

# ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΩΝ

Ζ' ΕΞΑΜΗΝΟ

ΔΙΔΑΣΚΩΝ:

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΤΣΟΥΡΛΟΣ

ΛΕΚΤΟΡΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ, ΑΠΘ

(e-mail: [tsourlos@lemnos.geo.auth.gr](mailto:tsourlos@lemnos.geo.auth.gr))

# ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ

- Μελετά τη δομή των επιφανειακών στρωμάτων του φλοιού της γης με βάση τις μετρήσεις γεωφυσικών μεγεθών και με την εφαρμογή θεμελιωδών φυσικών νόμων.
- Σκοπός της Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής είναι ο εντοπισμός δομών οικονομικού ή άλλου ενδιαφέροντος.
- Μέθοδοι της εφαρμοσμένης γεωφυσικής εφαρμόζονται:
  - ✓ Γεωλογική έρευνα
  - ✓ Υδρογεωλογία
  - ✓ Εντοπισμό κοιτασμάτων
  - ✓ Γεωτεχνικές μελέτες
  - ✓ Περιβαλλοντικές μελέτες
  - ✓ Αρχαιομετρία

# ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

- Με τις ηλεκτρικές μεθόδους διασκόπησης επιδιώκεται ο καθορισμός των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του υπεδάφους.
- Η εύρεση των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του υπεδάφους αποτελεί έναν έμμεσο τρόπο για την εύρεση δομών ενδιαφέροντος.
- Η ποσότητα που μετράμε, είναι συνήθως η ηλεκτρική τάση  $V$ .
- Η ιδιότητα του εδάφους που κυρίως μας ενδιαφέρει είναι η Ειδική Ηλεκτρική Αντίσταση.

• Στις ηλεκτρικές τεχνικές διασκόπησης περιλαμβάνονται οι παρακάτω μέθοδοι:

-Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (E)

-Επαγόμενη πόλωση (E)

-Ισοδυναμικές γραμμές (E)

-Φυσικό δυναμικό (Π)

-Τελλουρικά ρεύματα (Π)

# ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

- Σκοπός της γεωηλεκτρικής μεθόδου διασκόπησης είναι να μετρηθεί η διαφορά δυναμικού που προκαλείται από την εισαγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στη γη.
- Η μετρούμενη διαφορά δυναμικού αντικατοπτρίζει τη δυσκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσα στο υπέδαφος, 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 δομών ενδιαφέροντος.

# ΔΙΑΔΟΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΓΗ

➤ Κατά τη γεωηλεκτρική μέθοδο, εισάγεται ηλεκτρικό ρεύμα μέσα στη γη. Το ηλεκτρικό ρεύμα διαδίδεται με του εξής τρεις τρόπους

## 1. ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Το ηλεκτρικό ρεύμα διαδίδεται μέσω των iónτων αλάτων και ορυκτών που είναι διαλυμένα μέσα στο νερό που γεμίζει τους πόρους των γεωλογικών σχηματισμών.

## 2. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (Ohmic Conduction)

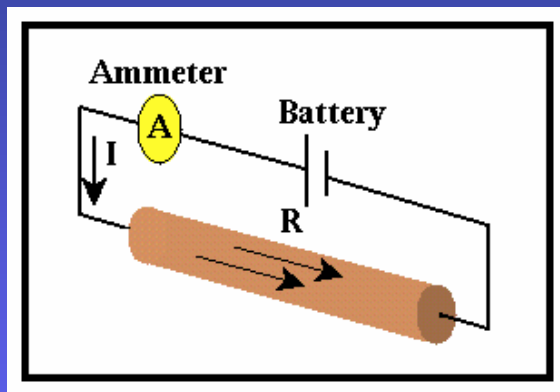
Το ηλεκτρικό ρεύμα διαδίδεται μέσω των ελεύθερων ηλεκτρονίων που βρίσκονται στην κρυσταλλική δομή πετρωμάτων και ορυκτών (κυρίως μεταλλικών).

