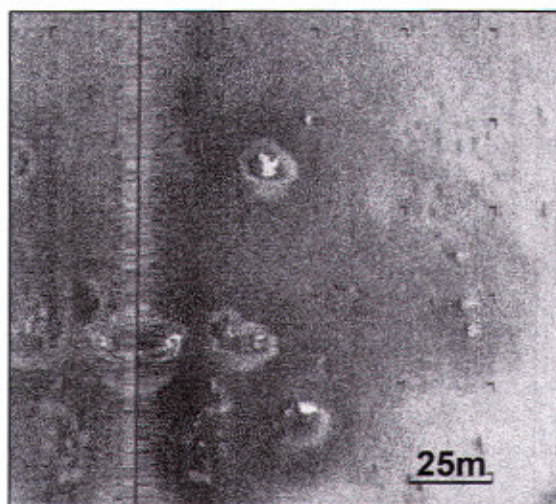


ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ – ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ (ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ)



ΓΕΩΡΓΙΟΣ Σ. ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ
ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2009

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΙ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΤΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ

Γενικά

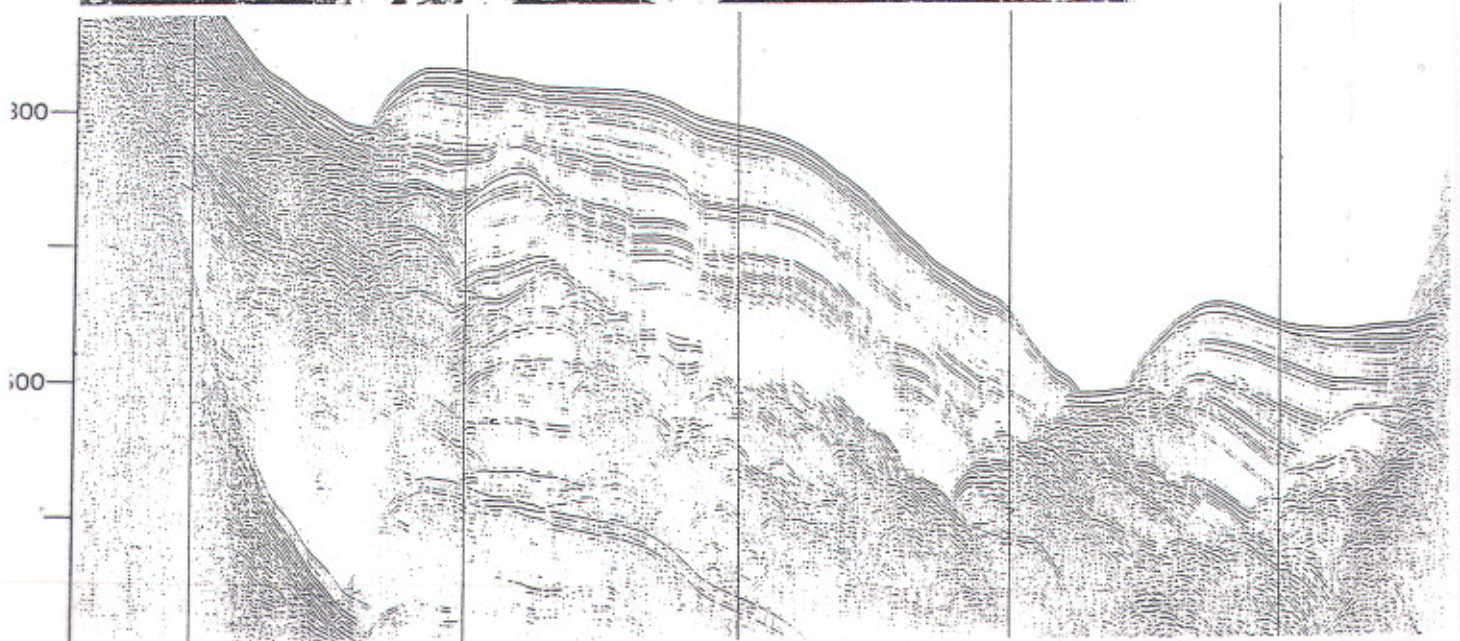
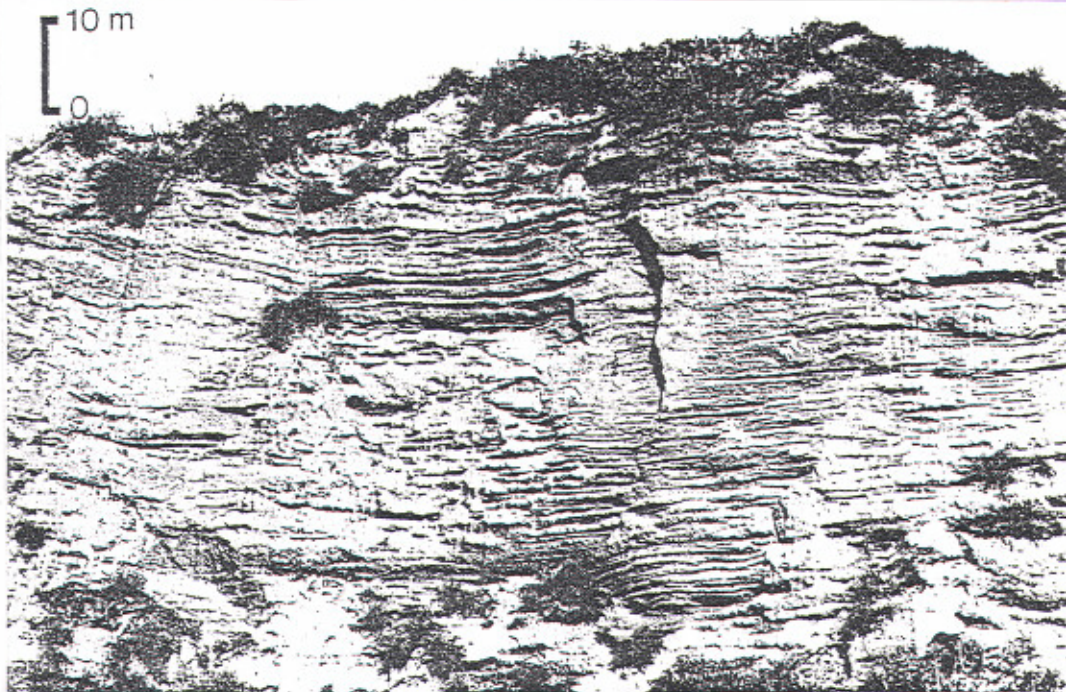
Οι τομογράφοι υποδομής του πυθμένα χρησιμοποιούνται για τη μελέτη της γεωλογικής υποδομής του πυθμένα. Εκπέμπουν ηχητικά κύματα τα οποία ανακλώνται μερικώς από την επιφάνεια του πυθμένα, ενώ το διεισδύον μέρος των ηχητικών κυμάτων ανακλάται τμηματικά από τα υποεπιφανειακά στρώματα. Τα επιστρέφοντα ηχητικά κύματα προσλαμβάνονται από το δέκτη, ενισχύονται και καταγράφονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να σχετίζονται οι ανακλάσεις που προέρχονται από την ίδια ανακλαστική επιφάνεια. Με τον τρόπο αυτό στοιχειοθετείται μία "σεισμική" ή ηχητική τομή του πυθμένα ανάλογη των γεωλογικών τομών της χέρσου (Εικ.3.1).

Πρέπει να τονισθεί ότι μία γεωλογική τομή της χέρσου σχηματίζεται σύμφωνα με οπτικά κριτήρια ενώ η τομογραφία του πυθμένα με ηχητικά ή "ακουστικά" κριτήρια. Αυτό σημαίνει ότι στην υποθετική περίπτωση της οπτικής παρατήρησης μίας τομής του πυθμένα, στην οποία έχει εκτελεσθεί σεισμική τομογραφία, δεν αναμένεται απαραίτητως να διαπιστωθούν οπτικά οι σεισμικές ανακλάσεις που στοιχειοθετήθηκαν στην τομογραφία. Οι υποεπιφανειακές ανακλαστικές επιφάνειες είναι δυνατό να οφείλονται (i) σε μεταβολές της λιθολογίας, οπότε έχουν και οπτική απόκριση, αλλά είναι πιθανόν να οφείλονται (ii) σε μεταβολές των μηχανικών ιδιοτήτων, λιθολογικά ομοιογενούς, ιζηματος, οπότε δεν είναι εύκολο να εντοπισθούν με οπτικά κριτήρια. Επιπλέον οι τομογράφοι παρουσιάζουν συγκεκριμένη διακριτική ικανότητα, η οποία δεν μπορεί να συγκριθεί με την αντίστοιχη της οπτικής παρατήρησης.

Η πρώτη προσπάθεια κατασκευής και λειτουργίας τομογράφου υποδομής του πυθμένα, έγινε το 1950 από το ερευνητικό εργαστήριο της εταιρείας πετρελαίου "Magnolia Petroleum". Το σύστημα τομογράφου που χρησιμοποιήθηκε ήταν το "Marine sonoprobe", το οποίο λειτουργούσε σε συχνότητα 3.8kHz και είχε διείσδυση 15μ. Στις επόμενες δεκαετίες οι τομογράφοι εξελίχθηκαν ραγδαία και χρησιμοποιήθηκαν τόσο για ερευνητικούς σκοπούς όσο και για εφαρμοσμένες μελέτες (πόντιση καλωδίων και αγωγών, λιμενικά έργα, εξέδρες πετρελαίων).

Οι τομογράφοι υποδομής του πυθμένα δίνουν πληροφορίες όσο αφορά:

- στη γεωλογική υποδομή του πυθμένα
- στις φυσικές και γεωτεχνικές ιδιότητες των επιφανειακών ιζημάτων
- στην παρουσία αερίων υδρογονανθράκων στους πόρους των ιζημάτων
- στη μορφολογία του πυθμένα κατά μήκος της τομής (γραμμική πληροφορία)



Εικ. 3.1 (α) Γεωλογική τομή στη χέρσο (ύψος τομής περίπου 50m) και (β) σεισμική τομογραφία υποδομής του πυθμένα (διεισδυτική ικανότητα τομογράφου περίπου 400m).

3.1. Τύποι τομογράφων υποδομής πυθμένα

Είναι φανερό ότι ένα αποτελεσματικό σύστημα τομογράφου υποδομής του πυθμένα απαιτείται να έχει εξαιρετική διεισδυτική και συγχρόνως υψηλή διακριτική ικανότητα. Δυστυχώς, η κατασκευή πομπού, ο οποίος θα εκπέμπει ηχητικούς παλμούς με τις προαναφερθείσες απαιτήσεις, δηλαδή

- (α) πολύ μικρή χρονική διάρκεια και συνεπώς μήκος παλμού,
- (β) ευρύ φάσμα συχνοτήτων,
- (γ) μεγάλου ποσού ενέργειας,
- (δ) μεγάλη ταχύτητα αναπαραγωγής των ακουστικών παλμών,

είναι αδύνατος (ιδεατός πομπός) και τα σύγχρονα συστήματα διακρίνονται σε :

- (i) *τομογράφους υψηλής διακριτικής και περιορισμένης διεισδυτικής ικανότητας και σε*
- (ii) *τομογράφους με υψηλή διεισδυτική και περιορισμένη διακριτική ικανότητα.*

Η μεγάλη διεισδυτική ικανότητα απαιτεί εκπομπή κυμάτων χαμηλής συχνότητας, διότι τα κύματα υψηλών συχνοτήτων:

(α) απορροφούνται από τα ιζήματα στα οποία διεισδύουν με αποτέλεσμα περιορισμένη διεισδυτική ικανότητα,

(β) αποσβένουν λόγω απώλειας της ενέργειάς τους εξαιτίας της εξάπλωσης του κύματος. Η απόσβεση είναι αντίστροφα ανάλογη του τετραγώνου της συχνότητας.

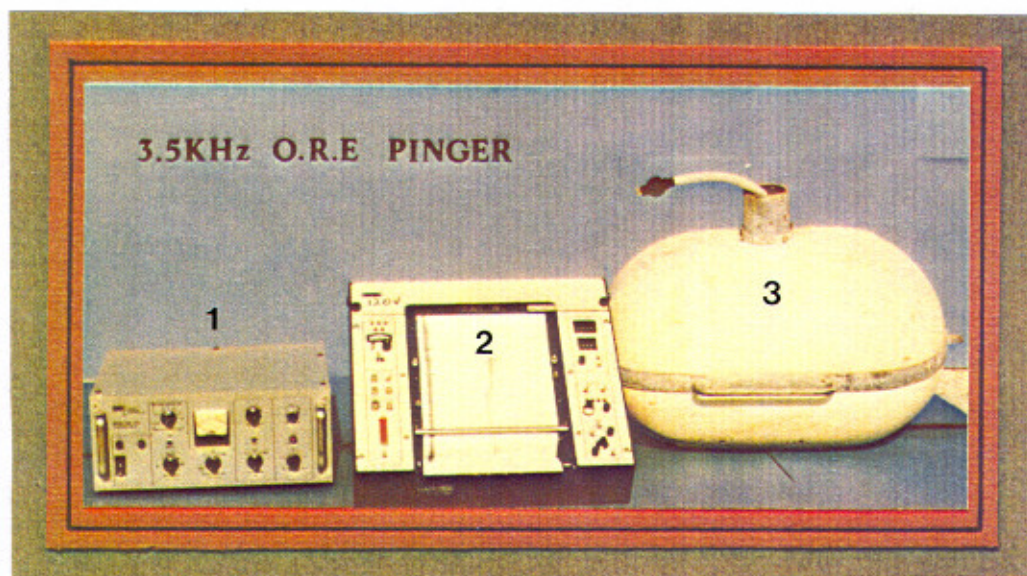
Η μεγάλη διακριτική ικανότητα (βλέπε 2.3.3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2) απαιτεί όπως έχει ήδη αναφερθεί μικρή διάρκεια και συνεπώς μήκος παλμού, ενώ ο πομπός πρέπει να εκπέμπει κύματα με υψηλή κύρια συχνότητα (dominant). Η διακριτική ικανότητα καθορίζεται στους τομογράφους (-με ανάλογο τρόπο με αυτό των βυθομέτρων-) ως η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο στρωμάτων (κατακόρυφη διακριτική ικανότητα) και δύο σημείων σε ένα επίπεδο (οριζόντια διακριτική ικανότητα) ώστε να αναγνωρισθούν ως δύο και καταγραφούν ως δύο.

3.1.1. Τομογράφοι υποδομής πυθμένα μεγάλης διακριτικής και μικρής διεισδυτικής ικανότητας

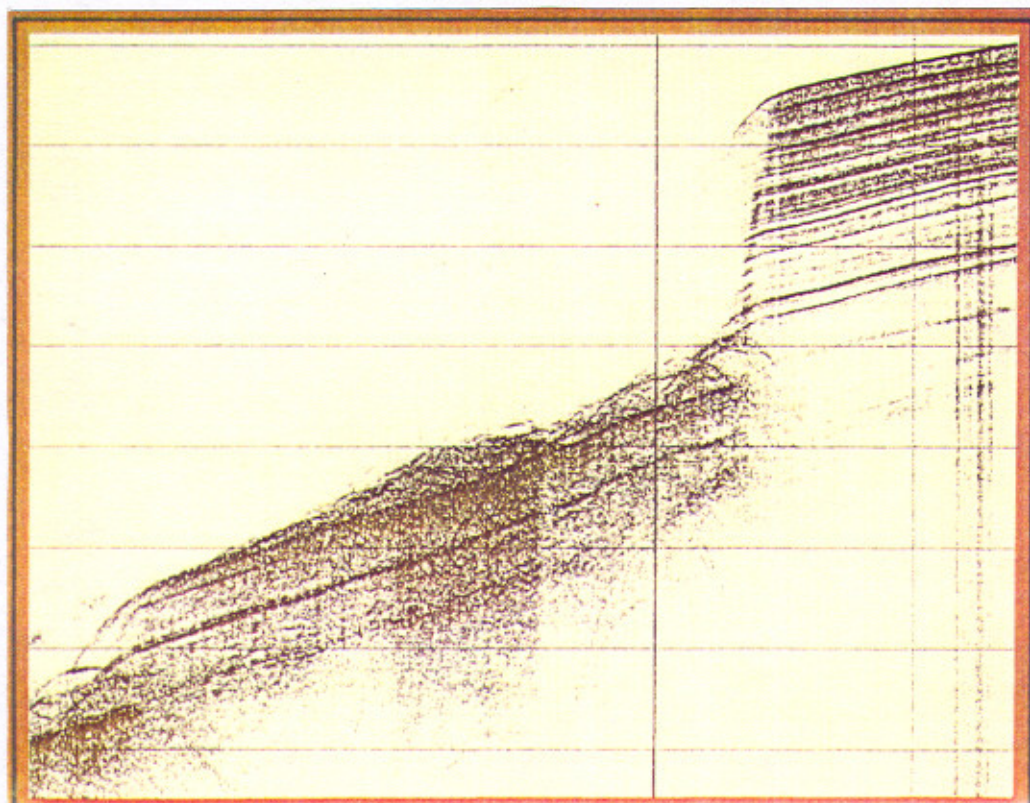
Οι τομογράφοι μικρής διεισδυτικής και μεγάλης διακριτικής ικανότητας παρουσιάζουν διάφορους επιμέρους τύπους, οι χαρακτηριστικότεροι των οποίων είναι οι ανιχνευτές χαλαρών ιζημάτων (Pingers) και οι τομογράφοι Boomer. Τα χαρακτηριστικά αυτών των τομογράφων, όπως η συχνότητα εκπομπής, η ισχύς, η διάρκεια παλμού, η κατευθυντικότητα της δέσμης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1. Στην Εικόνα 3.2. παρουσιάζονται τα μέρη ενός τομογράφου Pinger, και στην Εικόνα 3.3. παρουσιάζεται μια τυπική τομογραφία που ελήφθη με τομογράφο Pinger.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΜΟΓΡΑΦΩΝ ΜΕΓΑΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ					
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	O.R.E. 134	O.R.E. 136	E.G&G BOOMER	E.G&G UNIBOOM	O.R.E GEOPULSE
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	2-7kHz	3.5-14kHz	300-3000Hz	700-14000Hz	400-14000 Hz
ΙΣΧΥΣ ή ΕΝΕΡΓΕΙΑ	10kW	5kW	500J	100J	360J
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΑΛΜΟΥ ή ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑ/ sec (διακριτικότητα m)	0.2-10ms	0.5-0.1ms	2.5/sec 2m	6/sec 0.3m	8/sec 0.2m
ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΣΜΗΣ	30° σε 3.5kHz 20° σε 5kHz 15° σε 7kHz	55° σε 3.5kHz 40° σε 5kHz 20° σε 14kHz			



Εικ. 3.2. Τομογράφος O.R.E Pinger (3.5kHz). (1) Εκπομπέας/ενισχυτής, (2) καταγραφέας και (3) ημιπλωτός πομποδέκτης (ΕΘΑΓΕΦΩ).

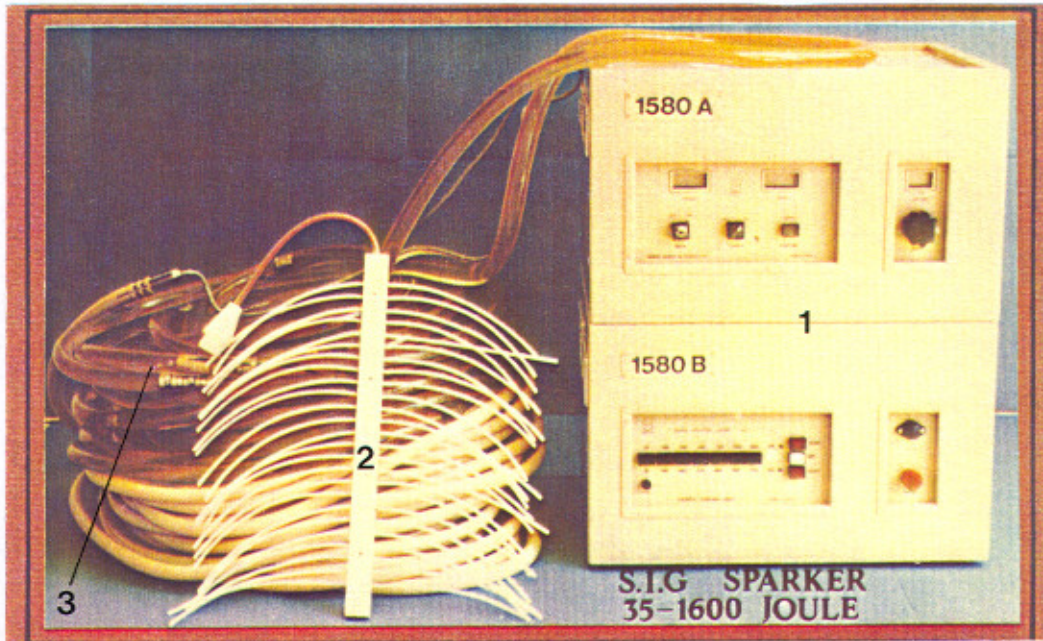


Εικ. 3.3. Τομογραφία 3.5kHz από τον κόλπο των Αλκυονίδων (Αν. Κορινθιακός κόλπος) η οποία παρουσιάζει διείσδυση περίπου και στην οποία διαπιστώνεται το μέτωπο μιας κατολίσθησης. (Αρχείο ΕΘΑΓΕΦΩ).

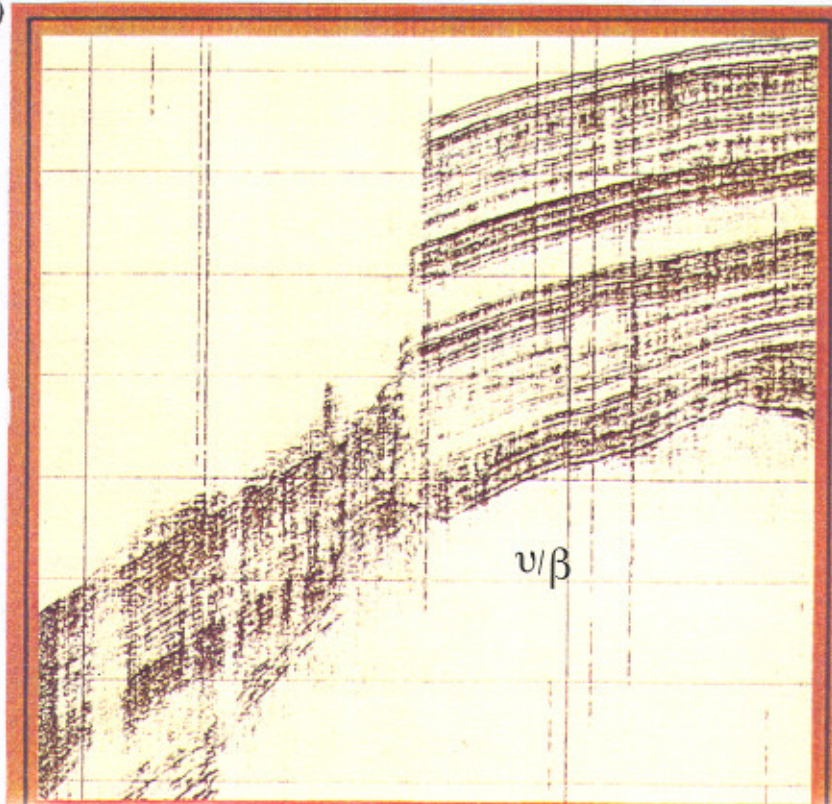
3.1.2. Τομογράφοι μεγάλης διεισδυτικής και μικρής διακριτικής ικανότητας

Οι αντιπροσωπευτικότεροι τύποι τομογράφων μεγάλης διείσδυσης και μικρής διακριτικότητας είναι αναμφίβολα οι τομογράφοι Sparker και Airgun.

Οι τομογράφοι Sparker εκπέμπουν τον ηχητικό παλμό προς όλες τις κατευθύνσεις χωρίς να παρουσιάζουν κατευθυντικότητα. Η παραγωγή των ηχητικών παλμών επιτυγχάνεται με ηλεκτρική εκκένωση που αναπτύσσεται με ηλεκτρόδιο κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας (Εικ. 3.4). Στο άκρο του ηλεκτροδίου δημιουργείται μια "φουσκάλα αέρα" η οποία είναι υπεύθυνη για την παραγωγή των ηχητικών κυμάτων που κατευθύνονται και διεισδύουν στον πυθμένα. Τα ανακλώμενα ηχητικά κύματα λαμβάνονται από μια διάταξη υδροφώνων η οποία σύρεται όπως και το ηλεκτρόδιο πίσω από το σκάφος (Εικ. 3.4). Στην Εικόνα 3.5. παρουσιάζεται μια τυπική τομογραφία που ελήφθη με τομογράφο Sparker, ακριβώς από την ίδια περιοχή που ελήφθη και η τομογραφία της Εικόνας 3.3.

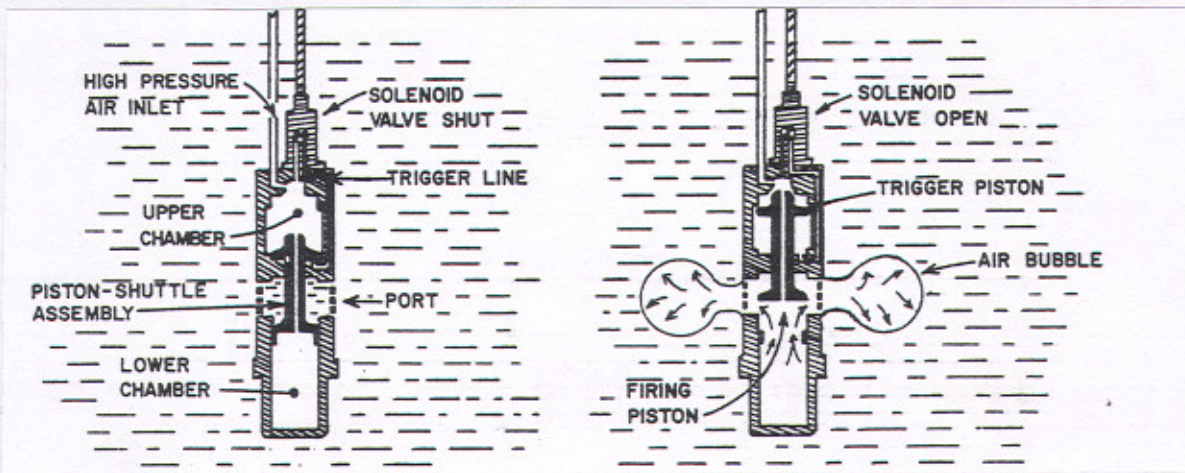


Εικ. 3.4. Τομογράφος Sparker (1600J). (1) Μονάδα παραγωγής ενέργειας (εκπομπέας και πυκνωτές), (2) ηλεκτρόδιο (πολλαπλό) και (3) υδρόφωνα. (ΕΘΑΓΕΦΩ)

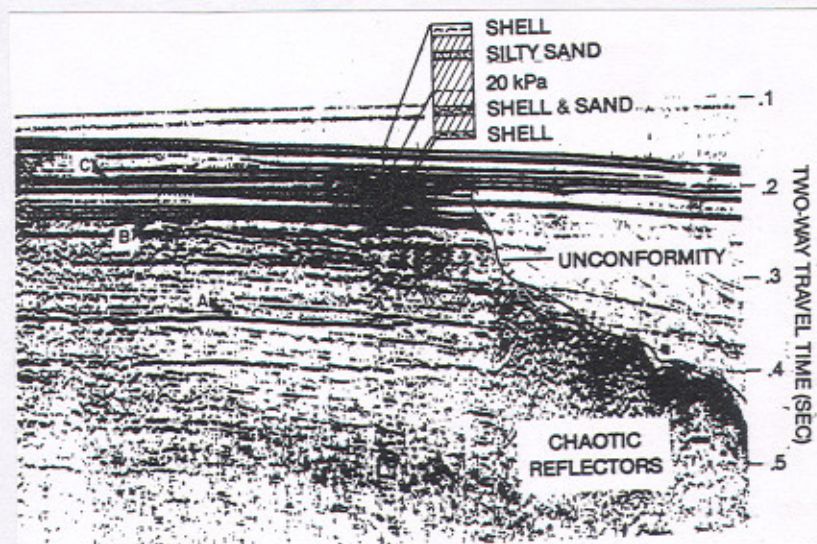


Εικ. 3.5. Τομογραφία Sparker, από τον Κόλπο των Αλκυνονίδων και ακριβώς από την ίδια θέση που ελήφθη η τομογραφία της Εικόνας 3.3. Είναι φανερή η διαφορά διακριτικής και διεισδυτικής ικανότητας των δύο τομογραφιών. Στην τομογραφία Sparker διαπιστώνεται η παρουσία του υποβάθρου (υ/β) το οποίο δεν εντοπίζεται στην τομογραφία Pinger. Επιπλέον η διακριτική ικανότητα της Pinger είναι κατά πολύ πιο αυξημένη έναντι αυτής της Sparker, μια και στην τελευταία από μια επιφάνεια ανάκλασης προκύπτουν περισσότερες από μία σεισμικές ανακλάσεις.

Οι τομογράφοι Airgun (αεροβόλα) εκπέμπουν κύματα προς όλες τις κατευθύνσεις. Η παραγωγή των ηχητικών παλμών επιτυγχάνεται με την εκτόξευση πεπιεσμένου αέρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας (Εικ. 3.6). Οι συμπιεστές που σύρονται πίσω από το σκάφος έχουν χωρητικότητα από 20 έως 2000 in³ και ο αέρας εκτοξεύεται με πίεση από 20 έως 3000 in³/lb. Η συχνότητα των κυμάτων που εκπέμπονται κυμαίνεται από 2Hz έως 500Hz και η διάρκεια του παλμού από 5 έως 15ms. Η διεισδυτική ικανότητα των αεροβόλων κυμαίνεται από 100 έως 700m (Εικ. 3.7). Η επίτευξη μεγαλύτερων διεισδύσεων (5000m) απαιτεί συστοιχία αεροβόλων διαφόρων χωρητικότητας. Τα ανακλασθέντα ηχητικά κύματα προσλαμβάνονται, όπως και στο Sparker, από διάταξη υδροφώνων που σύρονται πίσω από το σκάφος.



Εικ. 3.6. Σχηματική αναπαράσταση συμπιεστή Airgun.



Εικ. 3.7. Τομογραφία Airgun η οποία ελήφθη με συμπιεστή 10 in³

3.2. Ανάλυση και ερμηνεία τομογραφιών

Η τομογραφία που προκύπτει είναι βαθμονομημένη σε ισόχρονες γραμμές (-από τις οποίες μπορεί να υπολογιστεί το βάθος-) και στοιχειοθετείται από τις καταγραφές των ανακλωμένων ηχητικών κυμάτων στην επιφάνεια και τα υποστρώματα του πυθμένα. Οι καταγραφές αυτές καλούνται "σεισμικές ανακλάσεις" και για την ερμηνεία των τομογραφιών απαιτείται:

- (α) η αναγνώριση σεισμικών ανακλάσεων που προέρχονται από υπαρκτές επιφάνειες μεταβολής της πυκνότητας, και
- (β) η αναγνώριση σεισμικών ανακλάσεων που οφείλονται σε σύνθετα ηχητικά φαινόμενα και δεν ανταποκρίνονται σε υπαρκτές επιφάνειες.

Τα συνηθέστερα ηχητικά φαινόμενα που προκαλούν σεισμικές ανακλάσεις οι οποίες δεν ανταποκρίνονται σε υπαρκτές επιφάνειες ή στόχους είναι :

- (i) οι ψευδανακλάσεις του πυθμένα (πολλαπλές ή φανταστικές ανακλάσεις)
- (ii) οι υπερβολικές ανακλάσεις
- (iii) οι συγκλινικές δομές (ανακλάσεις τύπου "παπιγιόν").

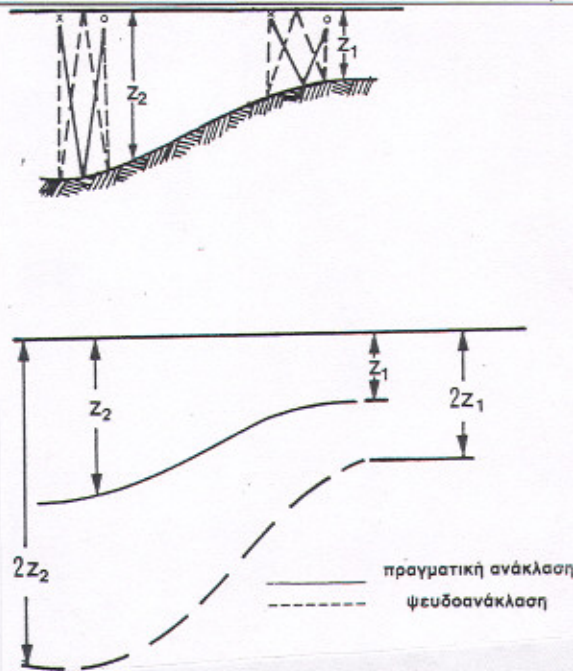
3.2.1. Ψευδανάκλαση του πυθμένα

Ένα ηχητικό κύμα δεν ακολουθεί πάντα τη διαδρομή "Πομπός - πυθμένας (επιφάνεια & υποστρώματα) - δέκτης" αλλά είναι δυνατόν να ανακλασθεί στην επιφάνεια νερού/αέρα και να επιστρέψει ξανά στον πυθμένα πριν ανακλασθεί και πάλι και οδηγηθεί στο δέκτη. Στην περίπτωση αυτή δηλ. ακολουθεί τη διαδρομή "Πομπός - πυθμένας (επιφάνεια & υποστρώματα) - επιφάνεια θάλασσας - πυθμένας - δέκτης" (Εικ. 3.8). Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι η καταγραφή του πυθμένα και των υποστρωμάτων σε διπλάσια χρονοαπόσταση από τις πραγματικές ανακλάσεις. Είναι φανερό ότι εάν τα ηχητικά κύματα εκτελέσουν τη διαδρομή "επιφάνεια θάλασσας - πυθμένας" τρεις, τέσσερις κ.ο.κ φορές, τότε θα προκύψουν ψευδανακλάσεις αντίστοιχα σε τριπλάσια, τετραπλάσια κ.ο.κ χρονοαπόσταση. Όταν η επιφάνεια του πυθμένα και των υποστρωμάτων είναι κεκλιμένη τότε οι ψευδανακλάσεις τους θα έχουν σχεδόν τη διπλάσια κλίση (Εικ. 3.8).

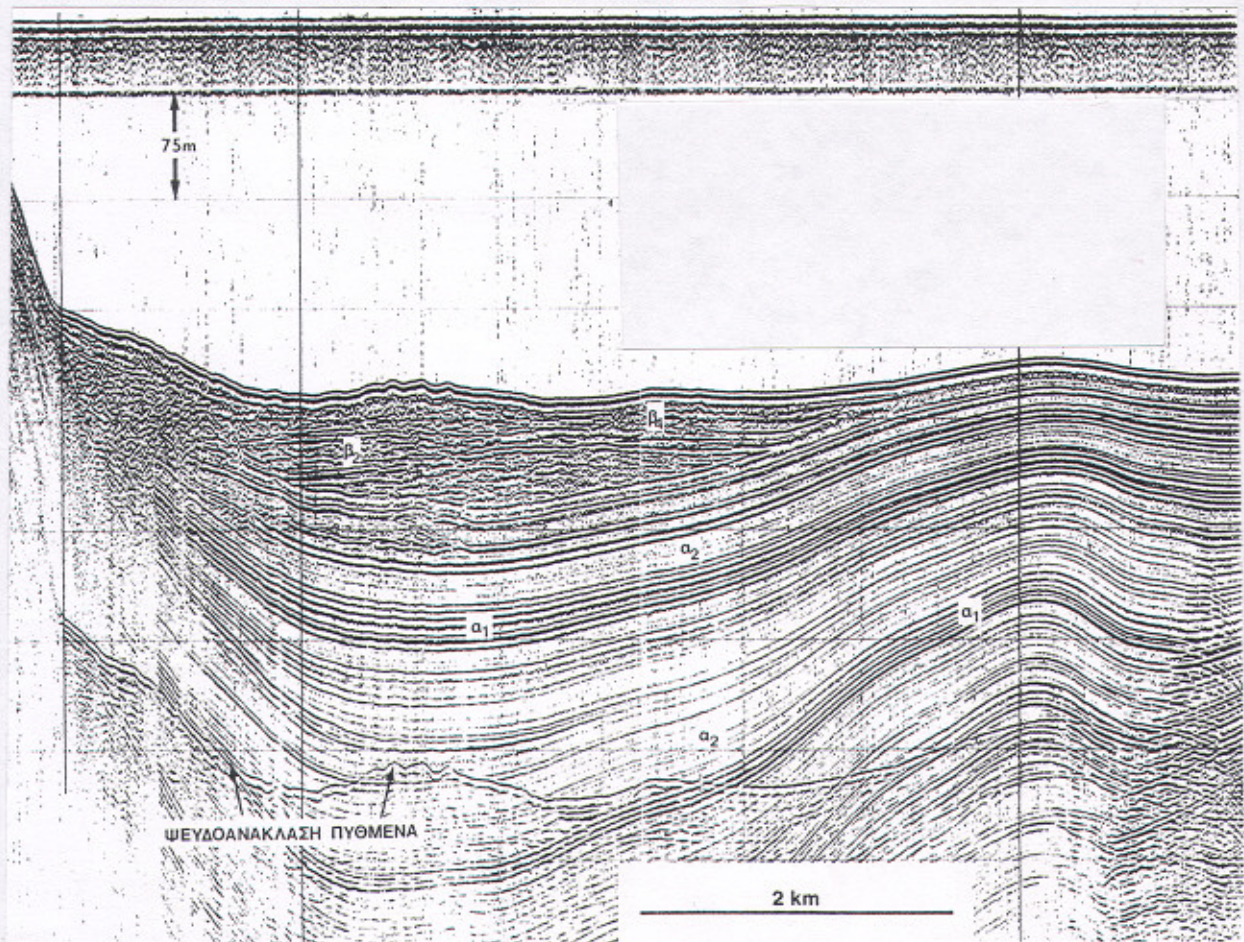
Η ύπαρξη ψευδανακλάσεων είναι ένα σημαντικό πρόβλημα στις τομογραφίες διότι είναι δυνατόν αυτές να καλύψουν πραγματικές ανακλάσεις του πυθμένα (Εικ. 3.9). Αυτό συμβαίνει όταν η διεύθυνση του τομογράφου είναι μεγαλύτερη από το βάθος του νερού, τη συγκεκριμένη στιγμή που αναπτύσσεται το φαινόμενο της ψευδανάκλασης.

Για την αναγνώριση του φαινομένου της ψευδανάκλασης του πυθμένα απαιτείται :

⇒ ο έλεγχος σε διπλάσιο, τριπλάσιο, κ.ο.κ βάθος από την επιφάνεια του πυθμένα για σεισμικές ανακλάσεις παρόμοιας μορφολογίας με τις πραγματικές και σχεδόν διπλάσιας κλίσης.



Εικ. 3.8. (α) Κανονική (συνεχής γραμμή) και εγκλωβισμένη (διακεκομμένη γραμμή) πορεία ηχητικών κυμάτων. (β) Πραγματική καταγραφή (συνεχής γραμμή) και ψευδοανάκλαση (διακεκομμένη) της επιφάνειας του πυθμένα εξαιτίας του εγκλωβισμού των ηχητικών κυμάτων μεταξύ "επιφάνειας θάλασσας - πυθμένας".



Εικ. 3.9. Τομογραφία Airgun, στην οποία έχει αποτυπωθεί η ψευδοανάκλαση του πυθμένα, η οποία επιπλέον καλύπτει πραγματικές σεισμικές ανακλάσεις.

3.2.2. Σεισμική ανάκλαση υπερβολικής μορφής (υπερβολική ανάκλαση)

Μια πολύ χαρακτηριστική μορφή ψευδανάκλασης είναι και η ανάκλαση που προέρχεται από σημείο του πυθμένα, το οποίο προκαλεί απότομη μεταβολή της κλίσης του πυθμένα. Το σημείο αυτό μπορεί να είναι μία φυσική μεταβολή της κλίσης του πυθμένα ή ένας ανθρωπογενούς προέλευσης στόχος που αναπαύεται στην επιφάνεια του πυθμένα. Για το σχηματισμό υπερβολικής ανάκλασης πρέπει η έκταση της περιοχής μεταβολής της κλίσης ή το μέγεθος του στόχου να είναι μικρότερη της ζώνης Fresnel των προσπιπτόντων ηχητικών κυμάτων.

Όταν ένα ηχητικό κύμα προσπέσει σε μία επίπεδη επιφάνεια δεν θα ανακλαστεί αποκλειστικά από ένα σημείο της επιφάνειας, αλλά από μία ολόκληρη περιοχή η οποία καλείται ζώνη Fresnel. Η έκταση της ζώνης Fresnel εξαρτάται από την χρονοαπόσταση της ηχητικής πηγής, την ταχύτητα του ηχητικού κύματος και την κύρια συχνότητά του, και δίνεται από τη σχέση:

$$r_f = \frac{U}{4} \left(\frac{t}{f_c} \right)^{1/2}$$

όπου r_f = ακτίνα Fresnel

U = ταχύτητα ηχητικών κυμάτων

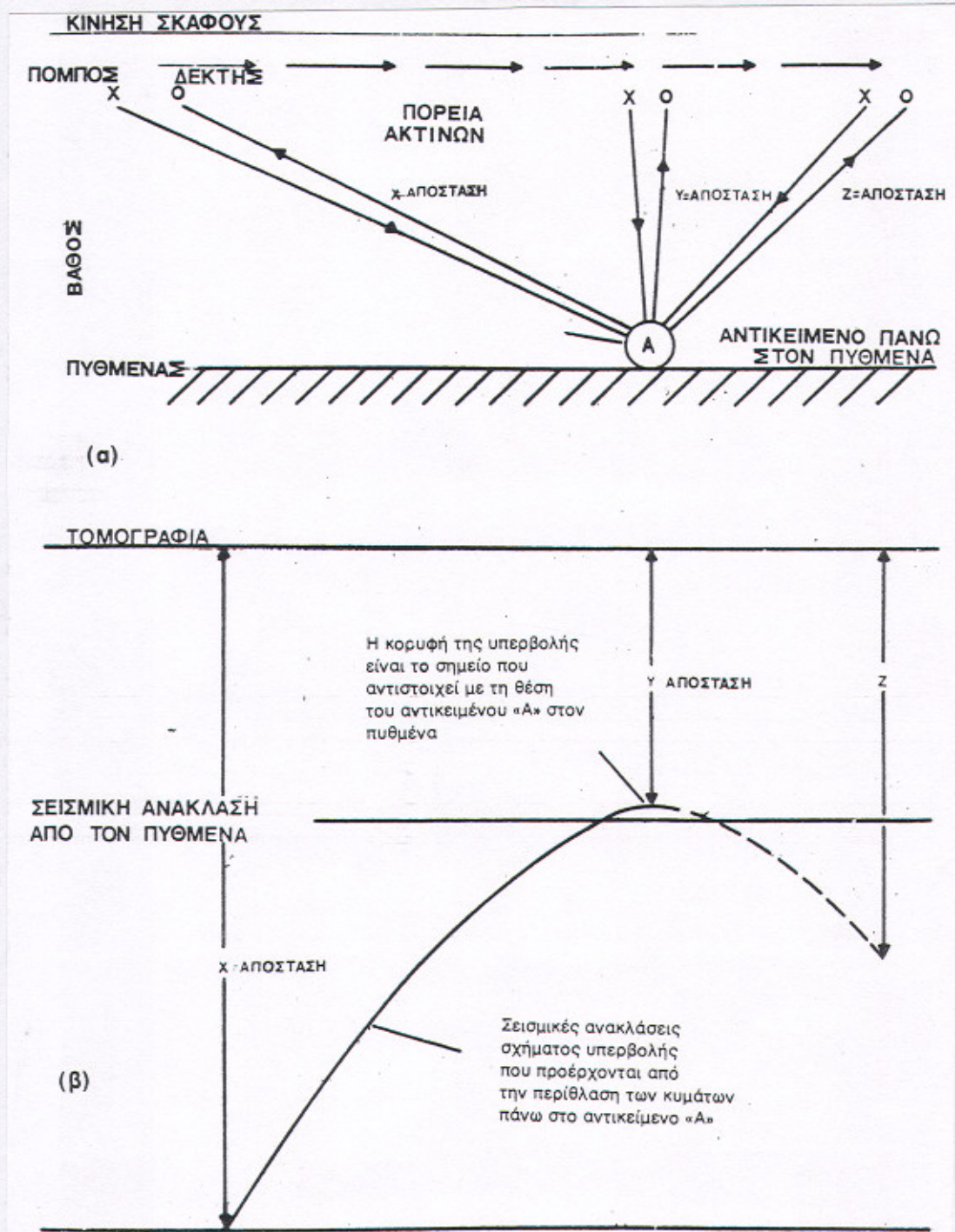
t = χρονοαπόσταση ηχητικής πηγής

f_c = κύρια συχνότητα

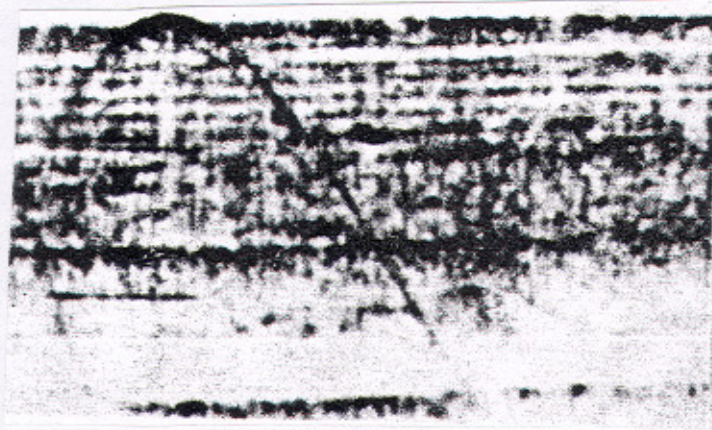
Ο σχηματισμός της υπερβολικής ανάκλασης και ιδιαίτερα των άκρων της ("ουρές") οφείλεται στην πρόσληψη ανακλάσεων από το συγκεκριμένο σημείο χωρίς ο πομποδέκτης να βρίσκεται ακριβώς πάνω από το σημείο. Αυτό συμβαίνει διότι, αφενός ο ηχητικός παλμός εκπέμπεται με τη μορφή ηχητικής δέσμης με σημαντική γωνία (διεύρυνση της δέσμης με την αύξηση της απόστασης από τον πομπό) και αφετέρου το σημείο ή ο στόχος παρουσιάζει επιφάνειες καλά προσανατολισμένες προς τον πομποδέκτη. Συνεπώς οι δύο άκρες της υπερβολικής ανάκλασης οφείλονται σε ανακλάσεις κατά τη διαδικασία προσέγγισης και απομάκρυνσης του πομποδέκτη από τη θέση του συγκεκριμένου σημείου (Εικ. 3.10). Το μόνο πραγματικό σημείο μιας υπερβολικής ανάκλασης, τόσο σε θέση όσο και σε βάθος, είναι η κορυφή της (Εικ. 3.10)..

Η παρουσία μεμονωμένης υπερβολικής ανάκλασης στην επιφάνεια του πυθμένα δηλώνει την παρουσία ενός στόχου συνήθως ανθρωπογενούς προέλευσης (π.χ. αγωγός, καλώδιο)(Εικ. 3.11).

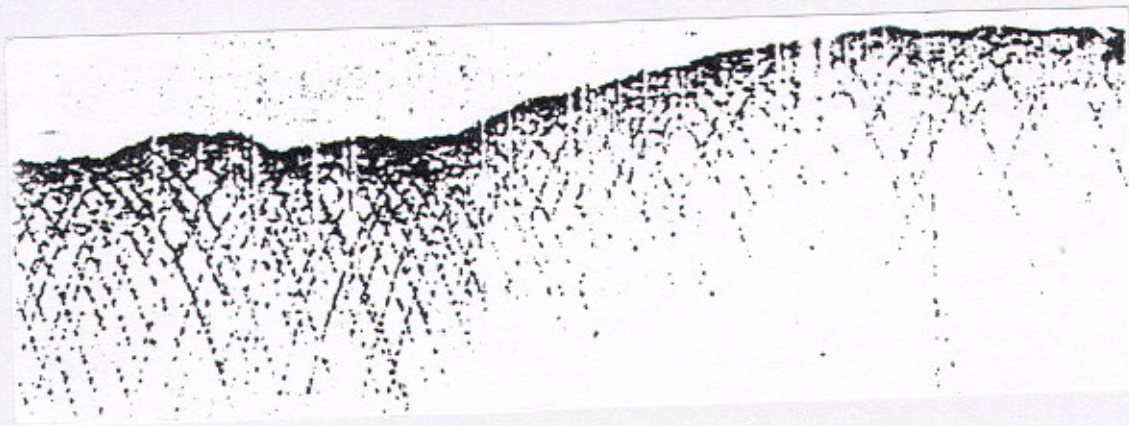
Η παρουσία μεγάλου αριθμού υπερβολικών ανακλάσεων συνήθως επικαλυπτόμενων μεταξύ τους, δηλώνει ότι ο πυθμένας παρουσιάζει ανώμαλο μικροανάγλυφο λόγω φυσικών διεργασιών (π.χ. ρεύματα, κύματα) (Εικ. 3.12).



Εικ. 3.10. (α) Πορεία των ηχητικών κυμάτων που προέρχονται από την ανάκλαση σε ένα στόχο μικρού μεγέθους, και (β) η προκύπτουσα υπερβολική ανάκλαση μετά την καταγραφή των ανακλάσεων. Το μόνο υπάρχτο σημείο της υπερβολικής ανάκλασης είναι η κορυφή της.



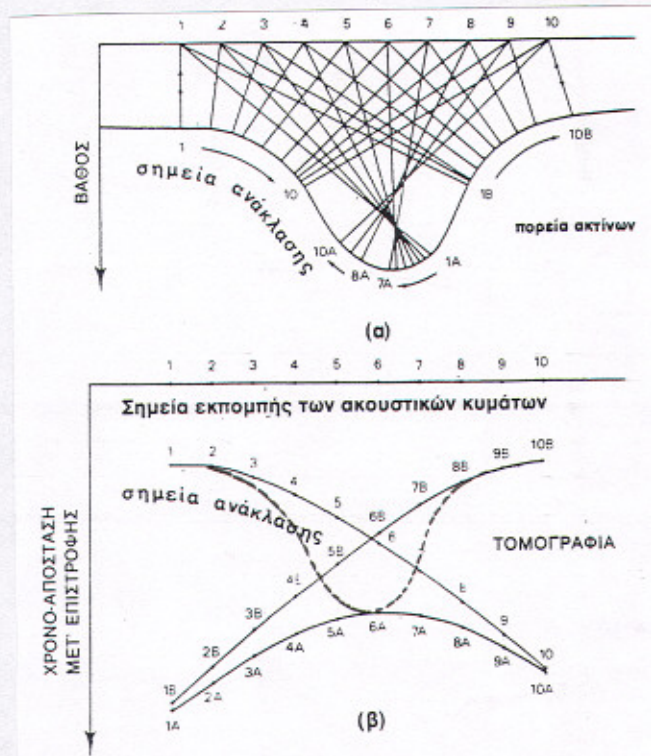
Εικ. 3.11. Τομογραφία 3.5kHz, στην οποία έχει αποτυπωθεί αγωγός με τη μορφή υπερβολικής ανάκλασης.



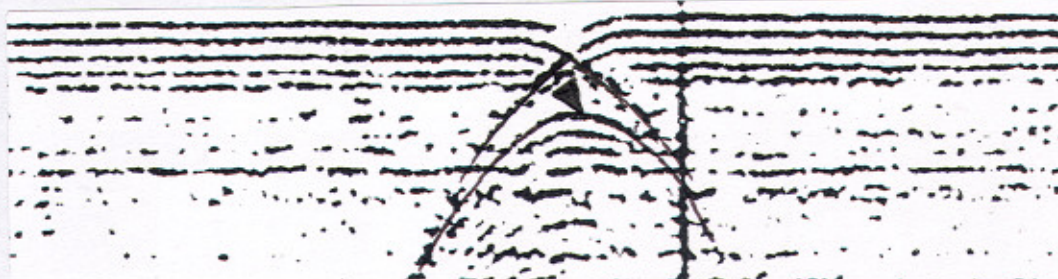
Εικ. 3.12. Τομογραφία 3.5kHz, στην οποία το ανώμαλο ανάγλυφο του πυθμένα έχει καταγραφεί με τη μορφή συνεχών και επικαλυπτόμενων υπερβολικών ανακλάσεων.

3.2.3. Αποτύπωση συγκλινικών δομών με τη μορφή σεισμικών ανακλάσεων διάταξης "παπιγιόν".

Όταν η επιφάνεια ή/και τα υποστρώματα του πυθμένα σχηματίζουν ένα σύγκλινο του οποίου η καμπυλότητα είναι μεγαλύτερη από αυτήν του προσπίπτοντος ηχητικού κύματος, τότε το ηχητικό κύμα ανακλάται σε περισσότερα του ενός σημεία. Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι η καταγραφή του συγκλίνου με τη μορφή διάταξης "παπιγιόν" (Εικ. 3.13). Στην περίπτωση αυτή, είναι πολύ πιθανή η λανθασμένη ανάγνωση του βάθους, ιδιαίτερα στο κεντρικό τμήμα του συγκλίνου, επειδή το πραγματικό βάθος του κεντρικού σημείου βρίσκεται στην κορυφή υποεπιφανειακής υπερβολικής ανάκλασης (Εικ. 3.13, 3.14).



Εικ. 3.13. (α) Πορείες των ανακλωμένων ηχητικών κυμάτων σε ένα σύγκλινο, για δέκα διαδοχικές θέσεις του πομποδέκτη, και (β) η προκύπτουσα καταγραφή των ανακλάσεων. Με διακεκομμένη γραμμή παρουσιάζεται η πραγματική μορφολογία του πυθμένα στην τομογραφία.



Εικ. 3.14. Τομογραφία 3.5kHz, στην οποία έχει καταγραφεί ένα κοιλώμα με τη μορφή σεισμικών ανακλάσεων "παπιγιόν". Με βέλος σημειώνεται το πραγματικό βάθος του πυθμένα στο κέντρο του κοιλώματος.

3.3. Εφαρμογή των τομογράφων υποδομής πυθμένα στην Αλιεία .

Οι τομογράφοι που παρουσιάζουν εφαρμογή στην Αλιεία είναι φανερό ότι είναι αυτοί με μεγάλη διακριτική και μικρή διεισδυτική ικανότητα.

Οι κύριες εφαρμογές των τομογράφων στον τομέα της Αλιείας είναι :

- (i) η εκτίμηση της λιθολογικής σύστασης των επιφανειακών ιζημάτων που καλύπτουν τον πυθμένα, μια πληροφορία ιδιαίτερα σημαντική για την ακριβή αποτύπωση των αλιευτικών πεδίων για αλίευση με μηχανότρατες πυθμένα, και
- (ii) ο εντοπισμός αερίων υδρογονανθράκων στους πόρους των ιζημάτων, των οποίων οι διαφυγές προς την υδάτινη στήλη έχουν σημαντική επίδραση στην Αλιεία αλλά και στις υδατοκαλλιέργειες.

Πίνακας 3.2

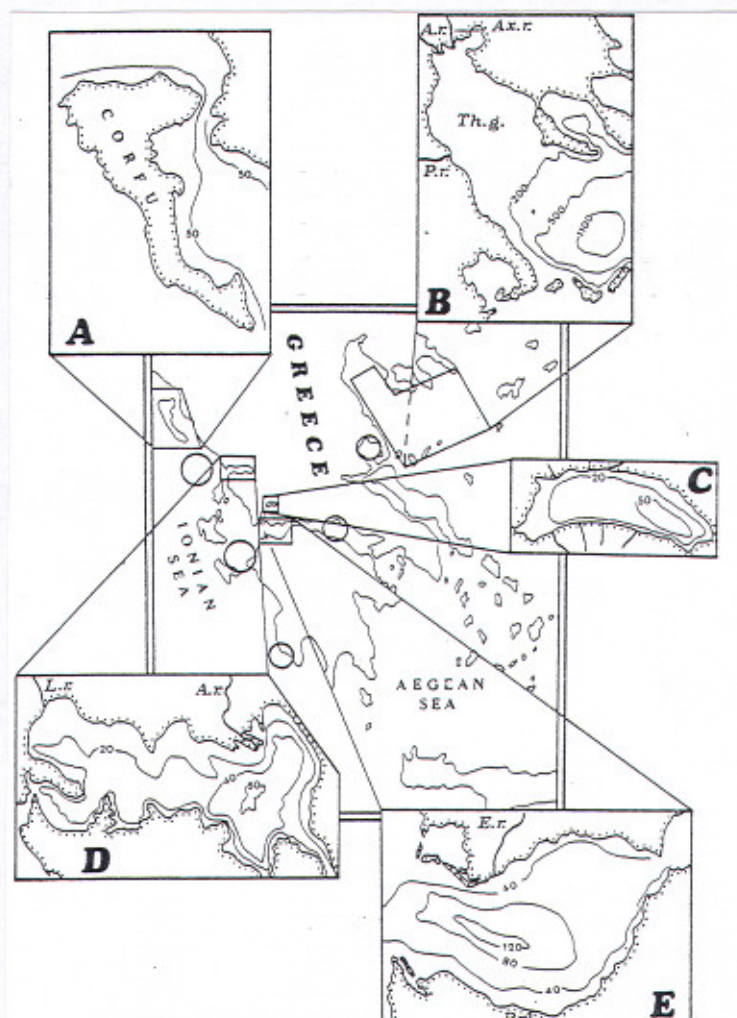
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΑΛΙΕΙΑ		
ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΚΥΡΙΑ ΜΕΘΟΔΟΣ	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ (ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ) ΜΕΘΟΔΟΣ
ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΑΕΡΙΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ ΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ	• ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ	◆
ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΑΛΙΕΥΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΜΗΧΑΝΟΤΡΑΤΩΝ ΠΥΘΜΕΝΑ (ΣΥΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ)	◆	• ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ

◆ Εφαρμογή του Ηχοβολιστή Πλευρικής Σάρωσης

3.3.1. Εντοπισμός αερίων υδρογονανθράκων στους πόρους των ιζημάτων

Οι αέριοι υδρογονάνθρακες στους πόρους των θαλασσίων ιζημάτων είναι ένα σύνθετο φαινόμενο για τα παράκτια περιβάλλοντα και την υφαλοκρηπίδα του Ελληνικού χώρου. Θαλάσσιες έρευνες που εκτέλεσε το Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας του Πανεπιστημίου Πατρών (ΕΘΑΓΕΦΩ) την τελευταία δεκαετία, έδειξαν την παρουσία αερίων υδρογονανθράκων στους πόρους των ιζημάτων και διαφυγές τους προς την υδάτινη στήλη, στο Βόρειο Αιγαίο (Θερμαϊκός κόλπος, Θρακικό πέλαγος), στο Ιόνιο πέλαγος (περιοχή Κέρκυρας, Ζακύνθου-Κυλλήνης), στον Αμβρακικό, Πατραϊκό και Κορινθιακό κόλπο, στον κόλπο της Πύλου, στην Τριχωνίδα λίμνη (Εικ. 3.15).

Η σημαντική επίδραση των διαφυγών των αερίων υδρογονανθράκων προς την υδάτινη στήλη για την Αλιεία αλλά και για τις υδατοκαλλιέργειες, αναφέρονται τόσο στην παράγραφο 4.7.5 (ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4) όσο και στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.



Εικ. 3.15. Γενικός χάρτης στον οποίο σημειώνονται οι θαλάσσιες περιοχές στις οποίες έχει διαπιστωθεί η παρουσία Α.Υ στους πόρους των ιζημάτων και διαφυγές προς την υδάτινη στήλη. (στοιχεία ΕΘΑΓΕΦΩ).

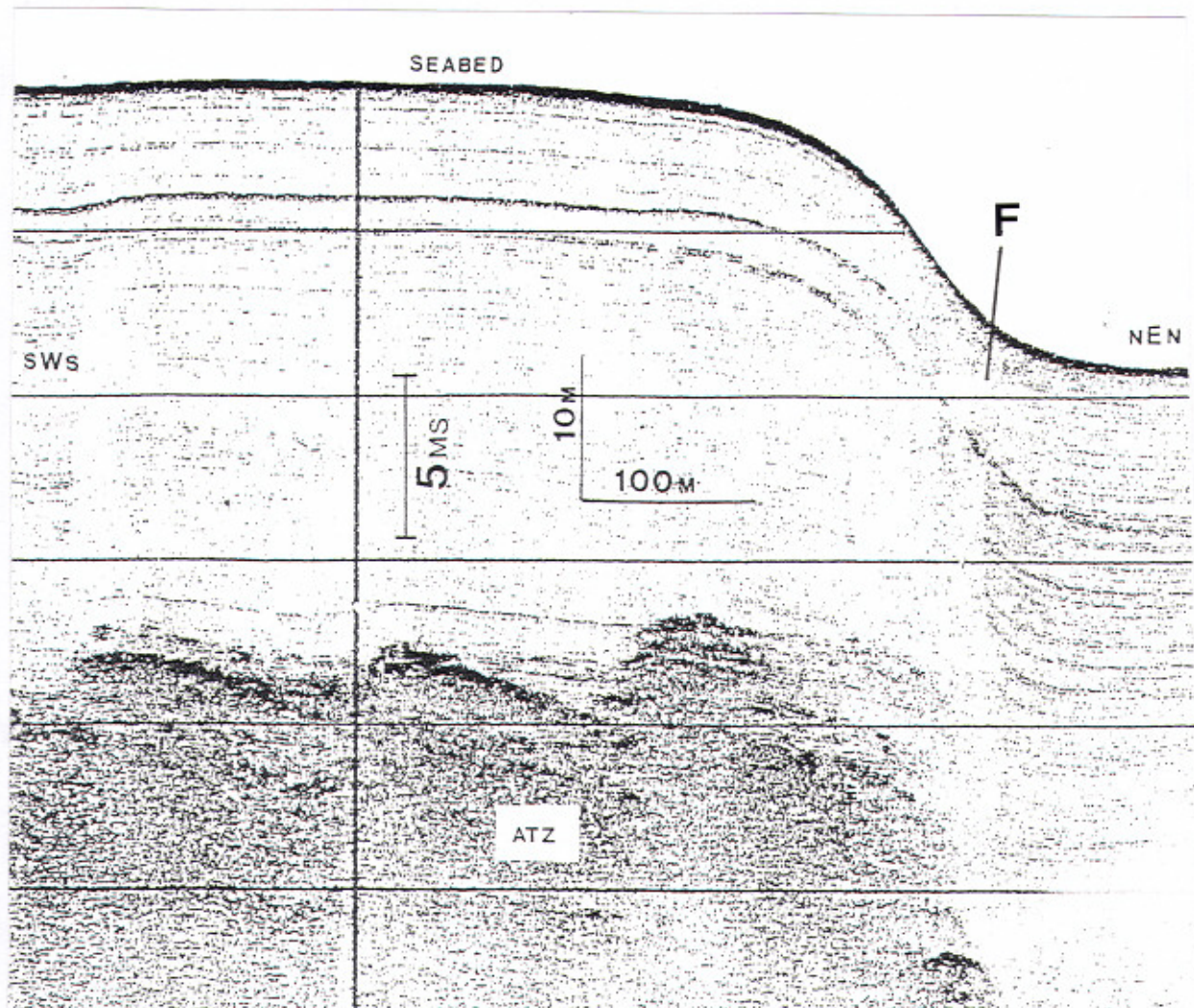
Για τον εντοπισμό άμεσων αποδείξεων (-ως έμμεσοι θεωρούνται τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του πυθμένα που προκαλούνται από τις διαφυγές τους-) της παρουσίας αερίων υδρογονανθράκων, χρησιμοποιούνται κυρίως τομογράφοι υποδομής πυθμένα μεγάλης διακριτικής ικανότητας και μικρής διεισδυτικής και κατά δεύτερο λόγο τομογράφοι μικρής διακριτικής και μεγάλης διεισδυτικής ικανότητας.

Η παρουσία των αερίων υδρογονανθράκων στις τομογραφίες και των δύο τύπων αποτυπώνεται με μια ποικιλία χαρακτηριστικών ακουστικών τύπων:

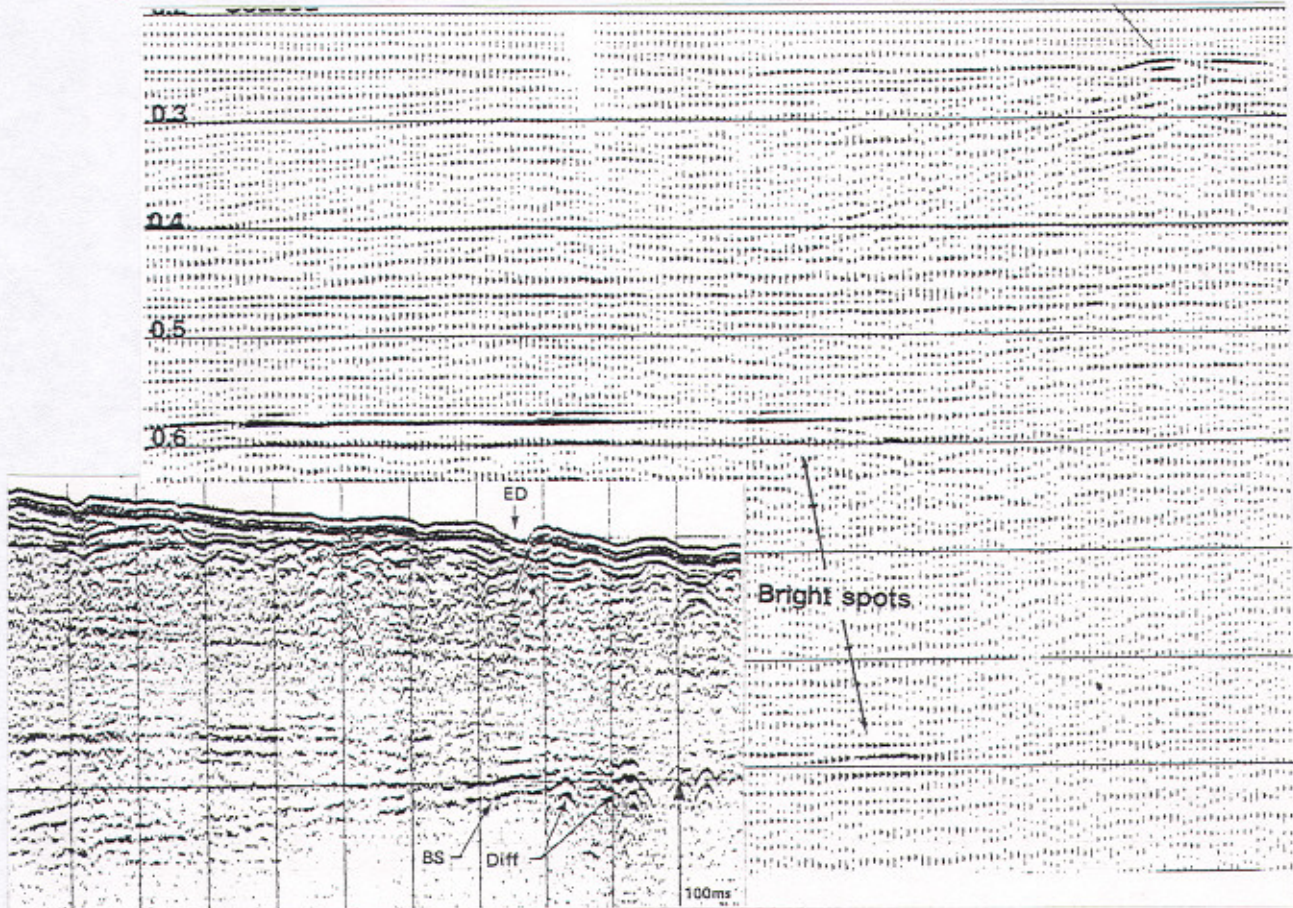
1. σεισμοκονιασμένη καταγραφή (seismic smearing, acoustic turbidity, acoustic blanking) (Εικ. 3.16). Η καταγραφή παρουσιάζεται με τη μορφή χαοτικών ανακλάσεων και δίνει την εικόνα “αμμοκονιασμένης” καταγραφής εξαλείφοντας κάθε άλλη σεισμική ανάκλαση. Ο ακουστικός αυτός τύπος προκαλείται από το γεγονός ότι η περισσότερη ποσότητα της ακουστικής ενέργειας ανακλάται από ή απορροφάται από συγκεκριμένο υλικό που υπάρχει μέσα στα ιζήματα. Στρώματα κροκάλων, ελασματοβραχίων και σαπρόφυτων (φυκιών) είναι δυνατόν να προκαλέσουν σεισμοκονιασμένη καταγραφή. Οι κροκάλες διαχέουν την ακουστική ενέργεια, ενώ τα σκελετικά υλικά οργανισμών και τα σαπρόφυτα απορροφούν την ακουστική ενέργεια λόγω των παγιδευμένων αερίων που μπορεί να περιέχουν. Βέβαια η συνηθέστερα εμφανιζόμενη σεισμοκονιασμένη καταγραφή οφείλεται στην παρουσία αερίων υδρογονανθράκων στους πόρους των ιζημάτων, τουλάχιστον σε ποσοστό 1%.

