

4. Απλά κεκλιμένα στρώματα



1. Γενικά	34
2. Μορφές εμφανίσεων γεωλογικών σχηματισμών - Ο κανόνας του «V»	37
3. Χάρτης απλών κεκλιμένων στρωμάτων	40
4. Γεωλογική τομή	41
5. Γεωλογική εξέλιξη της περιοχής του χάρτη	46

1. Γενικά

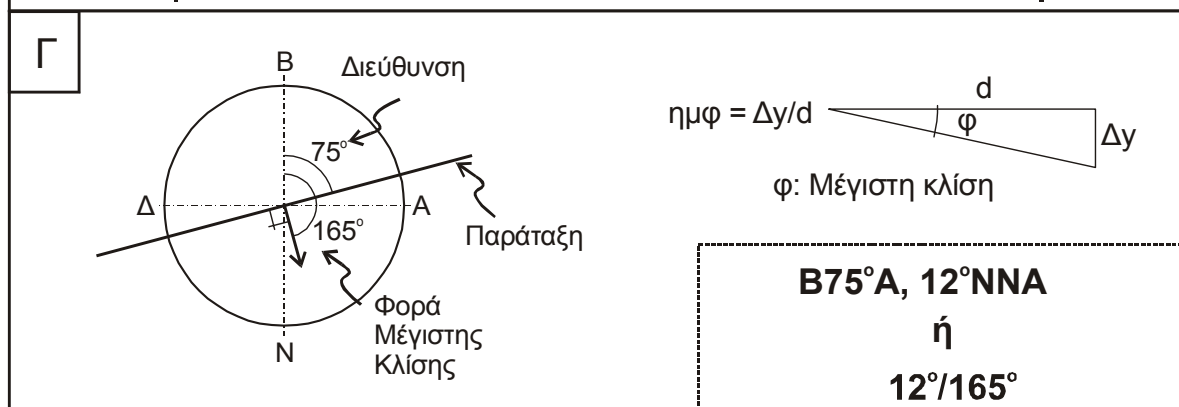
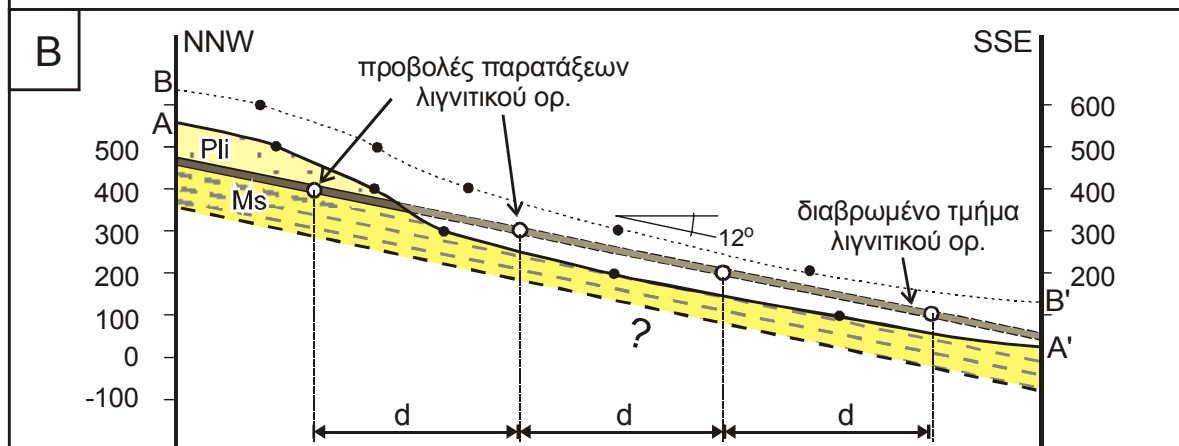
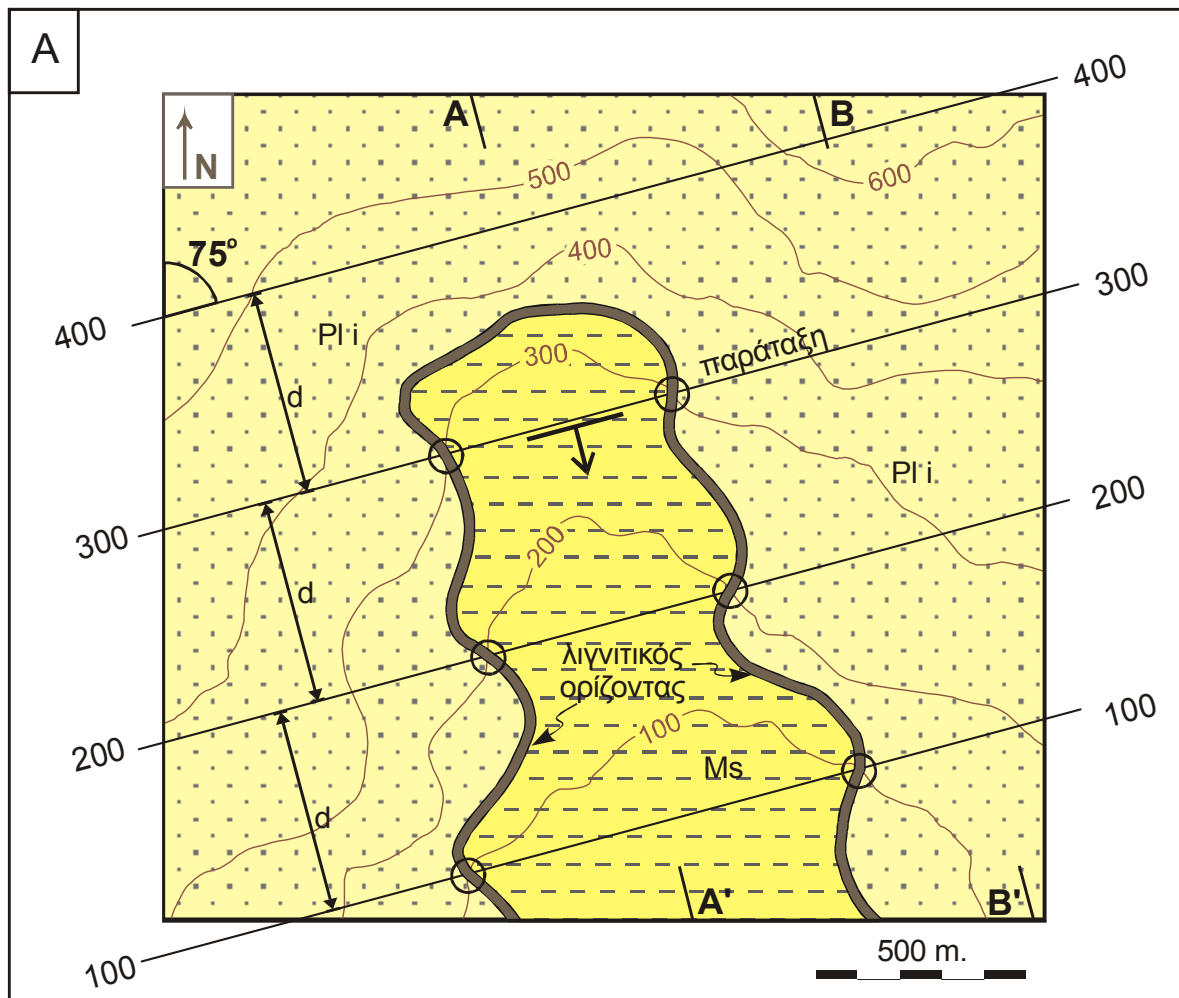
Με τον όρο **απλά κεκλιμένα στρώματα** εννοούμε μια ακολουθία ιζηματογενών σχηματισμών τα οποία εμφανίζονται με κάποια κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο, χωρίς να έχουν υποστεί άλλου είδους διατάραξη ή παραμόρφωση. Πρόκειται για μια αρκετά συνηθισμένη περίπτωση, για τη μελέτη της οποίας χρειάζεται να αναφέρουμε μερικές βασικές αρχές και τεχνικές, οι οποίες στην πορεία θα μας φανούν χρήσιμες και σε πολλές άλλες περιπτώσεις.

