

## Κεφάλαιο 5:

# Τοπογραφικοί χάρτες και μορφολογικές δομές αναγλύφου

### Σύνοψη

Οπως 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 σηράγγων, ρυμοτομικά σχέδια, όρια ιδιοκτησιών και τεχνικών έργων.

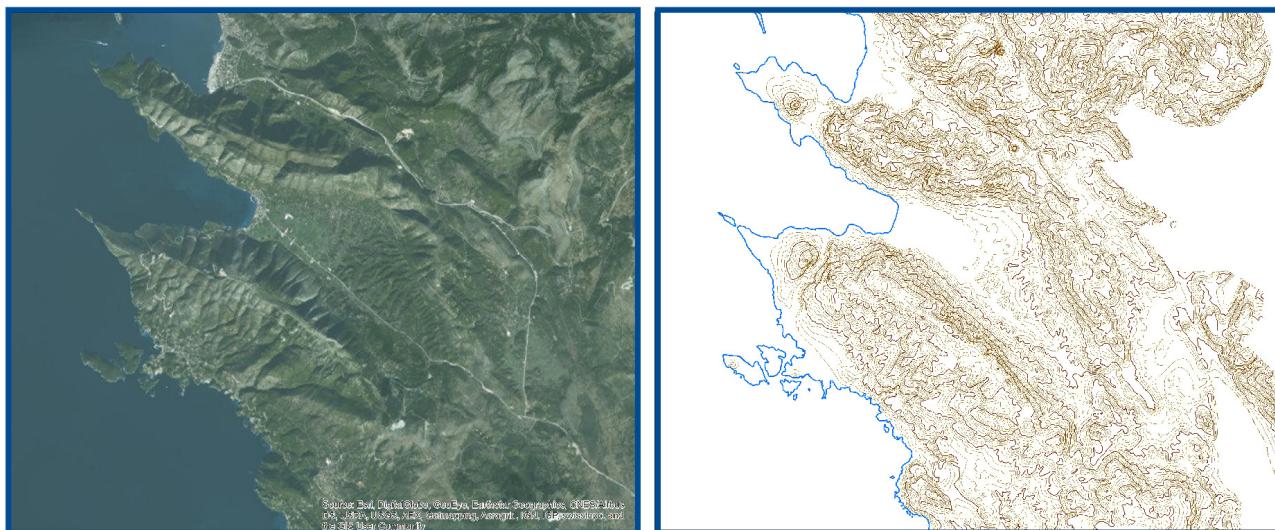
Οι μετρήσεις ή παρατηρήσεις στις τοπογραφικές εργασίες εκτελούνται με τη βοήθεια **τοπογραφικών οργάνων**, απλών ή σύνθετων, ανάλογα με το είδος της εργασίας και είναι συνήθως μετρήσεις αποστάσεων, διευθύνσεων, γωνιών και υψομετρικών διαφορών. Με τη βοήθεια των σημείων αναφοράς με γνωστές συντεταγμένες, 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 πολυπλοκότερα προβλήματα, ταχύτητα στους υπολογισμούς και στη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων.

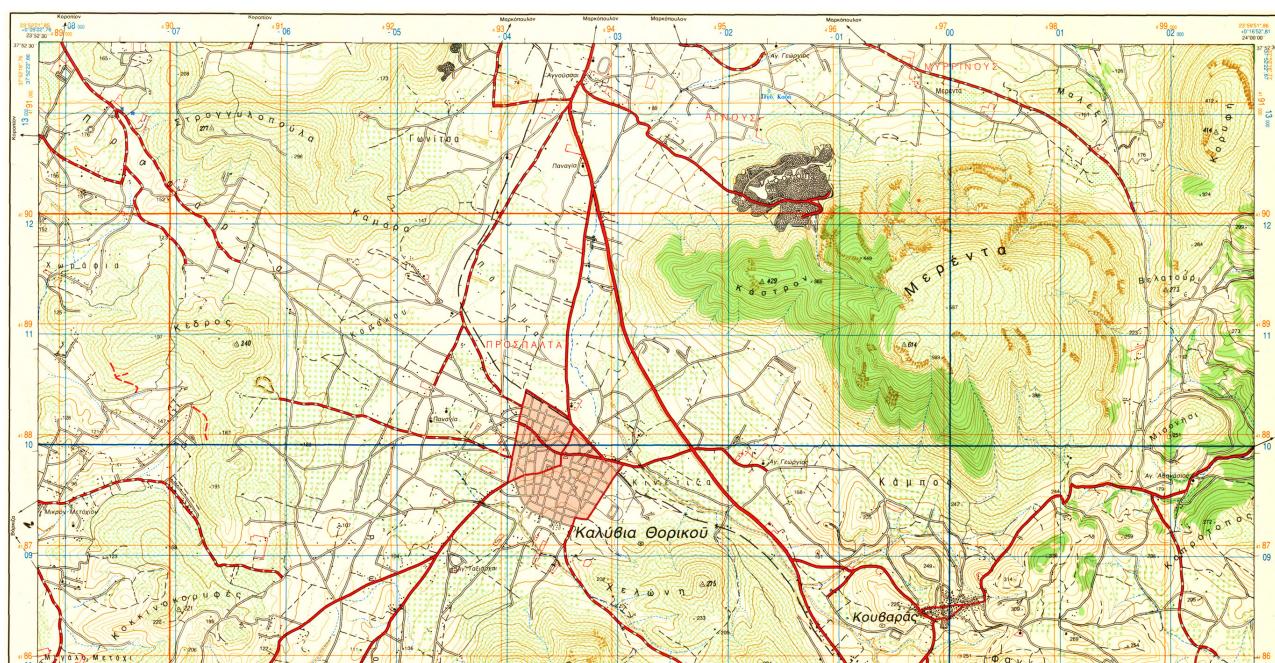
Η απόδοση σε χάρτη ή διάγραμμα ακολουθεί βασικές αρχές, γνωστές στην επιστήμη της Χαρτογραφίας. Στις περιπτώσεις γραφικής απόδοσης, αυτή γίνεται με τη βοήθεια **σχεδιαστικών οργάνων** «με το χέρι» ή αυτόματα μέσω των αυτόματων σχεδιαστών (plotters) διαθέτοντας φυσικά την απαραίτητη υποδομή σε υπολογιστικά 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 οριζόντιογραφική 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.



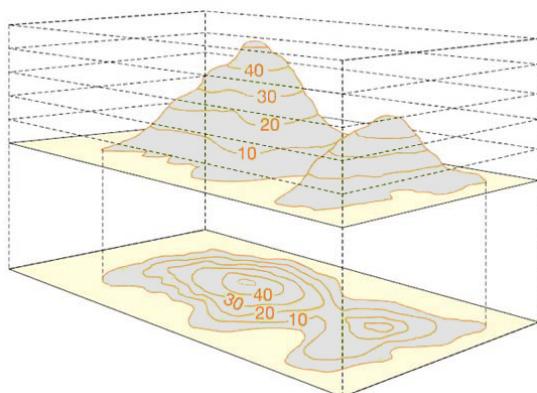
**Εικόνα 5.2** Τμήμα τοπογραφικού χάρτη φύλλο «Κερατέα», κλίμακας 1:25.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού.

