

3. Οριζόντια στρώματα



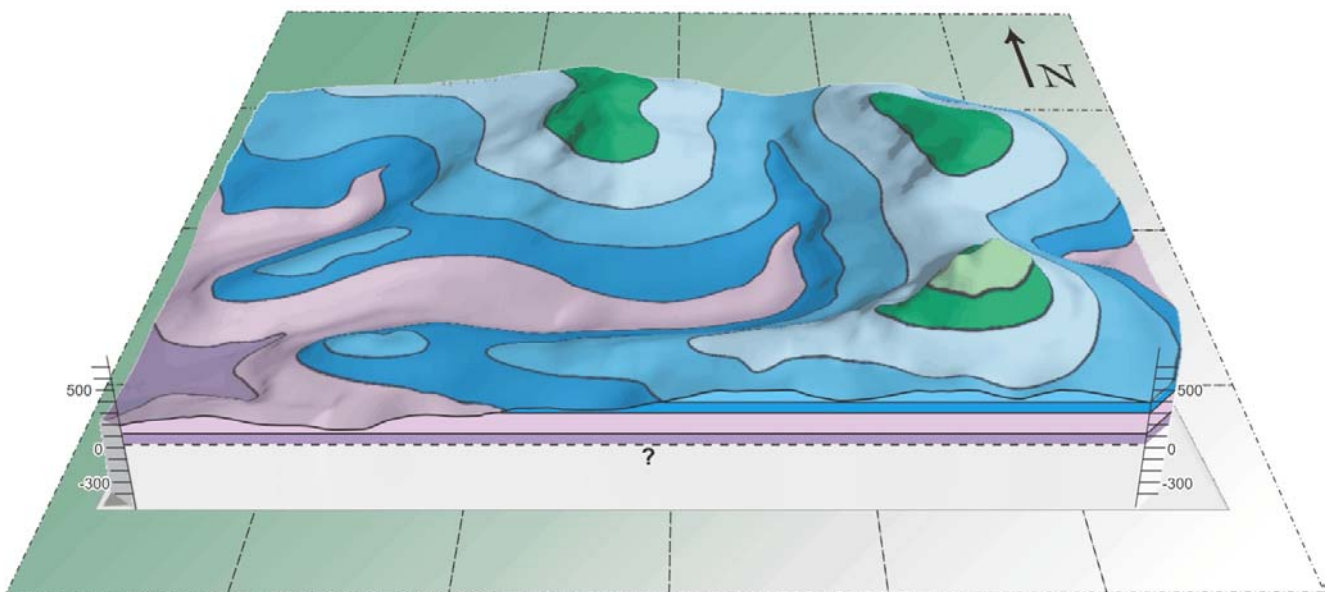
1. Γενικά	26
2. Στρωματογραφική διάρθρωση - Στρωματογραφική στήλη	27
3. Γεωλογική τομή	27
4. Γεωλογική εξέλιξη της περιοχής του χάρτη	31

1. Γενικά

Η απλούστερη περίπτωση σε γεωλογικό χάρτη είναι όταν σε αυτόν αποτυπώνονται απαραμόρφωτοι ιζηματογενείς σχηματισμοί («**οριζόντια στρώματα**»). Στην περίπτωση αυτή οι επαφές μεταξύ των στρωμάτων είναι οριζόντιες επιφάνειες (ιδανικά επίπεδα) που θεωρητικά μπορούν να εκτείνονται επ' άπειρον. Αυτό σημαίνει ότι:

- κάθε επαφή θα βρίσκεται συνέχεια σε σταθερό υψόμετρο,
- στο χάρτη, τα ίχνη των επαφών θα ταυτίζονται ή θα είναι παράλληλα με τις ισοϋψείς και
- τα νεότερα στρώματα θα βρίσκονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα από τα αρχαιότερα (π.χ. μέσα στις κοιλάδες θα εμφανίζονται τα αρχαιότερα, ενώ στις κορυφές τα νεότερα) (Εικ. 3-1).