Γνωρίζουμε ήδη την έννοια της παράταξης, της διεύθυνσης, Μ.Κ. και της Φ.Μ.Κ. ενός επιπέδου (βλ. Βασικές Έννοιες). Στη συνέχεια θα δούμε πώς αυτές οι παράμετροι εξάγονται από ένα γεωλογικό χάρτη και πώς τις αξιοποιούμε.

Βασική μας παραδοχή, είναι ότι θα θεωρήσουμε ότι τα στρώματα που εμφανίζονται στο χάρτη της εικόνας 4-1 (και στους υπόλοιπους χάρτες του εγχειριδίου) διατηρούν τη διεύθυνση, την κλίση και το πάχος τους. Έτσι μας επιτρέπεται να τα αντιμετωπίσουμε «γεωλογικά σώματα» με επίπεδα και παράλληλα μεταξύ τους όρια. Με άλλα λόγια δεχόμαστε ότι οι επαφές των στρωμάτων είναι κεκλιμένα επίπεδα., παράλληλα μεταξύ τους.

Ας ξεκινήσουμε εξετάζοντας την περίπτωση ενός κεκλιμένου στρώματος αμελητέου πάχους για την κλίμακα του χάρτη (π.χ. ένα λιγνιτικό ορίζοντα), το οποίο θα αντιμετωπίσουμε ως ένα κεκλιμένο επίπεδο.

ΕΙΚΟΝΑ 4-1. (Α) Απλός γεωλογικός χάρτης που απεικονίζει έναν κεκλιμένο λιγνιτικό ορίζοντα, που αποτελεί πρακτικά και την επαφή των υποκείμενων στρωμάτων (Ms) με τα υπερκείμενα (Pli). Οι παρατάξεις των 100, 200 και 300 έχουν χαραχτεί με βάση ένα ζεύγος σημείων η καθεμία. Είναι παράλληλες μεταξύ τους και ισαπέχουν κατά d. Έτσι, έχουμε φέρει και την παράταξη των 400, ακόμη και αν δεν υπάρχει σημείο ή ζεύγος σημείων για αυτήν. (Β) Γεωλογική τομή Α-Α', εγκάρσια στη διεύθυνση του λιγνιτικού ορίζοντα. Με στικτή γραμμή φαίνεται το ανάγλυφο που αντιστοιχεί σε μια παράλληλη τομή, τη Β-Β'. Είναι προφανές ότι το τμήμα του λιγνιτικού ορίζοντα που φαίνεται διαβρωμένο στην Α-Α' βρίσκεται εξολοκλήρου κάτω από την τοπογραφική επιφάνεια της Β-Β'. (Γ) Συνοπτική απεικόνιση απλών γεωμετρικών κατασκευών που διευκολύνουν την εύρεση των στοιχείων. Στο πλαίσιο κάτω δεξιά φαίνονται οι τρόποι αναγραφής των στοιχείων του λιγνιτικού ορίζοντα.



Υπάρχει συγκεκριμένη σχέση μεταξύ του ίχνους του επιπέδου αυτού στην τοπογραφική επιφάνεια, των παρατάξεών του και των ισοϋψών καμπυλών. Η σχέση αυτή φαίνεται καθαρά στο χάρτη της εικόνας 4-1. Παρατηρώντας το χάρτη βλέπουμε τρία είδη γραμμών: τις ισοϋψείς, το ίχνος του λιγνιτικού ορίζοντα και τις παρατάξεις του. Ο λιγνιτικός ορίζοντας συναντά την τοπογραφική επιφάνεια εκεί όπου μια ισοϋψής με τιμή (α) τέμνει μια παράταξη της ίδιας τιμής. Δηλαδή, το ίχνος ελέγχεται - ορίζεται από την τομή γεωλογικού επιπέδου - τοπογραφίας. Ουσιαστικά έχουμε μια τριμερή σχέση: ισοϋψούς - παράταξης - επαφής.

Εάν γνωρίζουμε δύο από τα τρία μέλη της σχέσης τότε μπορούμε να βρούμε και το τρίτο. Συνήθως δύο περιπτώσεις αντιμετωπίζουμε:

- Να βρούμε τις παρατάξεις ενός γεωλογικού επιπέδου αν είναι γνωστή η τοπογραφία και το ίχνος του και
- Να βρούμε το ίχνος ενός γεωλογικού επιπέδου αν είναι γνωστή η τοπογραφία και οι παρατάξεις του. Αυτό θα το εξετάσουμε σε επόμενο κεφάλαιο.

Όπως είπαμε, το ίχνος ενός γεωλογικού επιπέδου διέρχεται από την τομή ισοϋψούς και παράταξης. Σε απλά κεκλιμένα στρώματα, με σταθερή διεύθυνση και κλίση, οι παρατάξεις τους είναι ευθείες ισαπέχουσες γραμμές (Εικ. 4-1). Είναι επίσης γνωστό, ότι για να προσδιορίσουμε μια ευθεία στο χώρο αρκεί να γνωρίζουμε δύο σημεία της.

Για να φέρουμε μια παράταξη αρχικά χρησιμοποιούμε την ισοϋψή που τέμνει τις περισσότερες φορές το ίχνος της επαφής (χρησιμοποιούμε τουλάχιστον 2 σημεία). Αν υπάρχουν περισσότερα από δύο σημεία τομής, επιλέγουμε τα πιο απομακρυσμένα.

Έτσι, στο χάρτη της εικόνας 4-1Α μπορούμε να φέρουμε την παράταξη¹ του λιγνιτικού ορίζοντα με τιμή 100 ενώνοντας τα δύο σημεία στα οποία το ίχνος τέμνει την ισοϋψή των 100m. Αυτή η παράταξη ονομάζεται «παράταξη των 100». Η φυσική της σημασία; Πρόκειται για μια γραμμή η οποία περιέχει όλα τα σημεία του λιγνιτικού ορίζοντα που βρίσκονται σε Α.Υ.=100. Έτσι, για ένα θεωρητικά επ' άπειρον εκτεινόμενο επίπεδο (όπως έχουμε θεωρήσει), αυτή η γραμμή μας δίνει τις θέσεις στο χάρτη στις οποίες ο λιγνιτικός ορίζοντας βρίσκεται σε Α.Υ.=100m.

Αυτή είναι η πρώτη βασική πληροφορία που μας δίνει η παράταξη. Η δεύτερη είναι η διεύθυνση του γεωλογικού επιπέδου και η οποία ορίζεται ως η οριζόντια γωνία που σχηματίζει η παράταξη με το Βορρά (βλ. Βασικές Έννοιες). Άμεσα λοιπόν είμαστε σε θέση να πούμε ότι ο λιγνιτικός ορίζοντας του χάρτη έχει διεύθυνση B75°Α.