Στα επόμενα κεφάλαια θα γίνει μια προσπάθεια να περιγραφούν οι βασικές μορφές του αναγλύφου, η ορο-

λογία 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

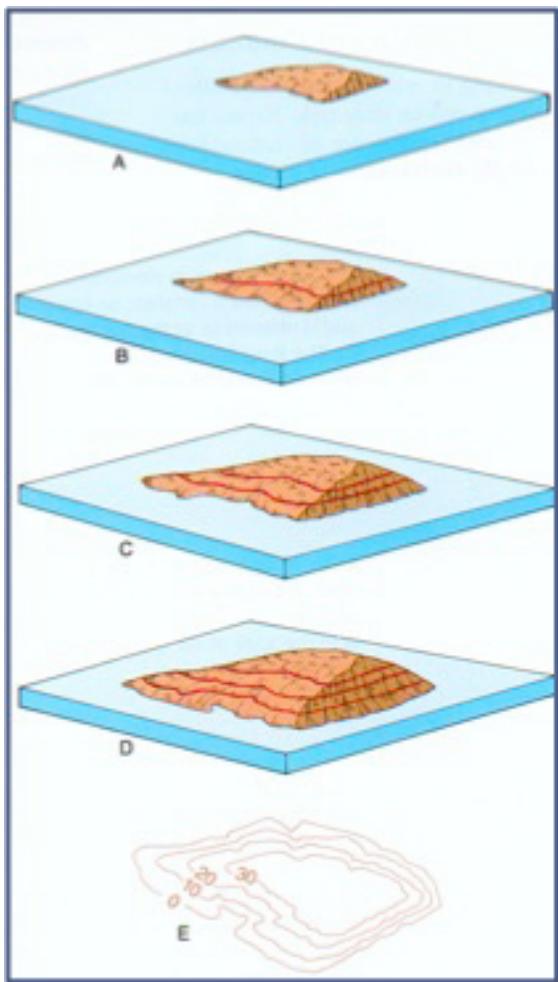
Ο τοπογραφικός χάρτης, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι η αποτύπωση της επιφάνειας της γης στο οριζόντιο επίπεδο, υπό κλίμακα (Εικ. 5.1). Η απεικόνιση του αναγλύφου γίνεται μέσω των **ισοϋψών καμπυλών** (contour lines), οι οποίες είναι κλειστές καμπύλες γραμμές, που ενώνουν σημεία ίδιου υψομέτρου. Οι ισοϋψείς καμπύλες προκύπτουν από την τομή της επιφάνειας του εδάφους με ισαπέχοντα οριζόντια επίπεδα (Εικ. 5.3). Η ακτογραμμή αποτελεί μια φυσική ισοϋψη 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**.



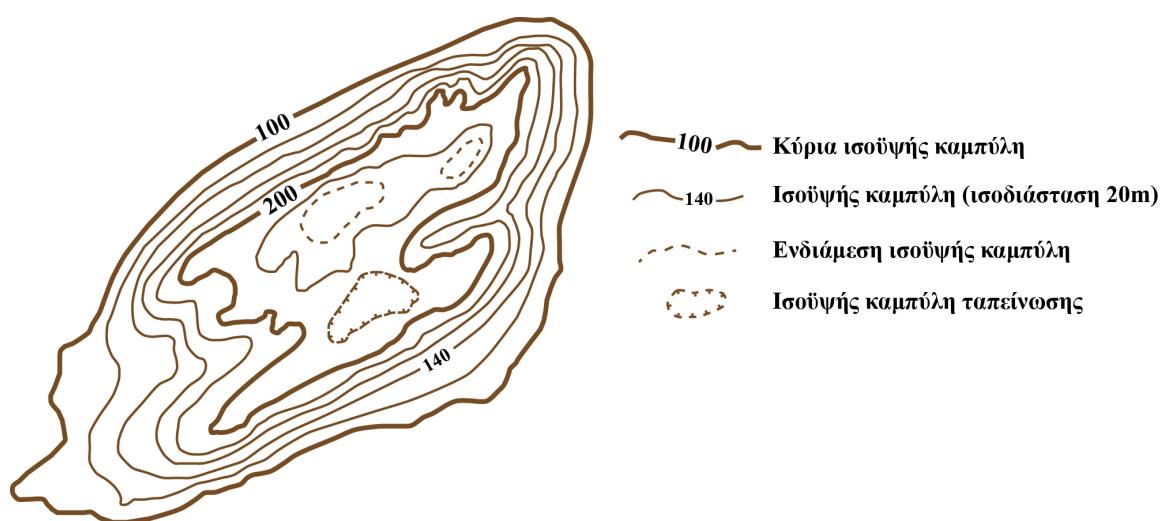
**Εικόνα 5.3 Διατομές μικρής μορφολογικής έξαρσης με οριζόντια επίπεδα διαφορετικών υψομέτρων.**

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 ταπείνωσης** 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 ταπείνωσης είναι μικρότερο κατά μια ισοδιάσταση, από το υψόμετρο της συνήθους ισοϋψούς που τις περιβάλλει.

