

## ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Σκοπός της μεθόδου της ειδικής αντίστασης είναι να βρεθεί η γεωηλεκτρική δομή του υπεδάφους και έμμεσα να ληφθούν πληροφορίες για τη γεωλογική δομή του υπεδάφους.

Λόγω χαμηλού κόστους και μεγάλου εύρους εφαρμογών είναι η πιο διαδεδομένη γεωφυσική μέθοδος και χρησιμοποιείται κυρίως στην Υδρογεωλογία, στην Τεχνική Γεωλογία στην αναζήτηση μεταλλευμάτων και γεωθερμικών πεδίων, στην ανεύρεση του βάθους του μητρικού πετρώματος σε τοποθεσίες κατασκευής τεχνητών φραγμάτων, στην αρχαιομετρία κ.τ.λ.

- Κατά την μέθοδο της γεωηλεκτρικής διασκόπησης μετράμε τη διαφορά δυναμικού που προκαλείται από την εισαγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στη γη.
- Η μετρούμενη διαφορά δυναμικού αντικατοπτρίζει την δυσκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσα στο υπεδάφος, δίνοντας έτσι μια ένδειξη για την ηλεκτρική αντίσταση του εδάφους.
- Διαφορετικοί γεωλογικοί σχηματισμοί παρουσιάζουν και διαφορετικές ηλεκτρικές αντιστάσεις. Η γνώση της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την έμμεση εύρεση της γεωλογικής δομής και τον εντοπισμό δομών ενδιαφέροντος.

### **ΕΙΔΙΚΗ ΗΛ/ΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ – ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ**

Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση των σχηματισμών του υπεδάφους κατά κύριο λόγο εξαρτάται από την ηλεκτρολυτική αγωγιμότητα, δηλαδή το ρεύμα διαρρέει τους γεωλογικούς σχηματισμούς μέσω των ιόντων που είναι διαλυμένα στο νερό που βρίσκεται στους πόρους τους.

Επομένως η ειδική ηλεκτρική αντίσταση είναι συνδυασμός παραγόντων που επηρεάζουν τη συγκέντρωση, σύσταση του νερού που βρίσκεται στους διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς. Ειδικότερα εξαρτάται από: τις υδρολογικές - υδρογεωλογικές συνθήκες, τη χημική σύσταση του νερού, το μέγεθος των πόρων (πορώδες) των σχηματισμών, τις πιθανές διαρρήξεις - διακλάσεις - ρήγματα των σχηματισμών (δευτερογενές πορώδες), τη θερμοκρασία και την πίεση.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ενδεικτικά οι τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης διαφόρων πετρωμάτων.

ΠΕΤΡΩΜΑ	ΕΥΡΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ (Ohm.m)
ΓΡΑΝΙΤΗΣ	100 - $1 \times 10^6$
ΓΑΒΡΟΣ	$1 \times 10^3$ - $1 \times 10^6$
ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ	50 - $1 \times 10^7$
ΨΑΜΜΙΤΗΣ	1 - $1 \times 10^8$
ΑΜΜΟΣ	1 - 1.000
ΑΡΓΙΛΟΣ	1 - 100

### **ΠΡΟΣΟΧΗ**

- Η ειδική αντίσταση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που μεταβάλλονται εύκολα.

- Οι διακυμάνσεις της ειδικής αντίστασης για τους ίδιους γεωλογικούς σχηματισμούς έχουν μεγάλο εύρος.
- Δυο τελείως διαφορετικοί γεωλογικοί σχηματισμοί μπορεί να έχουν παρόμοιες ειδικές αντιστάσεις.

**Επομένως:**

- Η ερμηνεία των μετρήσεων της ειδικής αντίστασης πρέπει να γίνεται με προσοχή.
- Ασφαλής είναι μόνο η σχετική σύγκριση των ειδικών αντιστάσεων σε μια περιοχή.
- Η μελέτη της ειδικής αντίστασης σε μια περιοχή μπορεί να δώσει (έμμεσα) ασφαλή συμπεράσματα για τη λιθολογία μόνο όταν η ερμηνεία γίνεται συνυπολογίζοντας όλες τις υπάρχουσες πληροφορίες για την περιοχή (γεωλογικοί χάρτες, γεωτρήσεις κ.α.).

**ΒΑΣΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ**

Η βασική διαδικασία μέτρησης είναι η εξής: για κάθε μέτρηση χρησιμοποιούνται τέσσερα ηλεκτρόδια (συνήθως μεταλλικοί πάσσαλοι) τα οποία εισάγονται στο έδαφος σε ένα βάθος μερικών εκατοστών (~10cm) και σε αποστάσεις μεταξύ τους που ποικίλουν από μερικά μέτρα μέχρι μερικές εκατοντάδες μέτρα.