¹ Η γραμμή που φέρνουμε στο χάρτη είναι η προβολή της παράταξης (strike line) του λιγνιτικού ορ. στο επίπεδο του χάρτη και ονομάζεται «γραμμή παράταξης» (strike contour). Καθιστούμε σαφές λοιπόν ότι, όταν στη συνέχεια μιλάμε για τις «παρατάξεις» που χαράζουμε σε ένα χάρτη για μια επαφή, αναφερόμαστε ουσιαστικά στις προβολές και όχι τις παρατάξεις αυτές καθ' αυτές.

Ωστόσο, για να προσδιορίσουμε πλήρως ένα γεωλογικό επίπεδο χρειαζόμαστε, εκτός από τη διεύθυνσή του και τη Μ.Κ. και Φ.Μ.Κ. του. Αυτό γίνεται εφικτό όταν φέρουμε και μια δεύτερη παράταξη για το επίπεδο αυτό. Όπως λοιπόν φέραμε την παράταξη των 100 για τον λιγνιτικό ορίζοντα της εικόνας 4-1Α, έτσι φέρνουμε και την παράταξη των 200. Η ισοδιάσταση παρατάξεων (d) (βλ. Βασικές έννοιες), θα έχει τιμή σταθερή για επίπεδο σταθερής κλίσης (Εικ. 4-1Α,Β). Χρησιμοποιούμε δε αυτήν την τιμή για να υπολογίσουμε την κλίση του επιπέδου (Εικ. 4-1Γ). Το σκεπτικό είναι απλό: «Για να μεταβώ από την παράταξη των 100 σε αυτή των 200 χρειάζεται να διανύσω οριζόντια απόσταση d. Δηλαδή, διανύοντας απόσταση d έχω ανέβει υψομετρικά κατά 100m. Άρα η κλίση του επιπέδου δίνεται από τη σχέση:

$$\varphi = \varepsilon\varphi(\Delta\pi/d)$$

όπου

$\Delta\pi$: η υψομετρική διαφορά των παρατάξεων

d: η απόσταση των δύο παρατάξεων στο χάρτη
με βάση την κλίμακά του

Όσο μεγαλύτερη είναι η ισοδιάσταση των παρατάξεων, τόσο μικρότερη η κλίση του επιπέδου και αντίστροφα.

Η τελευταία παράμετρος που ψάχνουμε είναι η φορά μεγίστης κλίσης (Φ.Μ.Κ.). Αυτή δεν είναι τίποτα άλλο από ένα άνυσμα κάθετο στις παρατάξεις του επιπέδου, το οποίο κατευθύνεται προς τα εκεί όπου μειώνεται το υψόμετρο του επιπέδου (άρα και οι τιμές των παρατάξεων της συγκεκριμένης επαφής) (Εικ. 4-1Α,Γ). Η τιμή της Φ.Μ.Κ. δίνεται σε μοίρες (0-360°), όπως είδαμε και στο κεφάλαιο των «Βασικών Εννοιών».

Με αυτή τη διαδικασία καταφέραμε να προσδιορίσουμε πλήρως τα γεωμετρικά στοιχεία του λιγνιτικού ορίζοντα και τα οποία θα τα γράψουμε ως εξής:

12°/165° ή B75°A, 12°NNA

2. Μορφές εμφανίσεων γεωλογικών σχηματισμών - Ο κανόνας του «V»

Η αποσαφήνιση και η κατανόηση της στρωματογραφικής διάρθρωσης των σχηματισμών ενός γεωλογικού χάρτη είναι, όπως είδαμε και στην περίπτωση των οριζόντιων στρωμάτων, ένα πολύ βασικό (ίσως το βασικότερο) σημείο. Στα οριζόντια στρώματα τα πράγματα ήταν απλά, αφού τα νεώτερα στρώματα βρίσκονται σε σταθερά μεγαλύτερα Α.Υ. από τα αρχαιότερα. Ωστόσο σε όλες τις άλλες περιπτώσεις θα πρέπει να κινηθούμε διαφορετικά. Ας δούμε πως:

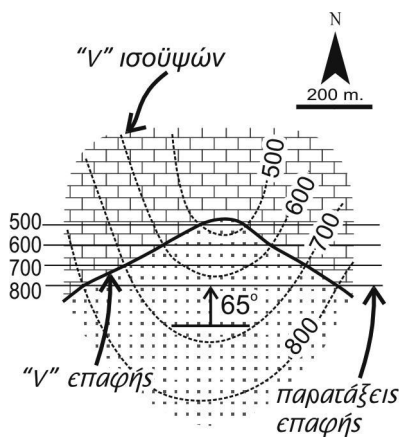
1. Σημαντικό συστατικό είναι η κατανόηση της μορφής των εμφανίσεων (outcrop pattern) των γεωλογικών σχηματισμών.

ΑΣΚΗΣΗ 4.1.

Α. Κατασκευάστε γεωλογικές τομές κατά μήκος της ΒΑ-ΝΔ διαγωνίου των χαρτών στην Εικόνα 2.12.
Β. Ποιο το φαινόμενο κατακόρυφο πάχος του ψαμμίτη? Γ. Ποια η φαινόμενη κλίση των στρωμάτων σε αυτή τη διεύθυνση?

ΑΣΚΗΣΗ 4.2.

Σχεδιάστε ένα τετράγωνο διαστάσεων 10*10 cm που να αντιστοιχεί σε έναν τοπογραφικό χάρτη κλίμακας 1:10000 και ισοδιάστασης 50 m, ο οποίος να απεικονίζει μια κοιλάδα με ροή προς ΒΔ με σταθερή τοπογραφική κλίση 80%. Στη συνέχεια τοποθετήστε ένα λιγνιτικό ορίζοντα, αμελητέου πάχους, διεύθυνσης Β45Α και κλίσης 40 ΒΔ.



ΕΙΚΟΝΑ 4-2. Ίχνος επαφής μεταξύ ασβεστολίθων (νεότερο στρώμα) και ιλυολίθων (αρχαιότερο), όπως διαγράφεται σε μια κοιλάδα που κλίνει προς Βορρά. Τα «V» ισοϋψών και ίχνους επαφής είναι αντίρροπα, κάτι που σημαίνει ότι η κλίση της επαφής είναι ομόρροπη με τη μορφολογική (δηλαδή προς Βορρά).