Όπως φαίνεται και στο χάρτη της εικόνας 3-2, τα ίχνη των επαφών των στρωμάτων «μιμούνται» τη μορφή των ισοϋψών, ή ταυτίζονται με αυτές. Αυτό συμβαίνει διότι, αφού οι επαφές είναι οριζόντια επίπεδα, τότε η τομή κάθε επαφής με τη μορφολογία θα δίνει μια ισοϋψή καμπύλη δεδομένου υψομέτρου. Για παράδειγμα, στην εικόνα 3-2 το ίχνος της οριζόντιας επαφής μεταξύ των στρωμάτων μάργας και ασβεστόλιθου αντιστοιχεί ουσιαστικά στην ισοϋψή καμπύλη των 400m, ενώ για την επαφή μάργας / αργιλικού σχίστη βλέπουμε ότι ισαπέχει σταθερά από τις ισοϋψείς των 500m και 600m, χωρίς να τις τέμνει πουθενά: με λίγη προσοχή λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι η επαφή μάργας / αργιλικού σχίστη βρίσκεται σταθερά σε υψόμετρο 550m, διαγράφοντας ουσιαστικά μια «ενδιάμεση» ισοϋψή καμπύλη στα 550m Α.Υ.



ΕΙΚΟΝΑ 3-1. Τρισδιάστατη απεικόνιση περιοχής που καλύπτει ο χάρτης της εικόνας 3-2 και στην οποία απαντούν απαραμόρφωτοι σχηματισμοί (οριζόντια στρώματα).

2. Στρωματογραφική διάρθρωση - Στρωματογραφική στήλη

Πριν την κατασκευή οποιασδήποτε γεωλογικής, τομής (και όχι μόνο σε αυτήν τη σχετικά απλή περίπτωση) είναι ζωτικής σημασίας να έχουμε ξεκαθαρίσει ποια είναι η στρωματογραφική διάρθρωση της περιοχής του χάρτη, δηλαδή πρέπει να προσδιορίσουμε τη σειρά με την οποία έχουν αποθεθεί τα στρώματα (με άλλα λόγια ποιο είναι αρχαιότερο, ποιο μεταγενέστερό του, κ.ο.κ.). Επίσης πρέπει να έχουμε ξεκαθαρίσει ποια είναι η σχέση μεταξύ των διαφόρων σχηματισμών: αν ανήκουν όλοι στην ίδια ακολουθία, αν υπάρχουν ασυμφωνίες, κλπ.

Η εικόνα της στρωματογραφικής διάρθρωσης δίνεται συνήθως με μία (ή περισσότερες, σε πιο σύνθετες περιπτώσεις) στρωματογραφική στήλη. Πρόκειται για μια γραφική, υπό κλίμακα, απεικόνιση της διαδοχής των γεωλογικών σχηματισμών, με τα πάχη τους, την πιθανή ομαδοποίησή τους σε ακολουθίες (συστήματα, ενότητες, κλπ.) καθώς και τη σχέση μεταξύ των ακολουθιών αυτών.

Στην περίπτωση των στρωμάτων που απαντούν στο χάρτη της εικόνας 3-2 τα πράγματα είναι απλά, αφού πρόκειται για οριζόντια, απαραμόρφωτα στρώματα. Συγκεκριμένα, ένας σχηματισμός που βρίσκεται σε μεγαλύτερο Α.Υ. είναι νεότερος από έναν που βρίσκεται χαμηλότερα. Έτσι, καταλαβαίνουμε ότι το αρχαιότερο στρώμα του χάρτη είναι το λατυποπαγές, νεότερο αυτού ο ασβεστόλιθος, κ.ο.κ. Ο νεότερος γνωστός σχηματισμός είναι αυτός που βρίσκεται τοπογραφικά ψηλότερα, δηλαδή ο μαργαϊκός ασβεστόλιθος.

3. Γεωλογική τομή (Γ.Τ.)