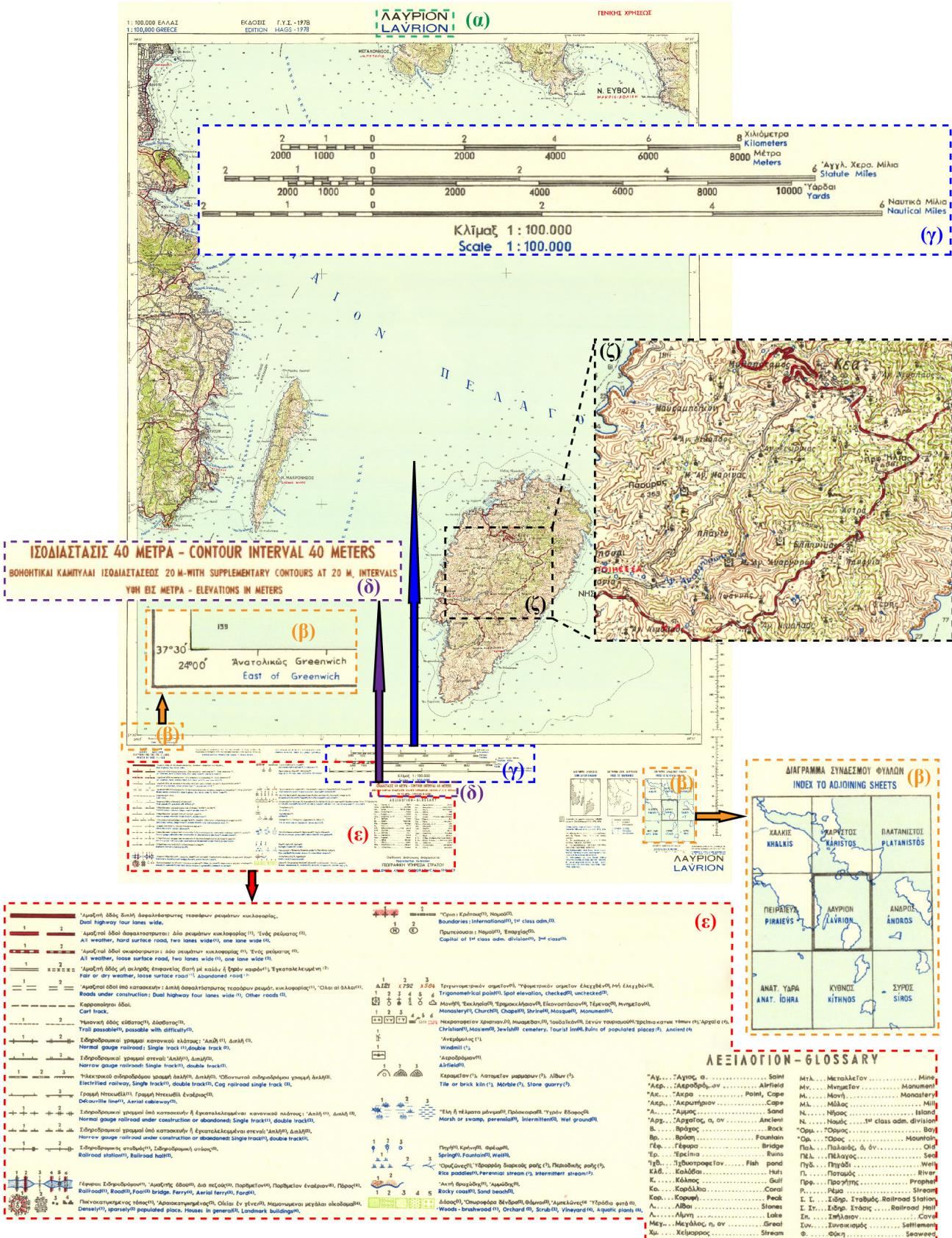


**Εικόνα 5.4 Δημιουργία ισοϋψών καμπυλών στην περίπτωση ενός νησιού. Η ακτογράμμη έχει το ίδιο υψόμετρο 0m σε όλο το νησί, επομένως αποτελεί την ισοϋψή των 0m (α). Εάν πέσει η στάθμη της θάλασσας κατά 10m, δημιουργείται νέα ακτογράμμη με υψόμετρο 0m, ενώ η παλαιά αποκτά υψόμετρο 10m. Και οι δύο αυτές ισοϋψεις καμπύλες δίνουν το σχήμα του νησιού σε αντά 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 ισοϋψεις είναι κατά μία έννοια ένας τοπογραφικός χάρτης.**



**Εικόνα 5.5 Ισοϋψεις 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

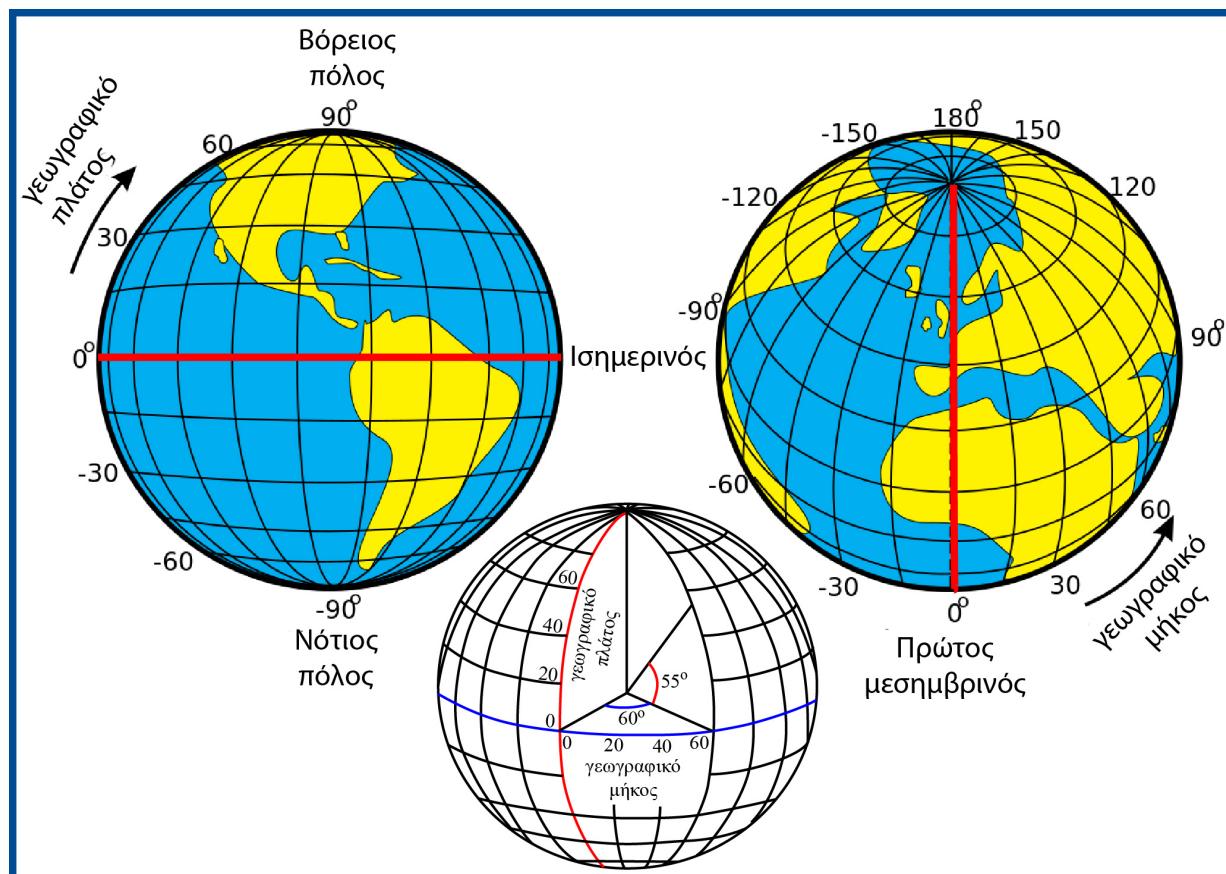
διαβάζεται), (β) τη σύνδεσή του με τους γειτονικούς τοπογραφικούς χάρτες που γίνεται με τις συντεταγμένες των άκρων του και με τη θέση του φύλλου ως προς το σύνολο των φύλλων της ευρύτερης περιοχής σύμφωνα με το σύστημα αναφοράς και (γ) με τουλάχιστον ένα σύστημα αναφοράς - συντεταγμένων (coordinate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

