

Εισαγωγή

Μέρος 1<sup>ο</sup>

Ιστορική αναδρομή

# Εισαγωγή στην Ακουστική Ωκεανογραφία

# Θάλασσα

## Μερικά δεδομένα.....

- Καλύπτει το 70 % της γήινης σφαίρας
- Είναι ένα ασταθές μετεωρολογικό σύστημα
- Μέχρι πρόσφατα δεν είχε πλήρως μελετηθεί
- Το θαλάσσιο περιβάλλον είναι γεμάτο πληροφορίες που σχετίζονται με το παρελθόν, το παρόν, αλλά και το μέλλον της ανθρωπότητας.

# Θάλασσα

## Μερικά δεδομένα.....

- Σήμερα, τα μαθηματικά και η τεχνολογία προσφέρουν τα απαραίτητα εργαλεία για την κατανόηση των περίπλοκων θαλάσσιων συστημάτων, μια κατανόηση που μαζί με την ανάκτηση των πληροφοριών που περιέχει η θάλασσα αποσκοπεί στην καλύτερη διαχείριση της ευαίσθητης βιόσφαιρας στην οποία ζούμε.

# Χαρακτηριστικές φυσικές παράμετροι του Θαλάσσιου περιβάλλοντος

Θερμοκρασία

Αλατότητα

Διαλυμένες ουσίες

Ρεύματα

κ.λ.π.

# Χαρακτηριστικές φυσικές παράμετροι του βυθού

Πυκνότητα

Στρωματοποίηση

Ταχύτητα διάδοσης κυμάτων

Γεωλογικοί σχηματισμοί

# Έμβια όντα

Θαλάσσια θηλαστικά - Κητώδη

Είδη ψαριών

Ασπόνδυλα



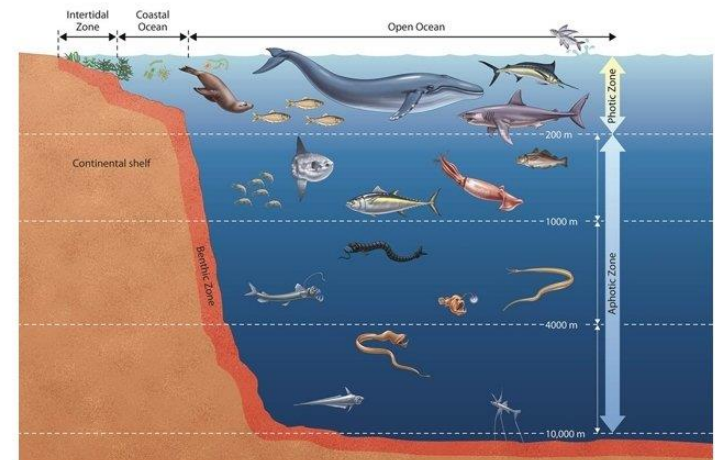
# Έμβια όντα

Θαλάσσια θηλαστικά - Κητώδη

Λοιπές κατηγορίες ψαριών

Ασπόνδυλα

## Marine Ecosystems



<https://slidetodoc.com/>

# Ανθρωπογενή αντικείμενα

Πλοία





# Ανθρωπογενή αντικείμενα

Αρχαίες πόλεις



<https://commons.wikimedia.org/>

# Ανθρωπογενή αντικείμενα

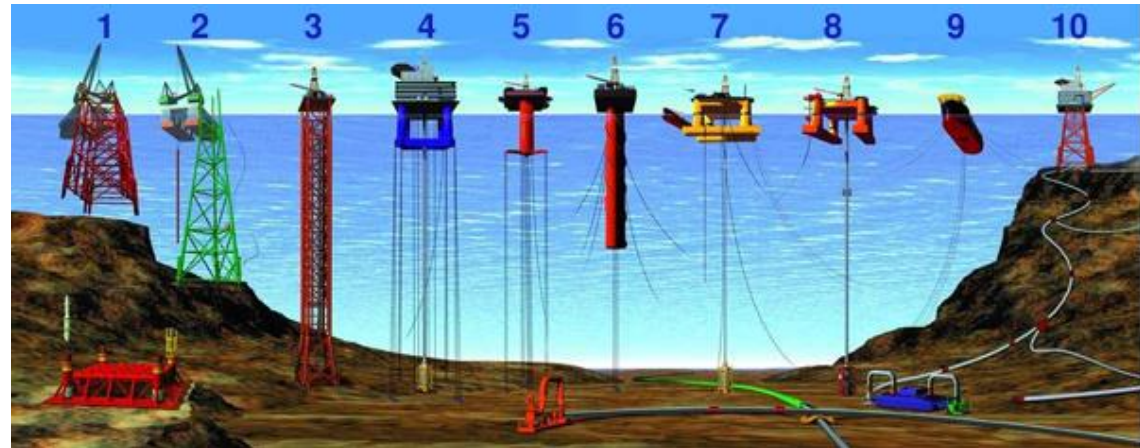
## Ναυάγια



<https://www.pc.gc.ca/en/culture/arch/mer-sea>

# Ανθρωπογενή αντικείμενα

## Πλωτές κατασκευές



## Ανθρωπογενή αντικείμενα



Ναυάγιο Αντικυθήρων (WHOI)