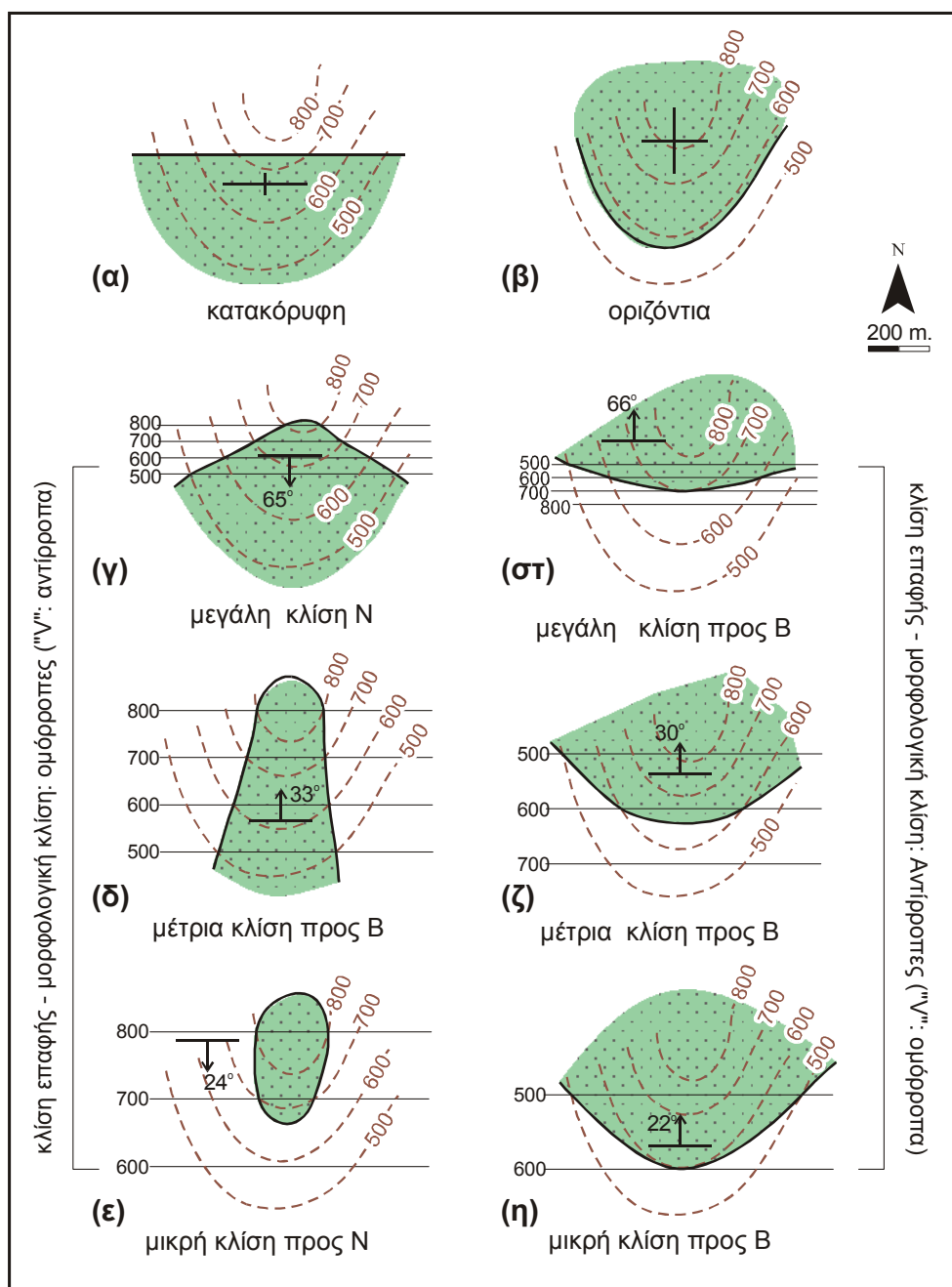
Οι απλούστερες γεωμετρικά γεωλογικές ακολουθίες συνίστανται σε απτύχωτα και πλευρικά συνεχή ιζηματογενή πετρώματα τα οποία μπορεί είτε να είναι οριζόντια, είτε να κλίνουν προς μια κατεύθυνση. Στην απλούστερη μάλιστα των περιπτώσεων, η τιμή της κλίσης των στρωμάτων παραμένει σταθερή, όπως και το πάχος τους. Ωστόσο, ακόμα και σε αυτήν την περίπτωση τα ίχνη των στρωματογραφικών επαφών στη γήινη επιφάνεια σπάνια είναι ευθείες γραμμές. Και τούτο διότι το γήινο ανάγλυφο – εκτός συγκεκριμένων περιπτώσεων – είναι μια ανώμαλη επιφάνεια. Είναι λοιπόν η τομή της στρωματογραφικής επαφής με την ανώμαλη γήινη επιφάνεια που δίνει το αποκαλούμενο **ίχνος της επαφής**. Αυτό ισχύει για οποιαδήποτε γεωλογική ή τεκτονική επιφάνεια, η οποία τέμνει τη γήινη, όπως π.χ. ένα ρήγμα.

Η μορφή του ίχνους επηρεάζεται τόσο από τη γεωμετρία αυτή καθ' αυτή της επαφής (δ/ση, κλίση), όσο και από το γήινο ανάγλυφο. Έτσι, στην ακραία περίπτωση κατακόρυφης επαφής το ίχνος της στη γήινη επιφάνεια θα είναι ευθεία γραμμή (Εικ. 4-3α). Από την άλλη πλευρά, το ίχνος μιας οριζόντιας επαφής θα ταυτίζεται ή θα είναι παράλληλο με τις ισοϋψείς του χάρτη (Εικ. 4-3β). Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, και υπό κατάλληλες προϋποθέσεις μπορούμε να αντιληφθούμε τη γεωμετρία της επαφής από τη μορφή του ίχνους της. Συγκεκριμένα:

- Σε μια κοιλάδα οι ισοϋψείς έχουν μορφή «V» ή «U», με την κορυφή του «V» να δείχνει προς τα ανάντη της κοιλάδας. Το ίχνος μιας επαφής με διεύθυνση περίπου εγκάρσια ως προς τον άξονα της κοιλάδας θα έχει και αυτό τη μορφή «V», το οποίο θα «δείχνει» προς τα ανάντη, αν η κλίση του είναι προς τα κατόντη και το αντίθετο (Εικ. 4.2, 2.12β). Ισχύει ο ακόλουθος εμπειρικός κανόνας:
 - Ομόρροπα V $\Rightarrow$ Αντίρροπες κλίσεις
 - Αντίρροπα V $\Rightarrow$ Ομόρροπες κλίσεις
 - Αντίστοιχα, σε ένα επίμηκες ύψωμα, αντέρεισμα, ράχη, κλπ. (Εικ. 4-3) οι ισοϋψείς καμπύλες έχουν πάλι τη μορφή «V» ή «U», αλλά το «V» τώρα δείχνει προς την κατεύθυνση που μειώνεται το υψόμετρο. Και σε αυτή την περίπτωση το ίχνος μιας επαφής με διεύθυνση περίπου εγκάρσια στον άξονα του υψώματος θα έχει τη μορφή «V» (στην εικόνα 4-3 βλέπουμε ότι ισχύει πάλι ο εμπειρικός κανόνας του «V»), η οποία θα δείχνει (θα είναι ομόρροπη) προς την κατεύθυνση που δείχνει το «V» ή «U» των ισοϋψών, αν η κλίση της είναι αντίρροπη από την τοπογραφική και αντίθετα.
2. Οδεύοντας κατά τη φορά μεγίστης κλίσης περνάμε από αρχαιότερα σε νεώτερα στρώματα (Εικ. 4-3γ). ΕΞΑΙΡΕΣΗ αποτελεί η περίπτωση, όταν η μορφολογική κλίση είναι ομόρροπη και μεγαλύτερη αυτής των στρωμάτων (Εικ. 4-3ε).
 3. Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση μιας επαφής, τόσο πιο ευθύγραμμο είναι το ίχνος της (Εικ. 4-3στ). Υπάρχουν δύο οριακές κα-

ταστάσεις, $\varphi=0^\circ$ και $\varphi=90^\circ$. Η πρώτη είναι γνωστή ήδη, αφού πρόκειται για οριζόντια στρώματα. Στην περίπτωση αυτή οι επαφές των στρωμάτων είναι παράλληλες ή ταυτίζονται με τις ισοϋψείς (Εικ. 4-3β). Η δεύτερη αφορά τις κατακόρυφες επαφές: τότε το ίχνος της επαφής είναι ευθεία γραμμή (Εικ. 4-3α).

4. Πλάτος εμφάνισης. Όπως είδαμε στις «Βασικές Έννοιες» (Εικ. 2-12), αυτό εξαρτάται από (α) την κλίση του στρώματος και (β) από τη μορφολογία. Έτσι είναι φυσιολογικό, ακόμα και σε στρώματα με σταθερή κλίση, το πλάτος εμφάνισής τους να αλλάζει, εφόσον η μορφολογία είναι ανώμαλη. Σαν γενικό κανόνα μπορούμε να πούμε ότι με σταθερή κλίση το πλάτος εμφάνισης μειώνεται, όσο αυξάνεται η μορφολογική κλίση.



