυαστικά με τους άλλους τύπους καταγραφής. Περιγραφές πετρωμάτων, ακολουθιών, τεκτονικών δομών, απολιθωμάτων, ορυκτών, επαφών κ.λπ., αλλά και ιδέες, σκέψεις, ερμηνείες κ.λπ. περιλαμβάνονται πάντα σε ένα τετράδιο σημειώσεων.
- **Μετρήσεις και πίνακες μετρήσεων.** Αναφερόμαστε στις τεκτονικές μετρήσεις γεωλογικών επιφανειών και γραμμικών στοιχείων που πραγματοποιούμε με τη γεωλογική πυξίδα. Μέσα στο τετράδιο σημειώσεων θα υπάρχουν τόσο διάσπαρτες, αντιπροσωπευτικές μετρήσεις, π.χ. με τα στοιχεία μιας φύλλωσης, ενός άξονα ή μιας γράμμωσης, όσο και πίνακες, με τα στοιχεία πλήθους μετρήσεων, που έχουμε πραγματοποιήσει για κάποιο σκοπό, όπως για τον προσδιορισμό ενός άξονα βss μιας μεγάλης πτυχής ή για τον προσδιορισμό των συστημάτων διακλάσεων σε μια περιοχή κ.λπ.
- **Σχηματικές λιθοστρωματογραφικές στήλες.** Πολύ διαδεδομένος τύπος γραφικής αναπαράστασης μιας ακολουθίας στρωμάτων, γεωλογικών σχηματισμών, πετρολογικών τύπων ή και διαφορετικών ενοτήτων, που συναντάμε κατά την εργασία στην ύπαιθρο. Μας δίνει συνοπτικά πληροφορίες για τους πετρολογικούς τύπους, τις φάσεις, τα απολιθώματα, τις πιθανές ηλικίες, το είδος των επαφών και τα άχη των στρωμάτων, των ακολουθιών ή των ενοτήτων. Αντιπροσωπεύει διάφορες κλίμακες παρατήρησης, αφού μπορεί να εστιάζει είτε στις διαφοροποιήσεις που υπάρχουν σε έναν γεωλογικό σχηματισμό είτε να περιλαμβάνει το σύνολο των γεωτεκτονικών ενοτήτων της περιοχής που χαρτογραφούμε.
- **Σχηματικές γεωλογικές τομές.** Άλλος ένας, πολύ διαδεδομένος, τύπος γεωλογικού σκίτσου που «γεμίζει» το τετράδιο σημειώσεων. Αφορά διάφορες κλίμακες παρατήρησης, από μικρές εμφανίσεις πετρωμάτων σε απότομες πλαγιές ή τομές ρεμάτων και δρόμων, μέχρι συνθετικές τομές κατά μήκος συγκεκριμένων διευθύνσεων. Τις χρησιμοποιούμε για να δείξουμε τη στρωματογραφική διάρθρωση στις ακολουθίες των πετρωμάτων, τις γεωμετρικές σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στα στρώματα (ασυμφωνίες, σταυρωτή στρώση κ.λπ.), την παραμόρφωση που έχουν υποστεί (π.χ. ανοικτές ή ισοκλινείς πτυχές), αλλά και το είδος και τη γεωμετρία των επαφών ανάμεσα στις ενότητες της περιοχής (π.χ. μετάβαση ή τεκτονική επαφή, ρήγμα ή επώθηση κ.λπ.).
- **Πανοράματα.** Γεωλογικά σκίτσα, που χρησιμοποιούνται συνεπικουρικά στις γεωλογικές τομές. Συνήθως αφορούν τη μεγάλη κλίμακα παρατήρησης και αντιπροσωπεύουν την εικόνα, δηλαδή ένα φωτογραφικό κάδρο, που βλέπει κανείς από μια θέση, με καλή άποψη της γεωλογικής δομής της περιοχής που βρίσκεται στο οπτικό πεδίο απέναντί του (και σχετικά μακριά συνήθως). Σχηματισμοί, επαφές, γεωμετρίες αναπαρίστανται όπως θα τις έβλεπε κανείς στην πραγματικότητα από εκείνη τη θέση. Συνήθως συνδυάζονται με την αντίστοιχη φωτογραφία, που διευκολύνει αν η φωτογραφική μηχανή έχει λειτουργία πανοράματος.
- **Σχηματικοί χάρτες.** Πρόχειρα σκίτσα με τη μορφή κάτοψης (χάρτη), που επεξηγούν π.χ. τη γεωμετρία των επαφών ανάμεσα σε διαφορετικούς σχηματισμούς ή τη γεωμετρία κάποιων τεκτονικών μακροδομών με ρήγματα ή πτυχές κ.λπ.
- **Σκίτσα γεωλογικών δομών.** Τη «γεωλογική πληροφορία», που ο χαρτογράφος συναντά παρατηρώντας και μελετώντας τα πετρώματα και τους σχηματισμούς σε επίπεδο δομής, τη μετατρέπει σε επεξηγηματικό σκίτσο, σημειώνοντας σε αυτό και άλλα ερμηνευτικά σύμβολα που προκύπτουν από τη μελέτη και ανάλυσή της. Διαφορετικές φάσεις πτυχώσεων, επικαλυπτόμενες φυλλώσεις, γραμμώσεις, κινηματικοί δείκτες σε ρήγματα και ζώνες διάτμησης, δυναμική ανάλυση συστημάτων ρημάτων και διακλάσεων, απολιθώματα, ιζηματοδομές και άλλες στρωματογραφικές λεπτομέρειες, αποτελούν τα βασικότερα «γεωλογικά αντικείμενα», που θα συναντήσει κανείς σκιτσαρισμένα σε ένα τετράδιο υπαίθρου.
- **Στερεοδιαγράμματα & γραφήματα.** Όταν κάνουμε μετρήσεις και αναλύουμε τεκτονικές δομές στην ύπαιθρο διευκολύνει η πρόχειρη κατασκευή ενός στερεοδιαγράμματος (δίκτυο Schmidt) για να προβάλουμε ορισμένα από τα στοιχεία που μετρήθηκαν. Με λίγη εκπαίδευση οι προβολές μπορούν

να γίνουν με το χέρι, απευθείας στο τετράδιο των σημειώσεων. Για τους πιο «δύσκολους» υπάρχει η δυνατότητα μιας μικρής (10x10cm) ξύλινης κατασκευής δικτύου Schmidt, για να κάνουν εκεί τις προβολές τους. Διαγράμματα Flinn, διαγράμματα ισογώνιων καμπυλών (Ramsay) κ.λπ. επιστρατεύονται, σπανιότερα, για να συμπληρώσουν τις σημειώσεις μας.

- **Δείγματα και τομές δειγματοληψίας.** Όταν προβαίνουμε σε συστηματική δειγματοληψία κατά μήκος μιας τομής στρωμάτων, κάνουμε ένα σκίτσο με την τομή, τα στρώματα και τις ακριβείς θέσεις των δειγμάτων πάνω στην τομή. Ακόμα και μεμονωμένα δείγματα να έχουμε πάρει (σημειακή δειγματοληψία), φροντίζουμε να υπάρχει ένα σκίτσο της τομής που έχουμε πάρει το δείγμα, με τη θέση του δείγματος σημειωμένη σε αυτό. Ενίοτε υπάρχει και η ανάγκη να σκιστάρουμε στο τετράδιο το δείγμα που συλλέξαμε για το εργαστήριο, για να αναδείξουμε κάποια ιδιαίτερα στοιχεία που υπάρχουν σε αυτό και θα μας διευκολύνουν στη μελέτη και ανάλυσή του.

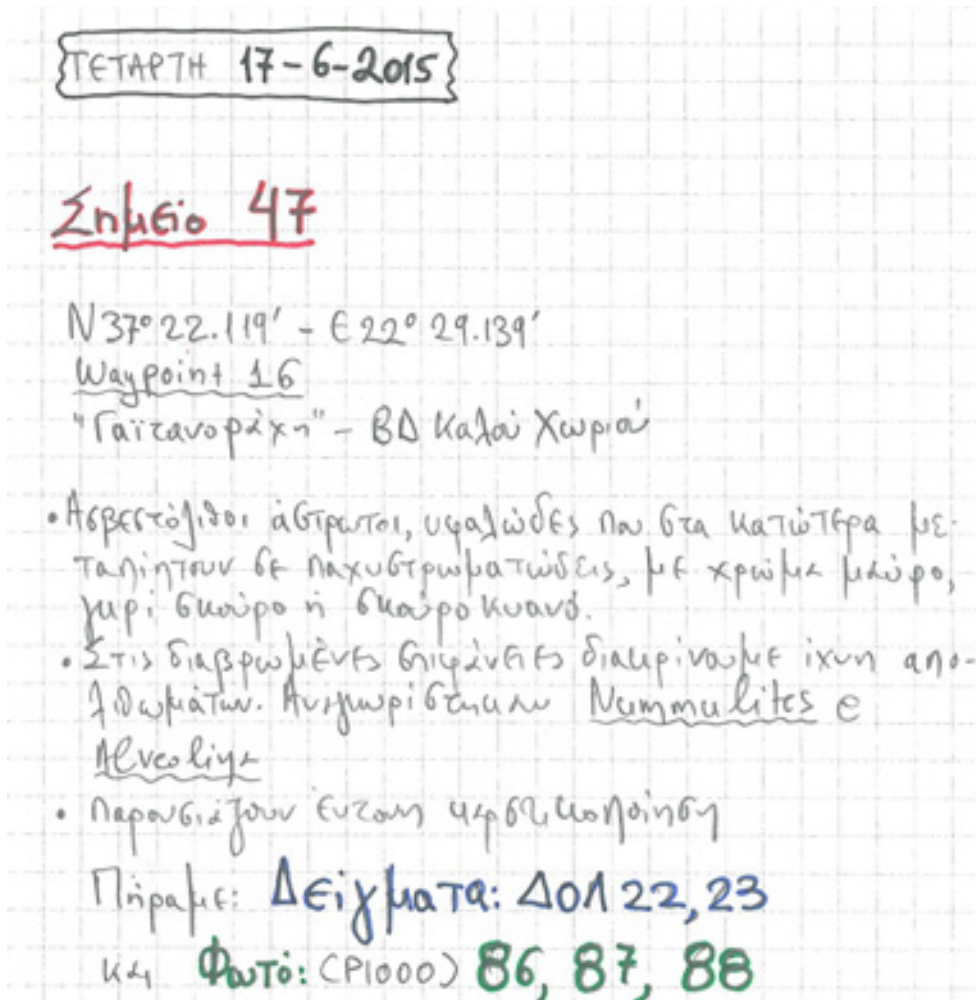
Ορισμένα ακόμα **tips and tricks**, που πρέπει να έχουμε υπόψη μας όταν κρατάμε σημειώσεις κατά την εργασία μας στην ύπαιθρο είναι τα ακόλουθα:

- Το κείμενο που γράφουμε κάθε φορά προσπαθούμε να είναι **λιτό** αλλά **περιεκτικό**. Μπορεί να είναι κωδικοποιημένο με συντομίες και συντομεύσεις (π.χ. mg αντί για μάρμαρα, sch αντί για σχιστόλιθοι, φωτό αντί φωτογραφία κ.ά. πολλά), αρκεί να ... «ξέρουμε τι λέμε». Δεν παραλείπουμε και δεν ξεχνάμε τίποτα χρήσιμο και απαραίτητο, αλλά δεν πλατειάζουμε.
- Φροντίζουμε ότι είδους σκίτσο και αν κάνουμε (τομή, στήλη, πανόραμα, χάρτη, σκίτσο), να απεικονίζει με σχετική ακρίβεια την **πραγματικότητα**. Η τοπογραφία, τα πάχη, οι αποστάσεις, οι γεωμετρικές και οι γωνίες, δεν πρέπει να ξεφεύγουν από αυτό που θα δει κάποιος άλλος που θα επισκεφθεί την περιοχή. Πρέπει πάντα να έχουμε υπόψη μας ότι πολλά από τα «πρόχειρα» αυτά σκίτσα, θα μετατραπούν σε κανονικά σχήματα, που θα συνοδεύουν την έκθεση ή την ανακοίνωση με τα αποτελέσματα της έρευνάς μας.
- Σε όλα τα σχήματα, σκίτσα και γραφικές απεικονίσεις, απαιτείται **προσανατολισμός και κλίμακα** (σχετική ή απόλυτη).
- Σε κάθε σκίτσο είναι καλό να **συνδυάζουμε** όσο **περισσότερη πληροφορία** μπορούμε. Για παράδειγμα σε μια τομή μπορεί να φαίνεται η γεωμετρία των στρωμάτων, οι θέσεις και οι μετρήσεις που έχουν γίνει με την πυξίδα, οι θέσεις και οι αριθμοί των δειγμάτων που έχουμε συλλέξει για το εργαστήριο και η θέση και η αρίθμηση των φωτογραφιών, στα τμήματα της τομής που έχουμε φωτογραφίσει.
- Αν υπάρχουν **γεωλογικές λεπτομέρειες** σε κάποιο σημείο του σκίτσου, που λόγω της κλίμακας κατασκευής του δεν χωρούν σε αυτό, συνδέουμε το σημείο αυτό με ένα κενό πλαίσιο, όπου σκιστάρουμε σε μεγέθυνση τις λεπτομέρειες αυτές (**zoom box**).

Στο σημείο αυτό μπαίνει το θέμα **φωτογραφία VS σκίτσο**. Θα μπορούσε να αναρωτηθεί κανείς, γιατί υπάρχει η ανάγκη των «σκίτσων» στη γεωλογία, αφού μερικές καλές φωτογραφίες, από το σύνολο αλλά και τις λεπτομέρειες των γεωλογικών δομών και στοιχείων, που βλέπουμε σε μια φυσική τομή ή εμφάνιση στην ύπαιθρο, θα μπορούσε να μας καλύψει κάλλιστα. Η αλήθεια είναι ότι ο φακός της φωτογραφικής μηχανής δεν βλέπει όσα βλέπει το «μάτι του γεωλόγου». Αναδεικνύει, λοιπόν, με το σκίτσο, όλη εκείνη την πληροφορία που δεν φαίνεται ή φαίνεται δύσκολα, σε μια φωτογραφία. Ο συνδυασμός και των δύο (φωτογραφία και επεξηγηματικό σκίτσο), σε τελική ανάλυση, είναι αυτός που καλύπτει στο maximum, τις απαιτήσεις και τις ανάγκες της γεωλογίας.

Ακολουθούν στη συνέχεια, συγκεκριμένα παραδείγματα από όλα τα data formats που χρησιμοποιούμε στο τετράδιο σημειώσεων υπαίθρου, για να γίνουν κατανοητές οι τεχνικές που εφαρμόζουμε σε κάθε περίπτωση, ώστε η πληροφορία να είναι ευανάγνωστη και εύκολα κατανοητή. Για κάθε ημέρα που ξεκινάμε την εργασία στην ύπαιθρο (ενός συγκεκριμένου project) σημειώνουμε πάντα την ημερομηνία (π.χ. **Τρίτη 14/7/2015**) και ακολουθεί η αρίθμηση του σημείου παρατήρησης (π.χ. **Σημείο 133**). Ακολουθούμε για όλο το project μια ενιαία αρίθμηση σημείων, αρχίζοντας από το 1 και μέχρι όπου φθάσουμε. Ακολουθώς παίρνουμε τις συντεταγμένες με το GPS και τις σημειώνουμε στο τετράδιο (π.χ. **N37022.119' E022029.139'**), μαζί με την αρίθμηση του waypoint στο GPS (π.χ. **Waypoint 16**). Αν έχουμε μηδενίσει το «κοντέρ» του GPS, τότε η αρίθμηση των σημείων παρατήρησης θα ταυτίζεται με την αρίθμηση των waypoints στο GPS. Επειδή, όμως, τα GPS χρησιμοποιούνται από πολλά άτομα, αποφεύγουμε να σβήνουμε στοιχεία και άρα η αρίθμηση των waypoints ακολουθεί τη δική της σειρά. Όταν κατεβάσουμε τα στοιχεία από το GPS (δηλ. τις συντεταγμένες), θα

κρατήσουμε μόνο τα waypoints που αφορούν το δικό μας project. Εννοείται ότι οι συντεταγμένες που έχουμε σημειώσει στο τετράδιο (διαβάζοντας την ένδειξη του GPS επιτόπου στην ύπαιθρο) και οι συντεταγμένες που θα πάρουμε κατεβάζοντας τα waypoints στον υπολογιστή, πρέπει να ταυτίζονται. Αν στο ίδιο σημείο έχουμε πάρει φωτογραφίες και η camera διαθέτει και αυτή GPS, υπάρχει η δυνατότητα συσχετισμού των φωτογραφιών με συγκεκριμένα σημεία παρατήρησης. Ακολουθούν ορισμένα στοιχεία για τον εύκολο εντοπισμό της περιοχής του σημείου παρατήρησης, όπως το τοπικό όνομα (τοπωνύμιο) της περιοχής του σημείου παρατήρησης, όπως αναγράφεται στον τοπογραφικό χάρτη που χρησιμοποιούμε (π.χ. «**Γαϊτανοράχη**»), αλλά και η θέση του σημείου σε σχέση με το πλησιέστερο χωριό ή οικισμό (π.χ. «**ΒΔ του Καλού Χωριού**»).



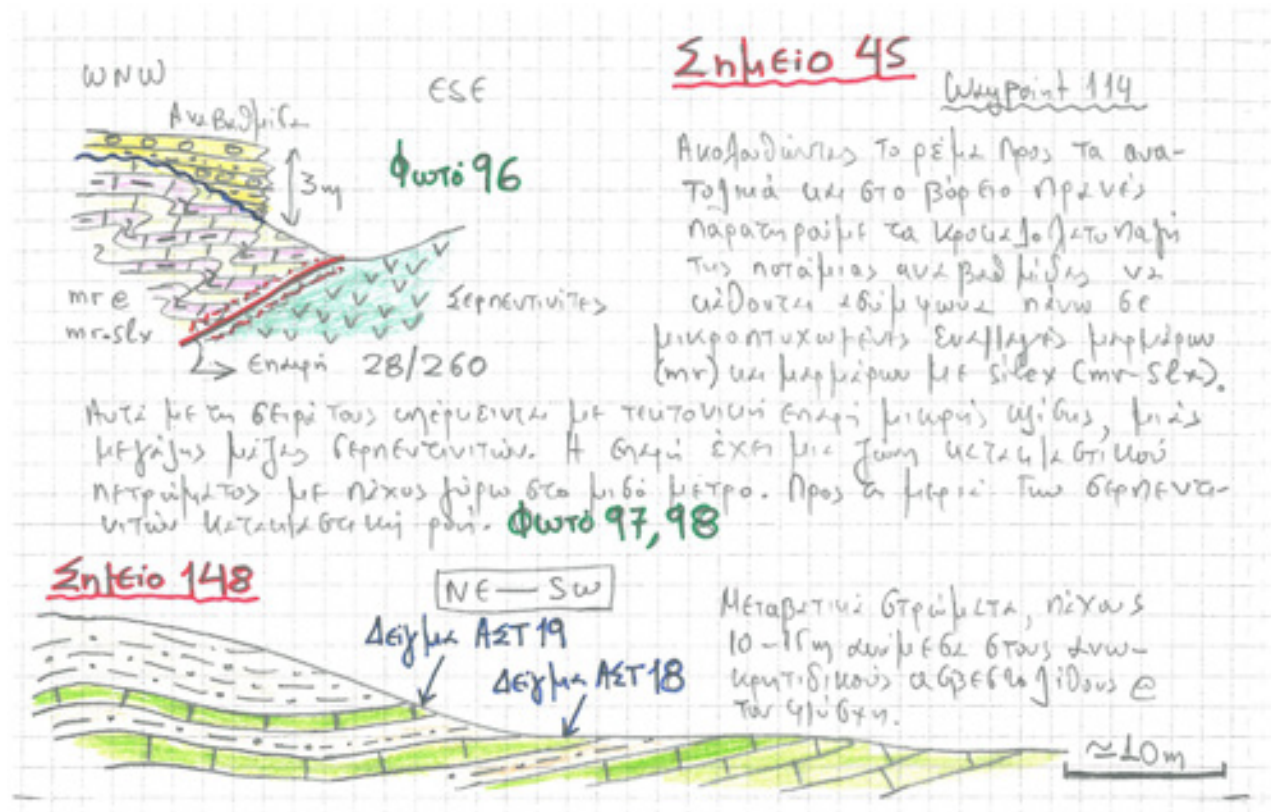
**Εικόνα 3.6** Οι τυπικές σημειώσεις που κρατάμε κατά το ξεκίνημα μιας ημέρας εργασίας στην ύπαιθρο. Κάθε θέση παρατήρησης συνοδεύεται από στοιχεία για τον εύκολο εντοπισμό της (συντεταγμένες, τοπωνύμια κ.λπ.). Από τους πιο συνηθισμένους τύπους σημειώσεων είναι ένα, περισσότερο ή λιγότερο λεπτομερές κείμενο, με την περιγραφή της λιθολογίας στη συγκεκριμένη θέση.

Η πιο «δεδομένη» περιγραφή, που θα ξεκινήσουν όλοι οι φοιτητές από την πρώτη θέση παρατήρησης, είναι η **περιγραφή του πετρώματος, της λιθολογίας**, που «αντικρίζουν» με τα μάτια τους και «πατάνε» με τα πόδια τους. Αρχικά οι περιγραφές είναι πιο λεπτομερείς και οι ερμηνείες και εντάξεις σε ενότητες πιο συγκρατημένες, π.χ. «...διακρίνονται υφαλώδεις, άστρωτοι ασβεστόλιθοι, με σκούρο μπλε ή γκρι χρώμα και έντονη καρστικοποίηση. Στις διαβρωμένες επιφάνειες διακρίνονται απολιθώματα, όπως *Nummulites* και *Alveolina*. *Ηώκαινο Τρίπολης*;». Όσο το «κοντέρ» στις ημέρες στην ύπαιθρο και στην εμπειρία ανεβαίνει, τόσο η αναφορά γίνεται μονολεκτική, π.χ. «...οι γνωστοί νηρητικοί της Τρίπολης». Οι περιγραφές άλλων λιθολογικών τύπων είναι πιο σύνθετες, όπως π.χ. στις ακολουθίες του φλύσχη όπου έχουμε εναλλαγές ψαμμιτικών και πηλιτικών οριζώντων. Περιγράφουμε χωριστά την κάθε λιθολογία και αναφέρουμε στοιχεία για το πάχος των σωματιδίων που εναλλάσσονται. Ο εντοπισμός απολιθωμάτων σε τέτοιου τύπου (κλαστικά) ιζήματα θέλει προσοχή και αποσαφήνιση αν το απολίθωμα είναι στη θέση του ή μεταφερόμενο. Ιζηματοδομές (π.χ. τουρβιδίτες κ.λπ.) θα συναντήσουμε σε αυτούς τους σχηματισμούς και θα τις περιγράψουμε. Στα μεταμορφωμένα πετρώματα θα



περιγράφουμε τον ιστό και την υφή, την κύρια φύλλωση ή γράμμωση, τα ορυκτά που διακρίνουμε με το μάτι ή τη λούπα και τον τύπο του πετρώματος. Αντίστοιχα θα αντιμετωπίσουμε τα πυριγενή πετρώματα, αναφέροντας ιστό, υφή, ορυκτολογική σύσταση και τύπο πετρώματος. Στις μεταλλικές νεογενείς και πλειοτεταρτογενείς αποθέσεις οι περιγραφές θα περιλαμβάνουν τη φάση της ακολουθίας (θαλάσσια, λιμναία, χερσαία), προέλευση και μέγεθος κλαστικού υλικού (κροκαλοπαγή), εναλλαγές λιθολογιών και πάχη, πλευρικές μεταβάσεις (συχνές σε αυτές τις περιπτώσεις), σταυρωτές στρώσεις, ιζηματοδομές, απολιθώματα κ.λπ.

Η δεύτερη «δεδομένη» περιγραφή που θα αντιμετωπίσουν οι φοιτητές από την πρώτη ημέρα στην άσκηση υπαίθρου είναι η **περιγραφή μιας επαφής**, που φαίνεται στην τομή ενός ρέματος ή ενός δρόμου, ανάμεσα σε δύο διαφορετικές λιθολογίες ή δύο διαφορετικούς γεωλογικούς σχηματισμούς. Η περιγραφή και το είδος των σχηματισμών που έρχονται σε επαφή, η σχέση υπερκείμενο/υποκείμενο, η κλίση της επαφής αλλά και η κλίση της στρώσης/φύλλωσης πάνω και κάτω από την επαφή, μαζί με τα χαρακτηριστικά της επαφής, θα μας βοηθήσουν στον προσδιορισμό του είδους της. Εδώ έχουμε να αντιμετωπίσουμε τρεις περιπτώσεις: i) **μετάβαση**, ii) **ασυμφωνία** και iii) **τεκτονική επαφή**.



**Εικόνα 3.7** Συνήθεις περιγραφές, για διάφορους τύπους επαφών ανάμεσα σε διαφορετικούς γεωλογικούς σχηματισμούς, από αυτές που συναντά κανείς σε κάθε τετράδιο σημειώσεων υπαίθρου.

Στη **μετάβαση** θα γίνει η περιγραφή της εναλλαγής των λιθολογιών και θα προσδιορισθεί το πάχος της μεταβατικής ζώνης. Η κλίση των στρωμάτων παραμένει σταθερή. Οι **ασυμφωνίες** έχουν διάφορους τύπους και η πιο συνηθισμένη περίπτωση είναι αυτή των μεταλλικών σχηματισμών πάνω σε αλπικούς. Κορήματα, αναβαθμίδες και θαλάσσιες ή χερσαίες φάσεις νεογενών σχηματισμών θα τις δούμε να κάθονται ασύμφωνα πάνω στο αλπικό υπόβαθρο (μεταμορφωμένο ή μη μεταμορφωμένο). **Μικρότερης κλίμακας ασυμφωνίες** ή **δυσυμφωνίες** σε μεταλλικές αποθέσεις (με πολύ μικρό στρωματογραφικό κενό), αλλά και μεγάλες ασυμφωνίες, **τύπου ανωκρητιδικής επίκλυσης** (με ή χωρίς κροκαλοπαγές επίκλυσης), είναι και αυτές «μέσα στο πρόγραμμα». Στις περισσότερες περιπτώσεις ισχύει ο κανόνας ... «η πάνω σειρά κόβει τα στρώματα της κάτω σειράς». Σε περιβάλλοντα δελταϊκών αποθέσεων, όμως, όπου οι σχηματισμοί αποτίθενται με πρωτογενείς κλίσεις, μπορεί να συμβαίνει και το αντίθετο. Οι **τεκτονικές επαφές** έχουν μια μεγάλη ποικιλία και περιλαμβάνουν μικρά ή μεγάλα ρήγματα, επωθήσεις ή εφιπυεύσεις, αποκολλήσεις, τεκτονικές επαφές **θραυσιγενούς χαρακτήρα** αλλά και **όλκιμες ζώνες διάτμησης** με μυλονίτες κ.λπ. Περιγράφουμε το είδος και τη γεωμετρία της τεκτονικής επαφής, το πάχος της τεκτονισμένης ζώνης, το τεκτονικό πέτρωμα που αναπτύσσεται, διάφορα άλλα κινηματικά στοιχεία και εκτίμηση για το μέγεθος της μετακίνησης, που θα μας δείξει αν πρόκειται για

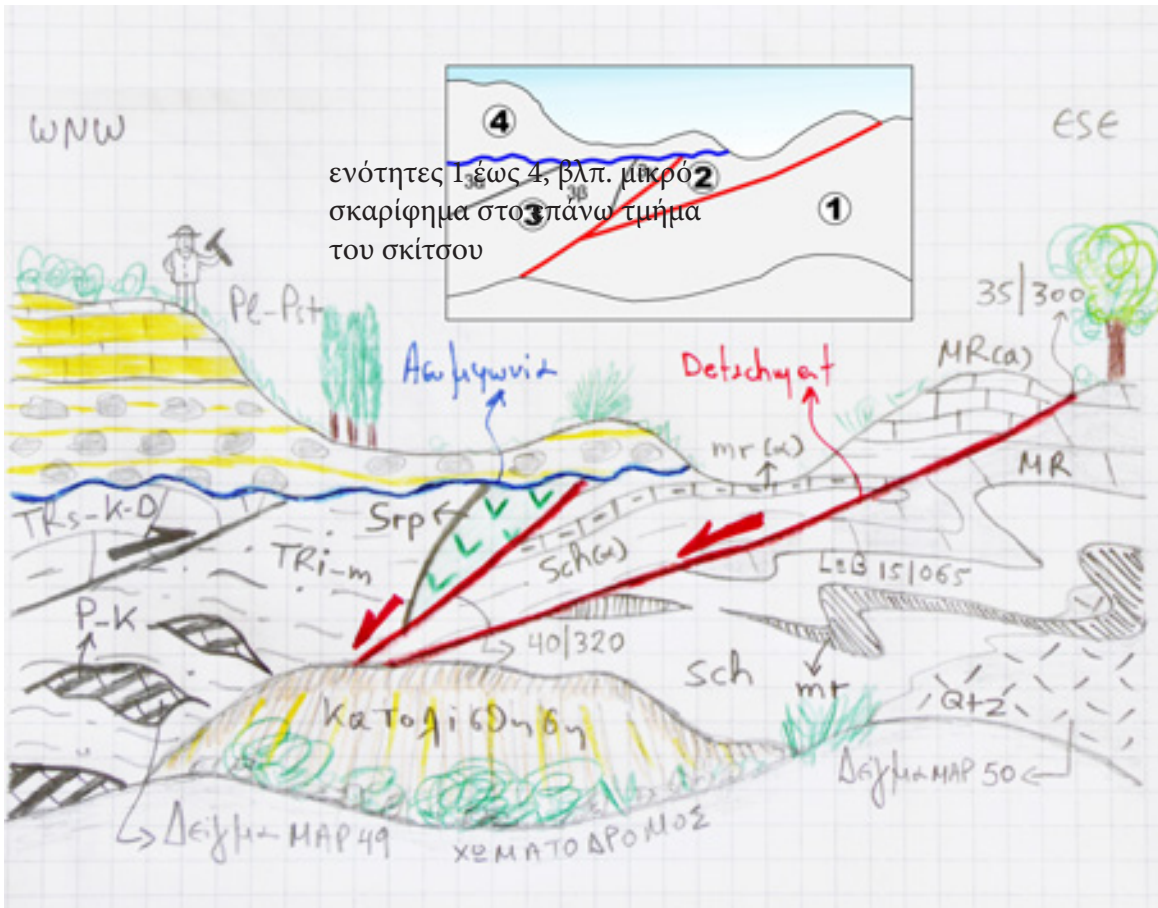
μια μεγάλη σημαντική επαφή ανάμεσα σε διαφορετικές ενότητες ή αφορά μικρότερης κλίμακας μετακινήσεις στο εσωτερικό της ίδιας ενότητας. Μπορούμε, πάντως, να ομαδοποιήσουμε δύο βασικές κατηγορίες, που θα μας απασχολήσουν κατά τη χαρτογράφηση. Η πρώτη αφορά τις, συνήθως οριζόντιες ή μικρής κλίσης, τεκτονικές επαφές ανάμεσα στις γεωτεκτονικές ενότητες, που αντιπροσωπεύουν επωθήσεις ή αποκολλήσεις και η δεύτερη τα νεοτεκτονικά κανονικά ρήγματα, που οριοθετούν νεογενείς και πλειστοκαινικές λεκάνες.

Με την πρόοδο της έρευνας καλύπτουμε σταδιακά το σύνολο των ενοτήτων και σχηματισμών της περιοχής. Όταν τα πράγματα γίνονται πιο σύνθετα, βοηθάει να κατασκευάζουμε **σχηματικές τομές**, δηλαδή **σκίτσα φυσικών τομών**, όπου θα φαίνεται η αλληλουχία και η σχέση ανάμεσα στους διάφορους λιθολογικούς τύπους, η γεωμετρία των στρωμάτων, τα πάχη κ.λπ., όπως ακριβώς φαίνονται σε μια εμφάνιση στην ύπαιθρο. Μπορεί να έχουν πιο τοπικό χαρακτήρα ή να είναι πιο γενικές και συνθετικές. Στην ύπαιθρο υπάρχουν πολλές φυσικές τομές που μπορούμε να αναπαραστήσουμε σε σκίτσο, είτε μικρότερης κλίμακας εμφάνισης, όπως π.χ. κατά μήκος της τομής ενός δρόμου, που φαίνεται η σχέση ανάμεσα σε μια-δυο εμφανίσεις είτε πολύ μεγαλύτερης, όπως π.χ. η απότομη πλαγιά του απέναντι βουνού, που μας δίνει την ευκαιρία να διαπιστώσουμε τη σχέση και τη γεωμετρία ανάμεσα σε περισσότερους σχηματισμούς και ενότητες. Οι βασικοί κανόνες που χρησιμοποιούμε για την κατασκευή τέτοιων σχηματικών τομών-σκίτσων, από μικρότερες ή μεγαλύτερες εμφανίσεις γεωλογικών σχηματισμών στην ύπαιθρο, είναι οι ακόλουθοι (Coe et al., 2010):

- Έχουμε πάντα στο νου μας ότι οι γεωλογικές δομές αναπτύσσονται στις τρεις διαστάσεις, σε αντίθεση με μια σχηματική τομή ή σκίτσο, που περιορίζει την απεικόνιση στις δύο διαστάσεις. Επιλέγουμε προσεκτικά **ποιες διευθύνσεις φυσικών τομών** «κυνηγάμε» για να σκισάρουμε στην ύπαιθρο, ανάλογα με τον σκοπό (γεωλογικό στόχο) για τον οποίο προορίζεται το σκίτσο. Στα ιζηματογενή προτιμάμε τομές κάθετες στη διεύθυνση των στρωμάτων. Στα μεταμορφωμένα, τομές κάθετες στη φύλλωση και παράλληλες στη γράμμωση. Αν χρειαστεί, για το ίδιο θέμα, επιλέγουμε δύο διευθύνσεις ώστε η περιγραφή να καλύψει και τις τρεις διαστάσεις. Συνδυάζουμε φυσικές τομές, τεχνητές τομές και μεγάλες κατακόρυφες διακλάσεις, που μας δίνουν την ευκαιρία να επιλέξουμε τον κατάλληλο προσανατολισμό.
- Παρατηρώντας την εμφάνιση (τομή) που πρόκειται να σχεδιάσουμε, αποφασίζουμε αν θα χρησιμοποιήσουμε τη σελίδα του τετραδίου σε **προσανατολισμό «όρθιο»** ή **«ξαπλωτό»** (στα ελληνικά ...**portrait** ή **landscape**) και ξεκαθαρίζουμε ποια από τα γεωλογικά στοιχεία και δομές που περιλαμβάνει θέλουμε να δείξουμε και ποια να τονίσουμε και να αναδείξουμε.
- Σχεδιάζουμε τη **γραμμή του αναγλύφου**, όσο πιο πιστά μπορούμε, προσθέτοντας τη βλάστηση, δένδρα ή ότι άλλο χαρακτηριστικό υπάρχει (π.χ. σημεία της τομής που είναι καλυμμένα με κορήματα), που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως σημείο αναφοράς. Στη συνέχεια οριοθετούμε τον χώρο που θα περιλαμβάνει το σκίτσο, σχεδιάζοντας, για παράδειγμα, ένα δρόμο, ένα ρέμα ή μια επίπεδη περιοχή που αποτελεί τη βάση της εμφάνισης, ένα απότομο μορφολογικό κόψιμο που μπορεί να υπάρχει στη μία πλευρά της κ.λπ. Είναι σημαντικό ότι η μορφολογία τόσο του αναγλύφου, όσο και της διαβρωμένης πλευράς, μπορεί να αντανακλούν λιθολογικές διαφορές ανάμεσα στα πετρώματα (σκληρό/μαλακό) ή προέκταση τεκτονικών επαφών (κάτι που φροντίζουμε να το δείξουμε στο σκίτσο μας).
- Σχεδιάζουμε αρχικά τις **μεγάλες γεωλογικές ενότητες** και τα όριά τους. Προσέχουμε αρκετά ώστε να τηρούμε πιστά τη γεωμετρία και τις σωστές αποστάσεις ανάμεσα στις επαφές-όρια (π.χ. γωνιακές σχέσεις ανάμεσα σε όρια που μπορεί να είναι επίπεδα ή καμπυλόμορφα, οριζόντια, κεκλιμένα ή κατακόρυφα κ.λπ.).
- Ακολούθως σχεδιάζουμε και οριοθετούμε τις **μικρότερες λιθολογικές ενότητες**, χρησιμοποιώντας τις ίδιες τεχνικές όπως προηγουμένως.
- Ολοκληρώνουμε την εργασία μας εστιάζοντας στη **λεπτομέρεια της δομής** που υπάρχει σε κάθε μεγαλύτερη ή μικρότερη ενότητα, όπως η γεωμετρία των στρωμάτων, ιζηματογενείς δομές, πτυχές, διακλάσεις, μικρορήγματα κ.λπ.
- Για να αναδείξουμε χαρακτηριστικούς πετρολογικούς τύπους ή στρωματογραφικούς ορίζοντες, χρησιμοποιούμε **χρώματα**, αντίστοιχα με αυτά που χρησιμοποιούμε για τους σχηματισμούς που βάζουμε στον χάρτη, καθώς και γεμίσματα και διαγραμμίσεις, αντίστοιχα με αυτά που χρησιμοποιούμε για τις γεωλογικές τομές που συνοδεύουν τον χάρτη.
- Για τον ίδιο λόγο χρησιμοποιούμε **γραμμές με διαφορετικά πάχη** (π.χ. παχύτερα για όρια τεκτονικών ενοτήτων και λεπτότερα για όρια λιθολογικών σχηματισμών, στρωμάτων κ.λπ.), καθώς και γραμμές με διαφορετικό χρώμα, ανάλογα με το είδος του ορίου (ρήγμα, επώθηση, ασυμφωνία, με-

τάβαση κ.λπ.).

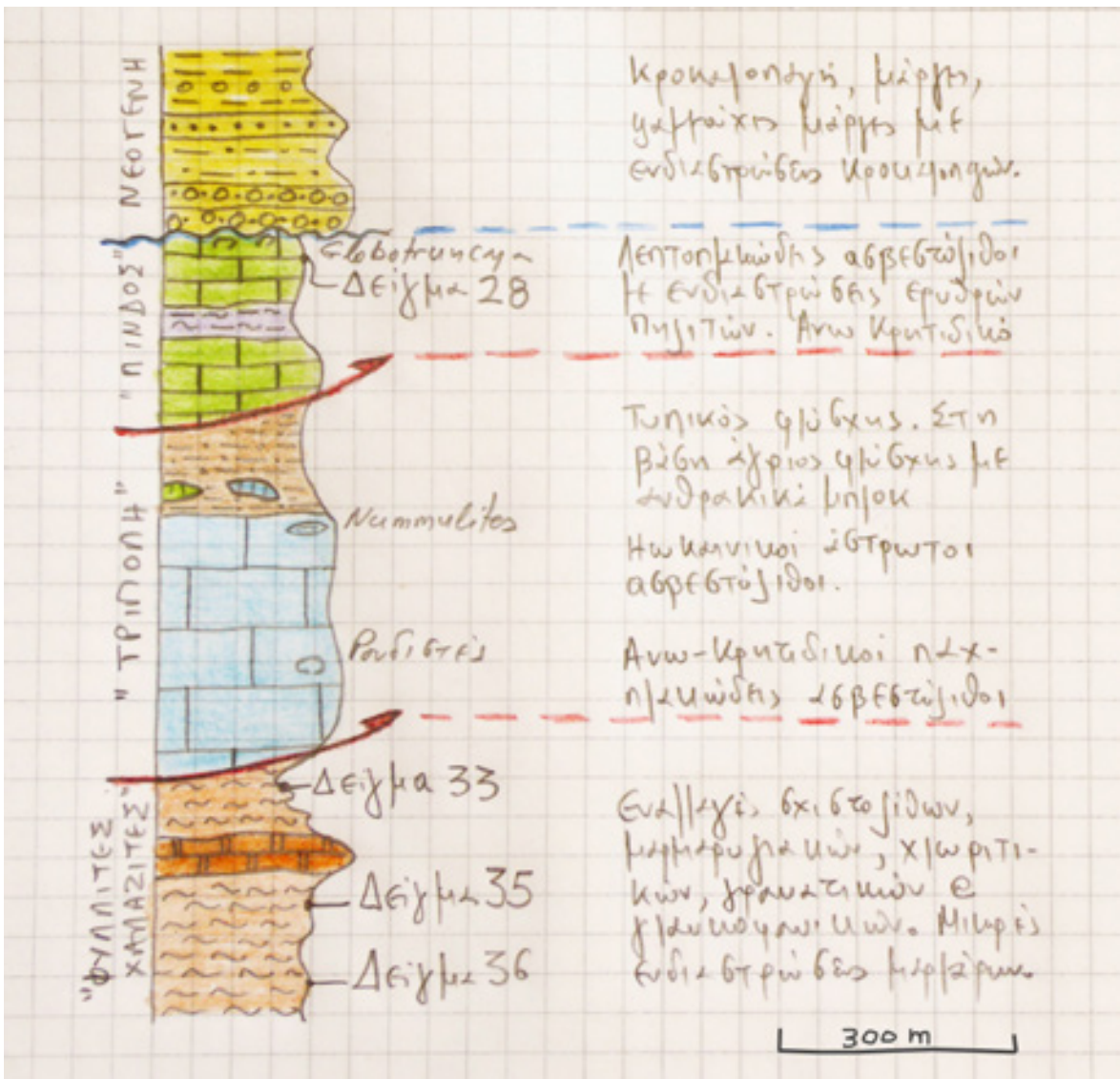
- Στο πάνω μέρος του σκίτσου βάζουμε πάντα **προσανατολισμό** και σε οποιοδήποτε σημείο διευκολύνει **κλίμακα**, είτε γραμμική είτε σχετική, σκιστάροντας π.χ. τη φιγούρα ενός ανθρώπου ή ενός γεωλογικού σφυριού, αν η κλίμακα παρατήρησης διευκολύνει γι' αυτό.
- Όποιες λέξεις ή προτάσεις συνοδεύουν το σκίτσο για επεξηγήσεις, προσπαθούμε να είναι σε κενό χώρο, ώστε να μην σκεπάζουν τις γραμμές και τις δομές που έχουμε σχεδιάσει.
- Πάνω στο σκίτσο σημειώνουμε, επίσης, τα **σημεία** (ή **θέσεις**) που έχουμε κάνει μετρήσεις, έχουμε εντοπίσει απολιθώματα, έχουμε πάρει δείγματα ή έχουμε τραβήξει φωτογραφίες, χρησιμοποιώντας κουκκίδες, βέλη ή πλαίσια.



**Εικόνα 3.8** Σκίτσο φυσικής τομής στην ύπαιθρο, που περιγράφει τις σχέσεις ανάμεσα στους λιθολογικούς σχηματισμούς και τις γεωλογικές ενότητες. Ξεκινάμε διαχωρίζοντας τις μεγάλες γεωλογικές ενότητες (ενότητες 1 έως 4, βλπ. μικρό σκαρίφημα στο επάνω τμήμα του σκίτσου), στη συνέχεια τις υποενότητες (3α, 3β, 3γ) και τέλος τις λεπτομέρειες (π.χ. λιθολογικές διαφοροποιήσεις στην ίδια υποενότητα). Ολοκληρώνουμε με την υπόλοιπη γεωλογική πληροφορία (μετρήσεις, δείγματα, κινηματικά στοιχεία κ.λπ.). Τέτοιου τύπου σκίτσα κατασκευάζουμε σε όλες τις κλίμακες παρατήρησης.

Στο τετράδιο σημειώσεων υπαίθρου συχνά σκιστάρουμε **λιθοστρωματογραφικές στήλες**, είτε τοπικού χαρακτήρα για τις λιθολογικές διαφοροποιήσεις στο εσωτερικό ενός σχηματισμού είτε πιο συνθετικές, που περιλαμβάνουν ένα σύνολο σχηματισμών και ενοτήτων και προκύπτουν, συνήθως, από τη σύνθεση των επιμέρους στρωματογραφικών στηλών που έχουμε κατασκευάσει. Διευκολύνουν ιδιαίτερα στην περίπτωση που έχουμε πλευρικές διαφοροποιήσεις στη στρωματογραφική ακολουθία μιας ενότητας και μπορούμε να τις δείξουμε εποπτικά, σκιστάροντας τις στήλες στη σειρά, με αντιστοίχιση των οριζόντων ίδιας ηλικίας. Οι στήλες οριοθετούνται με τον κλασικό τρόπο, δηλαδή μία ευθεία γραμμή για αριστερό όριο και η συνήθης καμπυλωτή γραμμή για δεξί όριο, με εσοχές και έξοχές ανάλογα αν τα στρώματα αντιπροσωπεύουν μαλακό ή σκληρό πέτρωμα. Την αριστερή ευθεία γραμμή οριοθέτησης χρησιμοποιούμε ως κλίμακα, αναδεικνύοντας τα πάχη τόσο των μεγαλύτερων λιθολογικών ενοτήτων, όσο και των μικρότερων επιμέρους στρωμάτων. Φροντίζουμε να σχεδιάσουμε τη στήλη στην αριστερή άκρη του τετραδίου, ώστε να μείνει χώρος στα δεξιά για επεξηγηματικό κείμενο. Το κείμενο αυτό διευκολύνει να το οργανώσουμε και αυτό σε στήλες. Αμέσως μετά τη λιθοστρωματογραφική στήλη μπορεί να ακολουθεί μια στήλη με τις θέσεις που υπάρχουν απολιθώματα, που έχουμε πάρει

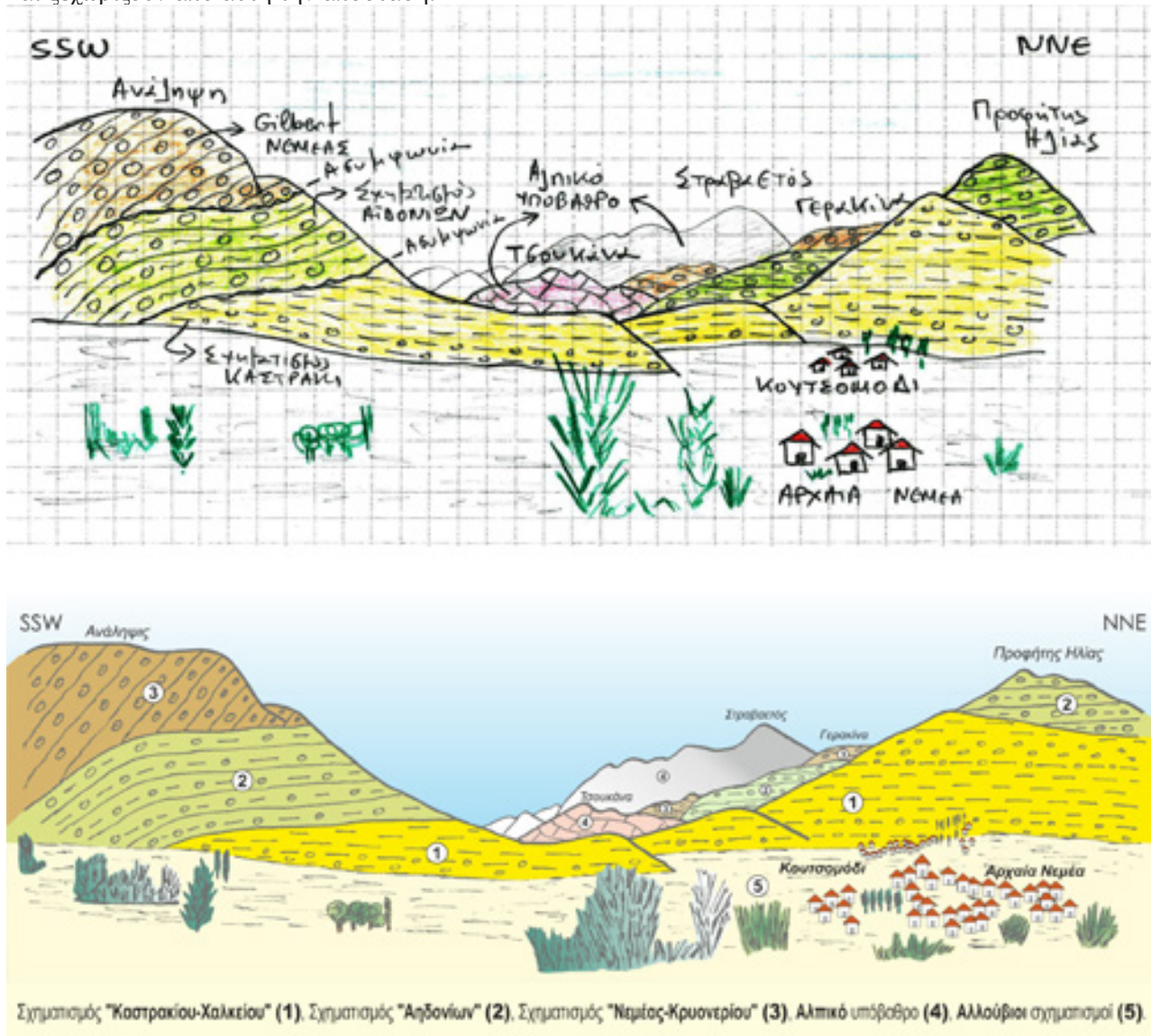
δείγματα, φωτογραφίες ή ότι άλλο αντίστοιχο και αμέσως μετά η στήλη με τις λιθολογικές περιγραφές για κάθε στρωματογραφικό ορίζοντα, λιθολογικό σχηματισμό ή πετρολογική ενότητα. Και στην περίπτωση αυτή δεν παραλείπουμε να χρησιμοποιήσουμε διαφορετικά πάχη γραμμών, χρώματα, υπογραμμίσεις και πλαίσια, για να τονίσουμε ή να αναδείξουμε κάτι.



**Εικόνα 3.9** Λιθοστρωματογραφικές στήλες κατασκευάζουμε πολύ συχνά, είτε τοπικού χαρακτήρα, για να περιγράψουμε τις λιθολογικές διαφοροποιήσεις των επιμέρους στρωμάτων ενός γεωλογικού σχηματισμού, είτε πιο συνθετικές με συμμετοχή περισσότερων γεωλογικών και τεκτονικών ενότητων. Συνοδεύονται από στήλες με πληροφορίες και επεξηγήσεις.

Πολλές φορές κατά την περιήγησή μας στην ύπαιθρο υπάρχουν θέσεις στις οποίες βλέπουμε εποπτικά μια μεγάλη περιοχή, όπου σε πιο κοντινό αλλά και σε πιο μακρινά πλάνα διακρίνουμε τους γεωλογικούς σχηματισμούς και τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους, δηλαδή τη γεωλογική και τεκτονική δομή της περιοχής. Δεδομένου ότι, όπως αναφέρθηκε, μια φωτογραφία δεν αρκεί για να δείξει αυτό που, από γεωλογική άποψη, βλέπουν τα μάτια μας, χρησιμοποιούμε την τεχνική των **πανοραμμάτων**, σκιτσάρουμε δηλαδή αυτό που βλέπουμε. Το αποτέλεσμα θυμίζει λίγο τις γκραβούρες περασμένων εποχών και χρειάζεται εμπειρία ώστε το αποτέλεσμα να είναι επιτυχές. Είναι σαν να σχεδιάζουμε τομές-σκίτσα σε διαδοχικά επίπεδα (πλάνα), μόνο που ότι σχεδιάζουμε πρέπει να υφίσταται την αντίστοιχη «σμίκρυνση» όσο πηγαίνουμε σε πιο μακρινά πλάνα. Κατά τα άλλα ισχύει και στην περίπτωση αυτή, ότι αναφέρθηκε στα σκίτσα φυσικών τομών στην ύπαιθρο. Εννοείται ότι ο συσχετισμός μιας πανοραμικής φωτογραφίας και του αντίστοιχου σκιτσαρισμένου πανοράματος, δίνει το καλύτερο αποτέλεσμα. Αν τα πλάνα καλύπτουν μεγάλη έκταση, τη θέση της φωτογραφίας μπορεί να πάρει και μια εικόνα από το Google Earth, σε άποψη 3D. Η κατασκευή ενός πανοράματος προϋποθέτει ότι έχουμε δουλέψει και γνωρίζουμε καλά τη γεωλογική και τεκτονική δομή της περιοχής που απεικονίζει το πανόραμα, δηλαδή τις ενότητες, τους γεωλογικούς σχηματισμούς και τις επαφές μεταξύ τους, που διακρίνονται

και ξεχωρίζουν από αυτή την απόσταση.

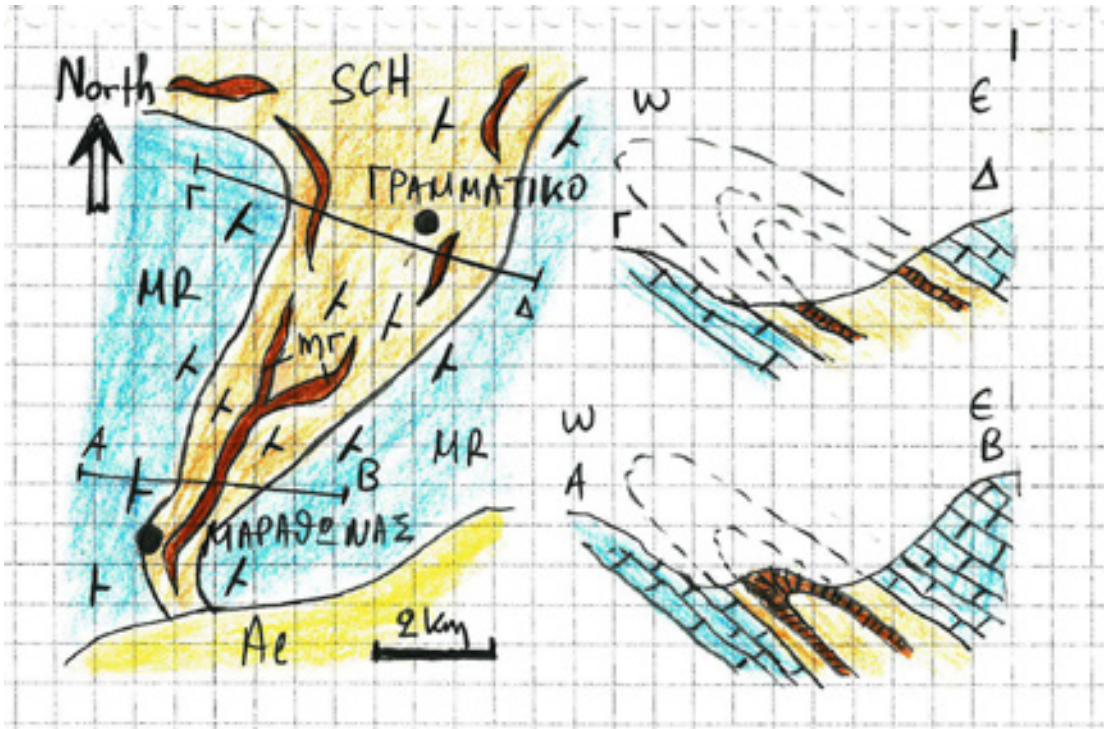


**Εικόνα 3.10** Στα γεωλογικά πανοράματα που κατασκευάζουμε στο τετράδιο (επάνω σχήμα) αναδεικνύεται η γεωλογική πληροφορία και οι σχέσεις ανάμεσα στους γεωλογικούς σχηματισμούς και τεκτονικές ενότητες (συνήα σε διαφορετικά επίπεδα βάθους), που δεν μπορούν να φανούν σε μια πανοραματική φωτογραφία. Στο κάτω σχήμα η απόδοση του σκίτσου σχεδιαστικά σε H/Y, αφού έγιναν οι απαραίτητες διορθώσεις από τις φωτογραφίες. Από τους μεταλλικούς σχηματισμούς της λεκάνης της Δυτικής Κορινθίας.

Στο τετράδιο σημειώσεων, ορισμένες φορές, σκιστάρουμε **σχηματικούς γεωλογικούς χάρτες** ή **τεκτονικούς χάρτες**, για δύο βασικά λόγους: 1) Συνήα, κατά τη διάρκεια της χαρτογράφησης, περνώντας τα όρια και τους σχηματισμούς, αντιλαμβανόμαστε την πιθανή ερμηνεία για τον τρόπο εμφάνισης των γεωλογικών σχηματισμών ή την ερμηνεία για τη δημιουργία και τη γεωμετρία μιας μεγάλης κλίμακας δομής και το σκιστάρουμε σε σμίκρυνση στο τετράδιο υπαίθρου, μαζί με τις απαραίτητες επεξηγήσεις και σύμβολα (άξονες πτυχώσεων, ρήγματα, κινηματικοί δείκτες κ.λπ.) για την ερμηνεία. 2) Μικρότερης κλίμακας εμφάνισης όρια σχηματισμών και γεωλογικές δομές, που δεν είναι χαρτογραφήσιμες στην κλίμακα του χάρτη που χρησιμοποιούμε, αλλά είναι σημαντικές για την κατανόηση της γεωλογικής δομής της περιοχής, τις σκιστάρουμε στο τετράδιο σε κάτοψη (χάρτη), μαζί με την απαραίτητη συνοδευτική πληροφορία, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση. Συνήα ο συνδυασμός σχηματικού χάρτη και σχηματικής τομής, δίνει ακόμα μεγαλύτερη και πιο επεξηγηματική πληροφορία. Διαφορετικά πάχη γραμμών, χρώματα, θέσεις φωτογραφιών κ.λπ. «επιστρατεύονται» και σε αυτές τις περιπτώσεις.

Κατά τη διάρκεια της γεωλογικής χαρτογράφησης, μελετώντας τα πετρώματα και την παραμόρφωσή τους, θα βρεθούμε στην ανάγκη να κατασκευάσουμε **σκίτσα γεωλογικών δομών**, της τάξης μερικών εκατοστών, έως μερικών μέτρων, που αφορούν κυρίως τεκτονικές δομές και την ανάλυσή τους και σε μικρότερο βαθμό

μακροαπολιθώματα ή ιζηματοδομές. Οι δύο τελευταίες περιπτώσεις αποτελούν πιο εξειδικευμένους κλάδους, που λειτουργούν επικουρικά στη χαρτογράφηση, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι ο χαρτογράφος δεν πρέπει να μπορεί να αναγνωρίζει βασικά απολιθώματα και ιζηματοδομές. Θα κατασκευάσει το σκίτσο μιας σταυρωτής στρώσης ή ενός τουρβιδίτη, που του αποκαλύπτουν το βάθος ιζηματογένεσης και την κανονική ή ανεστραμμένη σειρά στην ακολουθία των πετρωμάτων, αλλά θα πάρει δείγματα για τα απολιθώματα, ώστε οι προσδιορισμοί να γίνουν από τον ειδικό. Η πρώτη περίπτωση, όμως, που αφορά την παραμόρφωση και την κατανόηση της τεκτονικής εξέλιξης της περιοχής, αποτελεί βασικό αντικείμενο της γεωλογικής χαρτογράφησης. Σε αυτή την κλίμακα παρατήρησης οι τεκτονικές δομές, για τις οποίες απαιτείται να γίνουν επεξηγηματικά σκίτσα, περιλαμβάνουν (Coe et al., 2010; Fossen, 2010):

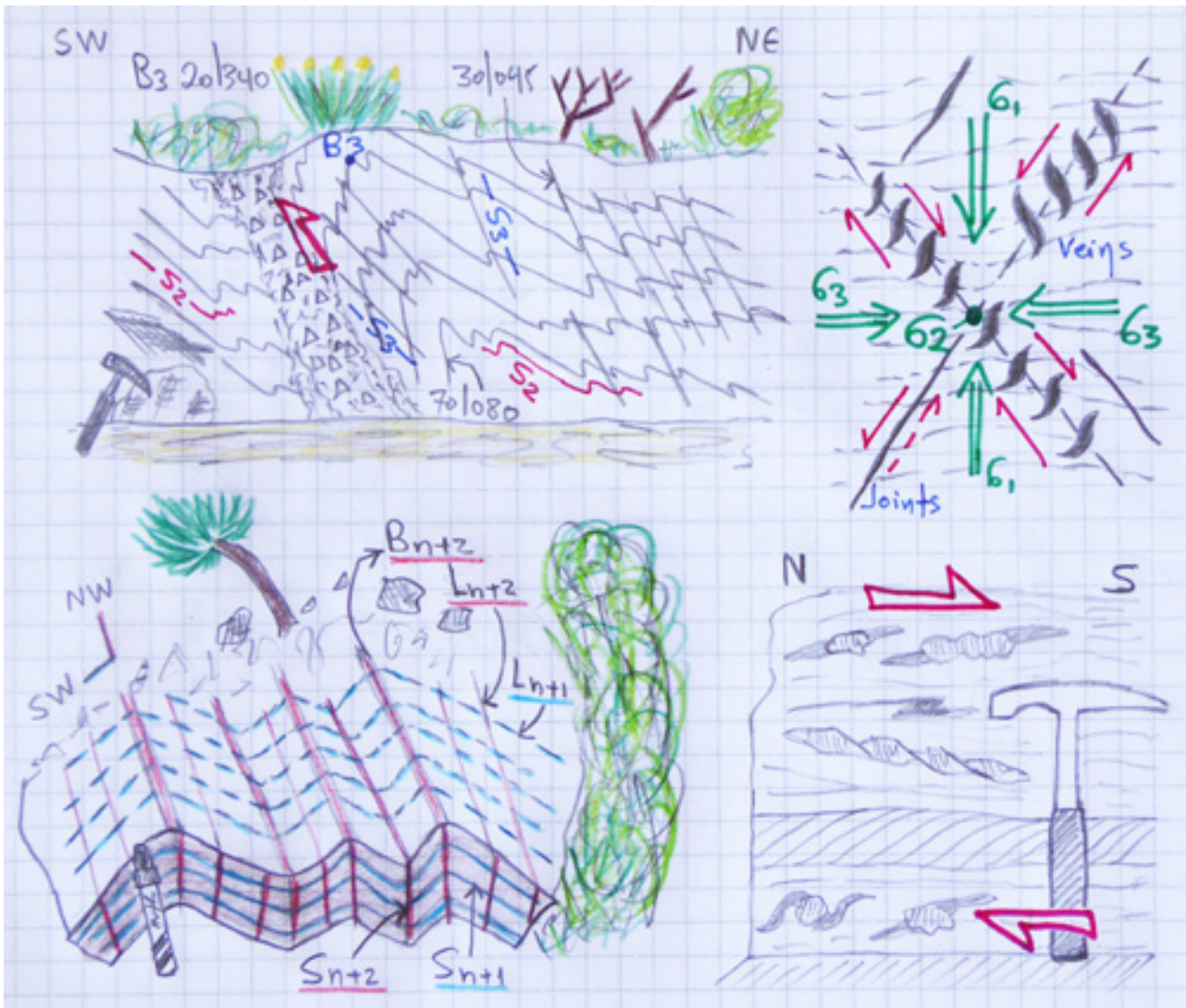


**Εικόνα 3.11** Ένα πρόχειρο σκίτσο σε άποψη χάρτη (κάτοψη), που δείχνει την εξάπλωση μαρμάρων και σχιστολίθων στους μεταμορφωμένους σχηματισμούς της ΒΑ Αττικής και σχηματικές τομές για την ερμηνεία της μεταβολής του πάχους των σχιστολίθων, λόγω ισοκλινών μακροπτυχών (χιλιομετρικής κλίμακας).

- μικρής κλίμακας **ρήγματα**, **διακλάσεις** και **φλέβες**, συνήθως σε συζυγή συστήματα, που μας δίνουν τη δυνατότητα για κινηματική και δυναμική ανάλυση,
- **δομές βράχυνσης**, όπως τεκτονικοί ίπποι και δίδυμα (horses & duplexes) σε επωθητικές ζώνες, που μας βοηθούν στη μελέτη της κινηματικής των καλυμμάτων,
- **επικαλυπτόμενες πτυχώσεις**, είτε ομοαξονικές είτε υπό γωνία, αλλά και
- **φυλλώσεις κατ' αξονικό επίπεδο** πτυχών ή **διατενόμενες φυλλώσεις** (κυρίως σε μεταμορφωμένα πετρώματα), που, σε συνδυασμό με τις **γραμμώσεις (lineations)** μας αποκαλύπτουν τις παραμορφωτικές φάσεις και (με τη βοήθεια της αναγνώρισης των ορυκτών της μεταμόρφωσης) την τεκτονο-μεταμορφική εξέλιξη των πετρωμάτων,
- **ζώνες διάτμησης (shear zones)** με μυλονιτικά πετρώματα, πλούσια σε κινηματικούς δείκτες για την κινηματική ανάλυση (μικρής γωνίας κλίσης) ρηγμάτων αποκόλλησης (detachments) και τις διαδικασίες αποκάλυψης των μεταμορφωμένων πετρωμάτων στην επιφάνεια και
- **ανθοδομές (flower structures)** και **Riedel shears** για την κινηματική ανάλυση ρηγμάτων οριζόντιας ολίσθησης.

Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στον προσανατολισμό της τομής που εμφανίζεται η δομή που θέλουμε να σκισάρουμε. Έχουμε πάντα υπόψη μας τον κύριο κινηματικό άξονα, που δείχνει τη διεύθυνση της κίνησης, είτε αυτός αφορά γραμμή προστριβής πάνω σε μια επιφάνεια ολίσθησης είτε δομές τύπου γράμμωσης έκτασης (stretching lineation) και επιλέγουμε, κυρίως, τομές παράλληλες στον κινηματικό άξονα, αλλά και κάθετες για να μελετήσουμε τη 3D ανάπτυξη των τεκτονικών δομών. Βάζουμε πάντα **προσανατολισμό** και **κλίμακα** στα

σκίτσα και τα κάνουμε πιο ευανάγνωστα χρησιμοποιώντας διαφορετικά πάχη και χρώματα γραμμών. Η ερμηνεία των δομών με τη χρήση συμβόλων (π.χ. βέλη για τη φορά της κίνησης ή τους άξονες των τάσεων κ.λπ.), η αναγραφή μετρήσεων και επεξηγηματικού κειμένου, πρέπει να γίνεται σε κενούς χώρους, γύρω ή μέσα στο σχήμα, για να μην παρεμποδίζεται η αναγνωσιμότητα του σκίτσου. Συνδέουμε, απαραίτητα, το σκίτσο με όσες φωτογραφίες πάρουμε.



**Εικόνα 3.12** Σκίτσα τεκτονικών δομών μικρής κλίμακας, με στοιχεία κινηματικής και δυναμικής ανάλυσης, από αυτά που συχνά κατασκευάζουμε στο τετράδιο υπαίθρου και αφορούν τόσο τη θραυστηγή παραμόρφωση (ρήγματα και διακλάσεις), όσο και την όλκιμη παραμόρφωση (πτυχές, φυλλώσεις, γραμμώσεις κ.λπ.).

Στις περισσότερες από τις περιπτώσεις αυτές που περιγράψαμε πιο πάνω, θα απαιτηθεί να πάρουμε πολλές μετρήσεις διαφόρων τεκτονικών στοιχείων, τις οποίες καλό είναι να οργανώσουμε σε **πίνακες μετρήσεων**, (δηλ. σε στήλες με ομοειδείς μετρήσεις) και σε αυτό θα βοηθούσε αν οι σελίδες του τετραδίου μας έχουν τα γνωστά μικρά τετραγώνια. Στο σημείο αυτό επισημαίνουμε ότι στην Ελλάδα έχουμε καθιερώσει όταν παίρνουμε μια μέτρηση με την πυξίδα, να γράφουμε πρώτα την τιμή της κλίσης και μετά τη φορά μέγιστης κλίσης. Π.χ για μια επιφάνεια σχιστότητας **45/340** (όπου, για όσους δεν το θυμούνται, ...ας εξηγηθούμε: **45°** είναι η **τιμή της κλίσης** και **340°** η **φορά της μέγιστης κλίσης**). Στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες συνηθίζεται να αναγράφουν πρώτα τη φορά μέγιστης κλίσης και μετά την τιμή της κλίσης. Για το παράδειγμά μας δηλαδή, **340/45**. Αυτό διευκολύνει γιατί όταν περνάμε τις μετρήσεις σε δίκτυο (είτε «χειροκίνητα» είτε ηλεκτρονικά) πρώτα σηματοδούμε στην περιφέρεια τη φορά της μέγιστης κλίσης και στη συνέχεια την τιμή της κλίσης. Εμείς θα διατηρήσουμε τον «πατροπαράδοτο ελληνικό» τρόπο, όχι γιατί διευκολύνει, αλλά για να μην υπάρχουν παρανοήσεις από τη μεριά των φοιτητών, δεδομένου ότι έτσι το διδάσκονται σε όλα τα σχετικά εργαστήρια και έτσι το έχουν συνηθίσει από τον καιρό που ήρθε η γεωλογική πυξίδα στην Ελλάδα (από τον αγαπητό δάσκαλο όλων μας, τον Καθηγητή Ηλία Μαριολάκο). Ο καθένας, όμως, μπορεί να αποφασίσει αν θα ακολουθήσει τον

έναν ή τον άλλο τρόπο.

**ΚΟΤΡΟΝΙ (ΜΓ) Διακρίβας**

85	340	80	338	80	260
88	344	86	344	84	078
80	338	78	342	86	250
78	163	84	170	84	078
84	335	80	166	86	260
84	160	82	160	85	258
78	164	86	339	85	078
86	168	74	160	85	070
80	340	82	340	78	078
88	342	86	342	86	252
82	330	82	345	80	255
84	345	80	360	78	072
86	340	80	344	76	074
78	340	83	340	75	025
75	165	87	348	80	020
82	342	80	072	88	028
80	162	84	070	84	205
80	165	78	078	80	290
78	338	85	080	78	285
86	340	85	078	88	295
85	340	88	252	86	294
78	348	85	080	84	115
82	350	78	255	78	295

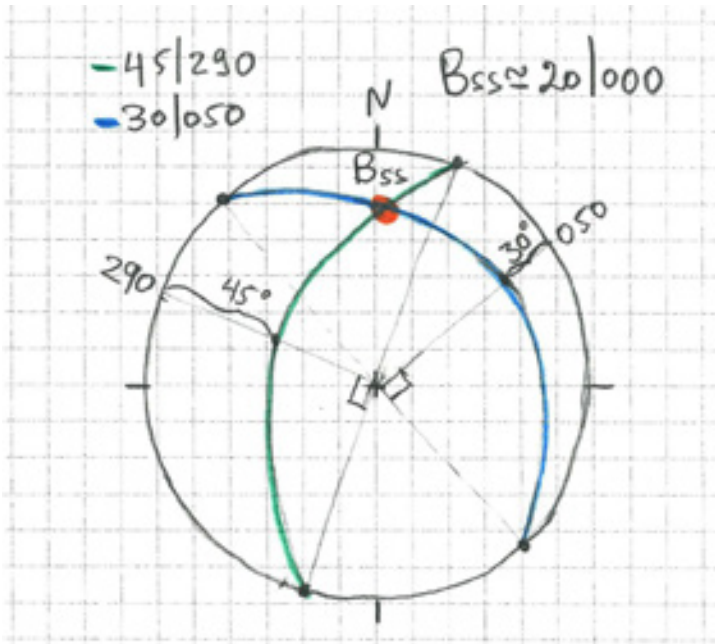
**Εικόνα 3.13** Πολύ συχνά στο τετράδιο υπαίθρου χρειάζεται να φτιάξουμε πίνακες με μετρήσεις τεκτονικών στοιχείων. Οι σελίδες με τα καρό τετραγωνάκια ή οι σελίδες με ειδική διαγράμμιση που έχουν τα αδιάβροχα τετράδια που παραγγέλνουμε από το διαδίκτυο, είναι ό,τι πιο βολικό σε αυτή την περίπτωση.

Σε αρκετές περιπτώσεις διευκολύνει να κατασκευάσουμε στο τετράδιο υπαίθρου μερικές προβολές σε **δίκτυο Schmidt**, που να ερμηνεύουν τη γεωμετρία των βασικών δομών που αναφέρονται στο σκίτσο. Ο πιο απλός



τρόπος είναι να εξασκηθούμε να φτιάχνουμε και να προβάλλουμε με το χέρι σε δίκτυα Schmidt, επίπεδα και γραμμές, που δεν θα απέχουν πολύ από την πραγματικότητα (δηλ. αν κάναμε την προβολή με τον γνωστό τρόπο με το διαφανές και την πινέζα). Περιγράψουμε με απλά βήματα τη διαδικασία αυτή και παραθέτουμε και ένα αντίστοιχο video. Είναι απλό, τολμήστε το και απλά εξασκηθείτε. Στο παράδειγμα θεωρούμε ότι θέλουμε να προβάλλουμε μια **επιφάνεια στρώσης** με στοιχεία **30/160**. Η επιφάνεια αυτή θα έχει **διεύθυνση 070-250** (για όσους ...συνεχίζουν ή κάνουν, πως δεν θυμούνται, το βρίσκουμε προσθαφαιρώντας  $90^\circ$  στη φορά της max κλίσης, δηλ. το 160).

- Σχεδιάζουμε με το χέρι έναν κύκλο (συνήθως με διάμετρο από 4 έως 7cm) και στην περιφέρεια σημειώνουμε τον Βορρά (μια μικρή γραμμή και Β ή Ν αν χρησιμοποιούμε αγγλικούς χαρακτήρες) και μικρές γραμμές σε Ανατολή, Δύση και Νότο. Σημειώνουμε, επίσης, έναν σταυρό στο κέντρο του κύκλου.
- Φέρνουμε μια διάμετρο στη διεύθυνση του επιπέδου, δηλ. 070-250 και βάζουμε 2 σημεία (τελείες) σε κάθε άκρη. Προσπαθούμε να είμαστε όσο πιο ακριβείς μπορούμε, υπολογίζοντας ότι η απόσταση ανάμεσα στις μικρές γραμμές που έχουμε σημειώσει στα 4 σημεία του ορίζοντα, είναι  $90^\circ$ .
- Από το κέντρο του κύκλου φέρνουμε μια ακτίνα κάθετη στη διεύθυνση 070-250, που προφανώς τέμνει την περιφέρεια του κύκλου στο 160 (δηλαδή στη φορά μέγιστης κλίσης). **Σημείωση:** Προφανώς, μπορούμε να φέρουμε πρώτα την ακτίνα (από το κέντρο του κύκλου στο 160 στην περιφέρεια) και στη συνέχεια να φέρουμε μια διάμετρο κάθετη στην ακτίνα αυτή, που θα τέμνει το κύκλο σε δύο αντιδιαμετρικά σημεία και συγκεκριμένα στα 070 και 250, που αντιστοιχούν στη διεύθυνση του επιπέδου.
- Πάνω στην ακτίνα, ξεκινώντας από την περιφέρεια (από το 160) και προς το κέντρο του κύκλου μετράμε  $30^\circ$  (όσο η τιμή της max κλίσης), με όση ακρίβεια μπορούμε και βάζουμε και εκεί μία τελεία. Δεν ξεχνάμε ότι όλη η ακτίνα (δηλ. η απόσταση περιφέρεια-κέντρο) είναι  $90^\circ$ .
- Κατασκευάζουμε έναν μέγιστο κύκλο, ξεκινώντας από τη μία τελεία στην περιφέρεια (π.χ. το 250) και διερχόμενοι από την τελεία στην ακτίνα (δηλ. το 30), καταλήγουμε στην αντιδιαμετρική της τελεία στην περιφέρεια (δηλ. το 070). That's all.



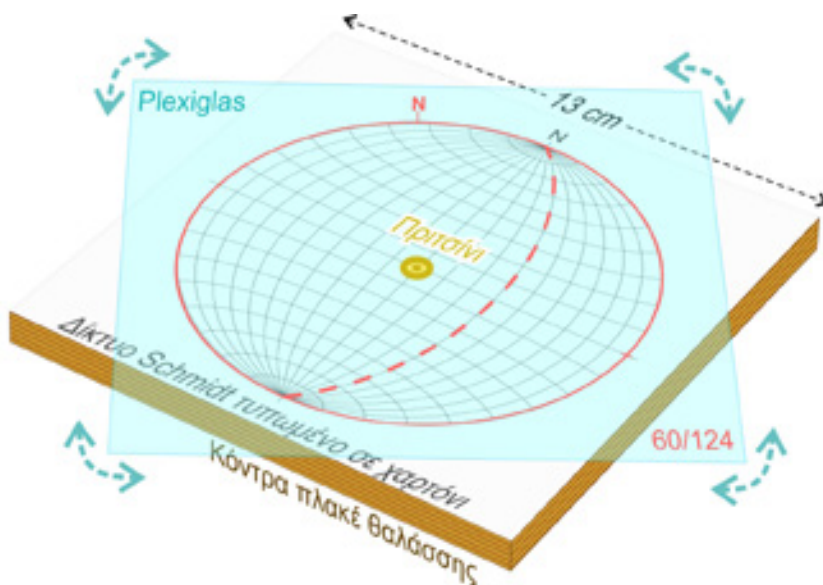
**Εικόνα 3.14** Σκίτσο στερεογραφικής προβολής των σκελών μιας πτυχής, για προσδιορισμό του άξονά της. Η προβολή έγινε χωρίς δίκτυο Schmidt. Είναι πολύ απλό και δεν θέλει παρά λίγη εξάσκηση. Για τα μυστικά του πώς το κάνουμε δείτε το αντίστοιχο βιντεάκι πατώντας <https://youtu.be/ZnhF21TvjEI>.

Στην περίπτωση που η τιμή **30/160** αντιπροσώπευε ένα γραμμικό στοιχείο, έναν **άξονα πτυχής** για παράδειγμα, (δηλ. 30 τιμή βύθισης/160 φορά βύθισης), τα πράγματα είναι πολύ πιο απλά. Βρίσκουμε το 160 στην περιφέρεια και φέρνουμε τη συγκεκριμένη ακτίνα (δηλ. ενώνουμε το 160 με το κέντρο του κύκλου). Από την περιφέρεια (δηλ. το 160) και προς το κέντρο μετράμε  $30^\circ$ , και βάζουμε μια τελεία. Αυτή αντιπροσωπεύει και

την προβολή της ευθείας.

Αν μας δυσκολεύουν οι προβολές χωρίς τη χρήση ενός τυπωμένου δικτύου με διαφανές και πινέζα, υπάρχει η δυνατότητα να φτιάξουμε μόνοι μας (αν πιάνουν τα χέρια μας) ένα **portable δίκτυο Schmidt**, ελαφρύ και μικρό σε διαστάσεις (όχι μεγαλύτερο από 10X10cm), όπου θα μπορούμε να κάνουμε προβολές «ακριβείας» με τον κλασικό τρόπο του εργαστηρίου. Συνοπτικά, οι οδηγίες είναι οι ακόλουθες (Lisle et al., 2011):

- Κόβουμε ένα τετράγωνο κομμάτι ξύλο, από κόντρα πλακέ θαλάσσης, με πλευρά 13cm.
- Τυπώνουμε σε χαρτόνι και σε σμίκρυνση ένα δίκτυο Schmidt, από αυτό που υπάρχει διαθέσιμο στο e-Class της Τεκτονικής, ώστε η διάμετρος του δικτύου να είναι 10cm. Χρησιμοποιούμε το δίκτυο που οι υποδιαιρέσεις των μεγάλων και μικρών κύκλων είναι ανά 100, γιατί με τις υποδιαιρέσεις ανά 20 η σμίκρυνση θα είναι μια «μουτζούρα».
- Το κόβουμε με κοπίδι και χάρακα σε τετράγωνο σχήμα, αφήνοντας 1,5cm περιθώριο γύρω από το δίκτυο.
- Το κολλάμε γερά πάνω στο κόντρα πλακέ θαλάσσης.
- Κόβουμε ένα τετράγωνο κομμάτι από Plexiglas, με πλευρά 13cm. Τρίβουμε τη μία επιφάνεια με ένα πολύ λεπτό γυαλόχαρτο, μέχρι να «αγριέψει» αρκετά.
- Προμηθευόμαστε ένα μικρό «πριτσίνι» (ή ένα «διπλόκαρφο») και με ένα λεπτό τρυπάνι κάνουμε μια τρύπα στο κέντρο του κόντρα πλακέ και μία στο κέντρο του Plexiglas, τόση ώστε να περνάει το πριτσίνι.
- Τοποθετούμε τη λεία πλευρά του Plexiglas πάνω στην πλευρά του κόντρα πλακέ, που είναι κολλημένο το δίκτυο, έτσι ώστε οι δύο τρύπες να ταυτίζονται. Περνάμε το πριτσίνι και «πριτσινώνουμε», με το ειδικό μηχάνημα. Όχι πολύ σφιχτά για να μπορεί να περιστρέφεται το Plexiglas ελεύθερα.



**Εικόνα 3.15** Χειροποίητη, φορητή κατασκευή για στερεογραφικές προβολές κατά την εργασία υπαίθρου. Πάνω στο «αγριεμένο» με γυαλόχαρτο Plexiglas γράφουμε με μια (έντονου χρώματος) ξυλομπογιά, που μπορεί να σβηστεί εύκολα με τη γόμα. Στο παράδειγμα της εικόνας έχουμε κάνει την προβολή ενός επιπέδου με στοιχεία 60/124.

Έχοντας αυτή την ελαφριά κατασκευή στα χέρια μας, μπορούμε να προβάλλουμε με τον κλασικό τρόπο που μαθαίνουμε στο εργαστήριο, χρησιμοποιώντας μολύβι ή χρωματιστές ξυλομπογιές (π.χ. μια κόκκινη καλοξυσμένη ξυλομπογιά), που γράφουν εύκολα πάνω στο «αγριεμένο» Plexiglas. Αν θέλουμε, σε άλλη θέση παρατήρησης, να χρησιμοποιήσουμε και πάλι το δίκτυο, μπορούμε κάλλιστα με τη γόμα να σβήσουμε τις προηγούμενες προβολές και να κάνουμε τις καινούργιες. Οι πιο «μερακλήδες», μπορούν με ένα λεπτό, μαύρο και ανεξίτηλο (για να μη σβήνει) μαρκαδοράκι, να φέρουν την περιφέρεια του δικτύου και το σημείο του Βορρά, έτσι ώστε να μη χρειάζεται να το ξανακάνουν για κάθε προβολή.

Προφανώς στο τετράδιο υπαίθρου και ανάλογα με τον προσανατολισμό που έχει η γεωλογική χαρτογράφηση που κάνουμε, κρατάμε σημειώσεις και αντίστοιχα σκίτσα για:

- **Κοιτάσματα** (επαφές με μεταλλοφορίες, κοιτάσματα, ορυκτές πρώτες ύλες, βιομηχανικά ορυκτά

κ.λπ.).

- **Υδρογεωλογικές παρατηρήσεις** (πιθανά υδροφόρα στρώματα, καρστικοποίηση, μηχανισμοί λειτουργίας πηγών, σημεία για γεωτρήσεις, υδρομαστευτικά έργα, εμπλουτισμός υπόγειων υδροφόρων οριζώντων κ.λπ.).
- **Γεωτεχνικά θέματα και φυσικούς κινδύνους** (γεωτεχνικά χαρακτηριστικά σχηματισμών, κατολισθήσεις, καταπτώσεις, καθιζήσεις, ρευστοποιήσεις κ.λπ.).

Θα μπορούσαμε να συζητάμε για μέρες ολόκληρες για το τι σημειώνουμε στο τετράδιο υπαίθρου. Είναι όμως κατανοητό, ότι στα πλαίσια του μαθήματος της Γεωλογικής Χαρτογράφησης, δεν μπορούν να καλυφθούν όλες οι απαιτήσεις που έχει η εργασία και η άσκηση στην ύπαιθρο, ύλη η οποία άλλωστε καλύπτεται από τα εργαστήρια και τις ασκήσεις υπαίθρου των μαθημάτων που διδάσκονται στους φοιτητές.

Ολοκληρώνουμε τα σχετικά με το τετράδιο σημειώσεων υπαίθρου με την παραίνεση να μην «τσιγκουνευτείτε» σε χρόνο, ώστε να φτιάξετε ένα τετράδιο όσο πιο περιποιημένο, οργανωμένο, λειτουργικό και πλήρες μπορείτε. Θα σας το ανταποδώσει και με το παραπάνω, όταν θα επεξεργασθείτε την πληροφορία που περιλαμβάνει.

### 3.4 Τι σημειώνουμε στον γεωλογικό χάρτη

Ο **γεωλογικός χάρτης** που φτιάχνουμε στο βουνό, αποτελεί το «έτερον ήμισυ» του τετραδίου υπαίθρου, δεδομένου ότι και σε αυτόν «αποθηκεύουμε» πληροφορία, αλλά με έναν διαφορετικό τρόπο. Αποτελεί άλλωστε και το βασικό αντικείμενο της γεωλογικής χαρτογράφησης, αφού αυτός θα είναι το τελικό παραγόμενο. Εδώ τα πράγματα είναι πιο ξεκάθαρα. Ας δούμε λοιπόν τι σημειώνουμε στο γεωλογικό χάρτη που κατασκευάζουμε στην ύπαιθρο και πώς τον συνδέουμε με τις παρατηρήσεις στο τετράδιο υπαίθρου. Προφανώς ο χάρτης υπαίθρου μοιάζει πολύ, αλλά δεν είναι ίδιος με τον χάρτη που θα προκύψει από τη μεταφορά του στο GIS, δεδομένου ότι αυτός θα περιλαμβάνει πολύ περισσότερες πληροφορίες (τεκτονικά σύμβολα, λεπτομερές υπόμνημα, γεωλογικές τομές, στρωματογραφική στήλη κ.λπ.), που θα προέρχονται από τον συνδυασμό της πληροφορίας που συγκεντρώνουμε στο τετράδιο υπαίθρου και της πληροφορίας από τον χάρτη υπαίθρου.

Στον γεωλογικό χάρτη, δηλαδή στο τοπογραφικό υπόβαθρο συγκεκριμένης κλίμακας που έχουμε επιλέξει ανάλογα με την εφαρμογή και τον σκοπό που προορίζεται ο χάρτης, σημειώνουμε ή «περνάμε» όπως λέμε, τα γεωλογικά όρια των πετρωμάτων και των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής. Κάθε τύπος ορίου συμβολίζεται με διαφορετικό πάχος και διαφορετικό τύπο γραμμής. Πιο συγκεκριμένα:

- Για τα **κανονικά όρια** ανάμεσα στους σχηματισμούς, δηλαδή μετάβαση ή ασυμφωνία, χρησιμοποιούμε μια λεπτή μαύρη γραμμή. Για τα τεκτονικά όρια διακρίνουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις:
- Για τις **επωθήσεις** ή τις **εφιππεύσεις** (επιφάνειες περίπου οριζόντιες ή με μικρή κλίση  $<30^\circ$ , που ακολουθούν συνήθως ή τέμνουν με μικρή γωνία, τις ισοψείς), χρησιμοποιούμε παχιά μαύρη γραμμή, με μαύρα τριγωνάκια για οδόντωση προς τη μεριά του υπερκείμενου (και ανερχόμενου, αφού πρόκειται για ανάστροφα ρήγματα) ρηξιτεμάχους.
- Για τις **αποκολλήσεις**, δηλαδή τις μεγάλης κλίμακας δομές, που η κλίση τους είναι μικρή όπως των επωθήσεων, αλλά ο χαρακτήρας της κίνησης είναι κανονικός, χρησιμοποιούμε παχιά μαύρη γραμμή, με τετραγωνάκια για οδόντωση, προς τη μεριά του υπερκείμενου και (κατερχόμενου) ρηξιτεμάχους.
- Για τα **κατακόρυφα ρήγματα** (περίπου ευθεία γραμμή στον χάρτη) χρησιμοποιούμε μια ενδιάμεσου πάχους μαύρη γραμμή.
- Για τα **κανονικά ρήγματα** (συνήθεις κλίσεις από  $45^\circ$  μέχρι  $70^\circ$ , σπανιότερα μικρότερη ή μεγαλύτερη) χρησιμοποιούμε ενδιάμεσου πάχους μαύρη γραμμή, με κοντές γραμμές για οδόντωση, προς τη μεριά του υπερκείμενου (και κατερχόμενου, αφού πρόκειται για κανονικά ρήγματα) ρηξιτεμάχους.
- Στην πιο σπάνια περίπτωση που έχουμε **ανάστροφα ρήγματα** (δομές μικρότερης κλίμακας από τις επωθήσεις και με μεγαλύτερη, συνήθως, γωνία κλίσης,  $>30^\circ$ - $40^\circ$ ), χρησιμοποιούμε παχιά μαύρη γραμμή με λευκά (δηλ. χωρίς «γέμισμα») τριγωνάκια, προς τη μεριά του υπερκείμενου (και ανερχόμενου) ρηξιτεμάχους.

Από την παραπάνω ταξινόμηση και τους συμβολισμούς που χρησιμοποιούνται (πάχος γραμμής ανάλογα με το μέγεθος της μετακίνησης και οδόντωση για τον κινηματικό χαρακτήρα και τη γεωμετρία –κλίση– του

ρήγματος) γίνεται σαφές, ότι για τα τεκτονικά όρια που τοποθετούμε στον χάρτη (άρα **πληροφορία 2D**, στις δύο διαστάσεις), έχουμε και στοιχεία για την εξέλιξη της δομής στο βάθος (μικρή κλίση, μεγάλη κλίση, μικρή ή μεγάλη μετακίνηση κ.λπ.), άρα **3D πληροφορία**. Από τα τεκτονικά όρια, τα ρήγματα (όλων των ειδών) δεν είναι υποχρεωτικό να αποτελούν όριο ανάμεσα σε διαφορετικούς σχηματισμούς, αφού μπορεί να περιορίζονται στον ίδιο σχηματισμό, αν πρόκειται για μικρότερης κλίμακας δομές. Προφανώς αυτό δεν ισχύει για τις επωθήσεις και τις αποκολλήσεις. Στην περίπτωση που δεν είμαστε βέβαιοι για την προέκταση ενός ορίου ή αυτό είναι καλυμμένο από αλλούβια ή κορημάτα, χρησιμοποιούμε διακεκομμένη, αντί για συνεχή, γραμμή. Για δική μας διευκόλυνση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και διαφορετικά χρώματα για τις γραμμές των ορίων, όπως π.χ. για τα κανονικά ρήγματα πολύ συχνά χρησιμοποιούμε κόκκινο χρώμα γραμμής. Περισσότερες λεπτομέρειες για τις επαφές και τα όρια και τον τρόπο που τα περνάμε στον χάρτη, δίνονται σε επόμενα κεφάλαια.

Κλείνοντας σιγά-σιγά τα όρια στον χάρτη θα αρχίσουμε να χρωματίζουμε και τους **γεωλογικούς σχηματισμούς**, χρησιμοποιώντας την προβλεπόμενη χρωματική κλίμακα, ανάλογα με την κατηγορία, το είδος και την ηλικία του σχηματισμού (για λεπτομέρειες βλ. στα επόμενα κεφάλαια). Τόσο κατά το χρωμάτισμα στον χάρτη, όσο και κατά το πέρασμα των ορίων (αλλά και για ό,τι άλλο βάζουμε πάνω στον χάρτη), δεν πατάμε πολύ την ξυλομπογιά ή το μολύβι, ώστε να μπορούμε να σβήσουμε και να διορθώσουμε εύκολα. Μόλις σιγουρευτούμε ότι τα πράγματα είναι έτσι, μπορούμε να τα «πατήσουμε» περισσότερο.

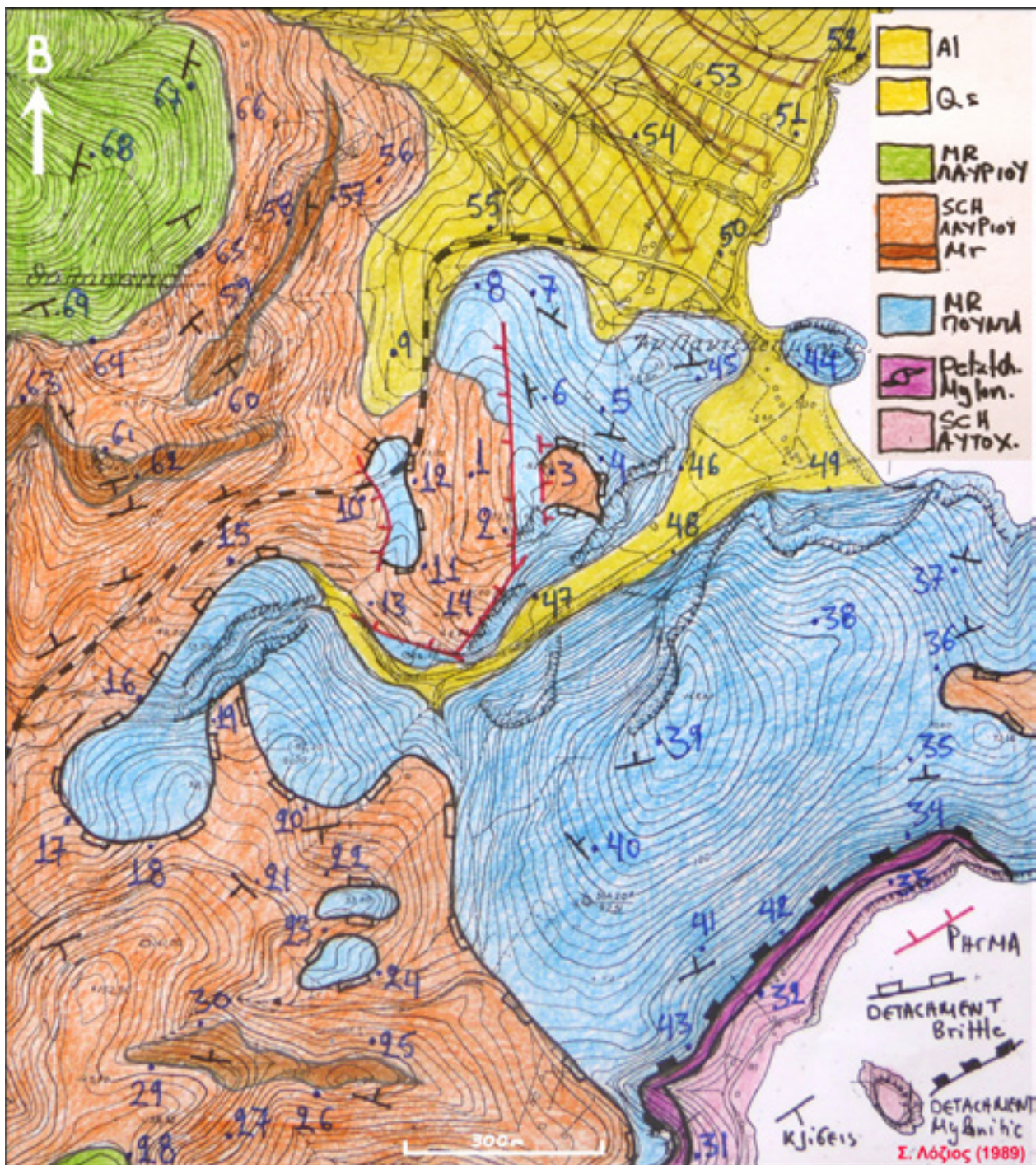
Πάνω στον χάρτη πρέπει να μπει και η πληροφορία για τις **κλίσεις** και την παραμόρφωση των στρωμάτων (π.χ. πτυχώσεις), δηλ. αυτή που μας δίνει 3D απεικόνιση, δηλ. τη δυνατότητα για να κατανοούμε τι γίνεται και στις τρεις διαστάσεις. Άρα σε διάφορα σημεία του χάρτη τοποθετούμε τα γνωστά σύμβολα για τις κλίσεις ( $\perp$  *παράταξη και φορά μέγιστης κλίσης*) που μπορεί να συνοδεύονται και από την τιμή της κλίσης ( $\perp 25^\circ$ ). Επισημαίνεται ότι οι σημειακές αυτές μετρήσεις αφορούν την αντιπροσωπευτική κλίση για μια μεγάλη, σχετικά, περιοχή και όχι τοπικού χαρακτήρα ιδιομορφίες (π.χ. λόγω μικροπτυχών), όπου η κλίση μεταβάλλεται κάθε μισό μέτρο. Το κάθε σημείο που έχουμε πάρει μέτρηση αντιστοιχεί σε ένα σημείο παρατήρησης στο τετράδιο υπαίθρου, όπου εκεί είναι σημειωμένη και όλη η υπόλοιπη γεωλογική πληροφορία (εκτός από τη μέτρηση). Άρα θα μπορούσαμε να μην σημειώνουμε σύμβολα κλίσεων στον χάρτη υπαίθρου και να τα περάσουμε όλα μαζί, στον τελικό χάρτη που θα φτιάξουμε στο GIS (όπου η όλη εργασία μπορεί να γίνει πολύ πιο εύκολα, όπως θα δούμε στο αντίστοιχο κεφάλαιο για τις «νέες τεχνολογίες»). Είναι όμως καλό να το κάνουμε, γιατί έτσι έχουμε μια εποπτική εικόνα από τον χάρτη, για το τι γίνεται με τη γεωμετρία των στρωμάτων, γεγονός που μας βοηθάει και να σκεφτόμαστε (γεωλογικά) στην ύπαιθρο και να προσανατολιζόμαστε την έρευνα στις περιοχές που δεν έχουμε στοιχεία για το πώς εξελίσσεται η γεωμετρία της παραμόρφωσης. Εννοείται ότι το σύμβολο αυτό δεν το χρησιμοποιούμε μόνο για τη στρώση, αλλά και για τις **φυλλώσεις** στα μεταμορφωμένα (σχιστότητα κυρίως), όπου συνήθως χρησιμοποιούμε μια παραλλαγή του (π.χ.  $\parallel$ ), λεπτομέρειες αναφέρονται σε επόμενα κεφάλαια).

Εκτός από τα σύμβολα κλίσεων για τα στρώματα στον χάρτη βάζουμε και στοιχεία για **άξονες πτυχών** και **γραμμώσεις**, που έχουμε μετρήσει απευθείας στην ύπαιθρο, χρησιμοποιώντας συνήθως μικρά βέλη ( $\rightarrow$ ) ή παραλλαγές τους, που δείχνουν τη φορά βύθισης και μπορεί να συνοδεύονται και από την τιμή της βύθισης ( $\rightarrow 35^\circ$ ). Ισχύουν και στην περίπτωση αυτή, όσα αναφέρθηκαν για τις κλίσεις των στρωμάτων. Προφανώς, για όλα αυτά τα σύμβολα, ο σωστός τρόπος για να τα περάσουμε στον χάρτη είναι χρησιμοποιώντας το μοιρογνωμόνιο, διαδικασία που απαιτεί χρόνο. Με λίγη καλή εξάσκηση, όμως, μπορούμε να το κάνουμε με το «μάτι», χωρίς μεγάλες αποκλίσεις, αφού πρόχειρος χάρτης είναι και απλά θέλουμε μια πρώτη εικόνα για το τι συμβαίνει. Στον τελικό παραγόμενο χάρτη, όλα θα είναι με ακρίβεια «χιλιοστού» και «μοίρας»). Απλά μολύβια ή χρωματιστά μολύβια, αλλά και χρωματιστά μαρκαδοράκια (αν είμαστε σίγουροι ότι δεν κάνουμε λάθος), μπορούν να επιστρατευθούν, κατά περίπτωση, διαχωρίζοντας σύμβολα από μετρήσεις διαφορετικών τεκτονικών δομών ή διαφορετικών παραμορφωτικών φάσεων.

Αξιοποιώντας τα σύμβολα των κλίσεων των στρωμάτων, αλλά και τα δεδομένα από τη χαρτογράφηση των ορίων και άλλες παρατηρήσεις (που σχολιάζονται σε επόμενα κεφάλαια), μπορούμε να διαπιστώσουμε τις **μεγάλης κλίμακας πτυχώσεις**, που τις περνάμε στον χάρτη σαν μεγάλες γραμμές με ειδικά σύμβολα, ανάλογα αν πρόκειται για αντικλινικές ή συγκλινικές δομές και ανοικτές ή ισοκλινείς πτυχές (βλ. λεπτομέρειες στα επόμενα κεφάλαια).

Ξεφεύγοντας από τη γεωλογική πληροφορία, ο χάρτης υπαίθρου περιλαμβάνει και όλα τα **σημεία ή θέσεις παρατήρησης-πληροφορίας**, με την αντίστοιχη αρίθμηση που έχουμε και στο τετράδιο υπαίθρου. Με τον τρόπο αυτό υπάρχει η άμεση σύνδεση ανάμεσα στην πληροφορία που περιλαμβάνεται τόσο στον χάρτη, όσο και στο τετράδιο με τις παρατηρήσεις, απολιθωματοφόρες θέσεις, μετρήσεις, πίνακες, τομές, σκίτσα, δείγματα, φωτογραφίες κ.λπ., δηλαδή με όλη την πλούσια γεωλογική πληροφορία που έχουμε συγκεντρώσει.

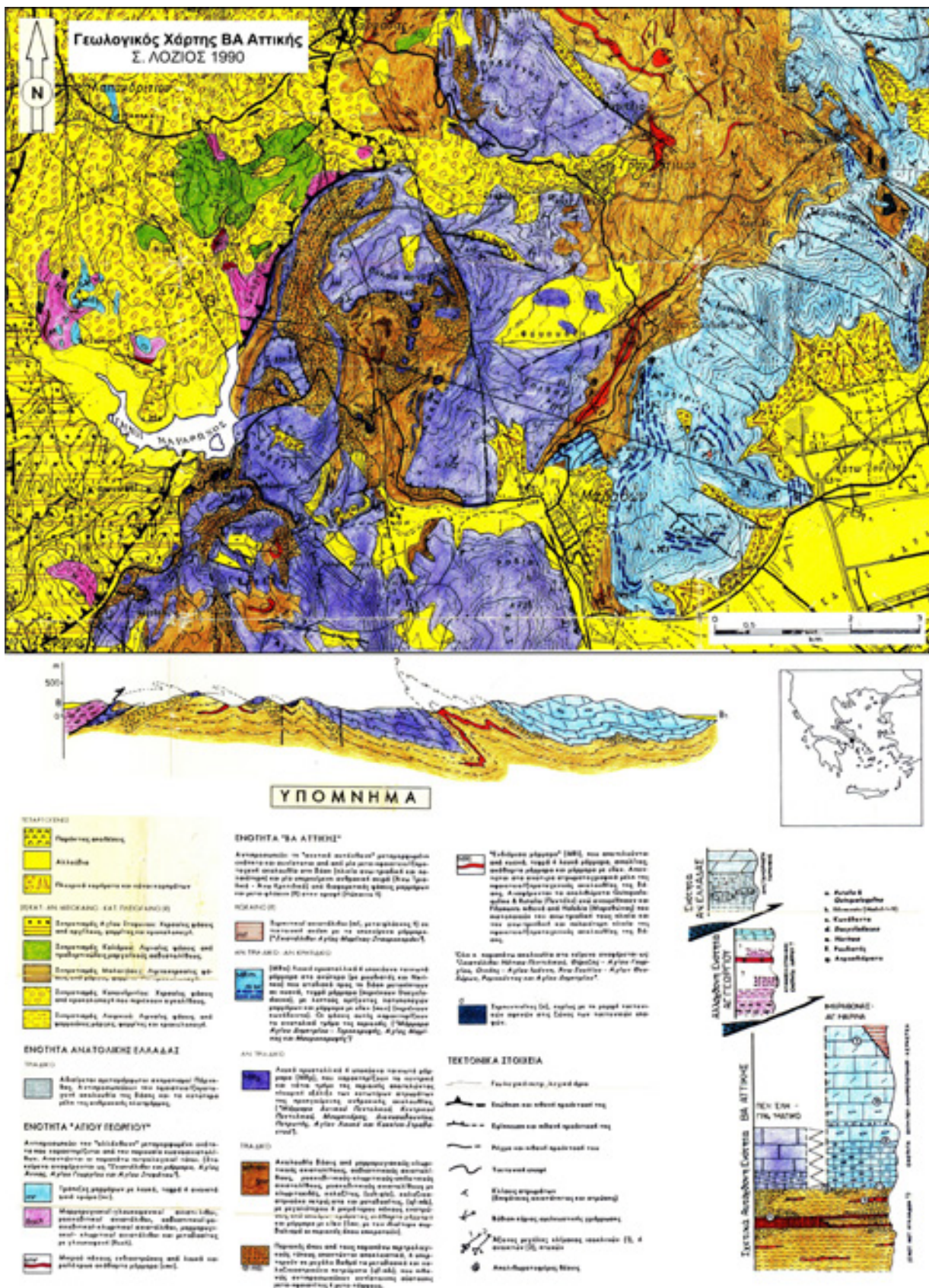
Για να τοποθετούμε τα σημεία παρατήρησης πάνω στον χάρτη χρησιμοποιούμε την κλασική μέθοδο, αφού διαβάζοντας τον χάρτη ξέρουμε και να τον συσχετίζουμε με το ανάγλυφο και να βρίσκουμε τη θέση μας ανά πάσα στιγμή. Σε περίπτωση που τα πράγματα δυσκολεύουν (π.χ. έντονη δασοκάλυψη), μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη γεωλογική πυξίδα (τεχνική που αναλύεται διεξοδικά σε επόμενα κεφάλαια).



**Εικόνα 3.16** Γεωλογικός χάρτης υπαίθρου, που έχει κατασκευασθεί από φοιτητές, σε υπόβαθρο κλίμακας 1:10.000, στα πλαίσια άσκησης γεωλογικής χαρτογράφησης, στην περιοχή της Κακιάς Θάλασσας, στη Νότια Αττική. Εκτός από τα όρια και τους γεωλογικούς σχηματισμούς περιλαμβάνει σύμβολα, μετρήσεις, σημεία παρατήρησης και ένα συνοπτικό υπόμνημα.

Υπάρχουν βέβαια και ηλεκτρονικές διευκολύνσεις. Π.χ. εφαρμογές που περνάμε τον τοπογραφικό χάρτη, που χρησιμοποιούμε σαν υπόβαθρο χαρτογράφησης, στο smartphone και ανά πάσα στιγμή βλέπουμε το στίγμα μας στον χάρτη (μέσω του GPS που διαθέτει το κινητό). Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να «αντιγράψουμε» με ακρίβεια το σημείο, από τον χάρτη του κινητού στον χάρτη υπαίθρου. Αν δεν έχουμε τέτοια εφαρμογή, τότε σε κάθε σημείο παρατήρησης δεν παραλείπουμε να παίρνουμε και το στίγμα μας με το αυτόνομο GPS που έχουμε μαζί μας. Άρα μπορούμε να τοποθετήσουμε, με τις κλασικές μεθόδους, το σημείο στον χάρτη κατά

προσέγγιση (αν δεν μπορούμε με ακρίβεια) και να το διορθώσουμε όταν περάσουμε τα στοιχεία του GPS στο GIS (στον υπολογιστή μας αργότερα, στο δωμάτιο που μένουμε). Άλλη λύση είναι να έχουμε φροντίσει ο τοπογραφικός που χρησιμοποιούμε να έχει και έναν κίναβο συντεταγμένων, ώστε να μπορούμε διαβάζοντας τις συντεταγμένες στο GPS να τις εντοπίσουμε στον χάρτη και έτσι να βάλουμε το σημείο με ακρίβεια. Λεπτομέρειες για όλες αυτές τις τεχνικές αναφέρονται σε επόμενα κεφάλαια.



Εικόνα 3.17 Γεωλογικός χάρτης υπαίθρου των μεταμορφωμένων σχηματισμών της ΒΑ Αττικής, που κατασκευάστηκε σε

υπόβαθρο κλίμακας 1:20.000. Συνοδεύεται από γεωλογική τομή, λιθοστρωματογραφική στήλη και υπόμνημα.

Είναι καλό, όσο και αν κρατάμε σημειώσεις στο τετράδιο υπαίθρου, ο γεωλογικός χάρτης που κατασκευάζουμε στην ύπαιθρο να συνοδεύεται και από ένα **συνοπτικό υπόμνημα**, που να περιλαμβάνει όλους τους σχηματισμούς και σύμβολα που έχουμε χρησιμοποιήσει, γιατί συχνά χρησιμοποιούμε τόσο πολλά κωδικοποιημένα σύμβολα και συντημήσεις στον χάρτη, που στο τέλος ...τα ξεχνάμε. Η πίσω, λευκή, πλευρά του χάρτη είναι ιδανική, ώστε ο χάρτης και το υπόμνημά του, να είναι ... «για πάντα μαζί». Για κάθε έναν σχηματισμό φτιάχνουμε το γνωστό μικρό παραλληλόγραμμο κουτάκι, που το γεμίζουμε με το χρώμα του σχηματισμού. Πάνω-πάνω οι μεταλλικοί σχηματισμοί, από τον νεότερο προς τον παλαιότερο και ακολουθούν οι αλπικές ενότητες, από την υπερκείμενη τεκτονικά, προς τις υποκείμενες. Εξυπακούεται ότι σε κάθε τεκτονική ενότητα ακολουθούμε την ίδια λογική, πάνω οι νεότεροι σχηματισμοί και όσο προχωράμε προς τα κάτω οι αρχαιότεροι. Ακολουθεί το υπόμνημα για τα όρια των σχηματισμών και τα τεκτονικά σύμβολα, καθώς και για οποιοδήποτε άλλο κωδικοποιημένο σημάδι έχουμε χρησιμοποιήσει για δική μας χρήση και ευκολία.

Τέλος, μια (ή περισσότερες) **συνθετικές γεωλογικές τομές** ή μια συνθετική **λιθοστρωματογραφική στήλη**, πολύ συχνά θα δούμε να συνοδεύουν τον γεωλογικό χάρτη υπαίθρου, δείχνοντας εποπτικά τη γεωλογική και τεκτονική δομή της περιοχής που εργαστήκαμε για τόσο διάστημα. Η θέση των τομών είναι σημειωμένη και στον χάρτη. Χρησιμοποιούμε τα ίδια χρώματα για τους σχηματισμούς αλλά και συμβολισμό για να φαίνεται η γεωμετρία της στρώσης. Δεν ξεχνάμε τον βασικό κανόνα, που μαθαίνουμε στα εργαστήρια: «ο συμβολισμός πάντα παράλληλα με τη στρώση». Δεν νομίζω ότι χρειάζονται άλλες πληροφορίες για τις τομές και τις στήλες, στο εργαστήριο της «Γεωλογίας Ελλάδας» έχετε διδαχθεί τα πάντα.

Στο προηγούμενο υποκεφάλαιο για τις σημειώσεις στο τετράδιο υπαίθρου, αναφέρθηκε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, που ο χρόνος πιέζει (κακοκαιρία, επιστροφή κ.λπ.), μπορούμε να κρατάμε τον βασικό κορμό κάποιων σημειώσεων και την ανάπτυξη και τις λεπτομέρειες να τις αφήνουμε για όταν επιστρέψουμε στη βάση μας. Αυτό δεν το κάνουμε ΠΟΤΕ με τον γεωλογικό χάρτη. Γεωλογικά όρια και σχηματισμούς δεν περνάμε **ποτέ από μνήμης**, αλλά μόνο επιτόπου στην ύπαιθρο.

Για λόγους ασφαλείας καλό θα είναι να υπάρχει ένα ακόμα **αντίγραφο** του χάρτη υπαίθρου. Μια έγχρωμη φωτοτυπία ή ένα καλό σκανάρισμα, επιβάλλονται. Αυτό όμως όταν επιστρέψουμε στη βάση μας. Η αντιγραφή του χάρτη σε ένα καθαρό υπόβαθρο (αν όχι κάθε ημέρα, τουλάχιστον μέρα παρά μέρα) είναι μία λύση αλλά έχει δύο βασικά μειονεκτήματα. Πρώτον απαιτείται χρόνος και κόπος και δεύτερον πάντα υπάρχει ο κίνδυνος είτε να κάνουμε κάτι λάθος (με τα mm παίζουμε περνώντας τα όρια, π.χ. ακριβώς στο ρέμα, ή λίγο πάνω ή λίγο κάτω από αυτό;) είτε να ξεχάσουμε κάτι κατά την αντιγραφή. Άλλη μία λύση είναι να φωτογραφίζουμε τον χάρτη στο τέλος κάθε ημέρας (όπως και το τετράδιο σημειώσεων), ώστε, αν δυστυχώς συμβεί το απευκαίριον της απώλειας, να περισώσουμε όσο περισσότερη πληροφορία μπορούμε. Για τη φωτογράφιση όμως, χρειάζεται να ξέρουμε τουλάχιστον τα βασικά (και κάτι παραπάνω). Για το λόγο αυτό διαβάστε ότι επιπλέον πληροφορία βρείτε στα επόμενα κεφάλαια, αλλά ενημερωθείτε και εξασκηθείτε στις τεχνικές της φωτογράφισης, είτε επιστρατεύοντας (όπως αναφέραμε ξανά), γνωστούς ή φίλους με χόμπι τη φωτογραφία είτε ψάχνοντας το άπειρο υλικό (οδηγίες σε κείμενο, σχήματα, video κ.λπ.) που υπάρχει στο διαδίκτυο.

Ολοκληρώνουμε και το υποκεφάλαιο αυτό με την παραίνεση να επιμελείσθε τον χάρτη σας προσεκτικά, όσος χρόνος και αν απαιτείται γι' αυτό. Να του συμπεριφέρεστε «με το γάντι» όσο πιο «ευγενικά» μπορείτε, γιατί με το «δίπλωσε-ξεδίπλωσε» συνέχεια είναι πολύ εύκολο να γίνει ... «πατσαβούρι». Όσο πιο «περιποιημένος» είναι ο χάρτης υπαίθρου (αλλά και το τετράδιο σημειώσεων) που κατασκευάζετε, τόσο πιο πολύ θα διευκολυνθείτε στην επεξεργασία και αξιοποίηση της πληροφορίας που περιέχει, μέχρι να ψηφιοποιηθεί και να γίνει ανακοινώσιμη στην επιστημονική κοινότητα.

### 3.5 Τετράδιο & χάρτης VS tablet

Τη σημερινή εποχή, εύλογα μπαίνει το ερώτημα «...κρατάμε ακόμα σημειώσεις και περνάμε τα όρια στον χάρτη με χαρτί και μολύβι, αντί να χρησιμοποιούμε ένα tablet για ηλεκτρονική χαρτογράφηση, ηλεκτρονικές σημειώσεις και ...δώρο όλες τις ευκολίες επεξεργασίας και διαχείρισης των δεδομένων που συνεπάγεται;». Με τα δεδομένα της τεχνολογίας που έχουμε στα χέρια μας μέχρι σήμερα, η απάντηση είναι σαφής. Ο κλασικός τρόπος, με χαρτί μολύβι και μπογιές, για χάρτη, σημειώσεις και σχήματα, είναι (ακόμα) πολύ πιο βολικός, επιτρέπει πολύ μεγαλύτερη λεπτομέρεια και είναι σαφώς πιο γρήγορος. Άρα **τετράδιο & χάρτης VS tablet, σημειώσατε 1**.

Ας πιάσουμε τα σχετικά με το τετράδιο πρώτα. Ενώ στο κείμενο τα πράγματα έρχονται πιο ισόπαλα και θα μπορούσε κάποιος, ιδιαίτερα εσείς, η νέα γενιά, που είστε πολύ πιο εξοικειωμένοι και γρήγοροι, να κρατήσει σημειώσεις με ένα tablet, ακόμα και με ένα ευμέγεθες smartphone, εκεί που η πλάστιγγα γέρνει σαφώς υπέρ του τετραδίου είναι σε όλων των ειδών τα γεωλογικά σκίτσα. Τα tablets δεν προσφέρουν ακόμα την τεχνολογία για να σχεδιάσουμε (εύκολα) με ακρίβεια δομές που χρειάζονται λεπτομέρεια. Για τη σχεδίαση απαιτείται **ηλεκτρονική πένα**, που η ακρίβειά της είναι για την ώρα (στις περισσότερες περιπτώσεις) «χοντροκομμένη» και απαιτείται πολύ εξάσκηση (και γερά νεύρα) για να καταλήξει κάποιος σε αποδεκτό αποτέλεσμα. Άσε που είναι πανάκριβες. Είναι αλήθεια ότι στην αγορά κυκλοφορούν και κάποιες ελάχιστες προτάσεις tablets, με ειδικό λεπτό πενάκι και **οθόνη τύπου «digitizer»**, που έχουν πολύ πιο άμεση και ακριβή απόκριση και επιτρέπουν πολύ πιο εύκολη και λεπτομερή εργασία. Προσομοιάζουν πολύ πιο πετυχημένα αυτό που μπορείς να κάνεις με χαρτί, μολύβι και μογιές. Οι εφαρμογές που τις συνοδεύουν έχουν πολλές δυνατότητες, όπως:

- Διαχειρίζονται **πολλά εικονικά τετράδια** (βιβλία – books) στα οποία μπορείς να επιλέξεις είδος χαρτιού (λευκό, με γραμμές, με καρό τετραγωνάκια, milimetre κ.λπ.), είτε για όλο το βιβλίο είτε για συγκεκριμένες σελίδες. Βολικότατο για την περίπτωσή μας.
- Μιμούνται **πολλά είδη γραφής** (μολύβι, μαρκαδόρο, text marker, στυλό, πένα, κάρβουνο κ.λπ.) και μπορείς επιλέξεις πολλά πάχη και χρώματα γραμμών. Άρα και κείμενο γράφεις και σκίτσα ωραία φτιάχνεις και τονίζεις, υπογραμμίζεις, αναδεικνύεις ό,τι χρειάζεται.
- Μπορείς να **βάψεις με ότι χρώμα θέλεις**, συγκεκριμένες περιοχές με ακρίβεια χιλιοστού και βαφή που μιμείται ξυλομπογιά, μαρκαδόρο, πινέλο κ.λπ. Ότι καλύτερο για να βάλεις χρώμα στη ...ζωή σου (στα σκίτσα σου δηλαδή).
- Μπορείς να **εισάγεις φωτογραφίες** που έχεις τραβήξει και να τις βάλεις δίπλα (πάνω ή κάτω) στις σημειώσεις και τα σκίτσα, αλλά και να σημειώσεις πάνω σε αυτές. Νομίζω μας διευκολύνει αφάνταστα.
- Μπορείς να **αποθηκεύσεις** (αρχείο εικόνας jpg ή pdf), σε περισσότερα από ένα μέσα για ασφάλεια, αλλά και να **τυπώσεις** τα πάντα, φτιάχνοντας και δένοντας ένα τετράδιο υπαίθρου και να το ξεφυλλίζεις για να βρεις τα στοιχεία που θέλεις, όπως θα ξεφύλλιζες και το κλασικό τετράδιο υπαίθρου.

Προφανώς υπάρχουν και εφαρμογές που μπορούν να μετατρέπουν το χειρόγραφο κείμενο που γράφει κανείς στο tablet σε επεξεργάσιμο **αρχείο τύπου word** ή τους πίνακες με τις μετρήσεις σε **αρχείο τύπου excel**, ώστε να υπάρχει έτοιμο ψηφιακό υλικό, εργασία που έτσι και αλλιώς θα κάνει κανείς στη συνέχεια. Δυστυχώς όμως δεν υπάρχει, ακόμα, εκείνη η εφαρμογή που θα συνδυάζει όλα αυτά μαζί με τη δημιουργία σχεδίων και σκίτσων, με τρόπο λειτουργικό και εξυπηρετικό.

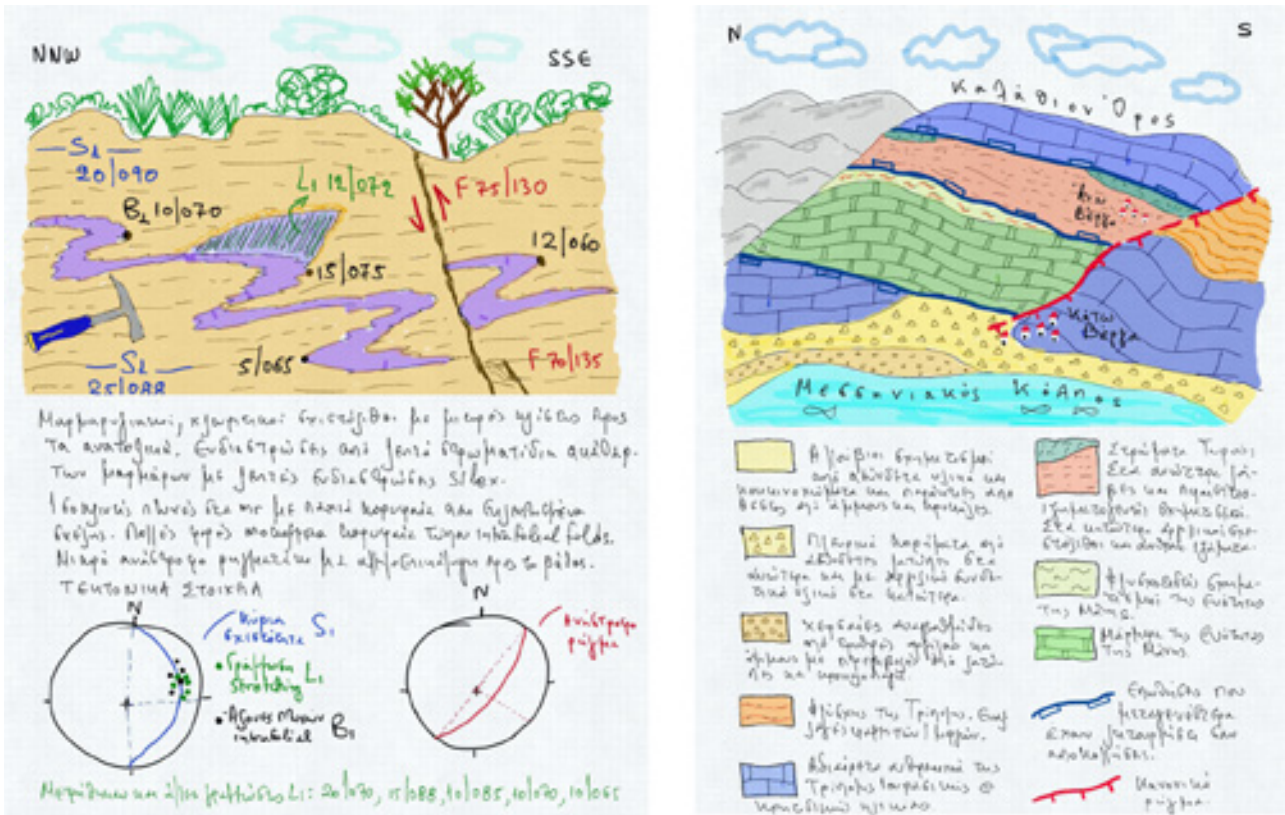
Η περίπτωση κατασκευής του χάρτη ηλεκτρονικά, με τη βοήθεια ενός tablet, είναι πιο σύνθετη, αν και με την έντονη ανάπτυξη των GIS υπάρχουν κάποιες λύσεις. Το ζητούμενο είναι να κατασκευάζουμε τον χάρτη απευθείας σε ηλεκτρονική μορφή στην υπαίθρο, ώστε να μη χρειάζεται μετά να τον περνάμε στο GIS στο γραφείο. Άρα χρειαζόμαστε μια **εφαρμογή GIS για tablet**, με την οποία, εκτός από την εισαγωγή του τοπογραφικού υποβάθρου (σε raster ή vector μορφή) και την ένδειξη του στίγματός μας ανά πάσα στιγμή, να μπορούμε να εισάγουμε πολύγωνα (άρα όρια γεωλογικών σχηματισμών), γραμμές (άρα ρήγματα και τα συναφή) και σημεία (θέσεις παρατήρησης, λήψης μετρήσεων, δειγμάτων κ.λπ.) με το πενάκι, αλλά και να εισάγουμε απευθείας σύμβολα μετρήσεων κλίσης επιφανειών ή γραμμικών στοιχείων, με τον προσανατολισμό τους, με χρώματα, σύμβολα, γεμίσματα και πάχη που μπορούμε να επιλέξουμε. Έχουν ήδη κάνει την εμφάνισή τους τέτοιου τύπου εφαρμογές, αλλά πάσχουν ακόμα από ... «βρεφικές ασθένειες». Αποσπασματικά πράγματα με όλα αυτά που περιγράφουμε, και μπορούν να γίνουν. Άλλα είναι περισσότερο λειτουργικά και άλλα όχι. Όμως για ένα πακέτο «όλα σε ένα», που να είναι φιλικό, εξυπηρετικό, λειτουργικό, να συνεργάζεται με το διαθέσιμο hardware (λέγε με tablet) και χωρίς να χρειάζεται του κόσμου τη δουλειά μετά για να κάνουμε διορθώσεις στο PC, δυστυχώς πρέπει να περιμένουμε ακόμα. Τα πράγματα προχωρούν γρήγορα, δεν θα αργήσουν, αλλά μέχρι τότε **«χαρτί και μολύβι»** για τη βασική δουλειά και ενδιάμεσως ενημερωνόμαστε, πειραματιζόμαστε, και ψάχνουμε τις νέες τεχνολογίες (όσο αντέχει η τσέπη μας).

Στο σημείο αυτό θα ήταν λάθος να μην αναφέρουμε ότι χρησιμοποιώντας ένα tablet με ειδικό πενάκι και τις εφαρμογές που αναφέραμε προηγουμένως για το τετράδιο σημειώσεων υπαίθρου, υπάρχει η δυνατότητα να έχουμε ένα εξίσου καλό αποτέλεσμα και για τον χάρτη. Με άλλα λόγια μπορούμε:

- να **αποθηκεύσουμε το τοπογραφικό υπόβαθρο** σε μορφή εικόνας (jpg) στο tablet,
- να **περάσουμε όρια σχηματισμών** πάνω σε αυτό (με ότι χρώμα και πάχος γραμμής επιθυμούμε),



- να **χρωματίσουμε τους σχηματισμούς** με όποιο χρώμα επιλέξουμε (διαφανές ώστε να μην κρύβονται οι ισούθειες από κάτω),
- να **τοποθετήσουμε σημεία** με την αριθμησή τους πάνω στον χάρτη και
- να **τοποθετήσουμε σύμβολα** κλίσεων, αξόνων πτυχών κ.λπ.



