



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ- ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

Ανδρέας Τζάνης, PhD
Αναπληρωτής Καθηγητής

ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

Γεωφυσική μέθοδος γνωστή και με τα ακρωνύμια:

- ◆ GROUND PROBING RADAR (GPR)
- ◆ GROUND PENETRATING RADAR (GPR)
- ◆ SUBSURFACE INTERFACE RADAR (SIR)
- ◆ GEORADAR

Γεω-επιστημονική εφαρμογή της μεθόδου τηλεανίχνευσης

- ◆ Radio
- ◆ Detection
- ◆ And
- ◆ Ranging

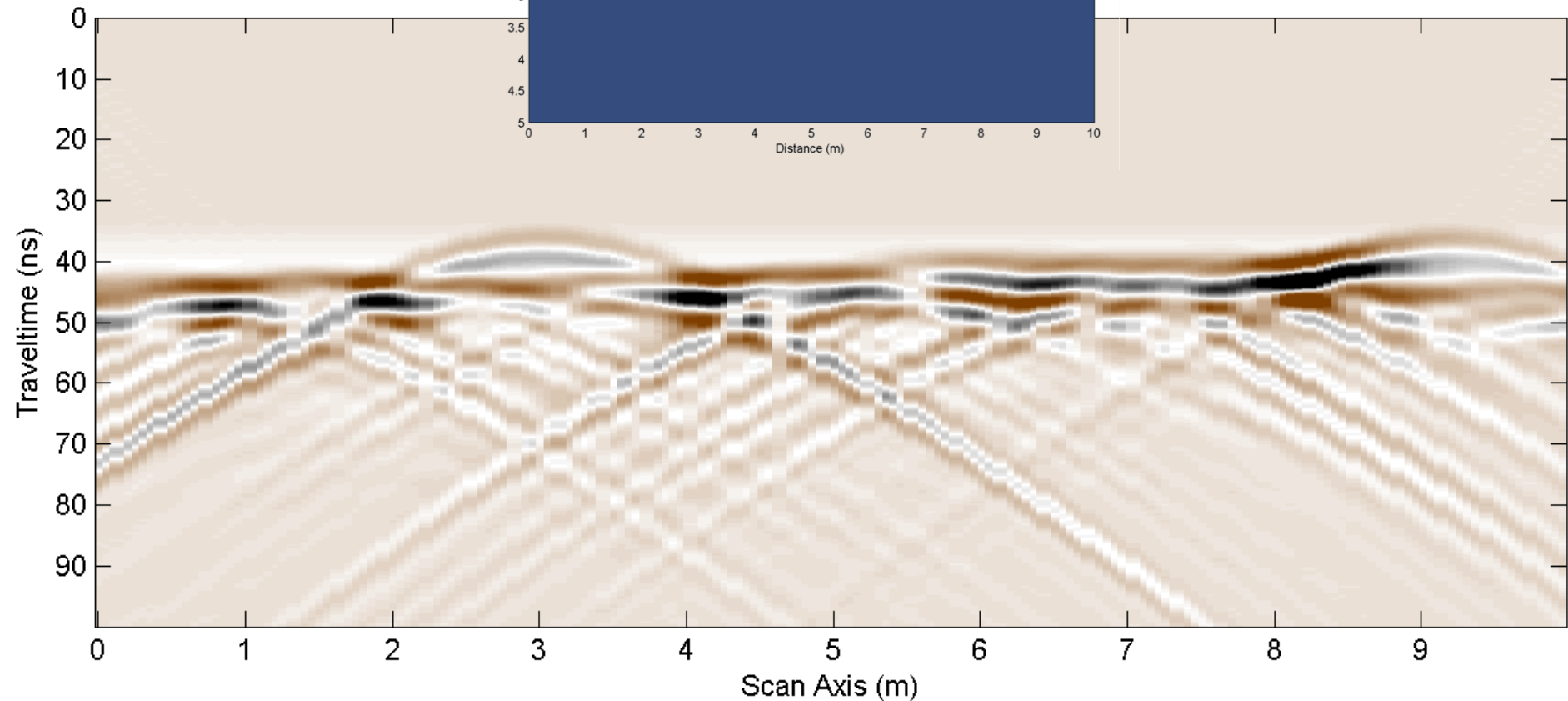
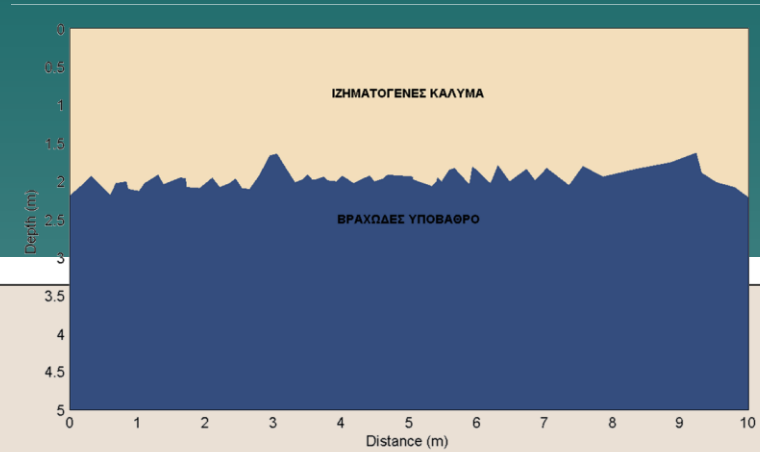
ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ;

- Βραχείς παλμοί ραδιοφωνικών συχνοτήτων εκπέμπονται προς το υπέδαφος και το σήμα που ανακλάται από προς την επιφάνεια καταγράφει την θέση υπεδαφικών σκεδαστών και τις ιδιότητες του μέσου διάδοσης.

Κύριες εφαρμογές Γεωραντάρ:

- **Γεωλογική χαρτογράφηση και απεικόνιση υπεδάφους:**
Χρησιμοποιούνται συχνότητες $< 500\text{MHz}$ για να επιτευχθεί βαθύτερη διείσδυση.
- **Τεχνικά έργα / μη-παρεμβατικός έλεγχος κατασκευών:**
Χρησιμοποιούνται συχνότητες $> 500\text{MHz}$ για να επιτευχθεί καλή ανάλυση.
- Ανίχνευση / απεικόνιση διαρροής αποβλήτων και μολυντών.
- Ανίχνευση φυσικών κοιλοτήτων και ρωγμών.
- Έλεγχος ποιότητας οδοστρωμάτων
- Αρχαιολογική έρευνα
- Ιατροδικαστική επιστήμη και ανίχνευση θαμμένων πυρομαχικών

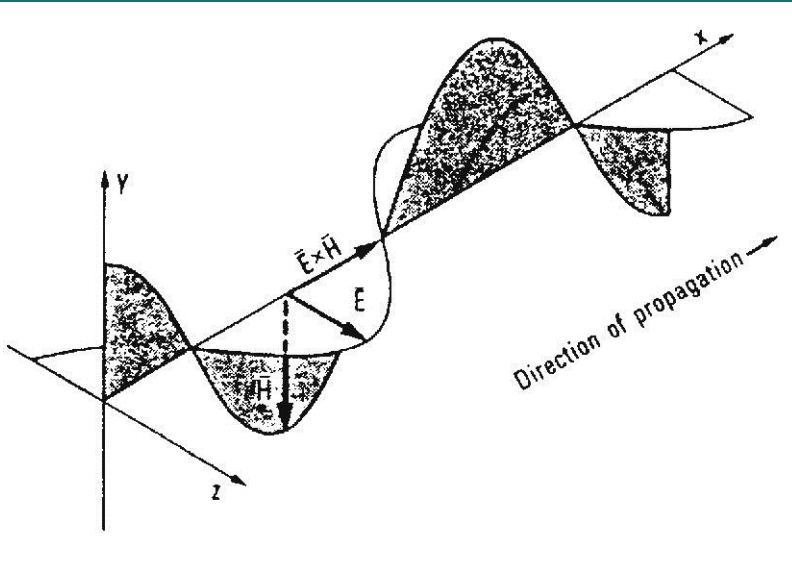
ΠΑΛΜΟΣ 100 MHz ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΑΝΩΜΑΛΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ



Διάδοση ΗΜ κυμάτων - Ανασκόπηση

Εξίσωση διάδοσης στο πεδίο συχνότητας:

$$\frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial x^2} = i\omega\mu\sigma\mathbf{E} - \omega^2\mu\epsilon\mathbf{E}$$



Ένα επίπεδο ΗΜ κύμα διαδίδεται σε διεύθυνση ορθογώνια προς την διεύθυνση ταλάντωσης αμοτέρων των ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίων: $\mathbf{E} \times \mathbf{H}$

- Η χωρική μεταβολή του πεδίου περιλαμβάνει *διάχυση* (πρώτος όρος δεξιού σκέλους) και *διάδοση* ή *ακτινοβολία* (δεύτερος όρος δεξιού σκέλους).
- Η ειδική αγωγιμότητα σ ελέγχει τις ωμικές ιδιότητες του μέσου διάδοσης και η διηλεκτρική σταθερά ϵ τις διηλεκτρικές ιδιότητες..
- Η ταχύτητα και απόσβεση του κύματος σε συγκεκριμένο μέσο παρέχεται από τον *κυματαριθμό* :

$$k = \sqrt{i\omega\mu\sigma - \omega^2\mu\epsilon} = \omega \sqrt{\frac{\epsilon\mu}{2} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2} - 1 \right)} + i\omega \sqrt{\frac{\epsilon\mu}{2} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2} + 1 \right)}$$

Συχνοτική εξάρτηση ραδιοκυμάτων Γεωραντάρ

- **Χαμηλές συχνότητες (σχεδόν-στατικό όριο)** : $\omega^2 \epsilon \ll \omega \sigma$ και ο όρος ακτινοβολίας μπορεί να αγνοηθεί – τα χαμηλόσυχνα πεδία διαδίδονται διαχυτικά.
- **Υψηλές συχνότητες** : $\omega^2 \epsilon \gg \omega \sigma$ και ο όρος διάχυσης μπορεί να αγνοηθεί – τα υψίσυχνα πεδία διαδίδονται δι' ακτινοβολίας (οδεύοντα κύματα, π.χ. Γεωραντάρ σε ξηρό πάγο).
- **Υψηλή αγωγιμότητα**: Ο όρος διάχυσης κυριαρχεί και το πεδίο αποσβέννεται ταχύτατα (π.χ. Γεωραντάρ σε θαλασσινό νερό).
- **Συνήθη γεωλογικά περιβάλλοντα** : Τα πεδία συχνοτήτων Γεωραντάρ διαδίδονται στο όριο μεταξύ ακτινοβολίας και διάχυσης· εκατέρωθεν διεργασία δυνατόν να κυριαρχεί αναλόγως των εκάστοτε συνθηκών.
 - Σε στεγνά πετρώματα τα σήματα Γεωραντάρ διαδίδονται ως κύματα, (κυρίως δι' ακτινοβολίας).
 - Σε αργίλους και παρουσία ηλεκτρολυτών (χαμηλή αγωγιμότητα), τα σήματα Γεωραντάρ διαδίδονται ως *διαχυτικά κύματα* και αποσβέννονται ταχύτατα.
- **Μαγνητικά εδάφη**: Συνήθως θεωρούμε ότι $\mu=1$, αλλ' αυτό δεν αληθεύει σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα μαγνητίτη, όπου η μεταβολή της μαγνητικής διαπερατότητας επηρεάζει την ταχύτητα διάδοσης και τον συντελεστή ανάκλασης.
- **Μεταλλικά σώματα** : Λόγω της εξαιρετικά υψηλής αγωγιμότητας, τα σήματα Γεωραντάρ δεν διαδίδονται εντός μεταλλικών αντικειμένων, περιοριζόμενα στην επιφάνειά τους, όπου απορροφώνται εντόνως.

Απόσβεση ραδιοκυμάτων Γεωραντάρ

Αφού διαδοθεί σε απόσταση x , το πλάτος της ηλεκτρικής συνιστώσας του ΗΜ κύματος είναι $E_0 \exp(-\alpha \cdot x)$ όπου $\alpha = \text{Re}[k]$ είναι ο **συντελεστής απόσβεσης**,

$$\alpha = \omega \sqrt{\frac{\epsilon\mu}{2} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2} - 1 \right)}$$

→ Το **επιδερμικό βάθος** είναι $\delta = 1/\alpha$. Για $(\sigma/\omega\epsilon) \ll 1$ (υπερισχύει το ρεύμα μετατόπισης) και παραμαγνητικά υλικά, το επιδερμικό βάθος δίδεται προσεγγιστικά από την

$$\delta = \frac{5,31 \sqrt{K(\omega)}}{\sigma} \text{ m}$$

όπου σ είναι σε mS/m και K είναι η σχετική διηλεκτρική σταθερά: $\epsilon(\omega) = K(\omega)\epsilon_0$.

→ Ο τύπος του επιδερμικού βάθους είναι διαφορετικός από αυτόν των χαμηλόσυχνων πεδίων, λόγω της ύπαρξης ρεύματος μετατόπισης.

→ Σε αγωγίμα μέσα το επιδερμικό βάθος είναι πολύ μικρό και το σήμα αποσβέννεται ταχύτατα.:

- Το θαλασσινό νερό έχει μέσο επιδερμικό βάθος 0.01 m
- Οι υγρές άργιλοι έχουν μέσο επιδερμικό βάθος 0.3 m.

→ Σε άνυδρα / ξηρά υλικά χαμηλής αγωγιμότητας το βάθος διείσδυσης είναι πολύ μεγαλύτερο.

Πρακτικός κανόνας: Όταν η ειδική αγωγιμότητα ενός γεωλογικού μέσου είναι μεγαλύτερη των 10 mS/m (ειδική αντίσταση $< 100 \Omega\text{m}$), η χρήση γεωραντάρ δεν ενδείκνυται

Ταχύτητα ραδιοκυμάτων Γεωραντάρ

$$V_m = \frac{\omega}{\text{Im}\{k\}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0} \cdot \sqrt{\frac{K \mu_r}{2} \left(\sqrt{(1+P^2)} + 1 \right)}} = \frac{c}{\sqrt{\frac{K \mu_r}{2} \left(\sqrt{(1+P^2)} + 1 \right)}}$$

- $c \approx 0.3 \text{ m/ns}$, η ταχύτητα του φωτός στο κενό $= (\mu_0 \epsilon_0)^{-1/2}$
 - K η σχετική διηλεκτρική σταθερά ($\epsilon = K \cdot \epsilon_0$).
 - μ_r η σχετική μαγνητική διαπερατότητα ($\mu = \mu_r \cdot \mu_0$).
 - $P = \sigma / \omega \epsilon$ είναι ο *παράγων απώλειας (loss factor)*
- Εάν θεωρήσουμε μέσο διάδοσης με παραμαγνητικές ιδιότητες ($\mu_r = 1$) και μικρές απώλειες ($P \ll 1$):

$$V_m = \frac{c}{\sqrt{K}} = \frac{0.3}{\sqrt{K}} \text{ m/ns}$$

- Οι ταχύτητες των σημάτων Γεωραντάρ εξαρτώνται από την σύσταση των υπεδαφικών σχηματισμών και το περιεχόμενο υγρό κλάσμα.
- Η K μεταβάλλεται από 1 στον αέρα μέχρι 81 στο γλυκό νερό
- Οι ταχύτητες κυμαίνονται από 0.300 m/ns στον αέρα μέχρι 0.033 m/ns στο νερό.
- Για τα περισσότερα γεωλογικά υλικά οι ταχύτητες κυμαίνονται μεταξύ 0.06 και 0.175 m/ns.

Ανάκλαση ραδιοκυμάτων Γεωραντάρ

Το ποσοστό του σήματος που ανακλάται από μία επαφή διαφορετικών σχηματισμών, εξαρτάται από την αντίθεση διηλεκτρικών ιδιοτήτων. Το πλάτος του ανακλώμενου κύματος δίδεται από τον συντελεστή ανάκλασης:

$$R = \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}}$$

όπου V_1 και V_2 είναι οι ταχύτητες στα στρώματα 1 και 2 αντίστοιχα και ϵ_1 and ϵ_2 είναι οι διηλεκτρικές σταθερές ($-1 < R < 1$).

- Τα γεω-υλικά συνήθως αποτελούνται από μία σχετικά αντιστατική στερεά μήτρα και κορεσμένο ή ακόρεστο πορώδες.

Οι διηλεκτρικές ιδιότητες τέτοιων *διφασικών* μέσων είναι συνήθως ο μέσος των ιδιοτήτων των δύο φάσεων :

$$K = (1-\phi)K_{\mu} + \phi K_{\nu}$$

όπου ϕ το ολικό πορώδες του σχηματισμού και K_{μ} , K_{ν} οι σχετικές διηλεκτρικές σταθερές της στερεάς μήτρας και του πορικού ρευστού αντίστοιχα.

- Η ταχύτητα των σημάτων τότε είναι :

$$V = \frac{c}{\sqrt{(1-\phi)K_{\mu} + \phi K_{\nu}}}$$

➔ Οι ανακλάσεις παράγονται από μεταβολές στην ταχύτητα διάδοσης και αντικατοπτρίζουν αλλαγές στο περιεχόμενο υγρό κλάσμα.

Διεισδυτική ικανότητα ραδιοκυμάτων Γεωραντάρ

Η ελάττωση πλάτους ραδιοκυμάτων συναρτῆσει του βάθους διεισδυσης οφείλεται σε:

- Γεωμετρική εξάπλωση του μετώπου του κύματος.
- Σκέδαση από μικρές ανομοιογένειες (ανακλαστήρες).
- Ανακλάσεις σε υπεδαφικούς στόχους.
- Απόσβεση (μετατροπή σε θερμική ενέργεια).
- Απώλειες κεραίας.

Η *ανιχνευσιμότητα* υπεδαφικών στόχων εξαρτάται από

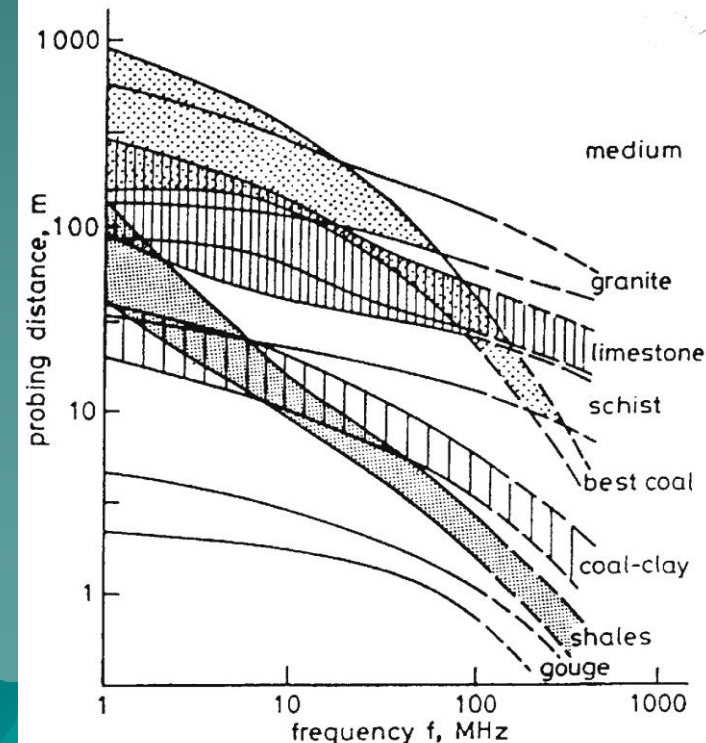
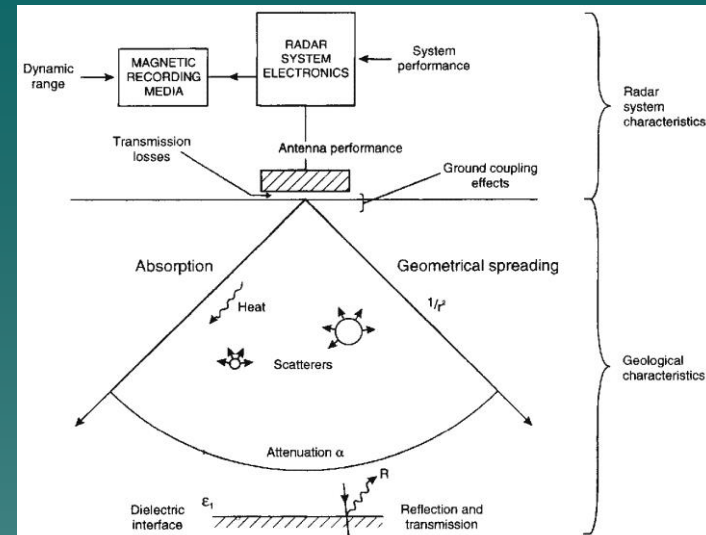
- Την ισχύ και συχνότητα του πομπού
- Την φύση του στόχου
- Τις απώλειες ενέργειας

Τα σύγχρονα συστήματα ανιχνεύουν σήματα τουλάχιστον 160db ασθενέστερα από τον εκπεμφθέντα παλμό και η επίδοση αυτή βαίνει συνεχώς βελτιούμενη.

