

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

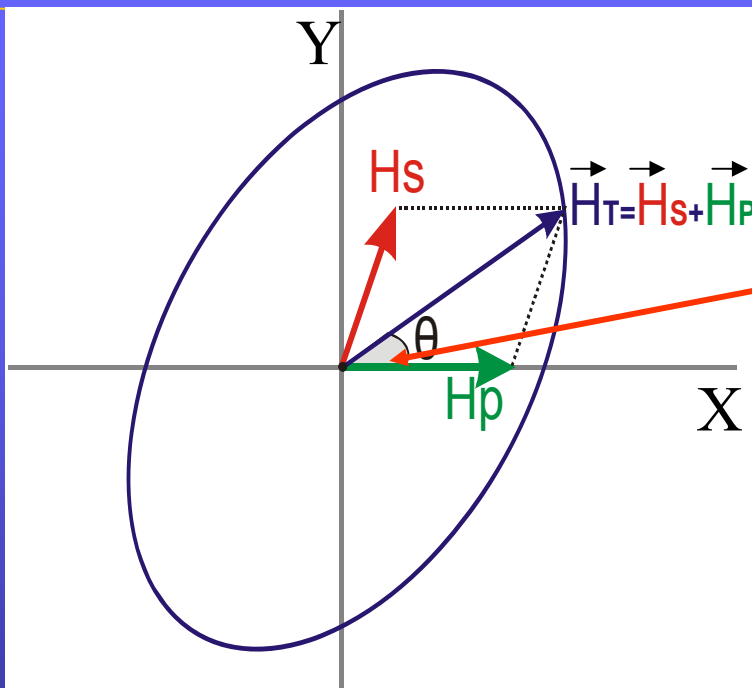
**ΜΕΘΟΔΟΙ
ΓΩΝΙΑΣ ΚΛΙΣΗΣ**

**ΜΕΘΟΔΟΙ
ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΦΑΣΗΣ**

**ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΟΔΙΚΩΝ
ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΩΝ**

**ΜΑΓΝΗΤΟΤΕΛΟΥΡΙΚΗ
ΜΕΘΟΔΟΣ**

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗΣ



ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ
(ΓΩΝΙΑ ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΜΕ ΤΟΝ
ΑΞΟΝΑ ΤΩΝ Χ)

**ΜΕΘΟΔΟΙ
ΓΩΝΙΑΣ ΚΛΙΣΗΣ**

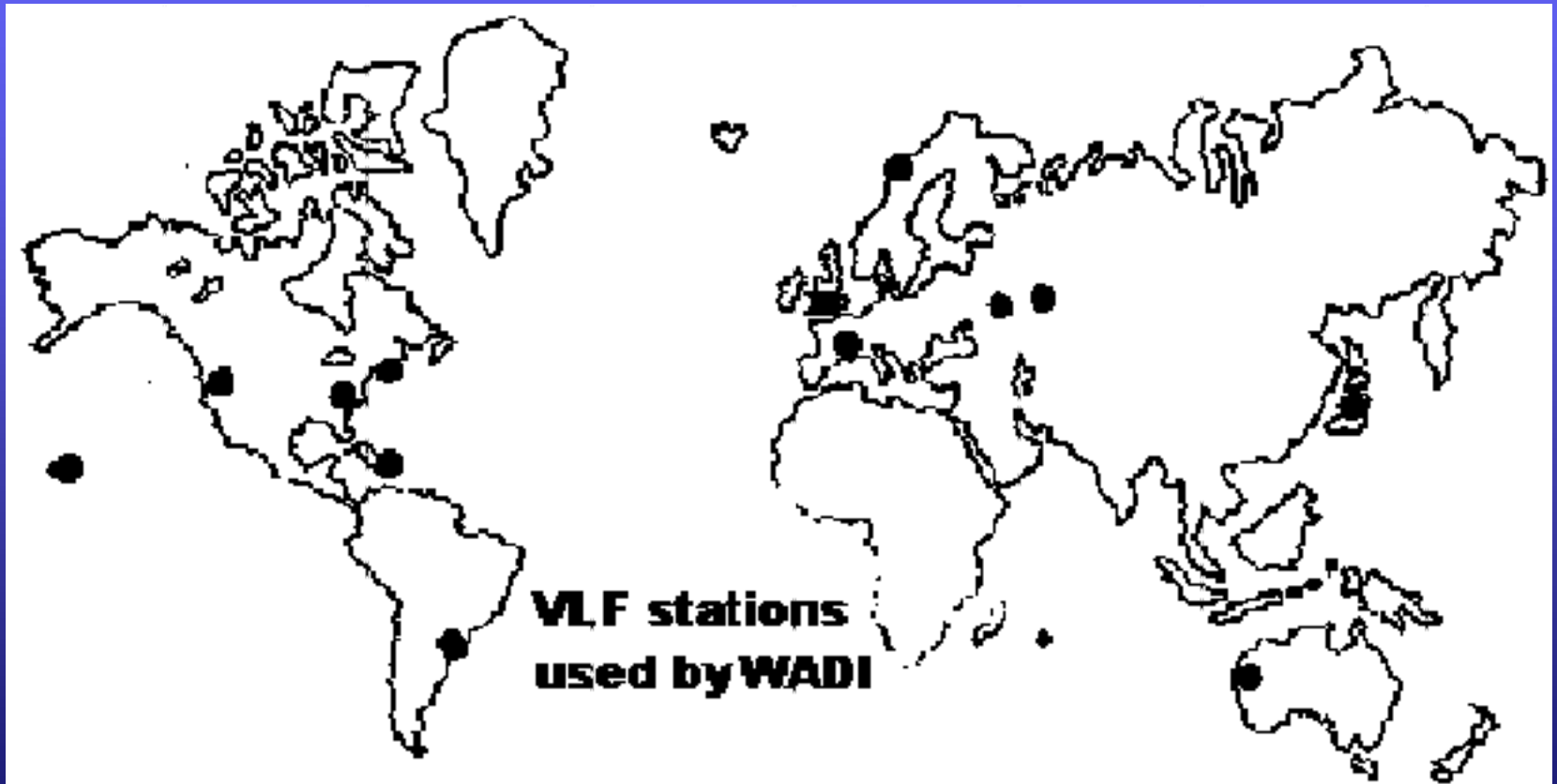
ΜΕΘΟΔΟΣ VLF

ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΠΙΚΟΥ ΠΟΜΠΟΥ

ΜΕΘΟΔΟΣ AFMAG
(AUDIO FREQUENCY MAGNETIC FIELDS)

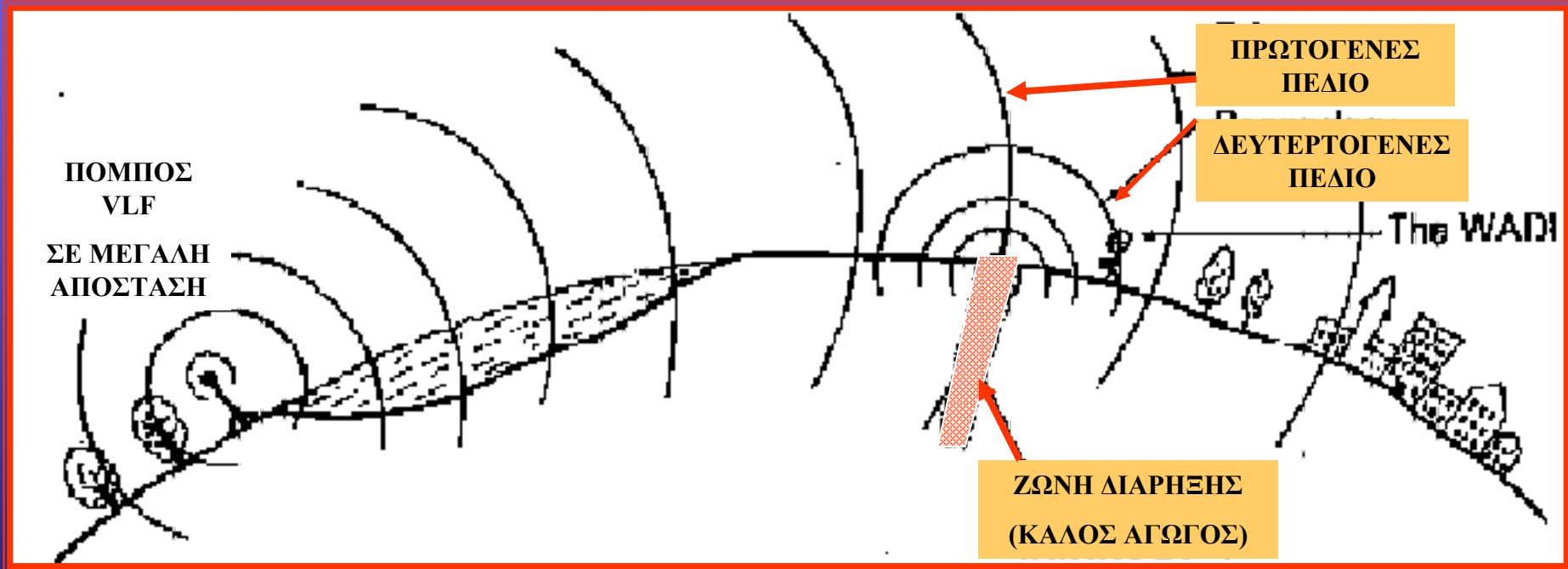
VLF

- Χρήση συχνοτήτων **15-30Khz** εκπεμπόμενων από στρατιωτικούς σταθμούς επικοινωνιών.



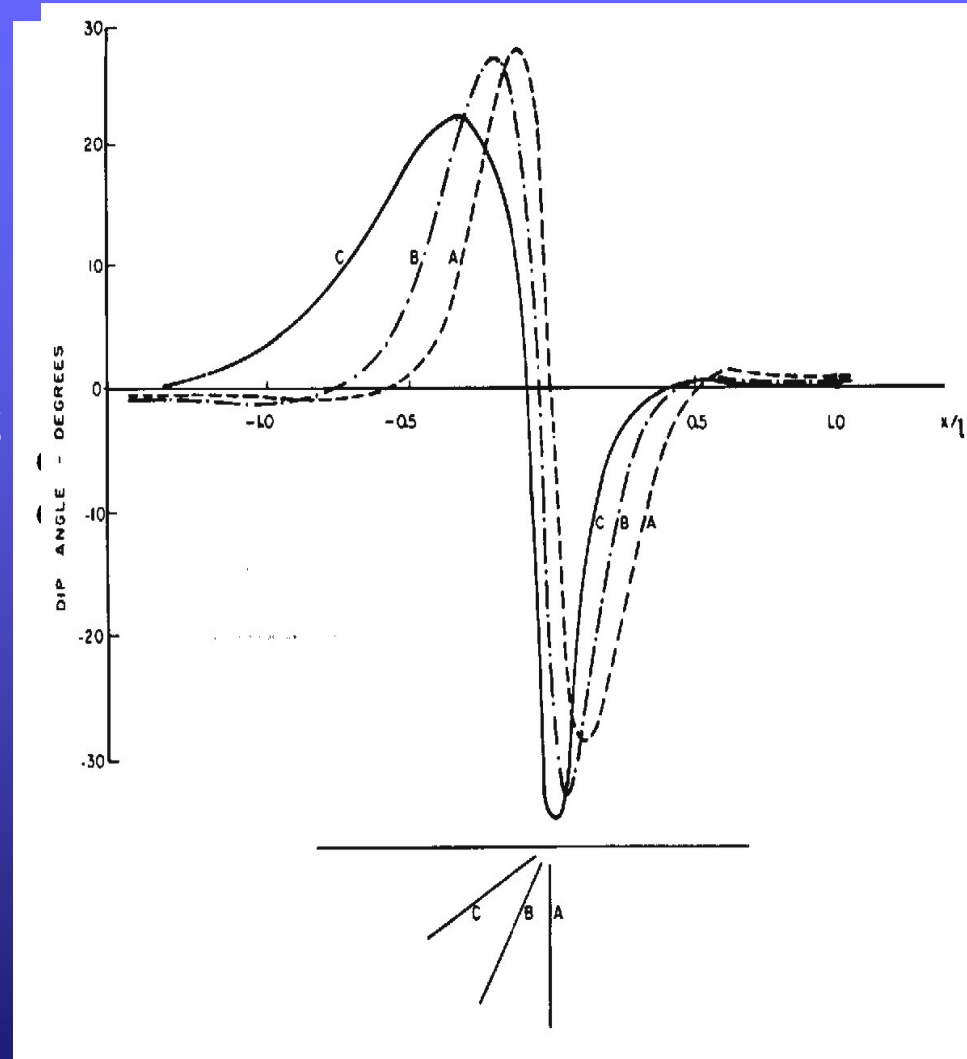
VLF

- Οι σταθμοί VLF επάγουν δευτερογενές ΗΜ πεδίο όταν συναντήσουν καλό αγωγό.



ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΠΙΚΟΥ ΠΟΜΠΟΥ

- Χρήση συχνοτήτων 15-30Khz εκπεμπόμενων από τοπικό σταθμό.
- Τοποθέτηση σταθμού ώστε να εκπέμπει κάθετα στη διεύθυνση μέτρησης.
- Μέτρηση της γωνίας κλίσης θ με τη χρήση δυο καθέτων πηνίων σε οδεύσεις κάθετες.
- Γωνίες από $+20^\circ$ έως -20° λόγω ύπαρξης αγωγού. Αλλιώς $\sim 0^\circ$
- Όσο μεγαλύτερες οι γωνίες κλίσεις τόσο πιο επιφανειακός ο αγωγός
- Ασύμμετρη ανωμαλία \Rightarrow κλίση αγωγού
- Γενικά ερμηνεία όπως και για το VLF



- ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΠΟΛΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ
- ΚΟΣΤΟΣ ΠΟΜΠΟΥ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕΓΑΛΟ

ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΠΙΚΟΥ ΠΟΜΠΟΥ

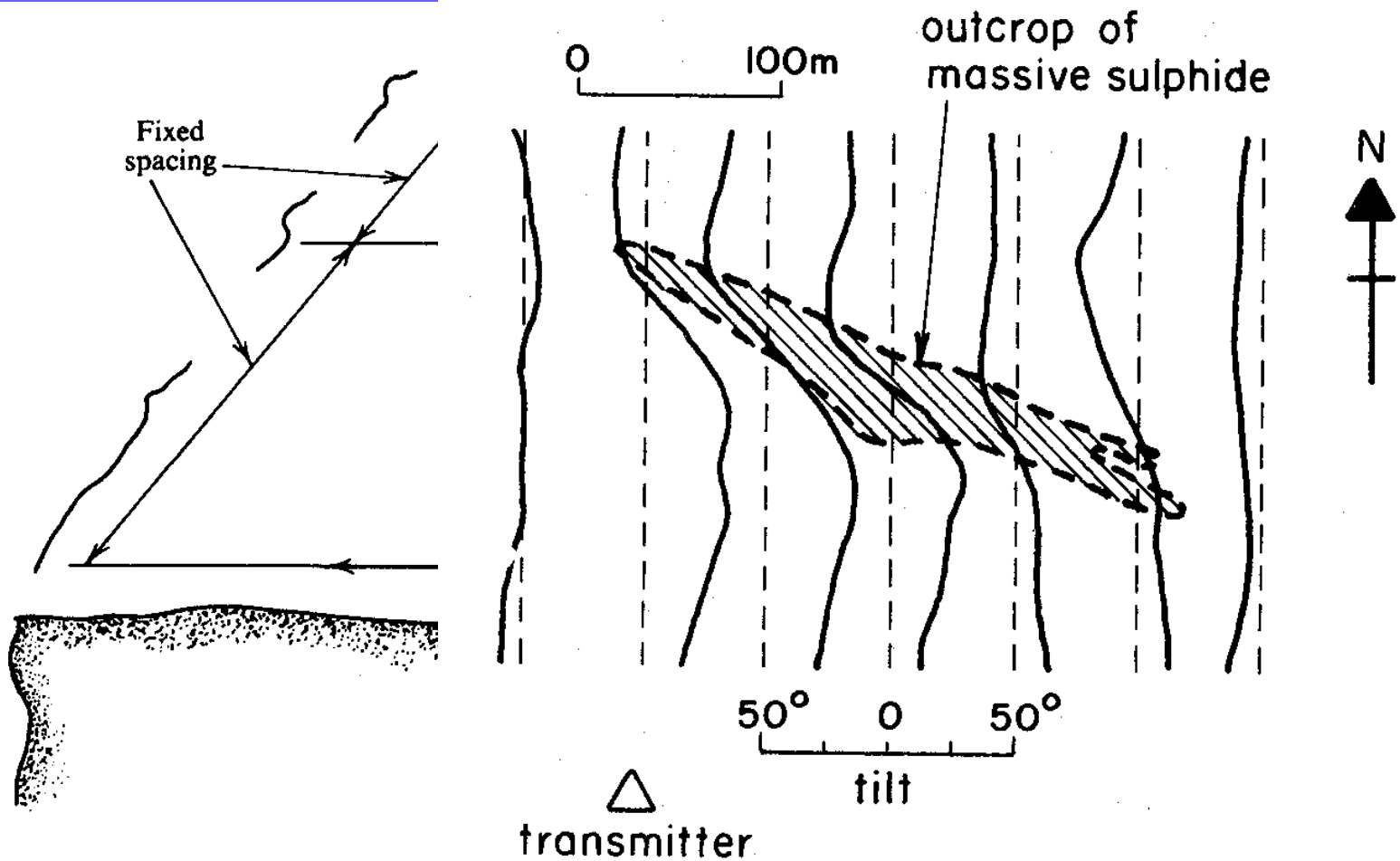
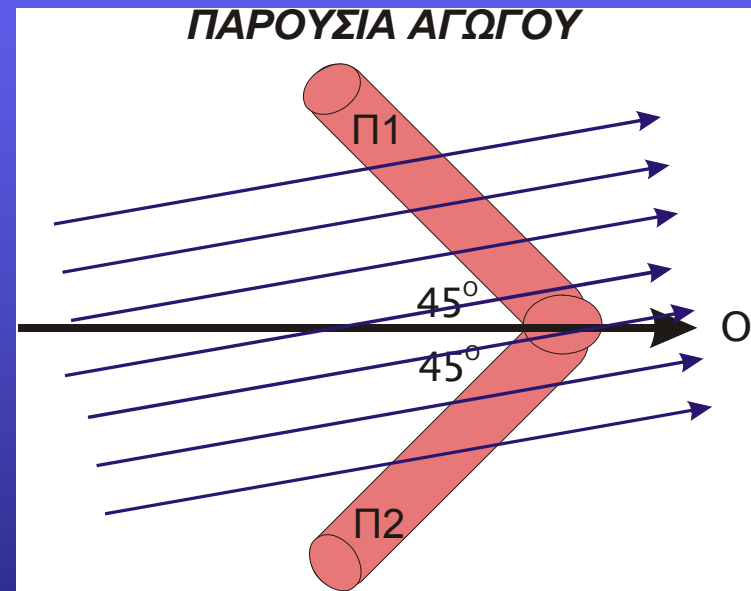
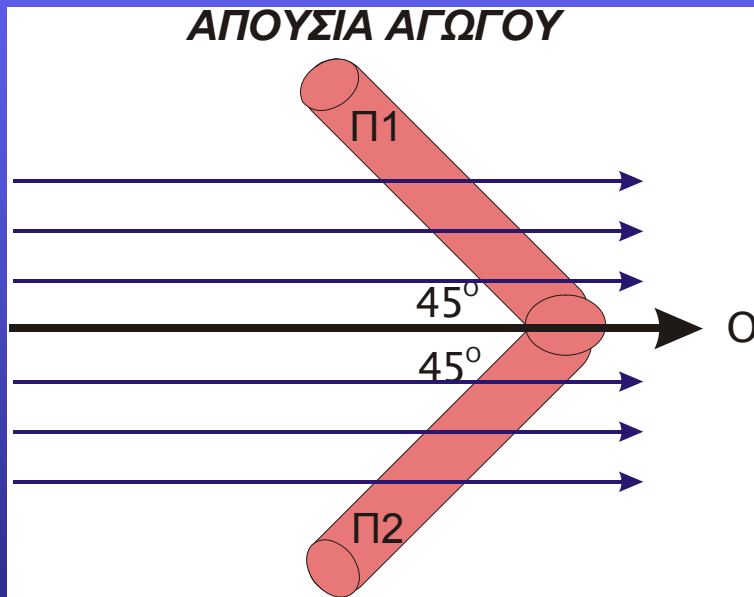


Fig. 9.5 Example of tilt-angle survey using a vertical loop transmitter. (After Parasnis 1973.)

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΦΜΑΓ

- Χρήση ΗΜ που παράγονται από καταιγίδες συχνοτήτων 100-500hz και διαδίδονται μεταξύ Γης και Ιονόσφαιρας
- Γενικά το επίπεδό τους είναι οριζόντιο στην επιφάνεια της γης
- Πεδίο μη σταθερής έντασης. Χρήση δυο κάθετων πηνίων για μέτρηση (Σχηματίζουν 45° με τον ορίζοντα).



- ΑΠΟΥΣΙΑ ΑΓΩΓΟΥ (ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΣ ΠΕΔΙΟ) \Rightarrow
ΚΑΘΕΤΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Π1- ΚΑΘΕΤΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Π2 ~ 0
- ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΑΓΩΓΟΥ (ΥΠΑΡΧΕΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΣ ΠΕΔΙΟ) \Rightarrow
ΚΑΘΕΤΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Π1- ΚΑΘΕΤΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Π1 $\neq 0$

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΦΜΑΓ

- Μέτρηση με το δέκτη συντονισμένο σε δυο συχνότητες
140Hz - 500Hz

$$\frac{\text{ΣΗΜΑ } 140\text{Hz}}{\text{ΣΗΜΑ } 500\text{Hz}} > 1 \quad \Rightarrow \text{ΚΑΛΟΣ ΑΓΩΓΟΣ}$$
$$\frac{\text{ΣΗΜΑ } 140\text{Hz}}{\text{ΣΗΜΑ } 500\text{Hz}} < 1 \quad \Rightarrow \text{ΚΑΚΟΣ ΑΓΩΓΟΣ}$$

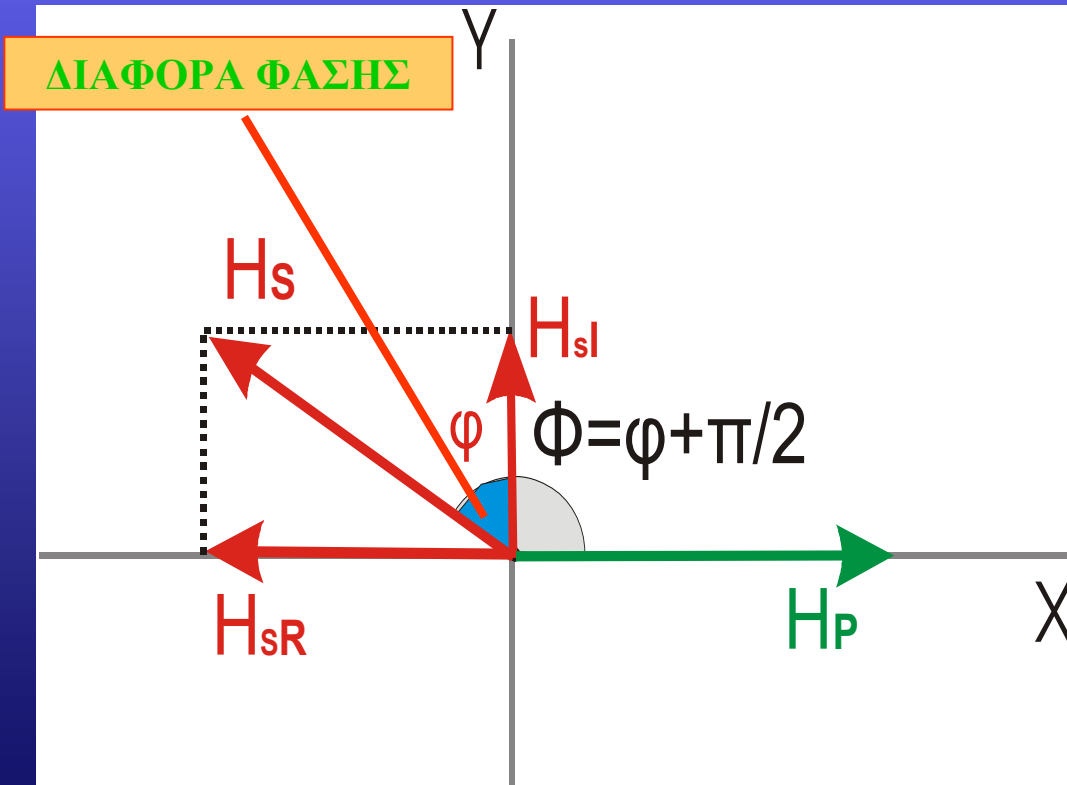
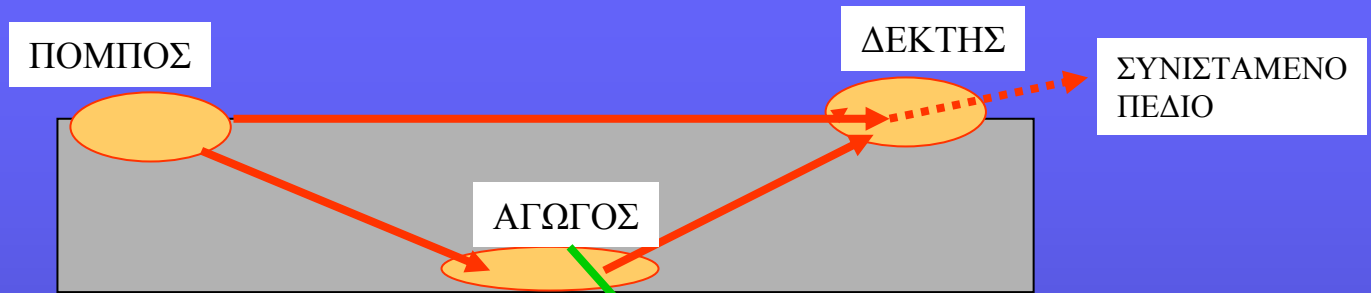
-ΑΡΧΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΜΕ ΤΥΧΑΙΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

-ΔΕΝ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΕΙ Η ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ

+ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

+ΜΙΚΡΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ \Rightarrow ΜΕΓΑΛΟ ΒΑΘΟΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣΗΣ

ΔΙΑΦΟΡΑ ΦΑΣΗΣ



$$H_P = A \eta \mu(\omega t)$$

$$H_s = B \eta \mu(\omega t - \Phi)$$

$$\Phi = \pi/2 + \text{τοξεφ}(2\pi f L/R)$$

$$\Phi = \pi/2 + \varphi$$

$$\varphi = \text{τοξεφ}(2\pi f \text{ (L/R)})$$

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

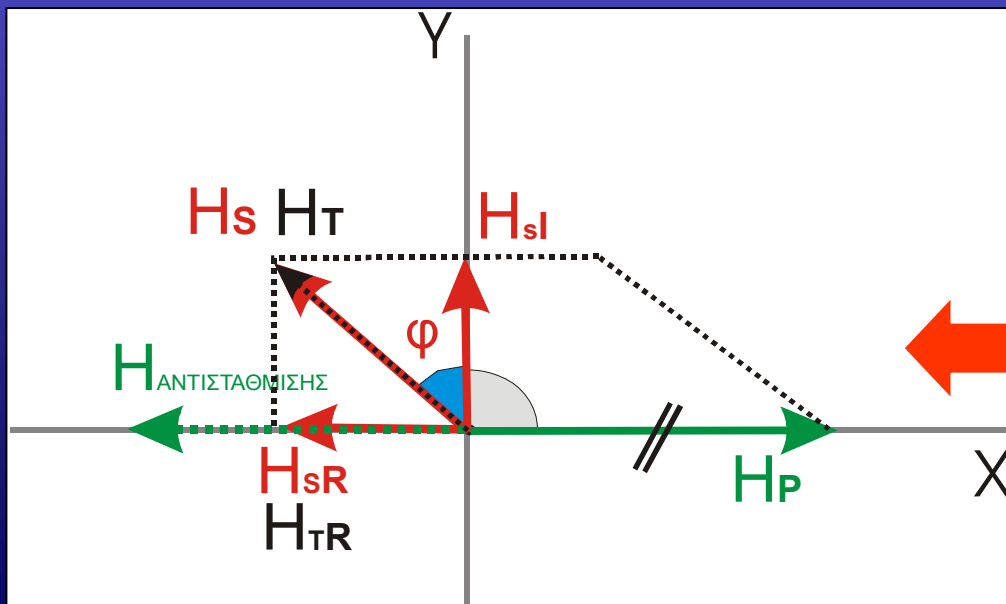
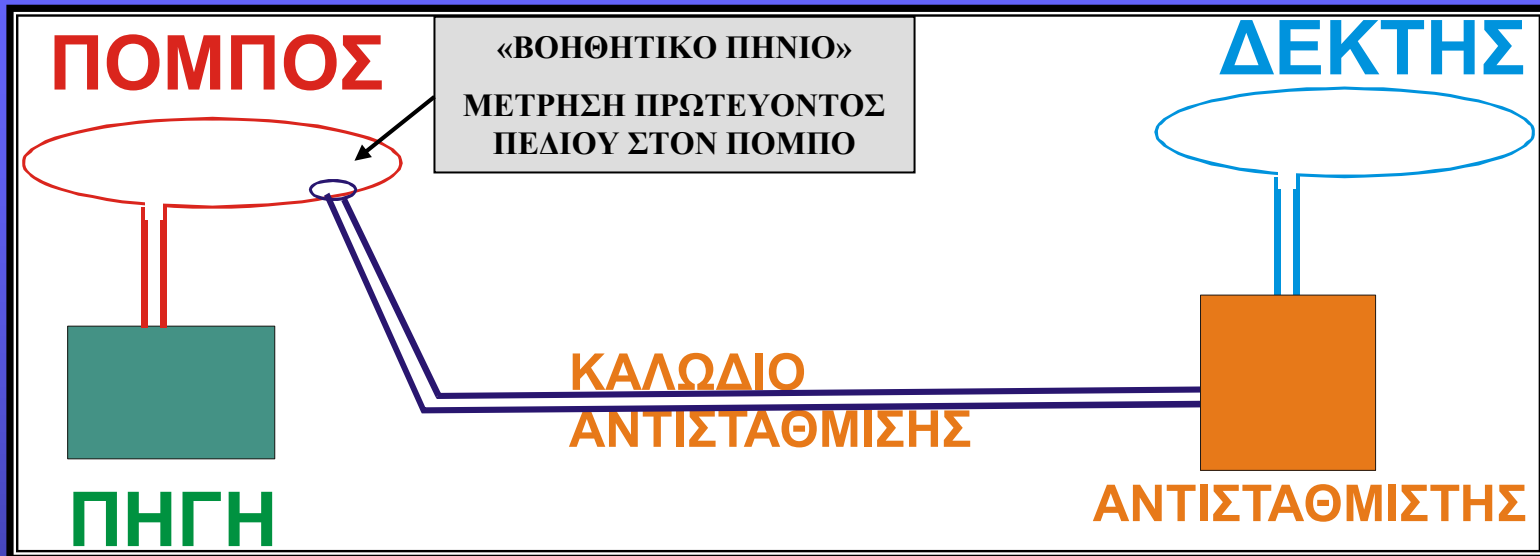
ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΦΑΣΗΣ

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ
(SUNDBERG)

ΜΕΘΟΔΟΣ TURAM

ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ
ΠΟΜΠΟΥ ΔΕΚΤΗ (SLINGRAM)

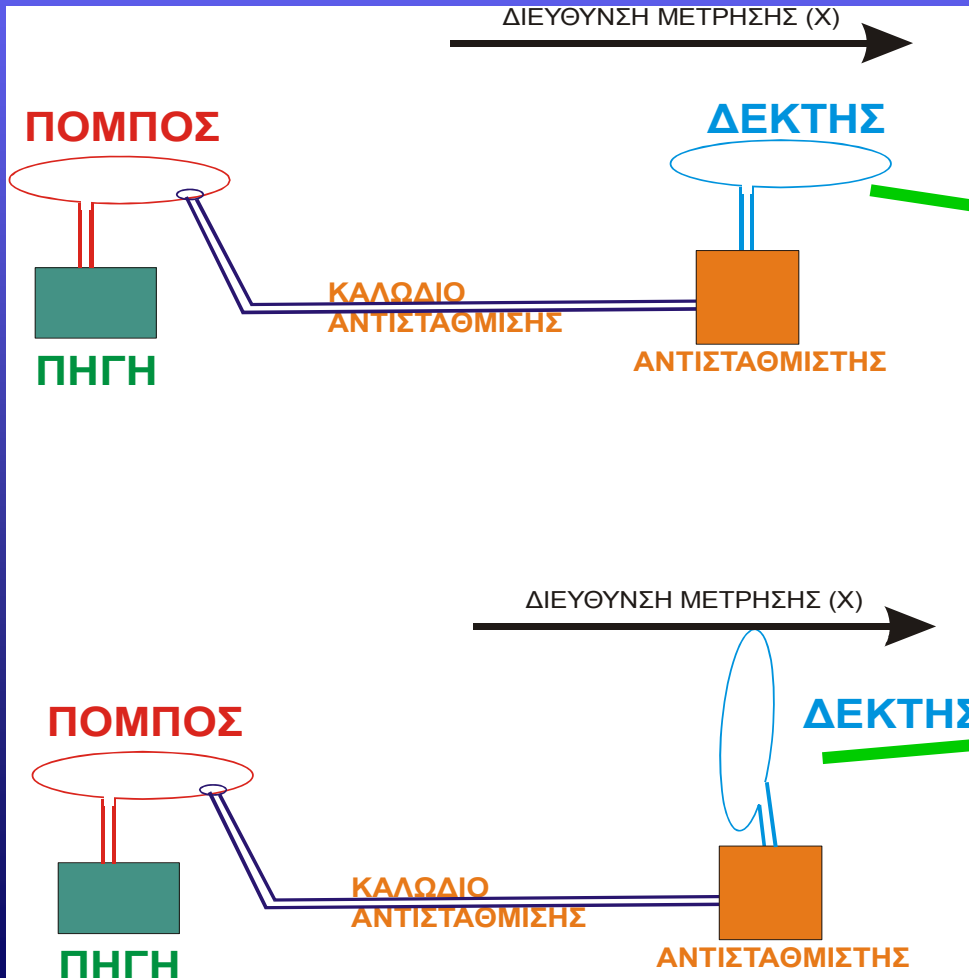
ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ



ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΤΗΣ:
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΔΕΚΤΗ
ΙΔΙΑΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΠΛΑΤΟΥΣ
ΑΛΛΑ ΑΝΤΙΘΕΤΗΣ ΦΑΣΗΣ
=> ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ ΤΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ
ΤΟΥ ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΟΣ ΠΕΔΙΟΥ

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ

- Μέτρηση σε σχετικά χαμηλές συχνότητες (1000 Hz = 1KHz)
- Μέτρηση είτε φανταστικής συνιστώσας (πηνίο οριζόντιο)
- Η/ ΚΑΙ πραγματικής συνιστώσας (πηνίο κάθετο)



H_s

H_{sl}

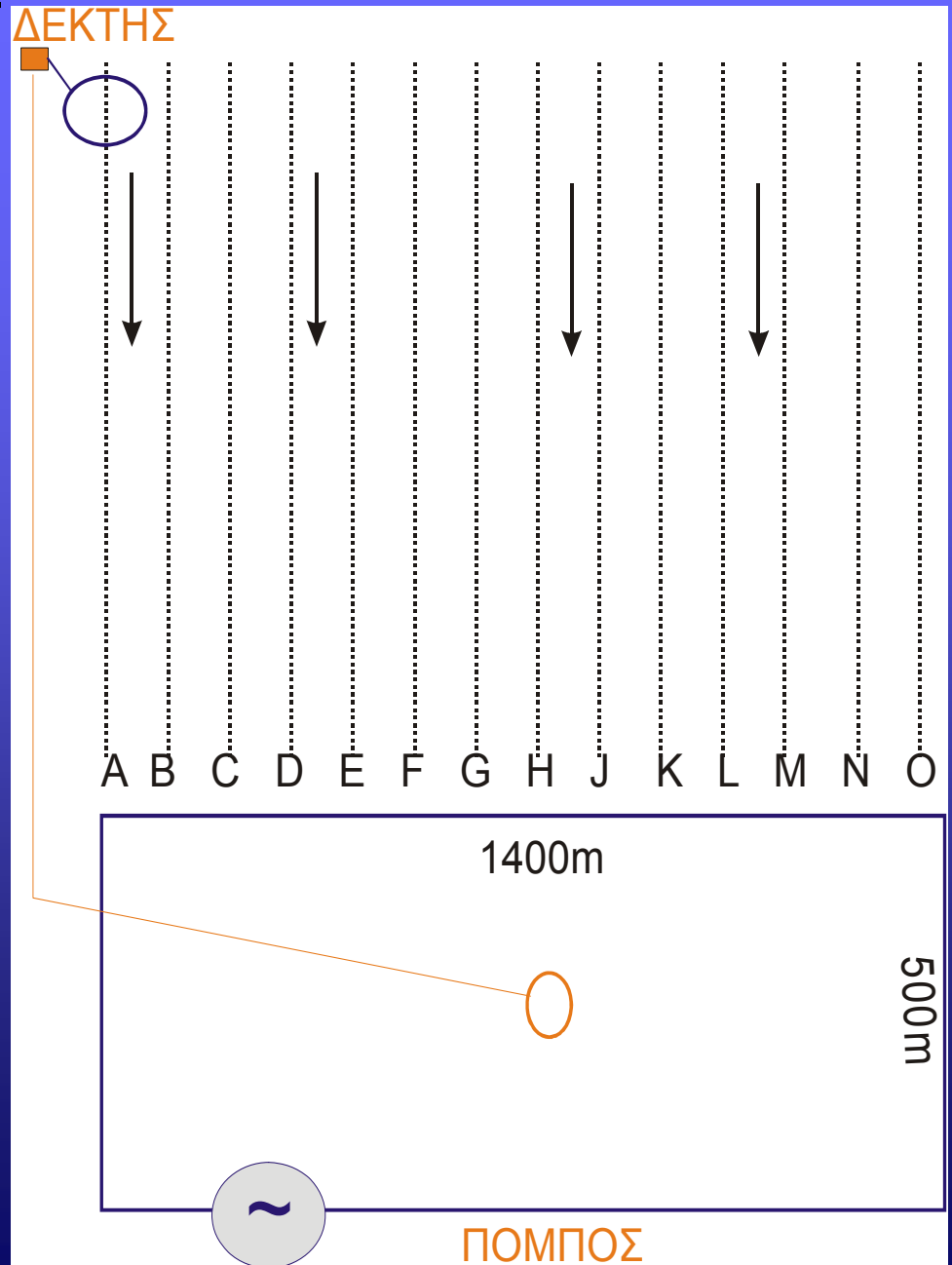
φ

H_{sR}

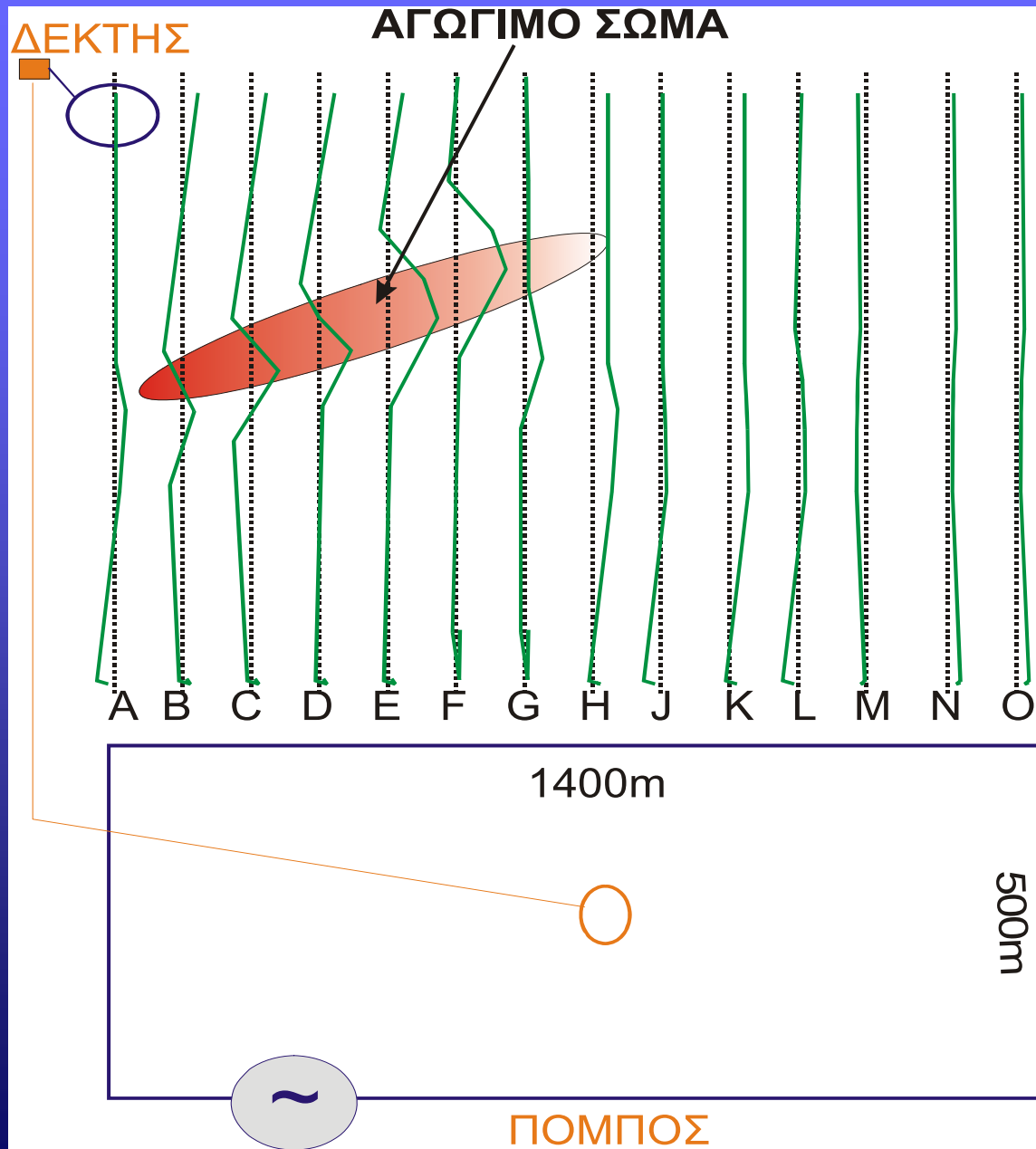
ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ

- Πομπός παράλληλος στον άξονα των δομών:
 - ευθύγραμμο καλώδιο μήκους ~4km
 - ή ορθογώνιος (π.χ. 1500X500 m)

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΤΟΜΕΣ ΚΑΘΕΤΕΣ ΣΤΟΝ ΚΥΡΙΟ ΑΞΟΝΑ ΤΩΝ ΔΟΜΩΝ

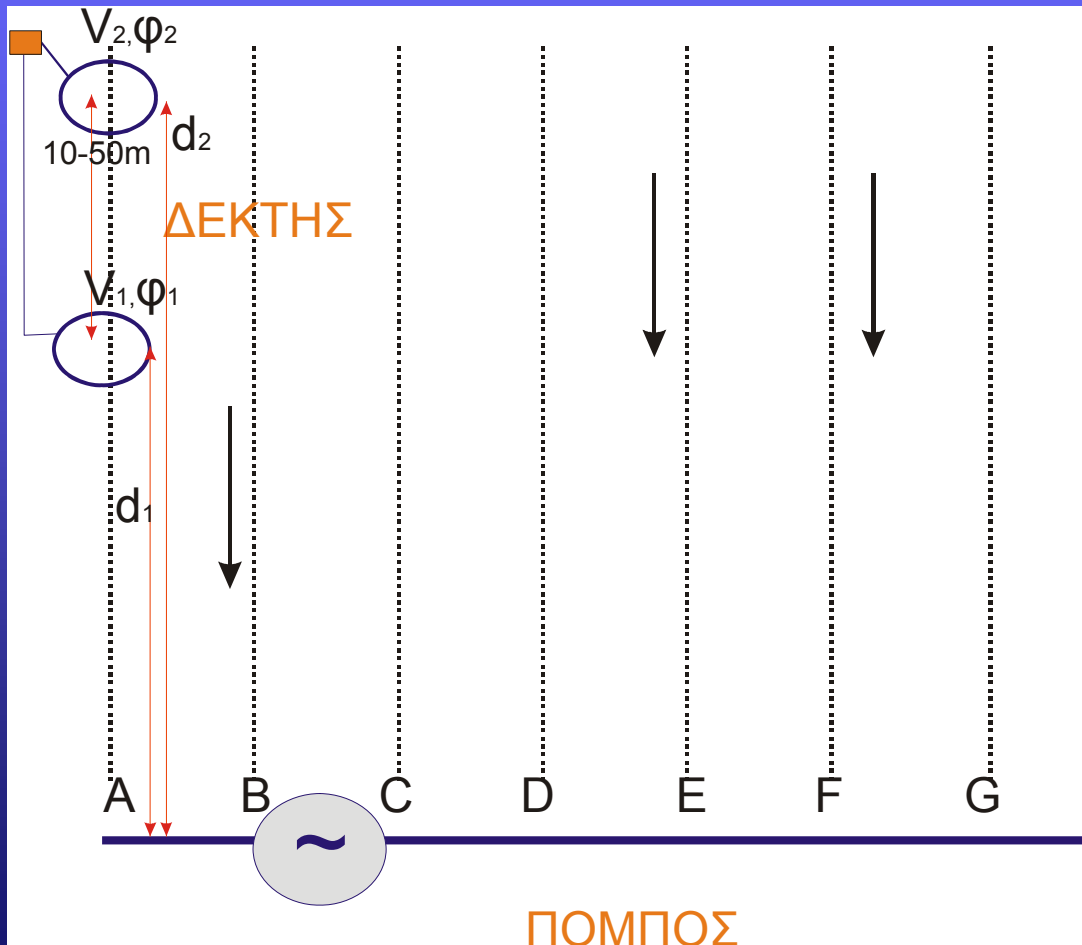


ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ



ΜΕΘΟΔΟΣ TURAM

Αντιστάθμιση με τη χρήση δέκτη δυο πηνίων (Π1, Π2) σε απόσταση d_1 d_2 από την πηγή.



ΜΕΤΡΗΣΗ

- ΠΛΑΤΟΥΣ (V_1, V_2)
- ΦΑΣΕΩΝ (Φ_1, Φ_2)

ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΩΝ ΛΟΓΩΝ
ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΜΕΤΑΞΥ
Π1, Π2

ΜΕΤΡΗΣΗ Α:

$$R^A = \frac{V_1^A d_1^A}{V_2^A d_2^A}$$
$$F^A = \frac{\Phi_1^A d_1^A}{\Phi_2^A d_2^A}$$

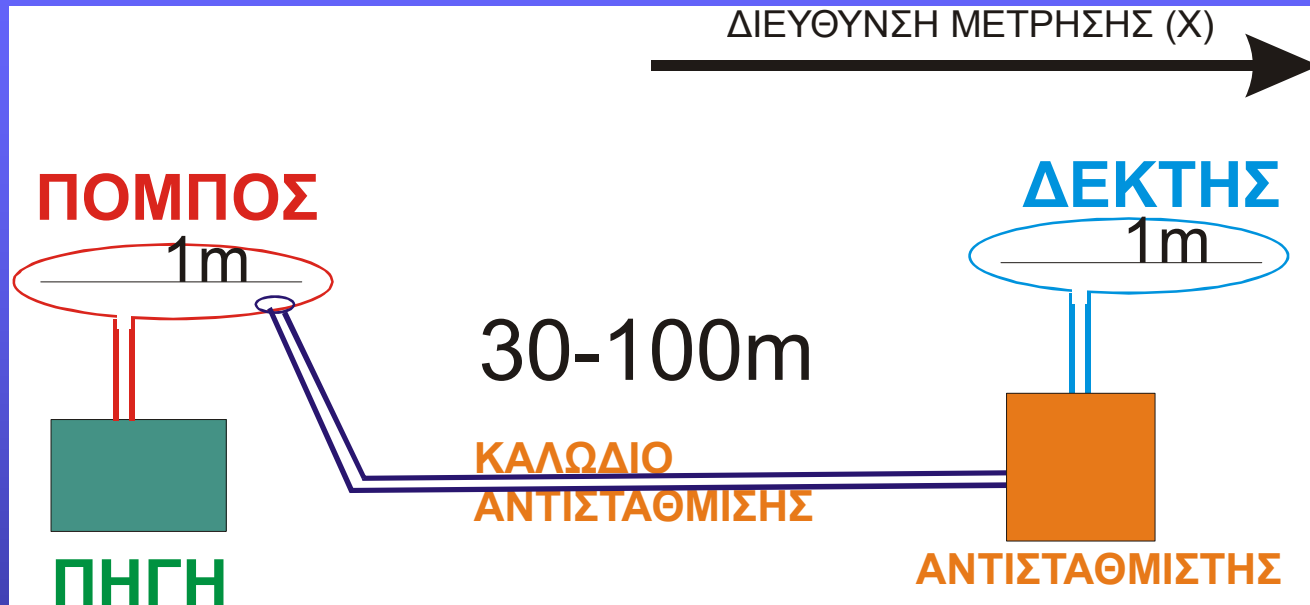
ΜΗ ΑΓΩΓΙΜΟ ΣΩΜΑ:

$$F=0 \quad R=1$$

ΑΛΛΙΩΣ

ΑΓΩΓΙΜΟ ΣΩΜΑ:

ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ
ΠΟΜΠΟΥ ΔΕΚΤΗ (SLINGRAM)



- ΣΤΑΘΕΡΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΠΟΜΠΟΥ ΔΕΚΤΗ (30-100m)
- ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ V_R ΚΑΙ ΦΑΝΤΑΣΤΙΚΗΣ V_I ΣΥΝΙΣΤΩΣΑΣ

$$\frac{V_R}{V_I} > \Rightarrow \text{ΑΓΩΓΙΜΟ ΣΩΜΑ}$$

ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ ΠΟΜΠΟΥ ΔΕΚΤΗ (SLINGRAM)