## 3. ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ «ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ»

Το εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί κυκλική κίνηση στα ίόντα της κρυσταλλικής δομής κάποιων μονωτών. Η κίνηση αυτή προκαλεί δευτερεύων εναλλασσόμενο ρεύμα.

# Νόμος του Ohm

- Το 1828 ο George Ohm προτείνει την παρακάτω εμπειρική σχέση που συνδέει την διαφορά δυναμικού  $V$  που πρέπει να ασκηθεί σε ρεύμα έντασης  $I$  ώστε αυτό να διέλθει από υλικό με ηλεκτρική αντίσταση  $R$



Νόμος του Ohm (απλοποιημένη μορφή):

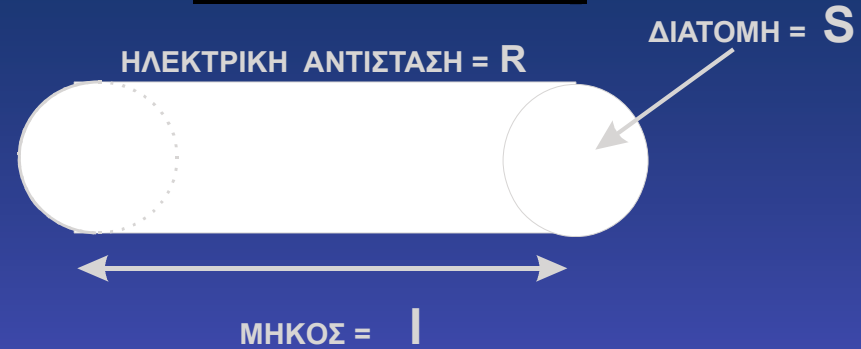
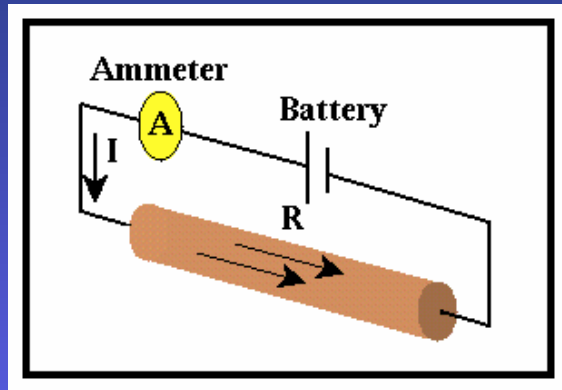
$$V = IR$$

- Η έννοια της ηλεκτρικής αντίστασης περιγράφει την ιδιότητα του υλικού χωρίς να λαμβάνει υπόψη τις διαστάσεις του.
- Για το λόγο αυτό εισάγεται ο όρος της Ειδικής Ηλεκτρικής Αντίστασης

# Ειδική Ηλεκτρική Αντίσταση

## Νόμος του Ohm

$$V = IR$$



ΕΙΔΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ  $\rho$ :

$$\rho = \frac{RS}{l}$$

ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ :  $\frac{\text{Ohm} \cdot \text{m}^2}{\text{m}} = \text{Ohm} \cdot \text{m}$

ΕΙΔΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ  $\sigma$ :

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ :  $\frac{1}{\text{Ohm} \cdot \text{m}} = \text{Siemens} / \text{m} = \text{S/m}$

# ΕΙΔΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΥΛΙΚΩΝ

## (Ohm-m)

ΥΛΙΚΟ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ
ΑΕΡΑΣ	$\infty$
ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗΣ	$3 \times 10^{-1}$
ΓΑΛΗΝΙΤΗΣ	$2 \times 10^{-3}$
ΧΑΛΑΖΙΑΣ	$4 \times 10^{10} - 2 \times 10^{14}$
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
ΓΡΑΝΙΤΗΣ	100 - $1 \times 10^6$
ΓΑΒΡΟΣ	$1 \times 10^3 - 1 \times 10^6$
ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ	50 - $1 \times 10^7$
ΨΑΜΜΙΤΗΣ	1 - $1 \times 10^8$
ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ	20 - $2 \times 10^3$
ΔΟΛΟΜΙΤΗΣ	100 - $10^4$
ΑΜΜΟΣ	1 - 1.000
ΑΡΓΙΛΟΣ	1 - 100
ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	0.5 - 300
ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΝΕΡΟ	0.2