- Εάν το άθροισμα σε db όλων των παραγόντων απώλειας ενέργειας είναι ίσο προς F, τότε η *εξίσωση εμβελείας γεωραντάρ* γράφεται

$$F = -10 \log_{10} [A \lambda^2 e^{-4\alpha r} / 16\pi^2 r^4]$$

Όπου λ το μήκος κύματος, A παράγων με διαστάσεις έκτασης που χαρακτηρίζει το στόχο και r η εμβέλεια, δηλ. το θεωρητικά μέγιστο βάθος στο οποίο μπορεί να ανιχνευθεί ο στόχος.



Κατακόρυφη ανάλυση

Ορίζεται ως ο ελάχιστος κατακόρυφος διαχωρισμός που οφείλουν να έχουν δύο διακριτοί ανακλαστήρες προκειμένου να είναι ανιχνεύσιμοι με δεδομένη κεραία (συχνότητα).

- Συνήθως θεωρείται ίσος προς το $\frac{1}{4}$ του μήκους κύματος που αντιστοιχεί στην κεντρική συχνότητα της κεραίας.
- Όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα της κεραίας, τόσο βραχύτερης διάρκειας ο παλμός και μεγαλύτερη η διακριτική ικανότητα αλλά και μικρότερο το βάθος διείσδυσης.
- Το μήκος κύματος είναι

$$\lambda = \frac{V_m}{f}$$

Όπου V_m είναι η ταχύτητα του μέσου και f η συχνότητα.

Θεωρητική διακριτική ικανότητα ($\lambda/4$) για διαφορετικές κεραίες.

Antenna Frequency	V_m (m/ns)	120 MHz	500 MHz	900 MHz
Soil (cm)	0.075	15.6	3.75	2.0
Bedrock (cm)	0.110	23	5.5	3

Συστήματα Γεωραντάρ

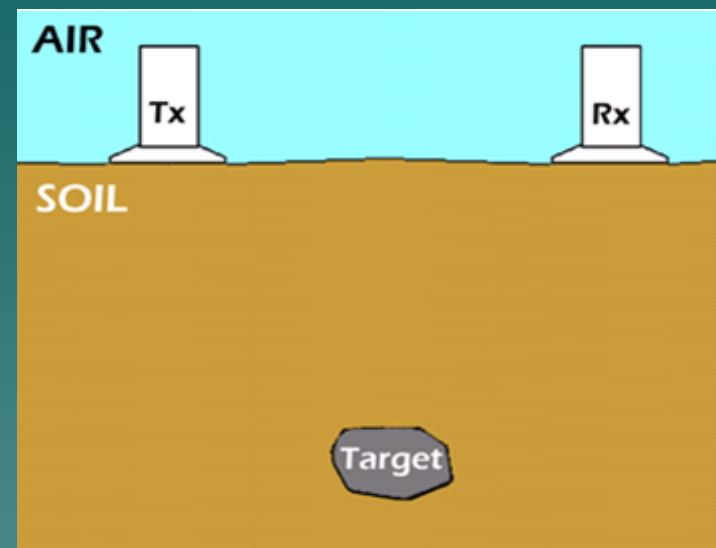
- Τα συστήματα Γεωραντάρ αποτελούνται από μία γεννήτρια σήματος, κεραίες εκπομπής και λήψης και ένα αναλογικό ή ψηφιακό καταγραφέα με δυνατότητες γραφικής απεικόνισης.
- Η κεραία εκπομπής (Tx) παράγει παλμικά ραδιοκύματα που διαδίδονται ως ευρεία δέσμη με ταχύτητα 300,000 km/s (0.3 m/ns) στον αέρα και σαφώς μικρότερη στο έδαφος.
- Η διάρκεια και κυματομορφή του πηγαίου παλμού εξαρτάται από την συχνότητα λειτουργίας της κεραίας, αλλά τυπικά είναι μικρότερη των 20 ns.
- Όσο μεγαλύτερο το μέγεθος της κεραίας, τόσο χαμηλότερη η συχνότητα που μπορεί να εκπεμφθεί. Κεραίες των 100 MHz έχουν φάσμα λειτουργίας ~50-200 MHz
- Ο χρόνος διαδρομής από τον πομπό προς κάποιο υπεδραφικό στόχο και πίσω στον δέκτη έχει διάρκεια **το πολύ** 10-1000 ns

Δύο τύποι συστημάτων Γεωραντάρ:

- **Μονοστατικά συστήματα:** Μία μόνο κεραία χρησιμεύει ως πομπός και δέκτης ταυτόχρονα (εκπέμπει – αλλάζει λειτουργία – δέχεται /καταγράφει κ.ο.κ.)
- **Διστατικά συστήματα:** Πομπός και δέκτης είναι ξεχωριστές κεραίες

ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

- Η κεραία εκπομπής (Tx) παράγει παλμικά ραδιοκύματα που διαδίδονται ως ευρεία δέσμη με ταχύτητα 300,000 km/s (0.3 m/ns) στον αέρα και σαφώς μικρότερη στο υπέδαφος.
- Το σήμα οδεύει κατά μήκος της επιφάνειας και αφικνείται απ' ευθείας στον δέκτη.
- Το σήμα διαδίδεται στο υπέδαφος και όταν συναντά επαφή μεταξύ στόχων με διαφορετικές ιδιότητες **σκεδάζεται** και μέρος της ενέργειάς του κατευθύνεται προς τη επιφάνεια όπου καταγράφεται από τον δέκτη.

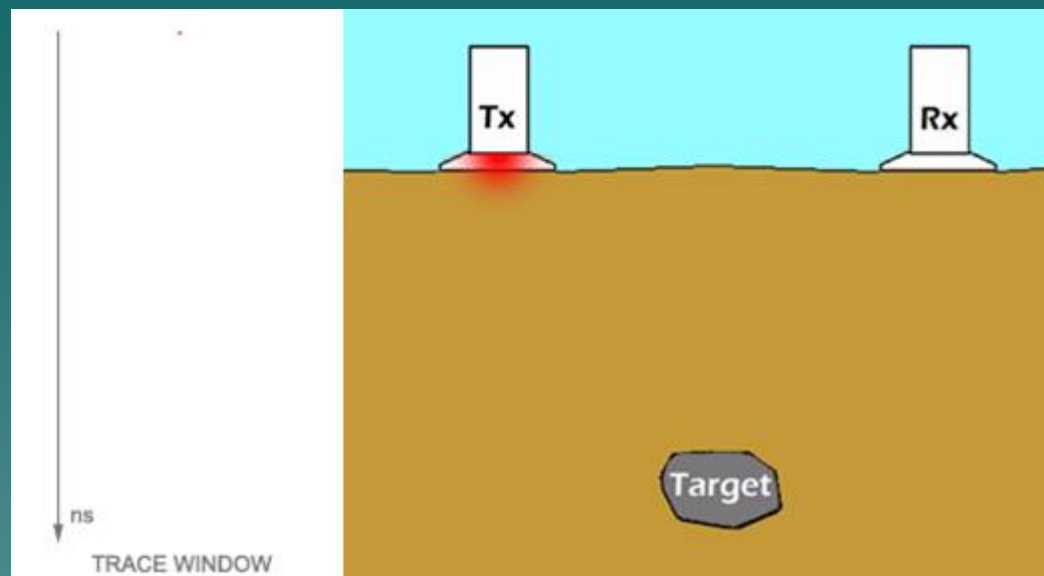


Εικόνες από την εταιρεία
κατασκευής γεωραντάρ



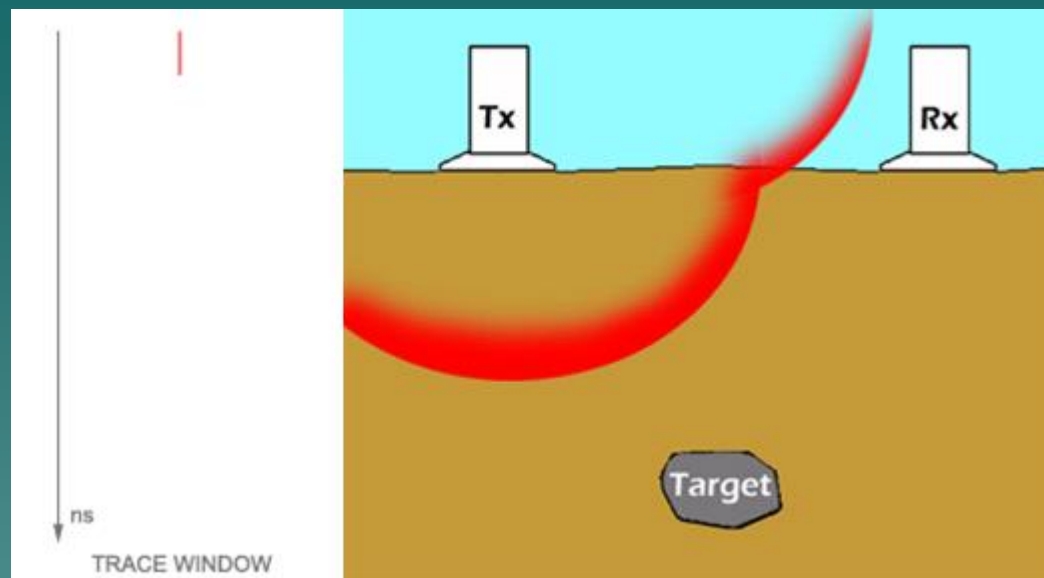
ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

- Η κεραία εκπομπής (Tx) παράγει παλμικά ραδιοκύματα που διαδίδονται ως ευρεία δέσμη με ταχύτητα $300,000 \text{ km/s}$ (0.3 m/ns) στον αέρα και σαφώς μικρότερη στο υπέδαφος.
- Το σήμα οδεύει κατά μήκος της επιφάνειας και αφικνείται απ' ευθείας στον δέκτη.
- Το σήμα διαδίδεται στο υπέδαφος και όταν συναντά επαφή μεταξύ στόχων με διαφορετικές ιδιότητες **σκεδάζεται** και μέρος της ενέργειάς του κατευθύνεται προς τη επιφάνεια όπου καταγράφεται από τον δέκτη.



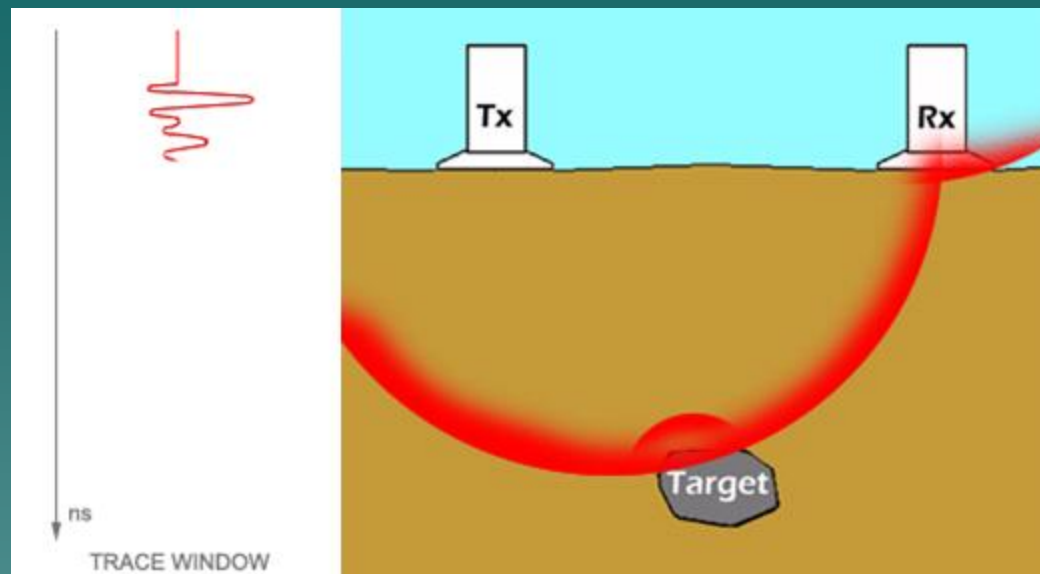
ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

- Η κεραία εκπομπής (Tx) παράγει παλμικά ραδιοκύματα που διαδίδονται ως ευρεία δέσμη με ταχύτητα 300,000 km/s (0.3 m/ns) στον αέρα και σαφώς μικρότερη στο υπέδαφος.
- Το σήμα οδεύει κατά μήκος της επιφάνειας και αφικνείται απ' ευθείας στον δέκτη.
- Το σήμα διαδίδεται στο υπέδαφος και όταν συναντά επαφή μεταξύ στόχων με διαφορετικές ιδιότητες **σκεδάζεται** και μέρος της ενέργειάς του κατευθύνεται προς τη επιφάνεια όπου καταγράφεται από τον δέκτη.



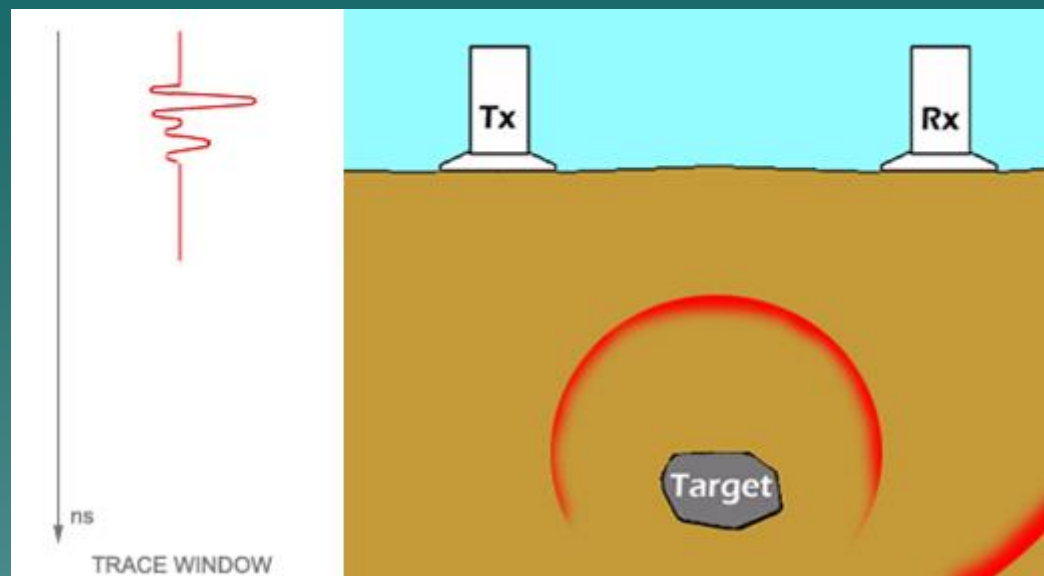
ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

- Η κεραία εκπομπής (Tx) παράγει παλμικά ραδιοκύματα που διαδίδονται ως ευρεία δέσμη με ταχύτητα 300,000 km/s (0.3 m/ns) στον αέρα και σαφώς μικρότερη στο υπέδαφος.
- Το σήμα οδεύει κατά μήκος της επιφάνειας και αφικνείται απ' ευθείας στον δέκτη.
- Το σήμα διαδίδεται στο υπέδαφος και όταν συναντά επαφή μεταξύ στόχων με διαφορετικές ιδιότητες **σκεδάζεται** και μέρος της ενέργειάς του κατευθύνεται προς τη επιφάνεια όπου καταγράφεται από τον δέκτη.



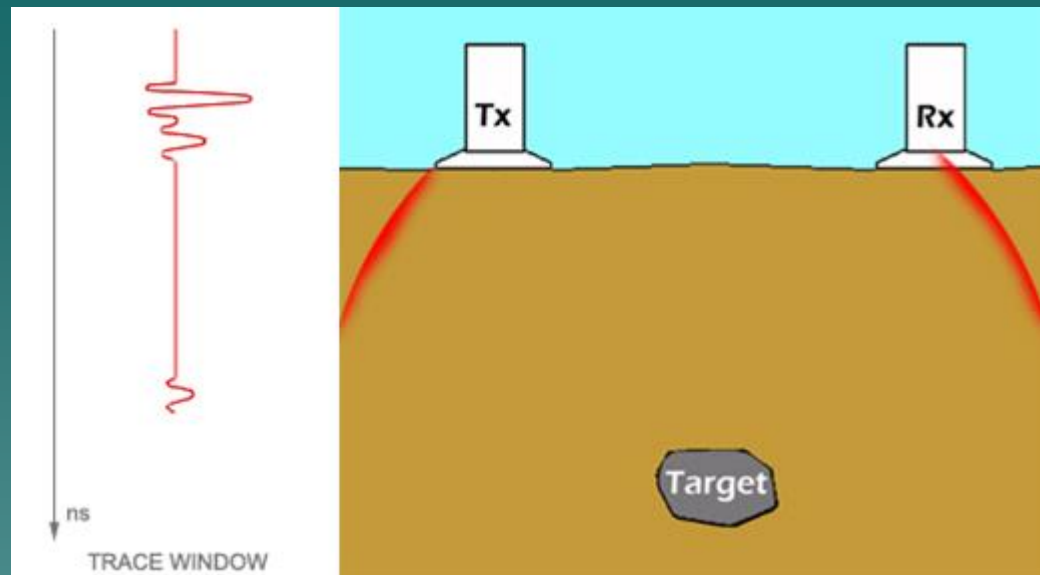
ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

- Η κεραία εκπομπής (Tx) παράγει παλμικά ραδιοκύματα που διαδίδονται ως ευρεία δέσμη με ταχύτητα 300,000 km/s (0.3 m/ns) στον αέρα και σαφώς μικρότερη στο υπέδαφος.
- Το σήμα οδεύει κατά μήκος της επιφάνειας και αφικνείται απ' ευθείας στον δέκτη.
- Το σήμα διαδίδεται στο υπέδαφος και όταν συναντά επαφή μεταξύ στόχων με διαφορετικές ιδιότητες **σκεδάζεται** και μέρος της ενέργειάς του κατευθύνεται προς τη επιφάνεια όπου καταγράφεται από τον δέκτη.