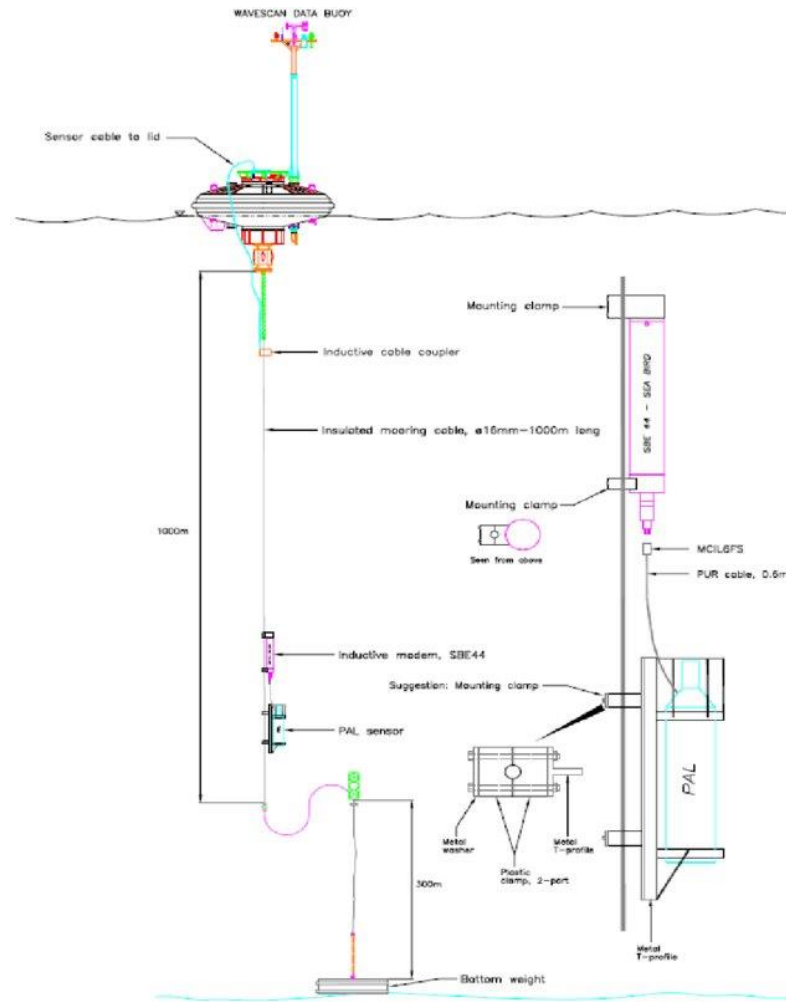
Πως μπορεί να πάρει κανείς πληροφορίες για την κατάσταση της θάλασσας ιδιαίτερα σε μεγάλα βάθη να μεταδώσει δεδομένα και τις ανακτώμενες πληροφορίες δια μέσου αυτής ?

## Μέσα λήψης πληροφοριών

- Μόνιμοι Σταθμοί μετρήσεων
- Ωκεανογραφικά σκάφη
  - Συμβατικά
  - Υποβρύχια
  - Τηλεκατευθυνόμενα (ROV)
  - Αυτόνομα (AUV)
- Δορυφόροι