ΕΙΚΟΝΑ 4-2. Διαφοροποίηση στο ίχνος μιας επαφής ανάλογα με την κλίση της. Η τοπογραφία σε κάθε περίπτωση είναι η ίδια και αντιστοιχεί σε αντέρεισμα με σταθερή και ομαλή κλίση προς Νότο. Με στικτό μοτίβο απεικονίζεται το υπερκείμενο στρώμα.

3. Γεωλογικός Χάρτης απλών κεκλιμένων στρωμάτων

Ας εξετάσουμε τώρα την περίπτωση μιας περιοχής στην οποία απαντά μια ακολουθία απλών κεκλιμένων στρωμάτων (Εικ. 4-4, 4-5).

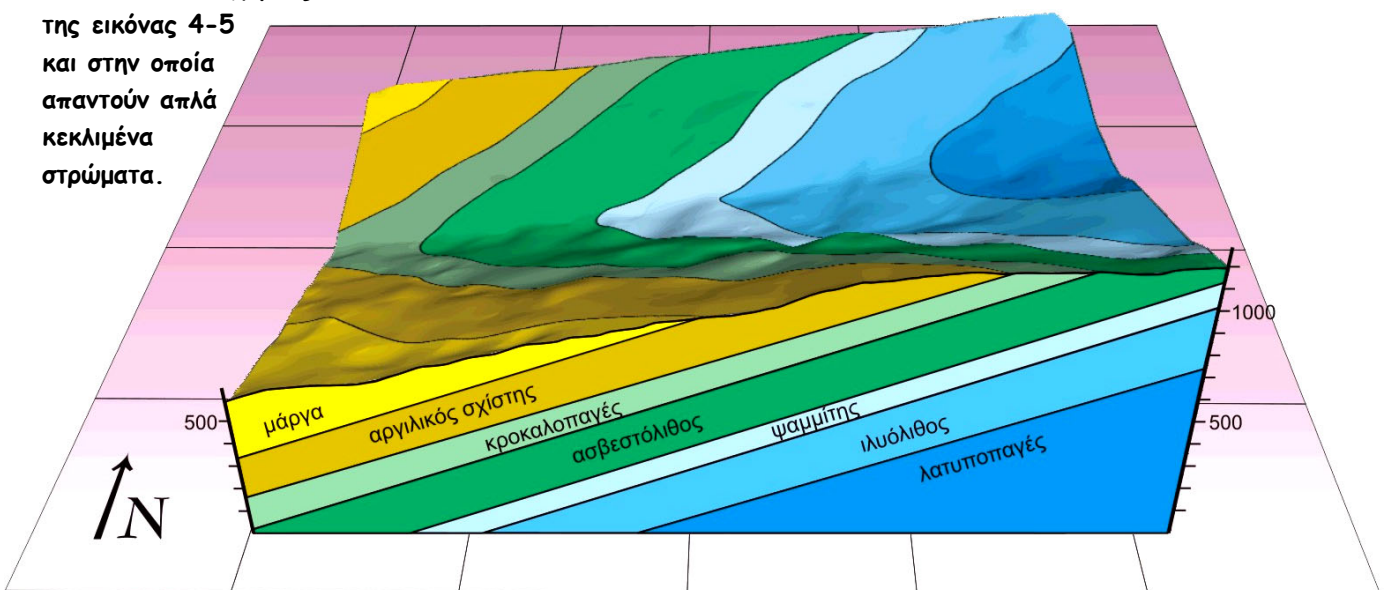
Η πρώτη βασική παρατήρηση που κάνουμε έχει να κάνει με τη μορφή των εμφανίσεων. Τα (διαδοχικά) στρώματα εμφανίζονται σε λωρίδες με τα όρια τους να είναι περίπου παράλληλα το ένα με το άλλο. Δεύτερον, και αντίθετα με το χάρτη της εικόνας 3-2, όπου είχαμε οριζόντια στρώματα, τα ίχνη των επαφών τέμνουν τις ισοϋψείς. Τρίτον, τα ίχνη σχηματίζουν χαρακτηριστικά «V», τα οποία είναι μάλιστα αντίρροπα με τα «V» των ισοϋψών.

Πρώτα συμπεράσματα: τα στρώματα του χάρτη ανήκουν σε μια ιζηματογενή ακολουθία (οι επαφές τους δεν αλληλοτέμνονται, ούτε διακόπτονται, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο). Επίσης, τα στρώματα είναι κεκλιμένα, με φορά κλίσης προς τα δυτικά (κανόνας «V»). Άρα, αναμένουμε το αρχαιότερο στρώμα να είναι το λατυποπαγές, ακολουθούμενο από τον ιλυόλιθο, κ.ο.κ. και το νεώτερο να είναι η μάργα.

Παρατήρηση: βλέπουμε ότι τα πλάτη εμφάνισης των στρωμάτων δε διατηρούνται σταθερά. Τούτο οφείλεται στις μικρές διακυμάνσεις στη μορφολογία (εφόσον έχουμε δεχτεί ότι η κλίση των στρωμάτων παραμένει σταθερή).

Στη συνέχεια προχωράμε να φέρουμε τις παρατάξεις των επαφών. Στο χάρτη της εικόνας 4-5 φαίνονται όλες οι «ακέραιες» παρατάξεις κάθε επαφής, καθώς και η τιμή της καθεμιάς.

ΕΙΚΟΝΑ 4-4. Τρισδιάστατη απεικόνιση περιοχής που καλύπτει ο χάρτης της εικόνας 4-5 και στην οποία απαντούν απλά κεκλιμένα στρώματα.



Αφού φέρουμε παρατάξεις προσδιορίζουμε τα στοιχεία των στρωμάτων κατά τα γνωστά. Στην περίπτωση μας είναι:

$$B00^\circ A, 19^\circ \Delta \text{ ή } 19^\circ/270^\circ.$$

Πρόκειται δηλαδή, όπως υποθέσαμε και από τον κανόνα του «V», για απλά κεκλιμένα στρώματα που κλίνουν με 19° προς τα δυτικά (Δ). Άρα πηγαίνοντας από τα A προς τα Δ περνάμε σε νεώτερα στρώματα.

Ακολουθώντας, υπολογίζουμε τα πάχη των στρωμάτων (Εικ. 2-10) του χάρτη. Αρχικά, θα βρούμε το T_{AV} κάθε στρώματος και μετά το T_t (είναι γνωστό ότι $T_{AV}=T_t \sin \varphi$). Αυτό βέβαια είναι εφικτό μόνο για τα στρώματα των οποίων είναι γνωστά και η οροφή και το δάπεδό τους, άρα αποκλείονται από τη διαδικασία το νεώτερο και το αρχαιότερο στρώμα (στην περίπτωση μας η μάργα και το λατυποπαγές, αντίστοιχα).

Η διαδικασία έχει ως εξής: Για ένα συγκεκριμένο σημείο, εντοπίζουμε μια παράταξη του δαπέδου του, η οποία να προβάλλεται στην ίδια θέση με μια παράταξη της οροφής του. Η διαφορά των τιμών τους ισούται με το κατακόρυφο πάχος (T_{AV}) του στρώματος.