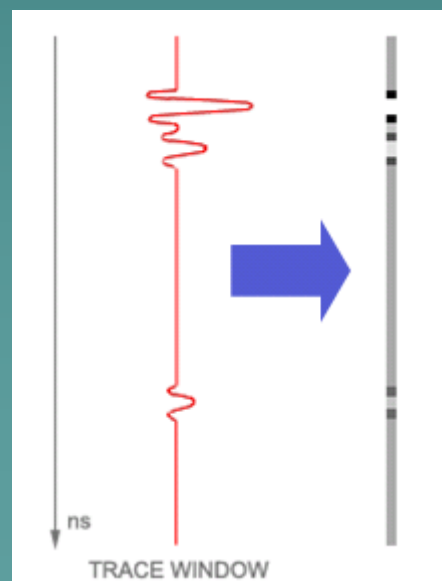
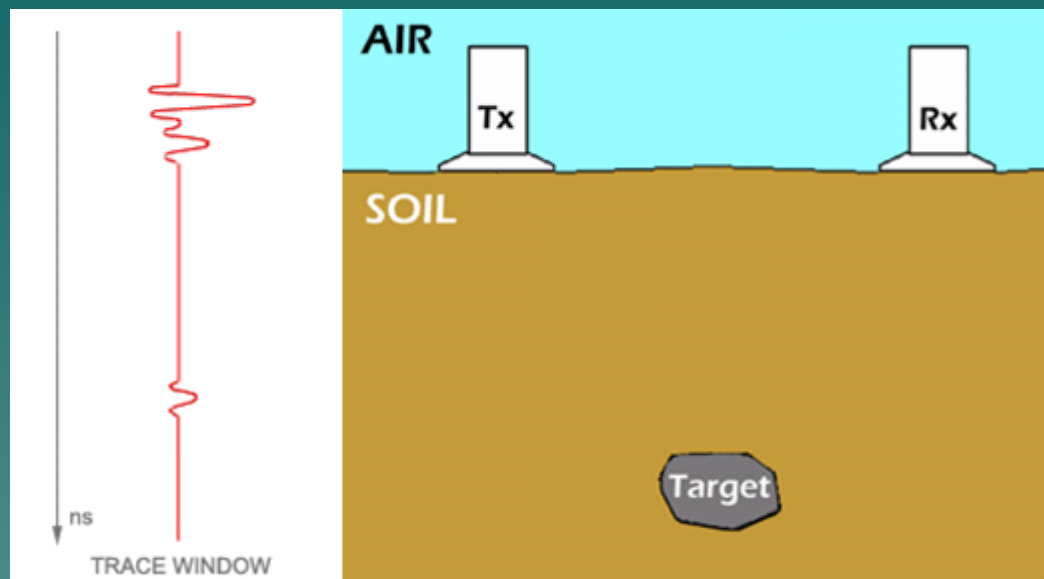
ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

- Η κεραία εκπομπής (Tx) παράγει παλμικά ραδιοκύματα που διαδίδονται ως ευρεία δέσμη με ταχύτητα 300,000 km/s (0.3 m/ns) στον αέρα και σαφώς μικρότερη στο υπέδαφος.
- Το σήμα οδεύει κατά μήκος της επιφάνειας και αφικνείται απ' ευθείας στον δέκτη.
- Το σήμα διαδίδεται στο υπέδαφος και όταν συναντά επαφή μεταξύ στόχων με διαφορετικές ιδιότητες **σκεδάζεται** και μέρος της ενέργειάς του κατευθύνεται προς τη επιφάνεια όπου καταγράφεται από τον δέκτη.



ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

- Η κεραία εκπομπής (Tx) παράγει παλμικά ραδιοκύματα που διαδίδονται ως ευρεία δέσμη με ταχύτητα 300,000 km/s (0.3 m/ns) στον αέρα και σαφώς μικρότερη στο υπέδαφος.
- Το σήμα οδεύει κατά μήκος της επιφάνειας και αφικνείται απ' ευθείας στον δέκτη.
- Το σήμα διαδίδεται στο υπέδαφος και όταν συναντά επαφή μεταξύ στόχων με διαφορετικές ιδιότητες **σκεδάζεται** και μέρος της ενέργειάς του κατευθύνεται προς τη επιφάνεια όπου καταγράφεται από τον δέκτη.



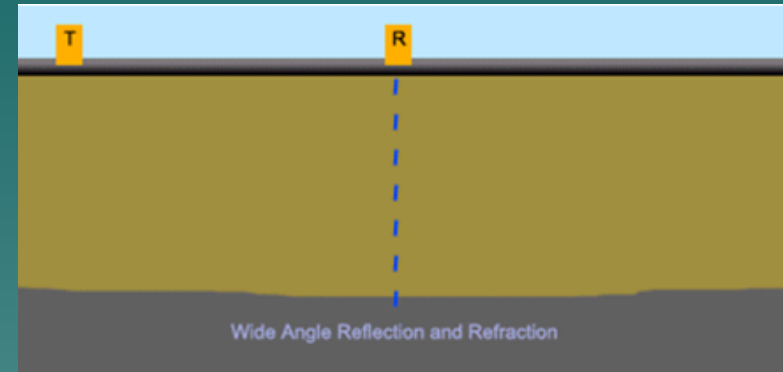
Το «*ραδιο-γράφημα*» συνηθέστερα απεικονίζεται με χρωματισμό μεταβλητής έντασης

Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ - ΕΥΡΥΓΩΝΙΑ ΑΝΑΚΛΑΣΗ (WIDE ANGLE REFLECTION)

- Διασκόπηση ταχύτητας
- Εφαρμόζεται μόνο σε οριζόντιους υπεδαφικούς σκεδαστές αλλά εκτελείται ταχέως και με ευκολία.
- Η ταχύτητα του μέσου διάδοσης είναι η ταχύτητα που απεικονίζει την υπερβολή των ανακλάσεων σε οριζόντια ευθεία.

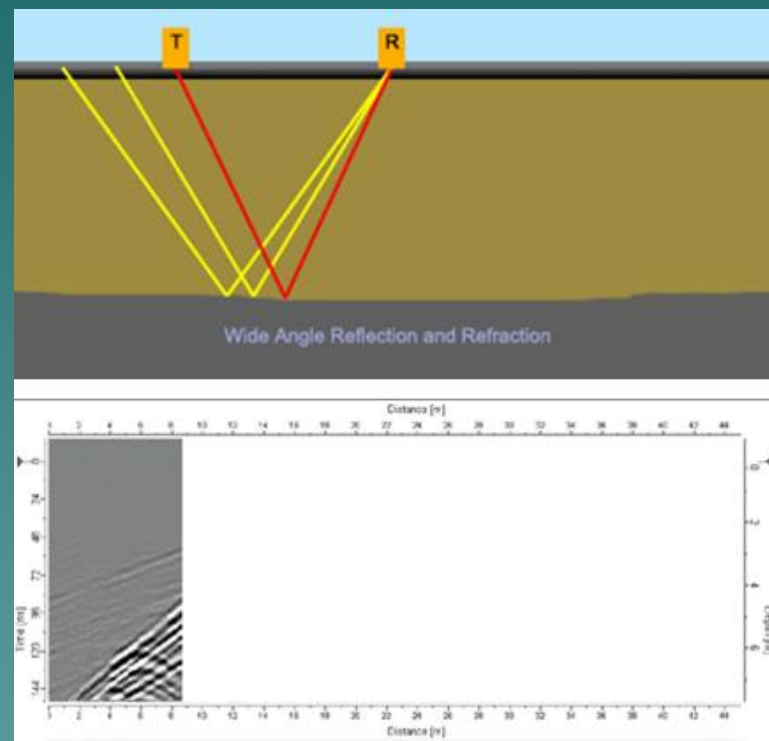


Εικόνες από την εταιρεία
κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ - ΕΥΡΥΓΩΝΙΑ ΑΝΑΚΛΑΣΗ (WIDE ANGLE REFLECTION)

- Διασκόπηση ταχύτητας
- Εφαρμόζεται μόνο σε οριζόντιους υπεδαφικούς σκεδαστές αλλά εκτελείται ταχέως και με ευκολία.
- Η ταχύτητα του μέσου διάδοσης είναι η ταχύτητα που απεικονίζει την υπερβολή των ανακλάσεων σε οριζόντια ευθεία.

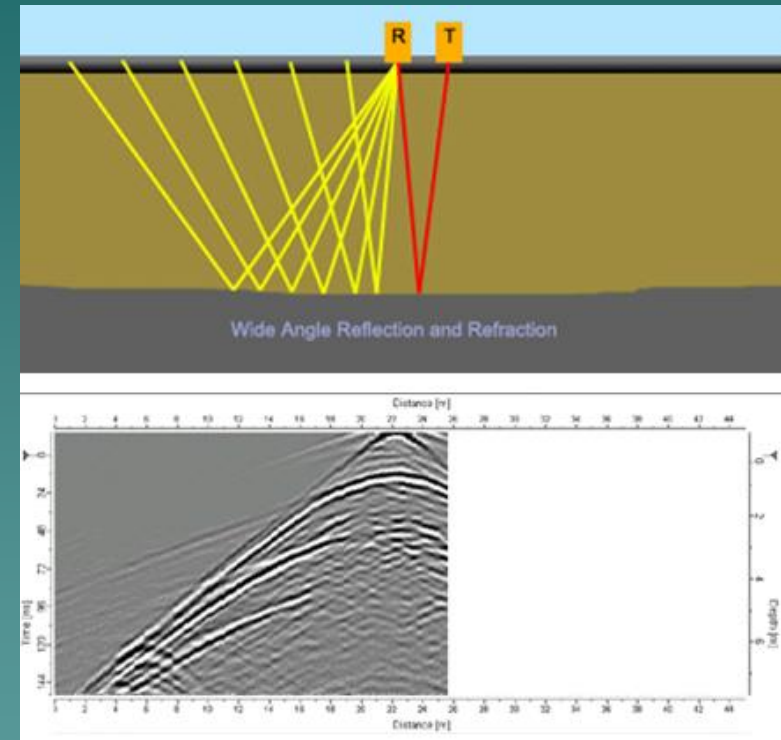


Εικόνες από την εταιρεία
κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ - ΕΥΡΥΓΩΝΙΑ ΑΝΑΚΛΑΣΗ (WIDE ANGLE REFLECTION)

- Διασκόπηση ταχύτητας
- Εφαρμόζεται μόνο σε οριζόντιους υπεδαφικούς σκεδαστές αλλά εκτελείται ταχέως και με ευκολία.
- Η ταχύτητα του μέσου διάδοσης είναι η ταχύτητα που απεικονίζει την υπερβολή των ανακλάσεων σε οριζόντια ευθεία.

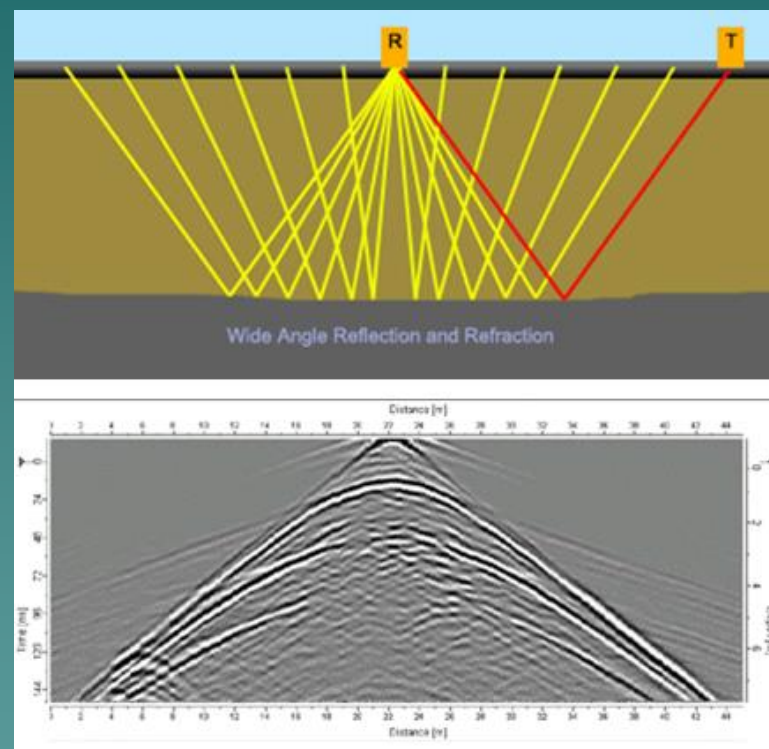


Εικόνες από την εταιρεία
κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ - ΕΥΡΥΓΩΝΙΑ ΑΝΑΚΛΑΣΗ (WIDE ANGLE REFLECTION)

- Διασκόπηση ταχύτητας
- Εφαρμόζεται μόνο σε οριζόντιους υπεδαφικούς σκεδαστές αλλά εκτελείται ταχέως και με ευκολία.
- Η ταχύτητα του μέσου διάδοσης είναι η ταχύτητα που απεικονίζει την υπερβολή των ανακλάσεων σε οριζόντια ευθεία.

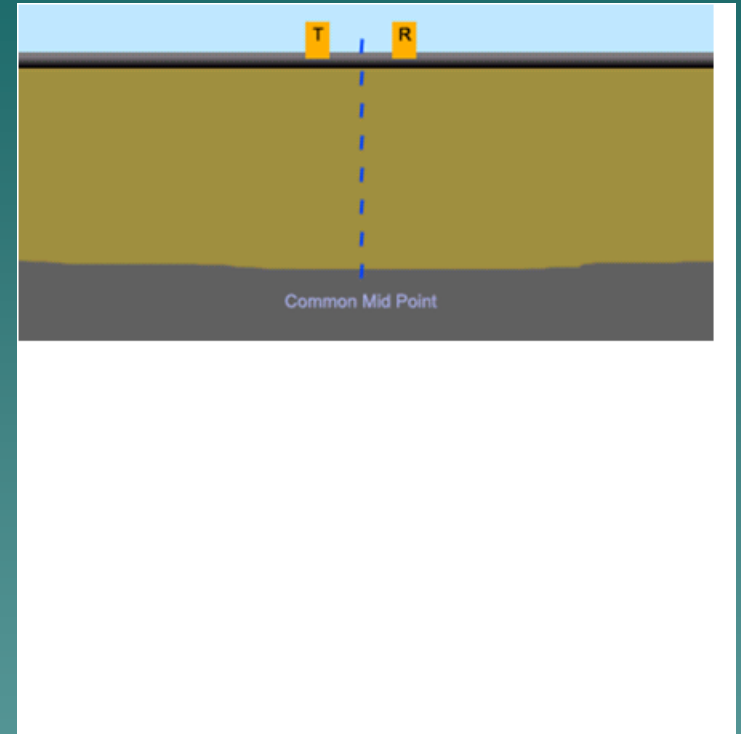


Εικόνες από την εταιρεία
κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ – ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΟΙΝΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ (COMMON MID-POINT GATHER)

- Διασκόπηση ταχύτητας
- Εφαρμόζεται για επίπεδους υπεδαφικούς σκεδαστές

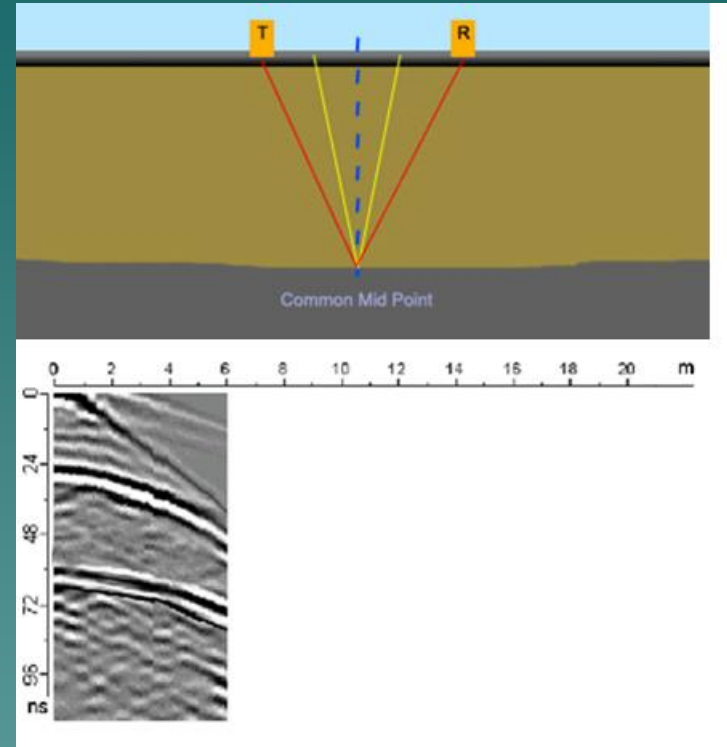


Εικόνες από την εταιρεία
κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ – ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΟΙΝΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ (COMMON MID-POINT GATHER)

- Διασκόπηση ταχύτητας
- Εφαρμόζεται για επίπεδους υπεδαφικούς σκεδαστές

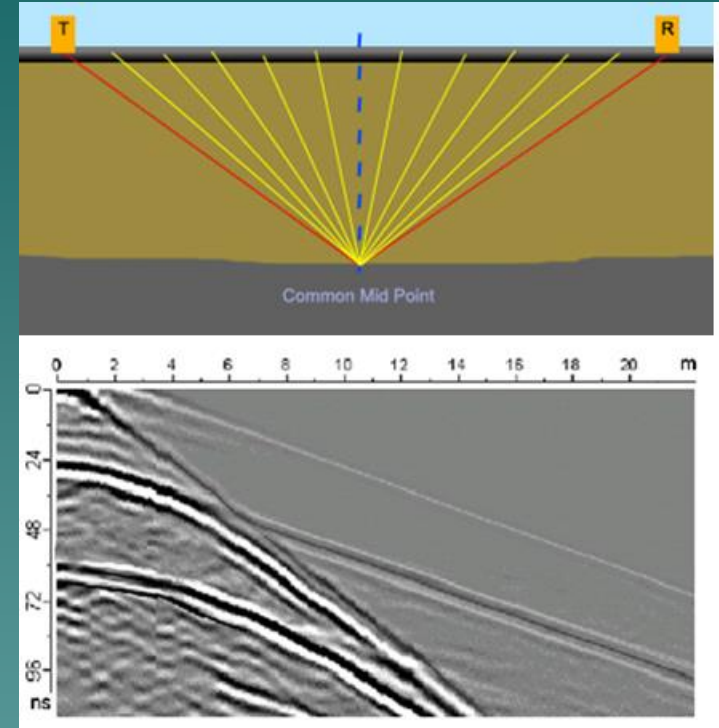


Εικόνες από την εταιρεία
κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ – ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΟΙΝΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ (COMMON MID-POINT GATHER)

- Διασκόπηση ταχύτητας
- Εφαρμόζεται για επίπεδους υπεδαφικούς σκεδαστές

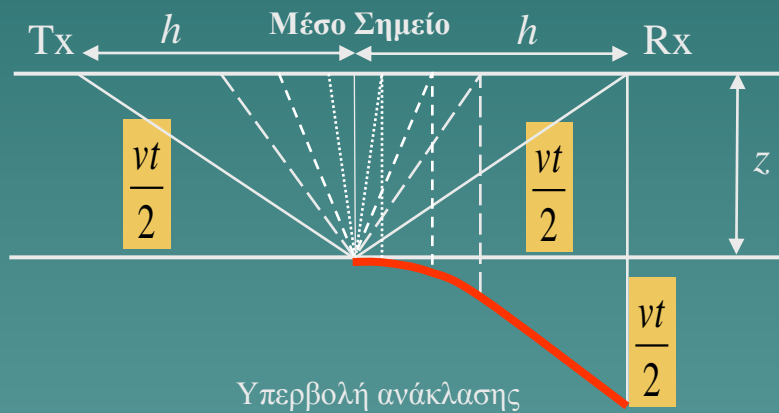


Εικόνες από την εταιρεία
κατασκευής γεωραντάρ



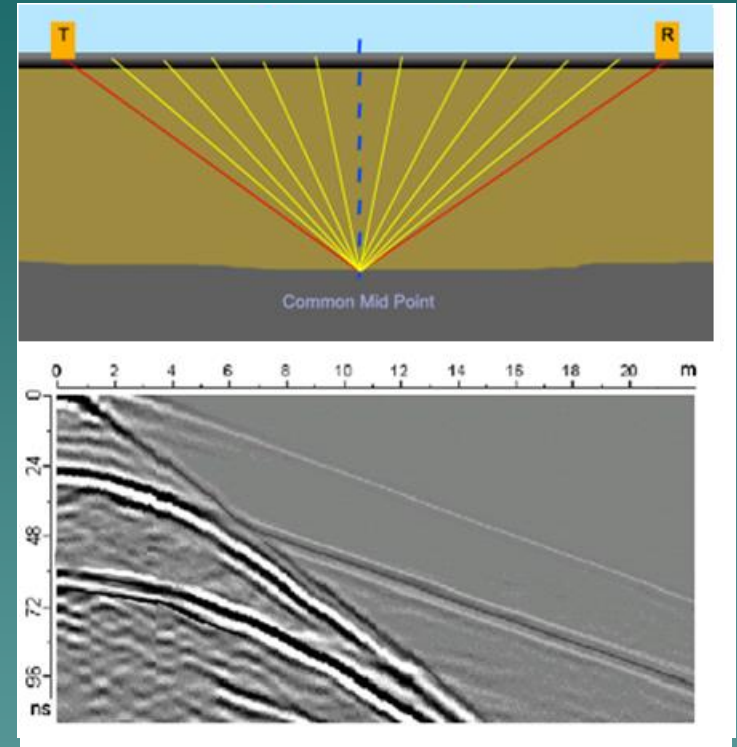
ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ – ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΟΙΝΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ (COMMON MID-POINT GATHER)