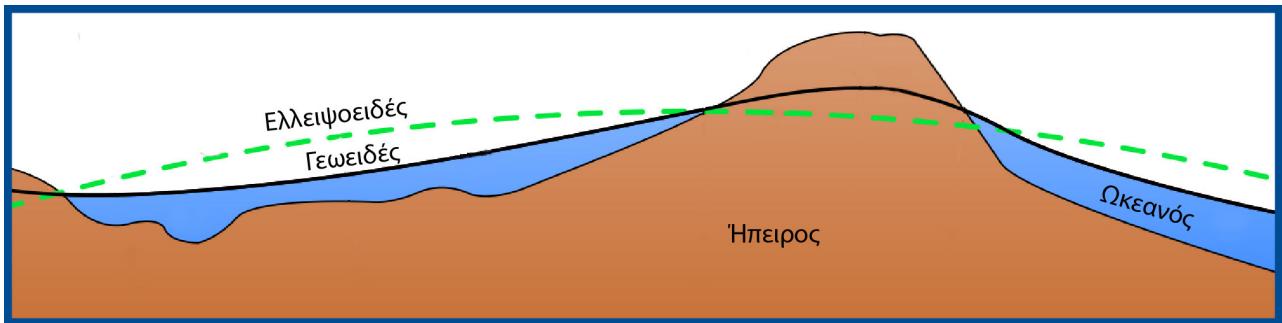
Έτσι, η θέση κάθε σημείου στην επιφάνεια της γης (Εικ. 5.7) ορίζεται από το γεωγραφικό του μήκος (longitude) που ισούται με τη γωνία που σχηματίζει η θέση του σημείου προς τα ανατολικά ή δυτικά με τον πρώτο μεσημβρινό (π.χ.  $50^{\circ}$ E) και το γεωγραφικό του πλάτος (latitude) που ισούται με τη γωνία που σχηματίζει η θέση του σημείου προς τα βόρεια ή νότια με τον Ισημερινό (π.χ.  $40^{\circ}$ N). Το σημείο με γεωγραφικές συντεταγμένες  $37^{\circ}$ B και  $23^{\circ}$ 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 τόμη 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.

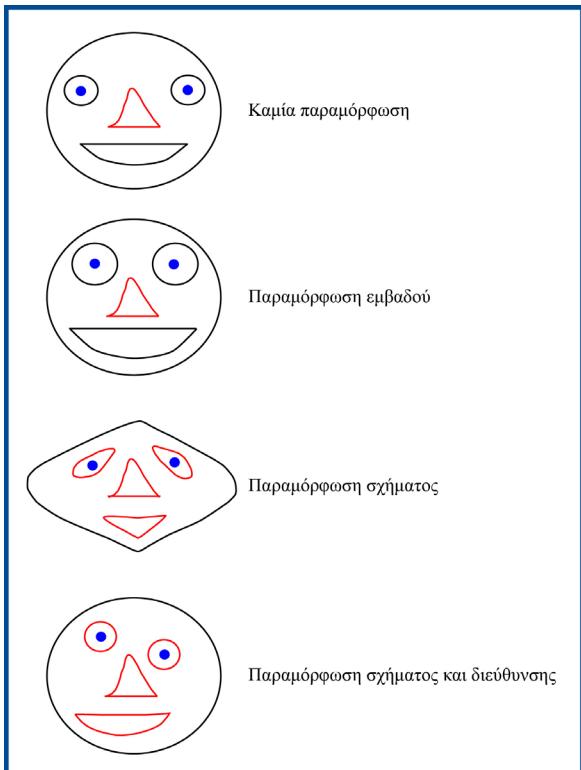
Τα **Προβολικά Συστήματα** επιτρέπουν τη χαρτογραφική απεικόνιση σημείων του ελλειψοειδούς ή της σφαιράς στο επίπεδο, έτσι ώστε να υπάρχει αμφιμονοσήμαντη αντιστοιχία. Η διαδικασία μετασχηματισμού των φ, λ (πλάτος, μήκος) σε x, y (καρτεσιανές συντεταγμένες) περιγράφεται από μαθηματικές σχέσεις. Η επιλογή 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<sub>0</sub>)**: 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° - 200.000m για ζώνες εύρους 3°).
- **False Northing (N<sub>0</sub>)**: 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: (α) γεωγραφικές ( $\phi, \lambda$ ) και (β) 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 ισαπέχουνσα 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  $24^{\circ}$  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 ελέγχουν, 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 πλοιόγηση. 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:

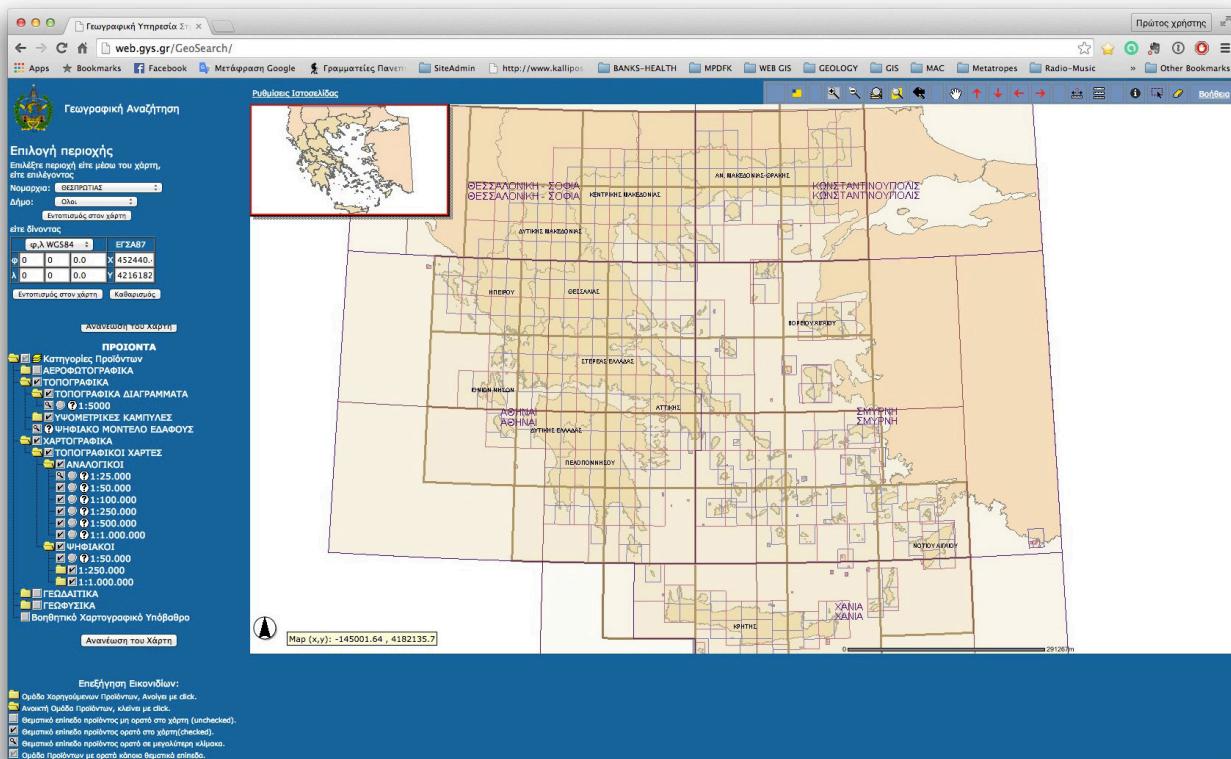
- **Μεγάλης κλίμακας** (μεγαλύτερη από 1:100.000, δηλαδή 1:10.000, 1:20.000, 1:25.000, 1:50.000 έως 1:100.000).
- **Μεσαίας κλίμακας** (μεγαλύτερη από 1:500.000 και μικρότερη από 1:100.000, δηλαδή 1:200.000, 1:250.000, 1:400.000).
- **Μικρής κλίμακας** (μικρότερη από 1:500.000, δηλαδή 1:500.000, 1:1.000.000,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