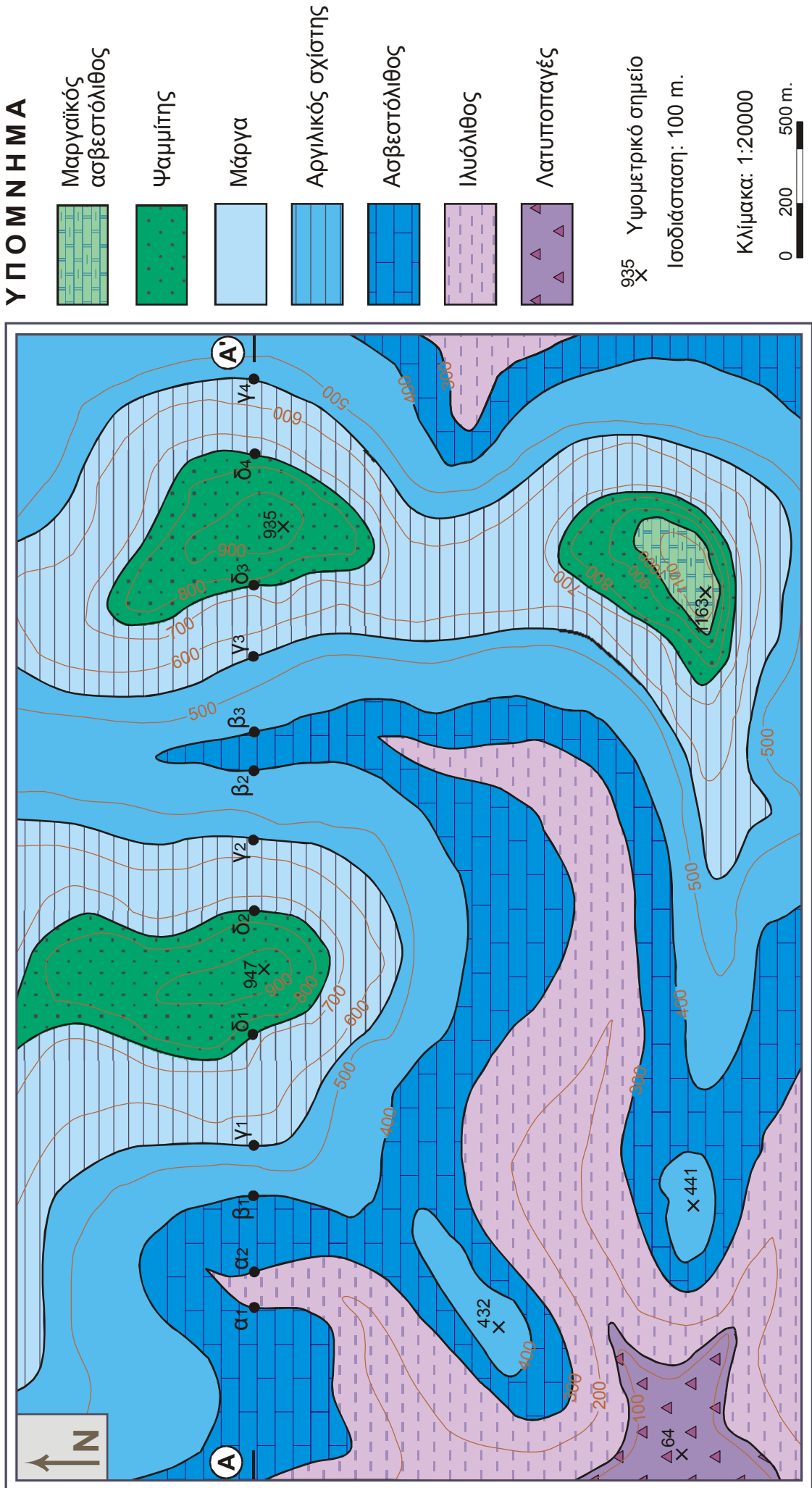
Εάν δεν έχει προεπιλεγεί, επιλέγουμε τη γεωλογική τομή που θα αποδώσει σαφέστερα τη δομή της περιοχής του χάρτη. Κατά κανόνα, διαφωτιστικότερες είναι οι Γ.Τ. που τέμνουν στην επιφάνεια όσο το δυνατό περισσότερους σχηματισμούς (Εικ. 3-3). Ωστόσο, σε πιο σύνθετες περιπτώσεις, όπως θα δούμε παρακάτω, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως η διεύθυνση των στρωμάτων, η ύπαρξη ή όχι ασυμφωνιών, ρηγμάτων, κα.