# Μόνιμοι Σταθμοί



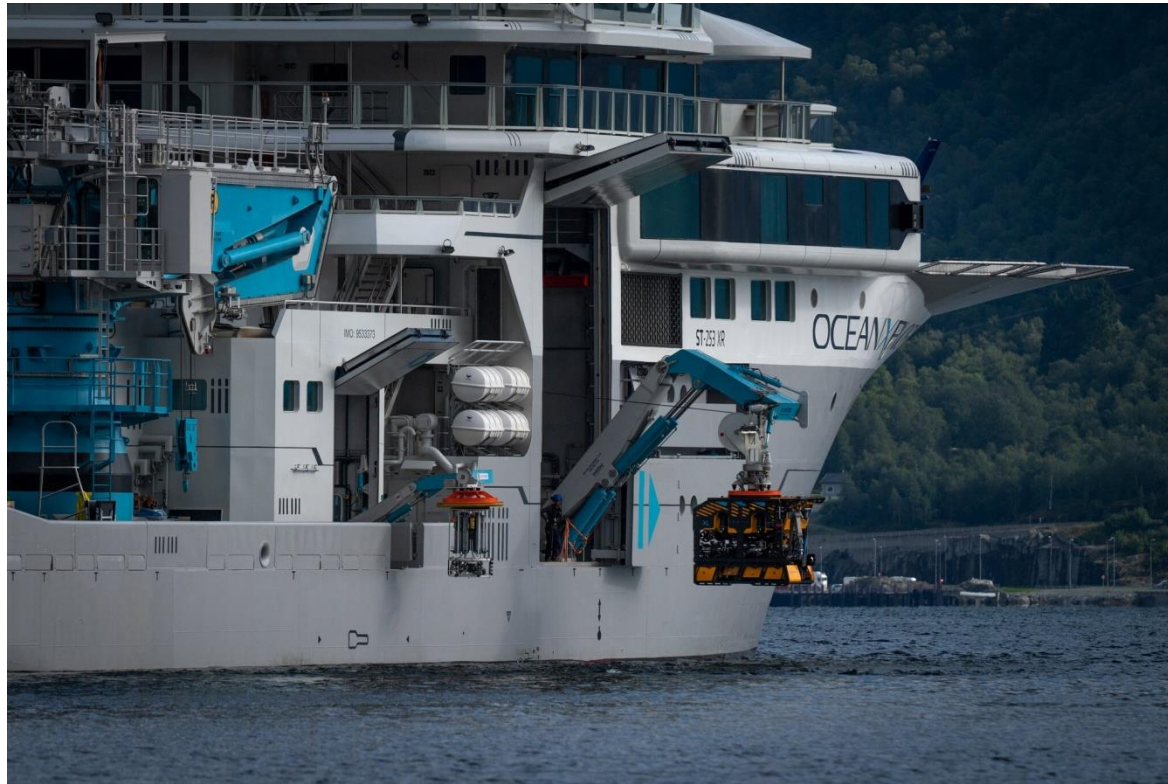
Poseidon (HCMR) Pylos mooring

# Ωκεανογραφικά Σκάφη



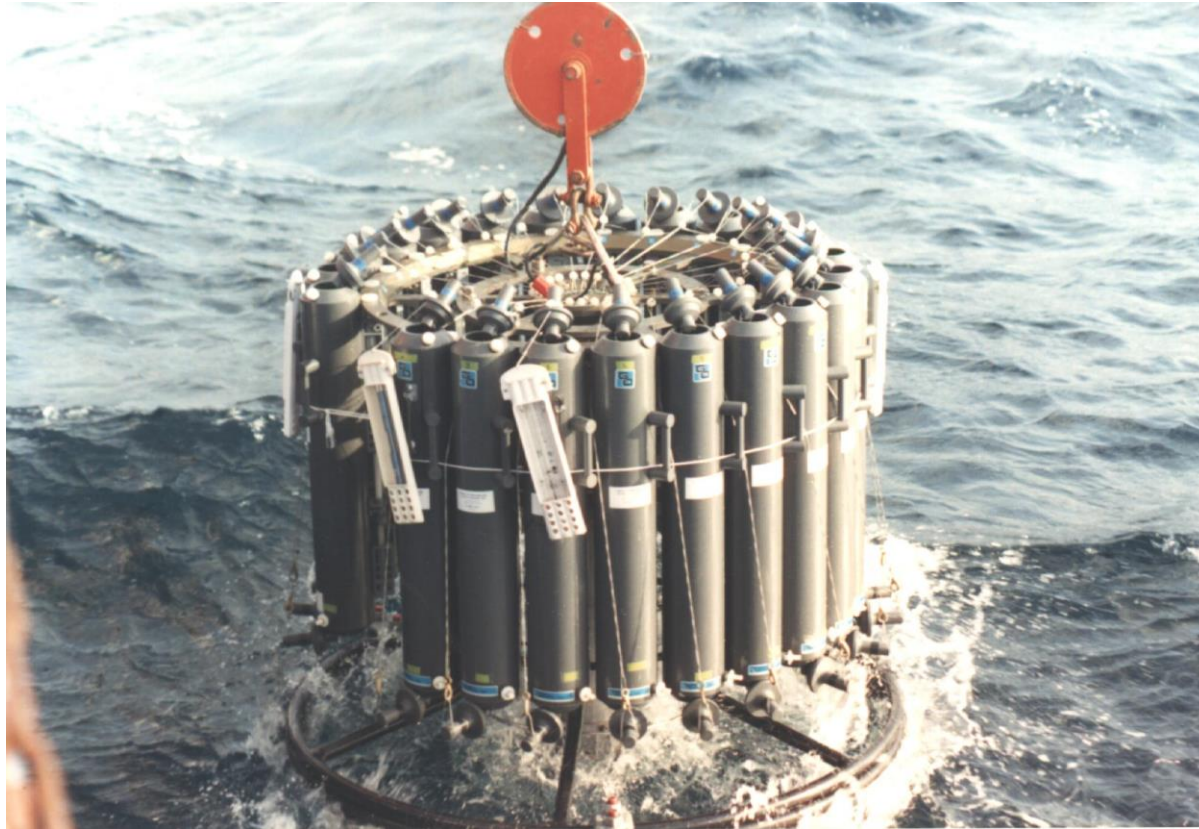


# Ωκεανογραφικά Σκάφη



OceanXplorer

# Ωκεανογραφικά Όργανα



CTD (Conductivity-Temperature-Depth) Πόντιση στα πλαίσια του THETIS I

# Δορυφόροι





- Η θάλασσα είναι «εχθρική» σε κάθε εισβολέα (άνθρωπο ή όργανο) ενώ είναι πρακτικά αδιαφανής στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα
- Οι δορυφόροι μπορούν να δώσουν πληροφορίες για τα επιφανειακά υδάτινα στρώματα μόνο.
- Οι επιτόπιες μετρήσεις μπορεί να δώσουν μεμονωμένες πληροφορίες που θα πρέπει να συνδεθούν με ωκεανογραφικά μοντέλα για να ληφθούν πληροφορίες σε μεσαία ή μεγάλη κλίμακα

### Από την άλλη πλευρά.....

- Η θάλασσα είναι «διαφανής» για τα ακουστικά κύματα !!



# ΣΥΝΕΠΩΣ.....




**Ο ήχος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μετάδοση δεδομένων και την παρακολούθηση μεταβολών στο θαλάσσιο περιβάλλον !**

Όπως και στον αέρα, η θάλασσα περιέχει ήχους που είναι είτε φυσικοί είτε ανθρωπογενείς και η λήψη ακουστικών σημάτων γίνεται σε περιβάλλον βασικού θορύβου (ambient noise). Το σύνολο των ήχων που καταγράφονται στο θαλάσσιο περιβάλλον συνθέτουν το «θαλάσσιο ηχοτοπίο» (ocean soundscape).