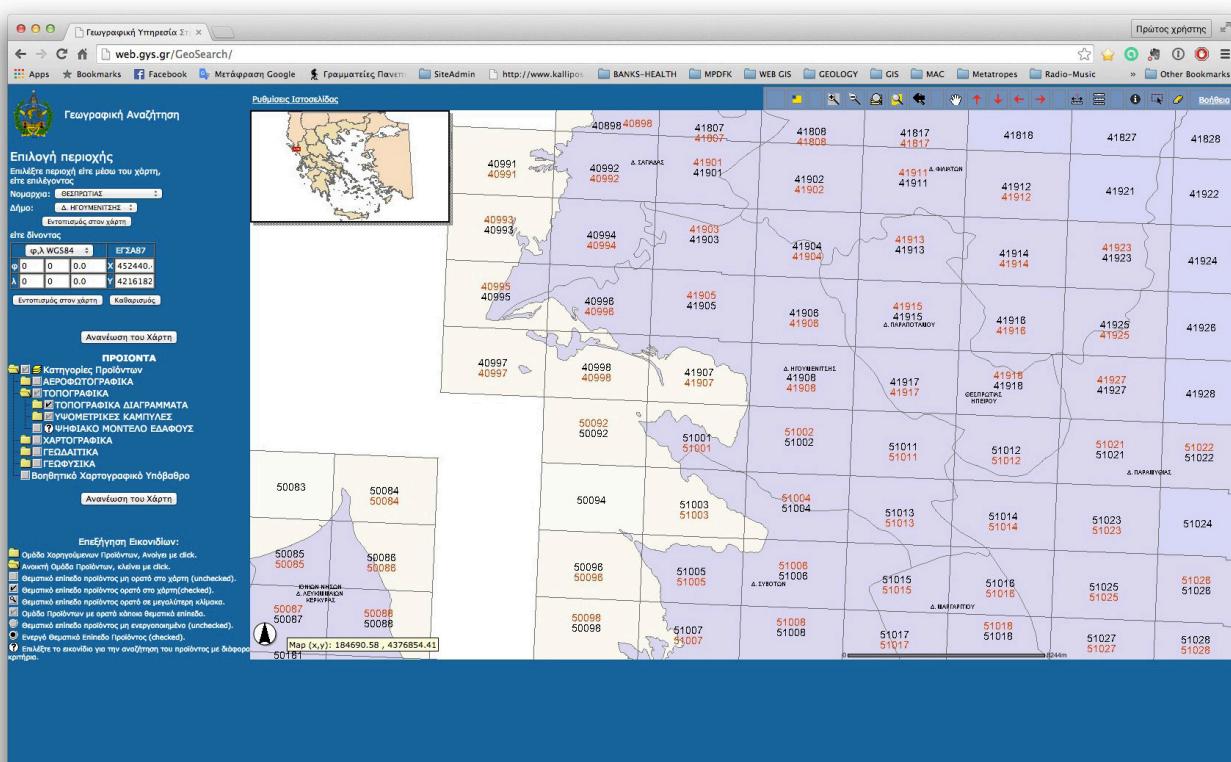
**Ισοδιάσταση.** Η ισοδιάσταση του χάρτη είναι η υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών ισούψων, π.χ. ισοδιάσταση 20m σημαίνει ότι οι ισούψεις είναι σχεδιασμένες ανά 20m (Εικ. 5.6.δ).

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 ισούψων 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.gvs.gr](http://www.gvs.gr)).



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

Κλίμακα	Ψηλές ορεινές περιοχές $\alpha_{\max} = 45^\circ$		Λοφώδεις και ημιορεινές 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 των αναγλύφων ( $a_{\max}$  = η μέγιστη κλίση των αναγλύφων 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 απεικονίζει 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.

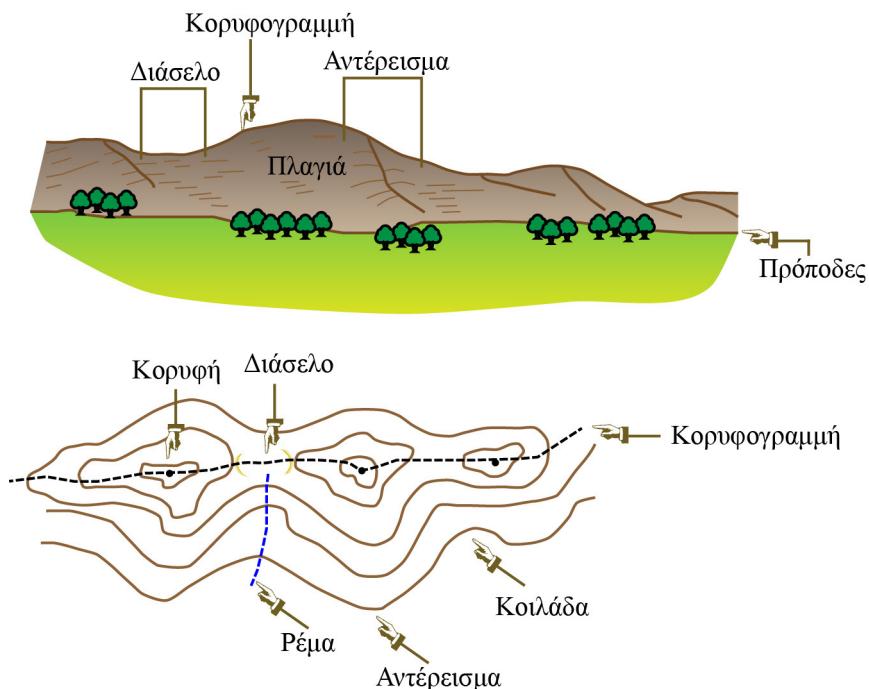
Στην περίπτωση που η κλίμακα που απαιτείται για τη γεωλογική χαρτογράφηση είναι τέτοια που δεν υφίσταται τοπογραφικό διάγραμμα, τότε γίνεται σμίκρυνση του αμέσως πιο κοντινού σε κλίμακα διαγράμματος που έχει τη μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

### 5.3 Ορολογία αναγλύφου

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

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 δειξει 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 ισούψεις 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 ρόχη.
- **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.
- **Αντέρεισμα:** 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 κλίτεις.
- **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.