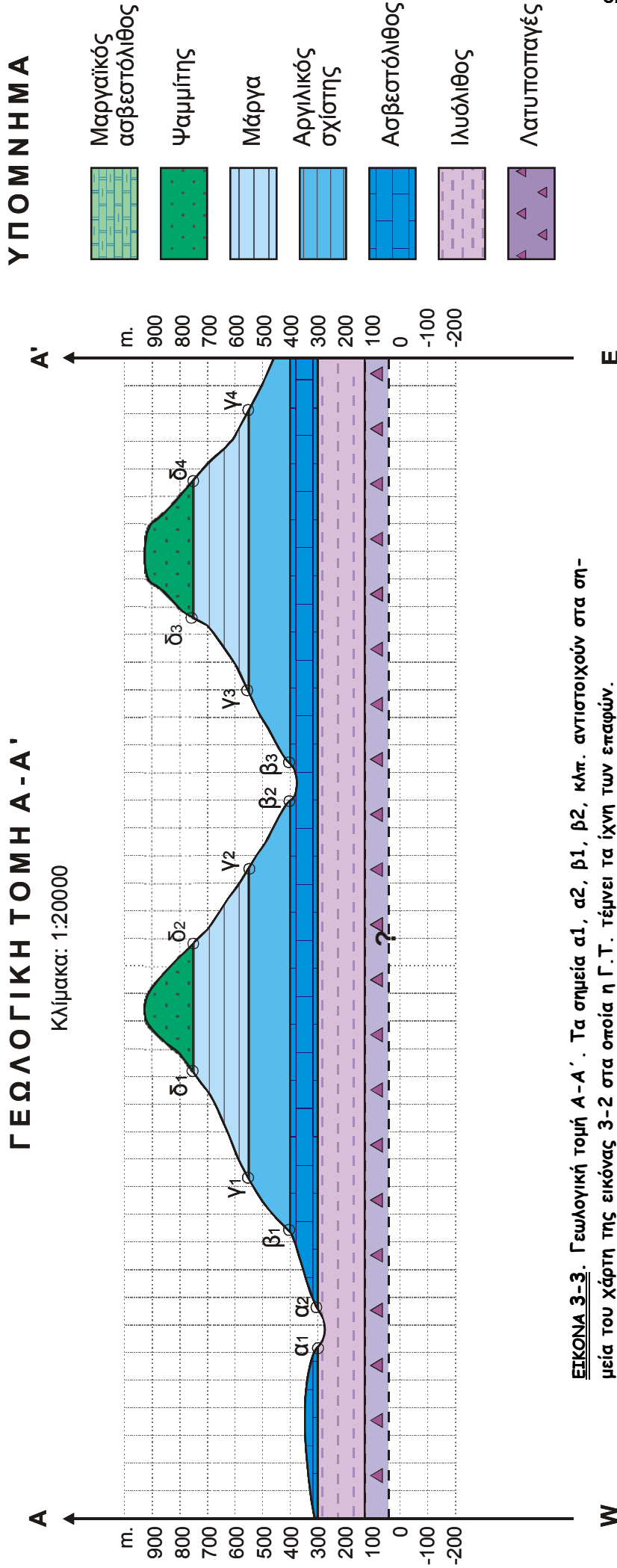
Αρχικά κατασκευάζουμε την τοπογραφική τομή (Τ.Τ.) (βλ. Τοπογραφική Τομή), η οποία γίνεται συνήθως χωρίς παραμόρφωση κλίμακας (κλίμακα υψών = κλίμακα χάρτη).