2. σεισμικές ανακλάσεις με μορφή “λαμπερών κηλίδων” (bright spots)(Εικ. 3.17). Αυτού του τύπου οι ανακλάσεις είναι μεγάλου εύρους ανακλάσεις ανεστραμμένης φάσης και κυρίως διαπιστώνεται σε τομογραφίες μεγάλης διείσδυσης και μικρής διακριτικότητας (sparkler, airgun). Οι συγκεντρώσεις των αερίων που σχηματίζουν “λαμπερές κηλίδες” είναι γενικώς σε μεγάλα βάθη (>100μ) και υπό υψηλή πίεση.

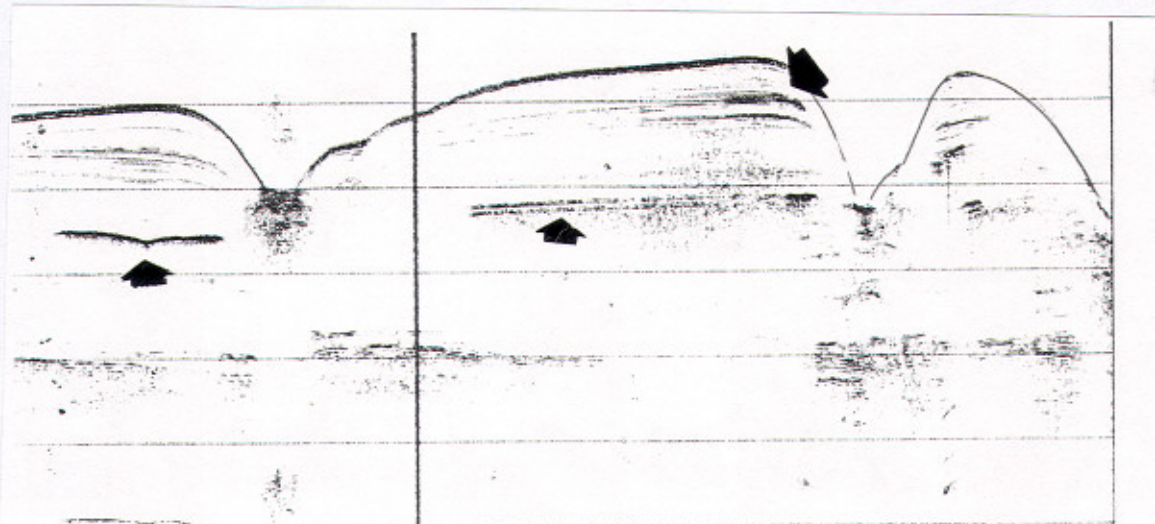
3. έντονες ανακλάσεις (enhanced reflectors) (Εικ. 3.18). Αυτές οι ανακλάσεις είναι ανακλάσεις αυξημένου εύρους συνήθως για συγκεκριμένο τμήμα της έκτασης τους. Συνήθως οι έντονες ανακλάσεις συνδέονται με περιοχές σεισμοκονιασμένης καταγραφής. Είναι ανακλάσεις ανάλογες με αυτές των λαμπερών κηλίδων χωρίς να παρουσιάζουν αντιστροφή της φάσης των ηχητικών κυμάτων. Αν και η συσχέτιση μεταξύ σεισμικών ανακλάσεων και πραγματικών ενστρώσεων του πυθμένα δεν είναι εύκολη, θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι οι έντονες ανακλάσεις προκαλούνται από την αυξημένη παρουσία αερίων στους πόρους συγκεκριμένων τμημάτων λασπούχων ενστρώσεων. Δεν πρέπει όμως να απορρίπτεται η περίπτωση κατά την οποία οι έντονες ανακλάσεις να προκαλούνται από συγκεντρώσεις κροκάλων σε συγκεκριμένα τμήματα ενστρώσεων.



Εικ. 3.16. Τομογραφία 3.5kHz από τον Πατραϊκό κόλπο, στην οποία παρουσιάζεται σεισμοκονιασμένη περιοχή (ATZ) σε βάθος περίπου 40μ. από την επιφάνεια του πυθμένα. Χαρακτηριστική είναι η παρουσία ενός ενεργού ρήγματος (F), το οποίο αποτελεί οδό διαφυγής των αερίων υδρογονανθράκων προς την υδάτινη στήλη (αρχείο ΕΘΑΓΕΦΩ).



Εικ. 3.17. Τομογραφίες, τομογράφου μεγάλης διεύθυνσης και μειωμένης διακριτικής ικανότητας, στις οποίες διαπιστώνονται, με τη μορφή της αντεστραμμένης φάσης, λαμπερές κηλίδες (bright spots).



Εικ. 3.18. Τομογραφία 3.5kHz από τον Πατραϊκό κόλπο, στην οποία εντοπίζονται έντονες ανακλάσεις (δείχνονται με βέλη) (αρχείο ΕΘΑΓΕΦΩ).

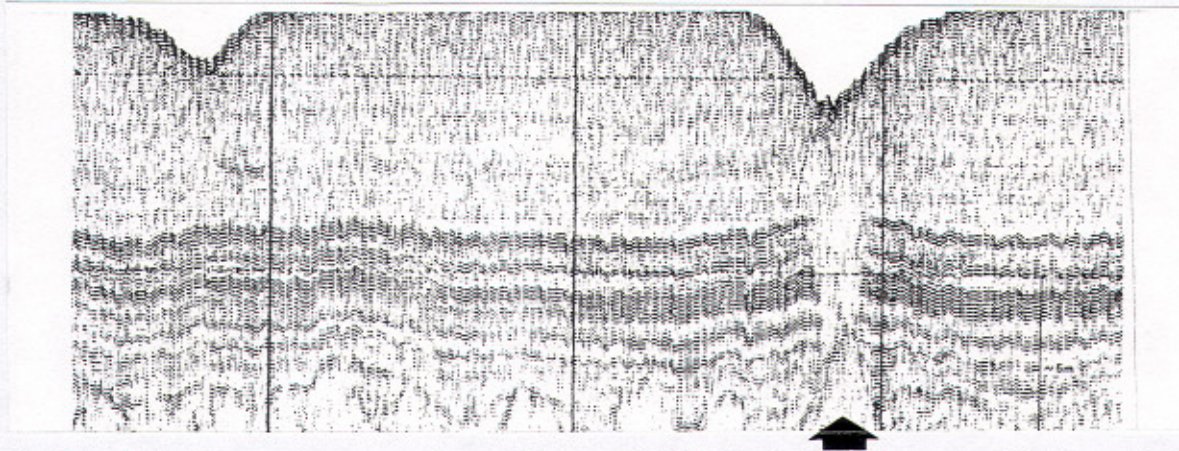
4. στηλοειδείς διαταράξεις (columnar disturbances) (Εικ. 3.19). Πρόκειται για στηλοειδείς περιοχές στις οποίες δεν παρουσιάζονται σεισμικές ανακλάσεις, κυρίως σε τομογραφίες πυθμένα μεγάλης διακριτικής ικανότητας και μικρής διεισδυτικής. Συνήθως οι στηλοειδείς διαταράξεις βρίσκονται ακριβώς κάτω από κρατήρες διαφυγής αερίων. Η πιθανή αιτία δημιουργίας τους είναι η διατάραξη ή η καταστροφή των σεισμικών ανακλάσεων (ότι αυτές υποδηλώνουν όσο αναφορά στην ύπαρξη στρωμάτων ιζήματος) από την προς τα πάνω μετανάστευση των υγρών των πόρων και πιθανώς των αερίων.

5. περιοχές “ακουστικής σκιάς” (acoustic blanking, acoustic shadow, wipe out, acoustic void, acoustic transparency, white zone)(Εικ. 3.20,21). Απουσία σεισμικών ανακλάσεων σε περιοχές οι οποίες υπόκεινται περιοχών με έντονη παρουσία αερίων. Συνεπώς οι ανακλάσεις από τη συγκεκριμένη περιοχή είναι πολύ ασθενείς ή και ανύπαρκτες. Η μείωση του ποσού της ακουστικής ενέργειας που διαπερνά το στρώμα αερίων δηλώνεται από τη χαμηλή ένταση και το εύρος του επιστρέφοντος κύματος. Δεν πρέπει να αποκλείεται η πιθανότητα η παρουσία της ακουστικής σκιάς να οφείλεται στην ύπαρξη υπερκείμενου στρώματος αδρομερών ιζημάτων (κροκάλων).

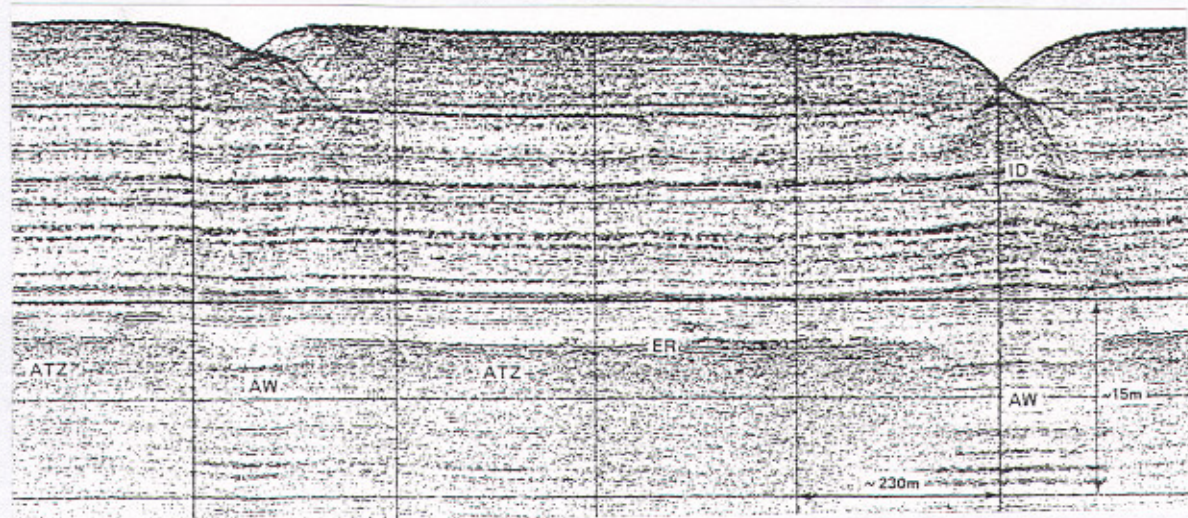
6. θύλακες αερίων (gas pocket) (Εικ. 3.22): Τοπικά υψηλές συγκεντρώσεις αερίων υδρογονανθράκων, οι οποίες περιβάλλονται από ιζήματα απαλλαγμένα από την παρουσία αερίων. Πολλές φορές οι θύλακες αερίων είναι αποτέλεσμα περιορισμένης προς τα άνω μετανάστευσης τους από υποκείμενη σεισμοκονιασμένη καταγραφή.

7. “πλούμες” αερίων (gas plumes)(Εικ. 3.23): Υψηλής ανακλαστικότητας περιορισμένες περιοχές οι οποίες δηλώνουν αυξημένες συγκεντρώσεις αερίων υδρογονανθράκων και συνήθως διαμορφώνουν ανακλάσεις υπερβολικής μορφής. Διαπιστώνονται τόσο στα επιφανειακά ιζήματα (κυρίως πάνω από σεισμοκονιασμένες περιοχές) όσο και στην υδάτινη στήλη (seepage).

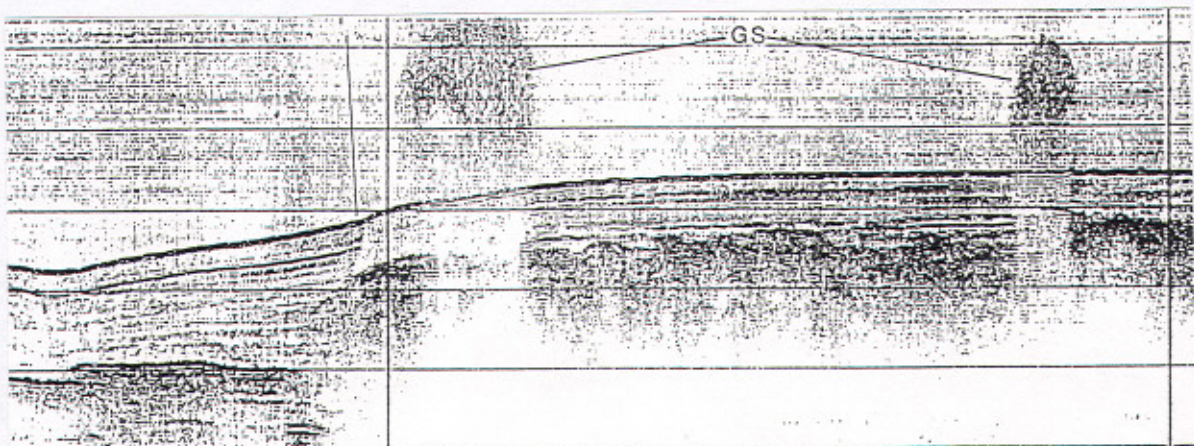
8. σεισμοκονιασμένες περιοχές τύπου “curtain” και “blanket” (Εικ. 3.24,25): Σεισμοκονιασμένες περιοχές συγκεκριμένης έκτασης και γεωμετρίας. Η σεισμοκονιασμένη καταγραφή τύπου “curtain” παρουσιάζει σαφές άνω όριο με αυξημένο εύρος καταγραφής (bright spot) και προκαλεί συνήθως σαφή ακουστική σκιά στα υποκείμενα στρώματα ιζήματος (Εικ. 3.24). Η σεισμοκονιασμένη καταγραφή τύπου “blanket” παρουσιάζει εκτεταμένη ανάπτυξη, ο σεισμοκονιασμένος ακουστικός χαρακτήρας αναπτύσσεται σταδιακά από ένα επίπεδο λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια του πυθμένα. και δεν παρουσιάζει φαινόμενα αντιστροφής φάσης (Εικ. 3.25).



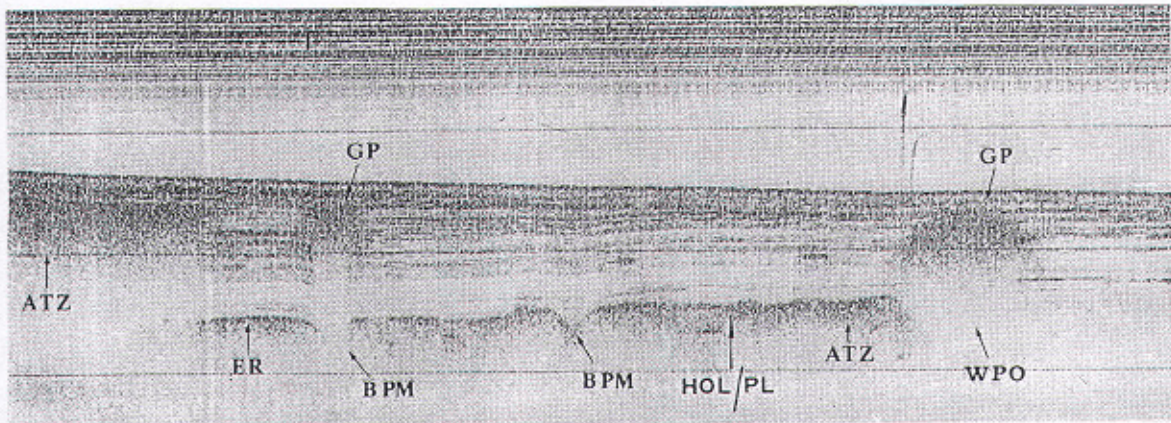
Εικ. 3.19. Τομογραφία στην οποία εντοπίζεται στηλοειδής διατάραξη (δείχνεται με βέλος) η οποία αναπτύσσεται κάτω από κρατήρα διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων.



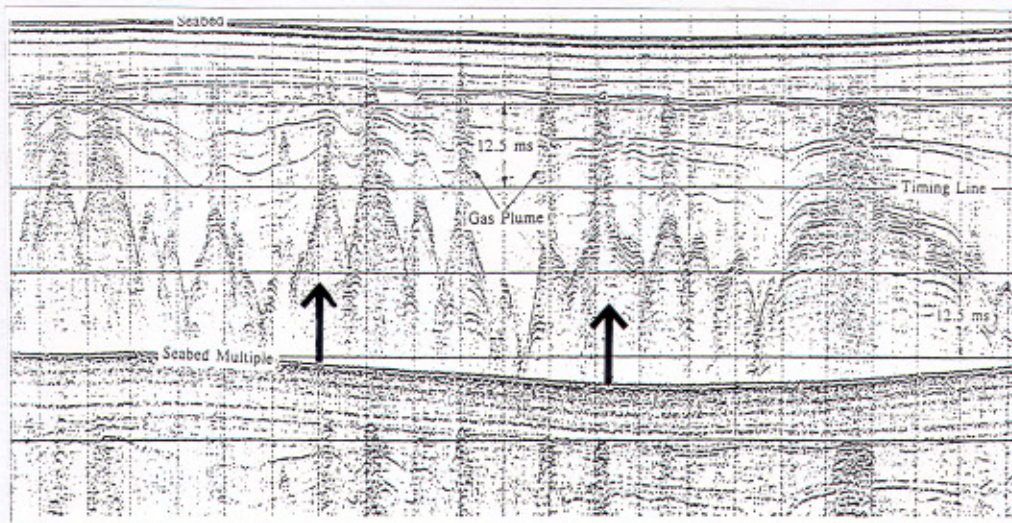
Εικ. 3.20. Τομογραφία στην οποία φαίνεται ότι η παρουσία της σεισμικονιασμένης περιοχής (ATZ) έχει δημιουργήσει ακουστική σκιά στα υποκείμενα στρώματα (AW) τα οποία εντοπίζονται μόνο σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν αέριοι υδρογονάνθρακες



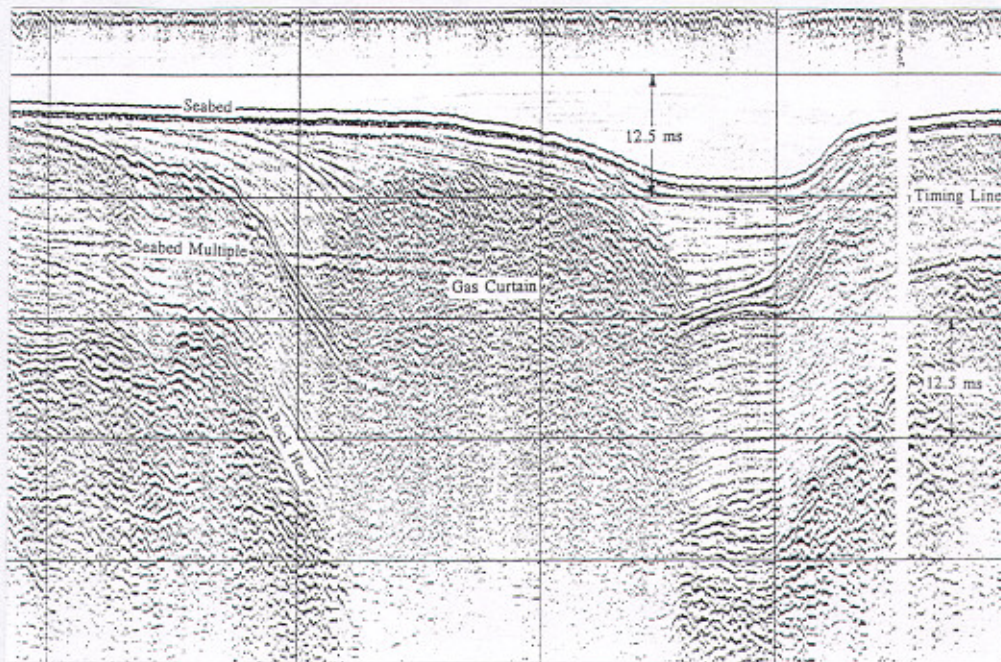
Εικ.3.21. Τομογραφία 3.5kHz από τον Πατραϊκό κόλπο, στην οποία, σεισμικονιασμένη περιοχή αλλά και διαφυγές αερίων στην υδάτινη στήλη (GS) προκαλούν ακουστική σκιά στους υποκείμενους σχηματισμούς (αρχείο ΕΘΑΓΕΦΩ).



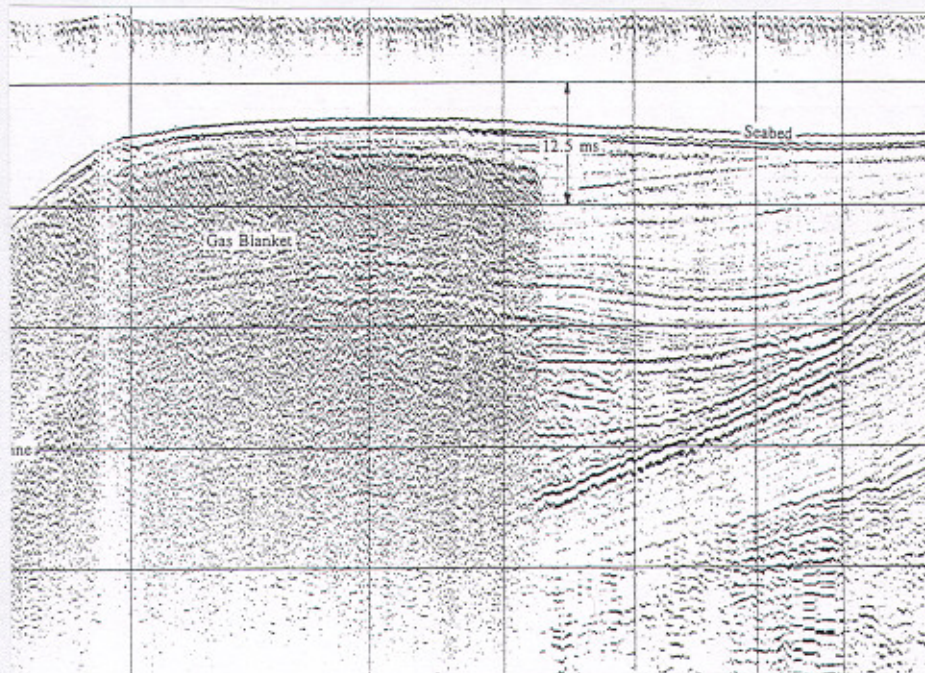
Εικ. 3.22 Τομογραφία 3.5kHz από τον Αμβρακικό κόλπο, στην οποία εντοπίζεται θύλακας αερίων υδρογονανθράκων (GP). Παρατηρήστε την ακουστική σκιά κάτω από το θύλακα αερίου (WPO) (αρχείο ΕΘΑΓΕΦΩ).



Εικ. 3.23. Τομογραφία Uniboom από τη θάλασσα της Ιρλανδίας, στην οποία παρουσιάζονται πλούμες αερίων υδρογονανθράκων.



Εικ. 3.24. Τομογραφία Υπέρηχου στην οποία εντοπίζεται σεισμικοκονιασμένη περιοχή τύπου "Curtain"



Εικ. 3.25. Τομογραφία Υπέρηχου στην οποία εντοπίζεται σεισμικοκονιασμένη περιοχή τύπου "Blanket"

3.3.2. Εκτίμηση της σύστασης των επιφανειακών ιζημάτων των αλιευτικών πεδίων.

Ο χαρακτήρας των σεισμικών ανακλάσεων, σε τομογραφίες μεγάλης διακριτικής και μικρής διεισδυτικής ικανότητας, είναι δυνατόν να δώσει σημαντικές πληροφορίες όσον αφορά,

- (i) στη λιθολογική σύσταση, και
- (ii) στις μηχανικές ιδιότητες των επιφανειακών ιζημάτων.

Ως χαρακτήρας μιας σεισμικής ανάκλασης ορίζεται:

① Η συνέχεια της ανάκλασης (continuity) η οποία συνδέεται με την πλευρική εξάπλωση των υποστρωμάτων του πυθμένα και συνεπώς με το τρόπο σχηματισμού τους (ιζηματογένεση). Σύμφωνα με τη συνέχεια, οι σεισμικές ανακλάσεις διακρίνονται σε συνεχείς και ασυνεχείς.

② Το εύρος της ανάκλασης (amplitude) δίνει πληροφορίες για τη σχετική διαφορά της ταχύτητας και της πυκνότητας εκατέρωθεν της ανακλαστικής επιφάνειας. Σύμφωνα με το εύρος της ανάκλασης, οι σεισμικές ανακλάσεις διακρίνονται σε σαφείς (μικρού εύρους) και παρατεταμένες (μεγάλου εύρους)

③ Η μορφή της ανάκλασης (configuration) δίνει πληροφορίες για τη μορφή του στρώματος από το οποίο προέρχεται. Σε αυτό το στοιχείο του χαρακτήρα της ανάκλασης αναφέρεται το υπερβολικό ή μη της μορφής της.

Ένα επιπλέον στοιχείο, το οποίο βέβαια δεν σχετίζεται με το χαρακτήρα σεισμικής ανάκλασης, αλλά προσφέρει πληροφορίες στην εκτίμηση της σύστασης των επιφανειακών ιζημάτων, είναι :

- ④ η παρουσία ή η απουσία των υποεπιφανειακών ανακλάσεων.

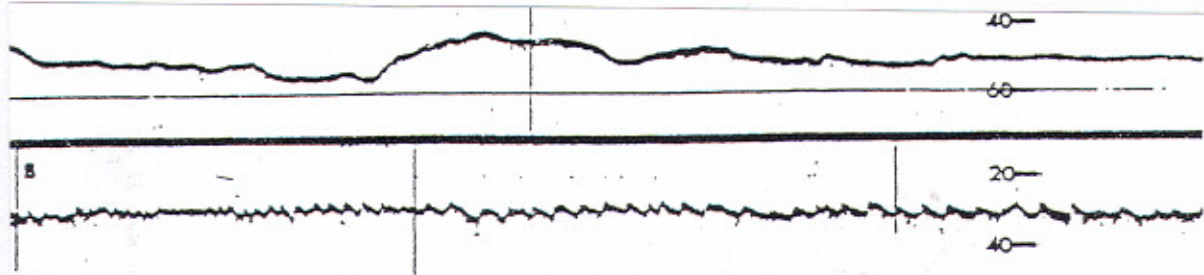
Ο καθορισμός του χαρακτήρα της επιφανειακής (επιφάνεια του πυθμένα) αλλά και των υποεπιφανειακών σεισμικών ανακλάσεων, εφόσον υφίστανται, οδηγεί στον ανάλογο καθορισμό του τύπου της τομογραφίας. Ο καθορισθείς τύπος της τομογραφίας καλείται ακουστικός τύπος (echo-type) και αποτελεί το κύριο μέσο για την εκτίμηση της σύστασης των επιφανειακών ιζημάτων.

Μια αξιοσημείωτη ποικιλία ακουστικών τύπων έχει προταθεί από ερευνητές, τόσο στο Διεθνή όσο και στον Ελληνικό χώρο, για την εκτίμηση της σύστασης των ιζημάτων. Οι ακουστικοί τύποι αποκτούν ιδιαίτερη διαγνωστική αξιοπιστία, όταν η τομογράφιση του πυθμένα συνδυάζεται με δειγματοληψία ιζημάτων με πυρηνολήπτη.

Η καταλληλότερη χρήση της μεθόδου των ακουστικών τύπων σε μια συγκεκριμένη περιοχή, απαιτεί: (α) καθορισμό ακουστικών τύπων ειδικά για την περιγραφή της συγκεκριμένης περιοχής και (β) πυρηνοληψία (δειγματοληψία) ιζημάτων επιλεκτικά σε περιοχές του πυθμένα οι οποίες χαρακτηρίζονται από διαφορετικούς ακουστικούς τύπους. Αν και η προαναφερθείσα μεθοδολογία δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα, κρίνεται απαραίτητη η παρουσίαση των συνηθέστερα αναφερόμενων ακουστικών τύπων.

(1) *Συνεχής, σαφής επιφανειακή ανάκλαση χωρίς υποεπιφανειακές ανακλάσεις (Εικ. 3.26).*

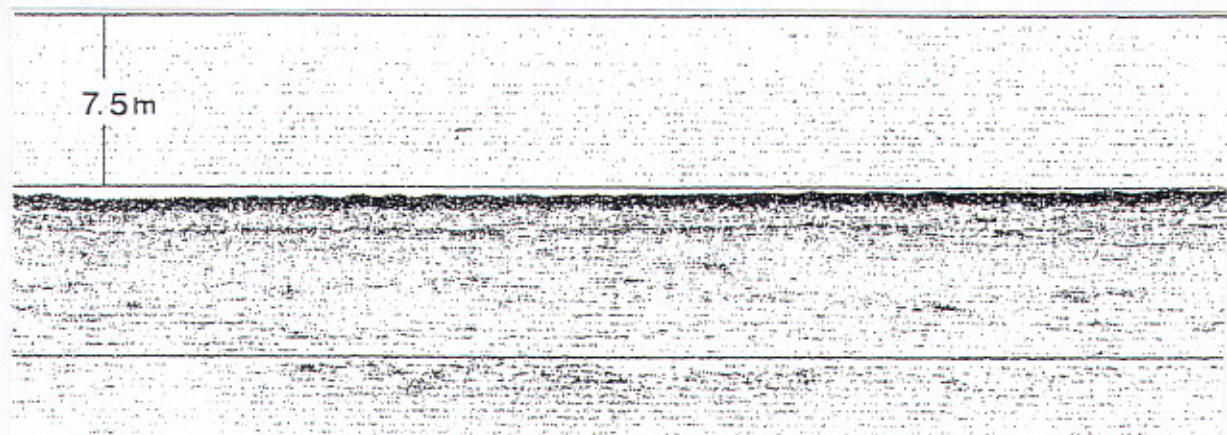
Τομογραφίες με τέτοιο ακουστικό τύπο δηλώνουν ότι τα επιφανειακά ιζήματα του πυθμένα είναι στερεοποιημένα και πιθανώς να καλύπτονται από ένα μικρό επιφανειακό στρώμα άμμου ή ψηφίδων (πάχους μικρότερου από τη διακριτική ικανότητα του τομογράφου). Τα ιζήματα αποτελούν ισχυρούς ανακλαστές των ηχητικών κυμάτων με αποτέλεσμα αυτά να μη διεισδύουν κάτω από τον πυθμένα.



Εικ. 3.26. *Συνεχής, σαφής επιφανειακή ανάκλαση χωρίς υποεπιφανειακές ανακλάσεις.*

(2) *Ημιπαρατεταμένη επιφανειακή ανάκλαση με παρουσία ασαφών και ασυνεχών υποεπιφανειακών ανακλάσεων (Εικ. 3.27).*

Ο πυθμένας καλύπτεται από ιζήματα με μεγάλο ποσοστό άμμου ή/και ψηφίδων. Η παρουσία των αδρομερών ιζημάτων στην επιφάνεια του πυθμένα δεν επιτρέπει την περαιτέρω διείσδυση των ηχητικών κυμάτων ή στην καλλίτερη περίπτωση την επιτρέπει οριακά και τοπικά, εκεί όπου το ποσοστό των αδρομερών ιζημάτων μειώνεται.



Εικ. 3.27. *Ημιπαρατεταμένη επιφανειακή ανάκλαση με παρουσία ασαφών και ασυνεχών υποεπιφανειακών ανακλάσεων.*

(3) Παρατεταμένη (μεγάλου εύρους) επιφανειακή σεισμική ανάκλαση χωρίς παρουσία υποεπιφανειακών ανακλάσεων (Εικ. 3.28).

Τομογραφίες με τέτοιο ακουστικό τύπο δηλώνουν ότι τα επιφανειακά στρώματα του πυθμένα χαρακτηρίζονται από αδρομερή ιζήματα (άμμος ή ψηφίδες) τα οποία διευθετούνται σε λεπτοστρώσεις εναλλαγής άμμου/ψηφίδων και πηλού. Οι λεπτοστρώσεις είναι μεγάλου αριθμού για τα πρώτα λίγα μέτρα του πυθμένα. Ο συγκεκριμένος ακουστικός τύπος εντοπίστηκε και καταγράφηκε σε περιβάλλοντα βαθέων υδάτων.

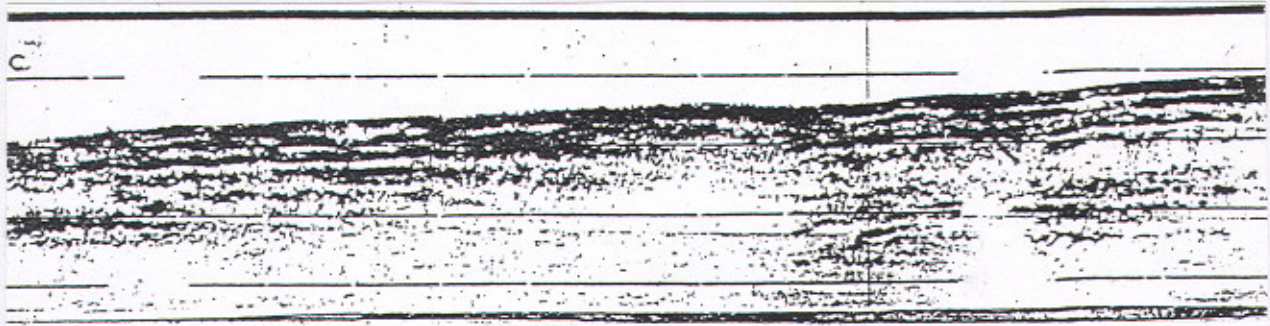
Πρέπει να σημειωθεί ότι παρόμοιος ακουστικός τύπος, ο οποίος εντοπίστηκε στην παράκτια ζώνη (20m) της Α. Κέρκυρας, διαπιστώθηκε ότι οφείλεται σε ιλυούχα ιζήματα χωρίς καθόλου παρουσία άμμου, τα οποία όμως ήταν πολύ πλούσια σε ενστρώσεις φυτικών υπολειμμάτων. Πιστεύεται ότι ο παρατεταμένος ακουστικός χαρακτήρας οφείλεται στην παρουσία φυσαλίδων αέρα ή/και αερίων που έχουν εγκλωβισθεί με τα φυτικά υπολείμματα. Συνεπώς, για την ερμηνεία των ακουστικών τύπων πρέπει να συνεκτιμάται και το περιβάλλον στο οποίο έχουν σχηματισθεί.



Εικ. 3.28. Παρατεταμένη (μεγάλου εύρους) επιφανειακή σεισμική ανάκλαση χωρίς παρουσία υποεπιφανειακών ανακλάσεων

(4) Ημιπαρατεταμένη (σχετικά μεγάλου εύρους) επιφανειακή σεισμική ανάκλαση με παράλληλες/υποπαράλληλες ημιπαρατεταμένες, ασαφείς, ασυνεχείς υποεπιφανειακές ανακλάσεις (Εικ. 3.29).

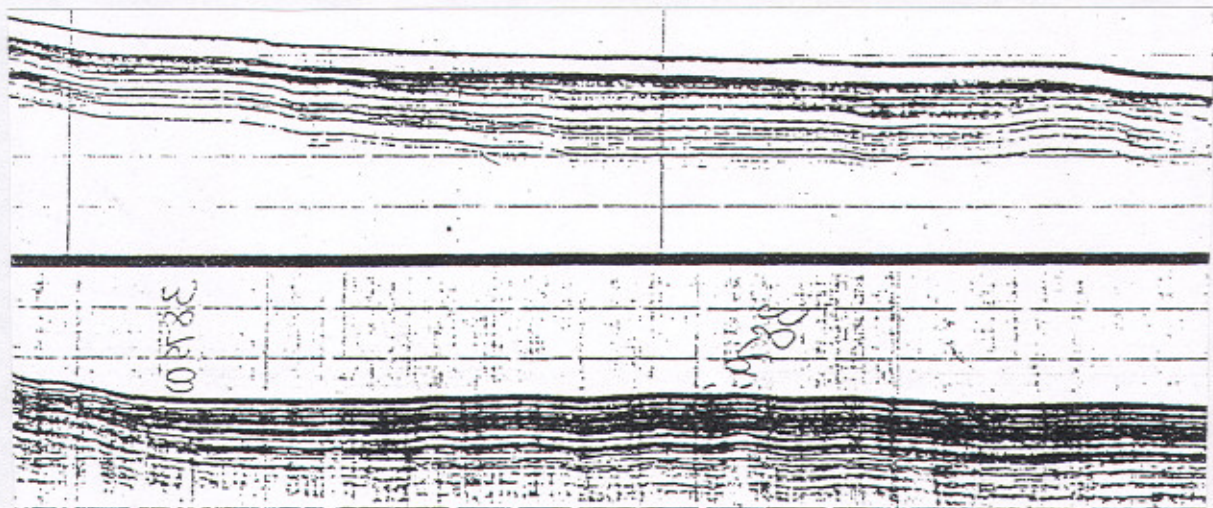
Τομογραφίες με τέτοιο ακουστικό τύπο δηλώνουν ότι τα επιφανειακά στρώματα του πυθμένα χαρακτηρίζονται από αδρομερή ιζήματα (άμμος ή ψηφίδες) τα οποία διευθετούνται σε λεπτοστρώσεις εναλλαγής άμμου/ψηφίδων και πηλού. Ο αριθμός των λεπτοστρώσεων άμμου/ψηφίδων και πηλού είναι αξιοσημείωτα μικρότερος από αυτόν του προηγούμενου ακουστικού τύπου. Αυτός είναι άλλωστε ο λόγος για τον οποίο τα ηχητικά κύματα διεισδύουν και καταγράφονται έστω ασαφώς και ασυνεχώς.



Εικ. 3.29. Ημιπαρατεταμένη (σχετικά μεγάλου εύρους) επιφανειακή σεισμική ανάκλαση με παράλληλες/υποπαράλληλες ημιπαρατεταμένες, ασαφείς, ασυνεχείς υποεπιφανειακές ανακλάσεις.

(5) Συνεχής, σαφής επιφανειακή σεισμική ανάκλαση με παρουσία υποεπιφανειακών παράλληλων σαφών και συνεχών σεισμικών ανακλάσεων (Εικ. 3.30).

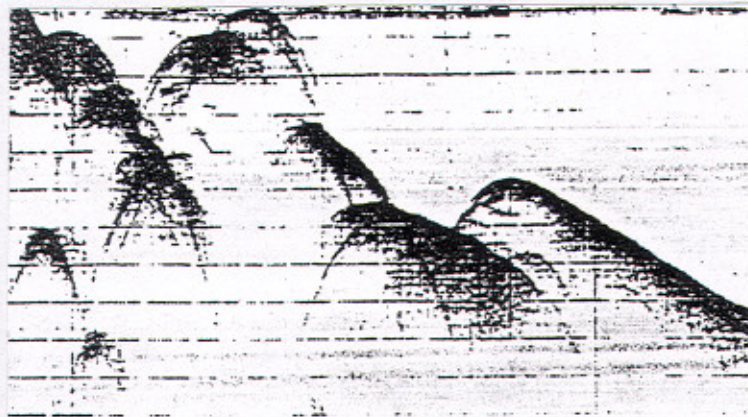
Τομογραφία με τέτοιο ακουστικό τύπο δηλώνει ότι ο πυθμένας συνίσταται από μαλακά ιζήματα μια και διαπιστώνεται σημαντική διείδυση των ηχητικών κυμάτων. Οι λεπτοστρώσεις άμμου και πηλού είτε έχουν πολύ μικρή συμμετοχή (5%) είτε λείπουν εντελώς. Η παρουσία των υποεπιφανειακών ανακλάσεων οφείλεται (α) στην μεταβολή της περιεκτικότητας του CaCO_3 , (β) σε μεταβολή της πυκνότητας, και (γ) σε μεταβολή της συμπαγοποίησης των ιζημάτων.



Εικ. 3.30. Συνεχής, σαφής επιφανειακή σεισμική ανάκλαση με παρουσία υποεπιφανειακών παράλληλων σαφών και συνεχών σεισμικών ανακλάσεων.

(6) Υπερβολικές ανακλάσεις με ή μη παρατεταμένο χαρακτήρα με τις κορυφές τους σε διάφορα βάθη και απουσία υποεπιφανειακών ανακλάσεων (Εικ. 3.31).

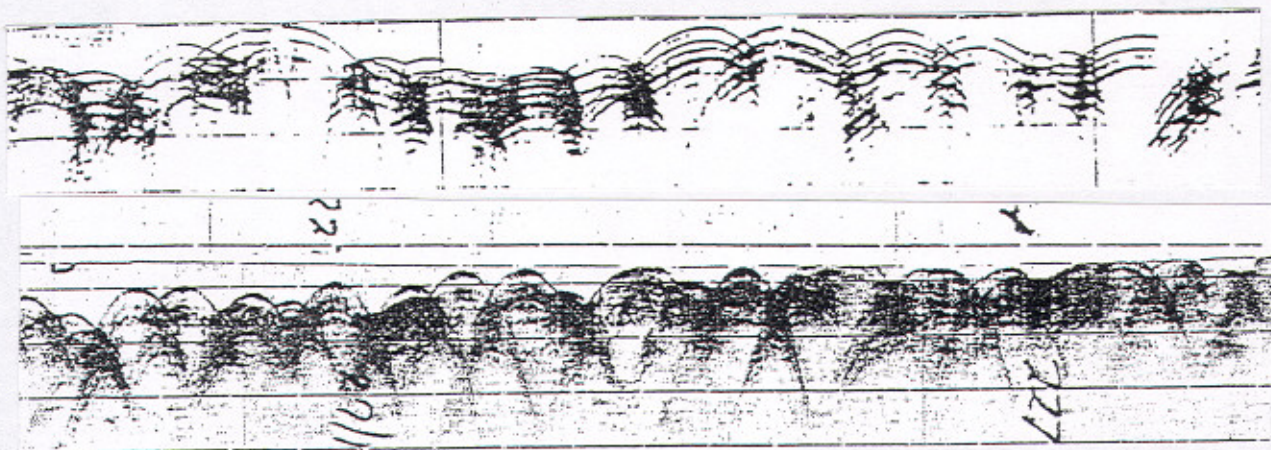
Τομογραφίες με τέτοιο ακουστικό χαρακτήρα δηλώνουν ότι ο πυθμένας παρουσιάζει έντονα ανώμαλο ανάγλυφο και συνίσταται από σκληρά υλικά, συνήθως βραχώδεις εξάρσεις. Είναι πολύ πιθανόν οι βραχώδεις εξάρσεις να καλύπτονται από ένα λεπτό (μικρότερο πάχος από τη διακριτική ικανότητα) στρώμα άμμου ή ψηφίδων.



Εικ. 3.31. Υπερβολικές ανακλάσεις με ή μη παρατεταμένο χαρακτήρα με τις κορυφές τους σε διάφορα βάθη και απουσία υποεπιφανειακών ανακλάσεων.

(7) Υπερβολικές ανακλάσεις με τις κορυφές τους περίπου στο ίδιο βάθος και παρουσία υποεπιφανειακών ανακλάσεων (Εικ. 3.32).

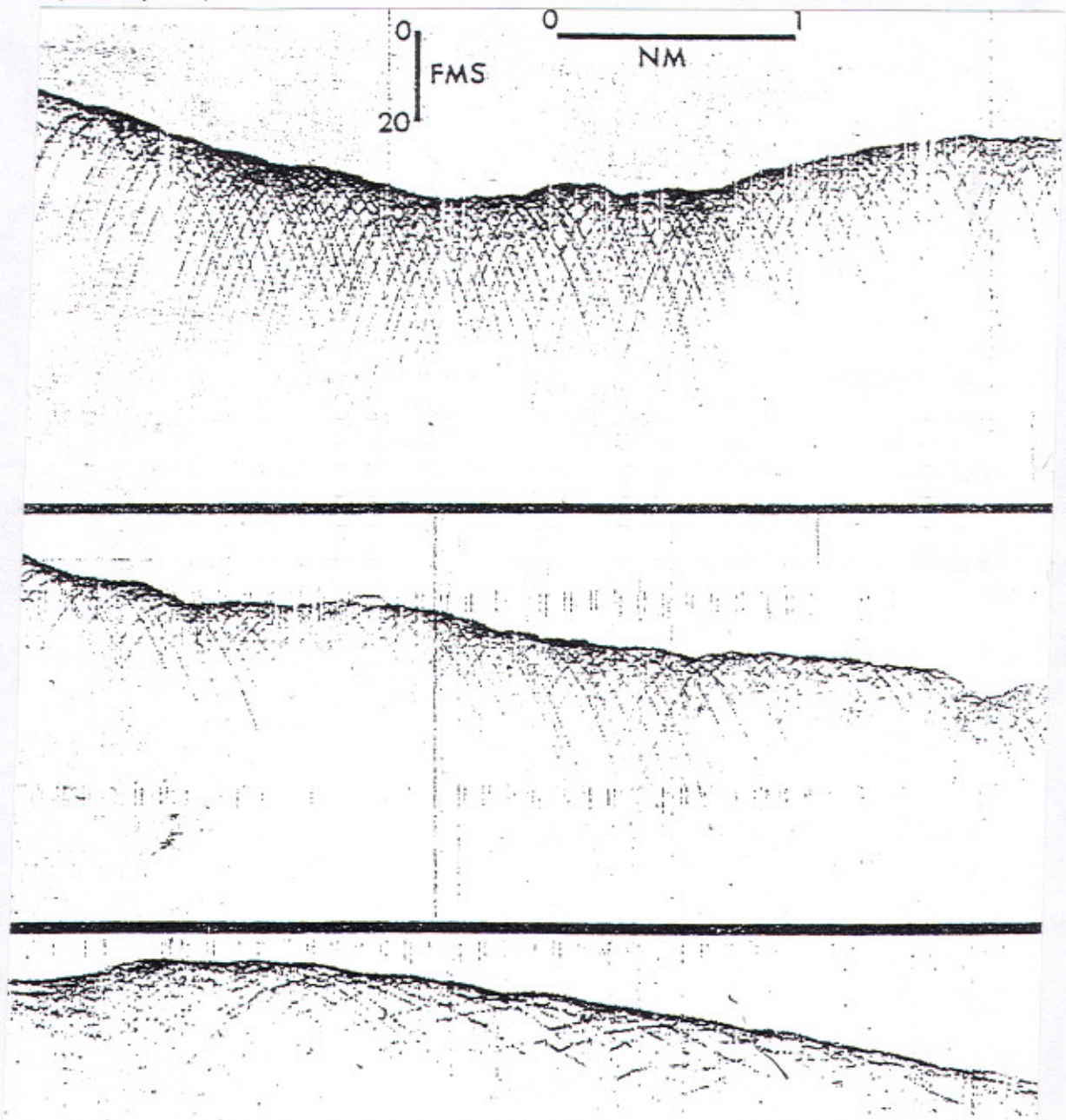
Τομογραφίες με τέτοιο ακουστικό χαρακτήρα δηλώνουν ότι ο πυθμένας συνίσταται από μαλακά ιζήματα και παρουσιάζει ανώμαλο ανάγλυφο εξαιτίας της σημαντικής διαβρωτικής δράσης ρευμάτων.



Εικ. 3.32. Υπερβολικές ανακλάσεις με τις κορυφές τους περίπου στο ίδιο βάθος και παρουσία υποεπιφανειακών ανακλάσεων.

(8) Υπερβολικές ανακλάσεις κανονικού σχήματος και επικαλυπτόμενες, με τις κορυφές τους σχεδόν εφαπτομενικές στην επιφάνεια του πυθμένα. (Εικ. 3.33).

Τομογραφίες με τέτοιο ακουστικό χαρακτήρα δηλώνουν ότι ο πυθμένας παρουσιάζει μικροανάγλυφο εξαιτίας είτε της διαβρωτικής δράσης ρευμάτων είτε της ανάπτυξης κατολισθητικών φαινομένων (λασπορών).



Εικ. 3.33. Υπερβολικές ανακλάσεις κανονικού σχήματος και επικαλυπτόμενες, με τις κορυφές τους σχεδόν εφαπτομενικές στην επιφάνεια του πυθμένα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ ΜΕ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ (SIDE-SCAN SONAR)

4.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ.

Οι πρώτες προσπάθειες για την ανάπτυξη ενός συστήματος πλευρικού ηχοβολιστή - για τη μελέτη της μορφολογίας του πυθμένα - παρουσιάσθηκαν ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του '50. Ο W. Kunze (1957) χρησιμοποίησε ένα ζεύγος πομποδεκτών για να ελέγξει την επιφάνεια του πυθμένα εκατέρωθεν της πορείας του σκάφους. Οι Chesterman et al (1958) εγκατέστησαν ηχοβολιστή με μεταβαλλόμενη γωνία δέσμης, ενώ ο Kelvin Hughes (1960) εισήγαγε το ιχθυοανιχνευτικό σύστημα "fisherman's Asdic" το οποίο μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως πλευρικό ηχοβολιστικό. Περισσότερο σύνθετα συστήματα όπως ο "σαρωτής τομέα" ("sector scanner") (Cholet et al 1968, Hopkins 1970) εισήχθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του '60. Ο A.R.L ηλεκτρονικός "σαρωτής τομέα" χρησιμοποιούσε μία δέσμη εύρους μόλις $1/3^\circ$ η οποία σάρωνε ένα τόξο 30° . Το πλεονέκτημα των "σαρωτών" έναντι των ηχοβολιστικών σταθερής δέσμης είναι το γεγονός ότι μπορούν να ανιχνεύουν σε οποιαδήποτε διεύθυνση από το σκάφος ακόμη και όταν αυτό είναι ακίνητο.

Ένας αμερικάνος ερευνητής ο Dr. Harold "Doc" Edgerton με ένα σημαντικό πείραμα του, το 1963, οδηγήθηκε στη σχεδίαση ενός συστήματος πλευρικού ηχοβολισμού, το οποίο έμελλε να εξελιχθεί στις μέρες μας, σε έναν από τους πιο αξιόπιστους και ευρέως χρησιμοποιούμενους ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης. Ο Edgerton, στην προσπάθεια του να εντοπίσει το ναυάγιο του φαρόπλοιου Vineyard - το οποίο βυθίστηκε άτανδρο κατά τη διάρκεια ενός τυφώνα το 1944- εγκατέστησε τον πρόσφατα σχεδιασμένο από τον ίδιο τομογράφο υποδομής πυθμένα ("Sub Bottom Profiler") έτσι ώστε να εκπέμπει την κωνική δέσμη του πλευρικά και κάθετα προς την πορεία του σκάφους και όχι κατακόρυφα όπως ήταν η συνήθης χρήση του. Η καταγραφή που προέκυψε έδειξε τη θέση ενός μεγάλου στόχου που αναπαυόταν στον πυθμένα, χωρίς όμως να είναι ιδιαίτερα σαφής ώστε να είναι ενδεικτική ναυαγίου (Εικ. 4.1).

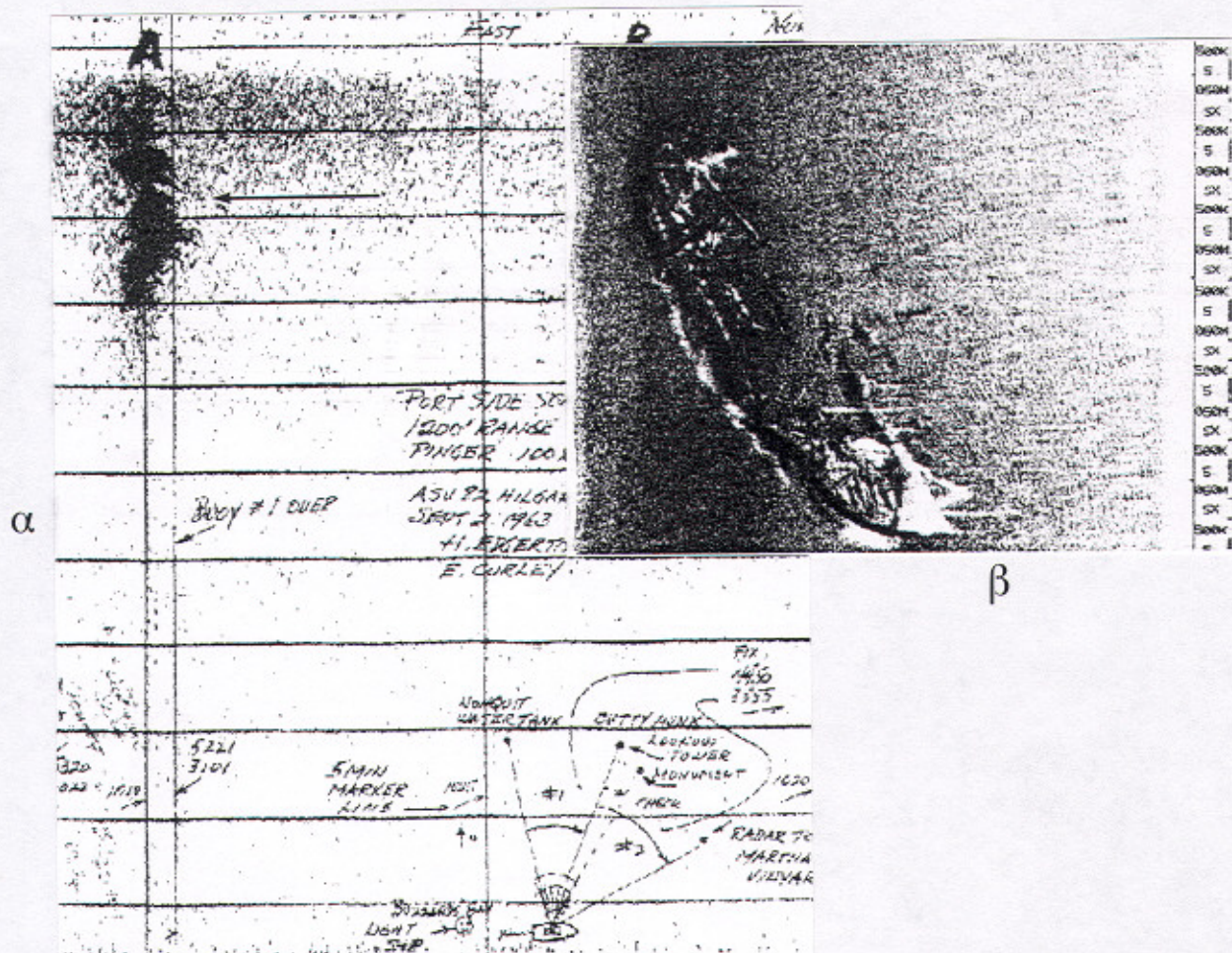
Το πείραμα αυτό αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη από την εταιρεία του Edgerton, E.G & G, ενός επαναστατικού συστήματος πλευρικής σάρωσης υψηλών συχνοτήτων, πολύ πιο αποτελεσματικού από τα πλευρικά ηχοβολιστικά που είχαν αναπτυχθεί μέχρι τότε στην Αγγλία.

Η ανάπτυξη των ηχοβολιστών πλευρικής σάρωσης ακολούθησε δύο κύριες οδούς οι οποίες αποτελούν ουσιαστικά δύο διαφορετικές προσεγγίσεις στο πρόβλημα της μορφολογικής αποτύπωσης του πυθμένα.

Η πρώτη προσέγγιση απαιτεί τη σύρση μίας ημιπλωτής διάταξης δύο πομποδεκτών πίσω από το σκάφος κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας (- όταν το βάθος του νερού είναι μικρό-) ή κοντά στον πυθμένα (- όταν ερευνώνται περιβάλλοντα βαθέων υδάτων-) με μικρό εύρος σάρωσης, ώστε να μελετηθεί περιορισμένο τμήμα του πυθμένα αλλά με σημαντική ακρίβεια.

Η δεύτερη προσέγγιση απαιτεί σύρση της ημιπλωτής συσκευής κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας με μεγάλο εύρος σάρωσης, έτσι ώστε να μελετηθεί μεγάλη έκταση του πυθμένα αλλά με περιορισμένη ακρίβεια. Τυπικός πλευρικός ηχοβολιστής, αυτού του τύπου της προσέγγισης, είναι το σύστημα GLORIA (Geological Long Range Inclined Asdic) με ζώνη σάρωσης εύρους 22Km.

Οι ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης που παρουσιάζουν σχετικά μικρό εύρος σάρωσης (έως 600m), έτυχαν ευρείας αποδοχής την τελευταία 15ετία, εξαιτίας του απλού τρόπου χρήσης τους και των πολλαπλών εφαρμογών τους.



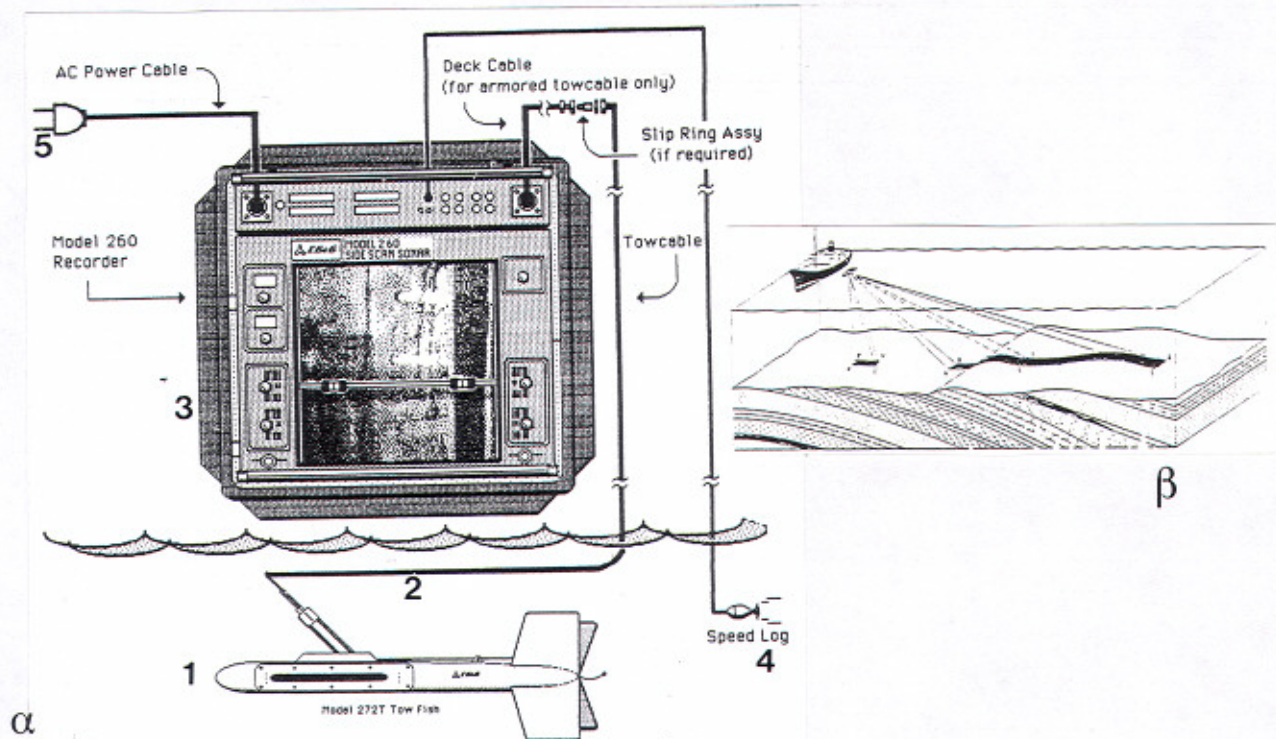
Εικ. 4.1. Τις εικονιζόμενες ηχογραφίες , τις χωρίζουν 27 ολόκληρα χρόνια.

(α) Η ηχογραφία που προέκυψε από το πείραμα του Edgerton (1963). Οι πυκνές υπερβολικές ανακλάσεις (μαύρη περιοχή: A) στο άνω αριστερό τμήμα της καταγραφής είναι το ναυάγιο του φαρόπλοιου Vineyard. (β) Ηχογραφία που προέκυψε από σύγχρονο σύστημα ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης και απεικονίζει το ίδιο ναυάγιο .

Μία μεγάλη ποικιλία ονομάτων απαντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία, τα οποία αναφέρονται σε συστήματα πλευρικού ηχοβολισμού. Το πρώτο όνομα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το "Asdic" λόγω της ομοιότητας που παρουσίαζε το νέο αυτό σύστημα με τα όργανα ανθυποβρυχιακού πολέμου που χρησιμοποιήθηκαν στο δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Αλλά ονόματα είναι τα : basdic, sideways asdic, sideways looking sonars, sideways sonar, echo-ranger, horizontal echo-sounder και lateral echo-sounder. Το όνομα όμως που έχει πλέον καθιερωθεί διεθνώς, είναι το "side-scan sonar", το οποίο στην ελληνική βιβλιογραφία αποδόθηκε από το Φερεντίνιο (1985) ως "ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης" ενώ οι καταγραφές (sonographs) που προκύπτουν αποδόθηκαν ως "ηχογραφίες".

4.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

Ο ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης (ηχ.πλ.σαρ.) αποτυπώνει με ηχητικά κριτήρια τη μορφολογία του πυθμένα και δίνει διαστάτες απεικονίσεις (ηχογραφίες) της επιφάνειάς του. Ένα σύστημα ηχ.πλ.σαρ. συνίσταται από τρία βασικά μέρη : (α) τους ημιπλωτούς πομποδέκτες που τοποθετούνται στην ηχοβολιστική τορπίλη (Εικ.4.2.α.), (β) το καλώδιο μεταφοράς του σήματος και συγχρόνως καλώδιο σύρσης (Εικ.4.2.α.) και (γ) την καταγραφική μονάδα δύο καναλιών (Εικ. 4.2.α).



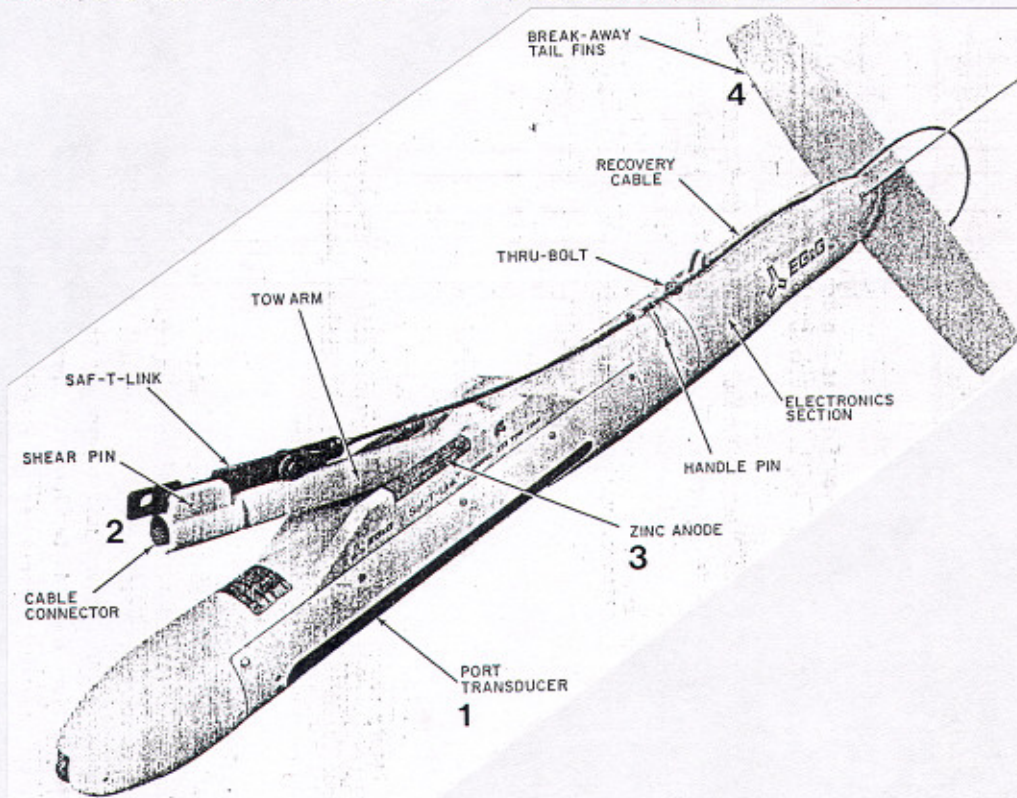
Εικ. 4.2. (α) Σύστημα ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης (1) ημιπλωτή τορπίλη πομποδεκτών, (2) καλώδιο σύρσης, (3) καταγραφική μονάδα, (4) δρομόμετρο, (5) παροχή ενέργειας. (β) Ηχητική σάρωση του πυθμένα με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης.

(Α) Ηχοβολιστική τορπίλη πομποδεκτών (towfish)

(i) Περιγραφή ηχοβολιστικής τορπίλης

Οι ηχοβολιστικές τορπίλες των διαφόρων συστημάτων ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις όσον αφορά στις διαστάσεις, το βάρος τις δυνατότητες και τους χειρισμούς. (Πιν. 4.1). Ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης που παρουσιάζουν μικρό εύρος σάρωσης του πυθμένα (έως 600m) έχουν ηχοβολιστικές τορπίλες μικρού μεγέθους (1m) και βάρους (25kg) (Εικ. 4.3, 4.4), ενώ αντιθέτως συστήματα που σαρώνουν μεγάλες εκτάσεις του πυθμένα (20-30km) διαθέτουν τορπίλες μεγάλου μήκους (10m) και βάρους (6ton.) (Εικ. 4.5) που απαιτούν μεγάλα σκάφη και ειδικές διατάξεις για τη ρίψη τους στη θάλασσα.

Οι μικρού μεγέθους ηχοβολιστικές τορπίλες, που έχουν ευρεία εφαρμογή, είναι υδροδυναμικά σχεδιασμένες και διαθέτουν ουραία πτερύγια για τη σταθεροποίηση της πλεύσης τους (Εικ. 4.3). Διαθέτουν επιπλέον ειδικό σύστημα πρόσδεσης του καλωδίου σύρσης, ανόδους ψευδαργύρου, υδατοστεγές τμήμα για το ηλεκτρονικό τους μέρος, ενώ πλευρικά τοποθετούνται οι δύο πομποδέκτες (Εικ. 4.3, 4.4).