**Εικόνα 3.18** Σκίτσα και σχήματα, που μπορεί να συνοδεύονται από κείμενο και διαγράμματα (Schmidt κ.λπ.), τα οποία έχουν κατασκευασθεί στην ύπαιθρο από φοιτητές, με τη χρήση εφαρμογών για tablets. Οι δυνατότητες για ακριβή σχεδίαση με ποικιλία χρωμάτων και γραμμών είναι εντυπωσιακή. Στο κείμενο τα πράγματα είναι λίγο πιο δύσκολα και χρειάζεται μικρή εξάσκηση. Με αντίστοιχο τρόπο (δηλ. σαν εικόνα, raster) μπορούμε να κατασκευάσουμε και έναν γεωλογικό χάρτη, αν και στην περίπτωση αυτή συνιστάται, όπου υπάρχει η δυνατότητα, η χρήση εφαρμογών τύπου GIS.

Το εξαγόμενο αποτέλεσμα βέβαια, δεν θα είναι τίποτα περισσότερο από ένα αρχείο jpg (με ότι ευκολία και ασφάλεια συνεπάγεται αυτό για την αποθήκευσή του), που μπορούμε να το τυπώσουμε σε όποια διάσταση θέλουμε και να το χρησιμοποιήσουμε, όπως ακριβώς και τον .... «χάρτινο» χάρτη που χρωματίζουμε με ξυλομπογιές στην ύπαιθρο.

Ολοκληρώνοντας την «κόντρα» αυτή ανάμεσα στον κλασικό και ηλεκτρονικό τρόπο εργασίας, θα θέλαμε να επισημάνουμε ορισμένα ακόμα προβλήματα της τεχνολογίας, που γέρνουν ακόμα την πλάστιγγα προς τον κλασικό τρόπο δουλειάς. Αυτά είναι:

- **διάρκεια μπαταρίας** (μας βγάζει όλη τη μέρα ή θα πάμε γρήγορα για ....καφέ),
- **βάρος** (χάρτης και τετράδιο είναι «πούπουλο» μπροστά και στο πιο ελαφρύ 10" tablet),
- **φωτεινότητα οθόνης** (άντε να τη διακρίνεις με «ντάλα ήλιο»),
- **αντοχή** (τα κοινά tablet είναι αρκετά «λεπτεπίλεπτα» και «εύθραυστα» και τα εξειδικευμένα «βαρέως τύπου», που πληρούν προδιαγραφές για πτώση, νερό, σκόνη και λάσπη, απλώς .... «απλησίαστα»),
- **ασφάλεια** (το φύλαξε ή δεν το φύλαξε, και αν κολλήσει;) και
- **κόστος** («τσουχερό» το tablet με πενάκι, «τσουχερό» το εξειδικευμένο software, άσε που για αντίγραφα ασφαλείας στο cloud πρέπει να έχεις, τουλάχιστον, σύνδεση 3G, πακέτο με απεριόριστα data και φυσικά .... «φουσκωτό πορτοφόλι»).

Τα προβλήματα αυτά είναι βέβαιο ότι θα λυθούν πολύ γρήγορα από τεχνική άποψη, εκτός ίσως από το κόστος. Περισσότερες πληροφορίες, για τις σύγχρονες αυτές τεχνολογίες, θα βρείτε και σε επόμενα κεφάλαια.

## **Βιβλιογραφία/Αναφορές**

- Coe, L.A. (editor), Argles, W.T., Rothery, A.D., Spicer, A.R. (2010). *Geological Field Techniques*. 323p., Wiley-Blackwell.
- Fossen, H. (2010). *Structural Geology*. 463p., Cambridge University Press.
- Lisle, J.R., Brabham, P., Barnes, J. (2011). *Basic Geological Mapping*. 217p., Wiley-Blackwell.

## Κεφάλαιο 4:

# Η χρήση της γεωλογικής πυξίδας

### Σύνοψη

Η γεωλογική πυξίδα αποτελεί ένα από τα βασικότερα «εργαλεία» του γεωλόγου κατά τη διάρκεια της γεωλογικής χαρτογράφησης, δεδομένου ότι με αυτή όχι μόνο προσανατολίζει τον χάρτη του και βρίσκει τη θέση του στην υπαίθρο, αλλά μετρά τον προσανατολισμό και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των γεωλογικών επιφανειών (στρώση, επαφές, επωθήσεις, ρήγματα κ.λπ.) και άρα μπορεί να συνειδητοποιήσει τη δομή τους και στις τρεις διαστάσεις (3D), προσθέτοντας στη διδιάστατη απεικόνιση ενός χάρτη και την έννοια του βάθους. Με τη γεωλογική πυξίδα, επίσης, θα μετρήσει όλες τις τεκτονικές δομές (άξονες πτυχών, γραμμώσεις, κινηματικούς δείκτες κ.λπ.) για να τις αποτυπώσει στον χάρτη και να τις επεξεργασθεί στο εργαστήριο (κινηματική και δυναμική ανάλυση). Η τεχνική των μετρήσεων, τόσο των επίπεδων, όσο και των γραμμικών γεωλογικών και τεκτονικών στοιχείων, απαιτεί μια εξοικείωση, που αποκτάται με τη συνεχή εξάσκηση και χρήση της πυξίδας.

### Προαπαιτούμενη γνώση

Οι βασικές γνώσεις που δίνονται στα μαθήματα, τα εργαστήρια και τις ασκήσεις υπαίθρου, της Εισαγωγής στη Γεωλογία και της Τεκτονικής. Η ύλη από τα αντίστοιχα κεφάλαια των σημειώσεων που δίνονται στους φοιτητές και είναι αναρτημένα στην πλατφόρμα e-Class. Οι ηχογραφημένες παραδόσεις (βιντεοδιαλέξεις) από τα αντίστοιχα κεφάλαια, τόσο κατά τις παραδόσεις των μαθημάτων, όσο και στις ασκήσεις υπαίθρου, που έγιναν στα πλαίσια της δράσης «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα» και φιλοξενούνται στην πλατφόρμα Open Delos.

## 4.1 Διεύθυνση, κλίση, φορά κλίσης και πλαγιοβύθιση

Με τη γεωλογική πυξίδα μετράμε τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά επίπεδων και γραμμικών γεωλογικών δομών. Με άλλα λόγια σε ότι αφορά τις επίπεδες δομές τα μεγέθη που προσδιορίζουμε είναι: i) τιμή κλίσης, ii) φορά κλίσης και iii) διεύθυνση και σε ό,τι αφορά τα γραμμικά: i) τιμή βύθισης, ii) φορά βύθισης και iii) διεύθυνση. Άλλο ένα μέγεθος, το οποίο επίσης μετράμε συχνά με την πυξίδα, στις περιπτώσεις που ένα γραμμικό στοιχείο βρίσκεται πάνω σε μια επιφάνεια, είναι η πλαγιοβύθιση (pitch). Ας κάνουμε μια «μίνι» επανάληψη για το τι σημαίνουν τα μεγέθη αυτά και ποια είναι η σχέση που τα συνδέει.

Για τις κεκλιμένες γεωλογικές επιφάνειες η **τιμή της (μέγιστης) κλίσης** είναι η (οξεία) διέδρη γωνία που σχηματίζει η επιφάνεια με το οριζόντιο επίπεδο. Άρα παίρνει τιμές από 0° (οριζόντιο επίπεδο) μέχρι 90° (κατακόρυφο επίπεδο).

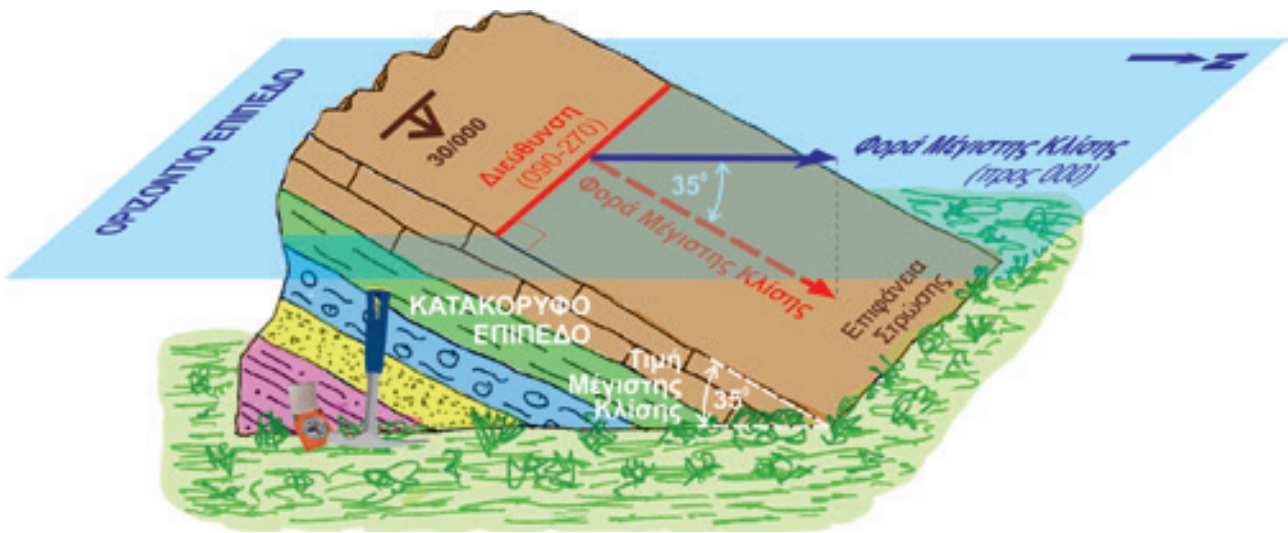
Η **διεύθυνση**, ταυτίζεται με τη διεύθυνση των παρατάξεων της επιφάνειας, δηλαδή μιας οριζόντιας ευθείας πάνω στην κεκλιμένη επιφάνεια. Μετρείται πάνω στον αζιμουθιακό κύκλο (0°–360°) και συμβολίζεται με τους γνωστούς τρόπους. Π.χ. N90°E, ή 090–270 (δηλ. ακριβώς E–W), για το παράδειγμα της Εικ. 1.

Η **φορά μέγιστης κλίσης** είναι ένα άνυσμα κάθετο στην παράταξη, με φορά προς τη μεριά που κλίνει η επιφάνεια (προς τα χαμηλότερα τοπογραφικά σημεία). Το άνυσμα αυτό το προβάλλουμε στο οριζόντιο επίπεδο και με βάση τον αζιμουθιακό κύκλο αναφέρουμε την τιμή που δείχνει το άνυσμα. Π.χ. προς 000 (δηλ. ακριβώς προς Βορρά) για το παράδειγμα της Εικ. 1.

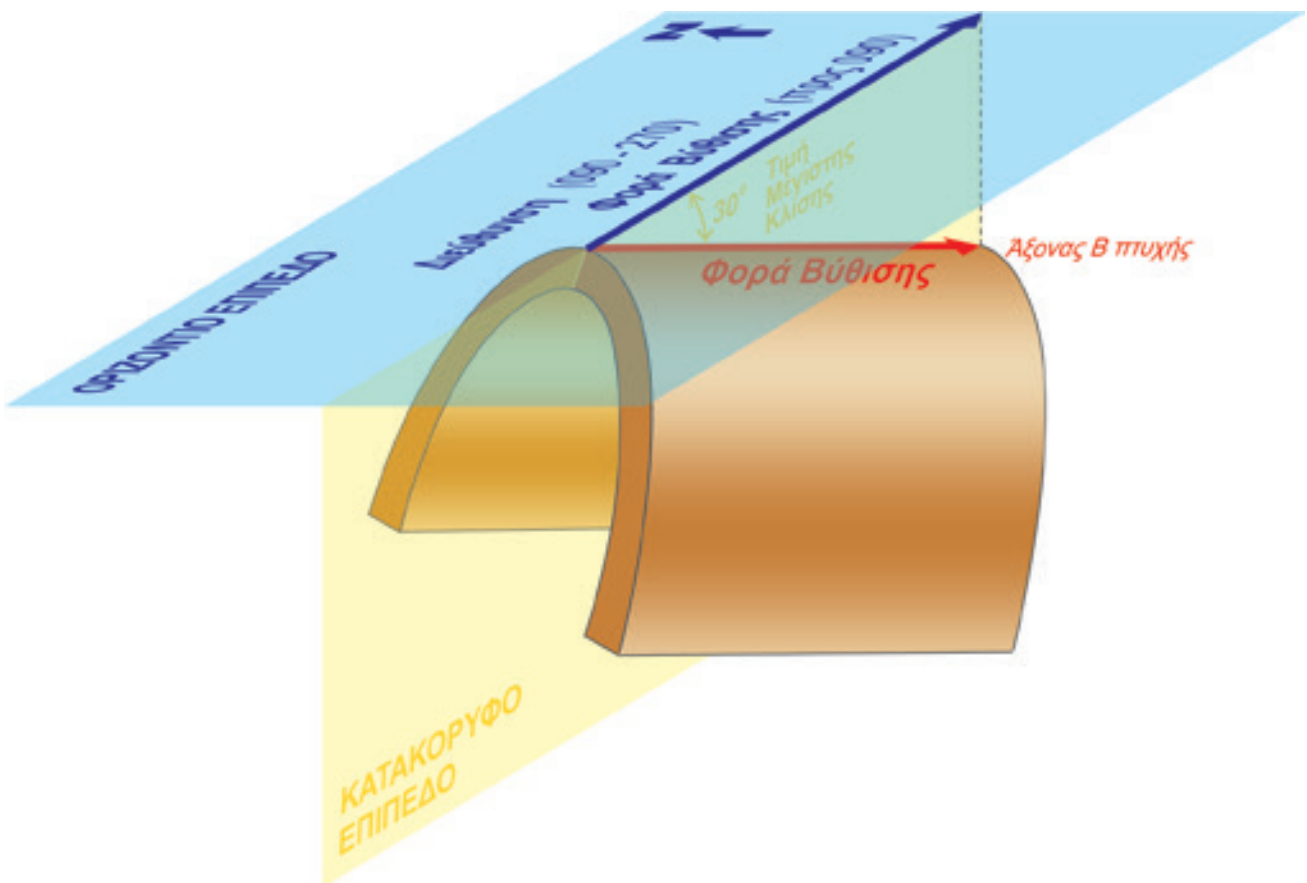
Στην περίπτωση των γραμμικών στοιχείων χρησιμοποιούμε τον όρο βύθιση αντί για τον όρο κλίση. Η **τιμή της (μέγιστης) βύθισης** είναι η γωνία που σχηματίζει το γραμμικό στοιχείο με το οριζόντιο επίπεδο, με τιμές από 0° (οριζόντια γραμμή) μέχρι 90° (κατακόρυφη γραμμή).

Η **διεύθυνση** του γραμμικού στοιχείου αντιστοιχεί στη διεύθυνση που έχει η προβολή του στο οριζόντιο επίπεδο και διαβάζεται με τους γνωστούς τρόπους στον αζιμουθιακό κύκλο. Για τον άξονα Β της πτυχής, της Εικ. 4.2, είναι 090–270 (δηλ. ακριβώς E–W).

Αν θεωρήσουμε ότι το κεκλιμένο γραμμικό στοιχείο είναι ένα άνυσμα με φορά προς τη μεριά που κλίνει, τότε η προβολή του στο οριζόντιο επίπεδο είναι ένα άνυσμα, που δείχνει σε κάποιο σημείο του αζιμουθιακού κύκλου, που αντιστοιχεί στη **φορά βύθισης**. Π.χ. προς 090 (δηλ. ακριβώς Ανατολή), για τον άξονα Β της πτυχής της Εικ. 4.2.



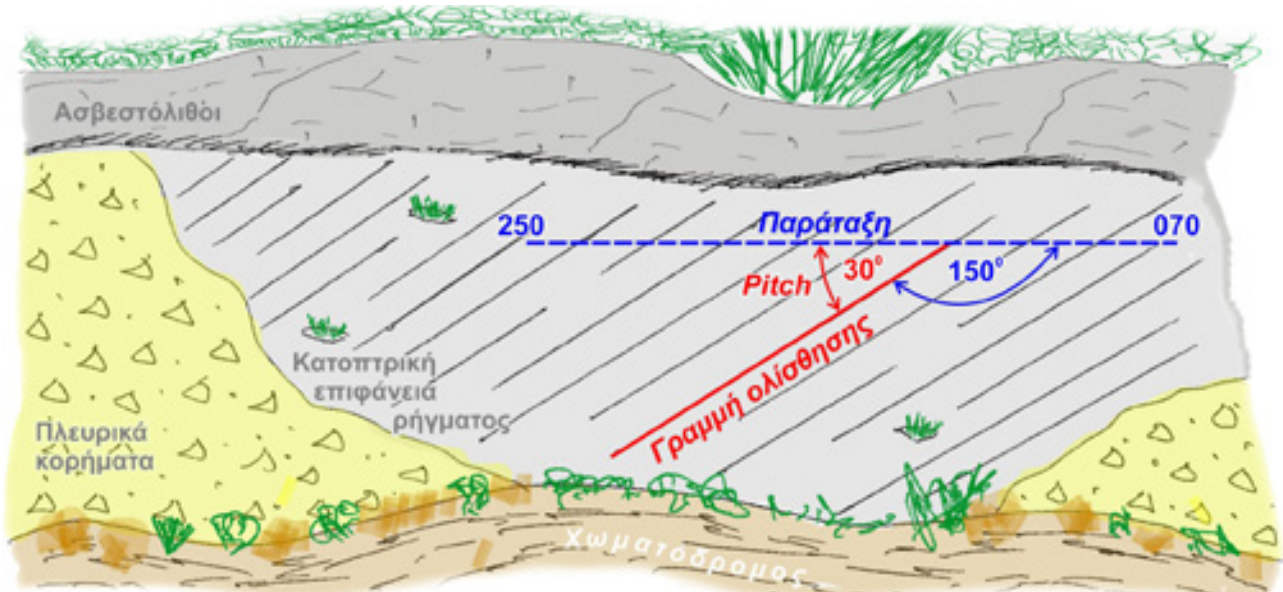
**Εικόνα 4.1** Απλά κεκλιμένα στρώματα, με τιμή μέγιστης κλίσης 35°, όπως φαίνονται σε τομή (κατακόρυφο επίπεδο, π.χ. μια κατακόρυφη διάκλαση) κάθετη στην παράταξη των στρωμάτων. Πάνω στην επιφάνεια στρώσης σημειώνονται η παράταξη (διεύθυνση, 090–270) και η φορά μέγιστης κλίσης. Στο οριζόντιο επίπεδο σημειώνεται η προβολή του ανύσματος της φοράς μέγιστης κλίσης (που δείχνει προς Βορρά, δηλ. 000).



**Εικόνα 4.2** Πτυχή με βυθιζόμενο άξονα (ο άξονας της πτυχής είναι γραμμικό στοιχείο) και τιμή βύθισης 30° (η τιμή βύθισης αντιστοιχεί στην τιμή μέγιστης κλίσης, δεδομένου ότι τον όρο βύθιση το χρησιμοποιούμε στα γραμμικά στοιχεία αντί του όρου κλίση). Αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζει ο άξονας με το οριζόντιο επίπεδο. Το βέλος δείχνει προς τη μεριά που βυθίζεται (κλίνει) ο άξονας. Προβάλλοντας τον άξονα στο οριζόντιο επίπεδο, μπορούμε να προσδιορίσουμε με βάση τον αζιμουθιακό κύκλο, τη διεύθυνσή του (090–270), αλλά και τη φορά βύθισής του (προς 090).

Όταν ένα γραμμικό στοιχείο βρίσκεται πάνω σε μια επιφάνεια, όπως π.χ. ένα σύστημα γραμμών ολίσθησης πάνω στην κατοπτρική επιφάνεια ενός ρήγματος, τότε η διατομή του με την παράταξη της επιφάνειας σχημα-

τίξει δύο παραπληρωματικές γωνίες, μία οξεία και μία αμβλεία. Η οξεία γωνία αντιστοιχεί σε αυτό που λέμε **πλαγιοβύθιση (pitch)**. Για να ορισθεί ακριβώς το pitch χρειάζεται, εκτός από την τιμή της οξείας γωνίας, να αναφέρουμε και από ποια μεριά της παράταξης σχηματίζεται αυτή (βλπ. Εικ. 4.3), δεδομένου ότι υπάρχει και άλλη μια συμμετρική γραμμή, που σχηματίζει ίδιες γωνίες με την παράταξη.



**Εικόνα 4.3** Η οξεία γωνία που σχηματίζει η γραμμή ολίσθησης με την παράταξη ονομάζεται πλαγιοβύθιση (pitch). Η παράταξη έχει διεύθυνση 070–250 και η οξεία γωνία σχηματίζεται προς τη μεριά του 250. Άρα pitch 30° από τα WNW.

## 4.2 Η γεωλογική πυξίδα

Τη **γεωλογική πυξίδα** τη χρησιμοποιούμε για να μετρήσουμε τα στοιχεία των επιπέδων των γεωλογικών επιφανειών (στρώση, σχιστότητα, σχισμός, επωθήσεις, ρήγματα, διακλάσεις κ.λπ.) καθώς και τα στοιχεία γραμμικών δομών (άξονες πτυχών, τεκτονικές γραμμώσεις, γραμμές προστριβής κ.λπ.).

Η γεωλογική πυξίδα έχει ορισμένες ιδιαιτερότητες, σε σχέση με μια απλή πυξίδα και είναι έτσι φτιαγμένη ώστε με μία μόνο μέτρηση να παίρνουμε απευθείας και την τιμή αλλά και τη φορά της μέγιστης κλίσης (και άρα εμμέσως και τη διεύθυνση) για τις επιφάνειες ή την τιμή και τη φορά της βύθισης για τα γραμμικά στοιχεία. Μπορούμε επίσης να μετρήσουμε απευθείας τη διεύθυνση των επιφανειών και των γραμμώσεων, αλλά και να πραγματοποιήσουμε μια σειρά από χρήσιμες εργασίες στην ύπαιθρο, όπως προσανατολισμό χάρτη, εύρεση αζιμουθίων, υπολογισμό μορφολογικών κλίσεων κ.λπ.

Οι τύποι πυξίδας που διαθέτει το «Εργαστήριο Τεκτονικής και Γεωλογικών Χαρτογραφήσεων» και χρησιμοποιούν οι φοιτητές στην εργασία και τις ασκήσεις υπαίθρου είναι η πυξίδα **Freiberg** και η πυξίδα **Krantz**, που είναι πολύ διαδεδομένοι στην Ευρώπη. Αντίθετα στις ΗΠΑ χρησιμοποιούνται, συνήθως, συμβατικές πυξίδες (κυριαρχούν οι πυξίδες **Brunton**), με αποτέλεσμα να απαιτούνται δύο χωριστές μετρήσεις για την κλίση και τη διεύθυνση. Υπάρχουν και ηλεκτρονικές πυξίδες (χωρίς να είναι πολύ διαδεδομένες), που αποθηκεύουν ψηφιακά τις μετρήσεις, τις οποίες επεξεργαζόμαστε αργότερα στο PC.

Τα τελευταία χρόνια, με τη μεγάλη εξάπλωση των **smartphones** και **tablets**, έχουν αναπτυχθεί εφαρμογές, τόσο σε λειτουργικό **Android** όσο και σε λειτουργικό **iOS**, που μετατρέπουν το κινητό σε γεωλογική πυξίδα. Η ακρίβεια των μετρήσεων και η ευχρηστία, βέβαια, δεν μπορούν να συγκριθούν με αυτές μιας συμβατικής γεωλογικής πυξίδας, πλεονεκτούν, όμως, σημαντικά γιατί οι μετρήσεις αποθηκεύονται ως ψηφιακά δεδομένα που μπορούν πολύ εύκολα να επεξεργασθούν και να προβληθούν σε γεωαναφερόμενους χάρτες ή το **Google Earth**. Περισσότερες λεπτομέρειες στο υποκεφάλαιο 4.13.

Στις οδηγίες χρήσης που ακολουθούν, ως πυξίδα αναφοράς χρησιμοποιείται η πυξίδα Freiberg, που χρησιμοποιούμε στις ασκήσεις υπαίθρου. Χρησιμοποιούμε, όμως, και την πυξίδα Krantz, με ελάχιστες εμφανισιακές διαφοροποιήσεις, που παρουσιάζονται αναλυτικά προς το τέλος του κεφαλαίου.

### 4.3 Ανατομία της γεωλογικής πυξίδας

Ακολουθεί μια συνοπτική περιγραφή των κυριότερων τμημάτων και χειριστηρίων μιας γεωλογικής πυξίδας, η ονοματολογία που χρησιμοποιείται γι' αυτά και η σκοπιμότητά τους.



**Εικόνα 4.4** Οι κυριότεροι τύποι γεωλογικών πυξίδων, που κυκλοφορούν στην αγορά και χρησιμοποιούνται διεθνώς από τους γεωλόγους. Σημειώνονται οι τρεις τύποι που διαθέτει το «Εργαστήριο Τεκτονικής και Γεωλογικών Χαρτογραφησεων» και χρησιμοποιούνται από τους φοιτητές.

Η γεωλογική πυξίδα αποτελείται από το κυρίως σώμα, που φέρει τη μαγνητική βελόνα προστατευμένη με γυάλινο κάλυμμα και το σκέπαστρο ή πλάτη της πυξίδας (καπάκι), που συνδέονται μεταξύ τους με μια άρθρωση, που δίνει τη δυνατότητα στο σκέπαστρο να περιστρέφεται. Πιο συγκεκριμένα, η επάνω όψη από το κυρίως σώμα περιλαμβάνει:

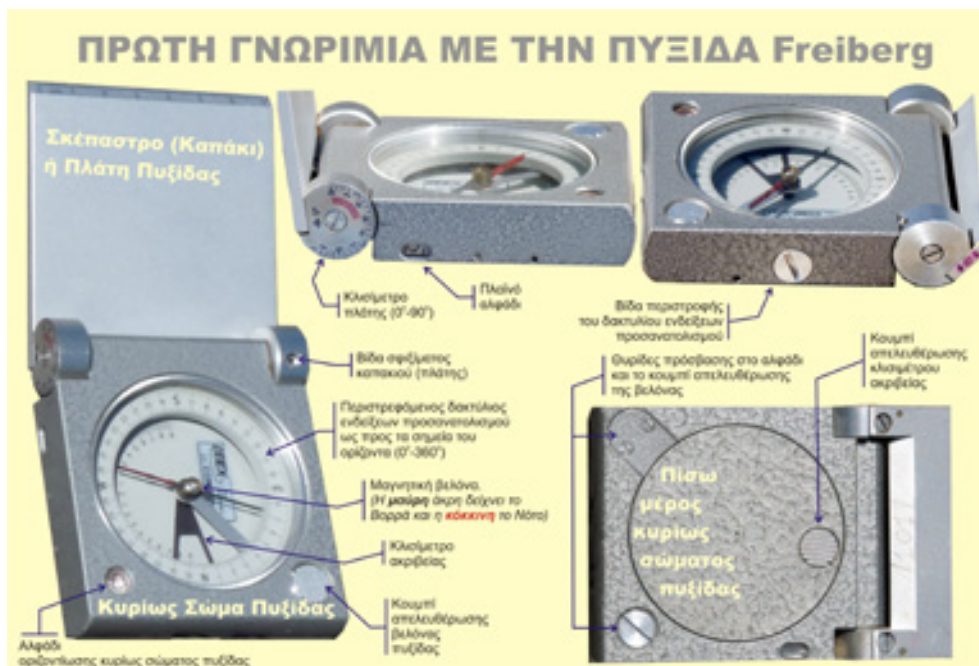
- τη **μαγνητική βελόνα**, που στην πυξίδα Freiberg η μαύρη άκρη είναι αυτή που δείχνει τον Βορρά,
- το **κλισίμετρο ακριβείας**, τοποθετημένο κάτω από τη μαγνητική βελόνα, με αρίθμηση από  $0^{\circ}$ – $90^{\circ}$ , για την ανάγνωση της τιμής της κλίσης ή βύθισης,
- ένα **περιστρεφόμενο δακτύλιο** για την ένδειξη του προσανατολισμού ως προς τα σημεία του ορίζοντα (αζιμουθίο), με αρίθμηση από  $0^{\circ}$ – $360^{\circ}$ , για την ανάγνωση της διεύθυνσης και της φοράς μέγιστης κλίσης (ή βύθισης),
- ένα **κυκλικό αλφάδι** για την οριζοντίωση της πυξίδας,
- ένα **κουμπί** για την απελευθέρωση της μαγνητικής βελόνας και
- (στη δεξιά άρθρωση με το καπάκι), μια **βίδα σύσφιγξης** και ρύθμισης της δυνατότητας περιστροφής της πλάτης.

Στις δύο πλαϊνές όψεις του κυρίως σώματος συναντάμε:

- (στην αριστερή άρθρωση με το καπάκι), το **κλισίμετρο πλάτης**, με αρίθμηση από  $0^{\circ}$ – $90^{\circ}$ , για την ανάγνωση της τιμής της κλίσης ή βύθισης,
- ένα **γραμμικό αλφάδι**, για την, κατά προσέγγιση, οριζοντίωση της πυξίδας στις περιπτώσεις που η μέτρηση γίνεται ψηλά και δεν υπάρχει ορατότητα του κυκλικού αλφαδιού της επάνω όψης του κυρίως σώματος και
- τη **βίδα περιστροφής** του δακτυλίου ενδείξεων προσανατολισμού, για τη ρύθμιση της μαγνητικής απόκλισης.

Η πίσω όψη (βάση) του κυρίως σώματος περιλαμβάνει:

- δύο **θυρίδες πρόσβασης** στο αλφάδι και το κουμπί απελευθέρωσης της βελόνας για επισκευές και
- ένα **περιστροφικό κουμπί** για την απελευθέρωση (ή συγκράτηση) του κλισιμέτρου ακριβείας.



**Εικόνα 4.5** Η ανατομία μιας γεωλογικής πυξίδας, με τα κύρια σημεία χρήσης και ένδειξης των μετρήσεων. Στην εικόνα απεικονίζεται η πυξίδα Freiberg, αλλά και οι υπόλοιποι τύποι έχουν ακριβώς την ίδια ανατομία.

## 4.4 Ρυθμίσεις και συστάσεις

Προκειμένου οι μετρήσεις που θα πάρουμε με τη γεωλογική πυξίδα να είναι σωστές, πρέπει να γίνουν κάποιες, πολύ απλές, αρχικές ρυθμίσεις, αλλά και να αποσαφηνισθεί ο τρόπος που γίνεται η ανάγνωση των μετρήσεων. Πιο συγκεκριμένα λοιπόν:

Στον περιστρεφόμενο δακτύλιο ενδείξεων προσανατολισμού ο Βορράς (North) συμβολίζεται με N, ο Νότος (South) με S, η Ανατολή (East) με E και η Δύση (West) με W. Ο Βορράς αντιστοιχεί στις 0° (ή 360°), η Ανατολή στις 90°, ο Νότος στις 180° και η Δύση στις 270°. Οι ενδείξεις αυτές στον περιστρεφόμενο δακτύλιο, για λόγους οικονομίας χώρου, είναι διαιρεμένες με το 10. Το 17 π.χ. αντιστοιχεί στις 170°, το 8 στις 80° κ.ο.κ.

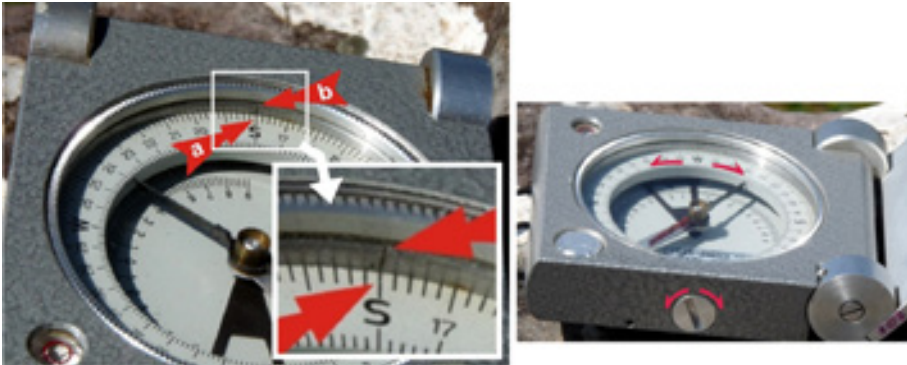
Όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί, η μαύρη γραμμή του περιστρεφόμενου δακτυλίου, που αντιστοιχεί στις 180° (Νότος, S) και σημειώνεται με το βέλος a, πρέπει να ταυτίζεται με τη σταθερή μαύρη γραμμή στο πάνω μέρος του δακτυλίου (βέλος b).

Αν αυτό δεν συμβαίνει μπορούμε να περιστρέψουμε τον δακτύλιο ενδείξεων προσανατολισμού περιστρέφοντας (με τη χρήση ενός κέρματος), τη βίδα που βρίσκεται στο πλάι της πυξίδας (βλπ. Εικ. 4.6), μέχρι οι δύο γραμμές να ταυτιστούν. Η ρύθμιση αυτή γίνεται γιατί θεωρούμε ότι η μαγνητική απόκλιση στο γεωγραφικό μήκος του ελληνικού χώρου, είναι αμελητέα.

Χρησιμοποιούμε το κλισίμετρο της πλάτης για να διαβάσουμε την κλίση επιφανειών ή γραμμικών στοιχείων που μετράμε (0°–90°). Και εδώ οι ενδείξεις, για λόγους οικονομίας χώρου, είναι διαιρεμένες με το 10. Δηλαδή το 3 αντιστοιχεί στις 30°, το 6 στις 60° κ.ο.κ.

Τη φορά μέγιστης κλίσης τη διαβάζουμε από τον περιστρεφόμενο δακτύλιο ενδείξεων προσανατολισμού, ανάλογα με το σε ποια ένδειξη δείχνει η μαύρη ή η κόκκινη άκρη της μαγνητικής βελόνας της πυξίδας (βλπ. Εικ. 4.7). Για να δούμε αν θα διαβάσουμε τη μαύρη ή την κόκκινη άκρη της βελόνας χρησιμοποιούμε τον εξής κανόνα: Όπως βλέπετε στη διπλανή εικόνα, οι ενδείξεις του κλισιμέτρου της πλάτης είναι χωρισμένες σε τρεις περιοχές. Ξεκινώντας από το πάνω μέρος του κλισιμέτρου, η πρώτη περιοχή περιλαμβάνει το τμήμα από τις 0° έως τις 90° και είναι διαγραμμισμένη με κόκκινες γραμμές. Η δεύτερη περιοχή, αντιστοιχεί στο μεσαίο τμήμα

των ενδείξεων από τις 90° έως τις 0° και δεν έχει καμία διαγράμμιση. Τέλος η τρίτη περιοχή περιλαμβάνει το τμήμα από τις 0° έως τις 45° και είναι και αυτή διαγραμμισμένη με κόκκινες γραμμές. Όταν διαβάζουμε την κλίση από τις διαγραμμισμένες με κόκκινο περιοχές, κοιτάμε την ένδειξη στην κόκκινη άκρη της βελόνας για να διαβάσουμε τη φορά μέγιστης κλίσης. Αντίθετα όταν διαβάζουμε την κλίση από τη μεσαία και χωρίς διαγράμμιση περιοχή, για να διαβάσουμε τη φορά μέγιστης κλίσης κοιτάμε την ένδειξη στη μαύρη άκρη της βελόνας.



Εικόνα 4.6 Ρύθμιση της μαγνητικής απόκλισης σε μια γεωλογική πυξίδα. Για τα γεωγραφικά μήκη του ελληνικού χώρου η απόκλιση αυτή θεωρείται αμελητέα.



Εικόνα 4.7 Διαβάζοντας σωστά τη φορά μέγιστης κλίσης, χρησιμοποιώντας τις διαγραμμίσεις του κλισιμέτρου.

## 4.5 Μέτρηση επίπεδης γεωλογικής επιφάνειας

Για να μετρήσουμε τα στοιχεία ενός επιπέδου θα πρέπει το εξωτερικό ή το εσωτερικό, τμήμα της πλάτης της πυξίδας να εφάπτεται στο επίπεδο και ταυτόχρονα το κύριο σώμα της πυξίδας να είναι οριζόντιο. Αυτό το πετυχαίνουμε με τα ακόλουθα βήματα:

- Με το **αριστερό χέρι** κρατάμε το **καπάκι** της πυξίδας και με το **δεξί** το **κυρίως σώμα**, σε περίπου οριζόντια θέση.
- **Πατάμε** το **κουμπί απελευθέρωσης** της βελόνας και το κρατάμε συνέχεια πατημένο (μπορούμε να το αφήσουμε και να το πατήσουμε διαδοχικά 3-4 φορές μέχρι να σταθεροποιηθεί η μαγνητική βελόνα).
- Τοποθετούμε την **πλάτη (καπάκι)** της πυξίδας **πάνω στην επιφάνεια** που θέλουμε να μετρήσουμε (βλπ. Εικ. 4.8) και με το αριστερό χέρι πιέζουμε ελαφρά την πλάτη ώστε να εφάπτεται συνεχώς με την επιφάνεια (θυμίζουμε ότι με το δεξί χέρι κρατάμε συνέχεια πατημένο το κουμπί απελευθέρωσης της βελόνας ώστε αυτή να περιστρέφεται ελεύθερα).
- **Περιστρέφουμε** το **κυρίως σώμα** της πυξίδας με τους δύο τρόπους που βλέπουμε στην Εικ. 4.8 (πάνω-κάτω και δεξιά-αριστερά, χωρίς όμως το καπάκι να χάσει την επαφή με την επιφάνεια που μετράμε), μέχρι αυτό να οριζοντιωθεί, δηλαδή μέχρι η φυσαλίδα από το αλφάδι να βρίσκεται μέσα στον κόκκινο κύκλο.





**Εικόνα 4.8** Η σωστή τοποθέτηση της γεωλογικής πυξίδας και οι απαιτούμενοι (σωστοί) χειρισμοί για την πραγματοποίηση της μέτρησης των στοιχείων (τιμή κλίσης και φορά μέγιστης κλίσης) μιας γεωλογικής επιφάνειας (επιφάνεια στρώσης στην προκειμένη περίπτωση).

- Περιμένουμε για λίγο, αν χρειάζεται, στη θέση αυτή, μέχρι να **σταθεροποιηθεί** η μαγνητική βελόνα.
- Μόλις ολοκληρωθούν όλα τα παραπάνω, **αφήνουμε το κουμπί απελευθέρωσης** για να «μπλοκάρει» η βελόνα και να μην κινείται πλέον.
- Απομακρύνουμε την πυξίδα από την επιφάνεια που μετρήσαμε (προσεκτικά χωρίς να κουνηθεί το καπάκι) και από το **κλισίμετρο** της πλάτης διαβάζουμε την **τιμή της μέγιστης κλίσης** (βλπ. Εικ. 4.9).
- Για το παράδειγμα της Εικ. 4.9 αυτή είναι **15°**.
- Κοιτάμε αν είναι σε **κόκκινη διαγραμμισμένη** ή **μη διαγραμμισμένη** περιοχή και διαβάζουμε αντίστοιχα την ένδειξη στην **κόκκινη** ή **μαύρη** άκρη της βελόνας, για να προσδιορίσουμε τη φορά μέγιστης κλίσης (βλπ. Εικ. 4.9).
- Για το παράδειγμα της φωτογραφίας την τιμή της κλίσης τη διαβάζουμε σε μη διαγραμμισμένη περιοχή (αριστερή φωτογραφία), άρα για τη φορά μέγιστης κλίσης διαβάζουμε τη μαύρη άκρη της βελόνας, που για τη συγκεκριμένη περίπτωση είναι **076** (δεξιά φωτογραφία).



**Εικόνα 4.9** Διαβάζοντας σωστά την τιμή της κλίσης (15°, σε μη διαγραμμισμένη κόκκινη περιοχή) και τη φορά μέγιστης κλίσης (076, αφού πρέπει να διαβάσω την ένδειξη στη μαύρη άκρη της μαγνητικής βελόνας).

Άρα, λοιπόν, σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, η σωστή μέτρηση για την επιφάνεια που μετρήσαμε (επιφάνεια στρώσης στην προκειμένη περίπτωση) είναι **15/076**. Επισημαίνεται ότι ο τρόπος αυτός γραφής (πρώτα η τιμή της κλίσης και μετά η φορά μέγιστης κλίσης) διευκολύνει όταν μετράμε με την πυξίδα, αφού πρώτα διαβάζουμε την τιμή της κλίσης και μετά τη φορά. Συχνά, όμως, γράφουμε την τιμή με τον αντίθετο τρόπο (πρώτα η φορά μέγιστης κλίσης και μετά η τιμή), δηλαδή **076/15**, γιατί ο τρόπος αυτός διευκολύνει όταν κάνουμε την προβολή στο δίκτυο Schmidt (βλπ. στο Κεφ. 3, το υποκεφάλαιο 3.3). Δεδομένου ότι υφίσταται αυτός ο διπλός τρόπος γραφής, είναι καλό η τιμή της κλίσης να γράφεται πάντα ως διψήφιος αριθμός και η φορά της μέγιστης κλίσης ως τριψήφιος, ώστε να ξέρουμε πάντα σε ποιο μέγεθος αναφερόμαστε κάθε φορά.

Πολύ συχνά, κατά την εργασία στην ύπαιθρο, οι γεωλόγοι σημειώνουν τη μέτρηση πάνω στην επιφάνεια που μετρήσαν και στη συνέχεια τη φωτογραφίζουν, δείχνοντας έτσι στη φωτογραφία και την τεκτονική δομή και τον προσανατολισμό της. Για να γίνει αυτό ακολουθούμε τα επόμενα βήματα:



**Εικόνα 4.10** Σημειώνοντας τη μέτρηση που πήραμε πάνω στην επιφάνεια που μετρήσαμε, για να τη φωτογραφήσουμε.

- Μόλις ολοκληρωθεί η μέτρηση, κρατάμε σταθερή την πλάτη (καπάκι) της πυξίδας πάνω στην επιφάνεια και με έναν ανεξίτηλο μαρκαδόρο (permanent) τραβάμε μια οριζόντια γραμμή, έχοντας ως οδηγό την πάνω ακμή της πλάτης (αριστερή φωτογραφία της Εικ. 4.10). Η γραμμή αυτή, αφού είναι οριζόντια και ανήκει πάνω στην επιφάνεια που μετρήσαμε, αποτελεί μία παράταξη της και άρα ο προσανατολισμός της αντιπροσωπεύει και τη διεύθυνση της επιφάνειας.
- Στη συνέχεια απομακρύνουμε την πυξίδα και με το χέρι τραβάμε μια γραμμή κάθετη στην προηγούμενη, με ένα βέλος προς τη φορά κλίσης (δεξιά φωτογραφία της Εικ. 4.10). Η γραμμή αυτή, όπως είναι φανερό, αντιπροσωπεύει τη φορά μέγιστης κλίσης.
- Στη συνέχεια, δίπλα στο σύμβολο αυτό, σημειώνουμε τα στοιχεία που μετρήσαμε, για τη συγκεκριμένη περίπτωση 15/076, και φωτογραφίζουμε.

## 4.6 Συμβουλές & τεχνάσματα (tips & tricks)

Για να παίρνει κανείς γρήγορα (και σωστά) μετρήσεις με τη γεωλογική πυξίδα, δεν απαιτείται παρά **συστηματική εξάσκηση**. Οι πρώτες μετρήσεις θα γίνουν αργά. Μετά, όμως, από μερικές εκατοντάδες ή και χιλιάδες μετρήσεις στις ασκήσεις υπαίθρου, τη γεωλογική χαρτογράφηση και τη διπλωματική εργασία, η διαδικασία θα είναι απλή, γρήγορη και εύκολη. Ακολουθούν μερικές συμβουλές και «κόλπα» για να γίνει η προσαρμογή (από τον «πρωτάρη» στον «έμπειρο») πιο εύκολα και γρήγορα. Έχουμε και λέμε, λοιπόν:

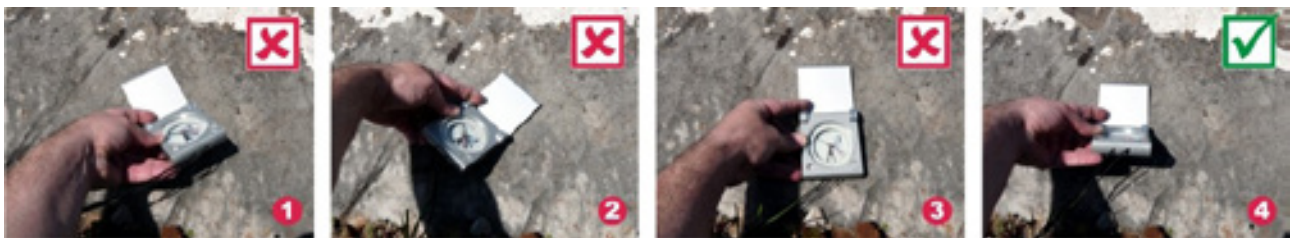
Κάνουμε πάντα **συνειδητές μετρήσεις**, δηλαδή είμαστε προσανατολισμένοι στον χώρο, ξέρουμε πού πέφτει ο Βορράς και τα άλλα σημεία του ορίζοντα και πριν μετρήσουμε υπολογίζουμε, κατά προσέγγιση, πόσο και προς τα πού κλίνει η επιφάνειά μας και άρα τι τιμή αναμένεται να βρούμε με την πυξίδα. Αν η ένδειξη της πυξίδας δεν είναι συμβατή με αυτό που, περίπου, έχουμε υπολογίσει, κάτι δεν πάει καλά (ειδικά κατακαλόκαιρο με 40 °C «υπό σκιά»). Δηλαδή ή έχουμε χάσει τον προσανατολισμό μας και εκτιμήσαμε λάθος την αναμενόμενη τιμή ή μετρήσαμε λάθος με την πυξίδα (κόλλησε η βελόνα; αντί για τη μαύρη διαβάσαμε την κόκκινη άκρη της βελόνας;). Άρα ξαναπαίρνουμε τη μέτρηση.

Κατά τη διάρκεια της μέτρησης, στην προσπάθειά μας να οριζοντιώσουμε την πυξίδα, καλό είναι να **αποφεύγουμε τις ακραίες θέσεις** είτε στην κίνηση πάνω–κάτω, είτε στην κίνηση δεξιά–αριστερά. Μικρές κινήσεις της πυξίδας, γύρω από την οριζόντια θέση, είναι αυτές που θα κάνουν τη φυσαλίδα να μπει στο κέντρο του κύκλου. Για παράδειγμα, από τις φωτογραφίες της Εικ. 4.11 που ακολουθούν, μόνο η 4 δείχνει τη σωστή αρχική τοποθέτηση της πυξίδας στην επιφάνεια που πρόκειται να μετρήσουμε. Μικρές κινήσεις γύρω από τη θέση αυτή θα οριζοντιώσουν την πυξίδα. Αντίθετα κινήσεις που τοποθετούν την πυξίδα σε θέσεις όπως στις φωτογραφίες 1, 2 και 3, είναι μάταιες και άσκοπες.

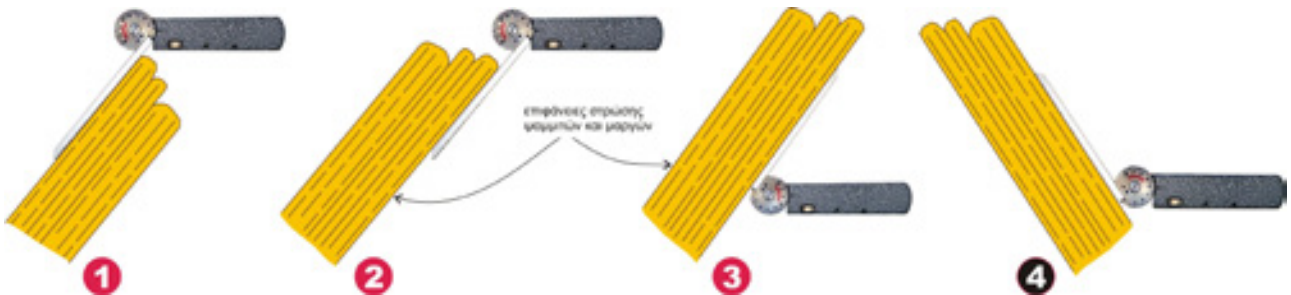
Δεν χρειάζεται, επίσης, σε μία μέτρηση να **ξοδεύουμε πολύ χρόνο** μέχρι η φυσαλίδα να «μπει ακριβώς»

στο κέντρο του κύκλου. Και στην περιφέρεια του κύκλου να είναι, το λάθος στη μέτρηση δεν θα είναι παραπάνω από 1°-2°, δηλαδή στην ουσία μηδαμινό. Άλλωστε, η ακρίβεια της πυξίδας είναι της τάξης των 5°, όπως μας φανερώνει η ειδική ένδειξη στο κλισίμετρο της πλάτης (βλπ. Εικ. 4.9).

Στο σημείο που θέλουμε να κάνουμε τη μέτρηση καλό είναι το τμήμα της επιφάνειας που αποκαλύπτεται να είναι αρκετά μεγάλο, ώστε να **υπάρχει αρκετός χώρος** για να γίνουν οι κατάλληλες κινήσεις μέχρι να οριζοντιωθεί η πυξίδα. Ανάλογα με το πώς βολεύει κάθε φορά, μπορούμε να ταυτίσουμε τόσο την εσωτερική, όσο και την εξωτερική πλευρά της πλάτης της πυξίδας, με τη γεωλογική επιφάνεια που θέλουμε να μετρήσουμε. Στα σκίτσα που ακολουθούν, στην επόμενη εικόνα, φαίνονται όλοι οι τρόποι που μπορεί να τοποθετηθεί η πυξίδα, προκειμένου να μετρήσουμε μια επιφάνεια, έστω, για παράδειγμα, τη στρώση σε κεκλιμένα στρώματα ψαμμιτών και μαργών.



**Εικόνα 4.11** Προκειμένου να οριζοντιώσουμε το κυρίως σώμα της πυξίδας, καλό είναι να αποφεύγουμε τις ακραίες κινήσεις (περιπτώσεις 1, 2 & 3). Τοποθετούμε την πυξίδα για τη μέτρηση ήδη οριζοντιωμένη κατ'εκτίμηση («με το μάτι») και στη συνέχεια μόνο οι μικρές κινήσεις γύρω από την οριζόντια θέση, είναι αυτές που θα οδηγήσουν τη φουσαλίδα στο κέντρο του κύκλου (περίπτωση 4).



**Εικόνα 4.12** Όλοι οι δυνατοί τρόποι τοποθέτησης της γεωλογικής πυξίδας, προκειμένου να μετρήσουμε μια γεωλογική επιφάνεια (επιφάνεια στρώσης). Άσχετα με την τοποθέτηση, ισχύει πάντα ο γνωστός κανόνας για το σε ποια άκρη της βελόνας θα διαβάσουμε την ένδειξη για τη φορά μέγιστης κλίσης.

Επισημαίνεται ότι, ανάλογα με το πώς τοποθετούμε την πυξίδα, διαβάζουμε την τιμή της μέγιστης κλίσης στο κλισίμετρο της πλάτης, σε **κόκκινη διαγραμμισμένη** ή σε **μη διαγραμμισμένη** περιοχή. Άρα για να διαβάσουμε τη φορά της μέγιστης κλίσης θα πρέπει να διαβάσουμε, κατά περίπτωση, την κόκκινη ή τη μαύρη άκρη της μαγνητικής βελόνας. Από τα σκίτσα είναι φανερό ότι στις περιπτώσεις 1, 2 και 3 της Εικ. 4.12, η τιμή της κλίσης διαβάζεται σε περιοχή με κόκκινη διαγράμμιση και άρα για τη φορά της μέγιστης κλίσης διαβάζουμε την **κόκκινη άκρη** της βελόνας. Αντίθετα στην περίπτωση 4, η κλίση διαβάζεται σε **μη διαγραμμισμένη περιοχή** και άρα διαβάζουμε τη **μαύρη άκρη** της βελόνας.

**ΠΡΟΣΟΧΗ!** Στην πυξίδα που φαίνεται στα σκίτσα, υπάρχει το γνωστό λάθος που αναφέραμε στην Εικ. 4.7, δηλαδή λείπει η κόκκινη διαγράμμιση από την 3<sup>η</sup> περιοχή του κλισιμέτρου (0°–45°). Όμως, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, άσχετα με το λάθος της πυξίδας, εμείς ακολουθούμε πάντα τον σωστό κανόνα.



Για να δείτε το βίντεο πατήστε <https://youtu.be/LVQxY7Kg0lo>

Στο βιντεάκι που παραθέτουμε μπορεί να δει κάποιος όλη τη διαδικασία, τα κόλπα και τα μυστικά, για τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να μετρήσουμε, γρήγορα και σωστά μια γεωλογική επιφάνεια.

#### 4.7 Μέτρηση γραμμικών γεωλογικών δομών

Για τη μέτρηση **γραμμικών στοιχείων** ακολουθούμε ακριβώς την ίδια διαδικασία με τις επιφάνειες, μόνο που στην περίπτωση αυτή ταυτίζουμε μία από τις δύο **πλαϊνές ακμές της πλάτης της πυξίδας** με το γραμμικό στοιχείο που θέλουμε να μετρήσουμε. **ΠΡΟΣΟΧΗ!** Ποτέ δεν ταυτίζουμε την επάνω ακμή (αυτή που στις πυξίδες Freiberg έχει τυπωμένη μια μικρή κλίμακα των 7cm), γιατί το μόνο που θα καταφέρουμε είναι ... να φανούμε «άσχετοι». Στην εικόνα που ακολουθεί στην αριστερή φωτογραφία μετράμε μια γράμμωση έκτασης (stretching lineation), η οποία βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια της φύλλωσης (σχιστότητα) και στη δεξιά έναν άξονα πτυχής. Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο μπορούμε να μετρήσουμε και τις γραμμές ολίσθησης πάνω στην κατοπτρική επιφάνεια ενός ρήγματος.

Για να οριζοντιωθεί η πυξίδα κάνουμε και στην περίπτωση αυτή δύο κινήσεις (βλπ. αριστερή φωτογραφία της Εικ. 4.13). Κουνάμε το κυρίως σώμα πάνω–κάτω και περιστρέφουμε την πυξίδα δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα, με άξονα περιστροφής την ακμή του σκέλαστρου που έχουμε ταυτίσει με το γραμμικό στοιχείο που μετράμε. Κατά τη διάρκεια της οριζοντίωσης της πυξίδας προσέχουμε ώστε η ακμή να είναι μόνιμα ταυτισμένη με το γραμμικό στοιχείο. Αποφεύγουμε και στην περίπτωση αυτή τις ακραίες κινήσεις. Για την ανάγνωση της τιμής της βύθισης ανατρέχουμε στο πλαϊνό κλισίμετρο. Για τη φορά βύθισης διαβάζουμε την κόκκινη ή τη μαύρη άκρη της βελόνας, ανάλογα αν η τιμή της βύθισης βρισκόταν σε κόκκινη ή μαύρη περιοχή. Για το λάθος της σήμανσης στο κλισίμετρο, ισχύει ό,τι ακριβώς έχουμε πει για τα επίπεδα (οι δύο ακριανές ζώνες είναι κόκκινη περιοχή και η μεσαία μαύρη).



**Εικόνα 4.13** Μετρώντας με τη γεωλογική πυξίδα γραμμικές δομές (τεκτονικές γραμμώσεις, άξονες πτυχών κ.λπ.).

Όταν ένα γραμμικό στοιχείο βρίσκεται πάνω σε μια γεωλογική επιφάνεια, όπως π.χ. μια τεκτονική γράμμωση πάνω σε μια φύλλωση ή μια γραμμή ολίσθησης πάνω στην κατοπτρική επιφάνεια ενός ρήγματος, τότε οφείλουμε πρώτα να μετρήσουμε την επιφάνεια και μετά το γραμμικό στοιχείο. **ΠΡΟΣΟΧΗ!** Η τιμή της βύθισης του γραμμικού στοιχείου δεν μπορεί ποτέ να υπερβαίνει την τιμή μέγιστης κλίσης της επιφάνειας.

Αν πάρουμε και τις δύο μετρήσεις και προχωρήσουμε σε προβολή των στοιχείων σε δίκτυο Schmidt, σπάνια η προβολή του γραμμικού στοιχείου θα πέφτει ακριβώς πάνω στο ίχνος της προβολής του επιπέδου (όπως θα όφειλε). Αυτό γιατί, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η ακρίβεια της πυξίδας είναι γύρω στις 50. Για τον λόγο αυτό συνηθίζουμε να μετράμε την επιφάνεια και στη συνέχεια από το γραμμικό στοιχείο μετράμε μόνο είτε τη φορά της βύθισης είτε την πλαγιοβύθισή του και τα υπόλοιπα στοιχεία τα προσδιορίζουμε από το δίκτυο Schmidt. Μπορούμε και στην περίπτωση αυτή να σημειώσουμε «συνδυασμένα» τις μετρήσεις (τόσο της επιφάνειας, όσο και του γραμμικού στοιχείου) πάνω στην επιφάνεια και να βγάλουμε τη σχετική «αποδεικτική» φωτογραφία.



**Εικόνα 4.14** Συνδυασμένη αποτύπωση πάνω στην κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος και των δύο μετρήσεων, της επιφάνειας και των γραμμών ολίσθησης. Με «κλικ» στο βιντεάκι, θα δείτε και θα μάθετε όλα τα «μυστικά».



Για να δείτε το βίντεο πατήστε <https://youtu.be/JDh2kl3WSTc>

Στο βιντεάκι που παραθέτουμε μπορείτε να δείτε όλη την «τελετουργία» που απαιτεί η μέτρηση ενός γραμμικού στοιχείου, είτε αυτόνομα είτε σε συνδυασμό με την επιφάνεια πάνω στην οποία βρίσκεται.

## 4.8 Μέτρηση παράταξης και πλαγιοβύθισης (pitch)

Για τη μέτρηση της **πλαγιοβύθισης** (της οξείας γωνίας που σχηματίζεται ανάμεσα στην παράταξη και το γραμμικό στοιχείο) τυπικά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα μοιρογνωμόνιο, το οποίο όμως είναι περισσότερο κατάλληλο για να μετράμε γωνίες στον χάρτη και όχι στα πετρώματα. Καλύτερη λύση είναι να εκμεταλλευτούμε τη γεωλογική πυξίδα για τον σκοπό αυτό, αξιοποιώντας το κλισίμετρο της πλάτης.



**Εικόνα 4.15** Για να μετρήσουμε το pitch των γραμμών ολίσθησης τοποθετούμε το κυρίως σώμα της πυξίδας παράλληλα με την παράταξη της κατοπτρικής επιφάνειας και περιστρέφουμε το καπάκι μέχρι να γίνει παράλληλο με τη γραμμή ολίσθησης. Διαβάζουμε την τιμή στο πλαϊνό κλισίμετρο. Όπως φαίνεται το pitch είναι 55°, από τα ENE (070).

Στη φωτογραφία της Εικ. 4.15 για να μετρήσουμε το **pitch** των γραμμών ολίσθησης του ρήγματος, αντιγράφουμε με ανεξίτηλο μαρκαδόρο μια γραμμή ολίσθησης και στη συνέχεια χαράσσουμε μια **οριζόντια ευθεία**, που αντιπροσωπεύει την **παράταξη** της επιφάνειας του ρήγματος. Για να χαράξουμε την οριζόντια αυτή ευθεία μπορούμε να τοποθετήσουμε το πλαϊνό τμήμα από το κυρίως σώμα της πυξίδας πάνω στην κατοπτρική επιφάνεια και να το οριζοντιώσουμε χρησιμοποιώντας το αλφάδι. Χρησιμοποιώντας το σαν οδηγό, χαράσσουμε την οριζόντια ευθεία και την προεκτείνουμε μέχρι να τμήσει τη γραμμή ολίσθησης. Στις δύο άκρες της ευθείας σημειώνουμε τις δύο αντιδιαμετρικές τιμές, που διαβάζουμε στις δύο άκρες της βελόνας και αντιστοιχούν στη διεύθυνση της παράταξης (070–250, ή N70°E). Στη συνέχεια τοποθετούμε την πυξίδα έτσι ώστε τόσο το επίπεδο του κυρίως σώματος, όσο και το επίπεδο του σκεπάζστρου να είναι κάθετα στην επιφάνεια του ρήγματος. Παραλληλίζουμε το κυρίως σώμα με την παράταξη και το καπάκι με τη γραμμή ολίσθησης. Διαβάζουμε τη γωνία από το πλαϊνό κλισίμετρο, που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 55°. Παρατηρούμε ότι η οξεία γωνία είναι από τη μεριά του 070 στη διεύθυνση της παράταξης. Άρα το pitch είναι 55°, από τα ENE (070).

Μετρώντας το pitch χρειάζεται να υπολογίσουμε μέσω του δικτύου Schmidt τα στοιχεία των γραμμών ολίσθησης. Για να το ξαναθυμηθείτε, προβάλλουμε την κατοπτρική επιφάνεια (βλ. και υποκεφάλαιο 4.1), η οποία έχει διεύθυνση 070–250. Από το 070 και πάνω στο ίχνος της προβολής της κατοπτρικής επιφάνειας, μετράμε 50° και τοποθετούμε μια τελεία. Η τελεία αυτή αντιπροσωπεύει την προβολή των γραμμών ολίσθησης. Υπολογίζουμε τα στοιχεία (τιμή και φορά βύθισης), μέσω του δικτύου Schmidt and ...that's all.



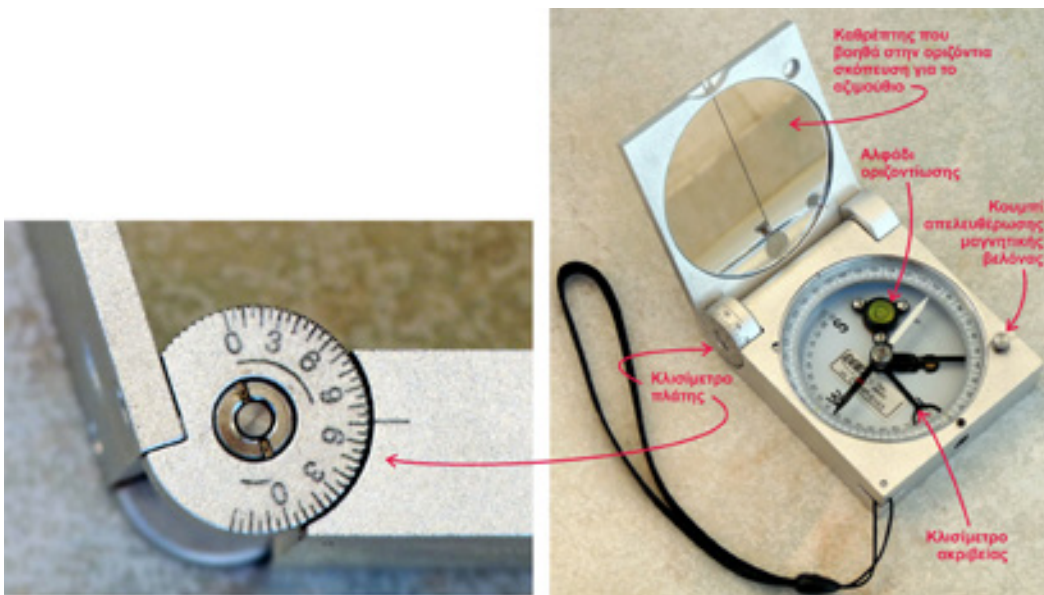
Για να δείτε το βίντεο πατήστε <https://youtu.be/5duDf9E7ZO4>

Στο βιντεάκι που παραθέτουμε μπορείτε να παρακολουθήσετε τον τρόπο που τοποθετούμε τη γεωλογική πυξίδα, προκειμένου να χαράξουμε την παράταξη και να μετρήσουμε την πλαγιοβύθιση.

## 4.9 Οι διαφορές της πυξίδας Krantz

Εκτός από την πυξίδα Freiberg, στις ασκήσεις υπαίθρου «φοριέται» αρκετά και η πυξίδα **Krantz**. Ας ρίξουμε μια ματιά στις ιδιομορφίες της. Εκτός της πολύ φθηνότερης τιμής, οι διαφορές της πυξίδας Krantz, σε σχέση με την πυξίδα Freiberg, είναι μόνο ποιοτικές και εμφανισιακές. Όποιος έχει κατανοήσει τη διαδικασία μέτρησης με την πυξίδα Freiberg, που αναλυτικά αναπτύχθηκε στα προηγούμενα, μπορεί κάλλιστα να χρησιμοποιήσει και την πυξίδα Krantz (ή οποιαδήποτε άλλη γεωλογική πυξίδα). Παρ' όλα αυτά, για διευκόλυνση των φοιτητών, θα επισημανθούν ορισμένα σημεία που χρειάζονται προσοχή (Εικ. 4.16).

- Το **κουμπί απελευθέρωσης** της **βελόνας** λειτουργεί με αντίθετο τρόπο στην πυξίδα Krantz. Όταν δεν είναι πατημένο η βελόνα λειτουργεί ελεύθερα, ενώ όταν είναι πατημένο ακινητοποιείται.
- Το **κλισίμετρο** της **πλάτης** στην πυξίδα Krantz είναι αντίστοιχο με της Freiberg, με μόνη διαφορά ότι η διαγράμμιση των δύο ακραίων περιοχών είναι με μαύρο και όχι με κόκκινο χρώμα.
- Τα **χρώματα** της **μαγνητικής βελόνας** είναι διαφορετικά στις δύο πυξίδες. Στην πυξίδα Freiberg, όπως αναφέρθηκε, η μαγνητική βελόνα είναι η μισή μαύρη η μισή κόκκινη, με το μαύρο τμήμα να δείχνει το Βορρά και το κόκκινο τον Νότο. Αντίθετα, στην πυξίδα Krantz, το τμήμα της βελόνας που δείχνει το Βορρά είναι λευκό, ενώ το τμήμα που δείχνει τον Νότο είναι μαύρο.
- Άρα, στην περίπτωση που διαβάζουμε την κλίση στη μεσαία **μη διαγραμμισμένη περιοχή**, για να διαβάσουμε τη φορά μέγιστης κλίσης θα κοιτάζουμε την **άσπρη άκρη** της βελόνας. Αντίθετα, στην περίπτωση που την κλίση τη διαβάζουμε στις ακραίες **διαγραμμισμένες περιοχές**, για τη φορά μέγιστης κλίσης θα κοιτάζουμε τη **μαύρη άκρη** της βελόνας.
- Η πυξίδα Krantz διαθέτει και **κάτοπτρο** με διαχωριστική γραμμή στην εσωτερική πλευρά της πλάτης (και η πυξίδα Freiberg, όπως και όλες οι άλλες γεωλογικές πυξίδες, βγαίνουν και σε έκδοση με κάτοπτρο), που μας διευκολύνει πολύ στην ευθυγράμμιση της σκόπευσης προς ένα σημείο για να βρούμε το **αζίμouθιο** (βλ. υποκεφάλαιο 4.10).



**Εικόνα 4.16** Η ανατομία της πυξίδας Krantz είναι αντίστοιχη με αυτή της πυξίδας Freiberg. Οι διαφορές είναι ως επί το πλείστον εμφανισιακές και λιγότερο λειτουργικές.

Επισημαίνεται ότι και οι υπόλοιποι τύποι γεωλογικών πυξίδων που κυκλοφορούν στην αγορά, παρουσιάζουν τις ίδιες ανατομικές ομοιότητες με τις δύο πυξίδες που περιγράψαμε, άρα δεν πρόκειται να αντιμετωπίσει κανείς δυσκολίες στη χρήση τους. Ακόμα και η αμερικάνικη εταιρία **Brunton** έχει κυκλοφορήσει, τα τελευταία χρόνια, αντίστοιχο μοντέλο, αφού, όπως αναφέρθηκε, οι φοιτητές στην «απέναντι πλευρά του Ατλαντικού» χρειάζονταν δύο μετρήσεις, με μια απλή τοπογραφική πυξίδα Brunton, για να πάρουν τα στοιχεία των στρωμάτων. Με το κλισίμετρο μετρούσαν την τιμή της κλίσης και με τη μαγνητική βελόνα τη διεύθυνση (παράταξη) της επιφάνειας, αναγράφοντας τις τιμές με βάση τον «κανόνα του δεξιού χεριού» (**right hand rule**). Τα πράγματα μπερδεύονται ακόμα περισσότερο γιατί υπάρχουν δύο εκδοχές του «κανόνα του δεξιού χεριού». Η **αμερικάνικη** και η **βρετανική** (Lisle et al., 2011). Μια ματιά στη διεύθυνση <http://goo.gl/kNyGGX> ή στη διεύθυνση <http://goo.gl/aRbUKU> θα σας λύσει όλες τις απορίες.

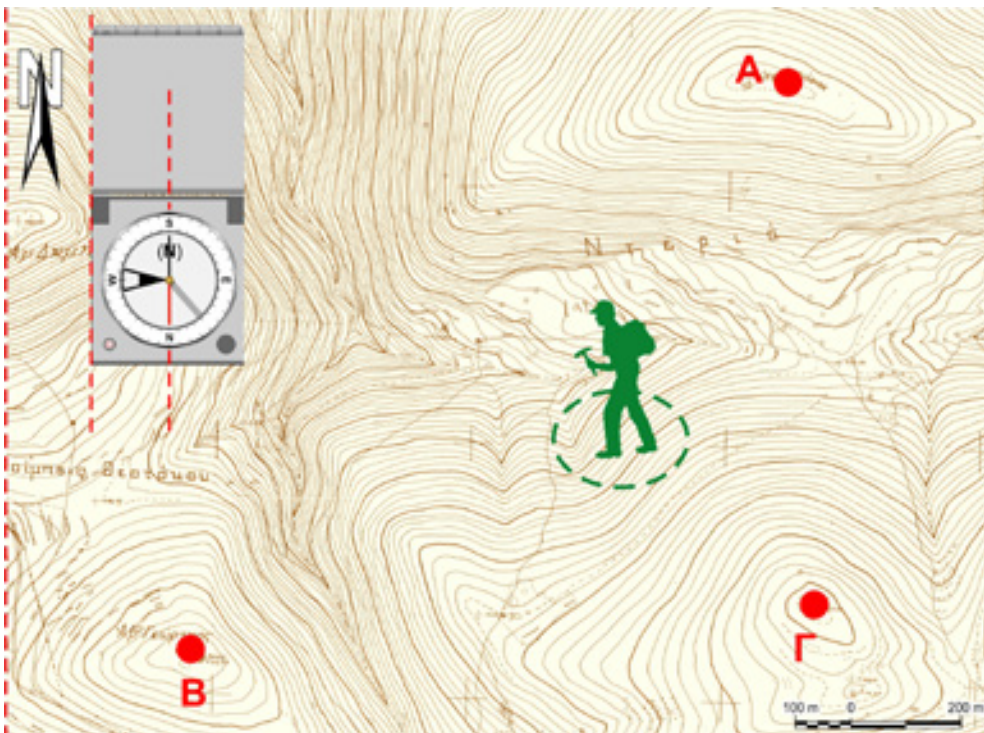
#### 4.10 Προσδιορισμός της θέσης στον χάρτη

Όπως αναφέρθηκε, ο γεωλόγος-χαρτογράφος είναι πολύ εξοικειωμένος στο να «διαβάζει» το ανάγλυφο και να το συνδέει με τον τοπογραφικό χάρτη που χρησιμοποιεί, με άλλα λόγια ξέρει να προβάλλει με ακρίβεια τη θέση του στην ύπαιθρο σε ένα συγκεκριμένο σημείο στον τοπογραφικό χάρτη. Ορισμένες φορές όμως, αυτό είναι «ακατόρθωτο», δεδομένου ότι η περιοχή μπορεί να είναι δασώδης ή το ανάγλυφο να είναι εξαιρετικά ομοιόμορφο σε μεγάλη έκταση, χωρίς χαρακτηριστικές μορφοδομές. Στις περιπτώσεις αυτές είτε συμβουλευόμαστε την εφαρμογή που έχουμε στο smartphone, που μας δείχνει τη θέση μας στον χάρτη είτε χρησιμοποιούμε τη γεωλογική πυξίδα για να την προσδιορίσουμε. Για την πρώτη περίπτωση έχουμε ήδη αναφέρει τα υπέρ και τα κατά στα δύο προηγούμενα κεφάλαια (Κεφ. 2 και Κεφ. 3) και αναφέρονται ακόμα περισσότερα στο κεφάλαιο για τις σύγχρονες τεχνολογίες. Η κλασική όμως μέθοδος, του προσδιορισμού της θέσης μας με τη χρήση της γεωλογικής πυξίδας (ή μιας απλής τοπογραφικής πυξίδας), είναι αναντικατάστατη και περιγράφεται πάντα στη διεθνή βιβλιογραφία (π.χ. Coe et al., 2010). Αυτή θα περιγράψουμε και εμείς στα επόμενα, με τη βοήθεια των εικόνων που ακολουθούν, χρησιμοποιώντας μία από τις πυξίδες που έχουμε στο Εργαστήριο. Ας θεωρήσουμε ότι βρισκόμαστε σε ένα σημείο, που δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε με ακρίβεια τη θέση του στον χάρτη (Εικ. 4.17). Εννοείται ότι πάντα γνωρίζουμε πού βρισκόμαστε κατά προσέγγιση. Ακολουθούμε με τη σειρά τα εξής βήματα:

- Το πρώτο βήμα που πρέπει να κάνουμε είναι να κοιτάξουμε στο ορατό πεδίο γύρω μας και να εντοπίσουμε **τρία χαρακτηριστικά σημεία στο ανάγλυφο**, τα οποία γνωρίζουμε που βρίσκονται στον χάρτη. Συνήθως είναι κορυφές, δεδομένου ότι βρίσκονται ψηλά τοπογραφικά και εντοπίζονται εύ-

κολα στον χάρτη (διαδοχικές κλειστές ισοϋψείς με τριγωνομετρικό στο κέντρο). Μπορεί, όμως, να είναι και άλλα χαρακτηριστικά σημεία στο ανάγλυφο, όπως η διατομή δύο ρεμάτων, το χαμηλότερο σημείο από ένα διάσελο κ.λπ. Μια άλλη προϋπόθεση είναι τα σημεία αυτά (κορυφές ή ό,τι άλλο) να βρίσκονται σε διαφορετικούς προσανατολισμούς σε σχέση με τη θέση μας και να μην είναι όλα προς την ίδια κατεύθυνση. Η ιδανική περίπτωση είναι οι ευθείες που ενώνουν τα σημεία αυτά με την πιθανή θέση μας να σχηματίζουν γωνίες 120°. Αυτό δεν είναι πάντα εφικτό, αλλά προσπαθούμε να το τηρούμε όσο μπορούμε πιο πιστά. Για το παράδειγμα της Εικ. 4.17, ο γεωλόγος δεν γνωρίζει πού ακριβώς είναι η θέση του στον χάρτη (στο περίπου μόνο, κάπου μέσα στον κύκλο με τη διακεκομμένη γραμμή), αλλά βλέπει απέναντί του και γύρω του στην ύπαιθρο τις κορυφές Α, Β και Γ, για τις οποίες γνωρίζει πού είναι η θέση τους στον χάρτη.

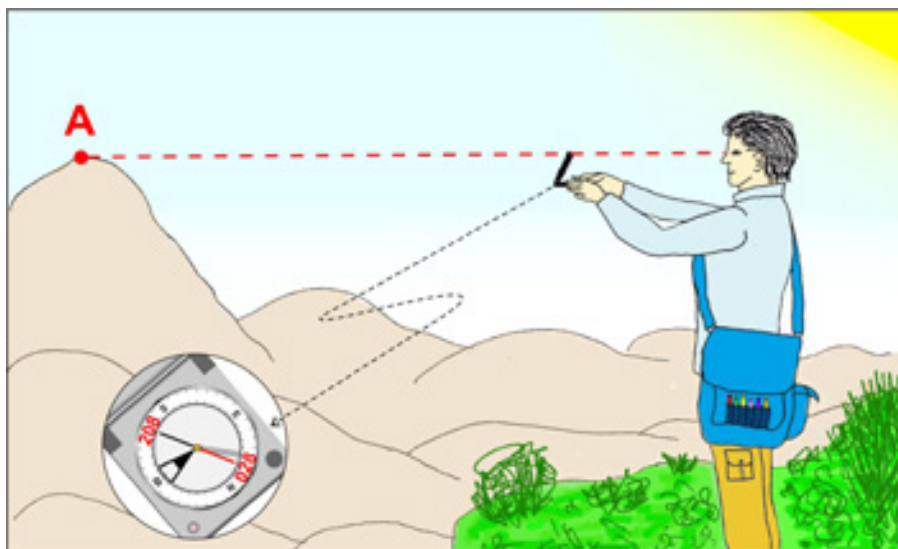
- Το επόμενο βήμα είναι να **προσανατολίσουμε τον χάρτη** μας. Ανοίγουμε το καπάκι της πυξίδας μέχρι να έρθει στο ίδιο επίπεδο με το κυρίως σώμα. «Ξαπλώνουμε» την πυξίδα πάνω στο ταμπλό με τον χάρτη, με τη μία πλαϊνή ακμή της παράλληλη με τη διεύθυνση Ν–S και το καπάκι προς τη μεριά που δείχνει ο Βορράς του χάρτη. Πατάμε το κουμπί για να απελευθερωθεί η βελόνα (πάντα αναφερόμαστε στην πυξίδα Freiberg) και περιστρέφουμε χάρτη και πυξίδα μαζί μέχρι ο μαγνητικός Βορράς της πυξίδας (μαύρη άκρη για τη Freiberg), να γίνει παράλληλος με τον Βορρά του χάρτη. Με άλλα λόγια (βλπ. Εικ. 4.17), i) η διεύθυνση Ν–S στον χάρτη (άρα η μία πλαϊνή πλευρά του χάρτη), ii) η πλαϊνή πλευρά της πυξίδας και iii) η μαγνητική βελόνα της πυξίδας, να είναι όλα μεταξύ τους παράλληλα και επιπλέον η μαύρη άκρη της βελόνας (αυτή που δείχνει στον Βορρά) να βρίσκεται προς τη μεριά που δείχνει ο Βορράς του χάρτη (δηλαδή να δείχνει το καπάκι της πυξίδας). **ΠΡΟΣΟΧΗ!** Δεν μπερδευόμαστε με τις ενδείξεις προσανατολισμού του δακτυλίου της πυξίδας, δεδομένου ότι ο S (Νότος) στον δακτύλιο βρίσκεται προς τη μεριά που είναι το καπάκι. Ο Βορράς βρίσκεται πάντα προς τη μεριά που δείχνει η μαύρη άκρη της μαγνητικής βελόνας (για την Freiberg πάντα), άσχετα με το πώς κρατάμε και πώς έχουμε προσανατολισμένη την πυξίδα.
- Διατηρώντας αυτή την παραλληλία, τοποθετούμε το ταμπλό με τον χάρτη (και την πυξίδα επάνω) στο έδαφος στα πόδια μας, προσέχοντας μόνο να βρούμε ένα σημείο όπου αυτό θα είναι οριζόντιο και όχι επικλινές. Έχοντας τοποθετήσει το ταμπλό με τον χάρτη στο έδαφος και αφού βεβαιωθούμε για τελευταία φορά ότι η παραλληλία που αναφέραμε προηγουμένως ισχύει, μπορούμε να απομακρύνουμε την πυξίδα. Ο χάρτης βρίσκεται στο έδαφος και ο Βορράς του χάρτη είναι προσανατολισμένος και δείχνει προς τον πραγματικό Βορρά.



**Εικόνα 4.17** Ο γεωλόγος δεν γνωρίζει τη θέση του στον χάρτη, γνωρίζει όμως πού είναι η θέση των κορυφών Α, Β και Γ που βλέπει γύρω του και θα χρησιμοποιήσει σαν σημεία αναφοράς. Προσανατολίζει τον χάρτη και τον τοποθετεί σε ένα (οριζόντιο και όχι επικλινές) σημείο του εδάφους, έτσι ώστε ο Βορράς του χάρτη να «δείχνει» τον πραγματικό Βορρά.

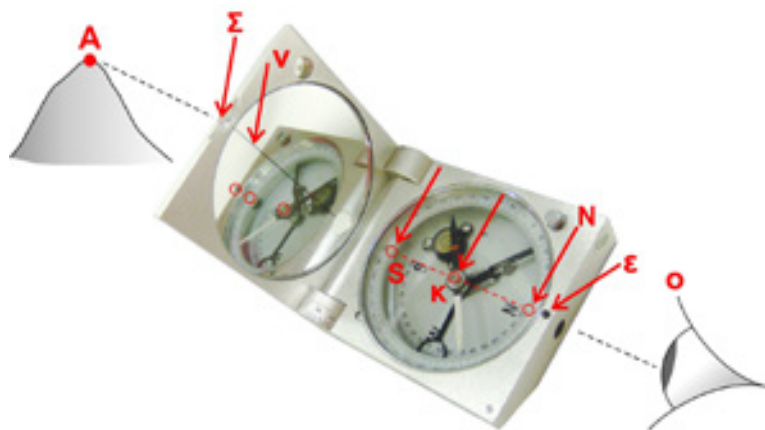


- Στο επόμενο βήμα στόχος είναι να βρούμε τη **διεύθυνση της ευθείας (αζιμούθιο)** που ενώνει τον γεωλόγο με την κορυφή Α. Μια απλή τοπογραφική πυξίδα με **καθρέπτη** και **σκόπευτρο** θα βόλευε πολύ περισσότερο στη συγκεκριμένη περίπτωση. Κάλιστα όμως μπορούμε να κάνουμε τη δουλειά μας και με την απλή γεωλογική πυξίδα. Η Freiberg, όπως και η Krantz αλλά και η Breithaupt Kassel, κυκλοφορούν σε εκδόσεις με καθρέπτη, που διευκολύνει στον προσδιορισμό του αζιμουθίου. Το ζητούμενο είναι (βλπ. Εικ. 4.18): i) ο οφθαλμός μας, ii) η πλαϊνή ακμή της πυξίδας (με το κυρίως σώμα της πυξίδας πάντα σε οριζόντια θέση) και iii) η κορυφή Α στο βάθος του οριζοντα, να βρίσκονται στην ίδια ευθεία (ή στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο). Κρατάμε, λοιπόν, το κυρίως σώμα της πυξίδας οριζόντιο και με το καπάκι ελαφρά λυγισμένο, πατάμε το κουμπί για να απελευθερωθεί η βελόνα και σηκώνουμε την πυξίδα στο ύψος του ματιού μας. Σκοπεύουμε, ούτως ώστε η πλαϊνή ακμή της πυξίδας να δείχνει ακριβώς την κορυφή Α (Εικ. 4.18).



**Εικόνα 4.18** Ο τρόπος που ο γεωλόγος σκοπεύει με την πυξίδα, για να πάρει το αζιμούθιο της θέσης του σε σχέση με την κορυφή Α. Ο οφθαλμός του γεωλόγου, η πλαϊνή ακμή της πυξίδας και η κορυφή Α πρέπει να βρίσκονται στην ίδια ευθεία ή στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο. Προσπαθούμε πάντα το κυρίως σώμα της πυξίδας να είναι οριζοντιωμένο. Για το παράδειγμά μας το αζιμούθιο είναι 028–208.

- Στην περίπτωση που η πυξίδα μας διαθέτει **καθρέπτη** η σκόπευση γίνεται λίγο διαφορετικά και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Κρατάμε την πυξίδα πιο χαμηλά και με λυγισμένο καπάκι, έτσι ώστε μέσα στον καθρέπτη να βλέπουμε το είδωλο του κυρίου σώματος της πυξίδας. Φροντίζουμε να ευθυγραμμίσουμε τον οφθαλμό μας με όλα τα σημεία που φαίνονται στην Εικ. 4.19 και την κορυφή Α στο βάθος του οριζοντα και όλη η υπόλοιπη διαδικασία είναι κοινή.

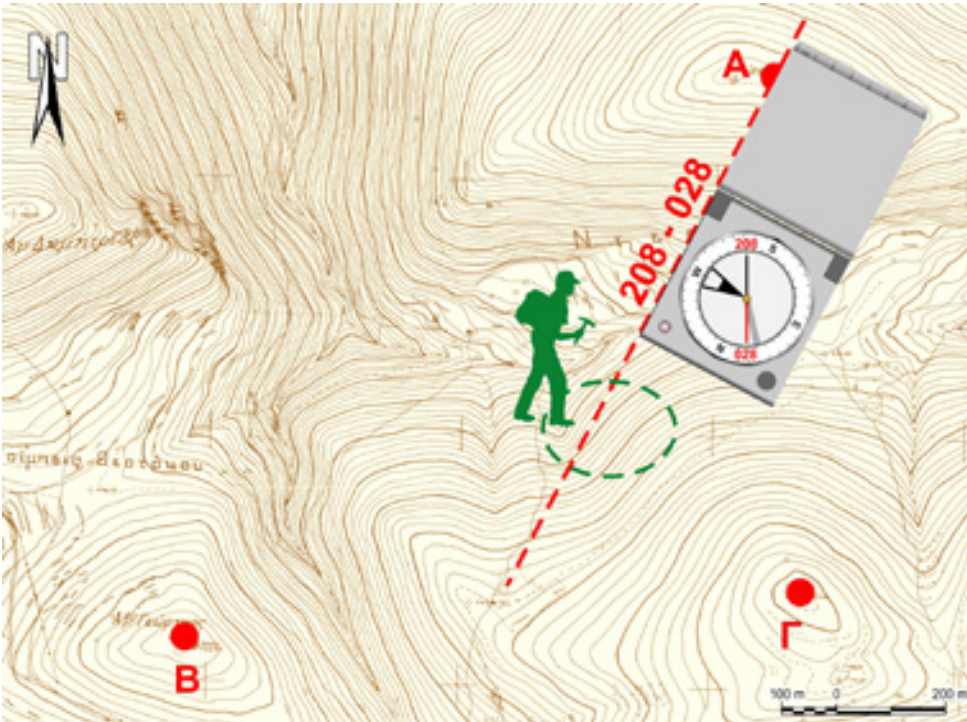


**Εικόνα 4.19** Σκοπεύοντας με πυξίδα που έχει καθρέπτη. Ο οφθαλμός μας (ο), το εζόγκωμα (ε), ο Βορράς και Νότος του δακτυλίου (N & S), το κέντρο περιστροφής της βελόνας (κ), τα είδωλά τους στον καθρέπτη, το νήμα του καθρέπτη (ν), η εγκοπή σκόπευσης (Σ) και η κορυφή (Α) πρέπει να βρίσκονται στην ίδια ευθεία, ή κατακόρυφο επίπεδο.

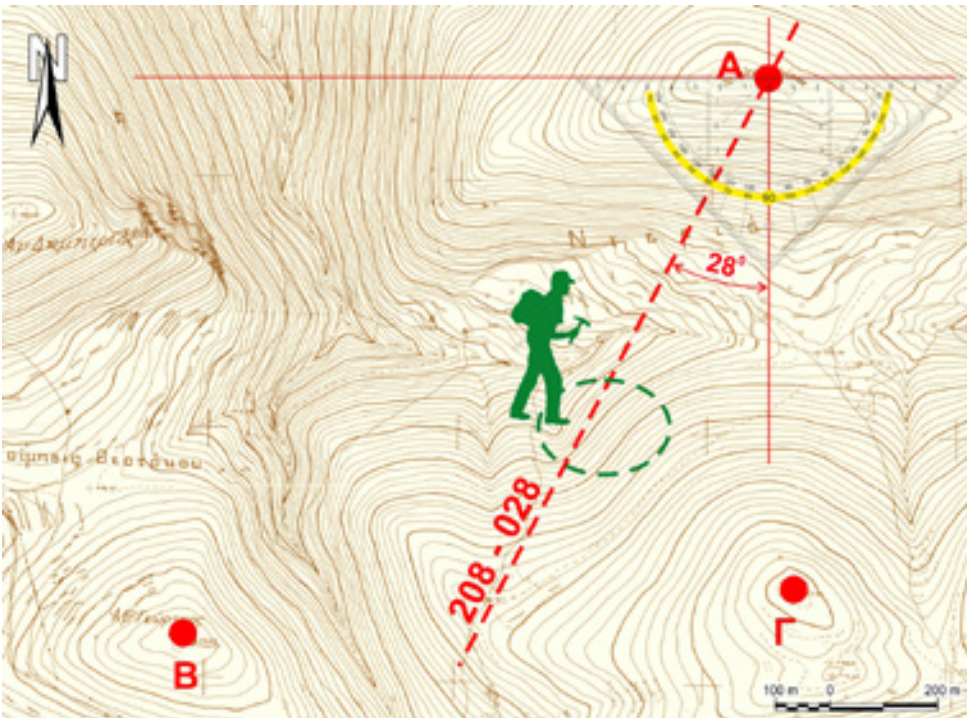
- Μόλις είμαστε έτοιμοι, απελευθερώνουμε το κουμπί για να σταθεροποιηθεί η βελόνα και **διαβάζουμε** τις **δύο αντιδιαμετρικές τιμές** πάνω στον δακτύλιο ενδείξεων προσανατολισμού, που δείχνουν οι άκρες της μαγνητικής βελόνας. **ΠΡΟΣΟΧΗ!** Όπως έχουμε αναφέρει οι ενδείξεις είναι  $\times 10$ . Για το παράδειγμά μας (Εικ. 4.18) οι τιμές αυτές είναι 028–208. Άρα η διεύθυνση (αζιμούθιο) της ευθείας που ενώνει το σημείο που βρισκόμαστε με την κορυφή Α είναι 028–208, ή N28°E.
- Στη συνέχεια ανοίγουμε το καπάκι και ακουμπάμε την πυξίδα πάνω στον χάρτη (που βρίσκεται στο έδαφος προσανατολισμένος), έτσι ώστε η πλαϊνή ακμή της να διέρχεται από το σημείο Α (Εικ. 4.20). Κατά προτίμηση φροντίζουμε το Α να βρίσκεται κοντά στην πάνω δεξιά ή αριστερή γωνία από το καπάκι. Πατάμε το κουμπί για να απελευθερωθεί η βελόνα και περιστρέφουμε την πυξίδα με κατακόρυφο άξονα περιστροφής που διέρχεται από το Α (προσέχοντας ώστε η πλαϊνή ακμή της να μη χάσει την επαφή με το σημείο Α), μέχρις ότου οι δύο άκρες της μαγνητικής βελόνας να δείχνουν στα αντιδιαμετρικά σημεία 028 και 208 στον δακτύλιο. Δεν έχει καμία σημασία αν η κόκκινη ή η μαύρη άκρη δείχνει το ένα ή το άλλο σημείο. Με ένα κόκκινο μολύβι και οδηγό την πλαϊνή ακμή της πυξίδας που διέρχεται από το Α, **χαράσσουμε μία γραμμή πάνω στον χάρτη. ΠΡΟΣΟΧΗ!** Σε όλη τη διαδικασία φροντίζουμε ο χάρτης με το ταμπλό να μένουν σταθερά και ακίνητα (δηλαδή, σταθερά προσανατολισμένα στο Βορρά). Όσο πιο ακριβείς είμαστε στους χειρισμούς και προσέχουμε να μην υπάρχουν σφουριά ή άλλα μεταλλικά αντικείμενα, στον περιβάλλοντα χώρο, που «τρελαίνουν» τη μαγνητική βελόνα, τόσο θα οδηγηθούμε σε πιο αξιόπιστο προσδιορισμό της θέσης μας. Επίσης, όσο πιο οριζόντιο είναι το έδαφος που έχουμε τοποθετήσει τον χάρτη μας (μαζί με το ταμπλό εννοείται, έτσι ώστε και ο χάρτης να μην σκιστεί και η πυξίδα να έχει ένα σκληρό υπόβαθρο), τόσο η βελόνα θα περιστρέφεται με μεγαλύτερη ευκολία και ακρίβεια χωρίς να μας εκνευρίσει.
- Τη διαδικασία αυτή μπορούμε να την κάνουμε με περισσότερη ακρίβεια και με το **μοιρογνωμόνιο** (Εικ. 4.21). Στην περίπτωση αυτή ο χάρτης δεν χρειάζεται να είναι τοποθετημένος στο έδαφος και προσανατολισμένος και έτσι μπορούμε να εργασθούμε καθιστοί σε μια σκιά, χωρίς το άγχος να μην κουνηθεί, ή περιστραφεί κάτι κατά λάθος. Υποτίθεται ότι είμαστε εξοικειωμένοι με τη χρήση του μοιρογνωμόνιου, δεδομένου ότι η τριγωνομετρική αρίθμηση σε μοίρες δεν ταυτίζεται με την αρίθμηση στον αζιμουθιακό κύκλο. Μπορούμε, για περισσότερη ευκολία, να έχουμε μαζί μας και να χρησιμοποιήσουμε μια overhead διαφάνεια από το «**μοιρογνωμόνιο αζιμουθίων**», που χρησιμοποιούμε στα εργαστήρια. Επισημαίνεται ότι η χρήση μοιρογνωμόνιου είναι πιο ακριβής και προτιμότερη γιατί, όπως έχει αναφερθεί, το σφάλμα της πυξίδας είναι 5°. Και την χρησιμοποιούμε δύο φορές. Μία για να μετρήσουμε το αζιμούθιο και μία για να το περάσουμε στον χάρτη. Αν προσθέσουμε και τα δικά μας λάθη στη σκόπευση και τη χάραξη μαζεύονται πολλά «σφάλματα», με ό,τι αυτό συνεπάγεται στην ακρίβεια του προσδιορισμού.
- Είναι προφανές ότι η **θέση** μας βρίσκεται κάπου πάνω στην **ευθεία** που έχουμε ήδη χαράξει. Άρα χρειαζόμαστε τουλάχιστον άλλη μία τέτοια διεύθυνση, ώστε να προσδιορίσουμε τη θέση μας. Και αν έχουμε και μία τρίτη, τα πράγματα θα είναι ακόμα καλύτερα. Ακολουθούμε, λοιπόν, την ίδια ακριβώς διαδικασία και με τα άλλα δύο σημεία αναφοράς (κορυφές) Β και Γ, που έχουμε επιλέξει στην ύπαιθρο και γνωρίζουμε τη θέση τους στον χάρτη. Η σκόπευση προς το Β μας δίνει αζιμούθιο (διεύθυνση) 062–242 (Εικ. 4.22) και η σκόπευση προς το Γ 129–309. Θεωρητικά, πάντα, χαράσσο-ντας και τις **τρεις** αυτές **ευθείες**, θα πρέπει να **διέρχονται από το ίδιο σημείο X**, που αντιπροσω-πεύει τη θέση μας στον χάρτη. Είναι προφανές ότι με όση ακρίβεια και αν έχουμε ακολουθήσει όλη τη διαδικασία θα υπάρχει κάποιο σφάλμα και απόκλιση. Σε άλλες περιπτώσεις τα πράγματα είναι αποδεκτά και σε κάποιες άλλες όχι και πρέπει να επαναλάβουμε τη διαδικασία πιο προσεκτικά. Στην περίπτωση που οι τρεις γραμμές δεν διέρχονται από το ίδιο σημείο σχηματίζεται ένα τρίγωνο (Εικ. 4.23). Ανάλογα με την κλίμακα που δουλεύουμε το μέγεθος αυτού του τριγώνου θα καθορίσει αν η διαδικασία είναι ή όχι, αποδεκτή. Για κλίμακα εργασίας 1:5.000 (δηλ. το 1cm στον χάρτη αντιστοιχεί σε 50m στο ύπαιθρο), ένα τρίγωνο με πλευρά μέχρι 0,5cm θεωρείται αποδεκτό και μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το κέντρο βάρους του είναι η θέση μας στον χάρτη. Η εμπειρία και η εξάσκηση, είναι τα στοιχεία που σε κάθε περίπτωση θα μας οδηγήσουν γρήγορα σε σωστό αποτέλεσμα και επιτυχή προσδιορισμό της θέσης.

Ολοκληρώνουμε το κεφάλαιο αυτό με την επισήμανση ότι αν χρησιμοποιήσουμε μια διαφορετική γεωλο-γική πυξίδα από την πυξίδα Freiberg, π.χ. μια πυξίδα Krantz ή Breithaupt Kassel, θα πρέπει να προσέξουμε ορισμένα στοιχεία που έχουν να κάνουν με τις μικροδιαφορές ανάμεσα στα διάφορα μοντέλα. Αυτές αφορούν

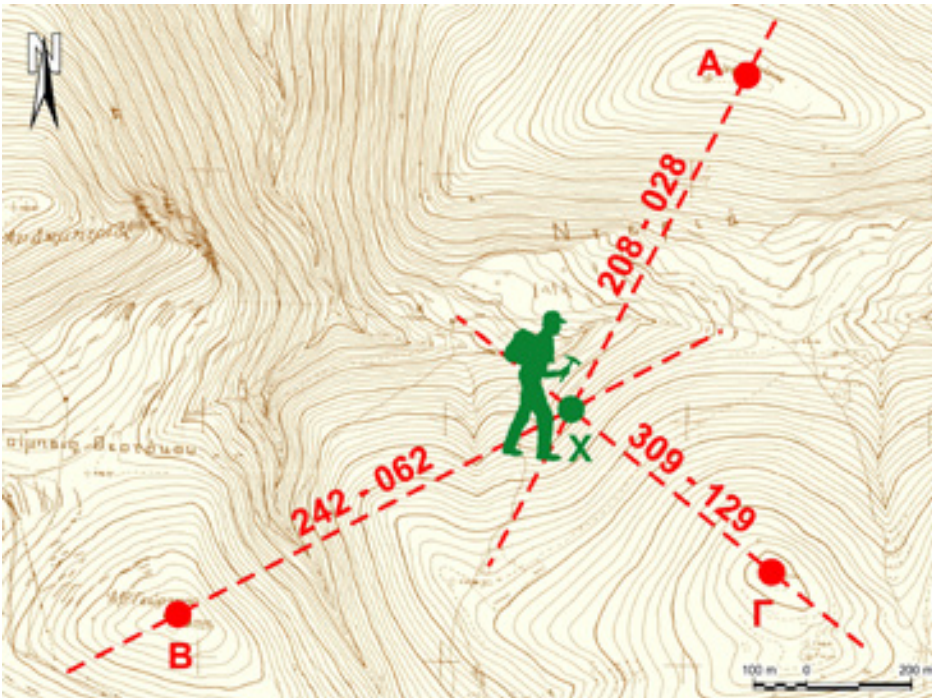
κυρίως το χρώμα της βελόνας που δείχνει προς τον Βορρά και το κουμπί που απελευθερώνει ή μπλοκάρει τη μαγνητική βελόνα.



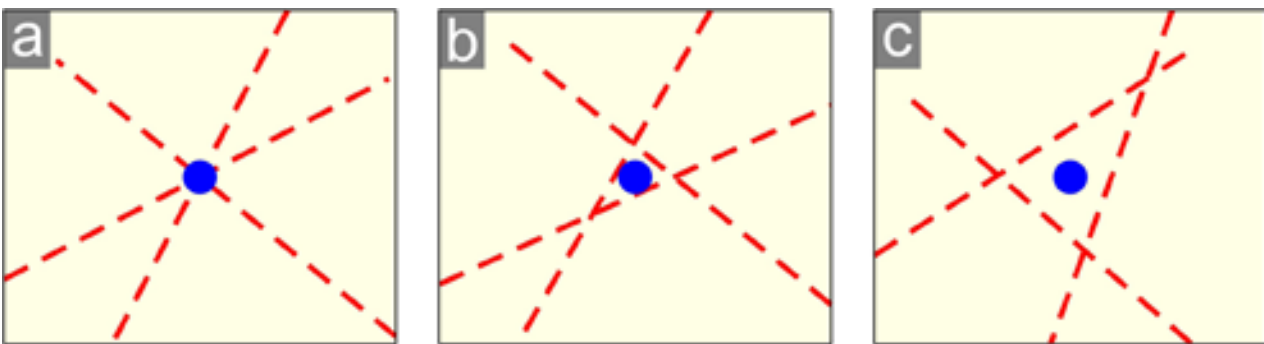
**Εικόνα 4.20** Χαράσσοντας την πρώτη διεύθυνση πάνω στον χάρτη, αυτή που ενώνει εμάς με την κορυφή A. Προσανατολίζουμε την πυξίδα ώστε η βελόνα να δείχνει 028–208 και χαράσσουμε, με οδηγό την πλαϊνή ακμή, μια γραμμή που διέρχεται από το σημείο A. Η γραμμή αυτή έχει διεύθυνση 028–208 και κάπου πάνω στη γραμμή αυτή βρίσκεται η θέση μας.



**Εικόνα 4.21** Χαράσσοντας πάνω στον χάρτη τη διεύθυνση που ενώνει εμάς με την κορυφή A, με τη χρήση μοιρογνωμόνιου. Δεν έχουμε παρά να χαράζουμε μια γραμμή που διέρχεται από το A και έχει διεύθυνση  $N28^{\circ}E$ , ή  $S28^{\circ}W$ . Στο παράδειγμα της φωτογραφίας μετράμε  $28^{\circ}$  από το Νότο προς τη Δύση και φέρνουμε την ευθεία. Χρησιμοποιούμε για οδηγό τον κάναβο από οριζόντιες και κάθετες γραμμές του προβολικού συστήματος ή τα σταυρονήματα που έχει ο χάρτης μας, έτσι ώστε να φέρουμε δύο τέτοιες παράλληλες γραμμές που να διέρχονται από το σημείο A, με στόχο να διευκολυνθούμε στη μέτρηση με το μοιρογνωμόνιο.



**Εικόνα 4.22** Επαναλαμβάνοντας την ίδια διαδικασία και με τα σημεία αναφοράς (κορυφές) Β και Γ, χαράσσουμε τρεις ευθείες (διευθύνσεις), οι οποίες οφείλουν να διέρχονται όλες από το ίδιο σημείο, που αντιπροσωπεύει την ακριβή θέση μας στον χάρτη.



**Εικόνα 4.23** Δεομένου ότι σφάλματα μπαίνουν σε όλες τις φάσεις της διαδικασίας, η τομή των τριών διευθύνσεων θα δημιουργεί ένα τρίγωνο, το κέντρο βάρους του οποίου θα αντιπροσωπεύει (με κάποια απόκλιση) τη θέση μας στον χάρτη. Ανάλογα με την κλίμακα εργασίας και το μέγεθος του τριγώνου, το αποτέλεσμα μπορεί να είναι αποδεκτό (π.χ. περιπτώσεις a & b) ή μη αποδεκτό (περίπτωση c).

## 4.11 Μετρήσεις μορφολογικών και γεωλογικών διευθύνσεων και κλίσεων

Πολλές φορές θα χρειαστεί στην ύπαιθρο να πάρουμε με τη γεωλογική πυξίδα μια **διεύθυνση** ενός **μορφολογικού στοιχείου** για να το συσχετίσουμε με τα γεωλογικά και τεκτονικά στοιχεία της περιοχής, όπως π.χ η διεύθυνση ενός ρέματος, μιας μορφολογικής ασυνέχειας, ενός μορφολογικού μετώπου κ.λπ. ή ενός **γεωλογικού στοιχείου** που βρίσκεται μακριά μας, όπως π.χ. το ίχνος ενός ρήγματος, μιας επαφής, ενός άξονα πτυχής κ.λπ. Η διαδικασία είναι απλή. Ανοίγουμε το καπάκι της πυξίδας, πατάμε το κουμπί για να απελευθερωθεί η μαγνητική βελόνα (για την πυξίδα Freiberg πάντα) και προτάσσουμε (τεντώνουμε) το χέρι μας **παραλληλίζοντας** μία από τις **δύο πλαϊνές ακμές** της πυξίδας με το στοιχείο του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε τη διεύθυνση. Προσέχουμε πάντα η πυξίδα να είναι σε **οριζόντια θέση**, ώστε να περιστρέφεται ανεμπόδιστα η βελόνα. Μόλις είμαστε έτοιμοι αφήνουμε το κουμπί για να σταθεροποιηθεί η βελόνα και διαβάζουμε τις **αντιδιαμετρικές τιμές** στις **δύο άκρες** της μαγνητικής βελόνας. Οι τιμές αυτές αντιπροσωπεύουν και τη διεύθυνση που ζητάμε.

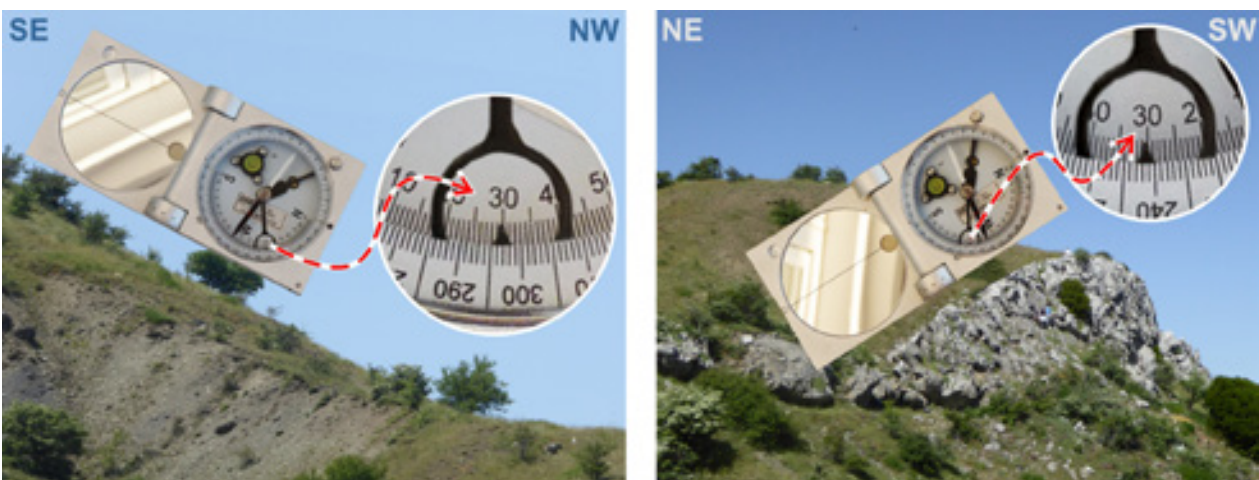
**ΠΡΟΣΟΧΗ!** Οι μετρήσεις που κάνουμε είναι πάντα συνειδητές, δηλαδή έχουμε την αίσθηση του προ-

σανατολισμού στον χώρο και γνωρίζουμε πάνω-κάτω τη διεύθυνση που περιμένουμε να βρούμε. Αν η τιμή που δείξει η πυξίδα είναι έξω από αυτό που περιμένουμε ελέγχουμε τι δεν πάει καλά. Μπορεί να κόλλησε η βελόνα, αλλά μπορεί να κόλλησε και ...το μυαλό μας.



**Εικόνα 4.24** Μετρώντας από μακριά τη διεύθυνση του ίχνους ενός ρήγματος, που είναι υπεύθυνο και για το μορφολογικό μέτωπο που έχει δημιουργηθεί. Παραλληλίζουμε την πλαϊνή ακμή της πυξίδας με το ίχνος του μετώπου (και του ρήγματος), έχοντας απελευθερωμένη τη βελόνα και προσέχοντας το σώμα της πυξίδας να είναι οριζόντιο. Στη συνέχεια διαβάζουμε τις δύο αντιδιαμετρικές τιμές που δείχνουν οι άκρες τις βελόνας στον δακτύλιο της πυξίδας (οι ενδείξεις στη Freiberg πολλαπλασιάζονται επί 10). Για το παράδειγμά μας η διεύθυνση είναι 030–210, ή N30°E.

Σε άλλες περιπτώσεις, υπάρχει η ανάγκη να μετρήσουμε μια **μορφολογική κλίση** από μακριά, όπως μιας πλαγιάς ή μιας ράχης (π.χ. για να τη συσχετίσουμε με τις κλίσεις των στρωμάτων και πιθανές κατολισθήσεις), αλλά και την **κλίση ενός γεωλογικού στοιχείου**, όπως π.χ. το ίχνος μια επαφής, ή της στρώσης, που βλέπουμε ξεκάθαρα στο απέναντι βουνό. Στην περίπτωση αυτή εκμεταλλευόμαστε το **κλισίμετρο ακριβείας** που διαθέτει τόσο η πυξίδα Freiberg, όσο και οι άλλες πυξίδες που χρησιμοποιούμε στην ύπαιθρο (Krantz και Breithaupt Kassel). Η διαδικασία που ακολουθούμε είναι και στην περίπτωση αυτή πολύ απλή. Απελευθερώνουμε το κλισίμετρο, ανοίγουμε το καπάκι και κρατώντας το **σώμα της πυξίδας κατακόρυφο** (ώστε το κλισίμετρο να περιστρέφεται ελεύθερα) **παραλληλίζουμε την πλαϊνή ακμή της πυξίδας** με το στοιχείο του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε την κλίση. Διαβάζουμε την τιμή που δείχνει η μύτη του κλισιμέτρου, με ακρίβεια 1°. Η ακρίβεια αυτή είναι πολύ μεγαλύτερη αν τη συγκρίνουμε με την ακρίβεια του κλισιμέτρου της πλάτης, που, όπως έχουμε αναφέρει, κυμαίνεται γύρω στις 5°.



**Εικόνα 4.25** Μετρώντας από μακριά μορφολογικές κλίσεις και κλίσεις επαφών (επαφή ηωκαινικών ασβεστολίθων με φλύσχη), χρησιμοποιώντας το κλισίμετρο ακριβείας μιας πυξίδας Krantz. Στην πρώτη περίπτωση διαβάζουμε 29° και στη δεύτερη 31°. Με βάση τον προσανατολισμό των κάδρων των φωτογραφιών η μορφολογική κλίση είναι προς τα NW και η κλίση της επαφής προς τα NE.

Στις περιπτώσεις που μετράμε κλίσεις με αυτό τον τρόπο, είναι καλό να σημειώνουμε και τη **φορά της κλίσης**. Με δεδομένο ότι το «κάδρο» που βλέπουμε απέναντί μας στην ύπαιθρο, αντιπροσωπεύει στην ουσία μία τομή, πρέπει να βάλουμε προσανατολισμό. Για να το κάνουμε με περισσότερη ακρίβεια μπορούμε να πάρουμε τη διεύθυνση του κάδρου χρησιμοποιώντας τον προηγούμενο τρόπο.



**Εικόνα 4.26** Μετρώντας με το κλισίμετρο ακριβείας μιας πυξίδας Freiberg, την κλίση των στρωμάτων. Την τοποθετούμε κατακόρυφα και παράλληλα με το άνυσμα της μέγιστης κλίσης. Προσοχή! Η τιμή που διαβάζουμε πολλαπλασιάζεται επί 10, σε αντίθεση με το κλισίμετρο της πυξίδας Krantz στις φωτογραφίες της Εικ. 4.25.

Ολοκληρώνουμε το κεφάλαιο αυτό αναφέροντας ότι με το κλισίμετρο ακριβείας μπορούμε να μετρήσουμε και τη **μέγιστη κλίση** των στρωμάτων. Με την πυξίδα ανοιγμένη και σε κατακόρυφη διάταξη, τοποθετούμε την πλαϊνή ακμή της πυξίδας παράλληλα με το άνυσμα της μέγιστης κλίσης και διαβάζουμε την τιμή. Στο παράδειγμα της παραπάνω εικόνας μετράμε με το κλισίμετρο ακριβείας, μιας πυξίδας Freiberg, την κλίση που είχαμε μετρήσει με το κλισίμετρο της πλάτης στην Εικ. 4.9. Η τιμή που διαβάζουμε είναι 17°, (**ΠΡΟΣΟΧΗ!** Η τιμή της ένδειξης είναι x10). Με το κλισίμετρο της πλάτης είχαμε διαβάσει 15°, που σημαίνει ότι βελτιώσαμε την μέτρησή μας κατά 2°.

Επισημαίνεται ότι με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να μετρήσουμε και φαινόμενες κλίσεις σε οποιαδήποτε διεύθυνση, είτε επιφανειών είτε γραμμικών στοιχείων. Ακόμα και την παράταξη μιας επιφάνειας μπορούμε να φέρουμε με αυτό τον τρόπο, κρατώντας την πυξίδα κατακόρυφη, σε επαφή πάντα με την επιφάνεια και περιστρέφοντάς τη μέχρι το κλισίμετρο ακριβείας να δείξει 0°.

## 4.12 Apps & smartphones VS γεωλογική πυξίδα

Όπως αναφέρθηκε και στο υποκεφάλαιο 4.2, από την «καταιγίδα» των apps που έχουν κατακλύσει τα τελευταία χρόνια τα σύγχρονα **smartphones** και **tablets**, δεν θα μπορούσε να ξεφύγει η γεωλογική πυξίδα. Κυκλοφορούν ήδη (στα Play & App Stores) αρκετές εφαρμογές, τόσο σε λειτουργικό **Android** όσο και σε λειτουργικό **iOS**, που μετατρέπουν το κινητό σε γεωλογική πυξίδα – και όχι μόνο.

Το βασικό ερώτημα, που τίθεται στην προκειμένη περίπτωση, είναι αν όντως μπορούμε να αντικαταστήσουμε τη γεωλογική πυξίδα, δεδομένου ότι μια τέτοια συσκευή, ούτως ή άλλως, θα την έχουμε πάντα μαζί μας. Ποιά είναι, λοιπόν, η απάντηση στη σύγκριση «apps & smartphones VS γεωλογική πυξίδα»; Ποιά είναι τα πλεονεκτήματα και ποιά τα μειονεκτήματα σε κάθε περίπτωση; Η απάντηση δεν διαφέρει με αυτή που έχουμε δώσει και στην άλλη σύγκριση «tablet VS τετράδιο υπαίθρου & γεωλογικός χάρτης». Η κλασική γεωλογική πυξίδα είναι ειδικά κατασκευασμένη για αυτή τη δουλειά, είναι ανθεκτική, σαν μηχανική κατασκευή δεν έχει ηλεκτρονικές «ευαισθησίες» και έχει αποδείξει την αξιοπιστία της ...ανά τους αιώνες. Είναι λειτουργικότερη, με αυτή μπορούμε να κάνουμε τη δουλειά μας εύκολα, γρήγορα, αξιόπιστα, σωστά και με ακρίβεια και άρα είναι αναντικατάστατη.



**Εικόνα 4.27** Εφαρμογές (apps) για σύγχρονα smartphones, που προσομοιώνουν τη γεωλογική πυξίδα, προσφέροντας, ταυτόχρονα, μια σειρά από άλλες ψηφιακές διευκολύνσεις. Οι βασικές εφαρμογές είναι δωρεάν, αλλά για τα επιπλέον «καλούδια» θα χρειαστεί να πληρώσουμε ένα μικρό αντίτιμο.

Η γεωλογική πυξίδα με τη μορφή app σε smartphone, έχει πολλά πλεονεκτήματα, δεδομένου ότι εκτός από την ανάγνωση της μέτρησης, μπορεί να αποθηκεύσει ψηφιακά τα δεδομένα, να τα πλοτάρει στο Google Earth, να αποθηκεύσει τις συντεταγμένες του σημείου που έγινε η μέτρηση, να τα συσχετίσει με συγκεκριμένες σημειώσεις και φωτογραφίες της δομής που μετρήσαμε, να κάνει την προβολή σε δίκτυο Schmidt ....και πολλά ακόμα περισσότερα. Από την άλλη όμως έχει και ορισμένα μειονεκτήματα, όπως:

- η **ακρίβεια** των **μετρήσεων** εξαρτάται από την ποιότητα των ηλεκτρονικών του smartphone, που σε αρκετές περιπτώσεις είναι αμφισβητήσιμη,
- χρειάζεται συχνά **απομαγνητισμό**, δηλαδή τη γνωστή σε όλους μας διαδικασία να διαγράφουμε με το κινητό «οχτάρια» στον αέρα για να .... «εξευμενισθούν» τα μαγνητικά πεδία,
- εξαρτάται από **μπαταρία**, που κάποτε μας αφήνει .... «στα κρύα του λουτρού» (να μη ρίξουμε και μια ματιά στο Facebook να δούμε αν μας θυμούνται οι φίλοι μας τώρα που ...πήραμε τα βουνά:),
- έχει όλα τα μειονεκτήματα μιας **ηλεκτρονικής συσκευής (hardware)** που τρέχει **λογισμικό (software)**, με ότι αυτό συνεπάγεται σε ευπάθεια, κολλήματα και «κρασαρίσματα»,
- αποθηκεύει δεδομένα σε **μνήμη**, που μπορεί να γεμίσει ή ....να σβηστεί από «ξένο» ή και δικό μας «δάκτυλο», έστω και κατά λάθος,
- έχει **οθόνη**, που συχνά είναι δυσανάγνωστη κάτω από τον καλοκαιρινό, φωτεινό και ολόλαμπρο ελληνικό ήλιο και το βασικότερο και τελευταίο (με τη μορφή ερώτησης),
- πόσοι από εμάς είμαστε διατεθειμένοι να «**γρατζουνάμε**» και να «**γδέρνουμε**» το πανάκριβο και «πανέξυπνο» κινητό μας, πάνω σε «hard rock» βράχους και πετρώματα;

Η τεχνολογία προχωρά και πολλά από τα προβλήματα αυτά σιγά-σιγά λύνονται. Προφανώς και πειραματιζόμαστε, και μαθαίνουμε να χρησιμοποιούμε τις ευκολίες αυτές και να εκμεταλλευόμαστε τα πλεονεκτημά τους, αλλά ποτέ δεν αποχωριζόμαστε τη γεωλογική μας πυξίδα, με την οποία ΠΑΝΤΑ θα **επιβεβαιώνουμε** τις ηλεκτρονικές μας μετρήσεις. Αυτό γιατί σε πολλές συγκριτικές δοκιμές, που κάνουμε με τους φοιτητές, ανάμεσα σε: **γεωλογική πυξίδα VS android smartphone VS iPhone**, υπάρχουν διαφορές που συχνά φθάνουν και τις 20°. Περισσότερες λεπτομέρειες και στοιχεία αναφέρονται στο κεφάλαιο που ασχολείται με τις εφαρμογές των σύγχρονων τεχνολογιών στη γεωλογική χαρτογράφηση.

## **Βιβλιογραφία/Αναφορές**

- Coe, L., A. (editor), Argles, W., T., Rothery, A. D. & Spicer, A., R. (2010). *Geological Field Techniques*. 323p., Wiley-Blackwell.
- Lisle, J., R., Brabham, P. & Barnes, J. (2011). *Basic Geological Mapping*. 217p., Wiley-Blackwell.



## Κεφάλαιο 5:

### Τοπογραφικοί χάρτες και μορφολογικές δομές αναγλύφου

#### Σύνοψη

Όπως έχει ήδη αναφερθεί για την κατασκευή ενός γεωλογικού χάρτη απαιτείται ένα τοπογραφικό υπόβαθρο, δηλαδή ένας τοπογραφικός χάρτης πάνω στον οποίο θα περαστούν τα γεωλογικά όρια, οι γεωλογικοί σχηματισμοί και τα σύμβολα των τεκτονικών στοιχείων και μετρήσεων. Ο γεωλόγος πρέπει να γνωρίζει να διαβάζει και να συσχετίζει το ανάγλυφο και τις μορφολογικές δομές που βλέπει στην ύπαιθρο με τη μορφή των ισοϋψών καμπυλών στον χάρτη, καθώς επίσης να κατανοεί και να γνωρίζει μέσα από ποιες διαδικασίες και τεχνικές (προβολικό σύστημα κ.λπ.) έχει προκύψει ο χάρτης αυτός και ποιους περιορισμούς και παραδοχές περιλαμβάνει. Άλλωστε, η χρήση των G.I.S στη γεωλογική χαρτογράφηση κάνει περισσότερο επιτακτική την ανάγκη της αφομοίωσης βασικών γνώσεων για την επιστήμη της Τοπογραφίας και τους τοπογραφικούς χάρτες και αυτό θα προσπαθήσουμε να σας δώσουμε στα επόμενα.

#### Προαπαιτούμενη γνώση

Οι βασικές γνώσεις που δίνονται στα μαθήματα, τα εργαστήρια και τις ασκήσεις υπαίθρου, της Εισαγωγής στη Γεωλογία και της Φυσικής Γεωγραφίας. Η ύλη από τα αντίστοιχα κεφάλαια των σημειώσεων που δίνονται στους φοιτητές και είναι αναρτημένα στην πλατφόρμα e-Class. Οι ηχογραφημένες παραδόσεις (βιντεοδιαλέξεις) από τα αντίστοιχα κεφάλαια, τόσο κατά τις παραδόσεις των μαθημάτων, όσο και στις ασκήσεις υπαίθρου, που έγιναν στα πλαίσια της δράσης «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα» και φιλοξενούνται στην πλατφόρμα Open Delos.

### 5.1 Εισαγωγή στην επιστήμη της Τοπογραφίας

Η **Τοπογραφία** είναι η επιστήμη που ασχολείται μεταξύ άλλων με την απεικόνιση της γήινης επιφάνειας σε σμίκρυνση υπό μορφή χάρτη και την επεξεργασία των μετρήσεων και υπολογισμών για τον προσδιορισμό της θέσης των σημείων ως προς ένα σύστημα αναφοράς ή και της σχετικής θέσης μεταξύ τους. Οι θέσεις αυτές εκφράζονται συνήθως από τις **συντεταγμένες** των σημείων ως προς ένα κατάλληλα ορισμένο **σύστημα αναφοράς**.

Η χρήση των συντεταγμένων και κυρίως των ορθογωνίων καρτεσιανών συντεταγμένων απλοποιεί τη μαθηματική διατύπωση των προβλημάτων και την επίλυσή τους. Γνωρίζοντας τις συντεταγμένες σημείων, εύκολα υπολογίζονται συναρτήσει αυτών οποιαδήποτε μεγέθη έχουν σχέση με το σχήμα και το μέγεθος των γεωμετρικών μορφών που ορίζουν, π.χ. αποστάσεις, γωνίες, εμβαδά, όγκοι και υψόμετρα. Επιπλέον, οι συντεταγμένες ορίζουν και τη θέση της γεωμετρικής μορφής ως προς το σύστημα αναφοράς τους. Οι συντεταγμένες, που είναι αριθμοί χωρίς φυσική σημασία (εκτός ορισμένων περιπτώσεων), λειτουργούν σαν αποθήκη πληροφοριών για τον υπολογισμό ποσοτήτων με φυσική σημασία. Ακόμα, η χρήση τους διευκολύνει τη χάραξη στο έδαφος σημείων, γραμμών και σχημάτων, π.χ. άξονες δρόμων, άξονες κατασκευής σιδηράγων, ρυμοτομικά σχέδια, όρια ιδιοκτησιών και τεχνικών έργων.

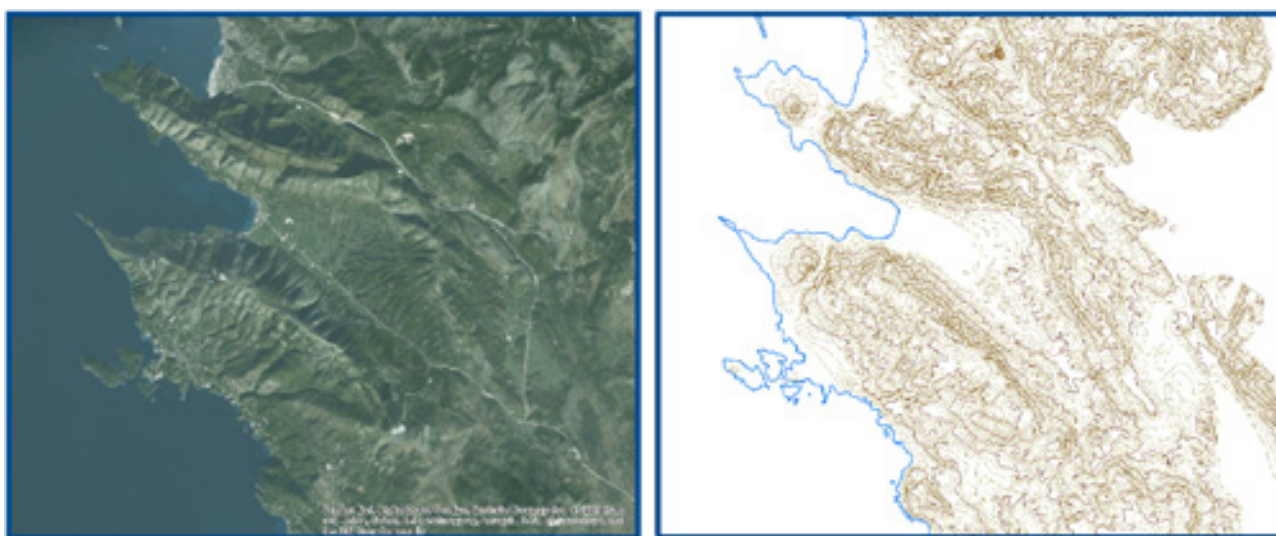
Οι μετρήσεις ή παρατηρήσεις στις τοπογραφικές εργασίες εκτελούνται με τη βοήθεια **τοπογραφικών οργάνων**, απλών ή σύνθετων, ανάλογα με το είδος της εργασίας και είναι συνήθως μετρήσεις αποστάσεων, διευθύνσεων, γωνιών και υψομετρικών διαφορών. Με τη βοήθεια των σημείων αναφοράς με γνωστές συντεταγμένες, οι οποίες έχουν υπολογιστεί με **γεωδαιτικές εργασίες**, υπολογίζονται οι συντεταγμένες για όλα τα υπόλοιπα σημεία. Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογική εξέλιξη παρέχει τη δυνατότητα για όργανα – συστήματα που μετρούν άμεσα συντεταγμένες σημείων με τη βοήθεια μετρήσεων από δορυφόρους (**συστήματα Doppler, GPS**) ή και διαφορετικά όπως είναι τα **αδρανειακά συστήματα**.

Οι τοπογραφικοί υπολογισμοί γίνονται σήμερα με τη χρήση απλών αριθμομηχανών που διαθέτουν τις βασικές μαθηματικές συναρτήσεις, αλλά και με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών για πολύπλοκότερα προβλήματα, ταχύτητα στους υπολογισμούς και στη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων.

