

Le minacce e gli ostacoli alla navigazione

Il sonar come aiuto
alla navigazione



La spiegazione dei nomi :

Sonar:

SOund

NAavigation

and **R**anging

Navigazione e

Localizzazione

con il suono

Bersaglio = qualsiasi tipo d'ostacolo

Segnale = qualsiasi tipo di vibrazione acustica

Idrofono = microfono subacqueo

Base acustica = insieme di idrofoni

Portata = distanza massima di scoperta



Le modalità di funzionamento del sonar tramite i sensori acustici – gli idrofoni-

Alcuni tipi



Esempi delle modalità di funzionamento del sonar per la localizzazione subacquea



In modo passivo

Per la ricezione e l'ascolto dei rumori emessi dai semoventi

Campo delle frequenze
d'ascolto:

da 200 a 10000 Hz



State ascoltando il
rumore di una nave in
movimento

Localizzazione = stabilire la posizione angolare e
la distanza del bersaglio



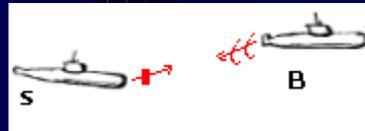
Esempi delle modalità di funzionamento del sonar per la localizzazione subacquea



In modo attivo

Per la ricezione e l'ascolto degli echi riflessi dagli ostacoli subacquei

**Campo delle frequenze di lavoro:
da 8000 a 30000 Hz**



**State ascoltando
l'emissione del sonar e
l'eco del bersaglio**

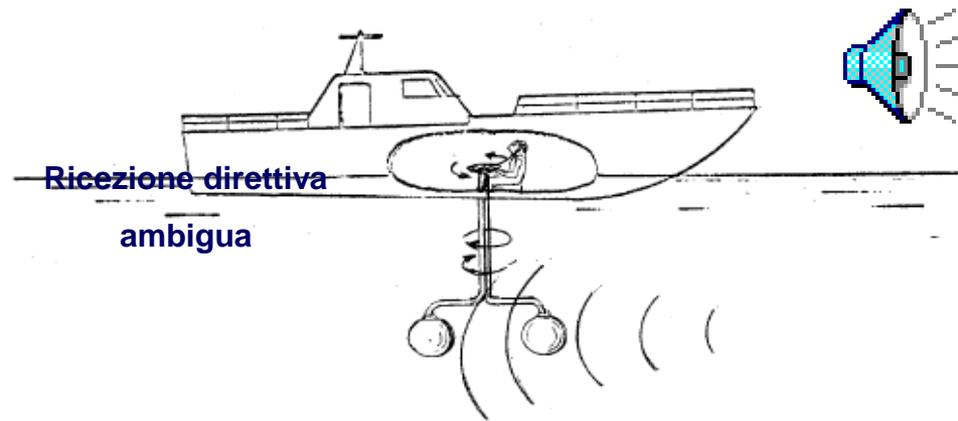
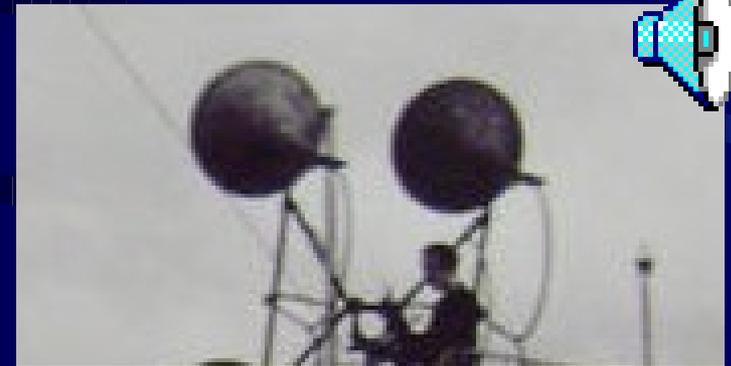
Localizzazione = stabilire la posizione angolare e la distanza del bersaglio