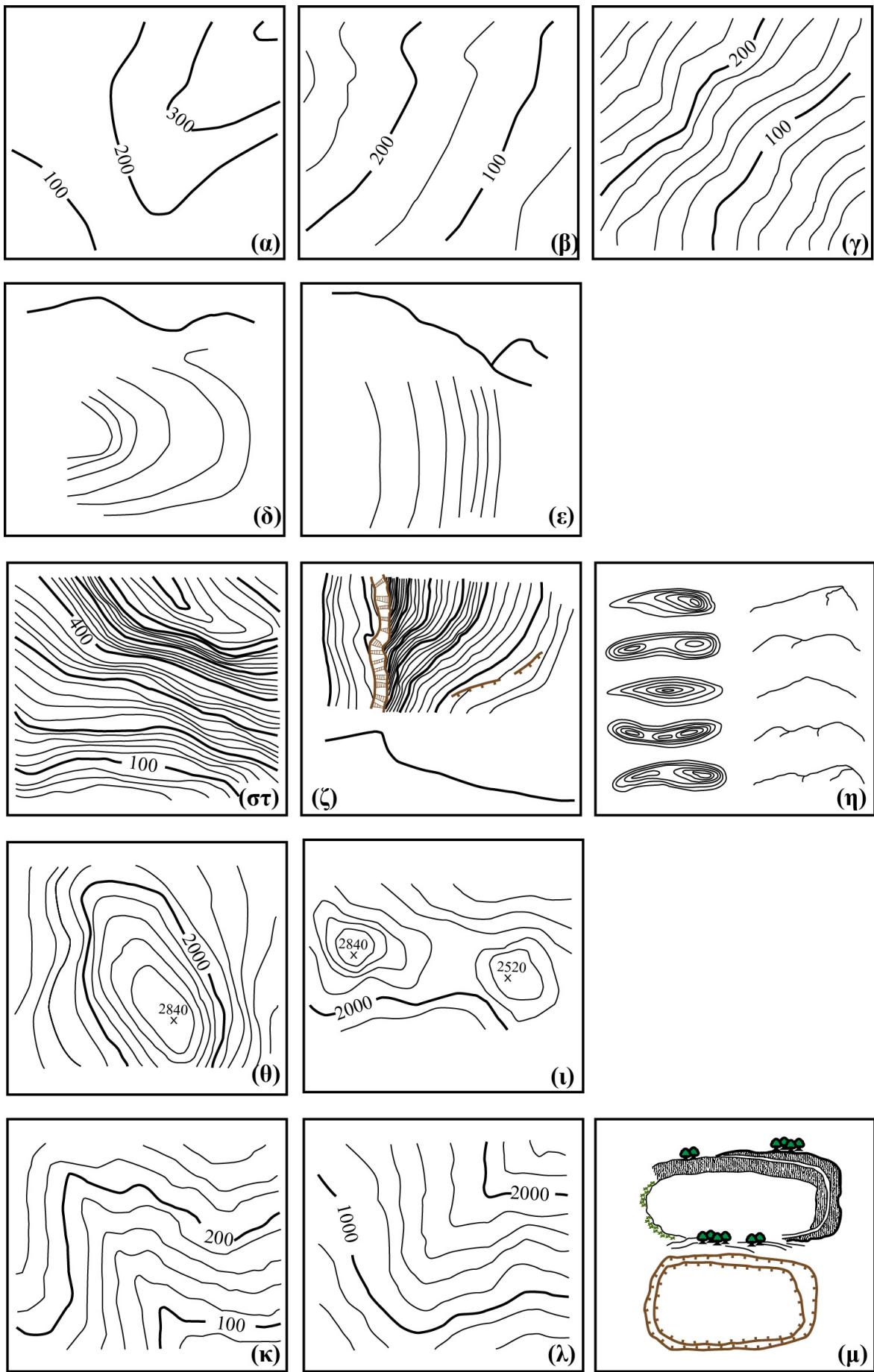
Οι κοίλες πλαγιές αποτυπώνονται διαφορετικά από τις κυρτές, όπως φαίνεται στις εικόνες 5.13.δ&ε αντίστοιχα.

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.

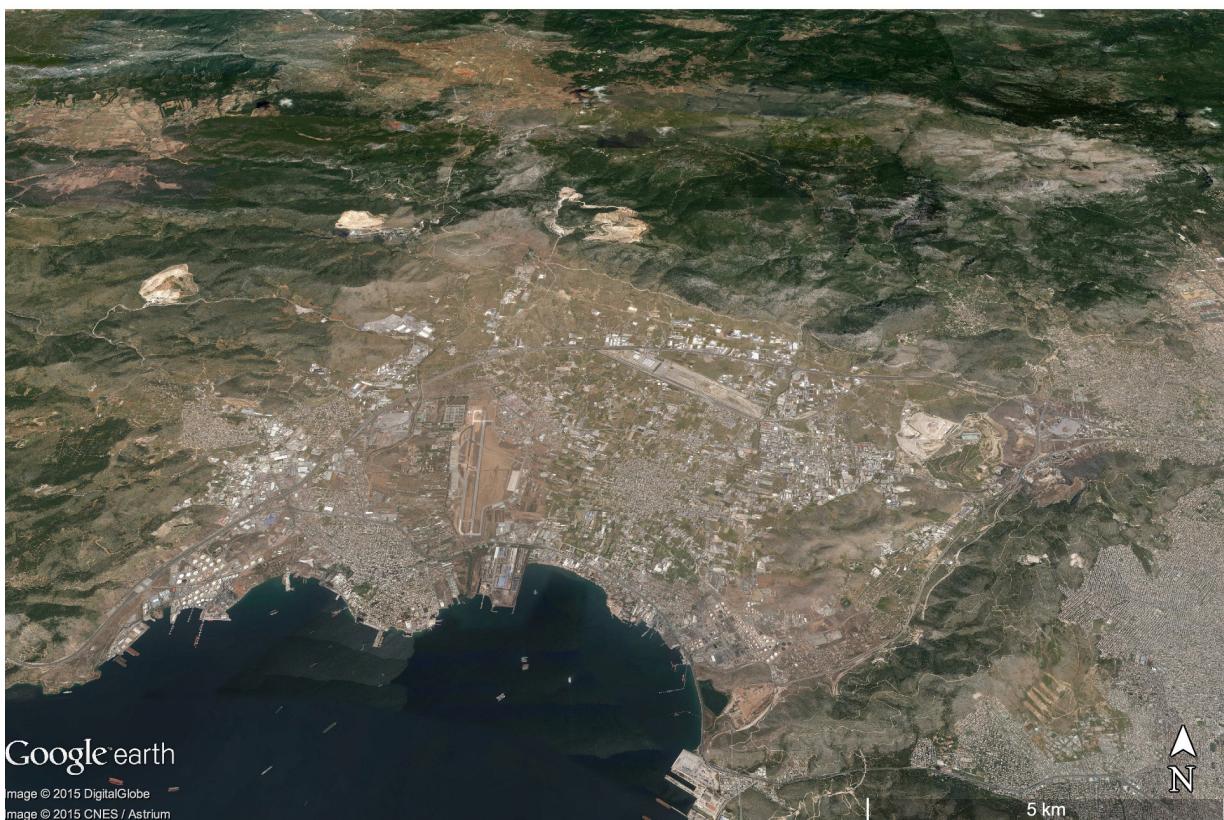
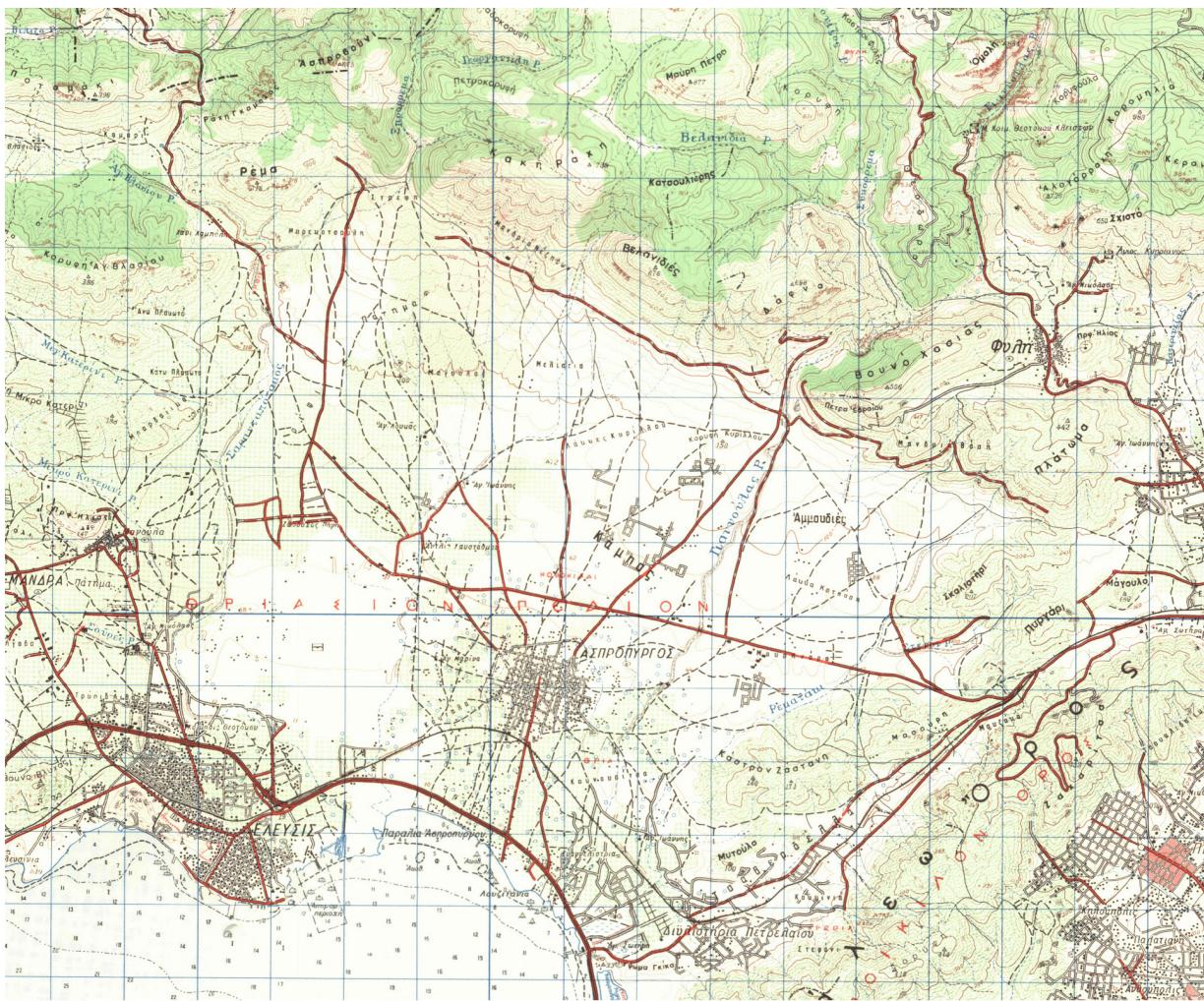
Η αριθμητική έκφραση της μορφολογίας δίνεται με το **μέτρο της μορφολογικής κλίσης** (επί τοις εκατό ή σε μοίρες) που υπολογίζεται από την υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο σημείων διά της απόστασής τους στον χώρο.