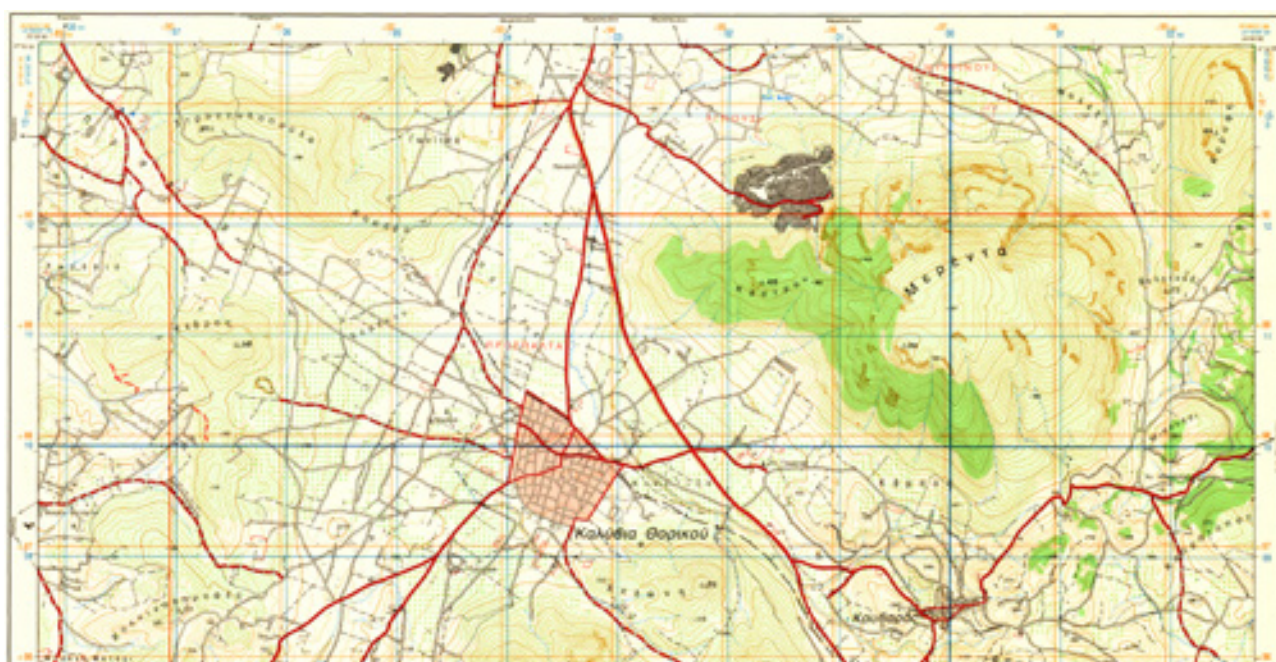
Η απόδοση σε χάρτη ή διάγραμμα ακολουθεί βασικές αρχές, γνωστές στην επιστήμη της Χαρτογραφίας. Στις περιπτώσεις γραφικής απόδοσης, αυτή γίνεται με τη βοήθεια **σχεδιαστικών οργάνων** «με το χέρι» ή

αυτόματα μέσω των αυτόματων σχεδιαστών (plotters) διαθέτοντας φυσικά την απαραίτητη υποδομή σε υπολογιστικά και σχεδιαστικά μηχανήματα (hardware) και σε λογισμικό (software). Ακόμα, η απόδοση μπορεί να γίνει με τη βοήθεια **φωτογραμμετρικών οργάνων** στα οποία τοποθετούνται επίγειες φωτογραφίες ή αεροφωτογραφίες. Τελευταία χρησιμοποιούνται και **τεχνικές της τηλεπισκόπησης**, όπου με επεξεργασία δεδομένων από δορυφόρους, μπορούν να κατασκευασθούν χάρτες.

Οι διαστάσεις της γήινης επιφάνειας, όπου εκτελούνται οι προαναφερόμενες μετρήσεις (ή οι παρατηρήσεις), δεν ξεπερνούν συνήθως τα μερικά χιλιόμετρα, έτσι ώστε οι επιδράσεις της γήινης καμπυλότητας και του πεδίου βαρύτητας να είναι πρακτικά αμελητέες. Το τελικό αποτέλεσμα μιας τοπογραφικής αποτύπωσης είναι η λεπτομερής **απεικόνιση του αναγλύφου** (Εικ. 5.1) σε μορφή χάρτη (Εικ. 5.2), η οποία γίνεται με συστηματικό τρόπο ώστε να αποδοθεί η οριζοντιογραφική και υψομετρική πληροφορία που σχετίζεται με τα γεωμετρικά φυσικά ή τεχνικά χαρακτηριστικά του. Ο χάρτης αυτός ονομάζεται **τοπογραφικός χάρτης** και σε μεγάλες κλίμακες (1:1.000, 1:2.000 και 1:5.000) **τοπογραφικό διάγραμμα**. Εκτός από τη γραφική αναπαράσταση των παραπάνω πληροφοριών, είναι δυνατόν να έχουμε με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών και αναλυτική αναπαράσταση (αριθμητική ή ψηφιακή), π.χ. πίνακες αριθμών, βάσεις δεδομένων και ψηφιακά μοντέλα εδάφους. Η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων με μετρήσεις στο ύπαιθρο, της επεξεργασίας τους και της απόδοσής τους λέγεται **τοπογραφική αποτύπωση** ή **τοπογραφική χαρτογράφηση**.



Εικόνα 5.1 Τοπογραφική αποτύπωση του αναγλύφου.

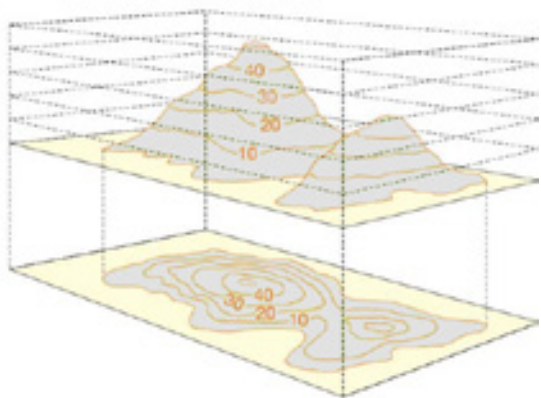


Εικόνα 5.2 Τμήμα τοπογραφικού χάρτη φύλλο «Κερατέα», κλίμακας 1:25.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού.

Στα επόμενα κεφάλαια θα γίνει μια προσπάθεια να περιγραφούν οι βασικές μορφές του αναγλύφου, η ορολογία που τις διέπει και ο τρόπος που αυτές αποτυπώνονται στους τοπογραφικούς χάρτες. Αποτελεί ένα θεμελιώδες αντικείμενο δεδομένου ότι βασικός στόχος του χαρτογράφου είναι τα γεωλογικά δεδομένα να απεικονιστούν σε έναν τοπογραφικό χάρτη για αυτό και στη βιβλιογραφία συναντά κανείς εκτεταμένες αναφορές και περιγραφές για την τοπογραφία και την μορφολογία του αναγλύφου (Coe et al., 2010; Lisle et al., 2011; Τρανός, 2011).

## 5.2 Ο τοπογραφικός χάρτης

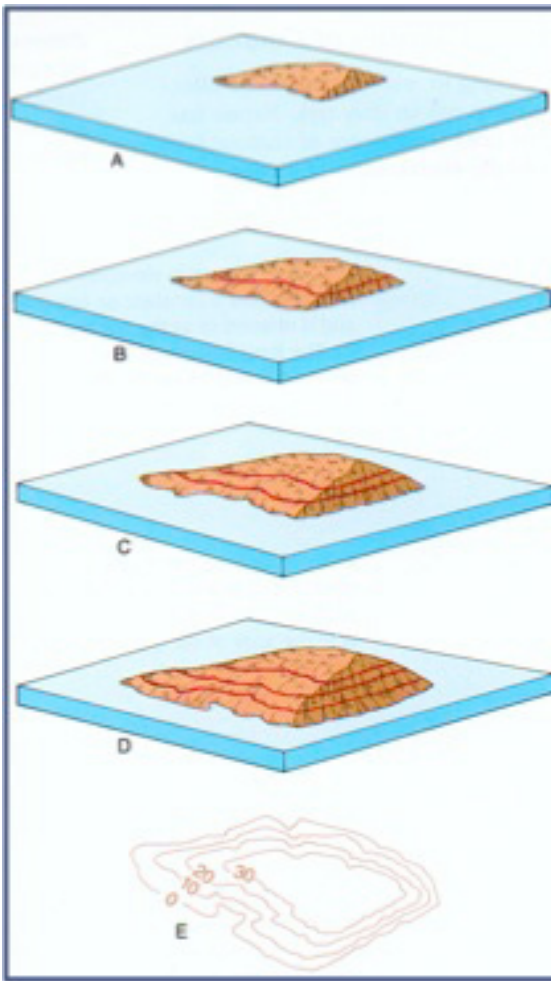
Ο τοπογραφικός χάρτης, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι η αποτύπωση της επιφάνειας της γης στο οριζόντιο επίπεδο, υπό κλίμακα (Εικ. 5.1). Η απεικόνιση του αναγλύφου γίνεται μέσω των **ισοϋψών καμπυλών** (contour lines), οι οποίες είναι κλειστές καμπύλες γραμμές, που ενώνουν σημεία ίδιου υψομέτρου. Οι ισοϋψείς καμπύλες προκύπτουν από την τομή της επιφάνειας του εδάφους με ισαπέχοντα οριζόντια επίπεδα (Εικ. 5.3). Η ακτογραμμή αποτελεί μια φυσική ισοϋψή με τιμή μηδέν. Σε κάθε σημείο του τοπογραφικού χάρτη είναι δυνατό να προσδιορισθεί η υψομετρική του διαφορά ως προς την επιφάνεια της θάλασσας, η οποία ονομάζεται **απόλυτο υψόμετρο** (Εικ. 5.4). Αντίστοιχα με τις ισοϋψείς καμπύλες, οι γραμμές που συνδέουν σημεία με το ίδιο βάθος από την επιφάνεια της θάλασσας ή λίμνης ονομάζονται **ισοβαθείς**.



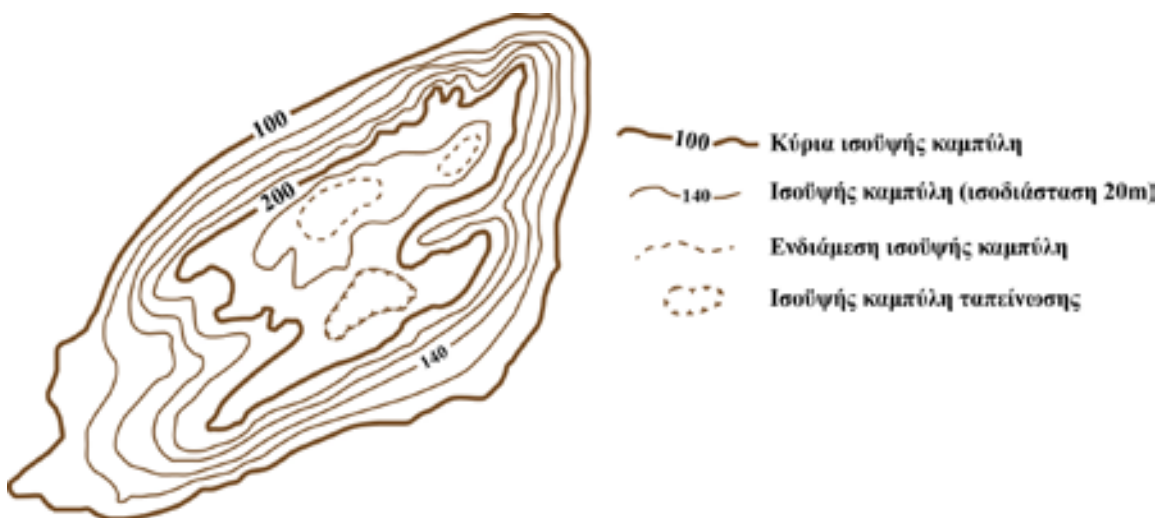
**Εικόνα 5.3** Διατομές μικρής μορφολογικής έξαρσης με οριζόντια επίπεδα διαφορετικών υψομέτρων.

Οι ισοϋψείς καμπύλες καθορίζονται συνήθως με όργανα και μεθόδους της τοπογραφίας. Αρχικά, καθορίζονται τα ακριβή υψόμετρα πολλών σημείων και στη συνέχεια, γίνεται η σύνδεση αυτών που έχουν το ίδιο υψόμετρο. Επίσης, χρησιμοποιούνται αεροφωτογραφίες καθώς και μέθοδοι υψηλής ακρίβειας, όπως lidar. Αντίστοιχα, οι ισοβαθείς καθορίζονται με ηχοβολιστικές μεθόδους. Το χρώμα που χρησιμοποιείται συνήθως για τις ισοϋψείς καμπύλες είναι το καφέ, με σκοπό την αποφυγή σύγχυσης μεταξύ ισοϋψούς και οριογραμμής κάποιας λεπτομέρειας (δρόμοι, κτήρια κ.λπ.), η οποία εμφανίζεται στο τοπογραφικό σχέδιο. Στην περίπτωση που σχεδιάζονται ισοϋψείς που αντιστοιχούν στην επιφάνεια του βυθού θαλασσών, λιμνών ή ποταμών (ισοβαθείς καμπύλες) χρησιμοποιείται το μπλε χρώμα. Στους τοπογραφικούς χάρτες, οι ισοϋψείς συμβολίζονται με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους (Εικ. 5.5).

- Οι **συνήθεις ισοϋψείς** που αντιστοιχούν στην ισοδιάσταση του χάρτη απεικονίζονται με ανοιχτό καφέ χρώμα.
- Οι κύριες ή αριθμημένες ισοϋψείς που αντιστοιχούν σε κάθε πέμπτη συνήθη ισοϋψή, είναι εντονότερα σχεδιασμένες και χαρακτηρίζονται από έναν αριθμό που εκφράζει το υψόμετρό τους.
- Οι **ενδιάμεσες ή βοηθητικές ισοϋψείς** που αποσκοπούν στην καλύτερη απόδοση των επίπεδων περιοχών σχεδιάζονται με διακεκομμένες ή στικτές γραμμές και αντιστοιχούν στο  $\frac{1}{2}$  ή  $\frac{1}{4}$  της ισοδιάστασης του χάρτη.
- Οι **ισοϋψείς ταπεινώσης** που αντιστοιχούν σε κλειστές κοιλότητες στην επιφάνεια της Γης απεικονίζονται με συνεχείς ή διακεκομμένες, κλειστές γραμμές και διακρίνονται από τις μικρές κάθετες γραμμές προς την εσωτερική επιφάνεια που καθορίζουν. Το υψόμετρο των ισοϋψών ταπεινώσης είναι μικρότερο κατά μια ισοδιάσταση, από το υψόμετρο της συνήθους ισοϋψούς που τις περιβάλλει.

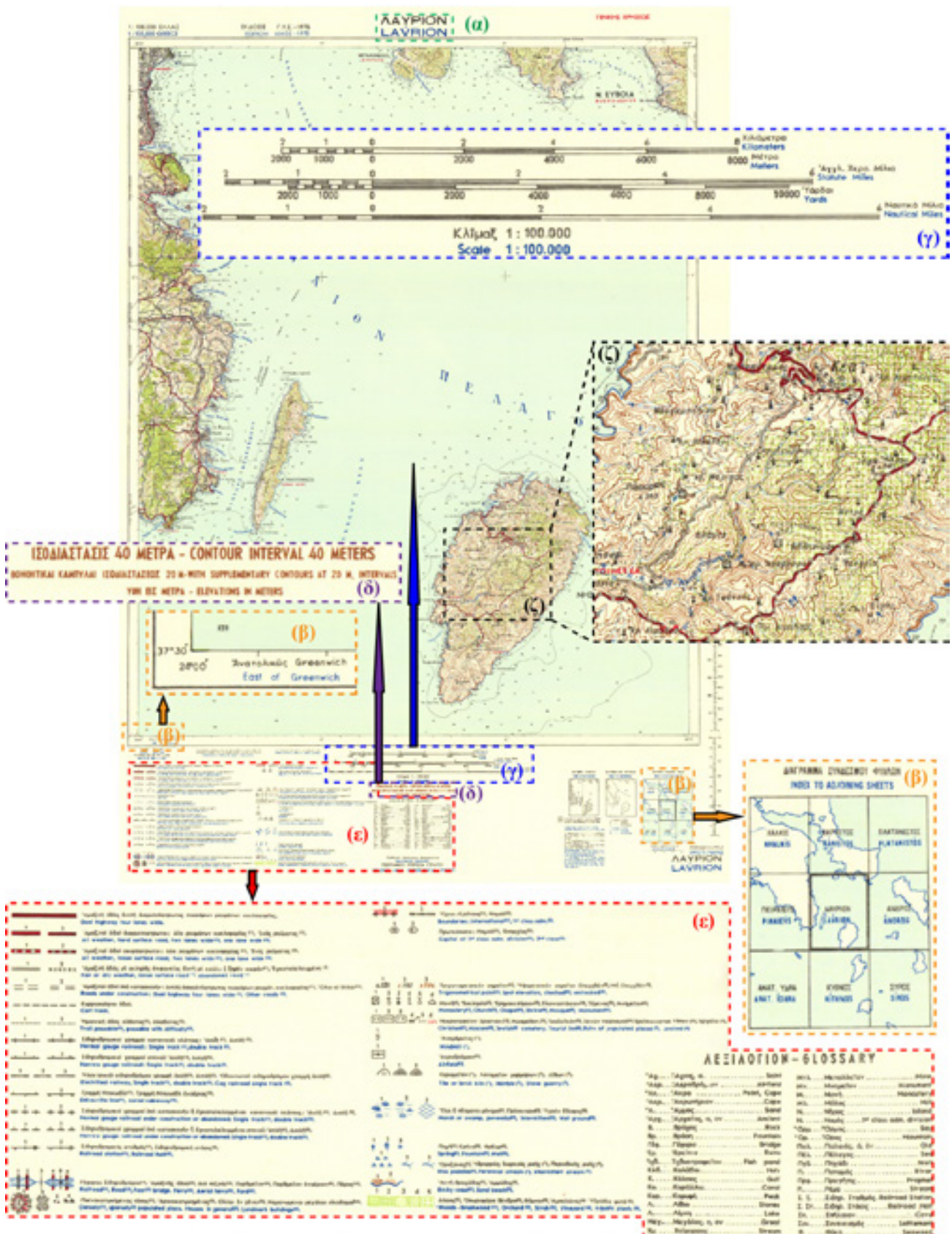


**Εικόνα 5.4** Δημιουργία ισοϋψών καμπυλών στην περίπτωση ενός νησιού. Η ακτογραμμή έχει το ίδιο υψόμετρο 0m σε όλο το νησί, επομένως αποτελεί την ισοϋψή των 0m (α). Εάν πέσει η στάθμη της θάλασσας κατά 10m, δημιουργείται νέα ακτογραμμή με υψόμετρο 0m, ενώ η παλαιά αποκτά υψόμετρο 10m. Και οι δύο αυτές ισοϋψείς καμπύλες δίνουν το σχήμα του νησιού σε αυτά τα δύο υψόμετρα (β). Εάν συνεχίσει να πέφτει η στάθμη της θάλασσας κατά 10m κάθε φορά, τότε δημιουργούνται και νέες ακτογραμμές όπως στα (β) και (γ). Ο χάρτης με τις ανυψωμένες ισοϋψείς είναι κατά μία έννοια ένας τοπογραφικός χάρτης.



**Εικόνα 5.5** Ισοϋψείς καμπύλες που χρησιμοποιούνται στους τοπογραφικούς χάρτες μεγάλης κλίμακας.

Προκειμένου να συνταχθεί ένας πλήρης τοπογραφικός χάρτης πρέπει να περιέχει τίτλο, προσανατολισμό, κλίμακα, ισοδιάσταση και υπόμνημα (Εικ. 5.6):



Εικόνα 5.6 Τοπογραφικός χάρτης της Γ.Υ.Σ., κλίμακας 1:100.000, φύλλο «Λαύριο».

**Τίτλος.** Τοποθετείται στο επάνω περιθώριο των τοπογραφικών χαρτών και αποτελεί την ονομασία του τοπογραφικού φύλλου (Εικ. 5.6.α).

**Προσανατολισμός.** Ο προσανατολισμός του χάρτη δίνεται (α) με το σύμβολο που δείχνει τον γεωγραφικό Βορρά (η κατεύθυνση του Βορρά στον χάρτη είναι προς το επάνω μέρος του φύλλου, κρατώντας τον όπως

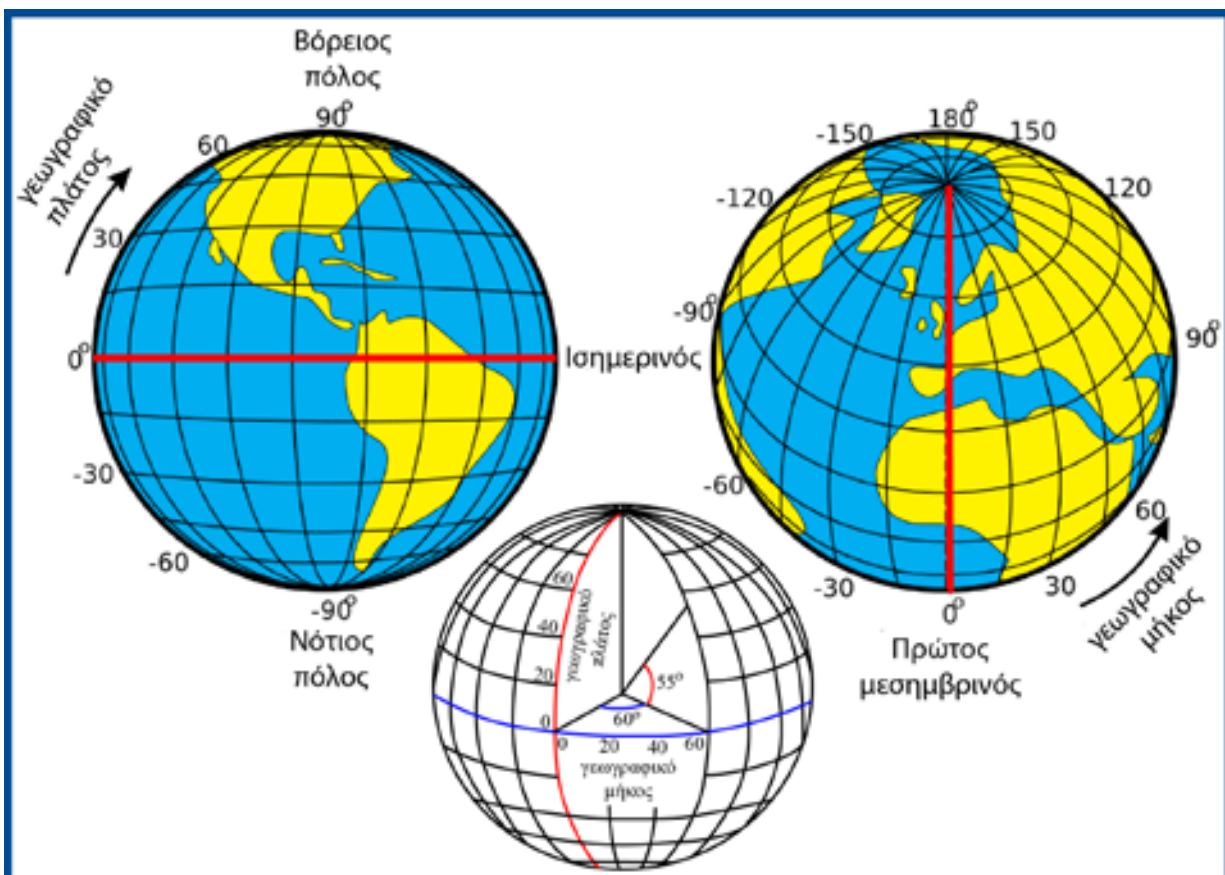
διαβάζεται), (β) τη σύνδεσή του με τους γειτονικούς τοπογραφικούς χάρτες που γίνεται με τις συντεταγμένες των άκρων του και με τη θέση του φύλλου ως προς το σύνολο των φύλλων της ευρύτερης περιοχής σύμφωνα με το σύστημα αναφοράς και (γ) με τουλάχιστον ένα σύστημα αναφοράς - συντεταγμένων (coordinate system), όπως φαίνεται στην Εικ. 5.6.β.

Τα **συστήματα αναφοράς** διακρίνονται σε μονοδιάστατα ή πολυδιάστατα, ανάλογα με τις διαστάσεις του χώρου που αντιπροσωπεύουν. Επίσης, διακρίνονται σε ορθογώνια ή καρτεσιανά, πλαγιογώνια και πολικά και είναι δυνατόν να προσαρμόζονται σε συγκεκριμένες επιφάνειες όπως το επίπεδο, η σφαίρα, το ελλειψοειδές, ο κύλινδρος, κ.λπ. Τα συστήματα αναφοράς είναι δυνατόν να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στα **γεωγραφικά** και στα **προβολικά**. Τα πρώτα ορίζουν τις θέσεις των σημείων σε ένα σφαιρικό ή σφαιροειδές μοντέλο της γης και χρησιμοποιούν ως συντεταγμένες το **γεωγραφικό μήκος** και το **γεωγραφικό πλάτος** (Longitude/Latitude) και τα δεύτερα ορίζουν τις θέσεις των σημείων σε μια **αναπτυκτική επιφάνεια** (επίπεδο, κύλινδρο ή κώνο), χρησιμοποιώντας ως **συντεταγμένες μονάδες απόστασης** (καρτεσιανό σύστημα).

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Αναφοράς χρησιμοποιούν τις ακόλουθες γραμμές χωρικής αναφοράς στη Γη:

- Τον **Ισημερινό**, που αποτελεί τη νοητή γραμμή διεύθυνσης Α-Δ, γύρω από την περιφέρεια της γης.
- Τον **πρώτο Μεσημβρινό**, που αποτελεί τη νοητή γραμμή διεύθυνσης Β-Ν που διέρχεται από το αστεροσκοπείο του Greenwich στο Λονδίνο.
- Τους **παράλληλους**, που αποτελούν γραμμές διεύθυνσης Α-Δ που είναι παράλληλες στον Ισημερινό.
- Τους **μεσημβρινούς**, που αποτελούν γραμμές διεύθυνσης Β-Ν που συναντώνται στους πόλους.

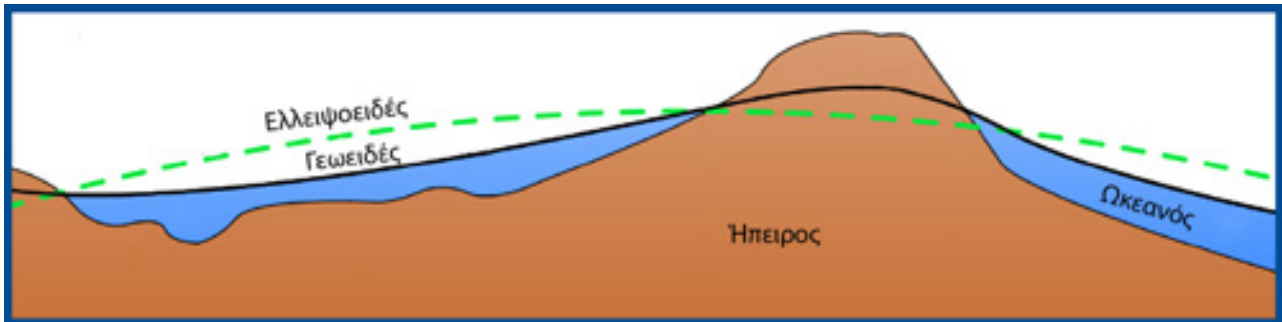
Έτσι, η θέση κάθε σημείου στην επιφάνεια της γης (Εικ. 5.7) ορίζεται από το γεωγραφικό του μήκος (Longitude) που ισούται με τη γωνία που σχηματίζει η θέση του σημείου προς τα ανατολικά ή δυτικά με τον πρώτο μεσημβρινό (π.χ. 50°E) και το γεωγραφικό του πλάτος (Latitude) που ισούται με τη γωνία που σχηματίζει η θέση του σημείου προς τα βόρεια ή νότια με τον Ισημερινό (π.χ. 40°N). Το σημείο με γεωγραφικές συντεταγμένες 37°B και 23°A βρίσκεται στο Ν. Αττικής.



**Εικόνα 5.7** Ορισμός της θέσης κάθε σημείου στην επιφάνεια της γης μέσω του γεωγραφικού πλάτους και μήκους του.

Επειδή το πραγματικό σχήμα της γης είναι πολύπλοκο για να χρησιμοποιηθεί, έχουν δημιουργηθεί διάφορα είδη σφαιροειδών μοντέλων, τα οποία περιλαμβάνουν μονάδες μέτρησης γωνίας, τον πρώτο μεσημβρινό

(Greenwich) και ένα ελλειψοειδές αναφοράς (Datum). Το **ελλειψοειδές αναφοράς** αποτελεί θεωρητική επιφάνεια, που υπολογίζεται με βάση μαθηματικές σχέσεις. Είναι γνωστό ως «ελλειψοειδές εκ περιστροφής» και προσομοιάζει το σχήμα της γης που ορίζεται από το **γεωειδές**, δηλαδή από την κλειστή ομαλή επιφάνεια που περιβάλλει τη γη. Εφάπτεται στη μέση στάθμη της επιφάνειας των θαλασσών και η διεύθυνση της βαρύτητας είναι παντού κάθετη σε αυτή. Σημειώνεται, ότι το γεωειδές και το ελλειψοειδές δεν ταυτίζονται (Εικ. 5.8).



**Εικόνα 5.8:** Θεωρητικές επιφάνειες που έχουν δημιουργηθεί προκειμένου να προσομοιωθεί η επιφάνεια της γης.

Για να παρασταθεί η Γη ή τμήμα της στο επίπεδο, πρέπει πρώτα να απεικονιστούν οι γραμμές που θα αντιπροσωπεύουν τους μεσημβρινούς και τους παράλληλους, οι οποίες στη συνέχεια αποτελούν το δίκτυο του χάρτη, που ονομάζεται **κάνναβος**. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **χαρτογραφική απεικόνιση** ή **προβολή**.

Τα **Προβολικά Συστήματα Αναφοράς** βασίζονται στο **καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων**, στο οποίο η θέση του σημείου ορίζεται από σταθερές μονάδες απόστασης  $x$  (μέτρηση ανατολικά ή δυτικά από το 0 που είναι η αρχή των αξόνων) και  $y$  (μέτρηση βόρεια ή νότια από το 0). Αποτελούνται από:

- Μονάδα μέτρησης,
- Αρχή συστήματος (0,0),
- Προβολή (επίπεδη, κωνική, κυλινδρική),
- Υποκείμενο Γεωγραφικό Σύστημα Αναφοράς.

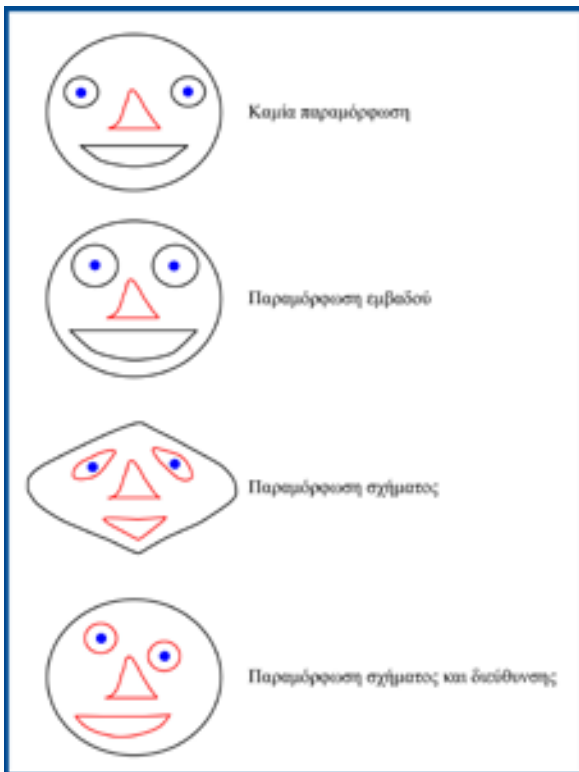
Τα **Προβολικά Συστήματα** επιτρέπουν τη χαρτογραφική απεικόνιση σημείων του ελλειψοειδούς ή της σφαίρας στο επίπεδο, έτσι ώστε να υπάρχει αμφιμονοσήμαντη αντιστοιχία. Η διαδικασία μετασχηματισμού των  $\phi$ ,  $\lambda$  (πλάτος, μήκος) σε  $x$ ,  $y$  (καρτεσιανές συντεταγμένες) περιγράφεται από μαθηματικές σχέσεις. Η επιλογή του κατάλληλου προβολικού εξαρτάται από τον σκοπό που θα εξυπηρετήσει, την περιοχή στην οποία αναφέρεται και την έκταση που θα καλύψει. Κάθε τέτοια προβολή προκαλεί χωρική παραμόρφωση σε κάποιο γεωμετρικό χαρακτηριστικό, όπως στο σχήμα, στο εμβαδόν, στην απόσταση ή στη διεύθυνση. Ανάλογα με το γεωμετρικό χαρακτηριστικό που παραμένει αναλλοίωτο μετά τον μετασχηματισμό, οι προβολές διακρίνονται (Εικ. 5.9) σε:

- **Σύμμορφες** (αναλλοίωτες γωνίες),
- **Ισοδύναμες** (αναλλοίωτα εμβαδά),
- **Ισαπέχουσες** (αναλλοίωτες αποστάσεις),
- **Αφύλακτες** προβολές (δεν διατηρείται αναλλοίωτο κάποιο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό).

Οι κύριες παράμετροι που ορίζουν ένα προβολικό σύστημα είναι:

- Ο **Κεντρικός μεσημβρινός** (central meridian,  $\lambda_0$ ): καθορίζει την αρχή των  $x$  συντεταγμένων.
- Ο **Κεντρικός παράλληλος** (central parallel,  $\phi_0$ ): καθορίζει την αρχή των  $y$  συντεταγμένων.
- **False Easting** ( $E_0$ ): για την αποφυγή αρνητικών τιμών στις τετμημένες (σημεία δυτικά του κεντρικού μεσημβρινού) συνηθίζεται να προστίθεται μια ποσότητα η οποία υπερβαίνει τη μέγιστη αρνητική τετμημένη (500.000m για ζώνες εύρους  $6^\circ$  - 200.000m για ζώνες εύρους  $3^\circ$ ).
- **False Northing** ( $N_0$ ): για την αποφυγή αρνητικών τιμών στις τεταγμένες (10.000.000m για το νότιο ημισφαίριο - 0m για το βόρειο ημισφαίριο).
- **Συντελεστής κλίμακας σημείου** (Point scale factor) ή **μέτρο γραμμικής παραμόρφωσης** (m) του στοιχειώδους μήκους ( $s$ ) στο προβολικό σύστημα, προς το αντίστοιχο στοιχειώδες μήκος ( $S$ ) στο

ελλειψοειδές εκ περιστροφής. Καθαρός αριθμός με τιμή λίγο μικρότερη της μονάδας. Μειώνει τη συνολική παραμόρφωση της προβολής στην περιοχή ενδιαφέροντος.



**Εικόνα 5.9:** Χωρικές παραμορφώσεις που είναι δυνατόν να προκαλέσει μία προβολή (σχήμα, εμβαδόν, απόσταση και διεύθυνση).

Σε ό,τι αφορά στον Ελλαδικό χώρο, χρησιμοποιούνται ευρέως τα ακόλουθα συστήματα αναφοράς:

- **Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική απεικόνιση** (Universal Transverse Mercator/UTM). Αποτυπώνεται στους χάρτες κλίμακας 1:50.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού. Το ελλειψοειδές Hayford, που χρησιμοποιεί για να προσομοιάσει το σχήμα της γης, διαιρείται σε 60 μεσημβρινές ζώνες πλάτους  $6^\circ$  με πρώτη τη ζώνη του Greenwich και με αύξηση των ζωνών προς τα ανατολικά και παραμορφώσεις μικρότερες από 1:2.500. Η Ελλάδα καταλαμβάνει τις ζώνες 34 και 35.
- **Ευρωπαϊκό Datum** (European Datum 50/ED50). Ως αφετηρία έχει τον «Πύργο του Helmert» στο Potsdam της Γερμανίας. Χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές Hayford και την παγκόσμια εγκάρσια Μερκατορική προβολή (UTM  $6^\circ$ ), με κεντρικό μεσημβρινό αυτόν του Greenwich. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιήθηκε για στρατιωτικούς σκοπούς.
- **Παγκόσμιο WGS 84** (World Geodetic System 1984). Χρησιμοποιείται από το δορυφορικό σύστημα Global Position System (GPS). Κάνει χρήση του ελλειψοειδούς WGS 84 και δύο ειδών συστημάτων συντεταγμένων: ( $\alpha$ ) γεωγραφικές ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ) και ( $\beta$ ) καρτεσιανό τρισδιάστατο σύστημα, με αρχή το κέντρο του ελλειψοειδούς και άξονες  $x$ ,  $y$  επί του ισημερινού, με θετικό άξονα  $y$  προς τον βόρειο πόλο και θετικό άξονα  $x$  προς την κατεύθυνση του μεσημβρινού του Greenwich. Ως τρίτη παράμετρος μπορεί να ληφθεί το γεωδαιτικό υψόμετρο του σημείου ( $h$ ) που αντιπροσωπεύει την απόσταση του σημείου από την επιφάνεια του ελλειψοειδούς.
- **HATT**. Αποτελεί απλό μαθηματικό μοντέλο που χρησιμοποιείται στη διανομή των χαρτών της ΓΥΣ κλίμακας 1:5.000. Πρόκειται για πλάγια ισαπέχουσα αζιμουθιακή απεικόνιση με  $\lambda_0 = 0$  στο Αστεροσκοπείο Αθηνών. Κάνει χρήση του ελλειψοειδούς Bessel και χωρίζει την Ελλάδα σε 130 φύλλα χάρτου (τραπέζια, διαστάσεων 55x45km). Τα σταυρονήματα που σημειώνονται εντός του, απέχουν μεταξύ τους, οριζόντια και κατακόρυφα, 500m. Οι παραμορφώσεις των γωνιών, αζιμουθίων και εμβαδών διατηρούνται μικρές μέσα στο ίδιο φύλλο χάρτου και αυξάνονται αναλογικά προς τα άκρα, ενώ οι αποστάσεις, που αναφέρονται στο κέντρο και προς οποιοδήποτε σημείο του ίδιου φύλλου χάρτη, δεν παραμορφώνονται. Ωστόσο, η χρήση πολλών κέντρων προβολής απαιτεί συνεχείς μετασχηματισμούς.



- **Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ 87)**. Αποτελεί παραλλαγή της εγκάρσιας μερκατορικής προβολής (UTM) με κεντρικό μεσημβρινό στις 24° που διέρχεται από τον Διόνυσο Αττικής, άξονα τετμημένων τον ισημερινό, False Easting 500.000m και συντελεστή κλίμακας 0.9996. Κάνει χρήση του γεωκεντρικού ελλειψοειδούς GRS 80 και παρουσιάζει παραμορφώσεις μέχρι 1:1.000 στα άκρα της χώρας (1m σε απόσταση 1km). Είναι προϊόν συνεργασίας του Εργαστηρίου Ανώτερης Γεωδαισίας του Τμήματος Αγρονόμων-Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και του ΟΚΧΕ και χρησιμοποιείται για τη σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου.
- **Ευρωπαϊκό Επίγειο Σύστημα Αναφοράς 1989 ή ETRS89** (European Terrestrial Reference System 89). Είναι ένα γεωκεντρικό γεωδαιτικό καρτεσιανό σύστημα αναφοράς, στο οποίο η Ευρασιατική Πλάκα θεωρείται ως στατική οντότητα στο σύνολό της, οπότε, οι συντεταγμένες των γεωδαιτικών σημείων ελέγχου, καθώς και οι χάρτες της Ευρώπης που βασίζονται στο ETRS89, δεν υπόκεινται σε αλλαγές και μετακινήσεις, λόγω διηπειρωτικής ολίσθησης. Η ανάπτυξη του ETRS89 σχετίζεται με το παγκόσμιο σύστημα αναφοράς ITRS, στο οποίο όμως η διηπειρωτική ολίσθηση είναι εξισορροπημένη κατά τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε η συνολική φαινομενική στροφορμή των ηπειρωτικών πλακών να είναι μηδενική.  
Το ETRS89 θεσπίστηκε επίσημα το 1990, από την Ευρωπαϊκή Υποεπιτροπή της Διεθνούς Ένωσης Γεωδαισίας (IAG) EUREF (European Reference Frame) στη Σύνοδο που πραγματοποιήθηκε στη Φλωρεντία, βασικός στόχος της οποίας ήταν η ενοποίηση των (Εθνικών) γεωδαιτικών συστημάτων αναφοράς της Ευρώπης για χαρτογράφηση, G.I.S. και πλοήγηση. Σύμφωνα με σχετικό ψήφισμα, το σύστημα ονομάστηκε Ευρωπαϊκό Επίγειο Σύστημα Αναφοράς του 1989 (ETRS89). Από τότε ETRS89 και ITRS αποκλίνουν λόγω της ηπειρωτικής ολίσθησης με μια ταχύτητα περίπου 2,5cm ετησίως. Μέχρι το έτος 2.000 τα δύο ισότιμα συστήματα διέφεραν περίπου 25cm. Πρέπει να γίνει σαφές ότι το 89 στο όνομα του συστήματος αναφοράς, δεν είναι το έτος λύσης (πραγματοποίησης), αλλά ένα έτος αρχικού καθορισμού, όταν το ETRS89 ήταν πλήρως ισοδύναμο με το ITRS.

Σε γενικές γραμμές, στην περίπτωση που η εξεταζόμενη περιοχή αφορά σε παραπάνω από μία χώρες, προτείνεται η χρήση μιας προβολής ίσης έκτασης, ιδιαίτερα αν ο χάρτης είναι παγκόσμιος (World projections).

**Κλίμακα.** Η κλίμακα του χάρτη είναι η αναλογία της απόστασης δύο σημείων του χάρτη ως προς την απόσταση των αντίστοιχων σημείων στον χώρο. π.χ. κλίμακα 1:100.000 σημαίνει ότι 1cm του χάρτη αντιστοιχεί σε 100.000cm ή 1.000m ή 1km του χώρου. Η κλίμακα του χάρτη εκτός από αριθμητικά (π.χ. 1:100.000), δίνεται και γραμμικά όπως φαίνεται στην εικόνα 5.6.γ. Οι τοπογραφικοί χάρτες διακρίνονται σε:

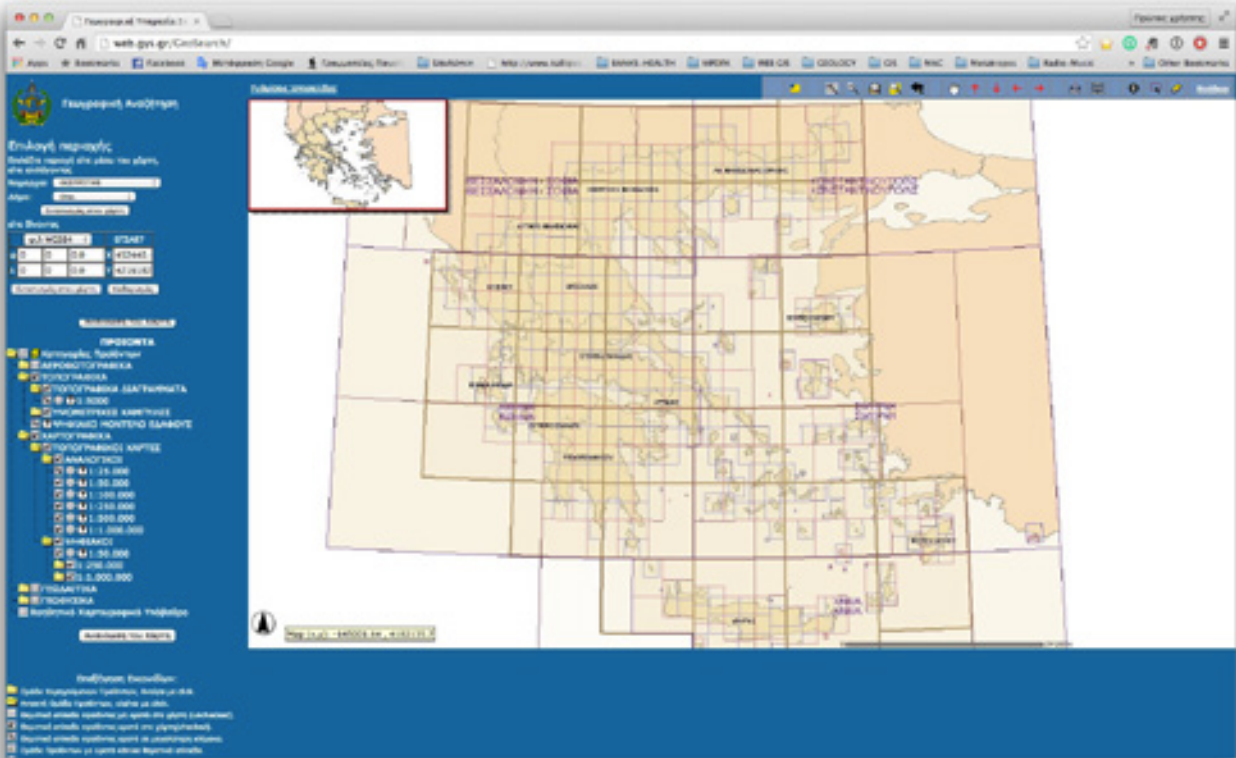
- **Μεγάλης κλίμακας** (μεγαλύτερη από 1:100.000, δηλαδή 1:10.000, 1:20.000, 1:25.000, 1:50.000 έως 1:100.000).
- **Μεσαίας κλίμακας** (μεγαλύτερη από 1:500.000 και μικρότερη από 1:100.000, δηλαδή 1:200.000, 1:250.000, 1:400.000).
- **Μικρής κλίμακας** (μικρότερη από 1:500.000, δηλαδή 1:500.000, 1:1.000.000, 1:2.000.000).

Στην Ελλάδα, η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, παρέχει αναλογικούς τοπογραφικούς χάρτες κλίμακας 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000, 1:500.000 και 1:1.000.000 και ψηφιακούς (ψηφιδωτά -raster- και διανυσματικά -vector δεδομένα) σε κλίμακα 1:50.000, 1:250.000 και 1:1.000.000 (Εικ. 5.10). Αντίστοιχα, παρέχει αναλογικά και ψηφιακά τοπογραφικά διαγράμματα σε κλίμακα 1:5.000 (Εικ. 5.11).

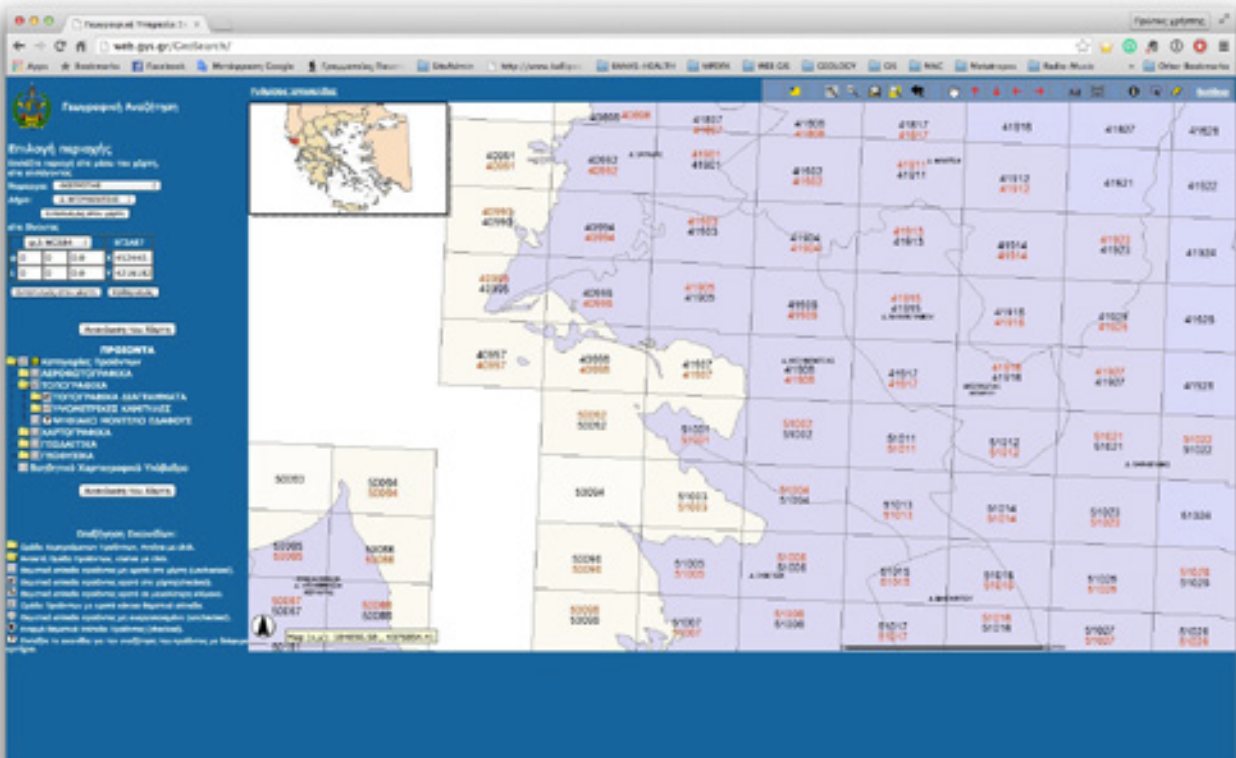
**Ισοδιάσταση.** Η ισοδιάσταση του χάρτη είναι η υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών ισοϋψών, π.χ. ισοδιάσταση 20m σημαίνει ότι οι ισοϋψείς είναι σχεδιασμένες ανά 20m (Εικ. 5.6.δ).

Η επιλογή της σωστής ισοδιάστασης για έναν χάρτη είναι δύσκολη, γιατί αυτή επηρεάζεται όχι μόνο από την κλίμακα του χάρτη, αλλά από την κλίση και την εναλλαγή των απεικονιζόμενων μορφών του αναγλύφου. Η χρήση μικρής ισοδιάστασης επιτρέπει ασφαλώς μια λεπτομερέστερη απεικόνιση των μορφών του αναγλύφου, αλλά η μεγάλη πυκνότητα των ισοϋψών καμπύλων δυσκολεύει την ανάγνωση του χάρτη.

Στον πίνακα 5.1 δίνονται οι τιμές της ισοδιάστασης ανάλογα με την κλίμακα του χάρτη και τη μέγιστη κλίση του αναγλύφου. Η τιμή της ισοδιάστασης για τα τοπογραφικά διαγράμματα ορίζεται συνήθως από τους ισχύοντες κανονισμούς που για την Ελλάδα φαίνονται στον πίνακα 5.2.



Εικόνα 5.10 Κατάλογος τοπογραφικών χαρτών της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (στιγμιότυπο από την ιστοσελίδα της [www.gys.gr](http://www.gys.gr)).



Εικόνα 5.11 Τμήμα καταλόγου τοπογραφικών διαγραμμάτων Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (στιγμιότυπο από την ιστοσελίδα της [www.gys.gr](http://www.gys.gr)).

Κλίμακα	Ψηλές ορεινές περιοχές $\alpha_{\max} = 45^\circ$		Λοφώδεις και ημορεινές περιοχές $\alpha_{\max} = 25^\circ$	Πεδινές-λοφώδεις περιοχές $\alpha_{\max} = 10^\circ$	Τιμές ισοδιάστασης ενδιάμεσων ισοϋψών καμπυλών
	Ιδανική ισοδιάσταση	Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη ισοδιάσταση	Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη ισοδιάσταση	Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη ισοδιάσταση	
1:1.000	1,5	1	0,5	0,25	0,5
1:2.000	2,7	2	1,0	0,5	1,0
1:5.000	5,7	5	2	1	2,5
1:10.000	10	10	10	2	5
1:20.000	17	10	10	2,5	10
1:25.000	19	10,20	10	2,5	10
1:50.000	29	20, 25, 30, 40	10, 20	5	10, 15
1: 100.000	47	50	25	5, 10	25
1:200.000	75	50, 100	50	10	50
1:250.000	85	100	50	10, 20	50
1:500.000	100, 200	130	100	20	100
1:1.000.000	200	200	100	20, 50	100

**Πίνακας 5.1** Τιμές ισοδιάστασης χαρτών σε μέτρα ανάλογα με την κλίμακα του χάρτη και τη μέγιστη κλίση του αναγλύφου ( $\alpha_{\max}$  = η μέγιστη κλίση του αναγλύφου που απεικονίζεται στον χάρτη, η οποία δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από  $45^\circ$ ).

Κλίμακα	1:200	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10.000	1:20.000	1:25.000	1:50.000
Ισοδιάσταση (m)	0,10	0,20	0,40	1	2	4	10	10	20

**Πίνακας 5.2** Τιμή ισοδιάστασης με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς της Ελλάδας.

**Υπόμνημα.** Το υπόμνημα του χάρτη επεξηγεί όλα τα σύμβολα χαρακτηριστικών τοπογραφικών σημείων και κατασκευών που αναγνωρίστηκαν στην περιοχή που απεικονίζεται και τοποθετήθηκαν σε αυτόν, π.χ. τριγωνομετρικά σημεία (δλδ. σημεία γνωστών συντεταγμένων x, y, z), ρέματα μόνιμης ή περιοδικής ροής, έλη, δρόμοι, εικονοστάσια, εκκλησίες, κ.λπ. (Εικ. 5.6.ε). Γενικά, στους τοπογραφικούς χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού συμβολίζονται με μαύρο χρώμα οι ανθρώπινες κατασκευές, με καφέ τα μορφολογικά χαρακτηριστικά (ισοϋψείς), με μπλε το υδρογραφικό δίκτυο και με πράσινο η βλάστηση (θάμνοι, δάση), όπως φαίνεται στην εικόνα 5.6.ζ.

Προκειμένου τώρα να εργαστούμε στη **γεωλογική χαρτογράφηση**, χρειαζόμαστε **τοπογραφικό διάγραμμα κλίμακας 1:5.000 και μεγαλύτερης**, ανάλογα με τον σκοπό για τον οποίο πραγματοποιείται η χαρτογράφηση.

Μετά την προμήθεια του αντίστοιχου φύλλου ή φύλλων, εάν η περιοχή εμπίπτει σε δύο ή και περισσότερα τοπογραφικά διαγράμματα, από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού βγάζουμε όσα αντίγραφα απαιτούνται για τη δουλειά στο ύπαιθρο και δεν χρησιμοποιούμε το πρωτότυπο.

Επίσης, πολλοί Δημόσιοι Φορείς, ανάλογα με το έργο, ζητούν ως τοπογραφικό υπόβαθρο της γεωλογικής πληροφορίας, το πρωτότυπο τοπογραφικό διάγραμμα, οπότε απαιτείται και η σάρωσή του σε μια ικανοποιητική ανάλυση (π.χ. 300dpi). Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη και για την μετέπειτα εργασία μας σε **Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών** ή ακόμα και για την απλή ψηφιακή παρουσίαση του τελικού χάρτη.

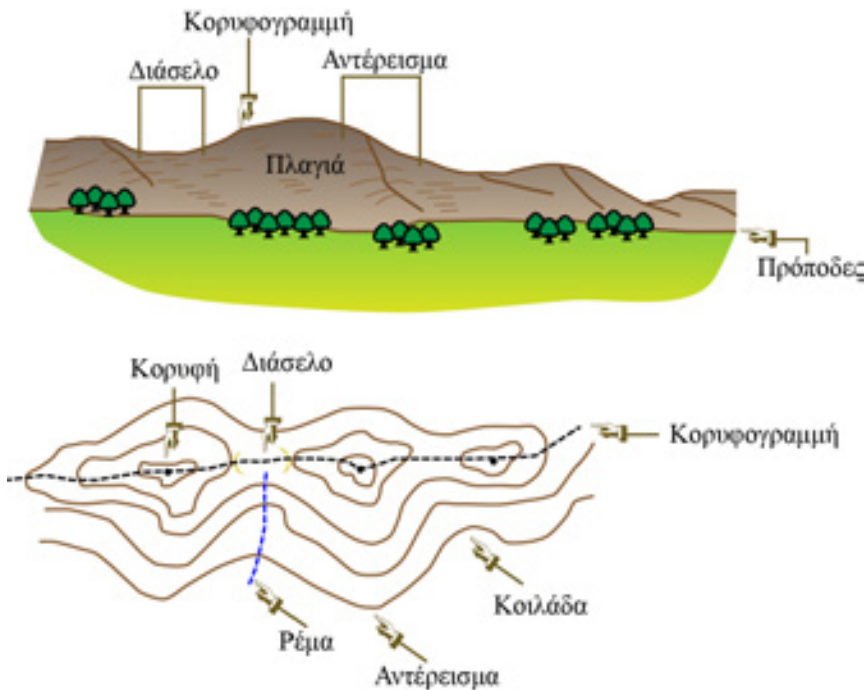
Στην περίπτωση που η κλίμακα που απαιτείται για τη γεωλογική χαρτογράφηση είναι τέτοια που δεν υφίσταται τοπογραφικό διάγραμμα, τότε γίνεται σμίκρυνση του αμέσως πιο κοντινού σε κλίμακα διαγράμματος που έχει τη μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

### 5.3 Ορολογία αναγλύφου

Όταν βρισκόμαστε στην ύπαιθρο για να καλύψουμε τις ανάγκες της εκπαίδευσης στη γεωλογική χαρτογράφηση-

ση, υπάρχει μια ορολογία με την οποία περιγράφουμε το ανάγλυφο και τις μορφολογικές δομές. Η ορολογία αυτή περιλαμβάνει κοινούς όρους όπως «λόφος», «κοιλάδα», «χαράδρα», κ.λπ. που όλοι χρησιμοποιούμε στην καθομιλουμένη ή έχουμε ακούσει στο μάθημα Γεωγραφίας στο Γυμνάσιο και Λύκειο και γνωρίζουμε καλά τη σημασία τους (αν και αυτό δεν είναι βέβαιο απ' ότι έχει δείξει η εμπειρία της εκπαίδευσης). Υπάρχουν, όμως, και κάποιοι πιο εξειδικευμένοι όροι, που περιγράφουν συγκεκριμένες μορφολογικές δομές, τους οποίους, οι περισσότεροι από εσάς, ακούτε σαν «κινέζικα». Ας δώσουμε λοιπόν τις κατάλληλες επεξηγήσεις.

Για την περιγραφή της μορφολογίας μιας περιοχής απαιτείται η γνώση μερικών τοπογραφικών και μορφολογικών όρων, που σχετίζονται με την εικόνα που βλέπουμε στην ύπαιθρο και τη μορφή που έχουν οι ισοϋψείς καμπύλες στον χάρτη. Αναλυτικότερα (Εικ. 5.12):



Εικόνα 5.12 Τοπογραφικές και μορφολογικές δομές.

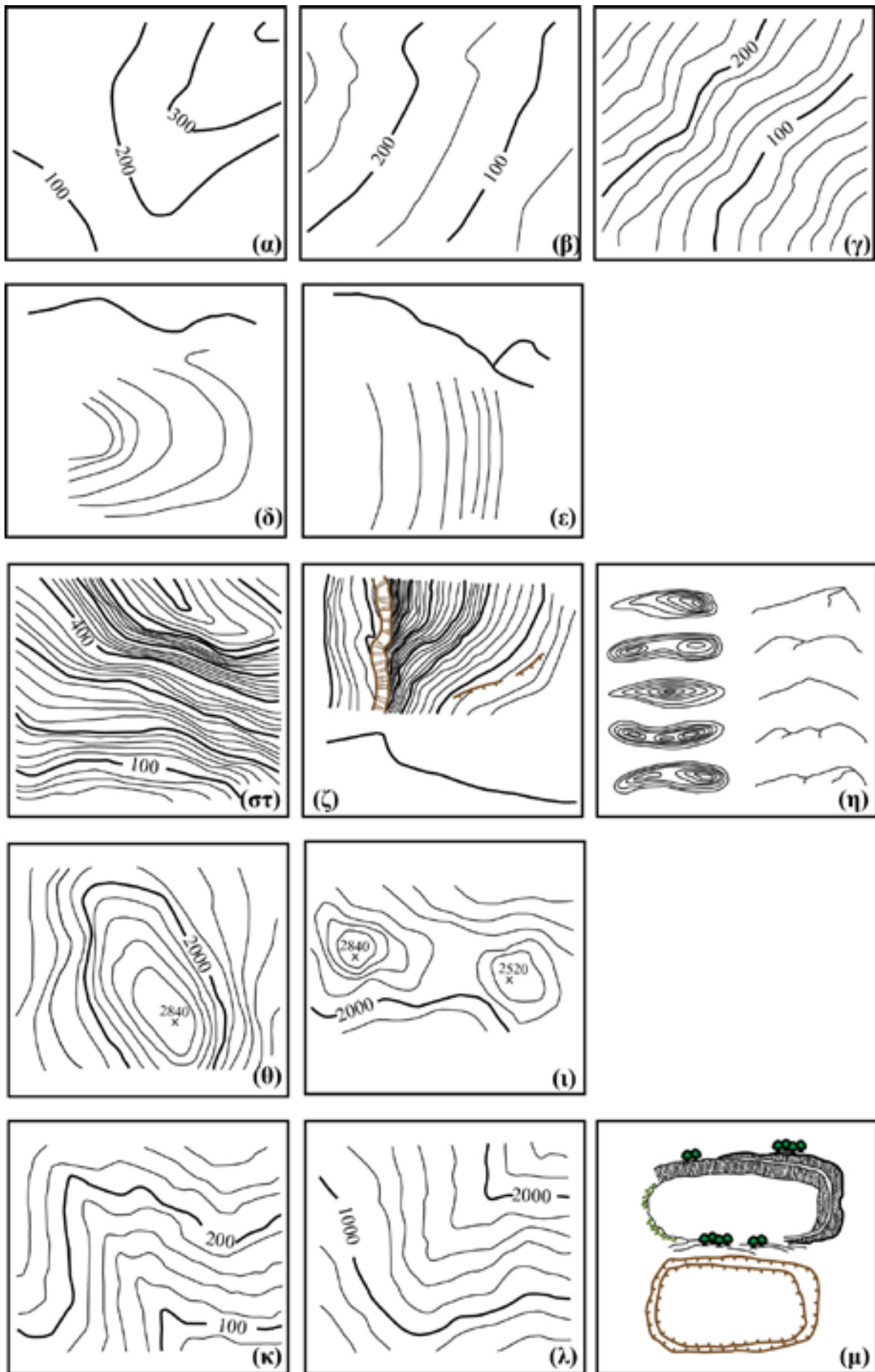
- **Κορυφή:** το υψηλότερο σημείο ενός λόφου, ενός βουνού ή μιας οποιασδήποτε μορφολογικής έξαρσης.
- **Κορυφογραμμή:** Είναι η γραμμή πάνω στο ανάγλυφο που ενώνει τα υψηλότερα σημεία μεταξύ δύο ή περισσότερων διαδοχικών κορυφών. Με άλλα λόγια κατά μήκος της γραμμής αυτής το ανάγλυφο έχει διαφορετικές (αντίθετες) κλίσεις. Τα υψηλότερα τοπογραφικά σημεία αποτελούν τη ράχη.
- **Διάσελο:** η περιοχή που αποτελεί δίοδο μεταξύ βουνών.
- **Πρόποδες:** η περιοχή όπου ένας, μικρός ή μεγάλος, ορεινός όγκος συναντά μια σχετικά επίπεδη μορφολογικά περιοχή.
- **Κλιτύς:** η περιοχή που περιλαμβάνεται ανάμεσα σε μια κορυφογραμμή και στους πρόποδες της. Ισοδύναμοι είναι οι όροι «πλαγιά» και «πρανές».
- **Γκρεμός:** η σχεδόν κατακόρυφη ή πολύ απότομη, μορφολογική κλίση.
- **Αντέρρισμα:** καλείται η δευτερεύουσα οροσειρά που εκτείνεται πλάγια ή κάθετα προς την κύρια οροσειρά καθώς και τμήμα βουνού που βρίσκεται μεταξύ δύο διαδοχικών χαραδρών.
- **Κοιλάδα:** ένα σχετικά πλατύ και ήπιο μορφολογικά βύθισμα που περικλείεται από βουνά ή υψώματα και που σχηματίστηκε λόγω της διαβρωτικής ενέργειας του νερού.
- **Χαράδρα:** μια πιο στενή και βαθιά κοιλάδα με απότομες κλιτείς.
- **Φαράγγι:** ακόμα πιο στενή και πιο βαθιά κοιλάδα με σχεδόν κατακόρυφα πρανή.
- **Ρέμα:** η χαμηλότερη μορφολογικά γραμμή, κατά μήκος μιας κοιλάδας ή χαράδρας.
- **Λόφος:** μορφολογική έξαρση που δεν υπερβαίνει το υψόμετρο των 300m.
- **Βουνό ή όρος:** μορφολογική έξαρση με μεγαλύτερα υψόμετρα.

Προκειμένου να αναγνωρίσουμε τη μορφολογία μιας περιοχής από έναν τοπογραφικό χάρτη και να την

αντιστοιχίσουμε με το φυσικό περιβάλλον που εκφράζει, έτσι ώστε να μπορέσουμε να καταγράψουμε τα γεωλογικά στοιχεία που συλλέγουμε στο ύπαιθρο, πρέπει να αναλύσουμε νοητά καθ' ύψος τις ισοϋψείς. Με άλλα λόγια να μπορέσουμε να δούμε τρισδιάστατα τον δισδιάστατο τοπογραφικό χάρτη και να αναγνωρίσουμε τις μορφές που αναφέρθηκαν.

Στη διαδικασία αυτή θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας τις βασικές ιδιότητες των ισοϋψών καμπυλών οι οποίες μας βοηθούν στο να ξεχωρίσουμε ορισμένες τοπογραφικές απεικονίσεις χαρακτηριστικών αναγλύφων, όπως (Εικ. 5.13):

- Οι ισοϋψείς καμπύλες είναι **κλειστές καμπύλες** και κατά το δυνατόν ομαλές. Μικροί κύκλοι συμβολίζουν την κορυφή ενός βουνού ή λόφου με το εσωτερικό του κύκλου να αποτελεί περιοχή με μεγαλύτερο υψόμετρο. Συνήθως στην περιοχή αυτή αποτυπώνεται και τριγωνομετρικό σημείο.
- **Δεν τέμνονται** μεταξύ τους.
- **Δεν διακλαδίζονται.**
- Η **πυκνότητά** τους (δηλαδή η οριζόντια απόστασή τους) είναι ανάλογη με την κλίση του εδάφους. Όσο πυκνότερες είναι οι ισοϋψείς τόσο μεγαλύτερη είναι και η κλίση του εδάφους. Η ομοιομορφία των αποστάσεων των ισοϋψών καμπυλών δείχνει ομοιομορφία στην κλίση του εδάφους (Εικ. 5.13.α, β&γ).  
Οι πεδινές περιοχές, όπως είναι οι κοιλάδες ποταμών ή περιοχές πλησίον της θάλασσας έχουν πολύ λίγες ή καθόλου ισοϋψείς, ανάλογα βέβαια και με την κλίμακα του χάρτη.  
Οι κοίλες πλαγιές αποτυπώνονται διαφορετικά από τις κυρτές, όπως φαίνεται στις εικόνες 5.13.δ&ε αντίστοιχα.  
Σε έναν τοπογραφικό χάρτη είναι δυνατόν να παρατηρήσουμε ότι οι ισοϋψείς καμπύλες άλλοτε βρίσκονται κοντά η μία στην άλλη και άλλοτε απομακρύνονται. Αυτό εκφράζει στον χώρο **απότομο και ομαλό μορφολογικό ανάγλυφο** αντίστοιχα, ανεξάρτητα της καμπυλότητας της επιφάνειας. Συχνά, είναι δυνατόν να παρατηρήσουμε ένα ήπιο μορφολογικό ανάγλυφο να διακόπτεται από μία ζώνη έντονου αναγλύφου που μπορεί να είναι ακόμα και ένας **γκρεμός**. Η εικόνα αυτή σε έναν τοπογραφικό χάρτη είναι χαρακτηριστική εξαιτίας της απότομης πυκνότητας των ισοϋψών κατά μήκος της ζώνης έντονου αναγλύφου. Οι ισοϋψείς μπορεί να μοιάζει ότι απουσιάζουν όταν πρόκειται για γκρεμό, ο οποίος σε έναν τοπογραφικό χάρτη έχει χαρακτηριστικό συμβολισμό που φαίνεται στην Εικ. 5.13.στ&ζ.  
Η αριθμητική έκφραση της μορφολογίας δίνεται με το **μέτρο της μορφολογικής κλίσης** (επί τοις εκατό ή σε μοίρες) που υπολογίζεται από την υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο σημείων διά της απόστασής τους στον χώρο.  
Όταν εργαζόμαστε στο ύπαιθρο δεν είναι εύκολο να έχουμε το μέτρο της μορφολογικής κλίσης, μπορούμε όμως να περιγράψουμε, κατ' εκτίμηση, την μορφολογία της περιοχής που παρατηρούμε ως **σχεδόν επίπεδη** όταν οι κλίσεις κυμαίνονται από 0°-50°, **σχετικά ομαλή με μικρές κλίσεις** όταν αυτές δεν υπερβαίνουν τις 15°, **απότομη ή με μεγάλες κλίσεις** όταν αυτές ανέρχονται μέχρι τις 35°-40° και **απόκρημη** όταν οι μορφολογικές κλίσεις υπερβαίνουν τις 40°-45°.
- Από τη μορφολογική τους εμφάνιση, μπορούμε να συμπεράνουμε τη μορφή του εδάφους (αντερείσματα, υδρορροές, κοιλάδες, χαράδρες κ.λπ.). **Οξύληκτες κορυφές** ή **στενές χαράδρες** έχουν διαφορετική απεικόνιση από τις επίπεδες κορυφές ή τις ανοικτές ρεματιές (Εικ. 5.13.η).
- Ισοϋψείς καμπύλες των οποίων η τιμή μειώνεται εκατέρωθεν μιας νοητής γραμμής αναπαριστούν μια **κορυφογραμμή**. Η κορυφογραμμή ενώνει τα υψηλότερα σημεία, δηλαδή τις κορυφές (Εικ. 5.13.θ).
- Ισοϋψείς καμπύλες που συσσωρεύονται και στις δύο πλευρές μιας υψομετρικά χαμηλότερης περιοχής με πιο ομοιόμορφα κατανομημένες ισοϋψείς αναπαριστούν μια **κοιλάδα** ή **διάσελο** ανάμεσα σε δύο περιοχές υψηλότερου υψόμετρου (Εικ. 5.13.ι).
- Όταν αλλάζει η φορά κλίσης της μορφολογίας, οι ισοϋψείς ίδιας τιμής επαναλαμβάνονται.
- Στις κοιλάδες, οι ισοϋψείς εμφανίζουν τη **μορφή V** με την κορυφή στραμμένη προς τα σημεία με το **μεγαλύτερο υψόμετρο** (Εικ. 5.13.κ).
- Στα αντερείσματα, οι ισοϋψείς εμφανίζουν τη **μορφή U** με την κορυφή στραμμένη προς τα σημεία με το **μικρότερο υψόμετρο** (Εικ. 5.13.λ).
- Οι ισοϋψείς που περικλείουν περιοχές υψομετρικά χαμηλότερες και δηλώνουν κλειστή κοιλότητα είτε λόγω ανθρώπινης παρέμβασης (π.χ. λατομείο) είτε λόγω κατακρήμνισης του εδάφους έχουν τη μορφή κλειστού κύκλου που φέρει μικρές κάθετες σε αυτόν γραμμές που δείχνουν προς τον χώρο μείωσης των υψομέτρων, καλούνται δε στη βιβλιογραφία **ισοϋψείς ταπεινώσης** (Εικ. 5.13.μ).



Εικόνα 5.13 Τοπογραφικές απεικονίσεις χαρακτηριστικών αναγλύφων.

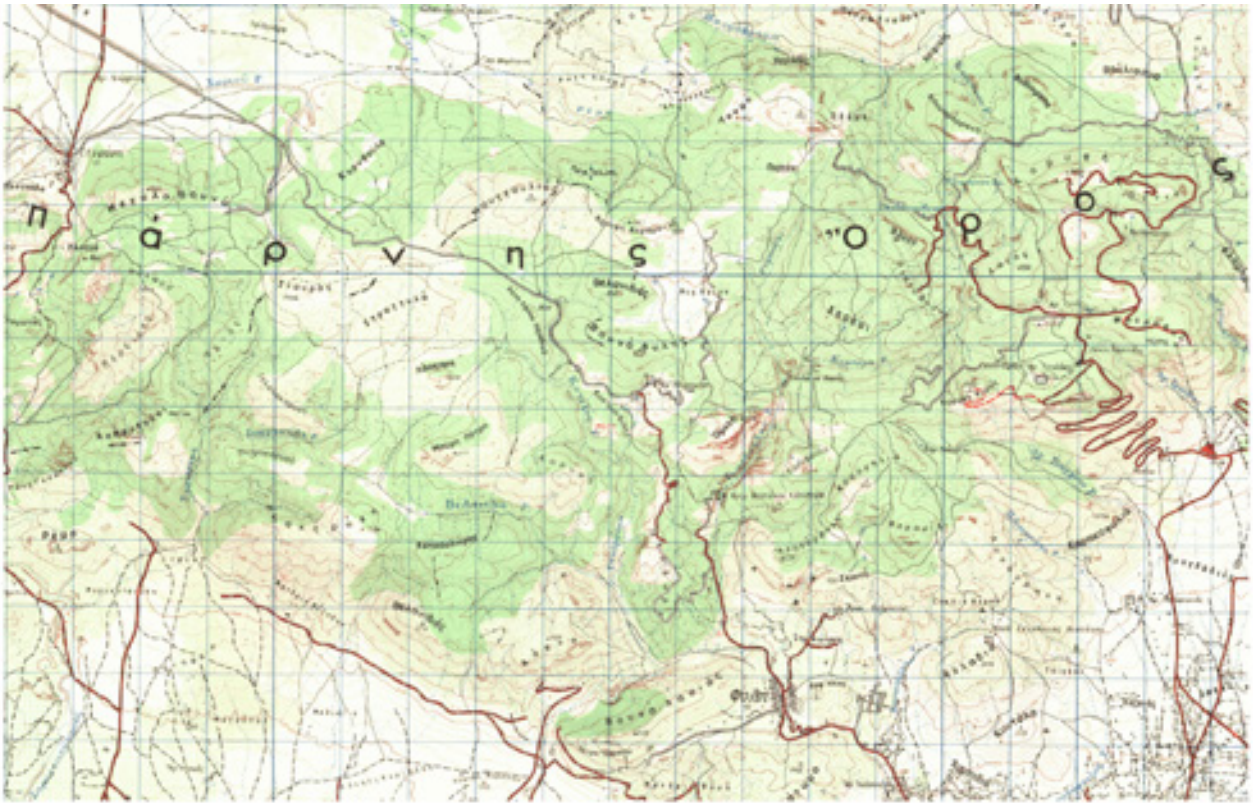


**Εικόνα 5.14** Πεδινό ανάγλυφο στην περιοχή της Ελευσίνας στην Αττική, όπως αποτυπώνεται σε τοπογραφικό χάρτη (επάνω εικόνα) και σε δορυφορική εικόνα από το Google Earth Pro (κάτω εικόνα).



Εικόνα 5.15 Λοφώδες ανάγλυφο στην περιοχή μεταξύ Γραμματικού και Μαραθώνα στην Αττική, όπως αποτυπώνεται σε τοπογραφικό χάρτη (επάνω εικόνα) και σε δορυφορική εικόνα από το Google Earth Pro (κάτω εικόνα).

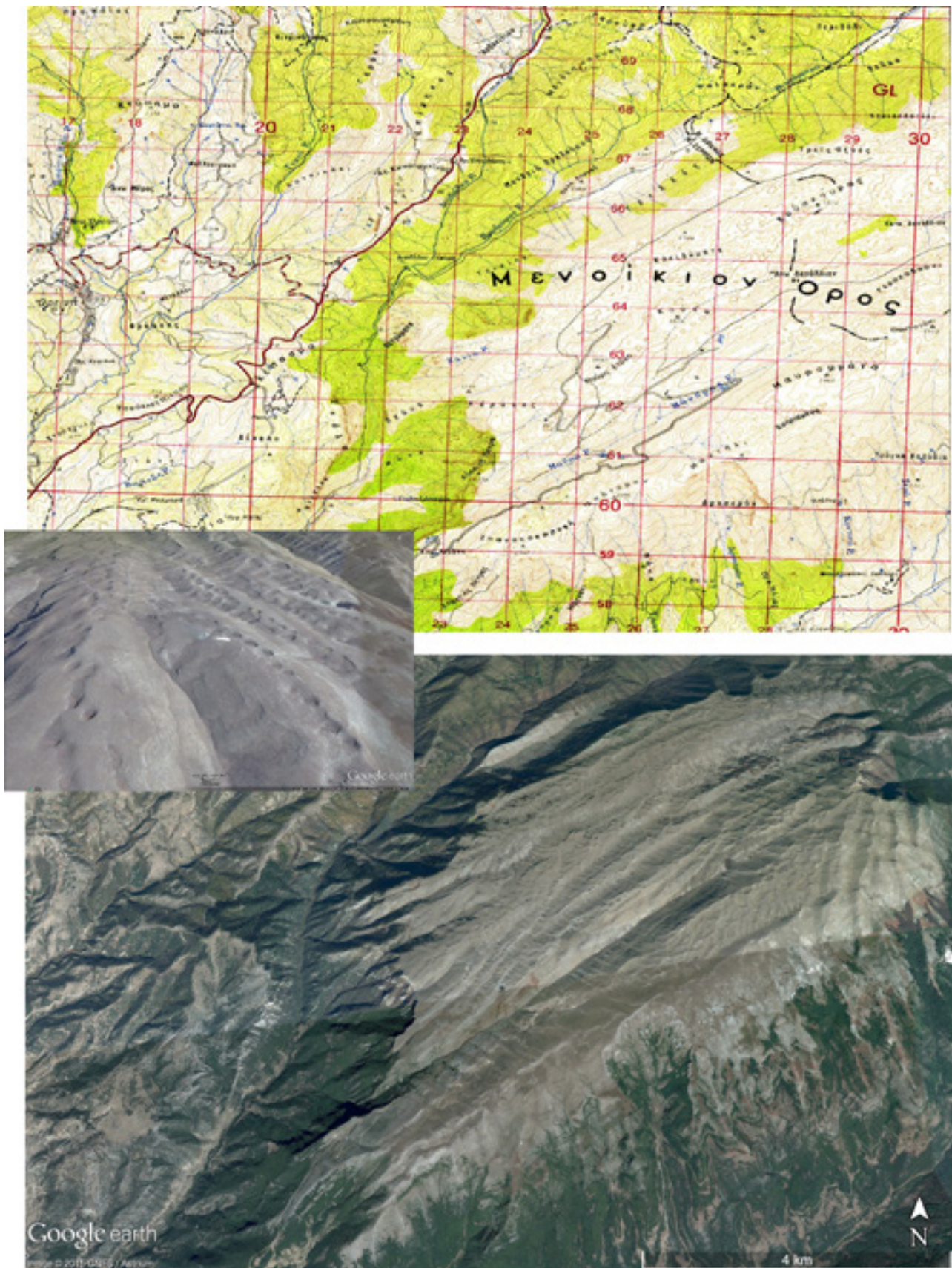




**Εικόνα 5.16** Ημιορεινό ανάγλυφο στην περιοχή του όρους Πάρνηθα στην Αττική, όπως αποτυπώνεται σε τοπογραφικό χάρτη (επάνω εικόνα) και σε δορυφορική εικόνα από το Google Earth Pro (κάτω εικόνα).



**Εικόνα 5.17** Ορεινό ανάγλυφο στην περιοχή της Πίνδου, όπως αποτυπώνεται σε τοπογραφικό χάρτη (επάνω εικόνα) και σε δορυφορική εικόνα από το Google Earth Pro (κάτω εικόνα).



**Εικόνα 5.18** Καρστικό ανάγλυφο στην περιοχή των Λιδύμων στην Αργολίδα, όπως αποτυπώνεται σε τοπογραφικό χάρτη (επάνω εικόνα) και σε δορυφορική εικόνα από το Google Earth Pro (κάτω εικόνα). Στην μικρή εικόνα απεικονίζεται μεγεθυμένη η περιοχή.



**Εικόνα 5.19** Ηφαιστειογενές ανάγλυφο στην νήσο Νίσυρο, όπως αποτυπώνεται σε τοπογραφικό χάρτη (επάνω εικόνα) και σε δορυφορική εικόνα από το Google Earth Pro (κάτω εικόνα).

Με βάση λοιπόν τα όσα αναφέρθηκαν, όταν δουλεύουμε στο ύπαιθρο πρέπει να είμαστε σε θέση να αναγνωρίσουμε τους **διάφορους τύπους αναγλύφου** έτσι ώστε να είμαστε ανάλογα προετοιμασμένοι γιατί π.χ. αλλιώς προγραμματίζεις το χρόνο της δουλειάς σου όταν έχεις μπροστά σου μια πεδινή περιοχή και αλλιώς όταν πρέπει να διασχίσεις ένα λοφώδες ή ορεινό ανάγλυφο με έντονες χαραδρώσεις. Οι βασικότεροι τύποι αναγλύφου είναι:

- **Πεδινό ανάγλυφο.** Αντιπροσωπεύει μια περιοχή με σχεδόν επίπεδη μορφολογία όπου οι μορφολογικές κλίσεις δεν υπερβαίνουν τις 5°, οι δε ισοϋψείς εμφανίζονται με μεγάλη οριζόντια απόσταση μεταξύ τους. Χαρακτηριστική περίπτωση πεδινού αναγλύφου αποτελεί η περιοχή της Ελευσίνας στην Αττική, όπως φαίνεται και στην Εικ. 5.14.
- **Λοφώδες ανάγλυφο.** Αντιπροσωπεύει μια περιοχή που είναι δυνατόν να χαρακτηρίζεται είτε από **σχετικά ήπιο ανάγλυφο** το οποίο όμως **δεν υπερβαίνει το υψόμετρο των 300m** περίπου είτε να εμφανίζει **απότομο ανάγλυφο** με **έντονες χαραδρώσεις** που οφείλεται κυρίως σε τεκτονικούς παράγοντες. Χαρακτηριστική περιοχή αποτελεί η περιοχή μεταξύ του Γραμματικού και του Μαραθώνα, όπως φαίνεται στην Εικ. 5.15.
- **Ημιορεινό ανάγλυφο.** Αντιπροσωπεύει μια περιοχή με **σχετικά μεγάλες υψομετρικές διαφορές** και έντονες **μορφολογικές κλίσεις**, όπου κυριαρχούν **υψόμετρα μέχρι και τα 1.000m**. Χαρακτηριστική περιοχή αποτελεί η περιοχή του όρους της Πάρνηθας, όπως φαίνεται στην Εικ. 5.16.
- **Ορεινό ανάγλυφο.** Αντιπροσωπεύει αντίστοιχα μια περιοχή με **μεγάλες υψομετρικές διαφορές** και **έντονες μορφολογικές κλίσεις** αλλά με **υψόμετρα που υπερβαίνουν τα 1.000m**. Συνήθως οι υψηλότερες κορυφές στην Ελλάδα βρίσκονται γύρω στα 2.000m υψόμετρο εκτός του Ολύμπου που φθάνει σχεδόν τα 3.000m. Στο ορεινό ανάγλυφο είναι έντονα διακριτές και οι χαρακτηριστικές μορφές V και U των ισοϋψών που δηλώνουν κοιλάδες και αντερείσματα αντίστοιχα. Χαρακτηριστική περιοχή αποτελεί η περιοχή της Πίνδου, όπως φαίνεται στην Εικ. 5.17.

Εκτός από αυτούς τους βασικούς τύπους αναγλύφου, ιδιαίτερη σημασία για τη γεωλογία έχουν και δύο ακόμα τύποι, αυτοί του καρστικού και του ηφαιστειογενούς αναγλύφου:

- **Καρστικό ανάγλυφο.** Αντιπροσωπεύει μια περιοχή όπου παρατηρούνται **μικρές ή μεγαλύτερες μορφολογικές ταπεινώσεις, καταβόθρες ή οπές** που στους τοπογραφικούς χάρτες απεικονίζονται με τις ισοϋψείς ταπείνωσης. Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί η περιοχή των Διδύμων Αργολίδας, όπως φαίνεται στην Εικ. 5.18.
- **Ηφαιστειογενές ανάγλυφο.** Αντιπροσωπεύει μια περιοχή όπου αποτυπώνεται η **δομή ενός ηφαιστείου**. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η νήσος Νίσυρος, όπως φαίνεται στην Εικ. 5.19.

## Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Coe, L.A. (editor), Argles, W.T., Rothery, A.D. & Spicer, A.R. (2010). *Geological Field Techniques*. 323p., Wiley-Blackwell.
- Lisle, J.R., Brabham, P. & Barnes, J. (2011). *Basic Geological Mapping*. 217p., Wiley-Blackwell.
- Τρανός Μ. (2011). *Γεωλογικές χαρτογραφήσεις – Γεωλογικοί χάρτες και τομές*. 306σελ., University Studio Press.

## Κεφάλαιο 6:

### Αναγνώριση πετρωμάτων και γεωλογικών σχηματισμών στην ύπαιθρο

#### Σύνοψη

Μία από τις βασικές δεξιότητες που οφείλει να έχει ο γεωλόγος-χαρτογράφος, που ταυτόχρονα αποτελεί και βασικό αντικείμενο της γεωλογικής χαρτογράφησης, είναι να μπορεί να αναγνωρίζει τα πετρώματα και τους γεωλογικούς σχηματισμούς στην ύπαιθρο. Οι κατηγορίες των πετρωμάτων και των γεωλογικών σχηματισμών, που έχουν χαρτογραφική υπόσταση, εξαρτώνται από μια σειρά παραμέτρων, οι βασικότερες από τις οποίες είναι ο λιθολογικός τύπος, η ηλικία και το γεωτεκτονικό περιβάλλον σχηματισμού. Καθεμία περιοχή του Ελληνικού χώρου έχει τα δικά της χαρακτηριστικά και τις δικές της ιδιαιτερότητες, δεδομένου ότι σε καθεμία από αυτές μπορεί να επικρατούν διαφορετικοί τύποι γεωλογικών σχηματισμών και πετρωμάτων, ανάλογα με τη θέση που αυτή βρίσκεται στο γεωτεκτονικό πλαίσιο των Ελληνίδων. Η εμπειρία, οι ώρες χαρτογράφησης και ο προβληματισμός στην ύπαιθρο, που έχει κάποιος στο ενεργητικό του, αποτελούν τα απαραίτητα εφόδια για να διακρίνει και να χαρτογραφήσει σχηματισμούς και πετρώματα σε μια περιοχή. Σε όσο περισσότερα γεωτεκτονικά περιβάλλοντα έχει δουλέψει και με όσο περισσότερα πετρώματα και γεωλογικούς σχηματισμούς έχει «παιδευτεί» (και, άρα, εκπαιδευτεί), τόσο πιο γρήγορα μπορεί να προσαρμοστεί, σε όποιο μέρος στην Ελλάδα ή το εξωτερικό κληθεί να εργασθεί και να χαρτογραφήσει.

#### Προσπαιτούμενη γνώση

Οι γνώσεις που δίνονται στο μάθημα της Γεωλογίας Ελλάδας, αλλά και οι βασικές γνώσεις από τη Στρωματογραφία και όλες τις Πετρολογίες που «κυκλοφορούν» στο πρόγραμμα σπουδών του Τμήματος. Η ύλη από τα αντίστοιχα κεφάλαια των σημειώσεων που δίνονται στους φοιτητές και είναι αναρτημένα στην πλατφόρμα e-Class. Οι ηχογραφημένες παραδόσεις (βιντεοδιαλέξεις) από τα αντίστοιχα κεφάλαια, αλλά και τις ασκήσεις υπαίθρου, που έγιναν στο πλαίσιο της δράσης «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα» και φιλοξενούνται στην πλατφόρμα Open Delos.

### 6.1 Πετρώματα, γεωλογικοί σχηματισμοί και χαρτογραφικές ενότητες

Οι διάφορες κατηγορίες των πετρωμάτων, γεωλογικών σχηματισμών και γεωλογικών ενοτήτων μιας περιοχής, σε συνδυασμό με την ηλικία και το γεωτεκτονικό περιβάλλον που δημιουργήθηκαν αλλά και με την κλίμακα και τις ανάγκες που καλείται να καλύψει η χαρτογράφηση, καθορίζουν το ποια πετρώματα ή ομάδες πετρωμάτων, θα διακριθούν στη χαρτογράφηση, με άλλα λόγια ποιες **χαρτογραφικές ενότητες** ή **χαρτογραφικές μονάδες**, θα περιλαμβάνει ο γεωλογικός χάρτης. Σε κάποιες περιπτώσεις ο προς χαρτογράφηση γεωλογικός σχηματισμός μπορεί να αποτελείται από έναν λιθολογικό τύπο (χαρτογραφική μονάδα) ή να αποτελείται από μια ομάδα ή μία ακολουθία (ενότητα) πετρωμάτων (χαρτογραφική ενότητα). Υπάρχουν χαρτογραφικές μονάδες ή ενότητες που έχουν πολλές λιθολογικές ομοιότητες μεταξύ τους και οι διαφορές εστιάζονται μόνο στην ηλικία ή τη γεωτεκτονική ενότητα που ανήκουν. Για παράδειγμα, Ιουρασικοί και Κρητιδικόι νηρητικοί ασβεστόλιθοι της Τρίπολης ή νηρητικοί Κρητιδικόι ασβεστόλιθοι της Τρίπολης και του Παρνασσού. Στις περιπτώσεις αυτές η διάκρισή τους και η χαρτογράφησή τους είναι πιο δύσκολη και απαιτεί περισσότερη εμπειρία. Αντίθετα, υπάρχουν χαρτογραφικές ενότητες ή μονάδες που χαρακτηρίζονται από εντελώς διαφορετικούς λιθολογικούς τύπους, που, άσχετα με την ηλικία ή τη γεωτεκτονική ενότητα που ανήκουν, είναι, σε γενικές γραμμές, πιο εύκολα χαρτογραφήσιμες. Για παράδειγμα ανθρακικά και φλύσχης ή μάρμαρα και σχιστόλιθοι, σε οποιαδήποτε ενότητα των Ελληνίδων (Εικ. 6.1). Προφανώς οι έννοιες μεταλλικό, μολαστικό, αλπικό, μεταμορφωμένο, μη-μεταμορφωμένο, ιζηματογενές, πυριγενές, ανθρακικό, κλαστικό, όξινο, βασικό, υπερβασικό κ.λπ. αποτελούν έννοιες σημαντικές για τη γεωλογική χαρτογράφηση και τη διάκριση των χαρτογραφικών μονάδων ή ενοτήτων. Στα επόμενα, που θα ακολουθήσουν, θεωρούμε ότι βασικές γνώσεις από το μάθημα και το εργαστήριο της Γεωλογίας Ελλάδας, όπου έρχεστε σε επαφή με πραγματικούς γεωλογικούς χάρτες και κατηγορίες πετρωμάτων και σχηματισμών από όλο τον Ελληνικό χώρο, θεωρούνται δεδομένες.

Αν εστιάσουμε την προσοχή μας στις ανάγκες ενός κλασικού γεωλογικού χάρτη και με βάση τα δεδομένα από τον ελληνικό χώρο, έτσι όπως διδάσκονται στο μάθημα της Γεωλογίας Ελλάδας (Παπανικολάου, 2015), για να υπάρχει μια ενιαία γλώσσα συνεννόησης με τους φοιτητές, μπορούμε να πούμε ότι οι βασικές χαρτο-

γραφικές ενότητες και μονάδες, χωρισμένες σε κατηγορίες (ομάδες), διαμορφώνονται ως ακολούθως (προφανώς καλύπτονται οι πιο βασικές και κύριες περιπτώσεις, δεδομένου ότι είναι αδύνατο, αλλά ούτε εμπίπτει και στα πλαίσια του συγκεκριμένου συγγράμματος, η κάλυψη όλων των ιδιαίτερων περιπτώσεων, που μπορεί να συναντήσει κανείς χαρτογραφώντας τον ελληνικό χώρο):



**Εικόνα 6.1** Η χαρτογραφική ενότητα των ασβεστόλιθων της Πίνδου (πελαγικοί ασβεστόλιθοι με παρεμβολές μαργαϊκών και ηλιθικών οριζόντων) είναι εύκολα διακριτή από τη χαρτογραφική ενότητα του φλύσχη της Τρίπολης (εναλλαγές ψαμμιτών, ηλιθίων και μαργών), λόγω της έντονης λιθολογικής διαφοράς. Το ίδιο ισχύει και για τη διάκριση ανάμεσα στα ανθρακικά και στο φλύσχη της Τρίπολης. Αντίθετα, η διάκριση ανάμεσα στη χαρτογραφική μονάδα των ηωκαινικών ασβεστόλιθων και αυτή των ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων, απαιτεί εμπειρία και τη δυνατότητα αναγνώρισης απολιθωμάτων στα πετρώματα, αφού και στις δύο περιπτώσεις πρόκειται για νηρητικά ανθρακικά με κοινά, γενικά, χαρακτηριστικά.

### 6.1.1 Τεταρτογενείς αποθέσεις

Ολοκαινικής ή πλειστοκαινικής ηλικίας αποθέσεις, με βασικές χαρτογραφικές μονάδες τα **αλλούβια**, τα **πλευρικά κορήματα** και τους **κόνους κορημάτων**, αλλά και άλλους αντιπροσώπους, όπως οι **αναβαθμίδες**, οι **παράκτιες αποθέσεις** κ.λπ. Ασύνδετα υλικά, άμμοι, κοκκινοχώματα, κροκάλες, λατυποπαγή, χαλαρά κροκαλοπαγή, ανάμεικτες φάσεις κ.λπ. με μικρό πάχος, αντιπροσωπεύουν τις κύριες λιθολογίες. Απαντώνται στις κοίτες ποταμών και ρεμάτων, στις κλιτύες των βουνών και των λόφων και στις παράκτιες ή παραλίμνιες περιοχές και το πάχος τους είναι σχετικά μικρό. Στις πεδινές εκτάσεις και τις μεγάλες λεκάνες το πάχος τους μπορεί να γίνει πολύ μεγαλύτερο, φθάνοντας ή υπερβαίνοντας τα 500 m (π.χ. λεκάνη Πτολεμαΐδας, Μεγαλόπολης κ.λπ.), αποτελώντας τα νεότερα στρώματα των νεογενών αποθέσεων που πληρώνουν τη λεκάνη. Στις περιπτώσεις αυτές αντιπροσωπεύονται από ποτάμιες, χειμάρριες, ποταμοχειμάρριες ή λιμναίες αποθέσεις, από ψαμμίτες, μάργες, κροκαλοπαγή, που αποκαλούνται **σηματισμοί**, **σειρές** ή **στρώματα**, όπως και οι νεογενείς **σηματισμοί** που ακολουθούν.

### 6.1.2 Νεογενείς σχηματισμοί

Πλειοκαινικής και μειοκαινικής ηλικίας σχηματισμοί, που αντιπροσωπεύονται από όλες τις φάσεις ιζημάτων (θαλάσσια, λιμναία, χερσαία ή ανάμεικτα) και σχηματίζουν είτε σημαντικού πάχους αποθέσεις σε λεκάνες και βυθίσματα (στις μεγάλες λεκάνες υπερβαίνουν και τα 1.000 m, π.χ. Κορινθιακός) είτε μικρότερης έκτασης και πάχους εμφανίσεις σε μικρές κλειστές λεκάνες ή στις παράκτιες, παραλίμνιες ή παραποτάμιες περιοχές. Μάργες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, άργιλοι, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και ενδιάμεσες ή ανάμεικτες λιθολογίες, χαρακτηρίζουν τις χαρτογραφικές αυτές ομάδες, που χαρακτηρίζονται ως **σηματισμοί**, **σειρές** ή **στρώματα** (ακολουθούμενες από κάποια τοπική ονομασία όπου και η πιο χαρακτηριστική εμφάνισή τους), ανάλογα με την ηλικία τους. Συνήθως η γεωμετρία τους είναι απλή με οριζόντια στρώματα, αλλά χαρακτηρίζονται από έντονες πλευρικές ή κατακόρυφες μεταβάσεις, αλλά και πρωτογενείς κλίσεις σε περιπτώσεις δελταϊκών αποθέσεων, σταυρωτής στρώσης κ.λπ.



### 6.1.3 Μολασσικοί σχηματισμοί

Αναπτύσσονται στις μολασσικές λεκάνες του Ελληνικού χώρου (κυριότερος εκπρόσωπος η Μεσοελληνική Αύλακα). Μεγάλου πάχους κλαστικοί σχηματισμοί, που ανά χαρτογραφική ενότητα φθάνουν τα 1.000 m ή και ακόμα περισσότερο, μέχρι και πάνω από 2.000 m (π.χ. Σειρά Τσοτυλίου). Οι χαρτογραφήσιμες ενότητες που διακρίνονται κατά περίπτωση αποκαλούνται, συνήθως, **σειρές ή σχηματισμοί** και αποτελούνται από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες, μαργαϊκούς ή βιογενείς ασβεστολίθους, ενδιάμεσες φάσεις αλλά και εναλλαγές ανάμεσα στις διάφορες λιθολογίες, με πλευρικές ή κατακόρυφες μεταβάσεις.

### 6.1.4 Αμεταμόρφωτες αλπικές ενότητες

Οι αμεταμόρφωτες αλπικές ενότητες των Ελληνίδων, νηρητικές ή πελαγικές, εξωτερικές ή εσωτερικές, διαχωρίζονται σε επιμέρους χαρτογραφικές ενότητες ή μονάδες, οι βασικότερες από τις οποίες είναι:

**Φλύσχη.** Ο τελευταίος κλαστικός σχηματισμός που κλείνει τη στρωματογραφική στήλη κάθε ενότητας και αποτελείται από εναλλαγές ψαμμιτών, πηλιτών και μαργών. Ενίοτε περιλαμβάνει και κροκαλοπαγείς ορίζοντες ή τεμάχη από διάφορες λιθολογίες, παίρνοντας τη μορφή του **άγριου φλύσχη**.

**Νηρητικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες.** Διαχωρίζονται με βάση την ηλικία τους, και την περιγραφή τους συνοδεύουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους (χρώμα, άστρωτοι υφαλώδεις ή παχυστρωματώδεις, δολομιτιωμένοι, καρστικοποιημένοι κ.λπ.).

**Πελαγικοί ασβεστόλιθοι.** Διαχωρίζονται και αυτοί με βάση την ηλικία τους, αλλά συχνά έχουν και άλλα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, που μας βοηθούν στη διάκρισή τους, όπως πυριτικές ενδιαστρώσεις (silex), εναλλαγές με πηλίτες και ραδιολαρίτες κ.λπ.

**Λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι.** Αντιπροσωπεύουν φάσεις κλιτύων, δηλαδή φάσεις ενδιάμεσες, ανάμεσα στις νηρητικές και τις πελαγικές, με κύριο χαρακτηριστικό τον λατυποπαγή χαρακτήρα.

**Κλαστικοί σχηματισμοί τύπου «πρώτου φλύσχη».** Η ενδιάμεση κλαστική ακολουθία που διαχωρίζει στα δύο την ανθρακική στήλη, σε ενότητες π.χ. όπως η Πίνδος και η Δυτική Θεσσαλία. Εναλλάσσονται ψαμμίτες, πηλίτες, ραδιολαρίτες, κροκαλοπαγή και ασβεστόλιθοι.

**Σχιστοψαμμιτοκερατολιθική διάπλαση.** Μια αντίστοιχη ακολουθία τύπου πρώτου φλύσχη, με παρόμοιες λιθολογίες, αλλά για τις ενότητες των εσωτερικών Ελληνίδων.

**Ηφαιστειοϊζηματογενείς ακολουθίες.** Χαρακτηρίζουν τη βάση από πολλές στρωματογραφικές στήλες των Ελληνίδων και αποτελούνται από κλαστικά ιζήματα, λάβες (βασικές ή όξινες) και τόφφους, που αντιπροσωπεύουν το στάδιο της ηπειρωτικής ταφρογένεσης.

### 6.1.5 Μεταμορφωμένες αλπικές ενότητες

Στις μεταμορφωμένες αλπικές ακολουθίες, λόγω της έλλειψης στρωματογραφικών δεδομένων, η διάκριση των χαρτογραφικών ενότητων και μονάδων βασίζεται σε λιθοστρωματογραφικά και τεκτονικά κριτήρια. Χαρτογραφικά συνήθως διακρίνονται:

**Μάρμαρα.** Μεταμορφωμένα ανθρακικά πετρώματα, που περιγράφονται ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, όπως χρώμα, παρουσία πυριτικών ενδιαστρώσεων (μάρμαρα με silex), παρουσία φυλλοπυριτικών ορυκτών (ακάθαρτα μάρμαρα και σιπολίτες), έντονος μυλονιτικός χαρακτήρας (μυλονιτικά μάρμαρα), δολομιτίωση (δολομιτικά μάρμαρα) κ.λπ. Συνήθως τους αποδίδεται ένα όνομα, από κάποιο τοπωνύμιο στην πιο χαρακτηριστική θέση εμφάνισής τους, αλλά συχνά, ανάλογα με τη θέση που έχουν στη λιθοστρωματογραφική στήλη, χαρακτηρίζονται με το πρόθεμα «ανώτερο», «κατώτερο», «ενδιάμεσο» ή αριθμούνται ως «μάρμαρο 1», «μάρμαρο 2» κ.λπ.

**Σχιστόλιθοι.** Μεταμορφωμένοι κλαστικοί σχηματισμοί που αποτελούνται από διάφορες ποικιλίες σχιστολίθων, χαλαζίτες, χαλαζιοαστριούχα και γνευσιακά πετρώματα, ανάλογα με τους λιθολογικούς τύπους και τις συνθήκες μεταμόρφωσης του μητρικού (αμεταμόρφωτου) σχηματισμού. Συνήθως αποκαλούνται με το όνομα κάποιου τοπωνυμίου που εμφανίζονται και σπανιότερα με το πρόθεμα «ανώτερο», «κατώτερο» κ.λπ.

**Μεταβασικά πετρώματα και αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι.** Εμφανίζονται σαν χωριστοί ορίζοντες ή μεγάλου πάχους ενδιαστρώσεις μέσα στους σχιστολίθους και, συνήθως, αντιπροσωπεύουν μεταμορφωμένες, βασικής σύστασης, λάβες (μέλη ηφαιστειοϊζηματογενών ακολουθιών).

### 6.1.6 Μεταμορφωμένες προαλπικές ενότητες

Αποτελούν το υπόβαθρο αλπικών ενοτήτων και οι συνήθεις χαρτογραφικές ενότητες αποτελούνται από οφθαλμώδεις ή μυλονιτικούς ορθογνευσίους και διάφορες ποικιλίες **σχιστολίθων** και **γενεσιακών πετρωμάτων**. Συχνά τεμάχια των ενοτήτων αυτών, άλλοτε χαρτογραφήσιμα και άλλοτε όχι, περιέχονται μέσα σε σχιστολιθικούς σχηματισμούς των αλπικών ενοτήτων, αντιπροσωπεύοντας τεκτονικές σφήνες ή ολισθολίθους.

### 6.1.7 Πυριγενή (Μαγματικά) πετρώματα

Τα πυριγενή πετρώματα (συχνά αναφέρεται και ο όρος μαγματικά πετρώματα) του ελλαδικού χώρου σχετίζονται με διάφορα γεωτεκτονικά περιβάλλοντα. Θα αναφερθούν οι κυριότερες κατηγορίες, που είτε από μόνες τους αποτελούν ενιαίες χαρτογραφικές ενότητες είτε μπορούν να διακριθούν σε περισσότερες, επιμέρους χαρτογραφικές ενότητες και μονάδες, συνήθως στις περιπτώσεις που χαρτογραφικά, αλλά και ηλικιακά, μπορούν να διακριθούν και χαρτογραφηθούν επιμέρους πετρολογικοί τύποι ή σχηματισμοί.

**Πετρώματα οφιολιθικού συμπλέγματος.** Αντιπροσωπεύουν τις περιπτώσεις μεγάλων σχετικά εμφανίσεων, που περιλαμβάνουν μέρος ή το σύνολο από τους πετρολογικούς τύπους ενός οφιολιθικού συμπλέγματος (π.χ. Βούρινος, Όθρυς κ.λπ.), αλλά και μικρότερες απομονωμένες εμφανίσεις, είτε με τη μορφή τεκτονικών σφηγών, ανάμεσα σε τεκτονικές επαφές που χωρίζουν διαφορετικές γεωτεκτονικές ενότητες είτε συμμετέχοντας σε τεκτονικά ή ιζηματογενή μείγματα (mélange) και σχιστοψαμμιτοκερατολιθικές διαπλάσεις. Στις μεγάλες εμφανίσεις, οι διάφοροι πετρολογικοί τύποι (**λάβες, δακίτες, διορίτες, γάββροι, περιδοτίτες, πυροξενίτες, σερπεντινίτες** κ.λπ.) αποτελούν χωριστές χαρτογραφικές μονάδες και όσο και αν φαίνεται περίεργο, έχουν τη δική τους «στρωματογραφική λογική» αλλά και παραμόρφωση (πτυχές στη μικρή και μεγάλη κλίμακα, γράμμωση, φύλλωση, ζώνες διάτμησης με τυπικές δομές-κινηματικούς δείκτες κ.λπ.). Στη μεταμορφωμένη εκδοχή τους αντιπροσωπεύονται από μεταβασικά πετρώματα και σερπεντινίτες.

**Γρανιτικά πετρώματα.** Τα γρανιτικά πετρώματα του ελληνικού χώρου εμφανίζονται είτε με τη μορφή μεγάλων σωμάτων είτε με τη μορφή μικρότερων διεισδύσεων στις ενότητες των Ελληνίδων, καλύπτοντας διάφορες ηλικίες, που σε κάποιες περιπτώσεις συνάδουν με αυτές των πετρωμάτων του μεταναστεύοντος ηφαιστειακού τόξου, που θα αναφερθούμε αμέσως μετά. Χαρτογραφούνται ως ενιαίες χαρτογραφικές μονάδες και λιθολογικά αντιπροσωπεύονται από **γρανίτες, γρανοδιορίτες, διορίτες** και σπανιότερα **σηνίτες**. Απλιτικές και πορφυριτικές φλέβες, αλλά και φαινόμενα μεταμόρφωσης επαφής, συνοδεύουν τα πετρώματα αυτά. Ενίοτε στο εξωτερικό τμήμα των γρανιτικών σωμάτων αναπτύσσεται, λόγω της παραμόρφωσης, μια διαμπερής φύλλωση ή/και γράμμωση έκτασης (stretching lineation), ενώ στην τυπικά μεταμορφωμένη εκδοχή τους αντιπροσωπεύουν ορθογνευσίους, συνήθως με οφθαλμώδη ή μυλονιτική δομή, έντονη γράμμωση έκτασης και ορισμένες φορές και διακριτή φύλλωση.

**Ηφαιστειακά πετρώματα.** Αντιπροσωπεύουν πετρώματα του ελληνικού ηφαιστειακού τόξου, όπως αναπτύσσονται σε ζώνες διαφορετικών ηλικιών, παράλληλες με το ελληνικό τόξο, λόγω της διαχρονικής, προς νότο, μετανάστευσής του. Κατά μήκος του σύγχρονου ελληνικού τόξου (Αίγινα-Μέθανα, Μήλος, Σαντορίνη, Κως-Νίσυρος) εντοπίζονται οι πιο «φρέσκιες» και τυπικές εμφανίσεις. **Ρυολιθικές, δακιτικές, ανδευιτικές ή βασαλτικές λάβες, πυροκλαστικές αποθέσεις, τόφφοι, τοφφίτες και λαχάρ,** αποτελούν τους συνήθεις πετρολογικούς τύπους, αλλά και ανεξάρτητες χαρτογραφήσιμες μονάδες και ενότητες. Στη δομή και διάρθρωση των ηφαιστειακών σχηματισμών δεν επικρατεί χάος, αλλά έχουν τη δική τους στρωματογραφία και λογική, ανάλογα με τη θέση, τον χαρακτήρα και την εξέλιξη των επιμέρους ηφαιστειακών κέντρων που έδρασαν κάθε φορά.

## 6.2 Αναγνώριση των πετρωμάτων και των γεωλογικών σχηματισμών στην ύπαιθρο

Τα πετρώματα, οι λιθολογικοί τύποι, οι γεωλογικοί σχηματισμοί, οι ενότητες και οι σειρές, που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα ως χαρτογραφικές ενότητες και χαρτογραφικές μονάδες και καλύπτουν όλες τις κατηγορίες των πετρωμάτων (ιζηματογενή, πυριγενή, μεταμορφωμένα), έχουν τα δικά τους χαρακτηριστικά, τόσο στην παρατήρηση από μακριά στην ύπαιθρο, όσο και στην κοντινή παρατήρηση και εξέταση, είτε με το μάτι είτε με τη λούπα (, 2011; Jeram & Petford, 2011; Fry, 1997). Τα ερωτήματα που απασχολούν το γεωλόγο που έρχεται σε επαφή με τα πετρώματα στην ύπαιθρο είναι:

- Πρόκειται για **μεταλλικούς, αλπικούς ή προαλπικούς** σχηματισμούς;
- Σε ποια **γεωτεκτονική ενότητα** ανήκουν;
- Σε ποια **κατηγορία πετρωμάτων** αντιστοιχούν;
- Ποια είναι η **ηλικία σχηματισμού** τους;

Στόχος του γεωλόγου-χαρτογράφου είναι εξετάζοντας μια σειρά από χαρακτηριστικά, στη **μακρινή παρατήρηση** των πετρωμάτων, όπως:

- **χρώμα,**
- **φωτεινότητα και λάμψη,**
- **ανάγλυφο,**
- **διάβρωση και αποσάθρωση,**
- **υφή,**
- **εσωτερική διάταξη και δομή,**
- **παραμόρφωση,**
- **τεκτονικές δομές,**
- **γεωμετρία ορίων κ.λπ.**

να μπορεί να αναγνωρίσει το πέτρωμα ή τον σχηματισμό που έχει μακριά και απέναντί του. Προφανώς χρησιμοποιεί επικουρικά και όλη την πληροφορία που έχει συγκεντρώσει για την περιοχή που πρόκειται να χαρτογραφήσει, γνωρίζοντας (από τη βιβλιογραφία), τι πετρώματα, σχηματισμούς και ενότητες πρόκειται να συναντήσει. Σε κάποιες περιπτώσεις αυτό είναι εύκολο και η απάντηση είναι μονοσήμαντη και σε κάποιες είναι πιο δύσκολο, με αποτέλεσμα να αμφιταλαντευόμαστε σε δύο ή περισσότερες πιθανές απαντήσεις. Όπως και να έχει, όμως, η απάντηση θα πρέπει να επιβεβαιωθεί **κοντινή παρατήρηση**, δηλαδή με την **in situ (επιτόπου) εξέταση** και **αναγνώριση** του πετρώματος. Θα χρησιμοποιήσει πάλι όλες τις παραμέτρους και τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα, αλλά επιπρόσθετα στοιχεία, όπως:

- **ορυκτολογική σύσταση,**
- **απολιθώματα,**
- **ιζηματοδομές,**
- **στρώση,**
- **φύλλωση,**
- **γράμμωση,**
- **παραμόρφωση και δομές,**
- **ιστός,**
- **υφή,**
- **οσμή,**
- **διαχωρισμός και θραύση,**
- **αντίδραση σε οξέα κ.λπ.**

θα ολοκληρώσουν και θα επιβεβαιώσουν την αναγνώριση. Είναι προφανές ότι όσο οι ώρες (ημέρες, εβδομάδες και μήνες) εργασίας στην ύπαιθρο αυξάνονται, τόσο αυξάνει και η εμπειρία και η δυνατότητα αναγνώρισης των πετρωμάτων και σχηματισμών μιας περιοχής, σε όλες τις πιθανές παραλλαγές που μπορεί να εμφανίζονται και με όλες τις ιδιαιτερότητες και ιδιομορφίες που μπορεί να παρουσιάζουν από θέση σε θέση και από περιοχή σε περιοχή.

Προφανώς και η εικόνα που αποτυπώνεται στο μυαλό μας, βλέποντας και ξαναβλέποντας το ίδιο πέτρωμα από κοντά ή από μακριά, ώστε να μπορούμε να το αναγνωρίζουμε άμεσα και με επιτυχία, δεν μπορεί να περιγραφεί στο σύνολό της με λόγια και οι παράμετροι που αναφέρθηκαν προηγουμένως δεν αποτελούν παρά μικρό τμήμα όλων αυτών των μικροδιαφορών και χαρακτηριστικών που χρησιμοποιεί ο εγκέφαλός μας για να επιτύχει την αναγνώριση. Παρ' όλα αυτά, θα επιχειρήσουμε στα επόμενα να αναφέρουμε κάποια (τα βασικά) από τα μυστικά της αναγνώρισης, γνωρίζοντας πάντα ότι αυτό αρκεί για μια πρώτη προσέγγιση από τους φοιτητές που απευθύνεται το παρόν σύγγραμμα. Προφανώς και στην ύπαιθρο θα πούμε και θα αναλύσουμε πολύ περισσότερα, αλλά ο καθένας έχει τον δικό του κώδικα, που αποτυπώνει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και στοιχεία από το πέτρωμα, για να θυμάται την ταυτότητά του.

Σε πρώτη άποψη θα μπορούσαμε να ακολουθήσουμε τη σειρά που αναφέρθηκαν οι χαρτογραφικές ενότητες και μονάδες στα προηγούμενα και να περιγράψουμε για καθεμία από αυτές τα εκ του μακρόθεν και εκ του σύνεγγυς μυστικά της αναγνώρισής τους. Θα προτιμήσουμε, όμως, έναν άλλο τρόπο, που «βάζει στο τραπέζι» γενικότερες κατηγορίες και με συγκριτική παρατήρηση τις αποκωδικοποιεί και τις διαχωρίζει σε συγκεκριμένες χαρτογραφικές ενότητες. Ταιριάζει περισσότερο στον τρόπο που πρέπει να σκεφθεί ένας εκπαιδευόμενος γεωλόγος για να προσεγγίσει το πρόβλημα και να βρει την απάντηση. Για παράδειγμα, οι κλαστικοί σχηματισμοί και ακολουθίες μπορεί να αντιπροσωπεύουν μια σειρά από χαρτογραφικές ενότητες. Τεταρτογενείς, νεογενείς ή μολασσοικοί σχηματισμοί, τυπικός φλύσχις ή φλυσχοειδείς σχηματισμοί (τύπου πρώτου φλύσχι), σχιστοψαμμιτικές διαπλάσεις και ηφαιστειοϊζηματογενείς ακολουθίες ανήκουν σε αυτή την κατηγορία σχηματισμών. Προφανώς και έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά, που πολλές φορές τους κάνει να φαίνονται πανομοιότυποι ή να μας μπερδεύουν. Παρουσιάζουν, όμως, μικρότερες ή μεγαλύτερες διαφορές, περισσότερο ή λιγότερο χαρακτηριστικές, τόσο από κοντά όσο και από μακριά, που πρέπει να τις λάβουμε υπόψη μας και να τις αξιολογήσουμε συγκριτικά, μέχρι να καταλήξουμε για ποια χαρτογραφική ενότητα πρόκειται. Ας ξεκινήσουμε λοιπόν.

### 6.2.1 Τεταρτογενείς αποθέσεις

- Τεταρτογενείς αποθέσεις απαντώνται σε όλους τους γεωλογικούς χάρτες και αντιπροσωπεύονται από **αλλούβια, πλευρικά κορήματα** και **κόνους κορημάτων**.
- Τα **αλλούβια** αποτελούν αποθέσεις που διακρίνονται εύκολα, δεδομένου ότι συγκεντρώνονται στις κοίτες των ποταμών και των χειμάρρων ή στις πεδινές εκτάσεις (Εικ. 6.2). Ομαλό, χωμάτινο ανάγλυφο, σε μικρής ή μεγάλης έκτασης, επίπεδες σχετικά, περιοχές, η εικόνα από μακριά και προσχώσεις από κροκάλες, λατύπες και ασύνδετα μεταξύ τους υλικά, άμμοι, κοκκινοχώματα αλλά και υλικά από ανθρώπινες κατασκευές (π.χ. θραύσματα από αγγεία) η εικόνα από κοντά.



**Εικόνα 6.2.** Αλλουβιακές αποθέσεις αναπτύσσονται στις επίπεδες πεδινές εκτάσεις και κατά μήκος της κοίτης ποταμών και χειμάρρων.

- Τα **πλευρικά κορήματα** αποτελούν χαρακτηριστικές κλαστικές αποθέσεις που συγκεντρώνονται στις κλιτύες των ορεινών όγκων. Ο χαλαρός και χωμάτινος χαρακτήρας και η χαρακτηριστική κεκλιμένη μορφολογική επιφάνεια που δημιουργούν, που αντιπροσωπεύει μια ενδιάμεση μορφολογική κλίση, που συνδέει τις απότομες κλίσεις του ορεινού αναγλύφου στα ανάντη με τις σχετικά επίπεδες κλίσεις στα κατόντη, αποτελούν την πιο χαρακτηριστική εικόνα για τις αποθέσεις αυτές (Εικ. 6.3).
- Οι **κόννοι κορημάτων** χαρακτηρίζονται από μια αντίστοιχη εικόνα, μόνο που επειδή σχηματίζονται στις εκβολές των ρεμάτων από το ορεινό στο πεδινό ανάγλυφο, παρουσιάζουν και την χαρακτηριστική εικόνα του ριπιδίου.
- Χαρακτηρίζονται από πρωτογενείς κλίσεις και οι λιθολογικές φάσεις στην κοντινή παρατήρηση παρουσιάζουν μια μεγάλη ποικιλία. Μπορεί να αντιπροσωπεύονται από τελείως ασύνδετους και χαλαρούς σχηματισμούς από λατύπες (οι λεγόμενες σάρες), από περισσότερο ή λιγότερο συνεκτικά λατυποπαγή με κοκκινωπό αργιλικό συνδετικό υλικό (η πιο συνήθης περίπτωση, Εικ. 6.3), αλλά και από εντελώς συνεκτικοποιημένα λατυποπαγή με ανθρακικό συνδετικό υλικό, που αποτελούν ένα βραχώδες πέτρωμα.



**Εικόνα 6.3.** Η χαρακτηριστική μορφολογική εικόνα των πλευρικών κορημάτων από μακριά (αριστερή φωτογραφία, από το τεκτονικό κέρασ της Μαψού στην Κορινθία) και μια από τις πιο συνήθεις εικόνες των κορημάτων από κοντά (δεξιά φωτογραφία, από το ενεργό ρήγμα του Οσίου Ποταπίου στα Γεράνεια). Και στις δύο περιπτώσεις τα κορήματα αναπτύσσονται λόγω της έντονης μορφολογικής ασυνέχειας που δημιουργείται από κάποιο ενεργό ρήγμα.

- Οι τεταρτογενείς αποθέσεις με τη μορφή των **θαλάσσιων ή ποτάμιων αναβαθμίδων** παρουσιάζουν αυτή την ιδιαίτερη μορφολογική εικόνα με τη μορφή σφήνας, που διαμορφώνεται από την οριζόντια και επίπεδη επάνω μορφολογική επιφάνεια της αναβαθμίδας και την κεκλιμένη επιφάνεια της βάσης, όπου τα υλικά της αναβαθμίδας κάθονται ασύμφωνα στο κεκλιμένο και διαβρωμένο παλαιότερο ανάγλυφο.
- Κροκαλοπαγείς ή κροκαλολατυποπαγείς οριζόντες με αργιλικό συνδετικό υλικό και αδρόκοκκοι, χαλαροί ή πιο συνεκτικοί, ψαμμίτες, οι συνήθεις λιθολογίες στην κοντινή παρατήρηση (Εικ. 6.4).
- Η σχέση των αποθέσεων αυτών με το υπόβαθρό τους καθορίζει σαν είδος επαφής την ασυμφωνία και σε σπάνιες περιπτώσεις, και μόνο στις σεισμικά ενεργές περιοχές, το όριο μπορεί να καθορίζεται από κανονικό, συνήθως, ρήγμα.



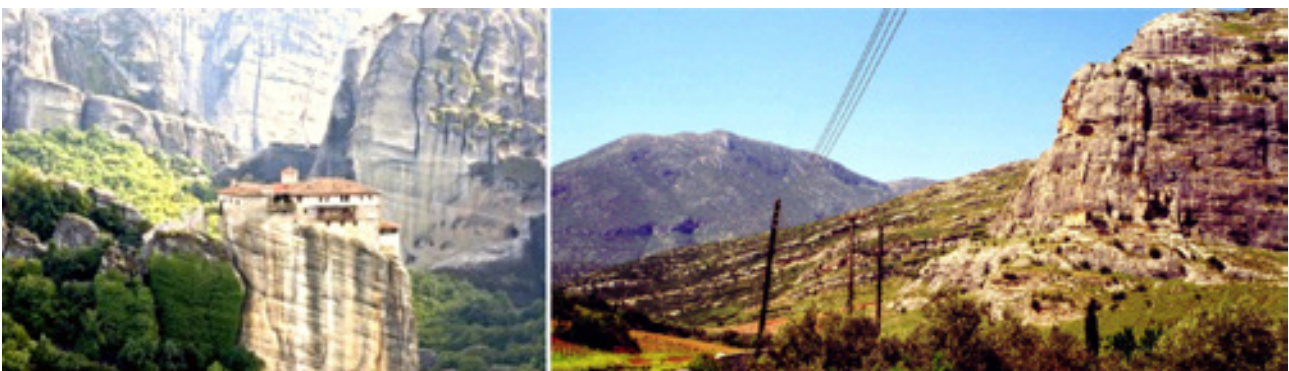
**Εικόνα 6.4.** Η τυπική λιθολογική και μορφολογική εικόνα για τις θαλάσσιες και ποτάμιες αναβαθμίδες. Κροκαλοπαγείς και κροκαλολατυποπαγείς οριζόντες με αργιλικό συνδετικό υλικό, με χαρακτηριστική επίπεδη μορφολογία για την επάνω επιφάνεια της αναβαθμίδας.

- **Πλειστοκαινικοί σχηματισμοί με μεγάλη πάχη**, όπως αναφέρθηκε, αποτελούν και τα στρώματα που κλείνουν την ιζηματογένεση σε μεγάλες λεκάνες του Νεογενούς. Η μακρινή εικόνα είναι αντίστοιχη με αυτή που θα περιγράψουμε για τα Νεογενή, μόνο που τα χρώματα, συνήθως, είναι πιο κοκκινωπά, σε αντίθεση με τα πιο κίτρινα χρώματα που επικρατούν στα Νεογενή, χωρίς αυτό να είναι πάντα ο κανόνας.
- Στις περιπτώσεις αυτές η βασική επαφή με τους νεογενείς υποκείμενους σχηματισμούς ή το αλπικό υπόβαθρο είναι ασυμφωνία, στα περιθώρια όμως των λεκανών, η επαφή με το αλπικό υπόβαθρο καθορίζεται από κανονικό ρήγμα. Προφανώς ρήγματα που φέρνουν σε επαφή πλειστοκαινικούς με νεογενείς σχηματισμούς μπορεί να υπάρχουν και στο εσωτερικό της λεκάνης.
- Στην κοντινή παρατήρηση οι λιθολογίες που εμφανίζονται είναι πολλές και αντιπροσωπεύονται από ποικίλες φάσεις από κροκαλοπαγή, μάργες, ψαμμίτες ή ενδιάμεσες μεταξύ τους φάσεις, που εναλλάσσονται και μεταβαίνουν η μία στην άλλη τόσο κατακόρυφα, όσο και πλευρικά. **Λιγνιτικές**

**εμφανίσεις**, είτε μικρές τοπικού χαρακτήρα είτε εκτεταμένες και κατάλληλες προς εκμετάλλευση, απαντώνται συχνά. Προφανώς τα απολιθώματα αποτελούν το βασικό στοιχείο που θα μας επιβεβαιώσει την ηλικία.

## 6.2.2 Νεογενείς, μολασσικοί και αλπικοί κλαστικοί σχηματισμοί

- Οι **νεογενείς** και **μολασσικοί σχηματισμοί** παρουσιάζουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά, δεδομένου ότι αντιπροσωπεύονται από κοινές λιθολογίες και φάσεις και συχνά η διάκρισή τους τόσο στη μακρινή όσο και στην κοντινή παρατήρηση είναι πολύ δύσκολη και μόνο οι ηλικίες που παίρνουμε από τα απολιθώματα μας δίνουν απαντήσεις.
- Περιλαμβάνουν πολλές και διαφορετικές φάσεις, όπου ανάλογα με το ποιος από αυτές επικρατούν, έχουμε διαφορετικό ανάγλυφο, διαφορετική διάβρωση και διαφορετικά χρώματα.
- Για παράδειγμα, στα Μετέωρα είναι χαρακτηριστική η εικόνα που δίνουν τα κροκαλοπαγή του σχηματισμού Πενταλόφου, με το ιδιαίτερο και μοναδικό ανάγλυφο από τη διάβρωση, που έχει δώσει αυτούς τους χαρακτηριστικούς επιμήκεις και υψηλούς βράχους των Μετεώρων. Το βραχώδες, λοιπόν, τοπίο με τα σκούρα χρώματα (καφέ, γκρι, μαύρο) και οι **πρωτογενείς κλίσεις** των κροκαλοπαγών (**δελταϊκές αποθέσεις τύπου Gilbert**) που διαγράφονται ξεκάθαρα, αποτελούν τα στοιχεία που συνθέτουν την εικόνα από μακριά (Εικ. 6.5).
- Αντίστοιχες δελταϊκές φάσεις κροκαλοπαγών, όμως, υπάρχουν και σε νεογενείς σχηματισμούς, όπως π.χ. στη Νεμέα, όπου η εικόνα μπορεί να μην είναι τόσο εντυπωσιακή όπως στα Μετέωρα, όμως ανάγλυφο, διάβρωση, χρώματα και κλίσεις διαμορφώνουν την ίδια εικόνα από μακριά (Εικ. 6.5).
- Στις περιπτώσεις που έχουμε μεγάλους όγκους από συνεκτικά ανθρακικά κροκαλοπαγή, με ανθρακικό συνδετικό υλικό, πολύ συχνά η εικόνα από μακριά συγχέεται και μπερδεύεται με αυτή των αλπικών ανθρακικών πετρωμάτων.
- Στις περιπτώσεις που επικρατούν οι μαργαϊκοί και ψαμμιτικοί σχηματισμοί, το ανάγλυφο γίνεται πιο χωμάτινο και τα χρώματα κιτρινωπά και ανοικτό μπλε. Συχνά οι στρώσεις είναι διακριτές, με σχεδόν οριζόντια γεωμετρία ή μικρές κλίσεις, ενώ και η διάβρωση στους σχηματισμούς αυτούς είναι χαρακτηριστική.
- Στις περιπτώσεις που έχουμε λιθολογικές εναλλαγές (Εικ. 6.6), το τοπίο διαμορφώνει ένα ανάμεικτο ανάγλυφο, που ακολουθεί τη στρώση (αλλού περισσότερο βραχώδες και αλλού πιο χωμάτινο), ενώ και τα χρώματα εναλλάσσονται, ανάλογα με τις φάσεις που επικρατούν (αλλού πιο κιτρινωπά και ανοιχτά χρώματα και αλλού πιο σκούρες καφέ και γκρι αποχρώσεις).