L'evoluzione del sonar; dai primordi ai sonar del periodo 1960-2012

“sonar” ai primordi della sua storia

Si ascoltavano le onde acustiche, in modo diretto, mediante la vibrazione di sfere cave, immerse, connesse con un tubo flessibile all'orecchio dell'operatore – similmente agli areofoni -



“sonar” all’inizio della Il guerra mondiale: Soltanto ascolto del rumore dei bersagli



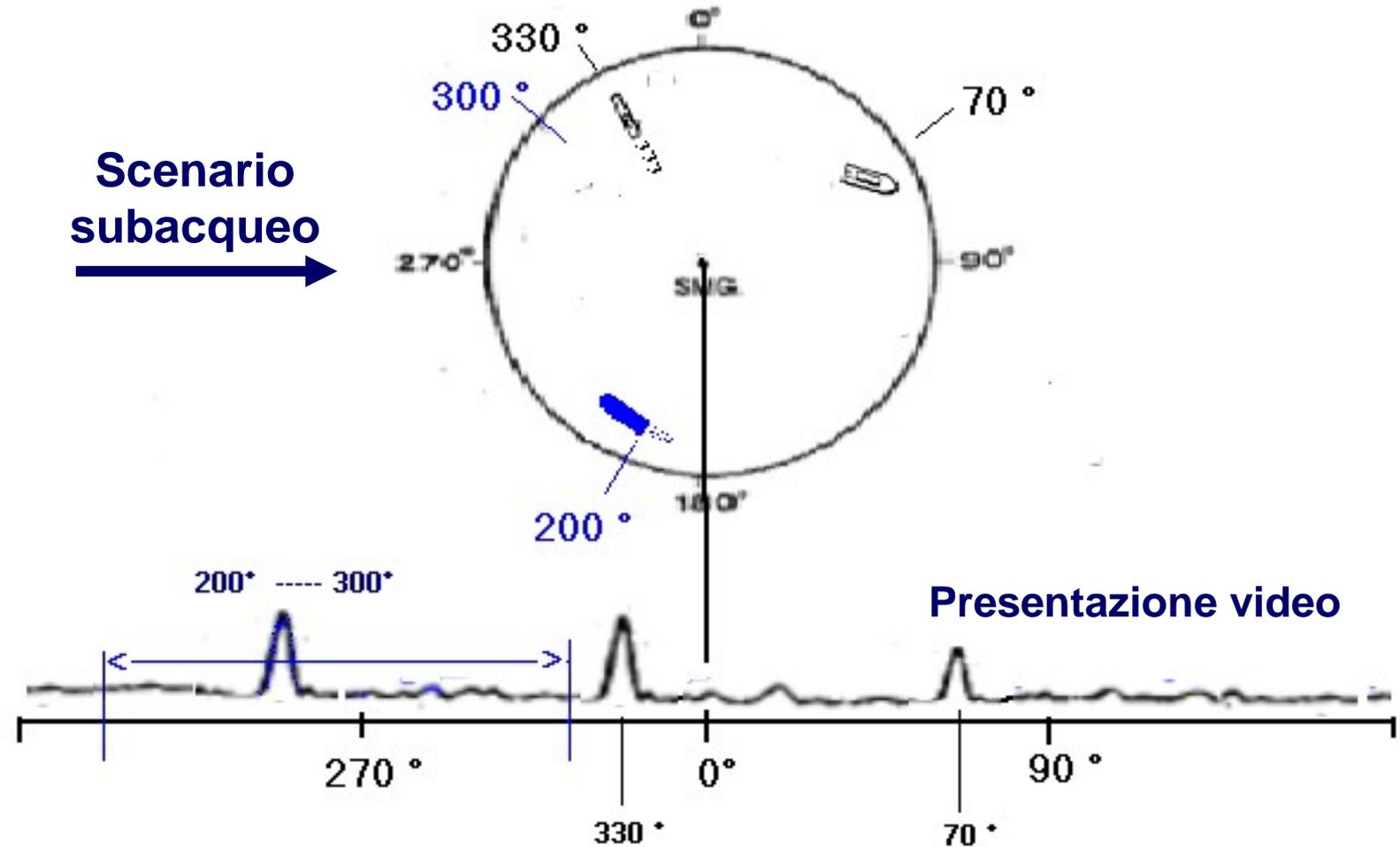
Si ascoltavano le onde acustiche mediante ricevitore direzionale di vibrazioni sonore (idrofono rotante) collegato ad amplificatore con valvole termoioniche per ascolto in cuffia da parte dell'operatore