# Πηγές υποθαλάσσιου θορύβου

23

Πηγή	Εύρος συχνοτήτων
Μικροσεισμοί	-0,2 Hz
Τύρβη	1-100 Hz
Σεισμοί	1-100 Hz
Εγκαταστάσεις άντλησης πετρελαίου	- 100 Hz
Θόρυβος Ναυσιπλοΐας	10-1000 Hz
Άνεμος	300 Hz – 25 kHz
Βροχή	1-50 kHz
Βιολογικοί Θόρυβοι	10 Hz-100 kHz

Ήχος από υποβρύχιο σεισμό	
Ήχος από θραύση παγόβουνου	
Ήχος από φάλαινα (killer whale)	



# Μερικά δείγματα υποθαλάσσιων ήχων

25



Ήχος από θραύση Παγόβουνου στην  
Bransfield Strait Antarctica (Oregon  
State University)



Sound courtesy of OSAP/IOS CANADA



Ήχος από βροχή

Sound courtesy of Sonatech & University of Rhode Island



Ήχος από μικρή Zodiac με 35 HP μηχανή.

Sound courtesy of Tom Kieckhefer & University of Rhode Island

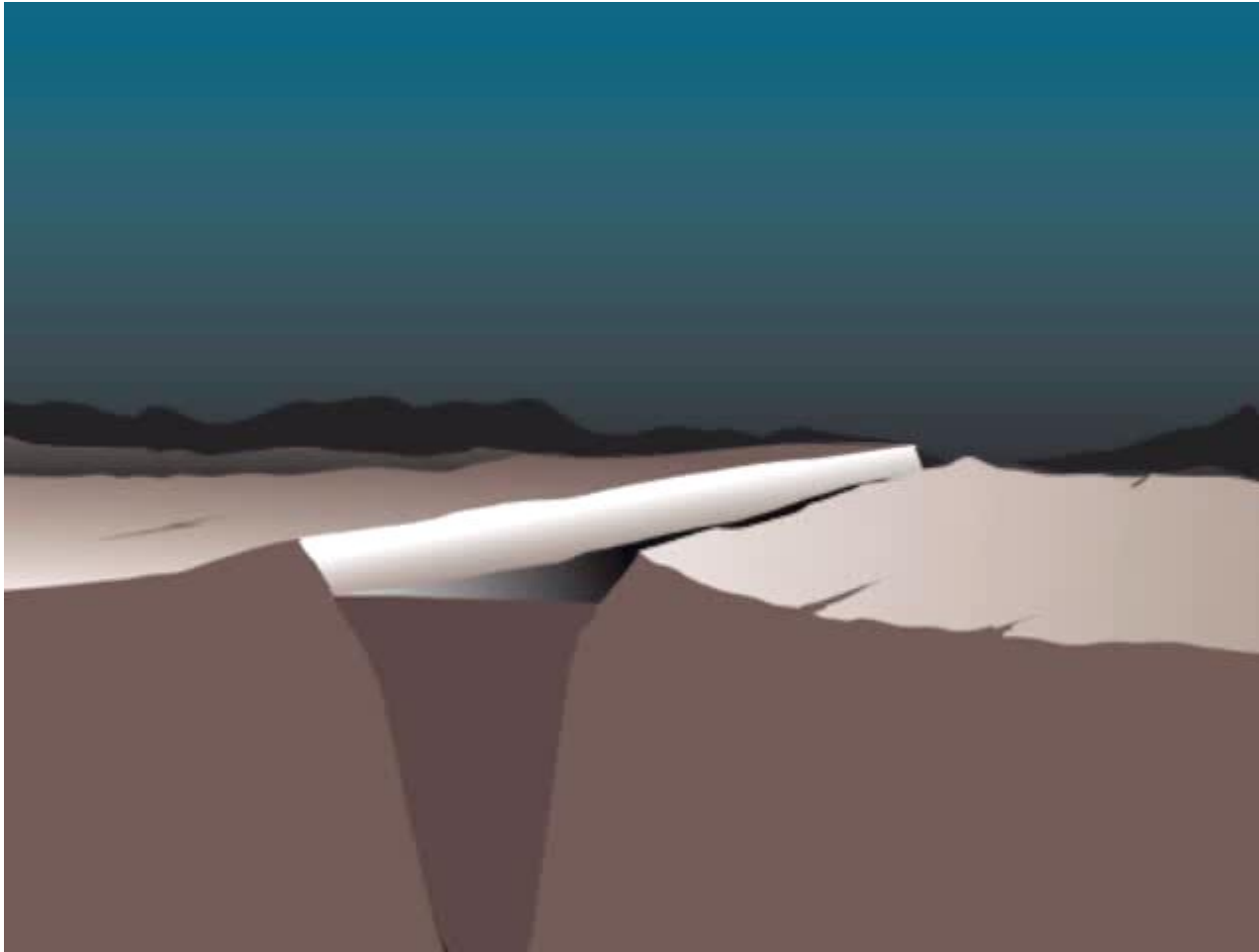


Ηχογράφηση σε απόσταση  
1.7 km (Sound courtesy of  
Peter Scheifele & University  
of Rhode Island)



Ηχογράφηση σε απόσταση 3.2  
από το πλοίο που είχε ταχύτητα  
20 knots (Sound courtesy of Tom  
Kieckhefer & University of Rhode  
Island)





Ένα Cartoon που δείχνει πως ήχοι από υποβρύχιο σεισμό αλλά και από φάλαινες καταγράφονται από ποντισμένο υδρόφωνο το οποίο στη συνέχεια ανασύρεται για επεξεργασία των μετρήσεων (Oregon State University)

# Απαρχές της επιστήμης



## Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.)