Χρησιμοποιείται όργανο μέτρησης το οποίο συνδέεται με τα ηλεκτρόδια μέσω καλωδίων. Διαβιβάζεται συνεχές ηλεκτρικό έντασης  $I^*$  (ποικίλλει από μερικά milli-Ampere έως μερικά Ampere) μέσα στη γη με δυο ηλεκτρόδια ρεύματος A, B και μετράται σε διάφορες θέσεις η διαφορά δυναμικού  $V_{MN}$  (\*) μεταξύ δυο ηλεκτροδίων δυναμικού M, N (βλ. Σχήμα 1). Βρίσκεται έτσι για κάθε μέτρηση η ηλεκτρική αντίσταση  $R^*$ .

$$R = \frac{V_{MN}}{I_{AB}}$$

Το βάθος διείσδυσης του ρεύματος (άρα και το βάθος της διασκόπησης) είναι ανάλογο με την απόσταση των ηλεκτροδίων.

Επειδή η γη είναι γεωηλεκτρικά ανομοιογενής, η μετρούμενη ηλεκτρική αντίσταση είναι συνάρτηση:

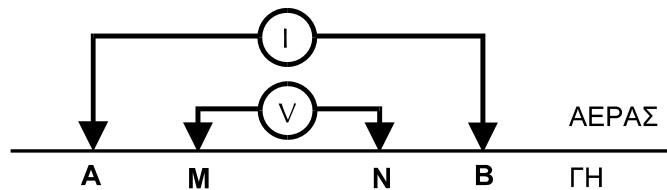
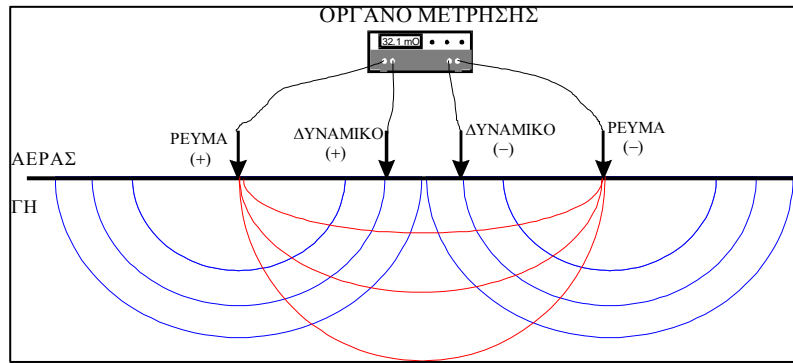
- της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους.
- της γεωμετρίας της μέτρησής μας (Θέσεις A, B, M, N).

Για να λάβουμε υπόψη την επίδραση της γεωμετρίας εισάγεται ο όρος της **ΦΑΙΝΟΜΕΝΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ**  $\rho_a^*$

---

\*Μονάδες μέτρησης

- Δυναμικό V (Volts)
- Ένταση ρεύματος I (Ampere) (1 A = 1000 mA)
- Ηλεκτρική αντίσταση  $R=V/I$  (Ohm)
- Φαινόμενη Ειδική ηλεκτρική αντίσταση  $\rho_a$  (Ohm · m)



**Σχήμα 1**

$$\rho_a = \frac{V_{MN}}{I_{AB}} K$$

Όπου K είναι ο λεγόμενος γεωμετρικός παράγοντας – παράγοντας που εξαρτάται από τις αποστάσεις AB, AM, BM, BN.

### **ΠΡΟΣΟΧΗ**

Στην πράξη η φαινόμενη αντίσταση  $\rho_a$  αποτελεί (σε μια πρώτη προσέγγιση) ένα είδος «μέσου όρου» των ηλεκτρικών αντιστάσεων του ανομοιογενούς υπεδάφους. Άρα δεν δίνει ακριβώς την πραγματική αλλά μια «παραμορφωμένη» εικόνα της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους.

- Η πραγματική αντίσταση μπορεί να βρεθεί μόνο μετά από κατάλληλη ερμηνεία - επεξεργασία.
- Για αυτόν τον λόγο η απευθείας χρήση των μετρήσεων φαινόμενης αντίστασης για την εξαγωγή συμπερασμάτων είναι παρακινδυνευμένη.
- Πάντα χονδρική ποιοτική ερμηνεία με έμφαση στις σχετικές μεταβολές – ποσοτική ερμηνεία μόνο μετά από επεξεργασία.

### **ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ – ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΕΠΑΦΗΣ**

Τα όργανα μέτρησης της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, σε απλουστευμένη μορφή αποτελούνται από μία πηγή, ένα βολτόμετρο και ένα αμπερόμετρο. Η πηγή εφαρμόζει τάση  $V_p$  και παράγει συνεχές ρεύμα ή εναλλασσόμενο ρεύμα χαμηλής συχνότητας (π.χ. 100Hz). Για την εκτέλεση της μέτρησης είναι επίσης απαραίτητα καλώδια και ηλεκτρόδια (συνήθως ατσάλινοι πάσσαλοι).