Εικ. 4.3. Ηχοβολιστική τορπίλη για ηχ.πλ.σαρ. μικρής ζώνης σάρωσης πυθμένα.

(1) πομποδέκτης, (2) διάταξη σύνδεσης του καλωδίου σύρσης, (3) άνοδοι ψευδαργύρου και (4) ουραία πτερύγια.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1

Χαρακτηριστικά παλαιότερων και σύγχρονων ηχοβολιστών πλευρικής σάρωσης

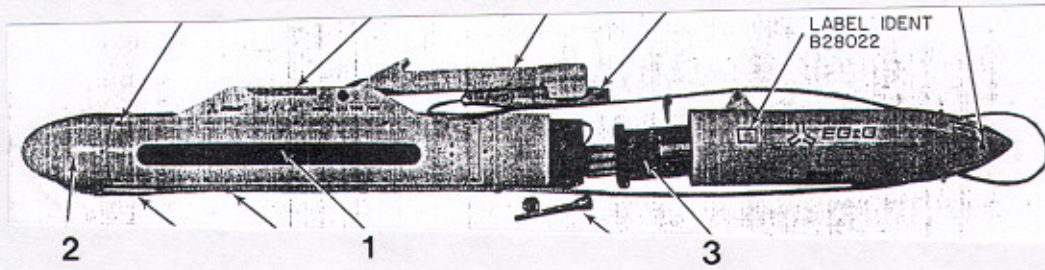
Κατασκευαστής & τύπος	Kelvin Hughes Transit	E.G & G			Klein	
	MS 43 MS 47	Mk 1A	Mk 1B	260 IC	Mk 300	Mk 400
ΗΛΕΚΤΡΟ-ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ • Συχνότητα • Διάρκεια παλμού • Γωνία δέσμης - οριζόντια - κατακόρυφη • Κλίση της δέσμης ως προς τη οριζόντια • Πλευρική σάρωση • Διαστάσεις πομποδέκτη	48 kHz 1 ms 1.5° 51° 275 - 550 m 112x10x15cm	105 ± 10 kHz 0.1 ms 1° 40° 10° 75, 150 & 300 m	105 ± 10 kHz 0.1 ms 1.2° 20° - 50° 10° - 20° 50, 100, 125, 200, 250, 500 m	105 ± 10 kHz 390 ± 20 kHz 0.1 και 0.01 ms 1.2° 50° 20° 25, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 600	50 kHz 0.1 ms 2° 20° 10° 75, 150, 300 ή 100, 200, 400 m	100 kHz 0.1 ms 0.75° 20° 10° 75, 150, 300 ή 100, 200, 400 m
Τορπίλη Διαστάσεις Βάρος Μέγιστη βύθιση	24 + 45 kgr	127x10x30.5 cm 18 kgr 360m ή 600m	272 Saf-T-Link 118x11.4x30 cm 22 kgr 600 m	272 TD 150x24x41 cm 25 kgr 600 m	300 B 91.4x25.4x25.4 cm 41 kgr 450 m	402 A 122x9x30.5 cm 14 kgr 450 m
Καλώδιο Διαστάσεις - μήκος - διάμετρος Βάρος	ενισχυμένο με ορματόσχοινο	ενισχυμένο με ορματόσχοινο		διπλά ενισχυμένο	ενισχυμένο με ορματόσχοινο	ενισχυμένο με ορματόσχοινο
Καταγραφείας Κανάλια Χαρτί: - τύπος - εύρος Διαστάσεις Βάρος	1 Υγρό 15 ή 22.8cm	259-3 2 Υγρός Alifax type A 28 cm (13cm/track) 28x44x84 cm 38 kgr	260 3 Ξηρό 28 cm	2 Υγρό 48 cm ή (20.3cm/track)	401 2 Υγρό 28 cm 25.4x84.4x60cm 45 kgr	401 2 Υγρό 28 cm 25.4x84.4x60cm 45 kgr
Ταχύτητα σύρσης		2 - 8 knots	1 - 15 knots	0 - 12.7 knots	1 - 8 knots	0 - 12 knots

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 (συνέχεια)

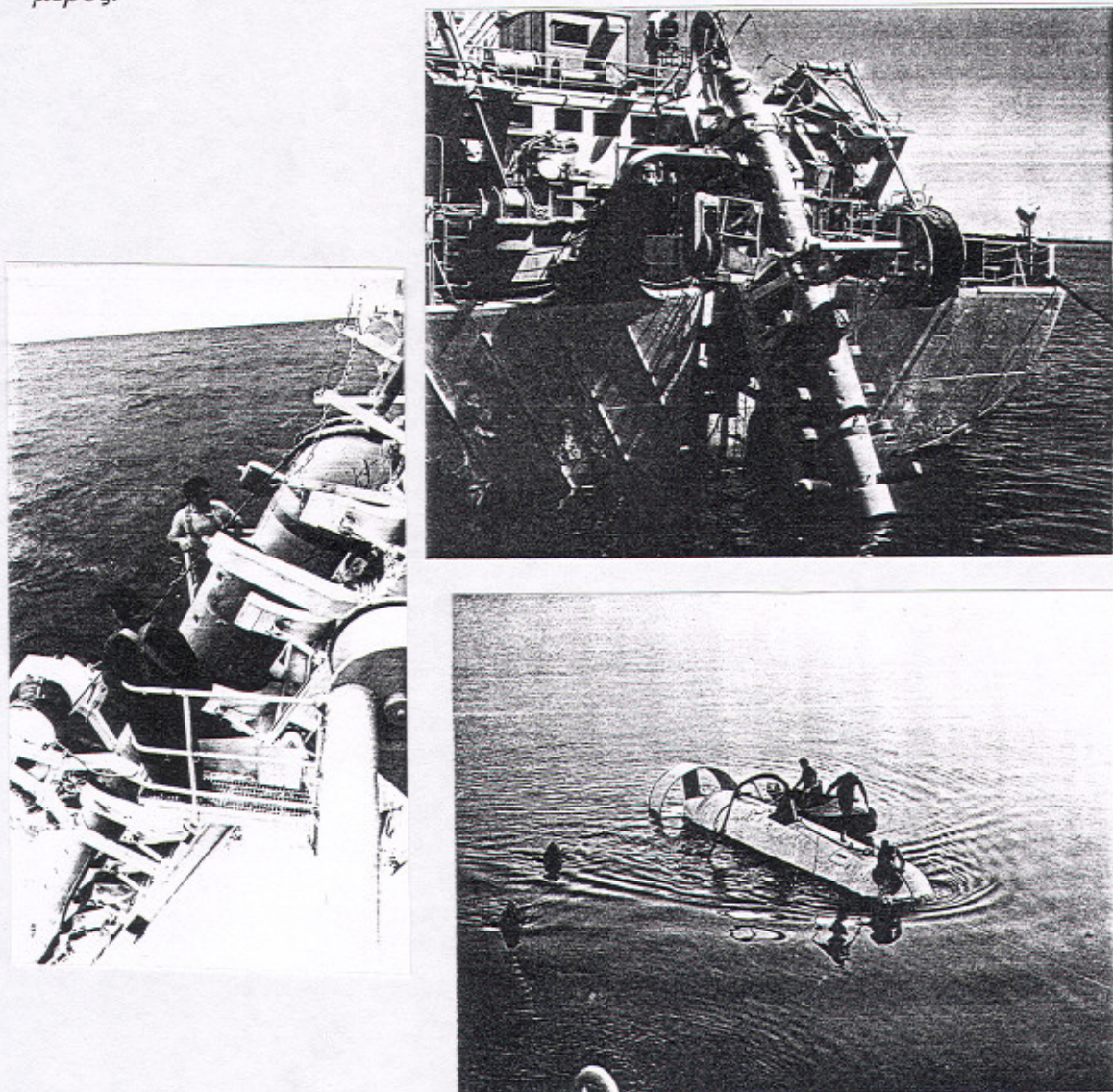
Χαρακτηριστικά παλαιότερων και σύγχρονων ηχοβολιστών πλευρικής σάρωσης

Κατασκευαστής & τύπος	Geomecანი que-IFP SOL 110S	O.R.E		EDO Western 601	National Institute of Oceanography (GB) GLORIA	
		1096	1098		GLORIA I	GLORIA II
ΗΛΕΚΤΡΟ-ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ • Συχνότητα • Διάρκεια παλμού • Γωνία δέσμης - οριζόντια - κατακόρυφη • Κλίση της δέσμης ως προς τη οριζόντια • Πλευρική σάρωση • Διαστάσεις πομποδέκτη	23-37.5 kHz 0.6 - 1.2 ms 1.5° - 2.5° 20° - 25° 0° - 90° 375,750,937.5 1500 m 143.6x14 cm	96 kHz 0.1 ms 2° 30° 10° 300 m (max) 7.6x40.7x3.8 cm	97 kHz 0.1 ms 2° 35° 15° - 20° 300 m (max) 7.6x40.7x3.8 cm	100 kHz 0.1 ms 1.3° 57° 10° - 20° 450 m 45.7x6.35 cm	6.5 kHz interpulse pause (30s) pd:12ms 2.5° 30° 20° 27 km	6.2-6.8 kHz interpulse pause (30s) pd:12ms 2.5° 30° 20° 7,15,30 km 2x30 στοιχεία
Τορπίλη	Διαστάσεις 350x50x80 cm Βάρος 450 kgr Μέγιστη βύθιση 2000 m	196	198	602		7.75x0.66 m 2.04ton 50 m(8knots)
Καλώδιο	ενισχυμένο με ουρματόσχοινο Διαστάσεις -μήκος 250 m -διάμετρος 2.5 - 3.2 cm Βάρος 2.6 - 3.4 kgr	ενισχυμένο 300m(st)	ναύλον 500m (st) 300-600m	ναύλον 75 m - 150 m 1.0 cm	ενισχυμένο με ουρματόσχοινο	ενισχυμένο με ουρματόσχοινο
Καταγραφέας	Mufax (IFP) 2	2	2	EDO, 550 ή 552 2	1	2
Κανάλια	2				1	2
Χαρτί:	Υγρό Mairhead ROUH 22.8cm		28 ή 48 cm		Υγρό	Υγρό
Βύθος	45x40x50cm 30 kgr					
Ταχύτητα σάρωσης			0 - 5 knots	0 - 15 knots	7 - 11 knots	8 - 11 knots

Κατασκευαστής & τύπος	National Institute of Oceanography (GB) ASDIC	
	MK I	MK II
ΗΛΕΚΤΡΟ-ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ • Συχνότητα • Διάρκεια παλμού • Γωνία δέσμης - οριζόντια - κατακόρυφη • Κλίση της δέσμης ως προς τη οριζόντια • Πλευρική σάρωση • Διαστάσεις πομποδέκτη	36 kHz 1ms 1.3° 12° 750 m	36 kHz 1ms 2.5° 11° 1 km



Εικ. 4.4. Ηχοβολιστική τορπίλη για ηχ.πλ.σαρ. μικρής ζώνης σάρωσης πυθμένα.
 (1) πομποδέκτης, (2) ρύγχος από άνοδο ψευδαργύρου, (3) ηλεκτρονικό μέρος.



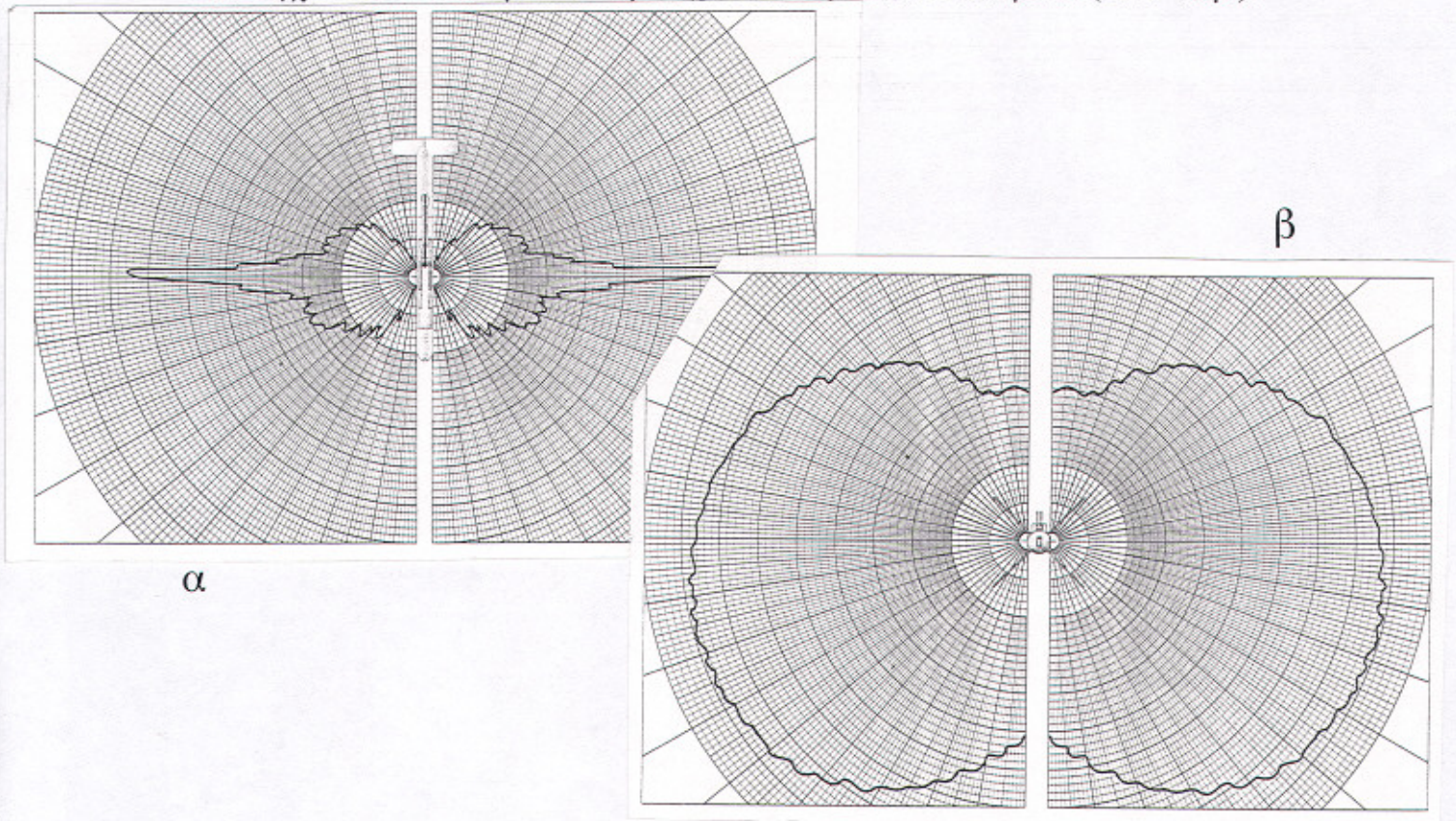
Εικ. 4.5. Διαδικασία ρίψης ηχοβολιστικής τορπίλης, ηχοβολιστή μεγάλου εύρους σάρωσης (GLORIA)

(ii) Περί παλμών (pulse) και ηχητικής δέσμης (sound beam)

Οι δύο πομποδέκτες είναι τοποθετημένοι στις πλευρές της, υδροδυναμικά σχεδιασμένης, μεταλλικής τορπίλης μήκους 1m, έτσι ώστε να σαρώνουν ηχητικά τον πυθμένα πλευρικά της πορείας της, καθώς αυτή σύρεται πίσω από το σκάφος (Εικ. 4.2.β.). Η διάταξη των πομποδεκτών εκπέμπει συνήθως σε δύο συχνότητες με δυνατότητα επιλογής της συχνότητας από την καταγραφική μονάδα. Υψηλή συχνότητα απαιτείται για λεπτομερή αποτύπωση του πυθμένα ενώ χαμηλή συχνότητα για σάρωση μεγάλου εύρους.

Ο εκπεμπόμενος παλμός (pulse) έχει διάρκεια (pulse length) 0.1millisecond για τις χαμηλές και μέσες συχνότητες και διάρκεια 0.01millisecond για τις υψηλές συχνότητες. Οι παλμοί σχηματίζουν ηχητική δέσμη (sound beam) η οποία δημιουργεί ηχητικά κύματα τα οποία παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα για δεδομένη συχνότητα.

Η διασπορά της ηχητικής δέσμης κατά το οριζόντιο επίπεδο είναι ιδιαίτερα στενή, με γωνία από 1.2° έως 0.6° για τις μέσες συχνότητες και έως 0.25° για τις υψηλές συχνότητες (Εικ. 4.6α.)(Πιν. 4.1). Η γωνία της ηχητικής δέσμης κατά το κατακόρυφο επίπεδο είναι περίπου 50° (Εικ. 4.6β.)(Πιν.4.1). Οι πομποδέκτες είναι συνήθως στραμμένοι προς τα κάτω, ώστε να σχηματίζουν κατακόρυφη γωνία ηχητικού άξονα 10° , 15° ή και 20° . Με αυτό τον τρόπο ο σχηματιζόμενος κύριος ηχητικός λοβός επιτυγχάνει αποτελεσματικότερη ηχητική σάρωση του πυθμένα (Εικ. 4.6β.).



Εικ. 4.6. Γραφική αναπαράσταση της γεωμετρίας της ηχητικής δέσμης κατά (α) το οριζόντιο και κατά (β) το κατακόρυφο επίπεδο.

(iii) Περί λοβών (κύριος και δευτερεύοντες)(primary & secondary lobes)

Η εκπεμπόμενη ηχητική δέσμη διαχωρίζεται:

(1) - στον **κύριο λοβό** (primary lobe) του οποίου η γωνία καθορίζεται ως ένας τομέας όπου η ένταση του ήχου είναι μόλις 3dB μικρότερη από την ένταση (μέγιστη) του ηχητικού άξονα (Εικ. 4.7.).

(2) - σε ένα αριθμό δευτερευόντων λοβών (Εικ. 4.8.).

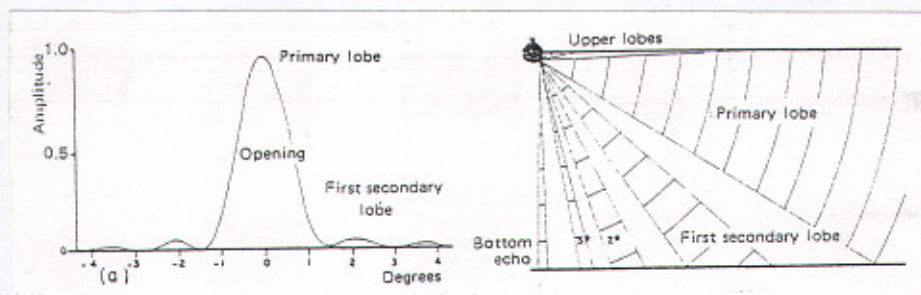
Ο σχηματισμός της ηχογραφίας οφείλεται στην ανάκλαση των ηχητικών κυμάτων στον πυθμένα κυρίως αυτών του κύριου λοβού, αλλά και των δευτερευόντων λοβών που επίσης αναπτύσσονται (Εικ. 4.7.). Ο δευτερεύων λοβός είναι ασθενέστερος και σε περιοχές όπου επικαλύπτεται με τον κύριο λοβό προκαλείται δραματική μείωση της διακριτικής ικανότητας του συστήματος. Επιπλέον οι δευτερεύοντες λοβοί δίνουν μια τομή του πυθμένα κατά μήκος της πορείας της τορπίλης, ενώ καταγράφουν κάθε στόχο (κυρίως κοπάδια ή άτομα ψαριών) που βρίσκεται στην υδάτινη στήλη κοντά σε αυτή.

Η γεωμετρία του εκπεμπόμενου κύριου λοβού καθορίζεται σύμφωνα με τις σχέσεις:

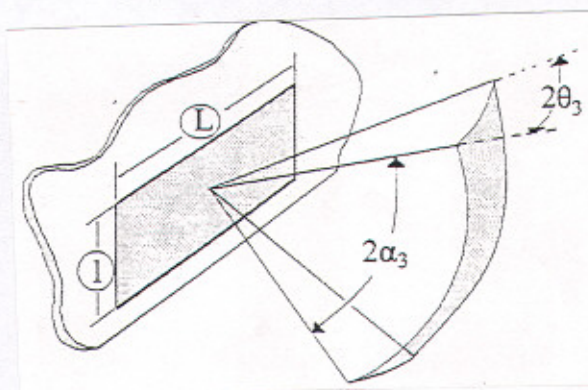
$$2\theta_3 = \lambda/L, \quad 2\alpha_3 = \lambda/l$$

όπου: L και l = διαστάσεις της επιφάνειας του προβολέα του πομποδέκτη (Εικ. 4.8.),

λ = μήκος κύματος



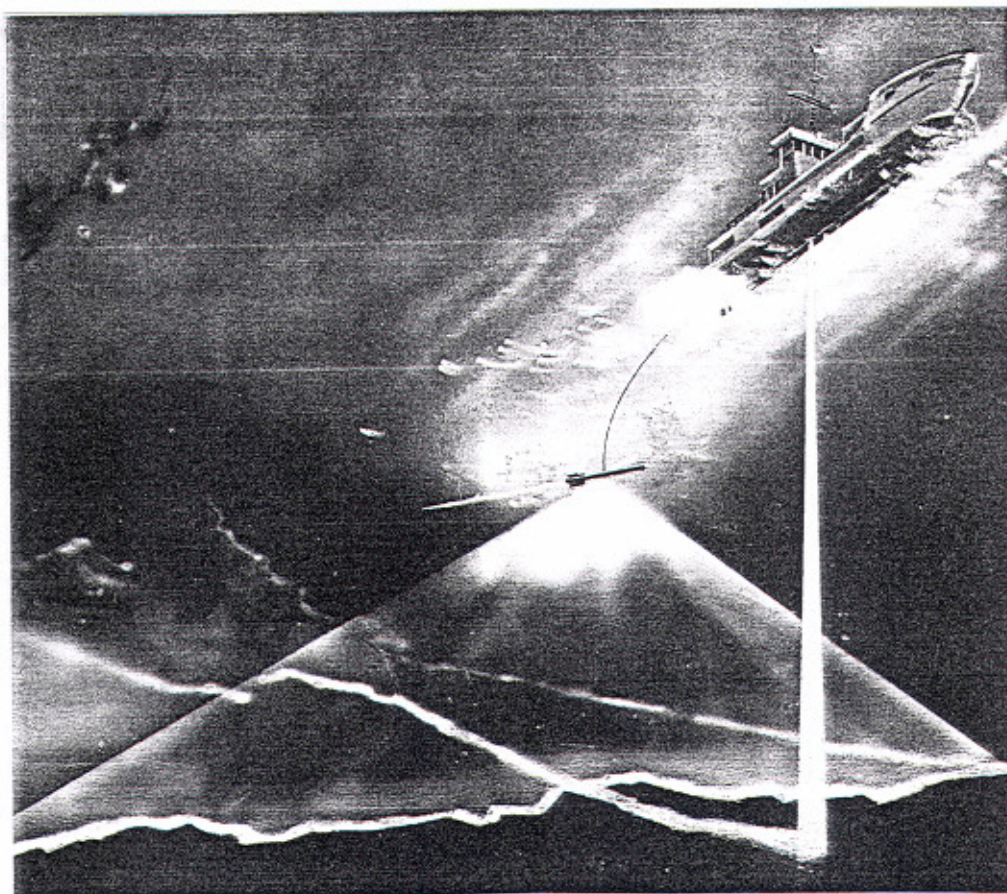
Εικ. 4.7. Διαγραμματική αναπαράσταση του κύριου και των δευτερευόντων λοβών κατά (α) το οριζόντιο και (β) κατακόρυφο επίπεδο.



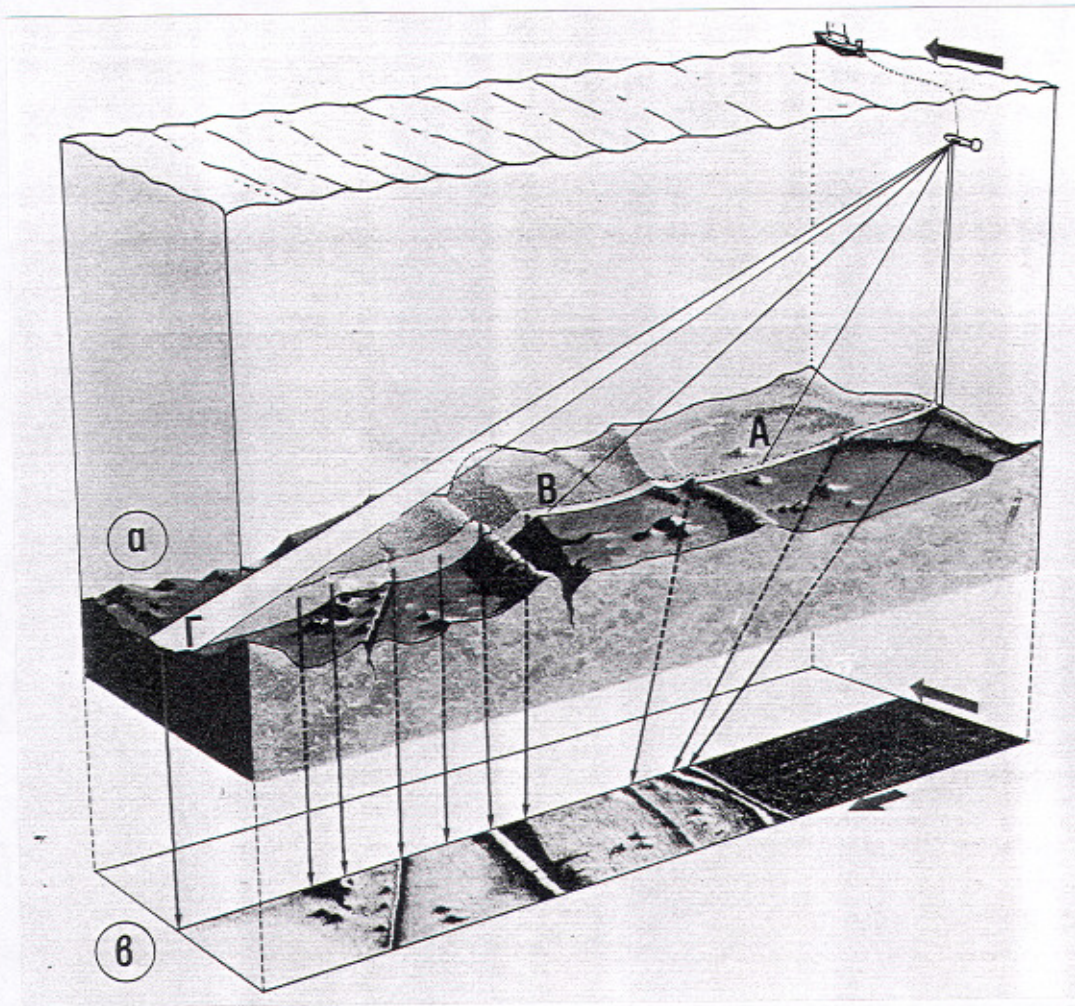
Εικ. 4.8. Γεωμετρική απεικόνιση της ηχητικής δέσμης.

(iv) Σχηματισμός ηχογραφίας

Σε αναλογία με τα απλά βυθόμετρα τα οποία συλλέγουν σημειακή πληροφορία για κάθε μια εκπομπή παλμού, ο ηχ. πλ. σαρ. συλλέγει πληροφορίες κατά μήκος μίας γραμμής δεξιά και αριστερά του άξονα της τορπίλης (Εικ. 4.9). Αυτό συμβαίνει διότι ο εκπεμπόμενος παλμός, όπως έχει ήδη αναφερθεί, διαμορφώνεται σε κατακόρυφο επίπεδο το οποίο σαρώνει ηχητικά τον πυθμένα και την υδάτινη στήλη. Οι πομποδέκτες μέχρι την εκπομπή του επόμενου παλμού δέχονται τα ανακλώμενα ηχητικά κύματα τόσο από τον πυθμένα όσο και από την υδάτινη στήλη. Είναι φανερό ότι οι ανακλάσεις που προέρχονται από περιοχές του πυθμένα κοντά στην τορπίλη αφικνούνται γρηγορότερα στους πομποδέκτες από αυτές που προέρχονται από μεγαλύτερες αποστάσεις (Εικ.4.10α). Οι ανακλάσεις από ένα παλμό καταγράφονται κατά μήκος μιας γραμμής ως ανοιχτόχρωμα και σκουρόχρωμα τμήματα, αναλόγως την ένταση τους, η οποία με τη σειρά της είναι αποτέλεσμα της φύσης του πυθμένα. Καθώς η τορπίλη μετακινείται συνεχώς και η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται εκατοντάδες φορές το κάθε λεπτό, εκατοντάδες γραμμές καταγραφής τοποθετούνται η μια δίπλα στην άλλη και έτσι στοιχειοθετείται η ηχογραφία του πυθμένα (Εικ.4.10β). Ο τρόπος με τον οποίο στοιχειοθετείται μία ηχογραφία παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες με αυτόν της τηλεοπτικής οθόνης, η οποία στοιχειοθετείται από εκατοντάδες κατακόρυφες γραμμές, χωρίς καθεμία χωριστά να μπορεί να πληροφορήσει το θεατή.



Εικ. 4.9. Τρισδιάστατη απεικόνιση του τρόπου εκπομπής των ηχητικών δεσμών και της ηχητικής σάρωσης του πυθμένα από ένα ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης.



Εικ. 4.10. (α) Τρισδιάστατη απεικόνιση του τρόπου της ηχητικής σάρωσης του πυθμένα από ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης (μόνο η εκπομπή του αριστερού πομποδέκτη αναπαρίσταται). Οι ανακλάσεις που προέρχονται από τη γραμμή σάρωσης ΟΓ αφικνούνται στον πομποδέκτη, λόγω των σχετικών τους αποστάσεων, με τη σειρά Ο, Α, Β και Γ. **(β)** Σχηματισμός της αντίστοιχης ηχογραφίας με στοιχειοθέτηση των γραμμών σάρωσης.

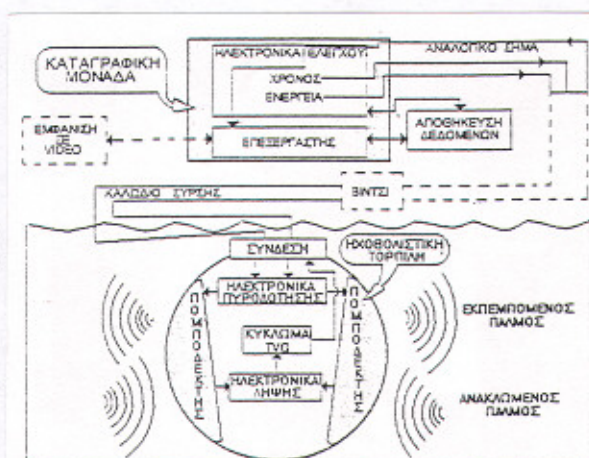
(v) Περί ενίσχυσης του ανακλασθέντος σήματος

Αν θελήσουμε να περιγράψουμε με περισσότερες λεπτομέρειες τον τρόπο λειτουργίας ενός ηχ.πλ.σαρ. πρέπει να αναφερθεί ότι οι πλευρικοί πομποδέκτες είναι πιεζοηλεκτρικοί κεραμικοί προβολείς, οι οποίοι κάτω από την επίδραση ενός ηλεκτρικού πεδίου πάλλονται. Ένα ηλεκτρικό πεδίο αναπτύσσεται, από το ηλεκτρονικό μέρος το οποίο είναι υπεύθυνο για την πυροδότηση του παλμού (triggering electronics), και τροφοδοτείται προς τους πιεζοηλεκτρικούς κεραμικούς προβολείς (Εικ. 4.11). Όταν εφαρμοσθεί η ηλεκτρική τάση στους πομποδέκτες αυτοί μεταβάλλουν με γρήγορο ρυθμό το σχήμα τους (πάλλονται). Αυτή η αλλαγή στο σχήμα τους προκαλεί κύμα πίεσης (υψηλή & χαμηλή ακουστική πίεση) στο νερό που βρίσκεται σε επαφή με την επιφάνεια του προβολέα και συνεπώς δημιουργείται ηχητικός παλμός. Μετά από επανάληψη της παραπάνω διαδικασίας μερικές φορές ο

κεραμικός προβολέας σταματά να πάλλεται έτσι ώστε να δεχθεί τα ανακλώμενα κύματα (Εικ. 4.11). Τα ανακλώμενα, στον πυθμένα κύματα, προσπίπτουν στον προβολέα και προκαλούν μεταβολή στο σχήμα του (Εικ. 4.11). Η μεταβολή του σχήματος του προβολέα μετασχηματίζεται σε ηλεκτρικό σήμα και οδηγείται στην καταγραφική μονάδα.

Ο εκπεμπόμενος παλμός εξασθενεί πολύ γρήγορα μέσα στην υδάτινη στήλη. Η απόσβεση (absorption) μειώνει την ένταση τόσο του εκπεμπόμενου παλμού όσο και των ανακλασθέντων κυμάτων που επιστρέφουν στον πομποδέκτη. Η απόσβεση αυτή όταν συνδυαστεί με άλλα φαινόμενα όπως η επέκταση της ηχητικής δέσμης (beam spreading) και η διάχυση (scattering) είναι ιδιαίτερα σημαντική (αυξάνεται εκθετικά) και συνεπώς τα επιστρέφοντα ανακλώμενα κύματα είναι ιδιαίτερα ασθενή. Η απόσβεση που υφίστανται τα ηχητικά κύματα είναι ευθέως ανάλογη με την απόσταση που αυτά διανύουν μέσα στην υδάτινη στήλη. Η ανάκλαση που προέρχεται από τον πυθμένα ακριβώς κάτω από την τορπίλη είναι ιδιαίτερα ισχυρή και δεν απαιτεί σημαντική ενίσχυση, αντιθέτως ανακλάσεις ηχητικών κυμάτων που έχουν διανύσει μεγάλες αποστάσεις απαιτούν σημαντική ενίσχυση.

Συνεπώς το ηλεκτρονικό μέρος του ηχ.πλ.σαρ. πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε να ενισχύει αναλογικά τα επιστρέφοντα σήματα, δηλ. λιγότερο αυτά που προέρχονται από ανάκλαση από κοντινές περιοχές του πυθμένα και έχουν εξασθενήσει σε μικρό βαθμό, και περισσότερο αυτά που έχουν ανακλαστεί από περιοχές στα όρια της ζώνης σάρωσης και επομένως έχουν υποστεί σημαντική απόσβεση. Είναι φανερό ότι η ενίσχυση των επιστρεφόμενων σημάτων πρέπει να αυξάνεται ανάλογα του χρόνου άφιξης των σημάτων, συνιστώντας έτσι αυτό που καλούμε ενίσχυση κυμαινόμενη με το χρόνο (time varied gain, TVG). Το TVG είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα το οποίο βρίσκεται στην ηχοβολιστική τορπίλη ή σε ορισμένα συστήματα στην καταγραφική μονάδα (Εικ. 4.11).



Εικ. 4.11. Διαγραμματική απεικόνιση ενός τυπικού συστήματος ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης.

(vi) Διακριτική ικανότητα

Η διακριτική ικανότητα ως ορισμός έχει ήδη διατυπωθεί στο κεφάλαιο περί βυθομέτρων, με μόνη διαφορά ότι στους ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης επειδή ακριβώς αποδίδουν δισδιάστατες απεικονίσεις του πυθμένα απαιτείται ο ορισμός δύο τύπων διακριτικής ικανότητας.

Ως επιμήκης διακριτική ικανότητα (transverse resolution) ορίζεται η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο στόχων διευθετημένων παράλληλα με την πορεία της ηχοβολιστικής τορπίλης ώστε να διακριθούν και να αποτυπωθούν ως δύο.

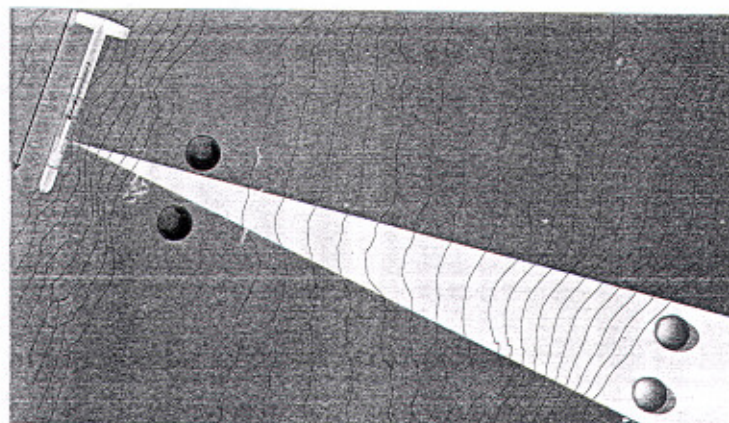
Ως εγκάρσια διακριτική ικανότητα (range resolution) ορίζεται η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο στόχων διευθετημένων σχεδόν κάθετα προς την πορεία της ηχοβολιστικής τορπίλης ώστε να διακριθούν και να αποτυπωθούν ως δύο.

Η επιμήκης διακριτική ικανότητα εξαρτάται από τη γωνία θ της ηχητικής δέσμης που εκπέμπεται, την ταχύτητα του ήχου $-U-$, τη χρονοαπόσταση των στόχων από τον πομπό και συνδέεται με τα προαναφερθέντα με τη σχέση:

$$X_{\text{επ}} = U \cdot t \cdot \epsilon \phi \frac{\theta}{2}$$

από τη σχέση αυτή διαπιστώνεται ότι η επιμήκης διακριτική ικανότητα εξαρτάται από τη χρονοαπόσταση, αφού η γωνία της ηχητικής δέσμης και η ταχύτητα του ήχου είναι δεδομένα. Αυξανόμενης της χρονοαπόστασης - που σημαίνει ότι οι δύο στόχοι απομακρύνονται από την ηχητική τορπίλη - αυξάνεται η τιμή της επιμήκους διακριτικής ικανότητας και συνεπώς η ίδια μειώνεται. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο στόχοι που βρίσκονται κοντά στην ηχοβολιστική τορπίλη και διακρίνονται ως δύο, όταν αυτοί απομακρυνθούν σε ικανό βαθμό καταγράφονται ως ένας.

Αυτή η στενή εξάρτηση επιμήκους διακριτικής ικανότητας και χρονοαπόστασης είναι το αποτέλεσμα της διεύρυνσης της ηχητικής δέσμης σε διεύθυνση απομάκρυνσης από το πομπό (beam spreading). Πλησίον της ηχοβολιστικής τορπίλης όπου η ηχητική δέσμη είναι οξεία, οι δύο στόχοι αναγνωρίζονται ως δύο, ενώ καθώς η δέσμη διευρύνεται σε διεύθυνση απομάκρυνσης από την τορπίλη δύο στόχοι ισαπέχοντες με τους προηγούμενους δεν αναγνωρίζονται ως δύο και συνεπώς καταγράφονται ως ένας (Εικ. 4.12.).



Εικ. 4.12 Γραφική αναπαράσταση της εξάρτησης της επιμήκους διακριτικής ικανότητας από τη διεύρυνση της ηχητικής δέσμης (beam spreading).

Η εγκάρσια διακριτική ικανότητα ελέγχεται από το μήκος του παλμού $-l-$, την ταχύτητα του ήχου $-U-$, τη χρονοαπόσταση των δύο στόχων από την ηχοβολιστική τορπίλη - και από την απόσταση της ηχοβολιστικής τορπίλης από τον πυθμένα (ύψος πτήσης) και δίνεται από τη σχέση:

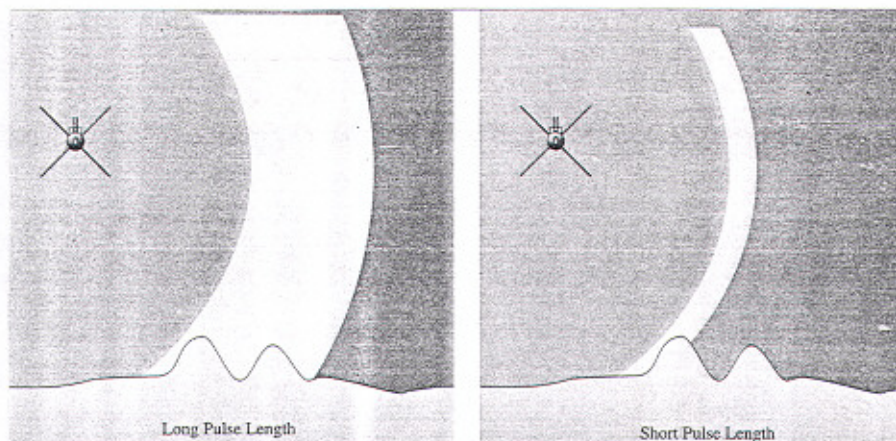
$$X_{εγ} = \frac{l \cdot U \cdot t}{2(U^2 t^2 - 4h^2)^{\frac{1}{2}}}$$

Για δεδομένη ταχύτητα ήχου $U=1500\text{m/sec}$, χρονοαπόσταση $t=0.5\text{sec}$, και ύψος πτήσης $h=50\text{m}$, η διακριτική εγκάρσια ικανότητα μεταβάλλεται από $X_{εγ}=0.76\text{m}$ σε $X_{εγ}=1.51\text{m}$ για αντίστοιχη μεταβολή του μήκους του παλμού από $l=1.5\text{m}$ σε $l=3.0\text{m}$.

Παρομοίως, για δεδομένη ταχύτητα ήχου $U=1500\text{m/sec}$, χρονοαπόσταση $t=0.5\text{sec}$, και μήκος παλμού $l=1.5\text{m}$, η διακριτική εγκάρσια ικανότητα μεταβάλλεται από $X_{εγ}=0.76\text{m}$ σε $X_{εγ}=0.78\text{m}$ για αντίστοιχη μεταβολή του ύψους πτήσης από $l=50\text{m}$ σε $l=100\text{m}$.

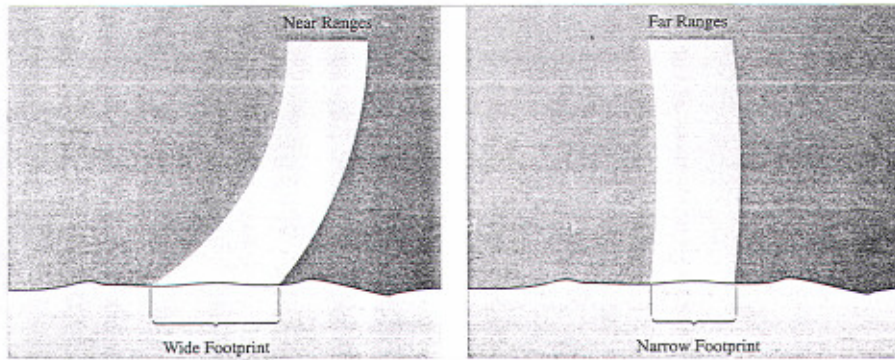
Τέλος, για δεδομένη ταχύτητα ήχου $U=1500\text{m/sec}$, μήκος παλμού $l=1.5\text{m}$ και ύψος πτήσης $h=50\text{m}$, η διακριτική εγκάρσια ικανότητα μεταβάλλεται από $X_{εγ}=0.76\text{m}$ σε $X_{εγ}=0.75\text{m}$ για αντίστοιχη μεταβολή της χρονοαπόστασης από $t=0.5\text{sec}$ σε $t=1.0\text{sec}$.

Η κυρίαρχη εξάρτηση της εγκάρσιας διακριτικής ικανότητας από το μήκος παλμού απεικονίζεται στην Εικόνα 4.13.



Εικ. 4.13 Γραφική αναπαράσταση της εξάρτησης της εγκάρσιας διακριτικής ικανότητας από το μήκος του παλμού.

Μία επιπλέον παράμετρος, η οποία ελέγχει την εγκάρσια διακριτική ικανότητα και αιτιολογεί την προαναφερθείσα σχέση της με τη χρονοαπόσταση και το ύψος πτήσης, είναι το "ίχνος" του παλμού (beam footprint). Ως ίχνος παλμού ορίζεται το αποτύπωμα του ηχητικού παλμού στην επιφάνεια του πυθμένα. Ευρύ ίχνος παλμού μειώνει την εγκάρσια διακριτική ικανότητα ενώ αντιθέτως στενό ίχνος τη βελτιώνει. Είναι φανερό ότι όσο μακρύτερα βρίσκονται οι δύο στόχοι από την ηχοβολιστική τορπίλη τόσο στενότερο ίχνος δέχονται και συνεπώς καταγράφονται με βελτιωμένη διακριτική ικανότητα. Επιπροσθέτως, όσο υψηλότερη πτήση εκτελεί η ηχοβολιστική τορπίλη τόσο ευρύτερο ίχνος παλμού προκαλεί, και συνεπώς μειώνεται η εγκάρσια διακριτική ικανότητα (Εικ. 4.14)



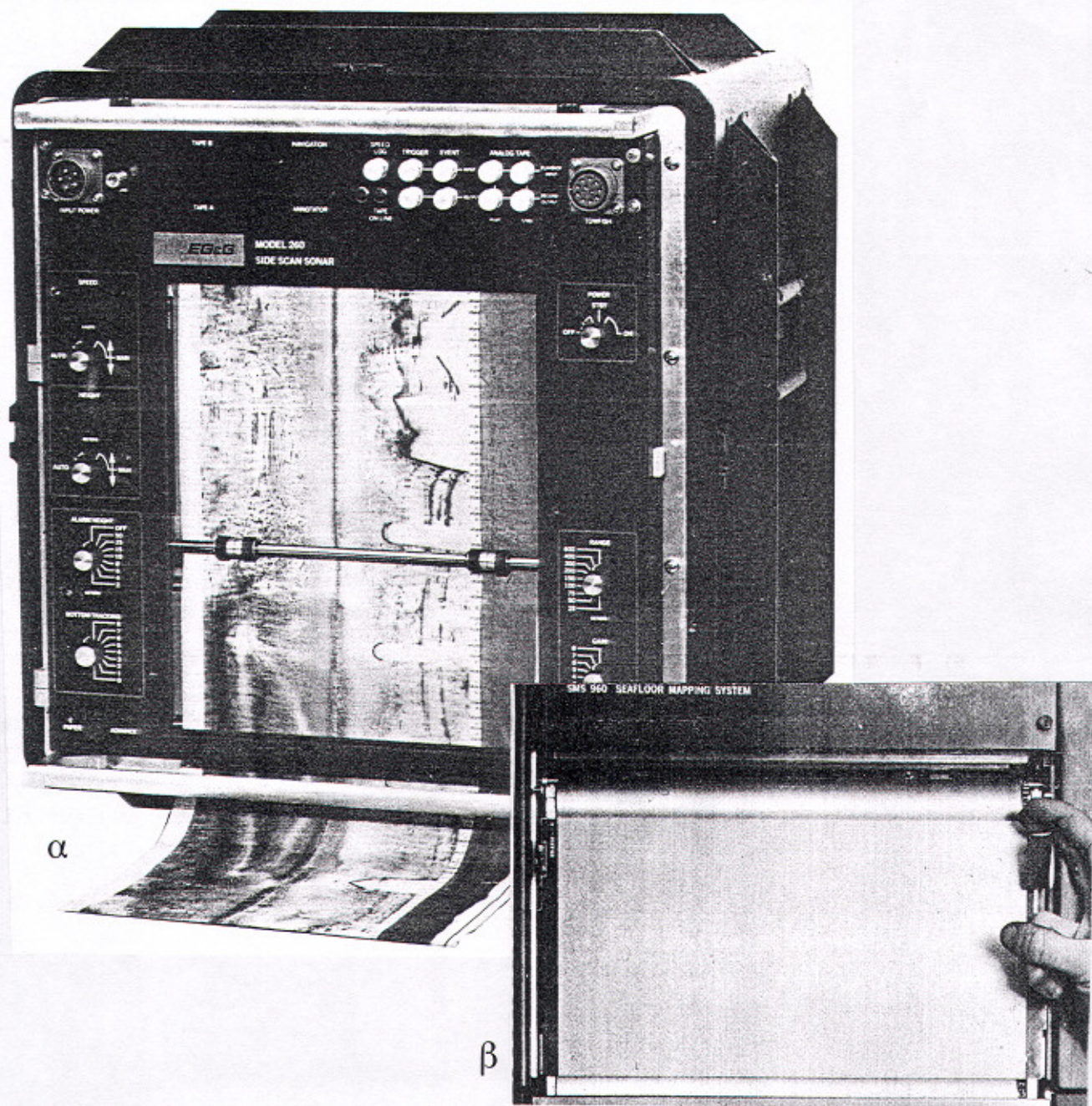
Εικ. 4.14 Γραφική αναπαράσταση της εξάρτησης της εγκάρσιας διακριτικής ικανότητας από το "ίχνος" του παλμού.

(B) Καταγραφική μονάδα (recorder)

Η καταγραφική μονάδα περιέχει ένα μεγάλο μέρος του ηλεκτρονικού τμήματος του συστήματος καθώς και το μηχανισμό καταγραφής (Εικ. 4.15α) (Πιν. 4.1). Το ηλεκτρικό ρεύμα που προκαλείται από την αλλαγή του σχήματος του πομποδέκτη, όταν προσπέσουν σε αυτόν τα ανακλασθέντα ηχητικά κύματα, τροφοδοτείται στις καταγραφικές βελόνες οι οποίες παράγουν καταγραφικά ίχνη πάνω σε ηλεκτρευαίσθητο χαρτί ξηρού ή υγρού τύπου (Πιν.4.1). Η ένταση του καταγραφόμενου ίχνους είναι ανάλογη της έντασης του επιστρεφόμενου σήματος έτσι ώστε σκουρόχρωμα ίχνη να δηλώνουν ισχυρή ανάκλαση, και ανοιχτόχρωμα ίχνη ασθενή ανάκλαση των προσπιπτόντων ηχητικών κυμάτων. Οι σύγχρονες καταγραφικές μονάδες έχουν τη δυνατότητα αυξημένου **δυναμικού εύρους (dynamic range)** δηλαδή μεγάλη ποικιλία χρωματικών τόνων μεταξύ μαύρου και λευκού έτσι ώστε να μπορούν να αποδοθούν γραφικά οι διάφορες εντάσεις των επιστρεφόμενων σημάτων π.χ ο τύπος 260 της E.G&G έχει δυναμικό εύρος 23 dB από το μαύρο έως το λευκό δηλ. 16 χρωματικούς τόνους.

Η καταγραφή των επιστρεφόμενων σημάτων συντελείται, στα σύγχρονα συστήματα ηχ.πλ.σαρ., με πολλαπλές βελόνες (multi-stylus) (Εικ. 4.15β), οι οποίες έχουν το πλεονέκτημα έναντι των συμβατικών κινούμενων βελόνων, να παρουσιάζουν μικρή μετατόπιση (περίπου 2mm) κατά τη διάρκεια της καταγραφής και συνεπώς μικρότερες φθορές.

Η καταγραφική μονάδα των παλαιότερων συστημάτων είχε δύο κανάλια καταγραφής (dual channel) στα οποία καταγράφονταν τα επιστρεφόμενα σήματα των δύο πλευρικών πομποδεκτών. Στα σύγχρονα συστήματα στα οποία η καταγραφή είναι απαλλαγμένη από διαφόρων τύπων παραμορφώσεις, έχει προστεθεί ένα τρίτο κανάλι ώστε να είναι δυνατή η καταγραφή της υδάτινης στήλης κατά μήκος της πορείας της ηχοβολιστικής τορπίλης.



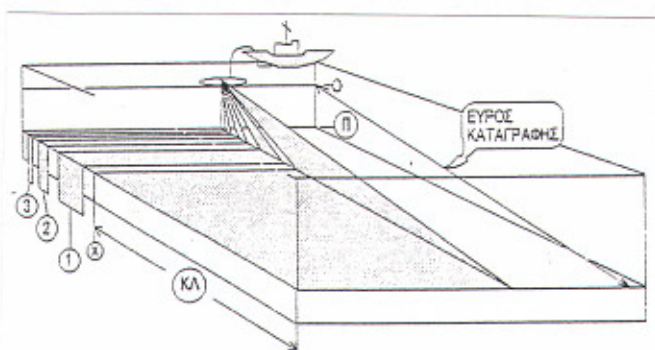
Εικ. 4.15. (α) Καταγραφική μονάδα της εταιρίας EG&G τύπος 260 και (β) διάταξη πολλαπλών βελόνων καταγραφής (γραφίδες) που διαθέτει ο ίδιος τύπος.

4.3. ΠΕΡΙ ΗΧΟΓΡΑΦΙΩΝ

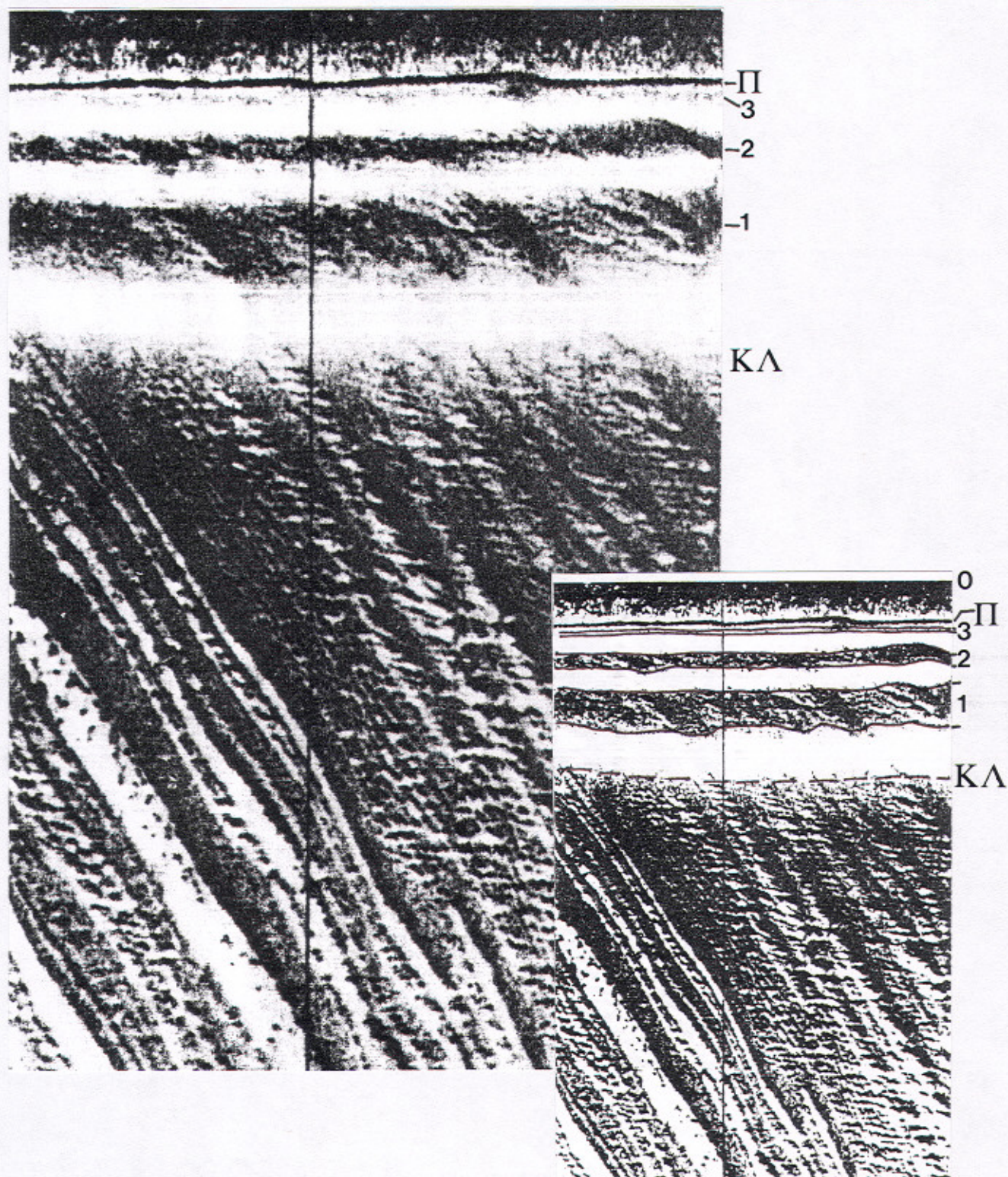
Πολλοί παράμετροι ελέγχουν τη μορφή και την ποιότητα της ηχογραφίας που προκύπτει από τη λειτουργία του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης. Οι παράμετροι μπορούν να διακριθούν σε αυτούς που οφείλονται στις συνθήκες που επικρατούν στο θαλάσσιο περιβάλλον (άνεμοι, κατάσταση θάλασσας, ρεύματα, πυκνοκλινή λόγω μεταβολών της θερμοκρασίας και της αλατότητας), και σε αυτούς που οφείλονται στο χειρισμό του συστήματος και την επεξεργασία των προσλαμβανόμενων πληροφοριών που αυτό αναπτύσσει (πορεία σκάφους, ταχύτητα τορπίλης, ύψος τορπίλης από τον πυθμένα, διαφόρων τύπων παραμορφώσεις).

Στο κεφάλαιο αυτό δίνεται συνοπτικά η εξέλιξη των ηχογραφιών όπως αυτή προκύπτει από την αντίστοιχη εξέλιξη των συστημάτων ηχ.πλ.σαρ. καθώς και τα κύρια χαρακτηριστικά της προκύπτουσας ηχογραφίας, ενώ οι παράμετροι που ελέγχουν τη μορφή της θα αποτελέσουν αντικείμενο αναφοράς επόμενων κεφαλαίων.

Οι μονοκάναλες καταγραφικές μονάδες, που χρησιμοποιήθηκαν κυρίως από ηχοβολιστές σάρωσης μεγάλης έκτασης του πυθμένα (GLORIA, ASDIC), τη δεκαετία του '70, καταγράφουν τις προσλαμβανόμενες ανακλάσεις μόνο από τον ένα πομποδέκτη (δεξιό ή αριστερό). Οι ηχογραφίες, που προκύπτουν, παρουσιάζουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τα οποία οφείλονται στην ανάπτυξη εκτός του κύριου ηχητικού λοβού και άλλων δευτερευόντων (Εικ. 4.16.). Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι ζώνες ιδιαίτερα ασθενούς καταγραφής παράλληλες προς την πορεία της τορπίλης, οι οποίες προκαλούνται από την ελάχιστη ηχητική ενέργεια που εκπέμπεται μεταξύ των διαμορφωμένων ηχητικών λοβών (Εικ. 4.16, 4.17). Επιπλέον ένα τμήμα της καταγραφής — αυτό που βρίσκεται προς την πλευρά της πορείας της τορπίλης — δαπανάται για την αποτύπωση της υδάτινης στήλης που παρεμβάλλεται μεταξύ τορπίλης και πυθμένα. Αποτέλεσμα αυτού, είναι η "συμπίεση" της αποτύπωσης της επιφάνειας του πυθμένα στο υπόλοιπο τμήμα του καταγραφικού χαρτιού και συνεπώς η παραμόρφωση της (βλπ. Επόμενο Κεφάλαιο) (Εικ. 4.16, 4.17).

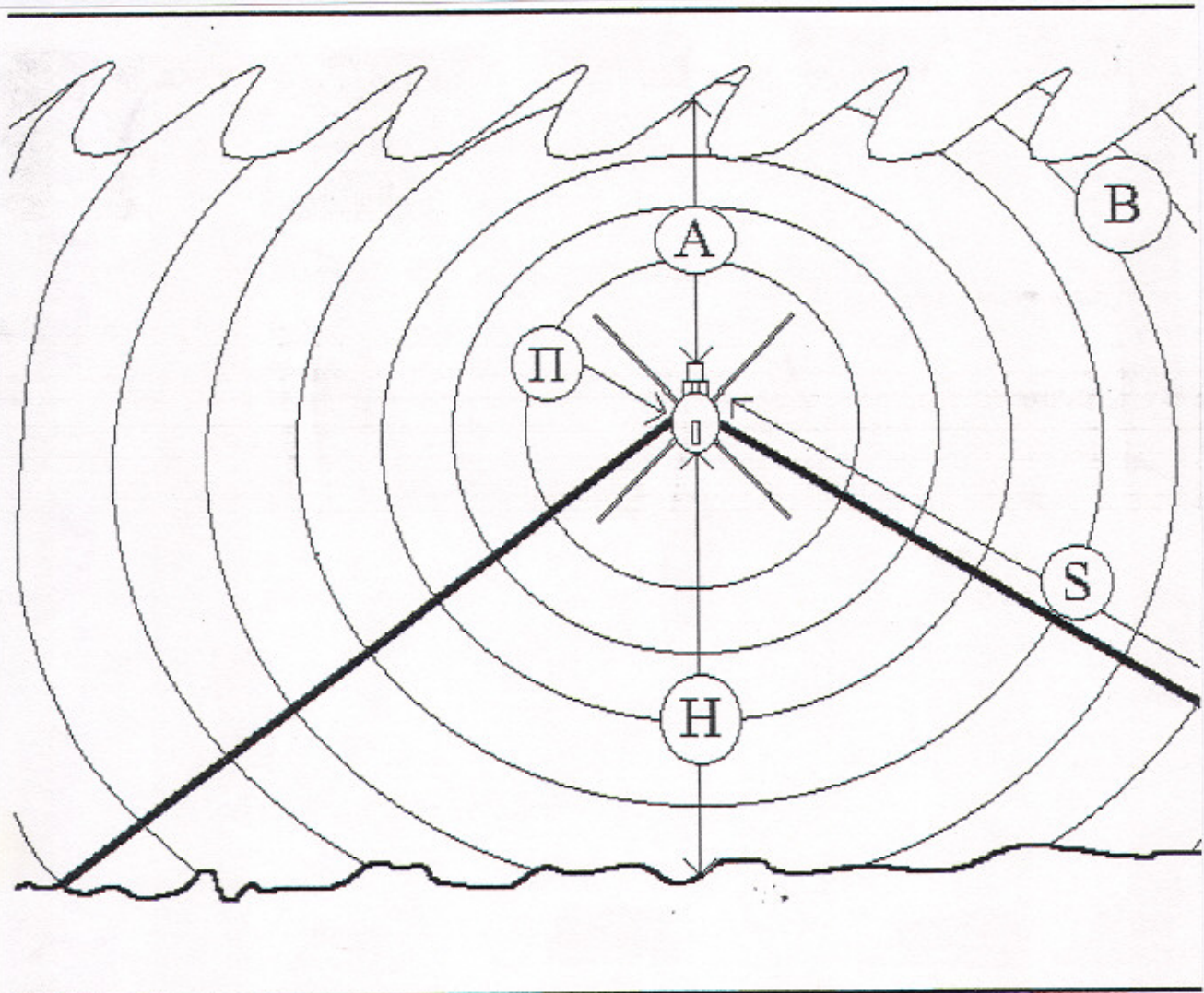


Εικ. 4.16. Σχηματική αναπαράσταση η οποία δείχνει τη σάρωση του πυθμένα από τον κύριο και τους δευτερεύοντες λοβούς. Η προκύπτουσα ηχογραφία παρουσιάζεται στην επόμενη σελίδα (Εικ. 4.17) ενώ επιπλέον επεξηγούνται τα τμήματα της καταγραφής που προκύπτουν από κάθε ένα λοβό.

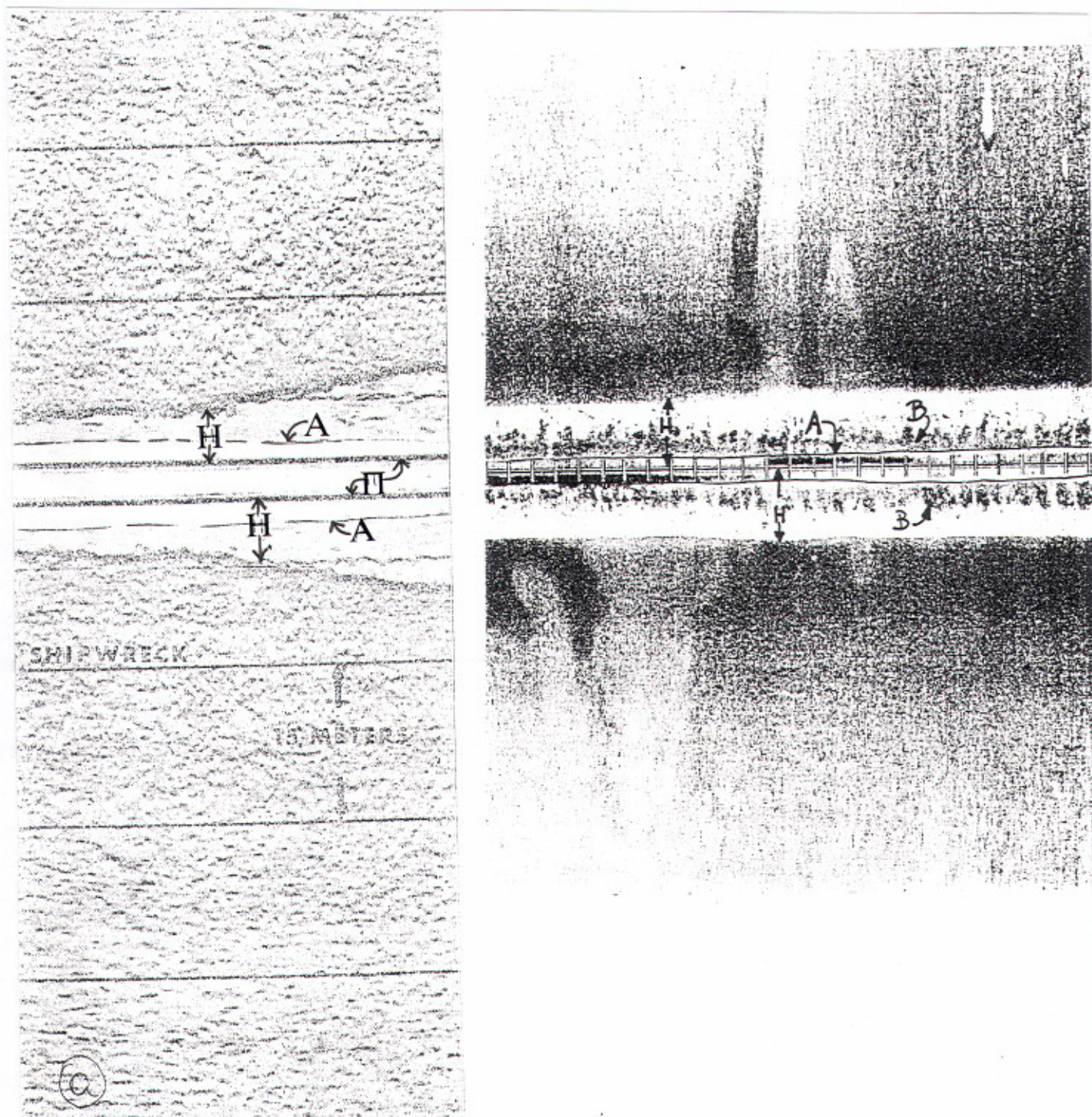


Εικ. 4.17. (α) Ηχογραφία ηχοβολιστή σάρωσης μεγάλης έκτασης πυθμένα (~2km) στην οποία έχει αποτυπωθεί πυθμένας ανομάλου αναγλύφου, λόγω βραχωδών εξάρσεων (Belderson et al 1972) και (β) επεξηγηματικό σχέδιο της ηχογραφίας. Το τμήμα Ο-Π αντιπροσωπεύει την υδάτινη στήλη μεταξύ τορπίλης και πυθμένα, οι ζώνες καταγραφής 3,2 και 1 προέρχονται από τις ανακλάσεις των δευτερευόντων λοβών, ενώ το μεγαλύτερο τμήμα της καταγραφής (ΚΛ) προέρχεται από τον κύριο λοβό (βλπ. Εικ. 4.16). Οι ζώνες ασθενούς καταγραφής μεταξύ των ζωνών 3,2 και 1 οφείλονται στην ελάχιστη ηχητική ενέργεια που εκπέμπεται μεταξύ των διαμορφωμένων λοβών.