**Εικόνα 6.5.** Δελταϊκές αποθέσεις τύπου Gilbert από τον μολασσικό σχηματισμό του Πενταλόφου στα Μετέωρα (**αριστερή φωτογραφία**) και από τους νεογενείς σχηματισμούς της Νεμέας (**δεξιά φωτογραφία**).

- Τα επιμέρους χαρτογραφήσιμα μέλη των σχηματισμών αυτών συχνά διαχωρίζονται με μικρότερης ή μεγαλύτερης κλίμακας γωνιώδεις ασυμφωνίες, που σε κατάλληλες τομές στην ύπαιθρο είναι ορατές και παρατηρήσιμες από μακριά (Εικ. 6.6).
- Με ασυμφωνία κάθονται και στο αλπικό υπόβαθρο, εκτός από τα περιθώρια της λεκάνης όπου η σχέση συνήθως είναι με ρήγμα. Ρήγματα που φέρνουν σε επαφή διαφορετικά μέλη των σχηματισμών αυτών απαντώνται και στο εσωτερικό της λεκάνης.

- Η κοντινή παρατήρηση επιβεβαιώνει χρώματα και λιθολογίες όπως και κλίσεις και ασυμφωνίες. Επιτρέπει παρατηρήσεις στην προέλευση και το μέγεθος των κλαστικών υλικών (κροκάλες), στις υπάρχουσες ιζηματοδομές αλλά και στα απολιθώματα, που έχουν τον τελικό λόγο στον προσδιορισμό της ηλικίας.
- Ειδική κατηγορία αποτελούν οι σχηματισμοί του Νεογενούς, οι οποίοι έχουν αποθεθεί σε λεκάνες που δημιουργούνται στο υπερκείμενο ρηξιτέμαχος μεγάλων **αποκόλλησεων (detachments)**, που αποκαλούνται **supra-detachment deposits** (Εικ. 6.7). Λιθολογικά θυμίζουν νεογενείς σχηματισμούς, με τη διαφορά ότι στις περιπτώσεις αυτές παρατηρείται πολύπλοκη εσωτερική παραμόρφωση, με ρήγματα, πτυχές και ασυμφωνίες. Η παραμόρφωση αυξάνεται προς το περιθώριο της λεκάνης, το οποίο κατά κανόνα ταυτίζεται με την αποκόλληση.



**Εικόνα 6.6.** Στους νεογενείς σχηματισμούς της Βόρειας Πελοποννήσου (ευρύτερη περιοχή Νεμέας), είναι συχνές οι εναλλαγές ανάμεσα στις φάσεις (κροκαλοπαγείς και μαργαϊκοί ή ψαμμιτικοί ορίζοντες, **αριστερή φωτογραφία**), όπως και οι ασυμφωνίες ανάμεσά τους (**δεξιά φωτογραφία**), διαμορφώνοντας αντίστοιχα και το ανάγλυφο.



**Εικόνα 6.7.** Μικρής κλίσης ρήγμα αποκόλλησης στη Νήσο Νάξο, χωρίζει έντονα παραμορφωμένες νεογενείς αποθέσεις (Ng) από τον γρανοδιορίτη (Gr), που αποτελεί το υποκείμενο τέμαχος και έχει παραμορφωθεί πλαστικο-θραυστικώς σε συνθήκες κάτω-πρασινोσχιστολιθικής φάσης.

- Από τους **αλπικούς κλαστικούς σχηματισμούς**, την πιο τυπική περίπτωση αποτελεί ο **φλύσχις**. Η μονότονη ακολουθία από ψαμμίτες, πηλίτες και μάργες, δημιουργεί ένα συνήθως ομαλό και χωμάτινο ανάγλυφο από μακριά (Εικ. 6.8), με χαρακτηριστική διάβρωση και χρώματα μεξ, καφέ, λαδοπράσινα.
- Η διαφορά με τα νεογενή και τα μολασσικά, όταν επικρατούν οι αντίστοιχες φάσεις, είναι κυρίως στο χρώμα (δεδομένου ότι αυτά, συνήθως, είναι πιο κιτρινωπά), αλλά και στην παραμόρφωση, αφού

ο φλύσσης έχει όλων των ειδών τις **πτυχές**, ανοικτές, κλειστές αλλά και ισοκλινείς. Τα κροκαλοπαγή δεν είναι τόσο συχνά στον φλύσση, και σε αντίθεση με τα νεογενή και τα μολασσικά, εμφανίζονται σε ενδιάστρωσεις και σε καμία περίπτωση δεν λαμβάνουν τόσο μεγάλο πάχος.



**Εικόνα 6.8.** Τυπική εμφάνιση φλυσχικών λιθολογιών και φλυσχικού αναγλύφου από μακριά. Στην **αριστερή φωτογραφία** ο φλύσσης του Γαβρόβου από την Αιτωλοακαρνανία. Στη **δεξιά φωτογραφία** ο φλύσσης της Τρίπολης από την Αρκαδία.

- Επισημαίνεται ότι στις πιο εξωτερικές ενότητες (Ιόνια και Παξοί) τα κορυφαία στρώματα του φλύσση χαρακτηρίζουν αυτό που αποκαλείται «**μολασσική φάση φλύσση**» και εκεί ο φλύσσης μπορεί να παρουσιάζει την τυπική εικόνα των μολασσικών σχηματισμών.
- Στην κοντινή παρατήρηση μπορούμε να παρατηρήσουμε τις εναλλαγές ανάμεσα στα ψαμμιτικά και τα αργιλικά ή πηλιτικά στρώματα του φλύσση (Εικ. 6.9), να εντοπίσουμε **ιζηματοδομές** (π.χ. **τουρβιδίτες** κ.λπ.), αλλά και απολιθώματα που θα καθορίσουν την ακριβή ηλικία του σχηματισμού.



**Εικόνα 6.9.** Κοντινή άποψη φλυσχικών σχηματισμών, όπου κυριαρχούν οι εναλλαγές ψαμμιτών, πηλιτών (από το φλύσση της Πίνδου, στην ορεινή περιοχή βόρεια της Μεσσηνίας).

- Η επαφή με τα υποκείμενα ανθρακικά μπορεί να είναι μεταβατική, αλλά και τεκτονική, τόσο με ανάστροφα ή επωθητικά ρήγματα, όσο και με κανονικό ρήγμα, συνιζηματογενές ή μεταγενέστερο.
- Προφανώς και υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στις φλυσχικές ακολουθίες των γεωτεκτονικών ενοτήτων, όχι μόνο στην ηλικία έναρξης του σχηματισμού, αλλά και λιθοοψικές, τόσο στα μεταβατικά στρώματα, όσο και στον κυρίως σχηματισμό. Απαιτείται, όμως, μεγάλη εμπειρία από την εργασία υπαίθρου, ώστε να έχει κάποιος τη δυνατότητα να αναγνωρίζει τις μικροδιαφορές ανάμεσα στις φλυσχικές ακολουθίες διαφορετικών γεωτεκτονικών ενοτήτων.



- Μια άλλη κατηγορία αλπικών κλαστικών σχηματισμών αποτελεί η περίπτωση ακολουθιών τύπου «**πρώτου φλύσχη**» για τις εξωτερικές ενότητες και «**σχιστοψαμμιτοκερατολιθικής διάπλασης**» για τις εσωτερικές. Στην περίπτωση αυτή επειδή εμπλέκονται αργιλικά και πηλιτικά πετρώματα, ραδιολαρίτες και κερατόλιθοι, αλλά και οφιολιθικά στοιχεία, οι ακολουθίες αυτές έχουν πολύ ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και είναι εύκολα αναγνωρίσιμες στην ύπαιθρο, τόσο από μακριά, όσο και από κοντά, δεδομένου ότι επικρατούν τα βυσινέρυθρα και σκούρα κόκκινα χρώματα και η έντονη παραμόρφωση με πτυχές (Εικ. 6.10).



**Εικόνα 6.10.** Εναλλαγές ραδιολαριτών, ασβεστολίθων, πηλιτών και ψαμμιτών με έντονη παραμόρφωση, αποτελούν τεκτονικές σφήνες του πρώτου φλύσχη της Πίνδου, στη βάση του καλύμματος των ανω-κρητιδικών ασβεστολίθων (**αριστερή φωτογραφία**, από την περιοχή της Καλαμάτας). Έντονα παραμορφωμένες φάσεις από πηλίτες, ψαμμίτες και ραδιολαρίτες της σχιστο-ψαμμιτο-κερατολιθικής διάπλασης από την περιοχή της Ακροκορίνθου (**δεξιά φωτογραφία**).

- Σε πελαγικές ενότητες όπως η Πίνδος, αλλά και η Μαλιακή ή και η Ιόνια, κατά το Ιουρασικό έχουμε απόθεση **ραδιολαριτών σε εναλλαγές με πηλίτες**, αλλά και πελαγικούς ασβεστολίθους. Η αναγνώριση στην ύπαιθρο είναι εύκολη, δεδομένου ότι επικρατούν τα έντονα βυσινί χρώματα αλλά και η έντονη παραμόρφωση με λεπιώσεις και ισοκλινείς πτυχές (Εικ. 6.11).



**Εικόνα 6.11.** Τυπική εικόνα στην ύπαιθρο της ακολουθίας των πηλιτών-ραδιολαριτών της ενότητας της Πίνδου, στην ορεινή περιοχή ανατολικά της Κυπαρισσίας.

- Αλπικούς κλαστικούς σχηματισμούς συναντάμε και στις **ηφαιστειοϊζηματογενείς ακολουθίες**, που αναπτύσσονται στη βάση αρκετών γεωτεκτονικών ενότητων. Και στην περίπτωση αυτή οι χαρακτήρες είναι πολύ ιδιαίτεροι, δεδομένου ότι μαζί με τα κλαστικά ιζήματα εμφανίζονται λάβες, τόφφοι και τοφφίτες, πετρώματα με πολύ χαρακτηριστικό ιστό και ορυκτολογική σύσταση και σκούρα πράσινα ή κοκκινωπά χρώματα, από κοντά ή μακριά (Εικ. 6.12). Συχνά στις φάσεις αυτές παρεμβάλλονται και σκουρόχρωμοι μαύροι ασβεστόλιθοι με άνω-παλαιοζωϊκά απολιθώματα.



**Εικόνα 6.12.** Ανδρσιτικές λάβες και πυροκλαστικά, από τα στρώματα Τυρού στη βάση της Τρίπολης (αριστερή φωτογραφία, ΒΑ της Σπάρτης) και χαλαζιακοί κερατοφύρες από τη βάση της Υποπελαγονικής στην Πάρνηθα (δεξιά φωτογραφία), συνυπάρχουν και εναλλάσσονται με ιζηματογενείς κλαστικούς σχηματισμούς, δημιουργώντας τις ηφαιστειοϊζηματογενείς ακολουθίες που συναντάμε στη βάση πολλών στρωματογραφικών στηλών των Ελληνίδων.

### 6.2.3 Ανθρακικοί σχηματισμοί και πετρώματα

- Οι ανθρακικοί σχηματισμοί κυριαρχούν στις αλπικές ενότητες και αντιπροσωπεύουν δύο βασικές φάσεις: **νηριτικές** και **πελαγικές**. Υπάρχουν και οι **ενδιάμεσες φάσεις κλιτύων** με τα δικά τους χαρακτηριστικά.
- Οι νηριτικοί ασβεστόλιθοι δίνουν βραχώδες ανάγλυφο, με σκούρα (γκρι - μπλε) ή ενδιάμεσα (πιο ανοικτά) χρώματα και δεν χαρακτηρίζονται από στρώση (Εικ. 6.13), εκτός από τους οριζόντες που παρουσιάζονται παχυ- ή μεσο-στρωματώδεις, κυρίως στα μεταβατικά προς τον φλύσχη στρώματα. Τις περισσότερες φορές παρουσιάζονται **καρστικοποιημένοι**.
- Πολύ συχνά παρατηρούνται **φαινόμενα δολομιτίωσης**, που δίνουν ένα ανοικτό γκρι χρώμα στο πέτρωμα, ενώ συχνά η έντονη δολομιτίωση μετατρέπει το πέτρωμα κυριολεκτικά σε σκόνη, φαινόμενο ορατό και από μακριά.
- Στην κοντινή παρατήρηση **νηριτικά απολιθώματα, στρωματόλιθοι** και ο **σπαριτικός χαρακτήρας** κυριαρχούν (Εικ. 6.13). Η στρώση συνήθως απουσιάζει, αν και κατά θέσεις μπορεί να παρατηρούνται παχυ- ή μεσο-στρωματώδεις φάσεις. Τα χρώματα και η καρστικοποίηση όπως στη μακρινή παρατήρηση. Όταν **δεν αναβράζει** με το αραιό διάλυμα **HCl**, τότε πρόκειται για **δολομίτη**.
- Οι πελαγικοί ασβεστόλιθοι είναι λεπτοστρωματώδεις και κατά οριζόντες μεσο-στρωματώδεις. Η δομή αυτή είναι συνήθως ορατή από μακριά, κυρίως όταν συνοδεύεται και από έντονες πτυχώσεις (Εικ. 6.14). Τα χρώματα συχνά είναι πιο ανοικτά (ανοικτό γκρι, μπλεζ, κίτρινο), αλλά μπορεί να είναι και αρκετά πιο σκούρα (σκούρο γκρι ή μαύρο). Το ανάγλυφο είναι βραχώδες, κατά οριζόντες όμως, γιατί παρουσιάζεται πιο διαβρωμένο και ομαλό, όταν παρεμβάλλονται μαργαϊκές ή πυριτικές ενδιαστρώσεις, που διαβρώνονται πιο εύκολα. Όταν οι λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι εναλλάσσονται με πηλίτες και ραδιολαρίτες παρατηρούνται κοκκινωπές και βυσσινί ενδιαστρώσεις.
- Στην κοντινή παρατήρηση, ο λεπτοστρωματώδης χαρακτήρας, τα χρώματα που αναφέρθηκαν προηγουμένως, οι πηλιτικές ενδιαστρώσεις ή οι εναλλαγές με ραδιολαρίτες ή πυριτικές παρεμβολές, οι έντονες ισοκλινείς πτυχώσεις και η παρουσία πελαγικών απολιθωμάτων, αποτελούν τα διαγνωστικά εργαλεία (Εικ. 6.15).
- Οι ενδιάμεσες φάσεις κλιτύων δίνουν από μακριά ανάμεικτο ανάγλυφο, που θυμίζει πότε πελαγική και πότε νηριτική ακολουθία, ενώ στην κοντινή παρατήρηση οι **λατυποπαγείς φάσεις** στους ασβεστόλιθους αποτελούν την επιβεβαίωση (Εικ. 6.16).
- Ανθρακικά πετρώματα εμφανίζονται και στους νεογενείς ή και τεταρτογενείς σχηματισμούς. Αντιπροσωπεύονται κυρίως από μαργαϊκούς ασβεστολίθους ή συνεκτικούς **τραβερτινώδεις ασβεστολίθους** με κυψελώδη δομή. Η εικόνα τους όμως είναι πολύ χαρακτηριστική και διαφορετική από τους



**Εικόνα 6.13.** Τυπική εμφάνιση νηρητικών ανθρακικών πετρωμάτων και αναγλύφου από μακριά (επάνω φωτογραφία, από την ορεινή περιοχή βόρεια της Καλαμάτας). Τα νηρητικά απολιθώματα, όπως τα *Megalodon* (αριστερή φωτογραφία, τριαδικό-ιουρασική ηλικίας ανθρακικά της ενότητας Δυτικής Θεσσαλίας στην περιοχή του Ναυπλίου) και οι *Nummulites* (δεξιά φωτογραφία, ηοκαινικής ηλικίας ανθρακικά της Τρίπολης, στην περιοχή των Δερβενακίων) επιβεβαιώνουν τη φάση.



**Εικόνα 6.14.** Ισοκλινείς μακροπτυχές των πελαγικών ασβεστολίθων της Πίνδου βόρεια από το Άργος (αριστερή φωτογραφία) και πλακώδεις ασβεστόλιθοι της σειράς της Βίγλας από την Ιόνια ενότητα στην περιοχή ΒΑ του Μεσολογγίου (δεξιά φωτογραφία).



**Εικόνα 6.15.** Τυπική κοντινή εικόνα πολυπτυχωμένων πελαγικών ασβεστολίθων της ενότητας της Πίνδου από διάφορες περιοχές της Πελοποννήσου.

αλπικούς ασβεστολίθους, δεδομένου ότι απαντώνται σε μικρότερους ορίζοντες μαζί με τα υπόλοιπα ιζήματα από μάργες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή, το χρώμα τους αρκετά πιο κιτρινωπό ή μπεζ και το ανάγλυφο ημι-βραχώδες.



**Εικόνα 6.16.** Χαρακτηριστικές ασβεστολιθικές λατυποπαγείς φάσεις κλιτύων (δεξιό τμήμα φωτογραφίας) στη Ζάκυνθο, επικαλύπτονται από πελαγικές λεπτοστρωματώδεις φάσεις ασβεστολίθων (αριστερό τμήμα φωτογραφίας), σηματοδοτώντας τον χώρο ανάμεσα στην Ιόνια ενότητα και την ενότητα των Παξών (η φωτογραφία από τον αγαπητό συνάδελφο Απόστολο Αλεξόπουλο).

#### 6.2.4 Μεταμορφωμένα πετρώματα και ενότητες

- Οι **μεταμορφωμένες ενότητες** αποτελούν ένα βασικό τμήμα των γεωτεκτονικών ενοτήτων των Ελληνίδων και στην ουσία αποτελούνται από τους ίδιους σχηματισμούς και πετρώματα, όπως και οι μη-μεταμορφωμένες Ελληνίδες, μόνο που στην πορεία της ενσωμάτωσής τους στο ελληνικό ορογενές και την αποκάλυψή τους στην επιφάνεια έχουν υποστεί ένα ή περισσότερα μεταμορφικά γεγονότα, σε συνθήκες μέσου και κατώτερου φλοιού.
- Τα μεταμορφωμένα πετρώματα έχουν πολύ ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και αν εξαιρέσει κανείς κάποιες περιπτώσεις μαρμάρων, είναι πολύ εύκολα αναγνωρίσιμα στην ύπαιθρο, κυρίως από κοντά.
- Οι διάφορες κατηγορίες ανθρακικών σχηματισμών, όταν μεταμορφωθούν μας δίνουν αντίστοιχες κατηγορίες **μαρμάρων**. Στη μακρινή παρατήρηση είναι δύσκολο να διακρίνει κανείς αν ένας αποκλειστικά ανθρακικός όγκος είναι ασβεστόλιθος ή μάρμαρο, δεδομένου ότι δίνουν ίδιο ανάγλυφο και παρόμοια χρώματα (Εικ. 6.17).
- Ισχυρή ένδειξη, αν όχι απόδειξη, για την παρουσία μαρμάρων έχουμε στην περίπτωση που είναι ορατές οι χαρακτηριστικές ισοκλινείς, κατακεκλιμένες, **παθητικού χαρακτήρα πτυχές (passive folding)**, που χαρακτηρίζουν τα πετρώματα αυτά. Για τη διάκριση των πτυχών αυτών βοηθά πολύ αν τα μάρμαρα έχουν ενδιαστρώσεις silex ή αν πρόκειται για **ακάθαρτα μάρμαρα (impure marbles)**, που περιλαμβάνουν ζώνες πλούσιες σε φυλλοπυριτικά ορυκτά.
- Στην πολύ συχνή περίπτωση, που εναλλάσσονται με σχιστολιθικούς ορίζοντες (Εικ. 6.17), η πολυφασική παραμόρφωσή τους με επικαλυπτόμενες, ισοκλινείς, κατακεκλιμένες μακρο-πτυχές, δίνει πολύ χαρακτηριστικά **πρότυπα συμβολής πτυχώσεων** στην ύπαιθρο (**fold interference patterns**), που απαντώνται, σχεδόν αποκλειστικά, σε μεταμορφωμένα πετρώματα.
- Στην κοντινή παρατήρηση ο έντονα κρυσταλλικός χαρακτήρας, η ανάπτυξη **σχιστότητας (schistosity)** ή **σχισμού (cleavage)** αλλά και **ορυκτολογικής γράμμωσης (mineral lineation)** ή **γράμμωσης έκτασης (stretching lineation)**, καθώς και η παρουσία λεπτών ενδιαστρώσεων από φυλλοπυριτικά ορυκτά ή silex, έντονα πτυχωμένων με διαδοχικές φάσεις ισοκλινών πτυχών (Εικ. 6.18), και δευτερογενώς, η απουσία ιζηματοδομών και απολιθωμάτων, αποτελούν τα διαγνωστικά εργαλεία.



**Εικόνα 6.17.** Πολύ συχνά, είναι δύσκολο να αντιληφθούμε από μακριά αν ένας ορεινός όγκος από ανθρακικά πετρώματα, δομείται από μάρμαρα (επάνω αριστερή φωτογραφία, από τις ανατολικές υπώρειες του Πεντελικού). Σε πολλές περιπτώσεις όμως τα μάρμαρα εναλλάσσονται με σχιστολιθικούς ορίζοντες (αποτέλεσμα διαδοχικών ισοκλινών πτυχώσεων) δίνοντας πολύ χαρακτηριστικές εικόνες στην ύπαιθρο (επάνω δεξιά φωτογραφία, από το Πάνειο όρος στην Αττική, κάτω αριστερή φωτογραφία από την Νήσο Πάρο και κάτω δεξιά φωτογραφία από τη Νήσο Νάξο).



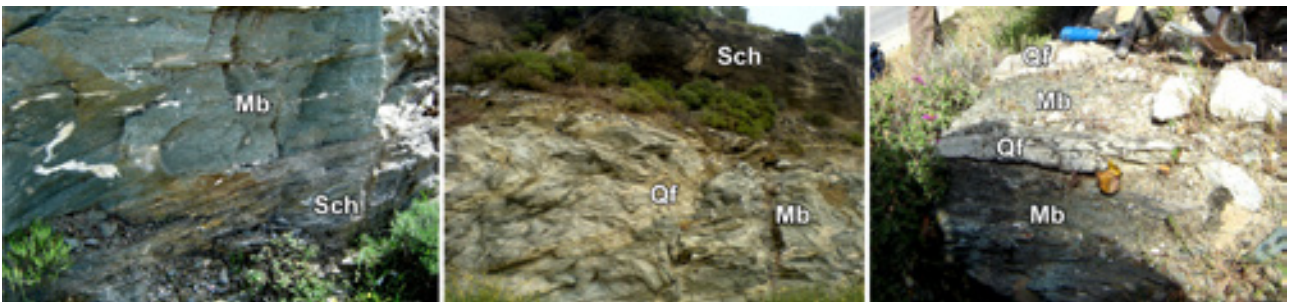
**Εικόνα 6.18.** Πολυπτυχωμένα ακάθαρτα μάρμαρα και μάρμαρα με *silex*, από την ενότητα Καμάριζας στην περιοχή του Λαυρίου (αριστερή φωτογραφία), την ενότητα της Όχης στη Νότια Εύβοια (κεντρική φωτογραφία) και την ενότητα Μαραθώνα στην Βόρεια Αττική (δεξιά φωτογραφία).

- Οι κλαστικοί αμεταμόρφωτοι σχηματισμοί, όταν μεταμορφωθούν, μας δίνουν κυρίως διάφορες κατηγορίες σχιστολίθων, αλλά και χαλαζίτες, γνευσιακά πετρώματα και μεταβασίτες ή αμφιβολιτικούς σχιστολίθους (Εικ. 6.19 & 6.20). Μακροσκοπικά δίνουν ομαλό χωμάτινο ανάγλυφο που σε πολλές περιπτώσεις (ιδιαίτερα όταν είναι έντονα αποσαθρωμένο) μοιάζει με αυτό των μη-μεταμορφωμένων αλπικών κλαστικών σχηματισμών.
- Πολύ συχνά όμως στους σχιστολίθους παρεμβάλλονται ορίζοντες από μάρμαρα, ή μεταβασικά και χαλαζιοαστριούχα πετρώματα, που πτυχώνονται με τον ίδιο τύπο ισοκλινών πτυχών όπως και τα μάρμαρα, χαρακτηριστικών σε μεταμορφωμένα πετρώματα (Εικ. 6.20).
- Η κοντινή παρατήρηση δεν αφήνει αμφιβολία για το είδος των πετρωμάτων. Η παρουσία της σχιστότητας, παράλληλα με την οποία προσανατολίζονται τα χαρακτηριστικά ορυκτά της μεταμόρφωσης (ορατά και αναγνωρίσιμα με γυμνό οφθαλμό), οι επικαλυπτόμενες φυλλώσεις, τα διάφορα είδη γραμμώσεων και οι χαρακτηριστικές φάσεις επικαλυπτόμενων πτυχώσεων με χαρακτηριστικές γεωμετρίες, αποτελούν χαρακτηριστικά και δομές που απαντώνται μόνο σε μεταμορφωμένα πετρώματα (Εικ. 6.19 & 6.20).
- Υπάρχουν ορισμένα ορυκτά, τα οποία μπορούν να αποκαλύψουν τον βαθμό μεταμόρφωσης του σχιστολιθικού πετρώματος. Αν το μεταμορφωμένο πέτρωμα είναι ένας **κυανοσχιστόλιθος (blueschist)**, δηλαδή, αν έχει μεταμορφωμένα ορυκτά υψηλών πιέσεων, που συνδέονται άμεσα με ζώνη υποβύθισης, ένα διαγνωστικό ορυκτό είναι ο μπλε αμφίβολος (γλαυκοφανής, ριβεκίτης κ.ά.). Αντίστοιχα,

για τα **πρασινοςχιστολιθικά πετρώματα (greenschist)**, τα διαγνωστικά ορυκτά είναι ο χλωρίτης ή και ο ακτινόλιθος ενώ για τα **πετρώματα αμφιβολιτικής φάσης (amphibolite)**, η κερροστίλβη. Προφανώς ο βαθμός μεταμόρφωσης δεν είναι ίδιος σε κάθε περίπτωση και στα χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης φυλλιτικά πετρώματα ο μικροκρυσταλλικός χαρακτήρας δεν αφήνει να διακρίνουμε τα ορυκτά της μεταμόρφωσης με γυμνό οφθαλμό. Παρ' όλα αυτά, οι υπόλοιποι χαρακτήρες, και κυρίως η διαμόρφωση μιας φύλλωσης με τη μορφή **slaty** ή **phyllitic cleavage**, θα μας οδηγήσουν στη σωστή διάκριση.



**Εικόνα 6.19.** Μια κύρια επιφάνεια σχιστότητας, με τα χαρακτηριστικά φυλλοπυριτικά ορυκτά της μεταμόρφωσης (μαρμαρυγίες, χλωρίτες κ.λπ.), μεταγενέστερες φυλλώσεις, γραμμώσεις και πτυχές, αποτελούν τα βασικά χαρακτηριστικά των σχιστολιθικών πετρωμάτων. Οι φωτογραφίες από τα μεταμορφωμένα πετρώματα της Β. Αττικής, της Ν. Εύβοιας και της Κ. Πελοποννήσου, από αριστερά προς τα δεξιά.



**Εικόνα 6.20.** Μεταβασιικά (Mb) και χαλαζιοαστριούχα (Qf) πετρώματα εναλλάσσονται συχνά με σχιστολίθους (Sch), σε οριζόντες από μερικά εκατοστά, μέχρι αρκετές δεκάδες μέτρα. Όλες οι φωτογραφίες είναι από τα μεταμορφωμένα του Πεντελικού.

- Στα **προαλπικά υπόβαθρα**, οι μεταμορφωμένοι σχηματισμοί περιλαμβάνουν, επίσης, πολύ χαρακτηριστικές λιθολογίες, που αντιπροσωπεύονται από **οφθαλμώδεις (augen)** και **μυλωνιτικούς γνευσίους (mylonitic gneisses)**, διάφορες ποικιλίες σχιστολίθων και **μιγματίτες (migmatites)**. Στη μακρινή παρατήρηση μπορεί να συγχέονται με άλλους μεταμορφωμένους σχηματισμούς, στην κοντινή όμως, τα δεδομένα είναι πολύ περισσότερα, αν και οι χημικές αναλύσεις και κυρίως οι ραδιοχρονολογήσεις είναι αυτές που θα επιβεβαιώσουν την προαλπική ηλικία των σχηματισμών.
- Θα πρέπει να επισημανθεί ότι εκτός από τον προσδιορισμό του λιθολογικού τύπου ενός μεταμορφωμένου πετρώματος, συχνά μας απασχολεί και το **μητρικό πέτρωμα**, ο **πρωτόλιθος** από τον οποίο προήλθε. Προφανώς τα μάρμαρα προέρχονται από ανθρακικά πετρώματα και οι περισσότερες κατηγορίες σχιστολίθων από κλαστικά ιζήματα. Πολύ συχνά, όμως, για ορισμένα χαλαζιοαστριούχα και μεταβασιικά πετρώματα και γνευσίους μπαίνει το ερώτημα αν αντιπροσωπεύουν ιζήματα, λάβες, τόφους, γρανίτες, μέλη οφιολιθικού συμπλέγματος κ.λπ., διαπίστωση που διαμορφώνει ένα εντελώς διαφορετικό γεωδυναμικό πλαίσιο και περιβάλλον σχηματισμού και προέλευσης του αρχικού πετρώματος. Προφανώς όλα αυτά είναι προβληματισμοί που αφορούν τη χαρτογράφηση, αλλά αποτελούν μέρος μιας μεγάλης συζήτησης και προβληματισμού, που δεν μπορεί να αναλυθεί στα πλαίσια του συγκεκριμένου συγγράμματος, δεδομένου ότι καλύπτονται από τα επιμέρους μαθήματα της Πετρολογίας Μεταμορφωμένων, της Μικροτεκτονικής και της Γεωλογίας Ελλάδας. Προφανώς στο μάθημα και την άσκηση υπαίθρου έχουμε όλο τον καιρό να συζητήσουμε πολύ περισσότερα.



**Εικόνα 6.21.** Οφθαλμώδεις γνεύσιοι από το προαλπικό υπόβαθρο της Τον (αριστερή φωτογραφία) και μιγματίτες (προαλπικά πετρώματα που έχουν μιγματιτωθεί πριν 20 εκ. έτη) από τη Νήσο Νάζο (δεξιά φωτογραφία).

### 6.2.5 Πυριγενή (Μαγματικά) πετρώματα

- Τα πυριγενή (ή μαγματικά) πετρώματα έχουν τα δικά τους ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τόσο στην παρατήρηση από μακριά όσο και από κοντά. Προφανώς αποτελούν πιο δύσκολα πετρώματα από τα ιζημάτα και τα μεταμορφωμένα, με την αναγνώριση από μακριά να είναι πιο δύσκολη και να χρειάζεται περισσότερη εμπειρία. Μία πρώτη διάκριση στο ύπαιθρο μπορεί να γίνει με κριτήριο το επίπεδο του φλοιού, στο οποίο έχουν σχηματιστεί αυτά τα πετρώματα.
- Τα **πλουτώνια πετρώματα** έχουν στερεοποιηθεί σε μεγάλο βάθος και με αργό ρυθμό κρυστάλλωσης, επομένως το χαρακτηριστικό στοιχείο είναι ότι είναι συμπαγή, ολοκρυσταλλικά με σχετικά μεγάλους κρυστάλλους που διακρίνονται με γυμνό μάτι ή με τη λούπα. Συνήθως, σχηματίζουν σώματα μεγάλων έως πολύ μεγάλων διαστάσεων.
- Τα **υποαβυσσικά ή υποηφαιστειακά πετρώματα** έχουν στερεοποιηθεί σε σχετικά μικρό βάθος και συνήθως είναι ολοκρυσταλλικά. Δεν είναι σπάνιο να περιέχουν και ύελο, δηλαδή μαγματικό υλικό που έχει ψυχθεί ταχύτατα και έχει τόσο μικρό μέγεθος κρυστάλλων (κόκκων) ώστε δεν διακρίνονται στα συνήθη μικροσκόπια. Συνήθως είναι περιορισμένων διαστάσεων σώματα και το κυριότερο χαρακτηριστικό τους είναι η μορφή με την οποία έχουν διεισδύσει, η οποία είναι κατά κανόνα φλεβική.
- Τα **ηφαιστειακά πετρώματα** έχουν σχηματιστεί από την απότομη ψύξη του μάγματος και κατά κανόνα εμφανίζουν αφαντική δομή, δηλαδή περιέχουν ορυκτά που δεν διακρίνονται με γυμνό μάτι, ενώ συχνά είναι μεροκρυσταλλικά, δηλαδή, περιέχουν και ύελο. Σε αντίθεση με τα πλουτώνια, πολύ συχνά, έχουν πορώδη δομή, δηλαδή εμφανίζουν κενά, τα οποία έχουν δημιουργηθεί πρωτογενώς.
- Μία δεύτερη διάκριση, η οποία δεν είναι τόσο εύκολο πάντα να γίνει στην ύπαιθρο, είναι με βάση το ποσοστό κατά βάρος του SiO<sub>2</sub> (διοξειδίου του πυριτίου=χαλαζιάς). Ανάλογα με το ποσοστό αυτό, διακρίνονται σε **όξινα** (>63% π.χ. γρανίτες), **ενδιάμεσα** (52-63% π.χ. ανδεσίτες), **βασικά** (45-52% π.χ. γάββροι) και **υπερβασικά** (<45% π.χ. περιδοτίτες). Πρακτικά, αν διακρίνουμε ότι το πέτρωμά μας περιέχει χαλαζία, τότε κατά πάσα πιθανότητα, είναι όξινης ή το πολύ ενδιάμεσης σύστασης, ενώ αν διακρίνουμε ολιβίνη, τότε το πέτρωμα είναι υπερβασικής ή το πολύ βασικής σύστασης.
- Οι δύο μεγάλες κατηγορίες μαγματικών πετρωμάτων που μπορεί να συναντήσουμε στην ύπαιθρο είναι τα **οφιολιθικά πετρώματα** που αντιπροσωπεύουν ωκεάνιο φλοιό και τα **γρανιτικά πετρώματα** που δομούν τον ηπειρωτικό φλοιό.
- Οι μεγάλες οφιολιθικές μάζες στη μακρινή παρατήρηση χαρακτηρίζονται από το σκούρο πράσινο ή μαύρο χρώμα, κάτι που σπάνια συμβαίνει με τα ιζηματογενή και μόνο σε αντίστοιχης σύστασης μεταμορφωμένα πετρώματα μπορεί να έχουμε την ίδια εικόνα. Το ανάγλυφο που δημιουργούν, τυπικά βραχώδες, έχει τα δικά του ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, χρειάζεται όμως εμπειρία για να συνδεθεί με τα πετρώματα του συγκεκριμένου τύπου. Μορφές **στυλοειδούς κατάτμησης** και **μαξιλαροειδείς λάβες (pillow lavas)** αποτελούν καθοδηγητικές δομές (Εικ. 6.22).
- Στην κοντινή παρατήρηση χρειάζεται η ικανότητα διάκρισης και αναγνώρισης του πετρολογικού ιστού και των ορυκτολογικών συστατικών για την αναγνώριση του πετρώματος. Προφανώς και δεν αποτελεί στόχο του παρόντος συγγράμματος να αναλύσουμε τα χαρακτηριστικά αναγνώρισης και τις διαφορές ανάμεσα στους σχηματισμούς των οφιολιθικών συμπλεγμάτων, όπως οι γάββροι, οι

pillow lavas, οι διαβασικές φλέβες, οι περιδοτίτες οι πυροξενίτες και οι σερπεντινίτες, δεδομένου ότι καλύπτονται στα αντίστοιχα μαθήματα.



**Εικόνα 6.22.** Σερπεντινωμένοι περιδοτίτες, στην περιοχή νότια από το Ρέθυμνο στην Κρήτη (αριστερή φωτογραφία) και pillow lavas από την ενότητα της Άρβης, στην περιοχή του Άνω Βάνου στην Κρήτη (δεξιά φωτογραφία).

- Τα μεγάλα σώματα γρανιτικών πετρωμάτων στη μακρινή παρατήρηση χαρακτηρίζονται από ανοιχτόχρωμα χρώματα, βραχώδες ανάγλυφο και σε ορισμένες περιπτώσεις από ιδιαίτερες γεωμορφές αποσάθρωσης και διάβρωσης, όπως οι **σφαιροειδείς μάζες**. Και εδώ απαιτείται εμπειρία ώστε η γενική εικόνα να συνδεθεί με τα συγκεκριμένα πετρώματα (Εικ. 6.23).
- Η κοντινή παρατήρηση κάνει πιο εύκολα διακριτά τα πετρώματα αυτά, δεδομένου ότι παρουσιάζουν **ολοκρυσταλλικό χαρακτήρα** και τα βασικά ορυκτά τους (χαλαζιάς και άστριοι) είναι εύκολα αναγνωρίσιμα.
- Τα ηφαιστειακά πετρώματα αποτελούνται από μια μεγάλη ποικιλία πετρολογικών τύπων, καθένας από τους οποίους έχει τα δικά του χαρακτηριστικά. Λάβες με βασική, ενδιάμεση ή όξινη σύσταση, πυροκλαστικά και λαγάρ εναλλάσσονται στη δική τους ιδιαίτερη «στρωματογραφική» διάρθρωση, δίνοντας συχνά στη μακρινή παρατήρηση χαρακτηριστικές εικόνες και ανάγλυφο, με πολύχρωμα στρώματα, να εναλλάσσονται και να διαβρώνονται με διαφορετικό τρόπο. Εικόνες από τη Σαντορίνη, τη Νίσυρο ή τη Μήλο είναι οικείες στους περισσότερους και χαρακτηριστικές για τα συγκεκριμένα πετρώματα.



**Εικόνα 6.23.** Οι σφαιροειδείς μάζες αποτελούν ιδιαίτερη γεωμορφή από την αποσάθρωση και τη διάβρωση των γρανιτικών πετρωμάτων (αριστερή φωτογραφία, από τη Νήσο Τήνο και κεντρική φωτογραφία από τη Νήσο Ικαρία). Στηλοειδής κατάτμηση σε ρυολιτικές λάβες από τη Νήσο Λέσβο (δεξιά φωτογραφία).

- Στην κοντινή παρατήρηση απαιτείται η εμπειρία της αναγνώρισης της δομής (**μεροκρυσταλλικός** ή **αφανιτικός**, κυρίως, χαρακτήρας) και των βασικών ορυκτολογικών συστατικών, αν μπορούν να διακριθούν, για τον επιτυχή προσδιορισμό του πετρώματος. Σημαντικό διαγνωστικό στοιχείο είναι η **πορώδης δομή** και η ύπαρξη μίας κύριας μάζας (matrix) από ορυκτά που δεν διακρίνονται με γυμνό μάτι ή με τη λούπα. Ενδέχεται να εμφανίζονται κάποιοι σχετικά μεγαλύτεροι κρύσταλλοι, οι οποίοι κολυμπούν στην κύρια μάζα, οπότε μιλάμε για **πορφυρική δομή** ή να μην υπάρχουν καθόλου. Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως η **στηλοειδής κατάτμηση** ή η **κυψελώδης δομή**, αποτελούν επιβοηθητικά στοιχεία (Εικ. 6.23).



Προφανώς και είναι αδύνατο να χωρέσει κάποιος σε ένα σύγγραμμα όλα αυτά που μπορεί να διακρίνει και να περιγράψει προκειμένου να αναγνωρίσει μια χαρτογραφική ενότητα ή μονάδα, δηλαδή ένα συγκεκριμένο πέτρωμα ή έναν γεωλογικό σχηματισμό που αποτελείται από περισσότερες λιθολογίες. Θεωρούμε ότι οι βασικές αρχές της παρατήρησης και του τρόπου σκέψης για τη συγκεκριμένη εργασία έχουν καλυφθεί. Ολοκληρώνουμε το κεφάλαιο αυτό με την παρατήρηση ότι σκόπιμα δεν αναφέρθηκε η βλάστηση ως κριτήριο για την εξακρίβωση του είδους των πετρωμάτων, κάτι το οποίο χρησιμοποιείται συχνά από αρκετούς γεωλόγους κατά την εργασία στην ύπαιθρο. Αυτό συνέβη, γιατί προφανώς και υπάρχει μια κάποια σχέση ανάμεσα στα πετρώματα και τη βλάστηση, σε καμία περίπτωση όμως δεν μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό και ασφαλές κριτήριο, που θα μπορέσει να μας βοηθήσει στην αναγνώριση των πετρωμάτων, ακόμα και αν, εκτός από γεωλογικές, έχουμε και ...άριστες γεωπονικές γνώσεις.

## Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Fry, N. (1997). *The Field Description of Metamorphic Rocks*. 128p., John Wiley & Sons.
- Jeram, D. & Petford, N. (2011). *The Field Description of Igneous Rocks (Geological Field Guide)*. 238p., Wiley-Blackwell.
- Παπανικολάου, Δ. (2015). *Γεωλογία Ελλάδας*. 448σελ., Εκδόσεις Πατάκη.
- Tucker, E.M. (2011). *Sedimentary Rocks in the Field: A Practical Guide (Geological Field Guide)*. 275p., Wiley-Blackwell.

## Κεφάλαιο 7:

### Αναγνώριση και χαρτογράφηση γεωλογικών ορίων

#### Σύνοψη

Ο βασικός στόχος του γεωλόγου-χαρτογράφου, αφού έχει αναγνωρίσει, χαρακτηρίσει και ταξινομήσει τις χαρτογραφικές ενότητες και μονάδες (δηλαδή τα πετρώματα και τους γεωλογικούς σχηματισμούς) είναι να αναγνωρίσει και να ταξινομήσει το είδος των επαφών (των ορίων) μεταξύ τους και να περάσει αυτά τα όρια στον χάρτη. Δηλαδή να μπορεί να εντοπίσει και να προσδιορίσει από πού πάνω στο ανάγλυφο διέρχεται ένα γεωλογικό όριο και αυτό να το μεταφέρει, με ακρίβεια, στον τοπογραφικό χάρτη. Η τελευταία εργασία απαιτεί κάποιες τεχνικές και εμπειρία, κατά περίπτωση και ανάλογα με το είδος της επαφής, δεδομένου ότι τα όρια δεν είναι πάντα διαθέσιμα σε «κοινή θέα» στον κάθε ενδιαφερόμενο γεωλόγο. Η βλάστηση, κυρίως, αλλά και γεωλογικές αποθέσεις όπως τα αλλούβια και τα κορήματα καλύπτουν συχνά τα όρια, με αποτέλεσμα να μην μπορεί άμεσα να προσδιορισθεί η ακριβής τους θέση. Από την άλλη και ορατό να είναι στην ύπαιθρο κάποιο όριο, πρέπει να βοηθούν και άλλοι παράγοντες, κυρίως το ανάγλυφο, ώστε να μπορεί ο γεωλόγος επιλέγοντας συγκεκριμένες κατάλληλες θέσεις, να περάσει το όριο στον χάρτη. Η σύγχρονη τεχνολογία (δορυφορικές εικόνες, GPS, συστήματα GIS κ.λπ) έχει βάλει και εδώ το «χεράκι της» και μας έχει δώσει δυνατότητες, εργαλεία και συσκευές, με τα οποία μπορούμε να κάνουμε τη δουλειά μας πολύ πιο εύκολα, γρήγορα και σωστά. Παρ' όλα αυτά, πρέπει να επισημανθεί ότι, ο κλασικός τρόπος που ο χαρτογράφος περνάει τα γεωλογικά όρια, δεν μπορεί να αντικατασταθεί από τις συσκευές ή το περπάτημα στην ύπαιθρο. Για παράδειγμα, το να περπατήσεις ένα γεωλογικό όριο σε όλο του το μήκος, με το GPS στο χέρι για να καταγράφει τη διαδρομή (tracking), είναι πολύ πιο χρονοβόρο, επίπονο και συχνά σχεδόν αδύνατο να πραγματοποιηθεί, αφού το όριο μπορεί να περνάει από ανάγλυφο που «ούτε κασίκι δεν ανεβαίνει». Από την άλλη, μια δορυφορική εικόνα μπορεί να δείχνει πράγματα, αλλά για να καταλάβεις περί τίνος πρόκειται, πρέπει να τα έχεις δει «ιδίως όμμασι», να τα έχεις «περπατήσει» βήμα-βήμα και να τα έχεις μελετήσει διεξοδικά (λιθολογία, φάση, απολιθώματα, ιζηματοδομές, στρωματογραφία, ορυκτολογική σύσταση, παραμόρφωση, τεκτονικές δομές, γεωμετρία, κινηματική ....και πολλά άλλα ακόμη).

#### Προαπαιτούμενη γνώση

Οι γνώσεις που δίνονται στα μαθήματα της «Εισαγωγής στη Γεωλογία», της «Τεκτονικής» και της «Γεωλογίας Ελλάδας». Η ύλη από τα αντίστοιχα κεφάλαια των σημειώσεων που δίνονται στους φοιτητές και είναι αναρτημένα στην πλατφόρμα e-Class. Οι ηχογραφημένες παραδόσεις (βιντεοδιαλέξεις) από τα αντίστοιχα κεφάλαια, αλλά και τις ασκήσεις υπαίθρου, που έγιναν στο πλαίσιο της δράσης «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα» και φιλοξενούνται στην πλατφόρμα Open Delos.

### 7.1 Κατηγορίες και είδη γεωλογικών ορίων και επαφών

Παρότι η εξοικείωση των φοιτητών με τις έννοιες των γεωλογικών ορίων και επαφών είναι πολύ μεγάλη και αποτελεί ύλη άλλων μαθημάτων, με εργαστηριακές εφαρμογές και παραδείγματα (Εισαγωγή στη Γεωλογία, Τεκτονική, Γεωλογία Ελλάδος), θα κάνουμε μια γρήγορη ανασκόπηση, δεδομένου ότι αποτελούν ένα από τα βασικά θέματα της γεωλογικής χαρτογράφησης και της εκπαίδευσης των φοιτητών στην ύπαιθρο. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι η ονοματολογία και η ταξινόμηση των επαφών έχει γίνει προσπάθεια να εναρμονισθεί τόσο με αυτά που διδάσκονται οι φοιτητές του Πανεπιστημίου της Αθήνας στα συναφή μαθήματα, όσο και με την ταξινόμηση που χρησιμοποιεί το IGME και διαβάσει κανείς στα υπομνήματα των φύλλων του βασικού Γεωλογικού Χάρτη της Ελλάδας (κλίμακα 1:50.000). Μικροδιαφορές μπορεί να συναντήσει κανείς σε εκπαιδευτικά βιβλία και σημειώσεις άλλων Ελληνικών Πανεπιστημίων, είναι όμως, χωρίς ιδιαίτερη σημασία και μάλλον θα μπερδέσουν, παρά θα διευκολύνουν, αν αναφερθούν και σχολιασθούν.

Τρεις είναι οι **βασικές κατηγορίες** (ή ομάδες) **επαφών** και η καθεμία από αυτές περιλαμβάνει συγκεκριμένους επιμέρους τύπους, που συναντάμε και αναγνωρίζουμε στην ύπαιθρο και τις σημειώνουμε στους γεωλογικούς χάρτες με συγκεκριμένα σύμβολα και πάχη γραμμών:

#### Κανονικές επαφές

- Μετάβαση,

- Ασυμφωνία.

#### Τεκτονικές επαφές

- Επώθηση,
- Εφίπλευση,
- Αποκόλληση,
- Ρήγμα (κανονικό, ανάστροφο, οριζόντιας ολίσθησης, κατακόρυφο).

#### Επαφές πυριγενών (μαγματικών) πετρωμάτων

- Επαφές πλουτώνιων σωμάτων και διεισδύσεων (φλέβες, κοίτες),
- Επαφές ηφαιστειακών πετρωμάτων (λάβες και πυροκλαστικά).

Ας δούμε στη συνέχεια καθεμία από αυτές τις περιπτώσεις, με συγκεκριμένα παραδείγματα που μπορεί να συναντήσει κάποιος χαρτογραφώντας στην ύπαιθρο. Προφανώς αναφερόμαστε σε περιπτώσεις από τον ελληνικό χώρο.

### 7.1.1 Κανονικές επαφές

Η **μετάβαση** αποτελεί έναν από τους συνηθέστερους τύπους επαφών που μπορεί να συναντήσει κάποιος στην ύπαιθρο. Χαρακτηρίζει ένα συνεχές στρωματογραφικό πέρασμα, χωρίς διακοπή, είτε ανάμεσα σε διαφορετικούς lithολογικούς ορίζοντες είτε ανάμεσα σε ίδιες ή παρόμοιες lithολογίες. Οι περισσότερες χαρτογραφικές ενότητες και μονάδες, τόσο σε νεογενείς ή μολασσικούς σχηματισμούς, όσο και σε αλπικές ενότητες χαρακτηρίζονται από μεταβάσεις. Οι διάφοροι «σχηματισμοί» και «σειρές» των νεογενών ή μολασσικών ακολουθιών, περνούν, συχνά, με μετάβαση ο ένας στον άλλο. Το ίδιο συμβαίνει και ανάμεσα στα ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι και δολομίτες) και τις κλαστικές αλπικές ακολουθίες (Εικ. 7.1), αλλά και ανάμεσα σε διαφορετικούς ανθρακικούς ορίζοντες της ίδιας ενότητας.



**Εικόνα 7.1.** Λεπτές εναλλαγές από ανθρακικά παρεμβάλλονται ανάμεσα στα κλαστικά ιζήματα κατά την έναρξη της φλυσχογένεσης, αποδεικνύοντας τη μετάβαση από τους ηωκαινικούς ασβεστόλιθους στον φλύσχη της Τρίπολης (αριστερή φωτογραφία, ΒΑ της Καλαμάτας). Εναλλαγές ανθρακικών οριζόντων και τοφφικού υλικού, σηματοδοτούν τη μετάβαση από τα στρώματα Τυρού στην ανθρακική πλατφόρμα της Τρίπολης (δεξιά φωτογραφία, ΝΑ της Σπάρτης).

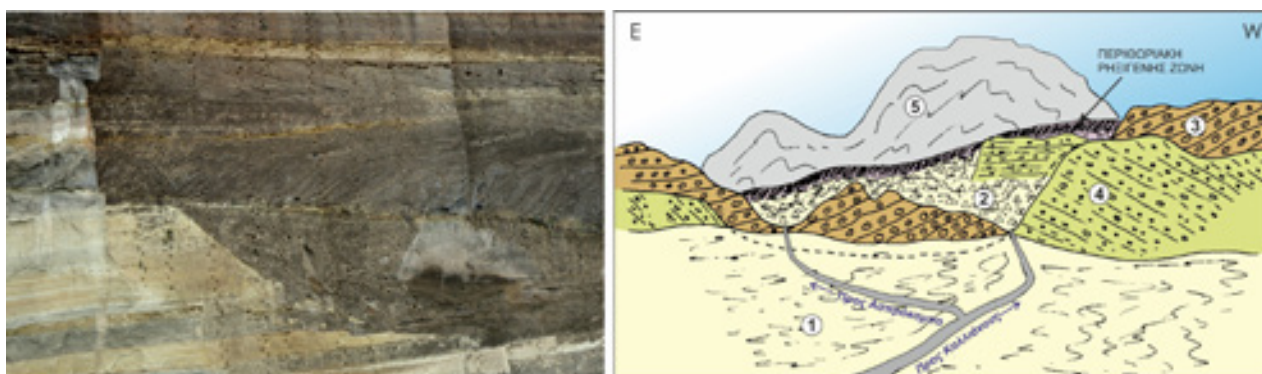
Οι χαρακτήρες της μετάβασης είναι παντού κοινοί. Σταδιακό πέρασμα με ίδια γεωμετρία στρώσης και διαδοχικές εναλλαγές ανάμεσα στις δύο lithολογίες, με τον κάθε lithολογικό τύπο να υπερτερεί όσο περνάμε προς τη δική του μεριά. Η μετάβαση μπορεί να είναι γρήγορη και να πραγματοποιείται σε μια ζώνη της τάξης του ενός μέτρου, αλλά μπορεί να πραγματοποιείται και σε μια ζώνη δεκάδων μέτρων. Χρειάζεται προσοχή γιατί πολλές μεταβάσεις έχουν τεκτονισθεί ελαφρά κατά την παραμόρφωση της ενότητας, με επαφές που χαρακτηρίζουν μικρής κλίμακας μετακινήσεις (χωρίς να φέρνουν σε επαφή διαφορετικούς ορίζοντες) και μικρής παρουσίας θραυσιγενούς χαρακτήρα δομών. Παρά την ύπαρξη της μικρής αυτής τεκτονικής επαφής, ο μεταβατικός χαρακτήρας των πετρωμάτων διατηρείται εκατέρωθεν της επαφής.

Στην **ασυμφωνία** υπάρχει διακοπή της ιζηματογένεσης και απόθεση καινούργιας σειράς στρωμάτων. Στην περίπτωση της ασυμφωνίας μπορούμε να διακρίνουμε πολλές υποπεριπτώσεις, όπως γωνιώδεις ασυμφωνί-

ες ή δυσυμφωνίες, ορογενετικές ή ενδο-ορογενετικές ασυμφωνίες κ.λπ Σαν όρος καλύπτει τόσο τις μικρής χρονικής διάρκειας διακοπές της ιζηματογένεσης μέσα στην ίδια λεκάνη (χωρίς ανάδυση ή με μικρής διάρκειας ανάδυση και διάβρωση), δηλαδή μικρο-ασυμφωνίες μέσα στην ίδια ενότητα, όσο και σαφείς γωνιώδεις ασυμφωνίες μετα-ορογενετικών ιζημάτων, που το χρονικό κενό καλύπτει έναν ολόκληρο ορογενετικό κύκλο. Βασικός κανόνας για τη διάκρισή τους στην ύπαιθρο είναι:

- η **απουσία κατακλαστικού πετρώματος** και μετακίνησης,
- **διαφορετικές κλίσεις** της πάνω και κάτω σειράς,
- **διαβρωμένο παλαιοανάγλυφο**, που μπορεί να συνοδεύεται με καρστικά έγκοιλα πληρωμένα με μεταλλεύματα,
- παρουσία **κροκαλοπαγών επίκλυσης** και προφανώς
- **στρωματογραφικό κενό** ανάμεσα στους σχηματισμούς εκατέρωθεν της ασυμφωνίας.

Μέσα στους νεογενείς και μολασικούς σχηματισμούς απαντώνται συχνά ασυμφωνίες, μικρότερης ή μεγαλύτερης κλίμακας, ανάμεσα στους «σχηματισμούς» και τις «σειρές», που χαρτογραφικά έχουν διακριθεί. Τα στρωματογραφικά κενά είναι σχετικά μικρά, η ασυμφωνία μπορεί να είναι **ελαφρά γωνιώδης ή δυσυμφωνία** και αφορά τις διαδικασίες εξέλιξης της λεκάνης, που προφανώς μπορεί να έχουν να κάνουν με τεκτονικά αίτια αλλά και ευστατικές κινήσεις (Εικ. 7.2). Η κλασική εικόνα μπορεί να είναι αυτή όπου τα σχεδόν οριζόντια στρώματα της πάνω σειράς κόβουν τα, ελαφρά κεκλιμένα, στρώματα της κάτω σειράς, όμως δελταϊκού τύπου αποθέσεις δημιουργούν την αντίθετη εικόνα, όπου στα σχεδόν οριζόντια ιζήματα της κάτω σειράς επικάθονται με πρωτογενείς κλίσεις, οι δελταϊκές αποθέσεις της πάνω σειράς (Εικ. 7.2, δεξιά φωτογραφία).



**Εικόνα 7.2.** Ελαφρά γωνιώδεις ασυμφωνίες και δυσυμφωνίες, που μπορεί να συνοδεύονται (ή όχι) από μικρής κλίμακας και διάρκειας χερσεύσεις, καθώς και ασυμφωνίες τύπου σταυρωτής στρώσης, χαρακτηρίζουν τα πλειο-τεταρτογενή ιζήματα της περιοχής του Ισθμού της Κορίνθου (**αριστερή φωτογραφία**). Δελταϊκές αποθέσεις του σχηματισμού «Νεμέας - Κροονερίου» (3), επικάθονται ασύμφωνα και με διαφορετικό κάθε φορά στρωματογραφικό οριζόντιο, στο σχηματισμό «Αηδονίων» (4) (**δεξιά φωτογραφία**, από το περιθώριο της λεκάνης του παλαιο-Κορινθιακού, νότια από το Κιάτο).

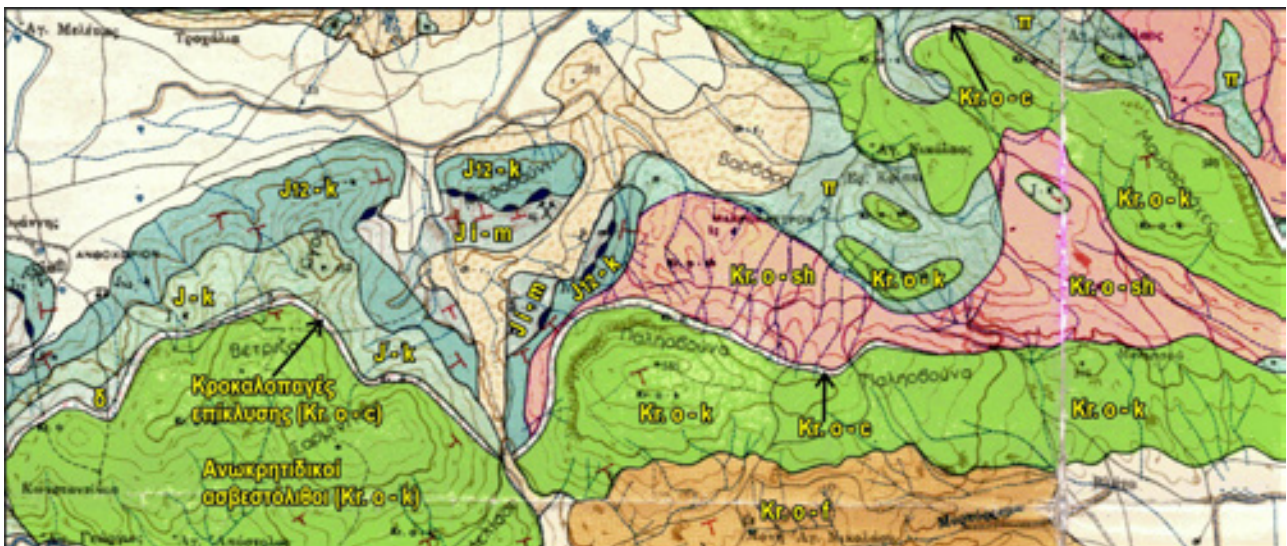
Αντίστοιχες περιπτώσεις, μικρής κλίμακας ασυμφωνιών, παρατηρούνται και στις στρωματογραφικές στήλες ορισμένων αλπικών ενοτήτων, είτε μέσα στο ανθρακικό τμήμα της στήλης, είτε στην επαφή με τον φλύσχη. Χαρακτηριστικά παραδείγματα οι **βωξιτοφόροι οριζόντες** στην ενότητα Παρνασσού αλλά και την Υποπελαγονική, ο μικρός βωξιτοφόρος οριζόντας και η επαφή των ανθρακικών με το φλύσχη στην ενότητα της Τρίπολης κ.λπ (Εικ. 7.3). Για παράδειγμα στην αριστερή φωτογραφία της Εικ. 7.3 παρατηρούμε τον βωξιτοφόρο οριζόντα  $b_2$  να έχει σαν δάπεδο τα ανθρακικά του Ανώτερου Ιουρασικού και σαν οροφή τα ανθρακικά του Κατώτερου Κρητιδικού. Τα στρώματα της πάνω και κάτω σειράς παρουσιάζουν μια πολύ μικρή γωνιώδη ασυμφωνία, που θα ήταν δύσκολα διακριτή από μακριά αν δεν υπήρχαν οι εμφανίσεις των βωξιτών. Στο επάνω τμήμα της ίδιας φωτογραφίας διακρίνονται οι εκμεταλλεύσεις του βωξιτοφόρου οριζόντα  $b_3$ .

Σημαντική **ενδοορογενετική** ασυμφωνία για τις Ελληνίδες αποτελεί η **ανωκρητιδική επίκλυση**, που καλύπτει την πρώιμη φάση της αλπικής ορογένεσης, με το στρωματογραφικό κενό να καλύπτει το διάστημα του Κατώτερου Κρητιδικού. Τα ανωκρητιδικά ανθρακικά πετρώματα της Ανατολικής Ελλάδας, με ή χωρίς **κροκαλοπαγές επίκλυσης** και **γωνιώδη ασυμφωνία**, κάθονται ασύμφωνα σε τριαδικής ή ιουρασικής ηλικίας οριζόντες της Υποπελαγονικής αλλά και στους οφιολίθους (Εικ. 7.4). Για παράδειγμα, στο απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ από το φύλλο «Ελάτεια» της Εικ. 7.4 (Μαράτος, 1967), παρατηρούμε ότι οι ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι, με μια λεπτή ζώνη κροκαλοπαγούς επίκλυσης στη βάση τους, κάθονται ασύμ-

φωνα σε ιουρασικούς ή κατωκρητιδικούς ασβεστολίθους (J<sub>1</sub>-m, J<sub>12</sub>-k, J-k) στη σχιστο-ψαμμιτο-κερατολιθική διάπλαση (Kr.o.sh) αλλά και στους οφιολίθους (π, δ).



**Εικόνα 7.3.** Αναδύσεις και χερσεύσεις της πλατφόρμας του Παρνασσού, διαγράφονται από μικρές γωνιακές ασυμφωνίες και δυσσυμφωνίες, αλλά και από την εμφάνιση βωξιτοφόρων οριζόντων, όπως ο b<sub>2</sub> ορίζοντας στην **αριστερή φωτογραφία** (η φωτογραφία από τον αγαπητό συνάδελφο Λεωνίδα Γουλιώτη). Αντίστοιχη περίπτωση αποτελούν και οι πολύ μικρότερης κλίμακας εμφανίσεις βωξιτών στη στρωματογραφική στήλη της Τρίπολης (δεξιά φωτογραφία, από την περιοχή της Ρίζας δυτικά του Αντιρρίου).



**Εικόνα 7.4.** Τυπική χαρτογραφική εικόνα της ανωκρητιδικής επίκλυσης, με τους ανωκρητιδικούς ασβεστολίθους (Kr.o-k) να κάθονται ασύμφωνα πάνω σε διαφορετικούς σχηματισμούς (π.χ. ιουρασικούς ασβεστολίθους, σχιστο-ψαμμιτο-κερατολιθική διάπλαση, οφιολίθους κ.λπ), σε ένα παλαιοαναγλυφο διαμορφωμένο από την πρόιμη αλπική ορογένεση (**επάνω σχήμα**, από το φύλλο «Ελάτεια» του ΙΓΜΕ). Η ασυμφωνία τονίζεται και από την ύπαρξη μιας, μικρού πάχους, ζώνης με κροκαλοπαγές επίκλυσης (Kr.o-c). Στην **κάτω δεξιά φωτογραφία** τυπική εικόνα των κροκαλοπαγών επίκλυσης από κοντά (από την περιοχή της Αλιάρτου, δυτικά της Θήβας). Στην **κάτω αριστερή φωτογραφία** υπόλειμμα της ανωκρητιδικής επίκλυσης κάθεται ασύμφωνα πάνω στους οφιολίθους και τη διάπλαση (βόρειοι πρόποδες του Κιθαιρώνα).

Τέλος, τυπικές **ορογενετικές ασυμφωνίες**, με το στρωματογραφικό κενό να καλύπτει όλη την αλπική ορογένεση, αποτελούν οι ασύμφωνες αποθέσεις των νεογενών και μολασσοικών ιζημάτων, αλλά και των τεταρτογενών αποθέσεων, πάνω στο αλπικό υπόβαθρο (Εικ. 7.5). Η χαρτογραφική εικόνα αυτών των ασυμφωνιών παρουσιάζεται χαρακτηριστικά στο απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ από το φύλλο «Κνίδη» (Μαυρίδης & Κελεπερτζής, 1993), στην Εικ. 7.5. Πάνω στο αλπικό υπόβαθρο, που αντιπροσωπεύεται από τα μέλη της οφιολιθικής ακολουθίας του Βούρινου και την ανωκρητιδική επίκλυση, κάθονται ασύμφωνα μολασσοικοί σχηματισμοί (σειρά Τσοτυλίου,  $M_{1-3-st,m}$  και  $M_{1-3-c}$ ), πλειοκαινικοί σχηματισμοί (P1), πλειο-πλειστοκαινικοί σχηματισμοί (P1-Pt), ποτάμιες αναβαθμίδες (H.t), κώνοι κορημάτων (H.cs) και αλλουβιακές αποθέσεις (al).



**Εικόνα 7.5.** Στην επάνω εικόνα (από το φύλλο «Κνίδη» του ΙΓΜΕ), η χαρτογραφική απεικόνιση της κλασικής ορογενετικής ασυμφωνίας στις Ελληνίδες, με το στρωματογραφικό κενό να καλύπτει όλη την αλπική ορογένεση, αντιπροσωπεύεται από την ασύμφωνη απόθεση των μολασσοικών και νεογενών σχηματισμών, αλλά και των τεταρτογενών αποθέσεων στο αλπικό υπόβαθρο. Στην κάτω αριστερή φωτογραφία από τη Νήσο Γαύδο, ασύμφωνη απόθεση, σχεδόν οριζόντιων, νεογενών στρωμάτων, σε ανορθωμένα λεπτοπλακώδη ιζήματα της ενότητας της Πίνδου (φωτογραφία του αγαπητού συνάδελφου Απόστολου Αλεξόπουλου). Στην κάτω δεξιά φωτογραφία ασύμφωνη απόθεση κώνου κορημάτων σε κεκλιμένα σχιστολιθικά πετρώματα (από την παραλιακή ζώνη της Κακής Θάλασσας, ανατολικά της Κερατέας στην Αττική).

### 7.1.2 Τεκτονικές επαφές

Από τις διάφορες κατηγορίες τεκτονικών επαφών οι επωθήσεις και οι επιπεύσεις αποτελούν τυπικές δομές βράχυνσης με κλίση, συνήθως, μικρότερη των  $30^\circ$ . Με τον όρο **επώθηση** αναφερόμαστε στην καλυμματικού τύπου τεκτονική, όπου γεωτεκτονικές ενότητες μετακινούνται για πολλά χιλιόμετρα και επικάθονται πάνω σε άλλες γεωτεκτονικές ενότητες. Αντίθετα με τον όρο **επίπλευση** εννοούμε αντίστοιχου τύπου, αλλά μικρότερης κλίμακας μετακινήσεις που περιορίζονται στο εσωτερικό της ίδιας ενότητας. Η διάκριση αυτή ισχύει κατά κύριο λόγο στην ελληνική βιβλιογραφία, σε αντίθεση με τη διεθνή, όπου όλα ονομάζονται επωθήσεις (**thrusts**). Άλλοι διεθνείς όροι που χρησιμοποιούνται γι' αυτού του είδους τις δομές βράχυνσης είναι **αποκόλληση ή επώθηση δαπέδου (detachment or floor thrust)**, **επώθηση οροφής (roof thrust)**, ρήγματα με γεωμετρία τύπου **επίπεδο-ράμπα-επίπεδο (flat-ramp-flat geometry)**, **λεπιώσεις (imbricate thrusts)** και **ανάστροφο ή επωθητικό ρήγμα (reverse or thrust fault)** για τις περιπτώσεις που η κλίση της ρηξιγενούς επιφάνειας είναι μεγαλύτερη από  $30^\circ$ .

Ο όρος **αποκόλληση (detachment)**, όπως αναφέρθηκε, χρησιμοποιείται και στις δομές βράχυνσης, όμως τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται κυρίως στο πεδίο των δομών έκτασης, για να καλύψει τις περιπτώσεις μεγάλης κλίμακας δομών, που στο ανώτερο τμήμα του φλοιού εμφανίζονται (συνθήκες θραυσιγενούς παραμόρφωσης) με τη μορφή **μικρής-γωνίας κλίσης κανονικών ρηγμάτων**, για να συνεχίσουν σε μεγαλύτερα βάθη (σε συνθήκες πλαστικο-θραυσιγενούς ή πλαστικής παραμόρφωσης) με τη μορφή των **εκτατικών ζωνών διάτμησης (shear zones)**. Οι δομές αυτές είναι υπεύθυνες για την άνοδο μεταμορφωμένων ενοτήτων και των πλουτώνιων μαγματικών πετρωμάτων στην επιφάνεια, σε καθεστώς έκτασης.



**Εικόνα 7.6.** Χαρτογραφική απεικόνιση επωθητικών και κανονικών ρηγμάτων. Τα επωθητικά ρήγματα εντοπίζονται στο νότιο τμήμα του χάρτη και αφορούν παλιές αλπικές δομές στο σύστημα πτυχών-επωθήσεων της ενότητας Ωλωνού-Πίνδου. Τα κανονικά ρήγματα σχετίζονται με την εξέλιξη του νότιου περιθωρίου του Κορινθιακού κόλπου και αντιπροσωπεύουν νεοτεκτονικά ρήγματα, από τα οποία αυτά που σήμερα χαρακτηρίζονται ως ενεργά και σεισμικά εντοπίζονται στον υποθαλάσσιο χώρο και την παραλιακή ζώνη της Β. Πελοποννήσου. Απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, φύλλο «Αίγιο» (Τσόφλιας, 2005).

Τέλος, ο όρος ρήγμα στους γεωλογικούς χάρτες, στην πλειονότητα των περιπτώσεων αναφέρεται σε κανονικά ρήγματα με μεγάλη γωνία κλίσης ( $> 60^\circ$ ). Προφανώς υπάρχει και η περίπτωση ανάστροφων ρηγμάτων, περιορίζονται όμως στις πιο εξωτερικές περιοχές των Ελληνίδων που είναι κοντά στο σύγχρονο ελληνικό τόξο, αλλά και ρηγμάτων οριζόντιας ολίσθησης. Συχνά, στους γεωλογικούς χάρτες και στις γεωλογικές τομές που τους συνοδεύουν, σημειώνονται μικρής, σχετικά, κλίμακας ρήγματα, που παρουσιάζονται ως **κατακόρυφα ρήγματα**. Στις περισσότερες περιπτώσεις αντιπροσωπεύουν **μεγάλης-γωνίας κλίσης κανονικά ρήγματα (high-angle normal faults)**, απλά δεν υφίστανται στοιχεία για την κλίση της επιφανείας τους, γιατί αποτελούν παλιές ανενεργές και διαβρωμένες δομές. Κατακόρυφα είναι και τα **ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης (strike-slip faults)** και τις περισσότερες φορές αποτελούν **δομές μεταβίβασης (transfer faults)**, δηλαδή κατακόρυφα ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης που συνδέουν δύο άλλα ρήγματα, κανονικού ή ανάστροφου χαρακτήρα. Μεγάλα ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης στον ελληνικό χώρο αναπτύσσονται στον υποθαλάσσιο χώρο και σχετίζονται κυρίως με το **ελληνικό τόξο**, ή την προέκταση του **ρήγματος της Ανατολίας** στο Βόρειο και κεντρικό Αιγαίο.

Λόγω της σημαντικής θέσης που έχουν τα ρήγματα και οι τεκτονικές επαφές στη γεωλογική χαρτογράφηση, έχει αφιερωθεί ειδικό κεφάλαιο (βλπ. Κεφ. 8) για την αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο και των δομών που αποτελούν κινηματικά χαρακτηριστικά και μας επιτρέπουν να προσδιορίσουμε τη φορά της κίνησης και τον χαρακτήρα των ρηγμάτων.



### 7.1.3 Επαφές πυριγενών (μαγματικών) πετρωμάτων

Οι επαφές των μαγματικών πετρωμάτων με τα περιβάλλοντα πετρώματα είναι μία ειδική κατηγορία με τα δικά της ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Περιλαμβάνει διαφορετικές περιπτώσεις επαφών που αντικατοπτρίζουν τη φύση και τα χαρακτηριστικά των πετρωμάτων αυτών και κυρίως το αίτιο της δημιουργίας τους, δηλαδή, τη σταδιακή ή απότομη **άνοδο**, τη **διείσδυση** ή **έκχυση** και τελικά την **ψύξη** του μάγματος. Σε γενικές γραμμές, μπορούμε να διακρίνουμε δύο περιπτώσεις: αυτές που σχετίζονται με **διεισδύσεις** στο εσωτερικό της Γης και αυτές που σχετίζονται με τις **ηφαιστειακές εκχύσεις**.

Στο εσωτερικό της Γης, η σταδιακή άνοδος του μάγματος γίνεται μέσω των ασυνεχειών και οδηγεί σε μία μεγάλη ποικιλία διεισδυτικών σωμάτων, από τα οποία καθένα εμφανίζει τα δικά του χαρακτηριστικά. Στα μεγαλύτερα βάθη σχηματίζονται οι **βαθόλιθοι (batholiths)**, σώματα πολύ μεγάλων διαστάσεων που δομούν τις ηπείρους. Τα κατώτερα όριά τους δεν έχουν αποκαλυφθεί ενώ τα πλευρικά εμφανίζουν απότομα αυξανόμενη κλίση προς το βάθος. Αυτά τα σώματα συνήθως είναι ετερογενή και αποτελούνται από επιμέρους πετρολογικές φάσεις των οποίων η σύσταση διαφέρει λίγο ή αρκετά ενώ τα μεταξύ τους όρια είναι βαθμιαία ή ακανόνιστα. Αυτές οι επιμέρους λιθολογίες πρέπει να χαρτογραφηθούν γιατί συνήθως είναι τμήματα μίας μαγματικής ακολουθίας που διαφοροποιείται ως προς τη σύσταση με την εξέλιξη της διείσδυσης. Σε ενδιάμεσα βάθη δημιουργούνται μικρότερα σώματα που ονομάζονται **πλουτωνίτες**, οι οποίοι διεισδύουν σε μεγάλες ασυνέχειες και δημιουργούν διάφορες μορφές. Το σχήμα των πλουτωνιτών συνήθως μοιάζει με ανεστραμμένη σταγόνα, οπότε η οροφή τους είναι σχετικά σφαιρική ή πιο συχνά πεπλατυσμένη ενώ τα πλευρικά τους όρια γίνονται σταδιακά πιο απότομα και προς το κατώτερο τμήμα τους εμφανίζει αρνητικές κλίσεις. Συχνά, αυτά τα σώματα τροφοδοτούνται από μία ζώνη, που αποκαλείται **ζώνη τροφοδοσίας (feeder zone)**, και έχει τα χαρακτηριστικά κατακόρυφης διείσδυσης. Η επαφή με τα περιβάλλοντα πετρώματα μπορεί να έχει γεωμετρία παρόμοια με τα φιλοξενούντα πετρώματα οπότε χαρακτηρίζονται ως **σύμφωνοι πλουτωνίτες (concordant plutons)** ή τελείως διαφορετική, οπότε λέγονται **ασύμφωνοι πλουτωνίτες (discordant plutons)**. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις σύμφωνων πλουτωνιτών είναι οι **λακκόλιθοι (laccoliths)** και οι **κοίτες (sills)** ενώ οι πιο χαρακτηριστικές μορφές ασύμφωνων πλουτωνιτών είναι οι **σωροί (stocks)**, που αποτελούν τις αποφύσεις των βαθόλιθων, και κυρίως οι **φλέβες (dikes)**, οι οποίες γενικά είναι πινακοειδείς διεισδύσεις που τέμνουν τα πετρώματα υπό μεγάλη γωνία (Εικ. 7.7). Ορισμένες γρανιτικές λακκολιθικές διεισδύσεις εντοπίζονται κατά μήκος μεγάλων αποκολλήσεων. Οι αποκολλήσεις αποτελούν το άνω όριο των διεισδύσεων και έχουν λειτουργήσει τόσο ως ασυνέχειες μέσω των οποίων διεισδύει το μάγμα όσο και ως ζώνες διάτμησης που αφενός ανεβάζει το πέτρωμα προς την επιφάνεια και ταυτόχρονα το παραμορφώνει. Οι φλέβες διεισδύουν σχετικά ψηλά στον φλοιό και είναι αρκετά πιο θερμές από τα περιβάλλοντα πετρώματα, οπότε στο μέτωπο της επαφής ψύχονται απότομα δημιουργώντας μία ειδική μορφή που ονομάζεται απότομα **ψυγμένο περιθώριο (chilled margin)**.



**Εικόνα 7.7.** Γρανιτικές διεισδύσεις στην Ενότητα Κυανσχιστολίθων των Κυκλάδων (CBU) στη Νήσο Νάξο (αριστερή φωτογραφία). Δακτινική φλέβα τέμνει μεταμορφωμένα πετρώματα της CBU στη Νήσο Τήνο (κεντρική φωτογραφία). Ρυοδακτινική φλέβα στα oligo-μειοκαινικής ηλικίας ηφαιστειακά της Νήσου Λέσβου (δεξιά φωτογραφία).

Οι επαφές των ηφαιστειακών πετρωμάτων παρουσιάζουν κάποιες ομοιότητες με τις ασύμφωνιες των ιζηματογενών πετρωμάτων. Δύο τύπους μπορούμε να διακρίνουμε: τις **επαφές των ροών λάβας** και τις **επαφές των πυροκλαστικών πετρωμάτων** και των **τόφφων**. Οι ροές λάβας έχουν γενικά μικρή εξάπλωση και ακολουθούν το ανάγλυφο και κυρίως τις κοιλάδες ή τα βυθίσματα τα οποία και πληρώνουν, καλύπτοντας ασύμφωνα τα προϋπάρχοντα πετρώματα. Τα υλικά που εκτοξεύονται στον αέρα και η ηφαιστειακή στάχτη από τις ηφαι-

στειακές εκρήξεις καλύπτουν επίσης ασύμφωνα μεγαλύτερες εκτάσεις εν είδει κλαστικών ιζημάτων. Το χαρακτηριστικό τους είναι ότι το πάχος μειώνεται όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο της έκρηξης. Διαδοχικές ροές λάβας ή πυροκλαστικών υλικών μπορεί να δημιουργήσουν μία ακολουθία από ηφαιστειακά πετρώματα, με χαρακτηριστικά και λογική παρόμοια με αυτά που εμφανίζονται σε σειρές ιζηματογενών πετρωμάτων (Εικ. 7.8).



**Εικόνα 7.8.** Διαδοχικές ροές λάβας και πυροκλαστικών υλικών, δημιουργούν μια στρωματογραφία, που θυμίζει αυτή των ιζηματογενών πετρωμάτων. Οι φωτογραφίες (του αγαπητού συναδέλφου Ευθύμη Λέκκα) από την καλδέρα της Νήσου Σαντορίνης, περιοχή Φυρών (αριστερή φωτογραφία) και Οίας (δεξιά φωτογραφία).

## 7.2 Αναγνώριση της γεωμετρίας των επαφών στην ύπαιθρο

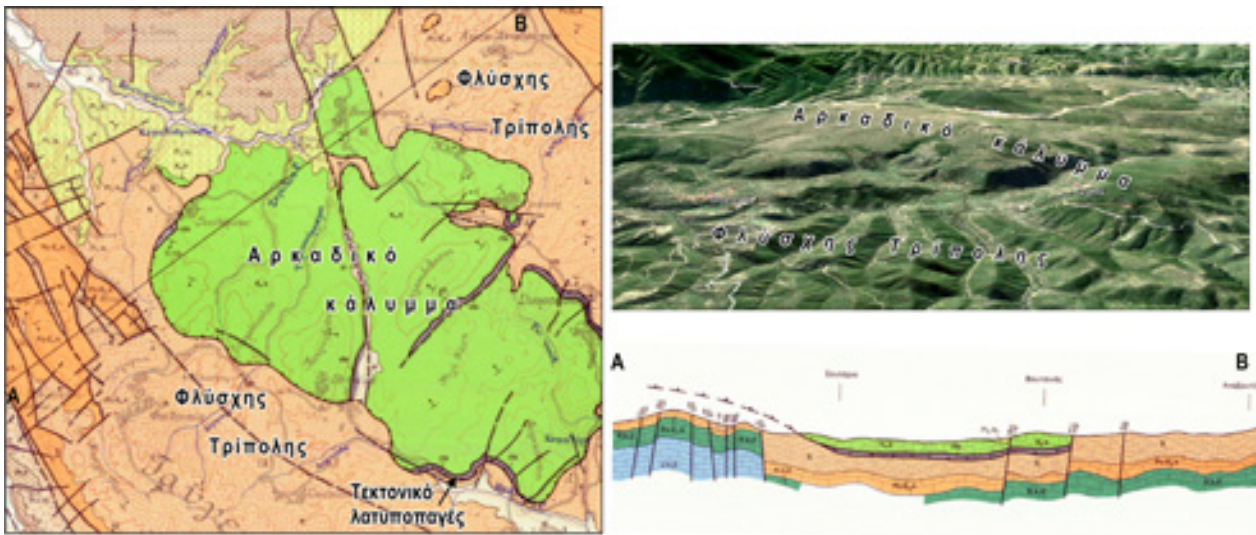
Αν εξαιρέσουμε τις ασυμφωνίες, που αποτελούν οριζόντιες, ή σχεδόν οριζόντιες, επιφάνειες (εκτός αν πρόκειται για παλιές ασυμφωνίες που σήμερα είναι πτυχωμένες και παραμορφωμένες), οι επαφές που είναι μεταβατικές (δηλαδή οι επαφές μιας συνεχούς σειράς στρωμάτων) ή τεκτονικές (δηλαδή οποιουδήποτε κινηματικού χαρακτήρα, μικρό ή μεγάλο ρήγμα) μπορεί να είναι:

- **οριζόντιες** (ή σχεδόν οριζόντιες, με μικρή κλίση δηλαδή),
- **κεκλιμένες**, με κλίσεις που κυμαίνονται από 15-20° μέχρι 70-75°,
- **κατακόρυφες** (ή σχεδόν κατακόρυφες, δηλαδή με πολύ μεγάλη κλίση) ή
- **πτυχωμένες** (γεωμετρικά πτυχωμένες με ανοικτές, κλειστές και ισοκλινείς πτυχές, ή στρεβλωμένες).

Η γεωμετρία ενός ορίου, που αντιπροσωπεύει μια **οριζόντια επαφή** (κανονική ή τεκτονική), θα πηγαίνει **παράλληλα** με τις **ισοϋψείς** και τις περισσότερες φορές θα σχηματίζει ένα **κλειστό όριο**. Αν η επαφή δεν είναι ακριβώς οριζόντια, αλλά έχει πολύ μικρή κλίση, η γεωμετρία θα παραμένει σε γενικές γραμμές ίδια, μόνο που δεν θα πηγαίνει εντελώς παράλληλα, αλλά θα τέμνει ελαφρά, με πολύ μικρή γωνία, τις ισοϋψείς. Στις κανονικές επαφές συναντάται κυρίως στις νεογενείς και μολασσοειδείς ακολουθίες που δεν είναι πολύ παραμορφωμένες. Αντίθετα στις τεκτονικές επαφές αποτελεί συνήθη γεωμετρία για τα επωθητικού χαρακτήρα καλύμματα, αλλά και για τις εκτατικές αποκολλησεις ή τη βάση μεγάλων λιστροειδών ρηγμάτων με πολύ μικρή γωνία κλίσης.

Η γεωμετρία ενός **κατακόρυφου ορίου** στον χάρτη αντιπροσωπεύεται από μία περίπου **ευθεία γραμμή**. Στις κανονικές επαφές η γεωμετρία αυτή είναι συνήθης στις περιπτώσεις των ζωνών πτυχών-επωθήσεων, όπου έχουμε μεγάλης κλίμακας ισοκλινείς ή πολύ κλειστές πτυχές και για να περάσουμε από το κανονικό στο ανεστραμμένο σκέλος οι κλίσεις, αναγκαστικά θα γίνουν και κατακόρυφες. Στην περίπτωση των τεκτονικών επαφών η κατακόρυφη γεωμετρία κυριαρχεί στα κατακόρυφα ρήγματα, είτε αυτά αντιπροσωπεύουν ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης (που κατά βάση είναι κατακόρυφα), είτε πλαγιο- ή όρθο-κατακόρυφα ρήγματα (συνήθως αποτελούν ζώνες ή δομές μεταβίβασης, που συνδέουν κανονικά ή ανάστροφα ρήγματα). Παρόμοια γεωμετρία παρουσιάζουν και ρήγματα με πολύ μεγάλη κλίση (συνήθως κανονικά, αλλά και ανάστροφα, όπως π.χ. ράμπες με πολύ μεγάλη κλίση), μόνο που το ίχνος τους στον χάρτη δεν είναι μια εντελώς ευθεία γραμμή.

Τα **κεκλιμένα όρια τέμνουν** προφανώς τις **ισοϋψείς** και αποτελούν την πιο συνήθη περίπτωση ορίων, είτε πρόκειται για μεταβάσεις είτε για τεκτονικές επαφές. Η γεωμετρία τους σε έναν γεωλογικό χάρτη είναι ποικίλη και εξαρτάται άμεσα από το ανάγλυφο (και την τιμή της κλίσης προφανώς). Η πιο χαρακτηριστική γεωμετρία δημιουργείται στις κλιτύες των ορέων που διασχίζονται από ρέματα, όπου ισχύει ο γνωστός **κανόνας του «V»**, ανάλογα με το αν η κλίση της επαφής είναι ομόρροπη ή αντίρροπη με την κλίση του πρσανούς.



**Εικόνα 7.9.** Κλειστά όρια, που ακολουθούν περίπου την ίδια ισοϋψή, φανερώνουν οριζόντια γεωμετρία επαφής, όπως ακριβώς συμβαίνει και με την τεκτονική επαφή του Αρκαδικού καλύμματος στον φλύσχη της Τρίπολης, στο απόσπασμα από τον γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, φύλλο «Μεγαλόπολη» (Παπαδόπουλος, 1997). Η γεωμετρία της επαφής φαίνεται και στην τομή που συνοδεύει τον χάρτη, όπου οι πελαγικοί ασβεστόλιθοι της Πίνδου, με οριζόντια, περίπου, επαφή (που συνοδεύεται από μια ζώνη τεκτονικού μακρο-λατύποπαγούς με τεμάχια από λιθολογίες και των δύο ενότητων) υπέρκειται του φλύσχη της Τρίπολης. Στη φωτογραφία του Google Earth, πανοραμική άποψη της δομής από τα ΒΑ. Στον χάρτη εμφανίζονται και μια σειρά από ρήγματα, που το ίχνος τους είναι, περίπου, ευθεία γραμμή και γι' αυτό στην τομή σχεδιάζονται σχεδόν κατακόρυφα ή με πολύ μεγάλες κλίσεις.

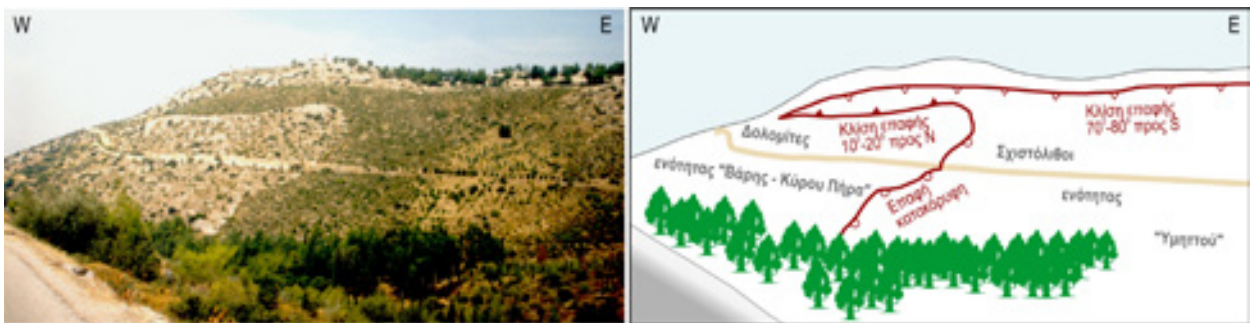


**Εικόνα 7.10.** Εφαρμογή του κανόνα του "V". Στην προκειμένη περίπτωση το "V" των ισοϋψών είναι αντίθετο από αυτό του ίχνους του ρήγματος. Άρα η κλίση του ρήγματος είναι ομόρροπη με την κλίση του πρηνούς. Δηλαδή το ρήγμα κλίνει προς τα ΝΝΑ και άρα πρόκειται για κανονικό ρήγμα. Το απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ είναι από το φύλλο «Βάγια» (Τάταρης κ.ά., 1970). Στις διπλανές φωτογραφίες (η κάτω από το Google Earth) φαίνεται η μορφολογία του πρηνούς και η γεωμετρία του ίχνους του ρήγματος.

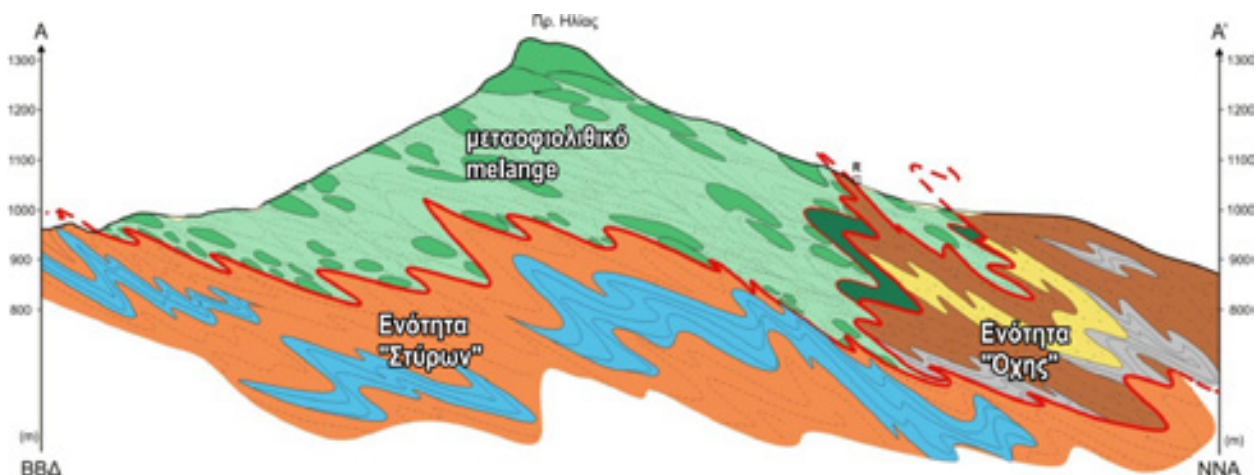
Οι **πτυχωμένες επαφές** αφορούν κατά κύριο λόγο τις μεταβατικού χαρακτήρα κανονικές επαφές, για τις οποίες έχει αφιερωθεί ένα ιδιαίτερο κεφάλαιο (βλπ. Κεφ. 9), λόγω της ιδιαίτερης σημασίας που έχουν στη γεωλογική χαρτογράφηση. Προφανώς υπάρχουν και τεκτονικές επαφές οι οποίες μπορεί να είναι πτυχωμένες ή απλά στρεβλωμένες. Αφορούν επαφές με οριζόντια ή περίπου οριζόντια αρχική γεωμετρία, οι οποίες στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια της ίδιας ή μιας μεταγενέστερης παραμορφωτικής φάσης πτυχώθηκαν. Παρατηρούνται σχεδόν αποκλειστικά σε επαφές ανάμεσα σε μεταμορφωμένες ενότητες. Για παράδειγμα στην Εικ. 7.11 παρατηρούμε την επαφή ανάμεσα στους δολομίτες της ενότητας «Βάρης – Κύρου Πήρα» και τους σχιστολίθους της ενότητας «Υμηττού», που αποτελεί μια ασύμμετρα στρεβλωμένη τεκτονική επαφή, που η γεωμετρία της είναι πότε σχεδόν κατακόρυφη, πότε σχεδόν οριζόντια και πότε κεκλιμένη. Το σημαντικό στην περίπτωση αυτή είναι ότι οι δολομίτες είναι πάντα υποκείμενοι ή «δίπλα-δίπλα» με τους σχιστολίθους και όχι υπερκείμενοι,

όπως, λανθασμένα, μέχρι σήμερα θεωρείται από πολλούς, δεδομένου ότι ταυτίζουν τους δολομίτες αυτούς με το «ανώτερο μάρμαρο» του Υμηττού.

Αντίθετα στην Εικ. 7.12 παρατηρούμε τις συμμετρικά πτυχωμένες τεκτονικές επαφές, μεταξύ των ενότητων Στύρων, Όχης και του μεταοφιολιθικού mélange, φανερώνοντας ότι υπάρχει μια κοινή τεκτονομεταμορφική πορεία και εξέλιξη, μετά τη δημιουργία των τεκτονικών επαφών και για τις τρεις αυτές ενότητες. Στα **συμπλέγματα μεταμορφωμένου πυρήνα (metamorphic core complexes)** όπως για παράδειγμα το σύμπλεγμα των Κυκλάδων, οι αρχικά περίπου επίπεδες αποκολλήσεις, που έχουν ανεβάσει τα μεταμορφωμένα πετρώματα και τις γρανιτικές διεισδύσεις στην επιφάνεια, έχουν πτυχωθεί με ανοικτές πτυχές, κατά την εξέλιξη της όλης διαδικασίας, δημιουργώντας αυτό που ονομάζεται **πτυχές παράλληλες στη διεύθυνση της έκτασης (extension-parallel folds)**.



**Εικόνα 7.11.** Πτυχωμένη τεκτονική επαφή ανάμεσα στην ενότητα «Βάρης – Κύρου Πήρα» (υποκείμενη) και την ενότητα «Υμηττού» (υπερκείμενη).

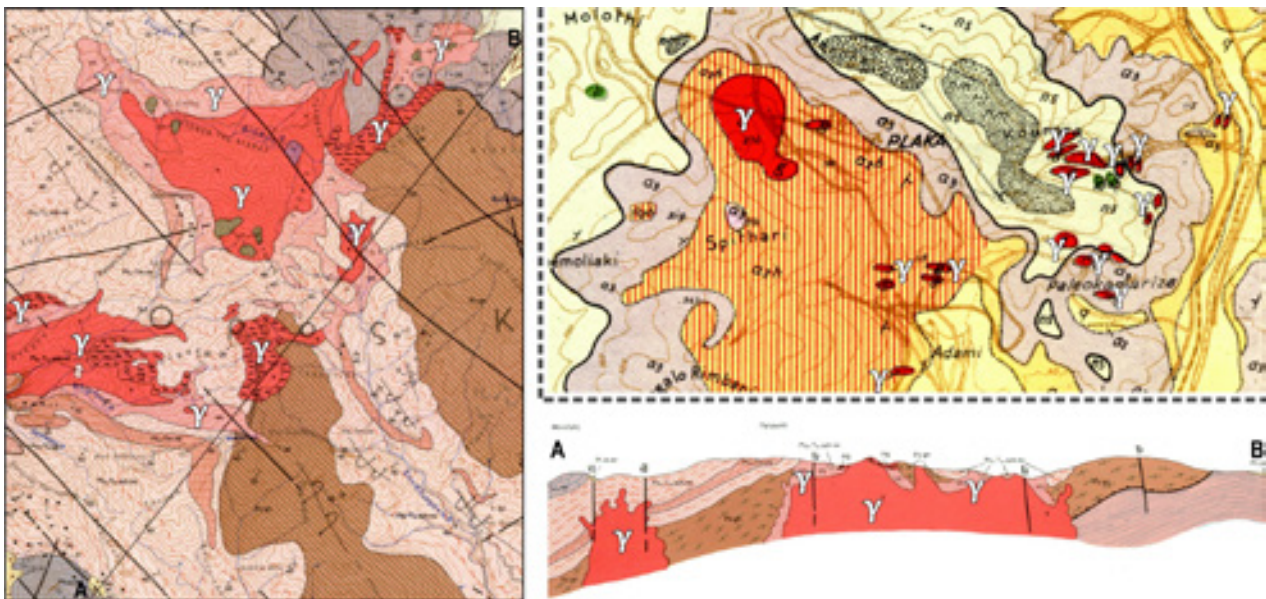


**Εικόνα 7.12.** Ισοκλινώς πτυχωμένες τεκτονικές επαφές ανάμεσα στις ενότητες «Στύρων», «Όχης» και «μεταοφιολιθικό mélange». Στοιχεία από μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης (Μουστάκα, 2011), με επιβλέποντα τον Σ. Λόζιο.

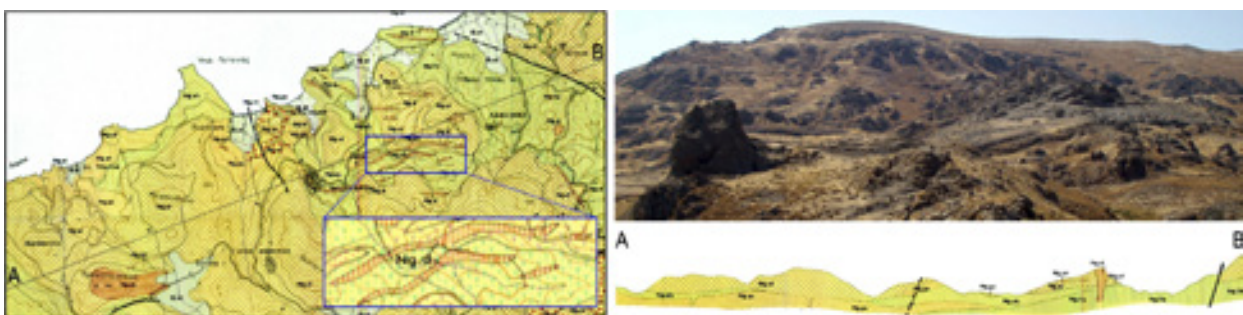
Σε ό,τι αφορά στην αναγνώριση της **γεωμετρίας** των **επαφών** των **πλουτώνιων** και **ηφαιστειακών πετρωμάτων** πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ πλουτώνιων και ηφαιστειακών πετρωμάτων, καθώς εμφανίζουν σημαντικές διαφορές. Οι μεγάλοι πλουτωνίτες εμφανίζουν γεωμετρία, η οποία κατά κανόνα δεν έχει καμία σχέση με τη γεωμετρία των υπόλοιπων επαφών. Δεδομένου ότι οι πλουτωνίτες γενικά τείνουν να δώσουν μορφές ανεστραμμένης σταγόνας, το όριο του πλουτωνίτη στον χάρτη μπορεί να είναι **κυκλικό** ή **ελλειπτικής μορφής**, αν έχει αποκαλυφθεί πλήρως, ενδέχεται όμως να είναι και τελείως **ακανόνιστο** (Εικ. 7.13). Ένα ακανόνιστο όριο συχνά σχετίζεται με διαδοχικές διεισδύσεις και ποικιλία φάσεων. Σε αυτήν την περίπτωση, η λεπτομερής χαρτογράφηση της επαφής μπορεί να δώσει μία εικόνα για τη γεωμετρία στις τρεις διαστάσεις. Τα όρια των σύμφωνων διεισδύσεων παρουσιάζουν την **ίδια γεωμετρία** με τα **περιβάλλοντα πετρώματα** και αντιμετωπίζονται σαν τμήμα αυτών. Στον χάρτη θα ακολουθούν τη διεύθυνση των υπολοίπων επαφών. Σταδιακά και προς τα πλευρικά όρια των διεισδύσεων θα πρέπει να αποσφηνώνονται. Μία ασύμφωνη διείσδυση θα εμφανίζει όρια με διαφορετική γεωμετρία από αυτή που έχουν τα περιβάλλοντα πετρώματα, με τα οποία και θα σχηματίζουν μεγάλη γωνία. Εφόσον μιλάμε για φλέβες, επειδή διεισδύουν κατά μήκος ασυνεχειών σε μικρό βάθος στον φλοιό, χαρακτηρίζονται από ευθύγραμμα όρια στον χάρτη, που κόβουν τα όρια των στρωμάτων

(Εικ. 7.13 & 7.14). Αν μετά τη διείσδυση οι φλέβες και τα περιβάλλοντα πετρώματα υποστούν έντονη διαμητική παραμόρφωση είναι πιθανό τα όρια να **παραλληλιστούν**. Το αποτέλεσμα θα είναι να φαίνονται όλα τα πετρώματα σαν στρώματα μίας μεταμορφωμένης ακολουθίας οπότε, δεν θα μπορούμε να διακρίνουμε αν ήταν σύμφωνη ή ασύμφωνη διείσδυση. Αν αρχικά, το μαγματικό σώμα ήταν ασύμφωνο, τότε η λεπτομερής εξέταση της επαφής μπορεί να αποκαλύψει έστω και **μικρή γωνιώδη** σχέση και όχι πλήρη παραλληλία.

Τα ηφαιστειακά πετρώματα, αποτίθενται ή ρέουν πάνω σε ένα υφιστάμενο ανάγλυφο με λογική αντίστοιχη με αυτή των ιζηματογενών πετρωμάτων. Σε γενικές γραμμές λοιπόν, η γεωμετρία των επαφών τους με τα περιβάλλοντα πετρώματα παρουσιάζει πολλές ομοιότητες και αναλογίες (Εικ. 7.14). Μικρές αλλά αξιοσημείωτες εξαιρέσεις αποτελούν κάποιες ιδιαίτερες μορφές που εντοπίζονται πολύ κοντά ή στο εσωτερικό του ηφαιστείου. Στις πλαγιές των ηφαιστείων, οι λάβες και τα πυροκλαστικά εμφανίζουν μεγάλες κλίσεις πρωτογενώς. Στο εσωτερικό των ηφαιστείων, οι **ηφαιστειακοί αγωγοί** και οι **ηφαιστειακοί λαιμοί (volcanic pipe, volcanic plug)**, είναι κυλινδρικά σώματα με περίπου **κατακόρυφα όρια** τα οποία, αν αποκαλυφθούν από τη διάβρωση, στον χάρτη θα απεικονίζονται ως **κλειστές, περίπου κυκλικές, μορφές**.



**Εικόνα 7.13.** Απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, φύλλο «Γόννοι» (Μιγκίρος, 1985) και γεωλογική τομή. Διακρίνεται η χαρακτηριστική γεωμετρία των ορίων των πλουτώνιων διεισδύσεων και φλεβών (γρανίτες, γρανοδιορίτες, χαλαζιακοί διορίτες κ.λπ, συμβολίζονται όλοι με το «γ», μετακρητιδικής-προανωηκαινικής ηλικίας), που τέμνουν μεταμορφωμένους σχηματισμούς της Πελαγονικής και του παλαιοζωικού υποβάθρου της, καθώς και της ενότητας των κυανοσχιστολίθων. Όταν αποκαλύπτονται τα πλουτώνια σώματα τα όρια είναι κυκλικά ή ακανόνιστα, ενώ στις φλεβικές αποφύσεις και διεισδύσεις τα όρια είναι επιμήκη και ευθύγραμμα. Στην **πάνω δεξιά εικόνα** απόσπασμα από τον γεωλογικό χάρτη των Μαρίνου & Petracheck (1956), όπου διακρίνεται η χαρακτηριστική γεωμετρία των ορίων του μειοκαινικού γρανοδιορίτη της Πλάκας του Λαυρίου (γ) και αρκετών άλλων μικρότερων διεισδύσεων.



**Εικόνα 7.14.** Απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη της Νήσου Λέσβου του ΙΓΜΕ, φύλλο «Μήθυμνα» (Hecht, 1974) και γεωλογική τομή. Διακρίνεται η χαρακτηριστική στρωματογραφική δομή των νεογενών ηφαιστειακών στρωμάτων (λάβες και πυροκλαστικά). Μόνο στην περίπτωση που έχουμε φλέβες, όπως στην περίπτωση των δακτιτικών και ρυοδακτιτικών φλεβών του μεγεθυμένου πλαισίου (Ng.d), τα όρια είναι ευθύγραμμα και επιμήκη τέμνοντας τα όρια των λαβών. Στη φωτογραφία χαρακτηριστική εικόνα από το ηφαιστειακό τοπίο της Λέσβου.

## 7.3 Τεχνικές χαρτογράφησης ορίων και σχηματισμών

Ο βασικός στόχος του γεωλόγου που χαρτογραφεί είναι να περάσει με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια τα όρια των χαρτογραφικών ενότητων και μονάδων. Η διαδικασία αυτή άλλοτε είναι σχετικά εύκολη και άλλοτε δύσκολη. Υπάρχουν περιοχές όπου κυριαρχούν πετρώματα με σχετικά απλή γεωμετρία με οριζόντια ή απλά κεκλιμένα στρώματα, όπως π.χ. στους νεογενείς ή μολασσικούς σχηματισμούς, αλλά και περιοχές όπου κυριαρχούν ενότητες με πολύπλοκη δομή, έντονα παραμορφωμένα και πολυπτυχωμένα πετρώματα, αλλά και σύνθετες τεκτονικές σχέσεις ανάμεσα στις επιμέρους ενότητες, με έντονα τεκτονισμένες υπολειμματικές εμφανίσεις από σχηματισμούς των διαφόρων ενότητων, που δημιουργούν μια πολύπλοκη και σύνθετη εικόνα στην ύπαιθρο και, άρα, και στη μεταφορά στον χάρτη. Από την άλλη πλευρά, σημασία έχουν και άλλοι παράγοντες, όπως: i) το ανάγλυφο, που μπορεί να είναι «εύκολο» ή «δύσκολο», ii) η βλάστηση, που συνήθως ...«φυτρώνει εκεί που δεν την σπέρνουν», iii) απομακρυσμένες περιοχές χωρίς καμία υποδομή (δρόμους οικισμούς κ.λπ), iv) περιοχές με κάθε είδους επικινδυνότητες κ.λπ κ.λπ. Ανάλογα με το είδος και την εξειδίκευση της γεωλογικής χαρτογράφησης που πρέπει να εκπονηθεί και ανάλογα με τους παράγοντες δυσκολίας που αναφέρθηκαν προηγουμένως, ακολουθούμε τρεις βασικές τεχνικές χαρτογράφησης, που είναι (Coe, 2010; Lisle, 2011):

- η τεχνική **χαρτογράφησης επαφών (contact mapping)**,
- η τεχνική **χαρτογράφησης (απομονωμένων) εμφανίσεων (exposure mapping)** και
- η τεχνική **χαρτογράφησης σε συγκεκριμένη όδευση (traverse mapping)**

### 7.3.1 Τεχνική χαρτογράφησης επαφών

Η πιο αποδοτική και βασική τεχνική της χαρτογράφησης είναι αυτή όπου αναγνωρίζω και διακρίνω στην ύπαιθρο το όριο, δηλαδή την επαφή ανάμεσα σε δύο χαρτογραφικές ενότητες και την περνάω στον χάρτη. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **τεχνική χαρτογράφησης επαφών (contact mapping)**. Για τα ελληνικά δεδομένα, όπου ούτε το ανάγλυφο (εκτός κάποιων περιπτώσεων) είναι υπερβολικά δύσκολο, ούτε και η βλάστηση, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, αποτελεί εντελώς απαγορευτικό παράγοντα, οι επαφές είναι, στο μεγαλύτερο μέρος τους, ορατές στην ύπαιθρο και άρα ο εντοπισμός τους, η αναγνώρισή τους και η μεταφορά τους στον χάρτη μπορεί να πραγματοποιηθεί (περισσότερο ή λιγότερο εύκολα κατά περίπτωση) με επιτυχία και ακρίβεια. Προφανώς και θα υπάρξουν περιπτώσεις όπου και οι συνθήκες του αναγλύφου θα είναι δύσκολες και η βλάστηση πυκνή, όπως π.χ. στις δύσβατες ορεινές και δασωμένες περιοχές, με αποτέλεσμα η γεωλογική χαρτογράφηση να αποτελεί μια εξαιρετικά δύσκολη και επίπονη εργασία. Στις περιπτώσεις αυτές η μεγάλη εμπειρία (και καλή φυσική κατάσταση) είναι αυτή που θα βοηθήσει η «δουλειά» να γίνει πιο γρήγορα, ευχάριστα και σωστά. Επισημαίνεται ότι στα μεγάλα υψόμετρα η δυσκολία έγκειται στο δύσκολο και έντονο ανάγλυφο και στη δυνατότητα ή όχι πεζοπορίας και εργασίας σε μεγάλα υψόμετρα. Κατά τα άλλα, η αναγνώριση των σχηματισμών και των επαφών είναι μια εύκολη υπόθεση, δεδομένου ότι το τοπίο είναι εντελώς «φαλακρό» από βλάστηση, αφού βρισκόμαστε στην αλπική ζώνη.

Οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούμε στην τεχνική αυτή είναι δύο: «**από κοντά**» και «**από μακριά**». Σύμφωνα με την πρώτη, πλησιάζουμε την επαφή, τη μελετάμε, την αναγνωρίζουμε, παίρνουμε όσες μετρήσεις και δείγματα χρειάζονται και την σημειώνουμε στον χάρτη μας, για όσο διάστημα αυτή είναι ορατή στο κοντινό οπτικό μας πεδίο. Στην περίπτωση αυτή δεν περνάμε πολύ μεγάλο μήκος ορίου στον χάρτη, αλλά έχουμε το πλεονέκτημα ότι βρισκόμαστε σε άμεση επαφή με τη ... «γεωλογική επαφή» και έτσι δεν μπορεί να γίνει λάθος. Επιπλέον, μπορούμε με τα σύγχρονα βοηθήματα GPS να περάσουμε το όριο με απόλυτη ακρίβεια. Η διαδικασία αυτή είναι καλό να επαναληφθεί και σε άλλες θέσεις κατά μήκος της επαφής, ώστε να υπάρχει μια ολοκληρωμένη εικόνα για το σύνολο των χαρακτηριστικών της και το σύνολο της πληροφορίας που μπορεί να μας δώσει, δεδομένου ότι αυτά δεν είναι πάντα συγκεντρωμένα όλα μαζί στην ίδια θέση.

Προφανώς και δεν έχει νόημα να ακολουθήσουμε την επαφή «με το πόδι» σε όλο της το μήκος, γιατί αυτό, τις περισσότερες φορές, δεν είναι δυνατό για λόγους αναγλύφου ή βλάστησης, αλλά επιπλέον είναι επίπονο και πολύ χρονοβόρο. Αντ' αυτού χρησιμοποιούμε τη δεύτερη μεθοδολογία, σύμφωνα με την οποία επιλέγουμε μια θέση ώστε να βλέπουμε από μακριά και απέναντί μας την επαφή, σε όσο μεγαλύτερο μήκος γίνεται. Αναγνωρίζουμε το απέναντι ανάγλυφο, το αντιστοιχούμε στον χάρτη και περνάμε το όριο. Μια κορυφή ή μια πλαγιά απέναντι από την επαφή αποτελούν τις πιο κατάλληλες θέσεις για την εργασία αυτή. Τις περισσότερες

φορές αυτό είναι δυνατό, αν και υπάρχουν περιπτώσεις που το ανάγλυφο δεν βοηθά. Για παράδειγμα, όρια που βρίσκονται σε παράκτιες πλαγιές ο μόνος τρόπος για να τα περάσουμε από μακριά είναι με πλωτό μέσο, δεδομένου ότι απέναντί τους βρίσκεται μόνο η ανοικτή θάλασσα. Αντίστοιχα, δυσκολίες θα αντιμετωπίσουμε και όταν η περιοχή προς χαρτογράφηση είναι σχετικά επίπεδη και δεν έχει ανάγλυφο.



**Εικόνα 7.15.** Προσεγγίζουμε πάντα τις επαφές, για να τις μελετήσουμε από κοντά, να δούμε το χαρακτήρα και το είδος της επαφής, τα πετρώματα που χωρίζει, να πάρουμε μετρήσεις, να σημειώσουμε στο τετράδιο υπαίθρου, να εντοπίσουμε τη θέση μας και να περάσουμε το όριο στο χάρτη.



**Εικόνα 7.16.** Ανεβαίνουμε όσο πιο ψηλά μπορούμε, βρίσκουμε μια κορυφή με θέα και με τη βοήθεια των εκπαιδευτών μας ή μόνοι μας, περνάμε τα όρια που βλέπουμε απέναντι. Αν έχουμε, ήδη, επισκεφθεί την απέναντι περιοχή από κοντά και έχουμε διαπιστώσει τι γίνεται γεωλογικά, τότε, απλά, συμπληρώνουμε τα όρια. Αν είναι η πρώτη φορά που την αντικρύζουμε, σημειώνουμε όποιο όριο είναι ορατό από μακριά, πιθανολογούμε για τα πετρώματα και τους σχηματισμούς που χωρίζει (εδώ μετράει η εμπειρία) και όταν επισκεφθούμε την περιοχή από κοντά θα κάνουμε τις απαραίτητες διαπιστώσεις ή αναθεωρήσεις. Εννοείται ότι έχουμε εξοικειωθεί με την ανάγνωση και αντιστοίχιση του αναγλύφου στο χάρτη.

Επισημαίνεται ότι η συγκεκριμένη εργασία απαιτεί εμπειρία, γιατί πρέπει τόσο το ανάγλυφο όσο και το ίχνος της επαφής, να αναγνωρίζονται και να εντοπίζονται στην ύπαιθρο με ακρίβεια, αλλά και να αντιστοιχούνται και να μεταφέρονται στον χάρτη, επίσης με ακρίβεια. Θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι στην περίπτωση αυτή τα ηλεκτρονικά βοηθήματα (GPS κ.λπ) δεν μπορούν να μας βοηθήσουν, δεδομένου ότι χαρτογραφούμε και περνάμε όρια όχι για την περιοχή που στεκόμαστε και «πατάμε με τα πόδια μας», αλλά για την περιοχή που βρίσκεται μακρύτερα και απέναντί μας. Εννοείται ότι το όριο που περνάμε από μακριά, πρέπει ήδη να το έχουμε προσεγγίσει και επισκεφθεί από κοντά (τουλάχιστον σε μια-δυο θέσεις), ώστε να είμαστε σίγουροι τι ακριβώς χαρτογραφούμε και ποιο συγκεκριμένο όριο περνάμε.

### 7.3.2 Τεχνική χαρτογράφησης εμφανίσεων

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η βλάστηση ή πρόσφατες αλλοιωματικές αποθέσεις και κορήματα καλύπτουν, στο μεγαλύτερο μέρος τους, τόσο τους ίδιους τους γεωλογικούς σχηματισμούς και τις ενότητες πετρωμάτων όσο και τις επαφές μεταξύ τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στην ύπαιθρο να εντοπίζονται απομονωμένες, μικρότερης ή μεγαλύτερης κλίμακας, εμφανίσεις των πετρωμάτων που θέλουμε να χαρτογραφήσουμε, οι οποίες περιβάλλονται ολόγυρα από βλάστηση ή πρόσφατες αποθέσεις. Σε ελάχιστες θέσεις μπορούμε να παρατηρήσουμε την επαφή ανάμεσά τους, ώστε να προσδιορίσουμε τόσο το είδος όσο και τη γεωμετρία της επαφής.

Στην περίπτωση αυτή ακολουθούμε την τεχνική που αποκαλείται **τεχνική χαρτογράφησης απομονωμένων εμφανίσεων (exposure mapping)**. Δηλαδή χαρτογραφούμε με ακρίβεια όλες τις απομονωμένες εμφανίσεις, με διαφορετικό χρώμα για κάθε χαρτογραφική ενότητα και με οδηγό τις ελάχιστες θέσεις που αποκαλύπτεται η μεταξύ τους επαφή, χαράσσουμε κατ' εκτίμηση το όριο ανάμεσα στις ομάδες εμφανίσεων με διαφορετικό χρώμα, ένα όριο δηλαδή, που θα είναι στο μεγαλύτερο μέρος του καλυμμένο από τη βλάστηση ή τις πρόσφατες, μικρού πάχους, αποθέσεις. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων, την τεχνική αυτή θα χρειαστεί να την ακολουθήσουμε σε μικρής έκτασης περιοχές του χάρτη και για μια-δύο επαφές, εκεί όπου η βλάστηση, τα κορήματα και τα αλλούβια μας κρύβουν το αντικείμενο ενδιαφέροντος. Υπάρχουν, όμως, και περιπτώσεις που αυτή την τεχνική είμαστε αναγκασμένοι να την ακολουθήσουμε για σημαντική έκταση ή περιοχή του χάρτη, διαδικασία που είναι αρκετά επίπονη και χρονοβόρα.

Πρέπει να επισημανθεί ότι η τεχνική αυτή ακολουθείται πολύ συχνά όταν χαρτογραφούμε με πολύ μεγάλη λεπτομέρεια, σε μεγάλες κλίμακες, π.χ. 1:5.000 έως 1:1.000 (συνήθως για τεχνικές εφαρμογές), όπου πρέπει να περάσουμε στον χάρτη και την παραμικρή εμφάνιση των πετρωμάτων, που «ξεφυτρώνει» κάτω από τον εδαφικό μανδύα ή τα αλλούβια. Με άλλα λόγια δηλαδή, η τεχνική αυτή δεν στερείται σε ακρίβεια, αλλά αποδίδει πιο ρεαλιστικά την πραγματικότητα σε έναν χάρτη, χωρίς ενοποιήσεις και εμφανίσεις που χαρακτηρίζονται με βάση τη λιθολογία που, κατά κράτος, επικρατεί.

### 7.3.3 Τεχνική χαρτογράφησης σε συγκεκριμένη όδευση

Υπάρχουν περιπτώσεις που απαιτείται να έχουμε μια πρώτη γνωριμία με τη γεωλογία μιας περιοχής, που είτε είναι δυσπρόσιτη είτε πρόκειται να κατασκευασθεί ένα μεγάλο τεχνικό έργο (σήραγγα, σιδηροδρομική γραμμή, οδικός άξονας, φράγμα κ.λπ). Στις περιπτώσεις αυτές ακολουθούμε την **τεχνική χαρτογράφησης σε συγκεκριμένη όδευση ή τραβέρσα (traverse mapping)**, που πραγματοποιείται συνήθως σε μικρές κλίμακες, π.χ. 1:50.000 ως 1:250.000.

Στην περίπτωση αυτή επιλέγουμε μια όδευση, συνήθως κατά μήκος ενός ποταμού ή δρόμου, όπου υπάρχουν τομές που μπορούμε να διακρίνουμε τα πετρώματα και τις επαφές τους ή και σε ελεύθερη διαδρομή στην ύπαιθρο, προσέχοντας πάντα η γενική διεύθυνση της όδευσης να είναι εγκάρσια στην τεκτονική μακροδομή της περιοχής. Προφανώς η βοήθεια από τα σύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα (GPS και συναφή) θα μας βοηθήσει αρκετά, ώστε η καταγραφή της όδευσης και η αποτύπωση των πετρωμάτων να γίνουν με σχετική ακρίβεια.

Υπάρχουν δύο υποκατηγορίες αυτής της μεθόδου, η μία προϋποθέτει την εκτέλεση μιας **γραμμικής τραβέρσας (linear traverse)** και η άλλη μια κλειστή διαδρομή από επιμέρους τραβέρσες που με τη βοήθεια της πυξίδας επιστρέφουμε στο ίδιο σημείο απ' όπου ξεκινήσαμε. Αποκαλείται **κλειστή τραβέρσα με χρήση πυξίδας (closed compass traverse)**. Με δεδομένο ότι στον ελληνικό χώρο η βασική γεωλογική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:50.000 έχει ήδη ολοκληρωθεί από το ΙΓΜΕ, δεν υπάρχει η αναγκαιότητα για τραβέρσες αυτής της κλίμακας. Τέτοιου τύπου οδεύσεις γίνονται μόνο στα πλαίσια εκτέλεσης τεχνικών έργων κατασκευής σηράγγων, οδικών αξόνων, αγωγών φυσικού αερίου, αλλά σε πολύ πιο λεπτομερείς (μεγαλύτερες) κλίμακες.

## 7.4 Η χρήση δορυφορικών εικόνων και αεροφωτογραφιών

Η χρήση **δορυφορικών εικόνων** και **αεροφωτογραφιών** στη γεωλογική χαρτογράφηση αποτελεί μια συνηθισμένη διαδικασία, με συγκεκριμένη τεχνική, συγκεκριμένες εφαρμογές και συγκεκριμένα όρια δυνατοτήτων. Η χρήση τους μπορεί να γίνει είτε αναγνωριστικά, για να πάρουμε μια εικόνα από μια περιοχή που δεν



υπάρχει γεωλογικός χάρτης και δεν την έχουμε επισκεφθεί ξανά, είτε για να περάσουμε με τη βοήθειά τους ένα γεωλογικό όριο με ακρίβεια, για το οποίο έχουμε όλη την απαραίτητη πληροφορία υπαίθρου και απλά διευκολύνει πολύ περισσότερο το πέρασμά του από τέτοιου τύπου εικόνες. Αναλύσεις, κλίμακες και έγχρωμη ή ασπρόμαυρη απεικόνιση, έχουν βελτιωθεί με την πάροδο του χρόνου, για να φθάσουμε στη σημερινή ψηφιακή εποχή, όπου εφαρμογές όπως το **Google Earth** και το **Bing maps** έχουν κάνει την τεχνολογία αυτή κτήμα του καθενός, με αναλύσεις, διακριτικότητες και δυνατότητες τέτοιες που δεν θα μπορούσαμε να φανταστούμε πριν από μερικά χρόνια, παλεύοντας με ασπρόμαυρες αεροφωτογραφίες και στερεοσκοπία.

Οι εφαρμογές και οι δυνατότητες είναι πάρα πολλές, αλλά δεν αποτελούν στόχο του παρόντος συγγράμματος, δεδομένου ότι διδάσκονται σε αρκετά άλλα μαθήματα του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος («Τεκτονική Γεωλογία», «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Αρχές Τηλεπισκόπησης», «Διαστημικές τεχνικές στις Γεωεπιστήμες» και «Τηλεανίχνευση – Φωτογεωλογία και Μαθηματική Γεωγραφία»). Θα αναφέρουμε απλά ένα-δυο παραδείγματα από περιπτώσεις που οι εικόνες του Google Earth μπορούν να μας βοηθήσουν σημαντικά στο να περάσουμε κάποια γεωλογικά όρια, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι αυτό είναι εφικτό σε κάθε περίπτωση. Για παράδειγμα στην Εικ. 7.17.a μπορούμε να διακρίνουμε με σαφήνεια το όριο ανάμεσα στους ανθρακικούς σχηματισμούς (μάρμαρα) της ενότητας της Πούντας (mr) και τους σχιστολίθους της ενότητας Λαυρίου (sch), στην περιοχή της Κακιάς Θάλασσας, στις ανατολικές ακτές της Νότιας Αττικής. Τα σκληρά και λευκά μάρμαρα με το βραχώδες ανάγλυφο, δίνουν μια τελείως διαφορετική εικόνα από τους μαλακούς και αποσαθρωμένους, ανοικτού καφέ ή γκρι χρώματος, σχιστολίθους. Αυτό που είναι δύσκολο να διακριθεί, είναι το όριο ανάμεσα στους σχιστολίθους και τις αλλουβιακές προσχώσεις (al) ή τα κορήματα (sc), δεδομένου ότι η εικόνα τους ταυτίζεται πολύ με αυτή των αποσαθρωμένων σχιστολίθων. Μορφολογικά κριτήρια και αρκετή εμπειρία μπορούν να βοηθήσουν σε αυτή την περίπτωση. Με λίγη εξοικείωση και το Google Earth σε 3D view, μπορούμε να περάσουμε τα όρια αυτά στον τοπογραφικό χάρτη.

Στην Εικ. 7.17.b παρατηρούμε δύο ανθρακικά ανάγλυφα (ανατολικά και δυτικά) που διαχωρίζονται από μια ζώνη που χαρακτηρίζει, χρωματικά και από άποψη αναγλύφου, ένα μαλακό πέτρωμα. Αν μάλιστα διαθέτει κάποιος και λίγη εμπειρία διακρίνει ότι τα δύο ανθρακικά ανάγλυφα έχουν μικροδιαφορές μεταξύ τους, με το δυτικό να παρουσιάζεται πιο ομοιόμορφο και συμπαγές χωρίς στρώση, σε αντίθεση με το ανατολικό που παρουσιάζεται πιο ευκολοδιάβρωτο με εναλλαγές ανθρακικών πάγκων με πάγκους από πιο μαλακό πέτρωμα. Τα ανθρακικά του δυτικού τμήματος αντιστοιχούν σε νηρητικούς ασβεστολίθους της ενότητας της Τρίπολης, η ενδιάμεση μαλακή ζώνη στον φλύσχη της Τρίπολης και τα ανατολικά ανθρακικά στους κρητιδικούς, λεπτοπλακώδεις και κατά οριζόντες μαργαϊκούς, ασβεστολίθους της ενότητας της Πίνδου.