- Διασκόπηση ταχύτητας
- Εφαρμόζεται για επίπεδους υπεδαφικούς σκεδαστές



Η ανάκλαση θα εμφανίζεται επί φαινομένου βάθους $vt/2$ κάτω από τον δέκτη διότι ο χρόνος διαδρομής οφείλει να υπακούει την υπερβολική εξίσωση

$$\left(\frac{vt}{2}\right)^2 - h^2 = z^2$$

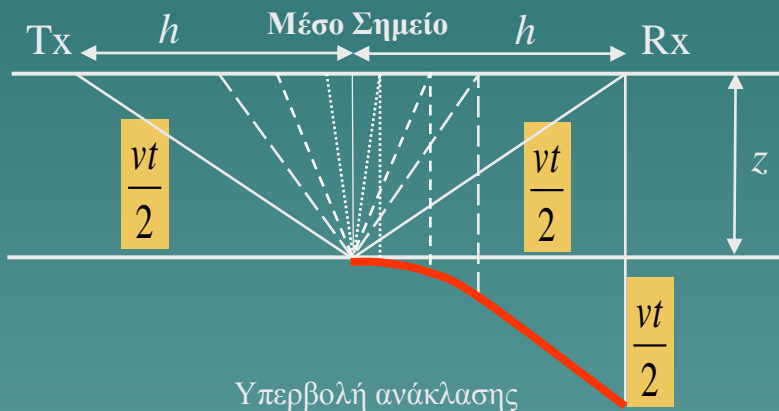


Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



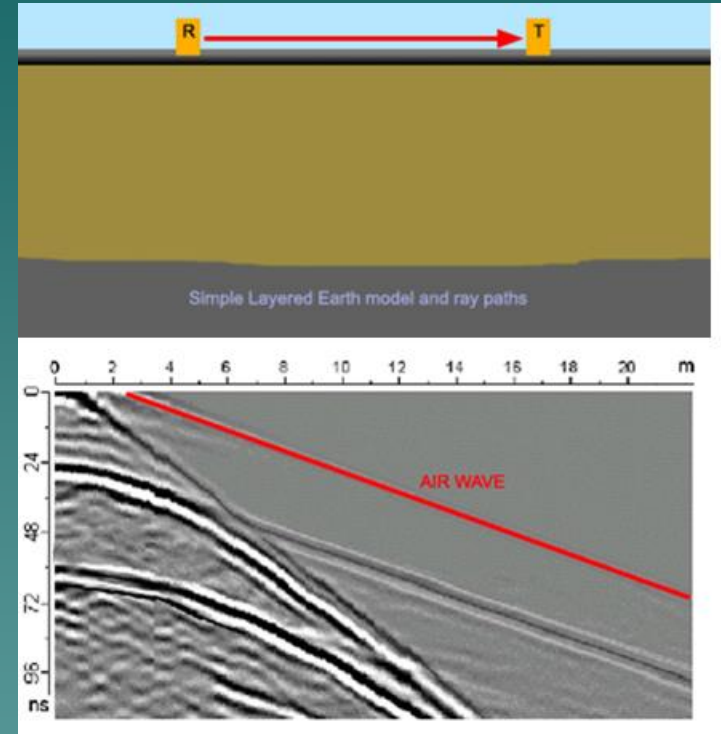
ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ – ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΟΙΝΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ (COMMON MID-POINT GATHER)

- Διασκόπηση ταχύτητας
- Εφαρμόζεται για επίπεδους υπεδαφικούς σκεδαστές



Η ανάκλαση θα εμφανίζεται επί φαινομένου βάθους $vt/2$ κάτω από τον δέκτη διότι ο χρόνος διαδρομής οφείλει να υπακούει την υπερβολική εξίσωση

$$\left(\frac{vt}{2}\right)^2 - h^2 = z^2$$

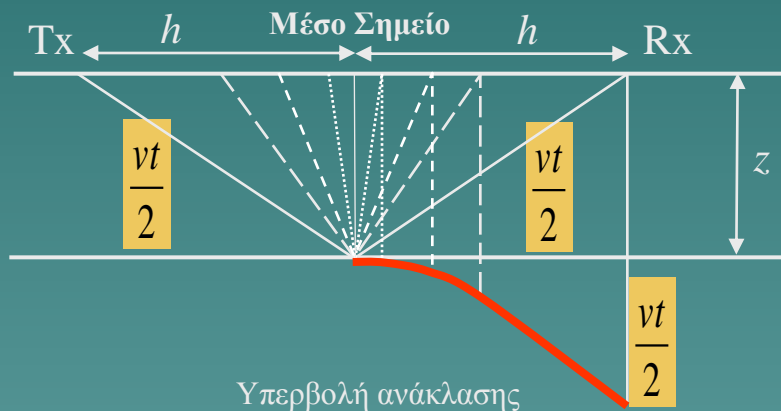


Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



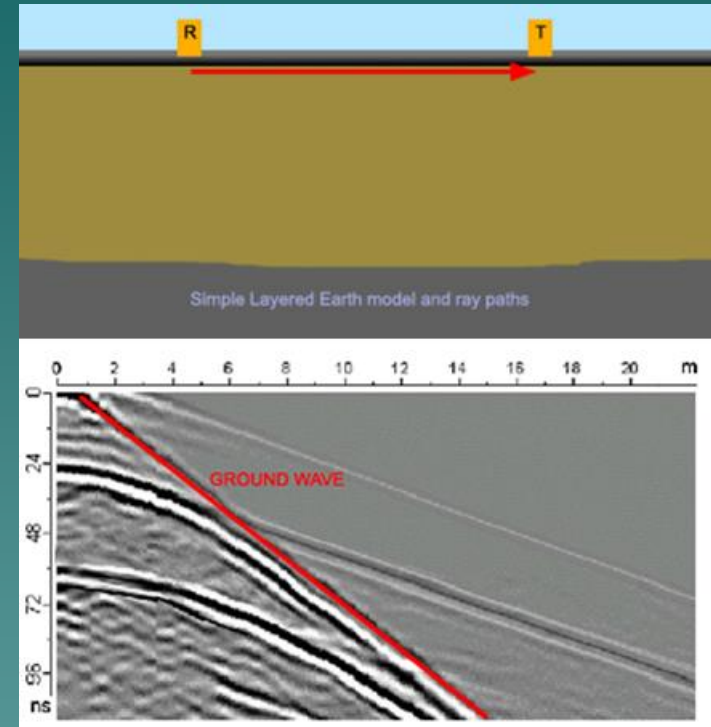
ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ – ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΟΙΝΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ (COMMON MID-POINT GATHER)

- Διασκόπηση ταχύτητας
- Εφαρμόζεται για επίπεδους υπεδαφικούς σκεδαστές



Η ανάκλαση θα εμφανίζεται επί φαινομένου βάθους $vt/2$ κάτω από τον δέκτη διότι ο χρόνος διαδρομής οφείλει να υπακούει την υπερβολική εξίσωση

$$\left(\frac{vt}{2}\right)^2 - h^2 = z^2$$

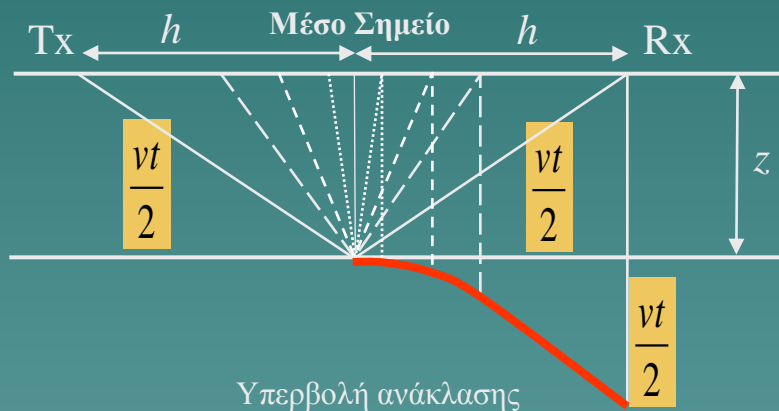


Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



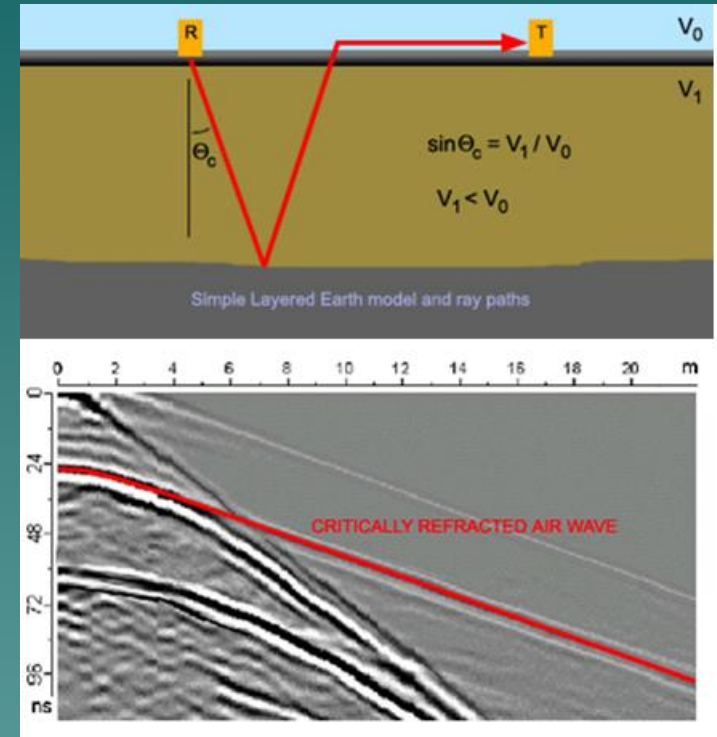
ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ – ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΟΙΝΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ (COMMON MID-POINT GATHER)

- Διασκόπηση ταχύτητας
- Εφαρμόζεται για επίπεδους υπεδαφικούς σκεδαστές



Η ανάκλαση θα εμφανίζεται επί φαινομένου βάθους $vt/2$ κάτω από τον δέκτη διότι ο χρόνος διαδρομής οφείλει να υπακούει την υπερβολική εξίσωση

$$\left(\frac{vt}{2}\right)^2 - h^2 = z^2$$

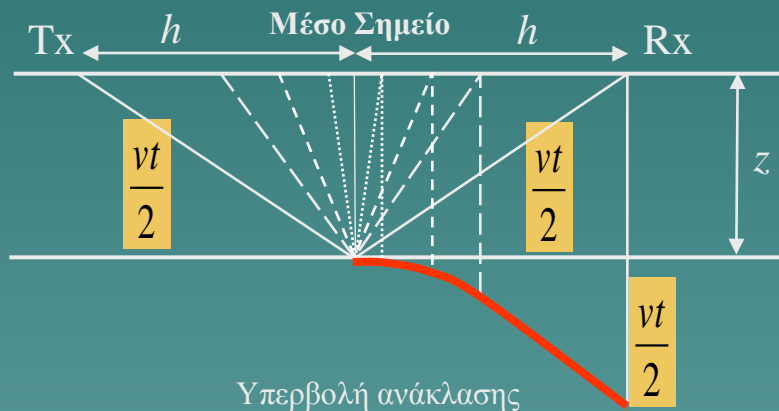


Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



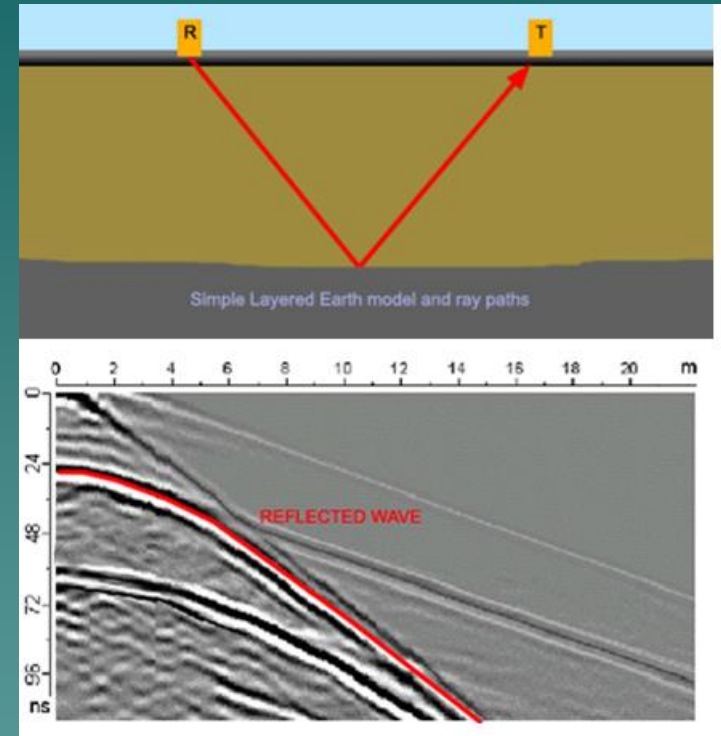
ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ – ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΟΙΝΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ (COMMON MID-POINT GATHER)

- Διασκόπηση ταχύτητας
- Εφαρμόζεται για επίπεδους υπεδαφικούς σκεδαστές



Η ανάκλαση θα εμφανίζεται επί φαινομένου βάθους $vt/2$ κάτω από τον δέκτη διότι ο χρόνος διαδρομής οφείλει να υπακούει την υπερβολική εξίσωση

$$\left(\frac{vt}{2}\right)^2 - h^2 = z^2$$

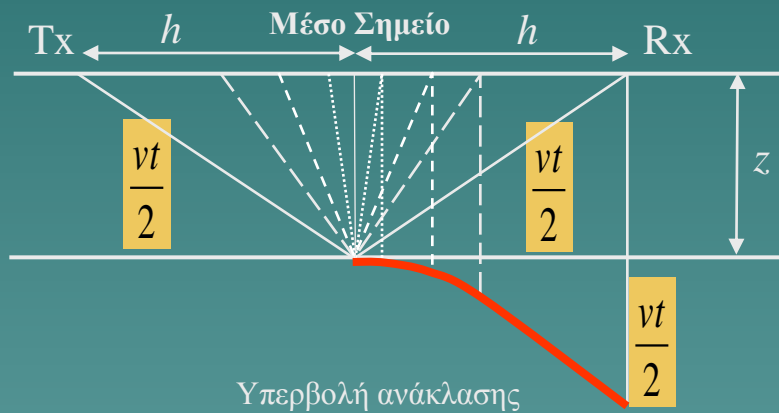


Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



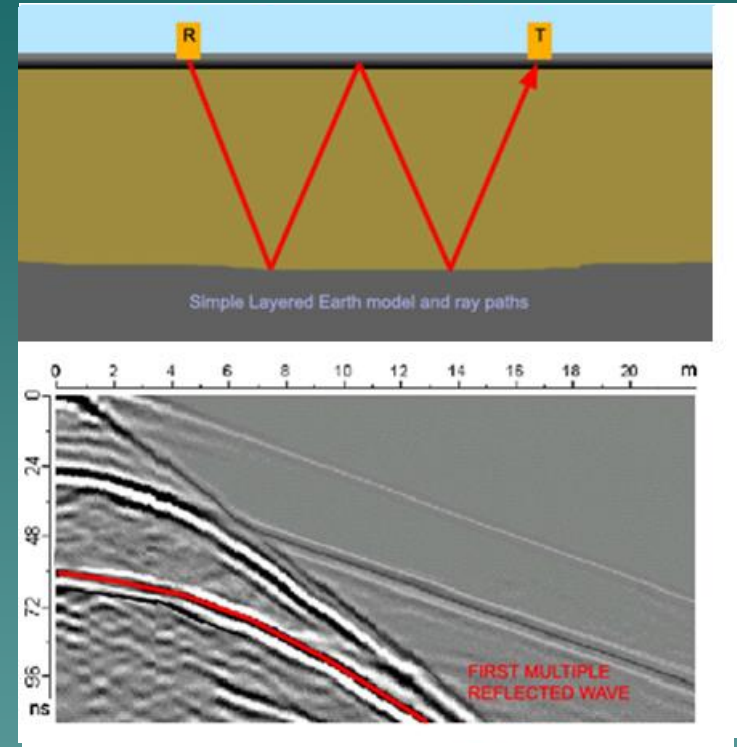
ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ – ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΟΙΝΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ (COMMON MID-POINT GATHER)

- Διασκόπηση ταχύτητας
- Εφαρμόζεται για επίπεδους υπεδαφικούς σκεδαστές



Η ανάκλαση θα εμφανίζεται επί φαινομένου βάθους $vt/2$ κάτω από τον δέκτη διότι ο χρόνος διαδρομής οφείλει να υπακούει την υπερβολική εξίσωση

$$\left(\frac{vt}{2}\right)^2 - h^2 = z^2$$

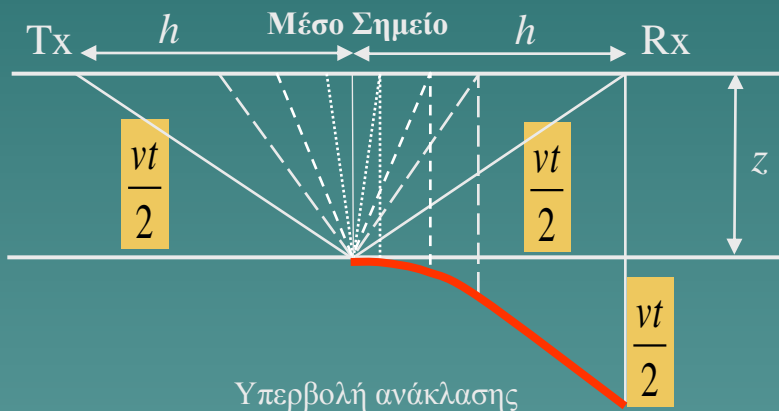


Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



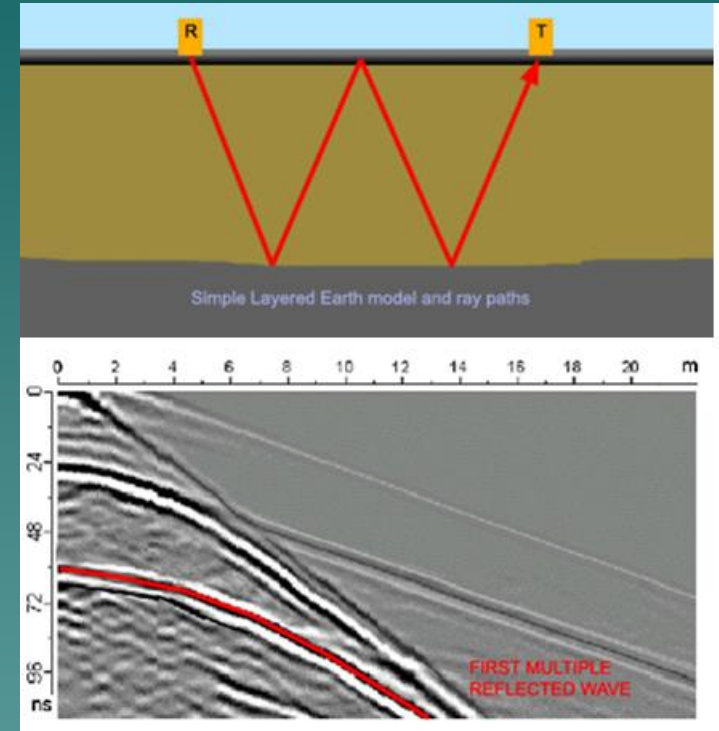
ΔΙΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ – ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΟΙΝΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ (COMMON MID-POINT GATHER)

- Διασκόπηση ταχύτητας
- Εφαρμόζεται για επίπεδους υπεδιαφικούς σκεδαστές



Η ανάκλαση θα εμφανίζεται επί φαινομένου βάθους $vt/2$ κάτω από τον δέκτη διότι ο χρόνος διαδρομής οφείλει να υπακούει την υπερβολική εξίσωση

$$\left(\frac{vt}{2}\right)^2 - h^2 = z^2$$



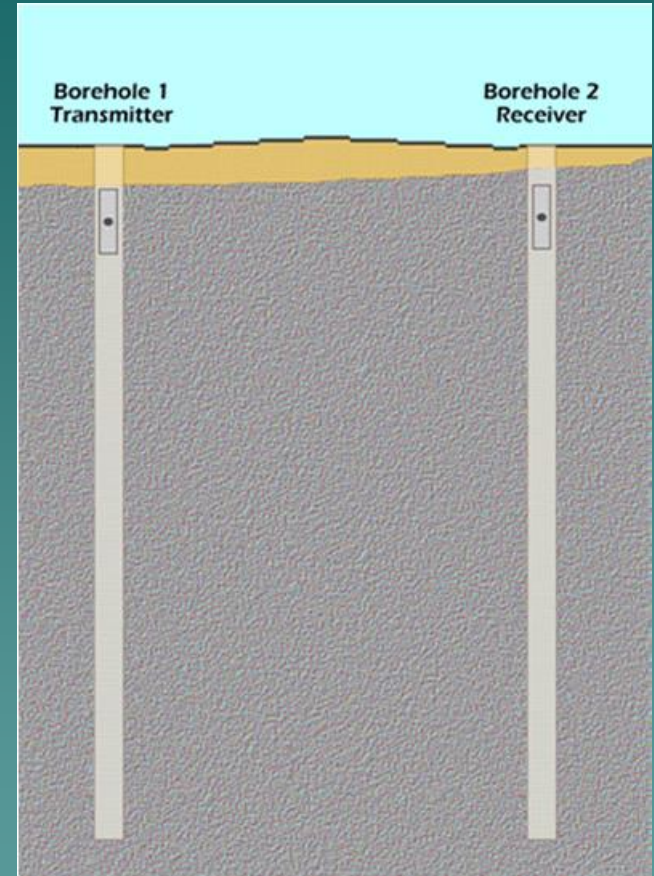
Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ : ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ CROSS-HOLE

Χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό διασταυρούμενων μετρήσεων από διαφορετικά βάθη πομπού – δέκτη, προκειμένου να προσδιορίσει με σημαντική ακρίβεια την ενδιάμεση κατανομή ταχύτητας.