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  $0^{\circ}$ - $50^{\circ}$ , **σχετικά ομαλή με μικρές κλίσεις** όταν αυτές δεν υπερβαίνουν τις  $15^{\circ}$ , **απότομη ή με μεγάλες κλίσεις** όταν αυτές ανέρχονται μέχρι τις  $35^{\circ}$ - $40^{\circ}$  και **απόκρημνη** όταν οι μορφολογικές κλίσεις υπερβαίνουν τις  $40^{\circ}$ - $45^{\circ}$ .

- 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 κατανεμημένες ισοϋψείς αναπαριστούν μια **κοιλάδα ή διάσελο** ανάμεσα σε δύο περιοχές υψηλότερου υψομέτρου (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 ταπείνωσης** (Εικ. 5.13.μ).



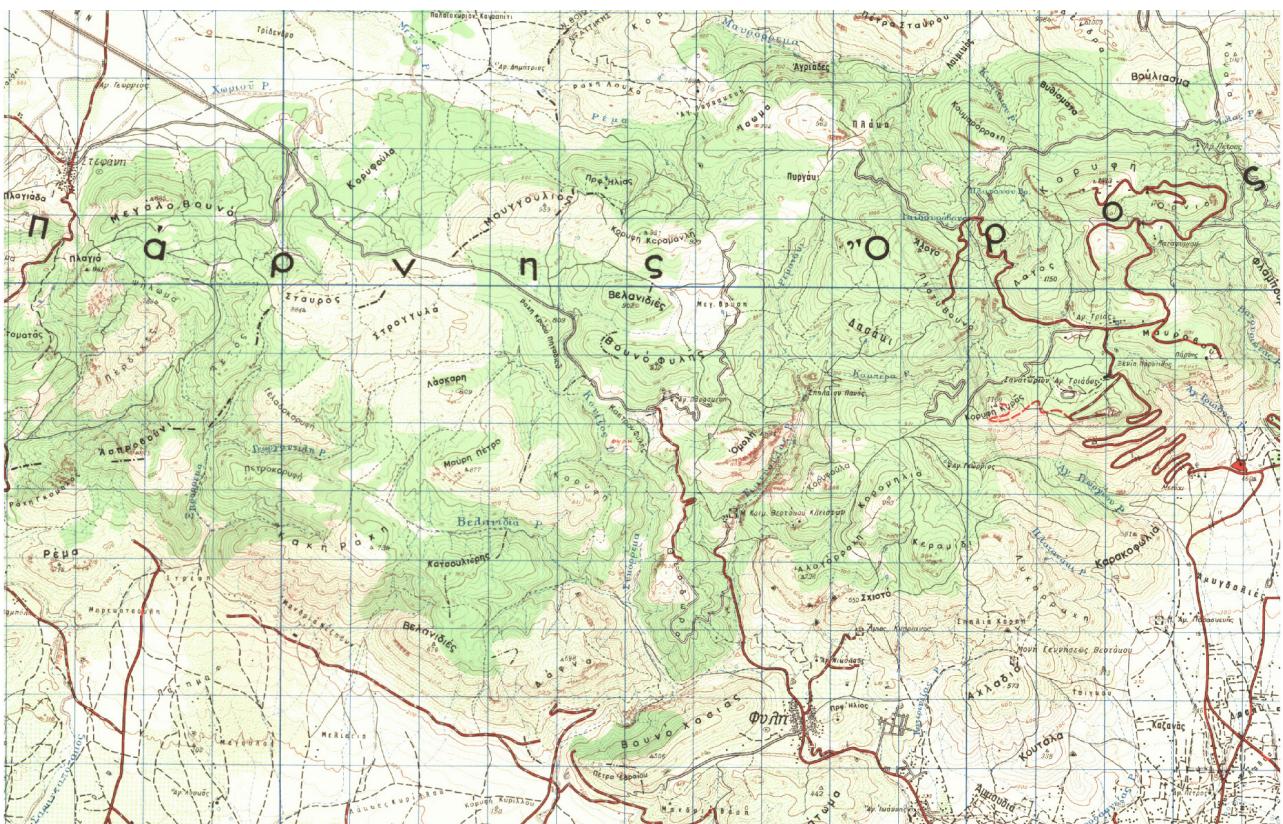
Εικόνα 5.13 Τοπογραφικές απεικονίσεις χαρακτηριστικών αναγλύφων.