Con lo sviluppo delle tecnologie elettroniche s'inizia a visualizzare su tubi a raggi catodici la posizione dei bersagli come ausilio all'ascolto del loro rumore; nascono così i sistemi di scoperta sonar a fasci preformati che consentono il controllo simultaneo di tutto l'orizzonte subacqueo

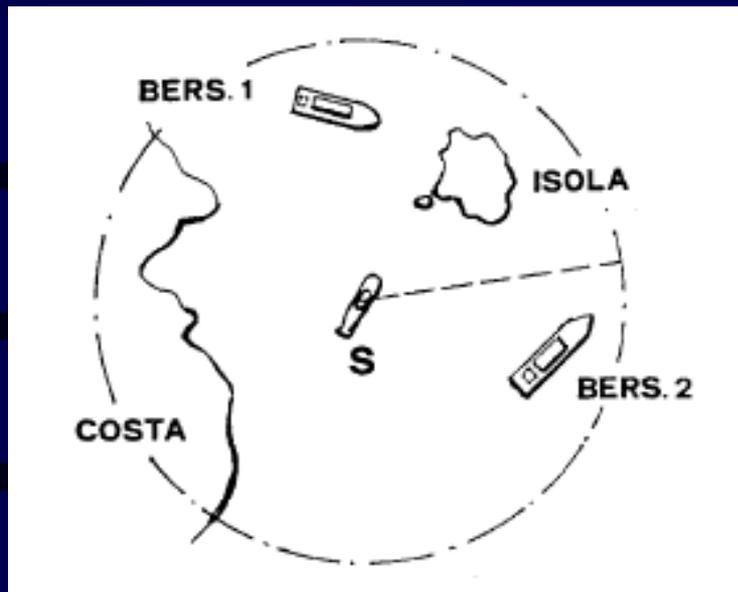


Presentazione tipo A

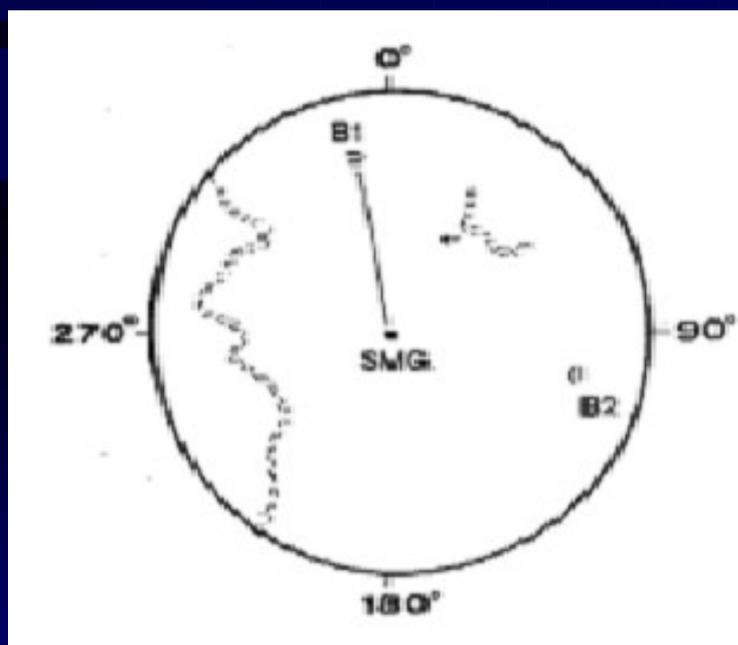


Rettificazione dello scenario subacqueo

Presentazione tipo PPI (coordinate polari)