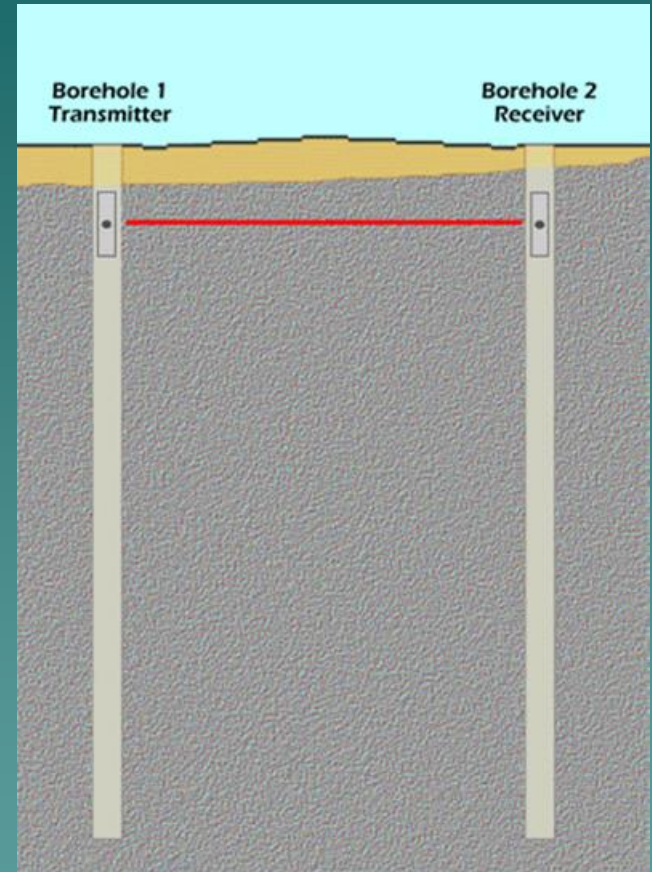
Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ : ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ CROSS-HOLE

Χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό διασταυρούμενων μετρήσεων από διαφορετικά βάθη πομπού – δέκτη, προκειμένου να προσδιορίσει με σημαντική ακρίβεια την ενδιάμεση κατανομή ταχύτητας.



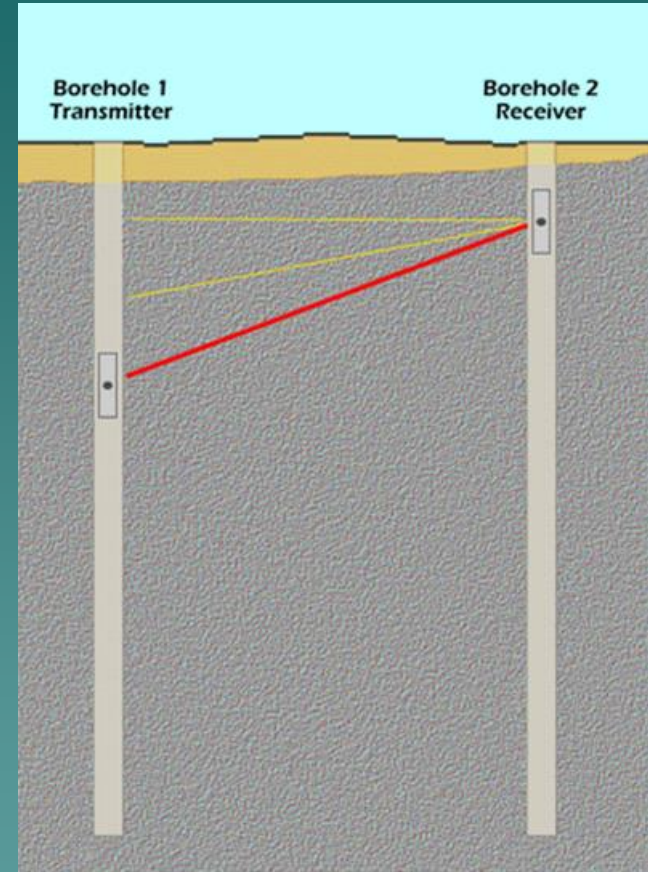
Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ : ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ CROSS-HOLE

Χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό διασταυρούμενων μετρήσεων από διαφορετικά βάθη πομπού – δέκτη, προκειμένου να προσδιορίσει με σημαντική ακρίβεια την ενδιάμεση κατανομή ταχύτητας.



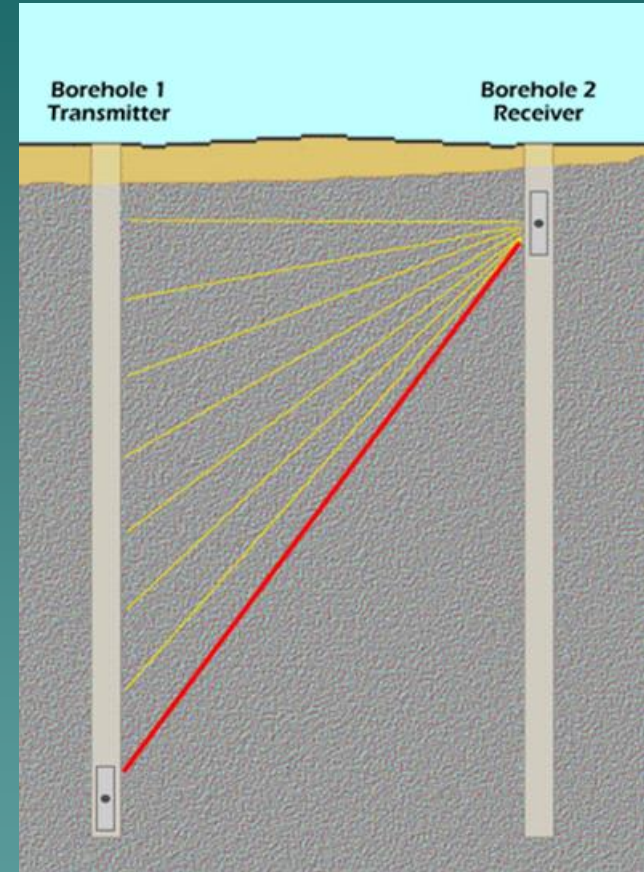
Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ : ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ CROSS-HOLE

Χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό διασταυρούμενων μετρήσεων από διαφορετικά βάθη πομπού – δέκτη, προκειμένου να προσδιορίσει με σημαντική ακρίβεια την ενδιάμεση κατανομή ταχύτητας.



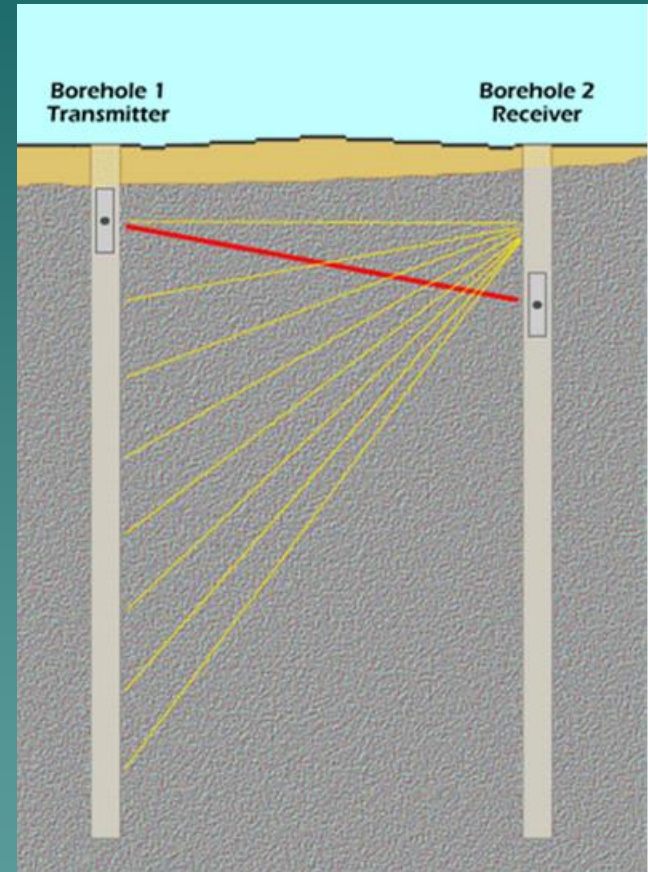
Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ : ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ CROSS-HOLE

Χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό διασταυρούμενων μετρήσεων από διαφορετικά βάθη πομπού – δέκτη, προκειμένου να προσδιορίσει με σημαντική ακρίβεια την ενδιάμεση κατανομή ταχύτητας.



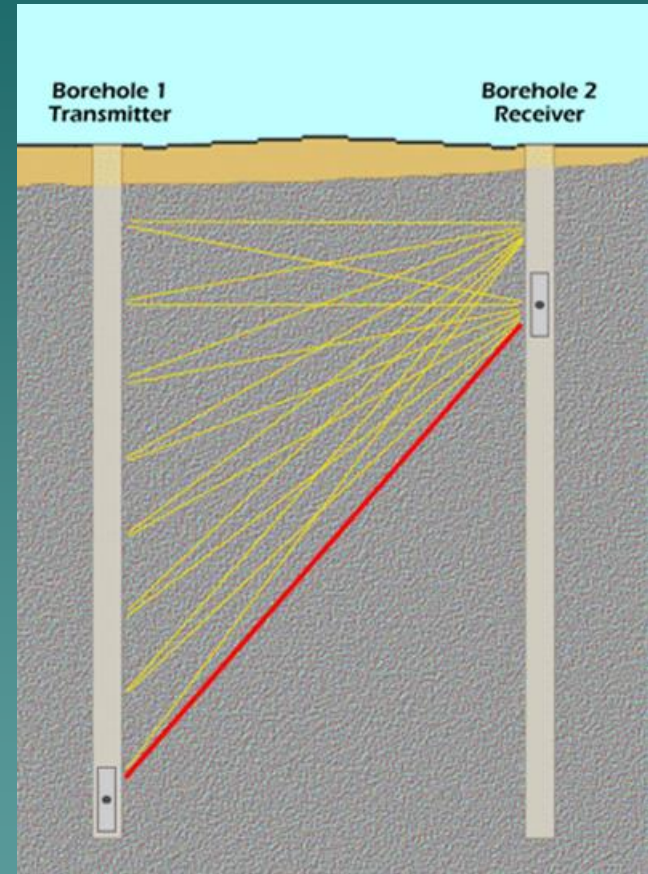
Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ : ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ CROSS-HOLE

Χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό διασταυρούμενων μετρήσεων από διαφορετικά βάθη πομπού – δέκτη, προκειμένου να προσδιορίσει με σημαντική ακρίβεια την ενδιάμεση κατανομή ταχύτητας.



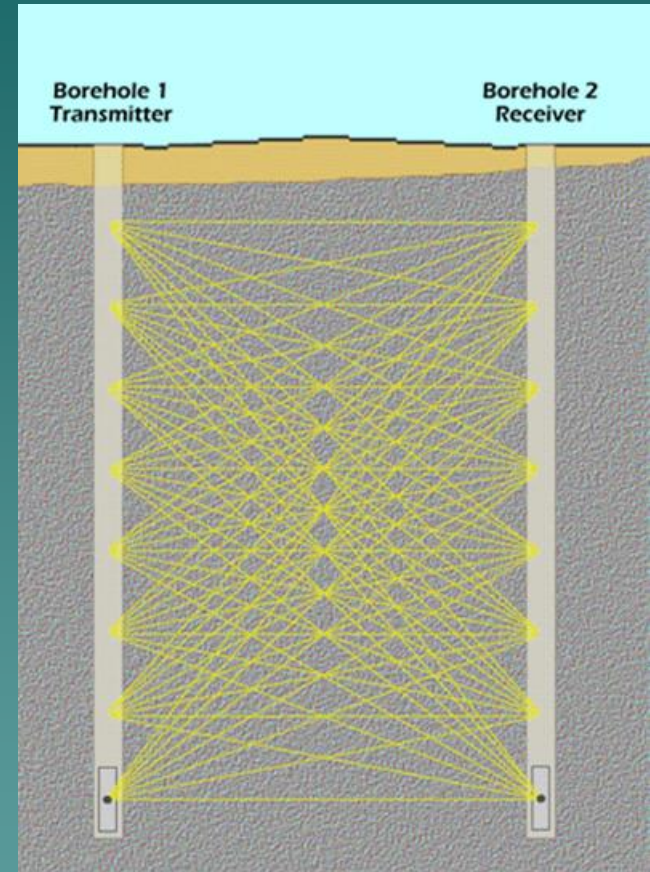
Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ : ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ CROSS-HOLE

Χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό διασταυρούμενων μετρήσεων από διαφορετικά βάθη πομπού – δέκτη, προκειμένου να προσδιορίσει με σημαντική ακρίβεια την ενδιάμεση κατανομή ταχύτητας.



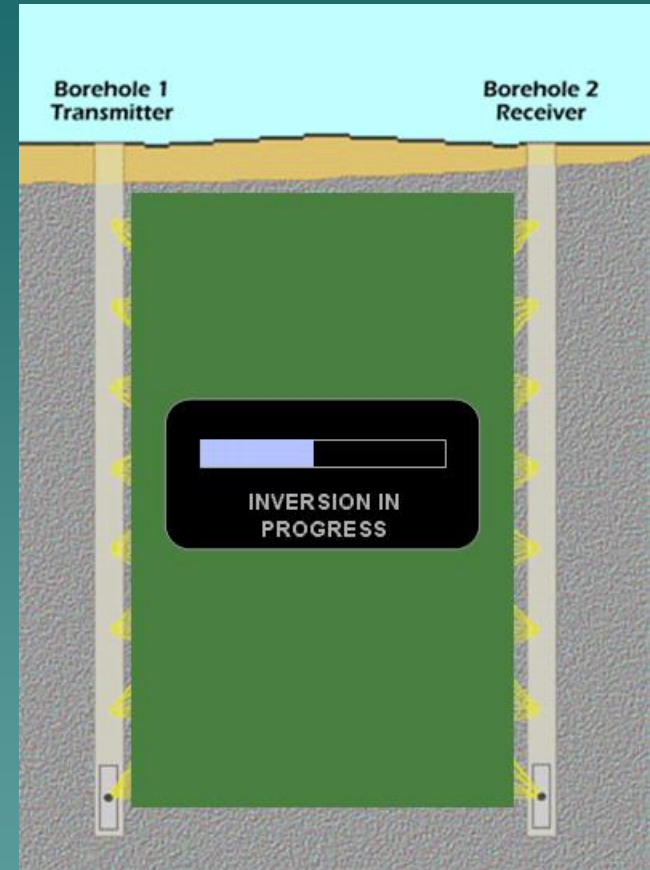
Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ : ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ CROSS-HOLE

Χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό διασταυρούμενων μετρήσεων από διαφορετικά βάθη πομπού – δέκτη, προκειμένου να προσδιορίσει με σημαντική ακρίβεια την ενδιάμεση κατανομή ταχύτητας.



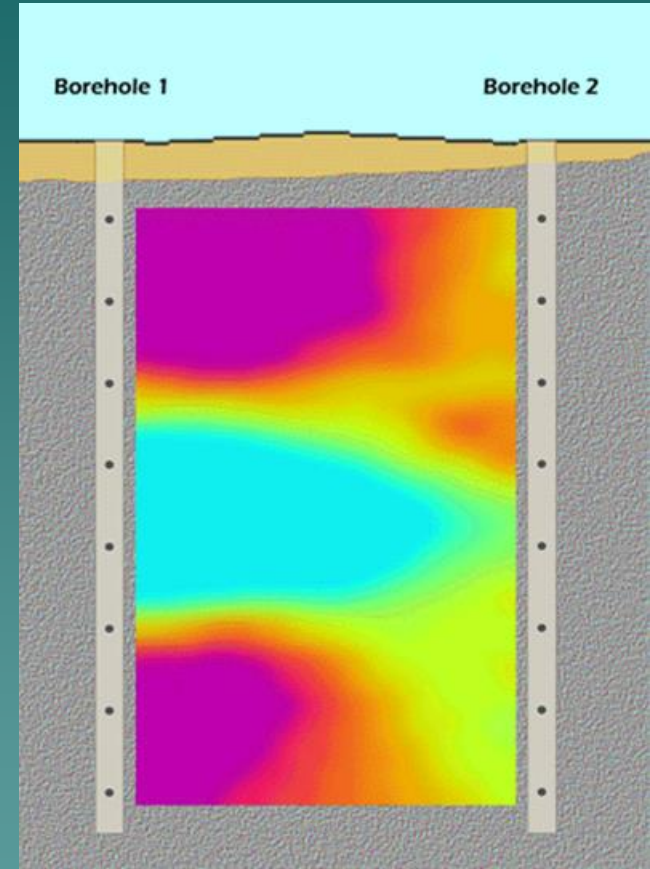
Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



ΔΙΣΤΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ : ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ CROSS-HOLE

Χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό διασταυρούμενων μετρήσεων από διαφορετικά βάθη πομπού – δέκτη, προκειμένου να προσδιορίσει με σημαντική ακρίβεια την ενδιάμεση κατανομή ταχύτητας.