.....Από τους πρώτους που αναγνώρισε τη δυνατότητα ακρόασης στο νερό.....



## Leonardo da Vinci (1452-1519 μ.Χ.)

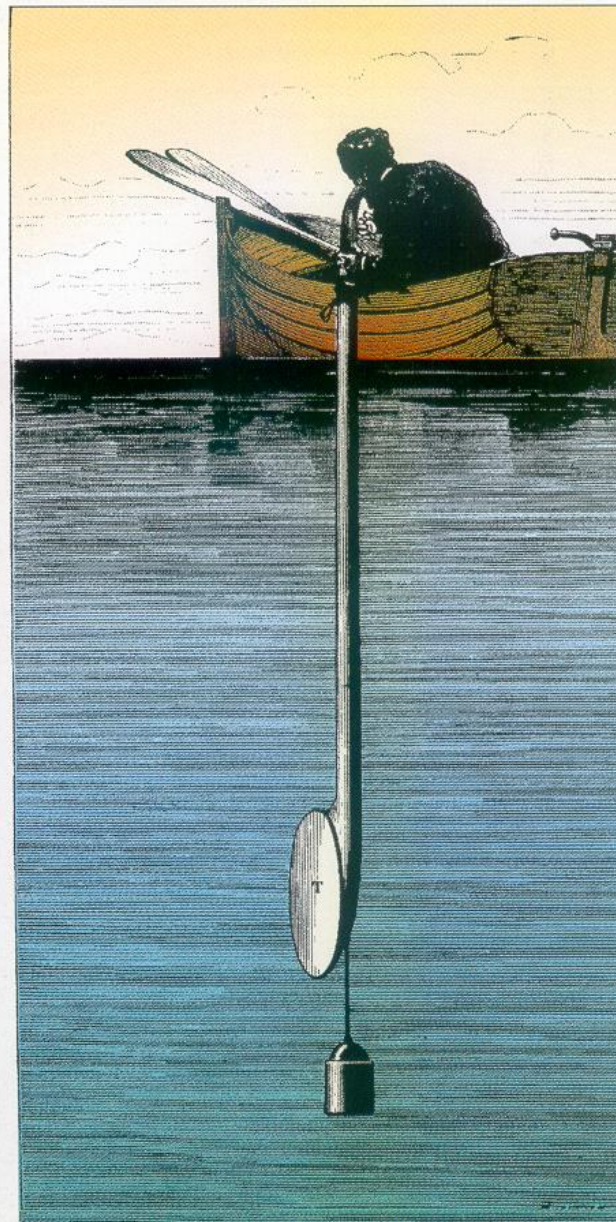
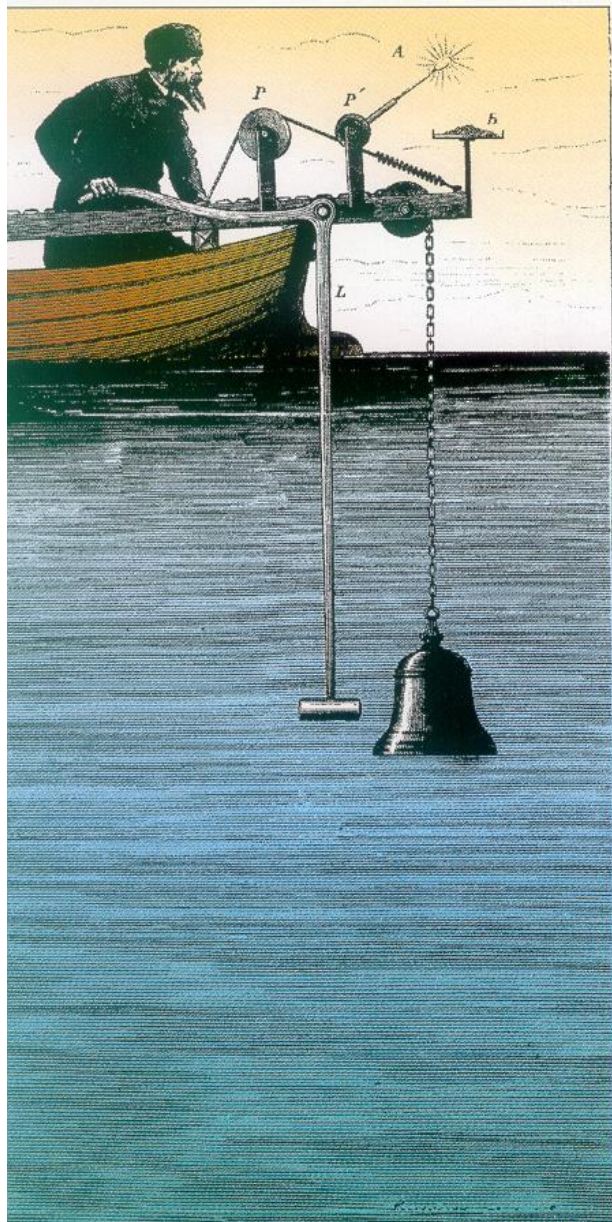
**1490** «.....Εάν αναγκάσεις το πλοίο σου να σταματήσει και βάλεις την μία άκρη ενός σωλήνα στο νερό και την άλλη άκρη στο αντί σου, θα ακούσεις πλοία σε μεγάλες αποστάσεις...»