Από χάρτη της εικόνας 4-5 επιλέγουμε, για παράδειγμα, να υπολογίσουμε το πάχος του αργιλικού σχίστη. Η παράταξη των 800 της οροφής του (επαφή αργιλικού σχίστη / μάργας) ταυτίζεται προβαλλόμενη με την 600 του δαπέδου του (επαφή κροκαλοπαγούς / αργιλικού σχίστη). Άρα για τον αργιλικό σχίστη:

$$T_{AV} = 200\text{m και } T_t = 200 \sin 19^\circ = 189\text{m}.$$

Αν δεν υπάρχει άμεσα διαθέσιμη παράταξη οροφής που να προβάλλεται στην ίδια θέση με μια παράταξη δαπέδου (ή αντίστροφα); Τότε, αφού γνωρίζουμε την ισοδιάσταση d και τη $\Phi.M.K.$ φέρνουμε μια παράταξη οροφής που να ταυτίζεται με αυτή του δαπέδου και υπολογίζουμε, χρησιμοποιώντας την απλή μέθοδο των τριών ποια τιμή θα έπαιρνε στη θέση αυτή. Ένας απλός τρόπος για τον υπολογισμό της τιμής της «τυχαίας παράταξης» δίνεται στον «Υπολογισμό Α.Υ. επαφής σε τυχαία θέση: το πρόβλημα της γεώτρησης».

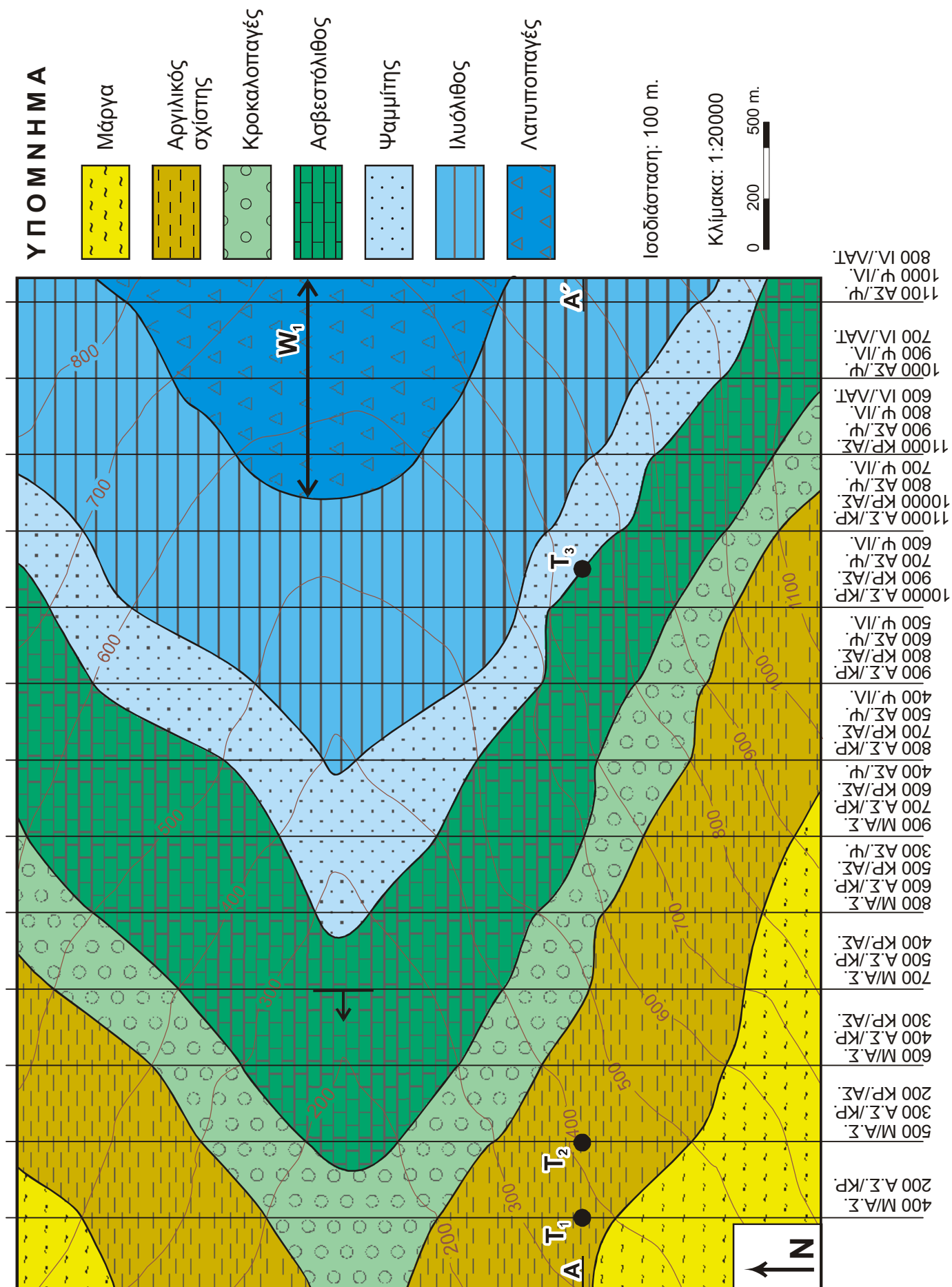
Μνημονικός Κανόνας:

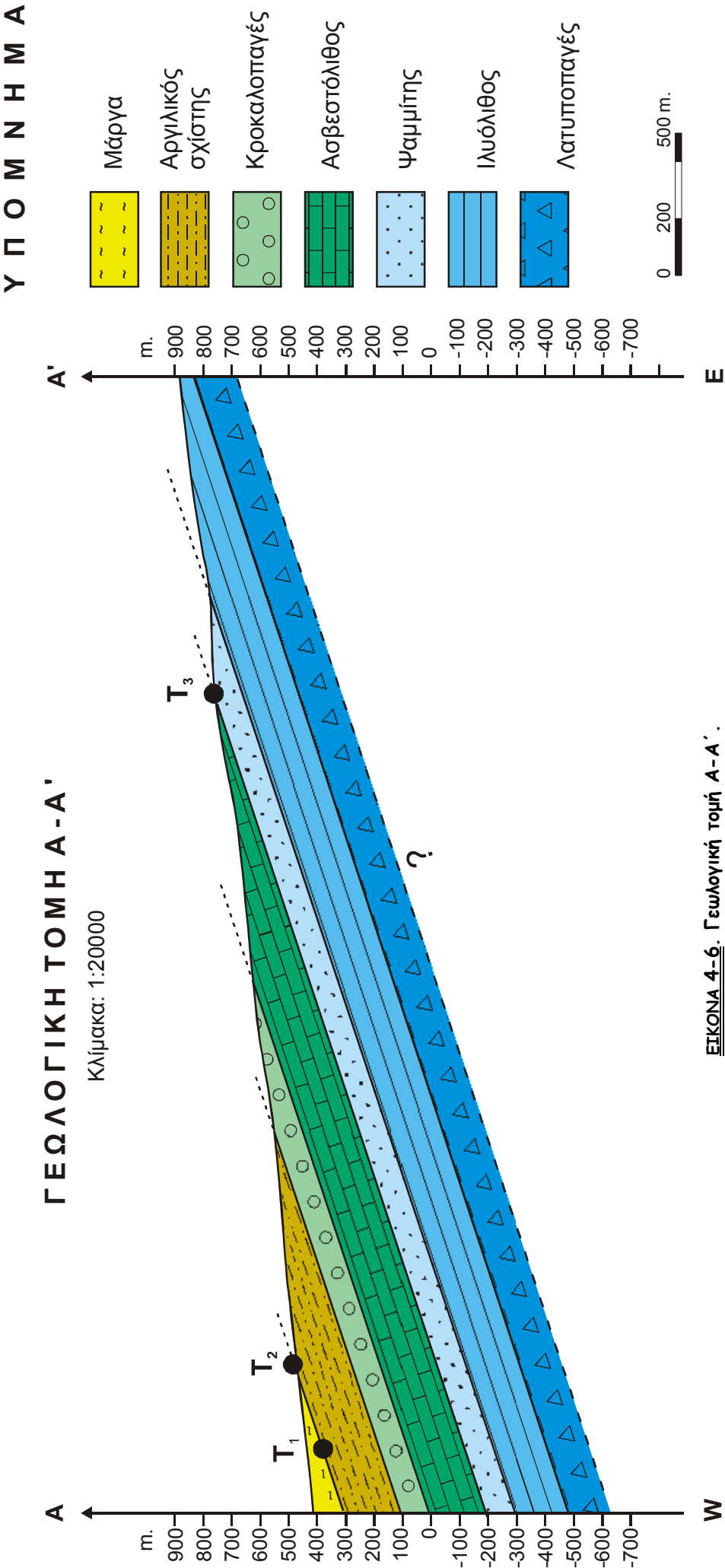
Μια παράταξη οροφής ενός στρώματος θα ταυτίζεται με μία δαπέδου του ίδιου στρώματος, όταν το κατακόρυφο πάχος του είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της ισοδιάστασης του χάρτη.