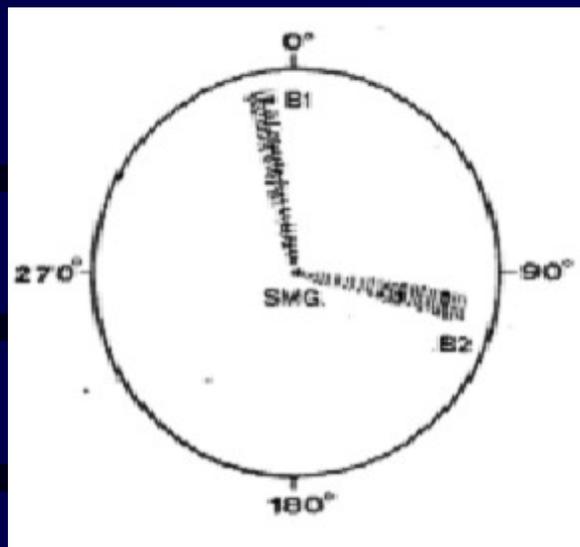


Scenario
subacqueo

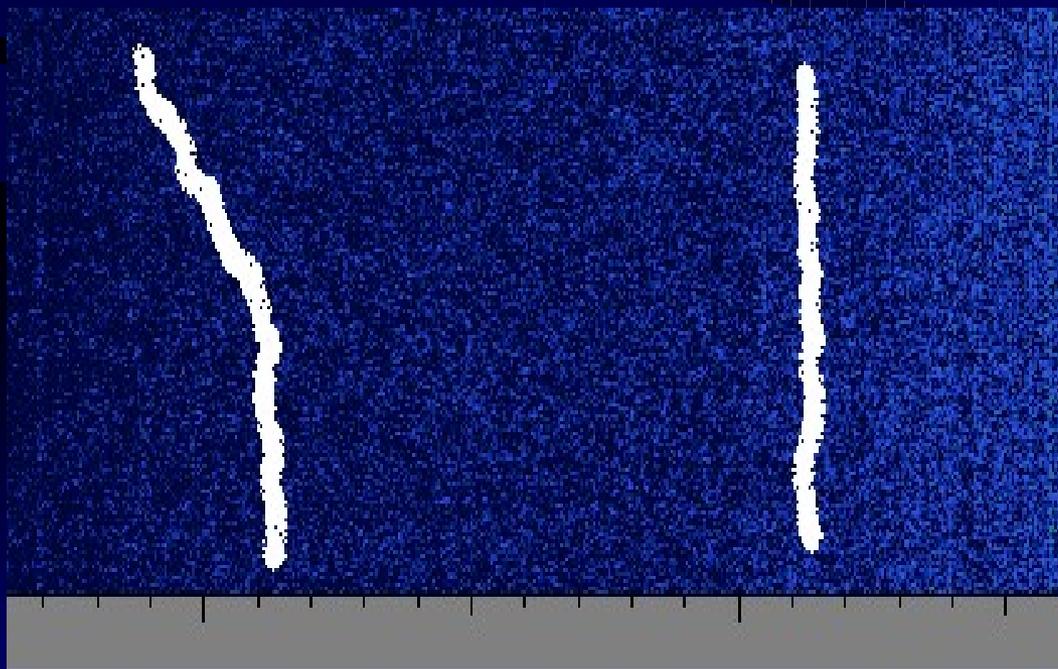


Presentazione
video

Presentazione a cascata



Scenario
subacqueo



Presentazione
video

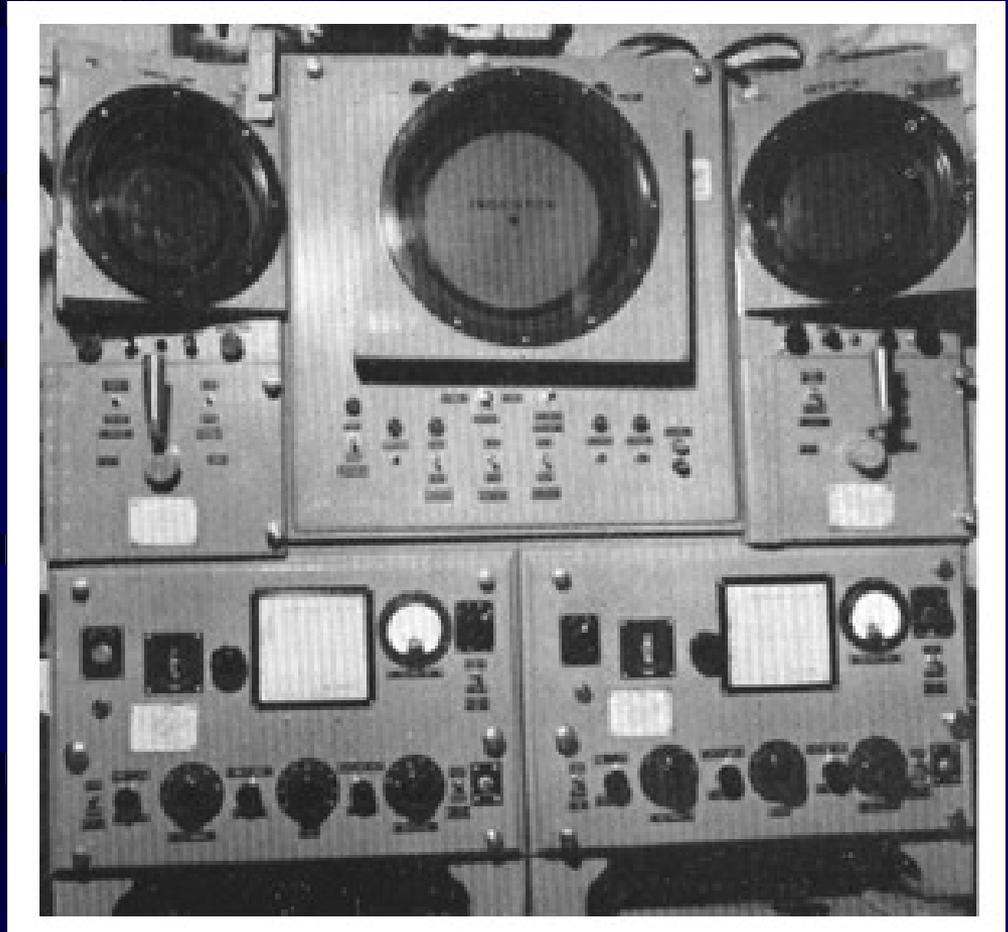
“sonar” USA mod. WCA -1947-



Sonar passivo/attivo con ascolto audio e presentazione video delle tracce degli echi dei bersagli.

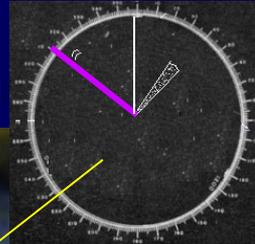
Tecnologia:

Circuiti elettromeccanici, valvole termoioniche e tubi a raggi catodici.



“sonar” IP64 produzione USEA 1964 – La Spezia –

La consolle comando e controllo



Sistema ricevente e trasmettente con ascolto audio e presentazione video delle tracce dei bersagli.

TECNOLOGIA:

Circuiti a semiconduttori, gruppi elettromeccanici, valvole termoioniche e tubi a raggi catodici.