# NOMOS TOY ARCHIE

$$\rho = \alpha \rho_v \varphi^{-m}$$

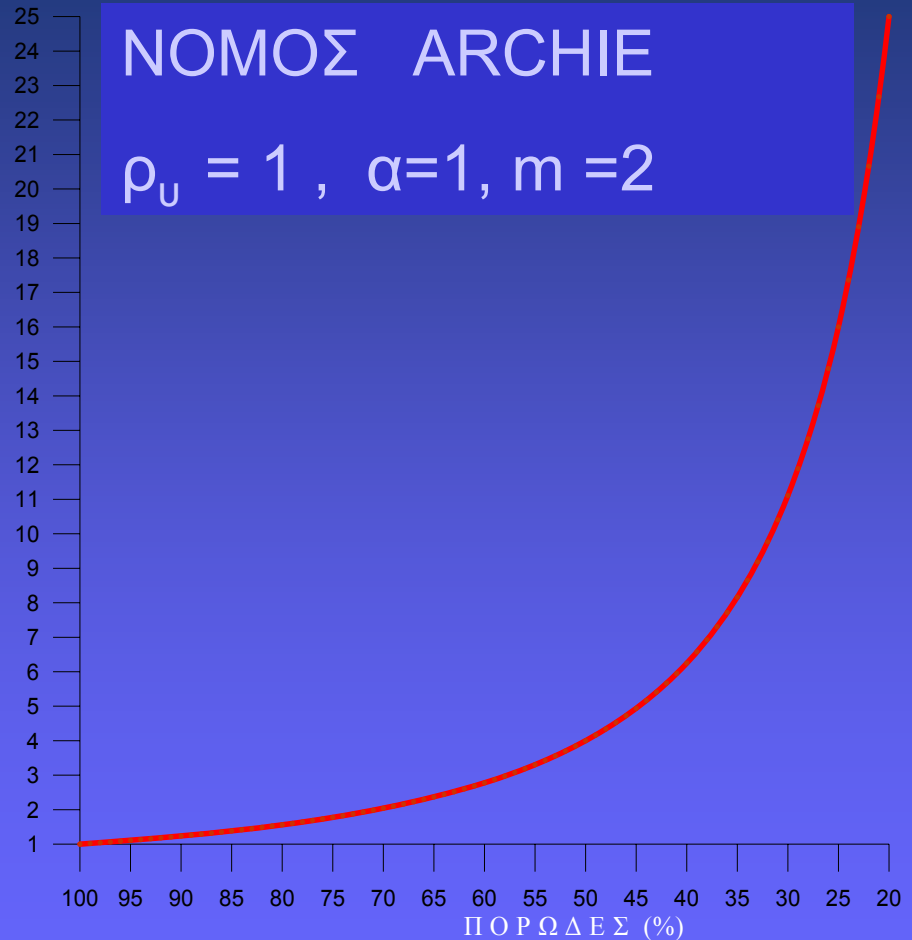
$\rho_v$  = ειδική αντίσταση του νερού των πόρων

$\varphi$  = πορώδες (όγκος πόρων / ολικό όγκο)

$\alpha, m$  = σταθερές ( τυπικές τιμές  $\alpha=1, m=2$ )

Εφαρμογή στην υδρογεωλογία

ΕΙΔ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (ΩΗΜ-Μ)