Η ανάπτυξη των δικάναλων (dual channel) καταγραφικών μονάδων επέτρεψε τη σύγχρονη καταγραφή των προσλαμβανόμενων ανακλάσεων και από τους δύο πομποδέκτες (Εικ. 4.18, 4.19). Οι ηχογραφίες παρουσιάζουν πλέον μία συμμετρική μορφή με δύο ζώνες καταγραφής (αντίστοιχες των πομποδεκτών) οι οποίες διαχωρίζονται από μία λευκή ζώνη (Εικ. 4.18, 4.19). Η ζώνη αυτή στοιχειοθετείται από την καταγραφή της υδάτινης στήλης και στα δύο κανάλια, περιορίζοντας έτσι σημαντικά την αποτύπωση της επιφάνειας του πυθμένα (Εικ. 4.18, 4.19). Εντός της ζώνης καταγραφής της υδάτινης στήλης είναι δυνατόν να ανιχνευθεί η πρώτη ανάκλαση του παλμού από τη διαχωριστική επιφάνεια θάλασσας/αέρα (Εικ. 4.18, 4.19).

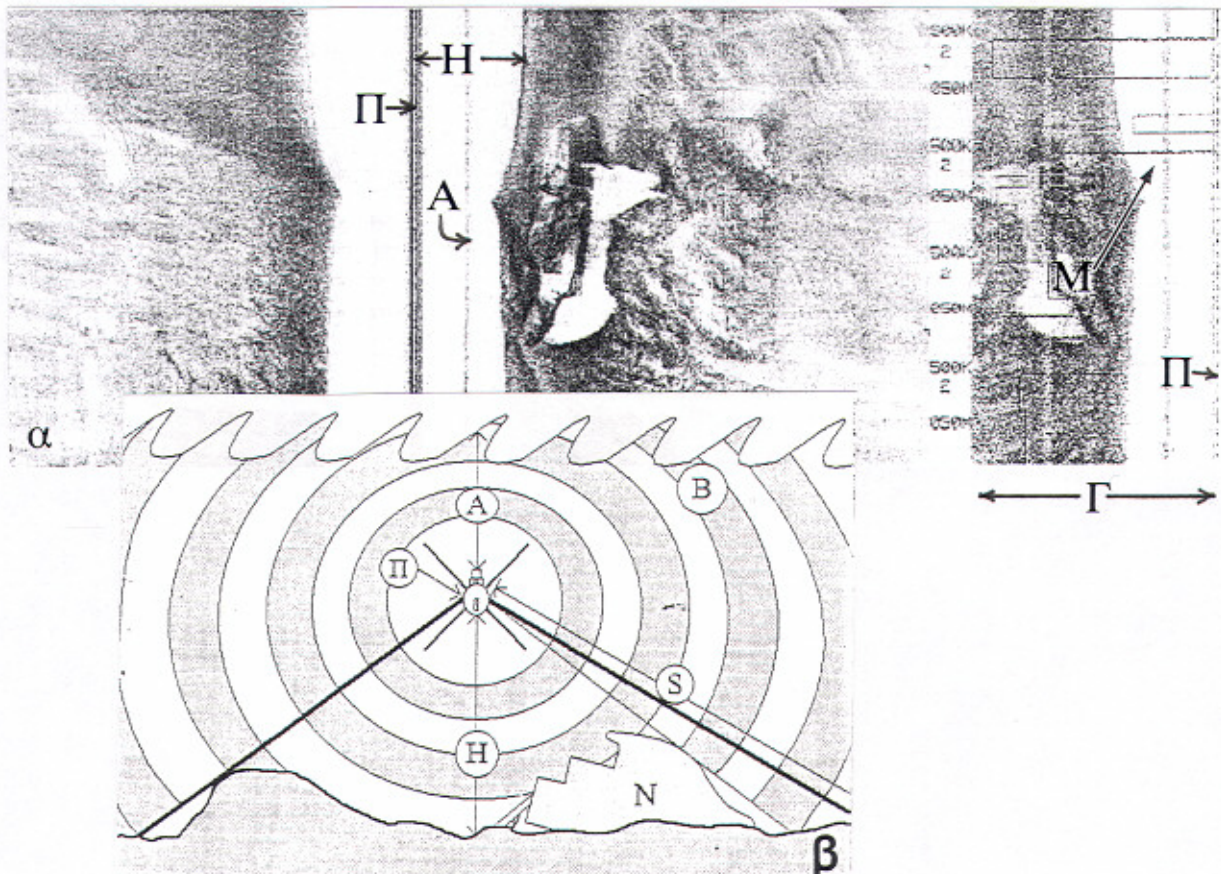


Εικ. 4.18. Σχηματική αναπαράσταση στην οποία παρουσιάζονται διάφορες αποστάσεις και χαρακτηριστικά που αποτυπώνονται στις ηχογραφίες της Εικ. 4.19 (H: ύψος τορπίλης από τον πυθμένα, A: απόσταση τορπίλης από την επιφάνεια της θάλασσας, S: πλάγια απόσταση της επιφάνειας του πυθμένα από τους πομποδέκτες, B: ταραγμένη επιφάνεια θάλασσας, Π: εκπομπή παλμού)

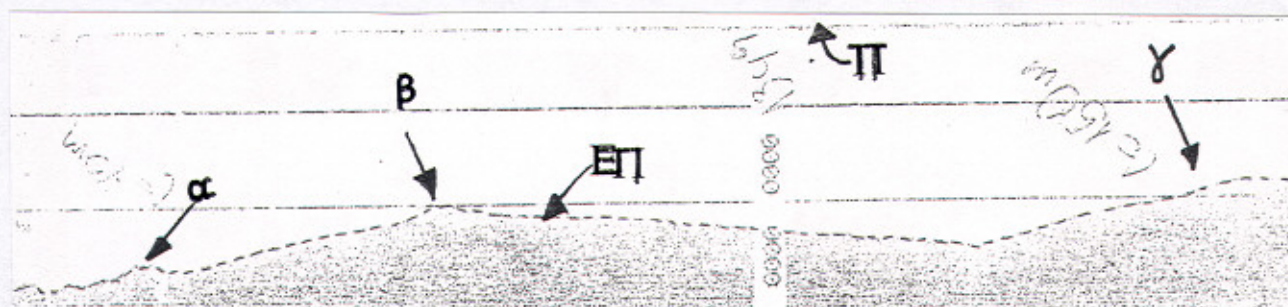


Εικ. 4.19. Ηχογραφήσεις των δύο περισσότερο διαδεδομένων ηχοβολιστών μικρού εύρους σάρωσης (max: ~600m) (α) Klein MK300 και (β) E.G&G 260. Οι περιοχές -H- εκατέρωθεν της πορείας της τορπίλης αντιπροσωπεύουν την υδάτινη στήλη μεταξύ τορπίλης και πυθμένα. Το ίχνος -Π- είναι καταγραφή της εκπομπής του παλμού, το ίχνος -A- η πρώτη ανάκλαση του παλμού στην επιφάνεια της θάλασσας και τα ίχνη -B- (καλούνται "sea clutter") οφείλονται στην ανάκλαση μέρους της ηχητικής δέσμης στη επιφάνεια της θάλασσας ιδιαίτερα όταν είναι ταραγμένη. Οι ζώνες καταγραφής -S- αποτελούν την αποτύπωση της επιφάνειας του πυθμένα. (βλ. Εικ. 4.18 για επεξήγηση του τρόπου σχηματισμού των ηχογραφιών).

Η ανάπτυξη των τρικάνων καταγραφικών μονάδων επέτρεψε την επιπλέον καταγραφή, εκτός των σημάτων από τους δύο πομποδέκτες, της βυθομετρικής τομής κατά μήκος της πορείας της τορπίλης (Εικ. 4.20). Η βυθομετρική τομή που στοιχειοθετείται από το τρίτο κανάλι, δεν συνιστά τυπική βυθομετρική τομή από την οποία εξάγονται ασφαλή συμπεράσματα για το βάθος και τη μορφολογία του πυθμένα. Αυτό συμβαίνει επειδή το επιφανειακό ίχνος της τομής δεν ανταποκρίνεται στην επιφάνεια της θάλασσας αλλά στη θέση της τορπίλης. Συνεπώς βυθομετρικές μεταβολές της επιφάνειας του πυθμένα είναι δυνατόν να είναι αποτέλεσμα της μεταβολής του ύψους "πτήσης" της τορπίλης (Εικ. 4.21). Το τρίτο κανάλι του καταγραφικού είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για την λήψη και καταγραφή δεδομένων τα οποία δεν προέρχονται από την εκπομπή ηχητικών παλμών όπως π.χ μαγνητικά δεδομένα (Εικ. 4.20α.). Η σύγχρονη λήψη ηχητικών και μαγνητικών δεδομένων από ηχ.πλ.σαρ. και μαγνητόμετρο αντίστοιχα, είναι μία συνήθης πρακτική ιδιαίτερα στις έρευνες για τον εντοπισμό μεταλλικών στόχων (π.χ. ναυαγίων).



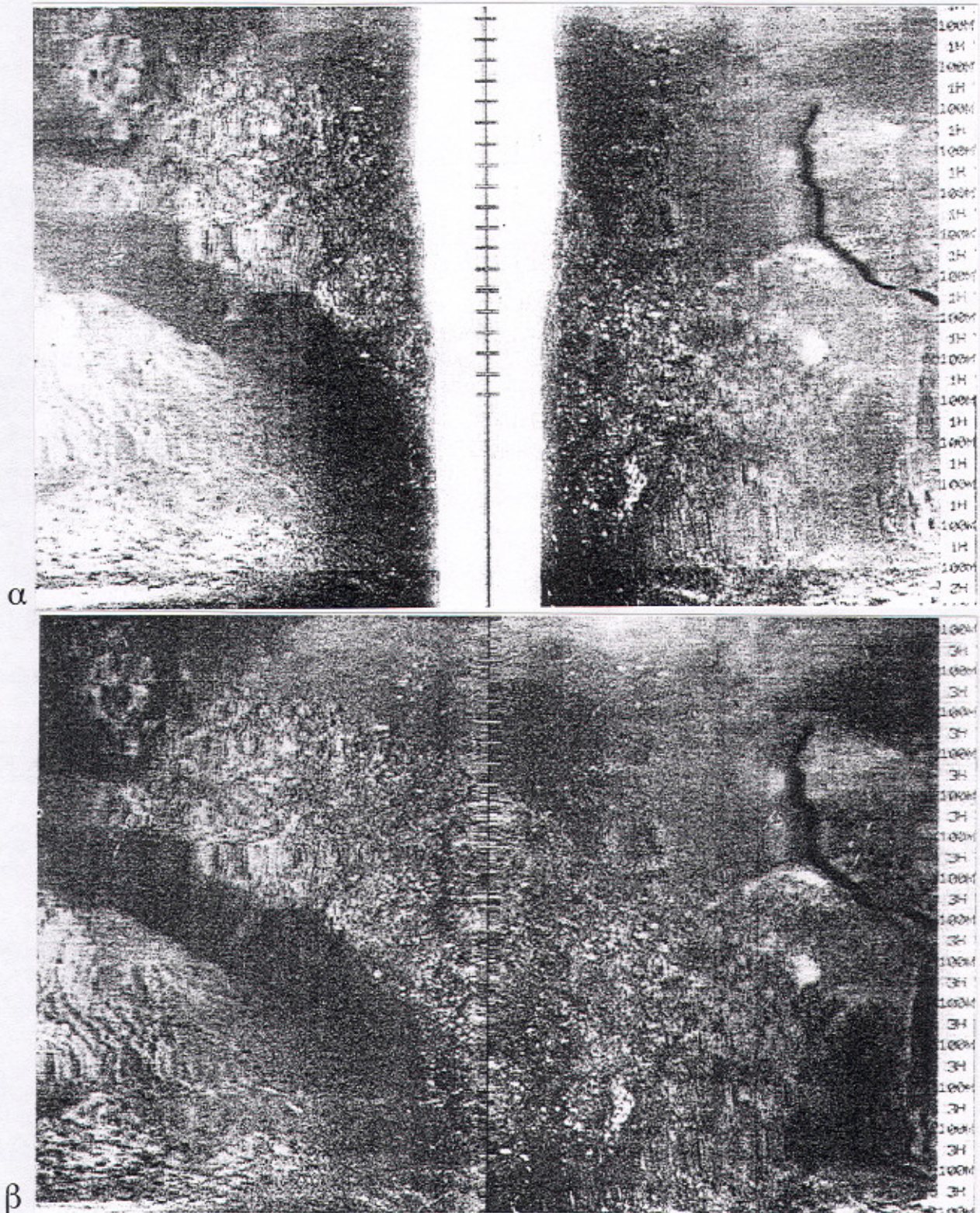
Εικ. 4.20. (α) Ηχογραφία η οποία προέκυψε από καταγραφική μονάδα τριών καναλιών (Fish & Carr, 1990). Στο τρίτο κανάλι έχουν καταγραφεί, εκτός της βυθομετρικής τομής κατά μήκος της πορείας της τορπίλης, και τα μαγνητικά δεδομένα από το μαγνητόμετρο, για τον ασφαλή εντοπισμό μεταλλικού ναυαγίου (N). [όπου: -H-: υδάτινη στήλη μεταξύ τορπίλης και πυθμένα, -Π-: καταγραφή της εκπομπής του παλμού, -Α-: η πρώτη ανάκλαση του παλμού στην επιφάνεια της θάλασσας, -Β-: (καλούνται "sea clutter") ανάκλαση μέρους της ηχητικής δέσμης στη επιφάνεια της θάλασσας, -S-: ζώνες καταγραφής (δύο κανάλια) της επιφάνειας του πυθμένα, -Γ-: τρίτο κανάλι καταγραφής, -M-: καμπύλη μαγνητικών δεδομένων και -N-: ναυάγιο], (β) επεξηγηματική αναπαράσταση του τρόπου σχηματισμού της ηχογραφίας.



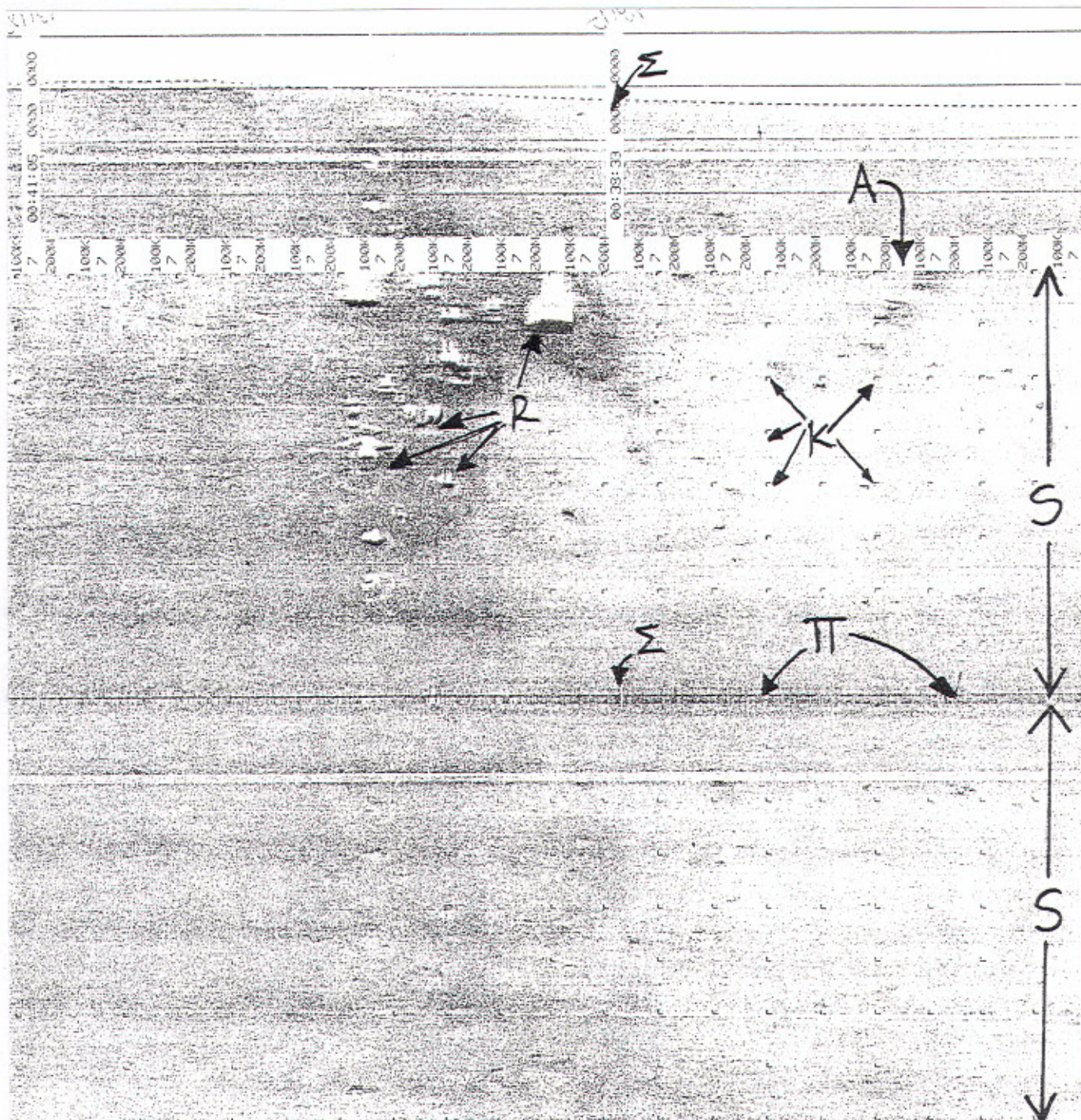
Εικ. 4.21. Βυθομετρική τομή από το τρίτο κανάλι καταγραφής ηχογραφίας από τη θάλασσα περιοχή Τήνου - Σύρου (Ferentinos et al 1993). Η μεταβολή του βάθους στα σημεία -α-, -β- και -γ- είναι αποτέλεσμα μεταβολής του ύψους "πτήσης" της τορπίλης (όπου: Ε.Π: επιφάνεια πυθμένα, Π: ίχνος τορπίλης), (στο σημείο -α- το μήκος του καλωδίου σύρσης είναι 70m ενώ στο σημείο -γ- 150m).

Τα σύγχρονα συστήματα ηχ.πλ.σαρ. έχουν τη δυνατότητα να απαλείφουν από την καταγραφή τις λευκές ζώνες -H- που αντιστοιχούν στην υδάτινη στήλη (Εικ. 4.22.). Τα πλεονεκτήματα αυτού του τρόπου καταγραφής είναι (α) η απαλοιφή της συμπίεσης που υφίσταται η αποτύπωση του πυθμένα εξαιτίας της σπατάλης τμήματος καταγραφικού χαρτιού για την καταγραφή της υδάτινης στήλης (περισσότερα για το θέμα αυτό αναφέρονται στην παράγραφο 4.4. "περί διόρθωση απόστασης"), (β) οι καταγραφές δίνουν μια περισσότερο "ρεαλιστική" εικόνα του πυθμένα καθιστώντας έτσι ευκολότερη την ερμηνεία τους και (γ) είναι δυνατή η κατασκευή μοσαϊκών (mosaics) από ηχογραφίες. Αντίθετα μειονέκτημα του τρόπου αυτού καταγραφής, είναι το γεγονός ότι καθίσταται αδύνατη η ανίχνευση στόχων στην υδάτινη στήλη (αέριοι υδρογονάνθρακες, κοπάδια ή άτομα ψαριών) κάτω από την τορπίλη. Αυτό το μειονέκτημα, όμως, αντιμετωπίστηκε με την ανάπτυξη του τρίτου καναλιού, στο οποίο καταγράφεται η υποκείμενη της τορπίλης υδάτινη στήλη.

Συνεπώς μία τυπική ηχογραφία ενός σύγχρονου συστήματος ηχ.πλ.σαρ. παρουσιάζει τη μορφή της Εικ. 4.23. Η ηχογραφία αποτελείται από τρία μέρη (αντίστοιχα των τριών καναλιών καταγραφής), την αριστερή ζώνη καταγραφής της επιφάνειας του πυθμένα, η οποία προέρχεται από τον αριστερό (port) πομποδέκτη, τη δεξιά ζώνη καταγραφής που προέρχεται από το δεξιό (starboard) πομποδέκτη (S) και τη βυθομετρική τομή που καταγράφεται στο τρίτο κανάλι (Εικ. 4.23.). Μεταξύ της βυθομετρικής τομής και της ζώνης καταγραφής παρουσιάζονται συνήθως πληροφορίες (Α) που αναφέρονται σε ηλεκτροακουστικές παραμέτρους και χαρακτηριστικά της καταγραφής όπως: την εκπεμπόμενη συχνότητα, το επίπεδο ενίσχυσης, το άρος (σε m) της ζώνης καταγραφής (και σάρωσης) (Εικ. 4.23.). Το κεντρικό ίχνος (Π) που διαχωρίζει τις δύο ζώνες καταγραφής αντιπροσωπεύει την πορεία της τορπίλης (Εικ. 4.23.). Η κλίμακα των ζωνών καταγραφής αποτυπώνεται στην ηχογραφία με τη μορφή στιγμάτων (scale marks)(Κ) στις κορυφές τετραγώνων με πλευρά ανάλογη του εύρους σάρωσης (Εικ. 4.23.). Τα σημεία προσδιορισμού θέσης (Σ) αποτυπώνονται τόσο στο κεντρικό ίχνος (Π) της τορπίλης όσο και στη βυθομετρική τομή στην οποία καταγράφονται επιπλέον και διάφορες χρήσιμες πληροφορίες (χρόνος λήψης στίγματος, αύξοντα αριθμός) (Εικ. 4.23.).



Εικ. 4.22. Ηχογραφίες από την ίδια περιοχή του πυθμένα όπου στη μεν πρώτη (α) έχει αποτυπωθεί η υδάτινη στήλη (H) στις δύο ζώνες καταγραφής, στη δε δεύτερη (β) έχει απαλειφθεί η καταγραφή της υδάτινης στήλης (Fish & Carr 1990). Η καταγραφή της υδάτινης στήλης έχει προκαλέσει "συμπύεση" στην καταγραφή της επιφάνειας του πυθμένα κυρίως κοντά στην πορεία της τορπίλης. Η "αποσυμπύεση" του αποτυπωμένου πυθμένα σε αυτή την περιοχή, γίνεται φανερή με σύγκριση των δύο ηχογραφιών.



Εικ. 4.23. Ηχογραφία από τον πυθμένα της θαλάσσιας περιοχής Τήνου - Σύρου στην οποία διαπιστώνονται βραχώδεις εξάρσεις (R) και λιθολογικές μεταβολές των ιζημάτων (σκουρόχρωμη και ανοιχτόχρωμη καταγραφή) που καλύπτουν τον πυθμένα (Ferentinos et al 1993). (για επεξήγηση των συμβολισμών βλέπε κείμενο).

4.4. ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΔΙΚΑΝΑΛΩΝ ΗΧΟΓΡΑΦΙΩΝ

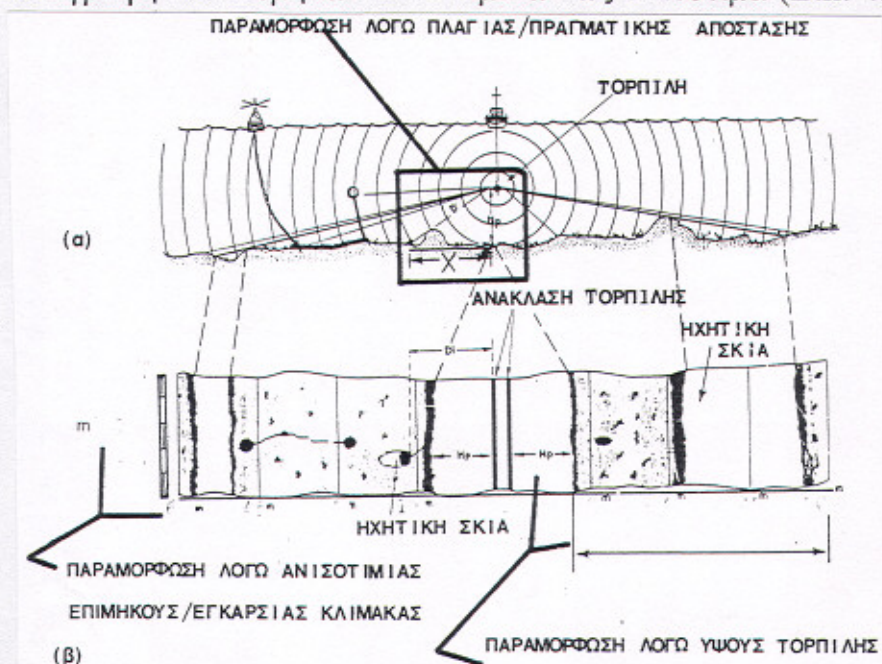
(i) Παραμορφώσεις (-που οφείλονται στη λειτουργία του οργάνου-) δικάναλων ηχογραφιών.

Οι παραμορφώσεις που υπεισέρχονται στις δικάναλες ηχογραφίες και οφείλονται αποκλειστικά στον τρόπο λειτουργίας των δικάναλων ηχ.πλ. σαρ. είναι:

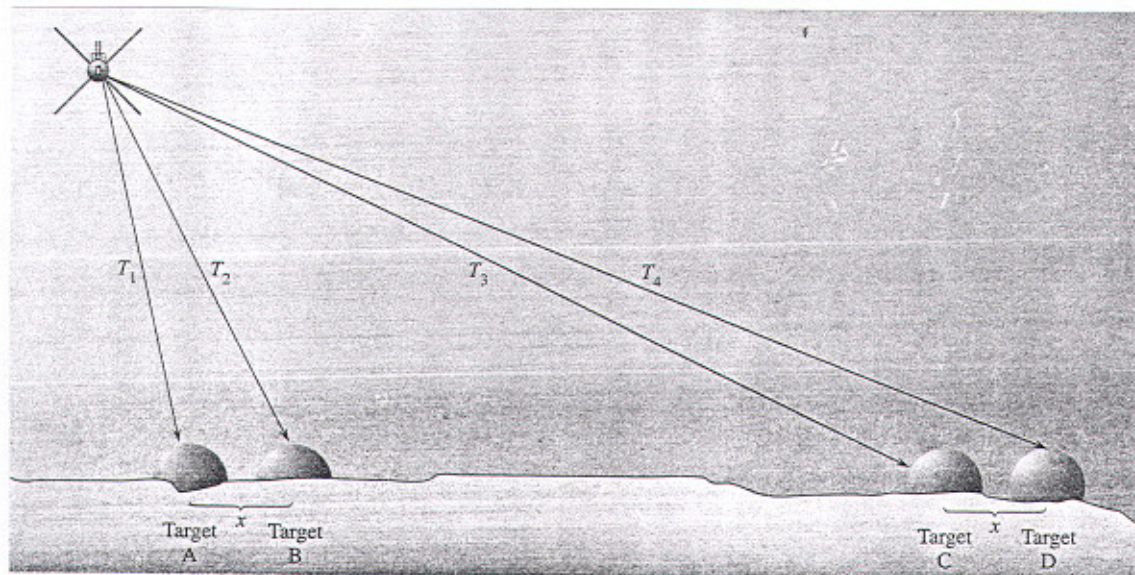
(α) Η καταγραφή της υδάτινης στήλης μεταξύ ηχοβολιστικής τορπίλης και πυθμένα, στα δύο κανάλια καταγραφής. Η υδάτινη στήλη καταγράφεται ως λευκή περιοχή, καλύπτει ένα τμήμα του καταγραφικού χαρτιού (-όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος πτήσης της τορπίλης τόσο μεγαλύτερο τμήμα του καταγραφικού χαρτιού δαπανάται) και συνεπώς "συμπιέζει" την απεικόνιση της επιφάνειας του πυθμένα στο υπόλοιπο τμήμα του καταγραφικού χαρτιού (Εικ. 4.24).

(β) Η ανισοτιμία της επιμήκους (κατά τη διεύθυνση κίνησης της ηχοβολιστικής τορπίλης) με την εγκάρσια κλίμακα. Η ανισοτιμία αυτή οφείλεται στην αδυναμία εξομοίωσης της ταχύτητας του σκάφους με την ταχύτητα εκτύλιξης του καταγραφικού χαρτιού με σύγχρονη διατήρηση της ισοτιμίας της επιμήκους με την εγκάρσια κλίμακα (Εικ. 4.24). Αποτέλεσμα αυτής της ανισοτιμίας είναι η παραμόρφωση όλων των γωνιακών στοιχείων της ηχογραφίας.

(γ) Η σχέση πλάγιας (slant range) και πραγματικής απόστασης καθώς στην ηχογραφία καταγράφονται και συνεπώς μπορεί να μετρηθούν οι πλάγιες αποστάσεις (D) που διανύουν τα ηχητικά κύματα και όχι η προβολή των αποστάσεων αυτών πάνω στον πυθμένα (X) (Εικ. 4.24). Αποτέλεσμα αυτής της παραμόρφωσης είναι η καταγραφή δύο ισομηκών αντικειμένων ως ανισότιμα (Εικ. 4.25).



Εικ. 4.24. Διαγραμματική αναπαράσταση των παραμορφώσεων των δικάναλων ηχογραφιών.



Εικ. 4.25. Διαγραμματική αναπαράσταση της καταγραφής δύο ισαπεχόντων αντικειμένων σε διαφορετικές αποστάσεις, εξαιτίας της παραμόρφωσης της "πλάγιας απόστασης". Οι στόχοι A, B και C, D ενώ ισαπέχουν μεταξύ τους καταγράφονται σε διαφορετικές αποστάσεις. Συγκεκριμένα, οι στόχοι C και D καταγράφονται με μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους από ότι οι στόχοι A και B, διότι η διαφορά των χρόνων T_4-T_3 είναι μεγαλύτερη από αυτή των T_2-T_1 .

(ii) Διορθώσεις παραμορφώσεων

Η απαλοιφή των προαναφερθεισών παραμορφώσεων οδηγεί σε μία "ισομετρική" ηχογραφία, στην οποία είναι δυνατόν να εκτελεστούν μετρήσεις γραμμικών ή/και γωνιακών στοιχείων χωρίς να απαιτούνται διορθώσεις.

- (1) η μεταφορά του -0- της εγκάρσιας κλίμακας κάθε φορά στην αρχή της καταγραφής του πυθμένα, αγνοώντας τη λευκή περιοχή που αντιστοιχεί στην υδάτινη στήλη μεταξύ τορπίλης και πυθμένα, με σύγχρονη
- (2) μετατροπή των πλάγιων σε πραγματικές αποστάσεις, και
- (3) μετατόπιση όλων των στόχων της ηχογραφίας σύμφωνα με τις νέες κλίμακες κατά τον επιμήκη και εγκάρσιο άξονα

Η εφαρμογή των διορθώσεων με γραφικές μεθόδους για ολόκληρη την προκύπτουσα ηχογραφία είναι μια ιδιαίτερα χρονοβόρος διαδικασία η οποία άλλωστε στα σύγχρονα τρικάναλα συστήματα ηχ-πλ-σαρ. γίνεται με χρήση μικροϋπολογιστή που είναι ενσωματωμένος στην καταγραφική μονάδα.

Είναι όμως δυνατή η εφαρμογή, σε συγκεκριμένους και μόνο στόχους, δύο γραφικών διορθώσεων: (α) της γραφικής μετατροπής της πλάγιας σε πραγματική απόσταση και (β) της διόρθωσης των γωνιακών στοιχείων.

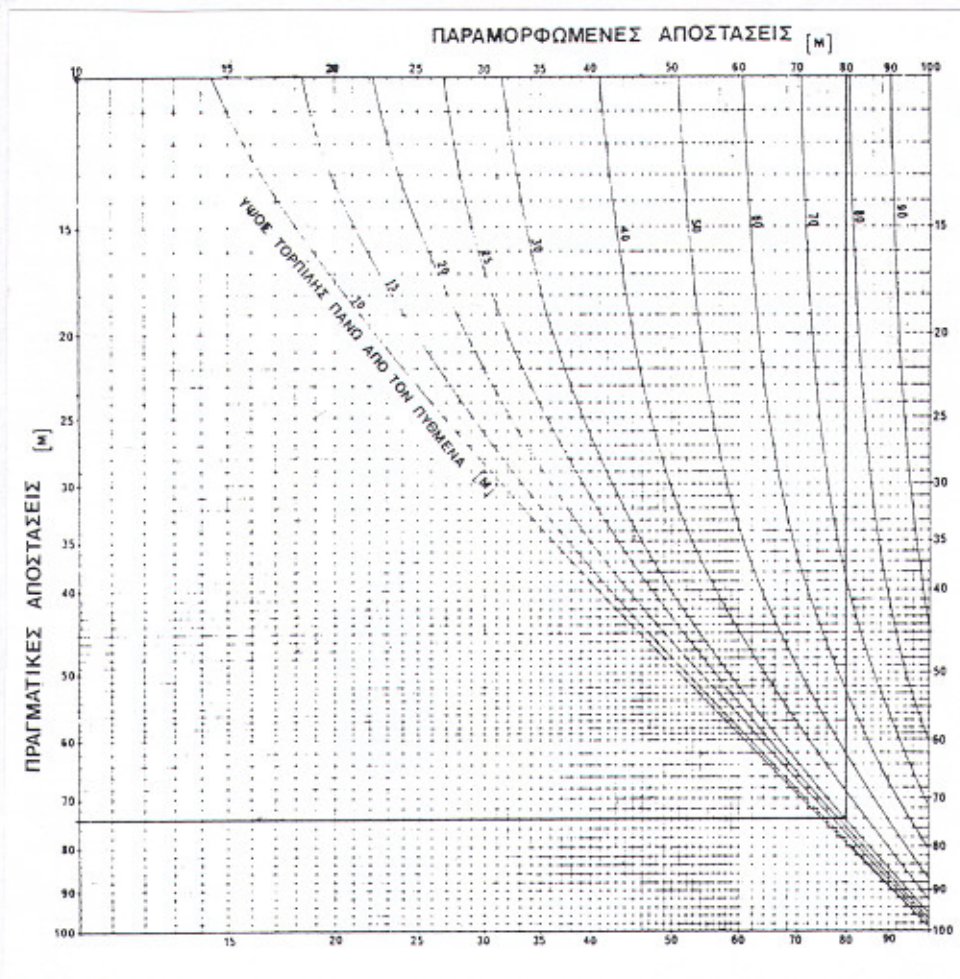
(α) Μετατροπή πλάγιας σε πραγματική απόσταση.

Η σχέση που συνδέει την πλάγια με την πραγματική απόσταση είναι αυτή του Πυθαγόρειου θεωρήματος. Η πραγματική απόσταση μπορεί συνεπώς να δοθεί από τη σχέση:

$$X = \sqrt{D^2 - H^2}$$

όπου: X= πραγματική απόσταση,
 D= πλάγια απόσταση
 H= ύψος τορπίλης από τον πυθμένα.

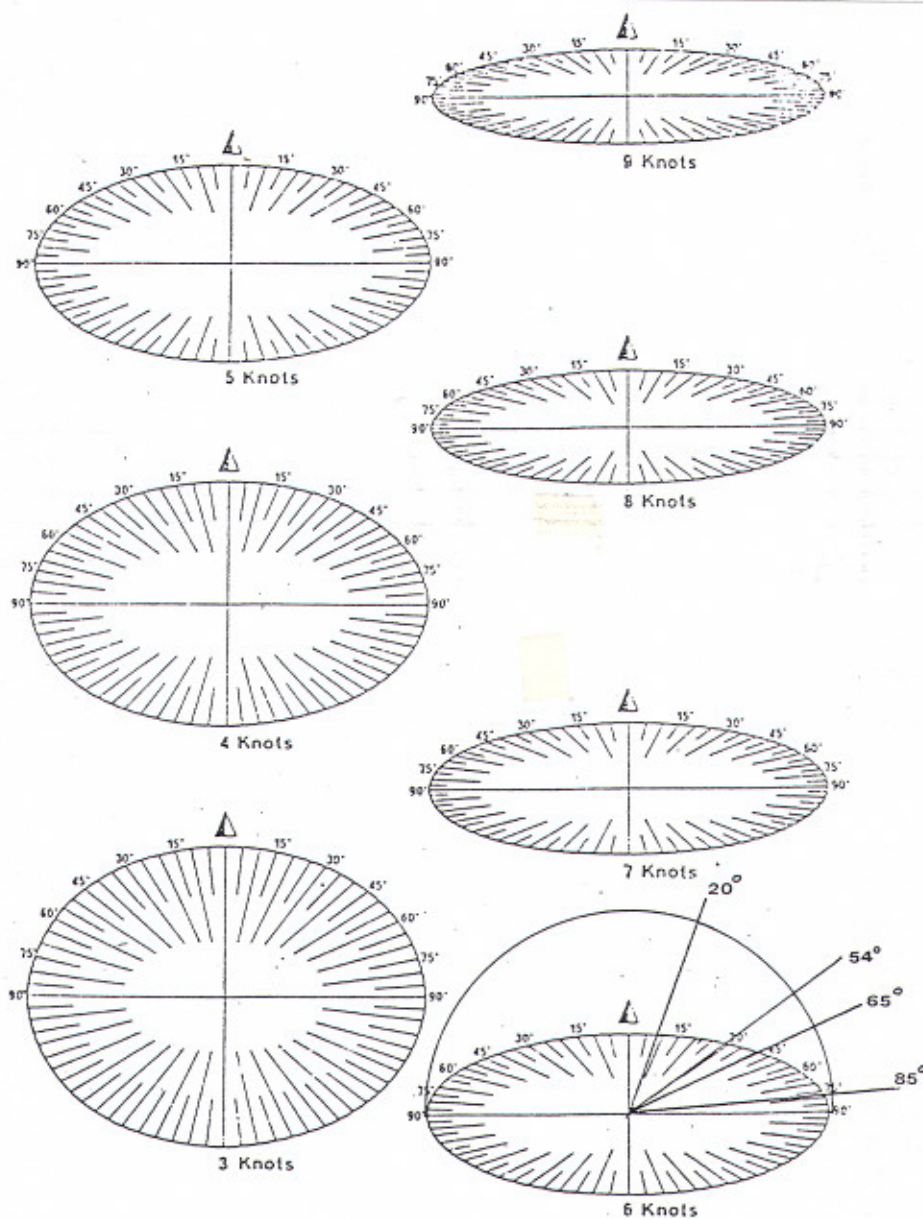
Η μετατροπή της πλάγιας σε πραγματική απόσταση είναι δυνατή με χρήση νομογραμμάτων (Εικ. 4.26) τα οποία δίνουν την πραγματική απόσταση για δεδομένη πλάγια απόσταση και ύψος τορπίλης, και είναι στην πραγματικότητα διαγραμματοποιημένη η προαναφερθείσα σχέση.



Εικ. 4.26. Νομόγραμμα για τον ποιοισμό της πραγματικής απόστασης δεδομένης της αντίστοιχης πλάγιας και του ύψους πτήσης της τορπίλης.

(β) Διόρθωση γωνιακών στοιχείων.

Η ανισοτιμία επιμήκους και εγκάρσιας κλίμακας προκαλεί παραμόρφωση των γωνιακών στοιχείων της ηχογραφίας. Ως γωνιακά στοιχεία μιας ηχογραφίας αναφέρονται οι γωνίες μεταξύ της διεύθυνσης κίνησης της τορπίλης και διαφόρων γραμμικών στοιχείων όπως π.χ. αγωγοί, καλώδια, αυλάκια, άξονες χαράδρων. Η ανισοτιμία των κλιμάκων οφείλεται στην ταχύτητα κίνησης του σκάφους και είναι μεγαλύτερη όσο υψηλότερη είναι η ταχύτητα του σκάφους. Τα νομογράμματα της Εικόνας 4.27. επιτρέπουν τη διόρθωση των γωνιακών στοιχείων που μετρούνται με μοιρογνωμόνιο στην ηχογραφία σύμφωνα με την ταχύτητα του σκάφους.



Εικ. 4.27. Νομογράμματα με τα οποία είναι δυνατή η διόρθωση των γωνιακών στοιχείων της ηχογραφίας. Μετράται με μοιρογνωμόνιο η παραμορφωμένη γωνία απευθείας στην ηχογραφία και στη συνέχεια η γωνία αυτή τοποθετείται επάνω στο νομόγραμμα της αντίστοιχης ταχύτητας και εκτιμάται η νέα πραγματική γωνία.

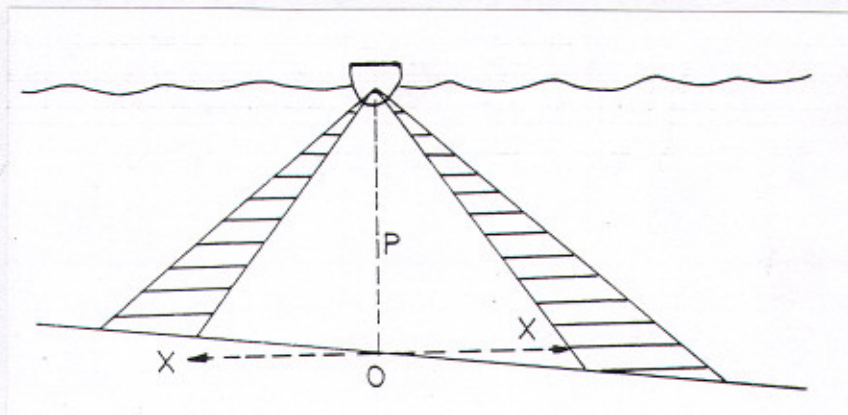
4.5. ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΗΧΟΓΡΑΦΙΩΝ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΕ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.

Οι προαναφερθείσες παραμορφώσεις που οφείλονται αποκλειστικά στον τρόπο λειτουργίας των δικάναλων ηχ-πλ-σαρ. και οι οποίες διορθώνονται από τα σύγχρονα τρικάναλα συστήματα, δεν είναι οι μόνες που υπεισέρχονται στις ηχογραφίες. Ένας αξιοσημείωτος αριθμός παραμορφώσεων που παρουσιάζονται στις καταγραφές όλων των συστημάτων, είναι ανεξάρτητες από τον τρόπο λειτουργίας των οργάνων και έχουν σχέση με παράγοντες του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Η αναφορά αυτών των παραμορφώσεων κρίνεται απαραίτητη διότι προκαλούν ακουστικούς χαρακτήρες στις ηχογραφίες οι οποίοι εύκολα μπορεί να οδηγήσουν σε εσφαλμένα συμπεράσματα όσον αφορά στη μορφολογία της επιφάνειας του πυθμένα.

Οι αιτίες αυτών των παραμορφώσεων είναι:

(α) Κλίση πυθμένα.

Ισομήκη αντικείμενα εκατέρωθεν της ηχοβολιστικής τορπίλης και ισαπέχοντα από αυτή, καταγράφονται ως αντικείμενα διαφορετικών μηκών λόγω της διαφορετικής γωνίας πρόσπτωσης των ηχητικών κυμάτων εξαιτίας του κεκλιμένου πυθμένα (Εικ. 4. 28).

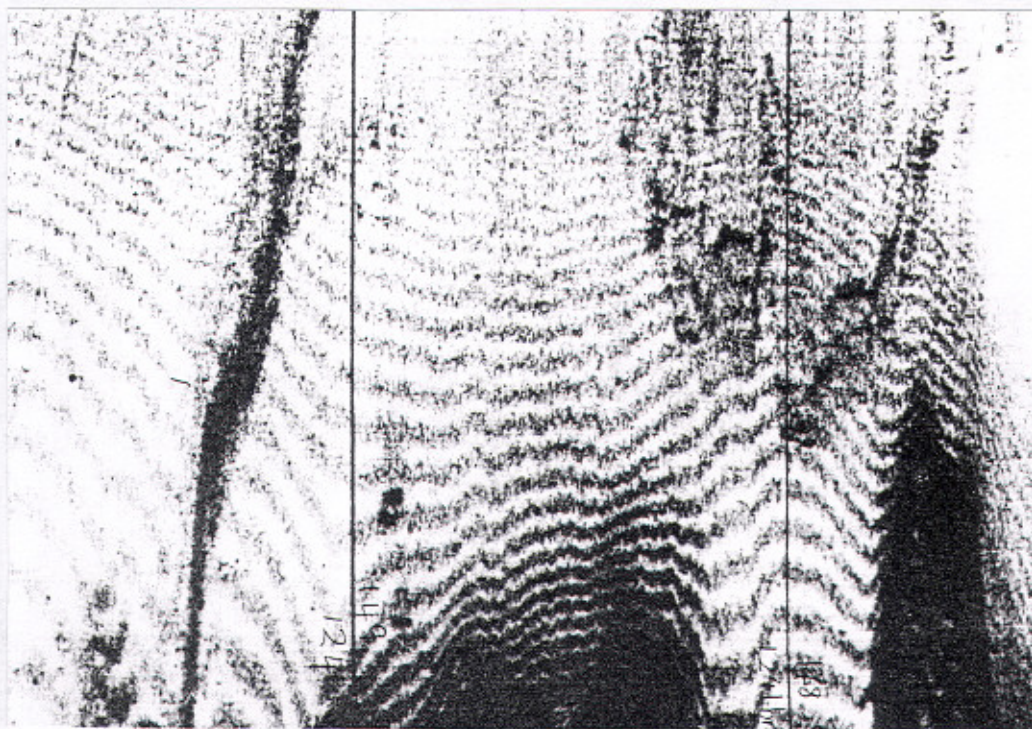


Εικ. 4. 28. Γραφική αναπαράσταση της καταγραφής δύο ισομηκών και ισαπέχοντων από την τορπίλη, αντικειμένων, ως αντικείμενα διαφορετικού μήκους λόγω του κεκλιμένου πυθμένα.

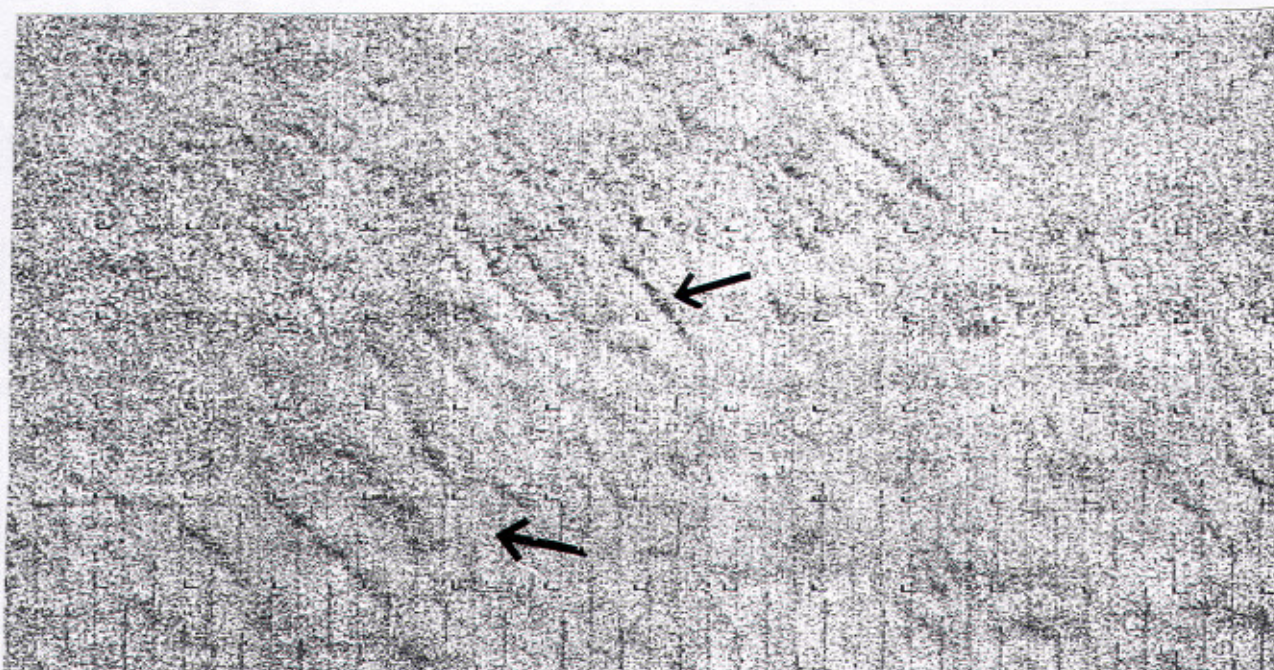
(β₁) Ανισοτροπία του μέσου διάθλασης (Lloyd Mirror bands, Lloyd effect).

Το φαινόμενο του Lloyd Mirror bands οφείλεται στη συμβολή των ηχητικών κυμάτων που ακολουθούν διαφορετικές πορείες (multi path) και συγκεκριμένα συμβολή κυμάτων που ακολουθούν τη σύντομη πορεία πομπός-πυθμένας-δέκτης με αυτά που ακολουθούν μεγαλύτερη πορεία λόγω επιπλέον διάθλασης τους στην επιφάνεια της θάλασσας ή/και σε επιφάνειες της υδάτινης στήλης διαφορετικών πυκνοτήτων (θερμοκλίνας-στρωματοποίηση στήλης). Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι η παρουσία σκουρόχρωμων-ανοιχτόχρωμων ταινιών παράλληλων προς την πορεία της τορπίλης και προς τις άκρες της ηχογραφίας (Εικ. 4.29α,β) Η

παραμόρφωση Lloyd Mirror bands παρουσιάζεται τόσο στις δικάναλες (-παλαιού τύπου-) ηχογραφίες λόγω του φτωχά διαμορφωμένου ηχητικού παλμού όσο και στις σύγχρονες τρικάναλες διορθωμένες ηχογραφίες. Το φαινόμενο αυτό καταγράφεται εντονότερα όταν τα νερά είναι ρηχά και η επιφάνεια της θάλασσας ήρεμη.



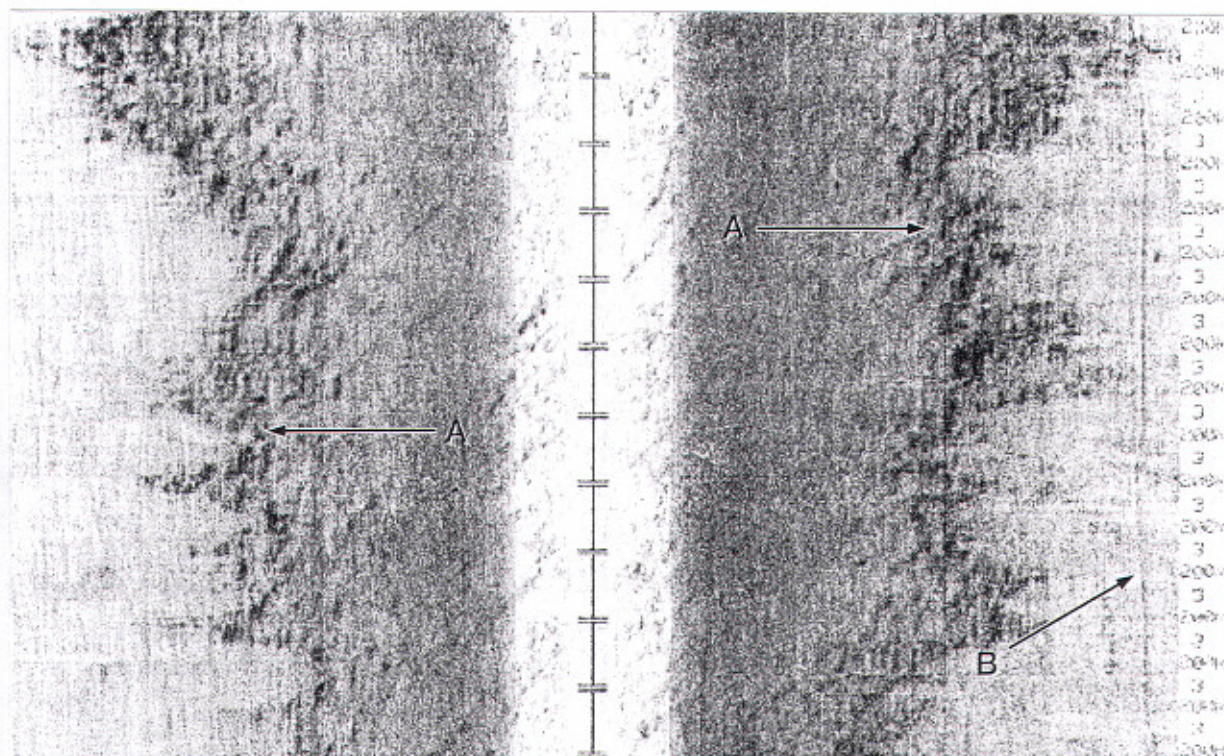
Εικ. 4.29α. Δικάναλη ηχογραφία στην οποία εμφανίζεται το φαινόμενο του Lloyd Mirror bands.



Εικ. 4.29β. Τρικάναλη ηχογραφία στην οποία εμφανίζεται το φαινόμενο του Lloyd Mirror bands (σλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).

(β₂) Διάθλαση ηχητικών κυμάτων (refraction-acoustic ray bending).

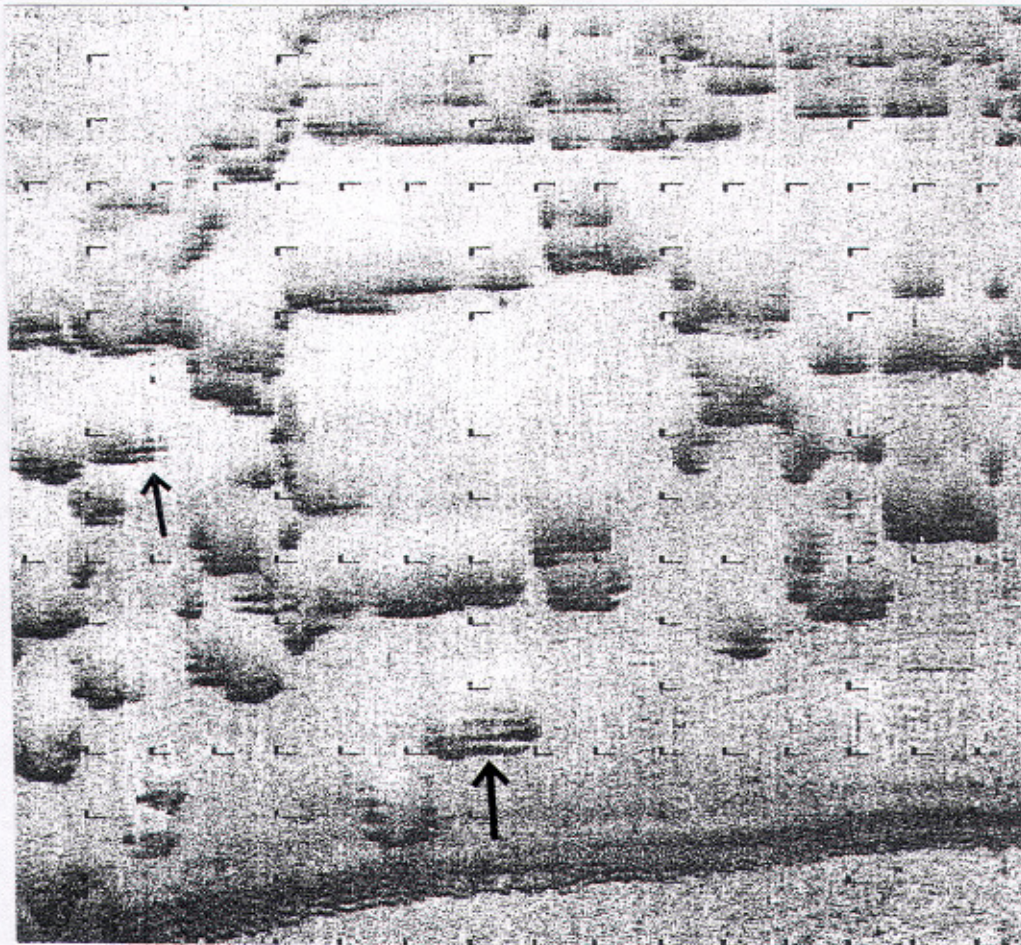
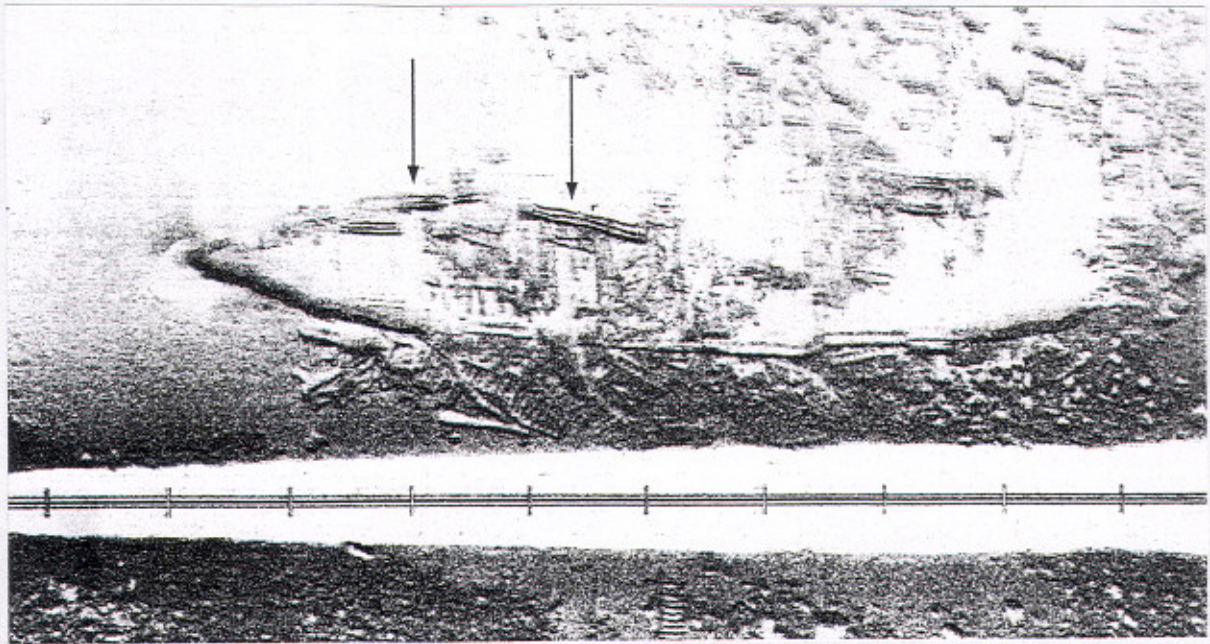
Παρόμοιο με το προαναφερθέν φαινόμενο είναι αυτό της διάθλασης των ηχητικών κυμάτων. Τα ηχητικά κύματα έχουν την τάση να λοξεύουν την πορεία τους προς τα ψυχρά με χαμηλή θερμοκρασία και αλατότητα νερά και να απομακρύνονται από τα θερμότερα και υψηλής αλατότητας νερά. Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι το μεγαλύτερο μέρος της ακουστικής ενέργειας του παλμού να οδηγείται κατευθείαν στον πυθμένα παρά να διασπείρεται μέχρι τα όρια της δέσμης. Αυτό εξηγεί και την ασθενή καταγραφή του πυθμένα στα όρια της ηχογραφίας (Εικ. 4.30).



Εικ. 4.30. Τρικάναλη ηχογραφία στην οποία εμφανίζεται το φαινόμενο της διάθλασης των ηχητικών κυμάτων δηλ. ασθενής καταγραφή (ανοιχτόχρωμη) της επιφάνειας του πυθμένα προς τα άκρα της ηχογραφίας (Fish and Carr 1990).

(γ₁). Καταγραφή ηχητικών κυμάτων που ακολουθούν διαφορετικές πορείες (multi path).

Τα εκπεμπόμενα ηχητικά κύματα είναι δυνατόν να ακολουθήσουν διαφορετικές οδούς επιστροφής στο δέκτη όχι λόγω έντονης στρωμάτωσης της υδάτινης στήλης (-όπως στο φαινόμενο Lloyd mirror bands-) αλλά λόγω πρόσπτωσης τους σε επιφάνειες του πυθμένα καλά προσανατολισμένες προς την ηχητική τορπίλη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα ανακλώμενα ηχητικά κύματα να έχουν υψηλή ηχητική ενέργεια και μπορούν να ακολουθήσουν διάφορες πορείες (Εικ. 4.31α,β). Συνήθως το φαινόμενο αυτό αναπτύσσεται σε περιοχές του πυθμένα με στόχους υψηλής ανακλαστικότητας όπως π.χ. βράχοι, υ/β καλώδια και αγωγοί, ναυάγια.



Εικ. 4.31. Ηχογραφίες στις οποίες εμφανίζεται το φαινόμενο της πολλαπλής διαδρομής (multi path). (α) Ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί ένα μεταλλικό ναυάγιο (Fish and Carr 1990) και (β) ηχογραφία στην οποία αποτυπώνεται βραχώδης πυθμένας (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ) (το φαινόμενο σημειώνεται στην ηχογραφία με ↗).

(γ₂) Ανάκλαση της επιφάνειας της θάλασσας.

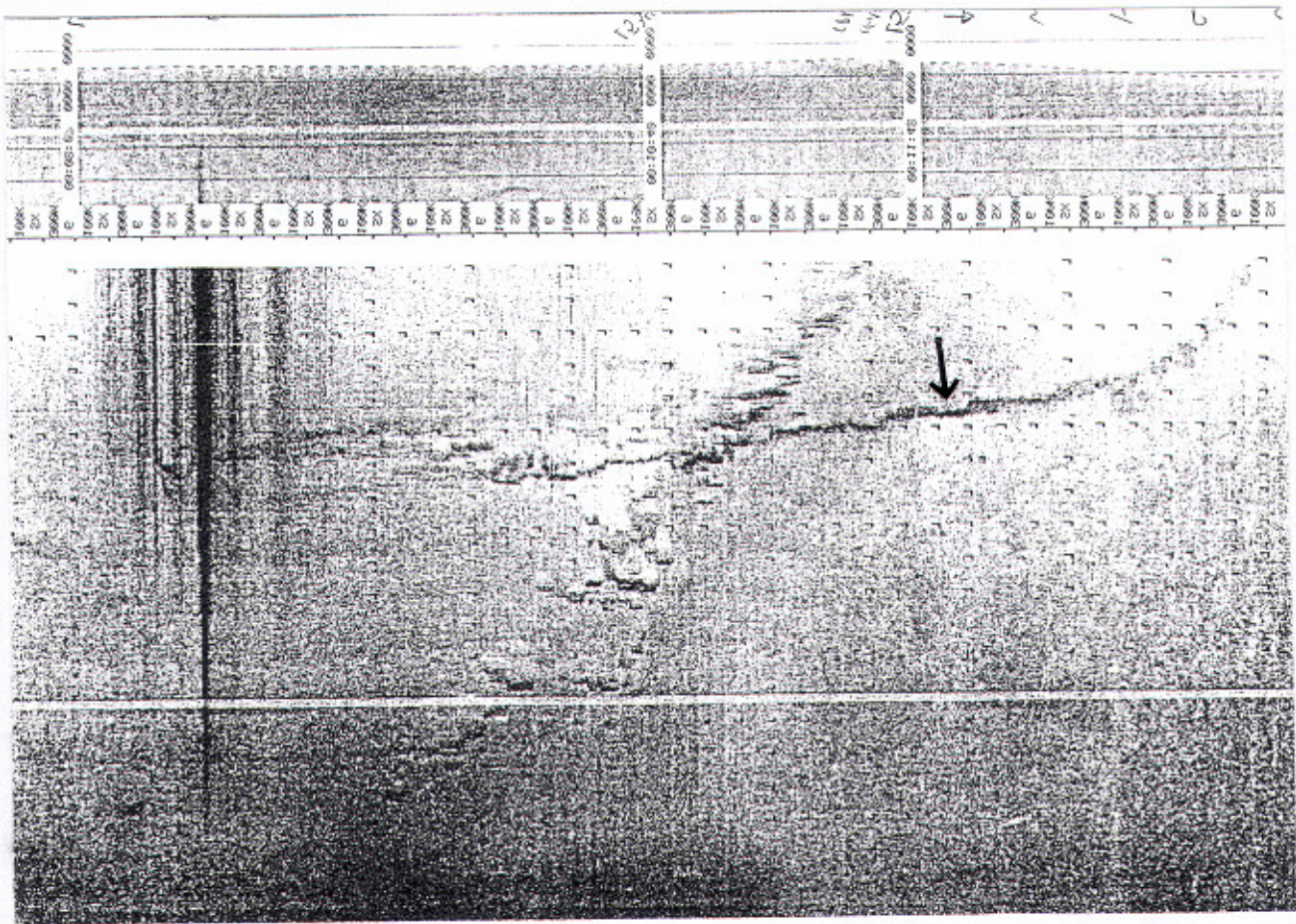
Η ανάκλαση των ηχητικών κυμάτων στην επιφάνεια της θάλασσας είναι δυνατόν να καταγραφεί στην ηχογραφία ως ένα συνεχές γραμμικό ίχνος. Η απόσταση αυτού του ίχνους από την κεντρική γραμμή διεύθυνσης της ηχητικής τορπίλης δηλώνει το βάθος που βρίσκεται αυτή και σε συνδυασμό με το ύψος της τορπίλης από τον πυθμένα, δηλώνει το βάθος του πυθμένα (Εικ. 4.32).



Εικ. 4.32. Δικάναλη ηχογραφία στην οποία εμφανίζεται η ανάκλαση της επιφάνειας του πυθμένα (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ) (το φαινόμενο σημειώνεται στην ηχογραφία με ↗).

(δ) Καταγραφή "απόνερων" σκαφών.

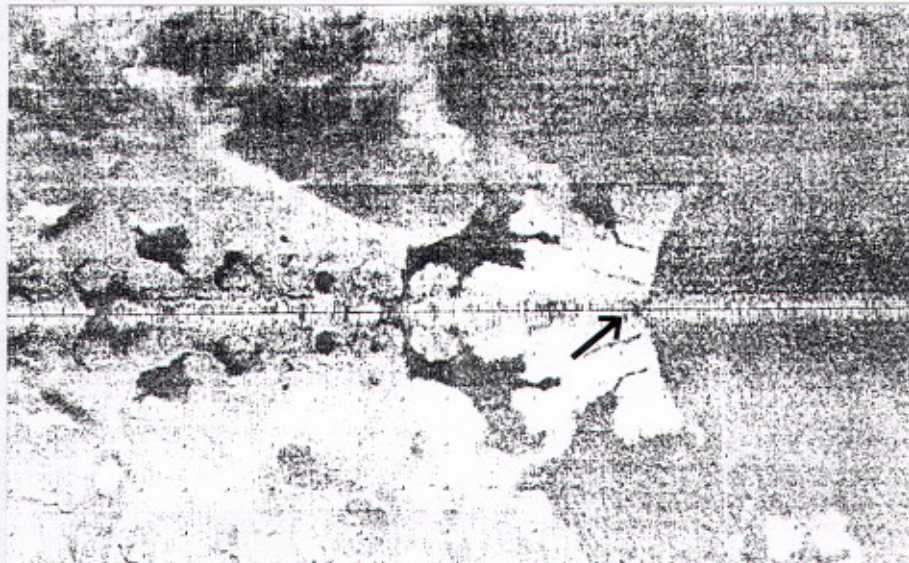
Η παρουσία απόνερων στην επιφάνεια της θάλασσας λόγω της διέλευσης σκαφών κοντά από την ηχητική τορπίλη, είναι δυνατόν να καταγραφεί ως ασυνεχής ταινία έντονης ανακλαστικότητας η οποία δεν συνοδεύεται από ηχητική σκιά (Εικ. 4.33). Η διατάραξη που προκαλείται στην υδάτινη στήλη από τις προπέλες σκαφών είναι πιθανόν να παραμείνει αρκετή ώρα μετά τη διέλευση τους, ιδιαίτερα όταν η διατάραξη περιέχει μεγάλη ποσότητα φυσαλίδων αέρα. Το ίχνος που αυτή παρουσιάζει στις ηχογραφίες είναι πιθανόν να διακρίνεται δύσκολα από τα αντίστοιχα ίχνη των πραγματικών μορφολογικών χαρακτηριστικών του πυθμένα.