Ένα από τα όργανα γεωηλεκτρικών μετρήσεων που χρησιμοποιείται από το Τομέα Γεωφυσικής του ΑΠΘ, είναι το TERRAMETER SAS 300B της ABEM. Οι βασικές λειτουργίες του οργάνου παρουσιάζονται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2

Κατά την εισαγωγή των μεταλλικών ηλεκτροδίων ρεύματος μέσα στη γη δεν υπάρχει τέλεια επαφή μεταξύ του ηλεκτροδίου και του εδάφους. Εμφανίζονται μικρά κενά αέρα τα οποία «δυσκολεύουν» την εισαγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος στη γη σε συνδυασμό με πιθανά χαμηλή υγρασία στο γεωλογικό στρώμα (Σχ3). Η αντίσταση που συναντά το ηλεκτρικό ρεύμα ώστε να εισέλθει στο έδαφος ονομάζεται **αντίστασης επαφής  $R_c$**  και δεν πρέπει να συγχέεται με την ηλεκτρική αντίσταση των γεωλογικών σχηματισμών R που μετράμε κατά τη διεξαγωγή των γεωηλεκτρικών διασκοπήσεων. Η αντίσταση επαφής μετριέται επίσης σε Ohm και συνήθως είναι της τάξης των 200-2000 Ohm (0.2-2 KOhm). Υψηλές τιμές της αντίστασης επαφής μπορούν να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα στην ποιότητα των γεωηλεκτρικών μετρήσεων για αυτό και στην πράξη προσπαθούμε να τη μειώσουμε με διάφορους τρόπους π.χ. με το να βρέχουμε τις θέσεις των ηλεκτροδίων ρεύματος με αλατόνερο.

Ο μηχανισμός με τον οποίο οι αντιστάσεις επαφής επηρεάζουν την ποιότητα των μετρήσεων φαίνεται παρακάτω:

Η μετρούμενη ηλεκτρική αντίσταση προκύπτει ως γνωστόν από τη σχέση :

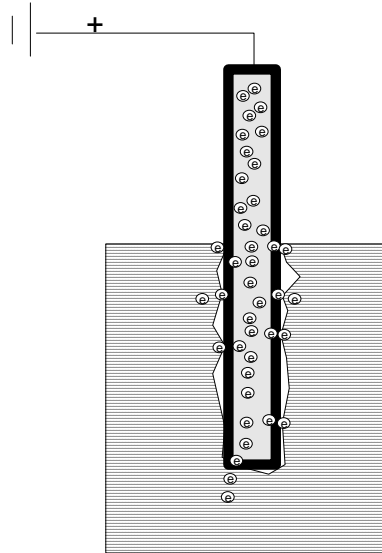
$$R = \frac{V_{MN}}{I_{AB}}$$

Για κάθε σταθερή θέση ηλεκτροδίων A,B,M,N η μετρούμενη αντίσταση R είναι η ίδια ανεξάρτητα από την ένταση του ρεύματος  $I_{AB}$ . Αυτό σημαίνει ότι όσο πιο μεγάλης έντασης ρεύμα  $I_{AB}$  εισάγουμε στη γη τόσο μεγαλύτερο θα είναι και το δυναμικό  $V_{MN}$  που καταγράφουμε. Αντίστροφα, όσο πιο μικρής έντασης ρεύμα  $I_{AB}$  εισάγουμε στη γη τόσο μικρότερο θα είναι και το δυναμικό  $V_{MN}$  που καταγράφουμε. Με δεδομένο ότι το βολτόμετρο του οργάνου που καταγράφει το δυναμικό έχει πεπερασμένη ακρίβεια (π.χ. τυπικά 0.1 mV) είναι φανερό ότι με την εισαγωγή ρεύματος  $I_{AB}$  μικρής έντασης κινδυνεύουμε η τιμή του μετρούμενου δυναμικό να είναι εκτός της ακρίβειας του οργάνου. Επομένως στην πράξη επιθυμούμε να λαμβάνουμε μετρήσεις με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ένταση ρεύματος  $I_{AB}$ .

Η αντίσταση επαφής  $R_c$  σχετίζεται άμεσα με την ένταση του ρεύματος  $I_{AB}$  που εισάγουμε. Θεωρώντας ότι η μέγιστη τάση της πηγής του οργάνου είναι  $V_{\Pi}$  η ένταση του ρεύματος δίνεται από τη σχέση:

$$I_{AB} = \frac{V_{\pi}}{R_c}$$

Άρα, δεδομένου ότι η μέγιστη τάση της πηγής του οργάνου  $V_{\Pi}$  είναι σταθερή για κάθε όργανο και δίνεται από το κατασκευαστή η ένταση του ρεύματος  $I_{AB}$  αυξάνεται ή μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα με την αντίσταση επαφής.



Σχήμα 3