4. Γεωλογική τομή

Η επιλογή της κατάλληλης γεωλογικής τομής είναι το επόμενο σημαντικό βήμα στην ανάλυση του γεωλογικού χάρτη. Κατά κανόνα, επιλέγεται διεύθυνση τομής τέτοια που να είναι εγκάρσια στη διεύθυνση των στρωμάτων. Τότε θα έχουμε και πληρέστερη εικόνα της διάταξης και της γεωμετρίας των γεωλογικών σχηματισμών σε βάθος.

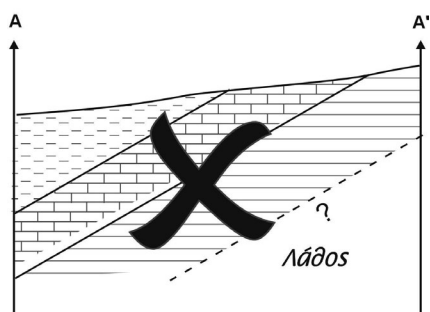
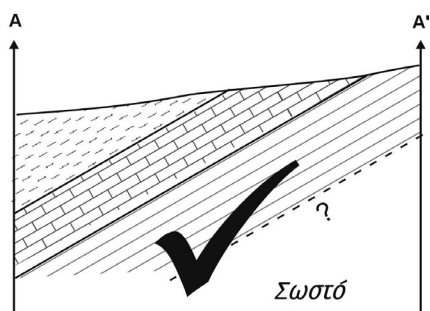
ΕΙΚΟΝΑ 4-5. Απλουστευμένος γεωλογικός χάρτης με κεκλιμένα στρώματα που αντιστοιχεί στην περιοχή της εικόνας 4-3.





ΕΙΚΟΝΑ 4-6. Γεωλογική τομή Α-Α'.

Κάποιος μπορεί να ρωτήσει: αν το ένα (ή και τα δύο) σημεία προβάλλονται «στον αέρα» και εμείς φέρνουμε το τμήμα της ευθείας που τα περιέχει και που βρίσκεται κάτω από την τοπογραφική επιφάνεια, τι συμβαίνει με το υπόλοιπο; Απλά, πρόκειται για το μέρος της επαφής που θεωρούμε ότι έχει διαβρωθεί. Επίσης, σε πολύπλοκες δομές, συνηθίζεται να φέρνουμε με διακεκομμένη γραμμή το διαβρωμένο τμήμα της επαφής, ώστε να δίνεται στον αναγνώστη πληρέστερη εικόνα της δομής.



ΕΙΚΟΝΑ 4-7. Σωστός (επάνω) και λανθασμένος (κάτω) τρόπος συμβολισμού κεκλιμένων στρωμάτων.

Σε κάθε γεωλογική τομή ακολουθούμε τον «κανόνα» ότι «στη σχεδίαση τα νεώτερα γεγονότα προηγούνται».

Έτσι, αρχικά φέρνουμε τη μορφολογία, κατά τα γνωστά (Εικ. 4-6) που ουσιαστικά αποτελεί και το νεώτερο στοιχείο του χάρτη. Στη συνέχεια αποτυπώνουμε τις επαφές των στρωμάτων ως εξής: ξεκινώντας από το νεώτερο στρώμα, αν κάτι τέτοιο είναι εφικτό². Σημειώνουμε τα σημεία της τομής στα οποία δύο παρατάξεις μιας συγκεκριμένης επαφής τέμνουν την τομή, π.χ. σημειώνουμε τα σημεία T_1 και T_2 (Εικ. 4-5), δηλαδή εκεί που η τομή τέμνει τις παρατάξεις των 400 και 500 αντίστοιχα της επαφής μάργας και αργιλικού σχίστη. Μετά, προβάλλουμε τα δύο σημεία αυτά στα υψόμετρα που αντιστοιχούν στις παρατάξεις «τους», και τα ενώνουμε με ευθεία γραμμή. Τέλος, σημειώνουμε ποιος σχηματισμός βρίσκεται πάνω και ποιος κάτω από την επαφή που μόλις φέραμε (το νεώτερο βρίσκεται προς τη φορά της κλίσης, δηλαδή προς την κατεύθυνση που μειώνεται το απόλυτο υψόμετρο της επαφής, άρα προς τα δυτικά). Την ίδια διαδικασία ακολουθούμε για όλες τις επαφές.

Συνεχίζουμε τη διαδικασία έως ότου φέρουμε όλες τις επαφές.

ΥΠΕΝΘΥΜΙΖΕΤΑΙ: Θα φέρουμε και τις επαφές που δεν συναντά η τομή στην επιφάνεια, αρκεί να είναι αρχαιότερες από τα στρώματα που έχουμε συναντήσει επιφανειακά. Με άλλα λόγια, καμία τομή δεν είναι πλήρης, αν δεν εμφανίζει μέχρι και τον αρχαιότερο γνωστό σχηματισμό του χάρτη, το δάπεδο του οποίου δεν το γνωρίζουμε, οπότε το φέρνουμε με διακεκομμένη γραμμή τοποθετώντας ένα ερωτηματικό (?) κάτω από αυτόν.

Συμπληρώνουμε την τομή χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο χρωματισμό ή συμβολισμό για κάθε σχηματισμό.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Ο συμβολισμός πρέπει να τοποθετείται παράλληλα στη στρώση (Εικ. 4-7).

Τέλος, ολοκληρώνουμε τοποθετώντας τον προσανατολισμό, τη βαθμονόμηση των αξόνων, την κλίμακα, το υπόμνημα (ή/και τη στρωματογραφική στήλη) και τα στοιχεία του συντάξαντα.

Έλεγχοι ακρίβειας - Ορθότητας

1. Η ευθεία που περιέχει τις δύο προβολές των παρατάξεων τέμνει την τοπογραφική επιφάνεια τουλάχιστον σε ένα σημείο, έστω το σημείο T_3 . Ας δούμε τώρα και το χάρτη, στον οποίο έ-

² Πολλές φορές δεν είναι εφικτό να ξεκινήσουμε τη χάραξη παρατάξεων βασιζόμενοι στο ίχνος της νεότερης επαφής. Για το λόγο αυτό, συνήθως ξεκινάμε με την επαφή που μας παρέχει τα περισσότερα στοιχεία, δηλ. τέμνει τις ισοϋψείς τις περισσότερες φορές.