# Μερικοί σταθμοί στην υποβρύχια ακουστική

- **1743, J.A. Nolett** Ο ήχος ακούγεται στο νερό. Υπάρχει διαφορά στην ένταση με το βάθος. Χρήση του αυτιού ως δέκτη .....
- **1780, Alexander Morno** Σύγκριση της ταχύτητας διάδοσης του ήχου στο νερό και στον αέρα. Στο νερό διαδίδεται γρηγορότερα.



•**1826, J.F.Colladon και J.K.F. Sturm.** Μετρούν στην λίμνη της Γενεύης την ταχύτητα του ήχου στο νερό (Annalen der Physik und Chemie, Leipzig, Vol 12, 1828). Ταχύτητα στους 8°C, 1435 m/sec (μόλις 3 m/sec μικρότερη από την σήμερα αποδεκτή ταχύτητα για την δεδομένη περιοχή και θερμοκρασία).



- **1859, M.F. Mauary.** Ανακοινώνει την δυνατότητα βυθομέτρησης με ήχο. Κάνει πειράματα που αποτυγχάνουν γιατί δεν είχε στη διάθεσή του κατάλληλα υδρόφωνα.
- **1877, Lord Rayleigh (John William Strut).** «*Theory of Sound*». Η βάση της σύγχρονης ακουστικής
- **1901, Ίδρυση της Εταιρείας Submarine Signal Company.** Στόχος η πόντιση σημαντήρων που θα έδιναν σήμα στα πλοία όταν πλησίαζαν σε ρηχά νερά. Χρήση υδατοστεγών μικροφώνων (Thomas Edison).

**1912, R.A. Fessenden.** Σχεδιάζει τους πρώτους εμπορικά εκμεταλλεύσιμους μετατροπείς (transducers) υποβρύχιας χρήσης.

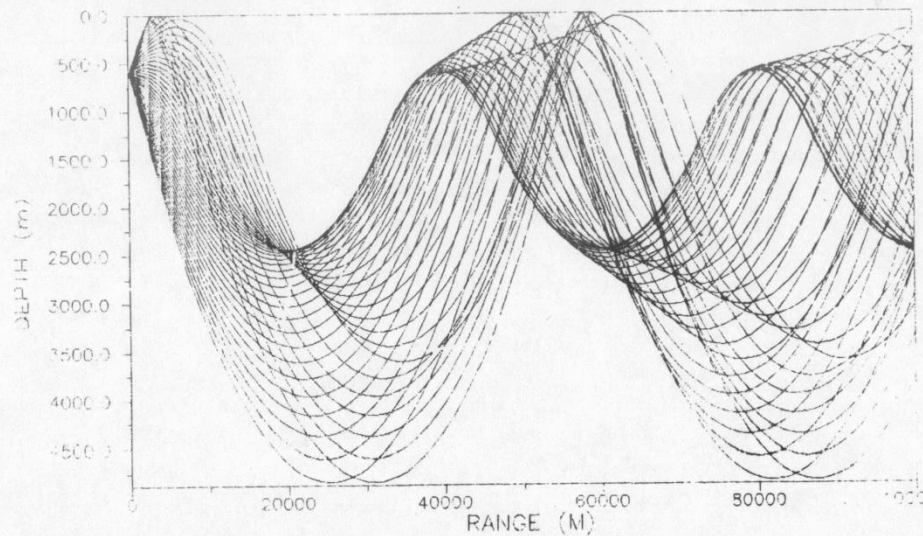


Image courtesy of the National Oceanic and Atmospheric Administration Photo Library.

- **1918-1940**, Οι ερευνητές μελετούν την φυσική της διάδοσης του ήχου στο νερό και τις μεταβολές των ακουστικών παραμέτρων της θάλασσας. Προετοιμάζονται οι εφαρμογές που σχετίζονται με την ανίχνευση υποβρυχίων.
- **1919, Η Lichte** : Διατυπώνει για πρώτη φορά την άποψη ότι οι ακουστικές ακτίνες καμπυλώνονται στο νερό.
- **1937**, Οι ωκεανογράφοι συνεργάζονται με τους ακουστικούς. Γέννηση της **Ακουστικής Ωκεανογραφίας**



- **1940-1944**, Εκτεταμένες μελέτες για ακουστικά υποβρύχια όπλα.
- **1945, Maurice Ewing**, Στέλνει ήχο στη θάλασσα που ακούγεται σε απόσταση 3000 Km (Bahamas – South Africa).