Στη συνέχεια, σημειώνουμε τα σημεία στα οποία η Τ.Τ. τέμνει τα ίχνη των επαφών των στρωμάτων. Από τα σημεία αυτά φέρνουμε οριζόντιες γραμμές, που ουσιαστικά αναπαριστούν τις επαφές των στρωμάτων στην Γ.Τ.

Ποτέ τομή «στα τυφλά»: με ξεκαθαρισμένη τη στρωματογραφική διάρθρωση εξασφαλίζουμε την ορθότητα των συμπερασμάτων που μπορούμε να βγάλουμε από το χάρτη. Πρώτα προσδιορίζουμε τη σειρά αρχαιότητας των σχηματισμών και μετά προχωράμε σε οποιαδήποτε «κατασκευαστική» διαδικασία, όπως η γεωλογική τομή.

ΕΙΚΟΝΑ 3-2. Γεωλογικός χάρτης με οριζόντια στρώματα που αντιπροσωπεύει την περιοχή της εικόνας 3-1.





ΕΙΚΟΝΑ 3-3. Γεωλογική τομή Α-Α'. Τα σημεία α1, α2, β1, β2, β3, γ1, γ2, γ3, γ4, δ1, δ2, δ3, δ4 αντιστοιχούν στα σημεία του χάρτη της εικόνας 3-2 στα οποία η Γ.Τ. τέμνει τα ίχνη των επαφών.

Εννοείται ότι φέρνουμε τις οριζόντιες αυτές γραμμές όχι «στον αέρα», αλλά μόνο στο τμήμα αυτό της τομής όπου το υψόμετρο είναι ίσο ή μεγαλύτερο από το Α.Υ. της επαφής.

Ξεκινάμε τη χάραξη των επαφών στην Γ.Τ. από τη νεώτερη επαφή που έχουμε συναντήσει και στη συνέχεια προχωρούμε προς τις αρχαιότερες, μέχρι να φτάσουμε στην αρχαιότερη γνωστή επαφή.

Ολοκληρώνουμε την τομή με τον κατάλληλο συμβολισμό ή χρωματισμό για κάθε σχηματισμό, ο οποίος θα πρέπει να είναι συμβατός με το υπόμνημα του χάρτη και τη στρωματογραφική στήλη.

Συμπληρώνουμε το έντυπο της τομής με το υπόμνημά της ή/και τη στρωματογραφική στήλη. Στο υπόμνημα τοποθετούμε τους αρχαιότερους σχηματισμούς κάτω και τους νεώτερους επάνω.

ΠΡΟΣΟΧΗ: έχουμε πάντα υπόψη μας τη στρωματογραφική διάρθωση, δηλαδή γνωρίζουμε ποιο στρώμα υπέρκειται ποιο, π.χ., από το σημείο «γ₁» της Γ.Τ. της εικόνας 3-3 θα διέρχεται η επαφή μεταξύ των στρωμάτων αργιλικού σχίστη και μάργας: πάνω από αυτήν θα βρίσκεται το νεότερο (στην περίπτωση μας ο αργιλικός σχίστης) και κάτω από αυτήν η μάργα (αρχαιότερο).

Προσέχουμε επίσης τα πάχη των στρωμάτων που εμφανίζουμε στη Γ.Τ. να είναι σωστά και σύμφωνα με αυτά που έχουμε υπολογίσει από την ανάγνωση και ανάλυση του Γ.Χ. Διευκρινίζεται ότι σε οριζόντια στρώματα $T_{αν} = T_t$ (βλ. Βασικές έννοιες), οπότε αρκεί να αφαιρέσουμε την τιμή του Α.Υ. του δαπέδου από αυτή της οροφής ενός στρώματος για να βρούμε το πάχος του.