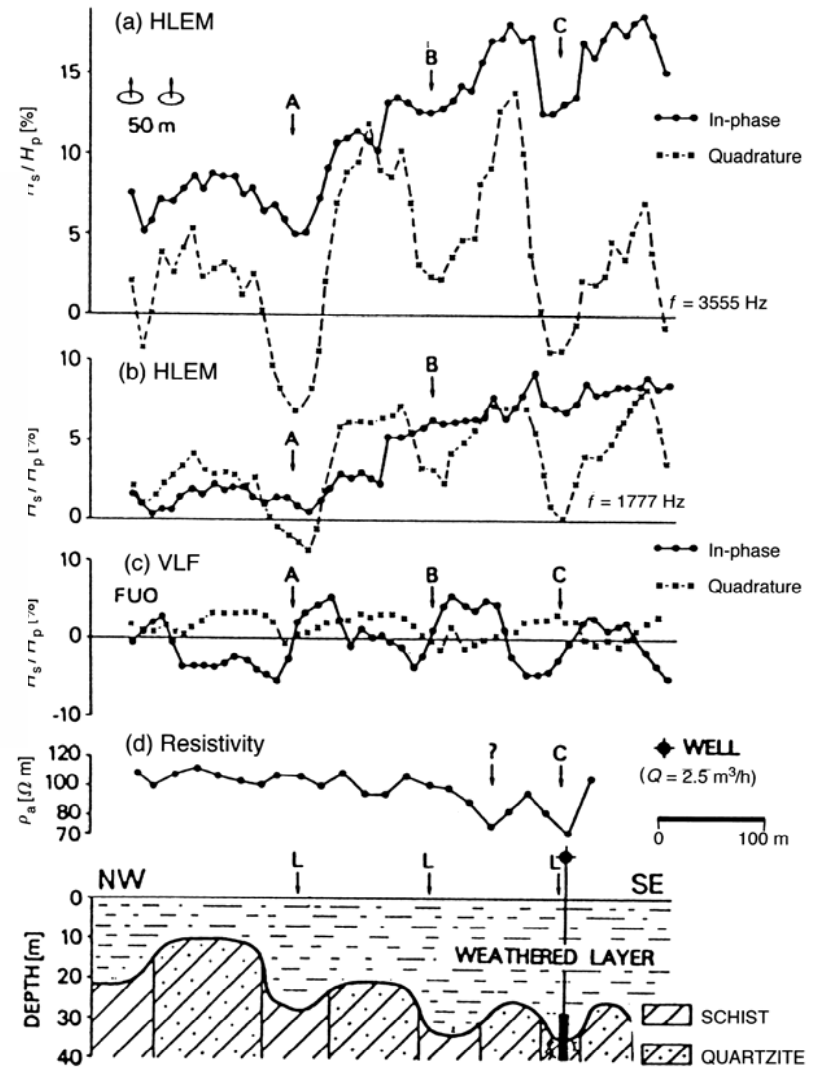
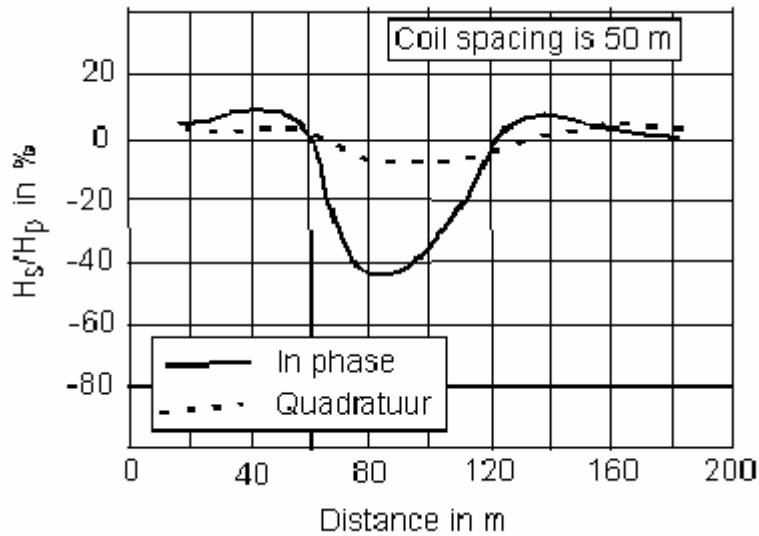
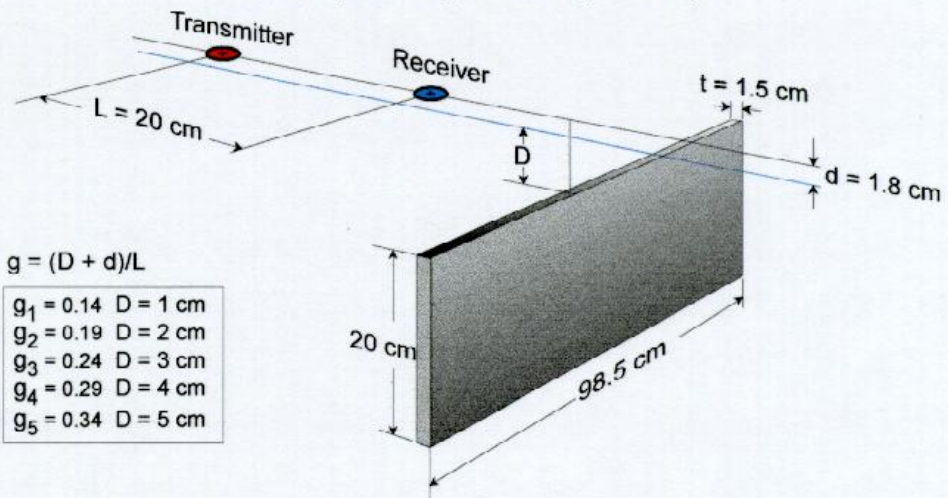
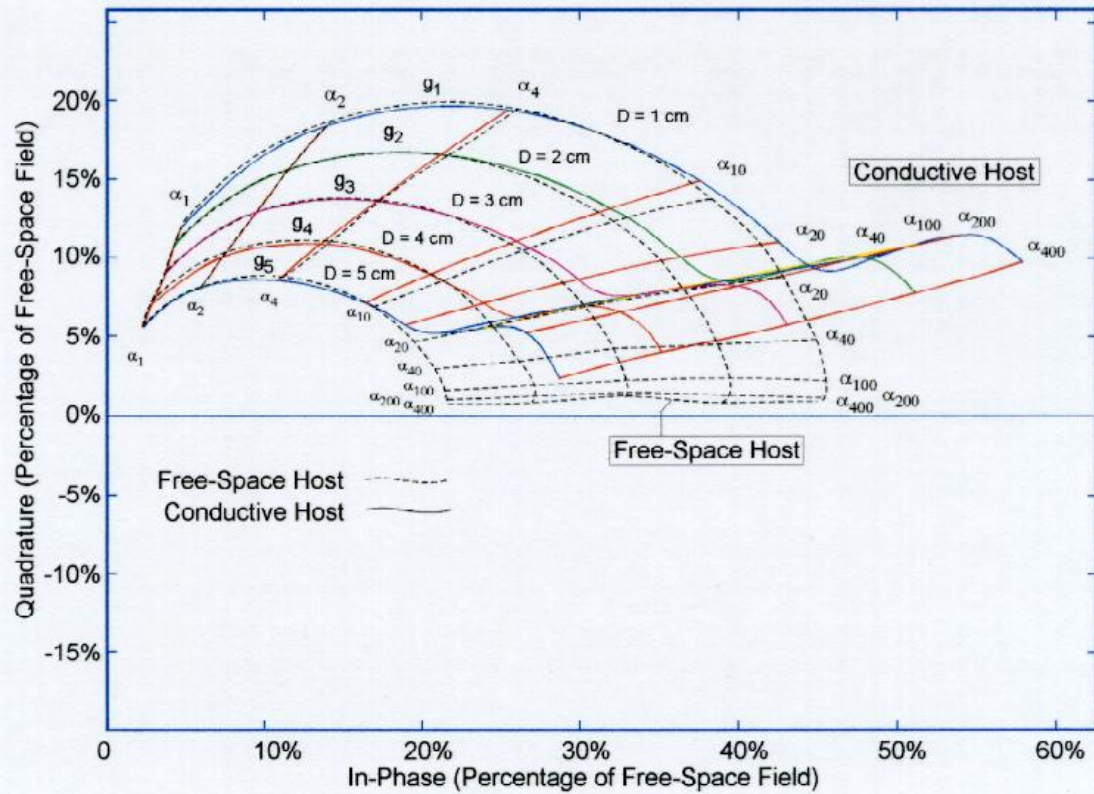


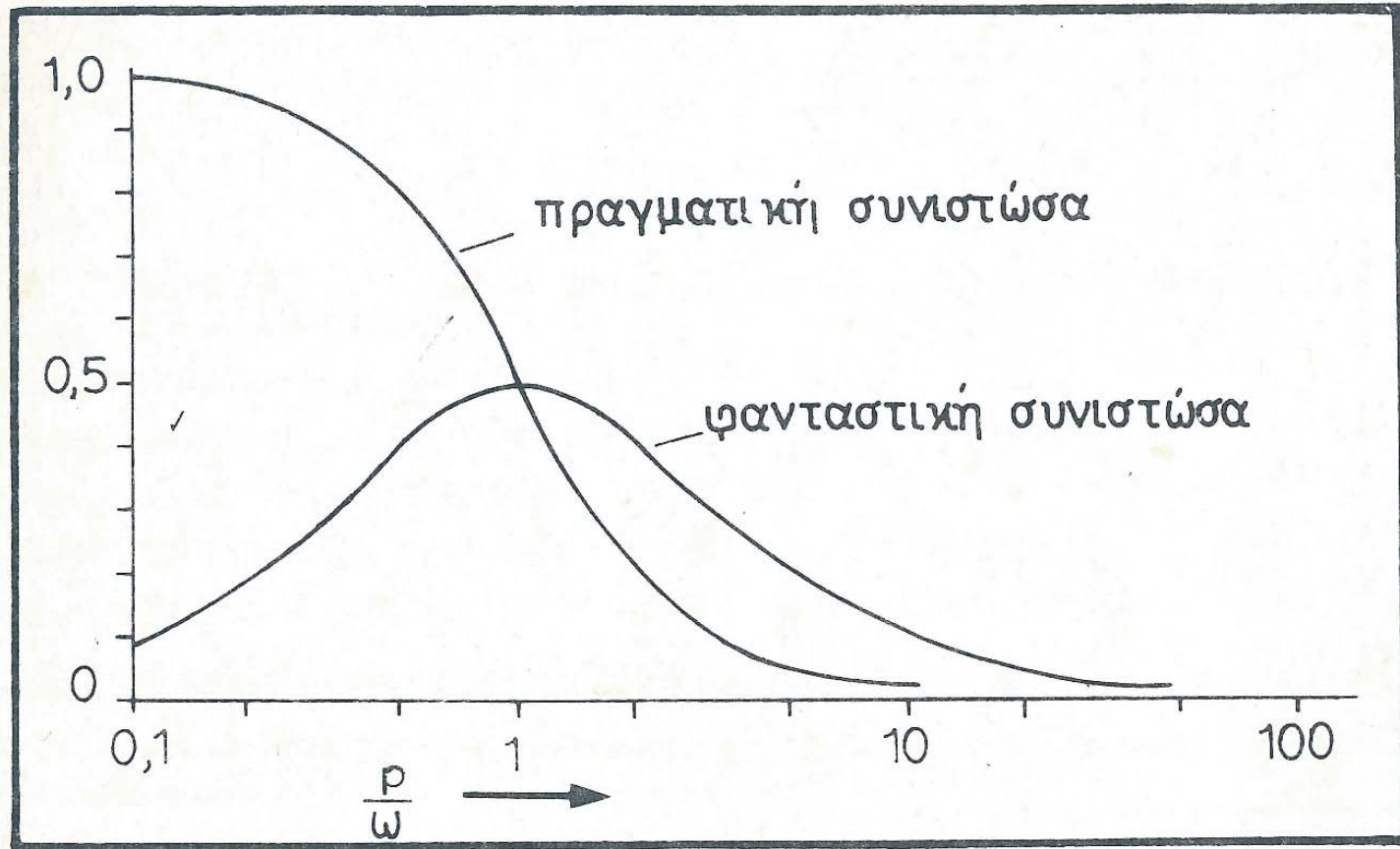
Fig. 7.8 Examples of (a), (b) HLEM, (c) VLF and (d) d.c. resistivity data obtained in a volcano-sedimentary area near Mankarga, Burkina Faso. In-phase and quadrature components of the secondary field (H_s) are expressed as percent of the primary field (H_p) amplitude. ρ_a is the apparent resistivity. The three EM anomalies (A, B, C) correspond to lineaments identified on aerial photographs. Two of them (A, B) were not detected by resistivity profiling. Drilling of target C revealed a high-yield aquifer. (After Palacky *et al.*, 1981.)



$g = (D + d)/L$

$g_1 = 0.14$	$D = 1\text{ cm}$
$g_2 = 0.19$	$D = 2\text{ cm}$
$g_3 = 0.24$	$D = 3\text{ cm}$
$g_4 = 0.29$	$D = 4\text{ cm}$
$g_5 = 0.34$	$D = 5\text{ cm}$

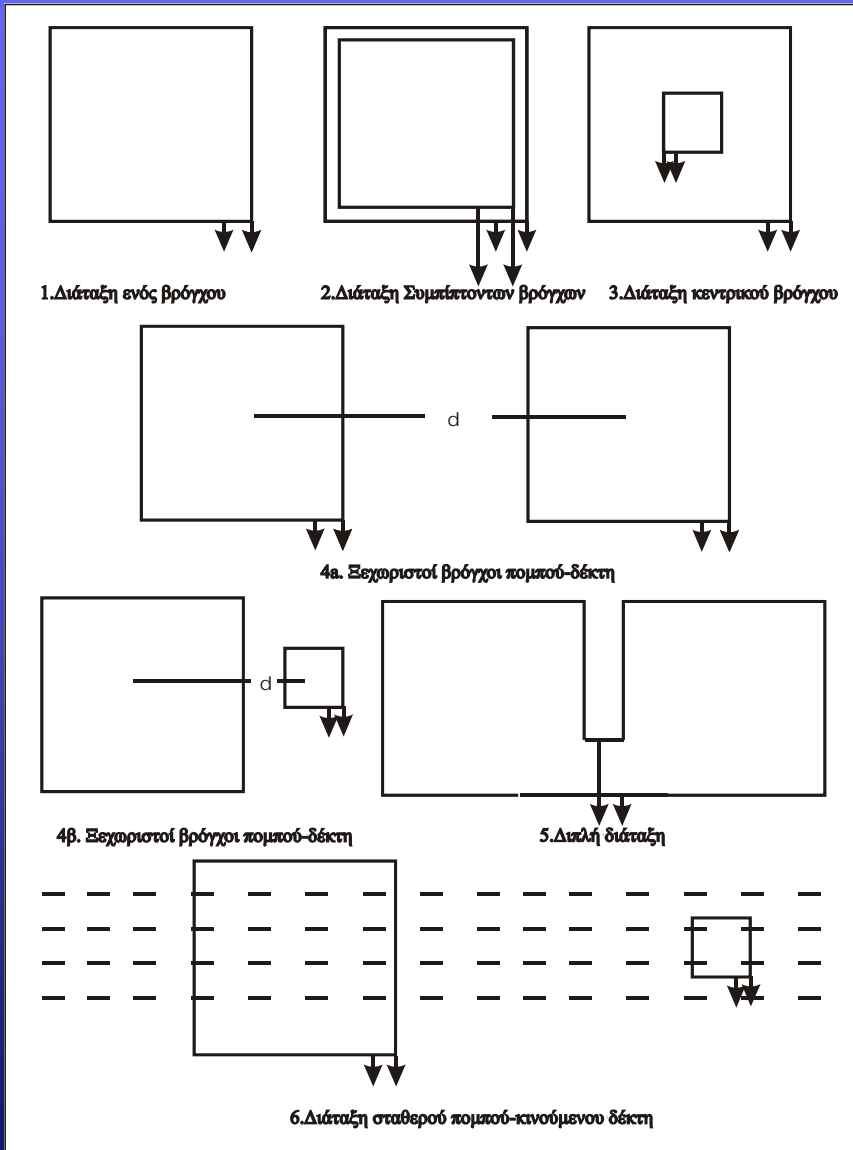
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ-ΦΑΝΤΑΣΤΙΚΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ



ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΟΔΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ TDEM (Time Domain) Transient EM (TEM)

- Μετρήσεις στο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των παλμών ρεύματος και κατά την απουσία του πρωτεύοντος πεδίου.
- Τα παροδικά επαγωγικά ρεύματα διοχετεύονται μέσα στη γη και διαχέονται με μορφή μετώπου
- Η ένταση τους φθίνει με το βάθος και ανάλογα με τις γεωηλεκτρικές ιδιότητες του υπεδάφους.
- Τα ρεύματα αυτά δημιουργούν μαγνητικό πεδίο που ανιχνεύεται με κατάλληλο πηνίο-δέκτη και το μετρούμενο δυναμικό στο πηνίο είναι ανάλογο της έντασης του πεδίου.
- Η μετρούμενη εμπέδηση $Z=V(t)/I$ ($t=1,200\text{mSec}$) κανονικοποιείται και εκφράζεται ως μεταβολή της φαινόμενης αντίστασης με το χρόνο άρα και στο βάθος
- Πομποί= πηνία διαστάσεων πλευράς 5-500m (1 σπείρα)
- Δέκτες= πηνία των πομπών .ή μικρότερα πολύσπειρα πηνία με ισοδύναμη επιφάνεια