Εικ. 4.33. Ηχογραφία στην οποία έχουν καταγραφεί τα απόνερα σκάφους (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ) (το φαινόμενο σημειώνεται στην ηχογραφία με ↗).

(ε) Φαινόμενο "Cross talking".

Κατά τη μεταφορά των ηλεκτρικών παλμών από τους δύο πομποδέκτες προς την καταγραφική μονάδα, διαμέσου δύο διαφορετικών καλωδίων, δεν είναι απίθανη η μεταπήδηση του ενός ηλεκτρικού παλμού στο άλλο ηλεκτρικό καλώδιο και η μεταφορά των δύο παλμών από το ίδιο καλώδιο. Η ηχογραφία που προκύπτει παρουσιάζει τους ίδιους στόχους και στις δύο ζώνες της ηχογραφίας με σχέση "ειδώλου - αντικειμένου" (Εικ. 4.34). Για την αναγνώριση του πραγματικού στόχου επιλέγεται αυτός που παρουσιάζει την υψηλότερη ανακλαστικότητα.



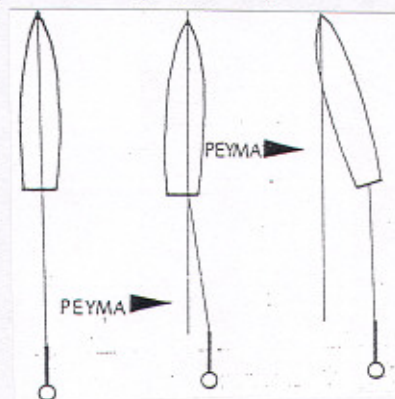
Εικ. 4.34. Ηχογραφία στην οποία, εξαιτίας του φαινομένου "cross-talking", έχουν καταγραφεί οι ίδιοι στόχοι και στις δύο ζώνες της. (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ) (το φαινόμενο σημειώνεται στην ηχογραφία με ↗).

(στ') Εκτροπή τορπίλης λόγω θαλασσίων ρευμάτων.

Η παρουσία ισχυρών θαλασσίων ρευμάτων, ιδιαίτερα όταν η διεύθυνση τους είναι σχεδόν κάθετη προς την πορεία της ηχοβολιστικής τορπίλης, έχει ως αποτέλεσμα την εκτροπή της και την εκτέλεση πορείας παράλληλης προς αυτή του σκάφους και όχι ταυτόσημη (Εικ. 4.35). Τα συνήθη συστήματα προσδιορισμού θέσης αναφέρονται στο σκάφος και όχι στην ηχοβολιστική τορπίλη με άμεση συνέπεια να είναι αδύνατη η αποτύπωση των εντοπισθέντων στόχων σε χάρτη.

Οι τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος της εκτροπής της τορπίλης λόγω θαλασσίων ρευμάτων είναι:

- (i) η εκτίμηση της εκτροπής με ταυτόχρονη εκτίμηση της διεύθυνσης και έντασης των ρευμάτων (ένας απλός τρόπος για την εκτίμηση της εκτροπής είναι η μέτρηση της γωνίας που σχηματίζει το καλώδιο σύρσης της ηχοβολιστικής τορπίλης με τον άξονα του σκάφους) (Εικ. 4.35),
- (ii) η τοποθέτηση συστήματος προσδιορισμού θέσης στην ηχοβολιστική τορπίλη (underwater positioning system).



Εικ. 4.35. Σχηματική αναπαράσταση της εκτροπής της ηχοβολιστικής τορπίλης λόγω της δράσης θαλασσίων ρευμάτων διεύθυνσης κάθετης με αυτή της τορπίλης.

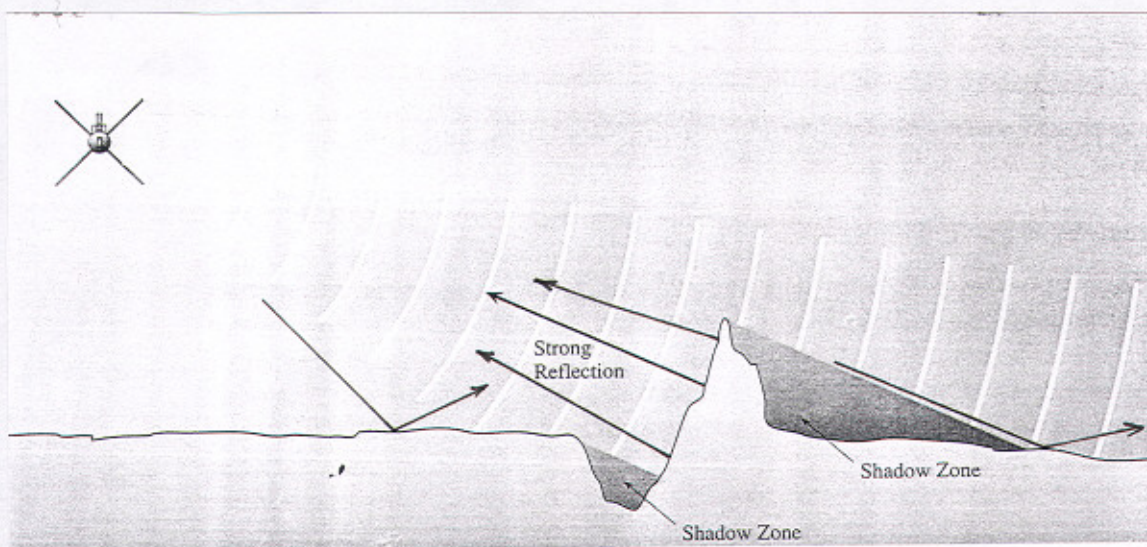
4.6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΗΧΟΓΡΑΦΙΩΝ.

Η ηχογραφία ενός ηχ-πλ-σαρ. στοιχειοθετείται με την καταγραφή των επιστρεφόμενων ηχητικών κυμάτων με τη μορφή ιχνών διαφόρων χρωματικών τόνων. Ο χρωματικός τόνος των συνήθων ηχογραφιών κυμαίνεται από μαύρος έως λευκός με όλους τους δυνατούς ενδιάμεσους τόνους. Ο χρωματικός τόνος εξαρτάται από την ανακλαστικότητα των διαφόρων περιοχών του πυθμένα. Σκουρόχρωμοι τόνοι καταγραφής σχηματίζονται από περιοχές έντονης ανακλαστικότητας οι οποίες προκαλούν ισχυρές επιστροφές των ηχητικών κυμάτων, ενώ αντίθετα ανοιχτόχρωμοι τόνοι καταγραφής οφείλονται σε περιοχές του πυθμένα χαμηλής ανακλαστικότητας.

Η ανακλαστικότητα του πυθμένα, με τη σειρά της, εξαρτάται από τη λιθολογική σύσταση και τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών που καλύπτουν τον πυθμένα καθώς και από τη μορφολογία της επιφάνειάς του. Συνεπώς, ο ηχ-πλ-σαρ. δίνει πληροφορίες για τη σύσταση των συγχρόνων ιζημάτων καθώς και το ανάγλυφο του πυθμένα.

Αδρομερή υλικά όπως π.χ. βράχοι, κροκάλες, ψηφίδες, καταγράφονται με έντονους σκουρόχρωμους τόνους καταγραφής έναντι των ασθενέστερα σκουρόχρωμων ή ανοιχτόχρωμων τόνων με τους οποίους καταγράφονται οι άμμοι και οι ιλύες,, αντίστοιχα.

Περιοχές του πυθμένα οι οποίες είναι καλά προσανατολισμένες ("καθρέπτες") προς την ηχοβολιστική τορπίλη, συνιστούν επιφάνειες έντονης ανακλαστικότητας των ηχητικών κυμάτων και καταγράφονται ως σκουρόχρωμες περιοχές, ενώ αντίθετα περιοχές του πυθμένα όπου τα ηχητικά κύματα προσπίπτουν πλαγίως ή/και καθόλου καταγράφονται ως ανοιχτόχρωμες περιοχές ή λευκές περιοχές ("ηχητικές σκιές"), αντίστοιχα (Εικ. 4.36).

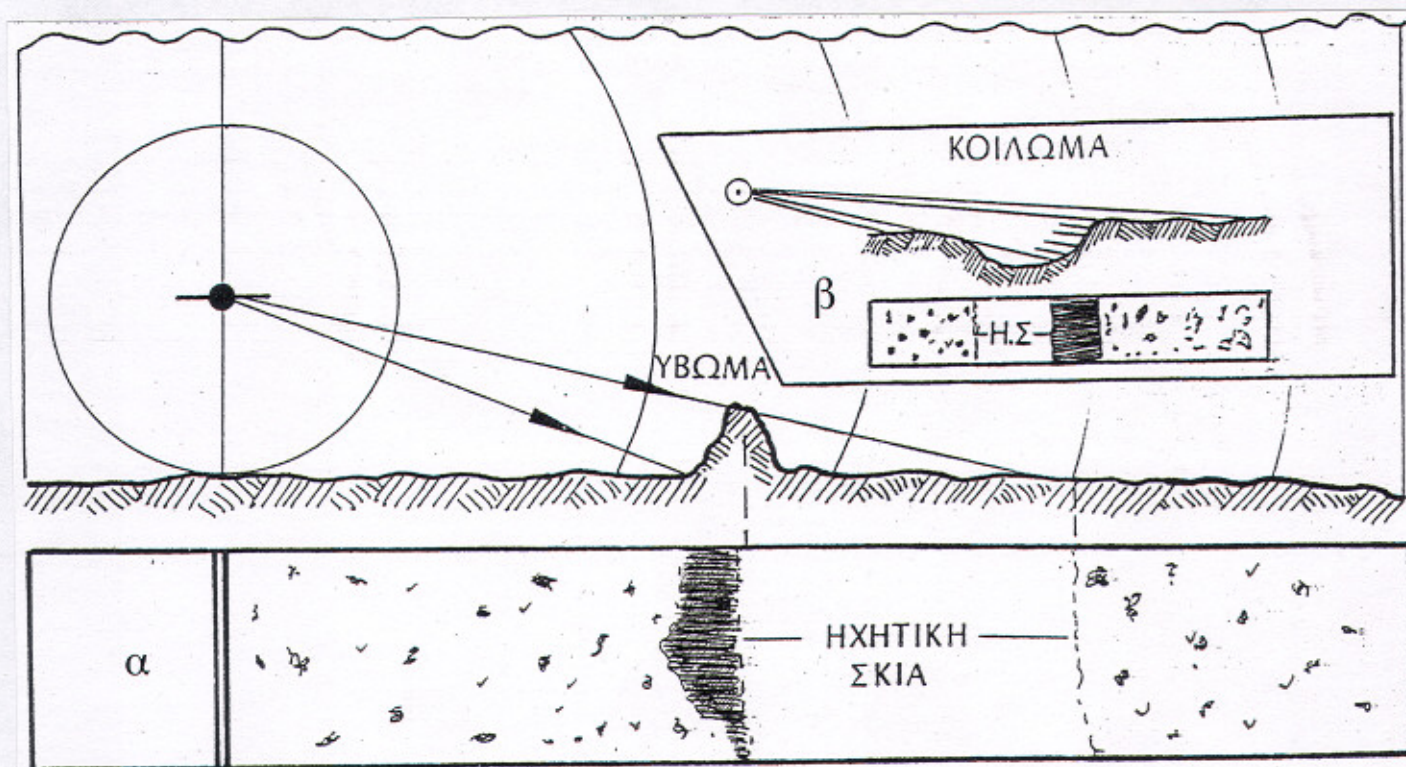


Εικ. 4.36. Σχηματική αναπαράσταση της σχέσης του βαθμού ανακλαστικότητας διαφόρων περιοχών του πυθμένα με τη γωνία πρόσπτωσης των ηχητικών κυμάτων.

4.6.1. Μορφολογική ανάλυση του πυθμένα - "ηχητική σκιά"

Η διάταξη των περιοχών έντονης ανακλαστικότητας και ηχητικών σκιών σε σχέση με τη θέση της ηχητικής τορπίλης διακρίνει τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του πυθμένα σε υβώματα και κοιλώματα.

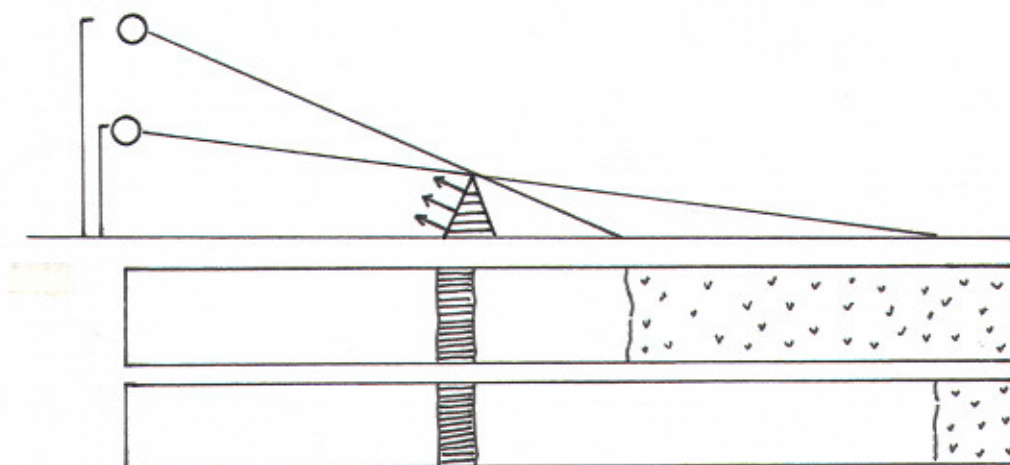
Όταν σε διεύθυνση απομάκρυνσης από την ηχοβολιστική τορπίλη, η περιοχή έντονης ανακλαστικότητας ακολουθείται από ηχητική σκιά, αυτό δηλώνει την ύπαρξη υβώματος (Εικ. 4.37α), ενώ αντίθετα, όταν η περιοχή ηχητικής σκιάς ακολουθείται από περιοχή έντονης ανακλαστικότητας δηλώνει την ύπαρξη κοιλώματος (Εικ. 4.37β).



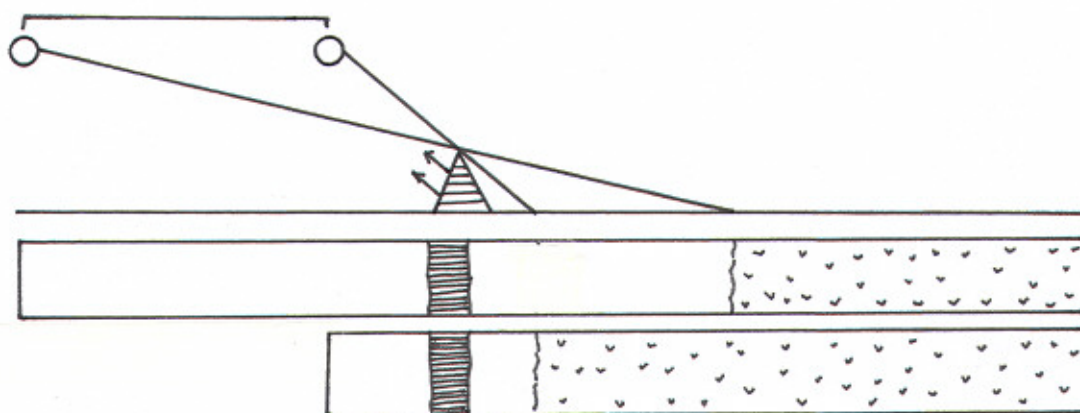
Εικ. 4.37. Σχηματική αναπαράσταση του τρόπου αναγνώρισης (α) υβώματος και (β) κοιλώματος της επιφάνειας του πυθμένα, από τη διάταξη των περιοχών ηχητικής σκιάς και έντονης ανακλαστικότητας.

Η έκταση, το γεωμετρικό σχήμα και η σχέση της ηχητικής σκιάς με την αντίστοιχή της περιοχή έντονης ανακλαστικότητας δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την προέλευση, το μέγεθος και τη θέση του στόχου, αναδεικνύοντας έτσι την ηχητική σκιά ως κυρίαρχο διαγνωστικό μέσο μελέτης της μορφολογίας του πυθμένα.

Το μέγεθος της ακουστικής σκιάς και της αντίστοιχης περιοχής έντονης ανακλαστικότητας εξαρτάται απόλυτα από (i) το ύψος πτήσης της ηχοβολιστικής τορπίλης και (ii) τη σχετική θέση της ως προς το στόχο. Χαμηλή πτήση της ηχοβολιστικής τορπίλης οδηγεί στο σχηματισμό εκτεταμένων ηχητικών σκιών ενώ η άνοδος της τορπίλης προς την επιφάνεια της θάλασσας μειώνει το εύρος τους (Εικ. 4.38). Επιπλέον, όταν η ηχητική τορπίλη ηχοβολεί το στόχο από μικρή απόσταση σχηματίζεται μικρότερης έκτασης ηχητική σκιά, συγκριτικά με αυτή που σχηματίζεται όταν ο στόχος ηχοβολείται από μεγαλύτερη απόσταση. (Εικ. 4.39).



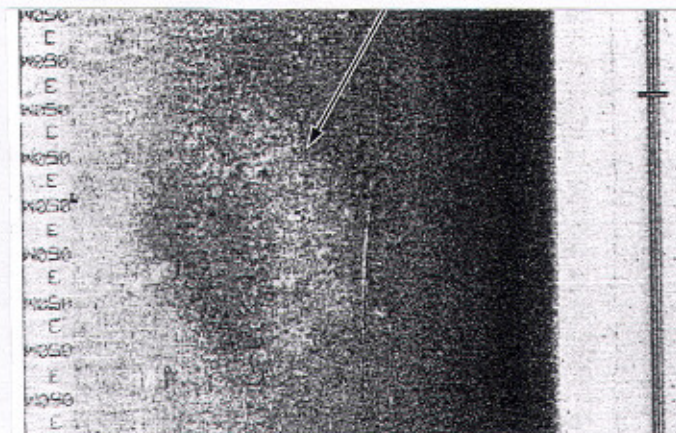
Εικ. 4.38. Σχηματική αναπαράσταση της σχέσης του ύψους πτήσης της ηχοβολιστικής τορπίλης, με το εύρος της ηχητικής σκιάς.



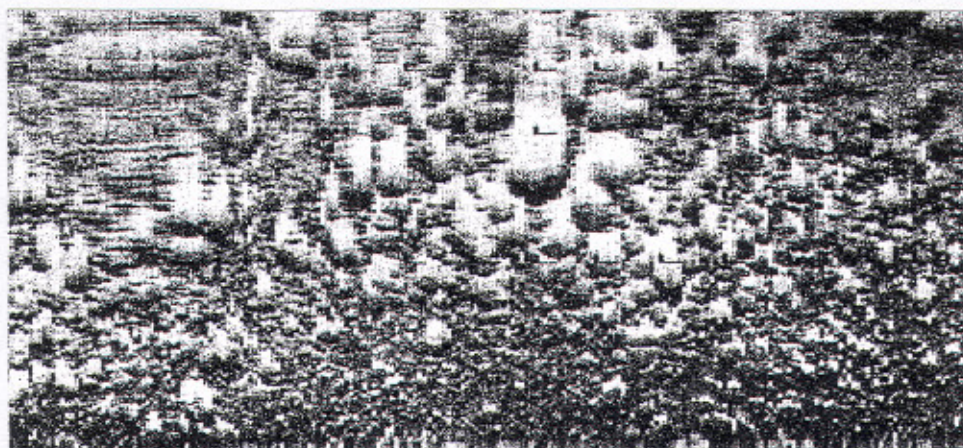
Εικ. 4.39. Σχηματική αναπαράσταση της σχέσης της απόστασης της ηχοβολιστικής τορπίλης από το στόχο, με το εύρος της ηχητικής σκιάς.

Το ανάγλυφο του πυθμένα όταν αυτό είναι σχετικά ομαλό, δηλ. συγκροτείται από ομαλές εναλλαγές της κλίσης του πυθμένα, καταγράφεται στην ηχογραφία χωρίς την παρουσία σαφών περιοχών ηχητικής σκιάς. Στην περίπτωση αυτή το ανάγλυφο του πυθμένα καταγράφεται με σκοτεινόχρωμες και ανοιχτόχρωμες περιοχές οι οποίες παρουσιάζουν σταδιακή μετάβαση μεταξύ τους, όσον αφορά στο χρωματικό τους τόνο (Εικ. 4.40).

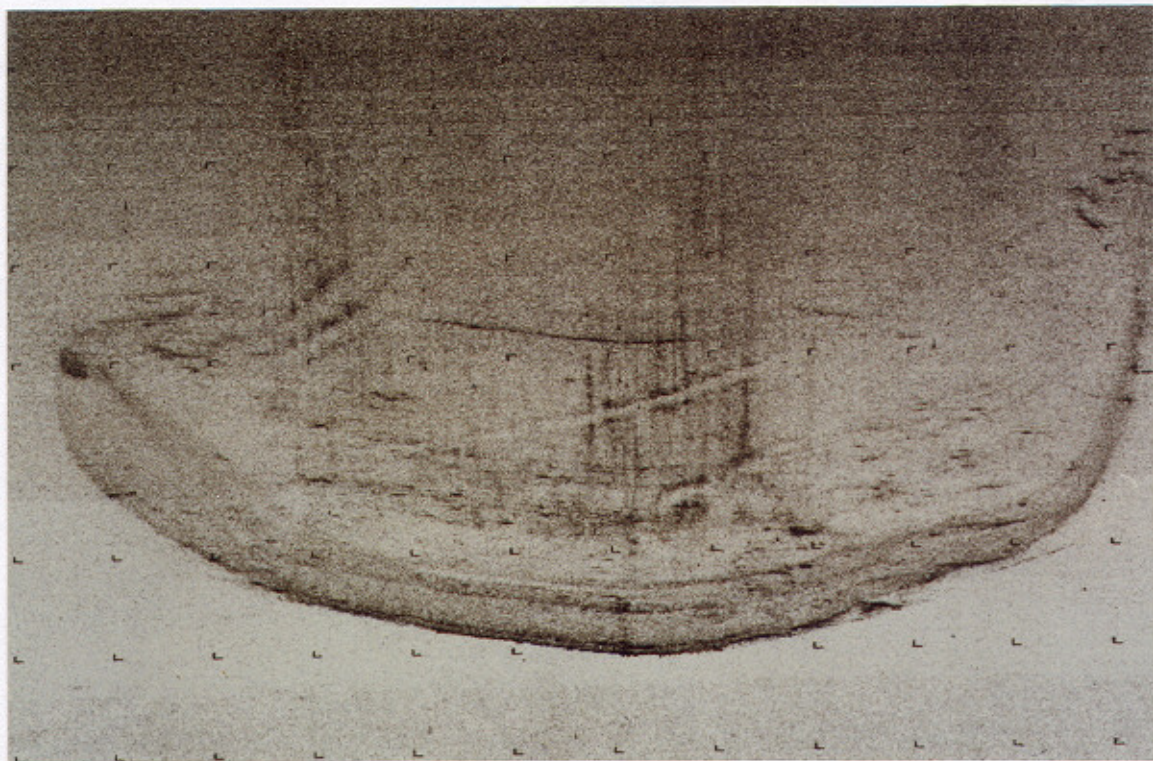
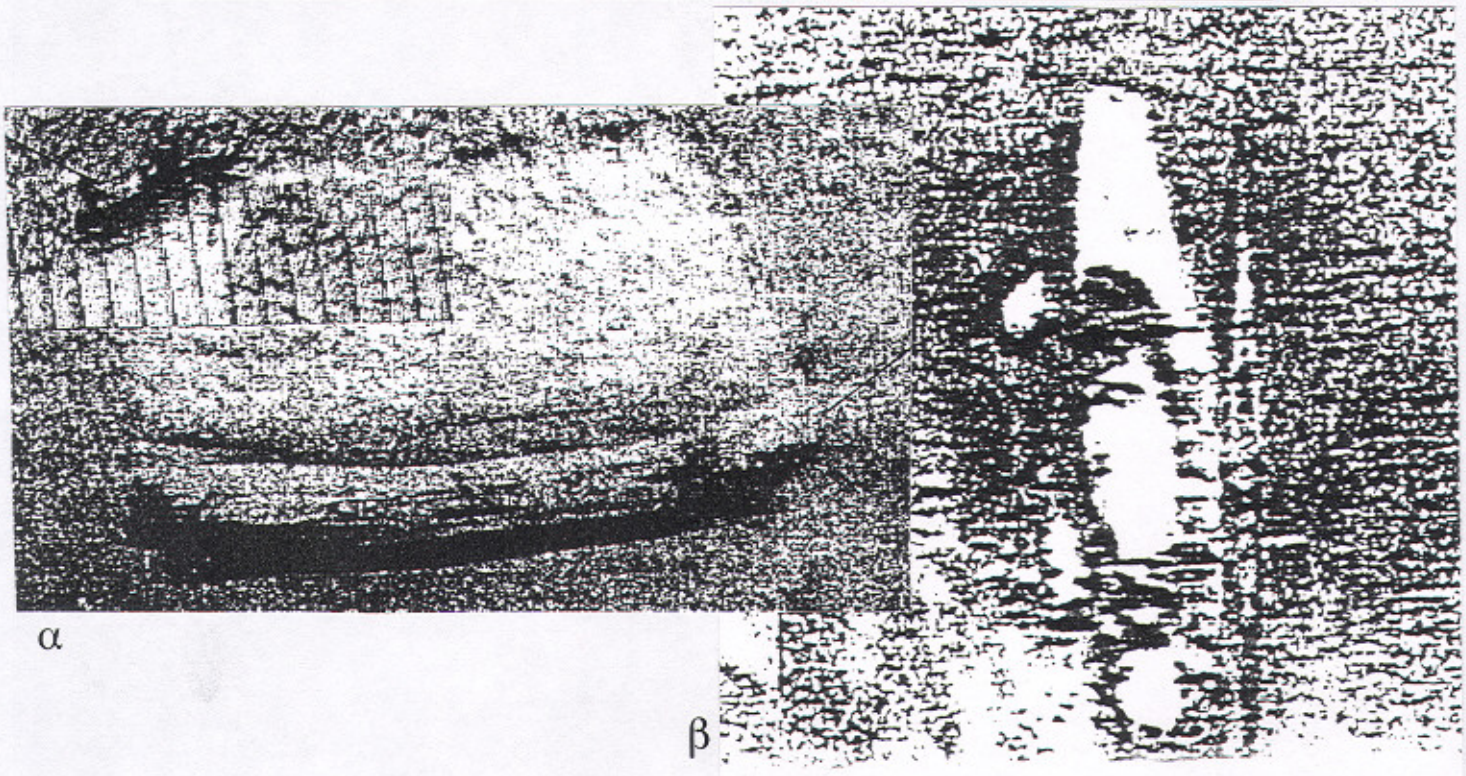
Περιοχές ηχητικής σκιάς με σαφή όρια δηλώνουν έντονο ανάγλυφο του πυθμένα το οποίο χαρακτηρίζεται από απότομες αλλαγές της κλίσης του πυθμένα (Εικ. 4.41). Το γεωμετρικό σχήμα της περιοχής ηχητικής σκιάς είναι δηλωτικό της προέλευσης του στόχου. Η διάκριση ανθρωπογενών από φυσικούς στόχους βασίζεται στη γεωμετρική μορφή της περιοχής της ηχητικής σκιάς. Τα ναυάγια πλοίων διακρίνονται σαφώς από τη γεωμετρία της σκιάς η οποία αποδίδει συνήθως μια πλάγια τομή του πλοίου (Εικ. 4.42). Παρόμοια, περιοχές ηχητικής σκιάς χαρακτηριστικής γεωμετρίας είναι δυνατόν να προκληθούν από θαλάσσιες εγκαταστάσεις (Εικ. 4.43).



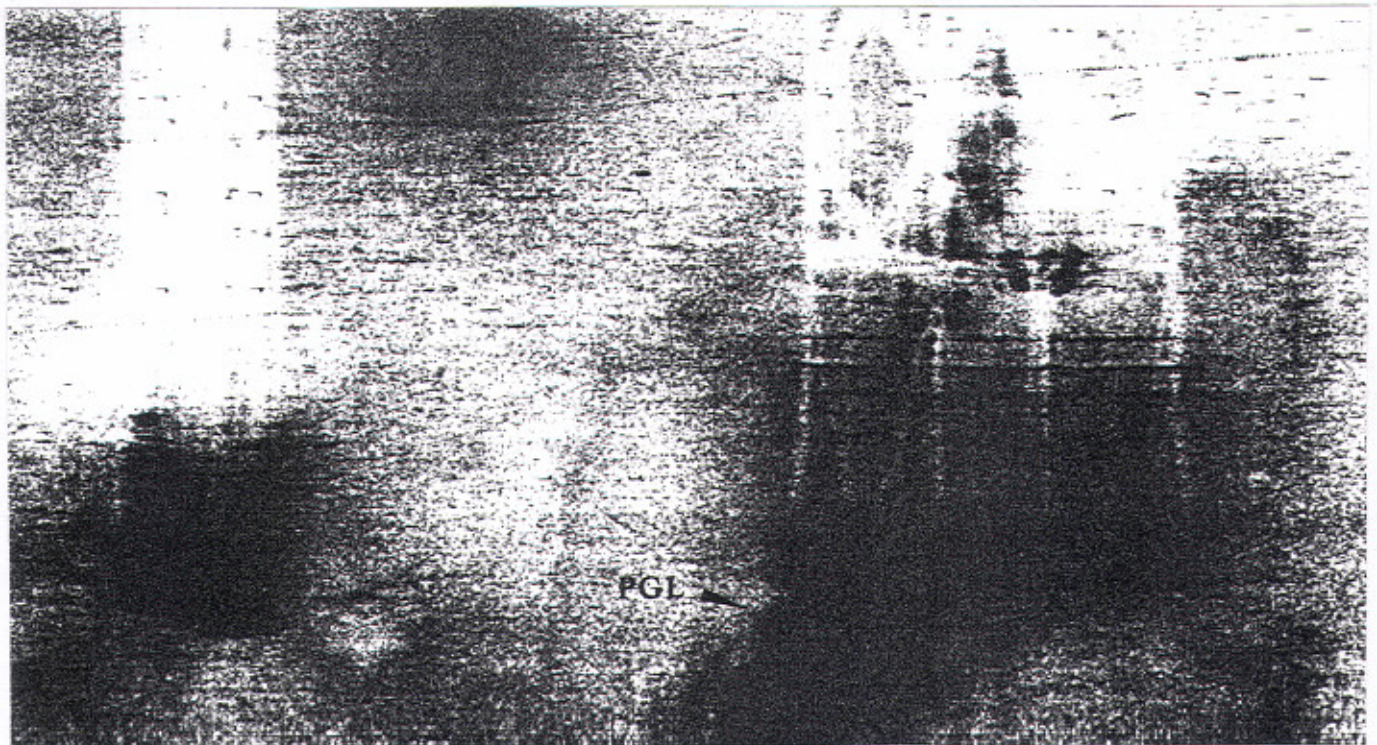
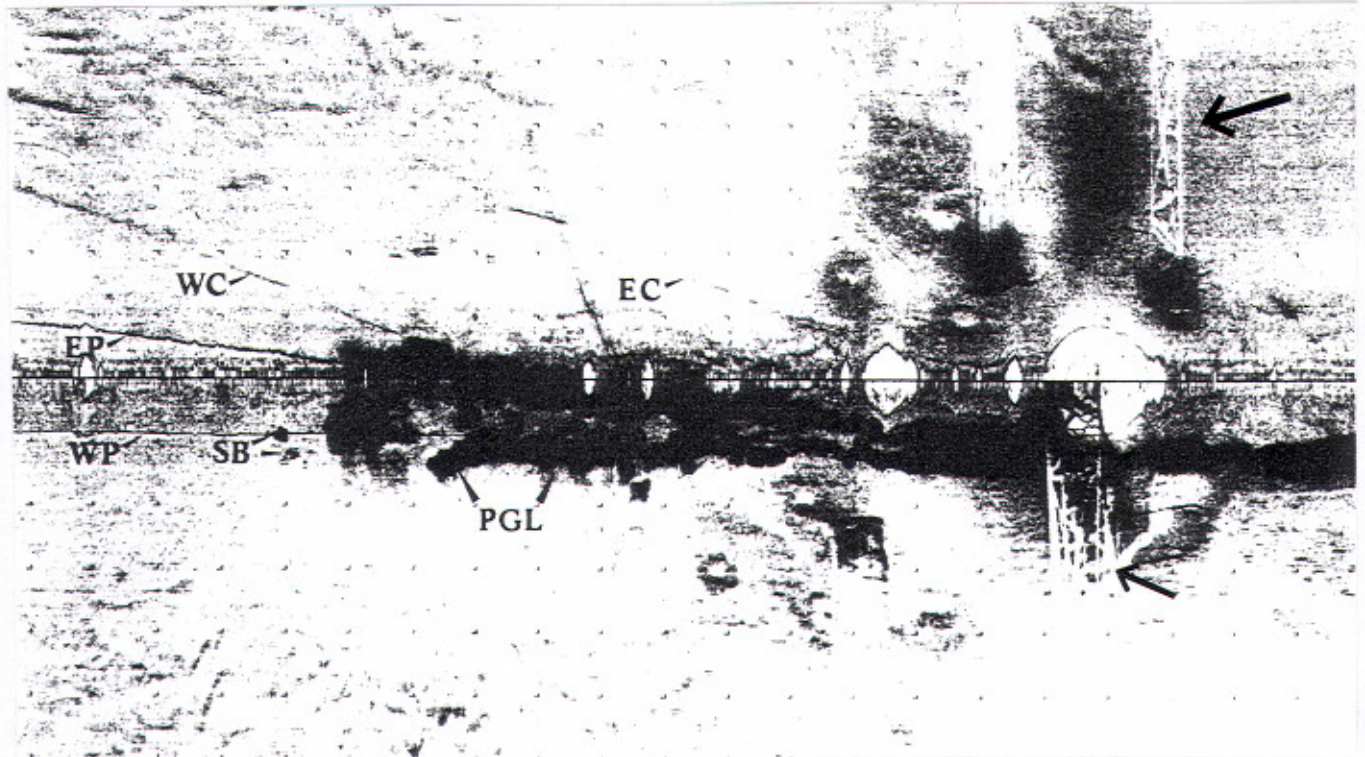
Εικ. 4.40. Ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί περιοχή πυθμένα με ομαλές μεταβολές της κλίσης του, όπως συμπεραίνεται από την απουσία ηχητικών σκιών και την ομαλή μετάβαση από σκοτεινόχρωμες σε ανοιχτόχρωμες περιοχές (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).



Εικ. 4.41. Ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί περιοχή του πυθμένα με παρουσία βραχωδών εξάρσεων οι οποίες προκαλούν σαφείς ηχητικές σκιές (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).



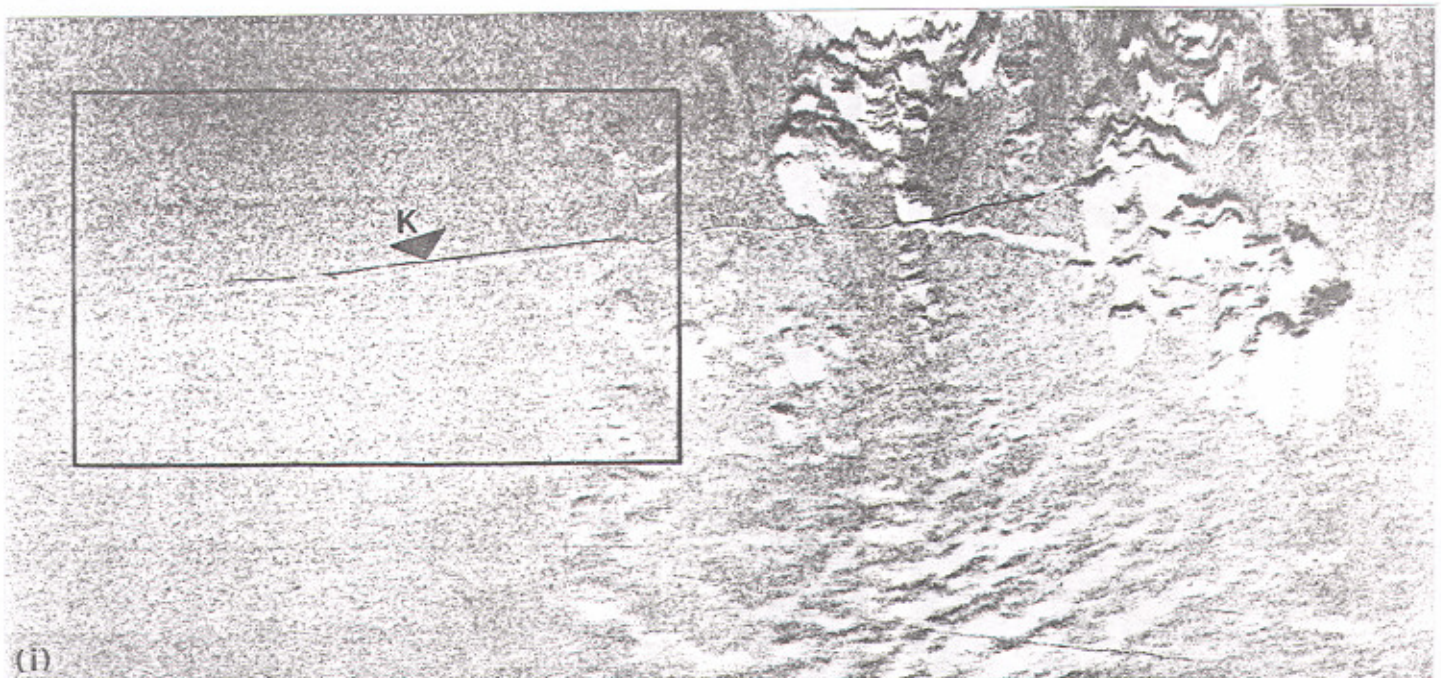
Εικ. 4.42. Ηχογραφίες στις οποίες έχουν αποτυπωθεί ναυάγια πλοίων. (α) ναυάγιο του 2^{ου} Παγκόσμιου Πόλεμου στον Πατραϊκό κόλπο (Παπαθεοδώρου κ.α. 1995), (β) ναυάγιο του 2^{ου} Παγκόσμιου Πόλεμου στον Κορινθιακό κόλπο (περιοχή Ψαθόπυργου) (Παπαθεοδώρου κ.α. 1995), και (γ) ναυάγιο του δεξαμενοπλοίου Serenate στον κόλπο της Πύλου (Παπαθεοδώρου κ.α 1997).



Εικ. 4.43. Τρικάναλη ηχογραφία στην οποία έχουν αποτυπωθεί οι πυλώνες θαλασσίων εξεδρών άντλησης πετρελαίου στη θαλάσσια περιοχή Πρίνου Καβάλας. Η αναγνώριση των πυλώνων στηρίζεται στη γεωμετρία των ηχητικών σκιών. (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ)

Η διάταξη της περιοχής ηχητικής σκιάς ως προς την περιοχή έντονης ανακλαστικότητας δίνει επιπροσθέτως πληροφορίες όσον αφορά στη σχετική θέση του στόχου με την επιφάνεια του πυθμένα (βλπ. Κεφ. 4.7.1). Όταν η περιοχή έντονης ανακλαστικότητας ακολουθείται από την ηχητική σκιά χωρίς να παρεμβάλλεται μεταξύ τους καταγραφή του πυθμένα, ο στόχος αναπαύεται σε όλο το μήκος ή την έκταση του πάνω στον πυθμένα (Εικ. 4.44). Αντιθέτως, όταν η ηχητική σκιά διαχωρίζεται από την περιοχή έντονης ανακλαστικότητας, αυτό δηλώνει ότι ο στόχος δεν έχει επαφή με την επιφάνεια του πυθμένα, αιωρείται δηλαδή στην υδάτινη στήλη (Εικ. 4.44).

Η απόσταση μεταξύ ηχητικής σκιάς και περιοχής έντονης ανακλαστικότητας είναι μόνο ενδεικτική για το ύψος του στόχου από την επιφάνεια του πυθμένα, εξαιτίας της εξάρτησης της από τη σχετική θέση ηχοβολιστικής τορπίλης και στόχου. Όσο πλησιέστερα στον πυθμένα κινείται η ηχοβολιστική τορπίλη τόσο μεγαλύτερη απόσταση "ηχητικής σκιάς - έντονης ανάκλασης" αποδίδεται στην ηχογραφία (βλπ. Κεφ. 4.7.1).



Εικ. 4.44. Τρικάναλη ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί ένα υποβρύχιο ενεργειακό καλώδιο το οποίο τοπικά έχει απωλέσει την επαφή του με τον πυθμένα (αιωρείται). Η αιώρηση διαπιστώθηκε από το διαχωρισμό έντονης ανάκλασης και ηχητικής σκιάς (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ). (η αιώρηση σημειώνεται με \blacktriangle).

4.6.2. Εκτίμηση μορφομετρικών παραμέτρων του αναγλύφου του πυθμένα.

Η εκτίμηση του ύψους υβώματος και του βάθους κοιλώματος που έχουν καταγραφεί σε ηχογραφία, επιτυγχάνεται με μετρήσεις γραμμικών στοιχείων πάνω σε αυτή και στη συνέχεια εφαρμογή απλών μαθηματικών σχέσεων. Τόσο τα γραμμικά στοιχεία που μετρώνται όσο και η χρησιμοποιούμενη σχέση διαφέρουν από τους δικάναλους αδιόρθωτους στους τρικάναλους διορθωμένους ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης. Επιπλέον πρέπει να τονισθεί ότι τα προκύπτοντα ύψη ή/και βάθη των αντιστοίχων μορφολογικών χαρακτηριστικών είναι απλά και μόνο ενδεικτικά, καθώς εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη γεωμετρία των μορφολογικών χαρακτηριστικών.

(i) Εκτίμηση ύψους υβώματος.

Η εκτίμηση του ύψους μιας έξαρσης σε μια δικάναλη αδιόρθωτη ηχογραφία δίνεται σύμφωνα με το Flemming (1980) από τη σχέση (Εικ.4.45) :

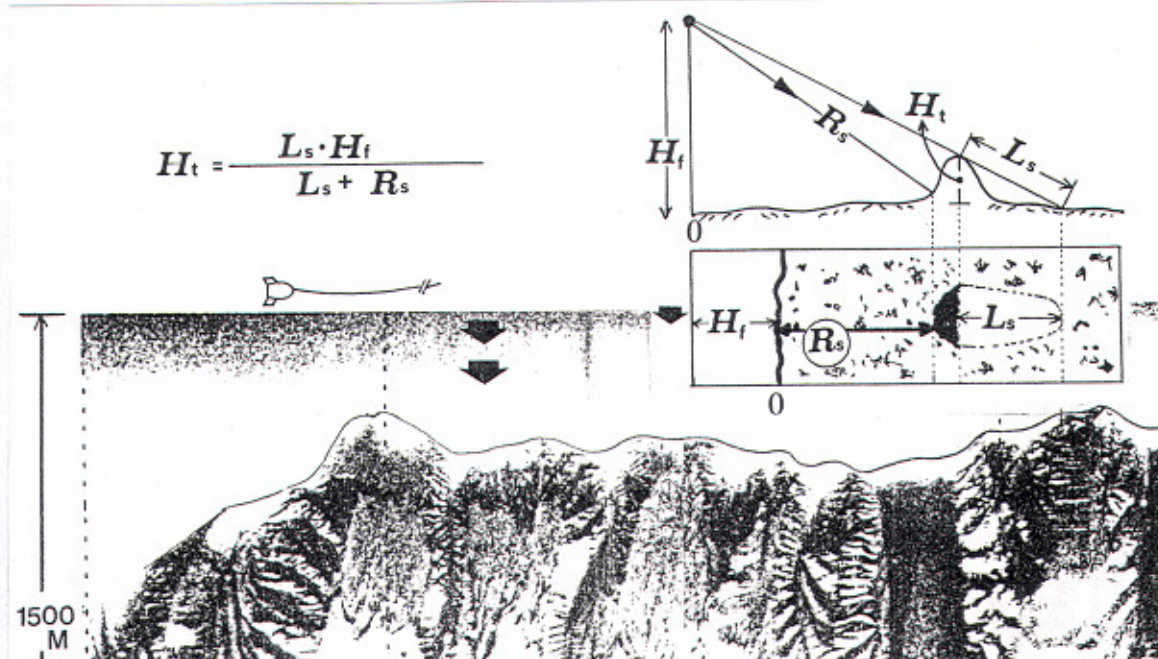
$$H_t = \frac{L_s H_f}{L_s + R_s}$$

όπου : H_t : ύψος υβώματος σε -m-

H_f : ύψος ηχοβολιστικής τορπίλης από την επιφάνεια του πυθμένα σε -m-. Το ύψος μετράται από το εύρος της λευκών περιοχών που καταγράφονται εκατέρωθεν της κεντρικής γραμμής της πορείας της ηχοβολιστικής τορπίλης και δηλώνουν την υδάτινη στήλη κάτω από την τορπίλη.

L_s : εύρος περιοχής ηχητικής σκιάς σε -m-. Η μέτρηση του εύρους γίνεται απευθείας επάνω στην ηχογραφία σε cm και στη συνέχεια μετατρέπεται σύμφωνα με την κλίμακα της ηχογραφίας σε -m-, χωρίς να επιχειρηθεί καμία άλλη διόρθωση. Συνεπώς η μέτρηση του εύρους είναι υπό μορφή πλάγιας απόστασης (slant range).

R_s : πλάγια απόσταση από την ηχοβολιστική τορπίλη έως τον πόδα της περιοχής της έντονης ανάκλασης, σε -m-. Η μέτρηση της πλάγιας απόστασης γίνεται απευθείας επάνω στην ηχογραφία, από την αρχή της καταγραφής του πυθμένα (-και όχι από την κεντρική γραμμή της πορείας της ηχοβολιστικής τορπίλης-) έως την αρχή της περιοχής της έντονης ανάκλασης σε -cm- και στη συνέχεια μετατρέπεται σύμφωνα με την κλίμακα της ηχογραφίας σε -m-, χωρίς να επιχειρηθεί καμία άλλη διόρθωση.



$$H_t = \frac{L_s \cdot H_f}{L_s + R_s}$$

Εικ. 4.45. Σχηματική αναπαράσταση καταγραφής υβώματος του πυθμένα, στην οποία επιπλέον σημειώνονται οι απαιτούμενες μετρήσεις για την εκτίμηση του ύψους του, σε δικάναλη αδιόρθωτη ηχογραφία.

Η αντίστοιχη σχέση για τους τρικάναλους ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης είναι σύμφωνα με τους Fish and Carr (1990)(Εικ. 4.46):

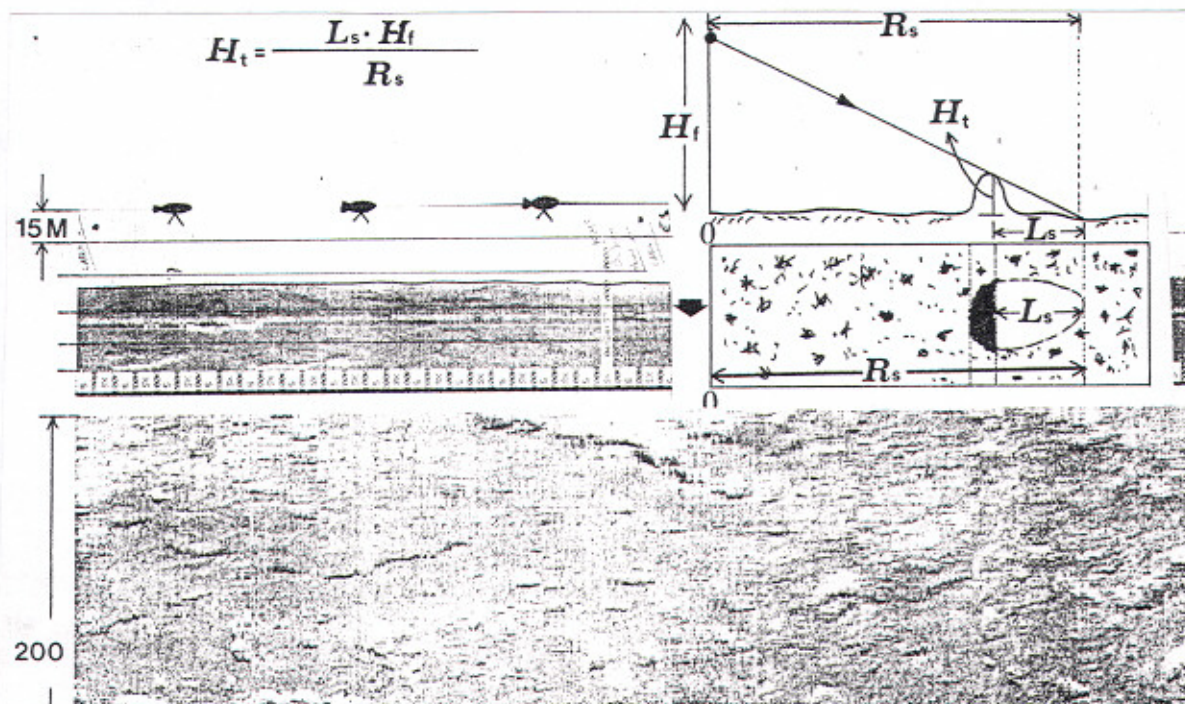
$$H_t = \frac{L_s H_f}{R_s}$$

όπου : H_t : ύψος υβώματος σε -m-

H_f : ύψος ηχοβολιστικής τορπίλης από την επιφάνεια του πυθμένα σε -m-. Το ύψος μετράται στο τρίτο κανάλι της ηχογραφίας το οποίο παρουσιάζει την υδάτινη στήλη μεταξύ τορπίλης και επιφάνειας πυθμένα.

L_s : εύρος περιοχής ηχητικής σκιάς σε-m-. Η μέτρηση του εύρους γίνεται απευθείας επάνω στην ηχογραφία σε cm και στη συνέχεια μετατρέπεται σύμφωνα με την κλίμακα της ηχογραφίας σε -m-. Συνεπώς, η μέτρηση του εύρους αναφέρεται σε πραγματική απόσταση και όχι πλάγια όπως στη δικάναλη ηχογραφία.

R_s : απόσταση από την ηχοβολιστική τορπίλη έως το τέλος της περιοχής της ηχητικής σκιάς, σε -m-. Η μέτρηση της απόστασης γίνεται απευθείας επάνω στην ηχογραφία, από κεντρική γραμμή της πορείας της ηχοβολιστικής τορπίλης έως το τέλος της περιοχής της ηχητικής σκιάς, σε -cm-. Στη συνέχεια μετατρέπεται σύμφωνα με την κλίμακα της ηχογραφίας σε -m-.



Εικ. 4.46. Σχηματική αναπαράσταση καταγραφής υβάματος του πυθμένα, στην οποία επιπλέον σημειώνονται οι απαιτούμενες μετρήσεις για την εκτίμηση του ύψους του, σε τρικάναλη διορθωμένη ηχογραφία.

(ii) Εκτίμηση βάθους κοιλώματος.

Η εκτίμηση του βάθους ενός κοιλώματος εξαρτάται απόλυτα από τη διαμόρφωση του ίδιου, καθώς και της σχετικής θέσης τορπίλης και κοιλώματος.

Όταν η ηχητική σκιά τερματίζει στην κοίτη του κοιλώματος τότε η εκτίμηση του βάθους είναι ρεαλιστική (Εικ. 4.47α), ενώ αντίθετα όταν αυτή τερματίζει στο τοίχωμα του κοιλώματος τότε η εκτίμηση του βάθους απέχει πολύ από το πραγματικό (Εικ. 4.47β). Αυτός είναι άλλωστε ο λόγος για τον οποίο δεν δίνεται συνήθως σχέση για την εκτίμηση του βάθους των κοιλωμάτων, αφού δεν είναι πάντα σαφής η διάκριση των δύο προαναφερθεισών προϋποθέσεων.

Στην περίπτωση κατά την οποία το κούλωμα είναι ευρύ, τότε η σχέση που αποδίδει την εκτίμηση του βάθους και στους δύο τύπους ηχογραφιών (2- και 3-κάναλες), είναι:

$$D_t = \frac{L_s H_f}{R_s}$$

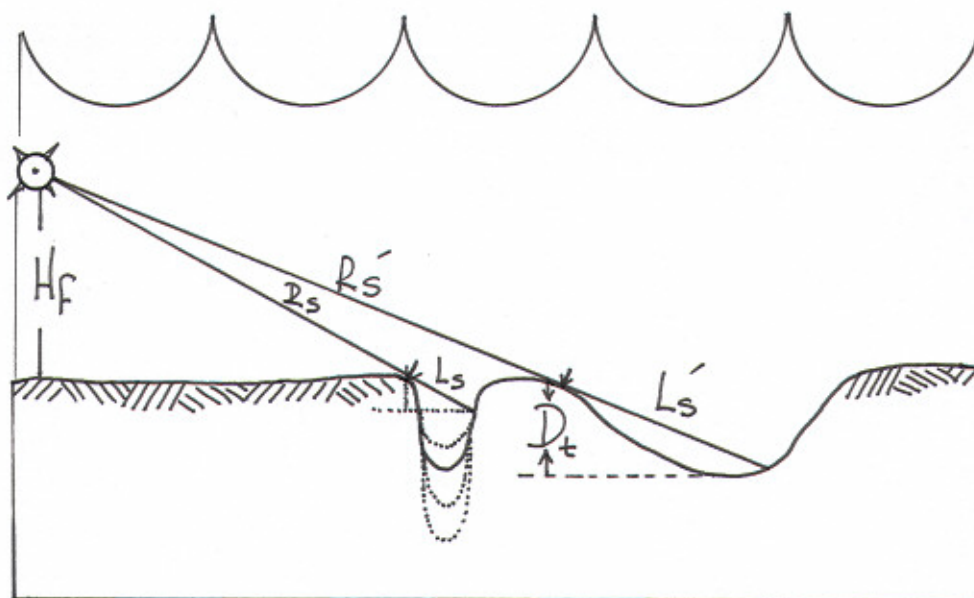
όπου: D_t : το βάθος του κοιλώματος, σε -m-

H_f : το ύψος πτήσης της τορπίλης από την επιφάνεια του πυθμένα, σε -m-. Στις δικάναλες ηχογραφίες, το ύψος μετράται ως το εύρος της λευκής περιοχής που καταγράφεται εκατέρωθεν της κεντρικής

γραμμής της ηχογραφίας, ενώ στις τρικάναλες, μετράται απευθείας στη βυθομετρική τομή που αποτυπώνεται στο τρίτο κανάλι.

L_s : το εύρος της περιοχής της ηχητικής σκιάς σε -m-. Μετράται απευθείας και στους δύο τύπους ηχογραφιών σε -cm- και στη συνέχεια μετατρέπεται σε -m-, σύμφωνα με την κλίμακα των ηχογραφιών.

R_s : η απόσταση από την ηχοβολιστική τορπίλη έως την αρχή της περιοχής της ηχητικής σκιάς, σε -m-. Η μέτρηση της απόστασης, στις δικάναλες ηχογραφίες, γίνεται απευθείας επάνω στην ηχογραφία, από την αρχή της καταγραφής του πυθμένα (-και όχι από την κεντρική γραμμή της πορείας της ηχοβολιστικής τορπίλης-) έως την αρχή της περιοχής της ηχητικής σκιάς, σε -cm-, και στη συνέχεια μετατρέπεται σύμφωνα με την κλίμακα της ηχογραφίας σε -m-. Αντίθετα, στις τρικάναλες ηχογραφίες, η μέτρηση της απόστασης γίνεται από την κεντρική γραμμή της πορείας της ηχοβολιστικής τορπίλης έως την αρχή της περιοχής της ηχητικής σκιάς, σε -cm-. Στη συνέχεια μετατρέπεται σύμφωνα με την κλίμακα της ηχογραφίας σε -m-.



Εικ. 4.47. Σχηματική αναπαράσταση καταγραφής ενός κοιλώματος του πυθμένα με (α) μικρό και (β) μεγάλο εύρος. Είναι φανερό ότι η εκτίμηση του βάθους (D_t) κοιλώματος με μικρό εύρος είναι επισφαλής, μια και το εύρος της ηχητικής σκιάς δεν είναι ενδεικτικό του βάθους του (- στη συγκεκριμένη αναπαράσταση σημειώνονται με διακεκομμένες γραμμές πιθανές διαμορφώσεις κοιλώματος οι οποίες προκαλούν ίδιο εύρος ηχητικής σκιάς και συνεπώς οδηγούν στην ίδια εκτίμηση βάθους-). Στη σχηματική αναπαράσταση σημειώνονται επιπλέον οι απαιτούμενες μετρήσεις για την εκτίμηση του ύψους του, σε τρικάναλη διορθωμένη (R_s, L_s, H_f) και δικάναλη αδιόρθωτη ηχογραφία (R'_s, L'_s, H_f).

4.7. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΛΙΕΙΑ.

Η συμβολή του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης στην Αλιεία μόλις την τελευταία δεκαετία έχει αναδειχθεί στο Διεθνή χώρο, ενώ αντίθετα στον Ελληνικό χώρο μόλις τώρα αρχίζουν οι πρώτες εφαρμογές του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης για αλιευτικούς σκοπούς.

Οι εφαρμογές του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης στην Αλιεία αλλά και σε τομείς που σχετίζονται με την Αλιεία και Αλιευτική Τεχνολογία παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΛΙΕΙΑ		
ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΚΥΡΙΑ ΜΕΘΟΔΟΣ	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ (ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ) ΜΕΘΟΔΟΣ
ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ & ΜΕΛΕΤΗ ΙΧΘΥΟΠΛΗΘΥΣΜΩΝ	<ul style="list-style-type: none"> • Ιχθυοανίχνευση με βυθόμετρο 	◆
ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ & ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΟΧΩΝ	ΑΠΟΙΚΙΕΣ ΔΙΟΥΡΩΝ	<ul style="list-style-type: none"> • Οπτική παρατήρηση • Τομογράφος υποδομής πυθμένα
	ΠΕΔΙΑ ΠΟΣΕΙΔΩΝΙΩΝ	<ul style="list-style-type: none"> • Οπτική παρατήρηση • Τομογράφος υποδομής πυθμένα
ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΑΛΙΕΥΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ (ΜΗΧΑΝΟΤΡΑΤΕΣ ΠΥΘΜΕΝΑ)	ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ & ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΑΛΙΕΥΤΙΚΩΝ ΙΧΘΩΝ	<ul style="list-style-type: none"> • Οπτική παρατήρηση
	ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΝΕΩΝ ΑΛΙΕΥΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ	<ul style="list-style-type: none"> • Τομογράφος υποδομής πυθμένα
ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΥΦΑΛΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ	◆	<ul style="list-style-type: none"> • Οπτική παρατήρηση
ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ ΛΟΓΩ ΔΙΑΦΥΓΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ	<ul style="list-style-type: none"> • Τομογράφος υποδομής πυθμένα 	◆

◆ Εφαρμογή του Ηχοβολιστή Πλευρικής Σάρωσης

4.7.1. Εντοπισμός και μελέτη ιχθυοπληθυσμών.

Ο εντοπισμός ατόμων ή κοπαδιών ψαριών με χρήση ηχοβολιστικών συστημάτων (ιχθυοανιχνευτικά βυθόμετρα) έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Τα ψάρια αποτελούν ανακλαστές των ηχητικών κυμάτων λόγω της παρουσίας αέρα στη νηκτική τους κύστη αλλά και λόγω του ίδιου του σώματός τους. Η ιδιαιτερότητα όσον αφορά στον εντοπισμό των ιχθυοπληθυσμών με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης, έγκειται στο γεγονός ότι αυτός έχει τη δυνατότητα εντοπισμού ψαριών ή κοπαδιών τα οποία βρίσκονται σε σημαντική απόσταση πλευρικά της πορείας του σκάφους.

Η μορφή της αποτύπωσης ενός ιχθυοπληθυσμού σε ηχογραφία ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης, εξαρτάται:

- (i) από παράγοντες, οι οποίοι ελέγχονται από το σύστημα του ηχοβολιστή και
- (ii) από παραμέτρους του ίδιου του ιχθυοπληθυσμού.

Ως παράγοντες που σχετίζονται με το ηχοβολιστικό σύστημα θεωρούνται:

(α) ο τύπος του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης (2- ή 3-κάναλος ηχοβολιστής),

(β) η επιμήκης και εγκάρσια διακριτική ικανότητα του ηχοβολιστή καθώς και οι παράγοντες που με τη σειρά τους ελέγχουν τη διακριτική ικανότητα, και

(γ) το εύρος της ζώνης σάρωσης του πυθμένα (-μία παράμετρος η οποία παρότι ελέγχει τη διακριτική ικανότητα του ηχοβολιστή, αναφέρεται ιδιαίτερος επειδή έχει κυρίαρχη επίδραση στο ίχνος της καταγραφής του κοπαδιού).

Ως παράμετροι του ιχθυοπληθυσμού, οι οποίες ελέγχουν τη μορφή της καταγραφής τους, θεωρούνται:

(α) η σχετική θέση του κοπαδιού ως προς την ηχοβολιστική τορπίλη και τον πυθμένα,

(β) η ταχύτητα (μέτρο και διεύθυνση) των ψαριών σε σχέση με αυτή του σκάφους,

(γ) το μέγεθος των ψαριών, και

(δ) η πυκνότητα του ιχθυοπληθυσμού.

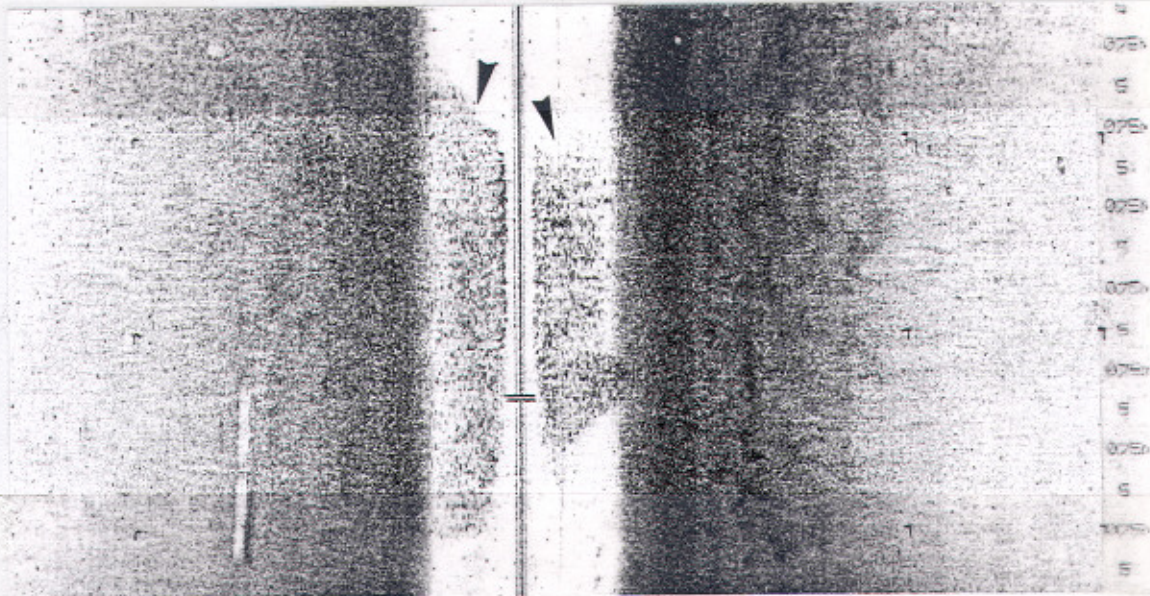
Όταν η ηχοβολιστική τορπίλη διασταυρώνεται με ιχθυοπληθυσμό τότε αυτός καταγράφεται:

① στους μεν αδιόρθωτους δικάναλους ηχοβολιστές, στις λευκές περιοχές εκατέρωθεν της κεντρικής γραμμής οι οποίες αντιπροσωπεύουν την υδάτινη στήλη (Εικ. 4.48), ενώ

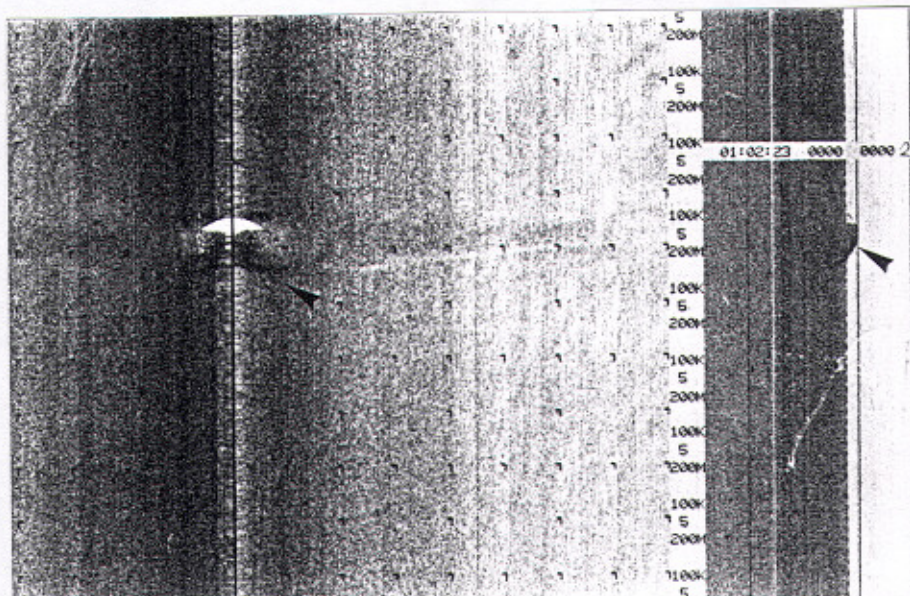
② στους διορθωμένους τρικάναλους, στο τρίτο κανάλι που καταγράφει την υδάτινη στήλη μεταξύ τορπίλης και πυθμένα (Εικ. 4.49). Επιπλέον, στους τρικάναλους ηχοβολιστές, η παρουσία ιχθυοπληθυσμών ακριβώς κάτω από την τορπίλη προκαλεί απώλεια της ηχητικής επαφής μεταξύ τορπίλης και πυθμένα, με αποτέλεσμα να στοιχειοθετείται αδιόρθωτη καταγραφή έντονα παραμορφωμένη (Εικ. 4.49).