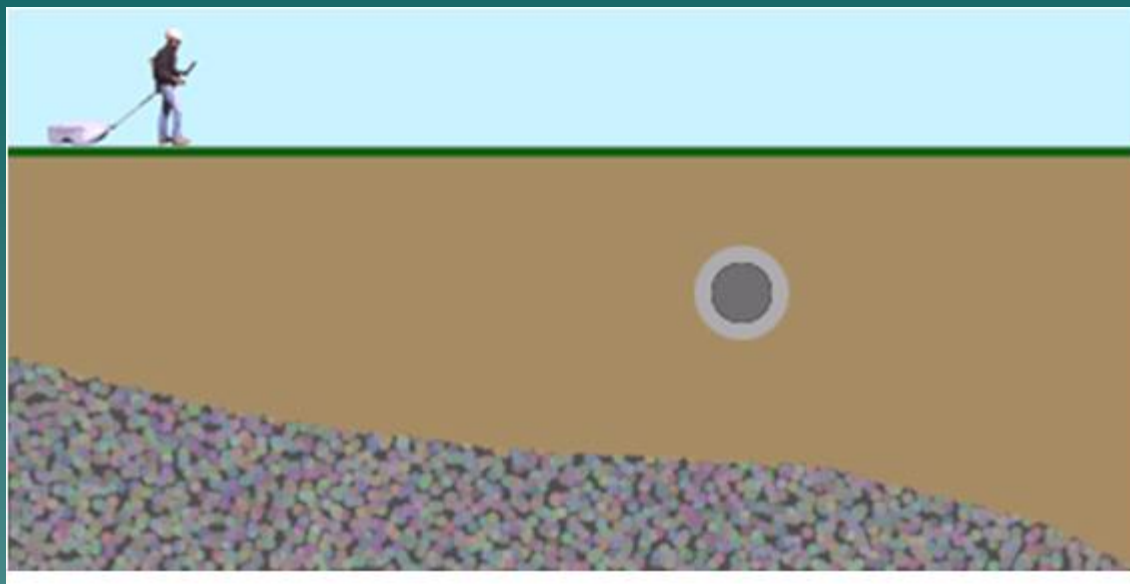


Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ



ΜΟΝΟΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

- Μία μόνο κεραία χρησιμεύει ταυτόχρονα ως πομπός και δέκτης.
- Η κεραία εκπέμπει, αλλάζει λειτουργία, δέχεται και καταγράφει επιστέφον σήμα, αλλάζει λειτουργία, εκπέμπει κ.ο.κ.).
- **Τεχνολογικά πιο περίπλοκα συστήματα, δεν επιτρέπουν άμεσα ανάλυση ταχύτητας στρωματοειδών σχηματισμών όπως τα διστατικά.**
- **Πολύ πιο εύχρηστα και παραγωγικά από τα διστατικά.**



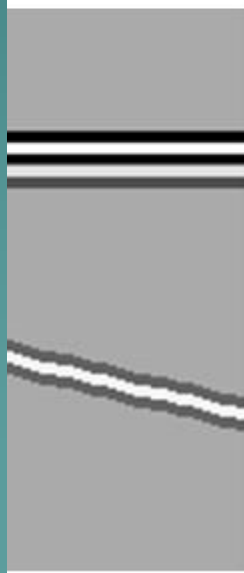
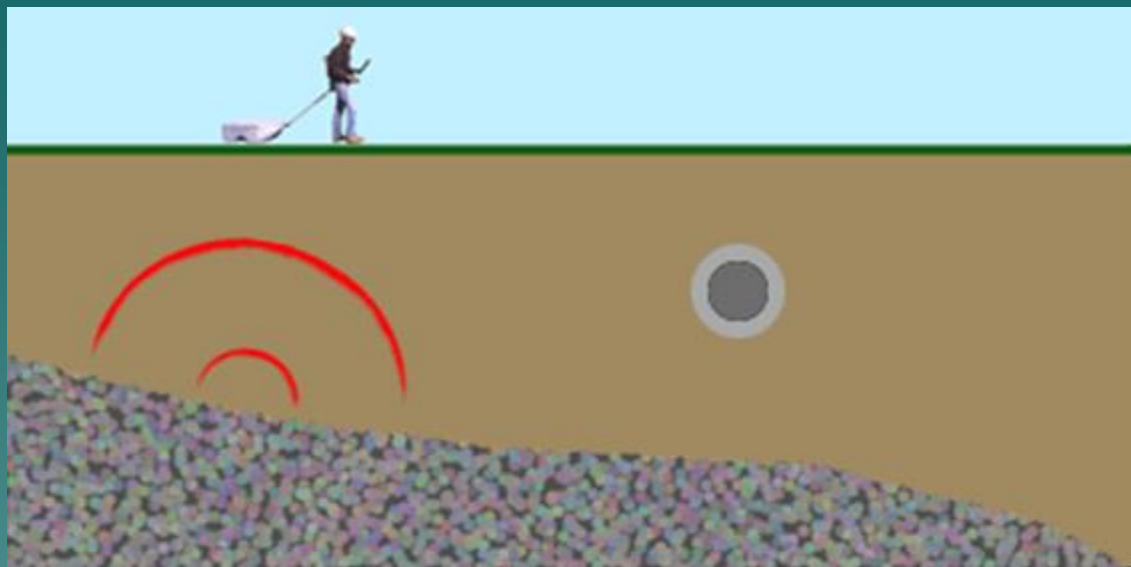
ΜΟΝΟΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

- Μία μόνο κεραία χρησιμεύει ταυτόχρονα ως πομπός και δέκτης.
- Η κεραία εκπέμπει, αλλάζει λειτουργία, δέχεται και καταγράφει επιστέφον σήμα, αλλάζει λειτουργία, εκπέμπει κ.ο.κ.).
- **Τεχνολογικά πιο περίπλοκα συστήματα, δεν επιτρέπουν άμεσα ανάλυση ταχύτητας στρωματοειδών σχηματισμών όπως τα διστατικά.**
- **Πολύ πιο εύχρηστα και παραγωγικά από τα διστατικά.**



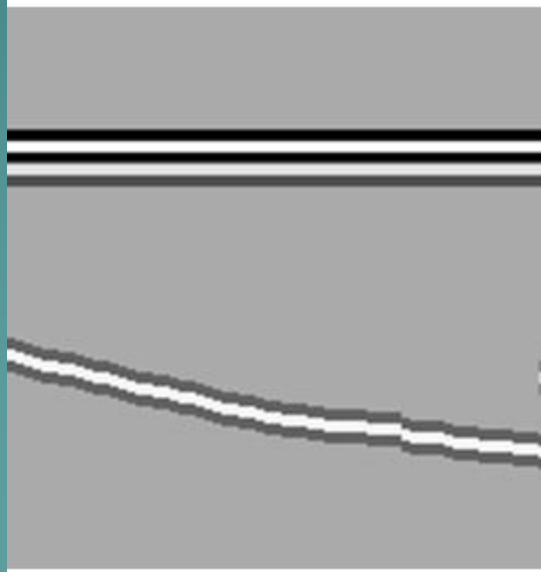
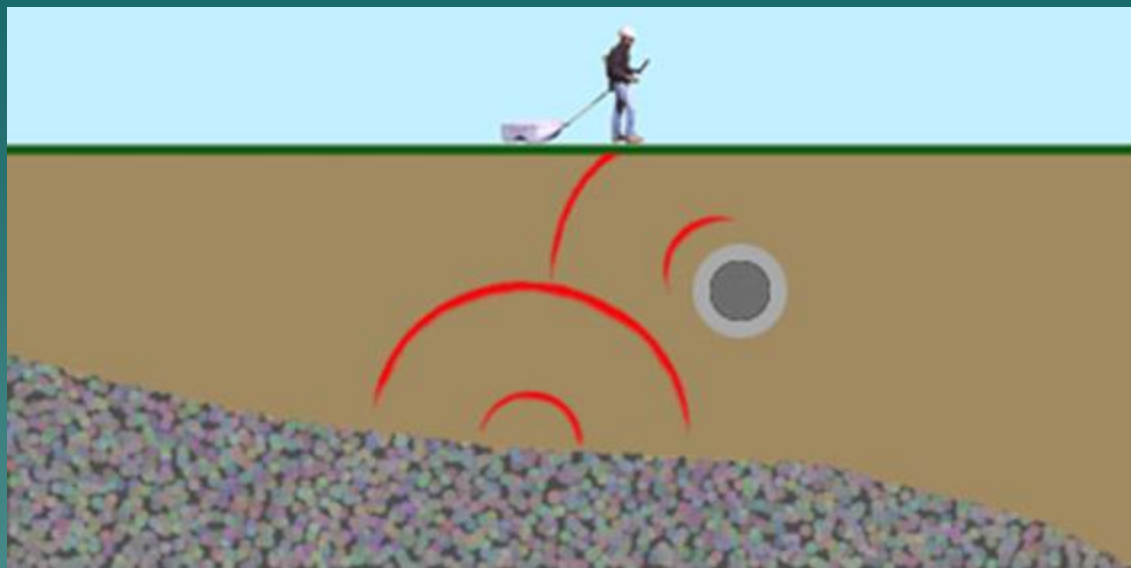
ΜΟΝΟΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

- Μία μόνο κεραία χρησιμεύει ταυτόχρονα ως πομπός και δέκτης.
- Η κεραία εκπέμπει, αλλάζει λειτουργία, δέχεται και καταγράφει επιστέφον σήμα, αλλάζει λειτουργία, εκπέμπει κ.ο.κ.).
- **Τεχνολογικά πιο περίπλοκα συστήματα, δεν επιτρέπουν άμεσα ανάλυση ταχύτητας στρωματοειδών σχηματισμών όπως τα διστατικά.**
- **Πολύ πιο εύχρηστα και παραγωγικά από τα διστατικά.**



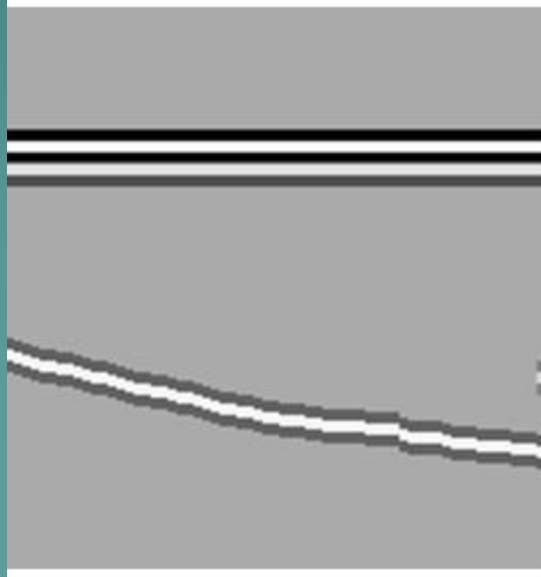
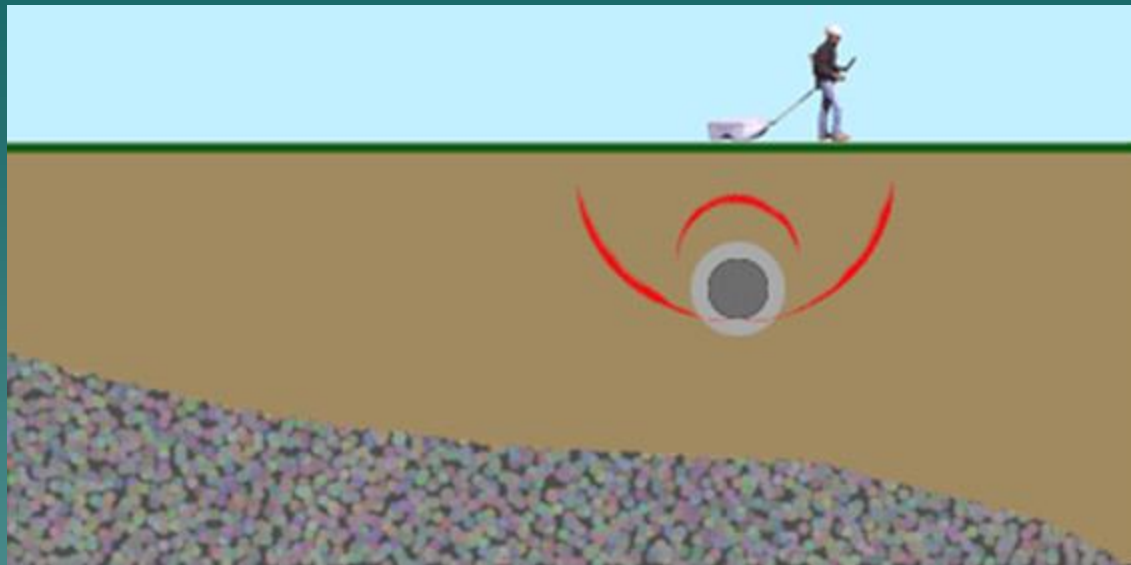
ΜΟΝΟΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

- Μία μόνο κεραία χρησιμεύει ταυτόχρονα ως πομπός και δέκτης.
- Η κεραία εκπέμπει, αλλάζει λειτουργία, δέχεται και καταγράφει επιστέφον σήμα, αλλάζει λειτουργία, εκπέμπει κ.ο.κ.).
- **Τεχνολογικά πιο περίπλοκα συστήματα, δεν επιτρέπουν άμεσα ανάλυση ταχύτητας στρωματοειδών σχηματισμών όπως τα διστατικά.**
- **Πολύ πιο εύχρηστα και παραγωγικά από τα διστατικά.**



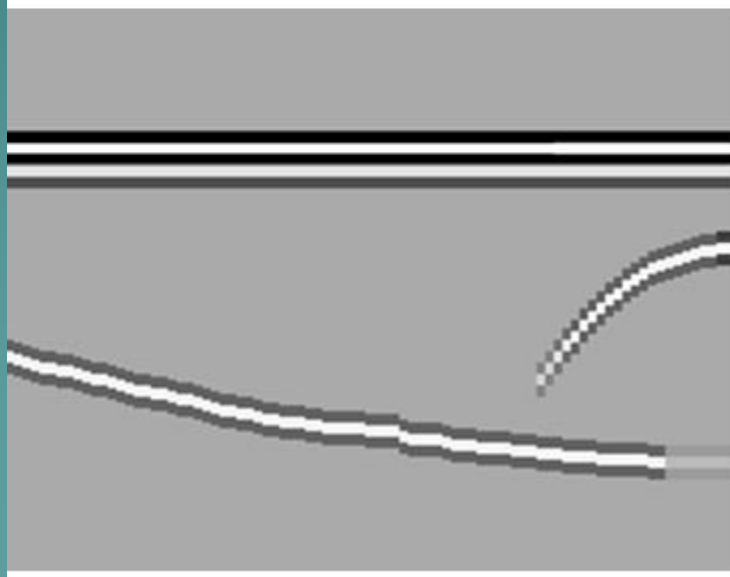
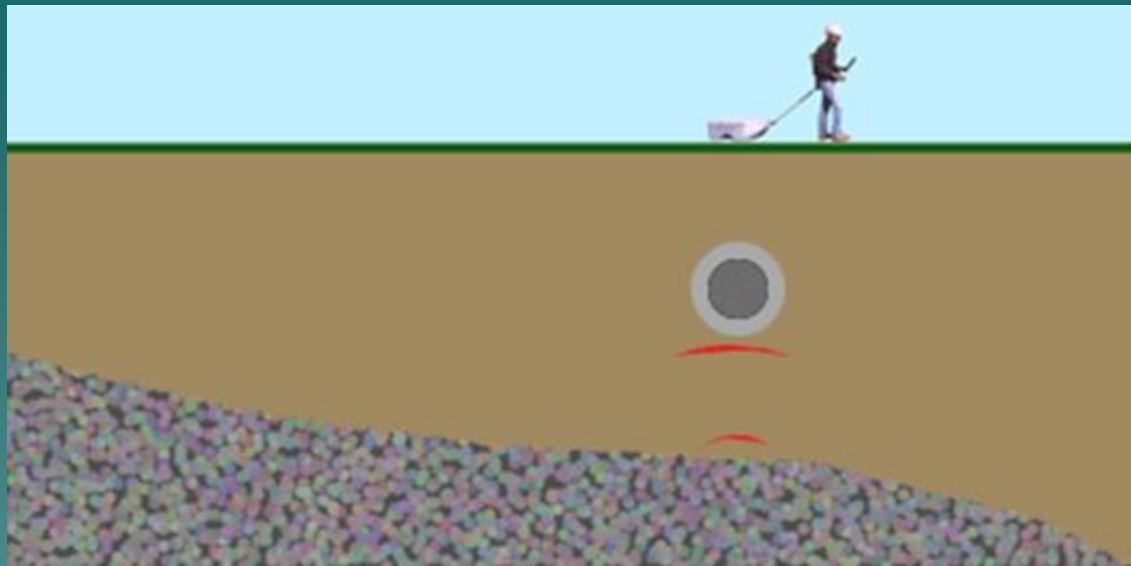
ΜΟΝΟΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

- Μία μόνο κεραία χρησιμεύει ταυτόχρονα ως πομπός και δέκτης.
- Η κεραία εκπέμπει, αλλάζει λειτουργία, δέχεται και καταγράφει επιστέφον σήμα, αλλάζει λειτουργία, εκπέμπει κ.ο.κ.).
- **Τεχνολογικά πιο περίπλοκα συστήματα, δεν επιτρέπουν άμεσα ανάλυση ταχύτητας στρωματοειδών σχηματισμών όπως τα διστατικά.**
- **Πολύ πιο εύχρηστα και παραγωγικά από τα διστατικά.**



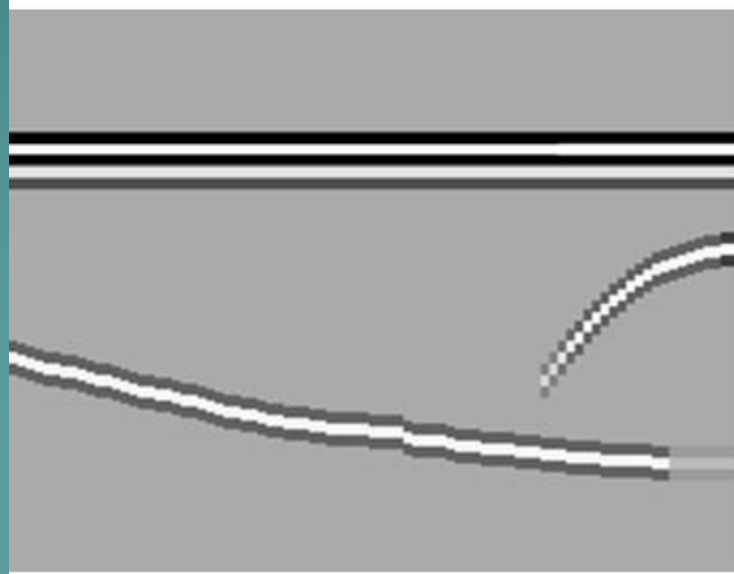
ΜΟΝΟΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

- Μία μόνο κεραία χρησιμεύει ταυτόχρονα ως πομπός και δέκτης.
- Η κεραία εκπέμπει, αλλάζει λειτουργία, δέχεται και καταγράφει επιστέφον σήμα, αλλάζει λειτουργία, εκπέμπει κ.ο.κ.).
- **Τεχνολογικά πιο περίπλοκα συστήματα, δεν επιτρέπουν άμεσα ανάλυση ταχύτητας στρωματοειδών σχηματισμών όπως τα διστατικά.**
- **Πολύ πιο εύχρηστα και παραγωγικά από τα διστατικά.**



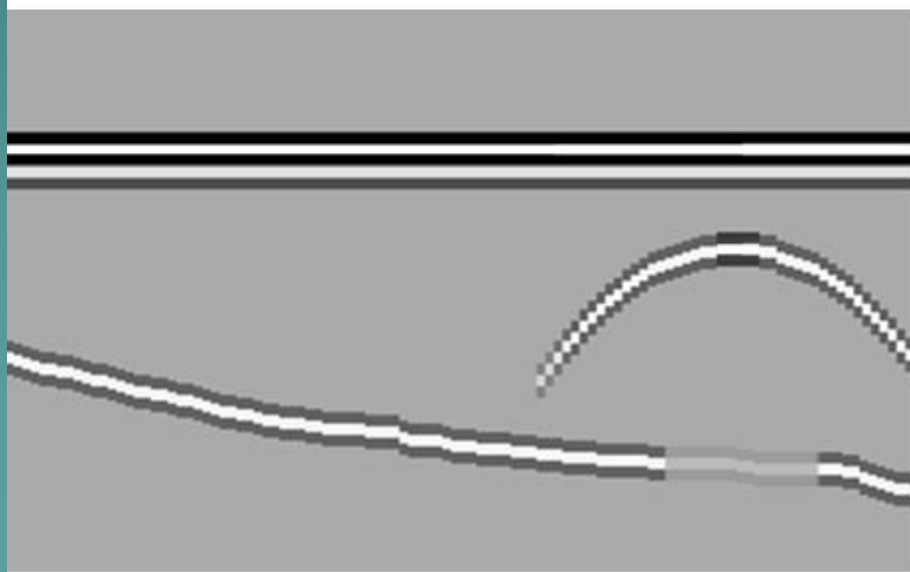
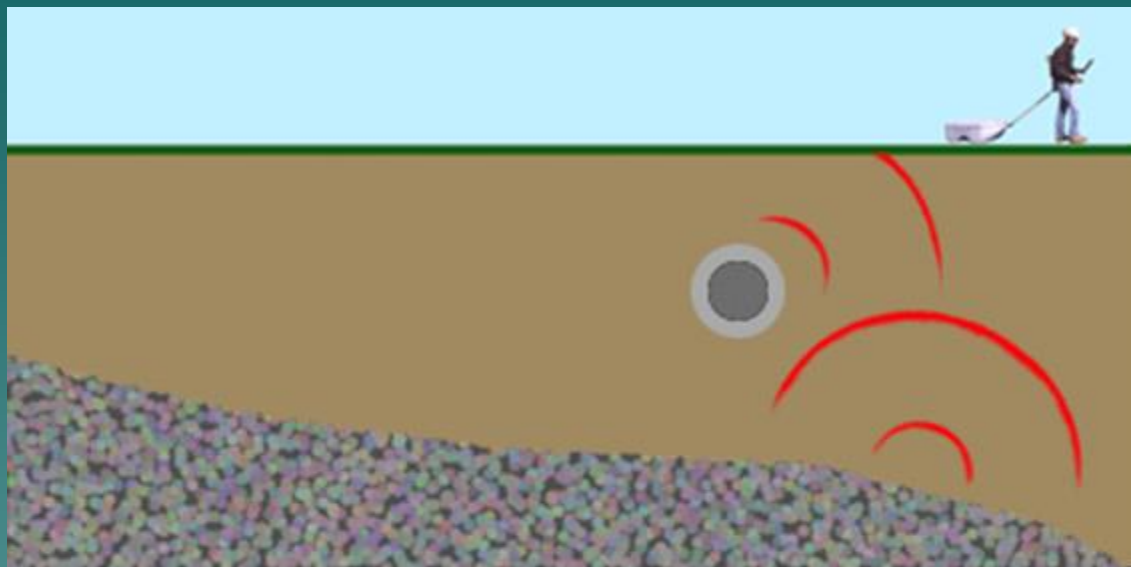
ΜΟΝΟΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