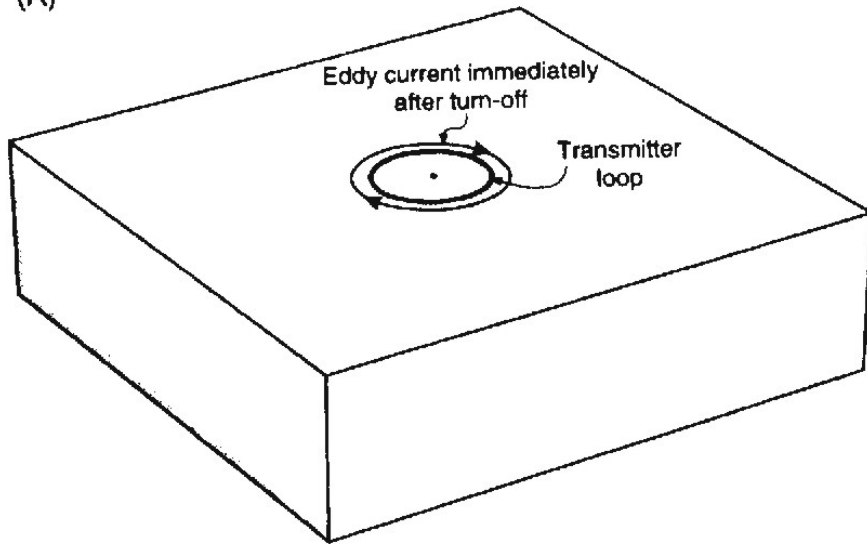
ΘΕΩΡΙΑ ΤΕΔΕΜ



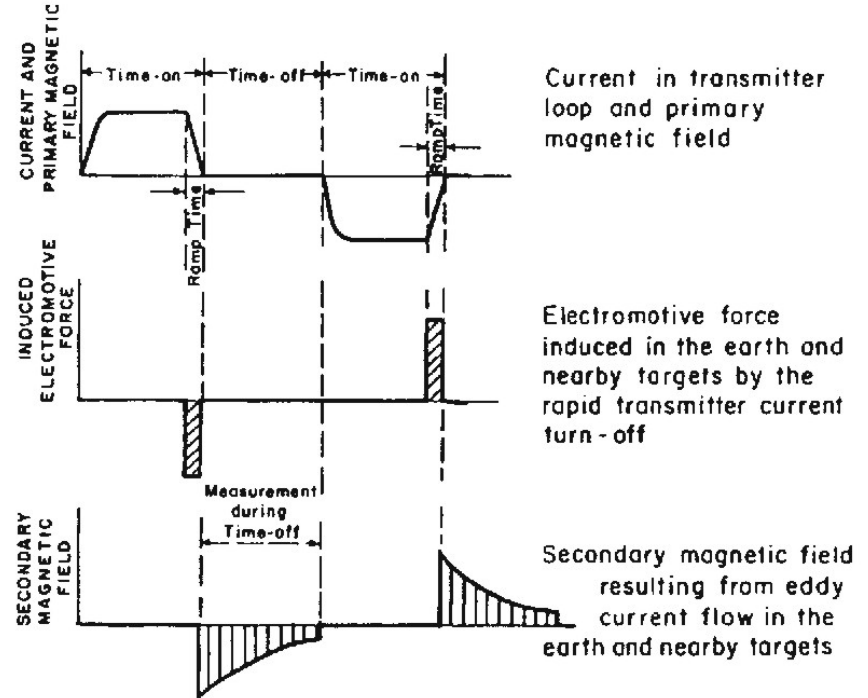
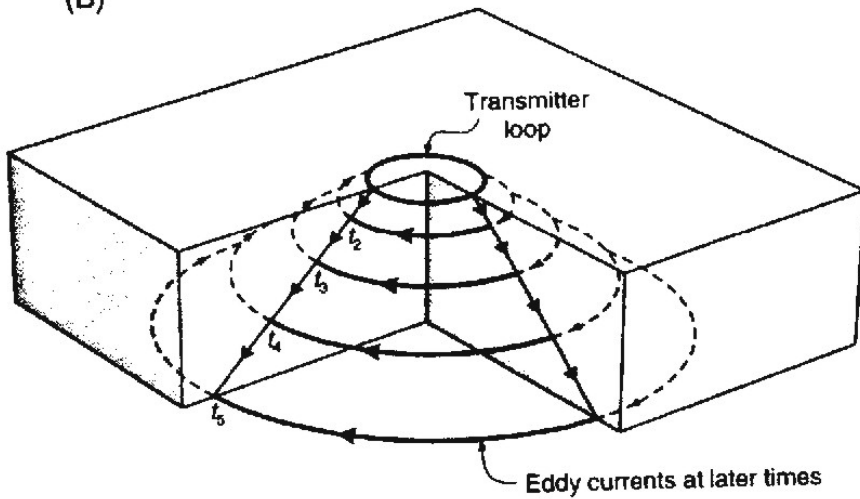
ΟΡΓΑΝΟ
ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
(SIROTEM)

ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

(A)



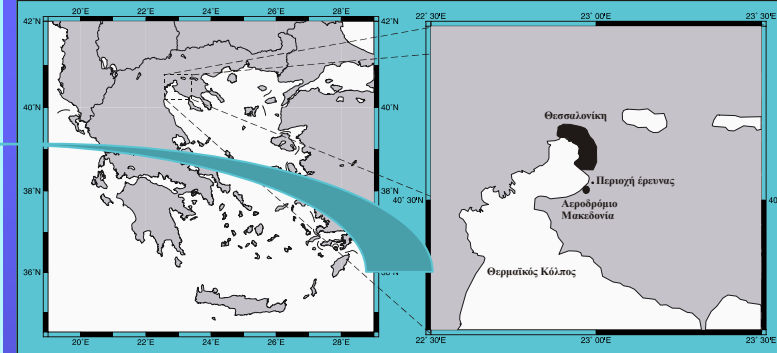
(B)




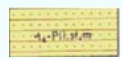




ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ TDEM

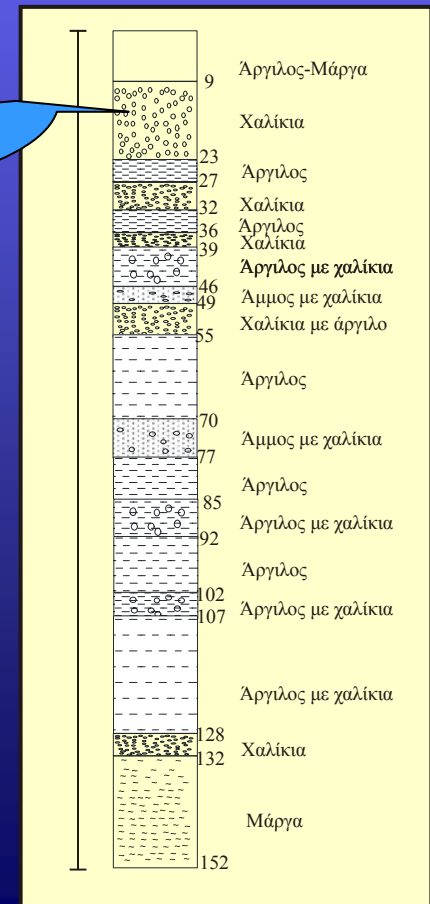
- Μεταλλευτική έρευνα
- Γεωθερμικά πεδία
- Περιβαλλοντικές και γεωτεχνικές έρευνες
- Εντοπισμός υδροφόρων και υφάλμυρων οριζόντων (Taylor et al. 1992, McNeil 1986)
- Συνδυασμός των TDEM με άλλες γεωφυσικές μεθόδους

ΛΕΚΑΝΗ ΑΝΘΕΜΟΥΝΤΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

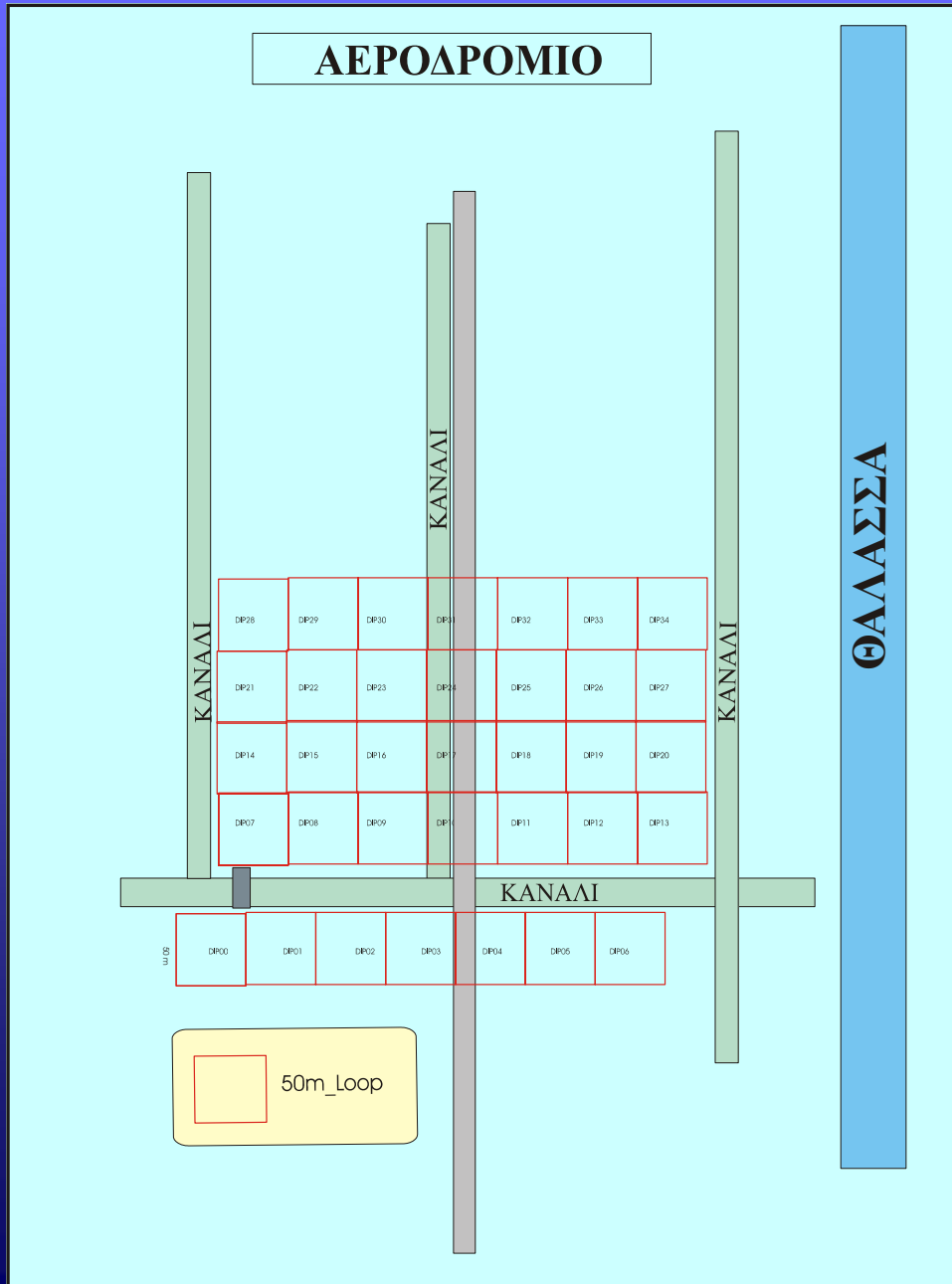


ΥΠΟΜΝΗΜΑ

-  **Ολοκαινικές αποθέσεις αδιαίρετες:** παράκτιες αποθέσεις (άμμοι, σύναγμα), προσχώσεις πεδιάδων, ερυθρές άργιλοι με ασβεστικά συγκρίματα
-  **Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά:** ψαμμίτες εύθρυπτοι έως πολύ συμπαγείς, τοπικά μικροκροκαλοπαγή με διασταυρωμένη στρώση
-  **Προσχώσεις κοιλάδων:** αμμούχες άργιλοι
-  **Ριπίδια κοιλάδων:** παλαιά
-  **Περιοχή Γεωφυσικής Έρευνας**
-  **Θέση Γεώτρησης Πλατάνια #1**