Όταν τα άτομα ή τα κοπάδια ψαριών δεν διασταυρώνονται με την πορεία της τορπίλης αλλά ακολουθούν παράλληλη ή υποπαράλληλη πορεία με αυτή, τότε το ίχνος αποτύπωσης τους εξαρτάται από τους ήδη προαναφερθέντες παράγοντες, ενώ πρέπει να τονισθεί ότι ο σχηματισμός ή μη, ηχητικής σκιάς εξαρτάται (Εικ. 4.50) από:

- (α) το ύψος των ατόμων ή κοπαδιού ψαριών από τον πυθμένα,
- (β) τη σχετική θέση τους ως προς την τορπίλη, και
- (γ) το εύρος σάρωσης του ηχοβολιστή.



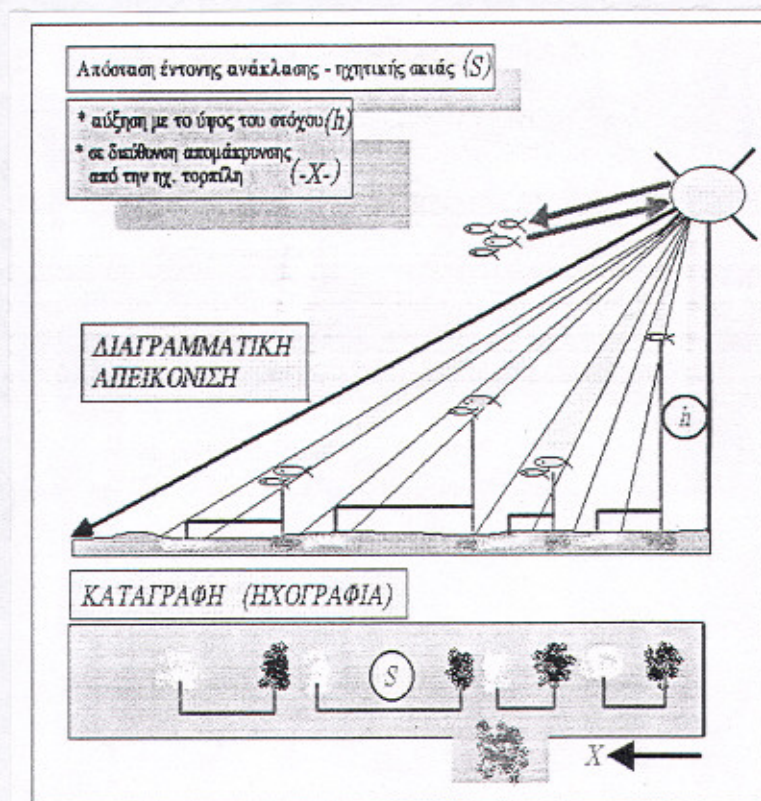
Εικ. 4.48. Αδιόρθωτη δικάναλη ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί ένας ιχθυοπληθυσμός στις λευκές περιοχές εκατέρωθεν της κεντρικής γραμμής. Η μικρή απόσταση ιχθυοπληθυσμού και τορπίλης σε συνδυασμό με το μικρό εύρος της σάρωσης (75m) επέτρεψε την καταγραφή των ατόμων των ψαριών αλλά δεν επέτρεψε την ανάπτυξη ηχητικών σκιών (Fish and Carr 1990).



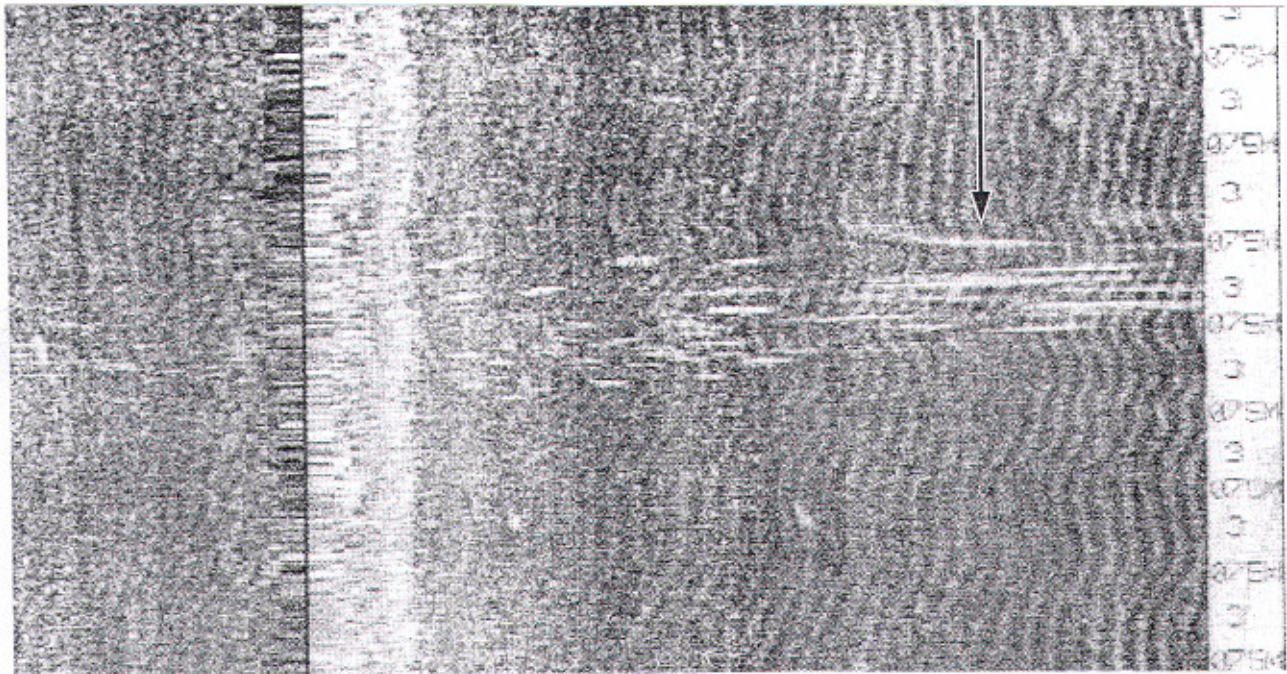
Εικ. 4.49. Διορθωμένη τρικάναλη ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί ένας ιχθυοπληθυσμός στο τρίτο κανάλι καταγραφής, ο οποίος επιπλέον προκαλεί παραμόρφωση της ηχογραφίας η οποία τοπικά γίνεται αδιόρθωτη (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).

Όταν τα άτομα ψαριών ή κοπάδι ψαριών είναι κοντά στην ηχοβολιστική τορπίλη τότε αυξάνεται σημαντικά η πιθανότητα η μέση απόσταση μεταξύ των ατόμων να υπερβεί την επιμήκη διακριτική ικανότητα του οργάνου και συνεπώς να αναγνωρισθούν και να καταγραφούν ως εξατομικευμένοι στόχοι. Στην περίπτωση κατά την οποία το εύρος σάρωσης είναι μικρό (50-75m) είναι πιθανόν η προκαλούμενη ηχητική σκιά να μην καταγράφεται και συνεπώς τα άτομα ψαριών να αναγνωρίζονται αποκλειστικά από το σκουρόχρωμο ίχνος που προκαλούν στην ηχογραφία (Εικ. 4.48).

Δεν πρέπει όμως να αποκλείεται η περίπτωση κατά την οποία τα ψάρια-στόχοι να αναγνωρίζονται αποκλειστικά και μόνο από την ηχητική σκιά που προκαλούν στην ηχογραφία χωρίς να εμφανίζεται το σκουρόχρωμο ίχνος. Τέτοιου τύπου καταγραφή ψαριών εμφανίζεται συνήθως στις τρικάναλες διορθωμένες καταγραφές (Εικ. 4.51).



Εικ. 4.50 Γραφική αναπαράσταση της σχέσης "απόστασης μεταξύ ηχητικής σκιάς - ανάκλασης στόχου" και "ύψους στόχου από πυθμένα". Μεγάλο ύψος (h_1) του ιχθυοπληθυσμού από τον πυθμένα προκαλεί αυξημένη απόσταση (s_1) μεταξύ ανάκλασης στόχου και ηχητικής σκιάς, ενώ μικρό ύψος (h_2) προκαλεί αντίστοιχα μικρή απόσταση (s_2) στόχου-ηχητικής σκιάς. Η απόσταση μεταξύ ηχητικής σκιάς και στόχου αυξάνεται σε διεύθυνση απομάκρυνσης από την ηχοβολιστική τορπίλη. Η θέση του ιχθυοπληθυσμού (⊙) είναι δυνατόν να είναι τέτοια ώστε η προκαλούμενη ηχητική σκιά να είναι εκτός ζώνης σάρωσης του πυθμένα.



Εικ. 4.51. Διορθωμένη τρικάναλη ηχογραφία στην οποία άτομα ψαριών έχουν αποτυπωθεί με τη μορφή γραμμικών ηχητικών σκιών χωρίς την παρουσία σκουρόχρωμων ίχνων (Fish and Carr 1990).

Όταν τα ψάρια κινούνται πλευρικά της ηχοβολιστικής τορπίλης και με φορά αυτήν της τορπίλης, τότε τα ίχνη που προκαλούνται είναι επιμηκυσμένα. Στην περίπτωση δε που τα ψάρια κινούνται κοντά στον πυθμένα είναι δυνατόν να καταγραφούν ηχητικές σκιές ανάλογα επιμηκυσμένες (Εικ. 4.52).

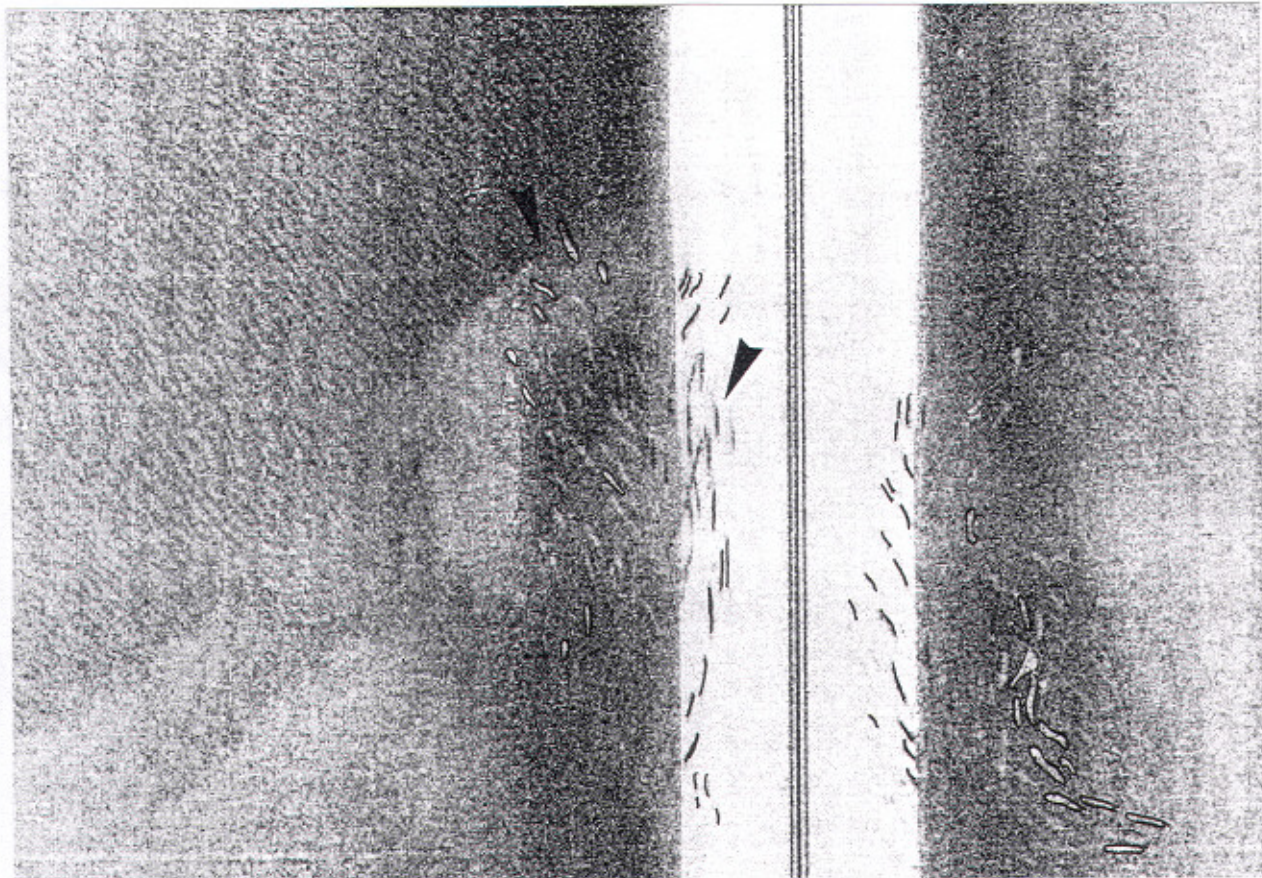
Η λειτουργία της ηχοβολιστικής τορπίλης είναι πιθανόν να προσελκύσει ψάρια τα οποία τα ίδια εκπέμπουν ηχητικά σήματα όπως π.χ. τα δελφίνια. Στην περίπτωση αυτή τα ψάρια κινούνται πολύ κοντά στην ηχοβολιστική τορπίλη και σχεδόν σε επαφή με αυτή. Το αποτέλεσμα είναι η ανάκλαση των ηχητικών κυμάτων επάνω στο σώμα των ψαριών και η δημιουργία σαφών ηχητικών σκιών. Οι ηχητικές σκιές είναι επιμηκυσμένες και ενδεικτικές της κίνησης που εκτελούν τα ψάρια. (Εικ. 4.53, 4.54). Στην περίπτωση κατά την οποία χρησιμοποιείται δικάναλος αδιόρθωτος ηχοβολιστής τότε επιπλέον των ηχητικών σκιών καταγράφονται και σκουρόχρωμα επιμηκυσμένα ίχνη στις λευκές περιοχές εκατέρωθεν της κεντρικής γραμμής, τα οποία αποδίδουν σαφέστερα την κίνηση των ψαριών (Εικ. 4.55, 4.56).

Όταν το κοπάδι ψαριών παρουσιάζει υψηλή πυκνότητα και η μέση απόσταση μεταξύ των ατόμων είναι μικρότερη από την εγκάρσια και επιμήκη διακριτική ικανότητα του συστήματος, τότε το κοπάδι καταγράφεται ως ευρύ ίχνος έντονης ανακλαστικότητας (σκουρόχρωμο ίχνος). Όταν το ίχνος αυτό δεν συνοδεύεται από περιοχή ηχητικής σκιάς είναι πολύ δύσκολο να διακριθεί από περιοχή του πυθμένα με έντονη ανακλαστικότητα (Εικ. 4.57).

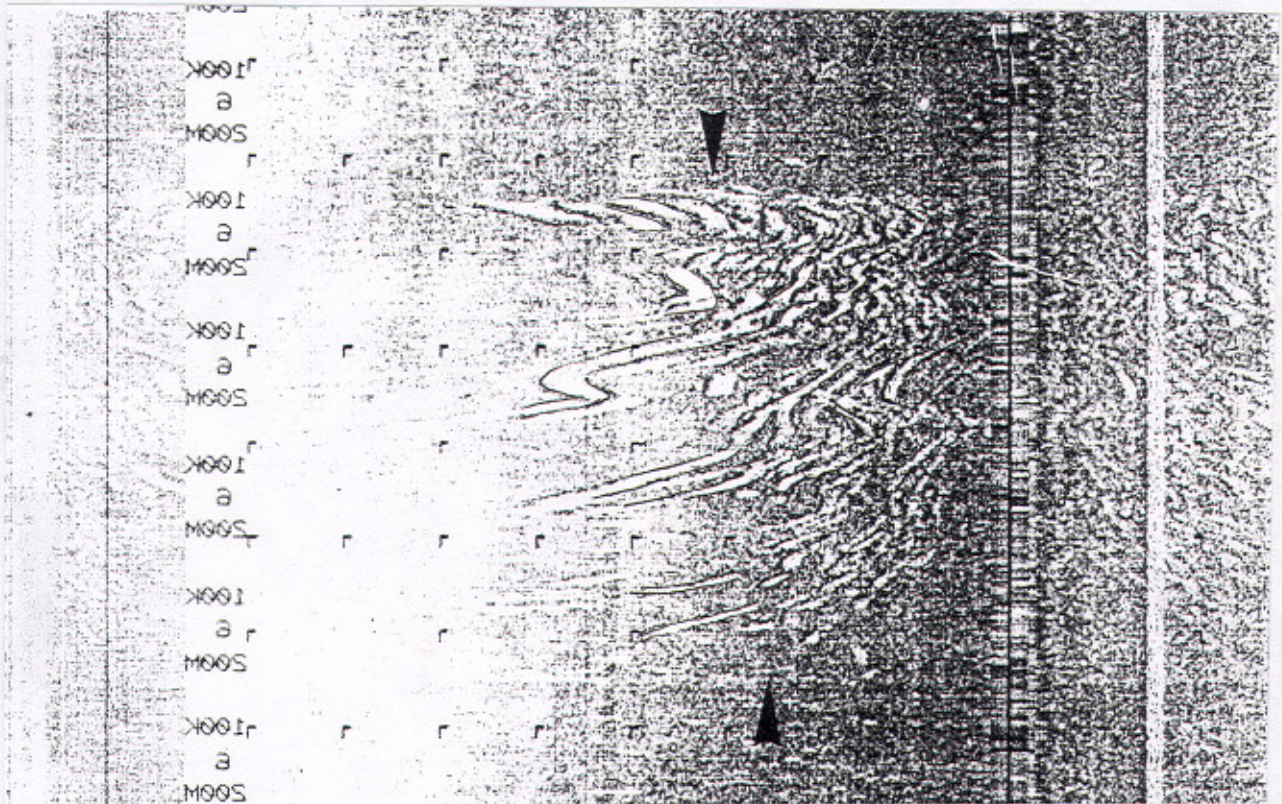
Στην περίπτωση που η ηχητική σκιά συνοδεύει το ευρύ ίχνος έντονης ανακλαστικότητας τότε αυτή δεν ακολουθεί το σκουρόχρωμο ίχνος, αλλά διαχωρίζεται από αυτό με μια καταγραφή της επιφάνειας του πυθμένα.

Αυτός ο διαχωρισμός ηχητικής σκιάς και σκουρόχρωμου ίχνους δηλώνει ότι η θέση του στόχου -που προκαλεί το ίχνος- είναι στην υδάτινη στήλη και όχι πάντως σε επαφή με τον πυθμένα (Εικ. 4.58). Επιπλέον η απόσταση μεταξύ ηχητικής σκιάς και ίχνους είναι δηλωτική του ύψους από τον πυθμένα στο οποίο βρίσκεται ο στόχος που ηχοβολείται. Αυξημένη απόσταση δηλώνει μεγάλο ύψος στόχου από τον πυθμένα, ενώ αντίθετα μικρή απόσταση δηλώνει αντίστοιχα μικρό ύψος στόχου-πυθμένα. Πρέπει να σημειωθεί ότι η περιοχή της ηχητικής σκιάς είναι σαφέστερη όσο πιο κοντά στον πυθμένα βρίσκεται ο ιχθυοπληθυσμός.

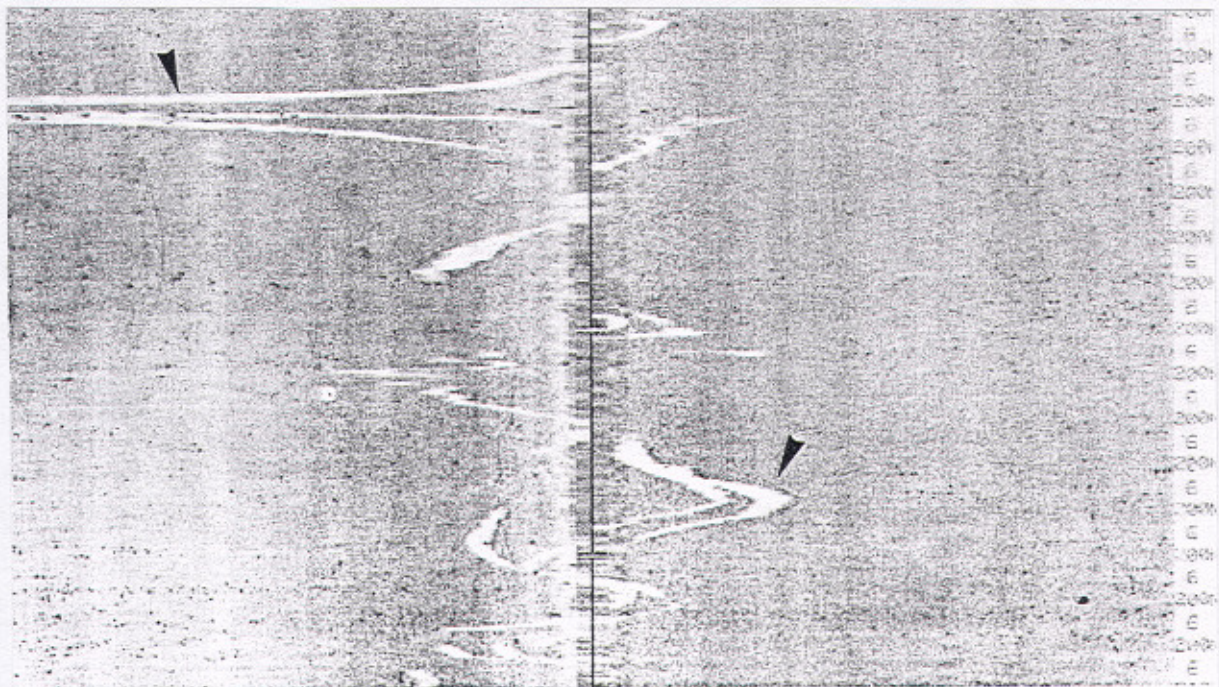
Η γεωμετρία της ηχητικής σκιάς που προκαλείται από ένα ιχθυοπληθυσμό δίνει σημαντικές πληροφορίες για την διασπορά του ιχθυοπληθυσμού στο χώρο (Εικ. 4.59). Επιπλέον η διαμόρφωση της ηχητικής σκιάς μπορεί να βοηθήσει στην εκτίμηση των κινήσεων πανικού που εκτελεί ένας ιχθυοπληθυσμός όταν προσεγγίζει σε αυτόν το ερευνητικό σκάφος με το ιχθυανιχνευτικό βυθόμετρο.



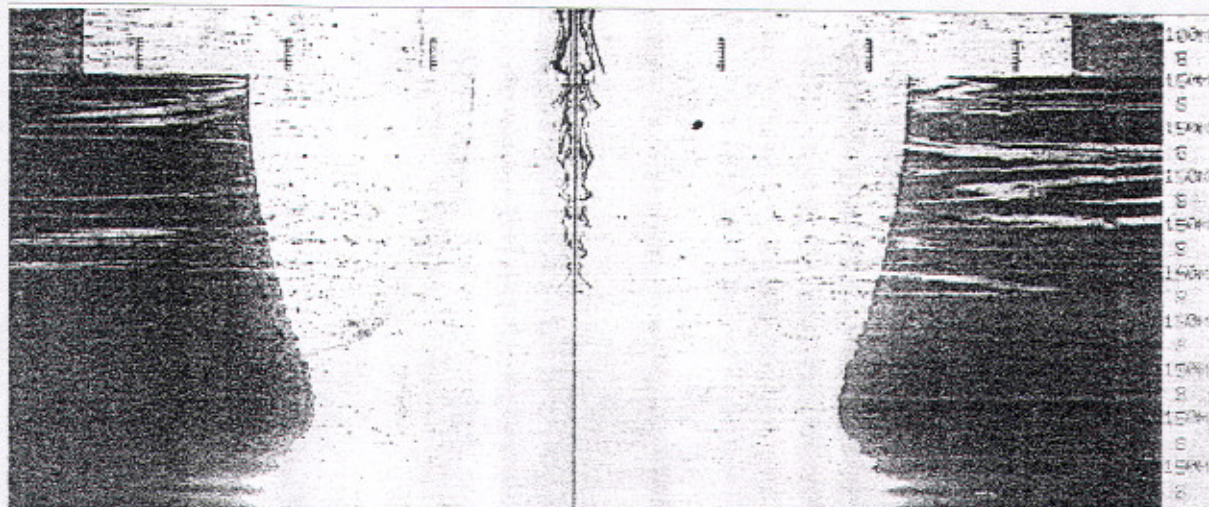
Εικ. 4.52. Δικάναλη αδιόρθωτη ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί ιχθυοπληθυσμός ο οποίος κινείται με τη φορά κίνησης της ηχοβολιστικής τορπίλης. Τόσο τα σκουρόχρωμα ίχνη των ατόμων όσο και οι αντίστοιχες ηχητικές σκιές τους είναι επιμηκυσμένα εξαιτίας της σύμφωνης κίνησης ψαριών-τορπίλης (Fish and Carr 1990).



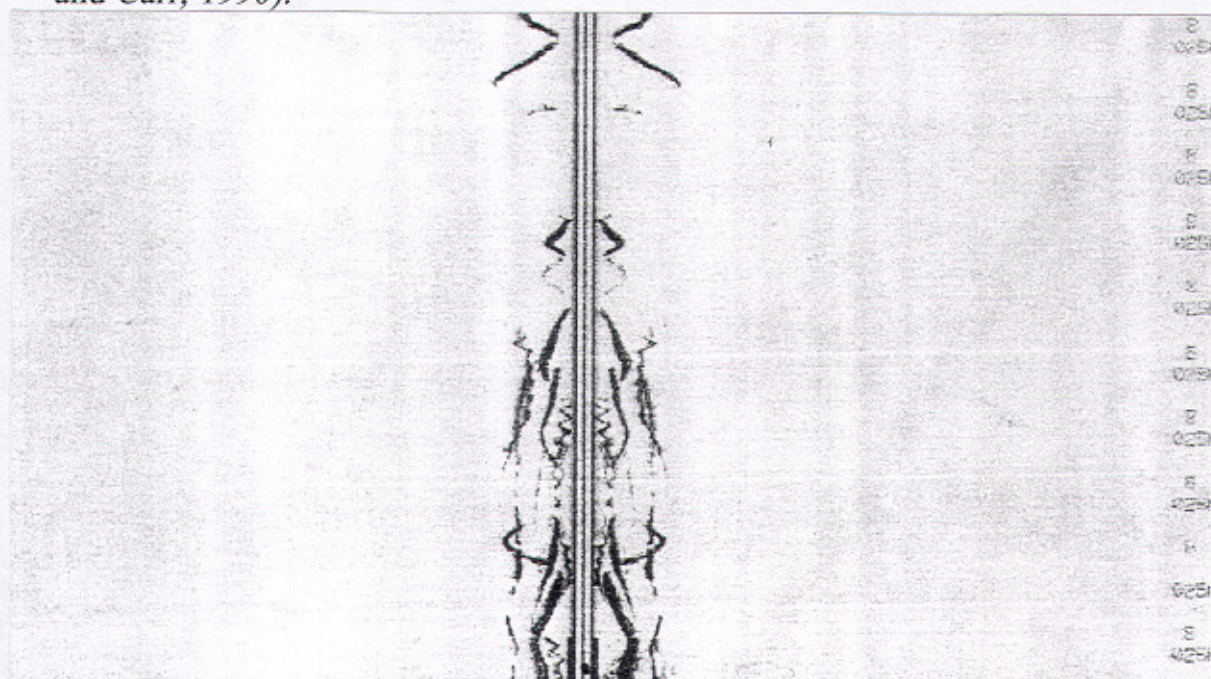
Εικ. 4.53. Διορθωμένη τρικάναλη ηχογραφία στην οποία έχουν αποτυπωθεί επιμηκυσμένες ηχητικές σκιές λόγω της κίνησης ψαριών μεγάλου μεγέθους (δελφίνια) (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).



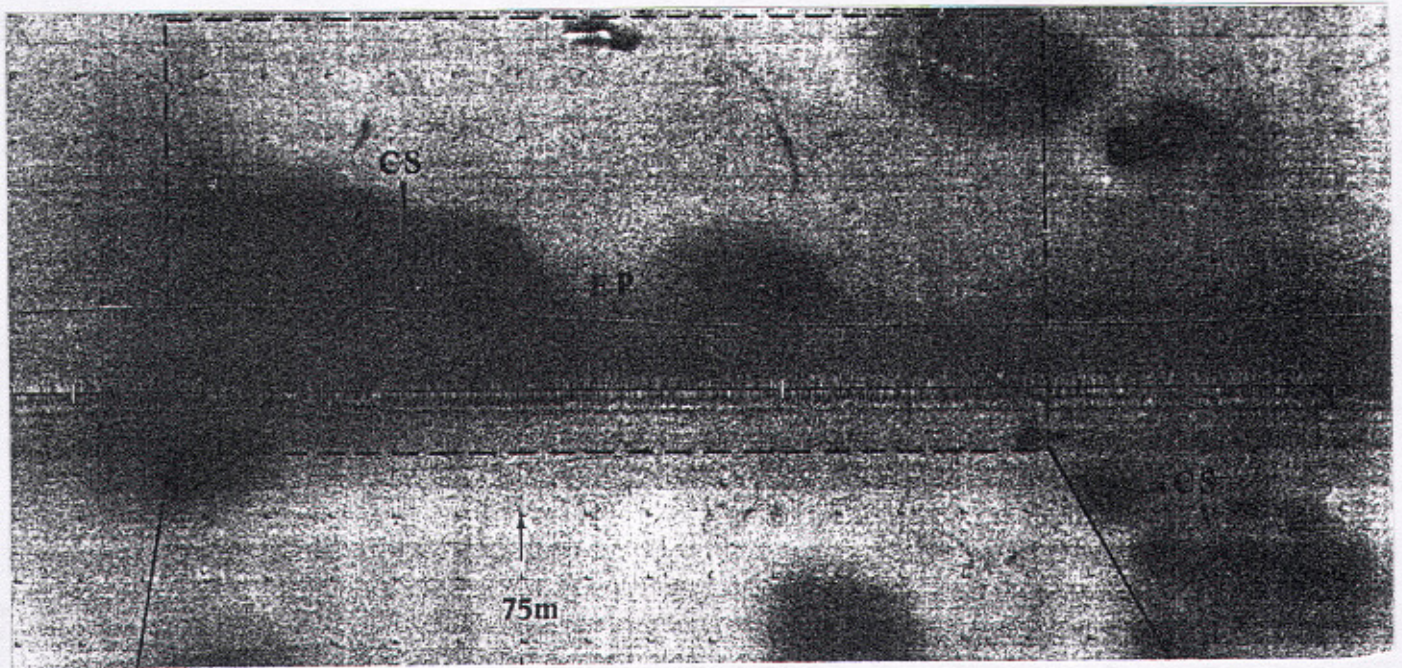
Εικ. 4.54. Διορθωμένη τρικάναλη ηχογραφία στην οποία έχουν αποτυπωθεί επιμηκυσμένες ηχητικές σκιές λόγω της κίνησης ψαριών μεγάλου μεγέθους (δελφίνια) (Fish and Carr, 1990).



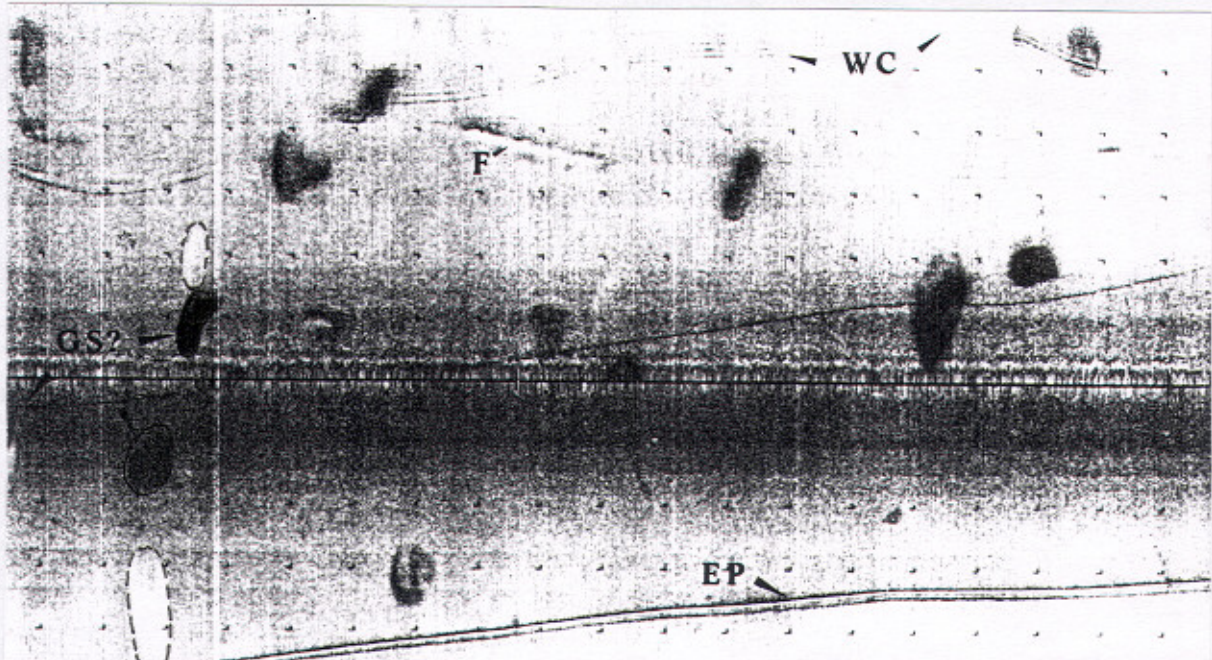
Εικ. 4.55. Αδιόρθωτη δικάναλη ηχογραφία στην οποία έχουν αποτυπωθεί: (i) σκουρόχρωμα ίχνη στις λευκές περιοχές εκατέρωθεν της πορείας της τορπίλης, που αποδίδουν την κίνηση ψαριών μεγάλου μεγέθους (μάλλον δελφινιών) και (ii) οι αντίστοιχες επιμηκυσμένες ηχητικές σκιές τους (Fish and Carr, 1990).



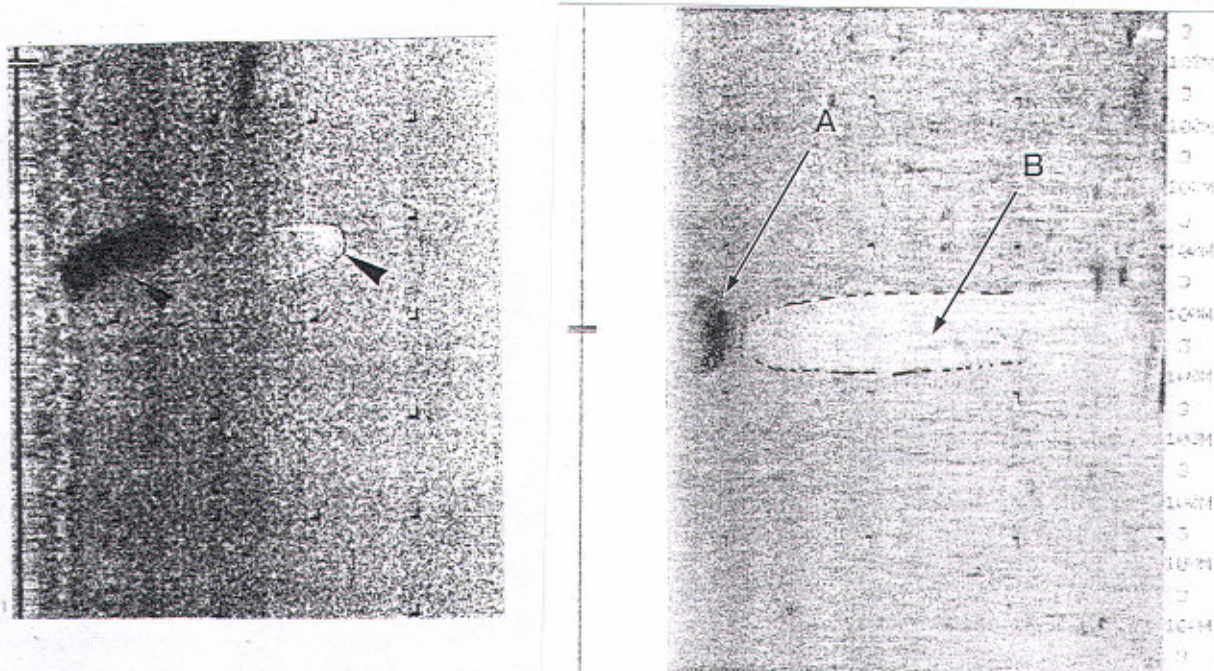
Εικ. 4.56. Αδιόρθωτη δικάναλη ηχογραφία η οποία παρουσιάζει αποκλειστικά τις λευκές περιοχές (-που αντιπροσωπεύουν την υδάτινη στήλη μεταξύ τορπίλης και πυθμένα-) εκατέρωθεν της τορπίλης και στην οποία έχουν αποτυπωθεί σκουρόχρωμα ίχνη, ενδεικτικά της κίνησης ψαριών μεγάλου μεγέθους (Fish and Carr, 1990).



Εικ. 4.57. Ηχογραφία στην οποία η παρουσία ίχνους έντονης ανακλαστικότητας (σκουρόχρωμο ίχνος) χωρίς αντίστοιχη παρουσία περιοχής ηχητικής σκιάς, μπορεί να αποδοθεί τόσο σε περιοχή του πυθμένα με έντονη ανακλαστικότητα (αδρομερές υλικό - συμπαγοποίηση των ιζημάτων) όσο και σε στόχο στην υδάτινη στήλη (ιχθυοπληθυσμός)(Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).



Εικ. 4.58. Ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί σκουρόχρωμο ίχνος το οποίο ακολουθείται από ηχητική σκιά, η οποία βρίσκεται σε απόσταση από αυτό. Ο διαχωρισμός σκουρόχρωμου ίχνους - ηχητικής σκιάς δηλώνει ότι ο στόχος βρίσκεται στην υδάτινη στήλη (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).



Εικ. 4.59. Ηχογραφίες στις οποίες η γεωμετρία των περιοχών ηχητικής σκιάς δίνει σημαντικές πληροφορίες για τη διασπορά του καταγραφόμενου ιχθυοπληθυσμού στο χώρο (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ, Fish and Carr 1990).

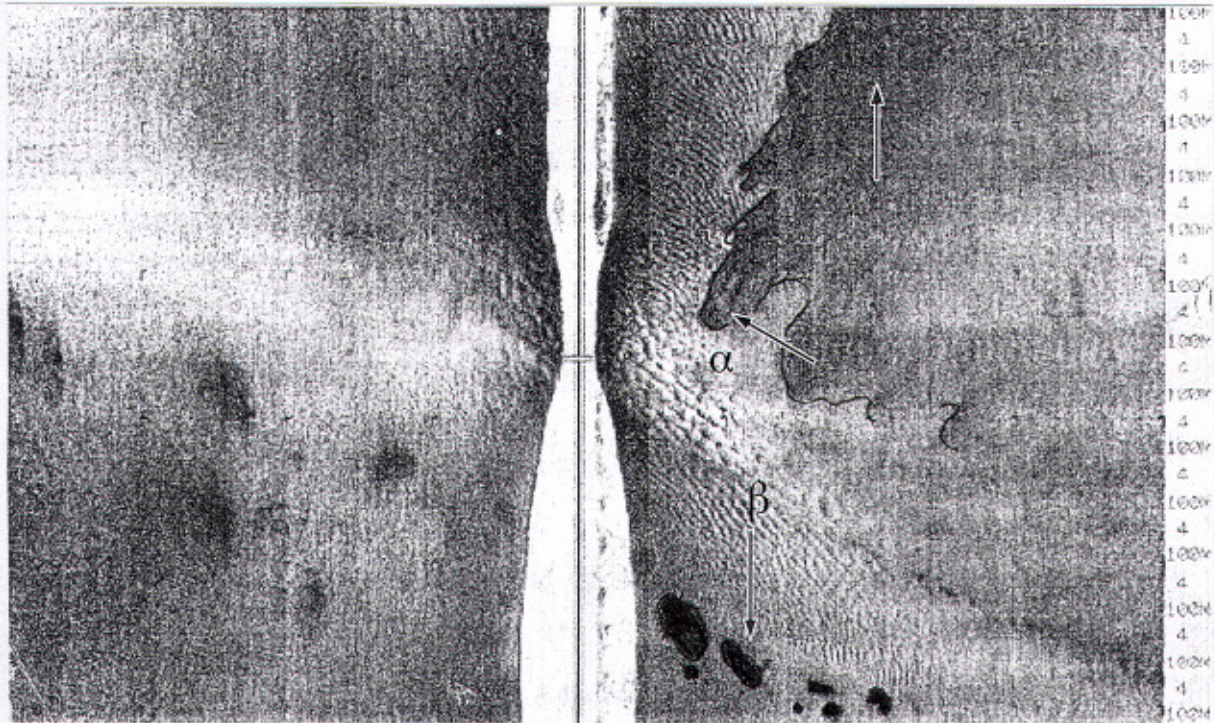
4.7.2. Εντοπισμός και αποτύπωση βιολογικών στόχων

Η διαφορά στην ανακλαστικότητα των προσπιπτόντων, στον πυθμένα, ηχητικών κυμάτων είναι δυνατόν να μην οφείλεται αποκλειστικά στη λιθολογική σύσταση και τις μηχανικές ιδιότητες των ιζημάτων που το συνιστούν, αλλά σε αποικίες οργανισμών που καλύπτουν την επιφάνειά του. Οι αποικίες οργανισμών που αποτυπώνονται συνήθως στις ηχογραφίες και είναι δυνατή η αναγνώρισή τους, είναι: (i) οι αποικίες δίθυρων και (ii) τα πεδία ποσειδωνιών.

(i) Αποικίες δίθυρων.

Οι αποικίες δίθυρων ανιχνεύονται με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης εξαιτίας της έντονης ανακλαστικότητας που παρουσιάζουν στα προσπίπτοντα ηχητικά κύματα. Συνεπώς, οι αποικίες παρουσιάζονται στις ηχογραφίες (-ανεξαρτήτως τύπου ηχογραφίας-) με τη μορφή έντονα σκοτεινόχρωμων περιοχών, εκτεταμένων ή διαμορφωμένων σε ανεξάρτητες μεταξύ τους "κηλίδες" (Εικ. 4.60). Πρέπει να τονισθεί ότι όμοιο ηχητικό χαρακτήρα παρουσιάζουν, εκτός των δίθυρων, οι συγκεντρώσεις χονδρόκοκκων ιζημάτων (ψηφίδες, κροκάλες) και οι τοπικές συμπαγοποιήσεις των επιφανειακών ιζημάτων του πυθμένα λόγω διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων (βλπ. Κεφ. 4.7.5). Για να διευκρινιστεί το είδος του υλικού που προκαλεί τον συγκεκριμένο ηχητικό χαρακτήρα, απαιτείται οπτική παρατήρηση του πυθμένα με κατευθυνόμενο όχημα.

Ο εντοπισμός και η αποτύπωση των αποικιών δίθυρων σε συνδυασμό με δειγματοληψίες και τομογραφίες του πυθμένα (βλπ. Κεφάλαιο 3), επιτρέπει την εκτίμηση των αποθεμάτων τους και συνεπώς τη διαχείρισή τους.



Εικ. 4.60. Ηχογραφία (2-κάναλη και αδιόρθωτη) στην οποία οι αποικίες δίθυρων έχουν αποτυπωθεί είτε ως σκουρόχρωμες εκτεταμένες περιοχές (α) είτε ως σκουρόχρωμες "κηλίδες" (β). Οι αποικίες δίθυρων έχουν αναπτυχθεί σε αμμώδη πυθμένα όπως δηλώνει η παρουσία των αμμωδών κυμάτων (Fish and Carr, 1990).

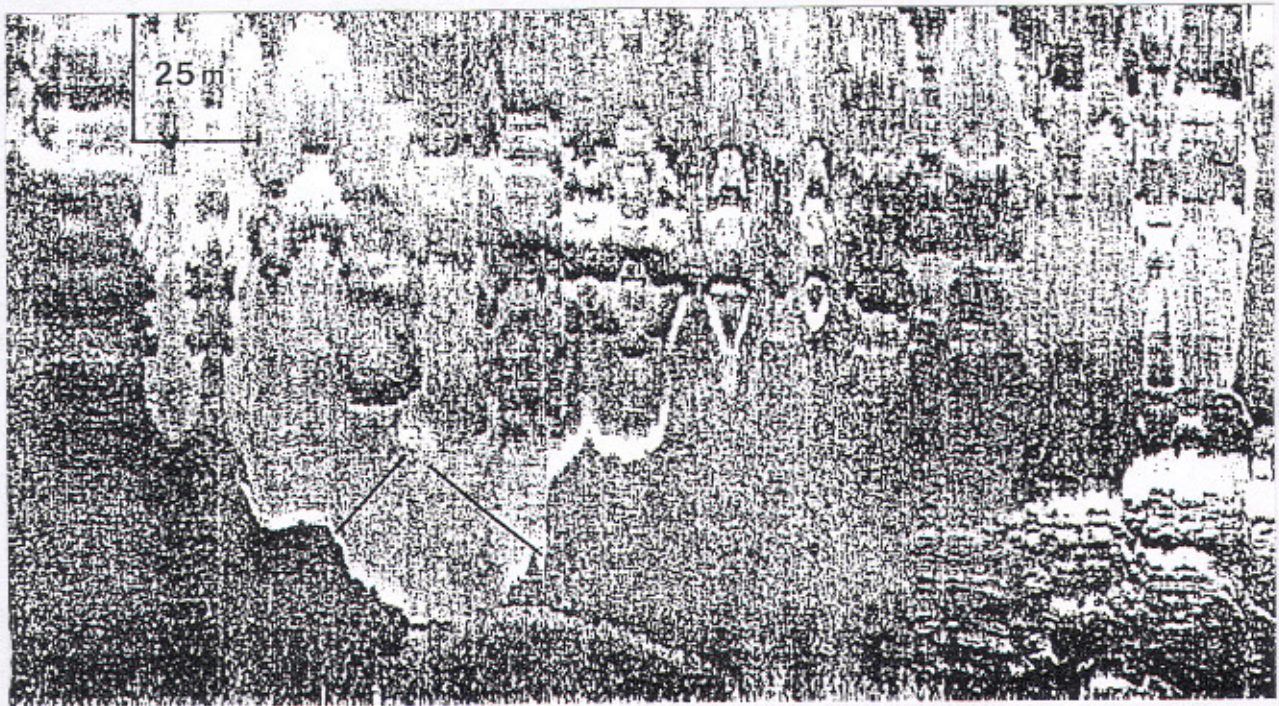
(ii) Πεδία ποσειδωνιών

Οι ποσειδώνιες, ένα φύκος πολύ σύνηθες στο Μεσογειακό χώρο αναπτύσσεται μέχρι ένα βάθος νερού 25 έως 30m, και οικοδομεί εκτεταμένα πεδία.

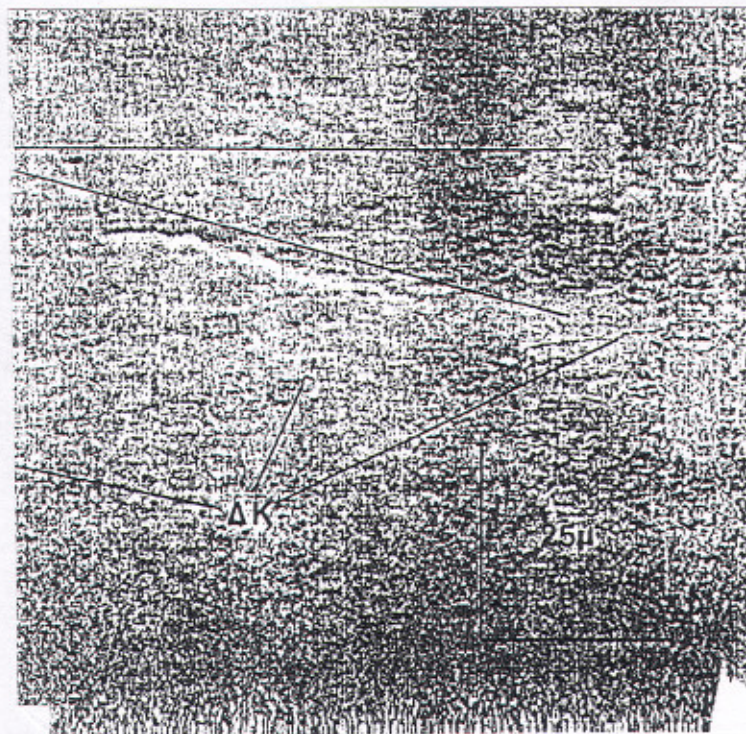
Τα πεδία των ποσειδωνιών αναγνωρίζονται στις ηχογραφίες εξαιτίας του συγκεκριμένου ηχητικού χαρακτήρα που παρουσιάζουν στις ηχογραφίες και ο οποίος συνίσταται από περιοχές καταγραφής (α) με έντονη ανακλαστικότητα, οι οποίες περιορίζονται (β) από την παρουσία ζωνών έντονης ανακλαστικότητας ή ηχητικής σκιάς, αναλόγως τη σχετική θέση ηχητικής τορπίλης και πεδίου ποσειδωνίας.

(α) Τα πεδία παρουσιάζουν έντονη ανακλαστικότητα συγκριτικά με τον περιβάλλοντα, συνήθως αμμώδη, πυθμένα με αποτέλεσμα να καταγράφονται ως σκουρόχρωμες εκτάσεις σε περιβάλλον πυθμένα με σαφώς ανοικτότερο τόνο καταγραφής (Εικ. 4.61).

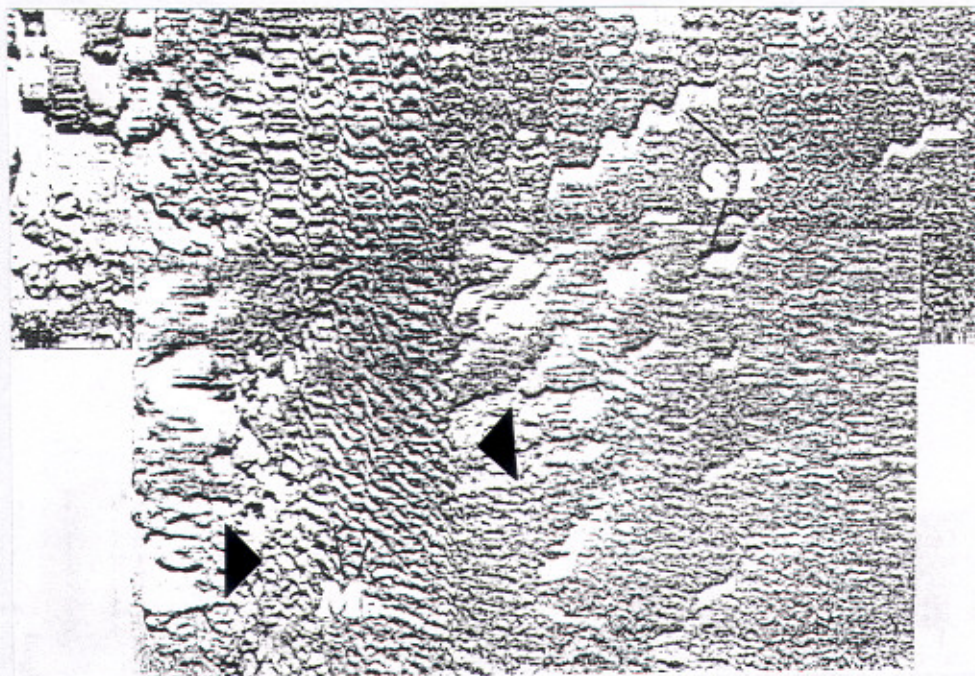
Η έντονη ανακλαστικότητα οφείλεται : (1) στο συνήθως συμπαγποιημένο ριζικό σύστημά τους, όταν οι ποσειδώνιες παρουσιάζουν αραιή βλάστηση, και (2) στις ίδιες τις ποσειδώνιες ιδιαίτερα όταν έχουν πυκνή βλάστηση. Στην δεύτερη περίπτωση δεν θα πρέπει να αγνοείται ο ρόλος των φυσαλίδων αέρα που εγκλωβίζονται συνήθως στα φύλλα των ποσειδωνιών. Ο σκουρόχρωμος τόνος καταγραφής σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν να παρουσιάζει "στικτώδη" ηχητικό χαρακτήρα (Εικ. 4.62). Επιπλέον, δεν είναι ασύνηθες ο κυματισμός της επιφάνειας της θάλασσας να έχει προκαλέσει μια κυματοειδή μορφολογία στις ποσειδώνιες, η οποία είναι δυνατόν να αποτυπωθεί σαφώς στην ηχογραφία (Εικ. 4.63).



Εικ. 4.61. Διορθωμένη ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί πεδίο ποσειδωνιών (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).



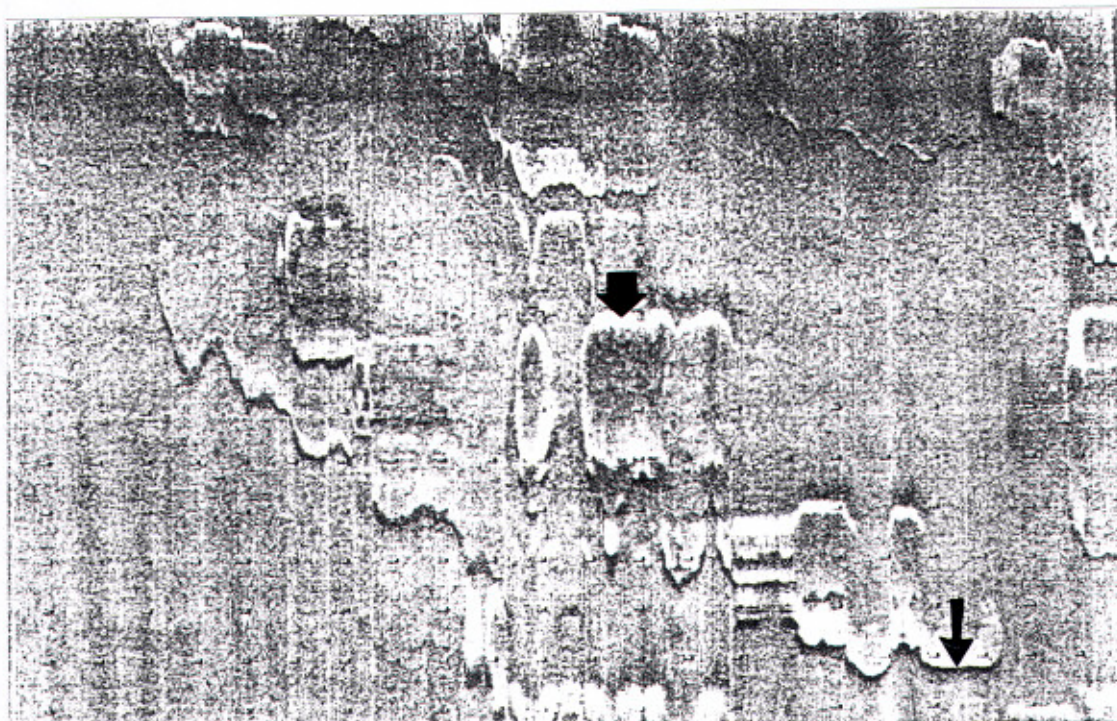
Εικ. 4.62. Διορθωμένη ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί πεδίο ποσειδωνιών με χαρακτηριστικό σκουρόχρωμο στικτώδη ηχητικό χαρακτήρα (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).



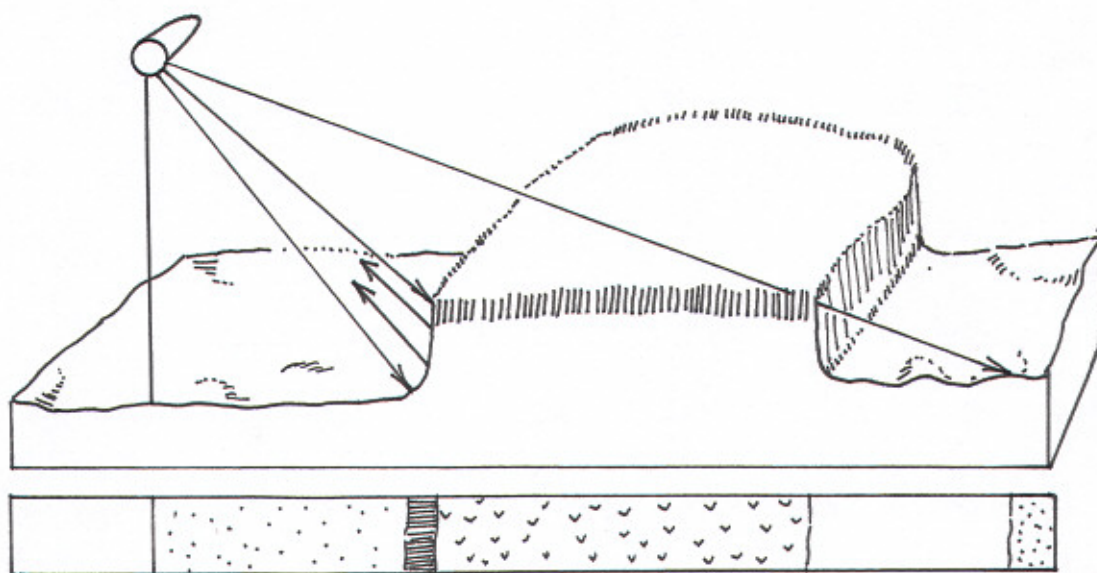
Εικ. 4.63. Διορθωμένη ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί πεδίο ποσειδωνιών με τον τυπικό σκουρόχρωμο ηχητικό χαρακτήρα, ενώ επιπλέον διαπιστώνεται κυματοειδής μορφολογία της επιφάνειας του πεδίου (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).

(β) Τα πεδία ποσειδωνιών εξαιτίας του ριζικού τους συστήματος παρουσιάζουν συνήθως αξιοσημείωτη υψομετρική διαφορά από τον πυθμένα επάνω στον οποίο έχουν αναπτυχθεί. Αποτέλεσμα αυτής της υψομετρικής διαφοράς είναι η διαμόρφωση καλά εκφρασμένων μετώπων (ύψους ~1m) στα όρια των πεδίων. Τα μέτωπα αυτά καταγράφονται ως ζώνες έντονης ανακλαστικότητας ή ηχητικής σκιάς (Εικ. 4.64) αναλόγως τη σχετική θέση της ηχοβολιστικής τορπίλης (Εικ. 4.65).

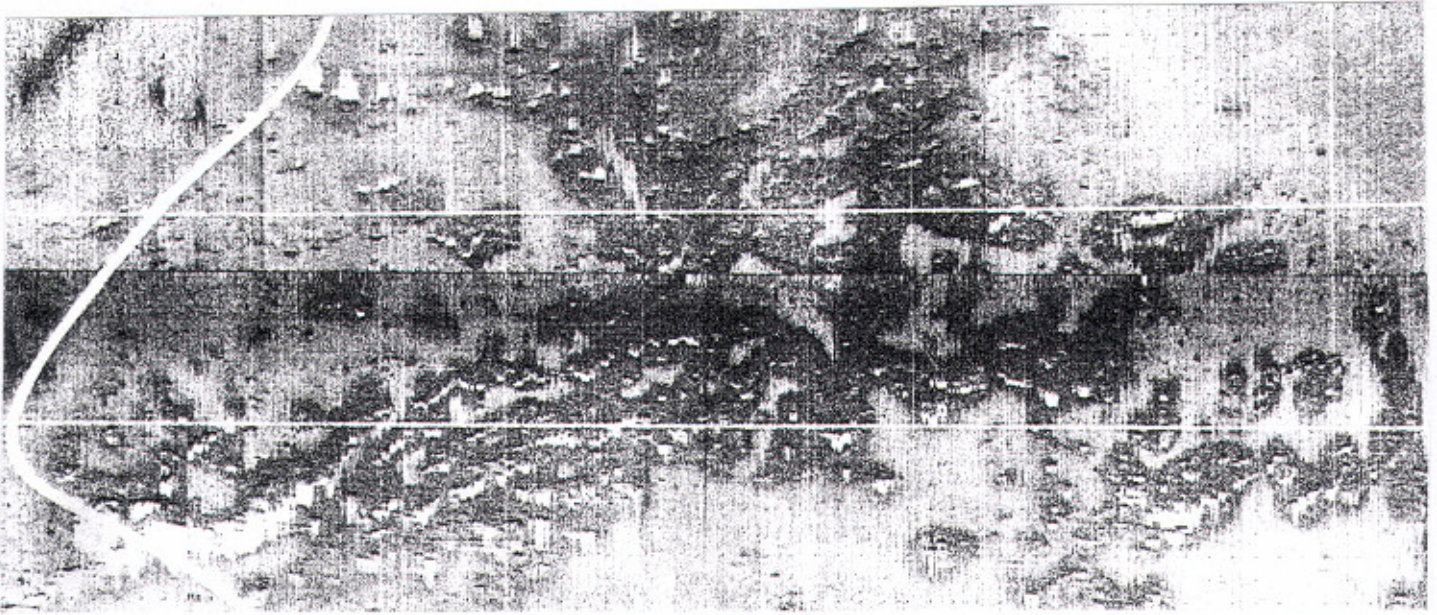
Τα πεδία των ποσειδωνιών παρουσιάζουν συνεχή ανάπτυξη με σαφή ή δαιδαλώδη όρια (Εικ. 4.66) αλλά είναι πολύ συνήθης η ανάπτυξη "ξέφωτων" ακάλυπτου πυθμένα μέσα στα πεδία (Εικ. 4.67). Αυτά τα "ξέφωτα" εντοπίζονται τόσο από τον ανοικτότερο τόνο καταγραφής όσο και από την παρουσία ζωνών έντονης ανακλαστικότητας/ηχητικής σκιάς στα όρια τους, μια και περιορίζονται από τα μέτωπα των πεδίων της ποσειδωνίας (Εικ. 4.67). Επιπλέον, τα αμμώδη κύματα που αναπτύσσονται στον (αμμώδη) πυθμένα που περιβάλλει τα πεδία, είναι ένα αξιόπιστο διαγνωστικό κριτήριο για τη διάκριση πεδίων ποσειδωνίας και ακάλυπτου πυθμένα (Εικ. 4.68).



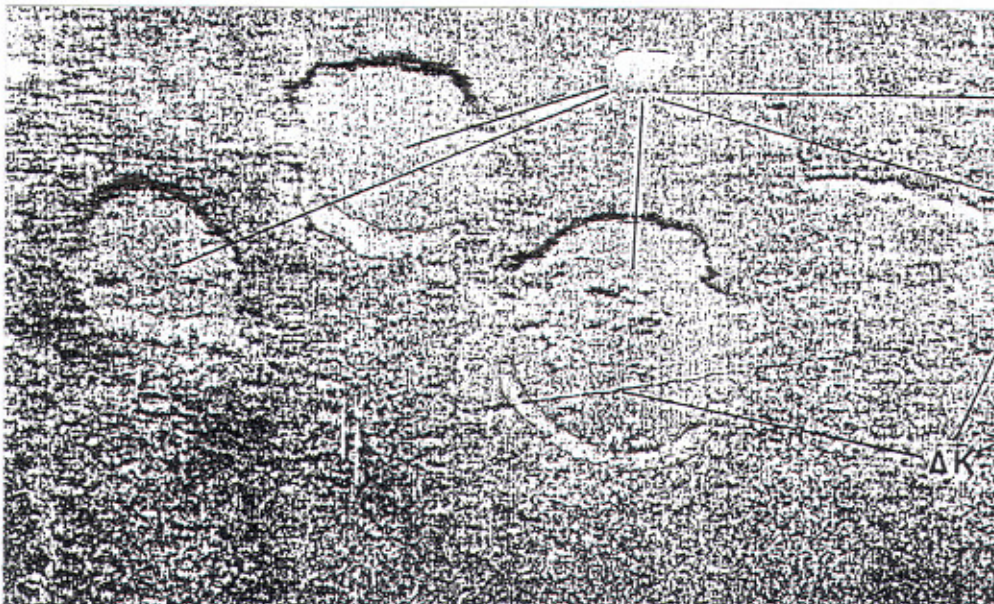
Εικ. 4.64. Ηχογραφία στην οποία έχουν αποτυπωθεί τα μέτωπα των πεδίων ποσειδώνιας ως ζώνες έντονης ανακλαστικότητας ή ηχητικής σκιάς (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).



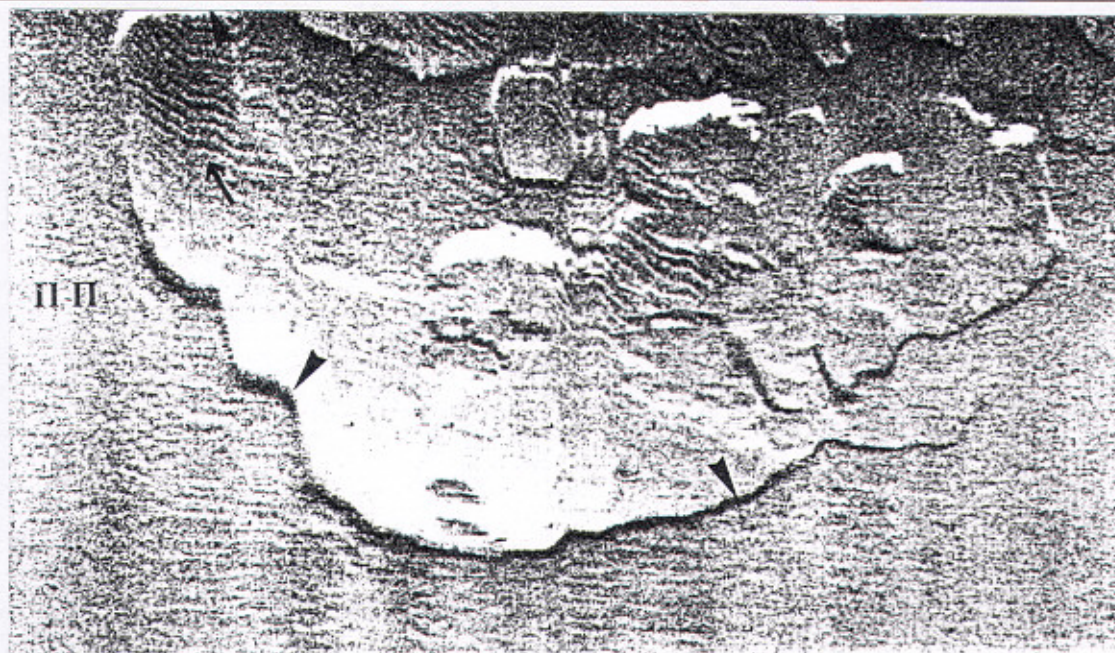
Εικ. 4.65. Τρισδιάστατη γραφική αναπαράσταση του τρόπου καταγραφής των μετώπων των πεδίων ποσειδώνιας ως ζώνες έντονης ανακλαστικότητας ή ηχητικής σκιάς, αναλόγως τη σχετική θέση της ηχητικής τορπίλης με τα μέτωπα.



Εικ. 4.66. Ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί πεδίο ποσειδωνιών με δαιδαλώδη όρια (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).



Εικ. 4.67. Ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί πεδίο ποσειδώνιας στο οποίο έχουν αναπτυχθεί "ξέφωτα" ακάλυπτου πυθμένα (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).



Εικ. 4.68. Ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί πεδίο ποσειδώνιας το οποίο περιβάλλεται από πυθμένα με αμμώδη κύματα (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).