- Μία μόνο κεραία χρησιμεύει ταυτόχρονα ως πομπός και δέκτης.
- Η κεραία εκπέμπει, αλλάζει λειτουργία, δέχεται και καταγράφει επιστέφον σήμα, αλλάζει λειτουργία, εκπέμπει κ.ο.κ.).
- **Τεχνολογικά πιο περίπλοκα συστήματα, δεν επιτρέπουν άμεσα ανάλυση ταχύτητας στρωματοειδών σχηματισμών όπως τα διστατικά.**
- **Πολύ πιο εύχρηστα και παραγωγικά από τα διστατικά.**



ΜΟΝΟΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

- Μία μόνο κεραία χρησιμεύει ταυτόχρονα ως πομπός και δέκτης.
- Η κεραία εκπέμπει, αλλάζει λειτουργία, δέχεται και καταγράφει επιστέφον σήμα, αλλάζει λειτουργία, εκπέμπει κ.ο.κ.).
- **Τεχνολογικά πιο περίπλοκα συστήματα, δεν επιτρέπουν άμεσα ανάλυση ταχύτητας στρωματοειδών σχηματισμών όπως τα διστατικά.**
- **Πολύ πιο εύχρηστα και παραγωγικά από τα διστατικά.**

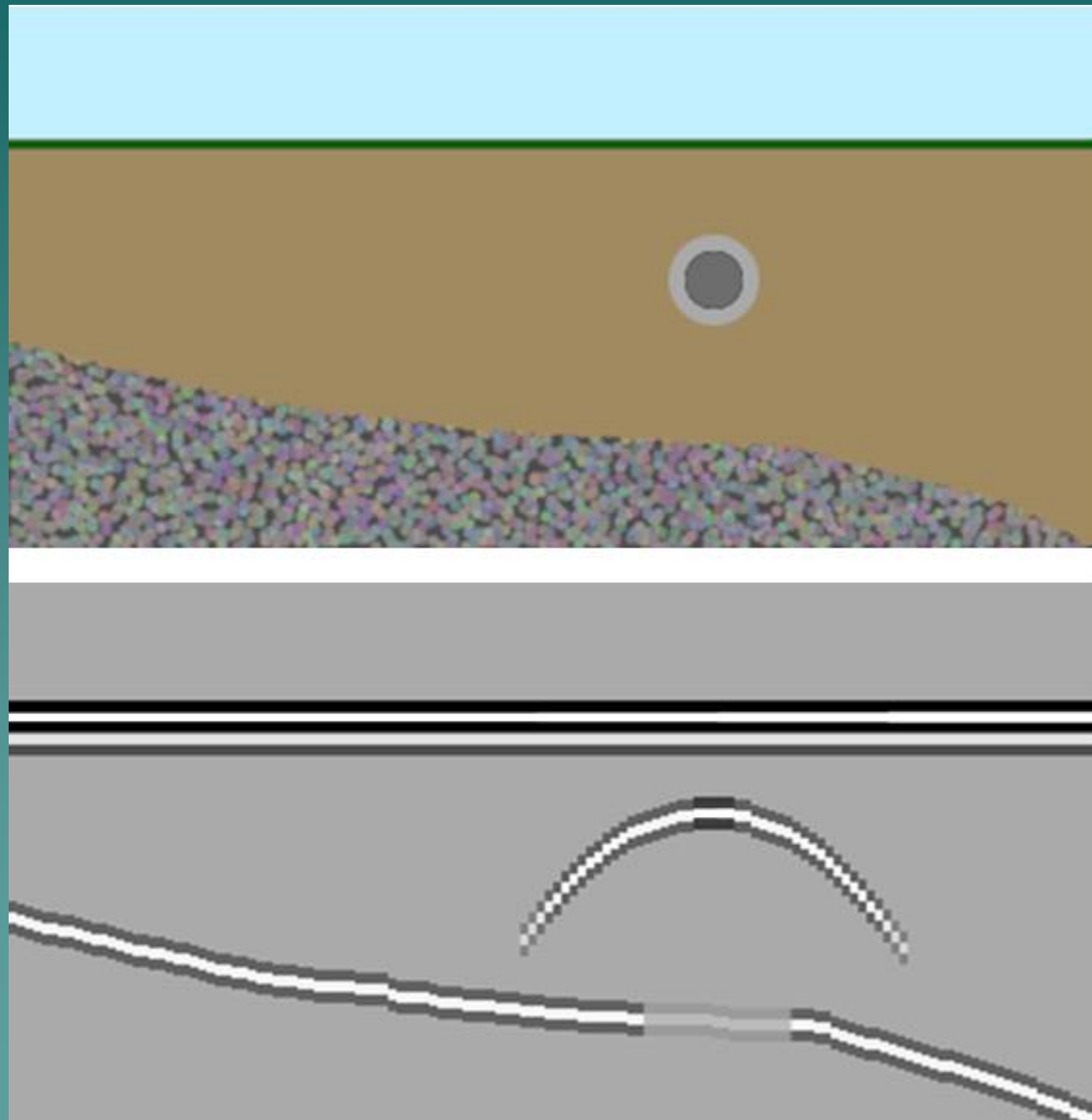


Εικόνες από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ

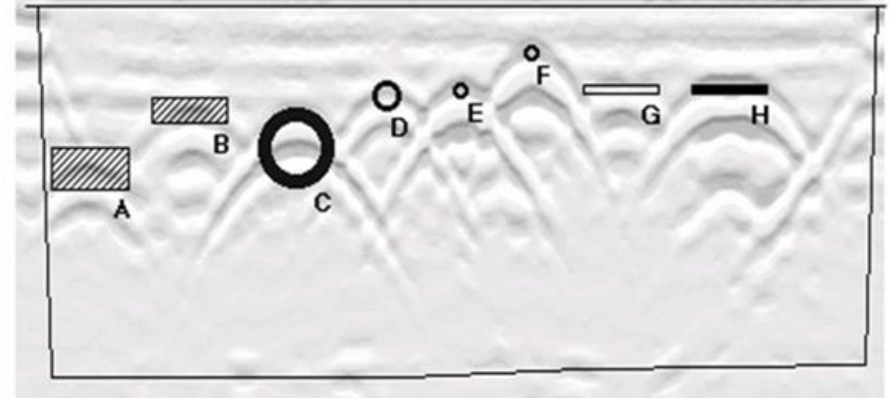
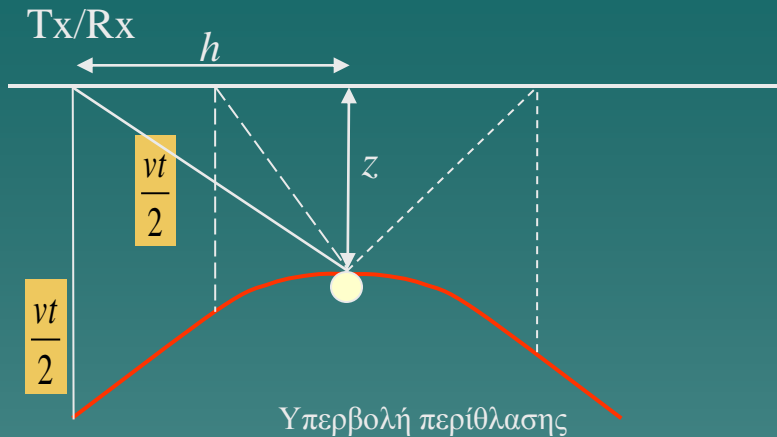


ΜΟΝΟΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

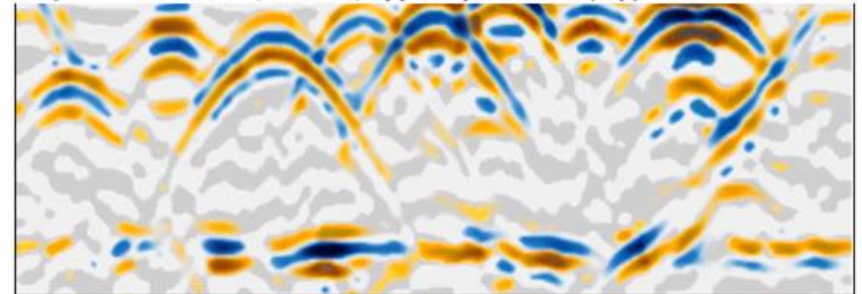
- Μία μόνο κεραία χρησιμεύει ταυτόχρονα ως πομπός και δέκτης.
- Η κεραία εκπέμπει, αλλάζει λειτουργία, δέχεται και καταγράφει επιστέφον σήμα, αλλάζει λειτουργία, εκπέμπει κ.ο.κ.).
- **Τεχνολογικά πιο περίπλοκα συστήματα, δεν επιτρέπουν άμεσα ανάλυση ταχύτητας στρωματοειδών σχηματισμών όπως τα διστατικά.**
- **Πολύ πιο εύχρηστα και παραγωγικά από τα διστατικά.**



ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΠΟ ΣΗΜΕΙΑΚΟΥΣ ΣΚΕΔΑΣΤΕΣ



- A) Polystyrene disc $\phi 60$ cm, H: 30 cm, Appr. depth: 100 cm (top)
- B) Polystyrene disc $\phi 60$ cm, H: 15 cm, depth: 60 cm (top)
- C) Concrete tube $\phi 60$ cm, Appr. depth: 100 cm (center)
- D) PVC tube $\phi 20$ cm, Appr. depth: 60 cm (center)
- E) Iron tube $\phi 6.35$ cm, Appr. depth: 60 cm (center)
- F) Iron tube $\phi 6.35$ cm, Appr. depth: 30 cm (center)
- G) Wood disc $\phi 60$ cm, H: 4 cm, Appr. depth: 60 cm (top)
- H) Iron disc $\phi 60$ cm, H: 4 cm, Appr. depth: 60 cm (top)



• Σημειακοί ή μικροί σκεδαστές θα εμφανίζονται στο «ρανταρο-γράφημα» ως περιθλάσεις υπερβολικής μορφής.

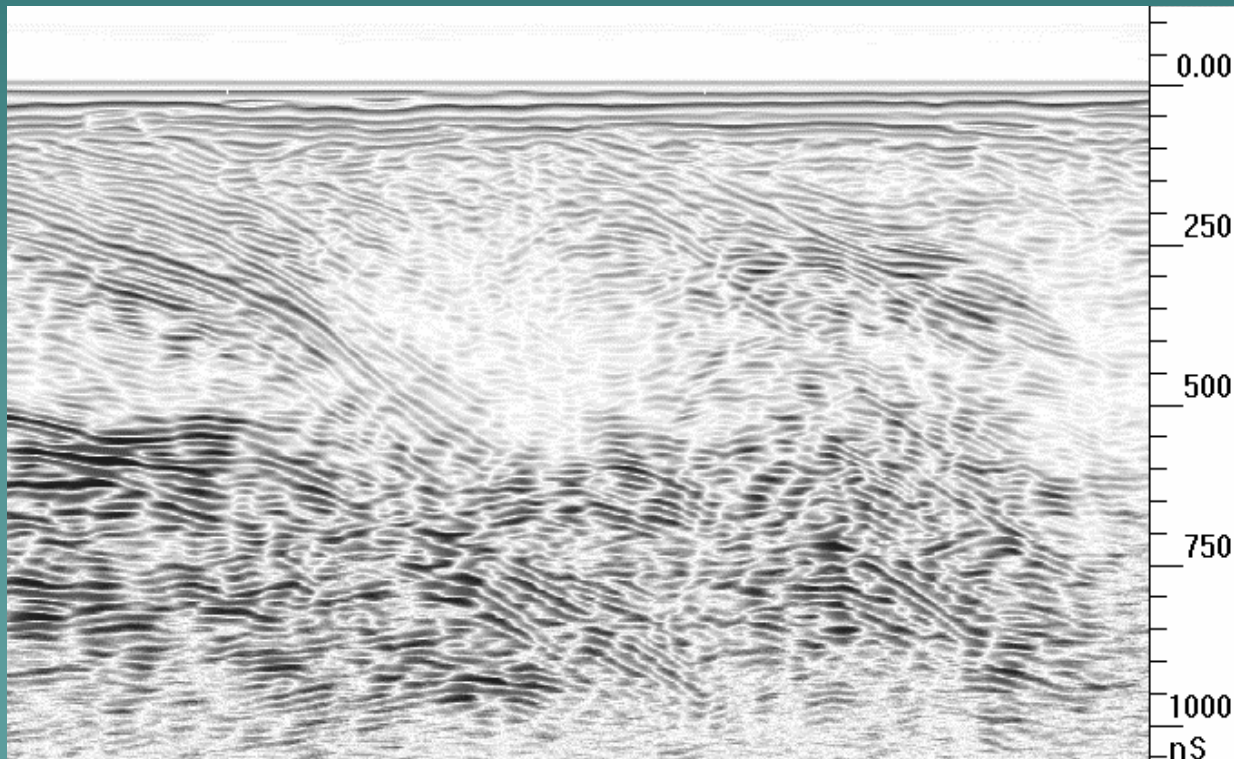
• Η επιστρέφουσα κυματομορφή θα εμφανίζεται παραγόμενη σε φαινόμενο βάθος $vt/2$ κάτω από τον δέκτη, διότι ο χρόνος διαδρομής οφείλει να υπακούει την υπερβολική εξίσωση

$$\left(\frac{vt}{2}\right)^2 - h^2 = z^2$$

Περιθλάσεις από θαμμένους στόχους διαφορετικής γεωμετρίας.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Χαρτογράφηση Ιζηματογενών ακολουθιών στην ξηρά.

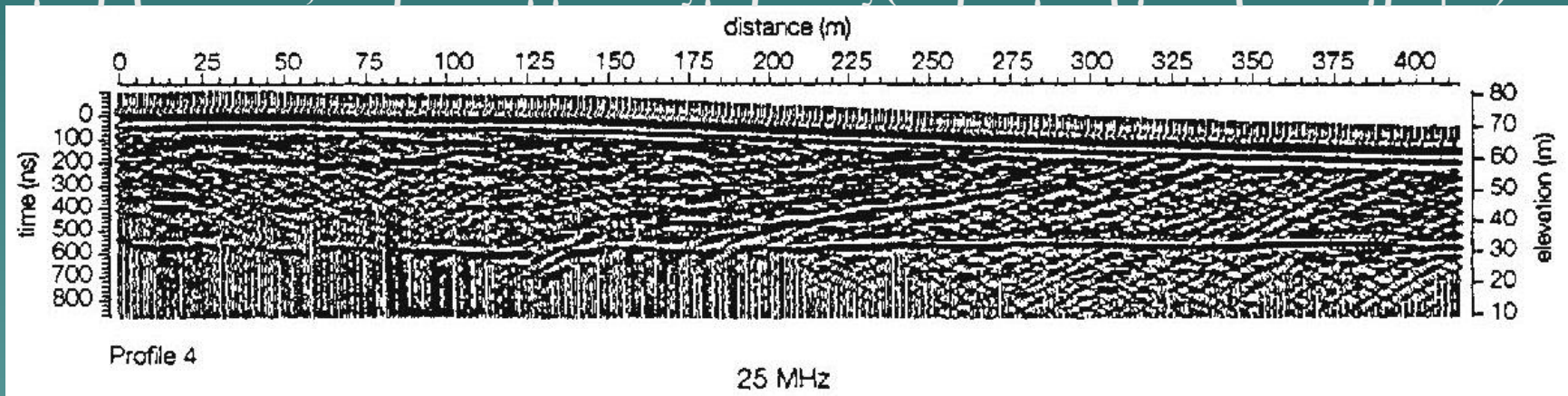
- Το Γεωραντάρ μπορεί να χαρτογραφήσει αβαθείς ιζηματογενείς ακολουθίες με πολύ υψηλή ανάλυση και να διακρίνει διαφορετικά ιζηματογενή περιβάλλοντα.
- Για βαθύτερη διεξόδυση απαιτούνται κεραίες χαμηλότερων συχνοτήτων.



Εφαρμογή: Διαχείριση Υδροφορέων

- Επαναληπτικές (time-lapse) μετρήσεις Γεωραντάρ μπορούν να ανιχνεύσει χρονικές μεταβολές της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, εφόσον αυτός βρίσκεται σε προσπελάσιμα βάθη.
- Η ανιχνευσιμότητα του υδροφόρου ορίζοντα εξαρτάται από το πάχος της ζώνης τριχοειδούς κυκλοφορίας, η οποία παράγει βαθμιαία μεταβολή των διηλεκτρικών ιδιοτήτων επάνω από το κορεσμένο πορώδες. Πολύ παχιά τριχοειδής ζώνη μπορεί να απορροφήσει τελείως το σήμα!

Παράδειγμα: Ψευδοτομή γεωραντάρ ληφθείσα με κεραία 25 MHz και βήμα μετρήσεων 1m, υπεράνω αμμώδους μοραίνας (διορθωμένη για την τοπογραφία).