Στρώματα που είναι αρχαιότερα από αυτά που «συναντά» στην επιφάνεια η Γ.Τ. δεν πρέπει να παραλείπονται. Ένας από τους σκοπούς μιας Γ.Τ. είναι να αναδείξει τη δομή και τη διάταξη των πετρωμάτων σε βάθος: καμία Γ.Τ. δε θεωρείται πλήρης αν δεν εμφανίζει την αρχαιότερη γνωστή επαφή ή στρώμα του χάρτη. Για παράδειγμα, η Γ.Τ. της εικόνας 3-3 δεν τέμνει επιφανειακά το λατυποπαγές, το οποίο ωστόσο είναι αρχαιότερο του ιλυόλιθου και του ασβεστόλιθου. Πώς όμως θα τοποθετήσουμε το στρώμα αυτό στην τομή? Δύο τρόποι υπάρχουν: α) βρίσκουμε από το χάρτη το Α.Υ. της οροφής του στρώματος και φέρνουμε στην Γ.Τ. την οριζόντια γραμμή που αντιστοιχεί σε αυτό το υψόμετρο, ή β) αφού γνωρίζουμε το πάχος του υπερκείμενου στρώματος (στην περίπτωση μας του ιλυόλιθου), μπορούμε αφαιρώντας την τιμή αυτή από το Α.Υ. της οροφής του ασβεστόλιθου να βρούμε το ζητούμενο υψόμετρο και να φέρουμε την επαφή. Προσοχή! Οι δύο αυτές προσεγγίσεις οφείλουν να αλληλοεπιβεβαιώνονται, δηλαδή: αν έχουμε υπολογίσει το Α.Υ. της οροφής του λατυποπαγούς, αυτόματα έχουμε βρει και το δάπεδο του ιλυόλιθου, οπότε το τελευταίο πρέπει να φαίνεται με το σωστό του πάχος. Το αντίστροφο ισχύει αν ακολουθήσουμε τη δεύτερη προσέγγιση: δίνοντας το σωστό πάχος στον

Σε μια συνεχή δέσμη στρωμάτων, αν το στρώμα Α υπέρκειται του Β, τότε το δάπεδο του Α είναι ταυτόχρονα και οροφή του Β και αντίστροφα.

ιλυόλιθο, πρέπει αμέσως η οροφή του λατυποπαγούς να έχει τοποθετηθεί στο σωστό Α.Υ.

Δε χρειάζεται να απεικονίσουμε σχηματισμούς που είναι νεώτεροι από αυτούς που συναντά επιφανειακά η Γ.Τ. (π.χ. ο σχηματισμός μαργαϊκού ασβεστόλιθου στην εικόνα 3-2, ο οποίος βρίσκεται τοπογραφικά ψηλότερα από το ψηλότερο σημείο της τομής μας, με Α.Υ. δαπέδου τα 1000m, δε θα φανεί στη Γ.Τ.

Ενώ για όλους του σχηματισμούς του χάρτη της εικόνας 3-2 είναι δυνατό να υπολογίσουμε το πάχος τους, για τον αρχαιότερο σχηματισμό γνωρίζουμε μόνο την οροφή του. Είμαστε όμως σε θέση να εκτιμήσουμε το ελάχιστο πιθανό πάχος με κατάλληλη μελέτη του χάρτη. Στο παράδειγμά της εικόνας 3-2 ο αρχαιότερος σχηματισμός (λατυποπαγές) καταλαμβάνει την περιοχή του χάρτη με $A.Y. \leq 120m$. Το χαμηλότερο τοπογραφικά σημείο στο χάρτη (και στο οποίο απαντά το λατυποπαγές) βρίσκεται στα νοτιοδυτικά, με Α.Υ. περίπου 50m (η εκτίμηση είναι κατά προσέγγιση, αφού δεν περνά από εκεί ισουΐψης ούτε υπάρχει τριγωνομετρικό ή υψομετρικό σημείο). Άρα το ελάχιστο πιθανό πάχος που πρέπει να έχει το λατυποπαγές είναι τουλάχιστον $120-50=70m$ και αυτό θα εμφανίσουμε στην Γ.Τ.