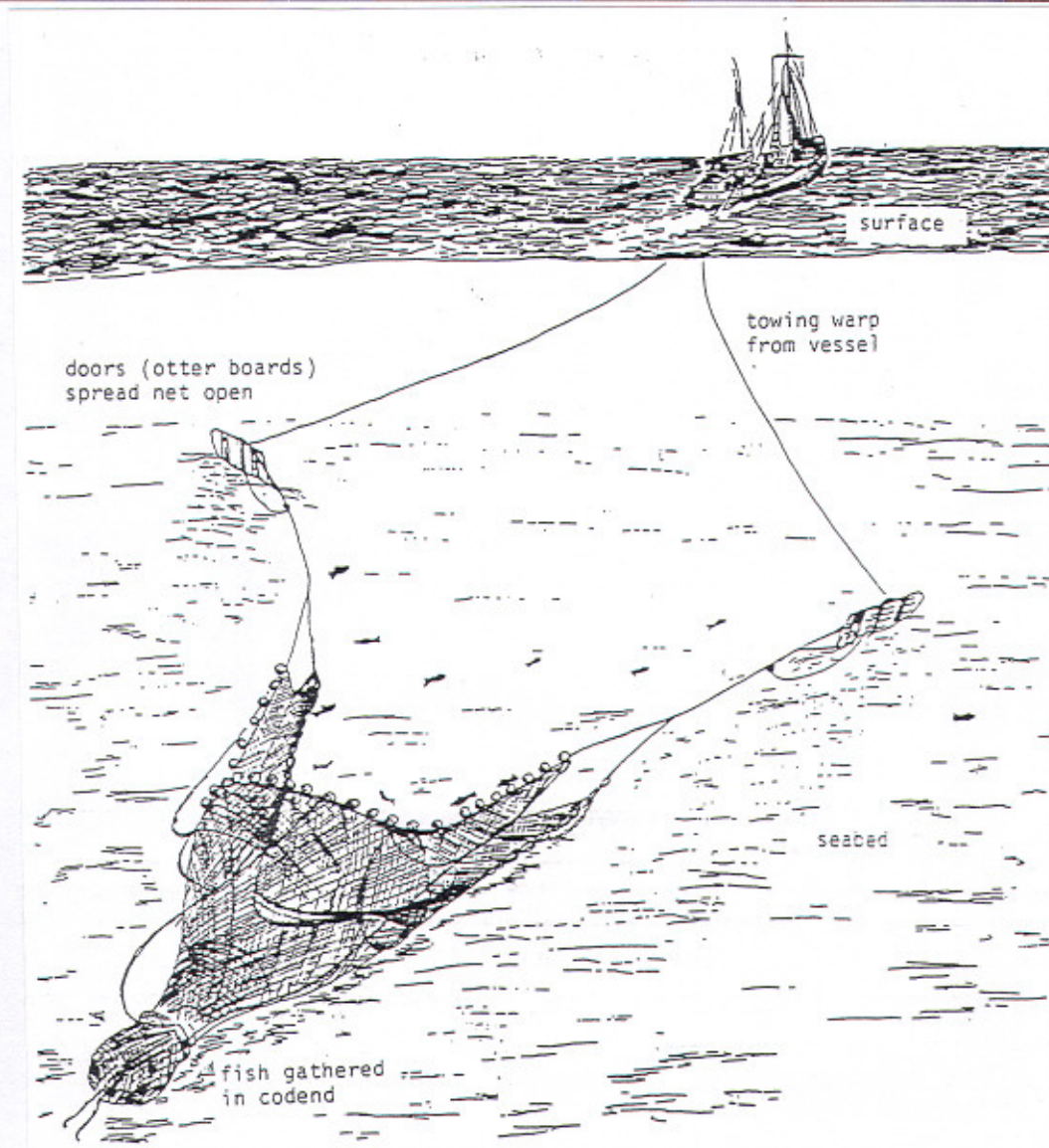
4.7.3. Αποτύπωση Αλιευτικών πεδίων.

Μια ιδιαίτερα σημαντική εφαρμογή του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης είναι η αποτύπωση των αλιευτικών πεδίων, στα οποία εφαρμόζεται η αλιευτική μέθοδος της μηχανότρατας πυθμένα με υδραετούς ("πόρτες").

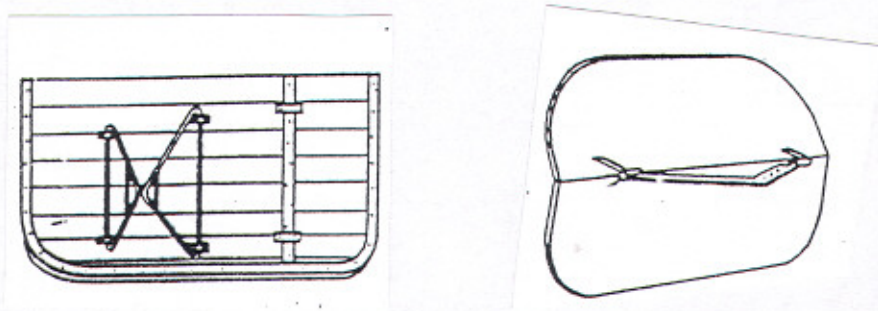
Οι μηχανότρατες πυθμένα συμβάλλουν σε σημαντικό βαθμό στην αλιευτική παραγωγή της Ελλάδας και μαζί με τα κυκλικά δίχτυα "γρι-γρι" αποτελούν τις πιο διαδεδομένες μεθόδους της Μέσης Αλιείας.

Η αλιευτική μέθοδος της μηχανότρατας πυθμένα είναι μια δυναμική μέθοδος η οποία συλλαμβάνει το αλιεύμα με σύρση ενός δίχτυνου σάκκου στην επιφάνεια του πυθμένα (Εικ. 4.69). Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι η παρουσία δύο ξύλινων ή μεταλλικών υδραετών, οι οποίοι σύρονται πάνω στον πυθμένα, μπροστά από το σάκκο με σκοπό αφενός να διατηρούν το άνοιγμα ("μπούκα") του σάκκου ανοικτό κατά τη σύρση και αφετέρου να "καθοδηγούν" το αλιεύμα προς το σάκκο με τη θολερότητα που αναπτύσσεται από τη σύρση τους (Εικ. 4.69).

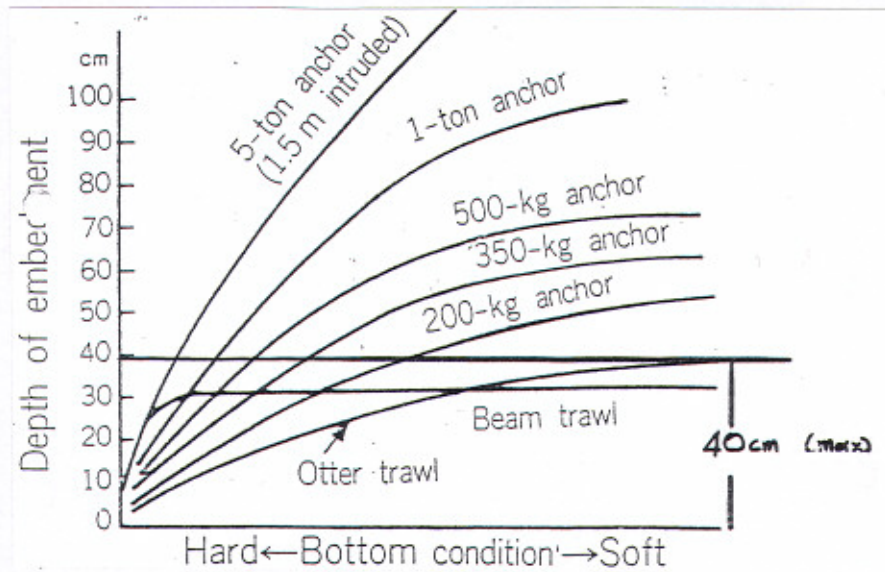
Οι διαστάσεις των υδραετών που χρησιμοποιούνται στον Ελληνικό χώρο είναι 1.20x1.80m, ενώ το βάρος τους είναι περίπου 200kgf (Εικ. 4.70). Η σύρση των υδραετών στην επιφάνεια του πυθμένα, αναλόγως της λιθολογίας και των μηχανικών ιδιοτήτων των ιζημάτων του πυθμένα, είναι δυνατόν να προκαλέσει ουλές (αλιευτικά ίχνη) εύρους 20-100cm και μέγιστου βάθους 40cm. Αλιευτικά ίχνη αναγνωρίσιμα στις ηχογραφίες ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης προκαλούνται και από άλλες αλιευτικές μεθόδους, οι οποίες εντάσσονται στην κατηγορία των συρομένων αλιευτικών εργαλείων (Παπαθεοδώρου 1997). Τέτοιοι μέθοδοι είναι οι μηχανικές ή υδραυλικές βυθοκόροι για την αλίευση δίθυρων και οι δοκότρατες, μέθοδοι που δεν παρουσιάζουν εφαρμογή στον Ελληνικό χώρο.



Εικ. 4.69. Τρισδιάστατη απεικόνιση των τμημάτων μιας μηχανότρατας πυθμένα και του τρόπου αλιείας της.



Εικ. 4.70. Τυπικοί υδραετοί ("πόρτες") που χρησιμοποιούνται στον Ελληνικό χώρο.



Εικ. 4.71. Διάγραμμα στο οποίο αποδίδεται η σχέση μεταξύ του βάθους διάνοιξης ουλών από αλιευτικά εργαλεία και άγκυρες και της λιθολογικής σύστασης των ιζημάτων που καλύπτουν τον πυθμένα.

Στο διάγραμμα της Εικόνας 4.71, διαπιστώνεται ότι η σύρση υδραετών σε πυθμένα με αδρομερή υλικά διανοίγει ουλές μερικών cm, ενώ σε λεπτόκοκκα ιζήματα με μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό, το βάθος των ουλών ανέρχεται σε 40cm.

Αυτή ακριβώς η δράση των υδραετών είναι η αιτία για την οξεία κριτική που έχει δεχθεί η μέθοδος όσον αφορά στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον και ειδικότερα στους βενθικούς οργανισμούς.

Οι μηχανότρατες πυθμένα με υδραετούς οι οποίες αλιεύουν σε ένα συγκεκριμένο αλιευτικό πεδίο ακολουθούν συνήθως συγκεκριμένες διαδρομές ("καλάδες"). Οι λόγοι που ωθούν τους αλιείς να ακολουθούν συγκεκριμένες "καλάδες", είναι:

- (i) η γνωστή παραγωγικότητα (βάρος αλιεύματος ανά ώρα σύρσης) και το γνωστό αλίευμα, κατά μήκος της "καλάδας",
- (ii) το συγκεκριμένο βάθος νερού (συγκεκριμένο μήκος συρματόσχοινων) κατά μήκος της "καλάδας", και κυρίως
- (iii) η απουσία φυσικών και τεχνητών εμποδίων (ομαλή μορφολογία του πυθμένα) κατά μήκος της "καλάδας", και συνεπώς η ασφαλής σύρση των αλιευτικών εργαλείων (υδραετών-σάκκου) στον πυθμένα.

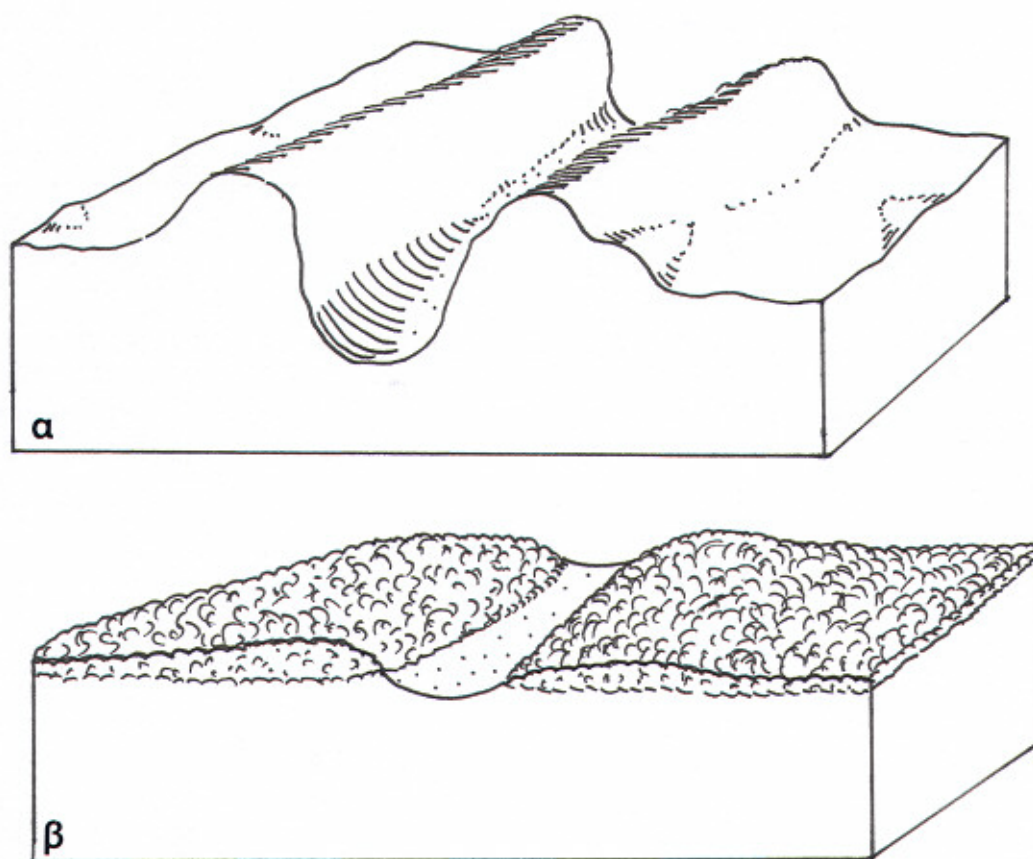
(Α) Εντοπισμός και αποτύπωση αλιευτικών ιχνών.

Ο ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης παρέχει τη δυνατότητα αποτύπωσης των αλιευτικών ιχνών που δημιουργεί η σύρση των υδραετών. Τα αλιευτικά ίχνη αποτυπώνονται ως γραμμικά στοιχεία διαφορετικής ανακλαστικότητας συγκριτικά με τον περιβάλλοντα αδιατάρακτο πυθμένα.

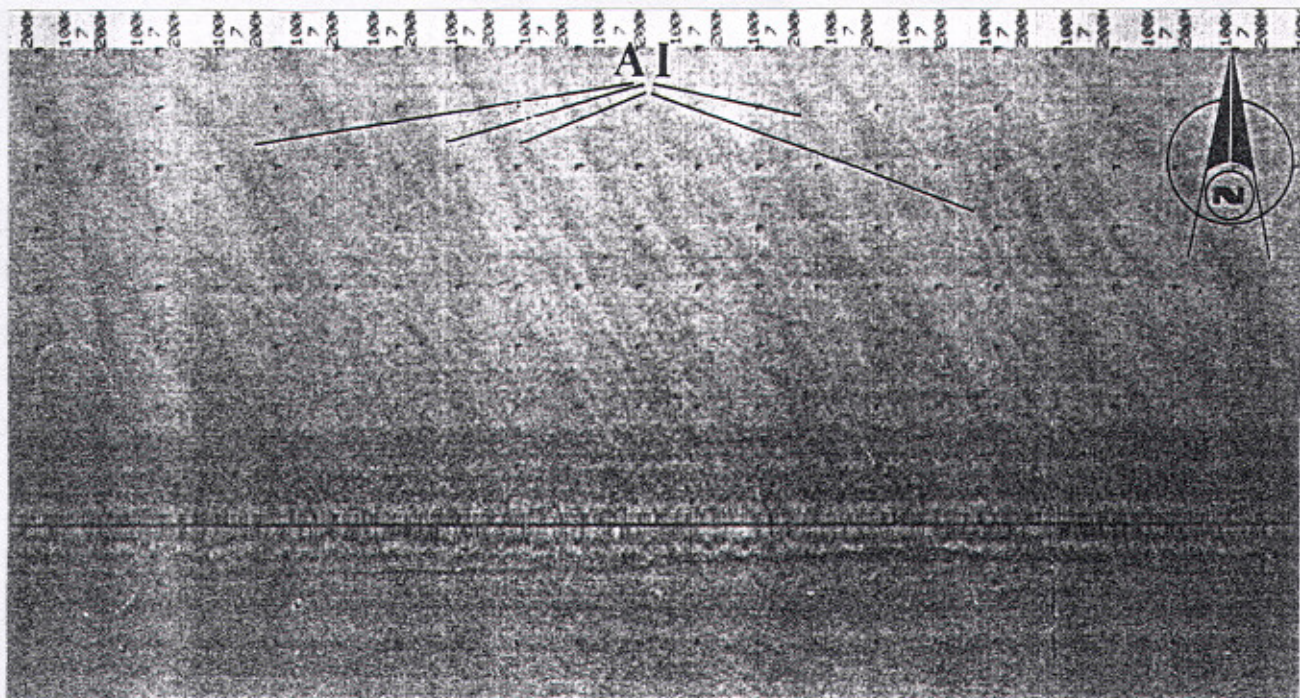
Η διαφορετική ανακλαστικότητα οφείλεται:

- (i) κατά κύριο λόγο, στη μεταβολή της μορφολογίας του πυθμένα, (γραμμική περιοχή έντονης ανακλαστικότητας/ηχητικής σκιάς) όταν η λιθολογική σύσταση των ιζημάτων επιτρέπει τη διάνοιξη ουλών αξιοσημείωτου βάθους, (Εικ. 4.72α), και
- (ii) κατά δεύτερο λόγο, στη πιθανή μεταβολή της λιθολογικής σύστασης των ιζημάτων κατά μήκος του αλιευτικού ίχνους, λόγω απομάκρυνσης του επιφανειακού στρώματος ιζήματος και την αποκάλυψη του υποκείμενου ιζήματος διαφορετικής λιθολογίας (Εικ. 4.72β).

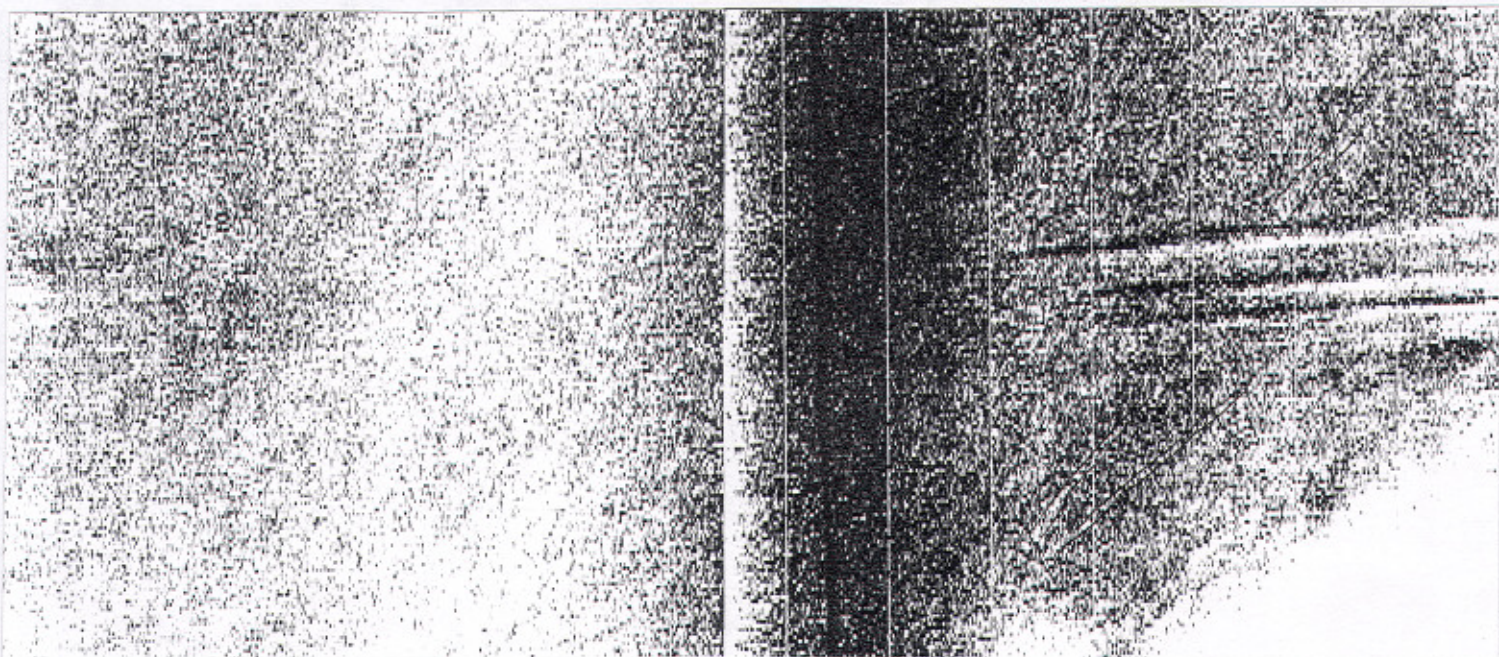
Τα αλιευτικά ίχνη αναγνωρίζονται στις ηχογραφίες ως σκουρόχρωμα γραμμικά στοιχεία σε ανοιχτόχρωμη καταγραφή του πυθμένα (Εικ. 4.73) ή ως ανοιχτόχρωμα γραμμικά στοιχεία σε σκουρόχρωμο πυθμένα (Εικ. 4.74).



Εικ. 4.72. Διαγραμματική αναπαράσταση (α) της διάνοιξης ουλής από τη σύρση υδραετού σε πυθμένα με λεπτόκοκκα ιζήματα, και (β) της μεταβολής της λιθολογικής σύστασης του πυθμένα κατά μήκος του ίχνους, λόγω της απομάκρυνσης του επιφανειακού λεπτού στρώματος ιζήματος και της αποκάλυψης υποεπιφανειακών ιζημάτων διαφορετικής λιθολογίας.



Εικ. 4.73. Ηχογραφία (3-κάναλη διορθωμένη) στην οποία έχουν αποτυπωθεί αλιευτικά ίχνη λόγω της σύρσης υδραετών (μηχανότρατας πυθμένα) στην επιφάνεια του πυθμένα, στη θαλάσσια περιοχή ανοικτά της Πρέβεζας. Τα αλιευτικά ίχνη αποτυπώνονται ως σκουρόχρωμα γραμμικά ίχνη σε ανοικτόχρωμο πυθμένα (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).



Εικ. 4.74. Ηχογραφία (2-κάναλη αδιόρθωτη) στην οποία έχουν αποτυπωθεί αλιευτικά ίχνη λόγω της σύρσης υδραετών (μηχανότρατας πυθμένα) στην επιφάνεια του πυθμένα του Σαρωνικού κόλπου (περιοχή νησίδας Αγ. Γεωργίου). Τα αλιευτικά ίχνη αποτυπώνονται ως ανοικτόχρωμα γραμμικά ίχνη σε σκοτεινόχρωμο πυθμένα (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).

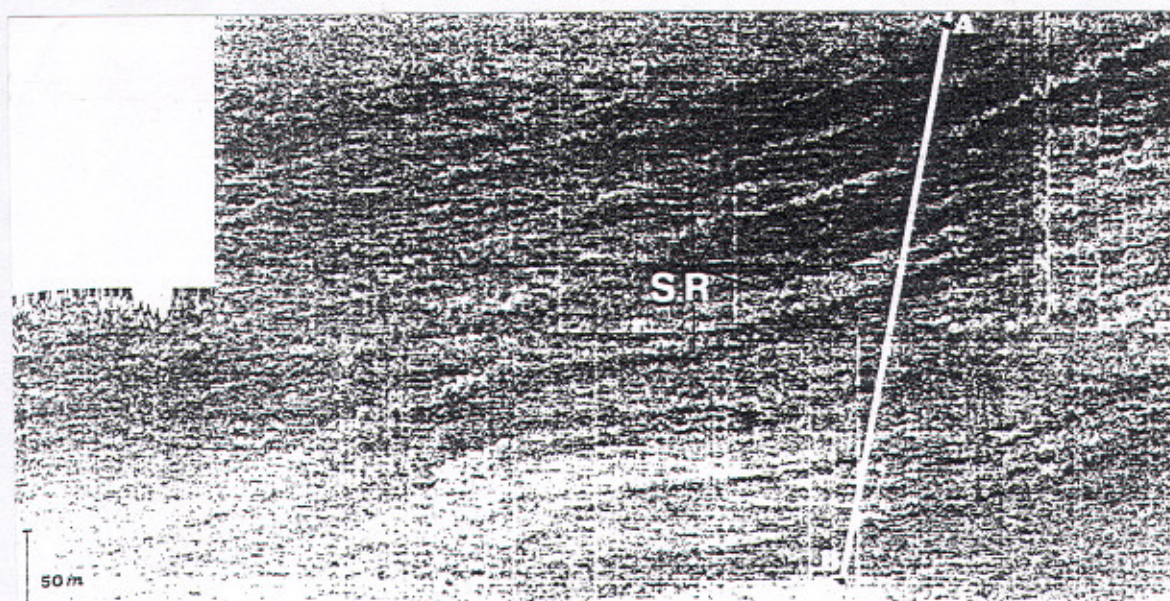
Ένα ενδιαφέρον και κρίσιμο σημείο στην αναγνώριση των αλιευτικών ιχνών στις ηχογραφίες, είναι η διάκρισή τους από τις επιμήκεις γεωμορφές που δημιουργούνται από τη δράση ισχυρών θαλασσίων ρευμάτων κοντά στην επιφάνεια του πυθμένα. Οι επιμήκεις γεωμορφές (αυλακώσεις, αμμόδεις ραβδώσεις) σχηματίζονται παράλληλα προς τη ροή ρευμάτων, ταχύτητας από 1.5 (0.75cm/sec) έως 1.0(0.50cm/sec) κόμβων, και έχουν χαμηλό ανάγλυφο (<30cm) (Εικ. 4.75).

Ένα αξιόπιστο κριτήριο διάκρισης αλιευτικών ιχνών και γεωμορφών είναι η παράλληλη έως υποπαράλληλη σχέση των γεωμορφών σε αντίθεση με τα υποπαράλληλα ή/και συνήθως διασταυρούμενα αλιευτικά ίχνη.

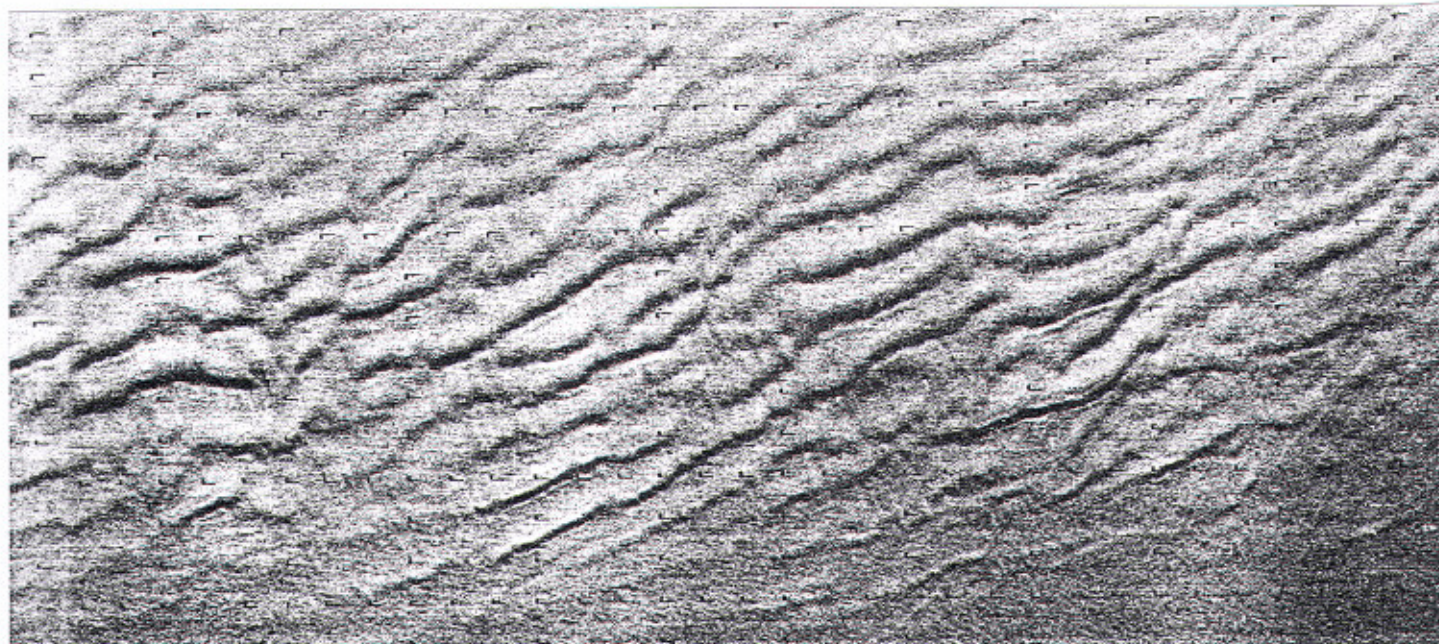
Ένα δεύτερο κρίσιμο σημείο στη αποτύπωση των αλιευτικών ιχνών με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης είναι ο χρόνος διατήρησης τους στην επιφάνεια του πυθμένα. Η καταστροφή των ιχνών λόγω της δράσης ισχυρών θαλασσίων ρευμάτων δεν πρέπει να θεωρείται απίθανη.

Η απουσία αλιευτικών ιχνών στην επιφάνεια του πυθμένα της θαλάσσιας περιοχής της Σκιάθου - μια περιοχή η οποία αποτελεί "καλάδα" μηχανοτρατών - σε συνδυασμό με την παρουσία εγκάρσιων γεωμορφών λόγω της δράσης ρευμάτων, ισχυροποιεί την πιο πάνω άποψη (Εικ. 4.76).

Ο De Groot (1972) για τον υπολογισμό του χρόνου παραμονής των αλιευτικών ιχνών στον πυθμένα πριν την ολική καταστροφή τους από τη δράση παλιρροιακών ρευμάτων, αποτύπωσε με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης την "καλάδα" δοκότρατας (διπλή με 6m-δοκό, μάτι 2cm, με διάταξη αλυσίδων) κατά τη διάρκεια της σύρσης, καθώς και σε συγκεκριμένα σύντομα χρονικά διαστήματα μετά τη σύρση. Ο ίδιος ερευνητής διαπίστωσε ότι μετά από 150min τα αλιευτικά ίχνη ήταν αναγνωρίσιμα στις ηχογραφίες.



Εικ. 4.75. Ηχογραφία (3-κάναλη διορθωμένη) στην οποία έχουν αποτυπωθεί επιμήκεις γεωμορφές λόγω δράσης ισχυρών ρευμάτων (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).



Εικ. 4.76. Ηχογραφία (3-κάναλη διορθωμένη) στην οποία έχουν αποτυπωθεί εγκάρσιες γεωμορφές λόγω δράσης ισχυρών ρευμάτων, στον πυθμένα της θαλάσσιας περιοχής ΒΔ-ικά της Σκιάθου (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).

(B) Αναζήτηση νέων αλιευτικών πεδίων

Η διερεύνηση της επιφάνειας του πυθμένα με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης για τον εντοπισμό και την αποτύπωση νέων περιοχών, ικανών για την ανάπτυξη "καλάδων" είναι μια πολύ ενδιαφέρουσα εφαρμογή του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης.

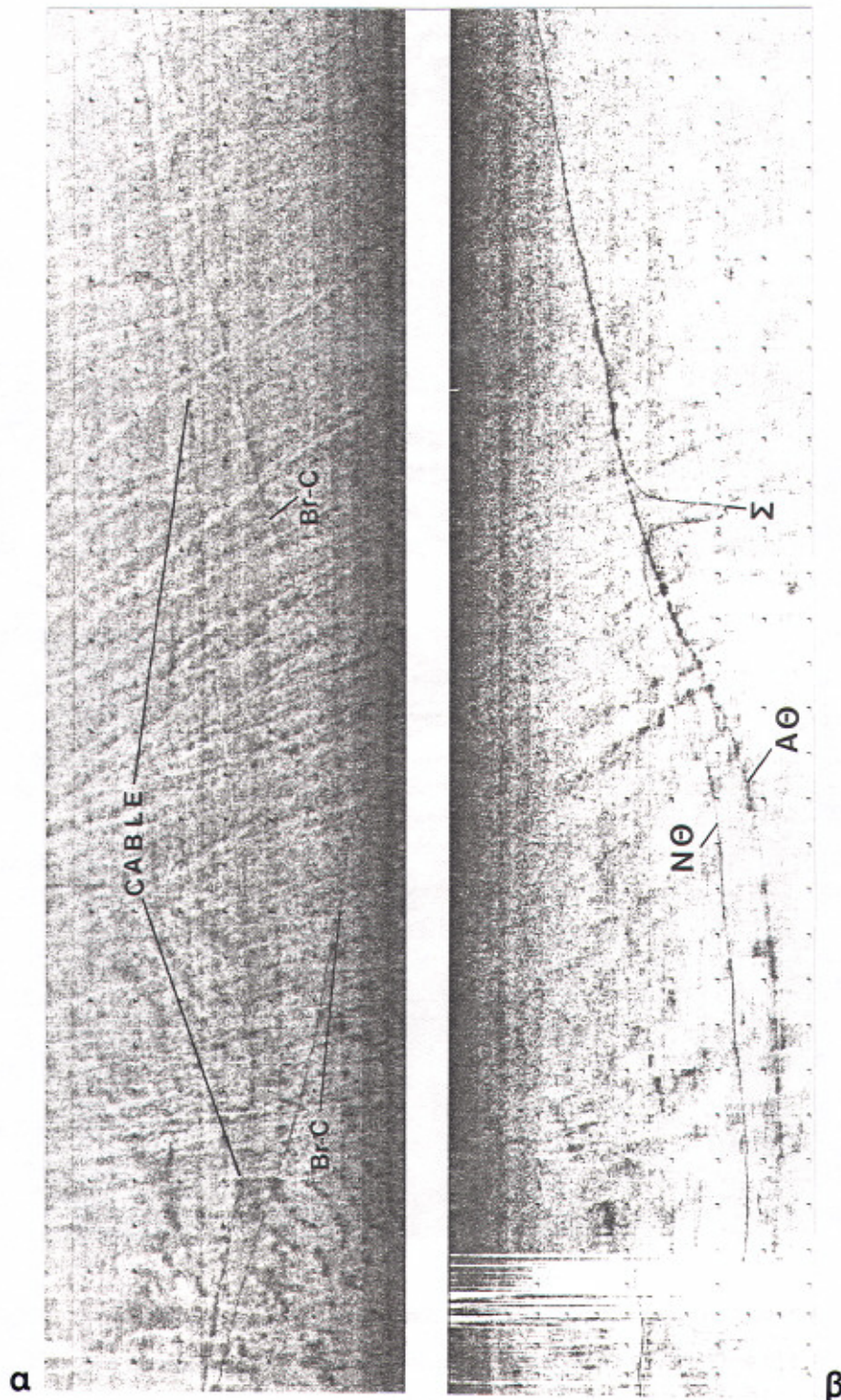
Τα νέα αλιευτικά πεδία ή οι εναλλακτικές "καλάδες" στα ήδη αλιευόμενα πεδία πρέπει να είναι απαλλαγμένες από:

- (i) φυσικά εμπόδια: Η ανώμαλη μορφολογία του πυθμένα είναι απαγορευτική για την ανάπτυξη "καλάδων". Ιδιαίτερως, η παρουσία βραχωδών εξάρσεων στον πυθμένα μπορεί να προκαλέσει καταστροφή των αλιευτικών εργαλείων.
- (ii) τεχνητά εμπόδια : Ως τεχνητά εμπόδια θεωρούνται τα ναυάγια πλοίων και αεροσκαφών. Ορισμένα ναυάγια είναι γνωστής θέσης αλλά ένας πολύ μεγάλος αριθμός είναι αγνώστου θέσης αποτελώντας έτσι παγίδες καταστροφής των αλιευτικών εργαλείων.
- (iii) υποθαλάσσιες εγκαταστάσεις: Ως υποθαλάσσιες εγκαταστάσεις, των οποίων η παρουσία προκαλεί σημαντικά προβλήματα στη σύρση των αλιευτικών εργαλείων, θεωρούνται οι υποθαλάσσιοι αγωγοί και καλώδια.

Η εμπλοκή των αλιευτικών εργαλείων (υδραετοί - σάκκος) της μηχανότρατας πυθμένα με υποβρύχια (υ/β) ενεργειακά και τηλεπικοινωνιακά καλώδια, οδηγεί συνήθως στην απώλεια της μηχανικής συνέχειας (θραύση) του υ/β καλωδίου. Η καταστροφή υ/β καλωδίων εξαιτίας της αλιευτικής δραστηριότητας αποτελεί αναμφίβολα τη δυσμενέστερη επίπτωση της μεθόδου στο θαλάσσιο περιβάλλον, όσον αφορά βέβαια το οικονομικό κόστος. Αυτή η δυσμενής επίπτωση της μεθόδου αποκτά μεγαλύτερες διαστάσεις λαμβανομένου υπόψη του μεγάλου αριθμού υ/β ενεργειακών και τηλεπικοινωνιακών καλωδίων που ποντίζονται ή πρόκειται να ποντισθούν την επόμενη 5-ετία στον Ελληνικό θαλάσσιο χώρο (βλπ. Βιβλιογραφία).

Στο διεθνή χώρο, από το 1950 έως το 1980, αναφέρονται 154 βλάβες ενεργειακών καλωδίων, εκ των οποίων οι 82 βλάβες ή ποσοστό (53%) οφείλονται κυρίως σε σύρση αλιευτικών εργαλείων και δευτερευόντως σε άγκυρες (στοιχεία CIGRE). Οι ενεργειακές διασυνδέσεις Σουηδίας-Δανίας και Ιταλίας-Κορσικής αποτελούν τυπικά παραδείγματα βλαβών υ/β καλωδίων από αλιευτικά εργαλεία, για τον Ευρωπαϊκό χώρο. Η διασύνδεση Σουηδίας-Δανίας τέθηκε σε λειτουργία το 1964, με την πόντιση ενός καλωδίου με ειδικά σχεδιασμένο οπλισμό να αντέχει τις μηχανικές τάσεις που θα αναπτύσσονταν εξαιτίας της πιθανής εμπλοκής του με αλιευτικά εργαλεία (μηχανότρατες υδραετών - δοκότρατες). Δυστυχώς όμως και σε διάστημα 5 ετών (1969-1974), 16 μηχανικές βλάβες προκλήθηκαν στο καλώδιο από αλιευτικά εργαλεία. Ο μεγάλος αριθμός βλαβών σε ένα ειδικά σχεδιασμένο υ/β καλώδιο αποδόθηκε στην αύξηση των διαστάσεων και του βάρους των υδραετών καθώς και στην αύξηση της υποδύναμης των αλιευτικών σκαφών, η οποία δεν είχε προβλεφτεί από τους μηχανικούς. Ένα τμήμα του κατεστραμμένου καλωδίου επιδιορθώθηκε και καλύφθηκε (τάφηκε) σε βάθος 70cm από την επιφάνεια του πυθμένα χωρίς να υποστεί στη συνέχεια καμία βλάβη. Το υπόλοιπο τμήμα του υ/β καλωδίου που δεν καλύφθηκε από ιζήματα, υπέστη άλλες 14 βλάβες το διάστημα 1974-1983. Το υ/β καλώδιο της ενεργειακής διασύνδεσης Ιταλίας-Κορσικής στο χρονικό διάστημα 3/1968-7/1975 υπέστη συνολικά 12 βλάβες από αλιευτικά εργαλεία. Οι βλάβες, μετά από αποτύπωση του πυθμένα με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης, εντοπίστηκαν σε δύο συγκεκριμένες περιοχές κατά μήκος της όδευσης οι οποίες αποτελούσαν "καλάδες" μηχανοτρατών. Το καλώδιο επιδιορθώθηκε και στις δύο προβληματικές περιοχές τοποθετήθηκαν υποπλέοντες κρεμαστοί φράχτες από συρματόσχοινο χωρίς να σημειωθεί πλέον καμία βλάβη.

Στον Ελληνικό χώρο την τελευταία 5-ετία σύμφωνα με έρευνες του Εργαστηρίου Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας (ΕΘΑΓΕΦΩ) του Παν/μιου Πατρών, διαπιστώθηκαν πέντε (5) βλάβες σε υ/β ενεργειακά (μέσης και υψηλής τάσης) και τηλεπικοινωνιακά καλώδια (Παπαθεοδώρου κ.α 1995). Δύο βλάβες διαπιστώθηκαν στο υ/β καλώδιο Κεφαλλονιάς - Ζακύνθου, μία στο υ/β καλώδιο Κως-Γυαλί-Νίσηρος, μία στο υ/β καλώδιο Ρίου-Αντιρρίου και αλληπάλληλες θραύσεις στο υ/β καλώδιο Λαγονήσι - Μήλος - Χανιά. Από αυτές τις βλάβες οι δύο (Κεφαλλονιάς-Ζακύνθου, Λαγονήσι-Μήλος-Χανιά) αποδίδονται σε μηχανότρατες πυθμένα με υδραετούς αφού εντοπίστηκαν, με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης, αλιευτικά ίχνη να διασταυρώνονται με την πορεία του καλωδίου (Εικ. 4.77).



Εικ. 4.77 Τρικάναλες ηχογραφίες από την ίδια θαλάσσια περιοχή μεταξύ Κεφαλληνίας - Ζακύνθου οι οποίες παρουσιάζουν: (α) τα δύο τμήματα του σπασμένου καλωδίου της διασύνδεσης Κεφαλληνίας-Ζακύνθου (Br-C) καθώς επίσης και την αρχική θέση τοποθέτησης του καλωδίου (cable). Τα ίχνη σύρσης του καλωδίου καθώς επίσης και τα αλιευτικά ίχνη είναι σαφώς διακριτά, (β) τη νέα θέση του καλωδίου (NΘ) μετά την αποκατάσταση της μηχανικής ασυνέχειας (Σ) και το ίχνος της αρχικής θέσης του (AΘ) (Παπαθεοδώρου κ.α 1995).

Η εμπλοκή των υ/β καλωδίων σε αλιευτικά εργαλεία είναι αποτέλεσμα των πιο κάτω αναφερόμενων συνθηκών ή του συνδυασμού αυτών:

- (i) αιώρηση του καλωδίου σε περιοχές του πυθμένα με (βραχώδεις) εξάρσεις.
- (ii) στροφές ("κουλούρες") του καλωδίου οι οποίες δεν βρίσκονται σε επαφή με τον πυθμένα, λόγω πόντισης μεγάλης περίσσειας μήκους.
- (iii) οι υδραετοί βρίσκονται "πεσμένοι" στον πυθμένα και όχι σε θέσης αλίευσης λόγω κινήσεων του αλιευτικού σκάφους.
- (iv) ο δίχτυνος σάκκος εμπλέκεται σε σπασμένα μεταλλικά ελάσματα του οπλισμού του καλωδίου, αποτέλεσμα προηγούμενης βλάβης από εμπλοκή υδραετών.

Αναμφίβολα, η αιώρηση των υ/β καλωδίων μεταξύ εξάρσεων του πυθμένα, είναι η συνηθέστερη αιτία για την εμπλοκή τους από αλιευτικά εργαλεία. Η αιώρηση μερικών εκατοστών του μέτρου, δεν αναμένεται να προκαλέσει εμπλοκή του καλωδίου με αλιευτικά εργαλεία. Όταν το ύψος αιώρησης είναι μεγαλύτερο από το ύψος του κέντρου βάρους του υδραετού (>70cm) και η πορεία της σύρσης είναι σχεδόν κάθετη με τη διεύθυνση του καλωδίου, τότε η εμπλοκή του από τα αλιευτικά εργαλεία είναι σχεδόν βέβαιη. Στην περίπτωση αυτή το υ/β καλώδιο σύρεται κατά μήκος της άνω πλευράς του υδραετού και εμπλέκεται μόνιμα στην αλυσίδα σύνδεσης ζυγίων υδραετού και συρματόσχοινων σύρσης (Εικ. 4.78α). Όταν το υ/β καλώδιο συγκρουστεί με τον υδραετό σε σημείο κατώτερο από το κέντρο βάρους του, τότε το καλώδιο σύρεται για μικρή απόσταση μέχρις ότου αυτός ανατραπεί και τελικώς απελευθερωθεί (Εικ. 4.78β). Επιπλέον, είναι πιθανόν για ένα υ/β καλώδιο, το οποίο παρουσιάζει σημαντική αιώρηση, να βρεθεί πάνω από την άνω πλευρά του υδραετού χωρίς να εμπλακεί με αυτόν (Εικ. 4.79α). Για να συμβεί αυτό, απαιτείται η πορεία του υδραετού να είναι σχεδόν παράλληλη προς τη διεύθυνση του καλωδίου, ενώ σε περίπτωση που η πορεία του διασταυρώνεται με το καλώδιο τότε αυτό θα "συλληφθεί" από το συρματόσχοινο σύρσης ή την αλυσίδα σύνδεσης ζυγίων υδραετού και συρματόσχοινων σύρσης, και θα οδηγηθεί προς τον υδραετό όπου και θα εμπλακεί μόνιμα (Εικ. 4.79α). Όταν το συρόμενο αλιευτικό εργαλείο είναι η δοκότρατα, τότε ακόμη και μικρού ύψους αιώρηση του καλωδίου, είναι δυνατόν να οδηγήσει σε εμπλοκή (Εικ. 4.79β).

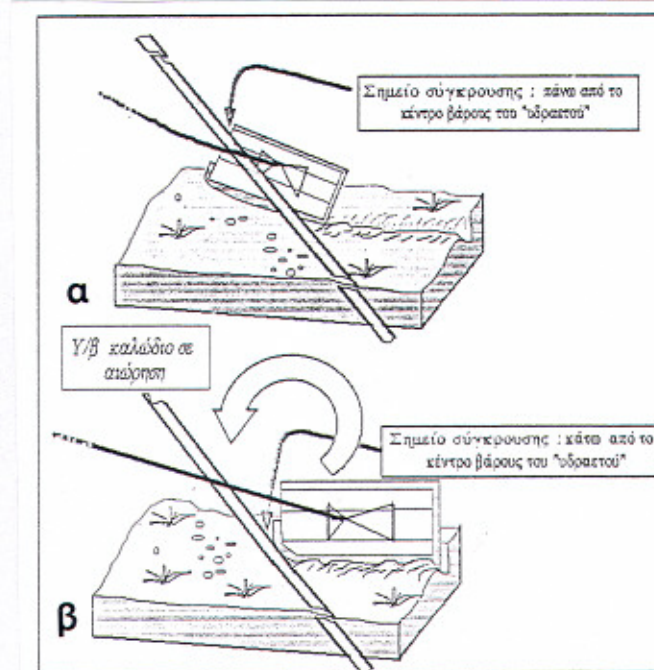
Μετά την εμπλοκή του υ/β καλωδίου με τα αλιευτικά εργαλεία, αυτό:

1. θραύεται κάτω από τις υψηλές μηχανικές τάσεις που αναπτύσσονται χωρίς να ανελκυθεί μαζί με τα αλιευτικά εργαλεία στο σκάφος,
2. θραύεται κάτω από τις υψηλές μηχανικές τάσεις, και το ένα άκρο του υ/β καλωδίου ανελκύεται μαζί με τα αλιευτικά εργαλεία,
3. ανελκύεται χωρίς να θραυτεί στο κατάστρωμα του αλιευτικού σκάφους το οποίο βέβαια θα πρέπει να διαθέτει μεγάλη ιπποδύναμη,

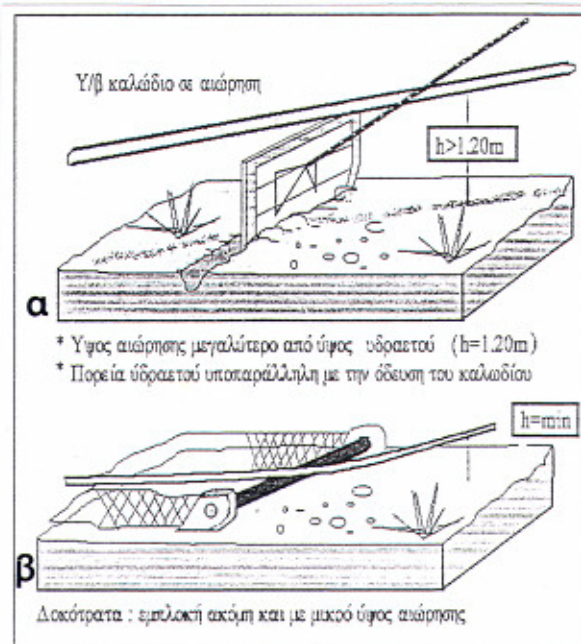
ενώ τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι:

το υ/β καλώδιο είναι δυνατόν υποστεί βλάβες και να αποκοπούν τα μεταλλικά ελάσματα του οπλισμού του λόγω της σύγκρουσης

και όχι της εμπλοκής με τον υδραετό με αποτέλεσμα να εμπλακεί στο δίχτυνο σάκκο.



Εικ. 4.78. (α) Εμπλοκή υ/β καλωδίου με υδραετό όταν το σημείο σύγκρουσης είναι ανώτερα του κέντρου βάρους του τελευταίου, (β) εμπλοκή υ/β καλωδίου με υδραετό όταν το σημείο σύγκρουσης είναι κατώτερα του κέντρου βάρους του τελευταίου.



Εικ. 4.79. (α) Εμπλοκή υ/β καλωδίου με υδραετό όταν το καλώδιο βρίσκεται υψηλότερα της άνω πλευράς του υδραετού, (β) εμπλοκή υ/β καλωδίου σε δοκότρατα.

Όταν οι υδραετοί εμπλακούν για λίγο χρονικό διάστημα (-σημείο σύγκρουσης κάτω από το κέντρο βάρους του υδραετού-) με ένα υ/β καλώδιο είναι δυνατόν να το μετατοπίσουν σε σημαντική απόσταση έως ότου απελευθερωθούν. Αποτέλεσμα αυτής της μετατόπισης είναι, αφενός να ελαττωθεί σημαντικά το επιπλέον μήκος (slack) του καλωδίου που έχει ποντισθεί ώστε αυτό να είναι χαλαρό και όχι τανυσμένο, και αφετέρου να δημιουργηθεί πιθανώς αιώρηση του καλωδίου σε ένα άλλο τμήμα του. Είναι φανερό, ότι στην πρώτη περίπτωση μία νέα εμπλοκή του τανυσμένου καλωδίου με υδραετούς θα οδηγήσει στην τελική του θραύση.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες θραύσεις καλωδίων έχουν εντοπισθεί σε περιοχές όπου έχει γίνει επανασύνδεση του καλωδίου λόγω παλαιότερης θραύσης. Αυτό οφείλεται σε δύο λόγους : (α) τη μεγάλη περίσσεια μήκους καλωδίου που επαναποντίζεται μετά την επιδιόρθωση του και (β) την τοπική αιώρηση του επιδιορθωθέντος τμήματος του υ/β καλωδίου λόγω των τάσεων περιστροφής που αναπτύσσονται λόγω των ελασμάτων προστασίας του νέου σπλισμού.

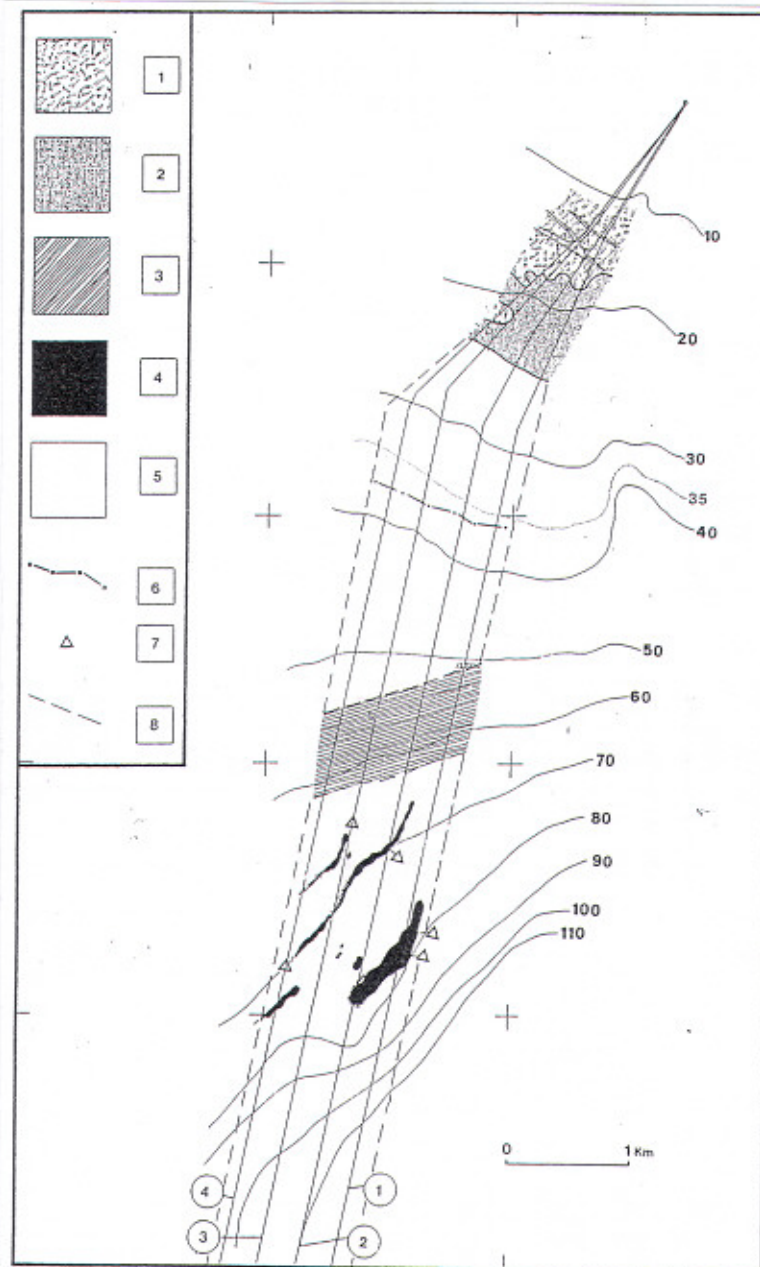
Για την αποφυγή όλων των προαναφερθέντων προβλημάτων πρέπει η σχεδίαση των αλιευτικών πεδίων να είναι τέτοια ώστε να αποφεύγει ποντισμένα υ/β καλώδια. Η μορφολογική αποτύπωση της επιφάνειας του πυθμένα με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης κατά μήκος της όδευσης του καλωδίου, επιτρέπει τη σωστή πόντιση του καλωδίου χωρίς τμήματα αιωρήσεων και συνεπώς μειώνει σημαντικά την πιθανότητα εμπλοκής τους από υδραετούς. Έχει διαπιστωθεί ότι οι υδραετοί υπερπηδούν πολύ εύκολα τα υ/β καλώδια χωρίς να εμπλέκονται σε αυτά, όταν τα τελευταία βρίσκονται σε επαφή με τον πυθμένα καθ'όλο το μήκος τους. Επιπλέον η ανάπτυξη νέας υποβρύχιας τεχνολογίας επιτρέπει την ταφή του καλωδίου κάτω από την επιφάνεια του πυθμένα (~60cm) μέχρι ένα βάθος νερού περίπου 500m, προστατεύοντας απόλυτα το καλώδιο από την αλιευτική δραστηριότητα και αποδίδοντας συγχρόνως μεγάλα πεδία για αλίευση, χωρίς περιορισμούς.

Η αποτύπωση των νέων αλιευτικών πεδίων με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης (Εικ. 4.80), εκτός του εντοπισμού φυσικών, τεχνητών εμποδίων και υποθαλάσσιων εγκαταστάσεων, επιπλέον οδηγεί:

(α) στη χαρτογράφηση της επιφανειακής κατανομής των ιζημάτων διαφορετικής λιθολογικής σύστασης, ένα στοιχείο που δίνει ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες πληροφορίες για τη μηχανική συμπεριφορά των υδραετών κατά τη σύρση. Η μηχανική τάση που αναπτύσσεται στα συρματόσχοινα σύρσης (-άμεση συσχέτιση με την απαιτούμενη ιπποδύναμη του σκάφους-) είναι αποτέλεσμα του βαθμού βύθισης των συρόμενων υδραετών στα ιζήματα, ο οποίος με τη σειρά του ελέγχεται από τη λιθολογία και τις μηχανικές ιδιότητες των ιζημάτων, και

(β) στον εντοπισμό και την αποτύπωση επιμήκων ή εγκάρσιων γεωμορφών, που προκαλούνται από τη δράση ισχυρών θαλάσσιων ρευμάτων κοντά στην επιφάνεια του πυθμένα. Οι πληροφορίες αυτές είναι χρήσιμες για τη γνώση των υδροδυναμικών συνθηκών που επικρατούν στο αλιευτικό πεδίο καθώς και για την εκτίμηση του χρόνου διατήρησης των αλιευτικών ιχνών.

Η αποτύπωση των ήδη αλιευόμενων πεδίων με αναγνώριση των



Εικ. 4.80. Μορφολογικός χάρτης του πυθμένα σε θαλάσσια περιοχή μεταξύ Κεφαλληνίας - Ζακύνθου, η οποία αποτελεί αλιευτικό πεδίο μηχανοτρατών και συγχρόνως περιοχή όδευσης τεσσάρων ενεργειακών καλωδίων. Ο μορφολογικός χάρτης προέκυψε από γεωφυσική διασκόπηση του πυθμένα με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης. (1) πεδία ποσειδωνιών, (2) συστάδες ποσειδωνιών, (3) αλιευτικά ίχνη, (4) περιοχές βραχωδών εξάρσεων, (5) χαλαρά ιζήματα (άμμος), (6) όριο ταφής καλωδίων, (7) αιωρήσεις καλωδίων, (8) όρια μελέτης με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης (Φερεντίνος κ.α 1995).

αλιευτικών ιχνών και η αναζήτηση νέων εναλλακτικών αλιευτικών πεδίων ή "καλάδων", δίνει τη δυνατότητα για:

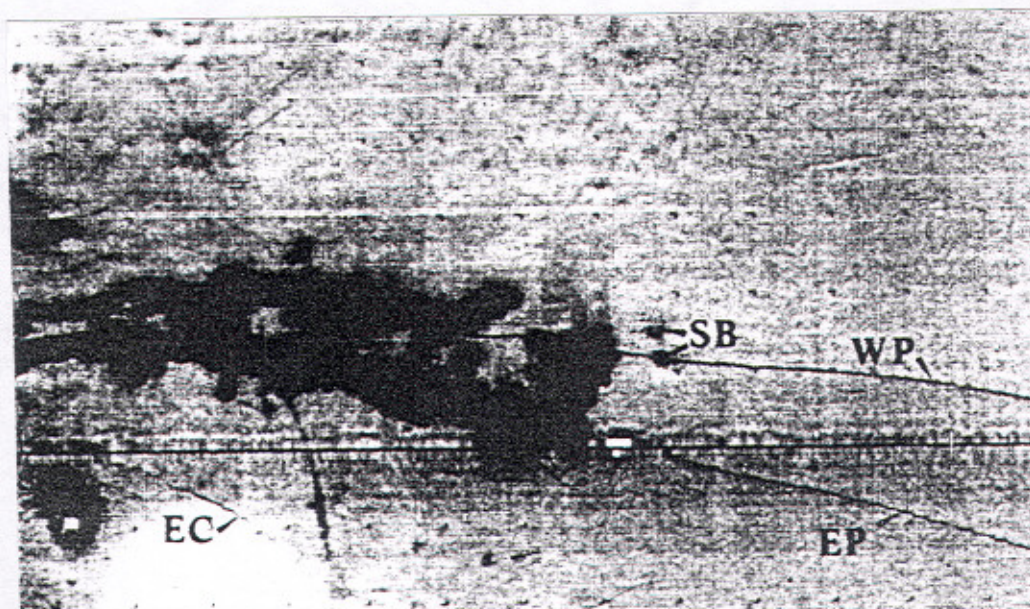
- (α) ανακούφιση των υπεραλιευμένων "καλάδων"
- (β) πιθανώς υψηλότερη παραγωγικότητα των νέων "καλάδων", και κυρίως
- (γ) ανάπτυξη συγκριτικών μελέτων με συστηματικές δειγματοληψίες ιζημάτων του πυθμένα, ώστε να προσδιορισθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη σύρση των υδραετών και να εκτιμηθεί ο ρυθμός επούλωσης των βλαβών του πυθμένα μετά την παύση της αλίευσης.

4.7.4. Επιλογή θέσης τεχνητών υφάλων και παρακολούθηση της "λειτουργίας" τους

Η κατασκευή τεχνητών υφάλων για τη συγκέντρωση και τη διαχείριση ιχθυοπληθυσμών έχει αποτελέσει τα τελευταία 30 χρόνια μια συνήθη πρακτική της Αλιευτικής Τεχνολογίας.

Η επιλογή της θέσης κατασκευής απαιτεί εκτός των άλλων προϋποθέσεων, την αποτύπωση της μορφολογίας της επιφάνειας του πυθμένα. Επιπλέον μετά την κατασκευή του υφάλου, είναι απαραίτητη η περιοδική αποτύπωση του με ηχοβολιστή, ώστε να εντοπισθούν εγκαίρως φαινόμενα διάλυσης του, λόγω μεταφοράς των υλικών κατασκευής από τη δράση ρευμάτων ή κυμάτων.

Οι τεχνητοί ύφαλοι αποτυπώνονται στις ηχογραφίες ως ίχνη έντονης ανακλαστικότητας συγκριτικά με τον πυθμένα στον οποίο οικοδομούνται (Εικ. 4.81). Η παρουσία περιοχής ηχητικής σκιάς πίσω από το ίχνος έντονης ανακλαστικότητας εξαρτάται από το ύψος του τεχνητού υφάλου και το ύψος πτήσης της ηχοβολιστικής τορπίλης πάνω από τον πυθμένα.



Εικ. 4.81. Τρικάναλη ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί, με έντονα σκουρόχρωμο τόνο καταγραφής, ένα τεχνητό επίμηκες υποθαλάσσιο ανάχωμα (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).

4.7.5. Εντοπισμός μορφολογικών στοιχείων του πυθμένα που οφείλονται σε διαφυγές αερίων υδρογονανθράκων.

Η παρουσία αερίων υδρογονανθράκων, κυρίως βιογενούς προέλευσης, στους πόρους των ιζημάτων είναι - όπως έχει ήδη αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3 - ένα σύνθετο γεωλογικό φαινόμενο στα παράκτια περιβάλλοντα του Ελληνικού θαλάσσιου χώρου. Τα αέρια -συνήθως μεθάνιο- διαφεύγουν προς την υδάτινη στήλη δια μέσου επιφανειών ασυνέχειας ή ασθένειας των υπερκείμενων ιζημάτων. Οι διαφυγές αυτές είναι δυνατόν να είναι μικρές ή σημαντικού όγκου, σταθερής παροχής ή παροξυσμικές και συνήθως δημιουργούν στην επιφάνεια του πυθμένα, μορφολογικά χαρακτηριστικά αναγνωρίσιμα στις ηχογραφίες ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης. Πρέπει να τονισθεί ότι για να αποδοθεί με βεβαιότητα η αιτία δημιουργίας των προαναφερθέντων μορφολογικών στοιχείων σε διαφυγές αερίων υδρογονανθράκων, απαιτείται η μελέτη της υποδομής του πυθμένα με τομογράφους υποδομής πυθμένα (βλπ. Κεφάλαιο 3).

Οι περιοχές του πυθμένα με διαφυγές αερίων υδρογονανθράκων χαρακτηρίζονται από την πολύ ενδιαφέρουσα οικολογία τους. Οι Honland and Judd (1988) διαπίστωσαν με χρήση υποβρύχιου κατευθυνόμενου οχήματος (R.O.V) , ότι πολλοί θαλάσσιοι οργανισμοί προτιμούν τα περιβάλλοντα διαφυγής αερίων εξαιτίας της αφθονίας τροφής (βλπ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α). Η εγκατάσταση πειραματικών υδατοκαλλιεργειών σε περιβάλλοντα μικροδιαφυγών αερίων υδρογονανθράκων πρέπει να θεωρείται μια πολύ πιθανή εξέλιξη στην τεχνολογία των υδατοκαλλιεργειών. Επιπλέον οι Savidge et al (1984) απέδωσαν την αυξημένη αλιευτική παραγωγικότητα συγκεκριμένης περιοχής της Θάλασσας της Ιρλανδίας σε διαφυγές αερίων υδρογονανθράκων από τα ιζήματα του πυθμένα.

Για τους προαναφερθέντες λόγους κρίνεται απαραίτητη η παρουσίαση των μορφολογικών στοιχείων (Πιν. 4.3) του πυθμένα που δηλώνουν διαφυγές αερίων υδρογονανθράκων προς την υδάτινη στήλη.

1. Κρατήρες διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων (rockmarks) (Εικ. 4.82). Οι κρατήρες διαφυγής είναι διαβρωσιγενείς καταβυθίσεις της επιφάνειας του πυθμένα με μορφή κρατήρα και δημιουργούνται από τη μεταφορά των ιζημάτων λόγω της διαφυγής αερίων από υποκείμενα στρώματα του πυθμένα.

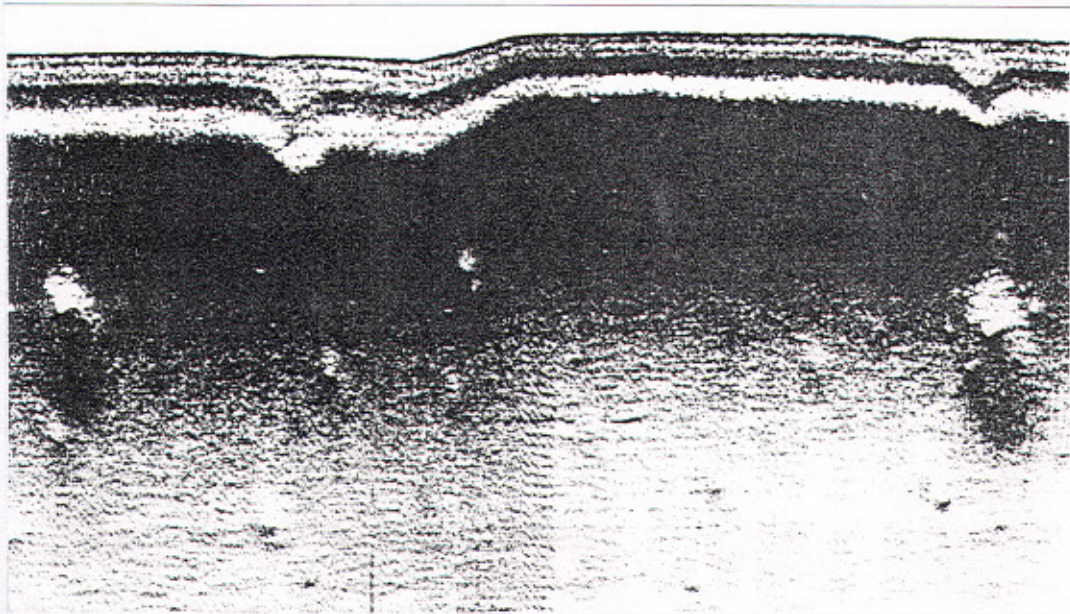
Οι κρατήρες διαφυγής παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση όσον αφορά το μέγεθος τους, με διάμετρο από μερικά μέτρα έως εκατοντάδες μέτρα και βάθος από <1m έως και 25m. Η μορφολογία των κρατήρων -όπως διαπιστώνεται κυρίως από ηχογραφίες ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης- παρουσιάζει ανάλογη ποικιλία με αυτή του μεγέθους τους.