**Εικόνα 7.17.** Οι δορυφορικές εικόνες του Google Earth ή του Bing maps προσφέρουν πια πολύ υψηλές αναλύσεις, αλλά και πολλές άλλες ευκολίες και δυνατότητες, αποτελώντας σημαντικά εργαλεία στη γεωλογική χαρτογράφηση, την αναγνώριση δομών, αλλά και την προβολή όλων των μετρήσεων και δεδομένων στις δορυφορικές εικόνες και τους χάρτες, με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Στην εικόνα (a), από τα μεταμορφωμένα της Αττικής (περιοχή Κακιάς Θάλασσας στην Κερατέα), είναι εύκολο να διακρίνει κανείς τα όρια ανάμεσα στα μάρμαρα (mr) και τους σχιστολίθους (sch), ενώ στην εικόνα (b), από την περιοχή του ανατολικού Πάρνωνα στην Αρκαδία, διακρίνονται οι δύο ανθρακικοί όγκοι της Τρίπολης και της Πίνδου και η λεπτή ζώνη του φλύσχη της Τρίπολης, που παρεμβάλλεται ανάμεσά τους. Επιστημαίνεται ότι η γεωλογική χαρτογράφηση γίνεται περπατώντας και μελετώντας τα πετρώματα (και τις επαφές μεταξύ τους) στην ύπαιθρο και οι δορυφορικές εικόνες μπορούν να βοηθήσουν, αλλά όχι να αντικαταστήσουν, την εργασία υπαίθρου.

Και στις δύο περιπτώσεις που αναφέραμε μπορούμε να συζητάμε για ανθρακικό ή μαλακό πέτρωμα, δεν μπορούμε, όμως, να προσδιορίσουμε πιο συγκεκριμένα στοιχεία, αν δεν έχουμε επισκεφθεί την περιοχή. Άρα, συμπερασματικά, η σωστή χρήση της τεχνολογίας αυτής μπορεί να μας βοηθήσει, σε καμία, όμως, περίπτωση δεν μπορεί να αντικαταστήσει την εργασία στην ύπαιθρο και τη «στενή επαφή» που πρέπει να έχει ένας γεωλόγος-χαρτογράφος, με τα πετρώματα, τα όρια μεταξύ τους και όλων των τύπων τις γεωλογικές δομές και τα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνουν στο εσωτερικό τους (αλλά και στο εξωτερικό τους).

## Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Coe, L.A. (editor), Argles, W.T., Rothery, A.D. & Spicer, A.R. (2010). *Geological Field Techniques*. 323p., Wiley-Blackwell.
- Hecht, J. (1974). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000, Νήσος Λέσβος, Φύλλο «Μήθυμνα»*. Έκδοση ΙΓΜΕ.
- Lisle, J.R., Brabham, P. & Barnes, J. (2011). *Basic Geological Mapping*. 217p., Wiley-Blackwell.
- Μαράτος, Γ. (1967). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000, Φύλλο «Ελάτεια»*. Έκδοση ΙΓΜΕ.
- Μαρίνος, Γ. & Petracheck, W. (1956). *Λαύριον. Γεωλ. Γεωφ. Μελ., IV/1, 246σελ.*
- Μαυρίδης, Α. & Κελεπερτζής, Α (1993). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000, Φύλλο «Κνίδη»*. Έκδοση ΙΓΜΕ.
- Μιγκίρος, Γ. (1985). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000, Φύλλο «Γόννοι»*. Έκδοση ΙΓΜΕ.
- Μουστάκα, Ε. (2011). *Τεκτονική ανάλυση και ορυκτοχημική μελέτη των μεταμορφωμένων πετρωμάτων του όρους Όχη*. 151σελ., Αθήνα.
- Παπαδόπουλος, Π. (1997). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000, Φύλλο «Μεγαλόπολη»*. Έκδοση ΙΓΜΕ.
- Τάταρης, Α., Κούνης, Γ. & Μαραγκουδάκης, Ν. (1970). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000, Φύλλο «Βάγια»*. Έκδοση ΙΓΜΕ.
- Τσόφλιας, Π. (2005). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000, Φύλλο «Αίγιο»*. Έκδοση ΙΓΜΕ.



## Κεφάλαιο 8:

### Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο

#### Σύνοψη

Τα ρήγματα, σε όλες τις κλίμακες εμφάνισης (από μερικές δεκάδες μέτρα μέχρι ρηξιγενείς ζώνες που τέμνουν όλη τη λιθόσφαιρα) και όλων των κατηγοριών και τύπων (κανονικά, ανάστροφα, οριζόντιας ολίσθησης, μικρής ή μεγάλης γωνίας κλίσης, επωθήσεις ή αποκολλήσεις, θραυσιγενούς χαρακτήρα ή ζώνες διάτμησης και ανενεργά ή ενεργά και σεισμικά) αποτελούν από τις πιο ενδιαφέρουσες και κυρίαρχες δομές στην τεκτονική δομή μιας περιοχής αλλά και στην κατασκευή ενός γεωλογικού χάρτη. Όχι μόνο οι θεωρητικές, αλλά κυρίως οι εφαρμοσμένες εξειδικεύσεις της Γεωλογίας (Υδρογεωλογία, Υδρογονάνθρακες, Γεωφυσική, Τεχνική Γεωλογία, Κοιτάσματα κ.λπ.) βασίζονται στην οργάνωση της ερευνητικής τους δραστηριότητας στο κεφάλαιο ρήγματα. Ο γεωλόγος, λοιπόν, που χαρτογραφεί πρέπει να ξέρει να τα αναγνωρίζει στην ύπαιθρο και με αυτά, ακριβώς, τα κριτήρια αναγνώρισης θα ασχοληθούμε στο κεφάλαιο αυτό.

#### Προαπαιτούμενη γνώση

Οι βασικές γνώσεις που δίνονται στο μάθημα της Τεκτονικής Γεωλογίας. Η ύλη από τα αντίστοιχα κεφάλαια των σημειώσεων που δίνονται στους φοιτητές και είναι αναρτημένα στην πλατφόρμα e-Class. Οι ηχογραφημένες παραδόσεις (βιντεοδιαλέξεις) από τα αντίστοιχα κεφάλαια, αλλά και τις ασκήσεις υπαίθρου, που έγιναν στο πλαίσιο της δράσης «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα» και φιλοξενούνται στην πλατφόρμα Open Delos.

### 8.1 Η αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο

Ο γεωλόγος που χαρτογραφεί στην ύπαιθρο πολλές φορές προβληματίζεται για το όριο ανάμεσα σε δύο γεωλογικούς σχηματισμούς, αν αυτό αντιπροσωπεύει ένα ρήγμα, με την ευρεία έννοια του όρου, δηλαδή είτε πρόκειται για οριζόντιο επωθητικό ρήγμα, είτε για κανονικό, μεγάλης κλίσης, είτε για ζώνη του ανώτερου τμήματος του φλοιού με κατακλαστικά πετρώματα, είτε για μια ζώνη διάτμησης με πλαστικού χαρακτήρα μυλωνιτικές δομές, που έχει δημιουργηθεί σε βαθύτερους τεκτονικούς ορόφους. Η αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο δεν είναι πάντοτε εύκολη υπόθεση, ειδικά στην περίπτωση ανενεργών ρηγμάτων που φέρνουν σε επαφή όμοιους λιθολογικά σχηματισμούς. Στην περίπτωση αυτή η διάβρωση εξομαλύνει κάθε μορφολογική ασυνέχεια που δημιουργεί το ρήγμα, με αποτέλεσμα να μη μπορούμε να παρατηρήσουμε όχι μόνο κατοπτρική επιφάνεια, αλλά ούτε και κρημό κατά μήκος του ρήγματος.

Η παρουσία ενός ρήγματος εντοπίζεται καλύτερα όταν τούτο εμφανίζεται σε φυσική ή τεχνητή τομή. Στην περίπτωση αυτή, όχι μόνο μπορούμε να το παρατηρήσουμε σχετικά εύκολα, αλλά μπορούμε και να μετρήσουμε τόσο τα στοιχεία του (διεύθυνση και κλίση της επιφανείας του και ενδεχομένως πλαγιοβύθιση ή διεύθυνση γραμμών ολίσθησης), όσο και τα χαρακτηριστικά του.

Στην περίπτωση που η άμεση παρατήρηση ενός ρήγματος δεν είναι εφικτή, καταφεύγουμε στον εντοπισμό ορισμένων στοιχείων, η ύπαρξη των οποίων υποδηλώνει την παρουσία ρήγματος. Τα κριτήρια αναγνώρισης των ρηγμάτων μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες (Twiss & Moores, 1992):

- **Εγγενή χαρακτηριστικά των ρηγμάτων.**
- **Συνέπειες της ρηγμάτωσης σε γεωλογικές ή στρωματογραφικές ενότητες.**
- **Αποτελέσματα της ρηγμάτωσης στη μορφολογία και το ανάγλυφο.**

### 8.2 Εγγενή χαρακτηριστικά των ρηγμάτων

Τα εγγενή χαρακτηριστικά των ρηγμάτων περιλαμβάνουν όλες αυτές τις δομές που αναπτύσσονται στη ζώνη του ρήγματος και το περιβάλλον της, δηλαδή τη ζώνη του πετρώματος που επηρεάζεται από τη διάρρηξη και

έχουν σχέση με τη δημιουργία του και τον μηχανισμό γένεσής του. Κατά κύριο λόγο με την έννοια ρήγμα αναφερόμαστε στις περιπτώσεις που ο μηχανισμός της διάρρηξης είναι θραυσιγενούς χαρακτήρα (brittle), δηλαδή όταν το ρήγμα εντοπίζεται στο ανώτερο τμήμα της λιθόσφαιρας. Για τις περιπτώσεις που η διάρρηξη έχει λάβει χώρα σε βαθύτερα τμήματα της λιθόσφαιρας, όπου οι συνθήκες παραμόρφωσης είναι πλαστικού (ductile) ή πλαστικο-θραυσιγενούς (brittle-ductile) χαρακτήρα, χρησιμοποιείται ο όρος ζώνη διάτμησης (shear zone). προφανώς υπάρχουν περιπτώσεις που μια μεγάλη ρηξιγενής ζώνη τέμνει το σύνολο της λιθόσφαιρας με ένα ανώτερο τμήμα να χαρακτηρίζεται από θραυσιγενή χαρακτηριστικά, ένα κατώτερο με όλκιμου (πλαστικού) χαρακτήρα δομές και μια ζώνη μετάβασης με πλαστικο-θραυσιγενούς χαρακτήρα παραμόρφωση. Πιο συγκεκριμένα, τα εγγενή χαρακτηριστικά των ρηγμάτων περιλαμβάνουν (Fossen, 2010):

- Τον **πυρήνα** του ρήγματος (**fault core**) με τη χαρακτηριστική παρουσία κατακλαστικών πετρωμάτων (συνήθως τεκτονικά λατυποπαγή, μικρολατυποπαγή κ.λπ.), που αναπτύσσονται στις ρηξιγενείς ζώνες (fault related rocks).
- Τις **κατοπτρικές επιφάνειες** των ρηγμάτων (**slickensides**), με όλων των ειδών τις γραμμώσεις που αναπτύσσονται πάνω σε αυτές και έχουν σχέση με την κίνηση του ρήγματος, όπως: **γραμμές προστριβής** (**striations** ή **slickenlines**), αυλακώσεις (groove lineations), ανάπτυξη και προσανατολισμός ινωδών ορυκτών (fiber lineations) και γεωμετρικές γραμμές (geometric striae).
- Τη **ζώνη κατακερματισμού** (**damage zone**) και τη **ζώνη πάρελξης** (**drag zone**), που η παρουσία τους υποδηλώνει την ύπαρξη του ρήγματος.



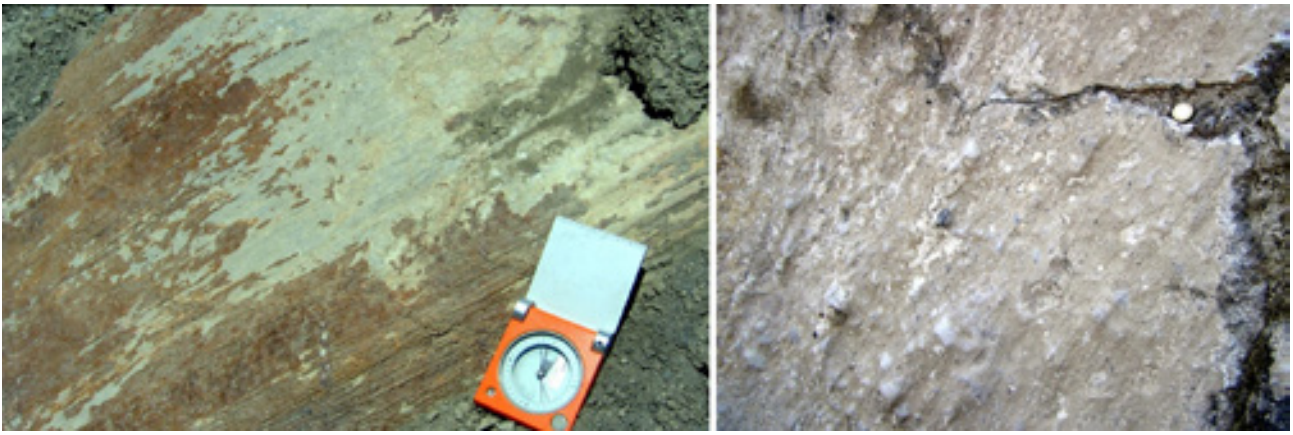
**Εικόνα 8.1** Χαρακτηριστικές δομές του πυρήνα ενός ρήγματος, που αποτελούν στοιχείο διάκρισης μιας γεωλογικής επιφάνειας ως επιφάνειας ρήγματος. Στην **αριστερή** φωτογραφία, ανθρακικό τεκτονικό μικρολατυποπαγές (micro-breccia) και κατοπτρική επιφάνεια, από τον πυρήνα (fault core) του ενεργού ρήγματος του Οσίου Παταπίου στη χερσόνησο της Περαχώρας (Κορινθία). Στη **δεξιά** φωτογραφία, κατοπτρική επιφάνεια (slickenside, S) σε ανθρακικά πετρώματα που συνοδεύεται από μια ζώνη 20cm από συνεκτικό κατακλαστικό πέτρωμα (cataclasite, C). Και τα δύο μαζί αποτελούν τον πυρήνα του ρήγματος (fault core). Από την περιοχή της λίμνης Υλίκης.

Τα ρήγματα σπάνια είναι απλές επιφάνειες ή ζώνες από παράλληλες επιφάνειες με συγκεκριμένο πάχος. Συνήθως είναι πολύπλοκες και σύνθετες τεκτονικές δομές, που χαρακτηρίζονται από έναν αριθμό δομικών χαρακτηριστικών, που δύσκολα μπορεί να προβλεφθεί. Εξαιτίας των έντονων διαφοροποιήσεων που παρατηρούνται τόσο κατά μήκος του ίδιου ρήγματος, όσο και ανάμεσα σε διαφορετικά ρήγματα, δεν είναι εύκολο να υπάρχει μια γενική περιγραφή για την ανατομία των ρηγμάτων.

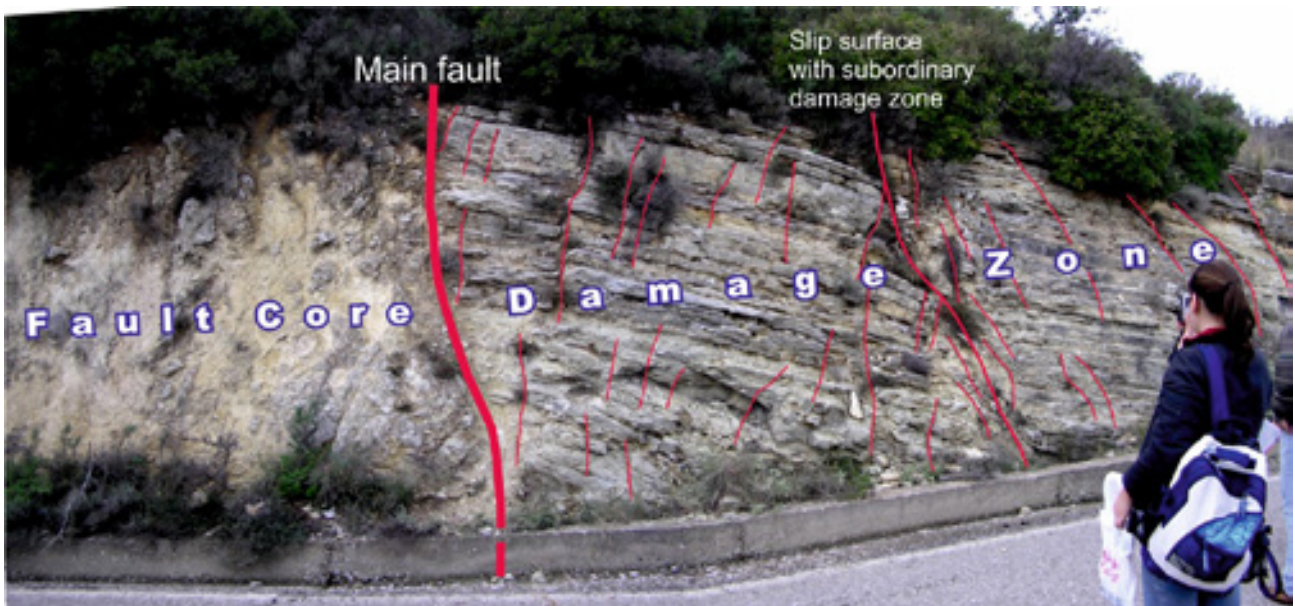
Στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει ένας κεντρικός **πυρήνας** του **ρήγματος** (**fault core**) ή επιφάνεια ολίσθησης (**slip surface**), που περιβάλλεται από μια κατακλαστική ζώνη, στην οποία όλη η μάζα του πετρώματος είναι θραυσιγενώς παραμορφωμένη. Αποκαλείται **ζώνη κατακερματισμού** (**damage fault zone**).

Ο πυρήνας του ρήγματος μπορεί να κυμαίνεται από μια απλή επιφάνεια ολίσθησης με κατακλαστική ζώνη της τάξης των mm ή μια ζώνη από αρκετές επιφάνειες ολίσθησης, έως και μία ζώνη υψηλής διάτμησης με πλάτος αρκετών μέτρων, όπου από τις πρωτογενείς δομές του πετρώματος δεν έχουν μείνει παρά ελάχιστα υπολείμματα. Στις κατακλαστικές αυτές ζώνες, ιδιαίτερα των μεγάλων ρηγμάτων και των μεγάλων ζωνών διάτμησης (shear zones), αναπτύσσεται μια σειρά από ειδικού τύπου πετρώματα με πολύ χαρακτηριστικές τεκτονικές δομές, γνωστά ως **πετρώματα ρηξιγενών ζωνών** (**fault related rocks**).

Με δεδομένο ότι τον γεωλόγο-χαρτογράφο απασχολεί και η εκτίμηση του **άλματος** του ρήγματος, αναφέρεται ότι σε γενικές γραμμές παρατηρείται μια αύξηση του πλάτους της ζώνης του πυρήνα του ρήγματος με το μέγεθος του άλματος, αν και παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις κατά μήκος του ρήγματος, ακόμα και στην ίδια λιθολογία.



**Εικόνα 8.2** Χαρακτηριστικές δομές που αναπτύσσονται στην κατοπτρική επιφάνεια ενός ρήγματος και αποτελούν κριτήρια αναγνώρισης. Στην **αριστερή** φωτογραφία, ανάπτυξη γραμμών προστριβής (striations ή slickenlines) σε κατοπτρική επιφάνεια (slickenside) ρήγματος που έχει αναπτυχθεί σε ανθρακικά πετρώματα στο υποκείμενο (footwall), ανερχόμενο τέμαχος (άρα το ρήγμα κανονικό). Δεδομένου ότι οι γραμμές είναι πλάγιες, το ρήγμα χαρακτηρίζεται ως πλαγιο-κανονικό (oblique-slip, normal). Στη **δεξιά** φωτογραφία, δομή ridge-in-groove lineation (γράμμωση από αυλακώσεις και ράχες, από την τριβή μεγάλων κλαστών) και γραμμές προστριβής (striations ή slickenlines) στη ρηξιγενή επιφάνεια του ενεργού ρήγματος του Σχίνου (χερσόνησος Περαχώρας, Κορινθία).



**Εικόνα 8.3** Η ζώνη του πυρήνα (fault core), ενός κατακόρυφου ρήγματος και η ζώνη κατακερματισμού (damage zone). Η ζώνη του πυρήνα περιλαμβάνει τεκτονικούς φακούς και τεμάχια μέσα στο κονιορτοποιημένο κατακλαστικό πέτρωμα (fault gouge). Στη ζώνη κατακερματισμού του κύριου ρήγματος (main fault), αναπτύσσονται μικρότερες επιφάνειες ολίσθησης με τη δική τους δευτερεύουσα (sub-ordinary) ζώνη κατακερματισμού. Η μικρότερη αυτή επιφάνεια ολίσθησης είναι υπεύθυνη και για τη μικρή ζώνη πάρελξης (drag zone) που δημιουργείται στους λεπτοπλακώδεις ασβεστολίθους με μαργαϊκές παρεμβολές, που αποτελούν το πέτρωμα που διαρρηγνύεται. Το κύριο ρήγμα και οι δευτερεύουσες επιφάνειες ολίσθησης χαρακτηρίζονται από οριζόντιες ή ελαφρά πλάγιες γραμμές ολίσθησης και η όλη δομή χαρακτηρίζεται ως flower structure, τυπική για τα ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης. Πλησίον του οικισμού Ρέτσινα, βόρεια του Μεσολογίου.

Το πλάτος της ζώνης κατακερματισμού μπορεί να διαφοροποιείται και αυτό από στρώμα σε στρώμα, αλλά, όπως και με τη ζώνη του πυρήνα, φαίνεται να υπάρχει μια πολύ στενή σχέση ανάμεσα στο μέγεθος της ολίσθησης και το πάχος της ζώνης κατακερματισμού.

Συχνά τα στρώματα πτυχώνονται ελαφρά (κάμπτονται) εκατέρωθεν του ρήγματος και ο όρος που χρησιμοποιείται γι' αυτή τη συμπεριφορά είναι **πάρελξη (drag)**. Η ζώνη της πάρελξης (drag zone), μπορεί να είναι πλατύτερη ή στενότερη από τη ζώνη κατακερματισμού, αλλά μπορεί και να απουσιάζει εντελώς. Θα λέγαμε ότι τα μαλακά πετρώματα αναπτύσσουν πιο εύκολα ζώνη πάρελξης, απ' ότι τα σκληρά. Η κύρια διαφορά της από τη ζώνη κατακερματισμού είναι ο όγκιμος χαρακτήρας της παραμόρφωσης που επικρατεί στη ζώνη αυτή,

σε αντίθεση με τον καθαρά θραυσσιγενή χαρακτήρα της ζώνης κατακερματισμού.

Στα ρήγματα που έχουν δημιουργηθεί και δράσει σε μεγαλύτερα βάθη (ζώνες διάτμησης), τα εγγενή χαρακτηριστικά δεν έχουν την ίδια εικόνα με αυτή των τυπικών ρηγμάτων, που περιεγράφηκε στα προηγούμενα. Στις περιπτώσεις αυτές αναπτύσσεται μια ζώνη, πλάτους από μερικά εκατοστά ή μέτρα έως αρκετά δεκάδες ή εκατοντάδες μέτρα, στην οποία κυριαρχούν οι **μυλονιτικού χαρακτήρα** δομές, όπως περιεστρεμμένοι πορφυροκλάστες, S-C ή S-C' δομές, μη-κυλινδρικές πτυχές (sheath folds), πλάγιες φυλλώσεις κ.λπ.



**Εικόνα 8.4** Μυλονιτικού χαρακτήρα δομές που σηματοδοτούν την ύπαρξη μιας ζώνης διάτμησης, ενός ρήγματος αποκόλλησης (detachment fault), που στη συγκεκριμένη περίπτωση αφορά την εμφάνιση του West Cycladic Detachment System (WCDS) στην περιοχή του Λαυρίου (θέατρο Θορικού). Στην **αριστερή** φωτογραφία, ανάπτυξη S-C δομών και στη **δεξιά** φωτογραφία, περιεστραμμένοι πορφυροκλάστες τύπου «σ» και «δ». Η φορά διάτμησης είναι δεξιόστροφη (προς Νότο).

### 8.3 Συνέπειες της ρηγμάτωσης σε γεωλογικές ή στρωματογραφικές ενότητες

Τα ρήγματα τέμνουν και μετακινούν τις στρωματογραφικές ακολουθίες, φέρνοντας σε επαφή διαφορετικούς στρωματογραφικούς ορίζοντες. Οι επωθήσεις μετακινούν, για δεκάδες ή και εκατοντάδες χιλιόμετρα, τεκτονικές ενότητες πάνω σε άλλες ενότητες, με εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά. Είναι προφανές, λοιπόν, ότι η επαφή ανάμεσα σε δύο στρώματα ή γεωλογικούς σχηματισμούς ή γεωλογικές ενότητες, που, υπό κανονικές συνθήκες, δεν θα έπρεπε να βρίσκονται μαζί, αποτελούν βασικό κριτήριο και ένδειξη για την ύπαρξη ρήγματος. Πιο αναλυτικά, τέτοιου τύπου ενδείξεις περιλαμβάνουν:

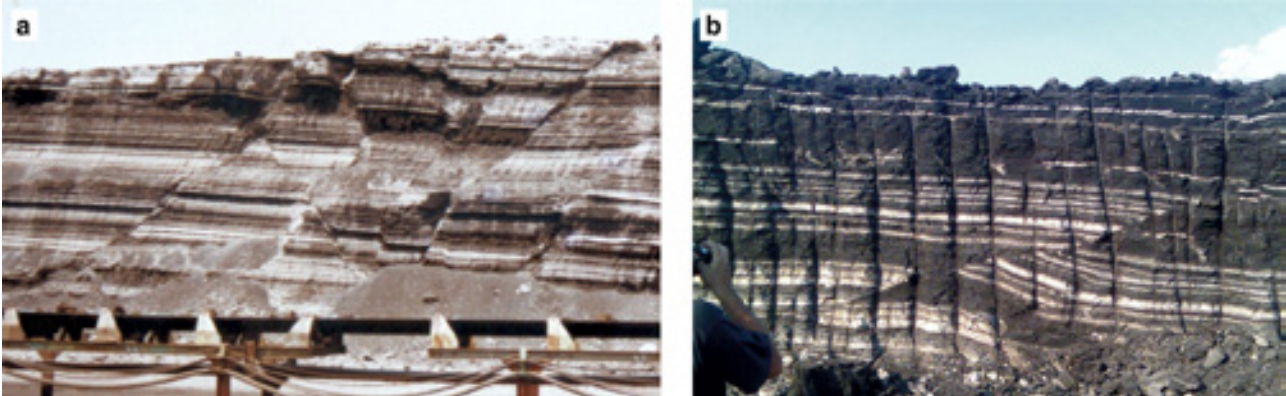
- Απότομη **διακοπή** και **μετατόπιση** της **στρώσης** μιας συνεχούς γεωλογικής ακολουθίας. Στην περίπτωση αυτή διαφορετικής ηλικίας ορίζοντες έρχονται «δίπλα-δίπλα».
- **Επαφές στρωμάτων** και γεωλογικών ενότητων **που δεν θα έπρεπε να βρίσκονται μαζί**, όπως π.χ. νηριτικές με πελαγικές ακολουθίες, μεταμορφωμένες με μη μεταμορφωμένες ενότητες, οφιολιθικά πετρώματα με νηριτικά ιζήματα κ.λπ.
- **Επανάληψη** ή **παράλειψη στρωμάτων** σε μια γνωστή στρωματογραφική ακολουθία, τόσο σε τομές στην ύπαιθρο, όσο και σε στοιχεία από γεωτρήσεις.

Χρειάζεται μεγάλη προσοχή, γιατί ορισμένες από τις περιπτώσεις, που περιγράφονται παραπάνω, μπορεί να οφείλονται σε άλλες δομές, όπως ασυμφωνίες, ισοκλινείς πτυχές ή διεισδύσεις εκρηξιγενών σωμάτων. Πρέπει να αξιολογούμε όλα τα διαθέσιμα στοιχεία, ώστε να καταλήγουμε στη σωστή ερμηνεία.

Η μετατόπιση κατά μήκος ρηγμάτων τοποθετεί πετρώματα το ένα δίπλα στο άλλο, τα οποία συνήθως δεν βρίσκονται μαζί (ή κοντά) στις αδιατάρακτες ακολουθίες στρωμάτων. Το αποτέλεσμα αυτής της ασυνέχειας μας προσφέρει μια από τις καλύτερες αποδείξεις για την παρουσία ενός ρήγματος. Η διακοπή της συνέχειας ή η μετατόπιση ενός συνεχούς γεωλογικού στοιχείου, όπως για παράδειγμα της στρώσης, μπορεί να υποδηλώνει την παρουσία ενός ρήγματος (Εικ. 8.5). Η επανάληψη στρωμάτων ή η παράλειψη (μη εμφάνιση) στρωμάτων σε μια γνωστή στρωματογραφική ακολουθία αποτελεί μια άλλη πιθανή ένδειξη παρουσίας ρήγματος.



Το κριτήριο αυτό είναι εξαιρετικά σημαντικό και στην υπόγεια γεωλογία, όπου συχνά τα μόνα στοιχεία που έχουμε στη διάθεσή μας προέρχονται από πυρήνες γεωτρήσεων. Στις Εικ. 8.5.a&b βλέπουμε εγκάρσιες τομές σε οριζόντια λιγνιτοφόρα στρώματα όπου στους πυρήνες των ερευνητικών γεωτρήσεων μπορούμε να διαπιστώσουμε την απουσία ή επανάληψη ενός συγκεκριμένου οριζόντια και κατά συνέπεια να συμπεράνουμε την παρουσία ενός κανονικού ή ανάστροφου ρήγματος. Αν έχουμε αρκετές τέτοιες πληροφορίες από πυρήνες γεωτρήσεων είναι δυνατόν να χαρτογραφήσουμε ένα ρήγμα.



**Εικόνα 8.5** Η απότομη διακοπή και μετάθεση της στρώσης, αλλά και η επανάληψη ή παράλειψη στρωμάτων, οφείλεται στην πλειονότητα των περιπτώσεων σε ρήγματα, είτε κανονικού χαρακτήρα (αριστερή φωτογραφία) είτε επωθητικού χαρακτήρα (δεξιά φωτογραφία).

Πολύ συχνά βρίσκουμε σε επαφή (με μεγάλη ή μικρή κλίση και σχέση υπερκείμενο-υποκείμενο) σχηματισμούς οι οποίοι έχουν δημιουργηθεί σε εντελώς διαφορετικό γεωτεκτονικό περιβάλλον και ως εκ τούτου η επαφή τους μπορεί να ερμηνευθεί μόνο με ρήγμα, που προϋποθέτει μάλιστα και μεγάλης κλίμακας μετακινήσεις. Ο κινηματικός χαρακτήρας μπορεί να είναι επωθητικός ή κανονικός (αποκόλληση). Για παράδειγμα στην Εικ. 8.6 έρχονται σε επαφή ανθρακικά νηριτικά πετρώματα τριαδικο-ιουρασικής ηλικίας, που έχουν σχηματισθεί σε ένα αβαθές θαλάσσιο περιβάλλον, με πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος, που έχουν σχηματισθεί σε μια μεσο-ωκεάνια ράχη στο βάθος ενός ωκεανού. Είναι προφανές ότι η επαφή τους θα χαρακτηρίζει μια μεγάλης κλίμακας μετακίνηση, που μπορεί να έχει αποκλειστικά επωθητικό ή κανονικό χαρακτήρα ή μια πιο σύνθετη εξέλιξη με την επιφάνεια να έχει λειτουργήσει αρχικά σαν επώθηση (σε καθεστώς βράχυνσης) και μεταγενέστερα σαν αποκόλληση (σε καθεστώς έκτασης).

Άλλο παράδειγμα αποτελεί αυτό της Εικ. 8.7, όπου σε μια συνεχή στρωματογραφική ακολουθία, που αποτελείται από νηριτικούς ασβεστολίθους ηωκαινικής ηλικίας στη βάση και υπερκείμενο φλύσχη στην οροφή (ενότητα «Τρίπολης»), επικάθονται πελαγικοί ασβεστολίθοι ανω-κρητιδικής ηλικίας. Δηλαδή παλαιότερης ηλικίας πετρώματα κάθονται πάνω σε νεότερης ηλικίας και διαφορετικής φάσης σχηματισμούς. Η επαφή μπορεί να ερμηνευθεί μόνο με επωθητικό ρήγμα (ή επωθητικό που στη συνέχεια μπορεί να έχει δραστηριοποιηθεί ως κανονικό μικρής κλίσης ρήγμα, δηλαδή αποκόλληση), που προϋποθέτει και μεγάλης (χιλιομετρικής) κλίμακας μετακινήσεις.

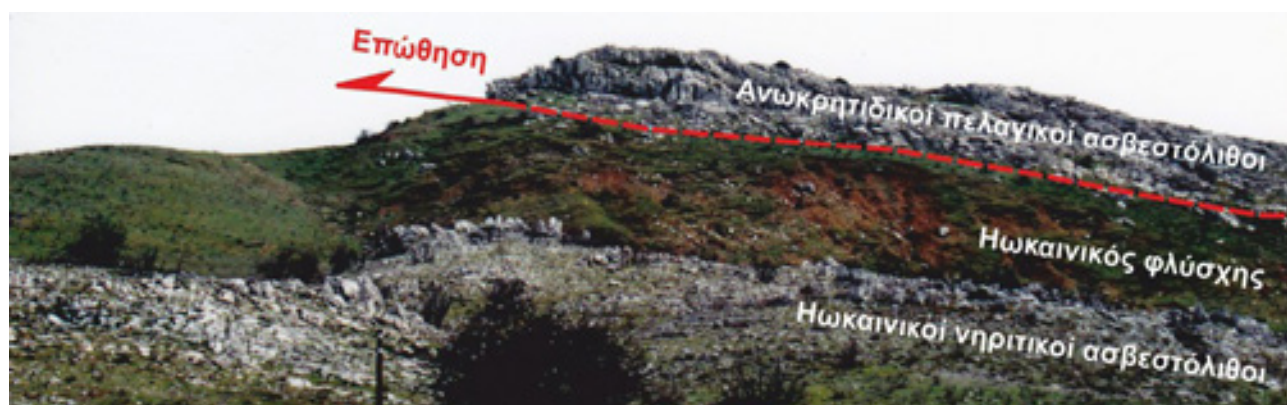
Η παρουσία τεκτονικών ίππων και διδύμων (horses and duplexes), με ανάστροφο ή κανονικό χαρακτήρα, κατά μήκος μιας ασυνέχειας αποτελεί καθαρή απόδειξη παρουσίας ρήγματος (Εικ. 8.8). Οι τεκτονικοί ίπποι είναι όγκοι πετρώματος που οριοθετούνται από όλες τις πλευρές τους από ρήγματα. Έχουν αποκοπεί είτε από το υποκείμενο είτε από το υπερκείμενο τέμαχος του ρήγματος και έχουν μετατοπισθεί σε σημαντική απόσταση από την αρχική τους θέση. Έτσι, μπορεί να παρουσιάζονται σαφέστατα έξω από τη στρωματογραφική τους θέση. Αν η τοπική στρωματογραφία είναι γνωστή, η αναγνώριση της αρχικής στρωματογραφικής θέσης των πετρωμάτων ενός τεκτονικού ίππου μπορεί να μας καθορίσει τη διεύθυνση και το μέγεθος της κίνησης. Σε περιοχές όπου τεκτονικοί ίπποι διαχωρίζουν δύο παρόμοιους τύπους πετρώματος, ένας τεκτονικός ίππος με διαφορετική λιθολογία μπορεί να αποτελεί τη μόνη παρατηρήσιμη απόδειξη ενός ρήγματος. Στην Εικ. 8.8 παρουσιάζεται η δομή από τρεις διαδοχικούς ίππους (με κλίση γύρω στις 40°), σε πελαγικούς σχηματισμούς της ενότητας της Πίνδου που στη βάση ριζώνουν σε μια σχεδόν οριζόντια επιφάνεια επώθησης (δεν φαίνεται στη φωτογραφία), ενώ η αντίστοιχης γεωμετρίας επιφάνεια, που υπήρχε στην οροφή των ίππων, έχει διαβρωθεί.

Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή με τη χρήση των κριτηρίων αυτών, δεδομένου ότι εκτός από την ερμηνεία του ρήγματος υπάρχουν και άλλες ερμηνείες που θα μπορούσαν να δοθούν. Για παράδειγμα, μια στρωματογραφική ασυνέχεια ή μετακίνηση της στρώσης, μπορεί να οφείλεται και σε μια ασυμφωνία (Εικ. 8.9) ή μια

διείσδυση εκρηξιγενούς σώματος. Έτσι, είναι πολύ σημαντικό να μπορούμε να ξεχωρίσουμε τέτοιες περιπτώσεις από παρόμοια αποτελέσματα που οφείλονται σε ρήγματα. Χαρακτηριστικά στοιχεία που υποδηλώνουν την παρουσία ασυμφωνιών, αποτελούν οι εδαφικοί ορίζοντες, τα κανάλια διάβρωσης, τα κροκαλοπαγή βάσης, και η παράλληλη ή σχεδόν παράλληλη, τοποθέτηση των στρωμάτων της πάνω σειράς στρωμάτων με την επιφάνεια της ασυμφωνίας. Επίσης, ευδιάκριτα χαρακτηριστικά ανώμαλης επαφής η οποία έχει προέλθει από διείσδυση εκρηξιγενούς πετρώματος, αποτελούν η μεταμόρφωση επαφής στα γειτονικά πετρώματα, τα θραύσματα από τα περιβάλλοντα πετρώματα που είναι εγκλεισμένα μέσα στη διείσδυση (ξενόλιθοι) και οι φλέβες του εκρηξιγενούς πετρώματος που εκφύονται από το εκρηξιγενές σώμα και διεισδύουν στο περιβάλλον πέτρωμα κοντά στη διείσδυση.



**Εικόνα 8.6** Η επαφή ανάμεσα σε ανθρακικά νηριτικά πετρώματα (Κ) και ηφαιστειακά πετρώματα ωκεάνιου φλοιού (Ορη, οφιόλιθοι), δεν μπορεί να ερμηνευθεί παρά μόνο με τεκτονική επαφή, δηλαδή επωθητικό ή κανονικό ρήγμα. Διακρίνεται, επίσης, η κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος (slickenside) και τα τεκτονικά λατυποπαγή (fault breccia), που απλά επιβεβαιώνουν την ύπαρξή του. Από άσκηση υπαίθρου των φοιτητών, στα ανάκτι του οικισμού Ύπατο, ΝΑ της Θήβας.



**Εικόνα 8.7** Παλαιότερης ηλικίας πελαγικοί ασβεστόλιθοι της ενότητας της Πίνδου επικάθονται στους νεότερης ηλικίας σχηματισμούς της (νηριτικής) ενότητας της Τρίπολης. Άρα η επαφή είναι τεκτονική (επώθηση).

Το ίδιο ακριβώς ισχύει και για την περίπτωση των γεωτρήσεων, όπου θα πρέπει να σημειωθεί ότι είναι σημαντική η επιβεβαίωση ότι η παράλειψη ενός ορίζοντα δεν οφείλεται σε ασυμφωνία ή ότι η επανάληψη ενός ορίζοντα δεν οφείλεται στην αλλαγή των φάσεων που σχετίζονται με εναλλαγές επικλήσεων και αποσύρσεων. Η διάκριση στις περιπτώσεις αυτές μεταξύ παρουσίας ρηγμάτων και αλλαγών φάσεων μπορεί να μην είναι πάντοτε σαφής, και ως εκ τούτου, μια εσφαλμένη ερμηνεία μπορεί να οδηγήσει σε θεαματικά γεωλογικά σφάλματα.



**Εικόνα 8.8** Οι ίπποι και τα δίδυμα αποτελούν βασικές ενδείξεις της παρουσίας επωθητικών ρηγμάτων. Δομή από τρεις διαδοχικούς ίππους, σε πελαγικούς σχηματισμούς της ενότητας της Πίνδου, στην ορεινή περιοχή των Αγράφων.



**Εικόνα 8.9** Μια στρωματογραφική ασυνέχεια ή απότομη διακοπή της στρώσης δεν είναι απαραίτητο να οφείλεται πάντα σε ρήγμα, όπως στη συγκεκριμένη φωτογραφία που παρουσιάζει τις ιδιαίτερες στρωματογραφικές συνθήκες ενός δελταϊκού περιβάλλοντος απόθεσης, με πρωτογενείς κλίσεις και εσωτερικές ασυμφωνίες (νεογενείς σχηματισμοί στην ορεινή περιοχή της Βόρειας Πελοποννήσου, νότια από το Ξυλόκαστρο).

## 8.4 Μορφοτεκτονικές εκφράσεις των ρηγμάτων

Συχνά τα ρήγματα έχουν σημαντικές επιπτώσεις στα φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής, με ανάπτυξη συγκεκριμένων μορφοτεκτονικών δομών. Πολλά ενεργά ή ανενεργά ρήγματα δηλώνουν την παρουσία τους με τα αποτελέσματα της δράσης τους πάνω στη μορφολογία, στο υδρογραφικό δίκτυο και στη ροή των υπογείων υδάτων. Η παρατήρηση των αποτελεσμάτων αυτών και κατά συνέπεια ο εντοπισμός ενός

ρήγματος, βοηθάει πολύ στη γεωλογική χαρτογράφηση. Σε ό,τι αφορά στις κυριότερες, τέτοιου τύπου, μορφοτεκτονικές δομές μπορούν να αναφερθούν τα ακόλουθα:

- Οι κρημνοί (scarps) συνιστούν γραμμικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα της μορφολογίας του εδάφους, κατά μήκος των οποίων η τοπογραφική κλίση έχει μεγάλες τιμές. Αυτοί κατά κανόνα υποδηλώνουν την παρουσία ρηγμάτων και μπορεί να συνδέονται τόσο με κανονικού χαρακτήρα, όσο και με επωθητικά ρήγματα. Διακρίνουμε τις ακόλουθες δύο περιπτώσεις:
- Κρημνοί ενεργών ρηγμάτων (fault scarps). Τα ενεργά ρήγματα δημιουργούν μια μορφολογική ασυνέχεια, έναν κρημό, κατά μήκος του ρήγματος, λόγω της διαρκούς ανόδου του υποκειμένου τεμάχους, από τις επαναδραστηριοποιήσεις του ρήγματος. Ο κρημός αυτός συνοδεύεται από σημαντικό πάχος πλευρικά κορήματα, ενώ παρατηρείται και έντονη κατά βάθος διάβρωση (κατά μήκος ρεμάτων, που σχηματίζουν έντονα φαράγγια, με διεύθυνση εγκάρσια στο ρήγμα) στο ανερχόμενο ρηξιτέμαχος, με αποτέλεσμα ο κρημός να διαχωρίζεται σε διαδοχικές τριγωνικές επιφάνειες (triangular facets).
- Κρημνοί από διαφορετική διάβρωση κατά μήκος ρηγμάτων (fault line scarps). Στην περίπτωση αυτή πρόκειται για ανενεργά ρήγματα, τα οποία φέρνουν σε επαφή έναν σκληρό με έναν μαλακό γεωλογικό σχηματισμό. Η μορφολογική ασυνέχεια, ο κρημός δηλαδή, δημιουργείται λόγω της διαφορετικής διάβρωσης (σκληρό/μαλακό) και όχι λόγω της δράσης του ρήγματος, όπως στην προηγούμενη περίπτωση. Άλλη μια σημαντική διαφορά είναι ότι στην περίπτωση αυτή υπάρχει, ελάχιστη ή καθόλου, ανάπτυξη πλευρικών κορημάτων.
- Μετατόπιση μορφολογικών στοιχείων, όπως ράχες, κοιλάδες, ποτάμια, ρέματα κ.λπ. Οι πιο εντυπωσιακές περιπτώσεις αφορούν την οριζόντια μετατόπιση των μορφολογικών δομών, που παρατηρείται κυρίως κατά μήκος ρηγμάτων με σημαντική οριζόντια ολίσθηση. Αντίθετα, κατακόρυφες κλιμακωτές μεταβολές στις κοίτες των ποταμών, είναι λιγότερο εντυπωσιακές, αλλά μπορεί να σχετίζονται με εγκάρσια ρήγματα με ολίσθηση κατά κλίση, αν δεν σχετίζονται με την αντοχή των πετρωμάτων στη διάβρωση (σκληρό/μαλακό).

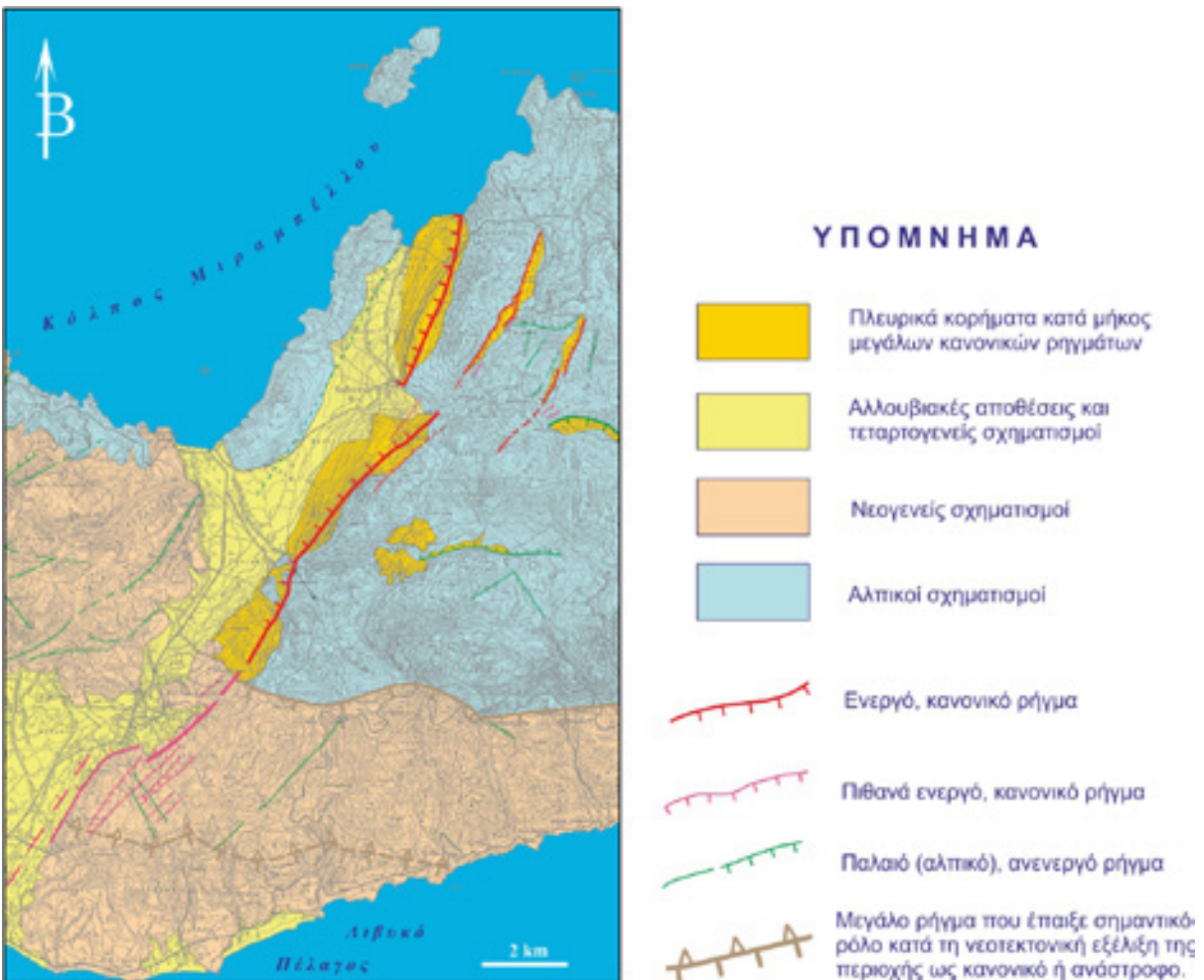
Για παράδειγμα στη φωτογραφία της Εικ. 8.10 παρουσιάζεται ο εντυπωσιακός κρημός (fault-scarp), της τάξης εκατοντάδων μέτρων, που έχει δημιουργήσει το ενεργό κανονικό ρήγμα του Καβουσίου (διάυλος Ιεράπετρας – Παχιάς Άμμου στην ανατολική Κρήτη). Το υποκείμενο (foot-wall), ανερχόμενο τέμαχος αποτελείται από μάρμαρα (Mr) και το υπερκείμενο (hanging wall) και κατερχόμενο από πλειο-τεταρτογενούς ηλικίας κλαστικούς σχηματισμούς (το τμήμα της φωτογραφίας που είναι καλλιεργημένο με ελαιόδενδρα). Είναι χαρακτηριστική η συγκέντρωση πολλών δεκάδων μέτρων κορημάτων (Sc), αλλά και η έντονη κατά βάθος διάβρωση στο ανερχόμενο τέμαχος (εγκάρσια στο ρήγμα), που υποδηλώνεται από το εντυπωσιακό φαράγγι του Χα, (στο μέσο της φωτογραφίας). Κατά θέσεις αποκαλύπτεται και η κατοπτρική επιφάνεια (slickenside ή fault surface) του ρήγματος (σημειώνεται με κόκκινο βέλος). Στην Εικ. 8.11, παρουσιάζεται σε άποψη χάρτη το σύνολο της ρηξιγενούς ζώνης του Καβουσίου, που αποτελείται από τρία επιμέρους ενεργά ρήγματα, που με διεύθυνση BBA-NNΔ διασχίζουν ολόκληρη την Ανατολική Κρήτη.

Στην Εικ. 8.12 παρουσιάζεται η μεγάλη ρηξιγενής ζώνη του δυτικού περιθωρίου της τεκτονικής λεκάνης (graben) της Σπάρτης, που την οριοθετεί το μεγάλο τεκτονικό κέρασ (horst) του Ταΰγετου, όπως φαίνεται από τη δορυφορική εικόνα του Google Earth. Ο εντυπωσιακός κρημός του ενεργού ρήγματος (fault scarp), διακόπτεται από την έντονη κατά βάθος διάβρωση (linear erosion), που αναπτύσσεται εγκάρσια στη ρηξιγενή ζώνη λόγω της μεγάλης ανόδου του υποκειμένου ρηξιτεμάχους (footwall), σχηματίζοντας χαρακτηριστικές τριγωνικές επιφάνειες στο μέτωπο του ρήγματος (triangular facets). Στην Εικ. 8.13 παρουσιάζεται ο κρημός του ενεργού ρήγματος του Καπαρελλίου, τμήμα του οποίου επαναδραστηριοποιήθηκε με τους σεισμούς του 1981. Ο κρημός έχει δημιουργηθεί σε ανθρακικά πετρώματα και στη βάση του συγκεντρώνονται πλευρικά κορήματα. Η τάφος, που έχει διανοιχθεί στα κορήματα, είναι για ερευνητικούς σκοπούς, για παλαιο-σεισμολογικές έρευνες (trenching), προκειμένου να χρονολογηθούν οι φάσεις επαναδραστηριοποίησης του ρήγματος.

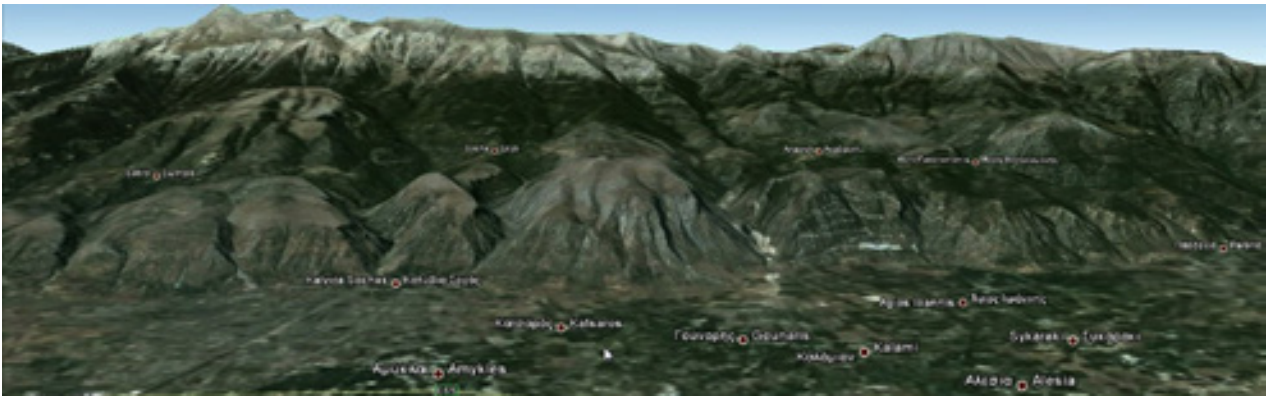
Περνώντας τώρα στους κρημούς από διαφορετική διάβρωση, το ρήγμα είναι πλέον ανενεργό και η αναγνώρισή του γίνεται, από το μορφολογικό δόντι (ασυνέχεια), που αναπτύσσεται λόγω της διαφορετικής διάβρωσης ανάμεσα στο σκληρό και στο μαλακό πέτρωμα, που το ρήγμα φέρνει σε επαφή. Σε κάθε τέτοια περίπτωση απαιτούνται επιπρόσθετα στοιχεία για τον χαρακτηρισμό της επαφής ως ρήγμα, γιατί μπορεί και σε μια κανονική επαφή (μετάβαση ή ασυμφωνία) να παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο της διαφορετικής διάβρωσης και δημιουργίας μορφολογικής ασυνέχειας, όταν η επαφή χωρίζει ένα σκληρό από ένα μαλακό πέτρωμα. Τα επιπλέον στοιχεία μπορεί να είναι η ύπαρξη εγγενών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τα ρήγματα, ηλικιακό χάσμα που δεν ερμηνεύεται με ασυμφωνία, διαφορετική γεωμετρία της στρώσης εκατέρωθεν της επαφής κ.λπ.



**Εικόνα 8.10** Χαρακτηριστικό κρημνός ενεργού ρήγματος του Μοναστηρακίου (από τη ρηξιγενή ζώνη Καβουσίου - Ιεράπετρας) βόρεια από την Ιεράπετρα, που χαρακτηρίζεται από έντονη μορφολογική ασυνέχεια, παρουσία πλευρικών κορημάτων (Sc) και έντονη κατά βάθος διάβρωση στο ανερχόμενο ρηξιτέμαχος.



**Εικόνα 8.11** Χαρτογραφική απεικόνιση της μεγάλης ενεργού ρηξιγενούς ζώνης Καβουσίου - Ιεράπετρας, που τέμνει την Ανατολική Κρήτη από το Κρητικό μέχρι το Λιβυκό πέλαγος (χάρτης από Σ. Γ. Λόζιο).



**Εικόνα 8.12** Ο χαρακτηριστικός κρημνός του ενεργού ρήγματος της Σπάρτης συνοδεύεται από έντονη κατά βάθος διάβρωση και δημιουργία των χαρακτηριστικών τριγωνικών επιφανειών (triangular facets). Εικόνα από το Google Earth.



**Εικόνα 8.13** Διάνοιξη τάφρου για παλαιο-σεισμολογικές έρευνες, στα πλευρικά κορήματα του ενεργού ρήγματος του Καπαρελλίου.

Προφανώς, το ανενεργό ρήγμα μπορεί να είναι σχεδόν οριζόντιο ή να έχει μεγάλη κλίση. Για παράδειγμα, στην Εικ. 8.14 βλέπουμε ανθρακικούς σχηματισμούς να υπέρκεινται σε ένα κλαστικό μαλακό σχηματισμό, με την επαφή να είναι σχεδόν οριζόντια. Ο ανθρακικός σχηματισμός αντιστοιχεί σε τριαδικό-ιουρασικής ηλικίας νηριτικούς ασβεστολίθους της Υποπελαγονικής ενότητας και ο φλύσχος στην ενότητα της Τρίπολης. Κατά μήκος της επαφής δημιουργείται μια μορφολογική ασυνέχεια, λόγω της διαφορετικής διάβρωσης. Αντίστοιχα στη φωτογραφία της Εικ. 8.15 παρατηρούμε ένα μορφολογικό δόντι που αναπτύσσεται ανάμεσα στους νηριτικούς ηοκαινικούς ασβεστολίθους της Τρίπολης, με τον φλύσχη της ίδιας ενότητας. Προφανώς δεν αρκεί η μορφολογική ασυνέχεια για να χαρακτηρίσουμε την επαφή ως ρήγμα, γιατί η συγκεκριμένη επαφή θα μπορούσε να είναι κανονική. Όμως υπάρχουν διαβρωμένες κατοπτρικές επιφάνειες και η γεωμετρία της στρώσης στον φλύσχη δεν είναι ίδια με τη γεωμετρία της επαφής. Μάλιστα, στη συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρούμε ότι δεν πρόκειται για ένα ρήγμα, αλλά για περισσότερα μικρά ρήγματα με διαφορετική διεύθυνση και κλίση γύρω στις 45°-50°, που τέμνονται (πιθανά πρόκειται για κανονικού χαρακτήρα παλαιά συνιζηματογενή ρήγματα). Για να δημιουργηθεί μορφολογική ασυνέχεια δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει έντονη λιθολογική διαφορά. Πολλές φορές, ο κατακλαστικός χαρακτήρας των πετρωμάτων εκατέρωθεν του ρήγματος δημιουργεί μια ζώνη με μειωμένα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά, που διαβρώνεται πιο εύκολα και δημιουργεί την ασυνέχεια. Για παράδειγμα στην Εικ. 8.16, παράλληλα με το μορφολογικό δόντι αναπτύσσεται μια υπο-οριζόντια και ελαφρά αναθλωμένη τεκτονική επιφάνεια, που φέρνει σε επαφή ανθρακικούς σχηματισμούς και συγκεκριμένα τα μάρμαρα της ενότητας Υμηττού (υπερκείμενα) με τους δολομίτες της ενότητας Βάρης – Κύρου Πήρα (Αττική). Ο δολομίτης διαβρώνεται πιο εύκολα, αλλά και η παρουσία μιας τεκτονισμένης κατακλαστικής ζώνης, πάχους αρκετών μέτρων, κατά μήκος της επαφής, οδηγεί στη δημιουργία της μορφολογικής ασυνέχειας από διαφορετική διάβρωση.



**Εικόνα 8.14** Η μορφολογική ασυνέχεια που παρατηρείται στη φωτογραφία οφείλεται στη διαφορετική διάβρωση ανάμεσα στους υπερκείμενους νηριτικούς ασβεστολίθους της Υποπελαγονικής και τον υποκείμενο φλύσχη της Τρίπολης. Η γεωμετρία της επαφής είναι σχεδόν οριζόντια.



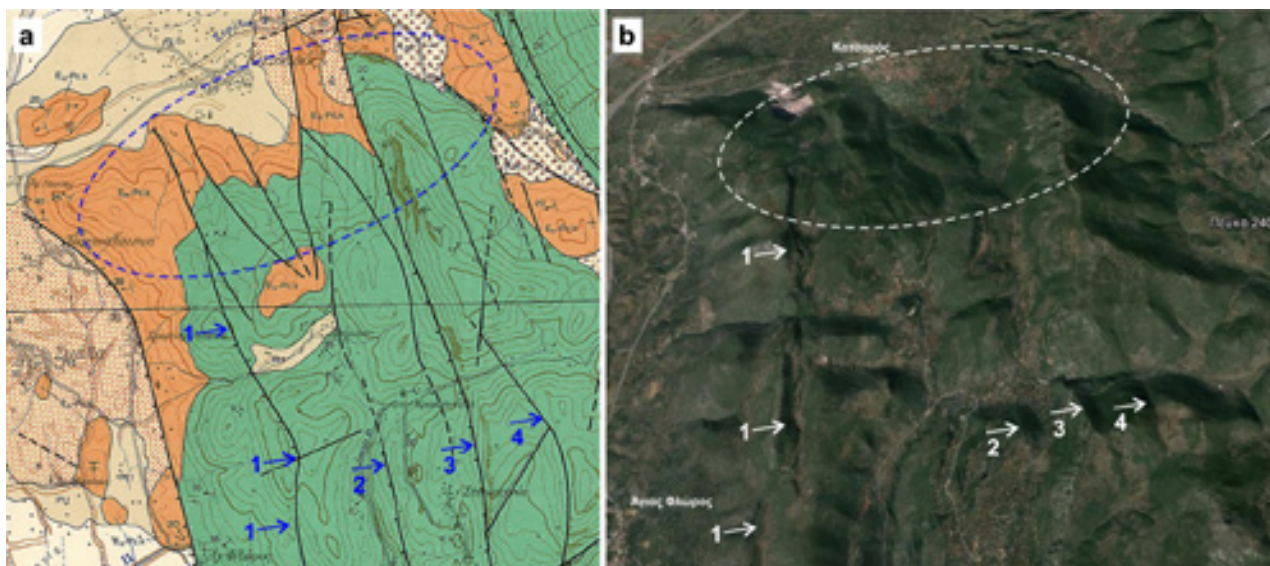
**Εικόνα 8.15** Κανονικά (συνιζηματογενή;) ρήγματα με διαφορετικές διευθύνσεις αποτελούν το όριο ανάμεσα στους ηωκαινικούς ασβεστολίθους και τον φλύσχη της Τρίπολης, δημιουργώντας μια μορφολογική ασυνέχεια από διαφορετική διάβρωση.



**Εικόνα 8.16** Μορφολογική ασυνέχεια λόγω διαφορετικής διάβρωσης, ανάμεσα στα υπερκείμενα μάρμαρα του Ψηττού και τους υποκείμενους δολομίτες της Βάρης, με μια σημαντικού πάχους κατακλαστική ζώνη να παρεμβάλλεται ανάμεσά τους.

Πολύ συχνά στους γεωλογικούς χάρτες, παρατηρούμε να υπάρχουν ρήγματα που περιορίζονται μέσα στον ίδιο σχηματισμό ή ρήγματα που διαχωρίζουν ίδιες λιθολογίας, αλλά διαφορετικής ηλικίας σχηματισμούς, που ανήκουν στην ίδια γεωτεκτονική ενότητα. Στην πρώτη περίπτωση, υφίστανται κυρίως μορφολογικές ενδείξεις, δηλαδή μια μικρή, γραμμικής διάταξης, μορφολογική ασυνέχεια, που είναι διακριτή είτε στην ύπαιθρο είτε από τις δορυφορικές εικόνες και αεροφωτογραφίες. Στη δεύτερη περίπτωση μπορεί να μην υφίσταται καν μορφολογική ένδειξη, αλλά η μετακίνηση και μετάθεση μια κανονικής επαφής, είναι, στην περίπτωση αυτή, η ένδειξη για την ύπαρξη ρήματος. Για παράδειγμα στις Εικ. 8.17.a&b παρουσιάζεται ένα απόσπασμα από τον Γεωλογικό Χάρτη του ΙΓΜΕ φύλλο «Καλαμάτα» (Ψώνης, 1986) και η αντίστοιχη εικόνα από το Google Earth. Το ρήγμα με αριθμό «1» δημιουργεί μια ξεκάθαρη μορφολογική ανωμαλία σε όλο του σχεδόν το μήκος και έτσι γίνεται αντιληπτό, δεδομένου ότι περιορίζεται σε έναν μόνο σχηματισμό. Τα ρήγματα «2», «3» και

«4» εκφράζουν σε πολύ μικρότερο βαθμό μια μορφολογική ανωμαλία, που περιορίζεται στο νότιο τμήμα. Αντίθετα, βορειότερα (στην περιοχή που σημειώνεται με την έλλειψη), τόσο τα ρήγματα αυτά, όσο και άλλα μικρότερα και παράλληλα δεν γίνονται αντιληπτά τόσο από τη μορφολογική ανωμαλία που προξενούν, αλλά από τη μετάθεση που προξενούν στην κανονική επαφή ανάμεσα στους κρητιδικούς (K.k με πράσινο χρώμα) και τους παλαιοκαινικούς-ηωκαινικούς (Em-Pc.k με πορτοκαλί χρώμα) ασβεστολίθους της Τρίπολης.



**Εικόνα 8.17** Τα ρήγματα σε έναν γεωλογικό χάρτη, που περιορίζονται μέσα σε έναν σχηματισμό ή σε ίδιες λιθολογίες, γίνονται αντιληπτά, είτε από τη μορφολογική ανωμαλία που προξενούν στο ανάγλυφο είτε από τη μετάθεση που προκαλούν στις κανονικές επαφές (ο χάρτης είναι απόσπασμα από το φύλλο «Καλαμάτα» του ΙΓΜΕ και δίπλα η ίδια περιοχή από εικόνα του Google Earth).

Μια τελευταία περίπτωση τεκτονικής επαφής, που μπορεί (για τους αρχάριους εννοείται) να περάσει απαρατήρητη στην ύπαιθρο, είναι η περίπτωση των ζωνών διάτμησης (shear zones), που αντιπροσωπεύουν ρήγματα που έχουν δημιουργηθεί σε συνθήκες μέσου και κατώτερου φλοιού (συνθήκες μεταμόρφωσης και πλαστικής ή πλαστικο-θραυσιγενούς τύπου παραμόρφωσης). Οι ζώνες αυτές έχουν συνήθως αρκετό πάχος και διαμορφώνουν έναν ολόκληρο λιθολογικό ορίζοντα με έντονα χαρακτηριστικά μυλονιτικής παραμόρφωσης. Για παράδειγμα, στη φωτογραφία της Εικ. 8.18 από την περιοχή του Λαυρίου, η πρώτη ανάγνωση δείχνει έναν ορίζοντα μαρμάρου να παρεμβάλλεται ανάμεσα σε δύο σχιστολιθικούς ορίζοντες. Σύμφωνα με τις επικρατούσες μέχρι σήμερα απόψεις για τη γεωλογική δομή της περιοχής, ο υποκείμενος σχιστολιθικός ορίζοντας αντιστοιχεί στους Σχιστολίθους Καμάριζας (Καισαριανής), ο ορίζοντας μαρμάρου στο Ανώτερο Μάρμαρο (επαφή κανονική, μετάβαση) και οι υπερκείμενοι αλλόχθονοι σχιστόλιθοι του Λαυρίου, που κάθονται με τεκτονική επαφή (θραυσιγενούς χαρακτήρα, που έχει δημιουργηθεί στο ανώτερο τμήμα του φλοιού) στο Ανώτερο Μάρμαρο. Οι πιο πρόσφατες έρευνες, όμως, έχουν δείξει ότι ολόκληρος ο ορίζοντας του Ανώτερου Μαρμάρου, αποτελεί έναν υπερμυλονιτικό ορίζοντα (βλπ. μικρή ένθετη φωτογραφία της Εικ. 8.18 και Εικ. 8.4), γνωστό με το όνομα Ζώνη αποκόλλησης Νότιας Αττικής (South Attica Detachment), που ανήκει στο Σύστημα Αποκολλήσεων Δυτικών Κυκλάδων (West Cycladic Detachment System – WCDS) στην περιοχή της Νότιας Αττικής (Lekkas et al., 2010, Lekkas et al., 2011), ενός σημαντικού ρήγματος αποκόλλησης σε κλίμακα φλοιού, που είναι υπεύθυνο για την άνοδο μεταμορφωμένων πετρωμάτων των Δυτικών Κυκλάδων και της Αττικής, από τον κατώτερο-μέσο φλοιό στην επιφάνεια (Iglseider et al., 2011; Grasemann et al., 2012).

## 8.5 Κινηματικά κριτήρια ρηγμάτων

Μετά τον εντοπισμό ενός ρήγματος στην ύπαιθρο, τον γεωλόγο-χαρτογράφο απασχολεί η αναγνώριση των κινηματικών χαρακτηριστικών του, δηλαδή της διεύθυνσης και της φοράς κίνησης, προκειμένου να χαρακτηρίσει το ρήγμα ως **κανονικό** ή **ανάστροφο**. Όπως είναι γνωστό, το συνολικό άνυσμα της μετατόπισης (ολίσθησης) ενός ρήγματος μπορώ να το προσδιορίσω μόνο όταν γνωρίζω δύο σημεία που πριν τη διάρρηξη συνέπιπταν. Τέτοια σημεία για παράδειγμα μπορεί να είναι διαρρηγμένοι άξονες πτυχών ή άλλες γραμμικές



δομές που διατέμνονται με τη ρηξιγενή επιφάνεια. Δυστυχώς τέτοια στοιχεία είναι σχετικά σπάνια. Στις περισσότερες περιπτώσεις ήμαστε ευχαριστημένοι αν μπορούμε να συσχετίσουμε διαρρηγμένα στρώματα ή σεισμικούς ανακλαστήρες, αν πρόκειται για σεισμικές τομές.



**Εικόνα 8.18** Ο ορίζοντας του Ανώτερου Μαρμάρου στην περιοχή του Λαυρίου, σύμφωνα με τα νεότερα δεδομένα, αντιπροσωπεύει μια σημαντική, υπερμυλωνιτικού χαρακτήρα, ζώνη διάτμησης σε κλίμακα φλοιού, γνωστή με το όνομα Ζώνη Αποκόλλησης Νότιας Αττικής, που αποτελεί τμήμα του WCDS (West Cycladic Detachment System) και είναι υπεύθυνη για την άνοδο των μεταμορφωμένων πετρωμάτων από τον κατώτερο-μέσο φλοιό στην επιφάνεια.

Στην περίπτωση που η ρηξιγενής επιφάνεια είναι αποκαλυμμένη, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις **γραμμώσεις (lineations)** που αναπτύσσονται συνήθως πάνω στη ρηξιγενή επιφάνεια, για να υπολογίσουμε τον προσανατολισμό και το μήκος του άνυσματος της μετατόπισης. Δυστυχώς όμως αυτές οι γραμμώσεις μας δείχνουν μόνο τη **διεύθυνση της κίνησης** και όχι τη φορά. Ταυτόχρονα δεν αποκαλύπτουν παρά μόνο το τελευταίο στάδιο της ιστορίας της παραμόρφωσης, δηλαδή της ολίσθησης του ρήγματος, δεδομένου ότι πιθανές παλαιότερες γραμμώσεις, που σχετίζονται με παλαιότερα γεγονότα ολίσθησης, είτε είναι δυσδιάκριτες είτε έχουν επικαλυφθεί. Άρα λοιπόν είναι λίγες οι περιπτώσεις, που μπορούμε με προσεκτική εργασία στην επιφάνεια του ρήγματος, να εντοπίσουμε και να προσδιορίσουμε επικαλυπτόμενες γραμμώσεις και άρα περισσότερα στοιχεία για την κινηματική του ιστορία.

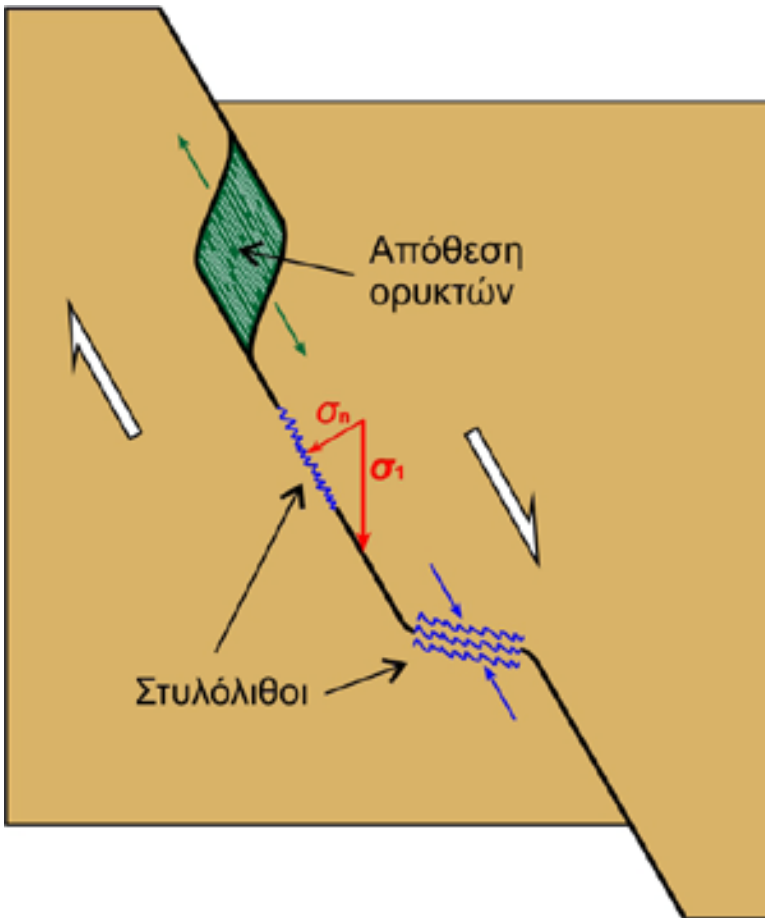
Πέρα όμως από τα στοιχεία που μας δίνουν οι γραμμώσεις, χρειαζόμαστε και στοιχεία για τη φορά της κίνησης του ρήγματος (κανονικό, ανάστροφο, αριστερόστροφο, δεξιόστροφο) κ.λπ. Τέτοια κριτήρια θα αναφερθούν στα επόμενα, ορισμένα όμως από αυτά είναι αμφιλεγόμενα. Είναι καλό να συγκεντρώνονται όσο το δυνατό περισσότερα στοιχεία και δείκτες για την κινηματική ανάλυση ενός ρήγματος.

Οι επιφάνειες των ρηγμάτων δεν είναι ποτέ επίπεδες δομές, αλλά κατά θέσεις παρουσιάζουν ανωμαλίες, όπου μπορούν να αναπτυχθούν δομές που αποτελούν κινηματικούς δείκτες. Όταν μια τέτοια ανωμαλία, όπως η καμπή της επιφάνειας του ρήγματος στο κάτω δεξιό τμήμα της Εικ. 8.19 προξενεί τοπικά συμπίεση από την κίνηση του ρήγματος, σχηματίζονται συμπιεστικές δομές, όπως οι **στυλόλιθοι (stylolites)**. Αντίθετα, ανωμαλίες (καμπές) της επιφάνειας με αντίθετη γεωμετρία, όπως στο πάνω αριστερό τμήμα της ίδιας εικόνας, προξενούν τοπικά εφελκυσμό, με αποτέλεσμα να σχηματίζεται ένα διάκενο, όπου μπορεί να λάβει χώρα **ανάπτυξη ορυκτών**.

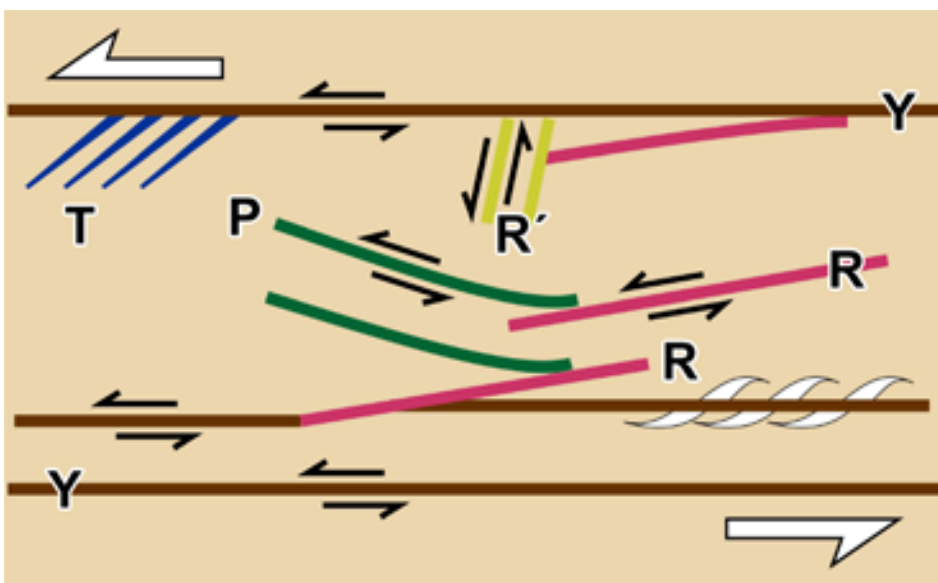
Ακόμα και όταν δεν υπάρχουν τέτοιες ανωμαλίες, στην περίπτωση που το εντατικό πεδίο του ρήγματος χαρακτηρίζεται από μια ικανού μεγέθους συνιστώσα βράχυνσης, με διεύθυνση εγκάρσια στην επιφάνεια του ρήγματος και τα πετρώματα που διαρρηγνύονται είναι ασβεστόλιθοι ή μάρμαρα, τότε λαμβάνουν χώρα φαινόμενα διάλυσης υπό πίεση (pressure solution) και δημιουργία στυλολίθων (stylolites), όπως φαίνεται στο κέντρο της Εικ. 8.19. Η μελέτη και ο συσχετισμός ανάμεσα στη γεωμετρία του ρήγματος και την ύπαρξη συμπιεστικών και εφελκυστικών δομών, μπορεί να μας αποκαλύψει τη **φορά της διάτμησης** του ρήγματος (**sense of shear**), με αρκετή ακρίβεια.

Ανάλογα με τη φορά της διάτμησης, στην επιφάνεια του ρήγματος αναπτύσσονται συστήματα δευτερευουσών ρωγμών, με συγκεκριμένη γεωμετρία και χαρακτηριστικά. Τα συστήματα αυτά είναι γνωστά ως **Riedel shears**, από τον Riedel που πρώτος τα μελέτησε. Στο σχήμα της Εικ. 8.20, με Y συμβολίζεται η κύρια επιφάνεια του ρήγματος και με T, P, R, R' τα συστήματα των δευτερευουσών ρωγμών. Το σχήμα αντιπροσωπεύει τομή κάθετη στην επιφάνεια του ρήγματος και παράλληλη με το άνυσμα της ολίσθησης.

Οι ρωγμές **T** έχουν εφελκυστικό χαρακτήρα και τέμνουν την κύρια επιφάνεια του ρήγματος. Είναι ανοιχτές και συνήθως πληρωμένες με χαλαζία ή ασβεστίτη. Δεν έχουν γραμμές προστριβής. Σε τομή, τα ίχνη των **T** και **M** τείνουν να σχηματίσουν μια οξεία γωνία προς τη μεριά της φοράς της διάτμησης. Η διατομή τους με το ρήγμα μπορεί να έχει και καμπύλο σχήμα με το κοίλο μέρος να δείχνει προς τη φορά της ολίσθησης.



**Εικόνα 8.19** Καμπές, με συγκεκριμένη γεωμετρία, στην επιφάνεια ενός ρήγματος μπορούν να δημιουργήσουν κενά και απόθεση ορυκτών. Αντίθετης γεωμετρίας καμπές αλλά και η συνιστώσα της ορθής τάσης στην επιφάνεια ενός επίπεδου ρήγματος, μπορούν να δημιουργήσουν στυλόλιθους. Η ύπαρξη τέτοιων δομών αποτελεί δείκτη της φοράς κίνησης.



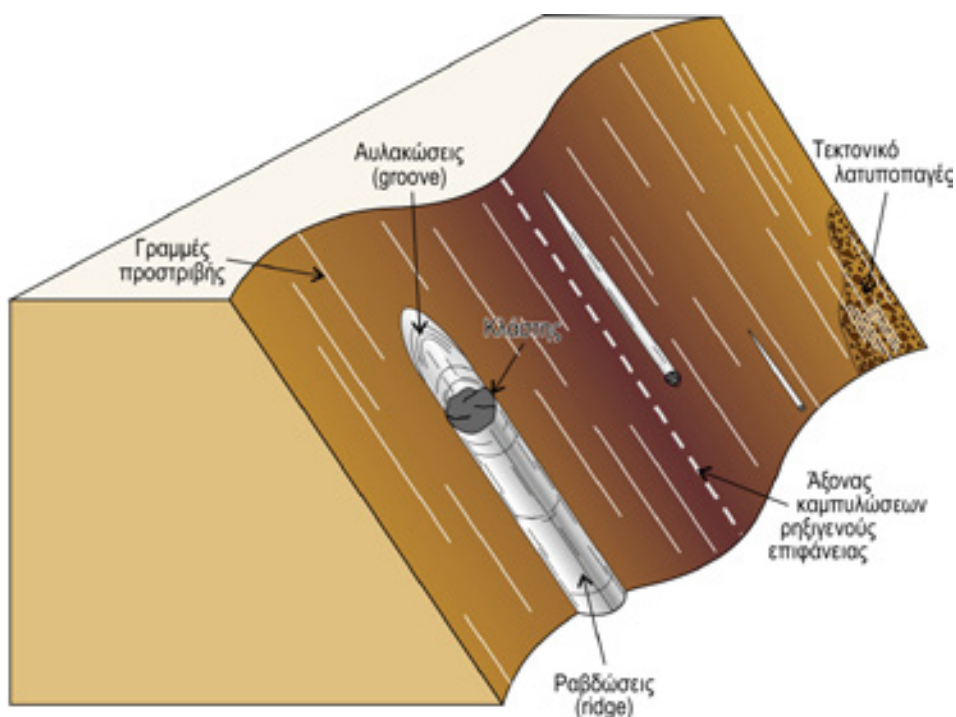
**Εικόνα 8.20** Η ανάπτυξη διαρρήξεων τύπου Riedel Shears στην επιφάνεια ενός ρήγματος, αποτελούν σημαντικά κριτήρια και μας βοηθούν, πολλές φορές, να προσδιορίσουμε τη φορά κίνησης των ρηξιτεμαχών.

Οι ρωγμές P αντιπροσωπεύουν διατμητικές ρωγμές, παρουσιάζουν αντίθετη κλίση, σχηματίζουν μικρές γωνίες με το ρήγμα και από κινηματική άποψη μπορούμε, σε ελεύθερο συσχετισμό, να πούμε ότι αντιστοιχούν σε μικρής γωνίας κλίσης «ανάστροφα» ή «επωθητικά ρήγματα». Συχνά είναι λείες με γραμμές προστριβής. Εμφανίζονται μαζί με τις ρωγμές T, αλλά και μόνες τους.

Οι ρωγμές R, σε ελεύθερο συσχετισμό, αντιστοιχούν σε μικρής γωνίας κανονικά «ρήγματα» και οι R' σε αντιθετικά ανάστροφα «ρήγματα», που σχηματίζουν μεγάλες γωνίες με την κύρια επιφάνεια του ρήγματος. Η γραμμή διατομής τους με τη ρηξιγενή επιφάνεια είναι περίπου εγκάρσια στις γραμμές ολίσθησης του ρήγματος.

Στις περιπτώσεις εκείνες που η μετακίνηση του ρήγματος είναι πολύ μικρή, η επιφάνεια του ρήγματος δεν είναι καλά ανεπτυγμένη. Μπορεί κανείς όμως να την προσδιορίσει έμμεσα από τη λοξή-κλιμακωτή διάταξη (en-echelon), των ρωγμών R, αλλά ορισμένες φορές και των R'. Στην περίπτωση αυτή οι δομές R είναι πολύ πυκνά διευθετημένες και γραμμές προστριβής δεν αναπτύσσονται καλά στην, έτσι και αλλιώς όχι καλά εκπεφρασμένη, επιφάνεια του ρήγματος.

Οδοντώσεις ή σκληρά αντικείμενα (θραύσματα πετρώματος ή τεκτονικοί κλάστες, κροκάλες, κόκκοι σκληρών ορυκτών), που μπορεί να υπάρχουν από τη μια μεριά της επιφάνειας του ρήγματος, μπορούν να προκαλέσουν γδαρσίματα στην άλλη, δημιουργώντας **γραμμώσεις (lineations)**, παράλληλα με την ολίσθηση του ρήγματος, που εμφανίζονται ως **αυλακώσεις (groove)** ή **ραβδώσεις (ridge)** ή **γραμμές προστριβής (striations)** (Εικ. 8.21).



**Εικόνα 8.21** Οι δομές που αναπτύσσονται πάνω στην κατοπτρική επιφάνεια ενός ρήγματος και σχετίζονται με την κίνηση ανάμεσα στα δύο ρηξιτεμάχη.

Οι γραμμώσεις από τριβή, μικρών σκληρών αντικειμένων ή ανωμαλιών της επιφάνειας του ρήγματος, ανάμεσα στα δύο ρηξιτεμάχη, αποκαλούνται **γραμμές προστριβής (slickenlines)** ή και **striations** και αναπτύσσονται συνήθως στις λείες **κατοπτρικές επιφάνειες** των ρηγμάτων (**slickensides**), οι οποίες είναι επικαλυμμένες με ένα πολύ λεπτό στρώμα (< 1mm) τεκτονικού μικρολατυποπαγούς. Για τις μεγαλύτερης κλίμακας αυλακώσεις (grooves) από την τριβή μεγαλύτερων αντικειμένων, χρησιμοποιείται ο όρος **groove lineation**. Ανάλογα με την οπτική γωνία, μπορεί να μη βλέπω μόνο τις αυλακώσεις, αλλά και τις ράχες ή ραβδώσεις (ridge) και η δομή τότε καλείται **ridge-in-groove lineation** (Εικ. 8.21 & 8.22).

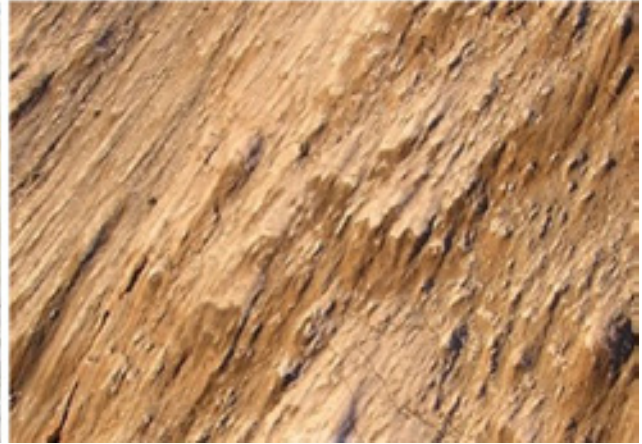
Όλες οι παραπάνω γραμμικές δομές που αναπτύσσονται στις κατοπτρικές επιφάνειες των ρηγμάτων μας δίνουν άριστες ενδείξεις για τη διεύθυνση της ολίσθησης, τόσο μεμονωμένων ρηγμάτων, όσο και συστημάτων ρηγμάτων, αλλά δεν μας δίνουν στοιχεία για να προσδιορίσουμε τη φορά της ολίσθησης. Η κλασική μέθοδος του να «αισθανθούμε» τη φορά της κίνησης, χαϊδεύοντας με την παλάμη μας την κατοπτρική επιφάνεια, αμφισβητείται από πολλούς. Για να χαρακτηρίσουμε ένα ρήγμα ως κανονικό ή ανάστροφο, δεξιόστροφο ή αριστερόστροφο, χρειάζεται να συνδυάσουμε τις γραμμές προστριβής με τις δευτερεύουσες διαρρήξεις που

αναπτύσσονται στην επιφάνεια του ρήγματος (Riedel shears) (Εικ. 8.20) ή με άλλες δομές, όπως η πάρελξη των στρωμάτων εκατέρωθεν του ρήγματος.

Γραμμές προστριβής



Γράμμωση ridge-in-groove



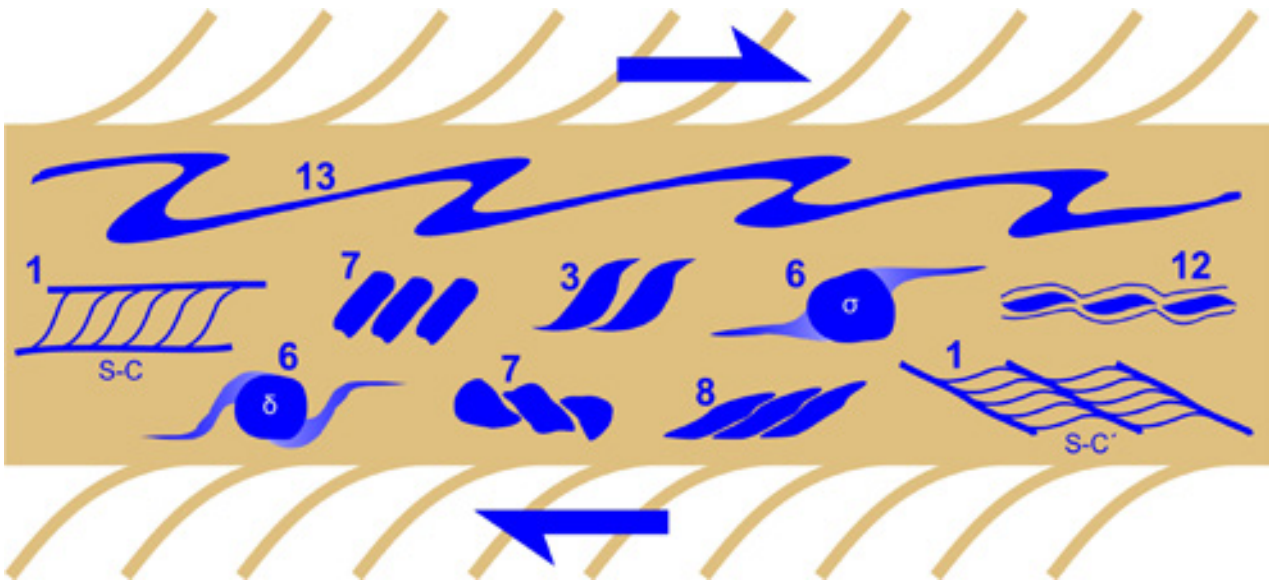
Εικόνα 8.22 Γραμμές προστριβής και δομές ridge-in-groove, μας δίνουν τη διεύθυνση αλλά όχι τη φορά της κίνησης.

Άλλη μια περίπτωση την οποία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ως κριτήριο για τη φορά κίνησης, είναι αυτή όπου μαζί με τις γραμμές προστριβής αναπτύσσονται συχνά και ορυκτά πάνω στην επιφάνεια του ρήγματος και στον κενό χώρο που αφήνουν πίσω τους τα σκληρά αντικείμενα και οι ανωμαλίες (οδοντώσεις και σκαλοπάτια), καθώς γδέρνουν την επιφάνεια του ρήγματος. Αν τα ορυκτά έχουν ινώδη δομή (fiber), τείνουν να προσανατολισθούν παράλληλα με τη φορά της ολίσθησης, δημιουργώντας και αυτά γραμμώσεις, γνωστές με το όνομα **fiber lineations** (Εικ. 8.19). Συχνά, νεότερες επαναδραστηριοποιήσεις του ρήγματος έχουν ως αποτέλεσμα νεότερες γραμμές προστριβής να επικαλύπτουν παλαιότερες fiber lineations. Έτσι, γραμμές προστριβής και fiber lineations, μπορούν να μας δώσουν αρκετά στοιχεία για την κινηματική ιστορία του ρήγματος. Όπως αναφέρθηκε στις ζώνες διάτμησης (τα ρήγματα που αναπτύσσονται στον μέσο και κατώτερο φλοιό), κυριαρχούν μηχανισμοί πλαστικής και πλαστικο-θραυσίγενους παραμόρφωσης), και αναπτύσσονται μυλονιτικού χαρακτήρα πετρώματα, όπως:

- πρωτομυλονίτες,
- μυλονίτες,
- υπερμυλονίτες και
- μυλονιτικοί γενεύσιοι.

Στα ειδικού τύπου αυτά πετρώματα που σχηματίζονται κάτω από καθεστώς ιδιαίτερα έντονης παραμόρφωσης, δημιουργούνται χαρακτηριστικές δομές που μας δίνουν τη φορά διάτμησης. Οι κυριότερες από αυτές είναι (Passchier & Trouw, 2005):

1. S-C ή S-C' δομές,
2. shear bands,
3. δομές mica fish,
4. πλάγιες φυλλώσεις χαλαζία (oblique quartz fabrics),
5. C-axis fabrics,
6. περιστραμμένοι πορφυροκλάστες,
7. διαρρηγμένοι πορφυροκλάστες,
8. στοιβαγμένοι πορφυροκλάστες (stacked porphyroclasts),
9. γεωμετρία πιεζοσκιών,
10. δομές εγκλεισμάτων σε κρυστάλλους,
11. δομές τεταρτημορίων (quarter structures),
12. ασύμμετρο boudinage,
13. ασύμμετρες πτυχές και
14. αλληλοεπικαλυπτόμενα συστήματα (overlap structures).



**Εικόνα 8.23** Οι κυριότερες δομές που αναπτύσσονται στις ζώνες διάτμησης και αποτελούν κριτήρια για τον προσδιορισμό της φοράς της κίνησης. Η αρίθμηση σύμφωνα με το κείμενο.

Προφανώς δεν είναι σκοπός του παρόντος συγγράμματος να αναλύσουμε τις δομές αυτές, που καλύπτονται επαρκώς από το υποχρεωτικό μάθημα της Τεκτονικής Γεωλογίας και το επιλογής της Μικροτεκτονικής. Απλά, στην ανωτέρω εικόνα παρουσιάζονται οι κυριότερες από τις δομές αυτές και η φορά κίνησης που φανερώνουν, σε τομή που είναι παράλληλη με τη γράμμωση έκτασης και κάθετη στην κύρια φύλλωση.

## Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Fossen, H. (2010). *Structural Geology*. 480p., Cambridge University Press.
- Grasemann, B., Schneider, A.D., Stockli, F.D. & Iglseider, C. (2012). Miocene bivergent crustal extension in the Cyclades (Greece). *Lithosphere, V. 4, No 1*, p. 23-39.
- Iglseider, C., Grasemann, B., Rice, A.H.N., Petrakakis, K. & Schneider, A. (2011). Miocene south directed low-angle normal fault evolution on Kea Island (West Cycladic Detachment System, Greece). *Tectonics 30, TC4013*.
- Lekkas, S., Skourtsos, E., Kranis, H., Soukis, K., Lozios, S. & Alexopoulos A. (2010): *The structure of SE Attica and correlations with the Cyclades. In Significance of Along-Strike Variations for the 3-D Architecture of Orogens: The Hellenides and Anatolides in the Eastern Mediterranean*. (GSA Penrose field forum).
- Lekkas, S., Skourtsos, E., Soukis, K., Kranis, H., Lozios, S., Alexopoulos A. & Koutsovitits P. (2011). Late Miocene detachment faulting and crustal extension in SE Attica (Greece). *Geophysical Research Abstracts, Vol. 13*, EGU2011-13016.
- Passchier, C.W. & Trouw, R.A.J. (2005). *Microtectonics*. 366p., Springer.
- Ψώνης, Κ. (1986). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000, Φύλλο «Καλαμάτα»*. Εκδόσεις ΙΓΜΕ.
- Twiss, J.R. & Moores, M.F. (1992). *Structural Geology*. 532p., W. H. Freeman and Company.

## Κεφάλαιο 9:

### Αναγνώριση των πτυχών στην ύπαιθρο

#### Σύνοψη

Η γεωμετρία των κανονικών επαφών βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με το γεωδυναμικό περιβάλλον και την ηλικία που έχει δημιουργηθεί ο γεωλογικός σχηματισμός. Οι μεταλλικοί σχηματισμοί έχουν απλή σχετικά γεωμετρία, αφού στην πλειονότητα των περιπτώσεων τα στρώματα είναι απλά κεκλιμένα ή οριζόντια και μόνο κάτω από ειδικές περιπτώσεις και σε συγκεκριμένα γεωτεκτονικά περιβάλλοντα μπορεί να πτυχώνονται, συνήθως με μεγάλης κλίμακας απλές κάμψεις. Αντίθετα οι αλπικοί μη-μεταμορφωμένοι σχηματισμοί, και πολύ περισσότερο οι μεταμορφωμένοι και προαλπικοί σχηματισμοί, έχουν όρια που χαρακτηρίζονται από πολύ πιο σύνθετες γεωμετρίες, που περιλαμβάνουν όλη τη γκάμα των πτυχώσεων, από απλές ορθές συμμετρικές πτυχές μέχρι διαδοχικές φάσεις από ισοκλινείς επαναπτυχώσεις. Στις μεταμορφωμένες ενότητες έχουμε τουλάχιστον δύο ή και περισσότερες φάσεις πτυχώσεων με διαφορετικά χαρακτηριστικά η καθεμία, ενώ παρατηρείται και το φαινόμενο εκτός από τις επαφές ανάμεσα στους σχηματισμούς της ίδιας ενότητας να είναι πτυχωμένες και οι τεκτονικές επαφές (συνήθως επωθήσεις), που χωρίζουν τις ενότητες μεταξύ τους. Έτσι, λοιπόν, ανάλογα με την κατηγορία πετρωμάτων και σχηματισμών που δουλεύει ο γεωλόγος-χαρτογράφος, έχει διάφορες τεχνικές με τις οποίες θα αναγνωρίσει και θα χαρτογραφήσει τις μεγάλης κλίμακας πτυχές που τα έχουν επηρεάσει.

#### Προαπαιτούμενη γνώση

Οι βασικές γνώσεις που δίνονται στο μάθημα της Τεκτονικής Γεωλογίας, αλλά και στο μάθημα επιλογής της Μικροτεκτονικής – Τεκτονικής Ανάλυσης. Η ύλη από τα αντίστοιχα κεφάλαια των σημειώσεων που δίνονται στους φοιτητές και είναι αναρτημένα στην πλατφόρμα e-Class. Οι ηχογραφημένες παραδόσεις (βιντεοδιαλέξεις) από τα αντίστοιχα κεφάλαια, αλλά και τις ασκήσεις υπαίθρου, που έγιναν στο πλαίσιο της δράσης «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα» και φιλοξενούνται στην πλατφόρμα Open Delos.

### 9.1 Κατηγορίες μακρο-πτυχών

Όπως γνωρίζουμε οι πτυχές, όπως και οι περισσότερες γεωλογικές δομές, υπακούουν (σε γενικές γραμμές, με εξαιρέσεις και παραδοχές) στους νόμους και τα χαρακτηριστικά των fractals, δεδομένου ότι αποτελούν δομές που επαναλαμβάνονται σε όλες τις κλίμακες μεγέθους και παρατήρησης. Με άλλα λόγια υπάρχουν πτυχές μικρές, της τάξης των μερικών εκατοστών (ή και ακόμα μικρότερες σε μικροσκοπική κλίμακα) ή της τάξης των μερικών μέτρων, που όλοι μπορούμε να δούμε, να παρατηρήσουμε και να μετρήσουμε σε μια τομή στην ύπαιθρο, αλλά υπάρχουν και πτυχές της τάξης των δεκάδων ή εκατοντάδων μέτρων, ακόμα και χιλιομέτρων, που προφανώς σπάνια μπορούμε να παρατηρήσουμε σε φυσικές τομές στην ύπαιθρο, αλλά μπορούμε να πιστοποιήσουμε την ύπαρξή τους από τη γεωλογική χαρτογράφηση σε συνδυασμό με τη μελέτη της κατανομής των κλίσεων στον χώρο και διάφορα άλλα τεκτονικά και στρωματογραφικά κριτήρια.

Όπως οι πτυχές στη μικρή κλίμακα παρατήρησης, έτσι και οι μακρο-πτυχές έχουν κατηγορίες με διαφορετική γεωμετρία (κλίση αξονικού επιπέδου και άξονα και γωνία σκελών) δημιουργώντας συγκεκριμένα **πρότυπα** (ή στυλ) **πτύχωσης**, τα οποία σχετίζονται άμεσα με την κατηγορία των πετρωμάτων και σχηματισμών που πτυχώνονται και πιο συγκεκριμένα με τη γεωλογική περίοδο και το γεωτεκτονικό περιβάλλον που αυτά σχηματίστηκαν αλλά και τη γεωτεκτονική εξέλιξη και γεωλογική ιστορία που είχαν μέχρι να φθάσουν στη θέση που τα βλέπουμε και τα μελετάμε σήμερα.

Υπάρχουν γεωλογικές ενότητες, που στα πλαίσια της ορογένεσης έχουν μια πιο απλή ιστορία και εξέλιξη, ακολουθώντας μια «διαδρομή» που χαρακτηρίζει συνθήκες παραμόρφωσης του ανώτερου φλοιού και άρα το στυλ της πτύχωσης τους εξαρτάται κυρίως από τη λιθολογία. Υπάρχουν όμως και γεωλογικές ενότητες που έχουν μια πιο πολύπλοκη ιστορία εξέλιξης, στα πλαίσια ενός ή περισσότερων ορογενετικών κύκλων, όπου υποβυθίζονται και παραμορφώνονται σε συνθήκες μέσου ή κατώτερου φλοιού για να ανέλθουν στη συνέχεια στην επιφάνεια, μέχρι τη θέση που τις συναντάμε εμείς σήμερα. Στις περιπτώσεις αυτές έχουμε **διαδοχικές πτυχογόνες παραμορφωτικές φάσεις**, που πραγματοποιούνται σε διαφορετικά βάθη με διαφορετικούς μηχανισμούς.

νισμούς παραμόρφωσης, που επικαλύπτουν (overprint) η μία την άλλη και χαρακτηρίζονται από διαφορετικό στυλ πτύχωσης. Με βάση τα χαρακτηριστικά και τις κατηγορίες των σχηματισμών και ενοτήτων που απαντώνται στον ελληνικό χώρο (δηλαδή με βάση τη διάκριση μεταλλικό–αλπικό–προαλπικό, μεταμορφωμένο–αμεταμόρφωτο και νηρητικό–πελαγικό) αναμένεται και διαφορετικό στυλ πτύχωσης με ιδιαίτερη γεωμετρία (και κινηματικά χαρακτηριστικά) για κάθε περίπτωση.

Στα επόμενα θα περιγράψουμε, για τους βασικότερους από αυτούς τους τύπους μακρο-πτυχών, τη γεωμετρία τους στην ύπαιθρο καθώς και τους τρόπους που η γεωμετρία αυτή απεικονίζεται στον γεωλογικό χάρτη και τις γεωλογικές τομές.

## 9.2 Ανοικτές πτυχές

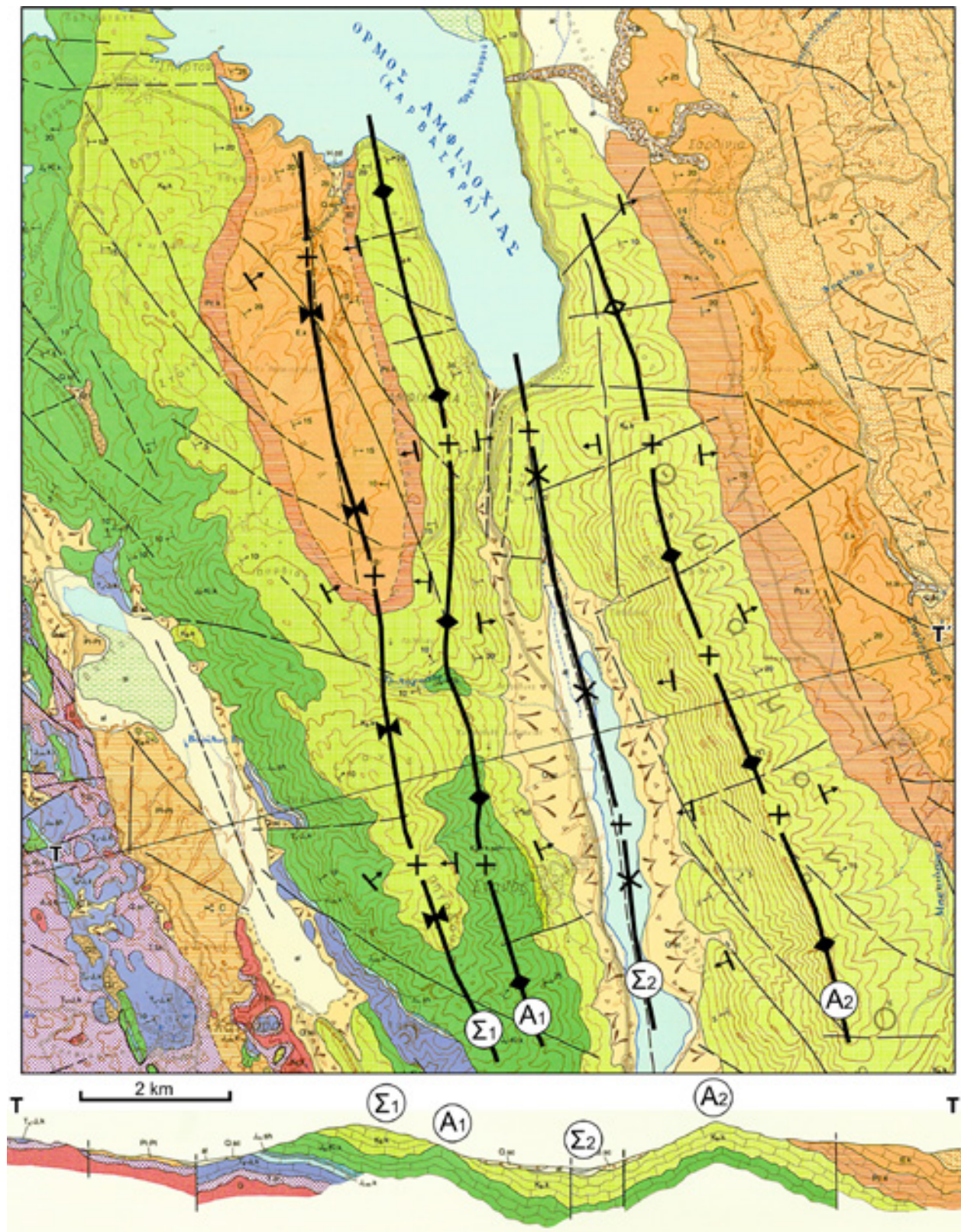
Οι **ανοικτές ορθές πτυχές (open upright folds)** παρατηρούνται σε όλες τις κατηγορίες γεωλογικών σχηματισμών και γεωτεκτονικών ενοτήτων, είτε πρόκειται για νηρητικές ή πελαγικές φάσεις είτε πρόκειται για μη-μεταμορφωμένα ή μεταμορφωμένα πετρώματα. Κυριαρχούν στις νηρητικές αλπικές ακολουθίες, που, λόγω του δύσκαμπτου χαρακτήρα τους, δίνουν, συνήθως, μόνο τέτοιου τύπου πτυχές. Στις πελαγικές ακολουθίες παρατηρούνται μαζί με τις ισοκλινείς ασύμμετρες πτυχές και στα μεταμορφωμένα πετρώματα χαρακτηρίζουν την τελευταία μετα-μεταμορφική πτυχογόνο παραμορφωτική φάση, που πτυχώνει τουλάχιστον μία παλαιότερη φάση με συν-μεταμορφικές ισοκλινείς κατακεκλιμένες πτυχές. Από γεωμετρική άποψη είναι, συνήθως, **παράλληλες με το σύγχρονο ελληνικό τόξο** και μπορεί να είναι ορθές (περίπου κατακόρυφα αξονικά επίπεδα) με σχετικά συμμετρικά σκέλη, αλλά μπορεί να παρουσιάζονται και με ελαφρά κεκλιμένα αξονικά επίπεδα ή μικρή ασυμμετρία στα σκέλη.

Ο άμεσος τρόπος που πιστοποιείται η παρουσία ανοικτών μακρο-πτυχών στην ύπαιθρο είναι ο εντοπισμός και η παρατήρησή τους σε μεγάλης κλίμακας φυσικές τομές, συνήθως στις πλαγιές ορεινών όγκων σε μεγάλες κοιλάδες ή σε βαθιές χαράδρες. Απαραίτητες προϋποθέσεις οι σχηματισμοί να έχουν σαφή στρώση ή φύλλωση και η βλάστηση να επιτρέπει την άμεση παρατήρηση της δομής των γεωλογικών σχηματισμών από μακρινή απόσταση. Οι περιπτώσεις αυτές, αν και δεν είναι σπάνιες, δεν τις έχουμε στη διάθεσή μας σε κάθε περίπτωση και έτσι για τον προσδιορισμό των πτυχών βασιζόμαστε στις παρατηρήσεις και την εργασία υπαίθρου, αλλά και τη χαρτογράφηση των γεωλογικών σχηματισμών. Σε μια συνεχή ακολουθία στρωμάτων η **κατανομή των κλίσεων** της στρώσης ή της φύλλωσης στον χώρο, είναι αυτή που μας υποδεικνύει την ύπαρξη μιας ανοικτής αντικλινικής ή συγκλινικής δομής. Αν κατά τη διάρκεια της χαρτογράφησης διαπιστώνουμε ζώνες όπου οι κλίσεις εναλλάσσονται διαδοχικά με αντίθετη φορά, τότε, κατά πάσα πιθανότητα, πρόκειται για σκέλη ανοικτών πτυχών. Χρειάζεται προσοχή γιατί και ένα ρήγμα μπορεί να προκαλέσει αυτή τη μεταβολή. Στην περίπτωση αυτή, όμως, η μεταβολή θα είναι απότομη. Αντίθετα, στην περίπτωση που έχουμε πτυχές, η μεταβολή από την κλίση τους ενός σκέλους στην αντίθετη κλίση του άλλου σκέλους γίνεται σταδιακά, με τις κλίσεις να είναι περίπου οριζόντιες στα κορυφαία (αντίκλινα) ή πυθμαία (σύγκλινα) της δομής. Από χαρτογραφική άποψη η παρουσία των πτυχών στον χάρτη χαρακτηρίζεται από διαδοχικές επαναλήψεις των στρωμάτων εκατέρωθεν των ιχνών των αξόνων (ή των αξονικών επιπέδων).

Στην Εικ. 9.1, από το φύλλο «Αμφιλοχία» του ΙΓΜΕ (Κατσαβριάς, 1987), παρουσιάζεται μια χαρακτηριστική περίπτωση χιλιομετρικής διάστασης **ανοικτών μακρο-πτυχών**, όπου παρατηρούμε ότι στον γεωλογικό χάρτη υπάρχουν περιοχές (ζώνες) όπου η φορά κλίσης των στρωμάτων είναι προς Α ή ΑΒΑ και ζώνες που η φορά κλίσης είναι προς Δ ή ΔΒΔ. Η μετάβαση από τη μία φορά κλίσης στην άλλη γίνεται σταδιακά με τις κλίσεις να γίνονται πρώτα οριζόντιες και μετά να αλλάζουν φορά. Δημιουργούνται έτσι (στην περιοχή του χάρτη της Εικ. 9.1) δύο αντίκλινα ( $A_1$  &  $A_2$ ) και δύο σύγκλινα ( $\Sigma_1$  &  $\Sigma_2$ ), με τα ίχνη των αξόνων και των αξονικών επιπέδων να διέρχονται από τα σημεία που οι κλίσεις είναι οριζόντιες και εκατέρωθεν των οποίων αλλάζει η φορά κλίσης. Η ίδια παρατήρηση μπορεί να γίνει πολύ καλύτερα στην τομή που συνοδεύει τον χάρτη, όπου τα στρώματα, τόσο στα κορυφαία των αντικλινών, όσο και στα πυθμαία των συγκλινών, είναι σχεδόν οριζόντια. Από τις τομές φαίνεται και η γωνία των σκελών, αποδεικνύοντας ότι πρόκειται για ανοικτές ή πολύ ανοικτές πτυχώσεις. Σε ό,τι αφορά τη χαρτογραφική απεικόνιση των σχηματισμών, παρατηρούμε την κλασική εικόνα που έχουμε στα πτυχωμένα στρώματα, δηλαδή διαδοχικές συμμετρικές **επαναλήψεις των ιδίων στρωμάτων**, εγκάρσια στους άξονες των πτυχώσεων. Ακόμα και αν δεν υπήρχαν μετρήσεις από τις κλίσεις των στρωμάτων, αν η χαρτογράφηση είναι σωστή και οι επαφές είναι κανονικές και όχι ανεστραμμένες, προσπαθώντας να σχεδιάσουμε τα στρώματα στη γεωλογική τομή, θα αναγκάζομαστε να σχηματίσουμε τα σύγκλινα και τα αντίκλινα που παρουσιάζονται, εφαρμόζοντας απλά τον κανόνα ότι η κλίση της επαφής θα είναι τέτοια ώστε



ο νεότερος σχηματισμός να είναι υπερκείμενος και ο παλαιότερος υποκείμενος. Η διεύθυνση των αξόνων των πτυχών αυτών είναι ΒΒΔ-ΝΝΑ, δηλαδή παράλληλη με το σύγχρονο ελληνικό τόξο, όπως, συνήθως, συμβαίνει με αυτού του τύπου τις πτυχές.



**Εικόνα 9.1** Χαρτογραφική απεικόνιση και απεικόνιση σε τομή, ορθών ανοικτών πτυχών, σε σχηματισμούς της Ιόνιας ενότητας (απόσπασμα από το φύλλο «Αμφιλοχία» του ΙΓΜΕ).

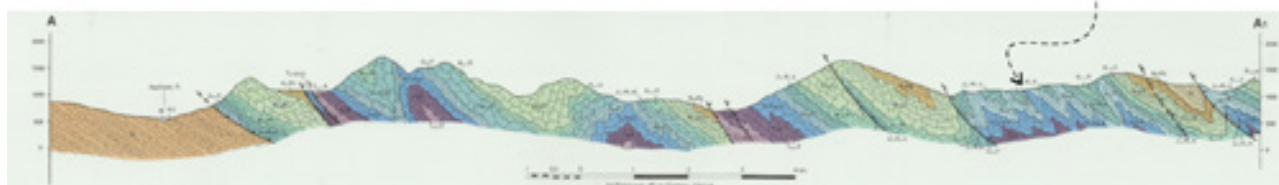
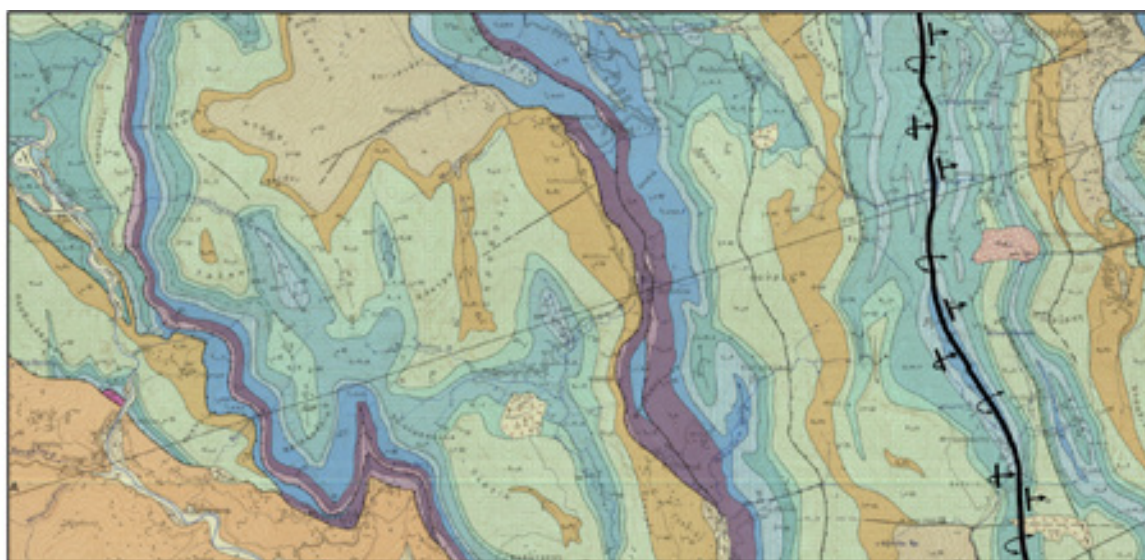
Πρέπει να σημειωθεί ότι σε ορισμένες περιπτώσεις απαντώνται, επίσης, και μεγάλης κλίμακας ανοικτές πτυχές και κάμψεις, με διεύθυνση, όμως, εγκάρσια στο τόξο. Αυτό παρατηρείται, κυρίως, σε μεταμορφωμένες

ενότητες και φαίνεται ότι οι πτυχώσεις αυτές, σε αντίθεση με τις τελευταίες πτυχώσεις τις παράλληλες με το τόξο, έχουν δημιουργηθεί παλαιότερα, κατά τα τελευταία στάδια της συν-μεταμορφικής φάσης, κατά το στάδιο εκταφής των μεταμορφωμένων πετρωμάτων. Σχετίζονται με τη συνιστώσα βράχυνσης, που αναπτύσσεται εγκάρσια και ως επακόλουθο, μιας κυρίαρχης έκτασης που χαρακτηρίζει τη φάση αυτή της εξέλιξης των ορογενών, γι' αυτό και αποκαλούνται «**πτυχές παράλληλες με την έκταση**» («**extension parallel folds**») (Grujic & Mancktelow, 1995; Avigad et al., 2001).

### 9.3 Πολύ κλειστές-ισοκλινείς πτυχές σε πελαγικές μη-μεταμορφωμένες ενότητες

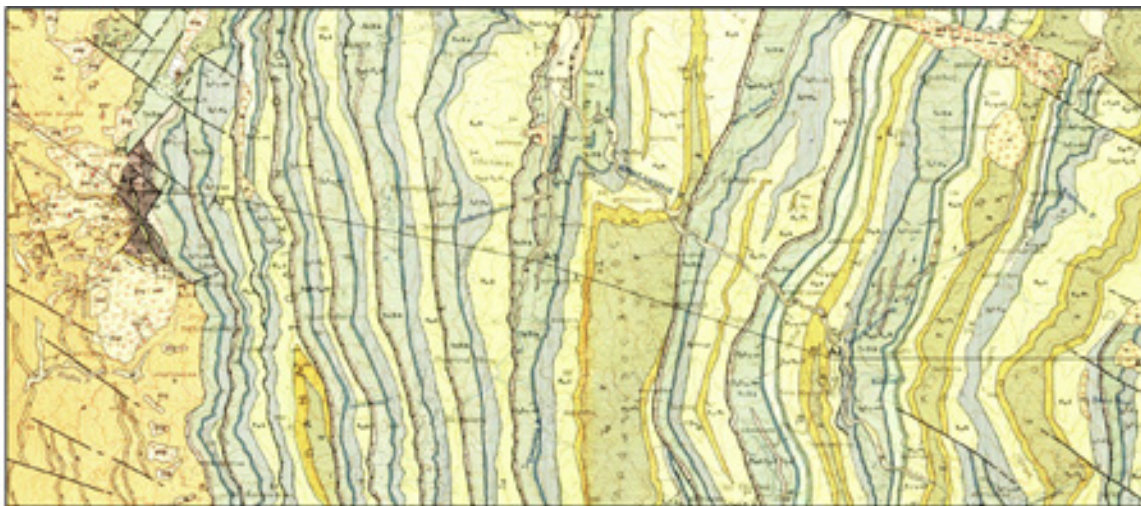
Οι πελαγικές μη-μεταμορφωμένες ενότητες, δηλαδή ενότητες τύπου Πίνδου, επειδή αποτελούνται από αρκετά πιο εύπλαστους σχηματισμούς, πτυχώνονται με πολύ πιο έντονες πτυχές, **πολύ κλειστές ή ισοκλινείς**. Χαρακτηριστικό το παράδειγμα της Εικ. 9.2, από το φύλλο «Μυρόφυλλο» του ΙΓΜΕ (Μανάκος, 1993). Η διεύθυνση των αξόνων είναι και εδώ **παράλληλη με το σύγχρονο ελληνικό τόξο**, αλλά η όλη γεωμετρία χαρακτηρίζει **ασύμμετρες δομές**, με τις πτυχές να είναι **κατακεκλιμένες** προς την κατεύθυνση που προελαύνουν τα καλύμματα κατά την **ορογένεση**, δηλαδή την προχώρα και τα αξονικά τους επίπεδα (μαζί με τα σκέλη των πτυχών) να κλίνουν αντίθετα, δηλαδή προς την ενδοχώρα. Αφού τα σκέλη έχουν την ίδια φορά κλίσης, εναλλάσσονται ζώνες με **κανονικά** και **ανεστραμμένα στρώματα**. Στην Εικ. 9.2 έχει σχεδιασθεί με έντονη μαύρη γραμμή το ίχνος του αξονικού επιπέδου (και του άξονα) μιας ισοκλινούς αντικλινικής δομής, εκατέρωθεν της οποίας εναλλάσσονται κανονικές και ανάστροφες κλίσεις (επίσης με έντονα σύμβολα). Η φορά της κλίσης σε κάθε περίπτωση (τόσο για τα σκέλη όσο και για τα αξονικά επίπεδα) είναι προς τα Α ή ΑΒΑ και άρα η φορά κατάκλισης των πτυχών είναι προς τα Δ ή ΔΝΔ, δηλαδή προς τη φορά που γίνεται η κίνηση των καλυμμάτων, δηλαδή προς την προχώρα. Στην περίπτωση αυτή οι πτυχές συνδυάζονται με **επωθήσεις** και **λεπιώσεις**, που δημιουργούνται ταυτόχρονα με αυτές, δίνοντας στο σύνολο της δομής την τυπική εικόνα ενός **συστήματος** ή μιας **ζώνης πτυχών-επωθήσεων (fold-and-thrust belt)**.

Από χαρτογραφική άποψη η εικόνα είναι πολύ τυπική με επιμήκεις παράλληλες εμφανίσεις των στρωμάτων, που ακολουθούν τη γεωμετρία των ιχνών των επωθήσεων και των λεπιώσεων αλλά και των αξόνων και των αξονικών επιπέδων των ισοκλινών πτυχών.



**Εικόνα 9.2** Ασύμμετρες πολύ κλειστές και ισοκλινείς κεκλιμένες πτυχές, με ίδιας φοράς κλίσεις κανονικά και ανάστροφα σκέλη, σε πελαγικούς σχηματισμούς της ενότητας της Πίνδου. Μαζί με τις επωθήσεις και τις λεπιώσεις δημιουργούν ένα σύστημα πτυχών-επωθήσεων (απόσπασμα από το φύλλο «Μυρόφυλλο» του ΙΓΜΕ).

Σε αρκετές περιπτώσεις η δομή αυτή λαμβάνει την τυπική εικόνα των **ίππων** και των **διδύμων** (**horses and duplexes**), με τη γεωμετρία των λεπιώσεων να χαρακτηρίζεται από **ράμπες** και **επίπεδα** (**flat-ramp-flat geometry**) που συνοδεύονται από **πτυχές λόγω κάμψεων ρήγματος** (**fault-bend folds**) ή **πτυχές λόγω επέκτασης** (ή **διάδοσης**) **ρήγματος** (**fold propagation folds**) (Fossen, 2010). Μια τέτοια εικόνα παρατηρούμε στον χάρτη της Εικ. 9.3, από το φύλλο «Φραγκίστα» του ΙΓΜΕ (Fleury, 1980). Στην περίπτωση αυτή η γεωμετρία είναι πολύ πιο συμμετρική, με αποτέλεσμα τα ίχνη των ορίων των γεωλογικών σχηματισμών, των λεπιώσεων και επωθήσεων, αλλά και των αξόνων των πτυχών και των αξονικών επιπέδων, να είναι σχεδόν ευθύγραμμα και παράλληλα μεταξύ τους (ιδίως στο δυτικό τμήμα του χάρτη).



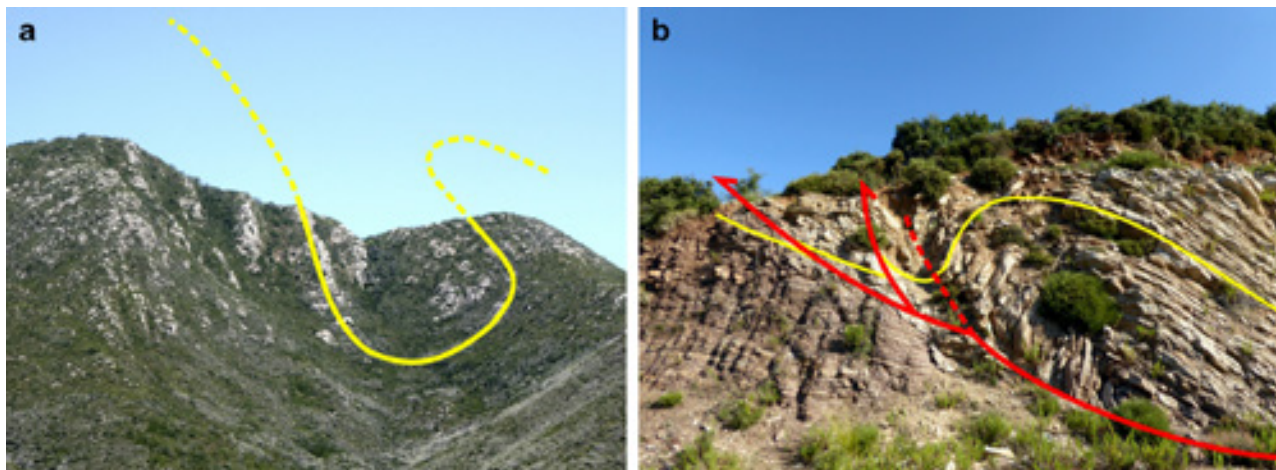
**Εικόνα 9.3** Πτυχωμένοι και λεπιωμένοι πελαγικοί σχηματισμοί της ενότητας της Πίνδου. Η δομή χαρακτηρίζεται από την παρουσία ίππων και διδύμων (ιδίως στο δυτικό τμήμα του χάρτη και της τομής) αλλά και πτυχών λόγω κάμψεως (ή επέκτασης) ρήγματος, όταν τα στρώματα κάμπτονται ακολουθώντας τις ράμπες και τα επίπεδα των επωθήσεων και λεπιώσεων (απόσπασμα από το φύλλο «Φραγκίστα» του ΙΓΜΕ).

Στις δύο φωτογραφίες της Εικ. 9.4 μπορούμε να δούμε ισοκλινείς μακρο-πτυχές (Εικ. 9.4.a) και πτυχές λόγω επέκτασης ρήγματος (Εικ. 9.4.b) στους πελαγικούς σχηματισμούς της ενότητας της Πίνδου, από την ευρύτερη περιοχή ανατολικά της Κυπαρισσίας, που στο σύνολό της αποτελεί μια τυπική ζώνη πτυχών-επωθήσεων. Στην Εικ. 9.4.b είναι χαρακτηριστικό ότι η πτυχή αναπτύσσεται στο **όριο απόληξης** (**tip line**) του επωθητικού ρήγματος, το οποίο όμως, τελικά διακλαδίζεται σε επιμέρους επιφάνειες που κόβουν την πτυχή, διαδικασία συνήθης σε αυτές τις δομές. Επισημαίνεται ότι ενώ οι πτυχές της Εικ. 9.4.a είναι της τάξης των εκατοντάδων μέτρων ή χιλιομέτρων, η πτυχή της Εικ. 9.4.b είναι της τάξης των δεκάδων μέτρων. Προφανώς υπάρχουν και πολύ μεγαλύτερου μεγέθους τέτοιες πτυχές, είναι δύσκολο όμως να εντοπισθούν και να φωτογραφηθούν σε περιοχές που καλύπτονται σε όλη τη διάρκεια του χρόνου από τη βλάστηση.