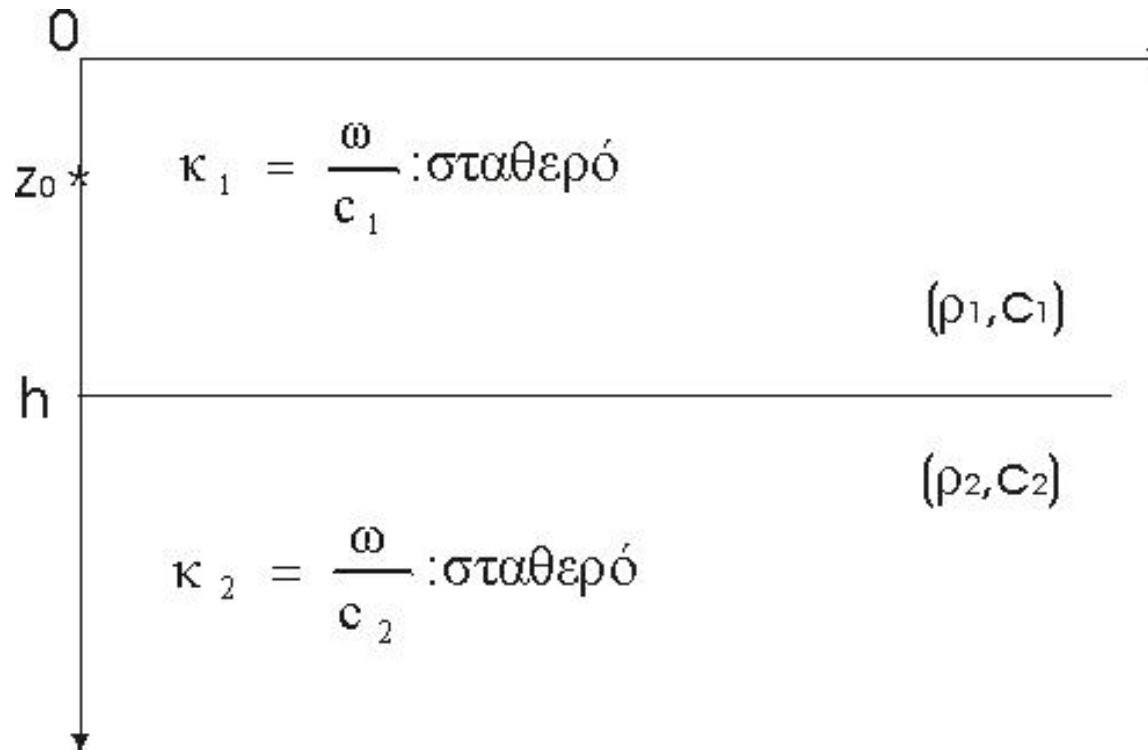


Ανακάλυψη του SOFAR Channel.

Leonid Brekhovskikh (1917-2005)



- 1949, C. Pekeris Το πρώτο μοντέλο κανονικών ιδιομορφών για την μαθηματική μελέτη της διάδοσης του ήχου στη θάλασσα.

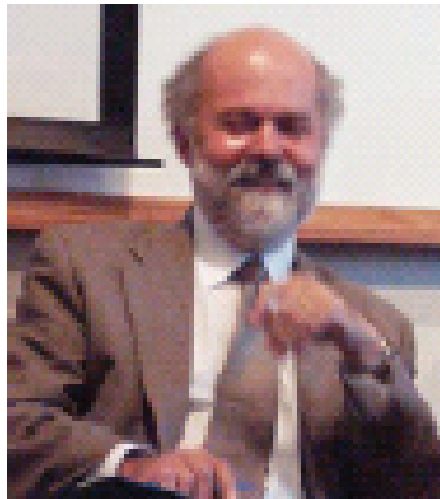




- **1949-1957**, Οι ερευνητές ασχολούνται με τα πρώτα βήματα της θαλάσσιας βιοακουστικής μελετώντας τις ανακλάσεις του ήχου από τα ψάρια.

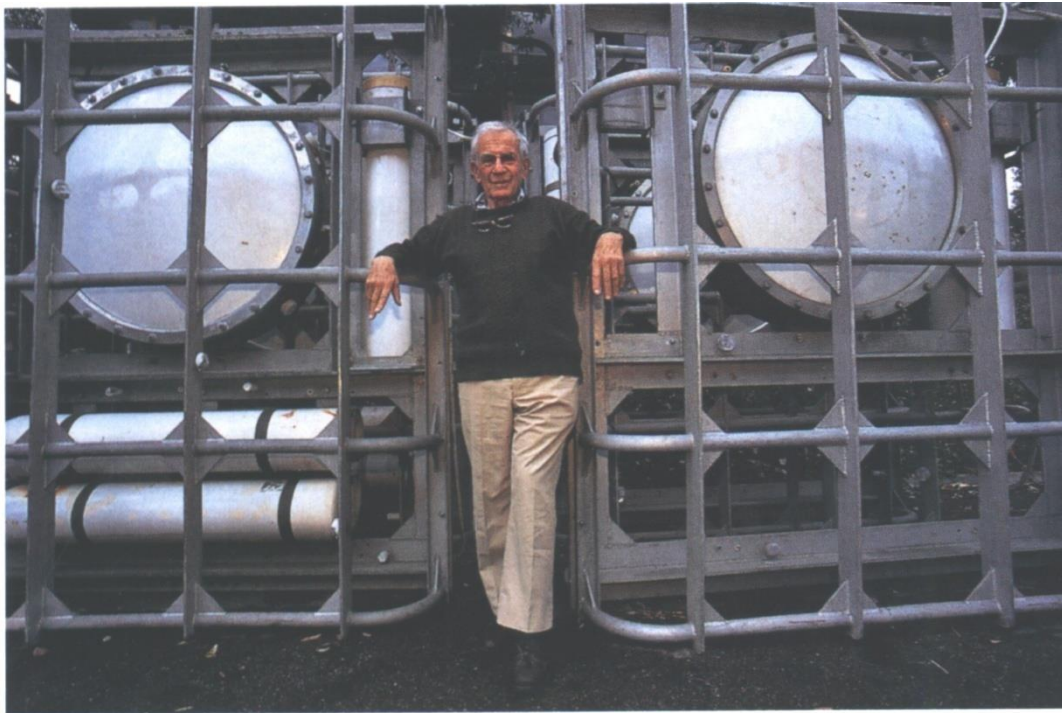


- 1979, F. Tappert (1940-2002) . Εισαγωγή της παραβολικής προσέγγισης στην υποβρύχια ακουστική.