ΛΕΚΑΝΗ ΑΝΘΕΜΟΥΝΤΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



Κατώφλι θορύβου $0.4\mu V/sec$
στο ύπαιθρο

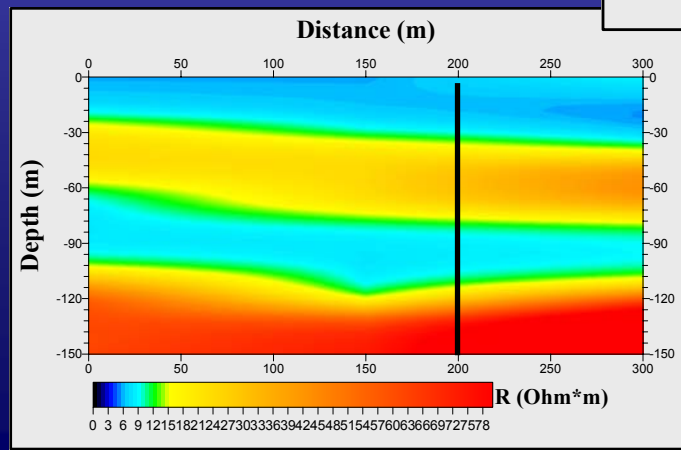
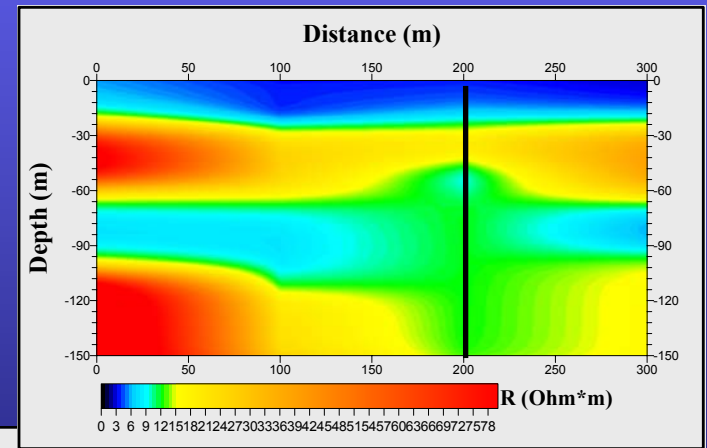
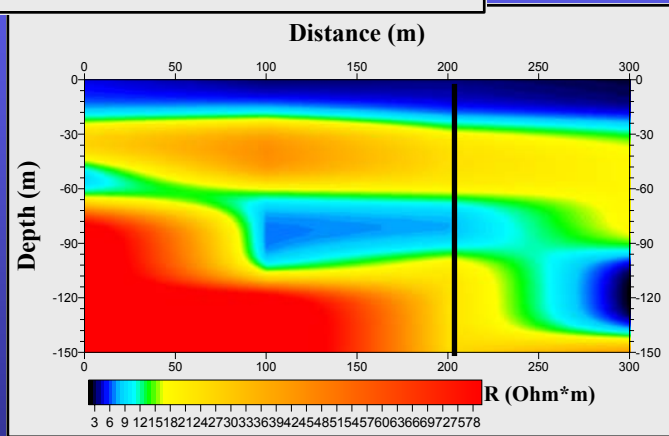
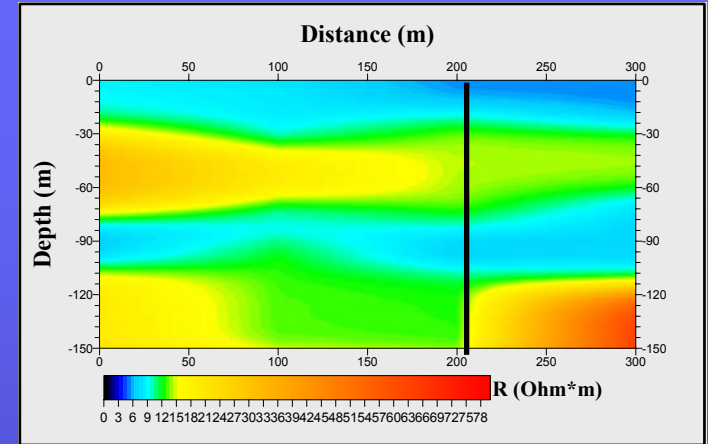
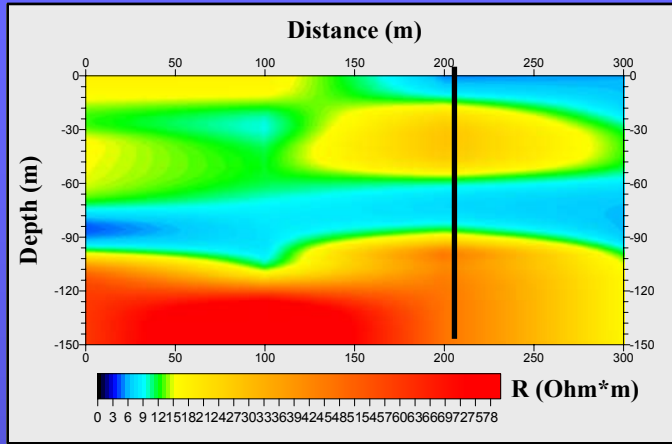
Μήκος πλευράς βρόγχου 50m

Σφάλμα δεδομένων 20-40%

Κατώφλι θορύβου αλγορίθμου
5%

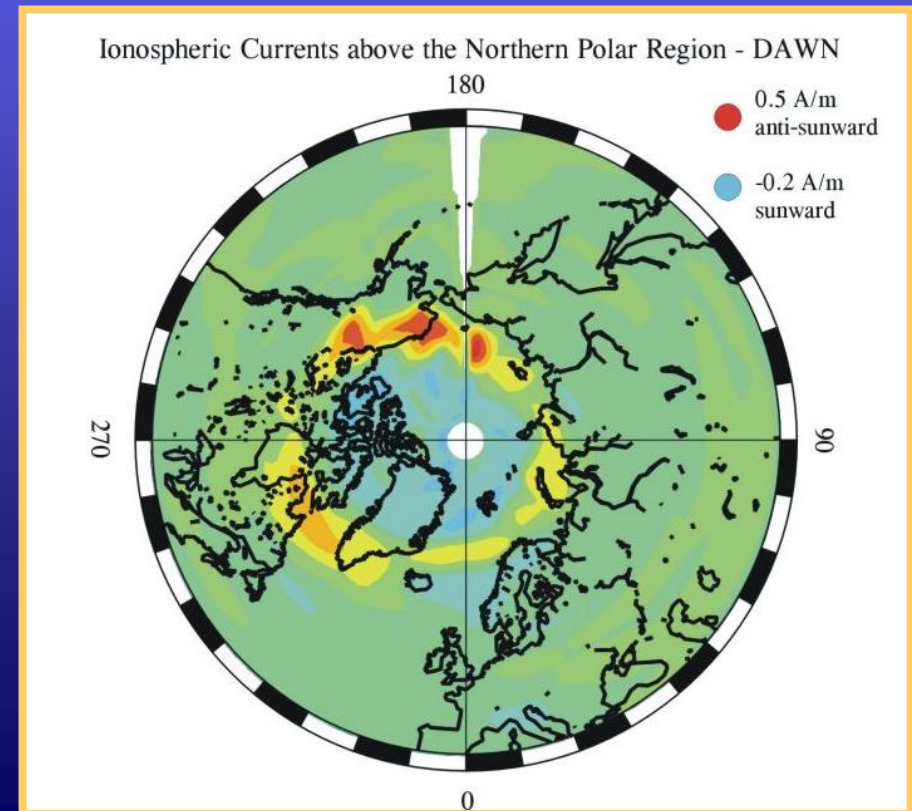
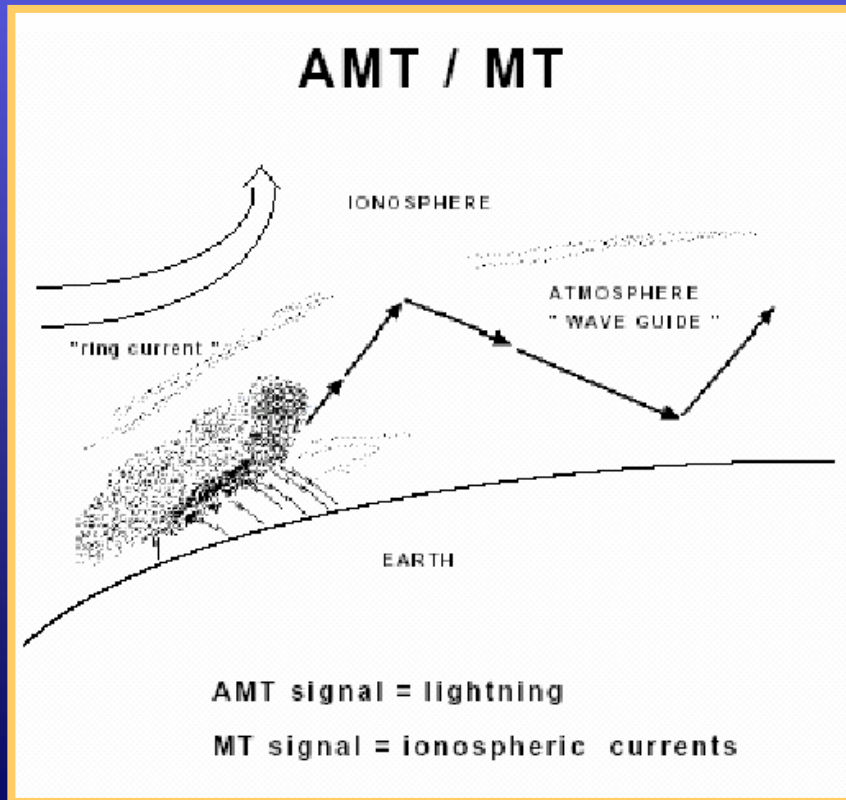
Μέγιστος αριθμός
επαναλήψεων 15

ΛΕΚΑΝΗ ΑΝΘΕΜΟΥΝΤΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



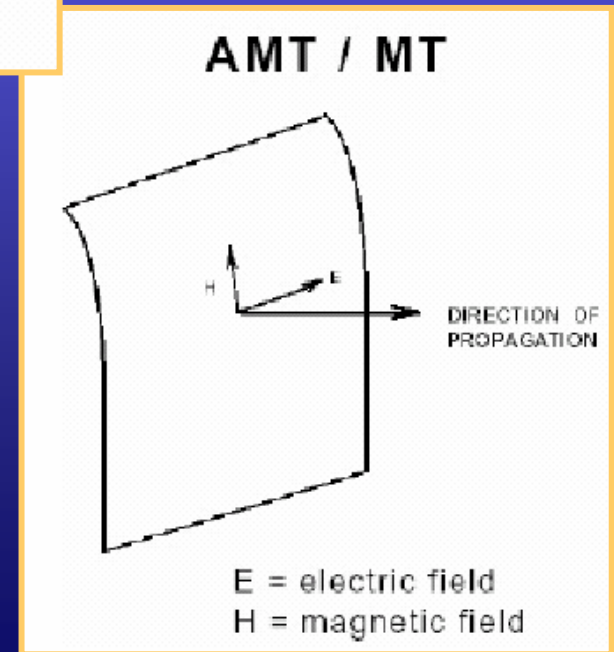
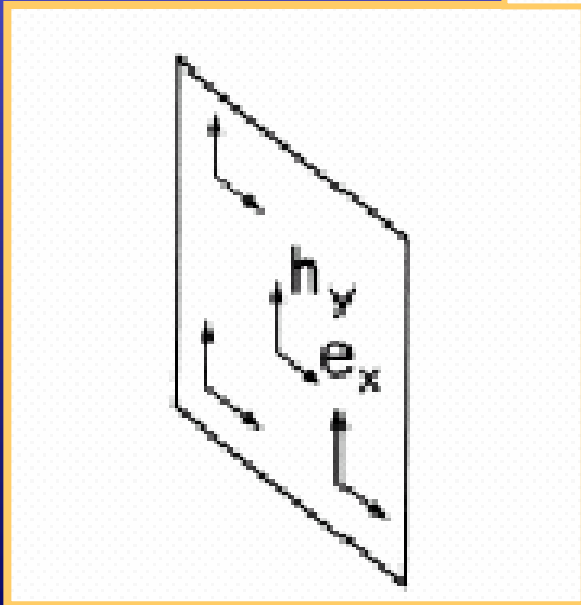
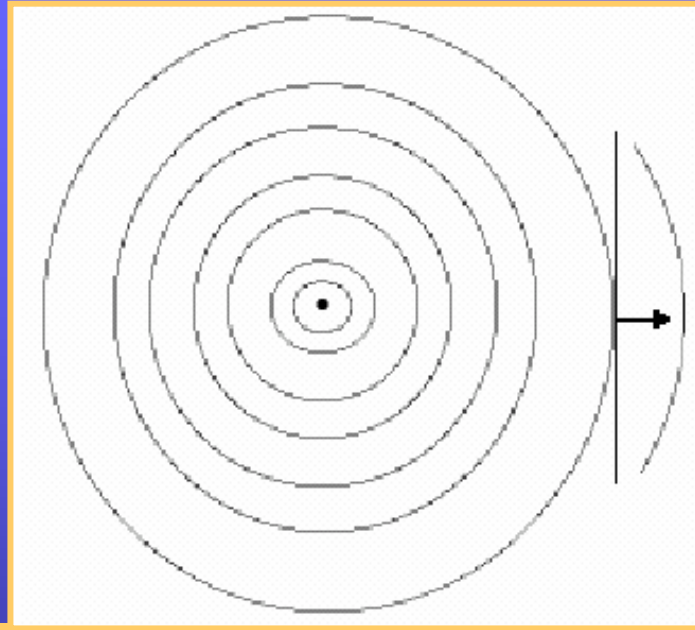
ΜΑΓΝΗΤΟΤΕΛΛΟΥΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

- Χρήση φυσικών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που ρέουν στην επιφάνεια της γης.
- Προέλευση από δυο πηγές:
 1. Ιονόσφαιρα (σωματίδια που διεγείρονται λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας): 0,001-1 Hz
 2. Η/Μ ανωμαλίες από καταιγίδες (κεραυνούς) 1Hz-20KHz) Audio MT.