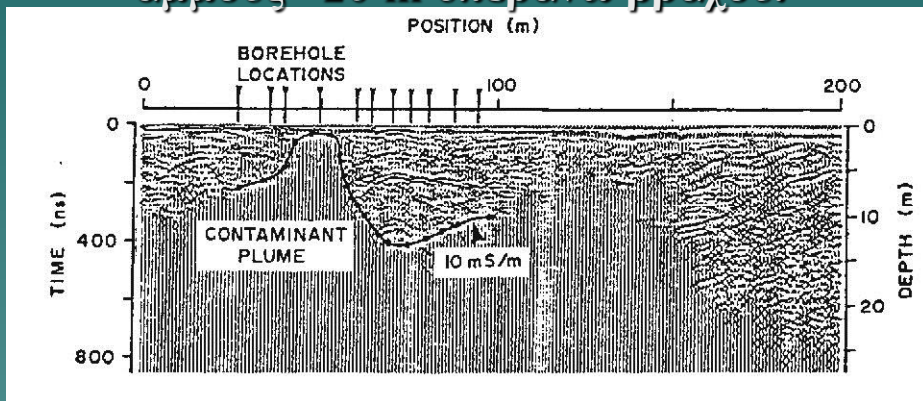


- Οι ανακλάσεις παράγονται από μεταβολές πορώδους ή από μεταβάσεις από αμμώδη προς αργιλώδη ιζήματα.
- Ο υδροφορέας εμφανίζεται ως οριζόντια ανάκλαση διατέμνουσα τα κεκλιμένα ιζήματα: συνεχής προς Β αλλά ασαφέστερος προς Ν λόγω υψηλής απορρόφησης του σήματος.
- Στα 150m παρατηρείται μετατόπιση του υδροφορέα κατά 2m λόγω διασταύρωσης με ισχυρό κεκλιμένο ανακλαστήρα, πιθανόν αποτελούμενο από στρώμα αργίλων.
- Με ταχύτητα 0.145 m/ns (από ανάλυση δεδομένων CMP), το βάθος του υδροφορέα είναι περί τα 42m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

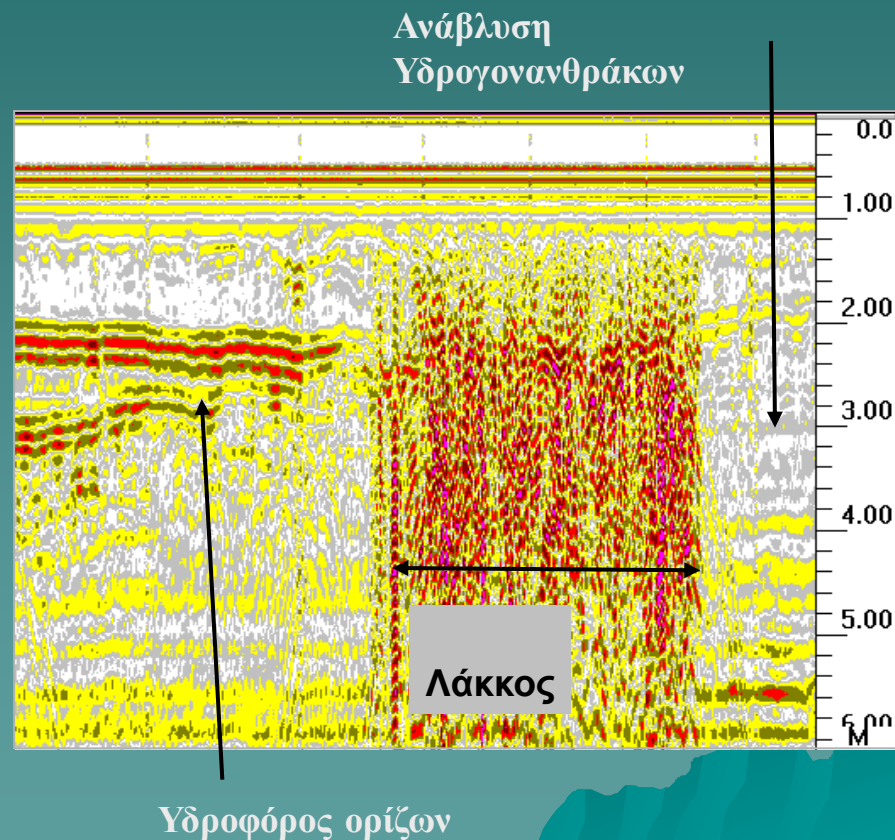
ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Μόλυνση υπεδαφικών υδροφορέων

Το Γεωραντάρ συχνά μπορεί να ανιχνεύσει μολυσμένο υπεδαφικό νερό διότι αυτό περιέχει διαλελυμένα άλατα και οξέα τα οποία αυξάνουν την ηλεκτρική του αγωγιμότητα και το καθιστούν αδιαφανές στα σήματα γεωραντάρ.

Παράδειγμα 1: ΧΥΤΑ σε λεπτόκοκκες άμμους ~20 m υπεράνω βράχου.



Παράδειγμα 2: Λάκκος απορριμάτων πλησίον υδροφόρου ορίζοντα.



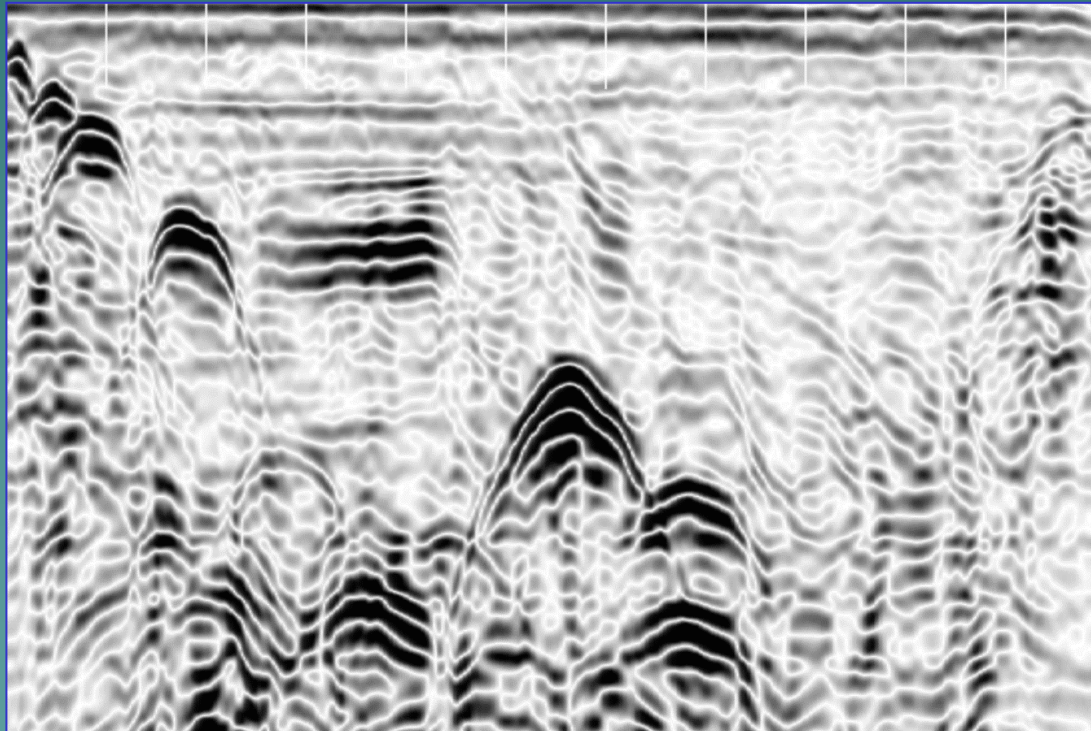
Ανακλάσεις παράγονται από μεταβολές στην υγρασία του εδάφους. Οι μολυσμένες ζώνες χαρακτηρίζονται από υψηλή απορρόφηση της ακτινοβολίας, και αναβλύζουν προς την επιφάνεια στα 40-60m, ενώ βρίσκονται σε βάθος 6m στα 110-150 m. Έγιναν μετρήσεις αγωγιμότητας πορικών ρευστών ληφθέντων με γεωτρήσεις. Η γραμμή δείχνει το όριο $\sigma > 10 \text{ mS/m}$ και συμπίπτει με το όριο της ανάβλυσσης.

Εικόνα από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ

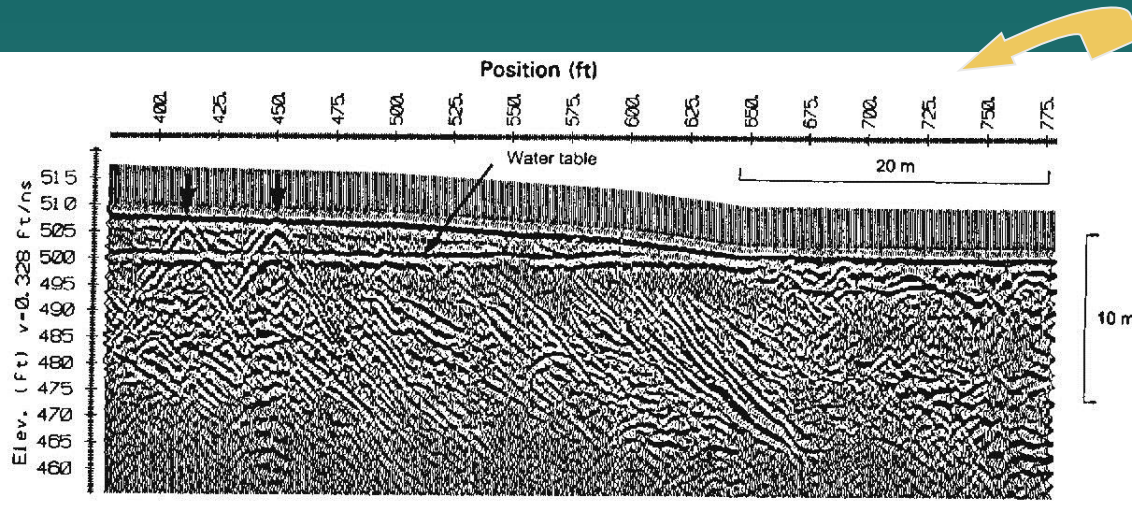
ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Ανίχνευση θαμμένων μεταλλικών αντικειμένων

- Τα θαμμένα μέταλλα είναι ανιχνεύσιμα διότι ο συντελεστής ανάκλασής τους σε σχέση με το περιβάλλον προσεγγίζει το -1
- Το σήμα επιστρέφει εξ ολοκλήρου και δεν διεισδύει στο μέταλλο.

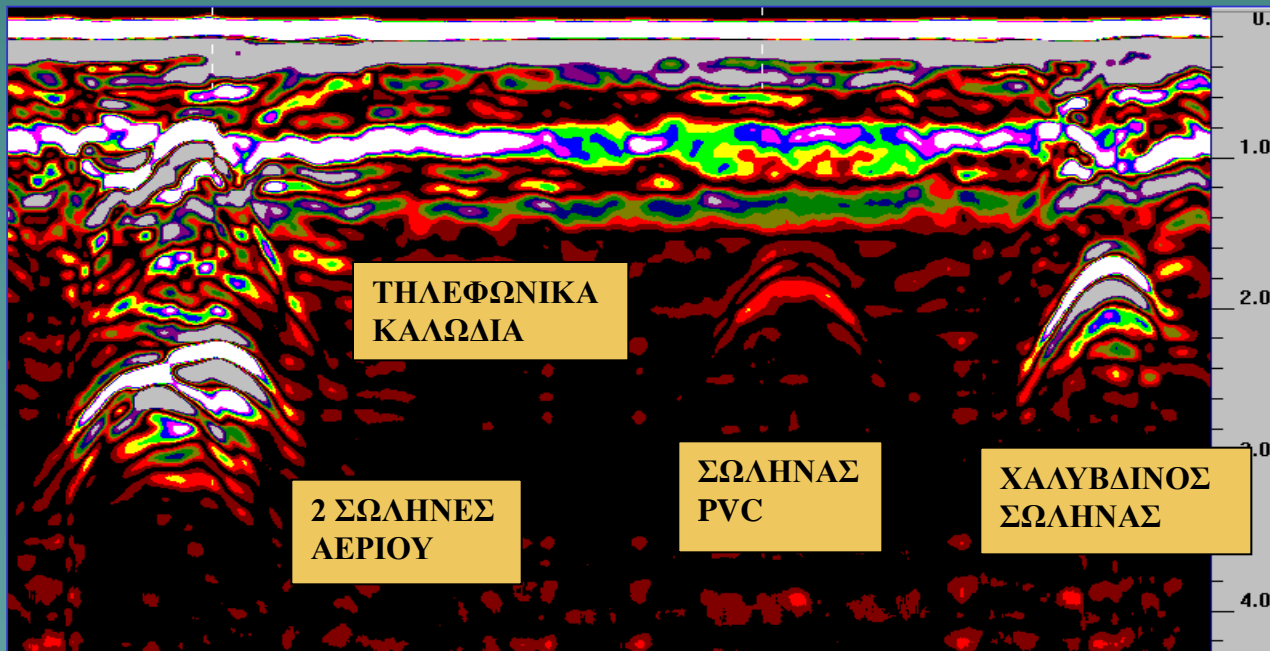
Παράδειγμα: Πολλαπλά βαρέλια και σωλήνες



ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Χαρτογράφηση γραμμών παροχής υπηρεσιών Αβαθείς σωλήνες και καλώδια εμφανίζονται ως ρηχές περιθλάσεις!



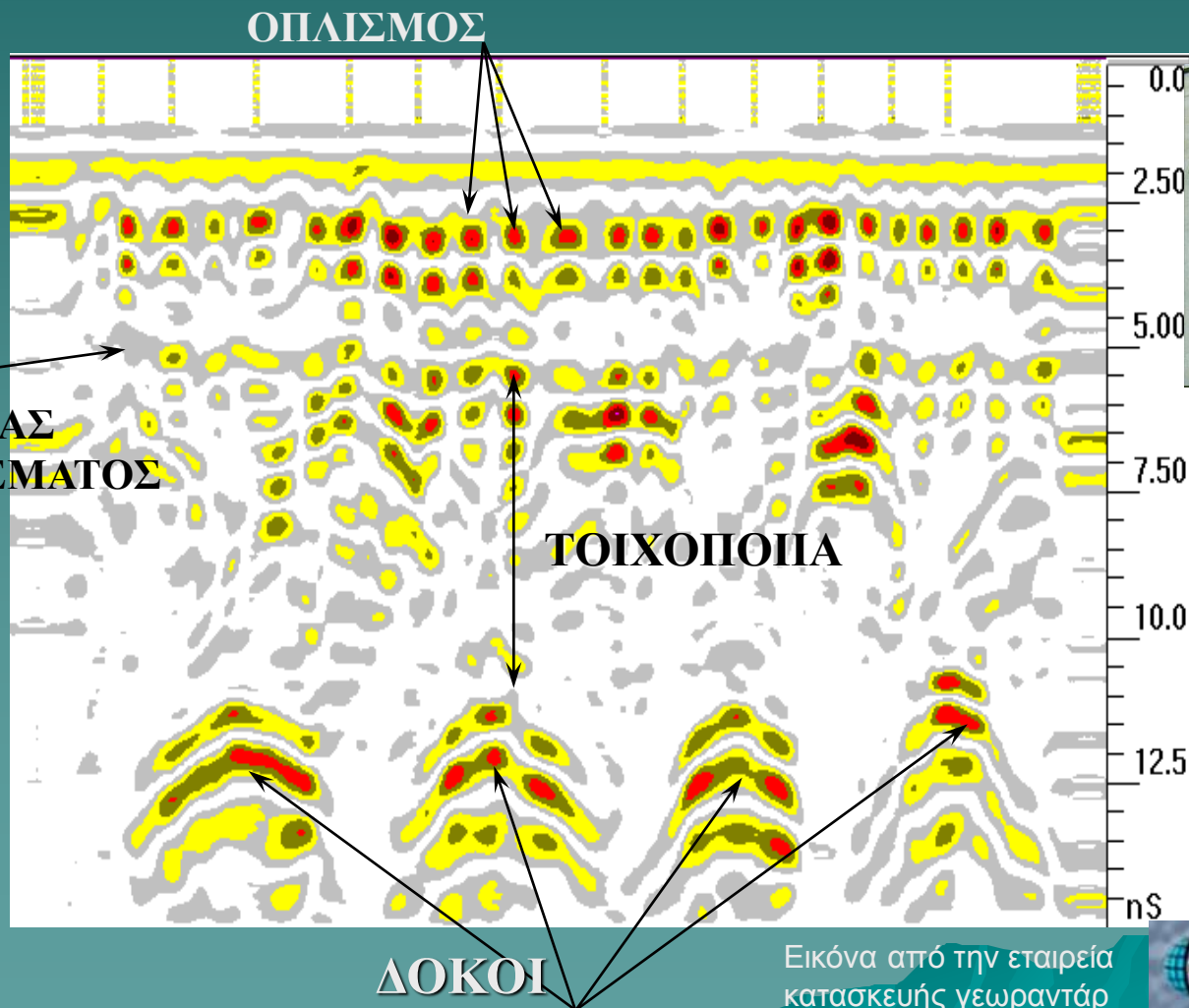
- Τα δεδομένα ελήφθησαν με κεραία 100 MHz.
- Τα βέλη δείχνουν περιθλάσεις από ρηχούς σωλήνες.
- Το βάθος διεξόδου είναι σημαντικό διότι τα ιζήματα είναι κορεσμένα με γλυκό νερό χαμηλής αγωγιμότητας.
- Ο υδροφορέας εμφανίζεται ως οριζόντια ανάκλαση που τέμνει κεκλιμένους ανακλαστήρες στο αμμώδες υπέδαφος.



Εφαρμογή σε οικιστικό περιβάλλον, με κεραία 500 MHz

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Ακεραιότητα Οπλισμένου Σκυροδέματος

Ο οπλισμός μπορεί να παραμορφωθεί κατά την διάρκεια της πλήρωσης ή από σεισμική δραστηριότητα αλλά και άλλες αιτίες, πράγμα που μπορεί ελεγχθεί με χρήση Γεωραντάρ υψηλών συχνοτήτων, π.χ. κεραιές 500 MHz ή 900 MHz.



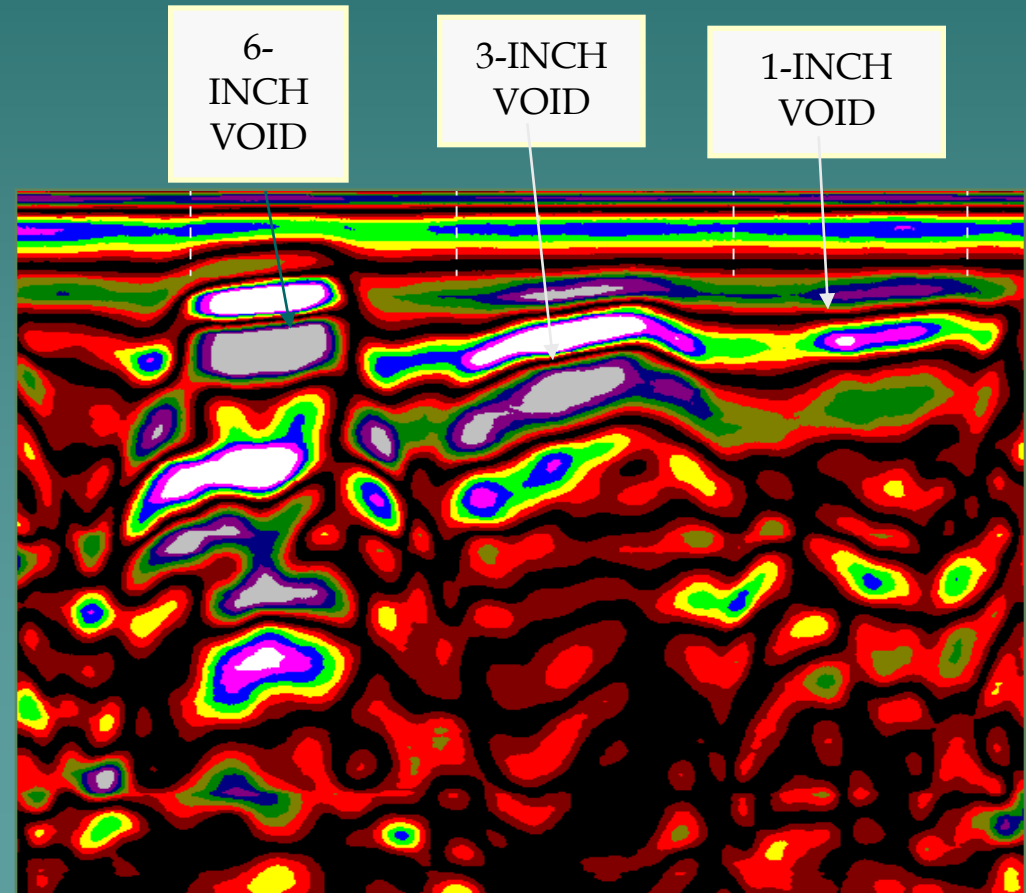
Εργασία ελέγχου

Εικόνα από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΕΝΩΝ

- Το γεωραντάρ χρησιμοποιείται εκτεταμένα για έλεγχο επένδυσης σηράγγων και υπονόμων και ανίχνευση κενών χώρων.
- Τα ραδιοκύματα ταξιδεύουν στο κενό τρεις φορές ταχύτερα από ότι στο έδαφος και πετρώματα και εμφανίζουν «έλκουν» τις ανακλάσεις των βαθύτερων οριζόντων προς τα άνω όταν διέρχονται από κάποιο κενό. Δυνατόν επίσης να υπάρξει φαινόμενο συντονισμού εάν το μήκος κύματος του σήματος είναι μικρότερο του μεγέθους του κενού.

Κενά σε προσφάτως
ολοκληρωθέν οδόστρωμα







Supportive layer

Filling material

Old road bed

Terrace

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Εικόνα από την εταιρεία κατασκευής γεωραντάρ