## 9.4 Ισοκλινείς κατακεκλιμένες πτυχές σε μεταμορφωμένες ενότητες

Οι μεταμορφωμένες ενότητες έχουν μια αρκετά πιο πολύπλοκη εξέλιξη σε σχέση με τις μη-μεταμορφωμένες και επηρεάζονται από **περισσότερες πτυχογόνες παραμορφωτικές φάσεις**, που δημιουργούνται τόσο κατά την πορεία καθόδου στα βαθύτερα τμήματα της λιθόσφαιρας σε συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης όπου τα πετρώματα μεταμορφώνονται, όσο και κατά την πορεία ανόδου προς την επιφάνεια, στα ανώτερα τμήματα της λιθόσφαιρας, χωρίς φαινόμενα μεταμόρφωσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορούν να διακριθούν ξεκάθαρα τουλάχιστον δύο πτυχογόνες φάσεις με εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά και γεωμετρία η καθεμία από αυτές. Για τη νεότερη πτυχογόνο φάση που λαμβάνει χώρα όταν η ενότητα, από το βάθος που είχε υποβυθι-

σθεί, έχει φθάσει στο ανώτερο τμήμα του φλοιού, σε συνθήκες μη-μεταμόρφωσης, δίνοντας τις τυπικές **ορθές ανοικτές πτυχές** που είναι παράλληλες με το τόξο, έχουμε ήδη αναφερθεί στο υποκεφάλαιο 2. Η παλαιότερη φάση, δημιουργείται σε συνθήκες μεταμόρφωσης (είναι **συν-μεταμορφική**), όπου επικρατούν εντελώς διαφορετικές ρεολογικές συνθήκες σε σχέση με το ανώτερο τμήμα του φλοιού. Τα ορυκτά των πετρωμάτων ανακρυσταλλώνονται και η παραμόρφωση λαμβάνει χώρα αποκλειστικά με **μηχανισμούς πλαστικής παραμόρφωσης και παθητική πτύχωση (passive folding)**.



**Εικόνα 9.4** Ισοκλινείς μακρο-πτυχές και πτυχές λόγω επέκτασης ρήγματος, σε πελαγικούς σχηματισμούς της ενότητας της Πίνδου από τη Δυτική Πελοπόννησο.

Οι πτυχές (σε όλες τις κλίμακες εμφάνισης) είναι **ισοκλινείς** και **κατακεκλιμένες**, με οριζόντια, ή σχεδόν οριζόντια αξονικά επίπεδα και γεωμετρία εγκάρσια στο Ελληνικό τόξο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται **διαδοχικές επαναλήψεις** των ίδιων σχηματισμών και στρωμάτων, γι' αυτό και στις περιοχές που εμφανίζονται μεταμορφωμένα πετρώματα παρατηρούνται αρκετές εναλλαγές μαρμάρων και σχιστολίθων ή γνευσίων, εικόνα που δεν οφείλεται σε μια αρχική στρωματογραφική στήλη που, πριν τη μεταμόρφωση, περιελάμβανε όντως τόσες εναλλαγές ανθρακικών πετρωμάτων και κλαστικών σχηματισμών, αλλά είναι το αποτέλεσμα της συν-μεταμορφικής ισοκλινούς πτύχωσης μιας ενότητας που η στήλη της περιελάμβανε π.χ. ανθρακικά και φλύσχη. Οι ισοκλινείς αυτές πτυχές, άρα και το πάχος των εναλλαγών ανάμεσα στις διάφορες λιθολογίες, παρατηρούνται σε όλες τις κλίμακες μεγέθους, δίνοντας δομές από μερικά εκατοστά μέχρι αρκετά χιλιόμετρα. Έτσι, λοιπόν, στις μεγάλες κλίμακες χαρτογράφησης (π.χ. 1:5.000) μπορούν να χαρτογραφηθούν πτυχές (και πάχη εναλλαγών στρωμάτων) της τάξης των μερικών δεκάδων μέτρων, ενώ στις μικρότερες κλίμακες (π.χ. 1:50.000) χαρτογραφούνται δομές της τάξης των εκατοντάδων μέτρων ή και χιλιομέτρων.

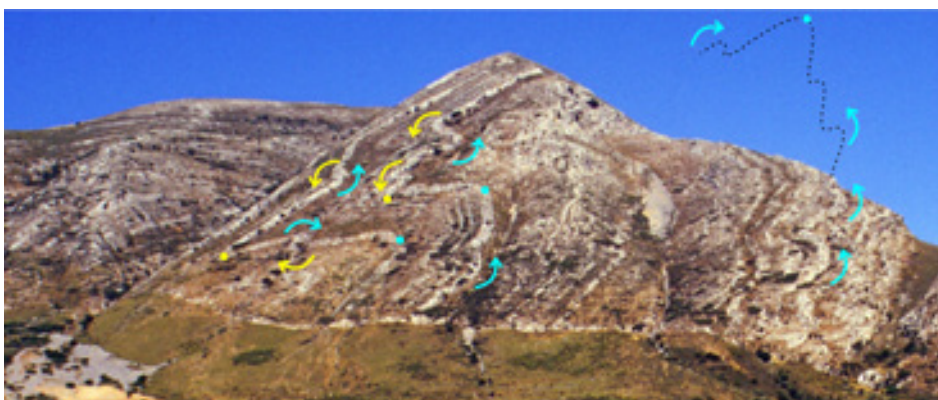
Όταν χαρτογραφούμε μια περιοχή με μεταμορφωμένα πετρώματα, η απλή ύπαρξη χαρτογραφησίμων εναλλαγών από μάρμαρα και σχιστολίθους, δεν αρκεί από μόνη της για να επιβεβαιωθεί η ύπαρξη ισοκλινών πτυχών, ακόμα και αν οι εναλλαγές αυτές αποτελούνται από όμοιους λιθολογικούς τύπους με τα ίδια χαρακτηριστικά (ορυκτολογική σύσταση, συνθήκες μεταμόρφωσης κ.λπ.). Είναι κάτι που πιθανώς μπορεί να συμβαίνει, αλλά πρέπει να αποδειχθεί. Στις περισσότερες περιπτώσεις, κατά τη διάρκεια της χαρτογράφησης, θα εντοπίσουμε κάποια περιοχή όπου δύο χωριστοί στρωματογραφικοί ορίζοντες θα ενώνονται, δημιουργώντας μια αντικλινική ή μια συγκλινική δομή. Για παράδειγμα στη φωτογραφία της Εικ. 9.5 η γενική εικόνα που έχουμε είναι διαδοχικές εναλλαγές από μάρμαρα και σχιστολίθους με ίδια κλίση, που από πρώτη άποψη φαίνονται σαν διαφορετικοί χωριστοί ορίζοντες. Παρατηρώντας όμως προσεκτικά στο σημείο που δείχνει το βέλος στη φωτογραφία, διαπιστώνουμε ότι οι δύο χωριστοί ορίζοντες μαρμάρου συναντώνται, σχηματίζοντας μια αντικλινική δομή, που ανήκει σε μια ισοκλινή κατακεκλιμένη πτυχή όπου τα σκέλη των πτυχών και τα αξονικά επίπεδα (όπως φυσικά και ο άξονας) είναι παράλληλα μεταξύ τους και κλίνουν περίπου 30° προς τα ανατολικά. Η λεπτομερής χαρτογράφηση και τεκτονική ανάλυση των σχηματισμών αυτών έχει αποδείξει την ύπαρξη πολλών τέτοιων ισοκλινών επαναπτυχώσεων.

Μπορούμε, επίσης, να χρησιμοποιήσουμε τη **φορά κατάκλισης** και την **ασυμμετρία** των μικρότερης τάξης ισοκλινών πτυχών, για να πιστοποιήσουμε αν όντως υπάρχουν αντικλινικές ή συγκλινικές δομές και να προσδιορίσουμε προς τα πού αυτές εντοπίζονται. Για παράδειγμα, στις μακροπτυχές της Εικ. 9.6, που πτυχώνουν εναλλαγές μαρμάρων και πυριτικών σχιστολίθων της ενότητας της Μάνης, παρατηρούμε ότι αναπτύσσονται και μικρότερης τάξης πτυχές στα σκέλη των μεγαλύτερης κλίμακας δομών (πτυχών), με διαφορετική

ασυμμετρία στο κάθε σκέλος. Στη φωτογραφία της Εικ. 9.6 (κεντρικό τμήμα) σημειώνεται με βέλος η ασυμμετρία αυτών των πτυχών, που μας καταδεικνύει και το προς τα πού θα συναντηθούν οι ορίζοντες για να σχηματίσουν την πτυχή, που για τη συγκεκριμένη περίπτωση είναι μια συγκλινική και μια αντικλινική δομή. Τα κίτρινα βέλη μας υποδεικνύουν τα σύγκλινα (κίτρινες τελείες) και τα γαλάζια τα αντίκλινα (γαλάζιες τελείες). Άρα κατά τη διάρκεια της χαρτογράφησης, ακόμα και αν δεν βλέπουμε που ενώνονται δύο χωριστοί ορίζοντες, μπορούμε, εκμεταλλευόμενοι την ασυμμετρία των μικρότερης τάξης πτυχών, να προσδιορίσουμε προς τα πού περιμένουμε αυτοί να ενωθούν σχηματίζοντας μια αντικλινική ή συγκλινική δομή. Για παράδειγμα, στο δεξί τμήμα της ίδιας φωτογραφίας, εκμεταλλευόμενοι την ασυμμετρία των μικρότερης τάξης πτυχών, μπορούμε να πιστοποιήσουμε ότι η αντικλινική δομή βρίσκεται στον αέρα και είναι διαβρωμένη στην περιοχή αυτή.



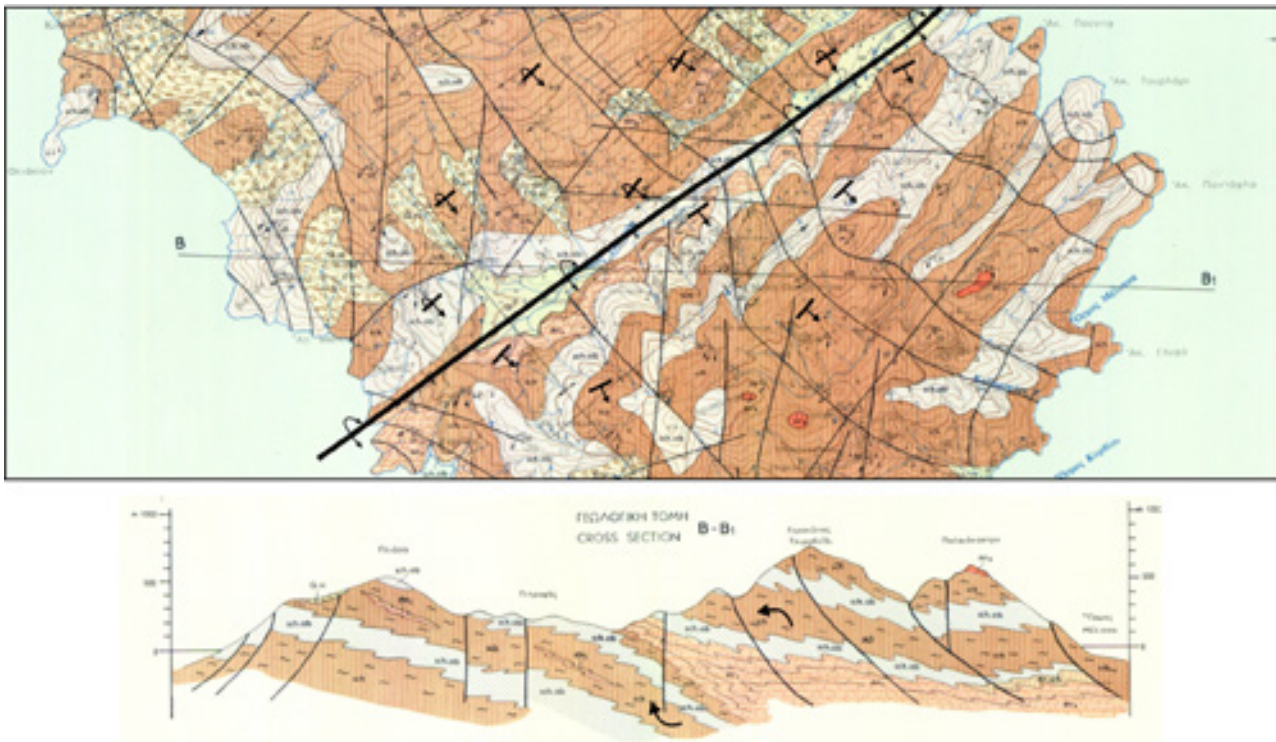
**Εικόνα 9.5** Χαρτογραφήσιμες εναλλαγές από μάρμαρα και σχιστολίθους, που, όπως δείχνει το βέλος, οφείλονται σε ισοκλινείς κατακεκλιμένες πτυχές με οριζόντια αξονικά επίπεδα. Μεταμορφωμένοι σχηματισμοί της ενότητας των Κυανοσχιστολίθων των Κυκλάδων (CBU) από τη Νήσο Νάξο.



**Εικόνα 9.6** Ισοκλινείς μακρο-πτυχές σε μάρμαρα και σχιστόλιθους της ενότητας Μάνης στην περιοχή του Μοχού στην Κρήτη. Η ασυμμετρία των μικρότερης κλίμακας πτυχών στα σκέλη της μεγάλης δομής, μας υποδεικνύει προς τα πού αναπτύσσονται τα μεγαλύτερης τάξης σύγκλινα και αντίκλινα. Παρατηρήστε ότι στη βάση του βουνού διέρχεται ένα μεγάλο κανονικό ρήγμα.

Ανακεφαλαιώνοντας, λοιπόν, για τις ισοκλινείς μακρο-πτυχές στις αλπικές μεταμορφωμένες ενότητες των Ελληνίδων (που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της μεταμόρφωσης με γεωμετρία εγκάρσια στο ελληνικό τόξο) από χαρτογραφική άποψη δημιουργούν διαδοχικές εναλλαγές των ίδιων λιθολογικών σχηματισμών. Η λεπτομερής χαρτογράφηση και η συστηματική τεκτονική ανάλυση, με έμφαση στην ασυμμετρία των μικρότερης κλίμακας πτυχών, θα μας αποκαλύψουν τις μεγάλης κλίμακας εμφάνισης (χιλιομετρικής διάστασης) αντικλινικές και συγκλινικές δομές. Στην Εικ. 9.7, για παράδειγμα, η λεπτομερής χαρτογράφηση και η τεκτονική ανάλυση στους μεταμορφωμένους σχηματισμούς της νήσου Άνδρου (Παπανικολάου, 1978), αποδεικνύουν ότι η μεγα-δομή αντιπροσωπεύεται από μια μεγάλης κλίμακας (χιλιομετρικής διάστασης) αντικλινική δομή. Τα σκέλη και το αξονικό επίπεδο της μεγάλης κλίμακας μακρο-πτυχής κλίνουν προς τα ΝΑ και η ασυμμετρία

των μικρότερης τάξης πτυχών, όπως φαίνεται από την τομή, είναι για το μεν ΝΑ (και κανονικό) σκέλος προς τα ΒΔ για το δε ΒΔ (και ανεστραμμένο) σκέλος προς τα ΝΑ. Μια διευκρίνιση. Οι έννοιες κανονικό και ανεστραμμένο σκέλος χρησιμοποιούνται καταχρηστικά, δεδομένου ότι σε μεταμορφωμένους σχηματισμούς με άγνωστη στρωματογραφία δεν μπορούμε να ξέρουμε σε ποιο σκέλος η σειρά των στρωμάτων είναι κανονική ή ανάστροφη.



**Εικόνα 9.7** Η τεκτονική μακροδομή της Νήσου Ανδρου κυριαρχείται από τις συν-μεταμορφικές ισοκλινείς μακρο-πτυχές, που δημιουργούν διαδοχικές επαναλήψεις των ίδιων οριζώντων (απόσπασμα από το φύλλο «Ανδρος» του ΙΓΜΕ).

Επισημαίνεται ότι στον τύπο αυτό της πτύχωσης, σε αρκετές περιπτώσεις και κάτω από το ίδιο καθεστώς της συν-μεταμορφικής παραμορφωτικής φάσης, δεν έχουμε μία μόνο φάση πτύχωσης με ισοκλινείς συν-μεταμορφικές μακρο-πτυχές, αλλά περισσότερες (δύο, τρεις ή και περισσότερες) ομοαξονικές φάσεις πτύχωσης με ίδια γεωμετρία, που σημαίνει ότι η καθεμία από αυτές επαναπτυχώνει τις προηγούμενες πτυχές (σκέλη και αξονικά επίπεδα), δημιουργώντας μια πολύ πιο σύνθετη κατάσταση και αυξάνοντας τις επαναλήψεις των στρωμάτων. Επίσης, από κινηματική άποψη έχει αποδειχθεί ότι και στη μεγάλη κλίμακας εμφάνιση, οι μακρο-πτυχές αυτές, αποτελούν μη κυλινδρικές πτυχές (sheath folds), που κάτω από τις ιδιαίτερες ρεολογικές συνθήκες που δημιουργούνται στο μέσο και κατώτερο φλοιό, επαναπροσανατολίζουν τους άξονές τους σε διεύθυνση παράλληλη με τη διεύθυνση της τεκτονικής μεταφοράς, δηλαδή εγκάρσια στη γεωμετρία του ελληνικού τόξου.

## Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Avigad, D., Ziv, A. & Garfunkel, Z. (2001). Ductile and brittle shortening, extension-parallel folds and maintenance of crustal thickness in the central Aegean (Cyclades, Greece). *Tectonics*, 20/2, 277–287.
- Fleury, J.J. & Chare, J.P. (1980). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000. Φύλλο «Φραγκίστα»*. Εκδόσεις ΙΓΜΕ.
- Fossen, H. (2010). *Structural Geology*. 480p., Cambridge University Press.
- Grujic, D. & S. Mancktelow, S. N. (1995). Folds with axes parallel to the extension direction: an experimental study. *Journal of Structural Geology*, V 17/2, 279–285, 287–291.
- Κατσαβριάς, Ν. (1987). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000. Φύλλο «Αμφιλοχία»*. Εκδόσεις ΙΓΜΕ.
- Μανάκος, Κ. (1993). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000. Φύλλο «Μυρόφυλλο»*. Εκδόσεις ΙΓΜΕ.
- Παπανικολάου, Δ. (1978). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000. Φύλλο «Ανδρος»*. Εκδόσεις ΙΓΜΕ.





## Κεφάλαιο 10:

### Αναγνώριση και απεικόνιση τεκτονικών στοιχείων και δομών

#### Σύνοψη

Κατά τη σύνταξη ενός γεωλογικού χάρτη ο γεωλόγος πρέπει να διακρίνει, να μετρήσει και να αναλύσει πληθώρα γεωλογικών δομών. Αυτές οι πληροφορίες είναι απαραίτητες για να αναγνωρισθεί και να ερμηνευθεί η γεωλογική δομή και εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής. Οι δομές αυτές, με βάση τη γεωμετρία τους, διακρίνονται σε επίπεδες δομές ή φυλλώσεις και σε γραμμικές δομές ή γραμμώσεις. Επιπλέον, διακρίνονται στις πρωτογενείς, οι οποίες διαμορφώθηκαν κατά τον σχηματισμό του πετρώματος, και στις δευτερογενείς ή τεκτονικές, οι οποίες είναι αποτέλεσμα της επίδρασης των τεκτονικών δυνάμεων στο πέτρωμα. Οι κυριότερες φυλλώσεις είναι η στρώση στα ιζηματογενή και η μαγματική στρωμάτωση και γραμμωση στα μαγματικά πετρώματα. Τα μεταμορφωμένα πετρώματα δεν έχουν πρωτογενείς δομές αλλά αποτελούν τον παράδεισο των δευτερογενών τεκτονικών δομών. Οι δευτερογενείς φυλλώσεις παρουσιάζουν μία διαβάθμιση στο μέγεθος των δομικών συστατικών τους, τα οποία αυξάνονται με το βάθος σχηματισμού, δηλαδή, κατά κύριο λόγο, με αυξανόμενη θερμοκρασία. Οι λεπτόκοκκες φυλλώσεις ονομάζονται γενικά σχισμός, ενώ η αδρόκοκκη φύλλωση ονομάζεται σχιστότητα. Οι δευτερογενείς γραμμώσεις έχουν συγγεντική σχέση με τις φυλλώσεις πάνω στις οποίες εντοπίζονται. Η πλέον σημαντική δευτερογενής γράμμωση είναι η γράμμωση έκτασης η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί για να ληφθούν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την κινηματική και το εντατικό πεδίο που τη δημιούργησε. Οι πιο σημαντικές και χαρακτηριστικές από τις δομές που αναγνωρίστηκαν και μετρήθηκαν, πρέπει να απεικονιστούν στον χάρτη με συγκεκριμένα σύμβολα. Η θέση που τοποθετείται το σύμβολο στον χάρτη αντιστοιχεί στη θέση που λήφθηκε η μέτρηση ή η πληροφορία γενικότερα. Η λογική και τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται εμφανίζουν μικροδιαφοροποιήσεις από χώρα σε χώρα, αλλά σε γενικές γραμμές είναι παρόμοια. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει είναι ευκρινή και κατανοητά και να συμπεριλαμβάνονται στο υπόμνημα του χάρτη.

#### Προσπαιτούμενη γνώση

Η ύλη των σημειώσεων του υποχρεωτικού μαθήματος «Τεκτονική», του αντίστοιχου κεφαλαίου από το μάθημα επιλογής «Μικροτεκτονική» και του υποχρεωτικού Σεμιναρίου «Άσκηση και Εργασία στην Ύπαιθρο – Εξοπλισμός και Ασφάλεια» και η ύλη από το αντίστοιχο κεφάλαιο των σημειώσεων για το μάθημα της «Γεωλογικής Χαρτογράφησης», που δίνονται στους φοιτητές και είναι αναρτημένες στην πλατφόρμα e-Class. Οι αντίστοιχες ηχογραφημένες παραδόσεις (βιντεοδιαλέξεις), που έγιναν στα πλαίσια της δράσης «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα» και φιλοξενοούνται στην πλατφόρμα Open Delos.

### 10.1 Εισαγωγή

Σε μία ολοκληρωμένη χαρτογράφηση, υπάρχει καλή γνώση της γεωλογικής εξέλιξης των πετρωμάτων, δηλαδή, έχουν διακριθεί και αναλυθεί τα παραμορφωτικά επεισόδια, από το αρχικό στάδιο σχηματισμού μέχρι αυτά να αποκτήσουν την τελική μορφή που έχουν. Σε καθένα από αυτά τα στάδια τα πετρώματα μπορεί να έχουν διαφοροποιηθεί ως προς την αρχική τους κατάσταση σε μικρό ή μεγάλο βαθμό. Με ανάλογο τρόπο έχει επηρεαστεί τόσο η σχέση τους με τα περιβάλλοντα πετρώματα όσο και το πλήθος και το είδος των γεωλογικών δομών που έχουν σχηματιστεί σε αυτά. Κατά συνέπεια, για να αναγνωριστούν όσο το δυνατόν περισσότερα από τα παραμορφωτικά στάδια, θα πρέπει να έχουν αναγνωριστεί και να έχουν αναλυθεί επιμελώς οι τεκτονικές δομές που περιλαμβάνουν τα πετρώματα.

Οι **διαμπερείς** δομές, που παρατηρούνται σε ένα γεωλογικό σώμα, στη μεσοσκοπική κλίμακα παρατήρησης, διακρίνονται στις επίπεδες ή **φυλλώσεις (foliations)** και στις γραμμικές δομές ή **γραμμώσεις (lineations)** (Εικ. 10.1). Ο όρος **διαμπερείς (penetrative)** σημαίνει ότι εμφανίζονται συστηματικά σε όλη την έκταση του πετρώματος. Ο όρος φύλλωση περιλαμβάνει οποιαδήποτε επίπεδη δομή που αναπτύσσεται συστηματικά μέσα στο πέτρωμα, αποτελώντας μια διαμπερή δομή (Passcier & Trouw, 2005). Οι διακλάσεις εξαιρούνται από τον όρο αυτό, δεδομένου ότι δεν αποτελούν διαμπερείς επιφάνειες. Περαιτέρω διάκριση γίνεται σε **πρωτογενείς (primary)**, δηλαδή, σε δομές οι οποίες διαμορφώνονται κατά τον σχηματισμό των πετρωμάτων και σε **δευτε-**

ρογενείς ή τεκτονικές (secondary – tectonic), οι οποίες σχηματίζονται μεταγενέστερα και σχετίζονται με την παραμόρφωση ή και τη μεταμόρφωση των πετρωμάτων.

Οι φυλλώσεις και οι γραμμώσεις είναι γενετικά συνδεδεμένες, ειδικά αν σχηματίζονται ως αποτέλεσμα της προσανατολισμένης διάταξης ορυκτών. Επομένως, τα επίπεδα και τα γραμμικά στοιχεία του τεκτονικού ιστού αποτελούν όψεις μίας γενικότερης γεωμετρίας σε τρεις διαστάσεις, που σχετίζεται με το ελλειψοειδές της παραμόρφωσης.

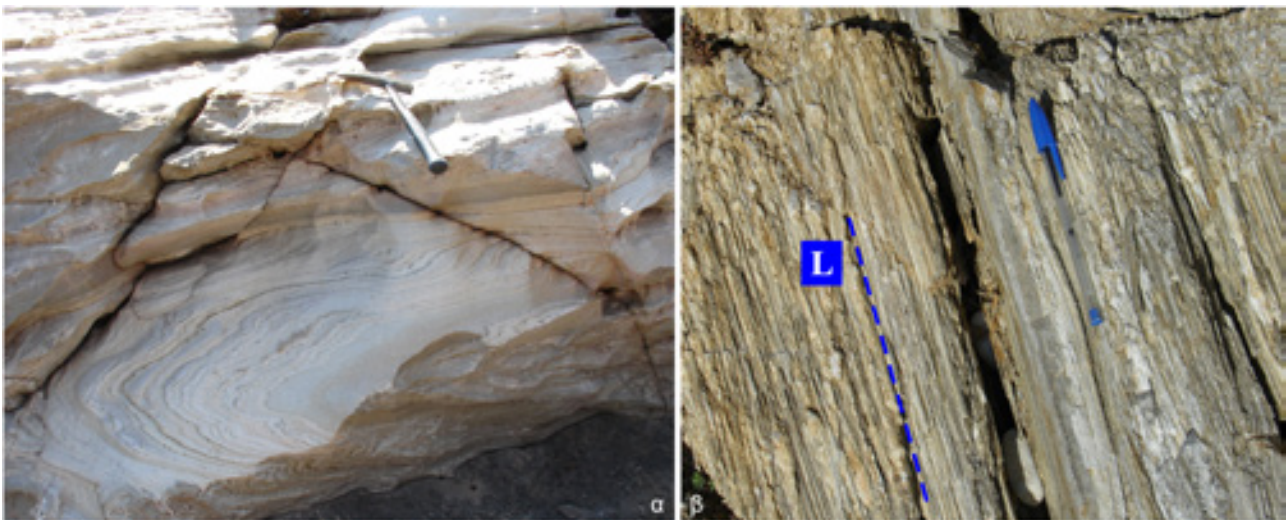
Η αναγνώριση της πρωτογενούς φύλλωσης είναι σημαντική, ειδικά στα μετα-ιζήματα, γιατί επιτρέπει την αναγνώριση της τεκτονικής εξέλιξης από την ιζηματογένεση. Στην περίπτωση αυτή, η πρωτογενής στρώση ονομάζεται  $S_0$  και οι δευτερογενείς φυλλώσεις, που ακολουθούν (με σχέσεις επικάλυψης), λόγω παραμόρφωσης και μεταμόρφωσης,  $S_1, S_2, S_3$  κ.λπ. Αν δεν μπορούμε να διακρίνουμε τη στρώση, μόνο το τελευταίο τμήμα της τεκτονομεταμορφικής εξέλιξης μπορεί να αναγνωρισθεί. Στην περίπτωση αυτή η πιο παλαιά αναγνωρίσιμη τεκτονική επιφάνεια χαρακτηρίζεται ως  $S_n$  και οι νεότερες που ακολουθούν ως  $S_{n+1}, S_{n+2}$ , κ.λπ.

Με τον όρο **γράμμωση**, περιγράφονται οι διαμπερείς δομές που εμφανίζουν γραμμική διάταξη σε ένα πέτρωμα. Με αυτή την ευρεία έννοια, γραμμώσεις θεωρούνται και τα γραμμικώς προσανατολισμένα στοιχεία του πετρώματος, όπως τα απολιθώματα, οι κροκάλες κ.ά. Όπως και με τις φυλλώσεις, υπάρχουν γραμμικές δομές που δημιουργούνται μαζί με το πέτρωμα και ονομάζονται πρωτογενείς και υπάρχουν και δευτερογενείς γραμμώσεις, τεκτονικής προέλευσης, οι οποίες είναι και οι πιο ενδιαφέρουσες, καθώς προσφέρουν πολύ σημαντικές πληροφορίες για τις παραμορφωτικές φάσεις, το εντατικό πεδίο και την κινηματική της παραμόρφωσης. Οι γραμμώσεις συμβολίζονται με το γράμμα **L** και το πρωτογενές γραμμικό στοιχείο που σχηματίστηκε ταυτόχρονα με το πέτρωμα συμβολίζεται ως  $L_0$ , ενώ οι δευτερογενείς γραμμώσεις που ακολουθούν ως  $L_1, L_2, L_3$  κ.λπ. Όπως και για τις φυλλώσεις, αν δεν μπορούμε να αναγνωρίσουμε το πρωτογενές γραμμικό στοιχείο, η πιο παλαιά αναγνωρίσιμη τεκτονική γράμμωση χαρακτηρίζεται ως  $L_n$  και οι νεότερες που ακολουθούν ως  $L_{n+1}, L_{n+2}, L_{n+3}$  κ.λπ.

## 10.2 Πρωτογενείς δομές

Όπως προαναφέρθηκε, οι πρωτογενείς δομές αναπτύσσονται στο πέτρωμα κατά τη φάση της δημιουργίας του. Επομένως, πρωτογενείς δομές μπορεί να εμφανίζονται σε ιζηματογενή και μαγματικά πετρώματα. Η αναγνώριση των πρωτογενών δομών είναι πολύ σημαντική γιατί:

- μέσω αυτών μπορεί να εξαχθούν σημαντικές πληροφορίες για τις συνθήκες σχηματισμού του πετρώματος.
- αποτελούν σημείο αναφοράς και σύγκρισης με όλες τις μεταγενέστερες δομές που έχουν αναπτυχθεί στο πέτρωμα.



**Εικόνα 10.1** Μεταμορφωμένα πετρώματα στα οποία διακρίνονται (α) οι επιφάνειες της δευτερογενούς φύλλωσης και (β) η δευτερογενής γράμμωση (L).

Όπως γίνεται αντιληπτό, όσο πιο πολλά και πιο έντονα είναι τα παραμορφωτικά επεισόδια που έχουν επηρεάσει ένα πέτρωμα, τόσο περισσότερο μειώνεται η πιθανότητα να έχουν διατηρηθεί οι πρωτογενείς δομές.

### 10.2.1 Πρωτογενείς φυλλώσεις

Η πιο χαρακτηριστική, συστηματική, πρωτογενής φύλλωση, που παρατηρείται στα ιζηματογενή πετρώματα, είναι η **στρώση (bedding)**. Συμβολίζεται με το σύμβολο  $S_0$ , το οποίο υποδηλώνει την πρώτη επιφάνεια που δημιουργήθηκε στο πέτρωμα. Η στρώση συνδέεται άμεσα με τα χαρακτηριστικά της λιθολογίας που την εμπεριέχει, επομένως, αναγνωρίζοντας το πέτρωμα θα είμαστε σε θέση να αναγνωρίσουμε πιο εύκολα τη στρώση. Σε ένα **κλαστικό ιζηματογενές πέτρωμα**, η στρώση εκφράζεται από τη διάταξη των κλαστών σε επίπεδα. Σε ένα **βιοχημικό ιζηματογενές πέτρωμα**, οι επιφάνειες της στρώσης αντιστοιχούν στα άνω και κάτω όρια ιζήματος που καθίσησε και συμπαγοποιήθηκε στον πυθμένα της ιζηματογενούς λεκάνης. Το μέγεθος των κλαστών και τα πάχη των επιμέρους στρωμάτων δεν είναι σταθερά. Σε γενικές γραμμές, η επιφάνεια της στρώσης είναι παράλληλη με τα όρια των σχηματισμών και των επιμέρους λιθολογιών. Επίσης συχνά σχετίζεται με **ιζηματοδομές** (σταυρωτή στρώση, κοκκομετρική ταξίθευση, δομές παλαιορευμάτων κ.ά.), μέσω των οποίων μπορούμε να βγάλουμε και συμπεράσματα για τη σχετική ηλικία των στρωμάτων και την τροφοδοσία του υλικού. Όταν είναι πτυχωμένα, τα αξονικά επίπεδα των πτυχών δεν είναι παράλληλα με τη στρώση, εκτός από περιπτώσεις τέλεια ισοκλινών πτυχών. Αρκετά χρήσιμο θα είναι αν μπορούσαμε να διακρίνουμε **συνιζηματογενείς πτυχές** και **συνιζηματογενή ρήγματα**. Οι δομές αυτές οφείλονται συνήθως σε ολίσθηση του ιζήματος στη λεκάνη ιζηματογένεσης και περιορίζονται σε συγκεκριμένα στρώματα του πετρώματος. Ειδικά στην περίπτωση των πτυχών (Εικ. 10.2.α), τα αξονικά επίπεδα των συνιζηματογενών πτυχών μπορεί να έχουν τυχαίες διευθύνσεις, ενώ δεν πρέπει να έχει αναπτυχθεί δευτερογενής φύλλωση κατά μήκος αυτών, γιατί δημιουργούνται όσο ακόμη είναι ιζημα (δηλαδή, όχι πέτρωμα) και το αίτιο είναι η βαρύτητα και όχι η τεκτονική (Tucker, 2011).

Αφού αναγνωριστεί η στρώση, πρέπει να μετρηθεί η διεύθυνση και η κλίση των στρωμάτων και το πάχος των επιμέρους στρωματιδίων. Αν το πέτρωμα είναι κλαστικό, θα πρέπει να μετρηθεί το μέγεθος των κλαστών και να περιγραφεί το σχήμα κι η σύστασή τους. Αν έχουν αναγνωριστεί και ιζηματοδομές θα πρέπει να σχεδιαστούν, να περιγραφούν και να αναλυθούν. Τέλος, αν υπάρχουν παραμορφωμένα απολιθώματα ή παραμορφωμένες κροκάλες θα πρέπει να φωτογραφηθούν, να σχεδιαστούν και να αναλυθούν. Οι παραμορφωμένες κροκάλες θεωρείται ότι αντιστοιχούν σε μικρά ελλειψοειδή παραμόρφωσης. Οι τρεις άξονες των ελλειψοειδών μπορούν να μετρηθούν σε δύο επίπεδα που είναι κάθετα μεταξύ τους και το ένα από αυτά είναι παράλληλο με το κύριο γραμμικό στοιχείο. Η στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες για το ελλειψοειδές παραμόρφωσης και το ελλειψοειδές των τάσεων.

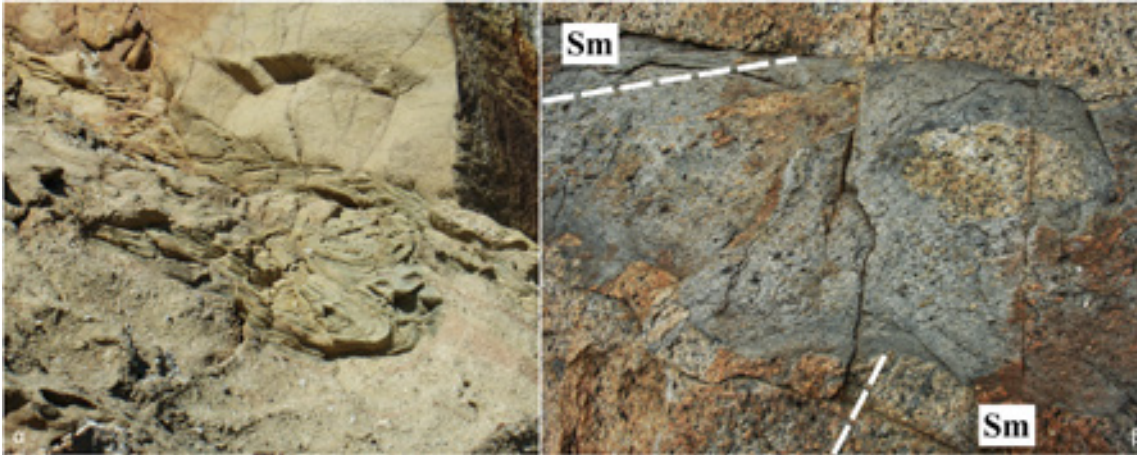
Στα μαγματικά πετρώματα οι πρωτογενείς δομές είναι αρκετά περιορισμένες. Συνήθως πρόκειται για μία επιφάνεια ή μία ζώνωση μαγματικής προέλευσης την **μαγματική στρωμάτωση (magmatic foliation – layering)** (Εικ. 10.2.β) που μπορεί να συνοδεύεται και από μαγματικό γραμμικό στοιχείο. Οι δομές αυτές σχηματίζονται όσο ακόμη το τήγμα δεν έχει κρυσταλλωθεί πλήρως, από την κρυστάλλωση και καθίσηση των ορυκτών μέσα στον μαγματικό θάλαμο και το χαρακτηριστικό τους είναι ότι δεν παρατηρείται αλληλεπίδραση μεταξύ των κρυστάλλων τέτοια ώστε να παραμορφωθούν (Paterson et al., 1989). Εφόσον αναγνωρίσουμε αυτές τις δομές, θα πρέπει να μετρήσουμε τη διεύθυνση και την κλίση τους και να εξετάσουμε αν και κατά πόσο έχουν παραμορφωθεί από νεότερες δομές. Η κατανομή των τιμών της μαγματικής στρωμάτωσης σε ένα μαγματικό πέτρωμα ενδέχεται να αποκαλύψει τη συνολική γεωμετρία του πλουτωνίτη αλλά και τους επιμέρους δόμους του (Jerram & Petford, 2009).

### 10.2.2 Πρωτογενείς γραμμώσεις

Τα πρωτογενή γραμμικά στοιχεία είναι αρκετά πιο περιορισμένα από τα επίπεδα και σαφώς λιγότερο σημαντικά από τα δευτερογενή. Στις περισσότερες περιπτώσεις αποκαλύπτουν την κατεύθυνση της ροής, είτε αυτή είναι **ροή λάβας** είτε είναι **ροή παλαιορεύματος**.

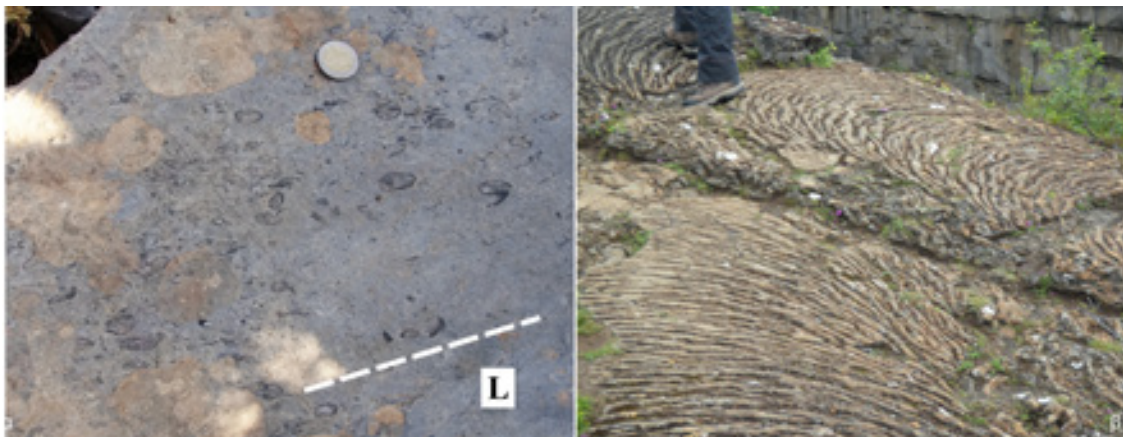
Ορισμένες φορές, στα ιζηματογενή πετρώματα, τα απολιθώματα ενδέχεται να εμφανίζουν μία γραμμική διάταξη (Εικ. 10.3.α). Επίσης, στα κροκαλοπαγή είναι δυνατόν οι κροκάλες του πετρώματος να είναι διατεταγμένες με τον μεγάλο άξονα παράλληλα προς μία συγκεκριμένη διεύθυνση, ως αποτέλεσμα του ρεύματος που

απέθεσε αδρόκοκκο κλαστικό υλικό στον πυθμένα μίας λεκάνης ιζηματογένεσης. Μάλιστα, αν οι κροκάλες εμφανίζουν και **κεραμιδωτή διάταξη**, ενισχύεται ακόμη περισσότερο αυτό το συμπέρασμα. Αν προσδιορίσουμε τη διεύθυνση κατά την οποία διατάσσονται οι κροκάλες γνωρίζουμε και τη διεύθυνση του παλαιορεύματος, οπότε μπορούμε να εκτιμήσουμε την προέλευση των κροκαλών.



**Εικόνα 10.2** Πρωτογενείς δομές σε ιζηματογενή και μαγματικά πετρώματα. (α) Επιφάνειες στρώσης και συνιζηματογενείς πτυχές σε κλαστικά πετρώματα (β) Μαγματική στρωμάτωση (Sm) σε φλεβική διείσδυση και σε γρανιτικό σώμα. Οι δύο επιφάνειες σχηματίζουν μεγάλη γωνία μεταξύ τους.

Οι γραμμικές δομές της σχοινοειδούς λάβας αποκαλύπτουν τη διεύθυνση κατά την οποία έρεε η λάβα πριν στερεοποιηθεί (Εικ. 10.3.β). Με ανάλογο τρόπο δημιουργούνται και οι κατακόρυφες στηλοειδείς κατατμήσεις σε βασαλτικά πετρώματα. Στα πλουτώνια πετρώματα, κατά την κρυστάλλωση του μάγματος, η προσανατολισμένη διάταξη των σχετικά μεγαλύτερων σε μέγεθος ορυκτών (πυρόξενοι, άστριοι κ.ά.), μπορεί να δημιουργεί και ένα μαγματικό γραμμικό στοιχείο που ονομάζεται **μαγματική γράμμωση**. Έχει παρατηρηθεί συχνά, ότι η διεύθυνση του μαγματικού γραμμικού στοιχείου δεν είναι άσχετη με τη διεύθυνση των μεταγενέστερων τεκτονικών γραμμώσεων. Επομένως, η αναγνώριση και η μέτρηση των μαγματικών γραμμώσεων ενδέχεται να επιβεβαιώσει ή να αποκλείσει ορισμένα πιθανά σενάρια για την περιοχή που χαρτογραφείται.



**Εικόνα 10.3** Πρωτογενείς γραμμώσεις σε ιζηματογενή και μαγματικά πετρώματα. (α) Διατεταγμένα απολιθώματα του Άνω Παλαιοζωικού σε ασβεστόλιθο διαμορφώνουν μία ασθενή πρωτογενή γράμμωση. (β) Σχοινοειδής λάβα (rahoehoe) στην οποία απεικονίζεται η απολιθωμένη ροή της λάβας.

### 10.3 Δευτερογενείς - Τεκτονικές δομές

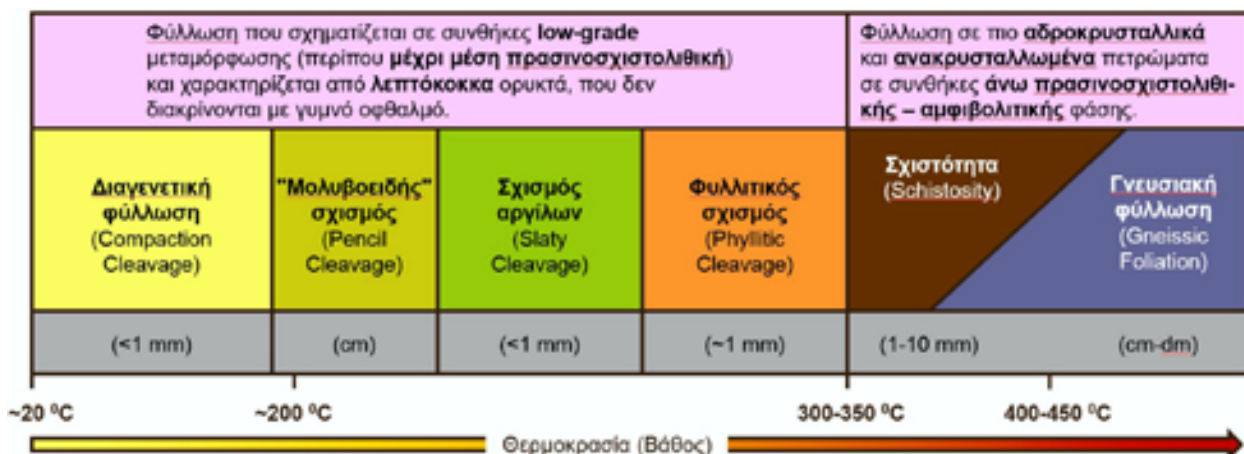
Οι δευτερογενείς τεκτονικές δομές περιλαμβάνουν έναν μεγάλο αριθμό παραμορφωτικών δομών με ποικίλα χαρακτηριστικά. Ορισμένες από αυτές εμφανίζονται γενικά στα περισσότερα πετρώματα ενώ κάποιες άλλες

είναι λιγότερο συχνές και απαντώνται μόνο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και προϋποθέσεις. Για τις ανάγκες μίας βασικής γεωλογικής χαρτογράφησης με έμφαση στην τεκτονική γεωλογία, δίνονται συγκεκριμένες πληροφορίες και κατευθύνσεις για τις πιο συνηθισμένες δομές που απαντώνται στη μεσοσκοπική κλίμακα παρατήρησης ενώ για τις λιγότερο συνηθισμένες ο αναγνώστης παραπέμπεται στη διεθνή βιβλιογραφία.

### 10.3.1 Δευτερογενείς Φυλλώσεις

Οι δευτερογενείς φυλλώσεις (**secondary foliations**) αναπτύσσονται μετά τον σχηματισμό του πετρώματος (π.χ. στα ιζηματογενή μετά τη λιθοποίηση) σαν αποτέλεσμα της επίδρασης των τάσεων ή και της μεταμόρφωσης. Σε γενικές γραμμές, οι επιφάνειες αυτές αναπτύσσονται **παράλληλα** με το **επίπεδο XY του ελλειψοειδούς παραμόρφωσης**, και **κάθετα** στον **άξονα Z**. Με τον σχηματισμό μίας φυλλώσης, το πέτρωμα αποκτά **επιφάνειες ανισοτροπίας**, οι οποίες εμφανίζουν μειωμένη συνοχή, με αποτέλεσμα το πέτρωμα να σπάει και να κόβεται κατά μήκος αυτών. Η ανάπτυξη των δευτερογενών τεκτονικών φυλλώσεων λαμβάνει χώρα σε ένα μεγάλο εύρος συνθηκών, που ξεκινά από μικρά βάθη του φλοιού και φτάνει μέχρι το όριο του φλοιού με τον μανδύα. Είναι μια διαδικασία που φαίνεται ότι εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τη θερμοκρασία T και σε μικρότερο βαθμό από την πίεση P, τις διαφορικές τάσεις, τον ρυθμό παραμόρφωσης και τη λιθολογία (Εικ. 10.4). Ουσιαστικά, είναι ανάλογη του βαθμού μεταμόρφωσης των πετρωμάτων. Επομένως, η αναγνώριση του είδους των φυλλώσεων, που διαθέτει το πέτρωμα, αποκαλύπτει σημαντικά στοιχεία για την τεκτονομορφική του εξέλιξη και βοηθά σημαντικά στην ερμηνεία των τεκτονικών επαφών, που έχουν χαρτογραφηθεί στην υπό μελέτη περιοχή.

Κατά τη χαρτογράφηση στο ύπαιθρο, μια πρώτη διάκριση μπορεί να γίνει με βάση το μέγεθος των **δομικών στοιχείων** (κόκκοι, ορυκτά κ.ά.), που διαμορφώνουν τη φυλλώση ή τις φυλλώσεις των πετρωμάτων. Μία φυλλώση, αποτελούμενη από στοιχεία που δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι ή με τη λούπα, χαρακτηρίζεται ως **σχισμός**. Αντίθετα, αν διακρίνονται ορυκτά, με τη βοήθεια της λούπας ή ακόμη και με γυμνό μάτι, τότε αυτή η επιφάνεια χαρακτηρίζεται ως **σχιστότητα**. Η διαφορά στο μέγεθος οφείλεται κυρίως στη διαφορετική θερμοκρασία, κατά την οποία σχηματίστηκαν οι δύο φυλλώσεις και σε μικρότερο βαθμό στη σύσταση του πετρώματος. Οι κυριότερες δευτερογενείς φυλλώσεις είναι η **διαγενετική φυλλώση**, ο **σχισμός (cleavage)**, η **σχιστότητα (schistosity)**, η **γενεσιακή φυλλώση** και η **μυλονιτική φυλλώση (mylonitic foliation)**.



**Εικόνα 10.4** Διαβάθμιση φυλλώσεων με το βάθος. Οι αντίστοιχες θερμοκρασίες είναι κατά προσέγγιση και μπορεί να διαφέρουν σημαντικά, ανάλογα με τη λιθολογία και την πίεση (τροποποιημένο από Fossen, 2011).

Η **διαγενετική φυλλώση (diagenetic foliation ή compaction cleavage)**, είναι γενικά παράλληλη στη στρώση, παρατηρείται πολύ συχνά σε **πολύ χαμηλού** βαθμού μεταμόρφωσης ηλιθικά ιζήματα που έχουν υποστεί ελάχιστη ή καθόλου παραμόρφωση. Διαμορφώνεται από τον παράλληλο προσανατολισμό λεπτών και επιμηκών κόκκων μαρμαρυγιών, υποπαράλληλα προς τη στρώση. Η διαγενετική φυλλώση θεωρείται το αποτέλεσμα της συμπίεσης και συμπύκνωσης λόγω διαγένεσης, ενός ιζήματος που περιέχει κλαστικούς μαρμαρυγίες. Οι μαρμαρυγίες περιστρέφονται σταδιακά και αποκτούν έναν προσανατολισμό παράλληλο στη στρώση κατά τη διάρκεια της συμπίεσης λόγω συμπύκνωσης. Η διαγενετική φυλλώση είναι μία επιφάνεια που δεν σχετίζε-

ται με πτύχωση του πετρώματος. Επομένως, αυτό είναι μία αρκετά καλή ένδειξη για να την αναγνωρίσουμε. Είναι προφανές ότι η απουσία πτύχωσης θα πρέπει να πιστοποιηθεί σε όλη την έκταση του γεωλογικού σώματος και όχι σε μεμονωμένα σημεία.

Καθώς αυξάνεται ο βαθμός παραμόρφωσης + μεταμόρφωσης αρχίζουν και αναπτύσσονται στο πέτρωμα, οι επιφάνειες του σχισμού και της σχιστότητας. Αυτές μπορεί να εμφανίζουν διαβαθμίσεις ως προς το μέγεθος του δομικού στοιχείου και το πάχος, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και την πυκνότητα (σχισμός αργίλων => φυλλιτικός σχισμός => σχιστότητα => γνευσιακή φύλλωση). Πετρώματα που είναι πλούσια σε αργιλικά ορυκτά ή μαρμαρυγίες τείνουν να αναπτύξουν πολύ πιο πυκνές και πιο ισχυρά προσανατολισμένες επιφάνειες, ενώ πετρώματα πλούσια σε ορυκτά όπως ο χαλαζίας ή ο ασβεστίτης είναι πιο ανθεκτικά και αναπτύσσουν σχετικά πιο αραιές επιφάνειες **σχισμού κατά διαστήματα (spaced cleavage)**. Συχνά, η εναλλαγή αυτών των στρωμάτων οδηγεί στη **διάθλαση των επιφανειών του σχισμού**, καθώς αυτές διέρχονται από ένα στρώμα πιο ανθεκτικό.

Η μορφή του σχισμού που παρατηρείται σε πολύ χαμηλού βαθμού πετρώματα είναι ο **σχισμός των αργίλων (slaty cleavage)**. Αυτή η μορφή σχισμού αναπτύσσεται σε πετρώματα που δεν είναι ανθεκτικά και περιέχουν αρκετά αργιλικά ορυκτά, δηλαδή, κατά βάση σε πηλιτικά πετρώματα (Εικ. 10.5.α). Δημιουργεί ισχυρή ανισοτροπία και επιφάνειες αποχωρισμού στο πέτρωμα. Τα ορυκτά που τη διαμορφώνουν δεν είναι ορατά και κατά κανόνα είναι σχετικά **θαμπή** (δηλαδή δεν γυαλίζει), επειδή δεν ανακλά ισχυρά το φως. Αυτά είναι τα βασικότερα στοιχεία μέσω των οποίων μπορεί να διακριθεί από τον σχετικά υψηλότερου βαθμού φυλλιτικό σχισμό.

Ο **φυλλιτικός σχισμός (phyllitic cleavage)** εμφανίζεται στο πέτρωμα σε συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας που αντιστοιχούν στην κατώτερη πρασινοσχιστολιθική φάση. Συνδέεται με την κρυστάλλωση λεπτόκοκκων φυλλοπυριτικών ορυκτών όπως είναι ο σερίκίτης και ο χλωρίτης, τα οποία και μπορούν να διακριθούν αρκετά δύσκολα με τη βοήθεια της λούπας και πιο εύκολα στο μικροσκόπιο. Κατά συνέπεια, η επιφάνεια αυτή εμφανίζει ισχυρότερη ανάκλαση του φωτός και διαθέτει **μεταξώδη λάμψη** (Εικ. 10.5.β). Το πέτρωμα που εμφανίζει φυλλιτικό σχισμό αποχωρίζεται κατά μήκος αυτών των επιφανειών αλλά δεν είναι τόσο συμπαγές. Η επιφάνεια του φυλλιτικού σχισμού μπορεί να είναι επίπεδη ή ρυτιδωμένη λόγω της μικροπτύχωσης των φυλλοπυριτικών ορυκτών.



**Εικόνα 10.5 (α)** Σχισμός αργίλων C (σχεδόν κατακόρυφος), ο οποίος έχει σχηματιστεί στα ερυθρόχραα πηλιτικά στρώματα (Π) και διαθλάται στα ψαμμιτικά (Ψ). **(β)** Επιφάνειες φυλλιτικού σχισμού με τη χαρακτηριστική μεταξώδη λάμψη.

Με περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας, το πέτρωμα αρχίζει και σχηματίζει ευμεγέθη ορυκτά τα οποία διακρίνονται με γυμνό μάτι. Στην περίπτωση αυτή, η επιφάνεια πλέον είναι αρκετά **αδρόκοκκη** και ονομάζεται **σχιστότητα (schistosity)**. Η σχιστότητα αναπτύσσεται γενικά σε πετρώματα μέσου υψηλού βαθμού μεταμόρφωσης (medium - high grade metamorphism). Και αυτή η επιφάνεια, είναι επιφάνεια αποχωρισμού του πετρώματος, με αρκετά έντονη λάμψη και ισχυρή ανάκλαση του φωτός. Συγκριτικά με τον φυλλιτικό σχισμό, εμφανίζει μεγαλύτερο πάχος και πιο έντονη λάμψη, ενώ τα ορυκτολογικά της συστατικά διακρίνονται πολύ πιο εύκολα (Εικ. 10.6.α). Η σχιστότητα συχνά συνοδεύεται από ορυκτολογική ζώνωση καθώς κατά τη διαδικασία της μεταμόρφωσης τα νέα ορυκτολογικά συστατικά δημιουργούν ζώνες μέσα στο πέτρωμα.

Η **μυλωνιτική φύλλωση (mylonitic foliation)** είναι μία ιδιαίτερη περίπτωση. Αναπτύσσεται σε ζώνες αρκετά πιο έντονης παραμόρφωσης (**ζώνες διάτμησης**) και σε σχετικά μεγαλύτερο βάθος στο εσωτερικό του

φλοιού και οδηγεί σε μείωση του μεγέθους των δομικών στοιχείων (κόκκοι – ορυκτά). Επομένως, το βασικό της χαρακτηριστικό είναι ότι είναι μία πολύ πυκνή και πολύ **λεπτόκοκκη φύλλωση** (Εικ. 10.6.α). Συχνά μάλιστα είναι και αναστομούμενη ενώ μόνο σε μονοορυκτολογικά πετρώματα μπορεί να είναι τελείως επίπεδη. Στις περισσότερες περιπτώσεις, συνοδεύεται από πολύ καλά εκπεφρασμένο γραμμικό στοιχείο. Η μυλονιτική φύλλωση είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς αποκαλύπτει τεκτονικές επαφές μεταξύ πετρωμάτων και ενοτήτων που δεν είναι τόσο εξόφθαλμες ή δεν είναι εντοπισμένες (localized) σε ζώνες πολύ μικρού πάχους, όπως συμβαίνει με τα περισσότερα ρήγματα του ανώτερου φλοιού.



**Εικόνα 10.6** (α) Σχιστότητα που έχει αναπτυχθεί σε ασβεστιτικούς σχιστόλιθους σε συνθήκες πρασινοσχιστολιθικής φάσης (Θερμοκρασία 400-450°C, Πίεση 3-4Kbar). (β) Λεπτόκοκκη (υπερ)μυλονιτική φύλλωση που έχει αναπτυχθεί σε ορθογενεσιακά πετρώματα.

Η **γενευσιακή φύλλωση (gneissic foliation)** είναι μία πολύ χαρακτηριστική **αδρόκοκκη φύλλωση**, η οποία σχηματίζεται σε ακόμη μεγαλύτερο βαθμό μεταμόρφωσης. Σε αυτές τις συνθήκες, τα **λευκοκρατικά** ή **φελσικά ορυκτά** (άστριοι, χαλαζίας, λευκοί μαρμαρυγίες) διαχωρίζονται από τα **μελανοκρατικά** ή **μαφικά ορυκτά** (βιοτίτες, κεροστίλβη, πυρόξενοι) σε παράλληλες ζώνες σχετικά μεγάλου πάχους που εναλλάσσονται μεταξύ τους (Εικ. 10.7.α). Κατά κανόνα, λόγω του συγκριτικά μεγάλου πάχους που έχουν οι ζώνες αυτές, δεν αντιπροσωπεύουν επιφάνειες αποχωρισμού.

Ειδική αναφορά πρέπει να γίνει για τον **πτυχοσχισμό (crenulation cleavage)**. Πρόκειται για μία φύλλωση λεπτόκοκκη, η οποία δημιουργείται από την πτύχωση μίας παλαιότερης δευτερογενούς φύλλωσης που μπορεί να είναι είτε ένας σχισμός είτε μία σχιστότητα (Εικ. 10.7.β). Επομένως, για αναγνώρισουμε έναν πτυχοσχισμό πρέπει να διακρίνουμε δύο φυλλώσεις και η μία από τις δύο πρέπει να πτυχώνει την άλλη. Από αυτή τη σχέση συμπεραίνεται και η σχετική τους ηλικία.

Αφού αναγνώρισουμε το είδος της φύλλωσης ή των φυλλώσεων που έχουν αναπτυχθεί στο πέτρωμα, θα πρέπει να μετρήσουμε τα στοιχεία τους (κλίση και φορά μέγιστης κλίσης) και να συγκρίνουμε τα στοιχεία της νεότερης φύλλωσης είτε με τη στρώση (αν έχει διατηρηθεί) είτε με την παλαιότερη φύλλωση. Ειδικά για τις φυλλώσεις που είναι παράλληλες με το αξονικό επίπεδο πτυχών μακροσκοπικής κλίμακας, η σύγκριση αυτή μπορεί να αποκαλύψει τους άξονες αυτών των πτυχών. Επιπλέον, θα πρέπει να μετρηθεί η διατομή δύο φυλλώσεων που είναι ένα σημαντικό γραμμικό στοιχείο (βλπ. και επόμενη παράγραφο). Σε περίπτωση που έχουμε **διάθλαση σχισμού**, πρέπει να γίνει συστηματική μέτρηση των επιπέδων ώστε με κατάλληλη στατιστική επεξεργασία να προκύψει το μέσο επίπεδο αλλά και ο άξονας της μακροπτυχής.

### 10.3.2 Τεκτονικές Γραμμώσεις

Η καταγραφή και ανάλυση των δευτερογενών – τεκτονικών γραμμικών στοιχείων αποτελούν πρωταρχικούς στόχους μίας συστηματικής γεωλογικής χαρτογράφησης. Απαντούν σχεδόν αποκλειστικά στα πετρώματα που έχουν υποστεί πλαστική παραμόρφωση. Όπως προαναφέρθηκε, τα γραμμικά στοιχεία προσφέρουν σημαντικές πληροφορίες για το είδος και την κινηματική της παραμόρφωσης και κατά κανόνα, συνδέονται άμεσα είτε με τη **διεύθυνση της τεκτονικής μεταφοράς (tectonic transport)** είτε με τη **διεύθυνση της έκτασης**

(**extension direction**) στο ελλειψοειδές της παραμόρφωσης (Passchier & Trouw, 2005). Χρειάζεται προσοχή όμως γιατί δεν υπάρχει πάντα ταύτιση της γράμμωσης με την έκταση. Οι συνηθέστερες και πιο σημαντικές δευτερογενείς γραμμώσεις που μπορεί να συναντήσει κανείς είναι οι εξής:



**Εικόνα 10.7 (α)** Γνευσιακή φύλλωση σε αμφιβολιτικά πετρώματα που δημιουργείται από τις εναλλαγές ανοικτόχρωμων οριζόντων πλούσιων σε άστριους και χαλαζία και σε σκούρους πράσινους οριζόντες πλούσιους σε κεροστίλβη και επίδοτα. **(β)** Επιφάνειες πτυχοσχισμού (Cc Crenulation cleavage). Αναπτύσσονται κατά το αξονικό επίπεδο ισοκλινών πτυχών οι οποίες πτυχώνουν μία παλαιότερη αδρόκοκκη φύλλωση (σχιστότητα).

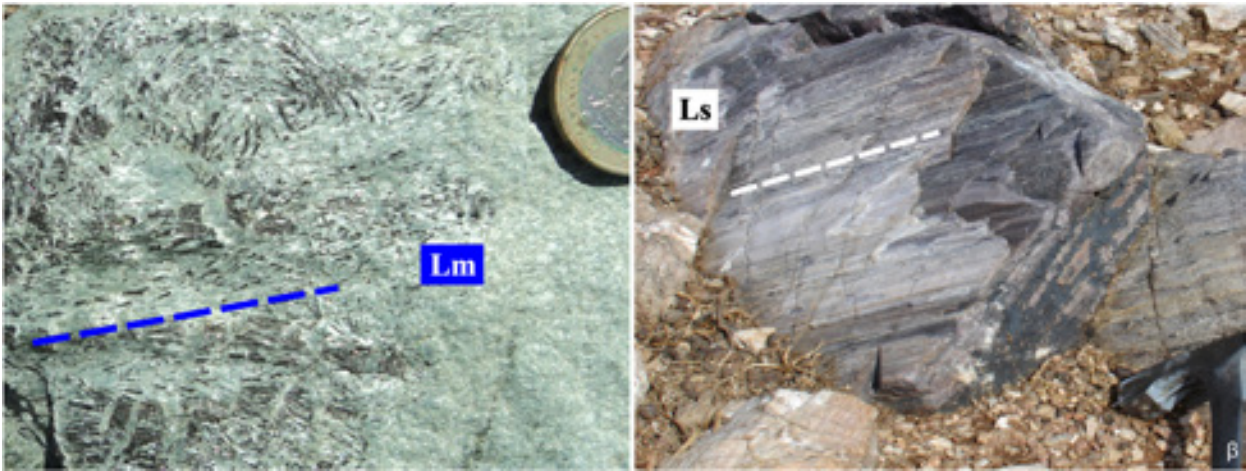
**Ορυκτολογική γράμμωση (mineral lineation).** Είναι η πιο απλή περίπτωση γράμμωσης που μπορεί να παρατηρηθεί δεδομένου ότι δημιουργείται από την παράλληλη διευθέτηση ινωδών ορυκτών ή ορυκτών που έχουν επίμηκες σχήμα (π.χ. αμφίβολοι, σιλιμανίτης, τουρμαλίνης κ.λπ.), ή ακόμη και από αθροίσματα αυτών. Στην περίπτωση αυτή, τα ορυκτά δεν είναι παραμορφωμένα αλλά είναι διατεταγμένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε η μεγάλη τους διάσταση διαμορφώνει τη γράμμωση (Εικ. 10.8.α). Αν τα ορυκτά εμφανίζονται επιμηκυμένα, έχουν υποστεί δηλαδή αύξηση παράλληλα προς μία διάσταση, τότε πρόκειται για γράμμωση έκτασης. Επομένως, αυτό που πρέπει να κάνουμε στην ύπαιθρο είναι να εξετάσουμε πολύ προσεκτικά με τη λούπα αν όντως τα ορυκτά είναι απαραμόρφωτα.

**Γράμμωση έκτασης (stretching lineation).** Δημιουργείται από **επιμηκυμένους** ή και **περιστρεμμένους κόκκους ορυκτών** κάτω από έντονη παραμόρφωση. Σε μία ευρύτερη διάσταση του όρου, η γράμμωση έκτασης μπορεί να περιλαμβάνει αθροίσματα ορυκτών, κροκάλες, ωσειδή, πισσόλιθους, απολιθώματα και άλλα στοιχεία μεγαλύτερων διαστάσεων, τα οποία έχουν επιμηκυνθεί ή έχουν περιστραφεί προς μία συγκεκριμένη διεύθυνση (Εικ. 10.8.β). Είναι το πιο σημαντικό δευτερογενές γραμμικό στοιχείο του ιστού ενός πετρώματος, καθώς ταυτίζεται ή είναι περίπου παράλληλο με τον X άξονα του ελλειψοειδούς της παραμόρφωσης. Αυτό ισχύει αν τα αντικείμενα που έχουν υποστεί την έκταση ή και την περιστροφή (ορυκτά, κόκκοι, απολιθώματα κ.λπ.) έχουν την ίδια αντοχή με το υλικό που τα περιβάλλει, διαφορετικά, υπάρχει μία απόκλιση, την οποία μπορούμε να αγνοήσουμε προκειμένου να αξιοποιήσουμε αυτήν την πραγματικά πολύ χρήσιμη δομή. Η γράμμωση έκτασης εμφανίζεται σε μεταμορφωμένα πετρώματα που έχουν υποστεί έντονη παραμόρφωση. Από τη στιγμή που θα την αναγνωρίσουμε μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε για να εξαγάγουμε πληροφορίες για την **κινηματική** της παραμορφωτικής φάσης που τη δημιούργησε. Συγκεκριμένα, τους **κινηματικούς δείκτες** και τα **προσανατολισμένα δείγματα** που θα πάρουμε, θα τα εξετάσουμε σε διεύθυνση παράλληλη με τη διεύθυνση της γράμμωσης έκτασης (και εγκάρσια στην αντίστοιχη φύλλωση με την οποία έχει δημιουργηθεί ταυτόχρονα). Επίσης, κατά κανόνα, αυτή είναι η διεύθυνση κατά την οποία θα εξετάσουμε ποσοτικά την παραμόρφωση (π.χ. μετρώντας τους άξονες των κροκαλών σε ένα μετα-κροκαλοπαγές).

**Γράμμωση από διατομή (intersection lineation),** που δημιουργείται από διατομή δύο δευτερογενών φυλλώσεων ή διατομή στρώσης  $S_0$  και φύλλωσης  $S_1$ . Επομένως, πρέπει και οι δύο επιφάνειες να είναι διαμπερείς και συστηματικές και όχι τυχαίες ή μη διαμπερείς, όπως π.χ. οι διακλάσεις. Πρακτικά, κατά τη χαρτογράφηση, πρέπει πρώτα να αναγνωρίσουμε με βεβαιότητα τις δύο φυλλώσεις και να προσδιορίσουμε τα στοιχεία τους. Τότε, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η γράμμωση που αναγνωρίζουμε είναι γράμμωση διατομής. Αν τα πετρώματα έχουν υποστεί έντονη διαμητική παραμόρφωση είναι αρκετά δύσκολο να διακριθεί η γράμμωση έκτασης από τη γράμμωση διατομής. Σε περιπτώσεις απαλών κάμψεων ή ανοικτών πτυχών, η γράμμωση διατομής εμφανίζεται ως το ίχνος των επιπέδων της μίας από τις δύο φυλλώσεις πάνω

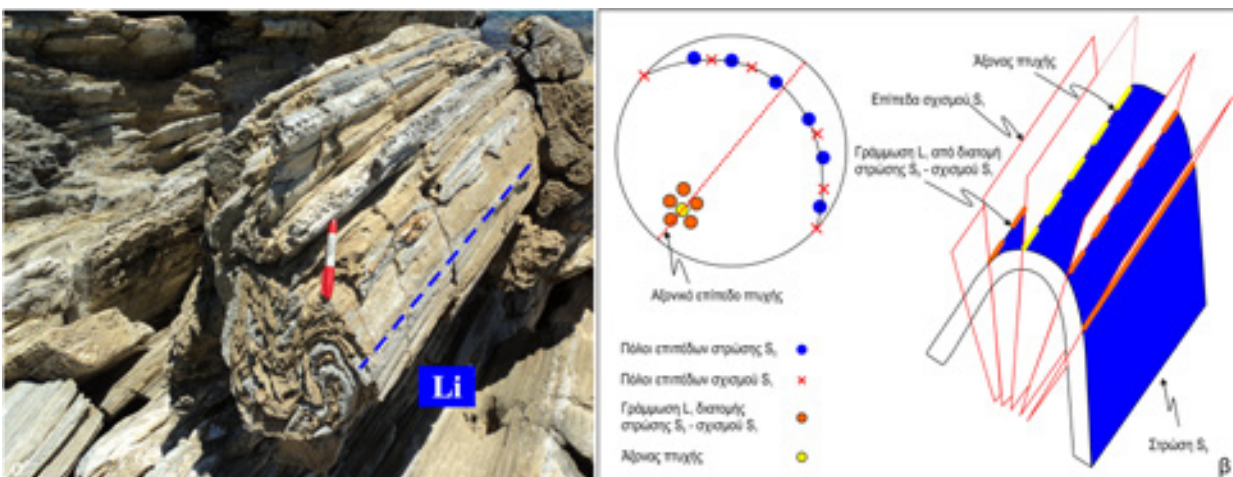


στις επιφάνειες της δεύτερης φύλλωσης (Εικ. 10.9α&β). Εφόσον δεν έχει ακολουθήσει άλλο παραμορφωτικό επεισόδιο πρέπει να έχει σταθερά στοιχεία και να μην εμφανίζει ενδείξεις πτύχωσης ή επαναπροσανατολισμού (reorientation) λόγω διατμητικής παραμόρφωσης. Ο δείκτης της αρίθμησης της γράμμωσης διατομής πρέπει να είναι ίδιος με τον δείκτη της νεότερης φύλλωσης, δηλαδή, σε μία γράμμωση διατομής μεταξύ δύο φυλλώσεων  $S_n$  και  $S_{n+1}$ , έχει δείκτη  $L_{n+1}$ .



**Εικόνα 10.8** (α) Ορυκτολογική γράμμωση (*Lm mineral lineation*) που διαμορφώνεται από την προσανατολισμένη διάταξη απαραμόρφωτων κόκκων αμφίβολου (γλαυκοφανή). (β) Ισχυρή γράμμωση έκτασης (*Ls stretching lineation*) σε χαλαζιτικό ορίζοντα, η οποία δημιουργείται από την επιμήκυνση των κόκκων του χαλαζία.

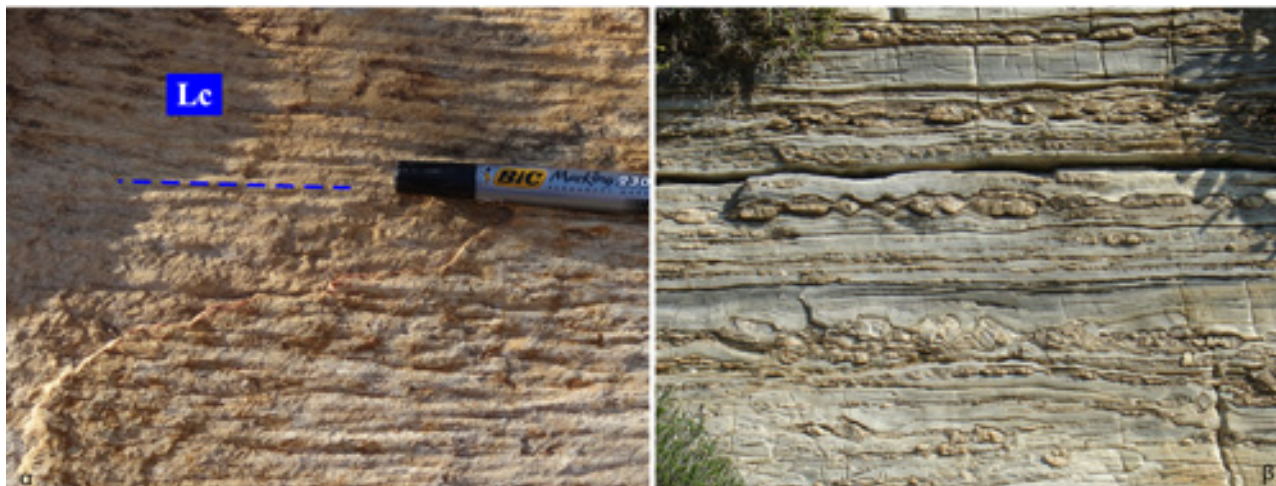
**Γράμμωση από μικροπτύχωση (crenulation lineation)**, που δημιουργείται όταν έχουμε συγκέντρωση από πολλά κορυφαία μικροπτυχών σε μια επιφάνεια φύλλωσης (Εικ. 10.10.α). Η γράμμωση από μικροπτύχωση είναι καλύτερα εκπεφρασμένη και μπορεί να αναγνωριστεί πιο εύκολα σε πετρώματα που είναι πλούσια σε φυλλοπυριτικά ορυκτά, δεδομένου ότι αυτά είναι εύκαμπτα και πτυχώνονται αρκετά εύκολα. Εξαιτίας αυτού δημιουργούνται ρυτιδώσεις, οι οποίες είναι ορατές με τη λούπα ή ακόμη και με γυμνό μάτι αν το μέγεθος του κόκκου των φυλλοπυριτικών ορυκτών είναι αρκετά μεγάλο. Πάρα πολύ συχνά, η γράμμωση από μικροπτύχωση συνυπάρχει μαζί με τη γράμμωση από διατομή, δεδομένου ότι η γράμμωση από διατομή σχηματίζεται από τη διατομή μίας πτυχωμένης επιφάνειας με τα αξονικά επίπεδα των πτυχών. Σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να εμφανίζουν περίπου τα ίδια στοιχεία. Αν υπάρχει σημαντική διαφορά στη διεύθυνση των δύο γραμμώσεων, τότε θα πρέπει να εξεταστεί αν ανήκουν σε διαφορετικά παραμορφωτικά επεισόδια.



**Εικόνα 10.9** (α) Γράμμωση διατομής (*Li Intersection Lineation*), η οποία δημιουργείται από τη διατομή δύο επιπέδων, της σχιστότητας (που πτυχώνεται, κορυφαίο πτυχής κάτω από το μαρκαδόρο) και του αξονικού επιπέδου της πτυχής που την παραμορφώνει. (β) Σχηματική απεικόνιση της γράμμωσης *Li*, από τη διατομή επιπέδων στρώσης  $S_0$  και σχισμού κατά το αξονικό επίπεδο της πτυχής και προβολή όλων αυτών σε δίκτυο Schmidt.

Τέλος, μία δομή, η οποία με βάση τα χαρακτηριστικά της, θα μπορούσε να ενταχθεί στις γραμμικές δομές, είναι και το **boudinage**. Η συγκεκριμένη δομή εμφανίζει πολύ μεγαλύτερη μία από τις τρεις διαστάσεις

της, αλλά δεν είναι διαμπερής, καθώς αναπτύσσεται μόνο σε ανθεκτικά στρώματα που περιβάλλονται από λιγότερο ανθεκτικά στρώματα (Εικ. 10.10.β). Στο boudinage αυτό που θα πρέπει να εξετάσουμε είναι το σχήμα των boudins (κυρτό, κοίλο, τετράγωνο, ατρακτοειδές) καθώς αντανακλά τη διαφορά στην πλαστικότητα και την αντοχή των λιθολογιών που δημιουργούν το boudinage. Επίσης, μπορούμε να μετρήσουμε τη διεύθυνση της μεγάλης του διάστασης, η οποία και αντιστοιχεί στη διεύθυνση της έκτασης που δημιούργησε το boudinage.



**Εικόνα 10.10** (α) Γράμμιση από μικροπτύχωση των φυλλοπυριτικών ορυκτών (λευκός μαρμαρυγίας) σχιστολιθικών πετρωμάτων. (β) Boudinage σε σχετικά πιο ανθεκτικούς δολομιτικούς ορίζοντες μέσα σε ασβεστιτικά μάρμαρα.

## 10.4 Απεικόνιση δομών στον χάρτη

Οι δομές που αναγνωρίστηκαν και μετρήθηκαν θα πρέπει να απεικονιστούν στον χάρτη με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να τις διαβάσει και να τις κατανοήσει οποιοσδήποτε άλλος εκτός από τον συντάκτη. Γι' αυτό τον λόγο, τα σύμβολα που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να ακολουθούν τη λογική και τη μεθοδολογία απεικόνισης των γεωλογικών χαρτών που λίγο πολύ έχει επικρατήσει σε όλο τον κόσμο. Εδώ θα πρέπει βέβαια να αναφερθεί ότι από χώρα σε χώρα υπάρχουν διαφοροποιήσεις ως προς τους συμβολισμούς, αλλά σε γενικές γραμμές, η λογική είναι ίδια. Το σύμβολο αποτυπώνει την ακριβή θέση που πάρθηκε η πληροφορία, είτε μιλάμε για μία μέτρηση, είτε για ένα δείγμα, είτε για απολίθωμα κ.ά. Σε καμία περίπτωση δεν τοποθετούμε σύμβολο σε τυχαία θέση.

Οι συμβολισμοί που θα χρησιμοποιηθούν στον χάρτη θα πρέπει να ακολουθούν τους εξής κανόνες (Εικ. 10.11, McClay, 1991; Coe et al., 2011; Lisle et al., 2011):

- Τα **στρωματογραφικά όρια** (όρια ιζηματογενών στρωμάτων, ασυμφωνίες, μαγματικές διεισδύσεις) απεικονίζονται με μία συνεχή γραμμή, με μέτριο πάχος (Εικ. 10.11, 1<sup>ο</sup> πλαίσιο).
- Οι **επωθήσεις** και οι **εφιππεύσεις**, στο τμήμα που είναι ορατές και βέβαιες, απεικονίζονται με καμπύλες γραμμές, σαφώς μεγαλύτερου πάχους από τα στρωματογραφικά όρια και με μικρά τρίγωνα στο τμήμα που υπέρκειται τεκτονικά (Εικ. 10.11, 2<sup>ο</sup> πλαίσιο). Το τμήμα τους που είναι υποθετικό (πιθανό) απεικονίζεται με διακεκομμένη γραμμή, ενώ το τμήμα που είναι βέβαιο αλλά δεν αποκαλύπτεται στην επιφάνεια (ίσως γιατί θάβεται από νεώτερες αποθέσεις), συμβολίζεται με πιο αραιή διακεκομμένη γραμμή.
- Για τα **κανονικά ρήγματα**, χρησιμοποιείται ξεχωριστό σύμβολο, αν πρόκειται για ρήγμα μεγάλης ή μικρής κλίσης. Στα ρήγματα μεγάλης κλίσης χρησιμοποιείται μία σχετικά παχιά γραμμή με μικρές κάθετες γραμμές ή άλλα σύμβολα (Εικ. 10.11, 2<sup>ο</sup> πλαίσιο), προς τη μεριά του κατερχόμενου υπερκείμενου ρηξιτεμάχους. Στα ρήγματα μικρής κλίσης χρησιμοποιούμε πάλι παχιά γραμμή, με κουτάκια (Εικ. 10.11, 2<sup>ο</sup> πλαίσιο) προς τη μεριά του κατερχόμενου υπερκείμενου ρηξιτεμάχους. Δίπλα στη γραμμή μπορεί να αναγράφεται η τιμή κλίσης του ρήγματος ή και η διεύθυνσή του.
- Στα **ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης** χρησιμοποιούμε δύο αντίθετα και παράλληλα μισά βέλη εκα-

τέρωθεν, του ρήγματος, που υποδηλώνουν τη σχετική κίνηση των ρηξίτεμαχών (Εικ. 10.11, 2<sup>ο</sup> πλαίσιο).

- Οι **ζώνες διάτμησης** συμβολίζονται με μία παχιά γραμμή και δύο καμπύλες (Εικ. 10.11, 2<sup>ο</sup> πλαίσιο) οι οποίες εκτρέπονται συμμετρικά εντός της ζώνης. Εφόσον αναγνωριστεί η φορά διάτμησης μπορεί να απεικονιστεί με δύο αντίθετα μισά βέλη, εκατέρωθεν της ζώνης διάτμησης.
- Στις **φυλλώσεις** απεικονίζεται και η **διεύθυνση** και η **φορά μέγιστης κλίσης** (Εικ. 10.11, 3<sup>ο</sup> πλαίσιο). Το πιο απλό σύμβολο που χρησιμοποιείται αποτελείται από δύο κάθετες γραμμές. Η μία γραμμή είναι παράλληλη με τη διεύθυνση (**παράταξη**) της φύλλωσης, ενώ η κάθετη σε αυτή κατευθύνεται προς τη φορά μέγιστης κλίσης. Αυτή η κάθετη γραμμή μπορεί στην άκρη να είναι απλή ή να καταλήγει σε βέλος ή να χρησιμοποιήσουμε παραλλαγές με διπλή γραμμή. Η **τιμή της μέγιστης κλίσης** μπορεί να απεικονιστεί είτε αριθμητικά, δίπλα στο σύμβολο είτε με μία διαβάθμιση του μεγέθους που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο εύρος τιμών κλίσης. Το σημείο στο οποίο λήφθηκε η μέτρηση αντιστοιχεί στο σημείο τομής των δύο γραμμών.

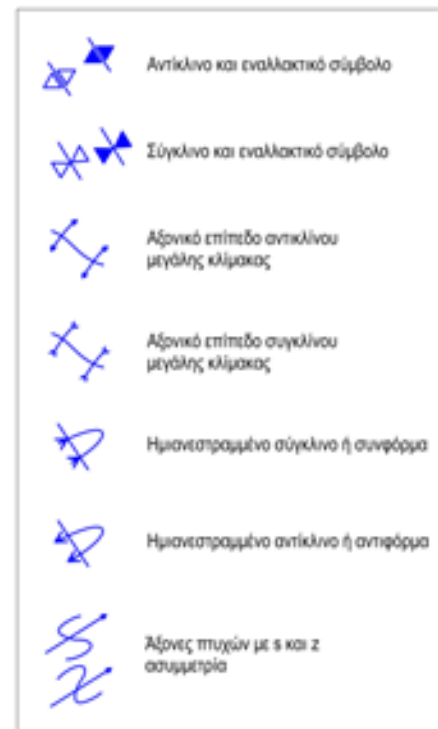
### 1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ



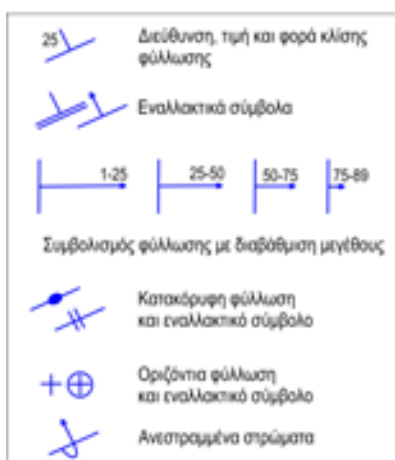
### 2. ΡΗΓΜΑΤΑ



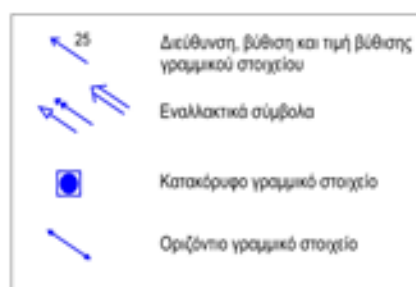
### 5. ΠΤΥΧΕΣ



### 3. ΦΥΛΛΩΣΕΙΣ



### 4. ΓΡΑΜΜΩΣΕΙΣ

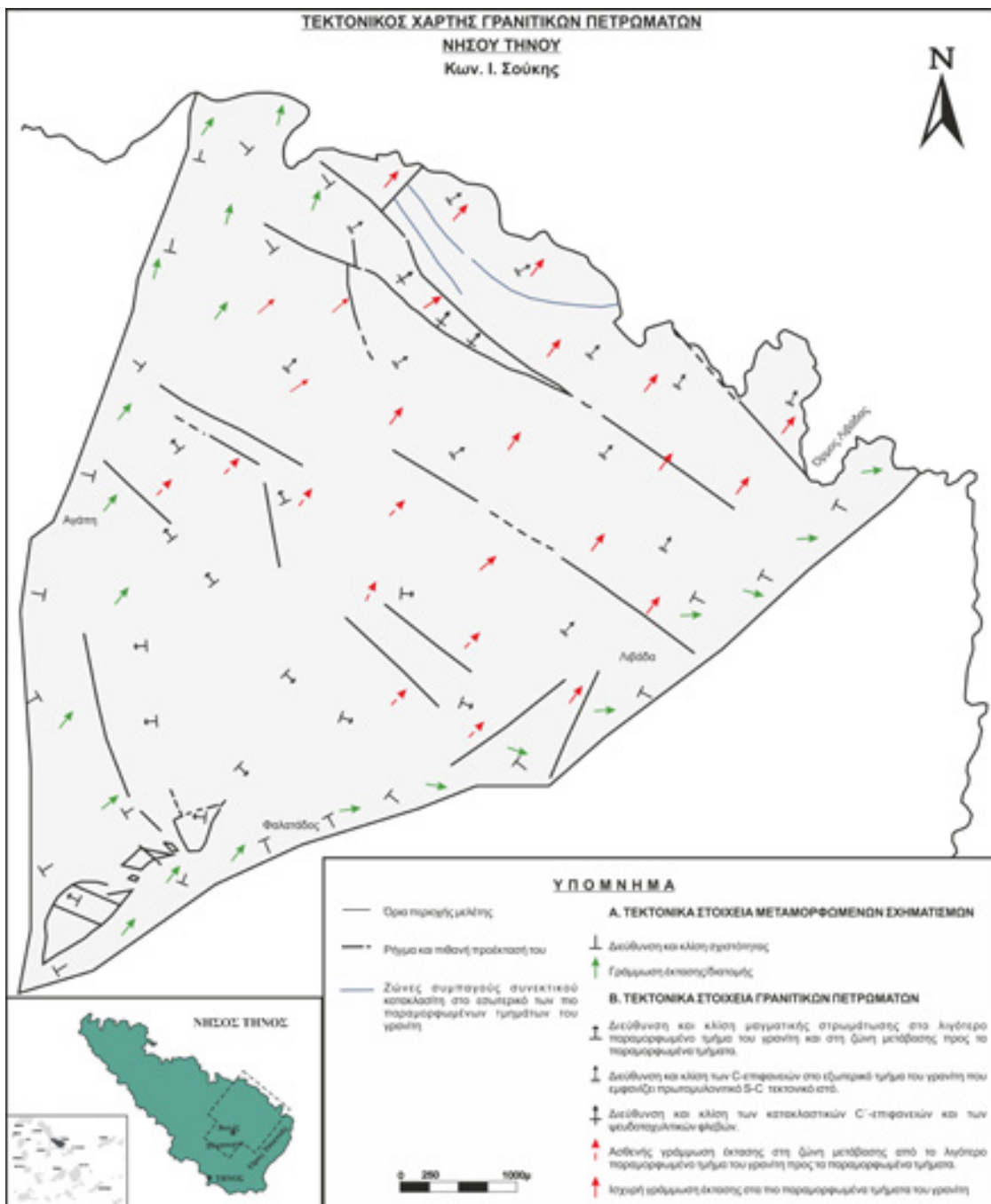


Εικόνα 10.11 Ενδεικτικά σύμβολα χάρτη για τις πιο συνηθισμένες δομές πετρωμάτων.

- Για τις **γραμμώσεις** χρησιμοποιείται σαν σύμβολο ένα βέλος, το οποίο αντιστοιχεί στη διεύθυνση του γραμμικού στοιχείου και δείχνει προς τη φορά βύθισης αυτού (Εικ. 10.11, 4<sup>ο</sup> πλαίσιο). Όπως και

με τις φυλλώσεις, η τιμή βύθισης μπορεί να αναγράφεται δίπλα ή εναλλακτικά να χρησιμοποιηθεί διαβάθμιση μεγεθών του συμβόλου που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένο εύρος τιμών βύθισης. Το άκρο του βέλους αντιστοιχεί στο σημείο που οποίο λήφθηκε η μέτρηση.

- Για τις **οριζόντιες** και **κατακόρυφες φυλλώσεις** και **γραμμώσεις** χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα ειδικά σύμβολα (Εικ. 10.11, 4<sup>ο</sup> πλαίσιο). Το ίδιο ισχύει και για τα **ανεστραμμένα στρώματα** (Εικ. 10.11, 3<sup>ο</sup> πλαίσιο).
- Τα παραπάνω ισχύουν και για τους **άξονες πτυχών** μεσοσκοπικής κλίμακας, οι οποίοι είναι γραμμικά στοιχεία. Για τους άξονες πτυχών μακροσκοπικής κλίμακας χρησιμοποιούμε συνεχείς γραμμές με ειδικά σύμβολα (Εικ. 10.11, 5<sup>ο</sup> πλαίσιο), τα οποία απεικονίζουν το ίχνος του αξονικού επιπέδου και την κλίση των στρωμάτων επισημαίνοντας αν πρόκειται για τον **άξονα αντικλίνου** και τον **άξονα συγκλίνου**.
- Άλλα στοιχεία που μπορεί να περιλαμβάνει ο χάρτης (Εικ. 10.11, 1<sup>ο</sup> πλαίσιο), είναι οι **απολιθωματοφόρες θέσεις**, οι οποίες απεικονίζονται με ένα σπειροειδές σύμβολο, οι **θέσεις δειγματοληψίας** με αριθμηση σε κύκλο ή X (Εικ. 10.12), οι **θέσεις φωτογράφισης** με τη γωνία λήψης κ.ά.



Εικόνα 10.12 Τεκτονικός χάρτης γρανιτικών πετρωμάτων Νήσου Τήνου (Σούκης, 1999).

Ειδικά για έναν τεκτονικό χάρτη, αν σε μία περιοχή έχουν αναγνωριστεί πολλές δομές, τότε για να μην χρησιμοποιούμε πολύπλοκες παραλλαγές, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διαφορετικά χρώματα. Σε κάθε περίπτωση, ο χάρτης πρέπει να συνοδεύεται από ένα ευκρινές υπόμνημα στο οποίο να περιλαμβάνονται όλα τα σύμβολα του χάρτη, ομαδοποιημένα σε κανονικές και τεκτονικές επαφές, φυλλώσεις, γραμμώσεις, κ.λπ. Στην Εικ. 10.12 παρουσιάζεται ένας τεκτονικός χάρτης, που απεικονίζει τις δομές που αναπτύσσονται στα γρανιτικά πετρώματα της Νήσου Τήνου (Σούκης, 1999).

## Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Coe, L.A. (editor), Argles, W.T., Rothery, A.D., Spicer, A.R. (2010). *Geological Field Techniques*. 323p., Wiley-Blackwell.
- Jerram D. & Petford N. (2011). *The field description of igneous rocks*. 238p., Wiley-Blackwell.
- Lisle, J.R., Brabham, P. & Barnes, J. (2011). *Basic Geological Mapping*. 217p., Wiley-Blackwell.
- McClay, K.R. (1991). *The Mapping of Geological Structures*. 168p., Wiley-Blackwell.
- Passchier, C.W. & Trouw, R.A.J. (2005). *Microtectonics*. 366p., Springer – Verlag, Berlin.
- Paterson, R.S., Vernon, R.H. & Tobisch, T.O. (1989). A review of criteria for the identification of magmatic and tectonic foliations in granitoids. *J. Struct. Geol.*, 11, 349-363.
- Σούκης, Κ. (1999). Τεκτονικός ιστός γρανίτη Τήνου. Μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης, 90 σελ., Αθήνα.
- Tucker, M.E. (2011). *Sedimentary Rocks in the Field: A Practical Guide*. 288p., Wiley-Blackwell.

## Κεφάλαιο 11:

### Συλλογή δειγμάτων στην ύπαιθρο

#### Σύνοψη

Η δειγματοληψία αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της χαρτογράφησης και μπορεί να αποτελεί και σημαντικό τμήμα της όλης εργασίας υπαίθρου, ανάλογα με τον στόχο. Το  $A$  και το  $\Omega$  μίας επιτυχημένης δειγματοληψίας είναι η καλή προετοιμασία. Η επιμελής σχεδίαση και οργάνωση της δειγματοληψίας αφενός οδηγεί σε καλά αποτελέσματα αφετέρου μειώνει τον χρόνο και το κόστος της εργασίας υπαίθρου. Κατά τη δειγματοληψία ο γεωλόγος αξιοποιεί σχεδόν όλο τον βασικό εξοπλισμό (σφυρί, καλέμι, πυξίδα, λούπα, φωτογραφική μηχανή, GPS), ενώ για εξειδικευμένη χαρτογράφηση, ενδέχεται να χρειαστεί και ο αντίστοιχος ειδικός εξοπλισμός. Σε όλες τις περιπτώσεις απαιτείται κατάλληλο μέσο συσκευασίας και προστασίας του δείγματος από ανάμιξη με ζένο υλικό. Κατά τη συλλογή του δείγματος ακολουθείται συγκεκριμένη διαδικασία μέτρησης, φωτογράφισης αρίθμησης και καταγραφής στο τετράδιο σημειώσεων, ώστε η δειγματοληψία να είναι πλήρης. Στα προσανατολισμένα δείγματα μετράμε τη φύλλωση ή και τη γράμμωση και τις σημειώνουμε πάνω στο δείγμα με ειδικά σύμβολα και ανεξίτηλο μαρκαδόρο. Ειδικού τύπου και σκοπού χαρτογραφήσεις έχουν τα δικά τους μυστικά και λεπτομέρειες που μπορεί να κάνουν τη ζωή μας πιο εύκολη αν τις γνωρίζουμε και τις εφαρμόζουμε ή πολύ πιο δύσκολη αν τις αγνοούμε. Η μεταφορά των δειγμάτων στις εργαστηριακές εγκαταστάσεις είναι πολύ σημαντικό θέμα, το οποίο επίσης απαιτεί να έχουν προβλεφθεί όλες οι λεπτομέρειες (άδεια δειγματοληψίας, κατάλληλα μέσα αποθήκευσης, πρόβλεψη κόστους). Πάνω ' απ' όλα, η δειγματοληψία θα πρέπει να γίνεται με ασφάλεια και σύνεση, και με απόλυτο σεβασμό στον ντόπιο πληθυσμό, στο περιβάλλον και στη γεωλογική κληρονομιά.

#### Προαπαιτούμενη γνώση

Η ύλη των σημειώσεων από το υποχρεωτικό Σεμινάριο «Άσκηση και Εργασία στην Ύπαιθρο – Εξοπλισμός και Ασφάλεια» και η ύλη από το αντίστοιχο κεφάλαιο των σημειώσεων για το μάθημα της «Γεωλογικής Χαρτογράφησης», που δίνονται στους φοιτητές και είναι αναρτημένες στην πλατφόρμα e-Class. Οι αντίστοιχες ηχογραφημένες παραδόσεις (βιντεοδιαλέξεις), που έγιναν στα πλαίσια της δράσης «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα» και φιλοξενούνται στην πλατφόρμα Open Delos.

### 11.1 Εισαγωγή

Μία σημαντική διαδικασία, που αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της γεωλογικής χαρτογράφησης, είναι η **συλλογή δειγμάτων**. Κατά κανόνα, αυτά τα δείγματα προορίζονται για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση σε εργαστηριακές εγκαταστάσεις, με παραδοσιακές ή και εξελιγμένες τεχνικές και μεθόδους, οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα να αποκαλυφθούν αρκετά σημαντικές πληροφορίες. Τα αποτελέσματα αυτών των εργαστηριακών αναλύσεων συμπληρώνουν και βελτιώνουν την εργασία υπαίθρου, καθώς είναι δυνατό να δώσουν συγκεκριμένες απαντήσεις και να περιορίσουν τις πιθανές ερμηνείες της γεωλογικής δομής και εξέλιξης.

Για μία βασική γεωλογική χαρτογράφηση, η δειγματοληψία μπορεί να είναι ένα σχετικά μικρό τμήμα της εργασίας που πρέπει να γίνει στο ύπαιθρο. Σε πιο εξειδικευμένες χαρτογραφήσεις, όπως π.χ. μία χαρτογράφηση με κοιτασματολογικό σκοπό, η δειγματοληψία είναι ίσως το πιο σημαντικό στάδιο και απαιτεί πολύ καλή οργάνωση και εκτέλεση. Η διαδικασία συλλογής δειγμάτων σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτεί **ειδική άδεια**. Η συγκεκριμένη άδεια στην Ελλάδα χορηγείται από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (IGME).

### 11.2 Σχεδιασμός - Οργάνωση Δειγματοληψίας

Από τα πιο βασικά στάδια της δειγματοληψίας είναι ο **σχεδιασμός** και η **οργάνωση**. Μία πρόχειρα σχεδιασμένη και ανοργάνωτη δειγματοληψία δεν μπορεί παρά να έχει φτωχά αποτελέσματα, ενίοτε δε και αρκετά

παραπλανητικά. Προκειμένου να σχεδιαστεί και να οργανωθεί άρτια η δειγματοληψία θα πρέπει να απαντηθούν τα εξής ερωτήματα:

- Ποιος είναι ο ακριβής **στόχος** της χαρτογράφησης;
- Ποιος είναι ο απαραίτητος **εξοπλισμός**;
- Πόσες και ποιες **πιθανές λιθολογίες** απαντώνται στην περιοχή;
- Ποια είναι τα απαραίτητα **εργαστηριακά δεδομένα** που θα διαφωτίσουν τα δύσκολα σημεία και θα υποστηρίξουν τα συμπεράσματα της χαρτογράφησης;
- Ποιες **εργαστηριακές μέθοδοι** είναι δυνατό να εφαρμοστούν στα δείγματα;
- Ποιος είναι κατ' εκτίμηση ο **αριθμός δειγμάτων** που είναι αντιπροσωπευτικός για τη γεωλογία της περιοχής και για τις μεθόδους που θα χρησιμοποιηθούν;
- Πώς θα **αριθμηθούν** και θα **καταγραφούν** τα δείγματα;
- Ποιο είναι το απαιτούμενο **μέγεθος** των δειγμάτων;
- Ποιες είναι οι πιο προσιτές και πιο κατάλληλες **θέσεις** για δειγματοληψία (Εικ. 11.1);
- Πόσο κοστίζει η **μεταφορά** και **επεξεργασία** των δειγμάτων;

Εφόσον, μία δειγματοληψία σχεδιαστεί και εκτελεστεί σωστά, τότε τα δείγματα που έχουν συλλεχθεί είναι αντιπροσωπευτικά της γεωλογίας της περιοχής και είναι επαρκή για τις σχεδιαζόμενες εργαστηριακές αναλύσεις. Επιπλέον, μπορεί οποιοσδήποτε να την επαναλάβει ώστε να εξετάσει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.



**Εικόνα 11.1** Τοπογραφικός χάρτης της νότιας Σύρου στον οποίο έχουν σημειωθεί οι προεπιλεγμένες θέσεις συλλογής δειγμάτων προοριζόμενων για ραδιοχρονολογήσεις. Ο κατάλληλος σχεδιασμός και η άρτια οργάνωση είχαν ως αποτέλεσμα η συλλογή των δειγμάτων να πραγματοποιηθεί σε μία μόλις ημέρα, μειώνοντας στο ελάχιστο το κόστος της εργασίας υπαίθρου. Μάλιστα, υπήρξε και αρκετός χρόνος για τη συλλογή τριών επιπλέον δειγμάτων.

### 11.3 Εξοπλισμός

Από τον βασικό εξοπλισμό της γεωλογικής χαρτογράφησης, για τη συλλογή δειγμάτων θα χρειαστούμε i) τη γεωλογική πυξίδα, ii) το γεωλογικό σφυρί, iii) ένα καλέμι, iv) τον σουγιά, v) ανεξίτηλους αδιάβροχους μαρκαδόρους διαφορετικού χρώματος, vi) σακούλες (υφασμάτινες ή ανθεκτικές πλαστικές), στις οποίες τοποθετούνται τα δείγματα για να μεταφερθούν με ασφάλεια μέχρι την επεξεργασία στο εργαστήριο (Εικ. 11.2) και v) χαρτί ή ταινία περιτυλίγματος για τα πιο εύθραυστα, σαθρά ή μη συνεκτικά δείγματα αλλά και για να τυλίξουμε τις πλαστικές σακούλες αν δεν έχουμε πάνινες (Coe et al., 2010; Lisle et al., 2011).

Από τα συνήθη πετρώματα είναι δυνατό να αποσπασθεί δείγμα με γεωλογικό **σφυρί** και **καλέμι**. Σε αρκετές περιπτώσεις (πλουτώνια πετρώματα, μεταλλεύματα κ.ά), μία μικρή ή και μεγαλύτερη **βαριοπούλα** είναι αρκετά πιο αποτελεσματική. Οι **μαρκαδόροι** χρησιμοποιούνται για να γραφεί η αρίθμηση του δείγματος ή και



άλλα στοιχεία (κυρίως ο προσανατολισμός φυλλώσεων ή και γραμμώσεων σε προσανατολισμένα δείγματα, βλπ. επόμενες παραγράφους) πάνω στο δείγμα ή και πάνω στις **σακούλες** ή και στις **ταινίες περιτυλίγματος**. Οι σακούλες καλό θα είναι να είναι πάνινες, που είναι και οι πιο ανθεκτικές. Εφόσον όμως δεν είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν τέτοιες, θα πρέπει το υλικό να είναι αρκετά ανθεκτικό ώστε τα δείγματα να μην έρχονται σε επαφή μεταξύ τους ή με άλλα υλικά και αλλοιωθεί η σύστασή τους, αλλά και για να μην προκαλέσουν φθορές σε άλλα αντικείμενα που μπορεί να υπάρχουν μέσα στο σακίδιο. Ειδικά γι' αυτόν τον λόγο, καλό θα είναι να **σμιλεύεται** το δείγμα ώστε να μην έχει γωνιώδεις προεξοχές. Αν το υλικό από το οποίο παίρνουμε το δείγμα δεν είναι αρκετά συνεκτικό ή είναι γενικά ευπαθές, για να εξασφαλίσουμε την ακεραιότητα του δείγματος μπορούμε να το τυλίξουμε με ρολό χαρτί και ταινία περιτυλίγματος, πριν το τοποθετήσουμε στη σακούλα. Στην περίπτωση αυτή, γράφουμε τον αριθμό του δείγματος και πάνω στην ταινία.



**Εικόνα 11.2** Ο ελάχιστος απαιτούμενος εξοπλισμός για τη συλλογή δειγμάτων σε μία βασική γεωλογική χαρτογράφηση αλλά και σε αρκετές πιο εξειδικευμένες χαρτογραφήσεις. Η φωτογραφία έχει ληφθεί από φωτογραφική μηχανή με GPS.

Απολύτως απαραίτητα όργανα για τη δειγματοληψία θεωρούνται επίσης το **GPS** και η **φωτογραφική μηχανή**. Με το GPS καθορίζονται οι συντεταγμένες της θέσης δειγματοληψίας. Οι επιστημονικές δημοσιεύσεις σε διεθνή περιοδικά συνοδεύονται απαραίτητως από πίνακα με τις γεωγραφικές συντεταγμένες των σημείων δειγματοληψίας. Με τη φωτογραφική μηχανή απεικονίζεται το πέτρωμα τόσο σε κοντινή όσο και σε σχετικά πιο μακρινή λήψη ώστε να φαίνονται η θέση και τα χαρακτηριστικά του δείγματος αλλά και η σχέση του με τις άλλες λιθολογίες που μπορεί να υπάρχουν σχετικά κοντά. Τα GPS γενικά είναι ενεργοβόρα μηχανήματα και πρέπει να προβλέψουμε να υπάρχει επαρκής αριθμός μπαταριών. Η εξέλιξη της τεχνολογίας δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν τα κινητά τηλέφωνα ή και τα tablet για τη λήψη γεωγραφικών συντεταγμένων ή και φωτογραφιών με αρκετά καλή ευκρίνεια. Επίσης, ορισμένες φωτογραφικές μηχανές διαθέτουν ενσωματωμένους δέκτες GPS, πράγμα που σημαίνει ότι κάθε φωτογραφία εμπεριέχει και τις γεωγραφικές συντεταγμένες της θέσης. Για όλα αυτά τα μηχανήματα είναι απαραίτητο να έχουμε φορτιστές, ενώ αρκετά χρήσιμοι μπορεί να αποδειχθούν οι φορτιστές αυτοκινήτου.

Για πιο εξειδικευμένες δειγματοληψίες ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν **βούρτσες, ξύστρες, κόσκια, μυστρί, μικρά φορητά βενζινοκίνητα γεωτρήπανα, δειγματολήπτες, εδαφοσυλλέκτες** κ.ά. Στις περιπτώσεις αυτές, απαιτείται ιδιαίτερη προφύλαξη και συντήρηση ενώ για τη μεταφορά και αποθήκευση αυτών των οργάνων και του παρελκόμενου εξοπλισμού, απαιτείται συνήθως όχημα. Σε γεωτεχνικές μελέτες ο εξοπλισμός μπορεί να είναι ένα κανονικό γεωτρήπανο, αλλά στην περίπτωση αυτή η δειγματοληψία είναι αρκετά πιο σύνθετη εργασία.

Ανάλογα με το είδος και τον χώρο δειγματοληψίας, στον βασικό εξοπλισμό μπορεί να συμπεριλαμβάνεται και εξοπλισμός ασφαλείας όπως, **προστατευτικά γυαλιά, κράνος, μάσκες, φωσφορίζον γιλέκο, γάντια, φακός χειρός ή κεφαλής, σκονιά** κ.ά.

## 11.4 Συλλογή, αρίθμηση και καταγραφή δειγμάτων

Ανάλογα με τον βασικό στόχο της χαρτογράφησης και τις εργαστηριακές αναλύσεις που θα χρησιμοποιηθούν, η δειγματοληψία μπορεί να είναι μία αρκετά απλή διαδικασία που να μπορεί να πραγματοποιηθεί με τον βασικό εξοπλισμό (γεωλογικό σφυρί ή βαριοπούλα, καλέμι) ή να απαιτεί ειδικό εξοπλισμό και πολύπλοκες διαδικασίες. Ανεξάρτητα από αυτό, η **επιλογή της θέσης** θα πρέπει να είναι **συνειδητή**, όχι τυχαία ή περιστασιακή. Επιπλέον, θα πρέπει να προσέξουμε ώστε να μην πάρουμε δείγμα μόνο από ένα σημείο του πετρώματος που φαίνεται «κύριο», «ιδιόμορφο» και «εξαιρετικό», αλλά και από αυτό που μπορεί να φαίνεται συνηθισμένο, αφού συχνά μπορεί να περιλαμβάνει την πληροφορία που μας λείπει. Σε κάθε θέση, πριν τη συλλογή του δείγματος, θα πρέπει να είναι σε γενικές γραμμές γνωστή η γεωλογική δομή και οι κύριες λιθολογίες, οι βασικές φυλλώσεις και γραμμώσεις και αν είναι εφικτό η χρονική αλληλουχία των δομών. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται ότι στις εργαστηριακές αναλύσεις έχουμε πολύ καλύτερο έλεγχο στη διαδικασία και στα αποτελέσματα. **Ποτέ δεν παίρνουμε δείγμα πεσμένο**, που δεν είναι στη θέση του. Υπάρχει σοβαρή πιθανότητα να είναι μεταφερόμενο, αλλά ακόμη κι αν είναι πολύ κοντινή η αρχική του θέση δεν γνωρίζουμε πραγματικά τη σχέση του με τα περιβάλλοντα ούτε μπορούμε να μετρήσουμε τα τεκτονικά στοιχεία. Πολύ σημαντικό επίσης είναι να προσέξουμε να μην **αναμιχθεί υλικό από διαφορετικά δείγματα** καθώς αυτό θα οδηγήσει σε λανθασμένα ή και αλλοπρόσαλλα αποτελέσματα. Επομένως, πρέπει να φροντίσουμε ώστε να μην υπάρχει τέτοιο ενδεχόμενο. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται όταν η δειγματοληψία είναι πολύ πυκνή γιατί τότε είναι πιο αυξημένες οι πιθανότητες.

Πριν συλλέξουμε τα δείγματα θα πρέπει να έχουμε καταλήξει στον **τρόπο αρίθμησης** αυτών (Coe et al., 2010; Lisle et al., 2011). Μία απλή αρίθμηση του τύπου 1,2,3,4 κ.λπ., δεν είναι η καλύτερη επιλογή. Εκτός από τον αριθμό του δείγματος, η αρίθμηση πρέπει να περιλαμβάνει κωδικοποιημένες πληροφορίες τουλάχιστον για την περιοχή και τη χρονολογία. Μία αρίθμηση του τύπου CR1501 (Εικ. 11.3), περιλαμβάνει πληροφορίες για την περιοχή (CR=Crete Κρήτη), τη χρονιά (2015) και τον αριθμό του δείγματος (01). Ορισμένοι γεωλόγοι συμπεριλαμβάνουν και τη λιθολογία στην κωδικοποιημένη αρίθμηση αλλά αυτό μπορεί να περιπλέξει τα πράγματα.



**Εικόνα 11.3** Έξι αριθμημένα δείγματα σε πάνινες σακούλες. Η συγκεκριμένη αρίθμηση υποδηλώνει ότι τα δείγματα συλλέχθηκαν το 2015 στην Κρήτη (CR=Crete Κρήτη).

Το **μέγεθος των δειγμάτων** εξαρτάται άμεσα από το είδος της χαρτογράφησης και τις εργαστηριακές αναλύσεις που θα γίνουν. Σε μία βασική γεωλογική χαρτογράφηση τα δείγματα προορίζονται για εργαστηριακές αναλύσεις και λεπτές ή μεταλλικές τομές που διαφωτίζουν τα τεκτονικά, ορυκτολογικά, ιζηματολογικά και παλαιοντολογικά στοιχεία των πετρωμάτων. Σε αυτές τις περιπτώσεις μικρά δείγματα σε μέγεθος γροθιάς και βάρους το πολύ 0,5-1 κιλό, είναι επαρκή. Αν όμως το δείγμα προορίζεται και για αρκετά πιο εξειδικευμένες αναλύσεις (π.χ. ραδιοχρονολογήσεις), τότε χρειάζεται μεγαλύτερο δείγμα με βάρος τουλάχιστον 3 κιλά, το οποίο μπορεί να αυξηθεί πολύ, ανάλογα με τη μέθοδο και την περιεκτικότητα του πετρώματος στο ορυκτό ή

στο στοιχείο που θα αναλυθεί. Επιπλέον, αν τα απολιθώματα είναι μεγάλα σε μέγεθος ανάλογο πρέπει να είναι και το μέγεθος του δείγματος.

Όταν θέλουμε να μελετήσουμε τις **τεκτονικές δομές** ενός πετρώματος, και ακόμη περισσότερο, όταν θέλουμε να βγάλουμε συμπεράσματα για την κινηματική, τότε το δείγμα πρέπει να είναι οπωσδήποτε **προσανατολισμένο**. Στα προσανατολισμένα δείγματα φροντίζουμε ώστε πάνω στο δείγμα να έχει μετρηθεί ένα τεκτονικό στοιχείο, δηλαδή μία φύλλωση ή και μία γράμμωση. Σε αυτήν την περίπτωση η λεπτή τομή θα γίνει προς μία συγκεκριμένη διεύθυνση, παράλληλα ή και εγκάρσια με το στοιχείο που μετρήθηκε (Passchier & Trouw, 2005).

Πιο αναλυτικά, πριν συλλέξουμε το δείγμα, προσπαθούμε να βρούμε μία επιφάνεια η οποία να αντιστοιχεί στην κύρια φύλλωση του πετρώματος (στρώση ή σχισμός για τα ιζηματογενή, σχισμός ή σχιστότητα για τα μεταμορφωμένα και μαγματική στρωμάτωση για τα μαγματικά). Συνήθως, πάνω σε αυτήν την επιφάνεια υπάρχει και ένα γραμμικό στοιχείο, (γράμμωση έκτασης, γράμμωση διατομής, μαγματικό γραμμικό στοιχείο). Με τη γεωλογική πυξίδα μετράμε τη φύλλωση και το γραμμικό στοιχείο και σημειώνουμε το αντίστοιχο σύμβολο με τον μαρκαδόρο. Εν συνεχεία, σημειώνουμε αν αυτή η επιφάνεια που μετρήσαμε είναι η άνω ή η κάτω επιφάνεια του δείγματος. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι πολλοί γεωλόγοι κάνουν αυτή την επισήμανση, μόνο όταν η μέτρηση έχει γίνει στην κάτω επιφάνεια του δείγματος. Αν το πέτρωμα δεν έχει φύλλωση (π.χ ένα ισότροπο πλουτώνιο πέτρωμα) τότε επιλέγουμε να μετρήσουμε μία επιφάνεια διάκλασης ή έστω μία τυχαία επιφάνεια, ώστε όταν κάνουμε τις τομές στο εργαστήριο να μπορούμε να υπολογίσουμε τον προσανατολισμό της τομής.



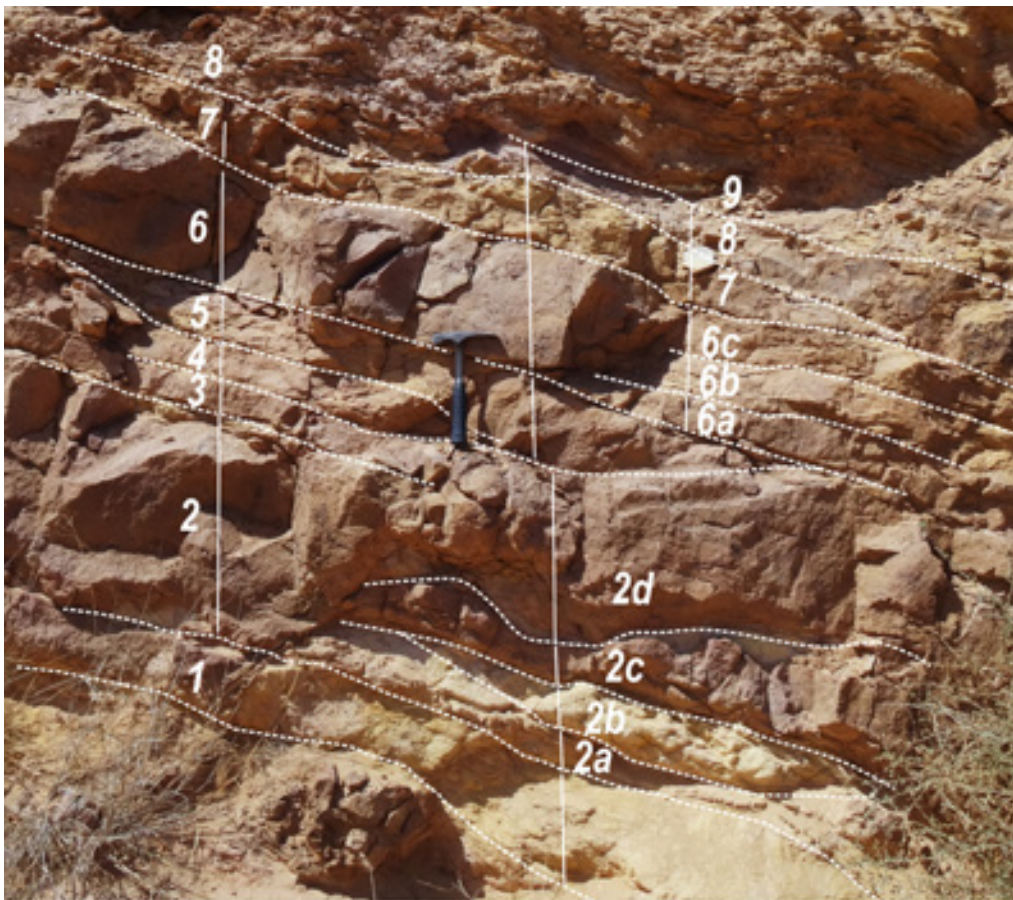
**Εικόνα 11.4** Φύλλωση (Σχιστότητα *S*) και γράμμωση έκτασης (*L*) σε μεταμορφωμένο γνευσιακό πέτρωμα. Το δείγμα είναι προσανατολισμένο και οι λεπτές τομές στο ένθετο (διαστάσεις ~2,5x3,5εκ.) έχουν γίνει παράλληλα και κάθετα με τη διεύθυνση της γράμμωσης και εγκάρσια στη φύλλωση.

Κατόπιν, και πριν συλλέξουμε το δείγμα, το **φωτογραφίζουμε** από **κοντά** και από **μακριά**, ώστε να έχουμε μία εικόνα τόσο από το ίδιο το δείγμα, in situ, αλλά και από τα περιβάλλοντα πετρώματα. Σκόπιμο είναι να κάνουμε και ένα σχήμα στο τετράδιο, ειδικά αν θέλουμε να απεικονίσουμε τη θέση του δείγματος σε σχέση με τη δομή στη μακρο-κλίμακα. Τέλος, συλλέγουμε και **αριθμούμε** το δείγμα, και καταγράφουμε τις **γεωγραφικές συντεταγμένες** της θέσης δειγματοληψίας, είτε με τη συσκευή GPS είτε μέσω άλλης συσκευής (φωτογραφική μηχανή με ενσωματωμένο GPS, smartphone, tablet με το κατάλληλο λογισμικό). Η αρίθμηση του δείγματος σημειώνεται πάνω στο δείγμα, εφόσον είναι εφικτό, αλλά και πάνω στη σακούλα ή και στην ταινία περιτυλίγματος. Ένα δείγμα το οποίο για διάφορους λόγους έχει χάσει την αρίθμηση είναι δύσκολο αν όχι αδύνατο να αξιοποιηθεί. Όλες οι πληροφορίες σχετικά με τη λιθολογία, τη δομή καθώς και οι μετρήσεις των τεκτονικών στοιχείων πρέπει να καταγραφούν και στο τετράδιο σημειώσεων και να συνοδεύουν τα δεδομένα της συγκεκριμένης θέσης δειγματοληψίας και του συγκεκριμένου δείγματος. Στο Video 11.1 μπορείτε να δείτε όλη τη διαδικασία λήψης ενός προσανατολισμένου δείγματος.



Για να δείτε το βίντεο πατήστε <https://youtu.be/8kxU0BUAemo>

Όταν πρέπει να κάνουμε μία **στρωματογραφική τομή** είναι απαραίτητο να γίνει πολύ πυκνή δειγματοληψία και να καταγράψουμε πολύ αναλυτικά τους σχηματισμούς και τα μέλη από τα οποία αποτελούνται, συμπεριλαμβάνοντας τα πάχη των επιμέρους οριζόντων και το συνολικό πάχος μέλους και σχηματισμού, τα απολιθώματα αν υπάρχουν, τις ασυνέχειες και τις πιθανές ασυμφωνίες (Coe et al., 2010; Lisle et al., 2011, εικ 11.5). Είναι προφανές ότι η διαδικασία αυτή γίνεται σε μία θέση που έχουμε τη δυνατότητα να τα παρατηρήσουμε όλα αυτά, οπότε αυτό είναι και το πρώτο βήμα. Όταν βρούμε την κατάλληλη θέση, μετράμε με μία μεζούρα από τη βάση της ακολουθίας το πλάτος εμφάνισης κάθε οριζοντα και το μετατρέπουμε σε πραγματικό πάχος μέσω τριγωνομετρικών σχέσεων (βλπ. Ragan, 2009). Ταυτόχρονα, εξετάζουμε αν υπάρχουν απολιθώματα και προσπαθούμε να τα αναγνωρίσουμε. Στη στρωματογραφική τομή καταγράφουμε και τα μεταμορφωμένα ή μαγματικά πετρώματα που μπορεί να παρατηρήσουμε. Στο τετράδιό μας σημειώνουμε τις μετρήσεις μας και όλες τις παρατηρήσεις μας σε μία **κατακόρυφη στρωματογραφική στήλη**, από τη βάση προς την οροφή, είτε υπό κλίμακα είτε αναγράφοντας απλά το πάχος που υπολογίσαμε για να κερδίσουμε χρόνο. Για κάθε λιθολογικό οριζοντα που μετρήσαμε και καταγράψαμε πρέπει να πάρουμε το αντίστοιχο δείγμα. Κάθε στρωματογραφική τομή πρέπει να σημειώνεται και στον χάρτη. Είτε στο ύπαιθρο είτε κυριότερα στο εργαστήριο μπορεί να γίνει σύνθεση των διαφορετικών στρωματογραφικών τομών και να προκύψει μία όσο το δυνατόν πληρέστερη στρωματογραφική στήλη.



**Εικόνα 11.5.** Λεπτομερής στρωματογραφική καταγραφή Νεογενών σχηματισμών από τη νήσο Ανάφη. Στην τομή έχουν σημειωθεί οι επιμέρους οριζόντες και οι πλευρικές διαφοροποιήσεις και έχει γίνει πυκνή δειγματοληψία από κάθε σημείο που φέρει αρίθμηση.

Η διαδικασία που περιγράφηκε περιλαμβάνει τα κύρια βήματα κατά τη δειγματοληψία μίας βασικής γεωλογικής χαρτογράφησης. Υπάρχουν άλλες μέθοδοι δειγματοληψίας που έχουν τις ιδιαιτερότητές τους και τα μυστικά τους.

Δείγματα μέσω **γεώτρησης** μπορεί να ληφθούν για διάφορους σκοπούς. Είναι γενικά μία διαδικασία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για τις ανάγκες βασικής γεωλογικής χαρτογράφησης είτε κυρίως για εφαρμοσμένη έρευνα (τεχνικά έργα, υδρογεωλογία, έρευνα πετρελαίων κ.ά.). Τα δείγματα που εξάγονται λόγω του σχήματος ονομάζονται καρότα γεωτρήσεων (Εικ. 11.6.α), και με την κατάλληλη προετοιμασία μπορεί να είναι και προσανατολισμένα.

Τα δείγματα που προορίζονται για **παλαιομαγνητική ανάλυση** συλλέγονται με μικρό **φορητό γεωτρήπανο** (Εικ. 11.6.β), μέσω του οποίου λαμβάνονται κυλινδρικά δείγματα με διάμετρο λίγα εκατοστά και μήκος 10-15 εκατοστά. Λόγω των ιδιαιτεροτήτων του εξοπλισμού απαιτούνται περισσότερα από ένα άτομα για την εκτέλεση της εργασίας. Σε κάθε θέση συλλέγονται τουλάχιστον τρία δείγματα και τα τελικά αποτελέσματα προκύπτουν από στατιστική επεξεργασία. Όπως προαναφέρθηκε, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε τα δείγματα να μην είναι από περίοπτη θέση και να μην προκαλούνται βανδαλισμοί σε θέσεις ιδιαίτερου εκπαιδευτικού και επιστημονικού ενδιαφέροντος.



**Εικόνα 11.6** α) Καρότα γεωτρήσεων που έχουν ληφθεί από μολονιτικούς γενέσιους και σχιστόλιθους. β) Εξαγωγή δείγματος για παλαιομαγνητική ανάλυση με φορητό γεωτρήπανο.

Για τη συλλογή δειγμάτων **μεταλλευτικού ενδιαφέροντος** θα πρέπει να τονιστεί ότι πολύ συχνά απαιτείται η χρήση βαριοπούλας και καλεμιού για να προσεγγιστεί το υγιές κομμάτι του πετρώματος και για να συλλεχθούν πιο εύκολα. Αυτό συμβαίνει γιατί τα συγκεκριμένα πετρώματα είναι συνήθως αρκετά συμπαγή και πολύ σκληρά και δεν σπάνε εύκολα με τα συνήθη γεωλογικά σφυριά. Πριν τη συλλογή τα δείγματα θα πρέπει να εξετάζονται μακροσκοπικά στο ύπαιθρο προκειμένου να είναι σίγουρο ότι περιέχουν το μέταλλευμα που αναζητείται ή τουλάχιστον τα συνοδά στοιχεία αυτού. Σε μία μεταλλευτική θέση θα πρέπει να γίνεται συστηματική δειγματοληψία, προκειμένου να δειγματιστεί επαρκώς η θέση της μεταλλοφορίας και να εξασφαλιστεί ότι θα καλυφθεί όλο το εύρος των μεταλλευμάτων.