Το πιθανό δάπεδο του αρχαιότερου στρώματος χαράζεται με διακεκομμένη γραμμή, στην οποία παρεμβάλλουμε ένα ερωτηματικό (?).

4. Γεωλογική εξέλιξη της περιοχής του χάρτη

Κάθε γεωλογικός χάρτης, εκτός από τη διάταξη των σχηματισμών, την επιφανειακή τους εξάπλωση, το είδος των επαφών τους, κλπ., αναπαριστά, σε κάποιο βαθμό, και την ιστορία των πετρωμάτων που εμφανίζονται σε αυτόν. Μέσα, δηλαδή, από την ανάγνωση και ανάλυση του γεωλογικού χάρτη είμαστε σε θέση να περιγράψουμε τη γεωλογική εξέλιξη της περιοχής που αυτός καλύπτει. Αυτή συνίσταται σε διαδοχικά «επεισόδια» ή στάδια, τα οποία έχουν οδηγήσει στην εικόνα που αποτυπώνεται στο χάρτη.

Η περιγραφή της γεωλογικής εξέλιξης είναι ιδιαίτερα σημαντική, διότι μέσα από αυτήν περνάμε από το καθαρά περιγραφικό στάδιο στο ερμηνευτικό, δηλαδή στη φάση που προσπαθούμε να εξηγήσουμε το πότε, το πώς και το γιατί η περιοχή που μελετάμε παρουσιάζει μια συγκεκριμένη γεωλογική διάρθρωση και δομή.

Όπως είπαμε, η εξέλιξη της περιοχής αποτελείται από μια σειρά γεγονότων. Έτσι, αρχίζουμε να περιγράφουμε τη γεωλογική εξέλιξη από το παλαιότερο γεγονός που έχουμε εντοπίσει*:

Θεμελιώδεις αρχές:

- Οι ερμηνείες που δίνουμε από τη μελέτη μιας περιοχής βασίζονται στην αρχή του ομοιομορφισμού (uniformitarianism): όλα τα γεωλογικά φαινόμενα μπορούν να γίνουν κατανοητά μέσω προσεκτικών παρατηρήσεων των σύγχρονων διεργασιών και όλες οι γεωλογικές διεργασίες που δρούσαν στο παρελθόν δρουν επίσης και σήμερα.
- Για τα ιζηματογενή πετρώματα ισχύει η αρχή της υπέρθεσης: σε μία ακολουθία अपαραμόρφωτων ιζηματογενών πετρωμάτων, τα αρχαιότερα στρώματα βρίσκονται κάτω από τα νεότερα.
- Αρχή της οριζοντιότητας: τα ιζήματα αποτίθενται αρχικά οριζόντια σε πυθμένα ιζηματογενούς λεκάνης.
- Αρχή της διαδοχής της πανίδας (faunal succession): η απολιθωμένη χλωρίδα και πανίδα εντοπίζεται με συγκεκριμένη και προσδιορίσιμη σειρά στο γεωλογικό χρόνο. Μια γεωλογική περίοδος είναι δυνατό να προσδιοριστεί από τα απολιθώματα που περιέχονται στους γεωλογικούς σχηματισμούς που έχουν αποτεθεί την περίοδο αυτή.
- Αρχή των διατεμνομένων σχέσεων (cross-cutting relations): οι μαγματικές διεισδύσεις (π.χ. οι γρανίτες) και οι τεκτονικές διαρρήξεις (π.χ. τα ρήγματα) είναι νεότερα από τα πετρώματα των οποίων διακόπτουν τη συνέχεια.
- Αρχή του εγκλεισμού (inclusion): Ένα θραύσμα πετρώματος που βρίσκεται ενσωματωμένο ή εγκλειστο σε άλλο πέτρωμα είναι αρχαιότερο από αυτό. Λ.χ., ένα γεωλογικό στρώμα μπορεί να περιέχει θραύσματα από ένα αρχαιότερό του (υποκείμενο) - ποτέ από νεότερο.