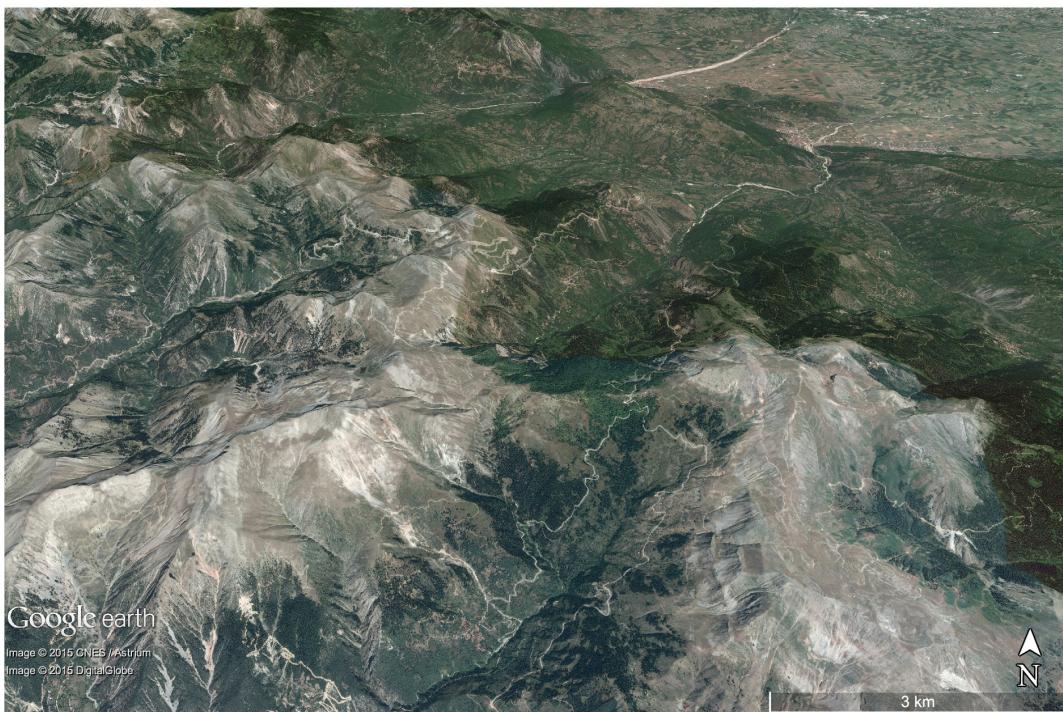
**Εικόνα 5.14** Πεδινό ανάγλυφο στην περιοχή της Ελευσίνας στην Αττική, όπως αποτυπώνεται σε τοπογραφικό χάρτη (επάνω εικόνα) και σε δορυφορική εικόνα από το Google Earth Pro (κάτω εικόνα).



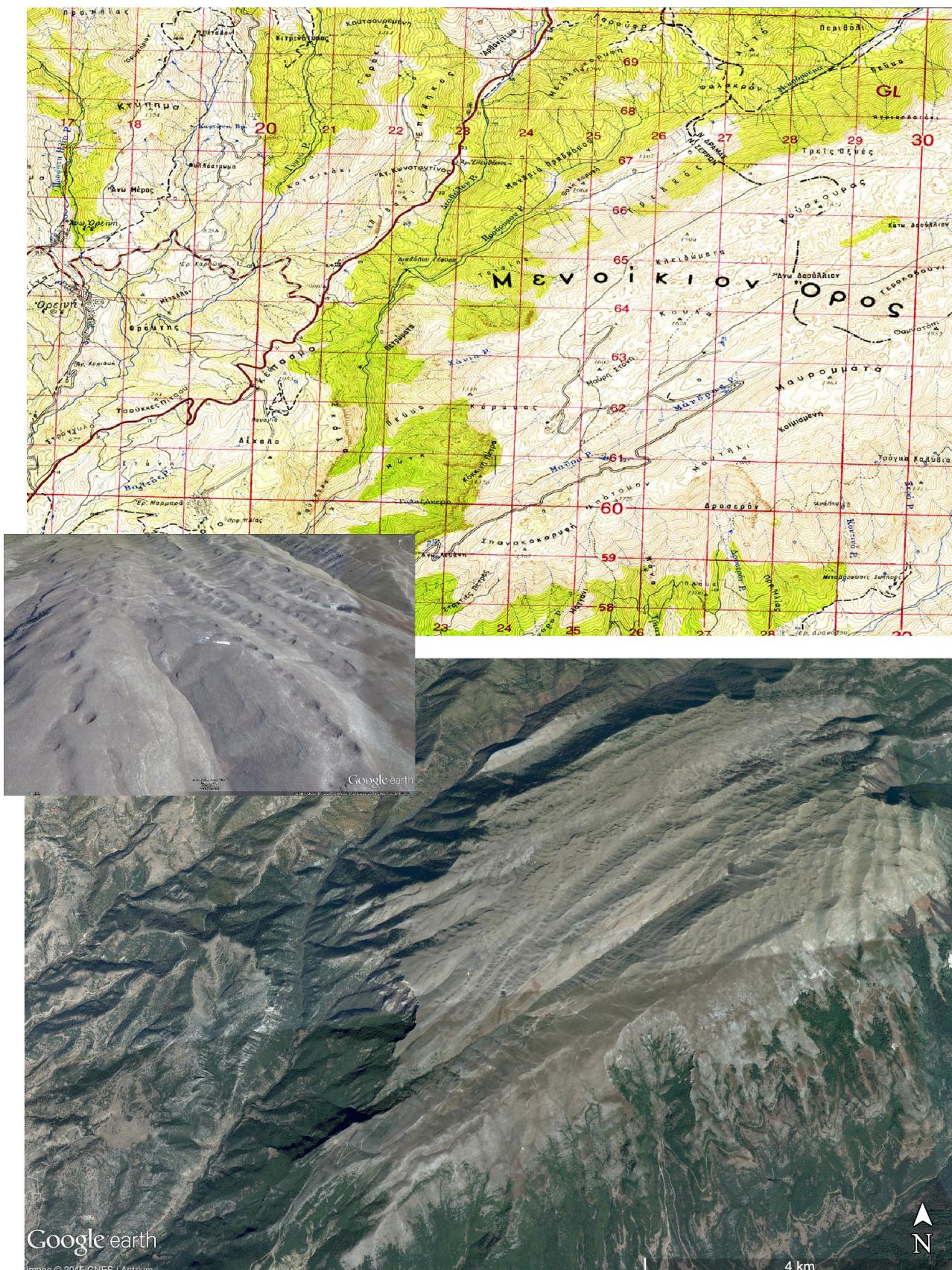
**Εικόνα 5.15** Λοφώδες ανάγλυφο στην περιοχή μεταξύ Γραμματικού και Μαραθώνα στην Αττική, όπως αποτυπώνεται σε τοπογραφικό χάρτη (επάνω εικόνα) και σε δορυφορική εικόνα από το Google Earth Pro (κάτω εικόνα).



**Εικόνα 5.16** Ήμιορεινό ανάγλυφο στην περιοχή των 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 Διδύμων 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  $5^{\circ}$ , οι δε ισοϋψεις 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 ισοϋψεις 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.