1α. Κυκλικοί και ελλειψοειδείς κρατήρες (standard circular and elliptical rockmarks) (Εικ. 4.83). Κρατήρες των οποίων η μεγάλη και η μικρή διαμέτρος τους παρουσιάζουν λόγο από 1.0 (κυκλικά) έως 1.25 (ελλειπτικά). Η μεγάλη διάμετρος παρουσιάζεται συνήθως παράλληλη με την επικρατούσα κλίση του πυθμένα, ενώ έχει διαπιστωθεί ένας προσανατολισμός σύμφωνα με τα επικρατούντα θαλάσσια ρεύματα.

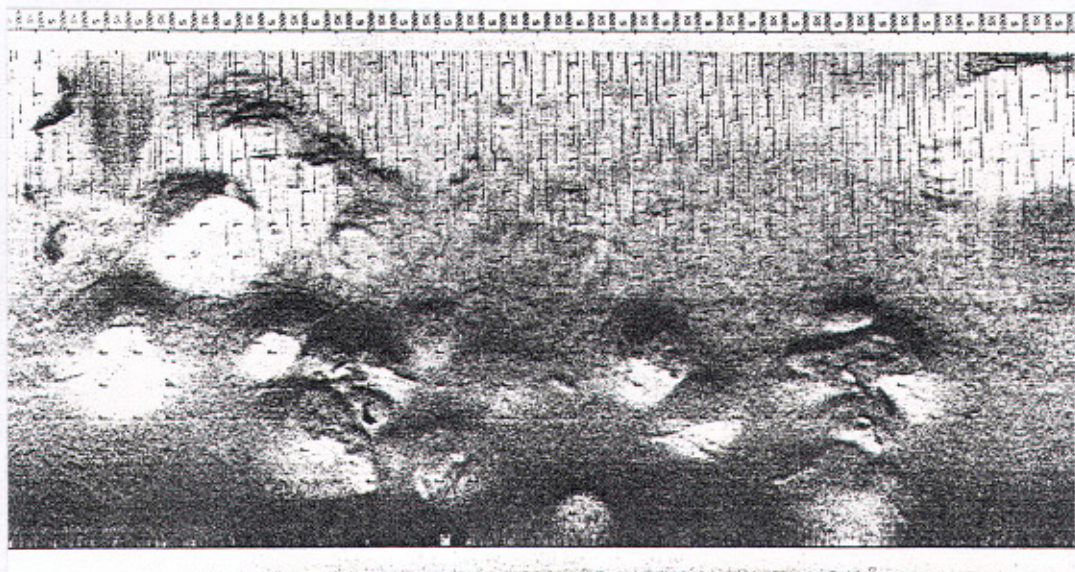
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ ΛΟΓΩ ΔΙΑΦΥΓΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ	
ΚΥΡΙΟ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ
Κρατήρας Διαφυγής Αερίων (Rockmarks)	Κυκλικοί-Ελλειψοειδείς (Circular and elliptical rockmarks)
	Σύνθετοι (Composite rockmarks)
	Ασύμμετροι (Assymetric rockmarks)
	Συγραμμικοί (Rockmark strings)
	Επιμηκυσμένοι (Elongated rockmarks and troughs)
	Κρατήρες "εν τη γενέσει" (Unit rockmarks)
	Νέοι κρατήρες (Fresh rockmarks)
	Κρατήρες με εσωτερική αναθόλωση (Outcrop mounds)
	Κρατήρες σε αναθόλωση (Crater mounds)
Αναθολώσεις του πυθμένα (Seabed domes)	
Λασπούχα Ηφαίστεια / Διάπυρα (Mud diapirs, mud volcanoes)	
Κηλίδες υψηλής ανακλαστικότητας (High reflectivity patches)	
Διαφυγές αερίων στην υδάτινη στήλη (Seepages) ❶	Μικροδιαφυγές (microseepages)
	Μακροδιαφυγές (macroseepages)

❶ Οι διαφυγές δεν είναι βεβαίως μορφολογικά στοιχεία αλλά συνδέονται σχεδόν πάντα με μορφολογικά στοιχεία διαφυγής.



Εικ. 4.82. Η πρώτη καταγραφή ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης στην οποία αναγνωρίστηκαν κρατήρες διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων (αρχείο L.H. King)



Εικ. 4.83. Τρικάναλη ηχογραφία από τον Πατραϊκό κόλπο, στην οποία έχει αποτυπωθεί ένα μόνο τμήμα από το μεγάλο πεδίο κρατήρων που εντοπίστηκε κατά τη διάρκεια του σεισμού της 14/7/93 έντασης 5.4R. Οι κρατήρες είναι γενικώς κυκλικής μορφής.

1.β. Σύνθετοι κρατήρες (composite rockmarks) (Εικ. 4.84). Οι σύνθετοι κρατήρες προκύπτουν από τη συνένωση περισσότερων του ενός κρατήρων.

1.γ. Ασύμμετροι κρατήρες (asymmetric rockmarks) (Εικ. 4.85). Οι ασύμμετροι κρατήρες παρουσιάζουν σε ηχογραφίες μια αρκετά επιμηκυσμένη "ουρά" και ένα καλοσχηματισμένο πρηνές από τη μία μόνο πλευρά του. Η άλλη πλευρά του κρατήρα παρουσιάζει μία πολύ μικρή κλίση και απολήγει ομαλά προς τα ανάντη στον οριζόντιο αδιατάρακτο πυθμένα.

1.δ. Συγγραμμικοί κρατήρες (rockmarks strings)(Εικ. 4.86). Πρόκειται για μικρούς κρατήρες οι οποίοι είναι συνήθως συμμετρικοί, ρηχί και διαμέτρου 10-15m, διευθετούνται σε ευθείες ή καμπύλες γραμμές και διαπιστώθηκαν στη θαλάσσια περιοχή για πρώτη φορά σε θαλάσσια περιοχή της Νορβηγίας. Οι συγγραμμικοί κρατήρες είναι δυνατόν να έχουν αναπτυχθεί σε απόσταση μερικών εκατοντάδων μέτρων και συνήθως η "αλυσίδα" των κρατήρων απολήγει σε ένα μεγάλο κρατήρα ή είναι δυνατόν να ενώνει δύο σημαντικού μεγέθους κρατήρες. Στον Ελληνικό χώρο συγγραμμικοί γιγάντιοι κρατήρες (διαμέτρου 150 έως 600m) εντοπίστηκαν στη θαλάσσια περιοχή της Κυλλήνης χωρίς να είναι επιβεβαιωμένη η προέλευση τους.

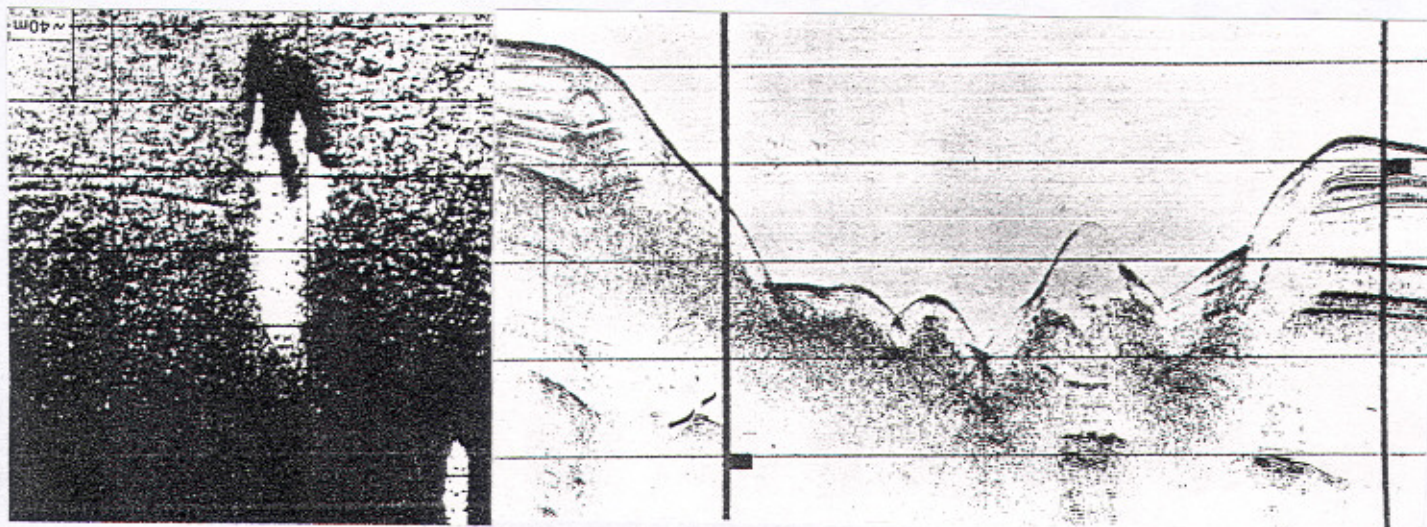
1.ε. Επιμηκυσμένοι κρατήρες (elongated rockmarks)(Εικ. 4.87). Πρόκειται για κρατήρες οι οποίοι παρουσιάζουν σημαντική επιμήκυνση, σε σημείο να ομοιάζουν μορφολογικά περισσότερο με τάφρους ή αυλάκια παρά με τυπικούς κρατήρες διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων.

1.στ. Κρατήρες "εν τη γενέσει" (unit rockmarks, pit, pit clusters)(Εικ. 4.88). Κρατήρες πολύ μικρού μεγέθους (<5m) που διαπιστώνονται είτε σε ομάδες είτε στις παρυφές μεγαλύτερων κρατήρων. Έχουν διατυπωθεί απόψεις ότι οι κρατήρες "εν τη γενέσει" σταδιακά εξελίσσονται σε τυπικούς κρατήρες διαφυγής αερίων.

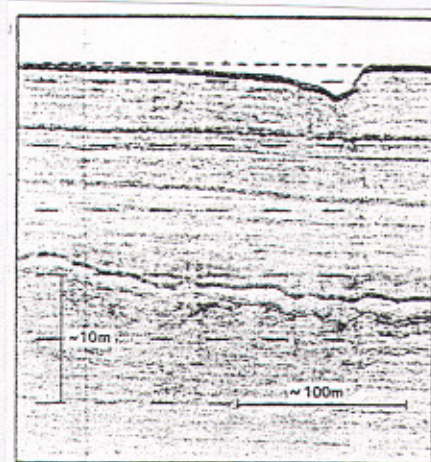
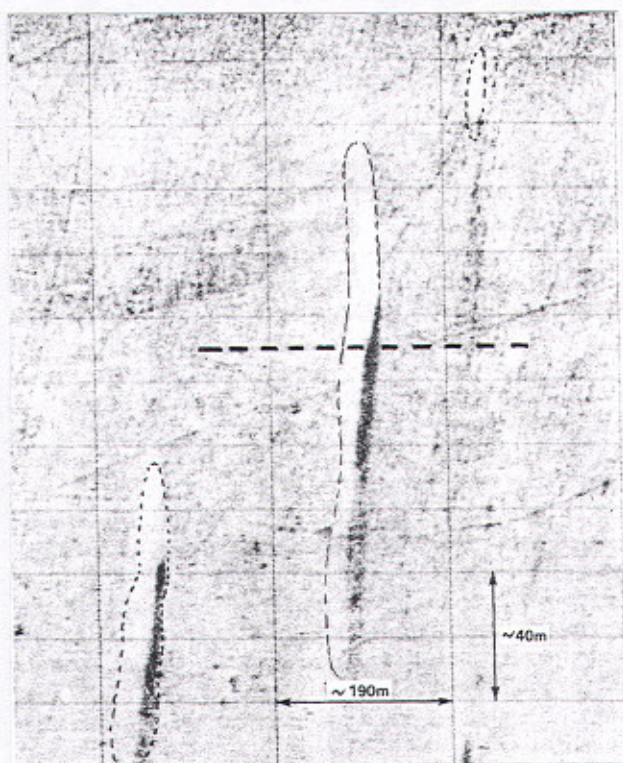
1.ζ. Νέοι κρατήρες (fresh rockmarks)(Εικ. 4.89). Είναι κρατήρες μεγάλου συνήθως μεγέθους οι οποίοι περιβάλλονται από αριθμό κρατήρων "εν τη γενέσει" τους. Η πυκνότητα των "εν τη γενέσει" κρατήρων μειώνεται σε διεύθυνση απομάκρυνσης από το "νέο" κρατήρα.

1.η. Κρατήρες με εσωτερική αναθόλωση (outcrop mounds)(Εικ. 4.90). Πρόκειται για κρατήρες στο εσωτερικό τμήμα των οποίων έχει αναπτυχθεί αναθόλωση λόγω λασπούχου διαπυρισμού, προσδίδοντας μια δακτυλιοειδή διαμόρφωση στον κρατήρα.

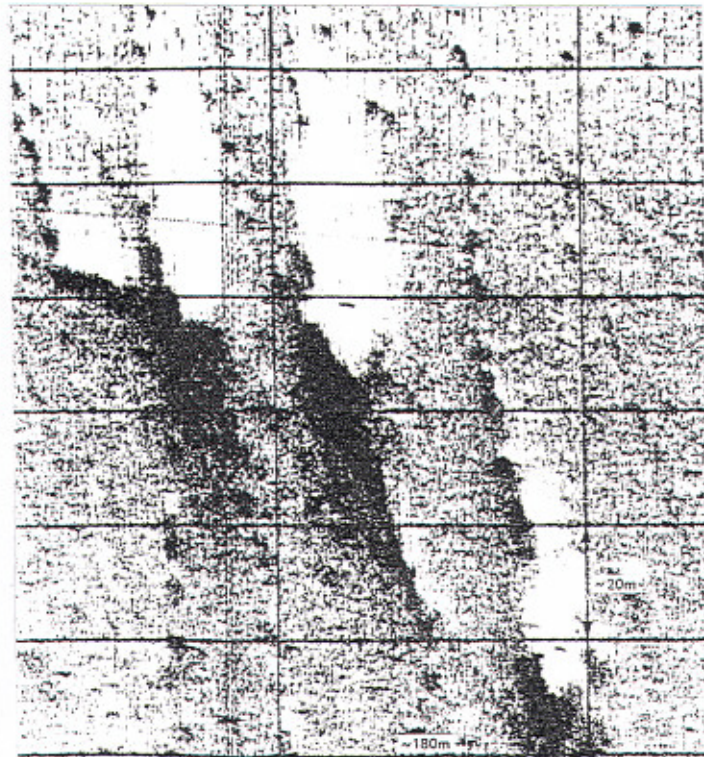
1.θ. Κρατήρες με αναθολώσεις (crater mounds)(Εικ. 4.91). Πρόκειται για κωνικής μορφής αναθολώσεις του πυθμένα πάνω στις οποίες έχει σχηματισθεί κρατήρας διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων.



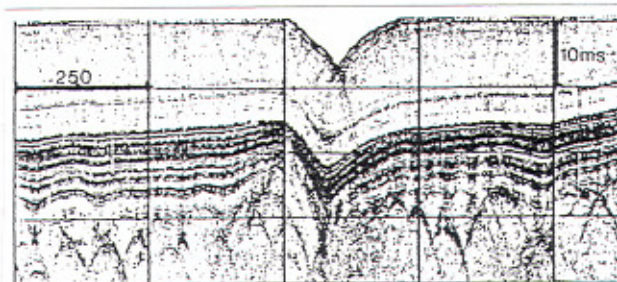
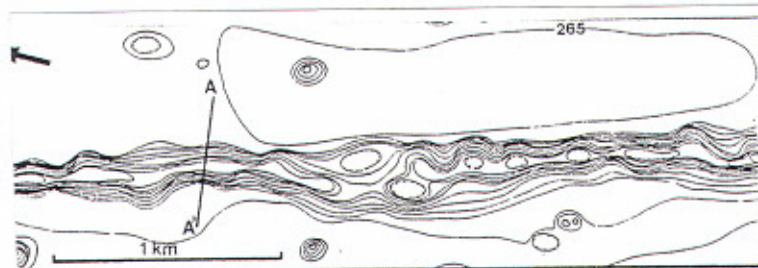
Εικ. 4.84. Τρικάναλη ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί ένας σύνθετος κρατήρας του Πατραϊκού κόλπου, και τομογραφία (3.5kHz) που παρουσιάζει επίσης ένα σύνθετο κρατήρα (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).



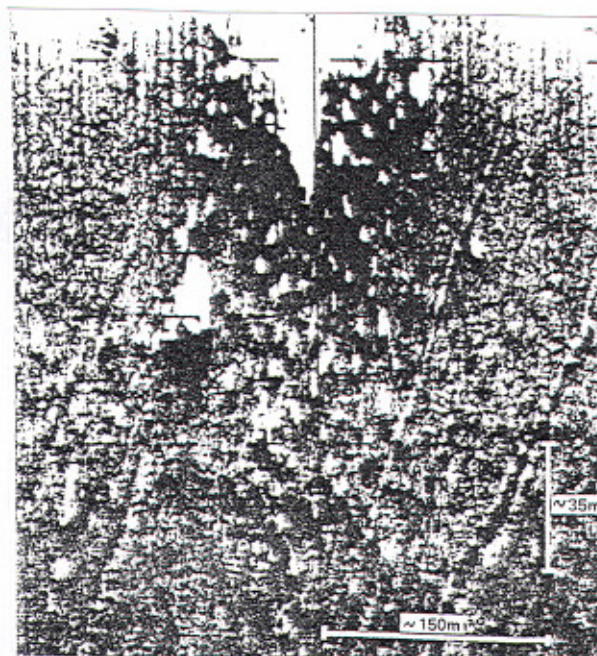
Εικ. 4.85. Ηχογραφία και η αντίστοιχη τομογραφία της, στις οποίες αποτυπώνεται ένας ασύμμετρος κρατήρας (αρχείο A.G. Judd).



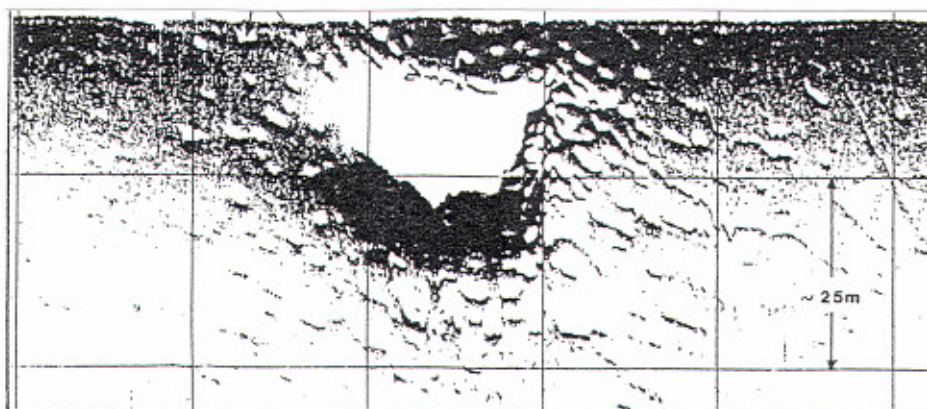
Εικ. 4.86. Ηχογραφία στην οποία παρουσιάζονται συγγραμμικοί κρατήρες. Κάθε "αλυσίδα" κρατήρων απολήγει σε αντίστοιχους μεγάλων διαστάσεων. (από Hovland and Judd, 1988).



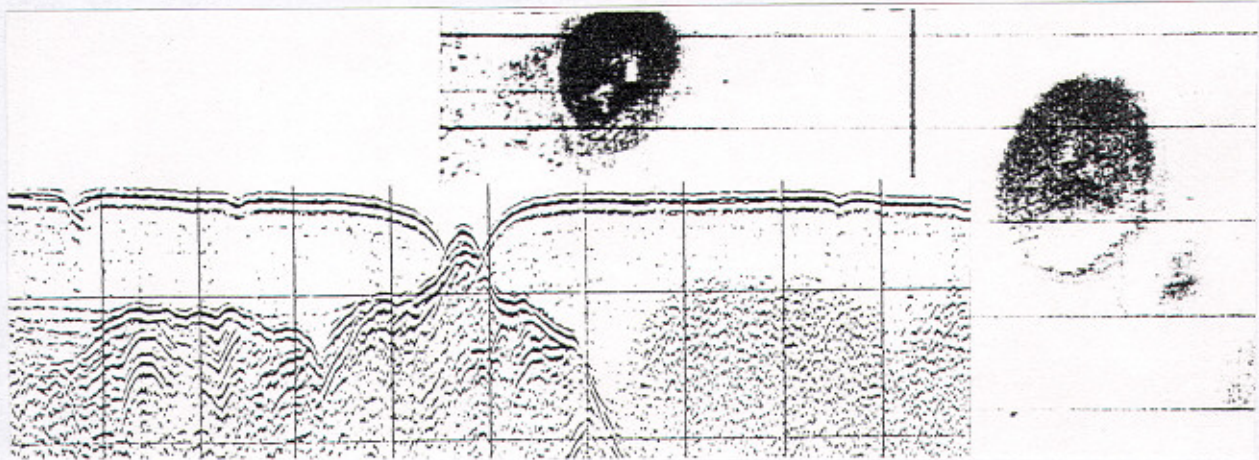
Εικ. 4.87. Λεπτομερής βυθομετρικός χάρτης και τομογραφία εγκάρσια του επιμηκυμένου κρατήρα (από Hovland and Judd, 1988).



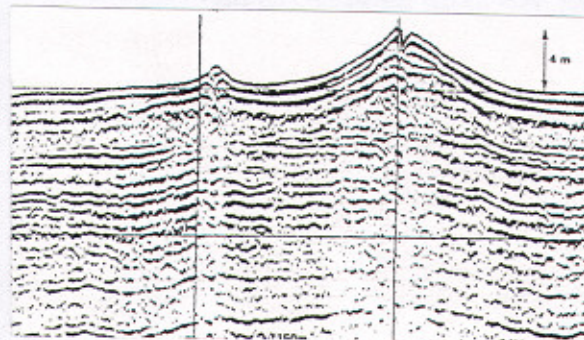
Εικ. 4.88. Ηχογραφία στην οποία αποτυπώνονται κρατήρες "εν τη γενέσει" τους στις παρυφές ενός μεγάλου κρατήρα. Επιπλέον διαπιστώνονται αλιευτικά ίχνη να διασταυρώνονται με τον κρατήρα (αρχείο A.G. Judd).



Εικ. 4.89. Ηχογραφία στην οποία αποτυπώνεται ένας νέος κρατήρας, στις παρυφές του οποίου αναπτύσσονται κρατήρες "εν τη γενέσει" (από Hovland and Judd, 1988).



Εικ. 4.90. Ηχογραφία στην οποία έχουν αποτυπωθεί κρατήρες με εσωτερική αναθόλωση και η αντίστοιχη τομογραφία τους " (από Hovland and Judd, 1988).



Εικ. 4.91. Τομογραφία στην οποία παρουσιάζεται κωνική αναθόλωση πάνω στην οποία έχει αναπτυχθεί κρατήρας διαφυγής αερίων (από Hovland and Judd, 1988).

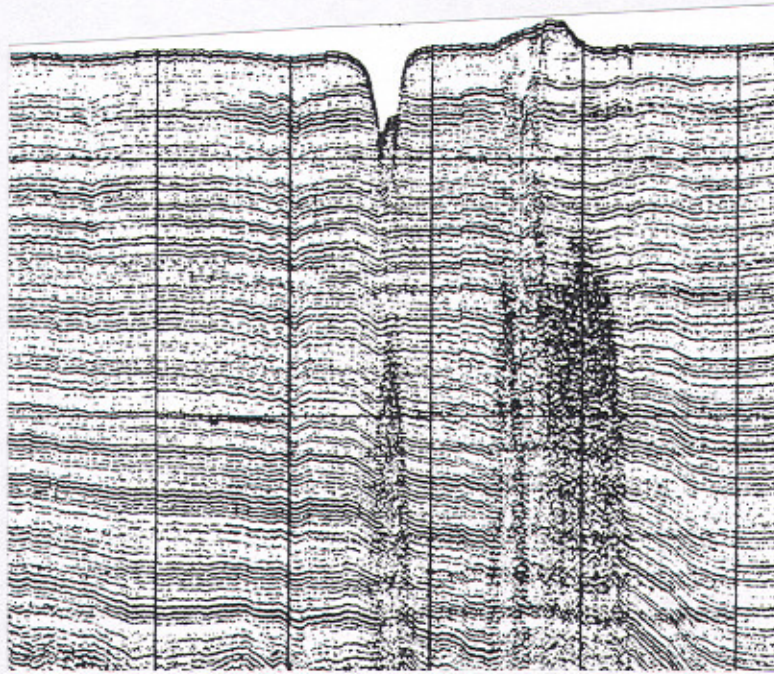
2. Αναθολώσεις του πυθμένα (seabed domes) (Εικ. 4.92).

Η παρουσία αερίων υδρογονανθράκων κοντά στην επιφάνεια του πυθμένα είναι δυνατόν να προκαλέσει την αναθολώσή του. Οι αναθολώσεις είναι μικρού ύψους (1-2) αλλά έχουν διάμετρο πολλών μέτρων (>100). Μια άποψη για τη δημιουργία των αναθολώσεων είναι η μετατόπιση του νερού των πόρων προς τα πάνω λόγω της μετανάστευσης των αερίων και συνεπώς αύξηση του όγκου και δημιουργία αναθολώσης. Η παρουσία αναθολώσης μπορεί να θεωρηθεί το πρώτο στάδιο της δημιουργίας ενός κρατήρα διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων. Οι αναθολώσεις του πυθμένα εντοπίζονται με τομογράφους και κάτω από προϋποθέσεις με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης.

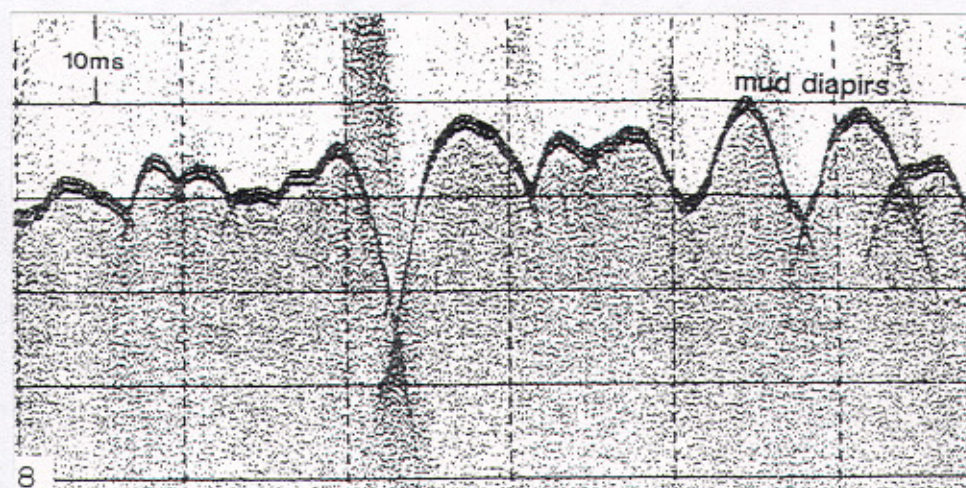
3. Λασπούχα διάπυρα ή ηφαίστεια (mud diapirs, mud volcanoes, mud lumps)(Εικ. 4.93).

Το φαινόμενο του διαπυρισμού αναπτύσσεται από την πλαστική παραμόρφωση ιζημάτων και την άνοδο τους διαμέσου άλλων σχηματισμών

λόγω της επίδρασης της άνωσης. Η δημιουργία λασπούχου διάπυρου λόγω των αερίων υδρογονανθράκων οφείλεται στην αστάθεια (static instability) που προκαλείται από την είσοδο των αερίων σε στρώμα ιζημάτων με πλαστική συμπεριφορά. Τα λασπούχα διάπυρα εντοπίζονται με τομογράφους και κάτω από προϋποθέσεις με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης.



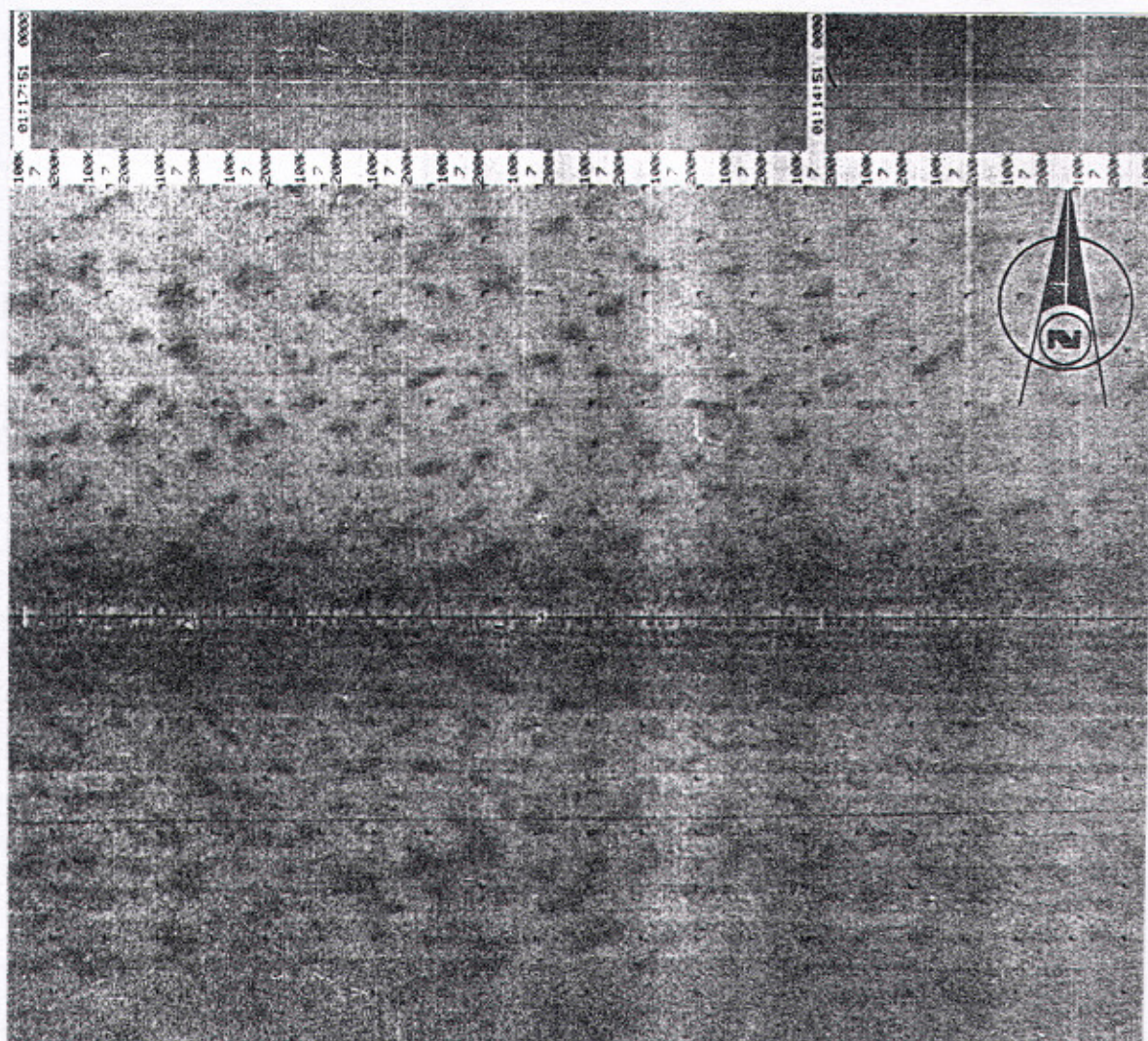
Εικ. 4.92. Τομογραφία στην οποία διαπιστώνεται αναθόλωση του πυθμένα λόγω της προς τα άνω μετανάστευσης των αερίων υδρογονανθράκων (από Hovland and Judd, 1988).



Εικ. 4.93. Τομογραφία στην οποία διαπιστώνονται καλά ανεπτυγμένα λασπούχα ηφαίστεια (από Hovland and Judd, 1988).

4. Κηλίδες υψηλής ανακλαστικότητας (σκουρόχρωμες) (high reflectivity patches)(Εικ. 4.94).

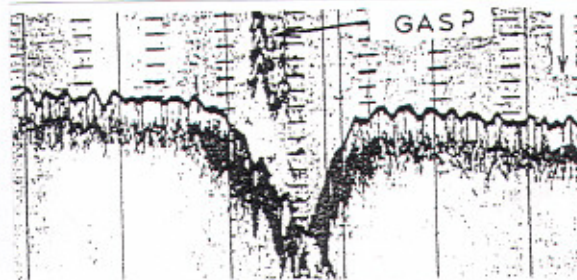
Οι κηλίδες υψηλής ανακλαστικότητας εντοπίζονται με ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης και αποδόθηκαν στη μαζική και εκτεταμένη διαφυγή αερίων υδρογονανθράκων από τον πυθμένα προς την υδάτινη στήλη. Οπτική παρατήρηση τέτοιου τύπου κηλίδων έδειξε ότι έχουν σχηματισθεί από μία επιφανειακή κρούστα συμπαγοποιημένων ιζημάτων (carbonate-cemented sediments) λόγω της διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων, ενώ επιπλέον διαπιστώθηκε η παρουσία δίθυρων τα οποία επιτείνουν στο σχηματισμό σκουρόχρωμου τόνου καταγραφής. Πρέπει να τονισθεί ότι η συγκέντρωση αδρομερών ιζημάτων (άμμος, ψηφίδες) σε συγκεκριμένες περιοχές του πυθμένα δίνει τον ίδιο χρωματικό τόνο καταγραφής.



Εικ. 4.94. Ηχογραφίες στις οποίες εντοπίζονται κηλίδες υψηλής ανακλαστικότητας, σε περιοχές του πυθμένα όπου διαφεύγουν αέρια προς την υδάτινη στήλη (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).

5. Διαφυγές αερίων υδρογονανθράκων στην υδάτινη στήλη (seepage). (Εικ. 4.95, 4.96, 4.97).

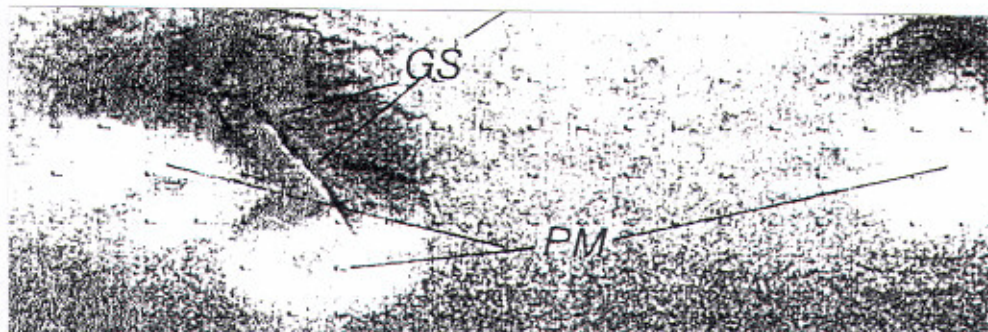
Οι διαφυγές στην υδάτινη στήλη διακρίνονται, σύμφωνα με το μέγεθος τους, σε μικρο- και μακροδιαφυγές. Οι μικροδιαφυγές είναι φυσαλίδες μικροσκοπικού μεγέθους ενώ οι μακροδιαφυγές είναι ορατές με γυμνό μάτι και καταγράφονται από οποιοδήποτε ηχοβολιστικό σύστημα. Οι μακροδιαφυγές παρουσιάζονται με τη μορφή σκουρόχρωμων ιχνών ή αντεστραμμένων -V- στην υδάτινη στήλη. Τον ίδιο ακριβώς ηχητικό χαρακτήρα παρουσιάζουν στις καταγραφές τόσο οι διαφυγές γλυκού νερού όσο και οι ιχθυοπληθυσμοί. Οι μακροδιαφυγές εντοπίζονται με βυθόμετρα, τομογράφους υποδομής πυθμένα και ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης.



Εικ. 4.95. Η πρώτη καταγραφή βυθόμετρου στην οποία εντοπίζεται διαφυγή αερίου πάνω από ένα κρατήρα (British Petroleum).



Εικ. 4.96. Καταγραφές βυθόμετρου στις οποίες αποτυπώνονται διαφυγές αερίων υδρογονανθράκων από ένα κρατήρα προς την υδάτινη στήλη (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).



Εικ. 4.97. Ηχογραφία από τον Πατραϊκό κόλπο, στην οποία εκτός του κρατήρα διαφυγής έχει αποτυπωθεί σημαντική διαφυγή αερίου (Συλλογή ΕΘΑΓΕΦΩ).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

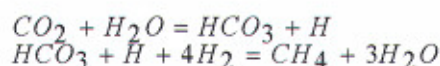
1. ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΑΕΡΙΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΙΖΗΜΑΤΑ

Τα αέρια τα οποία ανιχνεύονται στα θαλάσσια ιζήματα είναι κυρίως διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο, αιθάνιο και μεθάνιο. Η παρουσία των αερίων είναι δυνατόν να οφείλεται τόσο σε βιολογικές όσο και σε μη βιολογικές διεργασίες. Το μεθάνιο είναι το μόνο από τα προαναφερθέντα αέρια, το οποίο ανιχνεύεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις και παρουσιάζει συνήθως μεγάλη έκταση. Βάσει της προέλευσης των αερίων στα ιζήματα αυτά μπορούν να διακριθούν σε “βιογενή”, “θερμογενή” και “αβιογενή” (Πίνακας 1).

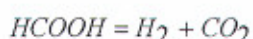
1.1 ΒΙΟΓΕΝΗ ΑΕΡΙΑ

Τα βιογενή αέρια σχηματίζονται από τη βακτηριακή δράση που αναπτύσσεται κυρίως στα επάνω επιφανειακά μέτρα του πυθμένα. Μόνο λίγα είδη βακτηρίων είναι ικανά να δημιουργήσουν μεθάνιο και όλα εντάσσονται στη οικογένεια των Αρχαιοβακτηρίων (Archaeobacteria). Τα αρχαιοβακτήρια διαφέρουν σημαντικά ως προς τη μορφή τους (σφαιρικά, επίπεδα, ραβδοειδή και νηματοειδή) ενώ το μέγεθός τους κυμαίνεται από 0.1 έως >15μm. Το χρώμα που παρουσιάζουν οι αποικίες των βακτηρίων αυτών μπορεί να είναι κόκκινο, ροζ, μώβ, πορτοκαλί, καφέ, κίτρινο ή και μαύρο με πράσινη απόχρωση. Τα μεθανογενή Αρχαιοβακτήρια είναι απολύτως αναερόβια και είναι ικανά να σχηματίσουν υδρογονάνθρακες από ένα περιορισμένο αριθμό υποστρωμάτων, τα οποία είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το οξικό άλας, formate, η μεθανόλη και οι μεθαλυναμίνες.

Πολλά και συνήθη είδη των Αρχαιοβακτηρίων ανάγουν το διοξείδιο του άνθρακα σε μεθάνιο χρησιμοποιώντας υδρογόνο:

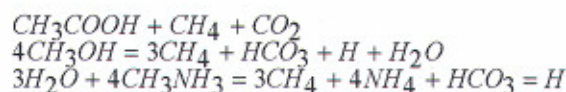


Όταν το υπόστρωμα είναι η formate, αυτή μπορεί να μεταβολιστεί από πολλά μεθανογενή βακτήρια. Κατά πρώτον οξειδώνεται σε διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο με σχηματισμό του ενζύμου formate dehydrogenase :



στη συνέχεια το CO₂ ανάγεται σε μεθάνιο.

Η οικογένεια Methanosarcinaceae χρησιμοποιεί ως υπόστρωμα τη μεθανόλη ή τις μεθυλοαμίνες:



ΠΙΝΑΚΑΣ 1		
ΑΕΡΙΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΣΤΑ ΙΖΗΜΑΤΑ		
ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	Μικροβιακή αποικοδόμηση οργανικής ύλης στα ιζήματα	ΒΙΟΓΕΝΗ
	Θερμική αποικοδόμηση της οργανικής ύλης στα ιζήματα	ΘΕΡΜΟΓΕΝΗ
	αποσταθεροποίηση των ενυδατωμένων υδρογονανθράκων	?
ΑΝΟΡΓΑΝΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ηφαιστειακή και υδροθερμική	ΑΒΙΟΓΕΝΗ
	“deep earth” αέρια	

1.2 ΘΕΡΜΟΓΕΝΗ ΑΕΡΙΑ

Τα θερμογενή αέρια σχηματίζονται από οργανικά στοιχεία, σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης και συνήθως σε βάθη μεγαλύτερα των 100μ. κάτω από την επιφάνεια του πυθμένα. Τα αέρια αυτά καθώς και άλλες ενώσεις σχετιζόμενες με τα κοιτάσματα πετρελαίου μεταναστεύουν προς τα ανώτερα στρώματα του πυθμένα και συνεπώς ανιχνεύονται σε βάθη συγκρίσιμα με αυτά των βιογενών αερίων.

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΑ ΙΖΗΜΑΤΑ

Η ανίχνευση των αερίων υδρογονανθράκων είναι δυνατόν να συντελεστεί τόσο από την άμεση, την ίδια την παρουσία τους, όσο και από έμμεσες αποδείξεις της παρουσία τους. Ως έμμεσες αποδείξεις της παρουσίας των υδρογονανθράκων θεωρούνται διάφορα μορφολογικά χαρακτηριστικά του πυθμένα, διαφυγές αερίων υδρογονανθράκων στην υδάτινη στήλη και σχετιζόμενα με αυτές φαινόμενα.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στον εντοπισμό της παρουσίας των αερίων στα ιζήματα είναι αυτή της γεωφυσικής διασκόπησης (κυρίως τομογράφος υποδομής πυθμένα) και αυτή της γεωχημικής ανάλυσης των ιζημάτων που φιλοξενούν του αέριους υδρογονάνθρακες. Οι μέθοδοι για την ανίχνευση των εμμέσων αποδείξεων της παρουσίας των αερίων υδρογονανθράκων είναι η γεωφυσική διασκόπηση (κυρίως ηχοβολιστής

πλευρικής σάρωσης) και η οπτική παρατήρηση με κατευθυνόμενο βαθυσκάφος.

3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΥΓΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΟΥΣ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ - ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΚΡΑΤΗΡΩΝ ΔΙΑΦΥΓΗΣ Α.Υ

Οι οπτικές παρατηρήσεις που εκτελέστηκαν σε περιοχές διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης των αερίων στους θαλάσσιους οργανισμούς, αν και πραγματοποιήθηκαν σε δύο μόνο περιοχές (σε περιορισμένες θέσεις στη Β. Θάλασσα και στην Καναδική υφαλοκρηπίδα) έδειξαν ότι προκαλούν αξιοσημείωτη αύξηση της βιολογικής παραγωγικότητας.

Βακτηριακές κηλίδες (*bacterial mats*)

Βακτηριακές κηλίδες, μεγέθους 0.5X1μ. και λευκού χρώματος διαπιστώθηκαν στην επιφάνεια του πυθμένα στο εσωτερικό των κρατήρων. Οι κηλίδες εντοπίστηκαν σε βάθος από 100 έως 200μ. στο εσωτερικό κρατήρων αλλά και σε βάθος 2000μ. σε υδροθερμικά πεδία, και μετά τη δειγματοληψία τους ανέδιδαν οσμή H₂S, ενδεικτική της βακτηριακής αποικοδόμησης της οργανικής ύλης. Τα βακτήρια που αναγνωρίστηκαν είναι αυτά του γένους *Beggiatoa*, νηματοειδούς μορφής, αποικοδομούν το οργανικό υλικό κάτω από αναερόβιες συνθήκες, και σχηματίζονται γύρω από περιοχές όπου διαφεύγουν μικροποσότητες αερίων προς την υδάτινη στήλη. Ένα ενδιαφέρον στοιχείο είναι το γεγονός της παρουσίας βακτηρίων *Beggiatoa*, κάτω από εγκαταστάσεις ιχθυοκαλλιεργειών.

Συγκεντρώσεις διθύρων (*bivalves concentrations*)

Μεγάλες συγκεντρώσεις νεκρών, αποσυνδεμένων και ζωντανών διθύρων (*arctica islandica*, *pseudamussium septemradiata*) έχουν διαπιστωθεί σε πολλούς κρατήρες διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων στη Βόρεια Θάλασσα. Οι συγκεντρώσεις αυτές σχηματίζουν θαλάσσιους πάγκους εύρους από μερικά έως δεκάδες μέτρα, και παρουσιάζουν αυξημένο πάχος σε περιοχές κοντά στο κεντρικό σημείο του κρατήρα. Αντιθέτως όχι ιδιαίτερα μεγάλες συγκεντρώσεις διθύρων έχουν διαπιστωθεί σε ενεργούς κρατήρες. Η περιορισμένη παρουσία αποδίδεται στο γεγονός ότι οι ενεργές μακρο-διαφυγές αερίων προκαλούν συνεχή αιώρηση λεπτοκόκκων ιζημάτων και συνιστούν έτσι ένα περιβάλλον όχι ιδιαίτερα ευνοϊκό για την ανάπτυξη διθύρων.

Η σχέση μεταξύ διθύρων και κρατήρων διαφυγής αερίων είναι σαφώς σχέση διατροφική. Οι μικροδιαφυγές αερίων που αναπτύσσονται σε ανενεργούς κρατήρες βοηθούν στην αιώρηση οργανικής ύλης (βακτήρια και άλλοι μικροοργανισμοί) και συνεπώς αποτελούν εξαιρετικό περιβάλλον για την τροφή και ανάπτυξη τους. Την παραπάνω άποψη ισχυροποιεί το γεγονός του εντοπισμού παρουσίας μεθανοβακτηρίων στα βράγχια.

διθύρων. Αντιθέτως οι ενεργοί κρατήρες με τις σημαντικές μακροδιαφυγές αποτελούν σαφώς λιγότερο ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη τους.

Οι συγκεντρώσεις διθύρων έχει διαπιστωθεί ότι στις τομογραφίες υποδομής πυθμένα αποδίδονται με ακουστικό χαρακτήρα παρόμοιο με αυτόν των σεισμοκονιασμένων καταγραφών, ενώ στις ηχογραφίες παρουσιάζουν υψηλή ανακλαστικότητα.

☒ Γαρίδες και αστακοί (*shrimps and squat lobsters*)

Γαρίδες (*pandalus borealis, spirontocaris lilljeborgii*) και αστακοί (*nephrops norvegicus, calocaris macandreae*) έχει διαπιστωθεί ότι βρίσκονται σε αφθονία στα τοιχώματα και στα όρια των κρατήρων - και κυρίως σε μεγαλύτερη ποσότητα από ότι στο γειτονικό πυθμένα-.

☒ Ιχθυοπληθυσμοί

Μία αξιοσημείωτη συγκέντρωση ψαριών παρατηρήθηκε μέσα σε κρατήρες διαφυγής αερίων. Σε ένα κρατήρα (PM204) στην περιοχή Gullfaks της Βόρειας Θάλασσας, διαπιστώθηκαν δύο θέσεις-καταφύγια οι οποίες είχαν σχηματισθεί από διάβρωση των "ασβεστιτικά-τσιμεντοποιημένων" ανθρακικών ιζημάτων, και οι οποίες απετέλεσαν καταφύγια για σημαντικό αριθμό ψαριών. Συγκεκριμένα αναγνωρίστηκαν τα είδη *Molva molva* και *Brosme brosme*, ενώ εκτός των καταφυγίων εντοπίστηκαν αρκετά άτομα του είδους *Sebastes marinus*, τα οποία ήταν συγκεντρωμένα σε λίγα κυβικά μέτρα και όλα είχαν στραμμένο το κεφάλι προς το κέντρο του κρατήρα. Τα περισσότερα είδη ψαριών (*Anarrhichas lupus, Gadus morhua, Molva molva* και *Sebastes marinus*) που εντοπίστηκαν σε κρατήρες της Β. Θάλασσας, παρατηρήθηκαν κοντά σε αναβαθμίδες του πυθμένα που δημιουργήθηκαν από τη διάβρωση "ασβεστιτικά-τσιμεντοποιημένων" ιζημάτων λόγω της διαφυγής αερίων.

Συμπερασματικά, η αυξημένη παρουσία ψαριών στο εσωτερικό κρατήρων συγκριτικά με την παρουσία τους στο γειτονικό πυθμένα, οφείλεται στο γεγονός ότι στο εσωτερικό των κρατήρων βρίσκουν αφθονία τροφής και σημαντικό αριθμό καταφυγίων.

Άλλοι θαλάσσιοι οργανισμοί που διαβιούν σε κρατήρες διαφυγής αερίων.

Δείγμα "ασβεστιτικά-τσιμεντοποιημένου" ιζήματος (μεγέθους 30x25x10cm) που συλλέχθηκε από κρατήρα της Β. Θάλασσας, έδειξε την παρουσία σημαντικού αριθμού οργανισμών (Πίνακας 2).

Επιπλέον τα παρακάτω ανθόζωα εντοπίστηκαν πάνω στα "ασβεστιτικά -τσιμεντοποιημένα" ιζήματα:

θαλάσσιες pens (*pennatula phosphorea, funiculina quadrangularis*)
θαλάσσιες ανεμώνες (*cerianthus lloydii*).

Πίνακας 2	
Annelids	Eunice sp; chaetopterus variopedatus, serpula vermicularis, spirobis sp.
Ascidians	Ascidia virginea, ascidia sp. styela sp.
Barnacles	Verruca stroemia
Bivalves	Modiolus phaseolinus, hiatella arctica, monia patelliformis, pseudamussium septemradiata, chlamys sp., ardira islandica, thyasira flexuosa
Brachiopods	Terebratulina caputserpentis
Brittle stars	Ophiopholis aculeata, ophiothrix fragilis, ophioactis abyssicola, ophiura albida
Bryozoa	Sertella beaniana, berenicea patina
Chitons	Lepidopleurus asellus
Echinoids	Strongylocentrotus drobachiensis
Gastropods	Trivia arctica
Hydroids	Hydroides norvegicus
Isopods	Janira maculosa
Sponges	Placostegus tridentatus, microserpula sp.

Συμπερασματικά, σύμφωνα με τις οπτικές παρατηρήσεις που εκτελέστηκαν με κατευθυνόμενο βαθυσκάφος σε συγκεκριμένους κρατήρες διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων της Β. Θάλασσας, και χωρίς να έχουν εκτελεσθεί παρόμοιες έρευνες σε άλλα πεδία κρατήρων ανά τον κόσμο, προκύπτουν τα πιο κάτω **κύρια συμπεράσματα**:

ⓐ Σημαντική αύξηση των διθύρων στο εσωτερικό των κρατήρων συγκριτικά με το γειτονικό πυθμένα εκτός αυτών.

ⓑ Διαπιστώθηκε αξιοσημείωτα μεγαλύτερος αριθμός μαλακόστρακων στις καταδύσεις του βαθυσκάφους εντός των κρατήρων παρά στις αντίστοιχες εκτός αυτών.

ⓒ Υπάρχει σαφώς μεγαλύτερη αφθονία ψαριών στο εσωτερικό των κρατήρων παρά στον περιβάλλοντα πυθμένα.

ⓓ Ο αριθμός των ειδών και της πυκνότητας των βενθικών οργανισμών είναι υψηλότερος σε κρατήρες που καλύπτονται από "ασβεστιτικά-τσιμεντοποιημένα" ιζήματα.

ⓔ Η παρουσία των βακτηριακών κηλίδων είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι αποτελούν το κατώτερο άκρο της τροφικής αλυσίδας, ενώ επιπλέον υποδηλώνει την παρουσία μικροδιαφυγών μεθανίου ακόμη και στην

περίπτωση κατά την οποία φυσαλίδες δεν διαπιστώνονται.

Ⓛ Οι ποσότητες του διαφεύγοντος μεθανίου (μικρο- ή μακροδιαφυγές) είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την ανάπτυξη βιοκοινωνιών σε κρατήρες. Οι μικροδιαφυγές φαίνεται να ευνοούν αξιοσημείωτα την ανάπτυξη και συγκέντρωση οργανισμών συγκριτικά με τις μακροδιαφυγές ή και τις παροξυσμικές διαφυγές των ενεργών κρατήρων.

4. ΑΕΡΙΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ, ΑΛΙΕΙΑ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Η συσχέτιση μεταξύ διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων και βιολογικής δραστηριότητας και σκιαγραφήθηκε σαφώς στις προηγούμενες παραγράφους, δεν έχει αποτελέσει αντικείμενο συστηματικής έρευνας. Ακόμη λιγότερες πληροφορίες υπάρχουν για τη πιθανή σχέση διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων και αλιείας ή υδατοκαλλιέργειών.

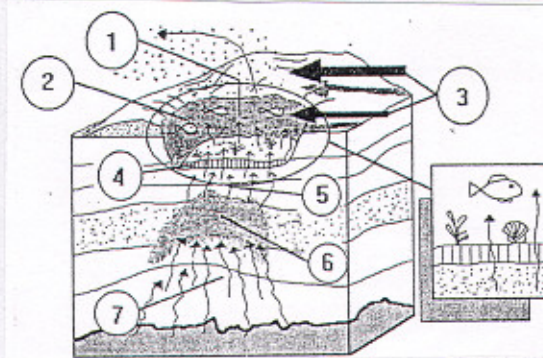
Η μόνη διαπιστωμένη συσχέτιση μεταξύ αερίων υδρογονανθράκων και αλιείας είναι αυτή που δημοσιεύτηκε στη Νορβηγική εφημερίδα Bergens Tidende στις 10 Αυγούστου του 1983:

"..... 15 κιλά γαρίδες αλιεύθηκαν σε 60 παγίδες, από ένα αλιέα στη θαλάσσια περιοχή Stolmen, Austevoll, μέσα σε λίγες ημέρες. Επιπλέον διαπίστωσε ότι σημαντικές ποσότητες γαριδών αλιεύονται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Οι παγίδες είχαν τοποθετηθεί σε βάθη από 140 έως 180μ....."

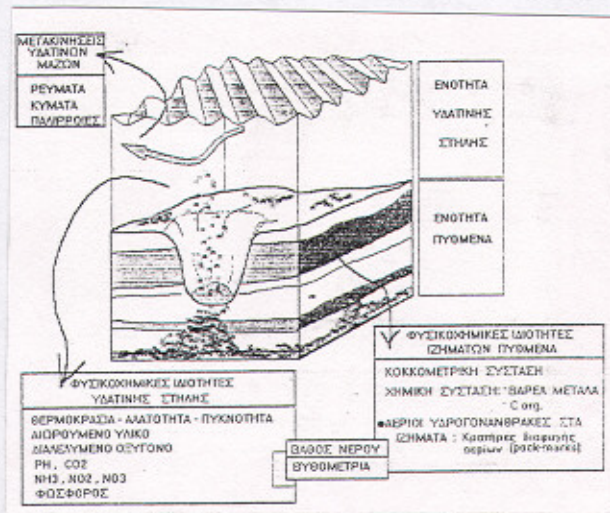
η θέση των παγίδων συμπίπτει με ζώνη διαφυγής θερμογενών αερίων υδρογονανθράκων, δηλώνοντας έτσι την πιθανή σχέση τους με την αυξημένη παρουσία γαριδών (Hovland and Judd, 1988).

Οι κρατήρες διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων είναι δυνατό να αποτελέσουν περιβάλλοντα για την ανάπτυξη υδατοκαλλιέργειών. Οι μικροδιαφυγές μεθανίου, που αναπτύσσονται σε περιβάλλοντα ανενεργών κρατήρων θέτουν σε αιώρηση -εκτός των ιζημάτων- τα θρεπτικά συστατικά που έχουν αποθεθεί στον πυθμένα και αποτελούν ευνοϊκό περιβάλλον για ανάπτυξη υδατοκαλλιέργειών (Εικ. 1). Αντιθέτως, η μαζική ή/και παροξυσμική διαφυγή αερίων υδρογονανθράκων, σε ενεργούς κρατήρες, μπορεί να προκαλέσει θανάτωση των οργανισμών (Εικ. 2).

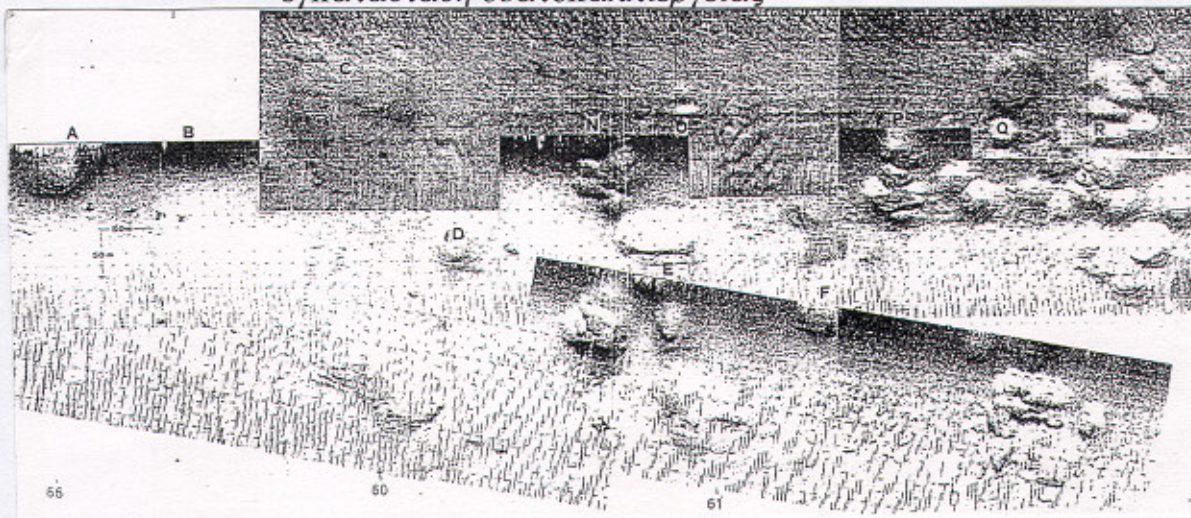
Οι παράκτιες περιοχές του Ελληνικού χώρου χαρακτηρίζονται από σημαντικές παρουσίες αερίων υδρογονανθράκων, ενώ σε συγκεκριμένες περιοχές όπως ο Πατραϊκός κόλπος (Εικ. 3) και η θαλάσσια περιοχή Θάσου και Καβάλας, έχουν αναπτυχθεί γεωμορφές (π.χ. κρατήρες) λόγω της διαφυγής των αερίων υδρογονανθράκων. Σε αυτά τα παράκτια περιβάλλοντα είναι δυνατή η εγκατάσταση πειραματικών υδατοκαλλιέργειών, με την προϋπόθεση να τοποθετηθούν σε περιοχές όπου διαφεύγουν από την υδάτινη στήλη μικροποσότητες αερίων. Η ποσότητα ή ο ρυθμός του διαφεύγοντος αερίου είναι δυνατό να προβλεφθεί με σεισμική διασκόπηση του πυθμένα και ιδιαίτερα με χρήση τομογράφων υποδομής πυθμένα (τόσο μικρής όσο και μεγάλης διεισδυτικής ικανότητας).



Εικ. 1. Ανεργός κρατήρας, ευνοϊκό περιβάλλον για την εγκατάσταση πειραματικής υδατοκαλλιέργειας



Εικ. 2. Ενεργός κρατήρας, αφιλόξενο περιβάλλον για την εγκατάσταση υδατοκαλλιέργειας



Εικ. 3. Μωσαϊκό ηχογραφιών από τον Πατραϊκό κόλπο, στο οποίο παρουσιάζεται μέρος του πεδίου κρατήρων διαφυγής αερίων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Belderson, R.H., Kenyon, N.H., Stride, A.H., Stubbs, A.R.** (1972): *Sonographs of the Sea Floor, a Picture Atlas*, Elsevier Publishing Company; pp:185
- Blaxter, J.H.S.** (ed.) (1996) : *Fisheries and Plankton Acoustics*; ICES Journal of Marine Science Symposium Edition; pp:535
- Cholet, J., Fontanel, A. And Grau, G.**, (1968): *Etude du fond de la mer a l'aide d'un sonar lateral* Inst. Fr. Pet. Rep. 15, 712: 18pp.
- De Groot S.J** (1972) : *Some further experiments on the influence of the beam trawl on the bottom fauna*. ICES C.M. 1972/B: 6 Gear and behaviour Comm. 3pp. 12 figs.
- Δουκάκης, Σ.** (1989) : *Υδρογραφία*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σελ:69
- FAO** (1980) : "Echo sounding and sonar for fishing" . Fishing News Books Ltd, 1 Long Garden Walk, Farnham Surrey England, pp. 104.
- Φερεντίνος, Γ. και Παπαθεοδώρου, Γ.** (1985): *Τεχνική Ωκεανογραφία, (Βυθομετρία-Μορφολογία-Γεωλογία)*, τόμος 1^{ος}, σελ: 207.
- Ferentinos G., Papatheodorou G. and T. Hasiotis** (1992): *Submarine Pipeline and Power cable surveying from Sigma site to Delta Complex (Prinos-Kavala)*. Technical Report to N.A.P.C.
- Φερεντίνος Γ., Παπαθεοδώρου Γ., Χασιώτης, Θ., Γκιώνης Γ. και Μ. Γεραγά** (1993): "Υποβρύχια Τηλεπικοινωνιακή Ζεύξη Ηγουμενίτσα - Κέρκυρα : Μελέτη πελάγους και προσαγιαλώσεων διαδρομής καλωδίου". Τεχνική Έκθεση υποβληθείσα στον Ο.Τ.Ε Τόμοι 4.
- Φερεντίνος Γ., Παπαθεοδώρου Γ., Χασιώτης, Θ., Γκιώνης Γ. και Μ. Γεραγά** (1993): "Υποβρύχια Τηλεπικοινωνιακή Ζεύξη Πάτρα - Κρουονέρι : Μελέτη πελάγους και προσαγιαλώσεων διαδρομής καλωδίου". Τεχνική Έκθεση υποβληθείσα στον Ο.Τ.Ε Τόμοι 4.
- Φερεντίνος Γ., Παπαθεοδώρου Γ., Χασιώτης, Θ., Γκιώνης Γ. και Μ. Γεραγά** (1994): "Υποβρύχια Τηλεπικοινωνιακή Ζεύξη Πρέβεζα - Κέρκυρα : Μελέτη πελάγους και προσαγιαλώσεων διαδρομής καλωδίου". Τεχνική Έκθεση υποβληθείσα στον Ο.Τ.Ε Τόμοι 8.
- Φερεντίνος Γ., Παπαθεοδώρου Γ., Χασιώτης, Θ., Γκιώνης Γ., Μ. Γεραγά και Ε. Λυμπέρης** (1995): "Υποβρύχια Τηλεπικοινωνιακή Ζεύξη Λαγονήσι - Χανιά με διακλάδωση για Μήλο: Μελέτη πελάγους και προσαγιαλώσεων διαδρομής καλωδίου". Τεχνική Έκθεση υποβληθείσα στον Ο.Τ.Ε, Τόμοι 10.
- Φερεντίνος Γ., Παπαθεοδώρου Γ., Γκιώνης Γ., και Μ. Γεραγά** (1995): "Μελέτη των μεταβολών της ακτής του όρμου Κατελειού (Κεφαλληνίας) - Θαλάσσια γεωλογική μελέτη του πυθμένα κατά μήκος της καλωδιακής διασύνδεσης Κεφαλληνίας-Ζακύνθου. ". Τεχνική Έκθεση υποβληθείσα στη Δ.Ε.Η.

- Field J.V. and Wright M.T.** (1985): "Gears from the Byzantines: a Portable sundial with Calendrical Gearing" *Annals of Science* 42, pp. 87-138
- Fish, J.P., Carr, H.A.** (1990): *Sound Underwater Images: a Guide to the Generation and Interpretation of Side Scan Sonar Data*; EG&G Marine Instruments; pp:189.
- Flemming, B.W.** (1978): *Side Scan Sonar, a comprehensive presentation*; EG&G Environmental Equipment Division; pp:61
- Hovland, M. And Judd, A.G.** (1988): *Seabed Pockmarks and Seepages; Impact on Geology, Biology and the Marine Environmental*; Graham Trotman; pp:293
- Howell, C. F.S.** (1986) : *Navigation Primer for Fishermen*; Fishing News Books Ltd; pp:181
- Hopkins J.C.** (1970): Cathode ray tube display and correction of side-scan sonar signals. In: Proc. I.E.R.E Conf. Electron. Eng. Ocean Tehnol., Swansea 1970, pp. 151-158.
- Hughes Kelvin** (1960): *Fisherman Asdic MarkII*. Publ. M360.
- Laughton A.S.** (1980) : *The First Decade of Gloria*; Institute of Oceanographic Sciences; pp:85.
- Λάζος X.** (1996): "Ναυτική Τεχνολογία στην Αρχαία Ελλάδα. Όργανα-Χάρτες-Ανεμολόγια" Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ, σελ. 261.
- Mitson, R.B.** (1983) : *Fisheries Sonar*; Fishing News Books Ltd; pp:286
- Moore, D.A.,** (1967): *Marine Chartwork and Nav aids*; Kandy Publications
- Παλληκάρης, A.H.** (1988): *Υδρογραφία* (2^η έκδοση), Σχολή Ναυτικών Δοκίμων, σελ:359.
- Papatheodorou, G., Hasiotis, T. and Ferentinos, G.** (1993): Gas-charged sediments in the Aegean and Ionian Seas, Greece; *Marine Geology*, v:112, pp:171-184
- Παπαθεοδώρου, Γ., Χασιώτης, Θ., Φερεντίνος, Γ. και Βογιατζάκης, Ι.,** (1995): *Θαλάσσιες γεωλογικές και ανθρωπογενείς επικινδυνότητες και η επίδρασή τους στην πόντιση αγωγών και καλωδίων, Γεωφυσικές έρευνες για τον εντοπισμό τους και την επιλογή της ασφαλέστερης οδού πόντισης*. Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας, Επιστημονικές Εκδόσεις, Τεύχος 2^ο.
- Παπαθεοδώρου Γ.** (1997): " Αλιεία-Αλιευτική τεχνολογία" Παν/μιακές Σημειώσεις, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής και Ζωϊκής Παραγωγής, Παν/μιο Θεσσαλίας.
- Παπαθεοδώρου Γ., Χασιώτης Θ., Γεραγά Μ., Λυμπέρης Ε. και Φερεντίνος Γ.** (1997): Συμβολή των θαλασσίων γεωφυσικών μεθόδων έρευνας στην υποθαλάσσια Αρχαιολογία. Εφαρμογή των μεθόδων στον όρμο των Νικολέικων (Ελίκη) και στον κόλπο της Πύλου. Πρακτικά 3^{ου} Συμπόσιου Αρχαιομετρίας (in press).
- Petitgas P. and J.J. Levenez** (1996): Spatial organization of pelagic fish: echogram structure, spatio-temporal condition and biomass in Senegalese waters. *ICES Journal of Marine Science*, Symposium Edition, Vol. 53, no 2, pp. 147-155

Savidge G., Forster P. and Voltolina D. (1984): Intense localised productivity in the Irish Sea. *Estuarine, Coastal and Marine Sciences*, 18, pp. 157-164.

Trabant, P.K. (1984): *Applied High-Resolution Geophysical Methods*; Offshore Geoenvironmental Hazards. D. Reidel Publishing Company; pp:265