$$i \frac{\partial \psi(r, z)}{\partial r} + \frac{1}{2k_0} \frac{\partial^2}{\partial z^2} \psi(r, z) + \frac{k_0}{2} (n^2(r, z) - 1) \psi(r, z) = 0$$

- 1991, W. Munk (1917-2019 ). Θαλάσσια ακουστική τομογραφία

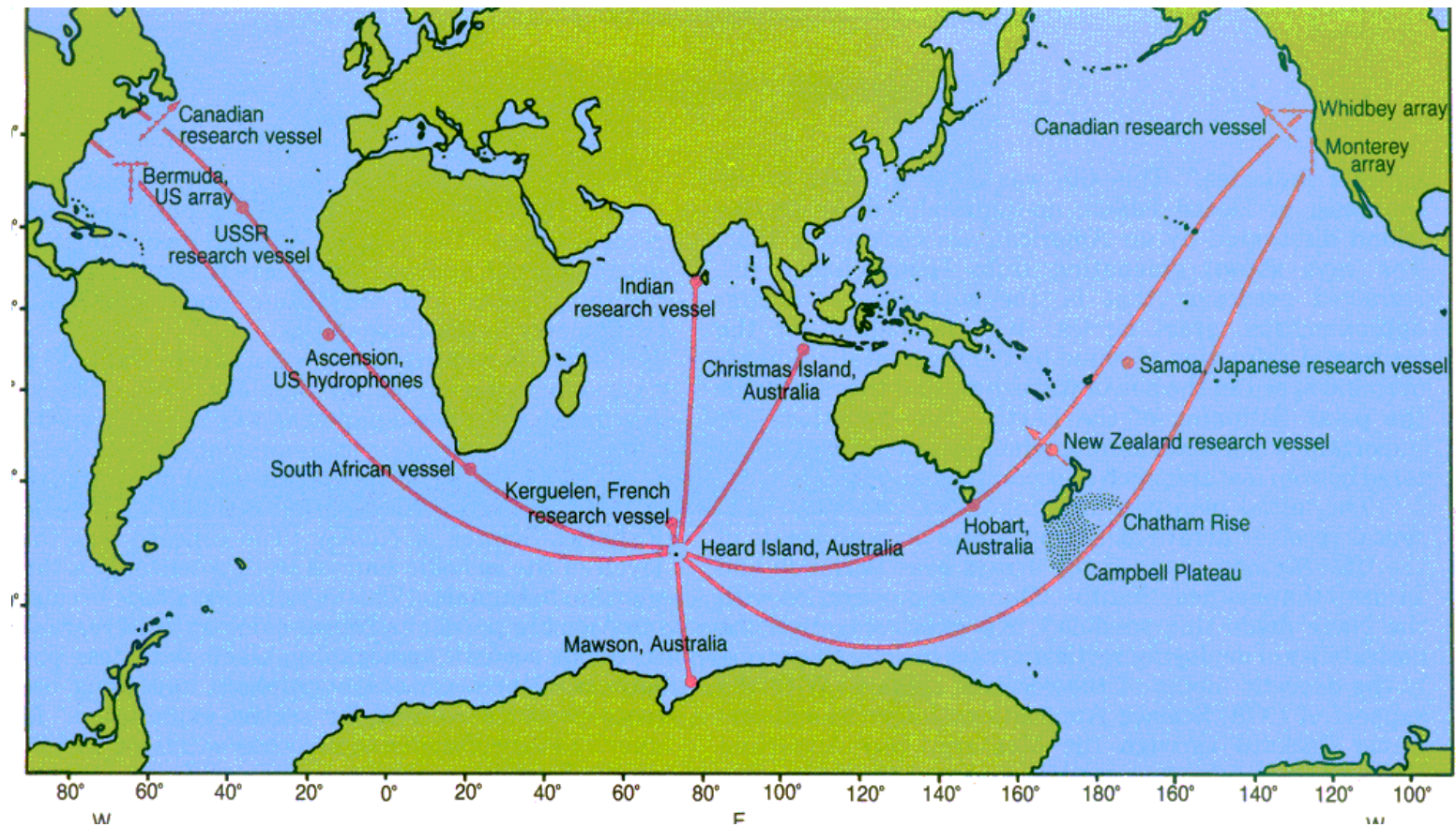




Walter Munk – Μιχάλης Ταρουδάκης, Παρίσι 2018



- **1991**, Με το πείραμα των νησιών Heard τεκμηριώνεται η δυνατότητα χρήσης του ήχου για την πλανητική παρακολούθηση των μεταβολών του θαλάσσιου περιβάλλοντος



- 1991-1992, Πρώτο πείραμα ακουστικής τομογραφίας στην Μεσόγειο