Η **υδρογεωλογική χαρτογράφηση** έχει την εξής ιδιαιτερότητα: εκτός των κλασικών δειγμάτων απαιτείται και τη λήψη δειγμάτων **υπόγειου** και **επιφανειακού νερού** (νερό γεωτρήσεων, πηγαδιών ή πηγών) προκειμένου να ελεγχθεί η ποιότητά του και άλλες παράμετροι. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να εξασφαλιστεί ότι το νερό δεν θα μολυνθεί από ξένα στοιχεία τόσο κατά τη συλλογή όσο και κατά τη μεταφορά και ότι δεν θα εκτεθεί στον ήλιο ή σε άλλη πηγή θερμότητας. Δείγματα από πετρώματα είναι δυνατό να συλλεχθούν προκειμένου να εξεταστεί κατά πόσο η χημική σύσταση του νερού συνδέεται με τα πετρώματα, από τα οποία πέρασε ή φιλοξενείται το νερό. Επιπλέον, μπορεί να ελεγχθεί κατά πόσο κάποια συγκεκριμένα στοιχεία προέρχονται από υπόγεια μίξη με θαλασσινό νερό ή από αερολύματα, δηλαδή από αερομεταφερόμενα στοιχεία που επικάθησαν στην επιφάνεια και εισήλθαν στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω του νερού της βροχής που τα παρέσυρε. Η συλλογή γίνεται με τον ίδιο τρόπο που συλλέγονται τα δείγματα για τη βασική γεωλογική χαρτογράφηση.

Η συλλογή δειγμάτων για **εργαστηριακές αναλύσεις εδαφομηχανικής - βραχομηχανικής** είναι μία αρκετά εξειδικευμένη διαδικασία, η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις δεν μπορεί να γίνει από ένα άτομο. Κατά κανόνα, τα δείγματα συλλέγονται με δειγματοληπτικές **γεωτρητικές μεθόδους** ή μεμονωμένους **δειγματο-**

**συλλέκτες και εδαφολήπτες** (Εικ. 11.7), ώστε να μεταφερθούν στο εργαστήριο με τις μικρότερες απώλειες σε υλικό και ιδιότητες. Ορισμένες ιδιότητες που χρειάζεται να γνωρίζουμε όπως π.χ. η υγρασία του δείγματος, πολύ δύσκολα μπορούν να διατηρηθούν. Ειδικότερα, σε βραχώδη πετρώματα η δειγματοληψία μπορεί να γίνει είτε σε άρρηκτο πέτρωμα, δηλαδή μακριά από τις ασυνέχειες, είτε να περιλαμβάνει και τις ασυνέχειες. Η συλλογή του δείγματος μπορεί να γίνει απλά, με ένα γεωλογικό σφυρί ή με τη χρήση φορητών συσκευών, όπως φορητές καροταρίες, φορητά αλυσοπρίονα κ.ά. Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει και στην περίπτωση που θέλουμε το δείγμα να είναι προσανατολισμένο, οπότε προηγείται η διαδικασία που αναφέρθηκε και σε προηγούμενες παραγράφους. Στα εδάφη, τα δείγματα συλλέγονται είτε με **εκσκαφή οργυμάτων** είτε με χειροκίνητους δειγματολήπτες και με υψηλής αντοχής μεταλλικούς ή πλαστικούς (PVC) **δειγματοληπτικούς σωλήνες** για την περίπτωση αδιατάρακτου δείγματος. Σε κάθε περίπτωση το δείγμα που συλλέγεται για να αναλυθεί, πρέπει να επαρκεί για τις αναλύσεις (περίπου 5 κιλά) και να είναι αντιπροσωπευτικό της λιθολογίας.



Εικόνα 11.7. Φορητοί δειγματοσυλλέκτες και εδαφολήπτες.

## 11.5 Μεταφορά των δειγμάτων

Πολύ σημαντικός επίσης είναι ο τρόπος με τον οποίο θα **μεταφερθούν** τα δείγματα στο εργαστήριο. Αν υπάρχει διαθέσιμο όχημα το οποίο μπορεί να μεταφέρει όλα τα δείγματα, τα πράγματα είναι σχετικά απλά. Αν όμως πρέπει να μεταφερθούν με τρένο, λεωφορείο ή πλοίο, θα πρέπει να έχει προβλεφθεί η **συσκευασία** και η κάλυψη του **κόστους αποστολής**. Δεδομένου ότι τα δείγματα πετρωμάτων είναι βαριά, απαιτούνται ανθεκτικές κούτες. Σε κάθε περίπτωση, μέσα σε μία κούτα δεν θα μπορούν να συσκευαστούν πολλά δείγματα γιατί αυτή δεν θα μπορεί να μετακινηθεί. Οι κούτες αυτές καλό είναι να δένονται με σκοινί λεπτό (όχι караβόσκοινο). Επίσης, θα πρέπει να αποφεύγεται ο σπάγκος, γιατί σπάει εύκολα και δεν είναι βολικός για τα χέρια. Επίσης, χρειάζεται προσοχή με την ταινία περιτυλίγματος η οποία δεν είναι η καλύτερη λύση. Αφενός με την ταινία δεν εξασφαλίζεται η ακεραιότητα δεμάτων που περιέχουν πετρώματα, αφετέρου σε περίπτωση κατά την οποία ελεγχθεί το δέμα (στο ταχυδρομείο, στο τελωνείο κ.ά) υπάρχει κίνδυνος να μη μπορεί να ξανακλείσει ασφαλώς. Στην περίπτωση αυτή, θα υπάρξει σοβαρό πρόβλημα, γιατί οι μεταφορικές υπηρεσίες δεν δέχονται να μεταφέρουν ανοικτά δέματα. Ακόμη όμως κι αν προχωρήσει η διαδικασία, είναι πιθανό να χαθούν τα δείγματα.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην αναγραφή του περιεχομένου των δεμάτων. Η καλύτερη λύση είναι να αναγράφεται η φράση «**δείγματα πετρωμάτων για εργαστηριακές αναλύσεις**» (**rock samples for lab analysis**) ή επιστημονικά δείγματα πετρωμάτων (scientific rock samples). Οποιαδήποτε αναφορά σε μεταλλεύματα ή ορυκτά (ore – mineral), αυτομάτως οδηγεί σε γραφειοκρατικά εμπόδια, ειδικές διαδικασίες και επιπλέον χρεώσεις. Σε κάθε περίπτωση και πολύ περισσότερο αν πρέπει να αποσταλούν σε εργαστήρια του εξωτερικού θα πρέπει να συνοδεύονται από **επίσημα έγγραφα** στα οποία να δηλώνεται ότι το περιεχόμενο δεν έχει αξία (μεταλλευτική ή αρχαιολογική) και ότι δεν πρόκειται να προκαλέσει πρόβλημα ασφαλείας στα μέσα μεταφοράς, ιδίως αν πρόκειται για αεροπλάνα. Στο Video 11.2 μπορείτε να δείτε τον τρόπο που συσκευάζεται μια χάρτινη κούτα, που περιέχει δείγματα για αποστολή στο εξωτερικό.



Για να δείτε το βίντεο πατήστε <https://youtu.be/84IUYE-E-IE>

## 11.6 Ασφάλεια και Περιορισμοί

Η διαδικασία της δειγματοληψίας, όπως και όλη η χαρτογράφηση συνολικά, απαιτεί σοβαρότητα, σύνεση και επιστημονική ακεραιότητα. Σε κάθε περίπτωση η **ασφάλεια** και η **υγεία** είναι πάνω απ' όλα, γι' αυτό και θα πρέπει να αποφεύγονται ρισκοκίνδυνες και επιπόλαιες ενέργειες. Δειγματοληψία σε στοές, εργοτάξια, ορύγματα και σπήλαια θα πρέπει να γίνονται με τον **κατάλληλο εξοπλισμό** ασφαλείας (κράνος, φωσφορίζον γιλέκο κλπ). Ακόμη, η χρήση ορισμένων μηχανημάτων εμπεριέχει κινδύνους οι οποίοι θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη, όσο έμπειρος και αν είναι ο χειριστής. Επιπλέον, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή όταν λαμβάνονται δείγματα σε **ιδιωτική περιοχή**. Θα πρέπει να επιδεικνύεται ο απαραίτητος σεβασμός και αν είναι εφικτό να ζητείται η άδεια διέλευσης και λήψης δειγμάτων από τους ιδιοκτήτες. Μετά το πέρας των εργασιών θα πρέπει να αφήνουμε τους χώρους και τις διόδους όπως τις βρήκαμε, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να επισκεφτούμε ξανά τον χώρο τόσο οι ίδιοι όσο και οι επόμενοι γεωλόγοι.

Τα τελευταία χρόνια ο **βανδαλισμός** ορισμένων διάσημων θέσεων ιδιαίτερου επιστημονικού ή και εκπαιδευτικού ενδιαφέροντος από τους ίδιους τους γεωλόγους έχει προκαλέσει γενική κατακραυγή (MacFadyen, 2006; MacFadyen, 2010; Druguet et al., 2013). Εξαιτίας αυτών των περιπτώσεων, έχει εκφραστεί πολύ έντονα η άποψη μεταξύ των γεωεπιστημόνων σύμφωνα με την οποία αυτές οι θέσεις και γενικά, τα **γεωλογικά μνημεία** θα πρέπει να προστατεύονται από αλόγιστη δειγματοληψία. Σε ορισμένες χώρες του εξωτερικού υπάρχει εδώ και δεκαετίες, συγκεκριμένη δέσμευση διατήρησης της **γεωλογικής κληρονομιάς** από τους γεωλόγους που είναι μέλη των αντίστοιχων γεωλογικών εταιρειών (Robinson, 1989). Η ελληνική νομοθεσία, σε γενικές γραμμές, δεν προστατεύει επαρκώς τις περιοχές αυτές (εκτός 1-2 εξαιρέσεων), οπότε εναπόκειται σε εμάς να φροντίσουμε να διατηρηθούν οι σημαντικές θέσεις και για τις επερχόμενες γενιές (βλπ. και Κεφ. 2, Εικ. 2.29).

## Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Coe, L.A. (editor), Argles, W.T., Rothery, A.D. & Spicer, A.R. (2010). *Geological Field Techniques*. 323p., Wiley-Blackwell.
- Druguet, E., Passchier, C.W., Pennacchioni, G. & Carreras, J., (2013). Geoethical education: A critical issue for geoconservation. *Episodes*, v. 36/1, pp 11-18.
- Lisle, J.R., Brabham, P. & Barnes, J. (2011). *Basic Geological Mapping*. 217p., Wiley-Blackwell.
- MacFadyen, C.C.J. (2006). When coring equates to geovandalism: *Earth Heritage*, v. 27, pp. 12-13.
- MacFadyen, C.C.J. (2010). The vandalizing effects of irresponsible core sampling: a call for a new code of conduct. *Geology Today*, 26, 146-151.
- Passchier, C.W. & Trouw, R.A.J., (2005). *Microtectonics*. 366p., Springer – Verlag.
- Ragan, D.M. (2009). *Structural Geology: An Introduction to Geometrical Techniques*. 602p., Cambridge University Press.
- Robinson, J.E. (1989). *A Code of Conduct for Rock Coring*. Geologists' Association and Conservation Committee of the Geological Society of London <http://goo.gl/jUkT8B>.



## Κεφάλαιο 12:

# Επεξεργασία δεδομένων και σύνθεση γεωλογικού χάρτη

### Σύνοψη

Όταν πλέον έχουμε ολοκληρώσει την εργασία στην ύπαιθρο και έχουμε συγκεντρώσει όλα τα δεδομένα που χρειαζόμαστε, επιστρέφουμε στη βάση μας με το σακίδιο να περιέχει ένα τετράδιο υπαίθρου (γεμάτο με σημειώσεις, σχόλια παρατηρήσεις, σχήματα, μετρήσεις, πανοράματα, γεωλογικές τομές και στρωματογραφικές στήλες), ένα ντοσιέ με τον γεωλογικό χάρτη που έχουμε κατασκευάσει στην ύπαιθρο (γεμάτο με όρια, χρώματα, σημεία που έχουμε κάνει παρατηρήσεις και έχουμε πάρει μετρήσεις ή δείγματα, καθώς και ένα πρόχειρο υπόμνημα), πολλές σακούλες με δείγματα για κατασκευή λεπτών τομών, προσδιορισμούς και αναλύσεις στο εργαστήριο, τη φωτογραφική μας μηχανή γεμάτη με φωτογραφίες και το GPS γεμάτο με τις συντεταγμένες των σημείων και των διαδρομών που πραγματοποιήσαμε. Τα στοιχεία αυτά θα τα αναλύσουμε και θα τα επεξεργασθούμε στο εργαστήριο, θα τα συνδυάσουμε με τα στοιχεία, τα δεδομένα και τις παρατηρήσεις στην ύπαιθρο και θα καταλήξουμε στα τελικά συμπεράσματα. Αν λείπει κάτι σημαντικό, θα ξαναπάμε στην περιοχή για να το συμπληρώσουμε. Τώρα είμαστε έτοιμοι για να συνθέσουμε τον τελικό γεωλογικό χάρτη, με τις επαφές και τα όρια χαρακτηρισμένα, τους γεωλογικούς σχηματισμούς ταξινομημένους και με τους κατάλληλους χρωματισμούς, αλλά και τα απαραίτητα τεκτονικά και άλλα σύμβολα στις κατάλληλες θέσεις. Ο χάρτης αυτός θα συνοδεύεται από αναλυτικό υπόμνημα, αντιπροσωπευτικές λιθοστρωματογραφικές στήλες, κατάλληλες γεωλογικές τομές που να δείχνουν την τεκτονική δομή και διάφορα άλλα στοιχεία απαραίτητα σε κάθε χάρτη (κλίμακα, ισοδιάσταση τοπογραφικού υποβάθρου, συντεταγμένες της περιοχής που χαρτογραφήθηκε, τη θέση της στον χάρτη της Ελλάδας, τίτλο και περιοχή, ονοματεπώνυμο αυτού που συνέταξε τον χάρτη αλλά και όσων πραγματοποίησαν τις αναλύσεις και τους προσδιορισμούς, το χρονικό διάστημα που πραγματοποιήθηκε η χαρτογράφηση και την ημερομηνία έκδοσης του χάρτη).

### Προαπαιτούμενη γνώση

Οι γνώσεις που δίνονται στα μαθήματα της «Εισαγωγής στη Γεωλογία», της «Τεκτονικής», της «Γεωλογίας Ελλάδας» και της «Γεωλογικής Χαρτογράφησης». Η ύλη από τα αντίστοιχα κεφάλαια των σημειώσεων που δίνονται στους φοιτητές και είναι αναρτημένα στην πλατφόρμα e-Class. Οι ηχογραφημένες παραδόσεις (βιντεοδιαλέξεις) από τα αντίστοιχα κεφάλαια, αλλά και τις ασκήσεις υπαίθρου, που έγιναν στο πλαίσιο της δράσης «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα» και φιλοξενούνται στην πλατφόρμα Open Delos.

## 12.1 Επεξεργασία των στοιχείων και δεδομένων

Επιστρέφοντας στη βάση μας, έχουμε στη διάθεσή μας όλα τα στοιχεία και δεδομένα που συγκεντρώσαμε κατά τη διάρκεια της γεωλογικής χαρτογράφησης και της εργασίας στην ύπαιθρο και τα οποία πρέπει να επεξεργασθούμε. Συνοπτικά, οι εργασίες που πρέπει να κάνουμε είναι οι ακόλουθες:

- **Διαβάζουμε** προσεκτικά τις **σημειώσεις** για να ταξινομήσουμε και να θυμηθούμε τις πληροφορίες που έχουμε συγκεντρώσει.
- **Περνάμε** στον πρόχειρο χάρτη που έχουμε κατασκευάσει στην ύπαιθρο, **μετρήσεις** και στοιχεία που δεν έχουμε περάσει κατά τη διάρκεια της εργασίας υπαίθρου.
- **Διορθώνουμε** και **οριστικοποιούμε** τα **όρια** από αεροφωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες ή το Google Earth. Προσοχή! Επεμβαίνουμε μόνο όταν είμαστε σίγουροι και βέβαιοι για κάτι από την εργασία υπαίθρου.
- **Επεξεργαζόμαστε** τα **τεκτονικά στοιχεία** που συλλέξαμε και κατασκευάζουμε διαγράμματα και τεκτονικούς χάρτες.
- **Κατεβάζουμε** τα στοιχεία από το **GPS** και διορθώνουμε τις θέσεις των σημείων στον χάρτη.
- Ταξινομούμε και επεξεργαζόμαστε το φωτογραφικό υλικό.
- Μιλάμε και **συζητάμε** με **συναδέλφους** και τους **επιβλέποντές μας** για όλα τα θέματα της εργασίας υπαίθρου, της χαρτογράφησης, της ταξινόμησης των σχηματισμών, του χαρακτηρισμού των ορίων και της αξιολόγησης όλων των στοιχείων που συλλέξαμε. Η προσπάθεια να περιγράψουμε και να πείσουμε κάποιον τρίτο για τα αποτελέσματα της έρευνάς μας θα φανερώσει τυχόν κενά που υπάρ-

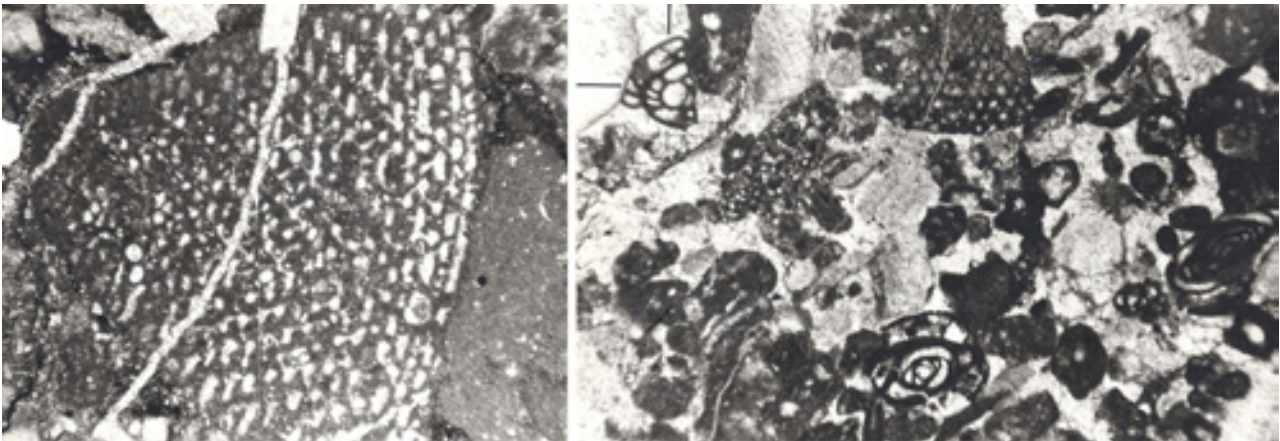
χουν στην εργασία μας, αλλά θα μας δώσει πιθανά και μια άλλη άποψη για ένα συμπέρασμα ή μια λύση για μια απορία ή έναν προβληματισμό.

- Κάνουμε έναν σκελετό και **γράφουμε** τις **πρώτες σημειώσεις** (από τα στοιχεία του τετραδίου υπαίθρου και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των στοιχείων) για τη γεωλογική έκθεση που θα αφορά την εργασία μας.

## 12.2 Προσδιορισμοί και αναλύσεις από τα πετρολογικά δείγματα

Από την ανάλυση των πετρολογικών δειγμάτων που έχουμε συλλέξει από την ύπαιθρο, θα πάρουμε αρκετά στοιχεία, τα βασικότερα από τα οποία θα αφορούν:

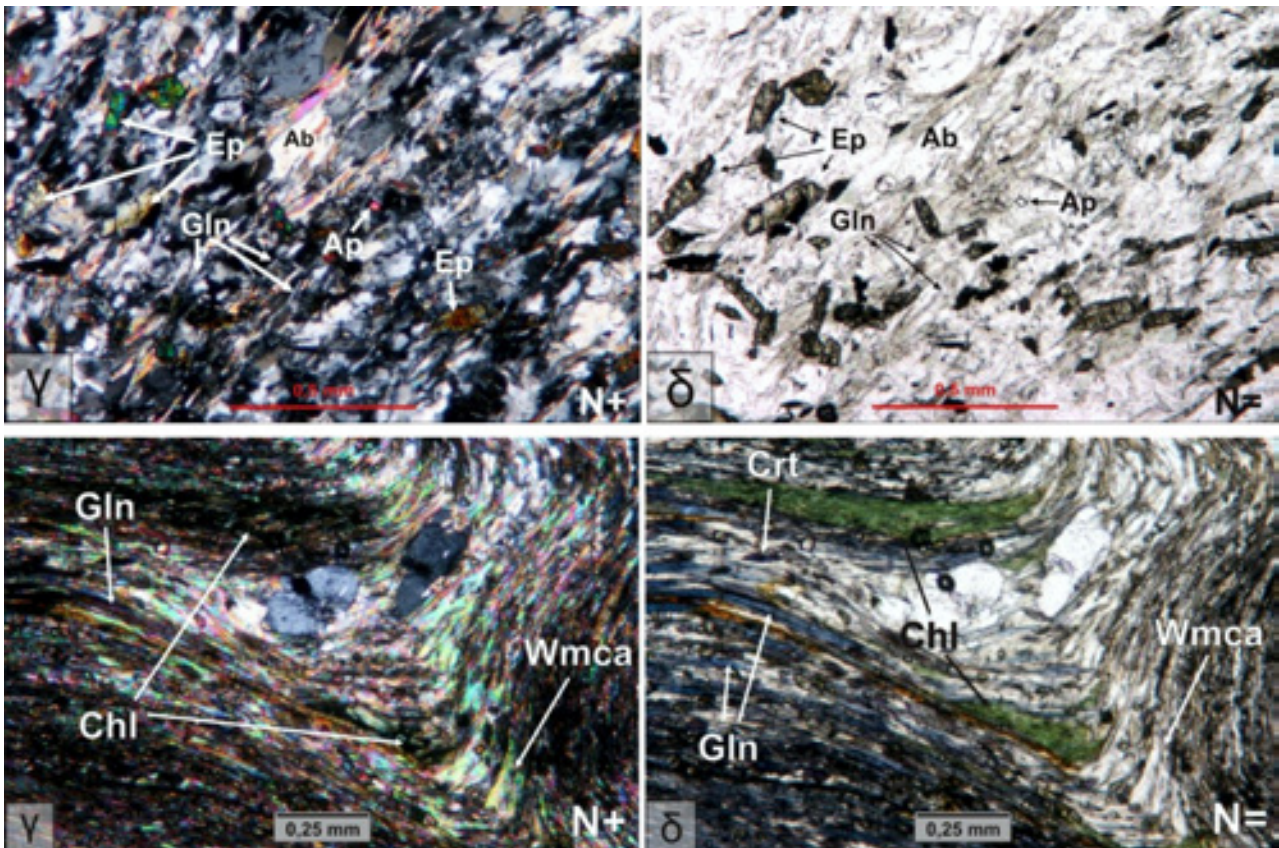
- την **ηλικία** των ιζηματογενών γεωλογικών σχηματισμών και χαρτογραφικών ενοτήτων που περάσαμε στον χάρτη (Εικ. 12.1),
- τα ιζηματολογικά χαρακτηριστικά και τις **φάσεις** των γεωλογικών σχηματισμών,
- την **ορυκτολογική σύνθεση** και τον ακριβή **πετρολογικό τύπο** των μαγματικών και μεταμορφωμένων πετρωμάτων (Εικ. 12.2),
- τις **συνθήκες (φάση) μεταμόρφωσης** των μεταμορφωμένων πετρωμάτων (Εικ. 12.2),
- τις **ηλικίες μεταμόρφωσης**, αν υπάρχει η δυνατότητα (και τα χρήματα) για ραδιοχρονολογήσεις και
- την **τεκτονο-μεταμορφική ιστορία** και **εξέλιξη** των μεταμορφωμένων ενοτήτων.



**Εικόνα 12.1.** Η κατασκευή λεπτών τομών για τον προσδιορισμό των απολιθωμάτων, αποτελεί ουσιαστικό στοιχείο για τον προσδιορισμό της ηλικίας και της φάσης των γεωλογικών σχηματισμών που χαρτογραφήθηκαν. Στην **αριστερή φωτογραφία** *Orbitolina* sp. και στη **δεξιά φωτογραφία** *Nezzazata* sp., *Miliolidae*, *Cyneolina* sp., *Orbitolina* sp., ακτινόζωα και θραύσματα από Ελασματοβράγχια. Από τα ανθρακικά της ανω-κρητιδικής επίκλυσης, ανατολικά των Γρεβενών (αρχείο Σ. Λόζιου).

Όλα αυτά τα στοιχεία και οι προσδιορισμοί, θα μας βοηθήσουν στην οριστική γεωτεκτονική ένταξη και τον χαρακτηρισμό των χαρτογραφικών ενοτήτων και μονάδων, δηλαδή των γεωλογικών σχηματισμών και πετρωμάτων, που διακρίναμε και χαρτογραφήσαμε. Για την αξιοποίηση των δειγμάτων μας ακολουθούμε τα εξής βήματα:

- Μεταφέρουμε τα δείγματα στο Εργαστήριο και τα καταγράφουμε στο αντίστοιχο **Βιβλίο Δειγμάτων** με την κωδικοποίηση που χρησιμοποιεί το Εργαστήριο. Η εργασία αυτή είναι σημαντική για τον εύκολο εντοπισμό των δειγμάτων, στην περίπτωση που χρειασθεί να γίνουν συμπληρωματικές αναλύσεις και παρασκευάσματα.
- Τα **αποθηκεύουμε** στον χώρο που έχει καθορισθεί. Τα δείγματα παραμένουν εκεί μέχρι τη στιγμή που θα ξεκινήσει η επεξεργασία τους για την κατασκευή παρασκευασμάτων και τη διεξαγωγή αναλύσεων. Καλό είναι να παραμένει ένα τμήμα του δείγματος στο χώρο αποθήκευσης, για πιθανή μελλοντική χρήση από οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο.

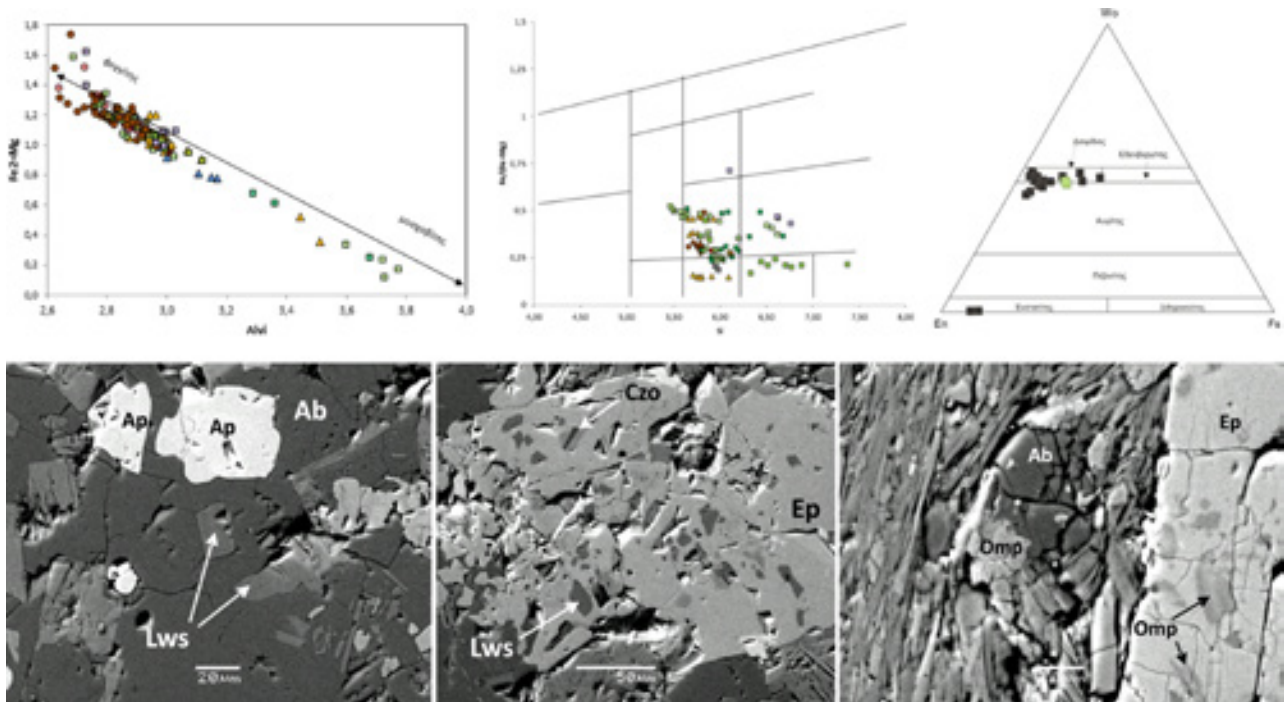


**Εικόνα 12.2.** Η κατασκευή λεπτών τομών και ο προσδιορισμός των ορυκτολογικών παραγενέσεων στο πολωτικό μικροσκόπιο, θα επιτρέψει να προσδιορίσουμε τόσο τον ακριβή λιθολογικό τύπο του μεταμορφωμένου πετρώματος, όσο και τα μεταμορφικά γεγονότα που το έχουν επηρεάσει. Ο συσχετισμός των στοιχείων αυτών με τις τεκτονικές μικροδομές και ιδιαίτερα τις τεκτονικές φυλλώσεις, θα μας αποκαλύψει πολύτιμα στοιχεία για την τεκτονομεταμορφική ιστορία και εξέλιξη των πετρωμάτων της περιοχής. Από τα μεταμορφωμένα πετρώματα των ενοτήτων Στύρων και Οχης στη Νότια Εύβοια, που μελετήθηκαν στα πλαίσια μεταπτυχιακής διατριβής ειδίκευσης (Μουστάκα, 2011), με επιβλέποντα τον Σ. Λόζιο.

- Επιλέγουμε τα δείγματα που θα γίνουν **λεπτές τομές** για **απολιθώματα** και **ιζηματολογία** και προωθούμε και επιβλέπουμε τη διαδικασία παρασκευής τους και εξέτασής τους στο μικροσκόπιο για τον προσδιορισμό των απολιθωμάτων, της ηλικίας και των φάσεων.
- Επιλέγουμε σε ποια δείγματα θα γίνουν **λεπτές τομές** για **πετρογραφικούς προσδιορισμούς** και προωθούμε και επιβλέπουμε τη διαδικασία παρασκευής τους και εξέτασής τους στο πολωτικό μικροσκόπιο για τον προσδιορισμό των ορυκτολογικών παραγενέσεων και του πετρολογικού τύπου.
- Επιλέγουμε τα δείγματα που θα γίνουν **λεπτές τομές** για **μικροτεκτονική ανάλυση** και προσδιορισμό της σχέσης παραμόρφωσης/μεταμόρφωσης. Προωθούμε και επιβλέπουμε τη διαδικασία παρασκευής τους και εξέτασής τους στο πολωτικό μικροσκόπιο για τον προσδιορισμό των φυλλώσεων, των ορυκτολογικών παραγενέσεων κάθε φύλλωσης, των δομών σε επίπεδο ορυκτών, κινηματικούς δείκτες κ.λπ
- Επιλέγουμε σε ποια δείγματα θα γίνουν **λεπτές τομές** για το **SEM** και **μικροαναλύσεις**, προωθούμε και επιβλέπουμε όλη τη διαδικασία (Εικ. 12.3).
- Επιλέγουμε τα δείγματα που θα γίνουν **χημικές αναλύσεις**, είτε στο Εργαστήριό μας είτε σε άλλο εξειδικευμένο και πιστοποιημένο Εργαστήριο (συνήθως στο εξωτερικό). Προετοιμάζουμε τα δείγματα, προωθούμε και επιβλέπουμε όλη τη διαδικασία.
- Επιλέγουμε τα δείγματα που θα γίνουν **ραδιοχρονολογήσεις** και το Εργαστήριο (συνήθως στο εξωτερικό) που θα αποστείλουμε τα δείγματα.
- Συλλέγουμε όλα τα αποτελέσματα, τα **επεξεργαζόμαστε**, τα **αξιολογούμε** και πραγματοποιούμε τις αντίστοιχες επεμβάσεις, διορθώσεις και προσθήκες τόσο στον γεωλογικό χάρτη όσο και στο υπόμνημα που τον συνοδεύει.

Είναι καλό να **συμμετέχουμε** σε όλη τη διαδικασία, τόσο σε πρακτικό, όσο και σε επιστημονικό-εργαστηριακό επίπεδο, ώστε να εξοικειωθούμε με την εργασία που γίνεται από τα εξειδικευμένα άτομα π.χ. για την

προετοιμασία των δειγμάτων, για την παρασκευή των λεπτών τομών, αλλά και για τον προσδιορισμό των απολιθωμάτων, τους ορυκτολογικούς προσδιορισμούς κ.λπ

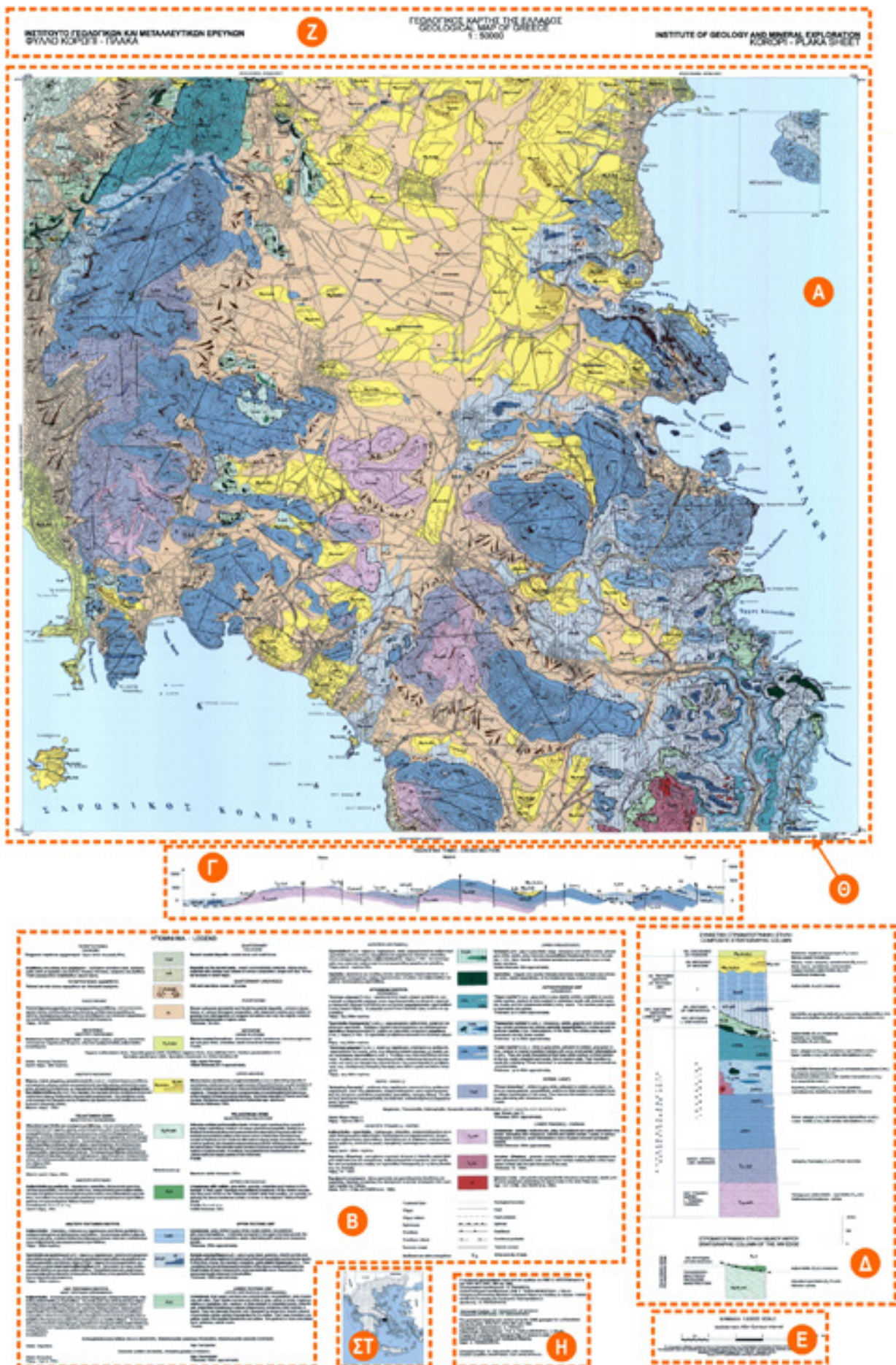


**Εικόνα 12.3.** Ορυκτοχημικές αναλύσεις με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου (SEM) και του ηλεκτρονικού μικραναλυτή, θεωρούνται απαραίτητες για τον ακριβή προσδιορισμό της σύστασης και του τύπου των ορυκτών και άρα και του λιθολογικού τύπου και των συνθηκών μεταμόρφωσης. Από τα μεταμορφωμένα πετρώματα των ενοτήτων Στύρων και Όχης στη Νότια Εύβοια, που μελετήθηκαν στα πλαίσια μεταπτυχιακής διατριβής ειδίκευσης (Μουστάκα, 2011), με επιβλέποντα τον Σ. Λόζιο.

### 12.3 Τελική σύνθεση και κατασκευή του Γεωλογικού Χάρτη

Με όλα τα στοιχεία και τα δεδομένα στα χέρια μας, ήρθε η ώρα να προβούμε στην κατασκευή του **τελικού χάρτη**. Προφανώς η διαδικασία αυτή θα γίνει με τη βοήθεια κάποιου **εξειδικευμένου λογισμικού GIS**, για τα οποία έχει προβλεφθεί ειδικό κεφάλαιο (βλπ. Κεφ. 13). Στο σημείο αυτό θα αναφέρουμε συνοπτικά ποια είναι τα επιμέρους στοιχεία που περιλαμβάνει ένας γεωλογικός χάρτης. Σε πρώτη φάση, ως υπόδειγμα, θα πάρουμε ένα κλασικό φύλλο από τη σειρά του «Γεωλογικού Χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000» (φύλλο «Κορωπί - Πλάκα», Λατσούδας, 2003), που έχει εκπονήσει το ΙΓΜΕ, που είναι τυποποιημένος με βάση τις σύγχρονες **διεθνείς προδιαγραφές**. Στη συνέχεια, θα δώσουμε και ένα παράδειγμα από έναν αντίστοιχο χάρτη, που εκπονείται στα πλαίσια μιας διπλωματικής εργασίας μεταπτυχιακού κύκλου ή στα πλαίσια ενός διδακτορικού. Η κύρια διαφορά έγκειται στο ότι στην πρώτη περίπτωση το σύνολο της πληροφορίας περιλαμβάνεται στον Γεωλογικό Χάρτη, με αποτέλεσμα το Υπόμνημα να είναι πολύ πιο αναλυτικό, κυρίως σε ό,τι αφορά στην περιγραφή των γεωλογικών σχηματισμών που περιλαμβάνει ο χάρτης, σε αντίθεση με τη δεύτερη περίπτωση, όπου ο χάρτης συνοδεύεται από το αναλυτικό κείμενο της διατριβής, οπότε το Υπόμνημα του χάρτη μπορεί να είναι πιο λιτό και κωδικοποιημένο. Ένας γεωλογικός χάρτης που εκδίδεται από το **ΙΓΜΕ** περιλαμβάνει:

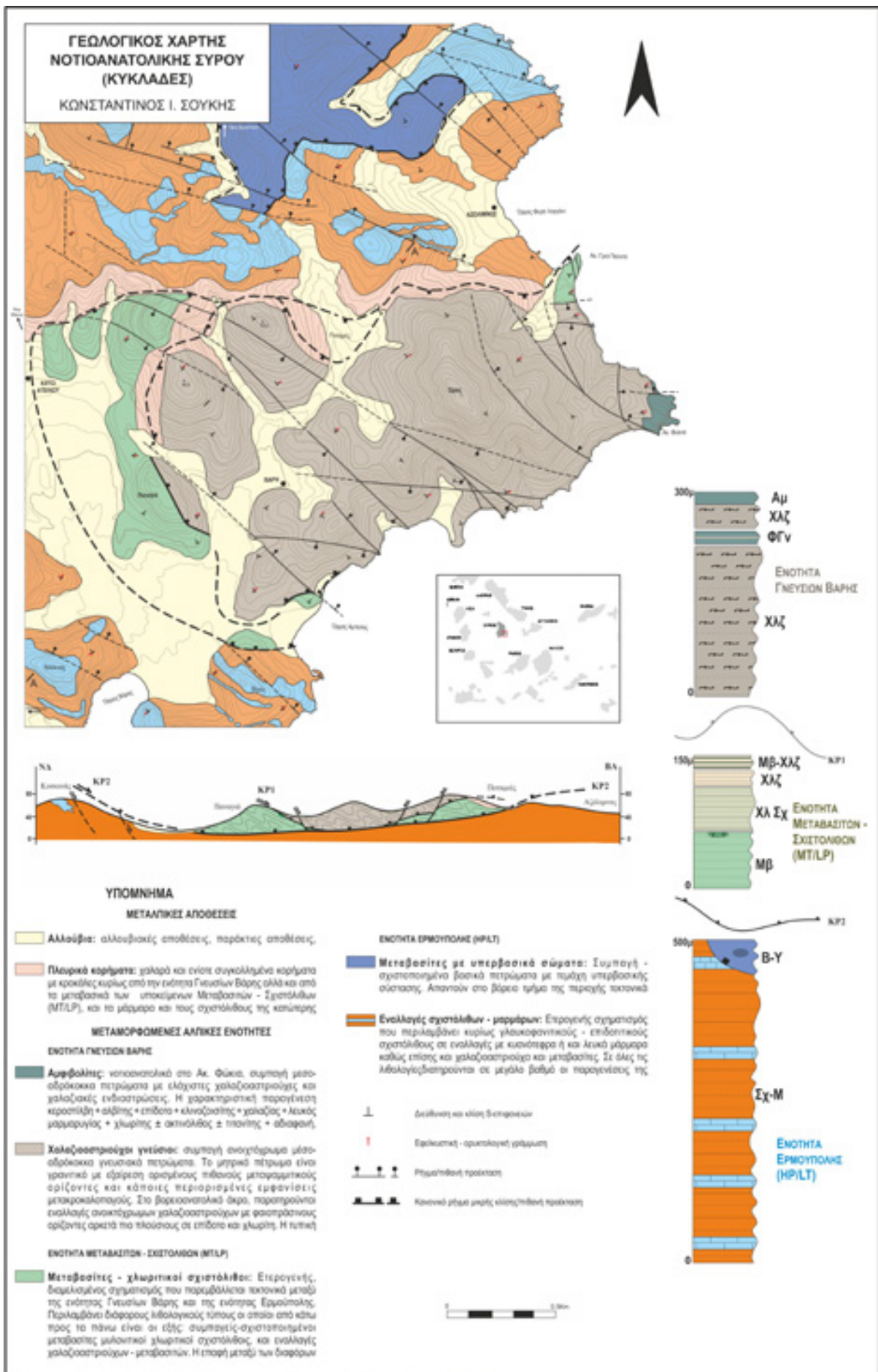
- Το φύλλο του **Γεωλογικού Χάρτη** (μέσα σε πλαίσιο με **γεωγραφικές συντεταγμένες**), με τους σχηματισμούς να αναπαρίστανται με διαφορετικό χρώμα, τα όρια με ειδικό τύπο γραμμής, ανάλογα με τον χαρακτηρισμό και το είδος της επαφής, και τα ειδικά σύμβολα σε συγκεκριμένα σημεία στον χάρτη, που αφορούν κυρίως μετρήσεις στρώσης και τεκτονικών στοιχείων, απολιθωματοφόρες θέσεις κ.λπ (Εικ. 12.4.A).



Εικόνα 12.4. Τα επιμέρους στοιχεία, που συνθέτουν έναν γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ σε κλίμακα 1:50.000.

- Το **Υπόμνημα των γεωλογικών σχηματισμών**, με τα γνωστά «κουτάκια» που περιλαμβάνουν το χρώμα και τον συμβολισμό που αντιστοιχεί στον γεωλογικό σχηματισμό, αλλά και ένα κωδικοποιημένο σύμβολο με γράμματα και αριθμούς, που αντιστοιχεί στην ηλικία και τη λιθολογία του σχηματισμού (Εικ. 12.4.Β). Για τα **χρώματα** και τους **συμβολισμούς** υπάρχουν συγκεκριμένα **διεθνή πρότυπα**, που παρατίθενται ως πίνακες (Πίνακες 12.1 & 12.2), στο τέλος του κεφαλαίου.
  - Τα κουτάκια αυτά διατάσσονται σε κατακόρυφη σειρά, ξεκινώντας από τους νεότερους σχηματισμούς προς τους παλαιότερους. Η συνήθης σειρά για τους μεταλλικούς σχηματισμούς είναι: **Τεταρτογενείς αποθέσεις** → **Νεογενείς σχηματισμοί** → **Μολασσικοί σχηματισμοί**, όπου σε καθεμία περίπτωση περιλαμβάνονται συγκεκριμένα κουτάκια, που αντιστοιχούν στους σχηματισμούς που περιλαμβάνει ο χάρτης.
  - Ακολουθούν οι **αλπικές γεωτεκτονικές ενότητες** με σειρά από τις υπερκείμενες προς τις υποκείμενες. Σε καθεμία ενότητα τα κουτάκια ακολουθούν τη σειρά από αυτό που αντιστοιχεί στον νεότερο σχηματισμό προς αυτό που αντιστοιχεί στον παλαιότερο.
  - Τέλος ακολουθούν τα κουτάκια που αντιστοιχούν στα **μαγματικά πετρώματα**.
  - Κάθε κουτάκι συνοδεύει **αναλυτικό κείμενο** όπου περιγράφονται: η ηλικία, το όνομα του «σχηματισμού» (ή της «σειράς»), του «πετρώματος» κ.λπ), ο λιθολογικός τύπος, η φάση, τα χρώματα των πετρωμάτων, τα απολιθώματα που περιλαμβάνει, υπάρχουσες λιθολογικές εναλλαγές, πλευρικές ή κατακόρυφες μεταβάσεις, το εκτιμώμενο πάχος, η σχέση με τους υπερκείμενους ή υποκείμενους σχηματισμούς, δευτερεύοντα χαρακτηριστικά, όπως δολομιτώση, καρστικοποίηση, μυλονιτώση κ.λπ. Στους μεταμορφωμένους σχηματισμούς, εκτός από τον πετρολογικό τύπο, αναγράφεται και η ορυκτολογική σύνθεση του πετρώματος ή άλλες πληροφορίες για τις συνθήκες μεταμόρφωσης, το αρχικό πέτρωμα κ.λπ. Αντίστοιχη περιγραφή, με βάση τον ακριβή πετρολογικό τύπο, την ορυκτολογική σύσταση και τη σχέση με τα περιβάλλοντα πετρώματα ακολουθείται και στην περίπτωση των μαγματικών πετρωμάτων.
- **Υπόμνημα για τα όρια** των σχηματισμών και τον χαρακτηρισμό των **επαφών** (Εικ. 12.4.Β).
- **Υπόμνημα για τα τεκτονικά σύμβολα** (Εικ. 12.4.Β).
- **Υπόμνημα για άλλα ειδικά σύμβολα**, που πιθανά έχουν χρησιμοποιηθεί, όπως απολιθωματοφόρες θέσεις, θέσεις μεταλλοφορίας κ.λπ (Εικ. 12.4.Β).
- Μία ή περισσότερες **γεωλογικές τομές**, αντιπροσωπευτικές για την τεκτονική μακροδομή της περιοχής (Εικ. 12.4.Γ).
- Μία συνθετική ή περισσότερες επιμέρους, **λιθοστρωματογραφικές στήλες** με την αλληλουχία και τη σχέση ανάμεσα στους γεωλογικούς σχηματισμούς και τις γεωτεκτονικές ενότητες (Εικ. 12.4.Δ).
- **Κλίμακα** αριθμητική αλλά και γραμμική (Εικ. 12.4.Ε).
- Σχηματικό **διάγραμμα του ελληνικού χώρου** με τη **θέση** της περιοχής που χαρτογραφήθηκε (Εικ. 12.4.ΣΤ).
- **Τίτλος**, όπου αναφέρεται το πρόγραμμα στο οποίο εντάσσεται η κατασκευή του χάρτη και το όνομα της περιοχής (ή του φύλλου) που ορίζει τη γεωγραφική περιοχή του χάρτη (Εικ. 12.4.Ζ).
- Το **όνομα του συντάκτη** (αυτού που συνέταξε τον γεωλογικό χάρτη), καθώς και όλων των **συντελεστών** που πραγματοποίησαν τους προσδιορισμούς των απολιθωμάτων, της ορυκτολογικής σύνθεσης, των χημικών αναλύσεων κ.λπ (Εικ. 12.4.Η).
- Το **χρονικό διάστημα** που πραγματοποιήθηκε η χαρτογράφηση και η **ημερομηνία έκδοσης** του χάρτη (Εικ. 12.4.Θ).

Τέλος, παρουσιάζεται και ένας χάρτης που έχει κατασκευασθεί στα πλαίσια **διδασκαλίας διατριβής**, όπου ακολουθούνται και εδώ όλοι οι κανόνες και οι πρακτικές που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα, δηλαδή τον γεωλογικό χάρτη συνοδεύουν γεωλογική τομή, λιθοστρωματογραφική στήλη, υπόμνημα, κλίμακα, περιοχή, τίτλος, ημερομηνία έκδοσης κ.λπ. Επισημαίνεται ότι στις περιπτώσεις αυτές ο γεωλογικός χάρτης συνοδεύεται από το κείμενο της διατριβής, το οποίο περιλαμβάνει πολύ αναλυτικές πληροφορίες και λεπτομέρειες, τόσο για τους γεωλογικούς σχηματισμούς και τα χαρακτηριστικά τους όσο και για το είδος των επαφών μεταξύ τους. Αυτό δίνει τη δυνατότητα το υπόμνημα που συνοδεύει τον χάρτη να είναι πιο λιτό και περιληπτικό (Εικ. 12.5).



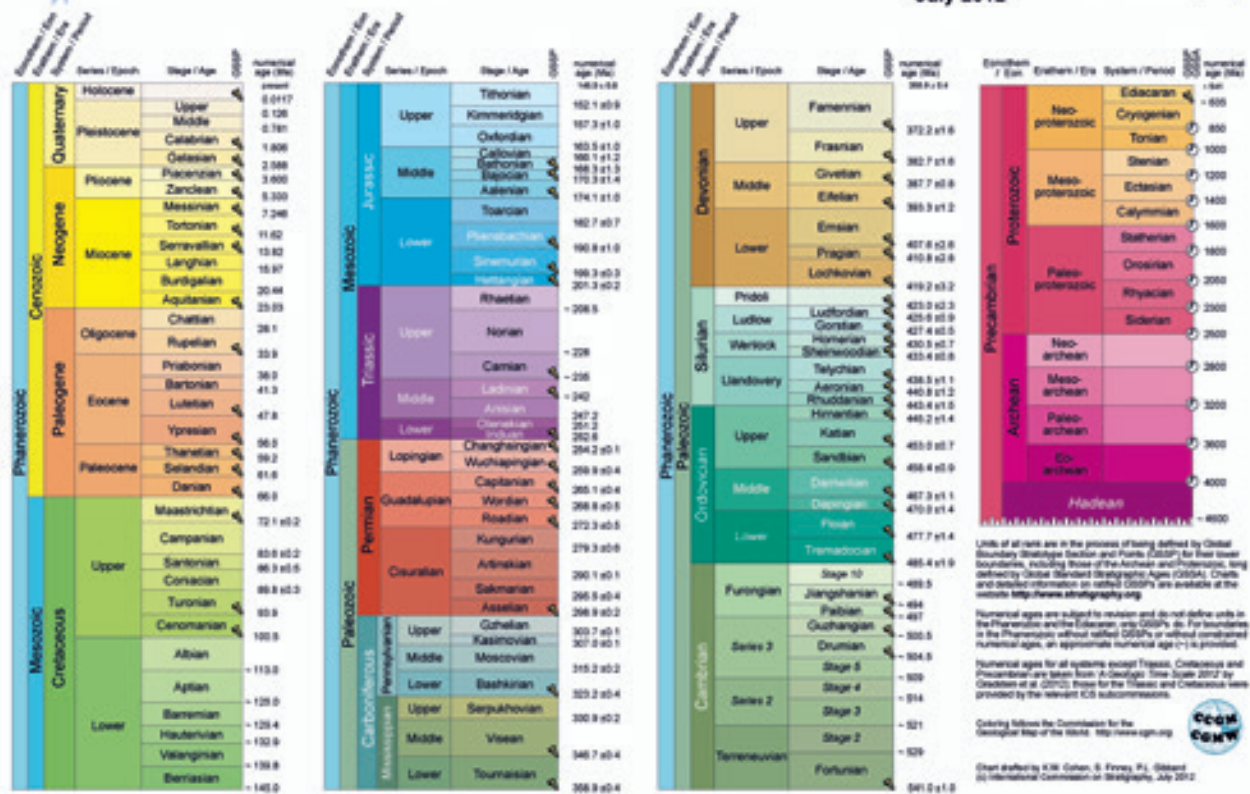
Εικόνα 12.5. Γεωλογικός χάρτης που έχει κατασκευασθεί στα πλαίσια διδακτορικής διατριβής (Σούκης, 2011).



# INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

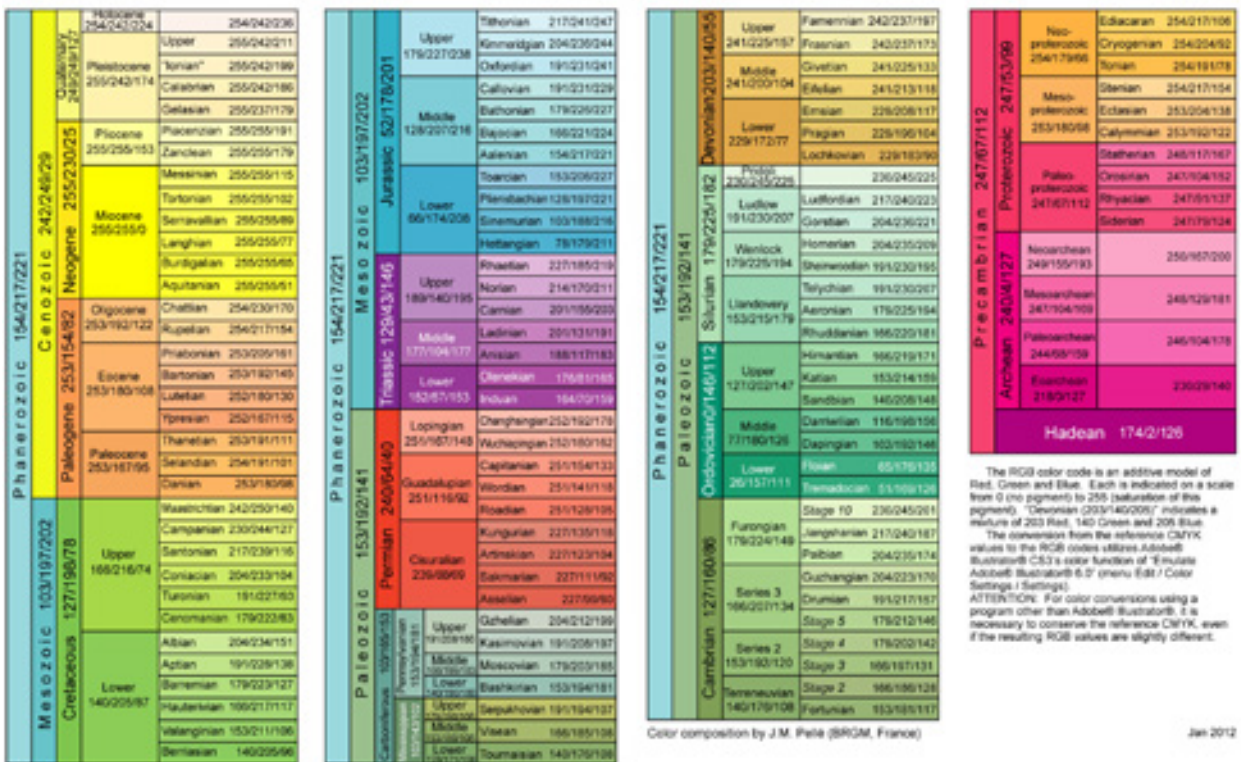
www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy  
July 2012



Πίνακας 12.1 Ο χρωματικός πίνακας που χρησιμοποιείται για τους σχηματισμούς και τα πετρώματα στις γεωλογικές χάρτες, σύμφωνα με τη Διεθνή Επιτροπή Στρωματογραφίας.

RGB Color Code according to the Commission for the Geological Map of the World (CGMW), Paris, France



Πίνακας 12.2 Αντίστοιχος πίνακας της Επιτροπής του Παγκόσμιου Γεωλογικού Χάρτη, που συνοδεύεται από τον RGB κώδικα των χρωμάτων.



## Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Λατσούδας, Χ. (2003). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000, Φύλλο «Κορωπί – Πλάκα»*. Έκδοση ΙΓΜΕ.
- Μουστάκα, Ε. (2011). *Τεκτονική ανάλυση και ορυκτοχημική μελέτη των μεταμορφωμένων πετρωμάτων του όρους Όχη*. Μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης, 151 σελ., Αθήνα.
- Σούκης, Κ. (2011). *Παραμόρφωση γρανιτικών πετρωμάτων στον χώρο του Αιγαίου*. Διδακτορική διατριβή. 439σελ., Αθήνα.



## Κεφάλαιο 13:

# Σύγχρονες Τεχνολογίες στη Γεωλογική Χαρτογράφηση

### Σύνοψη

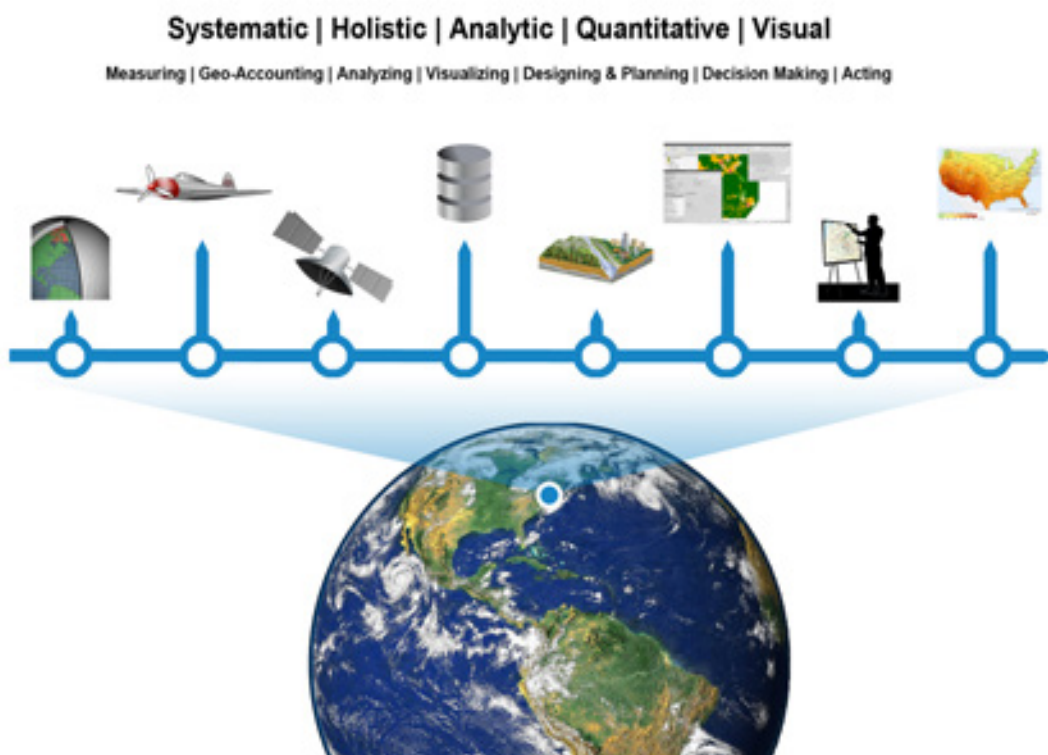
Στα πλαίσια του παρόντος κεφαλαίου αναλύονται και περιγράφονται οι σύγχρονες τεχνικές και μεθοδολογίες που αφορούν τόσο στο στάδιο της εργασίας υπαίθρου για τη συλλογή των στοιχείων που απαιτούνται για το γεωλογικό χάρτη, όσο και στο στάδιο της σύνθεσης των στοιχείων και της τελικής παρουσίασης του χάρτη με χρήση Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.

### Προαπαιτούμενη γνώση

Οι βασικές γνώσεις που δίνονται στο μάθημα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Τηλεπισκόπηση. Η ύλη από τα αντίστοιχα κεφάλαια των σημειώσεων που δίνονται στους φοιτητές και είναι αναρτημένα στην πλατφόρμα e-Class.

## 13.1 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, γνωστά ευρέως και ως **G.I.S. (Geographical Information Systems)**, είναι λογισμικά που αξιοποιούν τις δυνατότητες των ηλεκτρονικών υπολογιστών για αποθήκευση, επεξεργασία, ανάλυση, διαχείριση και παρουσίαση των δεδομένων που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τη γεωγραφική κατανομή (Εικ. 13.1).



Εικόνα 13.1 Δυνατότητες ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.

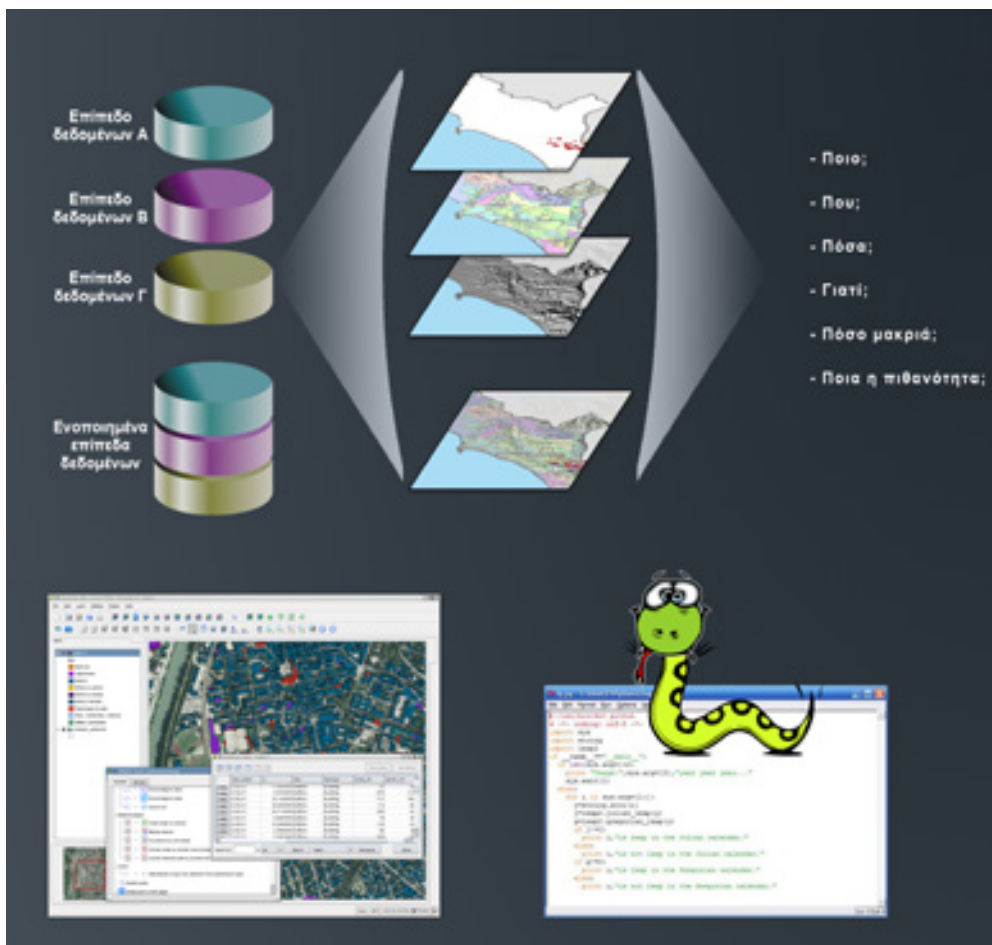
Αποτελούν ένα εργαλείο που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν αλληλεπιδραστικά ερωτήματα, να αναλύουν τη γεωγραφική πληροφορία, να επεξεργάζονται τα δεδομένα, να φτιάχνουν χάρτες και να παρου-

σιάζουν τα αποτελέσματα αυτών των διαδικασιών είτε με τη μορφή χαρτών είτε με τη μορφή διαγραμμάτων (Βαϊόπουλος κ.ά., 2002).

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών μπορούν να χρησιμεύσουν στη δημιουργία δοκιμαστικών μοντέλων για τη μελέτη π.χ. περιβαλλοντικών διαδικασιών, την ανάλυση των αποτελεσμάτων των τάσεων, τη μελέτη των πιθανών συνεπειών ενός σχεδιασμού κ.ά. Για παράδειγμα, είναι δυνατή η εξερεύνηση μιας σειράς πιθανών σεναρίων και η κατανόηση των επιπτώσεων πιθανών ενεργειών, πριν αυτές πραγματοποιηθούν και δημιουργήσουν ανεπανόρθωτες δυσμενείς συνέπειες στο περιβάλλον (Βαϊόπουλος κ.ά., 2002).

Οι δυνατότητες ενός G.I.S. είναι δυνατόν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις ενότητες, ανάλογα με τη δεξιότητα του χρήστη να διαχειριστεί την πληροφορία (Εικ. 13.2):

- Η πρώτη αφορά στην **εισαγωγή** στο λογισμικό όλης της **διαθέσιμης πληροφορίας** και **μετατροπή** της από αναλογική σε **ψηφιακή μορφή** και στη γεωγραφική παρουσίαση των δεδομένων με τη μορφή **θεματικών χαρτών** είτε σε ψηφιακή είτε σε έντυπη μορφή. Επίσης, είναι δυνατή η εξειδικευμένη χωρική ή περιγραφική αναζήτηση πληροφοριών και οι τροποποιήσεις βάσει καθορισμένων χαρακτηριστικών.
- Τη δεύτερη ενότητα αποτελεί η **διαχείριση** της **βάσης δεδομένων**, η οποία περιέχει περιγραφικές πληροφορίες για τα αντικείμενα που απεικονίζονται γεωγραφικά και η οποία μπορεί να βρίσκεται εντός του λογισμικού ή να είναι εκτός, συνδεδεμένη εξωτερικά με αυτό (open data connectivity) ή να αποτελεί συνδυασμό και των δύο δυνατοτήτων.
- Η τρίτη ενότητα αφορά στη **γλώσσα προγραμματισμού** που χρησιμοποιείται στην **ανάπτυξη πρόσθετων λειτουργιών** για εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα την εύρεση βέλτιστων θέσεων για **εγκατάσταση πυροφυλακίου**, βάσει κριτηρίων που ο χρήστης θέτει κατά την εκτέλεση του αλγόριθμου.



**Εικόνα 13.2** Οι δυνατότητες ενός G.I.S. είναι δυνατόν να κατηγοριοποιηθούν, ανάλογα με τη δεξιότητα του χρήστη να διαχειριστεί την πληροφορία, σε τρεις κατηγορίες: (α) στην εισαγωγή των δεδομένων και παρουσίαση θεματικών χαρτών, (β) στη διαχείριση της βάσης δεδομένων και (γ) στη χρήση γλώσσας προγραμματισμού για την ανάπτυξη πρόσθετων λειτουργιών (python).

Τα τελευταία χρόνια, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν αναπτυχθεί από διαφορετικές εταιρείες και διατίθενται επί πληρωμή ή δωρεάν, όμως όλα λειτουργούν με βάση την ίδια φιλοσοφία και τις ίδιες αρχές, έχουν παρόμοιες δυνατότητες και τηρούν συγκεκριμένα πρότυπα που υπαγορεύονται από τη διεθνή οργάνωση «Open G.I.S». Επίσης, η αλματώδης ανάπτυξη και διάδοση των έξυπνων κινητών τηλεφώνων καθώς και των cloud υπηρεσιών έδωσε τη δυνατότητα εξάπλωσης των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών όχι μόνο σε όλες τις συσκευές, φορητές ή μη, αλλά και στο ευρύ κοινό, με αποτέλεσμα τη συνεχή προσπάθεια αναβάθμισης των δυνατοτήτων τους λόγω της αυξανόμενης ζήτησής τους (Εικ. 13.3).



**Εικόνα 13.3** Χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών μέσω σταθερών, κινητών ή cloud εφαρμογών

Σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους συλλογής, καταχώρησης, οργάνωσης και επεξεργασίας χωρικών και περιγραφικών δεδομένων, τα G.I.S. παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα. Στα πλεονεκτήματά τους περιλαμβάνονται:

- Η αποτελεσματική συλλογή, ανάλυση, διαχείριση και διανομή **up-to-date πληροφοριών**.
- Η ευελιξία και η **ευκολία στη χρήση** τους.
- Η ικανότητα να διαχειρίζονται και να ενσωματώνουν **διαφορετικές γεωχωρικές πληροφορίες** που περιλαμβάνουν μοντέλα, χάρτες, γραφικά κ.λπ
- Η ικανότητα να παρέχουν χωρική πληροφορία για μια **ευρεία γεωγραφική περιοχή**.
- Η δυνατότητα παρουσίασης της πληροφορίας και στις **τρεις διαστάσεις (3D)**.

Αντίθετα, στα μειονεκτήματά τους περιλαμβάνονται:

- Η **πολυπλοκότητα** και η πιθανή δυσκολία για κάποιον να το κατανοήσει αρχικά.
- Απαιτούν **μεγάλο όγκο πληροφοριών** προκειμένου να παραχθούν χρήσιμες πληροφορίες.
- Απαιτούν **υψηλή ακρίβεια των δεδομένων** που λαμβάνουν υπόψη τους, καθότι πολλές φορές χρησιμοποιούνται για τη λήψη κρίσιμων αποφάσεων, όπως π.χ. χωροθέτηση για συγκεκριμένες δράσεις ή χρήσεις, διαχείριση φυσικών καταστροφών κ.λπ
- Η διαδικασία λήψης απόφασης (π.χ. κατά τη διάρκεια μιας έκτακτης ανάγκης) μπορεί να μην ολοκληρωθεί λόγω του **μεγάλου όγκου πληροφοριών** και του **χρόνου** που απαιτείται για την ανάλυσή τους.

Στα πλαίσια της Γεωλογικής Χαρτογράφησης, γίνεται χρήση των δύο πρώτων ενοτήτων των δυνατοτήτων των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, όπως αυτές αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι δυνατότητες αυτές

αναπτύσσονται λεπτομερέστερα στη συνέχεια, με τη χρήση του λογισμικού **ArcGIS ver. 10.0**, το οποίο διατίθεται από το Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος για τις ανάγκες των προπτυχιακών και μεταπτυχιακών μαθημάτων που πραγματοποιούνται σε αυτό. Η επιλογή του συγκεκριμένου λογισμικού έγινε γιατί είναι **ευρέως διαδεδομένο** τόσο στην Ελλάδα, όσο και στο εξωτερικό και η εκμάθησή του αποτελεί **σημαντικό εφόδιο** για τους αυριανούς γεωλόγους που θα αποφοιτήσουν από το Τμήμα.

## 13.2 Διαδικασία κατασκευής γεωλογικού χάρτη

Η διαδικασία κατασκευής ενός γεωλογικού χάρτη σε ψηφιακή μορφή απαιτεί κάποια βήματα, που θα περιγραφούν στη συνέχεια με τη βοήθεια του εμπορικού λογισμικού ArcGIS ver. 10.0 (<http://goo.gl/NOcxp5>). Παρότι η επιφάνεια εργασίας διαφοροποιείται μεταξύ των προγραμμάτων που κυκλοφορούν στην αγορά, ωστόσο η συλλογιστική και ο τρόπος λειτουργίας παραμένουν τα ίδια σε όλα τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, γεγονός που βοηθά τους χρήστες να προσαρμόζονται εύκολα.

Το λογισμικό ArcGIS παρέχει τη δυνατότητα χρήσης δύο διαφορετικών τρόπων εργασίας: Ο πρώτος αφορά στην δημιουργία μιας **γεωβάσης (geodatabase)**, η οποία ουσιαστικά αποτελεί έναν φάκελο που περιέχει δυαδικά αρχεία που αποθηκεύουν και διαχειρίζονται γεωχωρικά δεδομένα. Αυτό το σύστημα αποθήκευσης βασίζεται σε **σχεσιακές αρχές** και παρέχει ένα απλό, τυπικό μοντέλο αποθήκευσης και επεξεργασίας των δεδομένων σε **πίνακες**. Η δομή των δεδομένων ενός αρχείου γεωβάσης βελτιστοποιεί τόσο τις επιδόσεις του προγράμματος σε ότι αφορά στην ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων, όσο και στην αποθήκευσή τους με χρήση μεθόδων συμπίεσης των δεδομένων, παρότι το μέγεθος της μπορεί να αγγίζει ενίοτε και το ένα Terabyte (TB).

Ο δεύτερος αφορά στη δημιουργία **μεμονωμένων αρχείων**, τα οποία οφείλει ο χρήστης να δημιουργήσει/προσαρμόσει έτσι ώστε να βρίσκονται κάτω από το ίδιο σύστημα συντεταγμένων κ.λπ, που όμως λειτουργούν αυτόνομα και μπορούν να αναγνωριστούν από έναν μεγάλο αριθμό άλλων παρεμφερών λογισμικών ανοιχτών ή εμπορικών. Για το λόγο αυτό, στη συνέχεια θα περιγραφεί η κατασκευή του γεωλογικού χάρτη με βάση τον δεύτερο τρόπο, δηλαδή με τη δημιουργία **αυτόνομων διανυσματικών αρχείων (shapefiles)**.

Ως πρώτο βήμα, λοιπόν, είναι η δημιουργία ενός φακέλου στον οποίο θα αποθηκευτούν όλα τα αρχεία που αφορούν τα χωρικά και περιγραφικά δεδομένα της περιοχής του χάρτη.

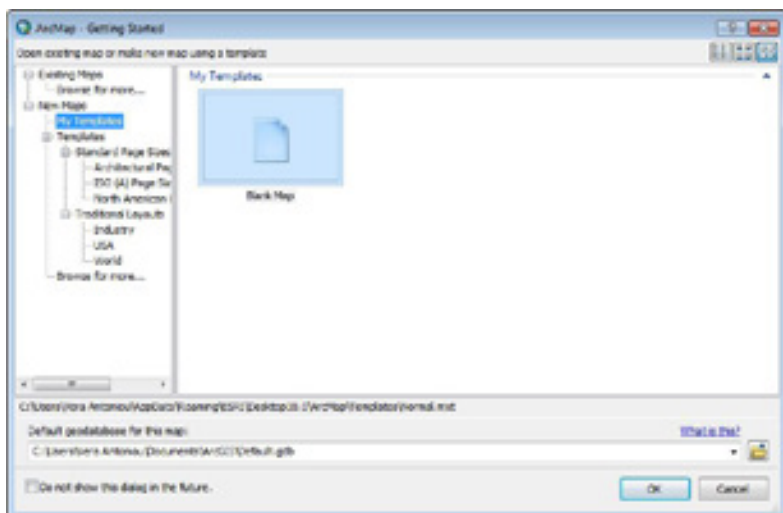
Το πρώτο αρχείο που εισάγεται στο φάκελο αυτό είναι ο γεωλογικός χάρτης ο οποίος συντάχθηκε κατά την εργασία υπαίθρου. Ο χάρτης βρίσκεται σε **αναλογική μορφή**, οπότε το πρώτο βήμα είναι η σάρωσή του και η μετατροπή του σε **ψηφιακή μορφή**. Σημειώνεται ότι θα πρέπει να είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε την ανάλυση στην οποία έγινε η σάρωση (dpi ανάλυσης) και την κλίμακα στην οποία βρίσκεται ο αναλογικός χάρτης που χαρτογραφήσαμε, στοιχεία που θα μας χρειαστούν στη συνέχεια (τα προγράμματα επεξεργασίας φωτογραφίας παρέχουν τα στοιχεία της ανάλυσης σάρωσης και η κλίμακα του χάρτη αναγράφεται πάνω στο χάρτη σε αριθμητική και γραφική μορφή).

Στη συνέχεια ενεργοποιούμε το λογισμικό του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Σε ότι αφορά στο ArcGIS θα πρέπει να αναφερθεί ότι πρόκειται για ένα **σύνολο προγραμμάτων** καθένα από τα οποία επιτελεί και διαφορετικό σκοπό - λειτουργίες. Για την κατασκευή του γεωλογικού χάρτη θα χρησιμοποιηθούν δύο από τα προγράμματα, ο **ArcCatalog** και ο **ArcMap**. Ο ArcCatalog χρησιμοποιείται για την οργάνωση των γεωχωρικών δεδομένων, την επισκόπησή τους χωρίς να απαιτείται το άνοιγμα των αρχείων, τη δημιουργία των διανυσματικών δεδομένων και την ενημέρωσή τους με τις απαραίτητες πληροφορίες που αφορούν τα μεταδεδομένα. Από την έκδοση 10.0 του λογισμικού και μετά, τμήματα του ArcCatalog (όπως η οργάνωση των αρχείων καθώς και η δημιουργία των διανυσματικών δεδομένων) βρίσκονται και μέσα στον ArcMap κάτω από το υποπρόγραμμα με την ονομασία Catalog, το οποίο και θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα παρουσίαση. Ο ArcMap χρησιμοποιείται για την εισαγωγή, επεξεργασία και ανάλυση των χωρικών και περιγραφικών δεδομένων καθώς και για την τελική διαμόρφωση της εκτυπώσιμης μορφής του γεωλογικού χάρτη.

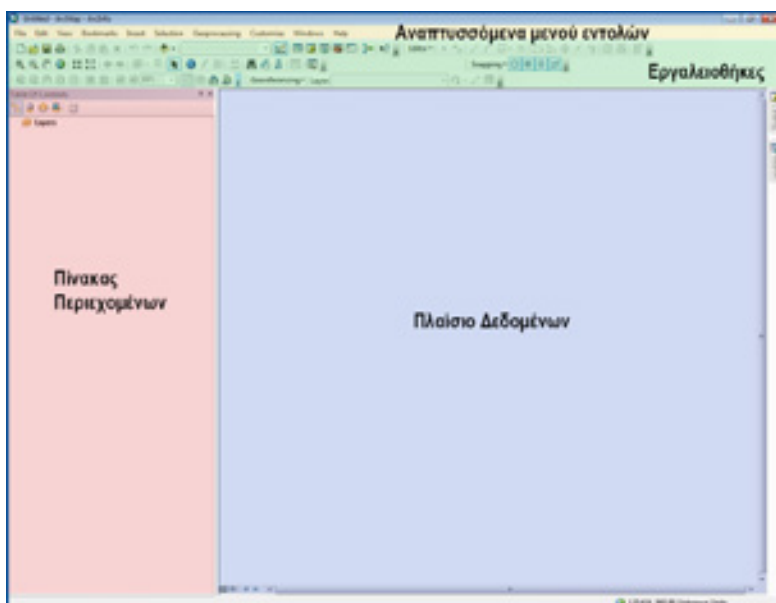
Με την ενεργοποίηση του προγράμματος ArcMap αναδύεται ένα παράθυρο που δίνει τη δυνατότητα της επιλογής ενός υπάρχοντος αρχείου ή ενός πρότυπου αρχείου (template). Στην οθόνη αυτή επιλέγουμε New Maps\My Templates\Blank Map γιατί ουσιαστικά θέλουμε να δημιουργήσουμε μια νέα, κενή σύνθεση χάρτη την οποία θα εμπλουτίσουμε στη συνέχεια με τα δικά μας δεδομένα (Εικ. 13.4).

Στην επιφάνεια εργασίας του ArcMap είναι δυνατόν να διακριθούν υποπεριοχές όπως φαίνεται στην εικόνα 13.5. Αρχικά στο επάνω μέρος της επιφάνειας εργασίας εμφανίζονται τα **αναπτυσσόμενα μενού εντολών (Main menu)** τα οποία περιέχουν ομαδοποιημένα τα αντίστοιχα εργαλεία - εντολές (Εικ. 13.5). Στη συνέχεια

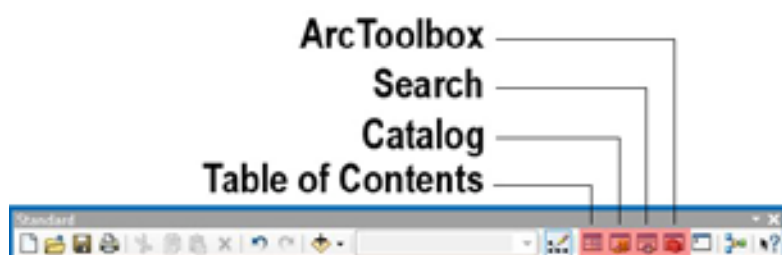
εμφανίζεται μια περιοχή στην οποία αναπτύσσονται όλες οι **ενεργοποιημένες εργαλειοθήκες (Toolbars)**. Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στα υποπρογράμματα που βρίσκονται μέσα στον ArcMap και χρησιμοποιούνται συχνά, όπως ο **Πίνακας Περιεχομένων**, στον οποίο εμφανίζονται όλα εκείνα τα αρχεία - επίπεδα πληροφορίας που χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση του χάρτη, ο **διαχειριστής αρχείων Catalog**, η **εργαλειοθήκη ArcToolbox** και η **αναζήτηση αρχείων ή εργαλείων Search**. Η ενεργοποίησή τους γίνεται από τα αντιστοιχα εργαλεία της εργαλειοθήκης **Standard** (Εικ. 13.6).



Εικόνα 13.4 Στιγμιότυπο οθόνης όπου παρουσιάζεται το παράθυρο ενεργοποίησης μιας νέας κενής σύνθεσης χάρτη.



Εικόνα 13.5 Στιγμιότυπο οθόνης όπου παρουσιάζεται η επιφάνεια εργασίας του ArcMap.

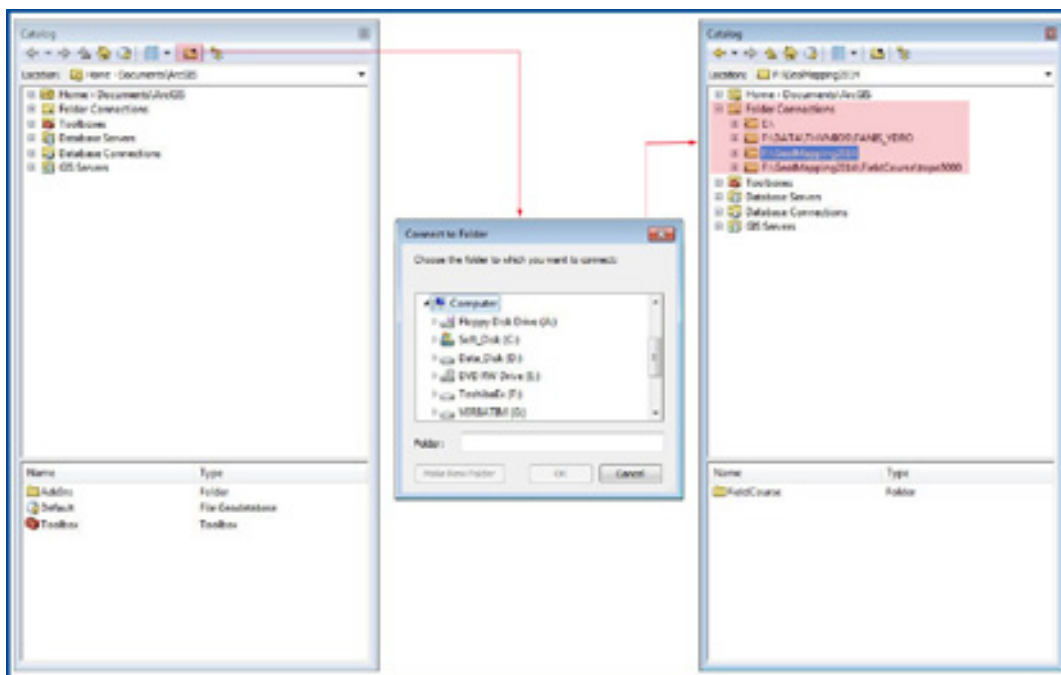


Εικόνα 13.6 Στιγμιότυπο οθόνης της εργαλειοθήκης Standard όπου σημειώνονται τα εργαλεία ενεργοποίησης του Πίνακα Περιεχομένων (Table of Contents), Catalog, Search και ArcToolbox.

Η περιοχή κάτω από τις εργαλειοθήκες διαιρείται σε δύο τμήματα, ένα στα αριστερά που αποτελεί τον **Πίνακα Περιεχομένων (Table of Contents)** και ένα στα δεξιά που αποτελεί το **Πλαίσιο Δεδομένων (Data Frame)**, όπου εμφανίζεται η χωρική πληροφορία που βρίσκεται αποθηκευμένη σε κάθε επίπεδο πληροφορίας (Εικ. 13.5).

Η επιφάνεια εργασίας όπως εμφανίζεται στην εικόνα 13.5 δεν είναι στατική, αλλά μπορεί να διαμορφωθεί ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε χρήστη και να προσαρμοστεί με βάση τις εργασίες που πραγματοποιεί συχνότερα. Σημειώνεται ότι τόσο οι εργαλειοθήκες, όσο και τα επιμέρους παράθυρα που αναπτύσσονται, είναι δυνατόν να μετακινούνται ή να αγκιστρώνονται σε οποιαδήποτε θέση της επιφάνειας εργασίας.

Το επόμενο παράθυρο που πρέπει να ενεργοποιήσουμε είναι αυτό του Catalog προκειμένου να διαχειριστούμε τα αρχεία μας. Το παράθυρο ενεργοποιείται με το εργαλείο Catalog που, όπως αναφέρθηκε, βρίσκεται στην εργαλειοθήκη Standard (Εικ. 13.6). Η πρώτη ενέργεια που πραγματοποιούμε στον Catalog είναι η **σύνδεσή μας με την ακριβή θέση του φακέλου** που περιέχει τα δεδομένα μας, έτσι ώστε να έχουμε άμεση πρόσβαση σε αυτά απευθείας και να μην απαιτείται κάθε φορά η εύρεση της θέσης του φακέλου μας μέσα στο σκληρό δίσκο. Η σύνδεση αυτή γίνεται με το εργαλείο **Connect to Folder** (Εικ. 13.7).



**Εικόνα 13.7** Στιγμιότυπο οθόνης όπου παρουσιάζεται το παράθυρο του Catalog καθώς και το παράθυρο Connect to Folder που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση με το φάκελο που περιέχει τα δεδομένα μας.

### 13.2.1 Δημιουργία αρχείων

Στη συνέχεια, θα πρέπει να δημιουργήσουμε όλα εκείνα τα **διανυσματικά αρχεία (vector)** που απαιτούνται για την κατασκευή του γεωλογικού χάρτη. Ο αριθμός και ο τύπος των αρχείων εξαρτάται από τη συνολική πληροφορία που θέλουμε να υπάρχει στον τελικό μας χάρτη. Υπενθυμίζεται ότι προκειμένου να διαχειριστούμε δεδομένα μέσω ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών θα πρέπει τα διάφορα επίπεδα πληροφορίας να διαχωριστούν ανάλογα με το αντικείμενό τους και στη συνέχεια να εισαχθούν σε διανυσματική μορφή (**vector**). Η διανυσματική μορφή διακρίνεται σε τρεις τύπους, **σημειακή, γραμμική και πολυγωνική**. Γενικά, σε έναν γεωλογικό χάρτη εμφανίζονται τα ακόλουθα:

- **Τοπογραφικό υπόβαθρο.** Οι τοπογραφικοί χάρτες που χρησιμοποιούμε κατά την εργασία υπαίθρου προέρχονται από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού και αποτελούν συνήθως το υπόβαθρο πάνω στο οποίο κατασκευάζεται ένας γεωλογικός χάρτης. Εάν η γεωλογική χαρτογράφηση αποτελεί τμήμα ενός ευρύτερου προγράμματος το οποίο απευθύνεται σε έναν Οργανισμό - Φορέα, τότε ως τοπογραφικό υπόβαθρο χρησιμοποιείται ο ίδιος ο τοπογραφικός χάρτης στην κλίμακα που απαιτείται κάθε



φορά. Σε αντίθετη περίπτωση, εξάγεται συγκεκριμένη πληροφορία η οποία και αποτελεί το υπόβαθρο των γεωλογικών χαρτών, όπως είναι οι ισοϋψείς καμπύλες, τα τριγωνομετρικά σημεία, το οδικό δίκτυο, οι οικισμοί και γενικά οποιαδήποτε πληροφορία που είναι χρήσιμη για τον προσανατολισμό του τελικού χρήστη.

- **Γεωλογικοί σχηματισμοί.** Αυτό το επίπεδο πληροφορίας αφορά τις εμφανίσεις των γεωλογικών σχηματισμών όπως αυτές αποτυπώθηκαν πάνω στον τοπογραφικό χάρτη κατά την εργασία υπαίθρου. Προκειμένου οι εμφανίσεις αυτές να μετατραπούν σε ψηφιακή μορφή απαιτείται: (α) η σάρωση του χάρτη υπαίθρου, έτσι ώστε να μπορούν στην συνέχεια να ψηφιοποιηθούν οι γεωλογικοί σχηματισμοί και (β) η δημιουργία ενός διανυσματικού αρχείου όπου θα αποθηκευτούν τα δεδομένα της ψηφιοποίησης.
- **Επαφές - όρια γεωλογικών σχηματισμών.** Αυτό το επίπεδο πληροφορίας αφορά τα όρια των γεωλογικών σχηματισμών όπως αυτά αποτυπώθηκαν πάνω στον τοπογραφικό χάρτη κατά την εργασία υπαίθρου. Με βάση το αρχείο σάρωσης του χάρτη υπαίθρου, απαιτείται η δημιουργία ενός διανυσματικού αρχείου όπου θα αποθηκευτούν τα δεδομένα της ψηφιοποίησης.
- **Τεκτονικά σύμβολα και στοιχεία.** Αυτό το επίπεδο πληροφορίας περιλαμβάνει τις θέσεις των πιθανών μετρήσεων που έχουν πραγματοποιηθεί κατά την εργασία υπαίθρου και αφορούν στην κλίση και φορά μεγίστης κλίσης των στρωμάτων ή άλλων τεκτονικών στοιχείων όπως οι άξονες των πτυχών και οι γραμμώσεις. Εάν οι θέσεις των μετρήσεων έχουν ήδη σημειωθεί πάνω στον χάρτη υπαίθρου, τότε με βάση τη σάρωσή του, το μόνο που απαιτείται είναι η δημιουργία ενός διανυσματικού αρχείου όπου θα αποθηκευτούν τα δεδομένα της ψηφιοποίησης. Εάν όμως για τον εντοπισμό των θέσεων έχει χρησιμοποιηθεί συσκευή Δορυφορικού Ανιχνευτή Στίγματος (GPS), τότε οι θέσεις των μετρήσεων έχουν ήδη αποθηκευθεί σε έναν πίνακα, ο οποίος και θα μετατραπεί σε διανυσματικό αρχείο μέσα στον ArcMap.

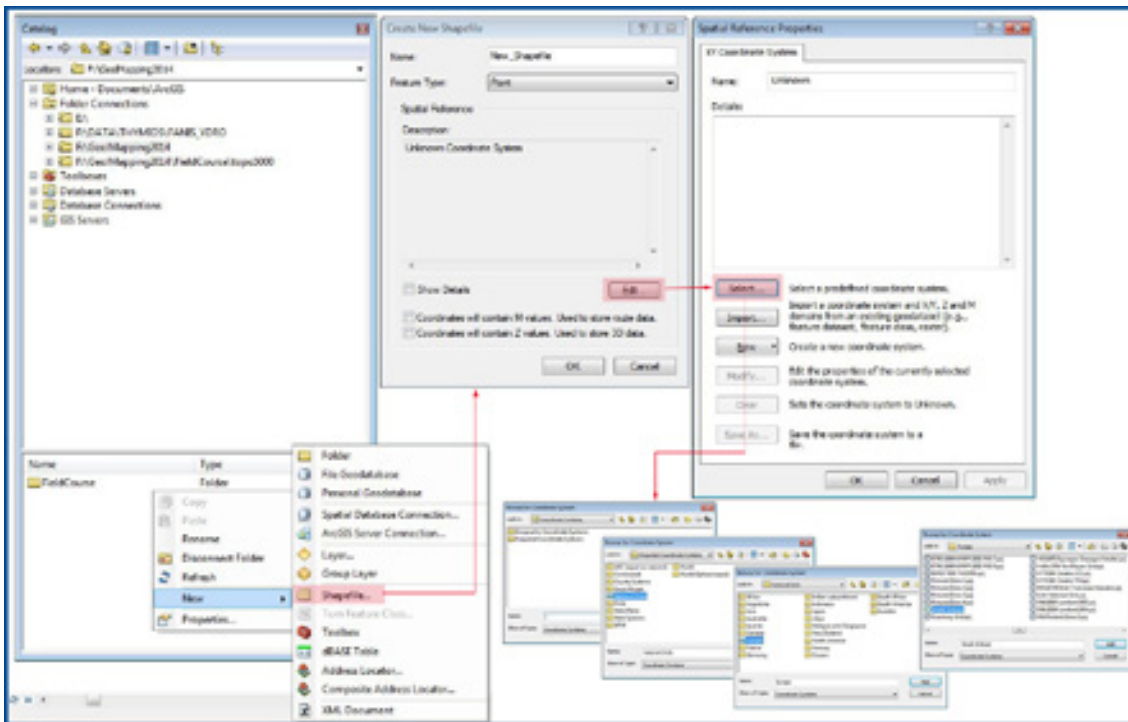
Με βάση τα ανωτέρω, προκειμένου να κατασκευαστεί ένας γεωλογικός χάρτης απαιτείται η δημιουργία των διανυσματικών αρχείων που φαίνονται στον Πίνακα 13.1.

Θεματικό επίπεδο	Ενδεικτικό όνομα αρχείου	Τύπος αρχείου
Ισοϋψείς καμπύλες	Contours	Γραμμικός (Line)
Τριγωνομετρικά σημεία	TriangularPoints	Σημειακός (Point)
Οδικό δίκτυο	Roads	Γραμμικός (Line)
Οικισμοί	Cities	Σημειακός (Point) ή Πολυγωνικός (Polygon) ανάλογα με την κλίμακα του χάρτη
Γεωλογικοί σχηματισμοί	Geology	Πολυγωνικός (Polygon)
Όρια γεωλογικών σχηματισμών	Contacts	Γραμμικός (Line)

**Πίνακας 13.1** Τύποι διανυσματικών αρχείων που απαιτούνται για την κατασκευή ενός γεωλογικού χάρτη.

Η δημιουργία των αρχείων πραγματοποιείται, όπως αναφέρθηκε στον Catalog, κάνοντας δεξί κλικ μέσα στο φάκελο των δεδομένων μας, έτσι ώστε το κάθε αρχείο να δημιουργηθεί μέσα σε αυτόν, ακολουθώντας τη διαδρομή New\Shapefile (Εικ. 13.8). Στο παράθυρο που αναδύεται εκτός από το όνομα και τον τύπο του αρχείου (point, polyline, polygon), μας ζητείται να επιλέξουμε και το σύστημα συντεταγμένων κάτω από το οποίο τα δεδομένα μας θα βρίσκονται στη σωστή τους θέση στο χώρο. Οι επιλογές μας εδώ είναι, είτε να επιλέξουμε ένα γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων όπου οι θέσεις των διαφόρων αντικειμένων δίδονται σε μοίρες (παγκόσμιο σύστημα **WGS84**) είτε ένα μετρικό προβολικό σύστημα, όπου οι συντεταγμένες δίδονται σε μέτρα (για την Ελλάδα τα **ΕΓΣΑ 87**, **UTM ζώνη 34** ή **35**). Για τις ανάγκες της παρουσίασης θα χρησιμοποιηθεί το προβολικό σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87, το οποίο στο ArcGIS ονομάζεται **Greek Grid** (Εικ. 7.8) και βρίσκεται στη διαδρομή Edit>Select\Projected Coordinate Systems\National Grids\Europe\Greek Grid.

Σημειώνεται ότι όλα τα αρχεία που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να βρίσκονται κάτω από το **ίδιο σύστημα συντεταγμένων** έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ταύτισή τους. Για τον λόγο αυτό, θα πρέπει στο αρχείο σάρωσης του χάρτη υπαίθρου, το οποίο αποτελεί ένα **ψηφιδωτό αρχείο (raster)** να δοθεί επίσης σύστημα συντεταγμένων, το οποίο γίνεται είτε μέσα από τα **Properties** του αρχείου ακολουθώντας τη διαδρομή δεξί κλικ\Properties\Spatial Reference και μέσω του Edit ακολουθώντας τη διαδρομή που περιγράφηκε παραπάνω (Εικ. 13.8) είτε χρησιμοποιώντας το εργαλείο **Define Projection** που βρίσκεται στην εργαλειοθήκη ArcToolbox\Data Management Tools\Projections and Transformations (Εικ. 13.9).



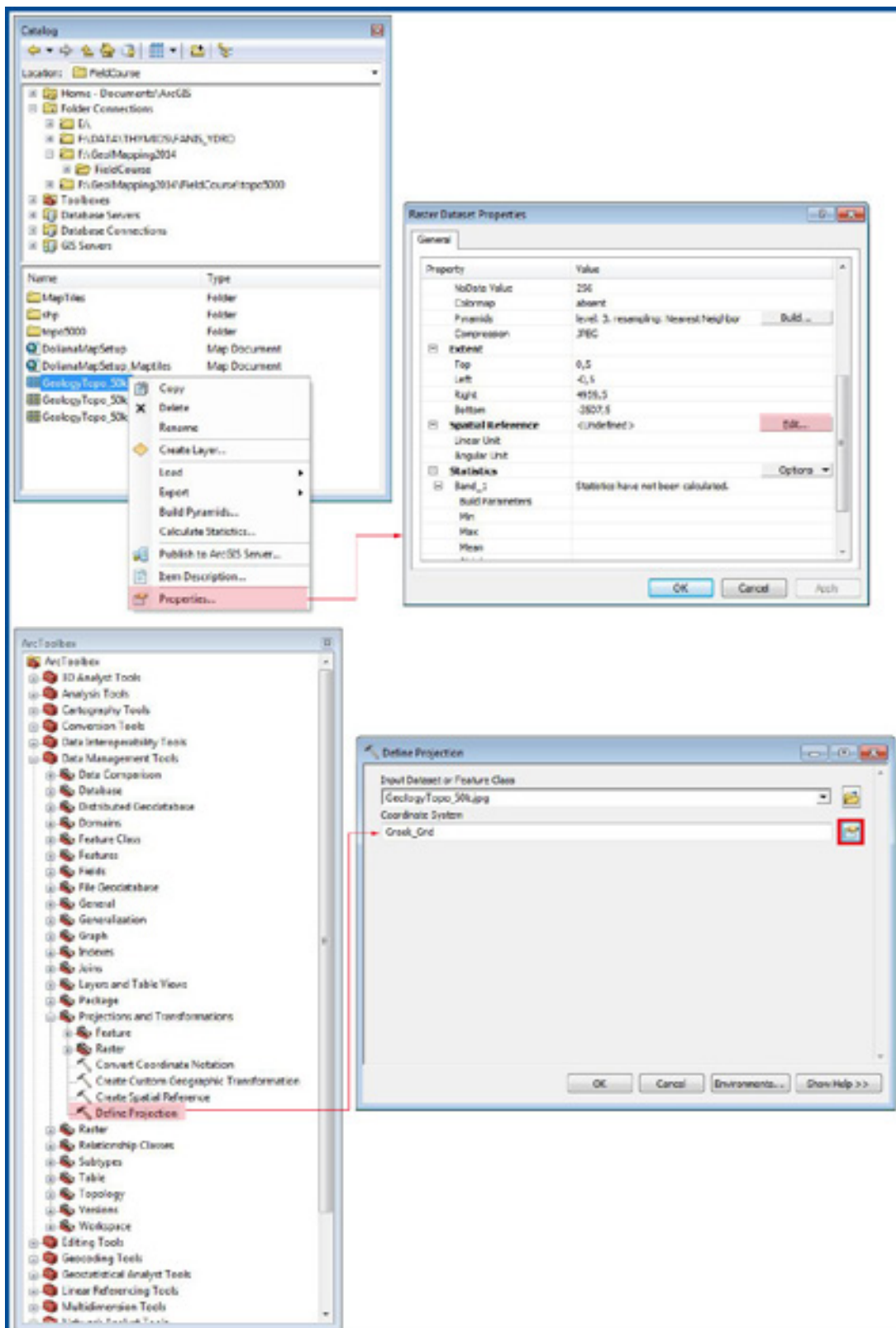
**Εικόνα 13.8** Στιγμιότυπο οθόνης όπου απεικονίζεται η διαδικασία δημιουργίας νέου διανυσματικού αρχείου καθώς και οι παράμετροι που απαιτείται να συμπληρωθούν κατά τη δημιουργία του.

Το επόμενο βήμα και πριν αρχίσει η εισαγωγή των επιμέρους χωρικών πληροφοριών στα αντίστοιχα θεματικά επίπεδα είναι, να γίνει η **διαμόρφωση της βάσης δεδομένων** η οποία βρίσκεται πίσω από κάθε επίπεδο πληροφορίας, και στην οποία εισάγεται περιγραφική πληροφορία για κάθε χωρική οντότητα. Έτσι, σε καθένα από τα επιμέρους διανυσματικά αρχεία που δημιουργήθηκαν, διαχωρίζεται το είδος της πληροφορίας που θα εισαχθεί σε αυτό, με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση. Ενδεικτικά, στον πίνακα 13.2 δίνονται τα **επιμέρους πεδία πληροφορίας** (με τις αντίστοιχες παραμέτρους τους) που μπορούν να προστεθούν σε κάθε θεματικό επίπεδο. Εάν ο σκοπός της όλης εργασίας μας δεν είναι απλώς η κατασκευή του ψηφιακού γεωλογικού χάρτη, αλλά θέλουμε να επεξεργαστούμε περαιτέρω τα δεδομένα της περιοχής τότε είναι επιβεβλημένη η προσθήκη και **επιπλέον πεδίων πληροφορίας** όπως π.χ. η ενότητα στην οποία ανήκουν οι γεωλογικοί σχηματισμοί, το πάχος τους, η ηλικία τους, η λιθολογία τους, η περατότητά τους, κ.λπ

Η διαδικασία που ακολουθείται προκειμένου να εμπλουτιστεί η βάση δεδομένων φαίνεται στην εικόνα 13.10. Σύμφωνα με αυτήν, χρησιμοποιούμε τη βάση δεδομένων που αυτόματα δημιουργεί το λογισμικό για κάθε νέο διανυσματικό αρχείο, η οποία ονομάζεται **Attribute Table**, και προσθέτουμε (Add Field) όσα πεδία επιθυμούμε δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στις παραμέτρους που απαιτούνται κάθε φορά, καθότι αυτές δεν μπορούν να διορθωθούν μετά τη δημιουργία του πεδίου. Η προσθήκη των πεδίων μπορεί να γίνει είτε μέσω του Catalog ακολουθώντας τη διαδρομή δεξί κλικ στο αρχείο\Properties\Fields είτε μέσα στον ArcMap μέσω της διαδρομής δεξί κλικ στο αρχείο\Open Attribute Table και στον πίνακα που αναδύεται Table Options\Add Field.

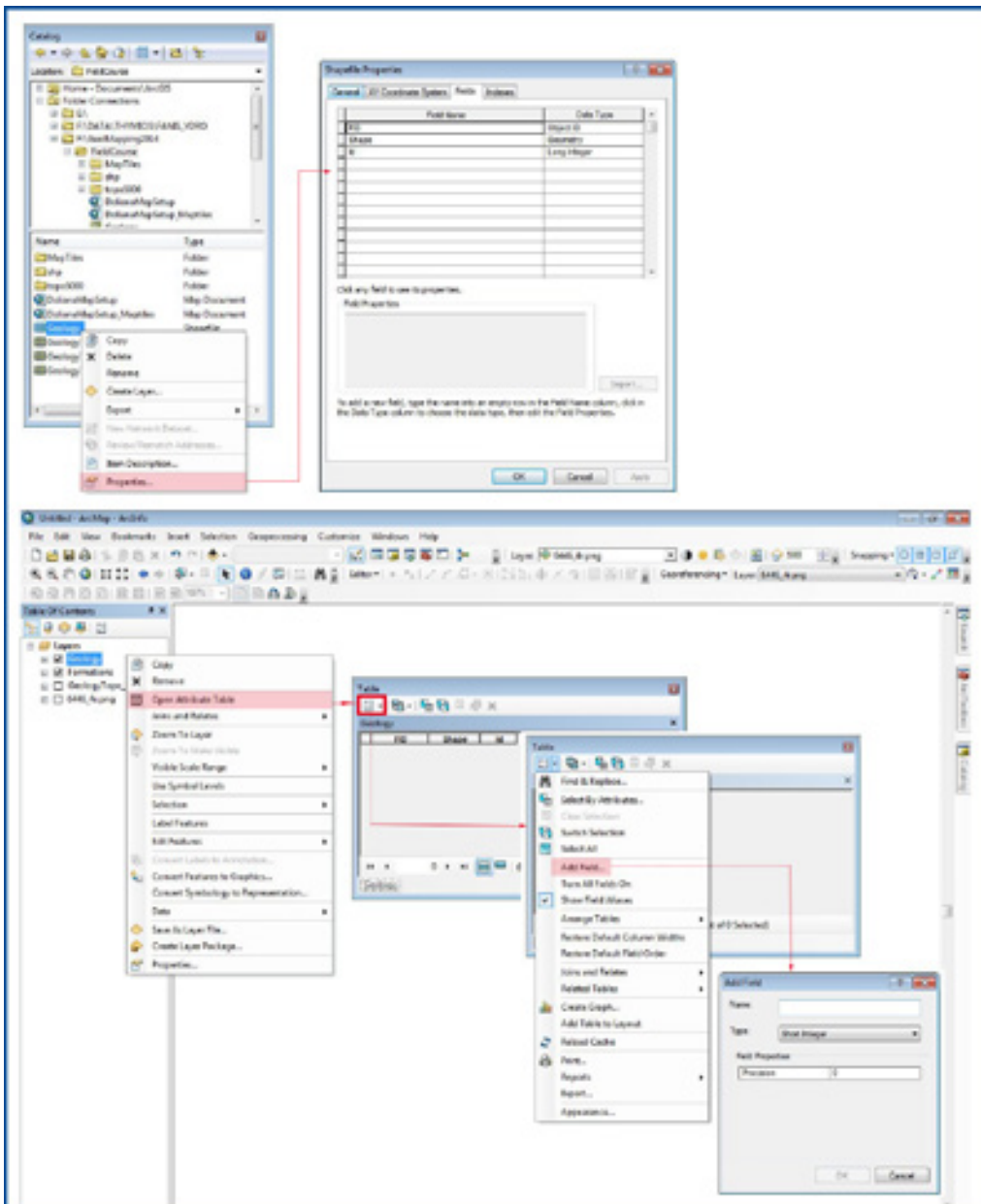
Θεματικό επίπεδο	Ενδεικτικά πεδία	Ενδεικτικοί παράμετροι
Ισοθινείς καμπύλες	Τιμή υψομέτρου (Altitude)	Μικρός ακέραιος (Short Integer) - 4 ψηφία (Precision)
Τριγωνομετρικά σημεία	Τιμή υψομέτρου (Altitude)	Μικρός ακέραιος (Short Integer) - 4 ψηφία (Precision)
Οδικό δίκτυο	Όνομα δρόμου (Name) Τύπος δρόμου (Type)	Κείμενο (Text) - κυμαίνεται ανάλογα με τα δεδομένα (Length) Κείμενο (Text) - 25 χαρακτήρες (Length)
Οικισμοί	Όνομα οικισμού (Name)	Κείμενο (Text) - κυμαίνεται ανάλογα με την περιοχή (Length)
Γεωλογικοί σχηματισμοί	Όνομα σχηματισμού (Name)	Κείμενο (Text) - κυμαίνεται ανάλογα με την περιοχή (Length)
Όρια γεωλογικών σχηματισμών	Τύπος ορίου (Type)	Κείμενο (Text) - 25 χαρακτήρες (Length)

**Πίνακας 13.2** Ενδεικτικά πεδία πληροφορίας με τις αντίστοιχες παραμέτρους τους για κάθε θεματικό επίπεδο.



Εικόνα 13.9 Στιγμιότυπο οθόνης όπου απεικονίζεται η διαδικασία ορισμού συστήματος συντεταγμένων σε ψηφιδωτό αρχείο.

Σημειώνεται ότι κάθε διανυσματικό αρχείο έχει δύο «πλευρές». Η μία αφορά στην εσωτερική δομή του και η δεύτερη στις οντότητες, χωρικές και περιγραφικές, που αποθηκεύονται σε αυτό. Οι δύο αυτές «πλευρές» είναι τελείως ξεχωριστές και **δεν μπορούμε να τις επεξεργαζόμαστε ταυτόχρονα**. Έτσι, όταν προσθέτουμε ή αφαιρούμε πεδία στη βάση δεδομένων δεν μπορούμε και να εισάγουμε πληροφορία μέσα στο διανυσματικό αρχείο και αντίστοιχα, όταν εισάγουμε περιγραφική ή χωρική πληροφορία δεν μπορούμε να προσθέτουμε ή να αφαιρούμε πεδία από τη βάση δεδομένων.

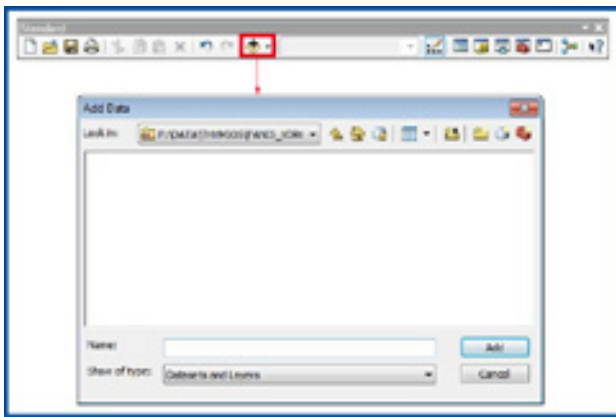


Εικόνα 13.10 Στιγμιότυπο οθόνης όπου απεικονίζεται η διαδικασία εμπλουτισμού της βάσης δεδομένων ενός διανυσματικού αρχείου στον ArcMap και στον Catalog.

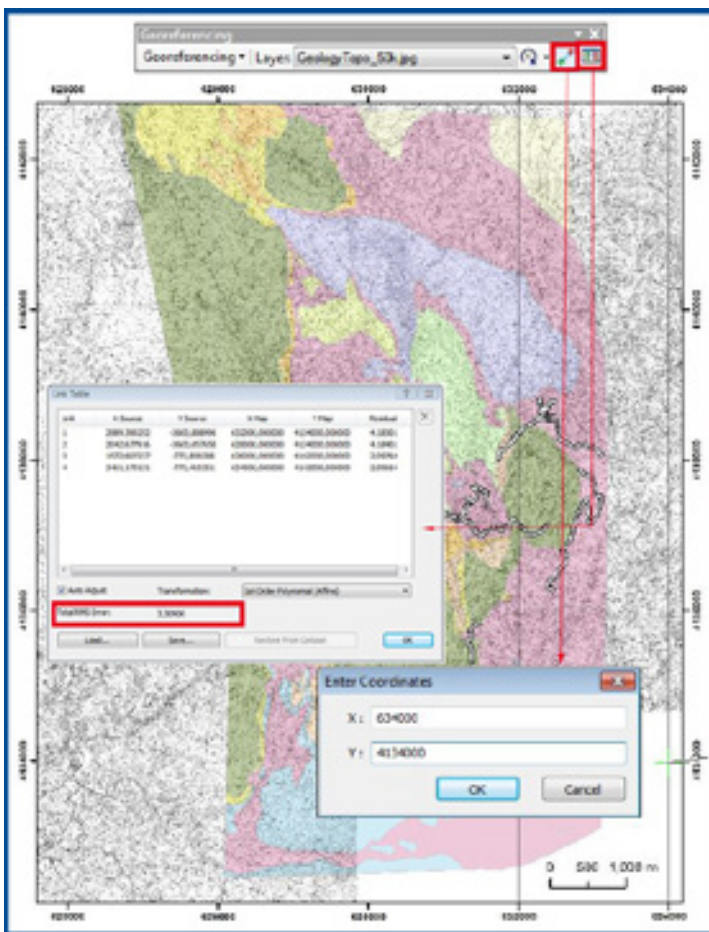
### 13.2.2 Προσθήκη χωρικής και περιγραφικής πληροφορίας

Αφού πραγματοποιηθούν όλες οι παραπάνω εργασίες, είμαστε έτοιμοι να αρχίσουμε να προσθέτουμε θεματικά επίπεδα στη σύνθεση του χάρτη μας, μέσω του εργαλείου **Add Data** της εργαλειοθήκης **Standard** (Εικ. 13.11).

Το πρώτο αρχείο που εισάγουμε στη σύνθεση είναι το **αρχείο σάρωσης** του χάρτη υπαίθρου. Πρόκειται για ένα ψηφιδωτό αρχείο στο οποίο έχουμε ήδη ορίσει το σύστημα συντεταγμένων. Απομένει μόνο να το εντάξουμε στη θέση του στον χώρο, διαδικασία που ονομάζεται **γεωαναφορά** και πραγματοποιείται μέσω της εργαλειοθήκης **Georeferencing** (Εικ. 13.12). Η γεωαναφορά απαιτεί την προσθήκη 4 και πλέον σημείων γνωστών συντεταγμένων, τα οποία να καλύπτουν όλη την έκταση του χάρτη. Εάν οι γνωστές συντεταγμένες βρίσκονται σε διαφορετικό σύστημα συντεταγμένων από αυτό που έχουμε επιλέξει για τον χάρτη μας, τότε απαιτείται πρώτα η μετατροπή τους σε αυτό και μετά η προσθήκη τους για τη γεωαναφορά του χάρτη υπαίθρου.



Εικόνα 13.11 Στιγμιότυπο οθόνης όπου απεικονίζεται η διαδικασία προσθήκης δεδομένων μέσω του εργαλείου Add Data.



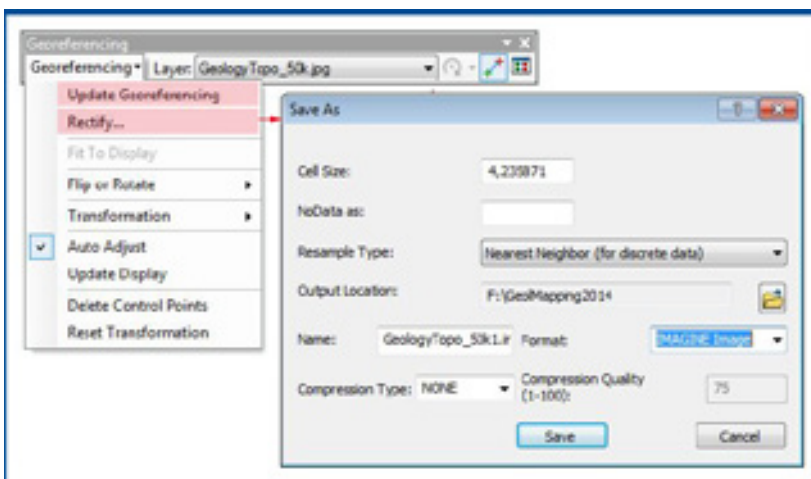
Εικόνα 13.12 Στιγμιότυπο οθόνης όπου απεικονίζεται η διαδικασία της γεωαναφοράς.

Μετά και την προσθήκη του 4ου σημείου ενεργοποιείται το **Total RMS Error**. Η αποδεκτή τιμή εξαρτάται από την ανάλυση σάρωσης καθώς και από την κλίμακα του χάρτη. Στον πίνακα 13.3 δίνονται ενδεικτικές τιμές για διάφορες περιπτώσεις.

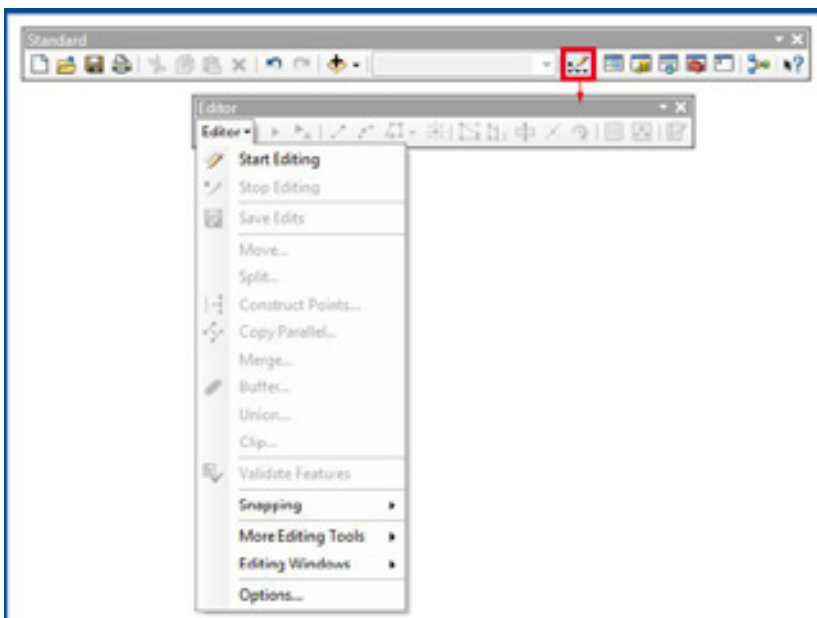
Εφόσον το Total RMS Error βρίσκεται μέσα στα επιτρεπτά όρια, τότε θεωρούμε ότι η διαδικασία της γεωαναφοράς έχει εκτελεστεί επιτυχώς και ο χάρτης μας βρίσκεται στη σωστή του θέση στον χώρο. Στο σημείο αυτό έχουμε δύο επιλογές. Είτε να αποθηκεύσουμε τη γεωαναφορά ως κομμάτι του υπάρχοντος αρχείου μέσω της εντολής **Update Georeferencing** είτε να την αποθηκεύσουμε ως κομμάτι ενός νέου αρχείου μέσω της εντολής **Rectify**. Και οι δύο περιπτώσεις είναι αποδεκτές, αλλά θα πρέπει να προσέχουμε το πρόσθετο αυτό αρχείο στο οποίο αποθηκεύεται η γεωαναφορά να έχει το **ίδιο όνομα** με το αρχείο του χάρτη μας και να βρίσκεται πάντα μαζί με αυτό στον **ίδιο φάκελο**, διαφορετικά η γεωαναφορά δεν θα αναγνωρίζεται (Εικ. 13.13).

Κλίμακα	Ανάλυση σάρωσης (dpi)	Αποδεκτό RMS error (m)
1:50,000	100	< 6.35
1:50000	200	< 3.17
1:50000	250	< 2.54
1:50000	300	< 2.12
1:25,000	200	< 1.59
1:25,000	250	< 1.27
1:25,000	300	< 1.06
1:25,000	400	< 0.79

Πίνακας 13.3 Ενδεικτικές τιμές αποδεκτού RMS error για διαφορετικές περιπτώσεις.



Εικόνα 13.13 Στιγμιότυπο οθόνης όπου απεικονίζονται οι εντολές Update Georeferencing και Rectify που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της γεωαναφοράς.



Εικόνα 13.14 Στιγμιότυπο οθόνης όπου απεικονίζονται οι εργαλειοθήκες Standard και Editor.

Εφόσον πραγματοποιηθούν οι παραπάνω εργασίες, είμαστε σε θέση να ξεκινήσουμε την ψηφιοποίηση των χωρικών δεδομένων και την ταυτόχρονη ενημέρωση της βάσης δεδομένων με περιγραφική πληροφορία. Προκειμένου να αρχίσει η ψηφιοποίηση χρειαζόμαστε την εργαλειοθήκη **Editor** η οποία ενεργοποιείται από το εργαλείο **Editor** της εργαλειοθήκης **Standard** ή μέσω της διαδρομής Customize\Toolbars\Editor (Εικ.13.14).

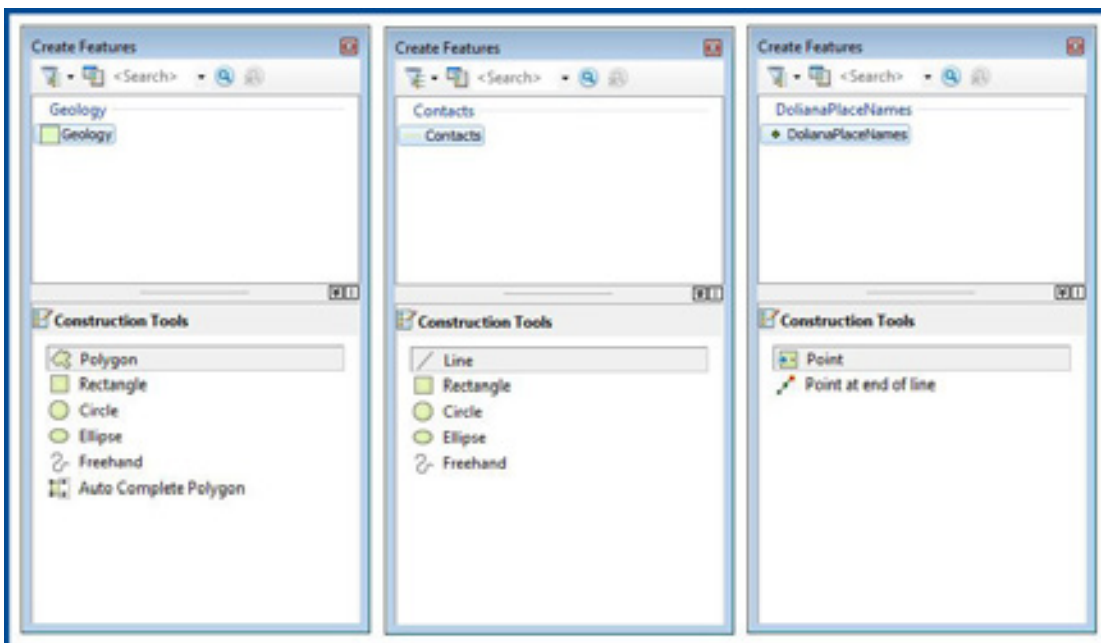
Στη συνέχεια, επιλέγοντας Editor\Start Editing ενεργοποιείται το στάδιο της επεξεργασίας και αναδύεται το παράθυρο **Create Features** το οποίο χωρίζεται σε δύο τμήματα, στο επάνω, όπου εμφανίζονται τα **διανυσματικά αρχεία** που μπορούμε να επεξεργαστούμε και στο κάτω, όπου εμφανίζονται τα διαθέσιμα, ανάλογα με τον τύπο του αρχείου, εργαλεία (Construction Tools). Σημειώνεται ότι ο τρόπος εργασίας δεν είναι μονοσήμαντος, αντιθέτως υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι προκειμένου να επιτύχουμε τον στόχο μας, και εναπόκειται στο χρήστη να επιλέξει τη μεθοδολογία που θα ακολουθήσει.

Για την ψηφιοποίηση του τοπογραφικού υποβάθρου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα (Εικ. 13.15):

- Τα **γραμμικά στοιχεία** όπως οι ισοϋψείς και το οδικό δίκτυο αποτελούν ξεχωριστή θεματική και γραμμική πληροφορία οπότε οφείλουν να αποθηκευτούν σε ξεχωριστά διανυσματικά αρχεία. Και στις δύο περιπτώσεις όμως χρησιμοποιείται το εργαλείο **Line** του **Create Features** για την ψηφιοποίησή τους.
- Τα **τριγωνομετρικά σημεία** αποτελούν σημειακή πληροφορία, οπότε χρησιμοποιείται το εργαλείο **Point** του **Create Features** για την ψηφιοποίησή τους.
- Οι **οικισμοί** μπορούν να εκφραστούν είτε ως σημειακή (κέντρο οικισμού) είτε ως πολυγωνική (όρια οικιστικού ιστού) πληροφορία ανάλογα με την κλίμακα στην οποία δουλεύουμε. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιείται το εργαλείο **Point** και στη δεύτερη το εργαλείο **Polygon** του **Create Features**.

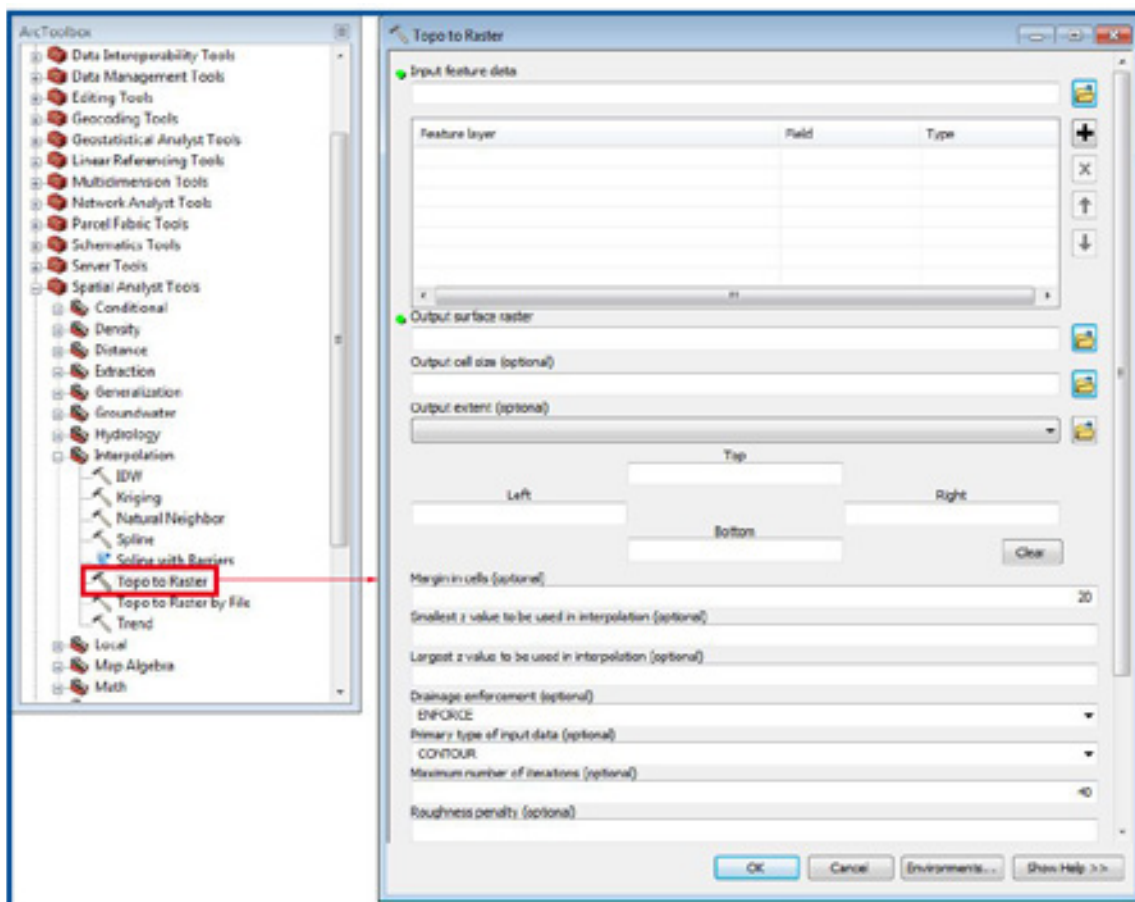
Τα τελευταία χρόνια, εισήχθηκε η έννοια του **Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου (Digital Elevation Model, DEM)**, το οποίο αποτελεί ψηφιδωτό αρχείο που περιέχει πληροφορίες υψομέτρου σε κάθε εικονοστοιχείο του (pixel). Η κατασκευή του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου, εκτός της πολύ μεγάλης σημασίας του για την περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων, μας δίνει τη δυνατότητα και της **ψευδοτριασδιάστατης απεικόνισης** του αναγλύφου, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόβαθρο στην τελική εκτύπωση του γεωλογικού χάρτη, παρέχοντας έτσι καλύτερη οπτική παρουσίαση και αντίληψη της γεωλογικής δομής.