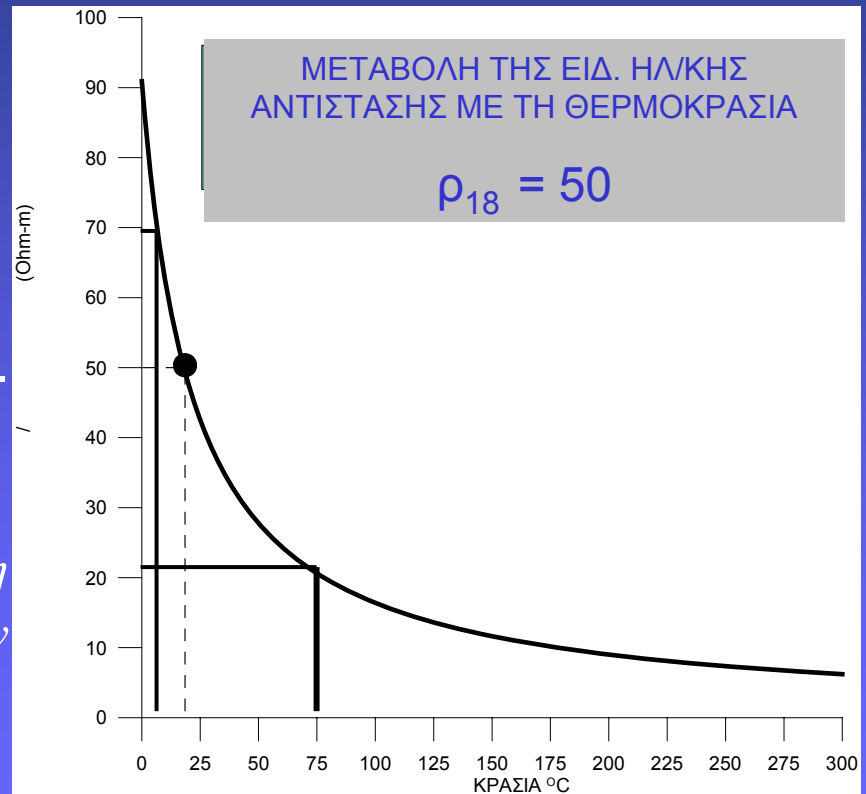


# ΕΙΔΙΚΗ ΗΛ/ΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ – ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

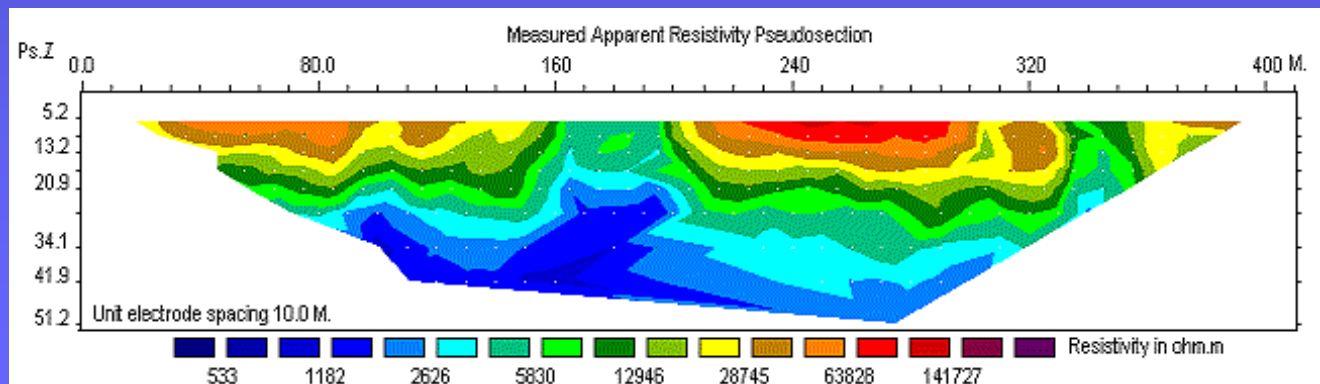
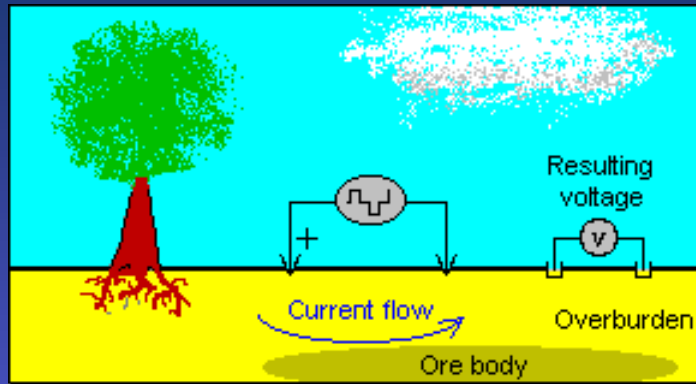
$$\rho_{\Theta} = \frac{\rho_{18}}{1 + \alpha_{\Theta} (\Theta - 18^{\circ})}$$