1. Στο παράδειγμά του χάρτη (Εικ. 3-2) 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 στον πυθμένα της λεκάνης το αμέσως νεότερο στρώμα.
3. Διαδοχικές αλλαγές στις συνθήκες ιζηματογένεσης προκάλεσαν την απόθεση διακριτών στρωμάτων με συγκεκριμένη στρωματογραφική σειρά και στο παράδειγμα του χάρτη: ιλυόλιθος, ασβεστόλιθος, μάρμα, αργιλικός σχίστης, ψαμμίτης και τέλος ο μαργαϊκός ασβεστόλιθος.
4. Στη συνέχεια, το σύνολο της περιοχής χέρσευσε / αναδύθηκε: τούτο είναι αποτέλεσμα, κατά κύριο λόγο, δράσης των ενδογενών (τεκτονικών) δυνάμεων[†], οπότε και η περιοχή εκτέθηκε στους λεγόμενους εξωγενείς παράγοντες (ή δυνάμεις), οι οποίοι βασικά συνίστανται:
 - στην αποσάθρωση (weathering): η διαδικασία (ή καλύτερα το σύνολο των διεργασιών) που επιδρά στην επιφάνεια του εκτεθειμένου στην ατμόσφαιρα πετρώματος και προκαλεί σταδιακή αλλοίωση της υφής, της σύστασης, του χρώματος, της σκληρότητας και της εν γένει αντοχής του πετρώματος. Στη διαδικασία αυτή δεν περιλαμβάνεται (ή είναι αμελητέα) η μεταφορά των αλλοιωμένων τμημάτων του πετρώματος.
 - στη διάβρωση (erosion): η διαδικασία φθοράς των πετρωμάτων από φυσικούς παράγοντες, όπως τα ποτάμια, ο άνεμος, κλπ. και η συνεπαγόμενη μεταφορά του διαβρωμένου υλικού. Είναι δυνατό να υποδιαιρεθεί σε τρεις διεργασίες: την απορρίνιση, τη χημική διάβρωση και τη μεταφορά.. Μιλώντας δηλαδή για διάβρωση, ουσιαστικά εννοούμε τις «συνεργαζόμενες» διαδικασίες: φθορά + μεταφορά.
 Οι εξωγενείς παράγοντες είναι αυτοί που έχουν δώσει τη σημερινή μορφή του αναγλύφου και το οποίο αποτυπώνεται στο χάρτη.

ΣΥΝΟΨΙΖΟΝΤΑΣ: σε μια περιοχή που απαντούν απαραμόρφωτα οριζόντια στρώματα, η γεωλογική της εξέλιξη περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Απόθεση - ιζηματογένεση - διαγένεση+λιθοποίηση
- Ανάδυση - Χέρσευση
- Αποσάθρωση - Διάβρωση

* ΥΠΟΓΡΑΜΜΙΖΕΤΑΙ ότι η παράθεση των γεγονότων αυτών γίνεται υπεραπλουστευμένη: οι συνθήκες ιζηματογένεσης (απόθεση, διαγένεση, λιθοποίηση, κλπ.) ελέγχονται από ιδιαίτερα περίπλοκες φυσικοχημικές διεργασίες. Στο εγχειρίδιο αυτό απλά προσπαθούμε να αναδείξουμε τη διάσταση ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ και ΕΞΕΛΙΞΗ μέσα από την ανάγνωση ενός γεωλογικού χάρτη.

[†] Χέρσευση μπορεί να προκληθεί και από μη τεκτονικούς, παράγοντες, όπως οι κλιματικοί. Κάτι τέτοιο δεν μπορεί να διαπιστωθεί από τα δεδομένα που μας δίνουν οι απλοί γεωλογικοί χάρτες που μελετάμε.