ΜΑΓΝΗΤΟΤΕΛΛΟΥΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

- Διάδοση ΗΜ πεδίου με ηλεκτρική E_x και μαγνητική H_y συνιστώσα σε επίπεδο πόλωσης

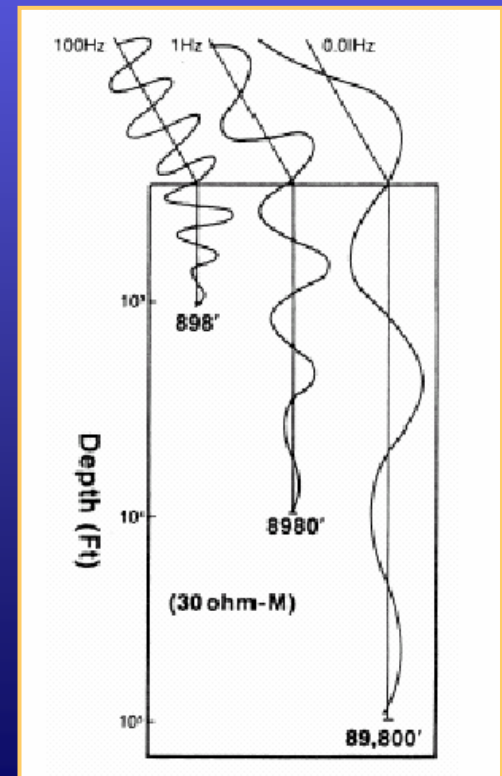
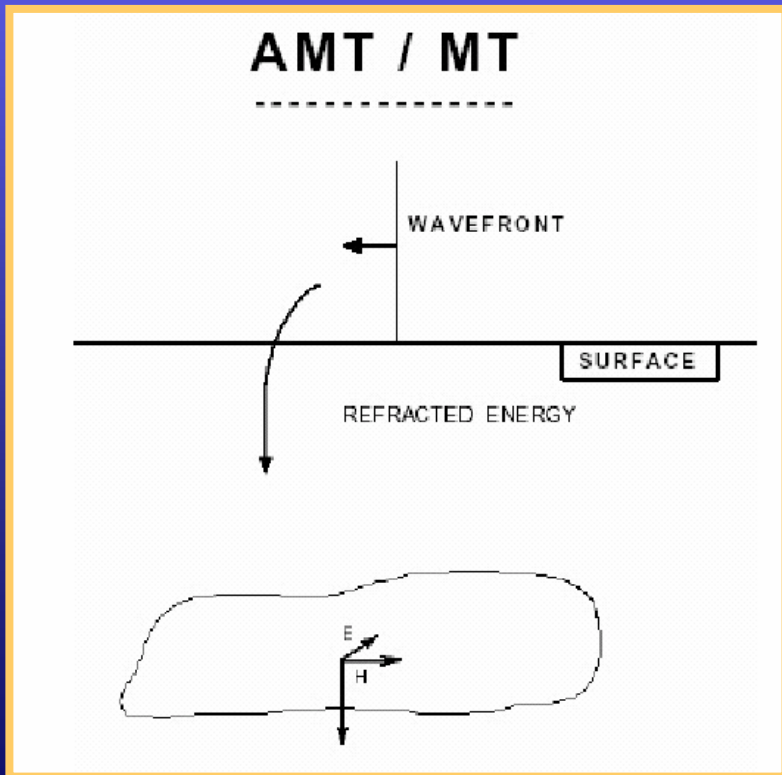


ΜΑΓΝΗΤΟΤΕΛΛΟΥΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

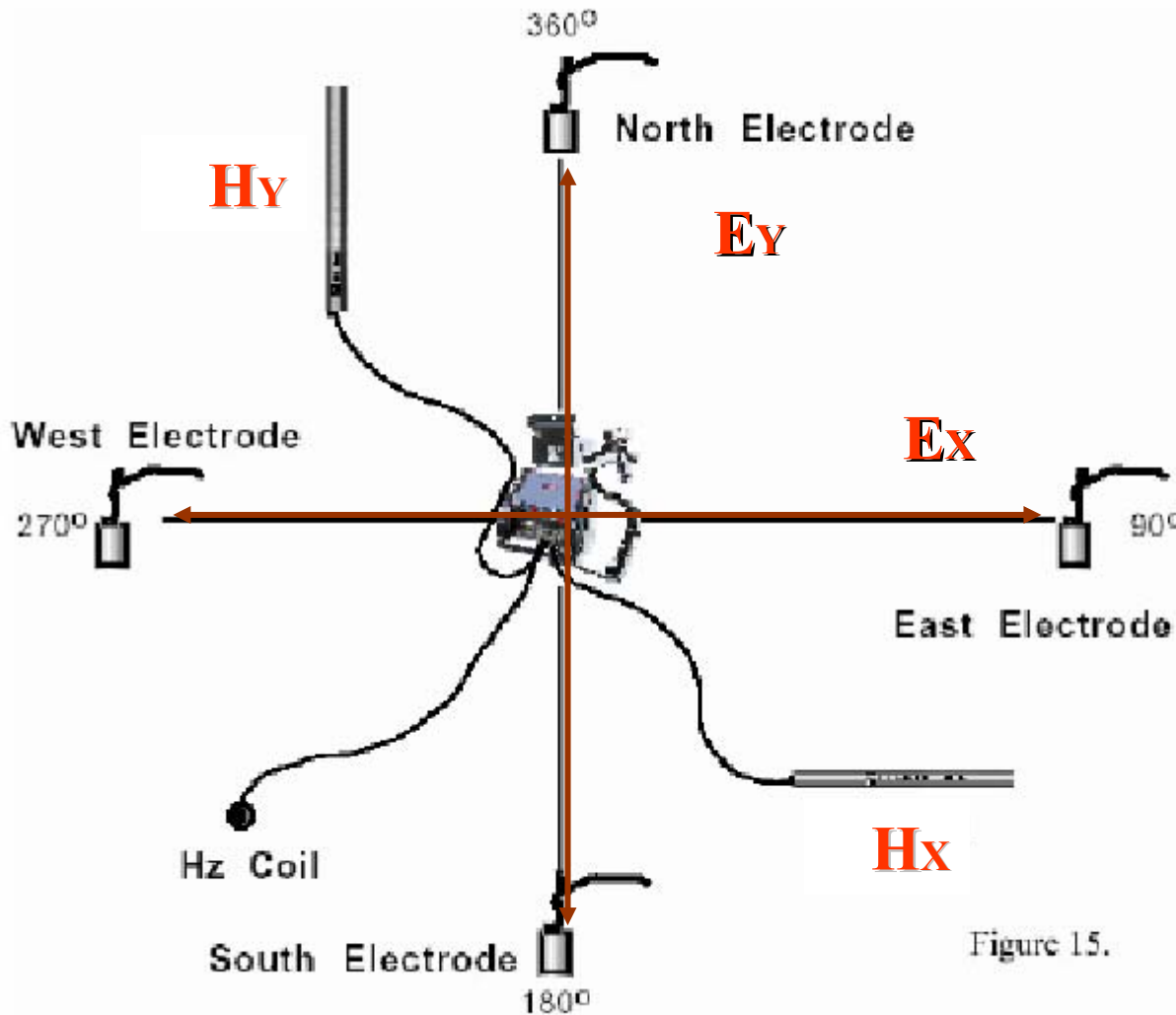
- Οι ανωμαλίες του μαγνητικού πεδίου επάγουν χρονικά μεταβαλλόμενα ρεύματα (τελλουρικά) που ρέουν στο έδαφος τα οποία δημιουργούν με τη σειρά τους δημιουργούν δευτερογενή ΗΜ πεδία τα οποία και είναι μετρήσιμα.

ΒΑΘΟΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣΗΣ

$$\delta = \left(\frac{2}{\omega \sigma \mu} \right)^{\frac{1}{2}} \approx \frac{503}{\sqrt{f \sigma}}$$



ΜΑΓΝΗΤΟΤΕΛΛΟΥΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΤΑΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ



ΜΕΤΡΗΣΗ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

E_x, E_y

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

H_x, H_y

ΔΙΑΦΟΡΑ ΦΑΣΗΣ

$\Phi_{H/E}, \Phi_{H/E}$

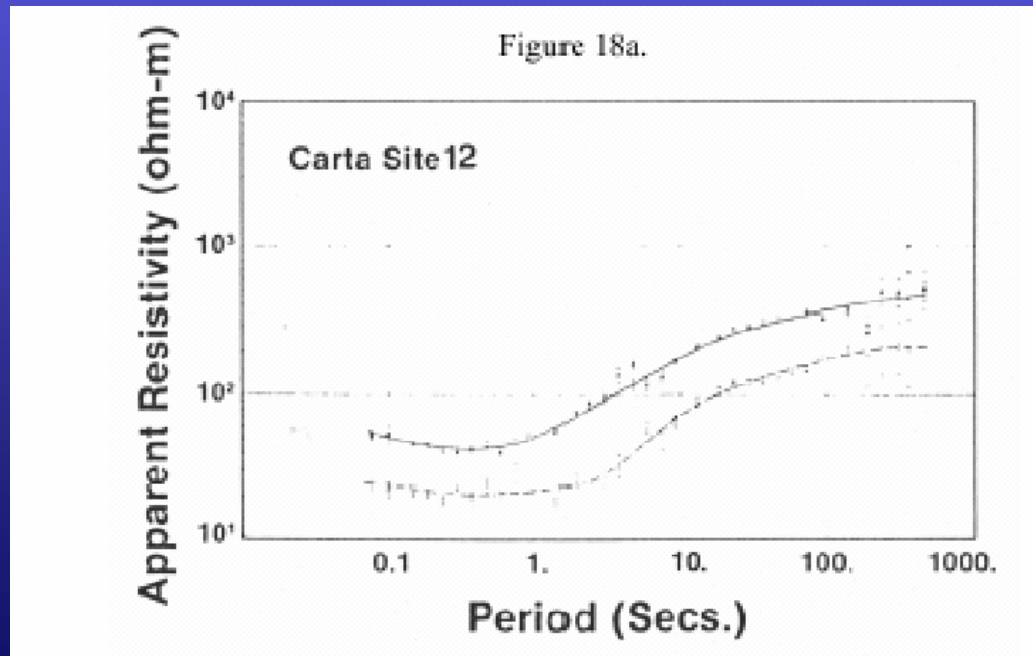
Figure 15.

ΜΑΓΝΗΤΟΤΕΛΛΟΥΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΤΑΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

$$\rho_a = \frac{1}{2\pi m f} \left(\frac{E_x}{H_y} \right)^2$$

- Μέτρηση φαινόμενης αντίστασης σε διαφορετικές συχνότητες f
- => βυθοσκόπηση
- Χαρτογράφηση ρ_a (άξονας Y) με τη συχνότητα f (ή T) – άξονας X



ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΜΕ ΠΡΟΤΥΠΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

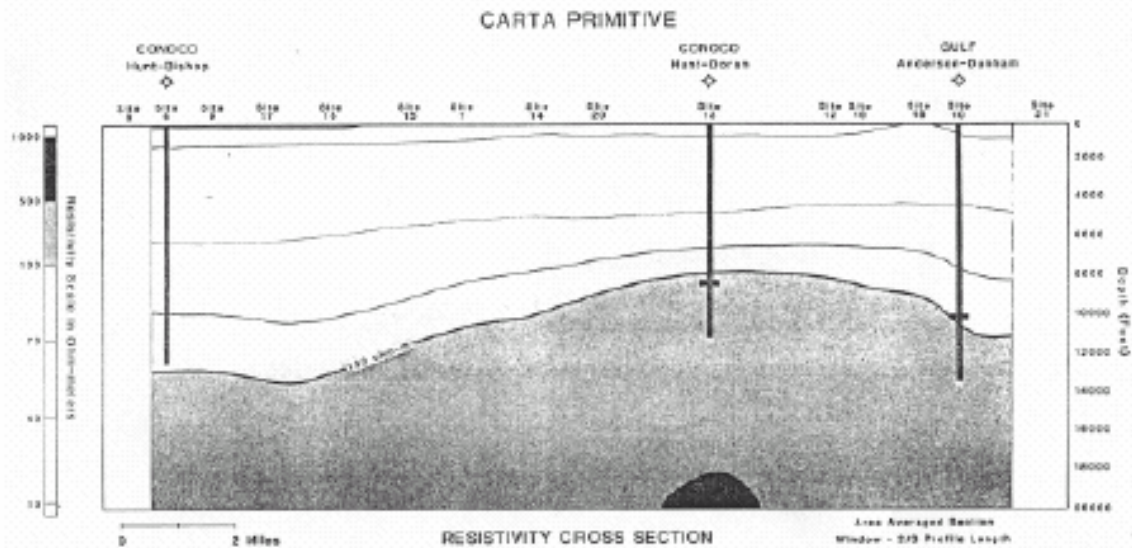


Figure 18b.

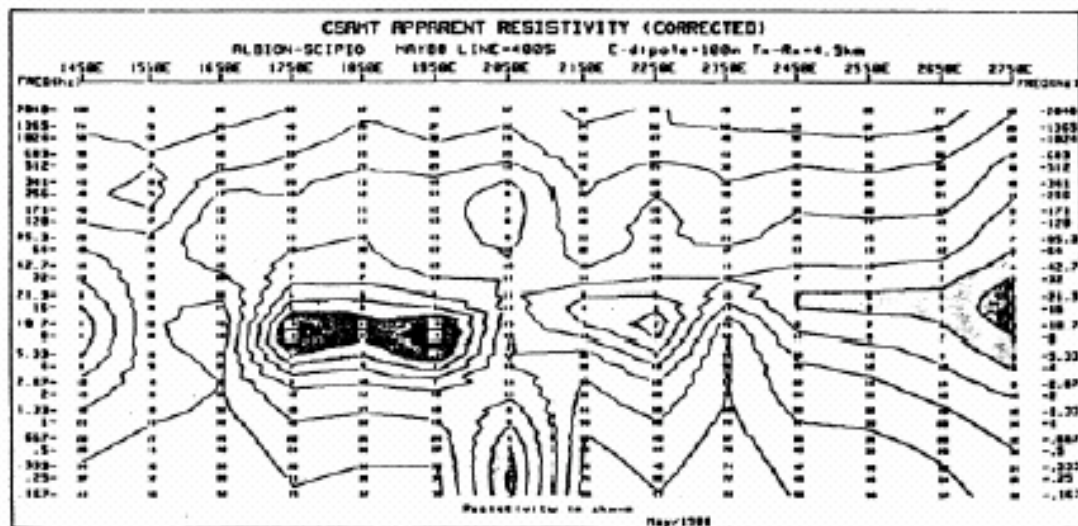


Figure 19.

ΜΑΓΝΗΤΟΤΕΛΛΟΥΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

- Πολύ μεγάλο βάθος διασκόπησης
- Δυνατότητα μελέτης δομών σχετικά μεγάλου βάθους.
- ΓΕΩΛΟΓΙΑ
- ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ
- ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ
- ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΣΕΙΣΜΩΝ

AMT =>

- ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