- $\rho_{\Theta}$  = ειδική αντίσταση σε  $\Theta^{\circ} \text{C}$
- $\rho_{18}$  = ειδική αντίσταση σε  $18^{\circ} \text{C}$
- $\alpha_{\Theta}$  = θερμικός συντελεστής ειδ. αντίστασης (περ.  $0,025/^{\circ}\text{C}$ )

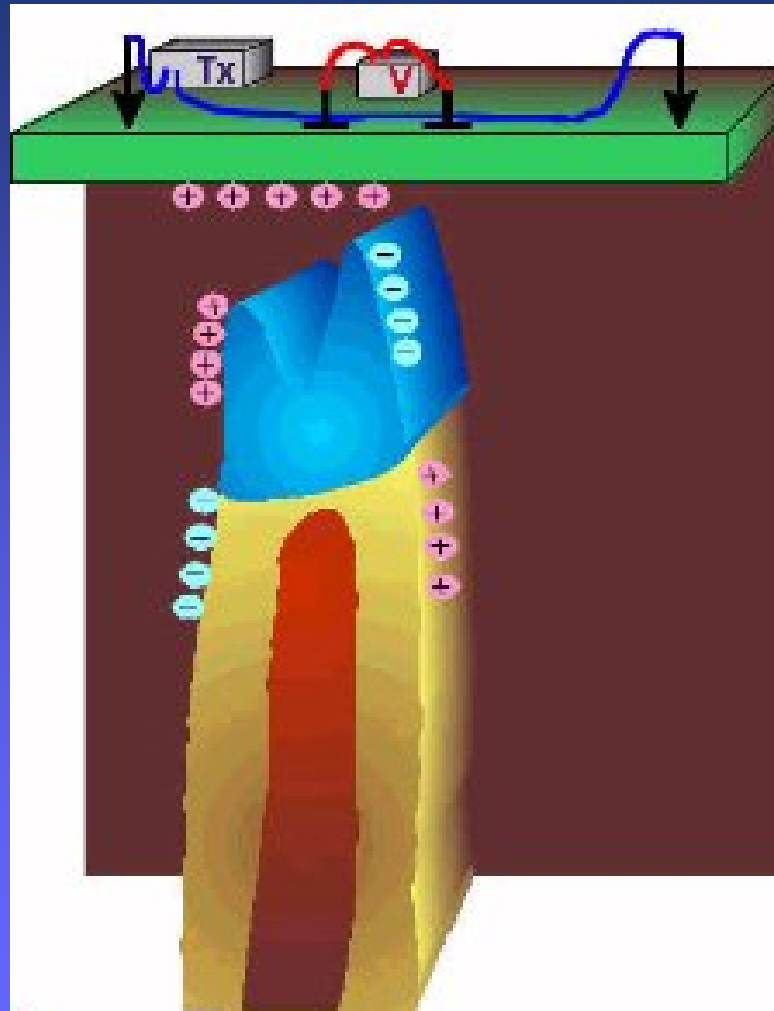
*Εφαρμογή στη γεωθερμία και στη χαρτογράφηση μόνιμα παγωμένων εδαφών*