χουμε χαράξει το ίχνος της Γ.Τ. (Εικ. 4-5, 4-5). Το σημείο T_3 αντιστοιχεί στο σημείο που το ίχνος της Γ.Τ. τέμνει την επαφή ασβεστόλιθου / ψαμμίτη. Οπότε, και τα δύο πρέπει να βρίσκονται στην ίδια θέση, δηλαδή να απέχουν εξίσου από το ένα ή το άλλο άκρο της Γ.Τ. Αν κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει, τρεις είναι οι πιθανές περιπτώσεις λάθους:

- Έχουμε προβάλλει σε λάθος θέση ή Α.Υ. τις δύο παρατάξεις
- Οι παρατάξεις που έχουμε χαράξει δεν είναι παράλληλες μεταξύ τους ή δεν έχουν τη σωστή ισοδιάσταση (d).
- Έχουμε κάνει λάθος στην αποτύπωση του αναγλύφου.

(Υπάρχει και 4^η περίπτωση? Ναι, να έχει περαστεί λανθασμένα η επαφή στο χάρτη, αλλά αυτό, τουλάχιστον για την ώρα, θα πρέπει να αποκλειστεί!).

2. Στην τομή μας κατά κανόνα οι κλίσεις των επαφών που θα φέρουμε θα είναι φαινόμενες κλίσεις. Γνωρίζουμε ήδη ότι $0 \leq \Phi.K. \leq M.K.$ και ότι $\Phi.K. = M.K.$ μόνο όταν η διεύθυνση της τομής είναι κάθετη στις παρατάξεις. Αφού λοιπόν φέρουμε μια επαφή, μετράμε με το μοιρογνωμόνιο την κλίση της: η τιμή που θα μετρήσουμε πρέπει να είναι ίδια με αυτή που θα παίρναμε κάνοντας τη χρήση του νομογράμματος ή του πίνακα του Παραρτήματος IV. Αν είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη συνήθως:

- Έχουμε προβάλλει τις παρατάξεις σε λάθος υψόμετρο.
- Οι παρατάξεις δεν έχουν χαραχτεί σωστά (παράλληλες, ισαπέχουσες, με σταθερή ισοδιάσταση).
- Λάθος κλίμακα υψών.
- Λάθος τιμές παρατάξεων (δηλ. προηγούμενη περίπτωση).

3. Το κατακόρυφο πάχος ενός στρώματος -σε αυτό το επίπεδο ασκήσεων- είναι σταθερό. Λάθη σε αυτήν την περίπτωση προκύπτουν αν έχουμε φέρει με διαφορετική κλίση την οροφή και το δάπεδο του στρώματος, επομένως το πρόβλημα ανάγεται στο προηγούμενο.

Τώρα, για το αρχαιότερο στρώμα δε γνωρίζουμε το δάπεδό του. Οφείλουμε ωστόσο να δώσουμε την καλύτερη προσέγγιση για το ελάχιστο δυνατό πάχος του. Για να το κάνουμε αυτό, εργαζόμαστε ως εξής: εντοπίζουμε το αρχαιότερο στρώμα, που στην περίπτωση των απλών κεκλιμένων στρωμάτων, αυτό θα βρίσκεται κοντά σε μια άκρη του χάρτη. Βρίσκουμε τη θέση όπου το πλάτος εμφάνισης του είναι το μέγιστο, π.χ. στο χάρτη της εικόνας 4-4 το αρχαιότερο στρώμα είναι το λατυποπαγές με μέγιστο πλάτος W_1 . Βρίσκουμε ποια παράταξη οροφής (εδώ λατυποπαγούς / ιλυόλιθου) που θα περνούσε από το άκρο του χάρτη και με αναγωγή βρίσκουμε ότι η παράταξη αυτή έχει τιμή 820. Προχωρούμε τώρα στην εξής υπόθεση: αν στο άκρο αυτό του χάρτη εμφανιζόταν ένα στρώμα αρχαιότερο του λατυποπαγούς, σε ποιο υψόμετρο θα βρισκόταν; Σύμφωνα με το ανάγλυφο του

ΑΣΚΗΣΗ 4.3.

Α. Κατασκευάστε τη γεωλογική τομή κατά μήκος της ΒΑ-ΝΔ διαγωνίου του χάρτη της Εικόνας 4-5.

Β. Ποια τα φαινόμενα κατακόρυφα πάχη των στρωμάτων?

Γ. Ποια η φαινόμενη κλίση των στρωμάτων σε αυτή τη διεύθυνση?

ΑΣΚΗΣΗ 4.4.

Α. Κατασκευάστε τη γεωλογική τομή κατά μήκος της δυτικής άκρης του χάρτη της Εικόνας 4-5.

Β. Ποια εικόνα για τα στρώματα παίρνουμε με μια τομή τέτοιας διεύθυνσης και γιατί?

χάρτη, εκτιμούμε ότι θα βρισκόταν στα 680m (βρισκόμαστε μεταξύ της ισοϋψούς των 600 και των 700 και αρκετά κοντά στη δεύτερη). Αφαιρώντας την τιμή του 680 από τα 820 βρίσκουμε ότι το ελάχιστο δυνατό πάχος του αρχαιότερου στρώματος είναι 140m και αυτό θα εμφανίσουμε στην Γ.Τ.

5. Γεωλογική εξέλιξη της περιοχής του χάρτη

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει στα «Οριζόντια στρώματα» αρχίζουμε να περιγράφουμε τη γεωλογική εξέλιξη από το παλαιότερο γεγονός που έχουμε εντοπίσει:

1. Στο παράδειγμά του χάρτη (Εικ. 4-5) το παλαιότερο γεγονός είναι η απόθεση του αρχαιότερου στρώματος (λατυποπαγές) η οποία έλαβε χώρα σε μία λεκάνη ιζηματογένεσης.
2. Σε κάποια χρονική περίοδο άλλαξαν οι συνθήκες ιζηματογένεσης και άρχισε να αποτίθεται το αμέσως νεώτερο στρώμα.
3. Διαδοχικές αλλαγές στις συνθήκες ιζηματογένεσης προκάλεσαν την απόθεση διακριτών στρωμάτων με συγκεκριμένη στρωματογραφική σειρά και στο παράδειγμα του χάρτη: ιλυόλιθος, ψαμμίτης, ασβεστόλιθος, κροκαλοπαγές, αργιλικός σχίστης και τέλος η μάργα.
4. Στη συνέχεια, το σύνολο της περιοχής χέρσευσε και
5. τα στρώματα πήραν κλίση, δηλαδή έγιναν από οριζόντια κεκλιμένα. Η διατάραξη αυτή της οριζοντιότητας των σχηματισμών οφείλεται στη επίδραση των τεκτονικών (ενδογενών) δυνάμεων. Όμως, δεν είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε πότε ακριβώς έλαβε χώρα αυτό το γεγονός: κατά την ανάδυση της περιοχής ή μετά? Με τα διαθέσιμα δεδομένα από το χάρτη και οι δύο εναλλακτικές υποθέσεις είναι πιθανές..
6. Από τη στιγμή που η περιοχή αναδύθηκε, εκτέθηκε στη δράση των εξωγενών δυνάμεων, οι οποίες διαμόρφωσαν και εξακολουθούν να διαμορφώνουν το ανάγλυφο της περιοχής.