Για την κατασκευή του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (**Digital Elevation Model**) είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν διαφορετικά αρχικά δεδομένα (π.χ. ισοϋψείς καμπύλες, τριγωνομετρικά σημεία, δεδομένα lidar κ.λπ) όπως επίσης και διαφορετικοί μαθηματικοί αλγόριθμοι. Συνήθως, λόγω του μικρού συγκριτικά οικονομικού κόστους και της δυνατότητας εύρεσης - διάθεσης δεδομένων, χρησιμοποιούνται οι ισοϋψείς καμπύλες και τα τριγωνομετρικά σημεία, και στη συνέχεια μέσω του εργαλείου **Topo to Raster** (ArcToolbox\Spatial Analyst Tools\Interpolation) δημιουργείται το DEM (Εικ. 13.16) στις διαστάσεις που επιθυμούμε (pixel size) με βάση βέβαια πάντα και την κλίμακα εργασίας μας.

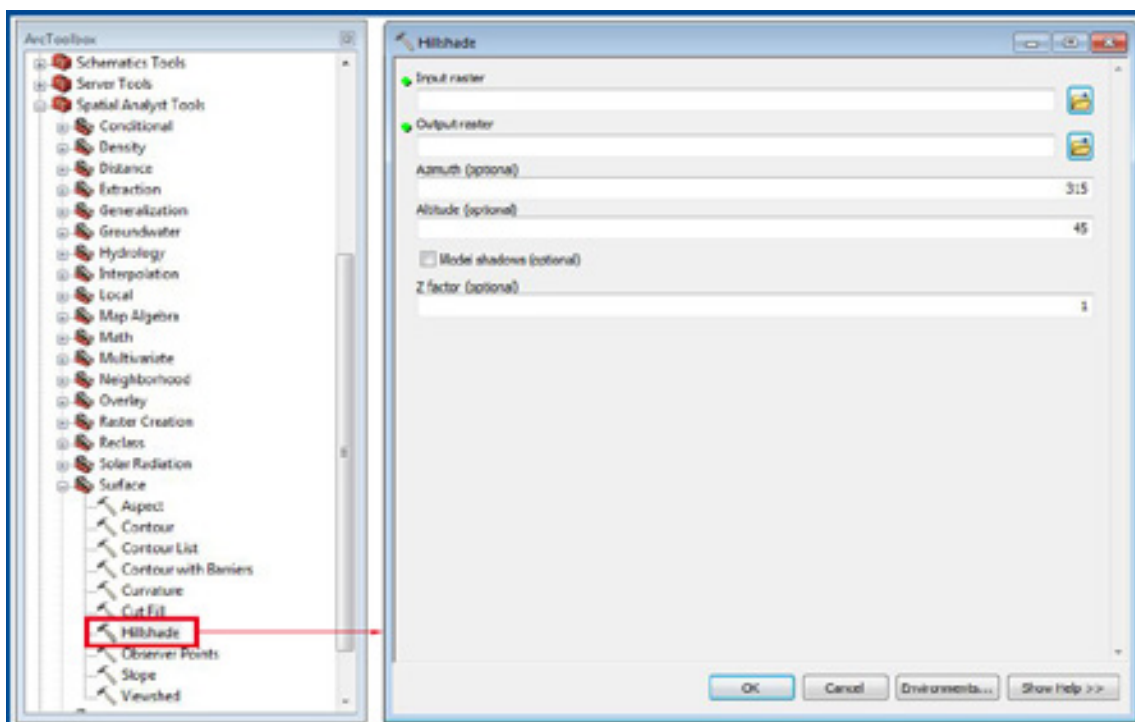


**Εικόνα 13.15** Στιγμιότυπα οθόνης όπου απεικονίζεται το παράθυρο *Create Features* με τα αντίστοιχα κάθε φορά διαθέσιμα εργαλεία (*Construction Tools*).

Τέλος, μέσω του εργαλείου **Hillshade** (ArcToolbox\Spatial Analyst Tools\Surface) δημιουργούμε το **σκιασμένο ανάγλυφο** της περιοχής το οποίο στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τοπογραφικό υπόβαθρο του γεωλογικού χάρτη (Εικ. 13.17).



Εικόνα 13.16 Στιγμιότυπο οθόνης όπου απεικονίζεται ένα από τα εργαλεία κατασκευής ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου.



Εικόνα 13.17 Στιγμιότυπο οθόνης όπου απεικονίζεται η διαδικασία κατασκευής του Hillshade

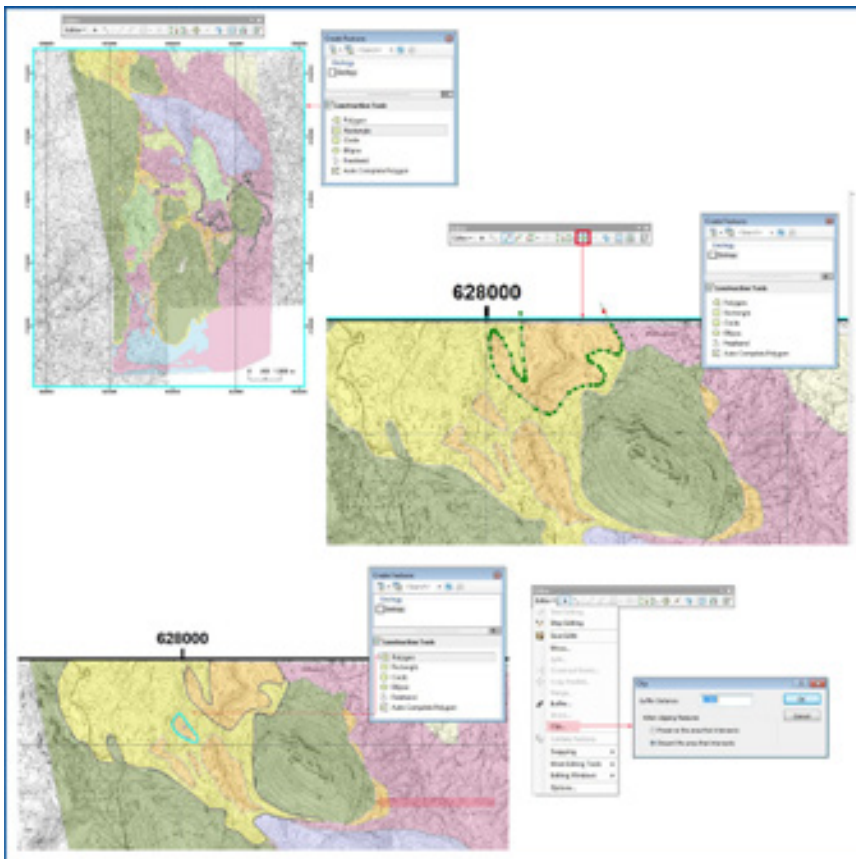


Για την ψηφιοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών ακολουθείται η εξής διαδικασία (Εικ. 13.18):

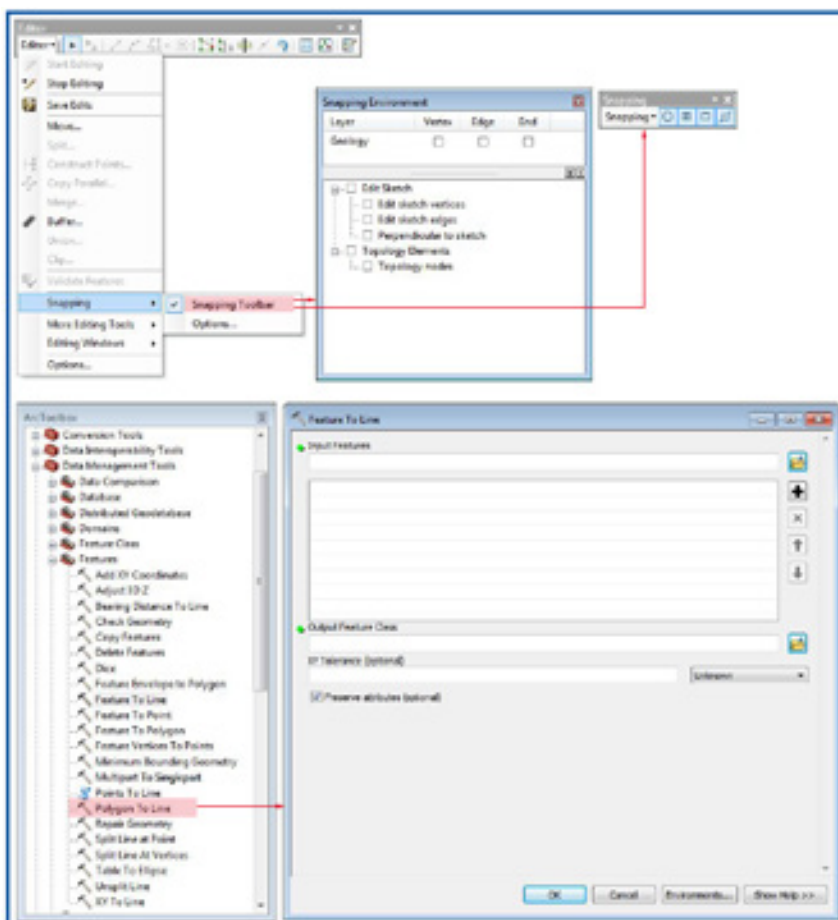
1. Από το παράθυρο **Create Features** επιλέγουμε το αρχείο των γεωλογικών σχηματισμών και στη συνέχεια από τα διαθέσιμα εργαλεία (**Construction Tools**) επιλέγουμε **Rectangle**, έτσι ώστε να δημιουργήσουμε ένα ορθογώνιο πλαίσιο που θα αποτελεί τα όρια της χαρτογραφημένης περιοχής.
2. Με επιλεγμένο το πλαίσιο (το επιλέγω με το εργαλείο **Select Features** της εργαλειοθήκης **Tools**) χρησιμοποιώ το εργαλείο **Cut Polygons Tool** της εργαλειοθήκης **Editor** με σκοπό η χαρτογραφημένη περιοχή να κοπεί σε μικρότερα τμήματα ανάλογα με τα πολύγωνα που αντιπροσωπεύουν τους γεωλογικούς σχηματισμούς στον χάρτη. Αρχίζουμε λοιπόν την ψηφιοποίηση με αριστερό κλικ έξω από το πολύγωνο που είναι επιλεγμένο, συνεχίζουμε ακολουθώντας τη γραμμή που οριοθετεί γειτονικούς σχηματισμούς και τελειώνουμε με διπλό αριστερό κλικ πάλι έξω από το επιλεγμένο πολύγωνο. Κατά τη διάρκεια της ψηφιοποίησης μπορώ να αλλάζω την εστίαση (zoom in, zoom out, κ.λπ στην εργαλειοθήκη **Tools**), όμως η εστίαση που τελικά επιλέγουμε θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε στην τελική κλίμακα στην οποία θα τυπωθεί ο χάρτης, οι γραμμές που αποτελούν τα όρια των σχηματισμών να μην σχηματίζουν έντονες γωνίες, αλλά να αποτελούν καμπύλες γραμμές. Με το τέλος της κατασκευής του κάθε πολυγώνου και επιλέγοντας το εργαλείο **Attributes** (εργαλειοθήκη **Editor**), ανοίγει ένα καινούργιο παράθυρο το οποίο μας δίνει πρόσβαση στα πεδία της βάσης δεδομένων που αφορούν μόνο το συγκεκριμένο πολύγωνο, όπου και προσθέτουμε την περιγραφική πληροφορία του αντίστοιχου γεωλογικού σχηματισμού.
3. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι να ψηφιοποιηθούν όλοι οι γεωλογικοί σχηματισμοί, προσέχοντας κάθε φορά να επιλέγουμε εκείνο το ψηφιοποιημένο πολύγωνο που περικλείει τον γεωλογικό σχηματισμό που θέλουμε να ξεχωρίσουμε. Επίσης, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην περιγραφική πληροφορία που εισάγεται, διατηρώντας την ομοιομορφία της περιγραφής για τα πολύγωνα που αντιστοιχούν σε ίδιους γεωλογικούς σχηματισμούς (π.χ. Ασβεστόλιθος και ασβεστόλιθος λαμβάνεται ως διαφορετική περιγραφή, άρα και διαφορετικός γεωλογικός σχηματισμός).
4. Στην περίπτωση που υφίσταται γεωλογικός σχηματισμός εξολοκλήρου μέσα σε άλλο, τότε αυτός ψηφιοποιείται με το εργαλείο **Polygon** (παράθυρο **Create Features**, Εικ. 13.15) και στη συνέχεια εκτελείται η εντολή **Editor\Clip** προκειμένου η περιοχή που αντιστοιχεί σε αυτόν να αφαιρεθεί από την περιοχή του σχηματισμού που τον περικλείει.
5. Σημειώνεται ότι κατά τακτά χρονικά διαστήματα θα πρέπει να αποθηκεύετε ότι εργασίες έχετε κάνει χρησιμοποιώντας την εντολή **Save Edits** της εργαλειοθήκης **Editor** (Εικ. 13.14), με βάση την οποία οι αλλαγές που έχουν γίνει αποθηκεύονται σε καθένα διανυσματικό αρχείο ξεχωριστά. Επίσης, προκειμένου να αποθηκεύσετε τη σύνθεση του χάρτη χρησιμοποιήστε την εντολή **Save** από το αναπτυσσόμενο μενού **File**. Το αρχείο που δημιουργείται έχει κατάληξη **.mxd** και ουσιαστικά αποθηκεύει τη θέση των αρχείων που βρίσκονται μέσα στον **ArcMap**, τον συμβολισμό που πιθανόν έχετε ορίσει καθώς και την τελική χαρτοσύνθεση.

Προκειμένου να δημιουργηθεί διανυσματικό αρχείο το οποίο θα περιέχει τα όρια των γεωλογικών σχηματισμών είναι δυνατόν να ακολουθηθούν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις (Εικ. 13.19):

- Σύμφωνα με την πρώτη, δημιουργούμε ένα διανυσματικό αρχείο **γραμμικού τύπου (polyline)** με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω και στη συνέχεια ψηφιοποιούμε τα όρια των σχηματισμών του χάρτη υπαίθρου σαν γραμμές, χρησιμοποιώντας το εργαλείο **Line** του **Create Features** (Εικ. 13.15), προσθέτοντας κάθε φορά και την αντίστοιχη περιγραφική πληροφορία (γεωλογικό όριο, ρήγμα, επώθηση κ.λπ). Ουσιαστικά είναι σαν να επαναλαμβάνουμε την ίδια ψηφιοποίηση που κάναμε προηγουμένως για τα πολύγωνα, προσέχοντας όμως να συμπίπτουν οι δύο γραμμές. Βοηθητικό ρόλο σε αυτό παίζει η ενεργοποίηση της εντολής **Snapping** (**Editor\Snapping**).
- Σύμφωνα με τη δεύτερη, μετατρέπουμε το πολυγωνικό αρχείο των γεωλογικών σχηματισμών σε γραμμικό με το εργαλείο **Polygon to Line** (**ArcToolbox\Data Management Tools\Features\Feature To Line**) και στη συνέχεια προσθέτουμε περιγραφική πληροφορία σε κάθε τμήμα γραμμής ανάλογα με τον τύπο ορίου που αντιπροσωπεύει. Στην περίπτωση που χρειάζεται να κόψουμε μια γραμμή σε τμήματα χρησιμοποιούμε το εργαλείο **Split** (εργαλειοθήκη **Editor**). Στο αρχείο αυτό προσθέτουμε και όσες γραμμές δεν υπάρχουν, όπως π.χ. τυχόν ρήγματα που βρίσκονται εξολοκλήρου μέσα σε έναν γεωλογικό σχηματισμό, χρησιμοποιώντας το εργαλείο **Line** του **Create Features**. (Εικ. 13.15).



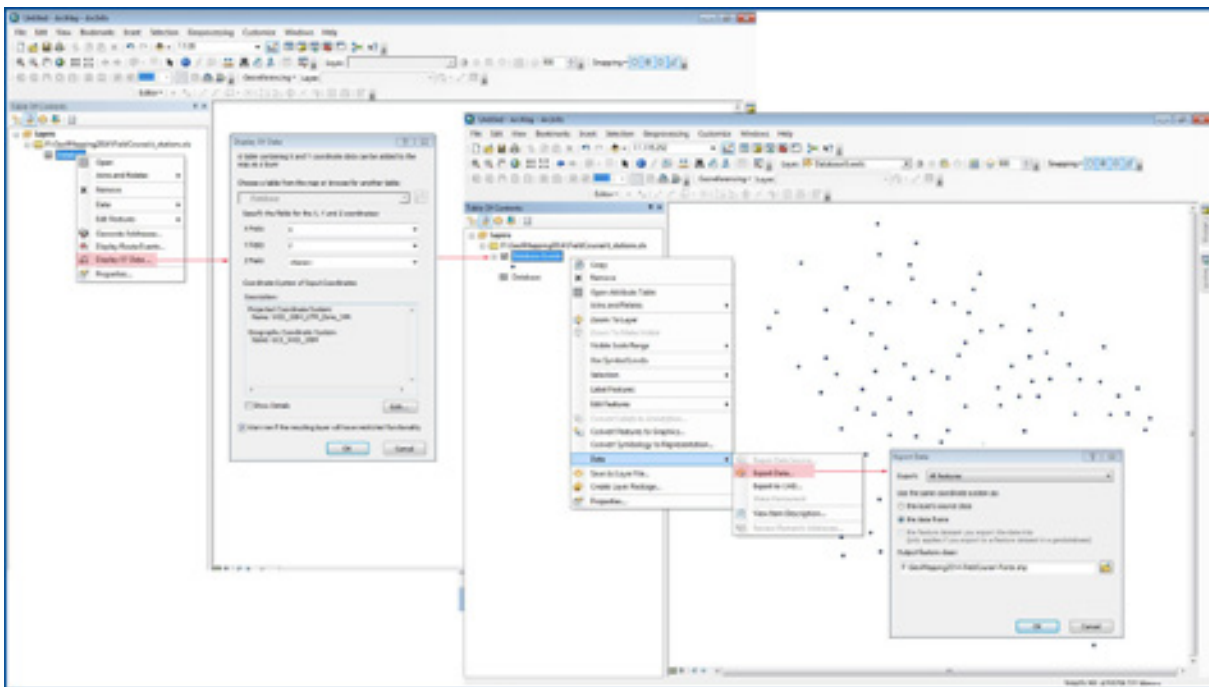
Εικόνα 13.18 Στιγμιότυπα οθόνης όπου απεικονίζεται η διαδικασία ψηφιοποίησης γεωλογικών σχηματισμών.



Εικόνα 13.19 Στιγμιότυπα οθόνης όπου απεικονίζεται η διαδικασία ψηφιοποίησης και μετατροπής γραμμικών στοιχείων.

Τέλος, σε ότι αφορά τα γεωλογικά σύμβολα και στοιχεία, διακρίνονται δύο περιπτώσεις (Εικ. 13.20):

- Στην πρώτη περίπτωση, δημιουργούμε ένα διανυσματικό αρχείο σημειακού τύπου (point) με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω και στη συνέχεια ψηφιοποιούμε τις θέσεις των μετρήσεων σύμφωνα με τον χάρτη υπαίθρου χρησιμοποιώντας το εργαλείο **Point** του **Create Features** (Εικ. 13.15), προσθέτοντας κάθε φορά και την αντίστοιχη περιγραφική πληροφορία.
- Στη δεύτερη περίπτωση, όπου οι θέσεις των μετρήσεων έχουν ήδη αποθηκευθεί μέσω συσκευής GPS, τότε απαιτείται ο πίνακας που δημιουργείται να εισαχθεί μέσα στον ArcMap και να μετατραπεί σε διανυσματικό αρχείο προκειμένου να αποκτήσει εκτός από περιγραφική πληροφορία και χωρική υπόσταση. Η διαδικασία που ακολουθείται σε αυτή την περίπτωση είναι:
  - Άνοιγμα του πίνακα σε πρόγραμμα επεξεργασίας τύπου **Ms Office - Excel**, έτσι ώστε να διαπιστωθεί ότι τα αριθμητικά πεδία έχουν όντως δηλωθεί ως αριθμοί και ο διαχωρισμός των δεκαδικών ψηφίων γίνεται με τελεία και όχι με κόμμα.
  - **Add Data** για την εισαγωγή του πίνακα στον ArcMap.
  - Δεξί κλικ στον πίνακα και **Display x, y data**. Στο παράθυρο που αναδύεται δηλώνουμε τα πεδία του πίνακα που αντιστοιχούν στις συντεταγμένες X και Y, καθώς και το σύστημα συντεταγμένων στο οποίο έχουν καταγραφεί οι θέσεις των μετρήσεων. Εάν το σύστημα αυτό είναι διαφορετικό από το σύστημα συντεταγμένων της σύνθεσης του χάρτη τότε πραγματοποιείται **οπτική μετατροπή (projection on the fly)** αυτόματα από το λογισμικό έτσι ώστε να προβληθούν τα σημεία στη σωστή τους θέση.
  - Δεξί κλικ στο **προσωρινό αρχείο** που δημιουργείται (**αρχείο events**) και **Data\Export Data** έτσι ώστε να αποθηκευθεί μαζί με τα υπόλοιπα διανυσματικά αρχεία στον φάκελό μας προσέχοντας να επιλέξουμε κατά την αποθήκευση να λάβει ως σύστημα συντεταγμένων αυτό της σύνθεσης του χάρτη (**Data Frame**) και όχι του αρχικού αρχείου.



**Εικόνα 13.20** Στιγμιότυπα οθόνης όπου απεικονίζεται η διαδικασία ψηφιοποίησης ή μετατροπής γεωλογικών συμβόλων και στοιχείων από υπάρχον αρχείο σε μορφή πίνακα.

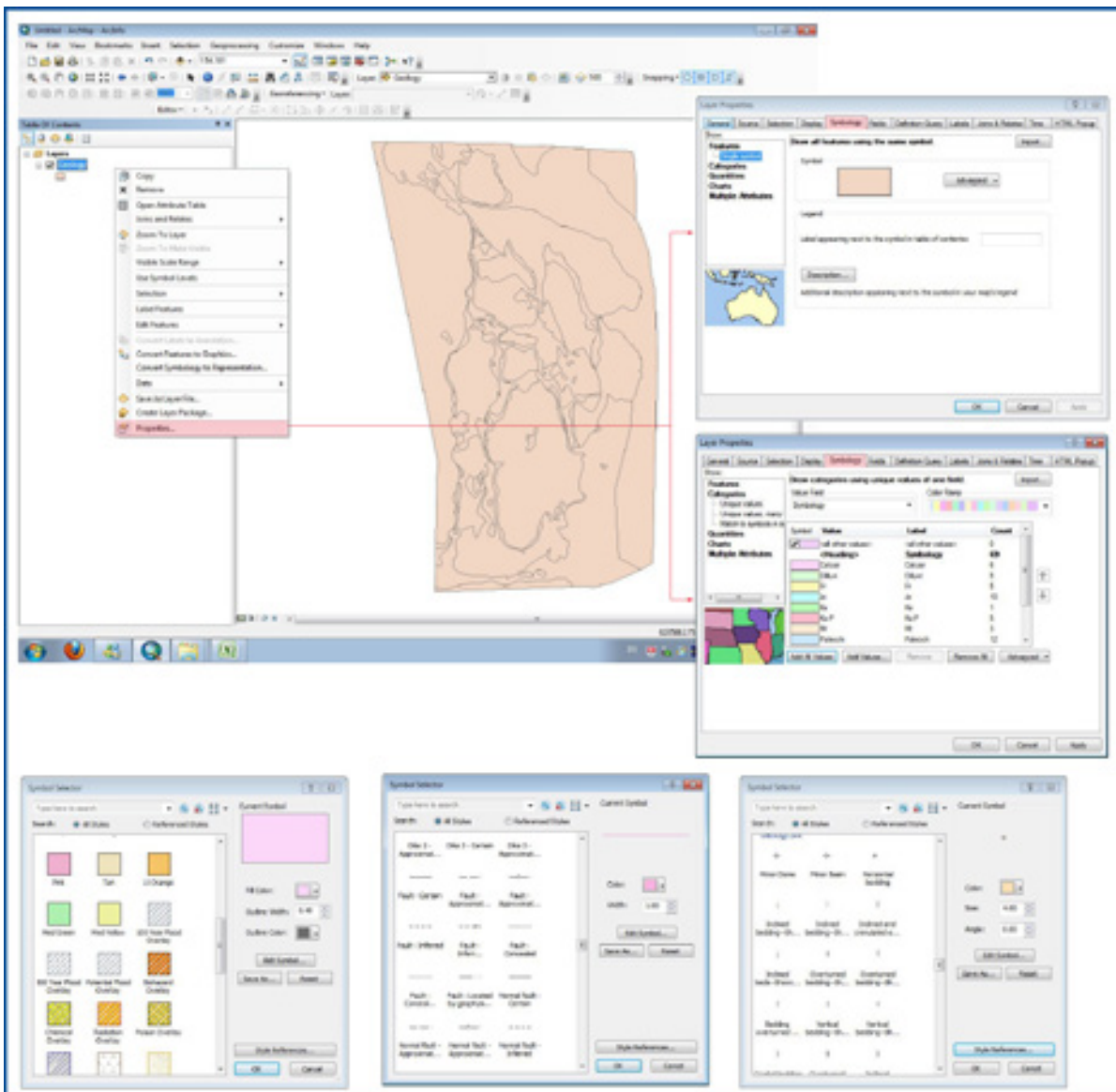
### 13.2.3 Δημιουργία θεματικών χαρτών

Μετά το πέρας της εισαγωγής των χωρικών και περιγραφικών πληροφοριών, σειρά έχει ο συμβολισμός των διαφόρων οντοτήτων με βάση τα διεθνή πρότυπα.

Επιλέγοντας δεξί κλικ **Properties** για καθένα διανυσματικό αρχείο και στη συνέχεια την καρτέλα **Symbology** μας δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουμε τον τρόπο που επιθυμούμε να συμβολίσουμε τις οντότητες που έχουμε εισάγει μέσα σε αυτά είτε δίνοντας σε όλες ενιαίο σύμβολο, είτε κατηγοριοποιώντας τις με βάση κάποιο περιγραφικό χαρακτηριστικό τους (Εικ. 13.21). Στον πίνακα 13.4 που ακολουθεί, δίνονται ενδεικτικές προτάσεις συμβολισμού για κάθε ένα διανυσματικό αρχείο.

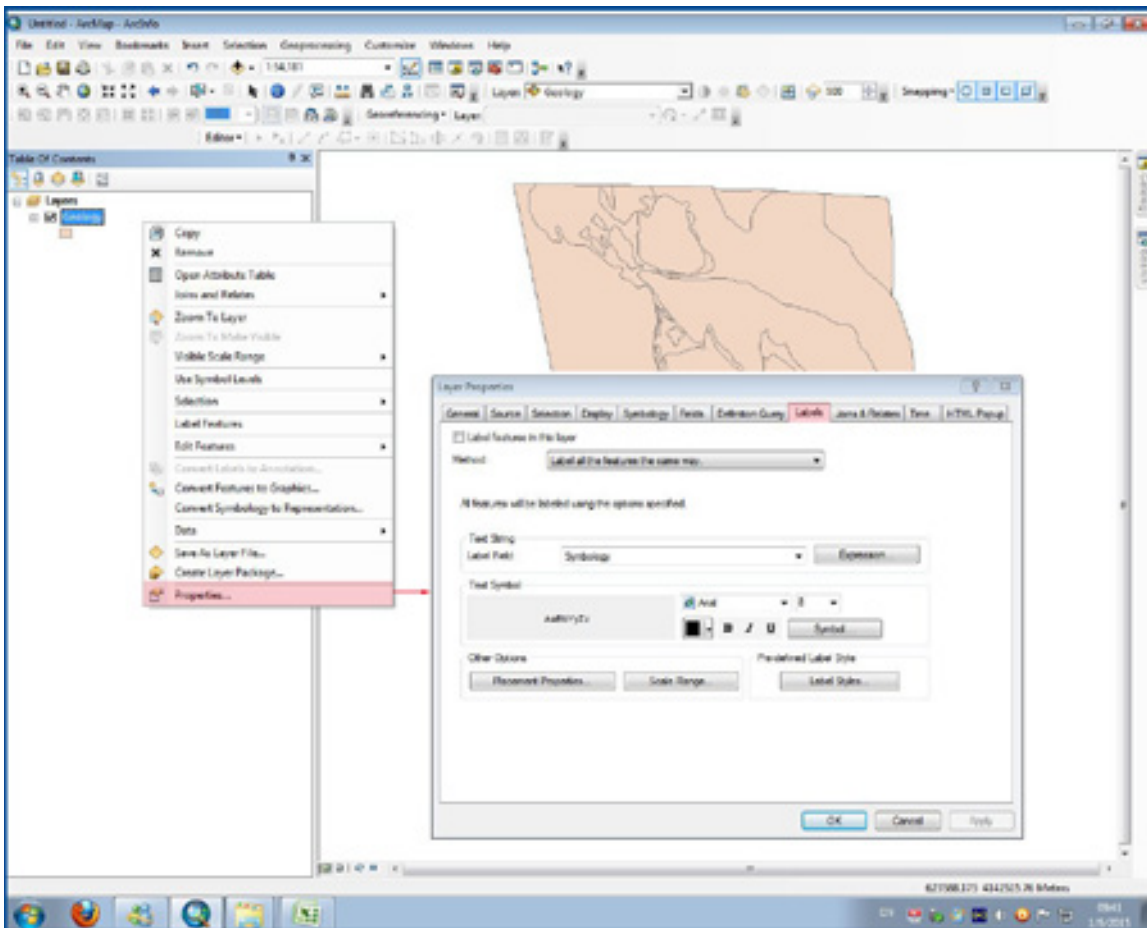
Θεματικό επίπεδο	Ενδεικτικές προτάσεις συμβολισμού
Ισοψείς καμπύλες	Συμβολίζονται ενιαία, με εξαίρεση τις κύριες ισοψείς (πολλαπλάσιες των 100m) οι οποίες διατηρούν το ίδιο χρώμα, αλλά έχουν μεγαλύτερο πάχος γραμμής
Τριγωνομετρικά σημεία	Συμβολίζονται ενιαία, συνήθως με τρίγωνο με κουκίδα στο κέντρο του
Οδικό δίκτυο	Συμβολίζονται ενιαία
Οικισμοί	Συμβολίζονται ενιαία όταν πρόκειται για πολυγωνική πληροφορία ή κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το μέγεθος του οικισμού όταν πρόκειται για σημειακή πληροφορία

Πίνακας 13.4 Ενδεικτικές προτάσεις συμβολισμού για καθένα διανυσματικό αρχείο.



Εικόνα 13.21 Στιγμιότυπα οθόνης όπου απεικονίζονται οι δυνατότητες συμβολισμού της χωρικής πληροφορίας.

Επίσης, στο παράθυρο **Properties** του κάθε διανυσματικού αρχείου και στην καρτέλα **Labels**, οφείλουμε να ενεργοποιήσουμε το πεδίο εκείνο που περιέχει την περιγραφική πληροφορία που απαιτείται να εμφανίζεται ανάλογα με το θεματικό αντικείμενο, π.χ. το υψόμετρο στις ισοϋψείς καμπύλες, η τιμή της κλίσης στη θέση των μετρήσεων, το όνομα των οικισμών, κ.λπ (Εικ. 13.22).



Εικόνα 13.22 Στιγμιότυπο οθόνης όπου απεικονίζεται η καρτέλα Labels του παράθυρου Properties

Σημειώνεται ότι προκειμένου να εμφανίζεται η διαθέσιμη πληροφορία από όλα τα θεματικά επίπεδα, θα πρέπει στον **Πίνακα Περιεχόμενων (Table of Contents)** πρώτα να βρίσκονται τα σημειακά διανυσματικά αρχεία, στη συνέχεια τα γραμμικά και τα πολυγωνικά και στο τέλος τα ψηφιδωτά.

### 13.2.4 Προετοιμασία εκτύπωσης

Οι μέχρι τώρα εργασίες σε ότι αφορά στην κατασκευή του γεωλογικού χάρτη πραγματοποιήθηκαν σε **προβολή επεξεργασίας δεδομένων (Data View)**. Προκειμένου να προετοιμαστεί η τελική μορφή του γεωλογικού χάρτη θα πρέπει να περάσουμε σε **προβολή διαρρύθμισης (Layout View)**. Η αλλαγή γίνεται μέσα από το αναπτυσσόμενο μενού **View**.

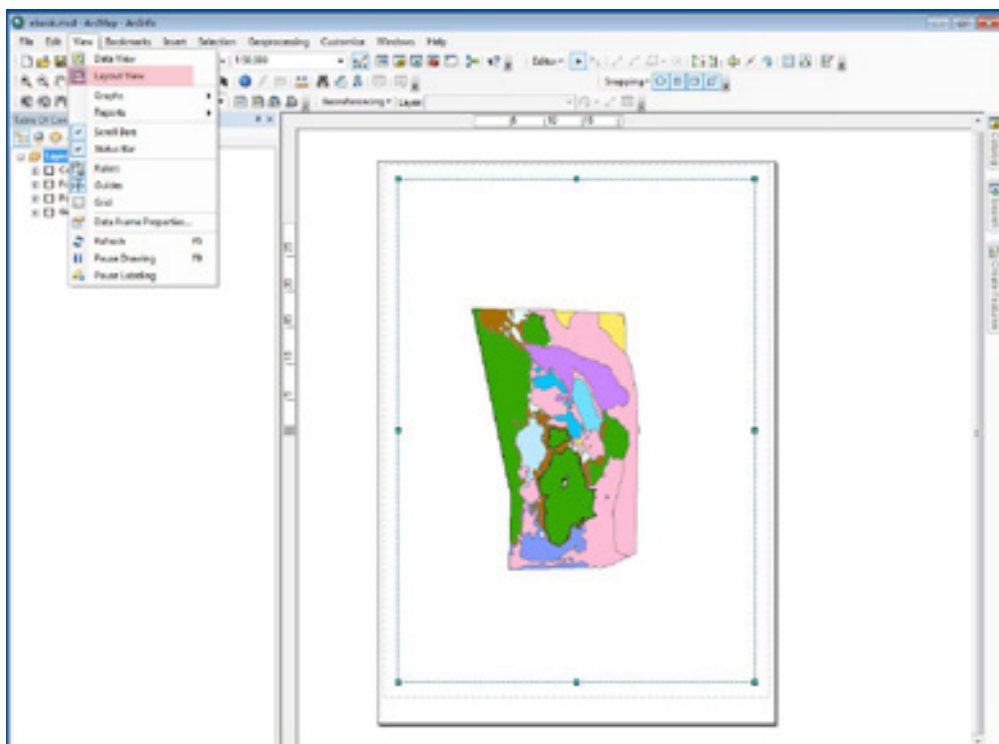
Όπως φαίνεται και στην εικόνα 13.23, η εξωτερική μαύρη γραμμή με σκίαση, οριοθετεί το **μέγεθος του χαρτιού** στο οποίο θα εκτυπωθεί ο χάρτης. Η αμέσως επόμενη γραμμή προς τα μέσα (γκρι διακεκομμένη) οριοθετεί τα **όρια εκτύπωσης**, ανάλογα με τον εκάστοτε εκτυπωτή. Τέλος, η εσωτερική μαύρη γραμμή δίνει τα **όρια του πλαισίου δεδομένων (Data Frame)**, μέσα από την οποία αναπτύσσονται τα δεδομένα μας.

Το πρώτο βήμα είναι να ορίσουμε το μέγεθος και τον προσανατολισμό του χαρτιού εκτύπωσης μέσω της εντολής **File/Page and Print Setup** όπως φαίνεται στην εικόνα 13.24.

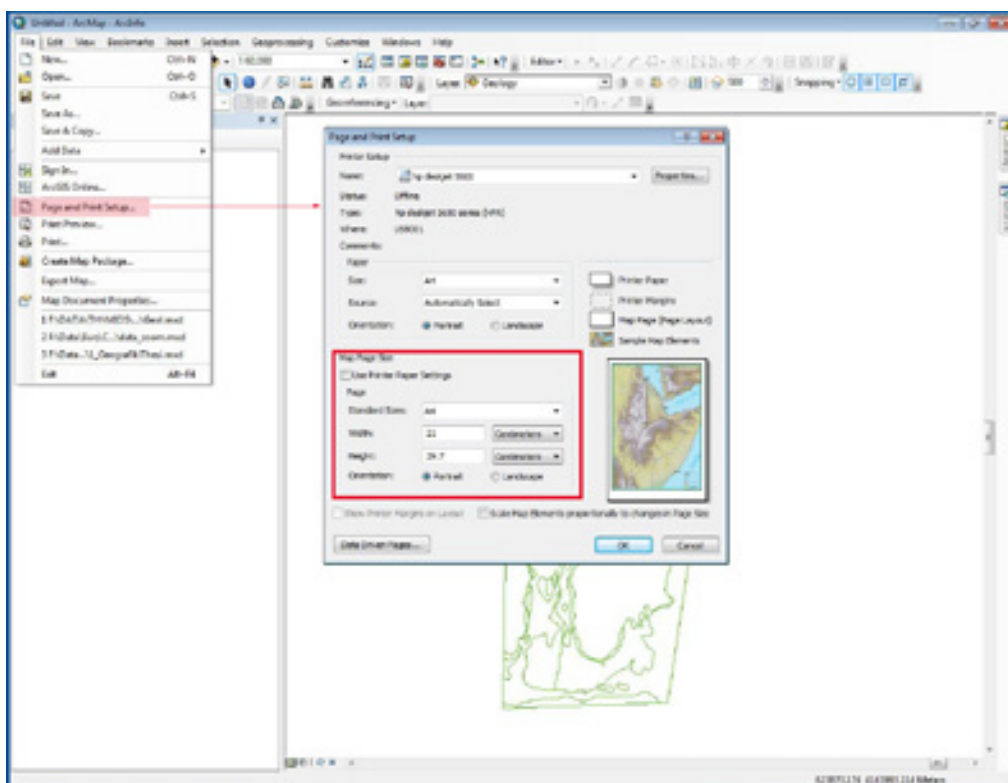
Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας τα άγκιστρα, προσαρμόζουμε το πλαίσιο δεδομένων (**Data Frame**) στις νέες διαστάσεις του χαρτιού, έτσι ώστε να περιέχει όλη την περιοχή μελέτης στην κλίμακα που θέλουμε και να εφάπτεται ακριβώς στα όρια της, όπου αυτό είναι δυνατό.

Εκτός από τη χωρική πληροφορία, κάθε γεωλογικός χάρτης περιέχει απαραίτητα τίτλο, ονοματεπώνυμο συντακτών, χρονολογία σύνταξης, κάνναβο συντεταγμένων, προβολικό σύστημα συντεταγμένων, Βορρά, αριθμητική και γραφική κλίμακα, υπόμνημα και, αν υπάρχουν, γεωλογική τομή και στρωματογραφική στήλη. Η εισαγωγή των πρόσθετων αυτών πληροφοριών γίνεται μέσω του αναπτυσσόμενου μενού **Insert** (Εικ. 13.25) ακολουθώντας κάθε φορά τον οδηγό εισαγωγής για την επιλογή των αντίστοιχων συμβόλων.

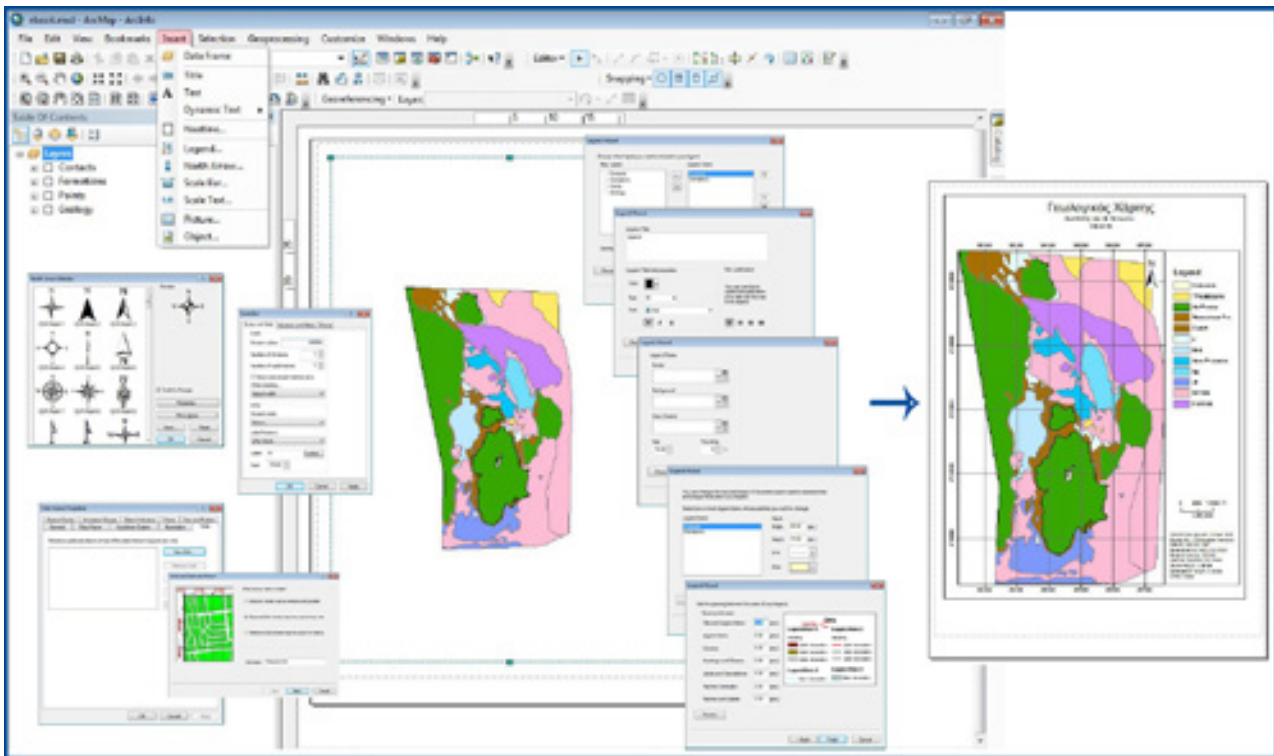
Η διαμόρφωση της σελίδας εκτύπωσης του γεωλογικού χάρτη δεν ακολουθεί κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο αλλά εναπόκειται στον κάθε συντάκτη να επιλέξει την καλύτερη δυνατή θέση των διαφόρων πληροφοριών, έτσι ώστε να κάνει τον γεωλογικό χάρτη ευανάγνωστο για τον κάθε αναγνώστη. Σημειώνεται και πάλι ότι εάν η γεωλογική χαρτογράφηση αποτελεί τμήμα μιας ευρύτερης ερευνητικής προσπάθειας, και ιδιαίτερα όταν απευθύνεται σε Δημόσιους Οργανισμούς - Φορείς τότε απαιτούνται ειδικές προδιαγραφές διαμόρφωσης του τελικού χάρτη οι οποίες εξαρτώνται κάθε φορά από τον Φορέα στον οποίο απευθύνεται.



Εικόνα 13.23 Στιγμιότυπο οθόνης όπου απεικονίζεται η προβολή διαμόρφωσης εκτύπωσης.



Εικόνα 13.24 Στιγμιότυπο οθόνης όπου απεικονίζεται το παράθυρο διαμόρφωσης του χαρτιού εκτύπωσης.



Εικόνα 13.25 Στιγμιότυπα οθόνης όπου απεικονίζονται οι πρόσθετες πληροφορίες που εισάγονται στο γεωολογικό χάρτη.

### 13.3 Σύγχρονες τεχνολογίες στην υπαίθρια εργασία

Εκτός από την κλασική μεθοδολογία της γεωολογικής χαρτογράφησης που αναλύθηκε λεπτομερώς στα προηγούμενα κεφάλαια, τα τελευταία χρόνια, λόγω της τεχνολογικής ανάπτυξης έχουν αναπτυχθεί και εφαρμόζονται ευρέως, διάφορες μέθοδοι που διευκολύνουν την εκτέλεση της υπαίθριας εργασίας, παρέχοντας πρόσθετη πληροφόρηση.

#### 13.3.1 Δορυφορικός Ανιχνευτής Στίγματος (GPS, Global Positioning System)

Με την ανάπτυξη της διαστημικής τεχνολογίας, εμφανίστηκαν νέες μέθοδοι άμεσου προσδιορισμού της θέσης ενός σημείου στην επιφάνεια της Γης. Οι μέθοδοι αυτοί εντάσσονται στη **διαστημική γεωδαισία**, η οποία ασχολείται με μεγέθη όπως διαφορές συχνοτήτων καταγραφόμενων ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, χρόνοι διαδρομής σημάτων, επιταχύνσεις και μερικές παράγωγοι του δυναμικού βαρύτητας.

Ο **Δορυφορικός Ανιχνευτής Στίγματος (Global Positioning System, GPS)**, είναι ίσως η πιο δημοφιλής εφαρμογή διαστημικής γεωδαισίας. Λειτουργεί αξιοποιώντας δεδομένα που λαμβάνονται από μια ομάδα δορυφόρων που έχουν τεθεί σε διάφορες τροχιές γύρω από τη Γη, ώστε να καλύπτουν, κατά το δυνατόν, όλη τη γήινη επιφάνεια. Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα συχνότητας 1.200-1.500MHz, που διαπερνούν την ιονόσφαιρα και καταγράφονται από δέκτες GPS στην επιφάνεια της Γης. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα εκπέμπονται ανά γνωστά και σταθερά χρονικά διαστήματα, τα οποία ελέγχονται από χρονόμετρα υψηλής ακρίβειας (ατομικά χρονόμετρα), που είναι τοποθετημένα μέσα στους δορυφόρους. Στον δέκτη GPS, ένα άλλο χρονόμετρο καταγράφει τον χρόνο  $\Delta t$ , που μεσολαβεί από τη στιγμή της εκπομπής μέχρι τη στιγμή της λήψης. Η ακρίβεια χρόνου που καταγράφεται στο δέκτη, είναι της τάξης του nsec ( $1\text{ nsec} = 10^{-9} \text{ sec}$ ).

Το σύστημα GPS αξιοποιείται στις Γεωεπιστήμες, στην Περιβαλλοντική Τηλεπισκόπηση, στα Τεχνικά Έργα -Χωροταξία, στην Τοπογραφία, σε στρατιωτικές εφαρμογές, στην Αρχαιολογία, στις μεταφορές, στο Περιβάλλον, στη Γεωργία και Δασοπονία, σε Διαστημικές εφαρμογές, στο Εθνικό Κτηματολόγιο κ.λπ

Ειδικότερα στην περίπτωση της γεωολογικής χαρτογράφησης, το σύστημα GPS μπορεί να χρησιμοποιη-

θεί τόσο για την εύρεση της θέσης μας, όσο και για την καταγραφή θέσεων μετρήσεων, ορίων γεωλογικών σχηματισμών, τεκτονικών δομών καθώς και διαδρομών που ακολουθήθηκαν και δεν αποτυπώνονται στον τοπογραφικό χάρτη.

### 13.3.2 Τηλεπισκόπηση

Η τεχνολογική εξέλιξη των τελευταίων ετών συμβάδισε και με την ανάπτυξη της **δορυφορικής τεχνολογίας** και την υλοποίηση δορυφορικών προγραμμάτων παρακολούθησης της Γης και καταγραφής φυσικών πόρων. Η τεχνολογία αυτή παρέχει ένα σημαντικό όγκο πρωτογενών πληροφοριών χρήσιμων στη μελέτη του περιβάλλοντος αλλά και γενικότερα, σε κάθε κλάδο των γεωλογικών και περιβαλλοντικών επιστημών.

Η αξιοποίηση των πρωτογενών δεδομένων που παρέχουν οι **ψηφιακές δορυφορικές εικόνες**, καθώς και η εξαγωγή πληροφορίας από τα δεδομένα αυτά, γίνεται με τεχνικές ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας, που αν και αποτελεί κλάδο της πληροφορικής, συνδυάζεται με την ταχέως εξελισσόμενη, μαζί με τη δορυφορική τεχνολογία, **επιστήμη της τηλεπισκόπησης**. Ως τηλεπισκόπηση νοείται το σύνολο των μεθόδων συλλογής και επεξεργασίας πληροφοριών που αναφέρονται σε αντικείμενα τα οποία βρίσκονται σε απόσταση από τα όργανα παρατήρησης. Ως μέσο μεταφοράς των στοιχείων της πληροφορίας είναι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται ή ανακλάται από τα διάφορα επισκοπούμενα αντικείμενα.

Η συνεχής βελτίωση της τεχνολογίας των καμερών αλλά και των τηλεπικοινωνιών είχε ως αποτέλεσμα τη σταδιακή βελτίωση της χωρικής διακριτικής ικανότητας των δορυφορικών δεκτών, με αποτέλεσμα να περάσουμε από το 1972 με τον δορυφόρο **Landsat** με διακριτική ικανότητα 80m, στο 1999 με τον δορυφόρο **IKONOS** με χωρική διακριτική ικανότητα ενός μέτρου (παγχρωματικό) και τέσσερις πολυφασματικές ζώνες με χωρική διακριτική ικανότητα τεσσάρων μέτρων. Η ταχύτατη εξέλιξη της τεχνολογίας κατά την τελευταία δεκαετία έχει καταστήσει πλέον δυνατή τη λήψη εικόνων με χωρική διακριτική ικανότητα 50 εκατοστών (**Geoeye, Worldview 2**) και τον προγραμματισμό νέων δεκτών που στο εγγύς μέλλον θα λαμβάνουν εικόνες με χωρική διακριτική ικανότητα 25 εκατοστών.

Είναι κατανοητό ότι τα οφέλη από τα προϊόντα της τηλεπισκόπησης είναι πολύ σημαντικά σε όλα τα στάδια της γεωλογικής χαρτογράφησης, τόσο κατά την προετοιμασία για την εργασία υπαίθρου με την εύρεση καθοδηγητικών για τη χαρτογράφηση μορφολογικών δομών, όσο και κατά την εργασία υπαίθρου και τη μετέπειτα αξιολόγηση και διόρθωση του γεωλογικού χάρτη.

### 13.3.3 Web mapping (Webgis) - Smartphone apps - tablets

Η καθολική χρήση του διαδικτύου επέφερε σημαντικές αλλαγές στον τομέα της παγκόσμιας χαρτογράφησης. Οι παραδοσιακοί χάρτες τείνουν να αντικατασταθούν από τους **διαδικτυακούς χάρτες**, οι οποίοι πλέον είναι διαδραστικοί, ενημερώνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, διαθέτουν σύγχρονα γραφικά, εικόνες υψηλής ανάλυσης και είναι εύκολα και άμεσα προσβάσιμοι από οποιοδήποτε χρήστη.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των διαδικτυακών χαρτών είναι:

- λειτουργούν μέσα από το **περιβάλλον** ενός **web browser**, που έχει το πλεονέκτημα ότι:
  - είναι **προσβάσιμοι ανεξάρτητα από το λειτουργικό σύστημα** του Η/Υ,
  - είναι προσβάσιμοι από τον **web browser** που επιλέγει ο χρήστης (π.χ. Mozilla, Safari, Chrome, Internet Explorer κ.λπ),
  - **δεν απαιτείται εγκατάσταση λογισμικού** στον Η/Υ (εκτός από τις περιπτώσεις απαραίτητων προσθέτων plug-ins),
- έχουν τη **δυνατότητα απεικόνισης συνεχώς αναβαθμιζόμενων δεδομένων**,
- έχουν τη **δυνατότητα υποστήριξης δυναμικών και διαδραστικών απεικονίσεων**,
- επιτρέπουν τη **συνεργασία διαφορετικών πηγών δεδομένων**,
- έχουν τη **δυνατότητα πρόσβασης από διαφορετικές ψηφιακές συσκευές** (π.χ. Η/Υ, smartphones κ.λπ),
- **δεν απαιτούν εκτύπωση** προκειμένου να χρησιμοποιηθούν.

Ωστόσο, παρουσιάζουν και αρκετά μειονεκτήματα, βασικότερα των οποίων είναι:



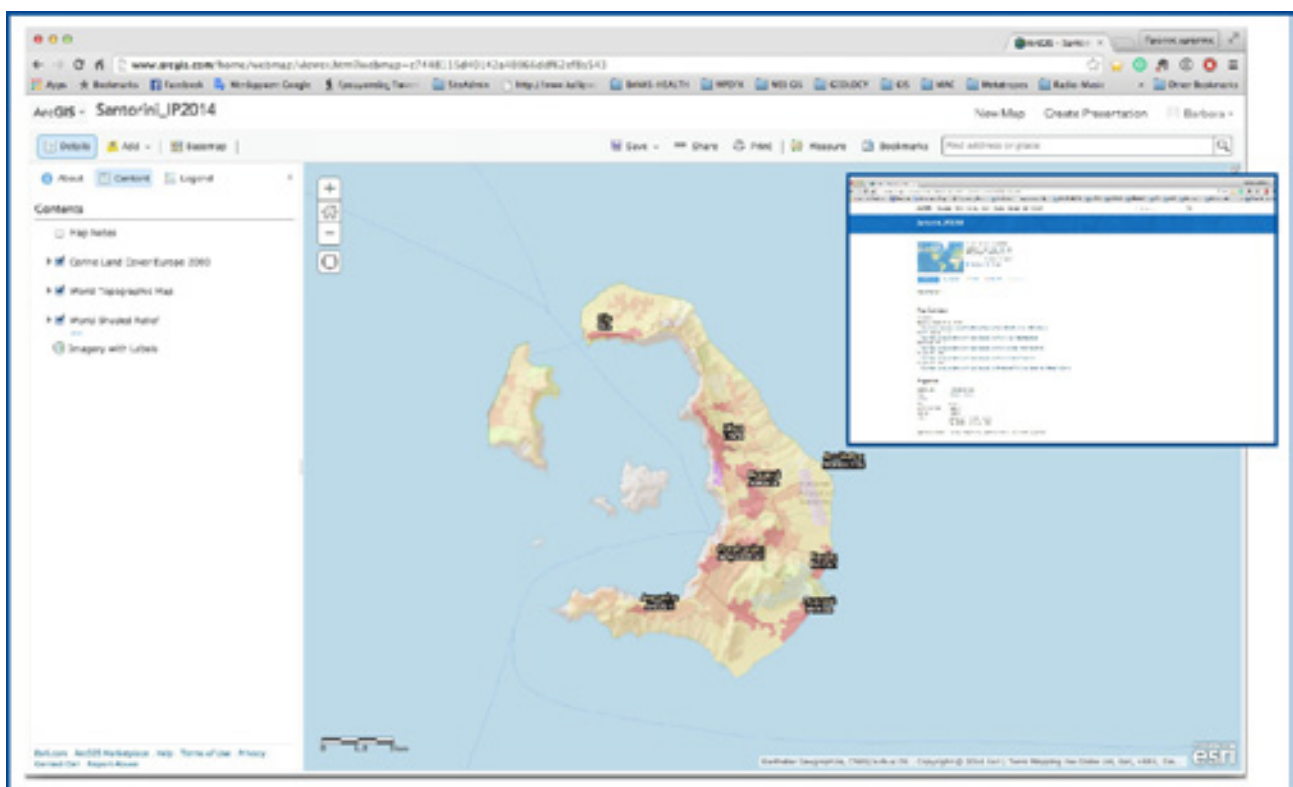
- ο **περιορισμένος χώρος απεικόνισης** λόγω των περιορισμών στο μέγεθος του ψηφιακού μέσου (συγκεκριμένες διαστάσεις ψηφιακών οθονών),
- η περιήγηση σε αυτούς απαιτεί τη **σύνδεση στο διαδίκτυο**,
- η χρήση τους επηρεάζεται από την **ποιότητα του διαδικτύου** και από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Η/Υ,
- πολλές φορές είναι δυνατόν να απαιτούνται **εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού** για την παραγωγή τους σε διαδικτυακό περιβάλλον,
- δίνεται η δυνατότητα παραγωγής χαρτογραφικών απεικονίσεων σε «μη-ειδικούς».

Η ολοένα αυξανόμενη χρήση των διαδικτυακών χαρτών σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι ενδεικτική του βαθμού της ραγδαίας εξάπλωσης της τεχνολογίας και του διαδικτύου σε κάθε πτυχή της καθημερινότητάς μας. Για τον λόγο αυτό, οι εταιρίες που ασχολούνται με **εμπορικά** ή και με **ανοικτού κώδικα** λογισμικά **GIS** και **webgis** εστιάζουν πλέον τις προσπάθειές τους στην ανάπτυξη εφαρμογών προσανατολισμένων στη χρήση τους από **έξυπνα τηλέφωνα (smartphones)** και **tablets**, τεχνολογία πολύ πιο προσιτή στο ευρύ κοινό από τις εφαρμογές για **υπολογιστή χειρός (τύπου pad)** που χρησιμοποιούνταν στην χαρτογραφία μέχρι πρόσφατα. Οι εφαρμογές αυτές στον χώρο της γεωλογικής χαρτογράφησης μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες:

- Η πρώτη, είναι **στατική** και εστιάζει στην απεικόνιση της ήδη υπάρχουσας πληροφορίας είτε σε ένα web χάρτη, οπότε ο τελικός χρήστης καλείται να τον ανακτήσει με τη χρήση του web browser της επιλογής του, είτε σε χάρτη που έχει παραχθεί σε Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών, αλλά απεικονίζεται μόνο μέσα από εμπορικές ή ανοικτές εφαρμογές, τις οποίες καλείται ο χρήστης να εγκαταστήσει στη συσκευή του. Το όφελος σε αυτήν την περίπτωση είναι η άμεση διάθεση της υπάρχουσας πληροφορίας σε κάθε θέση κατά την εργασία υπαίθρου.

Ενδεικτικά, μπορούν να αναφερθούν δύο δωρεάν εφαρμογές: Η μία από αυτές αφορά στην εφαρμογή **ArcGIS** της εταιρίας ESRI ([www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)), μέσω της οποίας, μεταξύ άλλων, είναι δυνατή η δημιουργία ενός χάρτη, ο οποίος αποθηκεύεται στο διαδικτυακό χώρο της ESRI και μέσω του **ArcGIS app** (σε κινητό και tablet) είναι εφικτή η ανά πάσα στιγμή πρόσβαση σε αυτόν (Εικ. 13.26&27), χωρίς όμως να δίνεται η δυνατότητα τροποποίησής του ή εισαγωγής νέων δεδομένων.

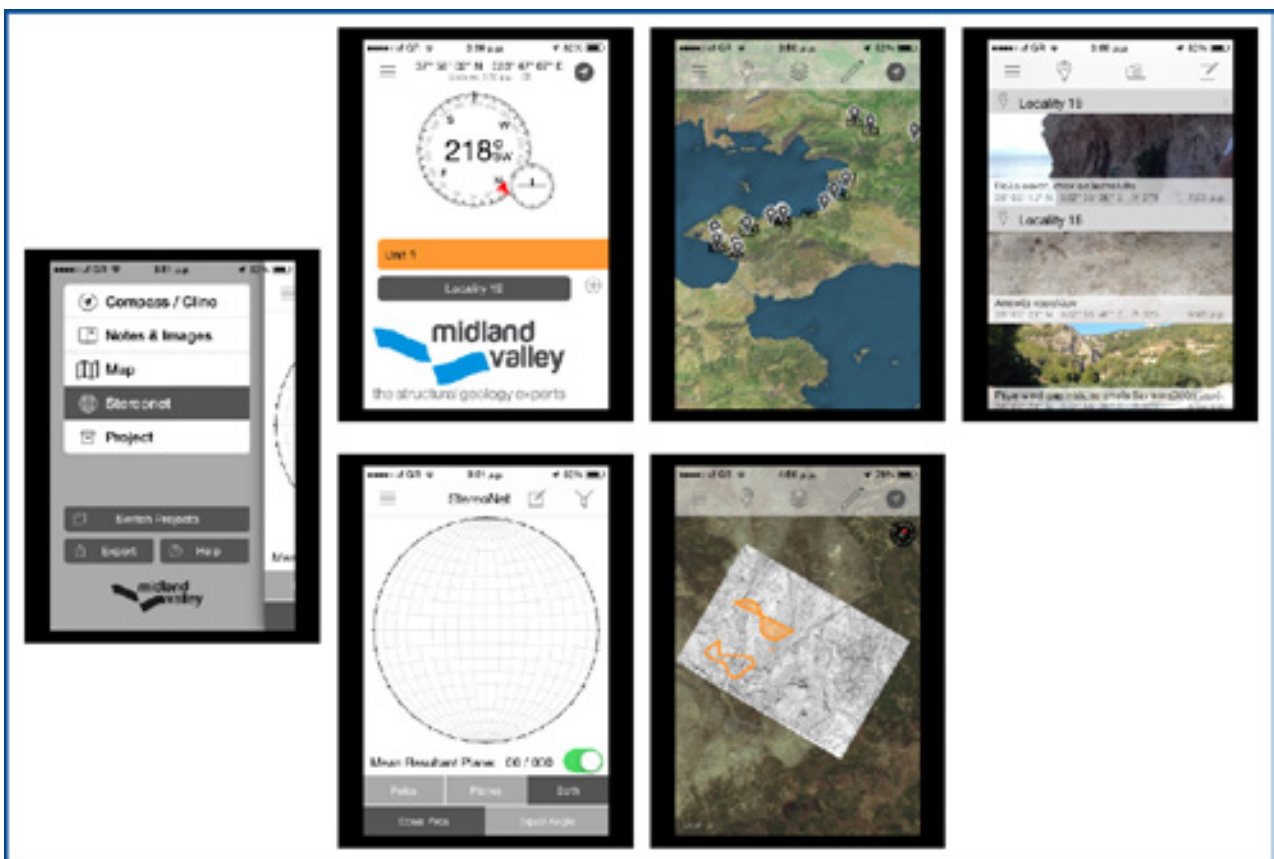
Η άλλη αφορά το **FieldMove Clino app** της **Midland Valey** (<http://www.mve.com/digital-mapping>).



Εικ. 13.26 Στιγμιότυπα οθόνης της διαδικτυακής εφαρμογής ArcGIS, όπου γίνεται η δημιουργία του χάρτη.



Εικ. 13.27 Στιγμιότυπα οθόνης του ArcGIS app για έξυπνα τηλέφωνα (smartphones) και tablet, μέσω της οποίας έχουμε πρόσβαση στον χάρτη που δημιουργήσαμε με τη διαδικτυακή εφαρμογή.



Εικ. 13.28 Στιγμιότυπα οθόνης της εφαρμογής FieldMove Clino για έξυπνα τηλέφωνα και tablet. Στην επάνω σειρά εμφανίζονται οι λειτουργίες της δωρεάν έκδοσης, ενώ στην κάτω αυτές της αναβαθμισμένης επί πληρωμή.

Η δωρεάν έκδοση παρέχει μια ψηφιακή πυξίδα-κλινόμετρο για τη συλλογή γεωλογικών δεδομένων, όπως η μέτρηση και καταγραφή του προσανατολισμού των επίπεδων και γραμμικών στοιχείων. Στην εφαρμογή μπορούν επίσης να αποθηκευτούν σημειώσεις κειμένου και φωτογραφίες, οι οποίες είναι χωρικά γεωαναφεραμένες. Επιπλέον, οι χρήστες μπορούν να αγοράσουν με μικρό κόστος μια αναβάθμιση που παρέχει πρόσβαση σε μια βιβλιοθήκη γεωλογικών συμβόλων και επιτρέπει απεικόνιση των δεδομένων σε διάγραμμα stereonet, ενώ στην έκδοση για λειτουργικό iOS, επιτρέπει επίσης τη δημιουργία γραμμών και πολυγώνων (Εικ. 13.28).

- Η δεύτερη είναι **διαδραστική** και απαιτεί μια προεργασία σε Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών, προεργασία που ταυτίζεται με τη δημιουργία των διανυσματικών αρχείων και τον εμπλουτισμό των πεδίων της βάσης δεδομένων για καθένα από τα αρχεία αυτά, όπως περιγράφηκε προηγουμένως. Στη συνέχεια εγκαθίσταται συγκεκριμένη εφαρμογή στη συσκευή, η οποία, με τα ανάλογα διαπιστευτήρια, δίνει πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα τόσο για ανάγνωσή τους, όσο και για την ενημέρωσή τους με την αντίστοιχη χωρική και περιγραφική πληροφορία κατά τη διάρκεια της υπαίθριας εργασίας. Το όφελος σε αυτήν την περίπτωση είναι, εκτός της άμεσης διάθεσης της υπάρχουσας πληροφορίας σε κάθε θέση κατά την εργασία υπαίθρου, και η εισαγωγή στοιχείων είτε online εάν υπάρχει πρόσβαση στο δίκτυο, είτε η προσωρινή αποθήκευσή τους στην εφαρμογή και η μετέπειτα μεταφορά τους στο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.

Οι περισσότερες εφαρμογές αυτής της μορφής είναι είτε **συνδρομητικές** είτε απαιτούν την **αγορά credits** από την εκάστοτε εταιρία που καταναλώνονται ανάλογα με τη χρήση των δεδομένων. Ενδεικτικά αναφέρεται η εφαρμογή **Collector της ESRI**, στην οποία η πρόσβαση γίνεται μέσω Οργανισμών ή Εταιριών και δεν παρέχεται, προς το παρόν τουλάχιστον, άδεια σε μεμονωμένους χρήστες.

Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί ότι σε καμία περίπτωση οι εφαρμογές αυτές δεν υποκαθιστούν, ακόμα τουλάχιστον, την κλασική εργασία της γεωλογικής χαρτογράφησης, που αναπτύσσεται στα πλαίσια του παρόντος εγχειριδίου, συνίσταται δε η δημιουργία εφεδρικών αρχείων, έντυπων ή ψηφιακών, των εργασιών που πραγματοποιούνται με αυτές καθότι πολλές φορές δεν είναι δυνατή η εκ νέου επίσκεψη της χαρτογραφημένης περιοχής προκειμένου να ανακτηθούν τυχόν απωλεσθέντα δεδομένα.

## Βιβλιογραφία/Αναφορές

ArcGIS Resource Center – Desktop 10 Help (Ανάκτηση 27.10.2015) <http://goo.gl/NOcxp5#>  
Environmental Systems Research Institute (ESRI) - ArcGIS (Ανάκτηση 27.10.2015) [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)  
Midland Valey - Fieldmove Clino (Ανάκτηση 27.10.2015) <http://www.mve.com/digital-mapping>

Βαϊόπουλος Δ.Α., Βασιλόπουλος Α.Π. & Ευελπίδου Ν.Η. (2002). *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών: Από τη θεωρία στην πράξη*. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Αθήνα.

## Κεφάλαιο 14:

### Γεωλογικές εκθέσεις και Γεωλογικές αναφορές

#### Σύνοψη

Η γεωλογική χαρτογράφηση, με τη μορφή διάφορων εξειδικεύσεων, αποτελεί ένα συγκεκριμένο απαιτούμενο από τις περισσότερες γεωλογικές ή συναφείς μελέτες που έχει θεσμοθετήσει το ελληνικό κράτος, στα πλαίσια συγκεκριμένων δράσεων, όπως οι πολεοδομικές μελέτες, η κατασκευή μεγάλων τεχνικών έργων, η διαχείριση απορριμμάτων και αποβλήτων, η προστασία του υδάτινου δυναμικού, η προστασία του περιβάλλοντος κ.λπ. Στις περισσότερες από αυτές υπάρχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές, δημοσιευμένες σε κάποιο ΦΕΚ, που ορίζουν τι ακριβώς και με ποια λεπτομέρεια, θα περιλαμβάνει ο γεωλογικός χάρτης. Οι κλίμακες χαρτογράφησης συνήθως είναι πολύ μεγάλες (1:2.000) και απαιτείται ιδιαίτερη λεπτομέρεια κατά τη χαρτογράφηση, αλλά και αντίστοιχης λεπτομέρειας τοπογραφικό υπόβαθρο. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούν όλες οι κατηγορίες των μελετών αυτών και οι προδιαγραφές που απαιτούνται για την κατασκευή του γεωλογικού χάρτη, σε κάθε περίπτωση.

#### Προαπαιτούμενη γνώση

Οι βασικές γνώσεις που έχουν δοθεί στα πλαίσια των μαθημάτων των εργαστηρίων και των ασκήσεων υπαίθρου, της Γεωλογικής Χαρτογράφησης, της Περιβαλλοντικής Γεωλογίας και των Φυσικών Καταστροφών. Η ύλη από τα αντίστοιχα κεφάλαια των σημειώσεων που δίνονται στους φοιτητές και είναι αναρτημένα στην πλατφόρμα e-Class. Οι ηχογραφημένες παραδόσεις (βιντεοδιαλέξεις) από τα αντίστοιχα κεφάλαια, τόσο κατά τις παραδόσεις των μαθημάτων, όσο και στις ασκήσεις υπαίθρου, που έγιναν στα πλαίσια της δράσης «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα» και φιλοξενούνται στην πλατφόρμα Open Delos.

### 14.1 Εισαγωγή

Εκτός από την καθαρόαιμη ερευνητική προσπάθεια **αποτύπωσης των γεωλογικών σχηματισμών** που δομούν την επιφάνεια της γης, σε χάρτη, η γεωλογική χαρτογράφηση αποτελεί και τμήμα **ευρύτερων μελετών** που αφορούν κυρίως σε τεχνικά έργα και διέπονται από συγκεκριμένη δομή και περιεχόμενο που περιγράφεται ρητά στα αντίστοιχα Φύλλα της Εφημερίδας της Κυβερνήσεων (ΦΕΚ).

Οι μελέτες στις οποίες απαιτούνται γεωλογικά στοιχεία είναι δυνατόν να διαχωριστούν σε τρεις κατηγορίες, όπως φαίνεται στην εικόνα 14.1. Στη συνέχεια αναπτύσσονται περαιτέρω μερικές από τις μελέτες με βάση τους νόμους, τις υπουργικές αποφάσεις και τις οδηγίες που υφίστανται κατά τη διάρκεια συγγραφής του παρόντος συγγράμματος.

### 14.2 Πολεοδομικές μελέτες – Μελέτες τεχνικών έργων

#### 14.2.1 Μελέτες Γεωλογικής Καταλληλότητας (ΦΕΚ 1902B/2007)

Οι **Μελέτες Γεωλογικής Καταλληλότητας** συντάσσονται στα πλαίσια των μελετών **Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου (ΓΠΣ)** και των **Σχεδίων, Χωρικής και Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτών Πόλεων (ΣΧΟΟΑΠ)** και εκπονούνται όπως ορίζεται στο ΦΕΚ 1902B/2007. Στα πλαίσια εκπόνησης αυτών των μελετών επιβάλλεται η σύνταξη της μελέτης σε δύο στάδια:

Κατά την πρώτη φάση εκπονείται η **προκαταρκτική μελέτη** σύμφωνα με συγκεκριμένες προδιαγραφές σε κλίμακα 1:25.000 και γενικά στην ίδια κλίμακα που εκπονείται η Α΄ Φάση της μελέτη ΓΠΣ-ΣΧΟΟΑΠ και μεταξύ άλλων περιλαμβάνεται και **γεωλογική μελέτη** της έκτασης εκπόνησης της μελέτης. Οι παρατηρήσεις είναι δυνατόν να αναφέρονται σε ευρύτερη ζώνη, η έκταση της οποίας εξαρτάται από το εάν οι γεωλογικές συνθήκες της ζώνης αυτής επηρεάζουν άμεσα την προς μελέτη περιοχή. Οι εργασίες περιλαμβάνουν:



Εικόνα 14.1 Κατηγορίες μελετών στις οποίες απαιτούνται γεωλογικά στοιχεία.

- **Συγκέντρωση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών**, π.χ. γεωλογικές, υδρογεωλογικές, σεισμολογικές, εδαφοτεχνικές μελέτες και έρευνες που έχουν εκπονηθεί στην περιοχή.
- **Έρευνα πεδίου και γεωλογικές παρατηρήσεις** για την επαλήθευση των διαθέσιμων στοιχείων.
- **Επισήμανση** των κατακλυζόμενων επιφανειών, των θέσεων κατολισθήσεων και των αποτεφρωμένων περιοχών.
- **Επεξεργασία και αξιολόγηση του συνόλου των δεδομένων** ανάλογα με τη συμβολή τους στους άμεσους στόχους της μελέτης και αναγωγή τους στην κλίμακα σχεδιασμού.
- **Σύνταξη τεύχους** της μελέτης.
- **Συσχέτιση των συμπερασμάτων** της γεωλογικής μελέτης με τις απαιτήσεις της μελέτης ΓΠΣ ή ΣΧΟΟΑΠ.
- **Προτάσεις** για περαιτέρω έρευνες, μέτρα προστασίας και αντίστοιχα έργα, εφόσον κριθεί ότι απαιτούνται.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης και αξιολόγησης που αφορούν στη μελέτη και είναι δυνατόν να αποτυπωθούν σε σχέση με την κλίμακα αναφοράς, απεικονίζονται σε σχετικούς χάρτες της περιοχής που ερευνάται σε κλίμακα **1:25.000** και οι οποίοι είναι:

- **Γεωλογικός χάρτης Προσαρμογής και πληροφόρησης** που περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της ανάλυσης των γεωμορφολογικών, γεωλογικών, υδρογεωλογικών, γεωδυναμικών, σεισμολογικών και τεχνικογεωλογικών στοιχείων της περιοχής και στοιχείων που αφορούν στους γεωλογικούς πόρους και στο γεωπεριβάλλον καθώς και τις θέσεις παρατηρήσεων ειδικού ενδιαφέροντος, φωτογράφισης και προγενέστερων μελετών. Ακολουθούνται οι συμβολισμοί που αναφέρονται στο συγκεκριμένο ΦΕΚ 723B/1998 (Εικ. 14.2).
- **Χάρτης γεωλογικών συνθηκών** που προέρχεται από γεωλογική χαρτογράφηση στο πεδίο και συντάσσεται αντί του γεωλογικού χάρτη προσαρμογής και πληροφόρησης όταν δεν υφίστανται προγενέστερες μελέτες για την περιοχή. Ακολουθούνται οι συμβολισμοί της Διεύθυνσης Χαρτογράφησης του ΙΓΜΕ.
- **Χάρτης Κατ' αρχήν Γεωλογικής Καταλληλότητας** στον οποίο οριοθετούνται οι ζώνες σχετικής γεωλογικής καταλληλότητας, ζώνες ή θέσεις προστασίας, βελτίωσης, ανάδειξης και διατήρησης του

γεωπεριβάλλοντος, ζώνες δυναμικού εκμεταλλεύσιμων γεωλογικών πόρων και το είδος τους και οι ζώνες ή θέσεις όπου ειδικές χρήσεις είναι ανεκτές υπό προϋποθέσεις και περιορισμούς. Ακολουθούνται οι συμβολισμοί που αναφέρονται στο συγκεκριμένο ΦΕΚ 723B/1998 (Εικ. 14.2).

Κατά τη δεύτερη φάση εκπονείται η μελέτη σε κλίμακα **1:5.000** και γενικά στην ίδια κλίμακα που εκπονείται η Α΄ Φάση της μελέτης ΓΠΣ-ΣΧΟΟΑΠ. Σκοπός της είναι ο **καθορισμός της γεωλογικής καταλληλότητας** των περιοχών οι οποίες προτείνονται από την Α΄ Φάση της μελέτης για οικιστικές περιοχές, για συγκεντρώσεις παραγωγικές ή μεγάλες εγκαταστάσεις και τεχνικά έργα, για άλλες θεσμοθετημένες χρήσεις ή ειδικές ρυθμίσεις και για γενικά δίκτυα υποδομής, προκειμένου να διασφαλισθεί το δομημένο περιβάλλον από φυσικούς κινδύνους ή κινδύνους προερχόμενους από ανθρώπινες επεμβάσεις και δραστηριότητες.

Τα στοιχεία των παρατηρήσεων της επιτόπου μακροσκοπικής έρευνας της αξιολόγησης των προγενέστερων εργασιών και της σχετικής βιβλιογραφίας που είναι δυνατόν να αποτυπωθούν, απεικονίζονται σε χάρτες οι οποίοι είναι:

- **Χάρτης πληροφόρησης** που περιλαμβάνει τις θέσεις παρατηρήσεων ειδικού ενδιαφέροντος, τυχόν δειγματοληψίας ή επιτόπου μετρήσεων, γεωτρήσεων, φωτογράφισης και μελετών, ερευνών ή στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και τις θέσεις και το είδος των προτεινόμενων ερευνών και μελετών ή έργων.
- **Χάρτης γεωλογικών συνθηκών και τεχνικογεωλογικών στοιχείων** που περιλαμβάνει την οριζόντια εξάπλωση των γεωλογικών σχηματισμών, τα τεκτονικά τους χαρακτηριστικά, τα υδρογεωλογικά στοιχεία της περιοχής, την οριοθέτηση τμημάτων ή τη σημείωση θέσεων με ιδιαίτερα τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά ή εμφάνιση γεωλογικών και άλλων συναφών κινδύνων και την απεικόνιση των στοιχείων του υδρογραφικού δικτύου και την οριοθέτηση με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια των τμημάτων ή των θέσεων οι οποίες έχουν υποστεί τεχνικές αλλοιώσεις ή έχουν επιχλωματωθεί.
- **Χάρτης γεωλογικής καταλληλότητας** όπου οριοθετούνται με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια τα τμήματα της περιοχής τα οποία κατατάσσονται σε κάθε μία από τις κατηγορίες που αναφέρονται στο αντίστοιχο κεφάλαιο της μελέτης.

Για τους **συμβολισμούς** των χαρτών (Εικ. 14.2) ισχύουν όσα σχετικά ορίζονται στο Παράρτημα Ι της υπ' αριθμ. 16374/3696 υπουργικής απόφασης (ΦΕΚ 723B/1998).

### **14.2.2 Μείωση των αποστάσεων των ιδρυομένων ή επεκτεινομένων κοιμητηρίων (ΦΕΚ 838Δ/1998)**

Για την μείωση των αποστάσεων των ιδρυομένων ή επεκτεινομένων κοιμητηρίων απαιτείται **ειδική τεχνική έκθεση** όπου μεταξύ άλλων περιγράφονται η κοκκομετρία και η περατότητα των επιφανειακών γεωλογικών σχηματισμών και τα πιθανά προβλήματα επικινδυνότητας των γεωλογικών σχηματισμών.

Επίσης απαιτείται **υδρογεωλογική μελέτη** στην οποία μελετώνται οι γεωλογικές, τεκτονικές, υδρογεωλογικές και υδρολογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής και συνοδεύεται από:

- Χάρτη κλίμακας 1:5.000 του **υδρογραφικού δικτύου** της ευρύτερης περιοχής της υδρολογικής λεκάνης
- **Γεωλογική χαρτογράφηση** σε κλίμακα 1:2.000 της ευρύτερης περιοχής
- **Υδρολιθολογικό – υδρογεωλογικό χάρτη** σε κλίμακα 1:2.000.

Τέλος, απαιτείται **μελέτη γεωλογικής καταλληλότητας** σκοπός της οποίας είναι η εκτίμηση της καταλληλότητας της έκτασης έναντι γεωλογικών κινδύνων. Περιλαμβάνει:

- **Χάρτη μορφολογικών κλίσεων** της έκτασης σε κλίμακα 1:2000.
- **Γεωλογική χαρτογράφηση** σε κλίμακα 1:2.000 της ευρύτερης περιοχής η οποία πρέπει να επεκτείνεται σε ζώνη πλάτους τουλάχιστον 1.000m περιμετρικά της έκτασης.
- **Τεχνικογεωλογική χαρτογράφηση** σε κλίμακα 1:2.000 της ευρύτερης περιοχής η οποία πρέπει να επεκτείνεται σε ζώνη πλάτους τουλάχιστον 1.000m περιμετρικά της έκτασης και στην οποία αποτυ-

πώνονται οι οι γεωλογικοί σχηματισμοί ανάλογα με τις φυσικομηχανικές ιδιότητές τους και τα κάθε είδους στοιχεία που συνδέονται με κινητικά φαινόμενα (ρήγματα, διαρρήξεις, ερπυσμοί, καταπτώσεις, αποκολλήσεις εδάφους, καθιζήσεις, κ.λπ.).

- **Έκθεση** όπου ερμηνεύονται και αξιολογούνται όλα τα ευρήματα και διατυπώνονται **συμπεράσματα** και **προτάσεις**.

### 14.2.3 Υδρογεωλογικές μελέτες για την προστασία ιαματικών πηγών σε πολεοδομούμενες περιοχές (ΦΕΚ 35 Β/1999)

Απαιτείται η εκπόνηση υδρογεωλογικής μελέτης που σκοπό έχει την εξακρίβωση τυχόν επηρεασμού των θερμομεταλλικών πηγών προστασίας των υδροφορέων των πηγών. Συνοδεύεται μεταξὺ άλλων από:

- **Γεωλογική χαρτογράφηση** της λεκάνης τροφοδοσίας της κάθε πηγής σε κλίμακα 1:50.000 ή 1:10.000 (ανάλογα με την έκταση και τα χαρακτηριστικά της πηγής) και σε κλίμακα 1:1.000 ή 1:2.000 ή 1:5.000 της πολεοδομούμενης περιοχής που βρίσκεται υδραυλικά ανάντι των πηγών.
- **Υδρολιθολογικό χάρτη** της λεκάνης τροφοδοσίας της κάθε πηγής σε κλίμακα 1:10.000 ή 1:5.000. Στο χάρτη αυτό σημειώνονται οι θέσεις των ερευνητικών γεωτρήσεων και η υδροπερατότητα των γεωλογικών σχηματισμών που διατρήθηκαν.
- **Υδρογεωλογικό χάρτη** της λεκάνης τροφοδοσίας σε κλίμακα 1:10.000 ή 1:5.000. Η χαρτογράφηση αφορά τις συνθήκες υψηλής και χαμηλής στάθμης.
- **Υδροχημική έρευνα** ικανή να δώσει τα απαραίτητα στοιχεία για την υλοποίηση των στόχων της μελέτης.
- **Περιβαλλοντική υδρογεωλογική χαρτογράφηση** της λεκάνης τροφοδοσίας σε κλίμακα 1:10.000 ή 1:5.000 με αξιολόγηση/μετάφραση των χαρακτηριστικών και πληροφοριών σε μεγέθη ρυπαντικής επιδεκτικότητας των σχηματισμών.
- **Χάρτης** κλίμακας 1:50.000 ή 1:10.000 του **υδρογραφικού δικτύου** της **υδρολογικής και υδρογεωλογικής λεκάνης**, με αποτύπωση και των υφισταμένων ή δυνητικών θέσεων και περιοχών ρυπαντικής απειλής.

Η τελική γεωλογική έκθεση συνοδεύεται από τους παρακάτω χάρτες, σχέδια, τομές, φωτογραφίες και διαγράμματα:

- **Γεωλογικό χάρτη** με τις αναγκαίες γεωλογικές τομές της λεκάνης τροφοδοσίας.
- **Χάρτη υδρογραφικού δικτύου**, της **υδρολογικής και υδρογεωλογικής λεκάνης** των πηγών.
- **Υδρολιθολογικό χάρτη** της λεκάνης τροφοδοσίας.
- **Χάρτη υδρογραφικού δικτύου**, της **υδρολογικής και υδρογεωλογικής λεκάνης** των πηγών.
- **Υδρολιθολογικό χάρτη** της λεκάνης τροφοδοσίας.
- **Υδρογεωλογικό χάρτη** της λεκάνης τροφοδοσίας, (για συνθήκες υψηλής και χαμηλής στάθμης).
- **Υδρογεωχημικό χάρτη** της λεκάνης τροφοδοσίας, (για συνθήκες υψηλής και χαμηλής στάθμης).
- **Χάρτη στοιχείων γεωφυσικής έρευνας**, εφόσον πραγματοποιηθεί, σε κλίμακα που ορίζεται από την Υπηρεσία, της λεκάνης τροφοδοσίας.
- **Περιβαλλοντικό υδρογεωλογικό χάρτη** της λεκάνης τροφοδοσίας.
- **Χάρτη ζωνών προστασίας**, ιαματικών πηγών της λεκάνης τροφοδοσίας (Ζώνες υποχρεώσεων και δικαιωμάτων).
- **Χάρτη σημείων ύδατος** που απεγράφησαν για τη μελέτη με τα ειδικότερα τεχνικά, υδρογεωλογικά, υδραυλικά χαρακτηριστικά τους (βάθος, διάμετρος, εξοπλισμός, απολήψεις και πρόγραμμά τους, υδρολιθολογική στήλη και λοιπές συναφείς πληροφορίες).





#### 14.2.4 Προέγκριση χωροθέτησης έργων και δραστηριοτήτων ΚΥΑ 69269/5387/24.10.90 (ΦΕΚ 678B/1990)

Η προέγκριση χωροθέτησης έργων και δραστηριοτήτων αφορά στα απαιτούμενα δικαιολογητικά για:

- **Εγκαταστάσεις διάθεσης** βιομηχανικών αποβλήτων και οικιακών απορριμμάτων, κ.λπ. στερεών αποβλήτων των κατηγοριών ΑΙ και ΑΙΙ της ΚΥΑ, όπου μεταξύ άλλων θα πρέπει να απεικονίζονται τα όρια της λεκάνης απορροής εντός της οποίας βρίσκεται η εγκατάσταση και να συνοδεύονται από γεωλογική έκθεση που περιλαμβάνει υδρογεωλογικά και κλιματολογικά δεδομένα.
- **Γεωλογικό χάρτη** με τις αναγκαίες γεωλογικές τομές της λεκάνης τροφοδοσίας.
- **Εγκαταστάσεις επεξεργασίας** λυμάτων, όπου μεταξύ άλλων θα πρέπει επιπρόσθετα να απεικονίζεται το επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο του αποδέκτη εφόσον ο αποδέκτης είναι χείμαρρος, ρέμα ή ποτάμι
- **Εγκαταστάσεις φραγμάτων ταμιευτήρων και λιμνοδεξαμενών**, όπου μεταξύ άλλων θα πρέπει επιπρόσθετα να απεικονίζονται τα όρια της λεκάνης κατάκλισης και απορροής καθώς και τα υφιστάμενα γεωλογικά ρήγματα συνοδευόμενα από στοιχεία σεισμικότητας της ευρύτερης περιοχής του έργου
- **Αρδευτικά δίκτυα** και λοιπά αρδευτικά έργα
- **Έργα οδοποιίας και σιδηροδρομικές γραμμές**, όπου επιπρόσθετα θα πρέπει να δίνεται συνοπτική περιγραφή των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής του έργου καθώς και των στοιχείων σεισμικότητας της ευρύτερης περιοχής διέλευσης του έργου.
- **Αεροδρόμια**
- **Λιμενικά έργα**

Για τις δραστηριότητες της κατηγορίας ΑΙ που αναφέρονται στη συγκεκριμένοι ΚΥΑ (δυλιστήρια, θερμοηλεκτρικοί και πυρηνικοί σταθμοί, εγκαταστάσεις αποθήκευσης ή οριστικής διάθεσης ραδιενεργών καταλοίπων, μεταλλουργικές βιομηχανίες, χημικές εγκαταστάσεις, εγκαταστάσεις εξόρυξης αμίαντου, κατασκευή αυτοκινητοδρόμων, σιδηροδρομικών γραμμών, αερολιμένων, λιμανιών και εγκαταστάσεις διάθεσης τοξικών αποβλήτων) συντάσσεται πλήρης **Γεωλογικός Χάρτης** σε κλίμακα 1:50.000 με υπόβαθρο το επίσημο φύλλο τοπογραφικού χάρτη της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού.

Επίσης, για το σύνολο των έργων και δραστηριοτήτων απαιτείται η αποτύπωση των υφιστάμενων **γεωλογικών ρηγμάτων** σε χάρτη κλίμακας 1:5.000 με υπόβαθρο το επίσημο φύλλο τοπογραφικού διαγράμματος της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού.

#### 14.2.4 Έγκριση Προδιαγραφών Γεωλογικών Εργασιών μέσα στα πλαίσια των Μελετών Τεχνικών Έργων (ΦΕΚ 29B/1986)

Η **γεωλογική μελέτη** αποτελεί τμήμα των διαφόρων σταδίων της μελέτης οποιουδήποτε τεχνικού έργου. Κατά την εκπόνησή της διερευνώνται θέματα που αφορούν στην **ασφαλή θεμελίωση** των τεχνικών έργων, στις συνθήκες του υπεδάφους στο οποίο προβλέπεται η διάνοιξη υπογείων έργων (π.χ. σήραγγες), καθώς και στην αναζήτηση υλικών κατασκευής.

Οι γεωλογικές ερευνητικές εργασίες είναι δυνατόν να **εκτελεστούν σε διάφορα στάδια**: αναγνωριστικό (προκαταρκτικό), προμελέτη και οριστικό, που το καθένα αποτελεί συνέχεια του προηγούμενου.

Κατά το **αναγνωριστικό στάδιο** γίνεται η συλλογή κάθε είδους πληροφορίας για τη φυσική κατάσταση της υπό εξέταση ζώνης και του ευρύτερου περιβάλλοντός της, οι οποίες επαληθεύονται και συμπληρώνονται με επιτόπου επίσκεψη.

Κατά το **στάδιο της προμελέτης** διενεργείται σειρά ερευνητικών εργασιών με στόχο τη λήψη απόφασης για αποδοχή ή απόρριψη ή και αλλαγή της περιοχής που αρχικά είχε επιλεγεί για την κατασκευή του έργου. Το στάδιο αυτό είναι δυνατό να αποτελεί την πλήρη γεωλογική έρευνα, εάν αφορά μικρές κατασκευές.

Η γεωλογική μελέτη διαχωρίζεται σε δύο φάσεις, διαδοχικές και αλληλοσυμπληρούμενες, την **επιφανειακή** και την **υπόγεια**. Στην πρώτη συντάσσεται ο **γεωλογικός χάρτης**, η λεπτομέρεια, ακρίβεια και κλίμακα του οποίου είναι συνάρτηση του είδους του έργου που μελετάται και της φύσης του εδάφους (γεωλογική δομή

και μορφολογικές συνθήκες). Η δεύτερη φάση αφορά στη **διερεύνηση του υπεδάφους** με περιορισμένο ίσως αριθμό γεωτρήσεων, συλλογή υδρογεωλογικών στοιχείων, καθώς και άλλων γεωτεχνικών στοιχείων σχετικών με το υπέδαφος (φυσικομηχανικές ιδιότητες, βαθμός αποσαθρώσεως και διαρρήξεως, διαβρωσιμότητα κ.λπ.). Τέλος, συντάσσεται πρόγραμμα και προδιαγραφές για την εκτέλεση γεωτεχνικών και γεωφυσικών ερευνών.

Κατά το στάδιο της **οριστικής μελέτης**, κατά το οποίο έχει οριστικοποιηθεί η ακριβής θέση και το είδος του τεχνικού έργου, μελετώνται σε λεπτομερέστερες κλίμακες οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής του έργου και του περιβάλλοντος που τυχόν θα επηρεαστεί από αυτό. Μελετώνται επίσης, με μεγάλη ακρίβεια και με βάση τα στοιχεία της γεωτρητικής και γεωφυσικής έρευνας, οι περιοχές με ιδιαίτερα προβλήματα οι οποίες έχουν εντοπισθεί από τα προηγούμενα στάδια. Οι εργασίες του σταδίου αυτού διαιρούνται σε δύο φάσεις, στις οποίες ενίοτε προστίθεται και η υδρογεωλογική έρευνα.

Στην πρώτη φάση πραγματοποιούνται οι **γεωλογικές εργασίες υπαίθρου** και συντάσσεται ο **τεχνικογεωλογικός χάρτης**, που αποτελεί συμπλήρωση του γεωλογικού χάρτη με τα απαραίτητα γεωτεχνικά στοιχεία. Γενικά, στο χάρτη αυτό απεικονίζονται όλα τα τεκτονικά, στρωματογραφικά, γεωτεχνικά και μορφολογικά στοιχεία της περιοχής (λιθολογικές μονάδες, ρήγματα, ρωγμές, διακλάσεις, τύποι εδαφών και βράχων, φυσικές και μηχανικές ιδιότητες αυτών, εδαφικές κινήσεις όπως κατολισθήσεις, καταπτώσεις, ερπυσμοί, αποκολλησεις του εδάφους, καθιζήσεις). Επίσης σημειώνονται μεταλλεία, φρέατα και εργασίες σε εξέλιξη ή περατωθείσες. Η έρευνα αυτή συμπληρώνεται με τη λήψη δειγμάτων για εργαστηριακούς προσδιορισμούς.

Στην δεύτερη φάση η οποία εστιάζεται στην **υπόγεια έρευνα** εκτελούνται διάφορες ερευνητικές εργασίες όπως ορύγματα, στοές, γεωτρήσεις, γεωφυσικές διασκοπήσεις, υδρογεωλογικές ερευνητικές εργασίες κ.λπ.

Τέλος, η σύνταξη της μελέτης περιλαμβάνει:

- Την ανάλυση των **μορφολογικών χαρακτηρισμών** της περιοχής.
- Τη **γεωλογική δομή** των σχηματισμών που χαρτογραφήθηκαν και τα ιδιαίτερα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά αυτών (π.χ. βαθμός αποσαθρώσεως, διαρρήξεις κ.λπ.).
- Τις **υδρογεωλογικές συνθήκες**.
- Την **τεκτονική ανάλυση** (μακρο και μικροτεκτονική).
- Τη **σεισμικότητα** της περιοχής.
- Τις **τεχνικογεωλογικές συνθήκες**, ανάλογα με τις απαιτήσεις του έργου.
- Χαρακτηριστικές **φωτογραφίες**, σχετικά με τη δομή και τις τεχνικογεωλογικές συνθήκες.
- **Συμπεράσματα** στα παραπάνω στοιχεία, για τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής κατασκευής του έργου, **προτάσεις** αιτιολογημένες για την αντιμετώπιση των ποικίλων προβλημάτων και **πρόγραμμα των παραπέρα ερευνών**.

## 14.3 Μελέτες προς αποφυγή επιπτώσεων στο Νερό

### 14.3.1 Προγράμματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων (ΦΕΚ 1016B/1997)

Η κυρίως μελέτη του σχεδιασμού διαχείρισης αναφέρεται στον **εντοπισμό** και **υπόδειξη** των **επικρατέστερων χώρων** για την εκτέλεση των εργασιών διαχείρισης και εκπονείται σύμφωνα με το πλαίσιο του σχεδιασμού διαχείρισης. Αρχικά προτείνονται για κάθε έργο ή δραστηριότητα τουλάχιστον δύο εναλλακτικοί χώροι και στην συνέχεια ακολουθεί συγκριτική αξιολόγηση και επιλογή της βέλτιστης θέσης που θα αντιστοιχεί για κάθε έργο ή δραστηριότητα διαχείρισης των στερεών αποβλήτων.

Μεταξύ των διαφόρων στοιχείων που πρέπει να αξιολογηθούν είναι και τα **γεωλογικά, υδρογεωλογικά και υδρολογικά** στοιχεία.

Στα γεωλογικά στοιχεία περιλαμβάνεται η αναγνώριση, περιγραφή και τεκμηρίωση του γενικού γεωλογικού καθεστώτος (**γεωλογικής δομής**) της υπό εξέταση περιοχής όπως και των **τεκτονικών συνθηκών** και της **σεισμικότητά** της, με στόχο τον προσδιορισμό του μεγέθους και της σπουδαιότητας των γεωλογικών περιορισμών και δυνατοτήτων της προβλεπόμενης θέσης.

Ο σχολιασμός του γεωλογικού καθεστώτος της ευρύτερης περιοχής του έργου περιλαμβάνει:

- **Λιθολογικά, ορυκτολογικά και στρωματογραφικά** δεδομένα των γεωλογικών σχηματισμών

- **Τεκτονικά ρήγματα** και **σεισμική δραστηριότητα**,
- **Εδαφομηχανικές ιδιότητες**,
- **Εκτίμηση υδροπερατότητας** των γεωλογικών σχηματισμών και **διαπίστωση επαρκούς υδατοστεγανότητας** του χώρου,
- **Βαθμό αποσάθρωσης, καρστικά φαινόμενα** και μελέτη της σχέσης τους με την τεκτονική εξέλιξη,
- **Κατολισθητικά φαινόμενα** και χώροι πιθανών κατολισθήσεων,
- **Αξιολόγηση των γεωλογικών και γεωτεχνικών στοιχείων** (υδρογεωλογική συμπεριφορά των λιθοστρωματογραφικών σχηματισμών),
- **Χρήσεις Γης** για όλο το Νομό.

Τα υδρογεωλογικά και υδρολογικά στοιχεία περιλαμβάνουν τη διερεύνηση των υδρολογικών και υδραυλικών συνθηκών της ευρύτερης και της άμεσης μελετούμενης περιοχής με στόχο τη **διαπίστωση της υδραυλικής σχέσης του έργου με τους υδροφόρους ορίζοντες** της ευρύτερης περιοχής. Η μελέτη ακολουθείται από:

- **Γεωλογικό χάρτη** (κλίμακας 1:50.000 - 1:25.000) όπου αποτυπώνονται όλοι οι λιθοστρωματογραφικοί σχηματισμοί και τυχόν τεκτονικά στοιχεία.
- **Δύο γεωλογικές τομές**, που θα διέρχονται από τον προτεινόμενο χώρο.
- **Υδρολογικό χάρτη** (κλίμακας 1 : 50.000 - 1: 25.000) όπου αποτυπώνονται το υδρογραφικό δίκτυο και οι θέσεις όπου παρατηρείται κατά βάθος διάβρωση.
- Κατά περίπτωση μπορεί να απαιτηθούν και άλλοι Χάρτες.

Μετά την προέγκριση χωροθέτησης ακολουθεί η διαδικασία κατάθεσης της **Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.)**.

Στα περιεχόμενα της Μ.Π.Ε. περιλαμβάνεται η περιγραφή της υπάρχουσας κατάστασης του περιβάλλοντος στην ευρύτερη περιοχή του έργου η οποία περιέχει την περιγραφή του εδάφους και τα γεωλογικά - γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του, το υδάτινο δυναμικό της περιοχής με έμφαση στα υδρολογικά - υδρογεωλογικά στοιχεία τα σχετικά με το έργο (πηγές, υπόγεια και επιφανειακά νερά, ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των νερών περιγραφή λεκανών απορροής) και τα κλιματολογικά, μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής (υγρασία, θερμοκρασία, άνεμοι, ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις). Επίσης αξιολογούνται όλα τα γεωλογικά και υδρογεωλογικά στοιχεία και **αποτυπώνονται σε χάρτες** κλίμακας 1:50.000 - 1:20.000.

### **14.3.2 Υγειονομική ταφή αποβλήτων (Οδηγία 1999/31/Εκ του συμβουλίου της 26ης Απριλίου 1999)**

Η επιλογή της θέσης και ο σχεδιασμός του Χώρου Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων (Χ.Υ.Τ.Α.) πρέπει να γίνονται κατά τρόπο ώστε να **πληρούνται οι αναγκαίες προϋποθέσεις πρόληψης της ρύπανσης του εδάφους και των υπόγειων ή επιφανειακών υδάτων** και να εξασφαλίζεται η **αποτελεσματική συλλογή των στραγγισμάτων** όπως και όποτε απαιτείται. Η προστασία του εδάφους και των υπογείων και επιφανειακών υδάτων μπορεί να επιτυγχάνεται με συνδυασμό τοίχων γεωλογικής απομόνωσης και κάτω στέγασης μεμβράνης όταν ο χώρος ταφής βρίσκεται σε λειτουργία/είναι ενεργός και με συνδυασμό τοίχων γεωλογικής απομόνωσης και άνω στέγασης μεμβράνης όταν είναι ανενεργός/μετά την παύση λειτουργίας του.

Ο τοίχος γεωλογικής απομόνωσης προσδιορίζεται από τις γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες που επικρατούν κάτω από το χώρο ταφής και κοντά σε αυτόν και παρέχει επαρκή ικανότητα εξασθένισης, ώστε να προληφθούν ενδεχόμενοι κίνδυνοι για το έδαφος και τα υπόγεια ύδατα.

### **14.3.3 Εγκατάσταση για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπόγειων, που δεν χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό (ΦΕΚ 1595B/2004)**

Για την έκδοση αυτής της άδειας απαιτείται μελέτη η οποία μεταξύ άλλων πρέπει να περιέχει γεωλογικά στοι-

χεία και γεωλογική χαρτογράφηση του χώρου, στην αντίστοιχη κάθε φορά, κλίμακα.

## **14.4 Μελέτες προς αποφυγή επιπτώσεων στο Περιβάλλον**

### **14.4.1 Τεχνικές προδιαγραφές επιπτώσεων και αποκατάστασής του περιβάλλοντος (ΦΕΚ 820B/1980)**

Οι προδιαγραφές συντάξεως μελετών επιπτώσεων στο περιβάλλον και αντιμετώπισής τους από την έρευνα και εκμετάλλευση λατομείων και μεταλλείων στα δάση και στις δασικές εκτάσεις περιλαμβάνουν την περιγραφή των χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος που μεταξύ άλλων αναφέρονται και τα γεωλογικά στοιχεία της περιοχής. Ειδικότερα, απαιτείται **γεωλογική και κοιτασματολογική χαρτογράφηση**, όπου απεικονίζονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται και το περίγραμμα του κοιτάσματος. Επίσης, πρέπει να δίδεται σε τομή το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής. Ο χάρτης θα είναι σε κλίμακα ανάλογη της έκτασης. Για έκταση μικρότερη των 500στρ. ορίζεται κλίμακα 1:5.000 ή μεγαλύτερη. Για έκταση μεγαλύτερη των **500στρ.** ορίζεται κλίμακα 1:20.000.

### **14.4.2 Προκαταρκτική περιβαλλοντική εκτίμηση και αξιολόγηση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθώς και έγκριση επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στα πλαίσια της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» (ΦΕΚ 552B/2003)**

Στην προμελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αναφέρονται οι γεωλογικές, υδρολογικές και εδαφολογικές συνθήκες της περιοχής.

## Βιβλιογραφία/Αναφορές

- ΦΕΚ 1902B/2007. *Περί Έγκρισης προδιαγραφών για την εκπόνηση Μελετών Γεωλογικής Καταλληλότητας που συντάσσονται στα πλαίσια των μελετών ΓΠΣ-ΣΧΟΟΑΠ*. Αριθμ. Φύλλου 1902, Τεύχος Δεύτερο, 14-9-2007.
- ΦΕΚ 723B/1998. *Περί Έγκρισης προδιαγραφών για την εκπόνηση μελετών γεωλογικής καταλληλότητας στις προς πολεοδόμηση περιοχές*. Αρ. Φύλλου 723, Τεύχος Δεύτερο, 15-7-1998.
- ΦΕΚ 838Δ/1998. *Περί Καθορισμού δικαιολογητικών και διαδικασίας για τη μείωση των αποστάσεων των ιδρυομένων ή επεκτεινομένων κοιμητηρίων*. Αρ Φύλλου 838, Τεύχος Τέταρτο, 23-10-1998.
- ΦΕΚ 35B/1999. *Περί Εγκρίσεων προδιαγραφών για την εκπόνηση υδρογεωλογικών μελετών για την προστασία ιαματικών πηγών σε πολεοδομούμενες περιοχές*. Αρ. Φύλλου 35, Τεύχος Δεύτερο, 26-1-1999.
- ΦΕΚ 678B/1990 - ΚΥΑ 69269/5387/24.10.90. *Περί Κατάταξης έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, περιεχόμενου Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), καθορισμού περιεχομένου ειδικών περιβαλλοντικών μελετών (ΕΠΜ) και λοιπών συναφών διατάξεων, σύμφωνα με το Ν. 1650/1986*. Αρ. Φύλλου 678, Τεύχος Δεύτερο, 25-10-1990.
- ΦΕΚ 29B/1986. *Περί Εγκρίσεων Προδιαγραφών Γεωλογικών Εργασιών μέσα στα πλαίσια των Μελετών Τεχνικών Έργων*. Αρ. Φύλλου 29, Τεύχος Δεύτερο, 11-2-1986.
- ΦΕΚ 1016B/1997. *Περί Κατάρτισης πλαισίου Προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων καθώς και περί Εθνικού Σχεδιασμού διαχείρισης στερεών αποβλήτων*. Αρ. Φύλλου 1016, Τεύχος Δεύτερο, 17-11-1997.
- ΦΕΚ 1595B/2004. *Περί Αδειών εγκατάστασης για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπόγειων, που δεν χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό*. Αρ. Φύλλου 1595, Τεύχος Δεύτερο, 25-10-2004.
- ΦΕΚ 820B/1980. *Περί επικυρώσεως τεχνικών προδιαγραφών επιπτώσεων και αποκαταστάσεως του περιβάλλοντος (αρθρ. 45 παράγραφος 5 Νόμου 998/79)*. Αρ. Φύλλου 820, Τεύχος Δεύτερο, 28-8-1980.
- ΦΕΚ 552B/2003. *Περί της Διαδικασίας προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στα πλαίσια της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*. Αρ. Φύλλου 552, Τεύχος Δεύτερο, 8-5-2003.

# Γλωσσάρι

## A

αδιάβροχο raincoat  
αδρόκοκκος coarse-grained  
αεροφωτογραφία air photo  
αζιμούθιο azimuth  
ακάθαρτα μάρμαρα impure marbles  
ακολουθία sequence  
αλληλεπιδραστικός, διαδραστικός interactive  
αλληλοεπικαλυπτόμενες δομές overlap structures  
αλλούβια alluvial  
αλπικός alpine  
αμφιβολίτης amphibolite  
αναβαθμίδα terrace  
ανάγλυφο relief  
αναλογικός analog  
ανάπτυξη και προσανατολισμός ινωδών ορυκτών fiber lineation  
ανάπτυξη ορυκτών mineral growth  
ανάστροφο ρήγμα reverse fault  
ανδεσίτης andesite  
ανεξίτηλος μαρκαδόρος permanent marker  
ανεστραμμένος overturned  
ανθεκτικός competent  
ανθοδομή flower structure  
ανθρακικό carbonate  
ανοιχτές πτυχές open folds  
αντίκλινο anticline  
άξονας πτυχής fold axis  
αποθέσεις αποκολλήσεων supra-detachment deposits  
αποκόλληση detachment  
απολίθωμα fossil  
απολιθωματοφόρος fossiliferous  
απόλυτο υψόμετρο altitude  
αποσάθρωση weathering  
αρίθμηση δειγμάτων sample numbering  
ασβεστίτης calcite  
ασβεστόλιθος limestone  
άστρωτος massive  
ασύμμετρη πτυχή asymmetric fault  
ασύμμετρο boudinage asymmetric boudinage  
ασυμφωνία unconformity  
ασύμφωνος πλουτωνίτης discordant pluton  
αυλάκωση groove lineation  
αυτόματος σχεδιαστής plotter  
αυτόνομο διανυσματικό αρχείο shapefile  
αφανιτικός aphanitic

## B

βαθόλιθος batholiths  
βαριοπούλα crack hammer  
βασάλτης basalt  
βασικό basic  
βραχομηχανική rock mechanics  
βουνό mountain  
βύθιση plunge  
βωξιτοφόρος bauxitic

## Γ

γάββρος gabbro  
γεωαναφορά georeference  
γεωβάση geodatabase  
γεωγραφικό μήκος longitude  
γεωγραφικό πλάτος latitude  
γεωειδές geoid  
γεωλογική πυξίδα geological compass  
γεωλογική τομή geological cross-section  
γεωλογική χαρτογράφηση geological mapping  
γεωλογικό όριο geological boundary  
γεωλογικό σφυρί geological hammer  
γεωλογικός σχηματισμός geological formation  
γεωλογικός χάρτης geological map  
γεωμετρία τύπου επίπεδο-ράμπα-επίπεδο flat-ramp-flat geometry  
γεωτεκτονική ενότητα geotectonic unit  
γεωτεχνική ενότητα geotechnical unit  
(γεω) τεχνική έκθεση (geo) technical report  
γεώτρηση drill  
γεωφυσική διασκόπηση geophysical prospecting  
γεωχωρική πληροφορία geospatial information  
γκρεμός escarpment, scarp  
γνεύσιος gneiss  
γραμμή, γραμμικό στοιχείο line  
γραμμή προστριβής striation, slicken line  
γραμμική τραβέρσα linear traverse  
γράμμωση lineation  
γράμμωση από διατομή intersection lineation  
γράμμωση από μικροπτύχωση crenulation lineation  
γράμμωση έκτασης stretching lineation  
γρανίτης granite  
γρανοδιορίτης granodiorite

## Δ

δακίτης dacite  
δεδομένα data  
δείγμα sample  
δειγματοληψία sampling  
δευτερογενής secondary  
διάβρωση erosion  
διαγενετική φύλλωση diagenetic foliation ή compaction cleavage



διάγραμμα **Flinn** Flinn diagram  
διάθλαση σχισμού cleavage fanning  
διάκλαση joint  
διαμπερήs penetrative  
διάνυσμα vector  
διάσελο pass  
διατεμνόμενος crosscutting  
δίδυμα duplexes  
διεύθυνση strike, trend  
δίκτυο **Schmidt** Schmidt network  
διορίτης diorite  
δολομίτης dolostone  
δολομιτίωση dolomitization  
δομές **Riedel** Riedel shears  
δομές βράχυνσης shortening structures  
δομές τεταρτημορίων quarter structures  
δομή structure  
Δορυφορικός Ανιχνευτής Στίγματος Global Positioning System

## E

έγκλεισμα inclusion  
εδαφομηχανική soil mechanics  
έκταση stretching  
ελλειψοειδές αναφοράς Datum  
ελλειψοειδές της παραμόρφωσης strain ellipsoid  
ελλειψοειδές των τάσεων stress ellipsoid  
Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 Greek Grid 1987  
ελληνικό τόξο hellenic arc  
ενδιάμεσο intermediate  
ενεργό ρήγμα active fault  
εξοπλισμός gear  
επανάληψη στρωμάτων bed repetition  
επαναπροσανατολισμός reorientation  
επαναπτύχωση refolding  
επαφή contact  
επαφή διείσδυσης πυριγενούς πετρώματος intrusive contact  
επικαλυπτόμενες πτυχώσεις refolding folds  
επικάλυψη overprint  
επίκλυση transgression  
επιφάνεια ολίσθησης slip plane  
επιφάνεια ολίσθησης slip surface  
επώθηση overthrust  
επώθηση δαπέδου floor thrust  
επώθηση οροφής roof thrust  
εργασία υπαίθρου field work  
εργαστήριο laboratory  
ευρύτερη ή γενική γεωλογία regional geology  
Ευρωπαϊκό Datum European Datum 50/ED50  
Ευρωπαϊκό Επίγειο Σύστημα Αναφοράς 1989 European Terrestrial Reference System 89  
ευστατικός eustatic  
εφίπνευση thrust

## Z

ζώνη διάτμησης shear zone  
ζώνη κατακερματισμού damage zone  
ζώνη πάρελξης drag zone  
ζώνη πτυχών-επωθήσεων fold-and-thrust belt  
ζώνη τροφοδοσίας feeder zone

## H

ηλικία age  
ημιορεινό ανάγλυφο semi-mountainous topography  
ηφαιστειακός αγωγός volcanic pipe volcanic plug  
ηφαιστειακός λαιμός volcanic plug  
ηφαίστειο volcano  
ηφαιστειογενές ανάγλυφο volcanic topography  
ηφαιστειοϊζηματογενής volcanosedimentary

## Θ

θαλάσσια φάση marine facies  
θέση δειγματοληψίας sample location  
θήκη pouch  
θραυσιγενής brittle

## I

ιζηματογενής sedimentary  
Ισημερινός Equator  
ισοβαθείς καμπύλες isodeep lines  
ισοκλινείς πτυχές isoclinal folds  
ισοϋψείς καμπύλες (contour lines)  
ιστός fabric  
ιχθυόσχημοι μαρμαρυγίες mica fish

## K

καλέμι chisel  
κανόνας του «V», V rule  
κανονική ή στρωματογραφική επαφή stratigraphic contact  
κανονικό ρήγμα normal fault  
κανονικό ρήγμα μικρής κλίσης low-angle normal fault  
κανονισμοί ασφαλείας safety regulations  
καπέλο hat  
καρότα γεωτρήσεων drill cores  
καρστικό ανάγλυφο karst topography  
καρστικοποίηση carstification  
κατά βάθος διάβρωση linear erosion  
κατακεκλιμένη πτυχή recumbent fold  
κατακλαστικό πέτρωμα κατακλασίτης cataclasite  
κατακόρυφη μετάβαση vertical transition  
κατακόρυφο ρήγμα vertical fault

κατολίσθηση landslide  
κατοπτρική επιφάνεια ρήγματος slickenside  
κεκλιμένος inclined  
Κεντρικός μεσημβρινός central meridian  
Κεντρικός παράλληλος central parallel  
κεραμιδωτή διάταξη tiling  
κιάλια binoculars  
κινηματικοί δείκτες shear-sense criteria  
κινηματικός άξονας kinematic axis  
κλαστικά ιζήματα clastic sediments  
κλαστικό clastic  
κλειστή τραβέρσα με χρήση πυξίδας closed compass traverse  
κλίμακα εμφάνισης outcrop scale  
κλίμακα παρατήρησης observation scale  
κλίμακα χάρτη map scale  
κλίση dip  
κλιτύς slope, flank  
κοιλάδα valley  
κοίτη sill  
κοκκομετρική ταξιθέτηση graded bedding  
κορήματα scree  
κορυφή peak  
κορυφογραμμή crestline  
κράνος helmet  
κρημνός από διαφορεική διάβρωση κατά μήκος ρηγμάτων fault line scarp  
κροκαλοπαγές conglomerate  
κροκαλοπαγές επίκλυσης transgression conglomerate  
κυανοσχιστόλιθος blueschist  
κόννοι κορημάτων alluvial fan

## Λ

λάβα lava  
λακκόλιθος laccolith  
λατομείο quarry  
λαχάρ lahar  
λεκάνη basin  
λεπίωση imbricate thrust  
λεπτόκοκκος fine-grained  
λεπτοστρωματώδης thin-bedded  
λευκοκρατικά ή φελσικά ορυκτά felsic minerals  
λιθολογία lithology  
λιθοστρωματογραφική στήλη lithostratigraphic column  
λογισμικό software  
λούπα magnifier ή hand lens  
λόφος hill

## Μ

μαγματική στρωμάτωση magmatic foliation – layering  
μακροσκοπικός macroscopic  
μαξιλαροειδείς λάβες pillow lavas  
μάργες marls

**μάρμαρο** marble  
**Μειόκαινο** Miocene  
**μελανοκρατικά ή μαφικά ορυκτά** mafic minerals  
**μεσημβρινός** meridian  
**μεσο-στρωματώδης** medium-bedded  
**μετάβαση** transition  
**μεταβασικό** metabasic  
**μετακίνηση μαζών** mass movement  
**μετάλλευμα** ore  
**μεταλλοφόρος** metalliferous  
**μεταλπικό** post-alpine  
**μεταλπικοί σχηματισμοί** post-alpine formations  
**μεταμορφωμένα πετρώματα** metamorphic rocks  
**μεταμορφωμένο** metamorphosed  
**μεταμόρφωση** metamorphosis  
**μετατόπιση** offset  
**Μέτρο γραμμικής παραμόρφωσης** Point scale factor  
**μη-κυλινδρικές πτυχές** sheath folds  
**μη-μεταμορφωμένο** non-metamorphic  
**μητρικό πέτρωμα** parent rock  
**μιγματίτης** migmatite  
**μικροσκοπικός** microscopic  
**μόλασσα** molasse  
**μορφολογία** morphology  
**μορφολογική ασυνέχεια** scarp  
**μορφολογική κλίση** slope  
**μορφοτεκτονικός** morphotectonic  
**μπότες** boots  
**μυλονίτης** mylonite  
**μυλονιτική φύλλωση** mylonitic foliation  
**μυλονιτικός γνεύσιος** mylonitic gneiss

## N

**Νεογενές** Neogene  
**νεοτεκτονικός** neotectonic  
**νηριτικός** neritic

## O

**όλκιμη ζώνη διάτμησης** ductile shear zone  
**όλκιμη παραμόρφωση** ductile deformation  
**όξινο** acid  
**ορεινό ανάγλυφο** mountainous topography  
**ορθή πτυχή** upright fold  
**ορθογνεύσιος** orthogneiss  
**οριζόντιο στρώμα** horizontal bed  
**όριο απόληξης** tip line  
**όρος (το)** mountain  
**ορυκτολογική γράμμωση** mineral lineation  
**ορυκτολογική σύσταση** mineral composition  
**ορυχείο** mine  
**οσμή** smell

οφθαλμώδεις ορθογνεύσιοι augen orthogneiss  
οφιόλιθοι ophiolites

## Π

**Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική απεικόνιση** Universal Transverse Mercator/UTM

**Παγκόσμιο WGS 84** World Geodetic System 1984

**παθητικού χαρακτήρα πτυχές** passive folds

**παλαιομαγνητική** paleomagnetic

**παλαιοντολογία** paleontology

**πανόραμα** panorama

**παραγένεση** paragenese

**παραγνεύσιος** paragneiss

**παράκτιες αποθέσεις** coastal deposits

**παράλειψη στρωμάτων** bed omission

**παράλληλος** parallel, circle of latitude

**παραμόρφωση** deformation

**παράταξη** strike line

**παρατηρήσεις υπαίθρου** field observations

**πάρελξη** drag

**πάχος** thickness

**παχυστρωματώδης** thick-bedded

**πεδινό ανάγλυφο** plane, flat topography

**πεζοπορία** trekking

**περιβάλλον** environment

**περιδοτίτης** peridotite

**πέτρωμα** rock

**πετρώματα ρηξιγενών ζωνών** fault related rocks

**πηλίτης** pelite

**πιεζοσκιά** pressure shadow

**πλάγιες φυλλώσεις χαλαζία** oblique quartz fabrics

**πλαγιοβύθιση** pitch

**Πλειόκαινο** Pliocene

**Πλειοτεταρτογενή** Plio-Quaternary

**πλευρική μετάβαση** lateral transition

**πλουτωνίτης** pluton

**πολύγωνο** polygon

**πορφυρικός** porphyric

**πορφυροκλάστης** porphyroclast

**πρασινοςχιστολιθική φάση** greenschist-facies

**προβολικό σύστημα** Projection system

**προδιαγραφές ασφαλείας** safety requirements

**πρόποδες** foothills

**προσανατολισμένο δείγμα** oriented sample

**προσανατολισμός** orientation

**προστατευτικά γυαλιά** safety goggles

**πρότυπα συμβολής πτυχώσεων** fold interference patterns

**πρότυπο αρχείο** template

**πρωτογενής** primary

**πρωτόλιθος** protolith

**πρωτομυλονίτης** protomylonite

**πτυχές παράλληλες στη διεύθυνση της έκτασης** extension-parallel folds

**πτυχή λόγω επέκτασης (ή διάδοσης) ρήγματος** fold propagation fold

**πτυχή λόγω κάμψεων ρήγματος** fault-bend fold

πτυχοσχισμός crenulation cleavage  
πυρήνας του ρήγματος fault core  
πυριγενή ή μαγματικά πετρώματα igneous rocks  
πυριτιόλιθος chert  
πυροκλαστικές αποθέσεις, pyroclastic deposits  
πυροξενίτης pyroxenite

## P

ραδιολαρίτες radiolarites  
ρέμα stream  
ρευστοποιήσεις liquefaction  
ρήγμα fault  
ρήγμα οριζόντιας ολίσθησης strike-slip fault  
ρήγμα της βόρειας Ανατολίας North Anatolian fault  
ροές λάβας lava flow  
ρυόλιθος rhyolite

## Σ

σακίδιο πλάτης backpack  
σακίδιο ώμου shoulder bag  
σακούλα δείγματος sample bag  
σειρά series  
σεισμικό ρήγμα seismic fault  
σεισμικότητα seismicity  
σερπεντινίτης serpentinite  
σημείο point  
σημείο αναφοράς reference point  
σημείο παρατήρησης observation point  
σκίτσο drawing, sketch  
σκληρός hard  
σουγιάς pocket knife  
σταυρωτή στρώση cross bedding  
στερεοδιάγραμμα stereodiagram  
στίγμα bearing  
στοιβαγμένοι πορφυροκλάστες stacked porphyroclasts  
στρώμα bed  
στρωματογραφία stratigraphy  
στρωματογραφική τομή stratigraphic section  
στρωματογραφικό κενό hiatus  
στρωματόλιθος stromatolite  
στρώση bedding  
στηλοειδής κατάτμηση columnar jointing  
στυλόλιθοι stylolites  
σύγκλινο syncline  
σύμβολα symbols  
σύμπλεγμα μεταμορφωμένου πυρήνα metamorphic core complex  
σύμφωνος πλουτωνίτης concordant pluton  
συνθετική γεωλογική τομή synthetic cross section  
συνθετική λιθοστρωματογραφική στήλη synthetic lithostratigraphic column  
συνιζηματογενής synsedimentary  
Συντελεστής κλίμακας σημείου Point scale factor

συντεταγμένες coordinates  
σύστημα αναφοράς coordinate system  
σχεσιακές βάσεις δεδομένων database  
σχισμός cleavage  
σχισμός αργίλων slaty cleavag  
σχισμός κατά διαστήματα spaced cleavage  
σχιστόλιθος schist  
σχιστότητα schistosity

## T

τεκτονικά ή ιζηματογενή μείγματα melange  
τεκτονική tectonics  
τεκτονική δομή tectonic structure  
τεκτονική επαφή tectonic contact  
τεκτονική λεκάνη ή τάφος graben  
τεκτονική μεταφορά tectonic transport  
τεκτονικό κέρασ horst  
τεκτονικός ίππος horse  
Τεταρτογενής Quaternary  
τετράδιο σημειώσεων υπαίθρου field book  
τηλεπισκόπηση remote sensing  
τοπική γεωλογία local geology  
τοπογραφία topography  
τοπογραφικό διάγραμμα topographic diagram  
τοπογραφικό υπόβαθρο topographic background  
τοπογραφικός χάρτης topographic map  
τουρβιδίτης turbidite  
τόφφοι - τοφίτες tuff - tuffite  
τραβερίνης travertine  
τριγωνικές επιφάνειες triangular facets  
τύπος καταγραφής δεδομένων data formats

## Υ

υδρογεωλογικός χάρτης hydrogeological map  
υδρογραφικό δίκτυο drainage network  
υδρογονάνθρακες hydrocarbons  
υδρολιθολογικός hydrolithological  
υδροπερατότητα permeability  
υδροφόρος ορίζοντας aquifer  
υδροχλωρικό οξύ hydrochloric acid  
ύελος glass  
υπερβασικό ultrabasic  
υπερκείμενο overlying  
υπερκείμενο ρηξιτέμαχος hanging wall  
υπερμυλονίτης ultramylonite  
υπόβαθρο basement  
υποκείμενο underlying  
υποκείμενο ρηξιτέμαχος footwall  
υπόμνημα legend, key  
υφή texture

## Φ

φαράγγι canyon  
φάση facies  
φάση μεταμόρφωσης metamorphic facies  
φλέβα vein, dike  
φλύσσης flysch  
φορά μέγιστης κλίσης dip direction  
φυλλίτης phyllite  
φυλλιτικός σχισμός phyllitic cleavage  
φύλλωση foliation  
φύλλωση κατ' αξονικό επίπεδο axial plane foliation  
φυσικές καταστροφές natural disasters  
φυσικοί πόροι natural resources  
φωτεινότητα και λάμψη lustre  
φωτογραφική μηχανή camera

## X

χαλαζίας quartz  
χαλαζιοαστριούχα quartzofeldspathic  
χαλαζίτης quartzite  
χαράδρα gorge  
χάρτης μορφολογικών κλίσεων slope map  
χαρτογράφηση (απομονωμένων) εμφανίσεων exposure mapping  
χαρτογράφηση επαφών contact mapping  
χαρτογράφηση σε συγκεκριμένη όδευση traverse mapping  
χαρτογραφήσιμος mappable  
χαρτογραφικές μονάδες map units  
χερσαία ή ηπειρωτική φάση continental facies  
χρήση γης land use  
χρώμα colour

## Ψ

ψαμμίτης sandstone  
ψηφιακό μοντέλο ανάγλυφου Digital Elevation Model (DEM)  
ψηφιακός digital  
ψηφιδωτό αρχείο raster  
ψυγμένο περιθώριο chilled margin