# ΕΙΔΙΚΗ ΗΛ/ΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ



# ΕΙΔΙΚΗ ΗΛ/ΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ



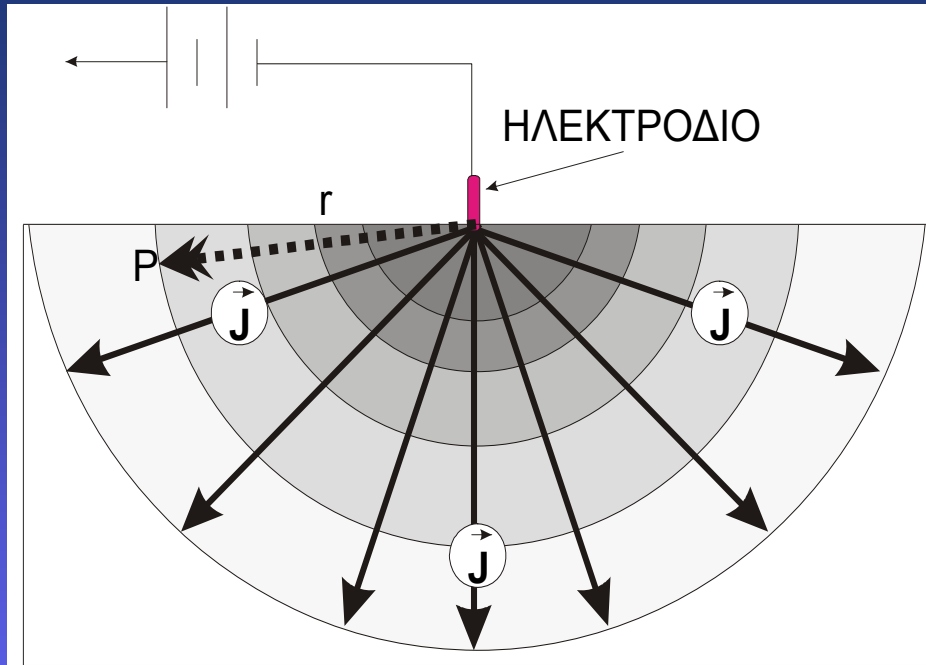
# ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ - ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

- Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση κατά κύριο λόγο εξαρτάται από την ηλεκτρολυτική αγωγιμότητα δηλαδή είναι συνδυασμός παραγόντων που επηρεάζουν τη συγκέντρωση, σύσταση του νερού

## 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
  - ✓ Τη θερμοκρασία και την πίεση
- Η ειδική αντίσταση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που μεταβάλλονται εύκολα.
  - Οι διακυμάνσεις της ειδικής αντίστασης για τους ίδιους γεωλογικούς σχηματισμούς έχουν μεγάλο εύρος

# ΡΟΗ ΗΛ/ΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΕ ΟΜΟΓΕΝΗ ΓΗ



$I$  είναι η ένταση του ρεύματος που εισάγεται σε ομογενή γη ειδ. Ηλ/κης αντίστασης  $\rho$  το δυναμικό  $V$  σε απόσταση  $r$  από την πηγή είναι

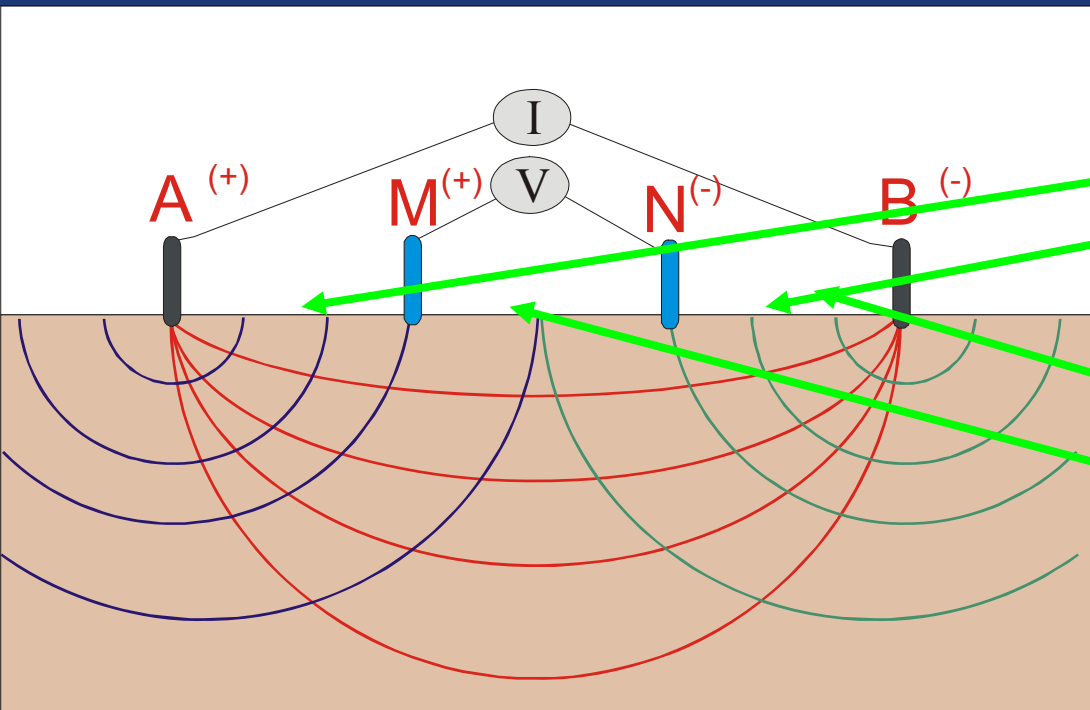
$$V = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad \text{Για θετικό πόλο (I+)}$$

$$V = -\frac{\rho I}{2\pi r} \quad \text{Για αρνητικό πόλο (I-)}$$

Για πόλο μέσα στο έδαφος:

$$V = \frac{\rho I}{4\pi r}$$

# ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ



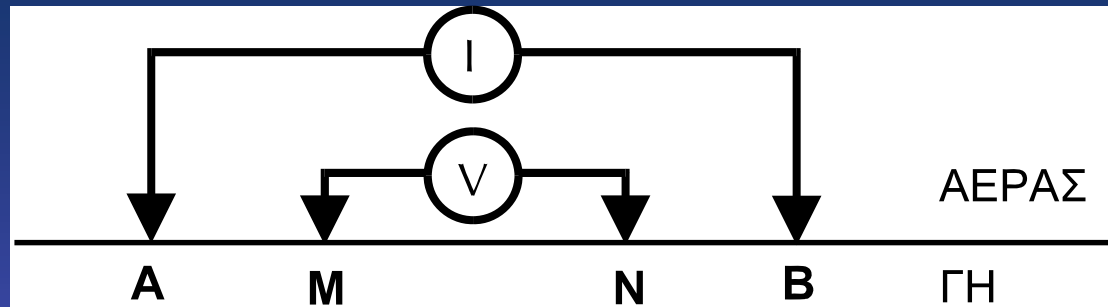
$$V_M = V_M^A + V_M^B = \frac{\rho l}{2\pi AM} - \frac{\rho l}{2\pi BM}$$

$$V_N = V_N^A + V_N^B = \frac{\rho l}{2\pi AN} - \frac{\rho l}{2\pi BN}$$

$$V_{MN} = V_M - V_N = \left( \frac{\rho l}{2\pi AM} - \frac{\rho l}{2\pi BM} \right) - \left( \frac{\rho l}{2\pi AN} - \frac{\rho l}{2\pi BN} \right)$$

$$V_{MN} = \frac{\rho l}{2\pi} \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)$$

# ΕΙΔΙΚΗ ΗΛ/ΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ - ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ



$$V_{MN} = \frac{\rho l}{2\pi} \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)$$

$$\rho = \frac{V_{MN}}{I} \left( \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}} \right)$$

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

$$\rho = R K$$

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ



# ΒΑΘΟΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ – ΑΝΟΙΓΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