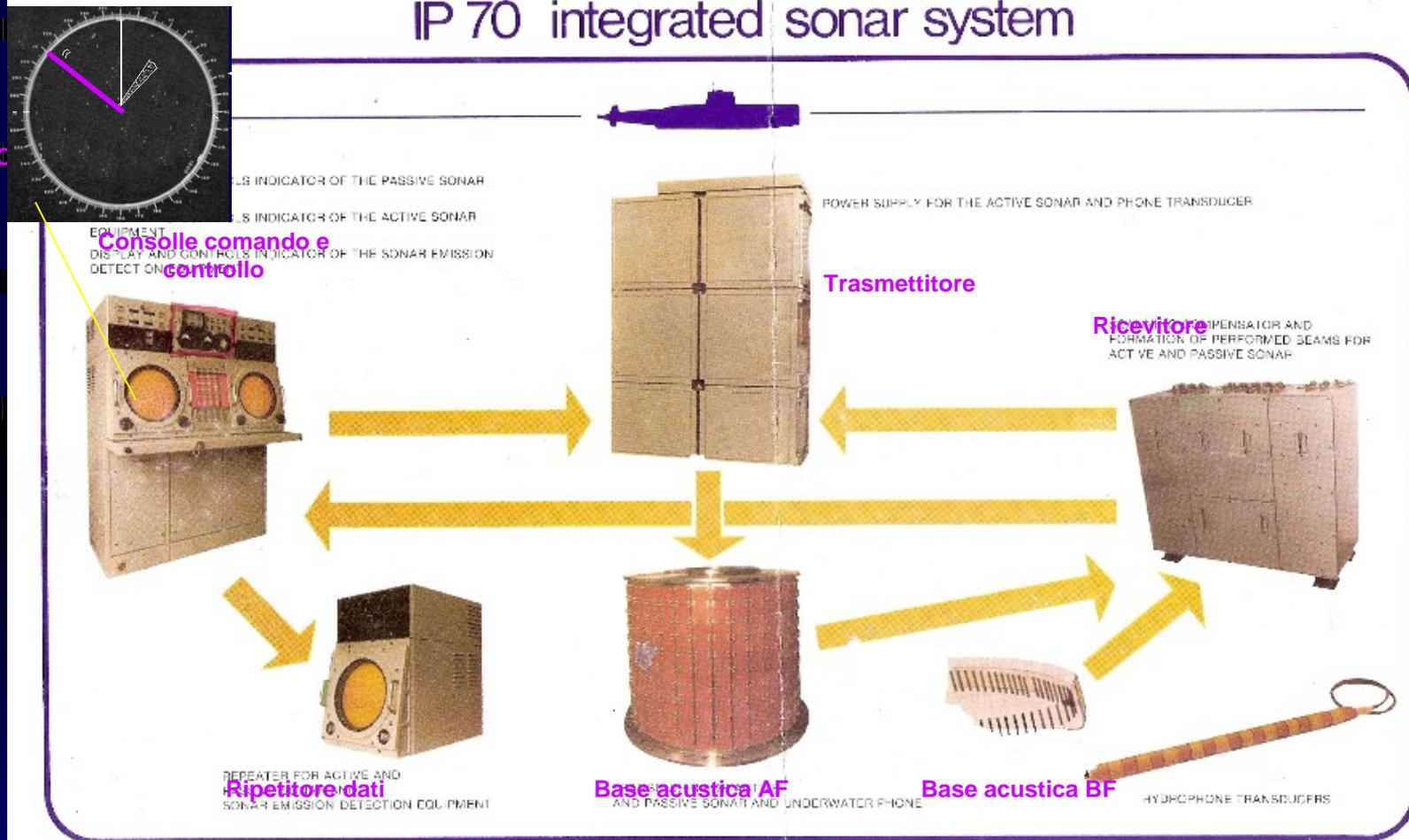
Sonar con dimensioni ridotte studiato per piccoli sommergibili:

Cls. Toti



“sonar” produzione USEA / SELENIA – 1970 Per smg. Cls Sauro I^ serie

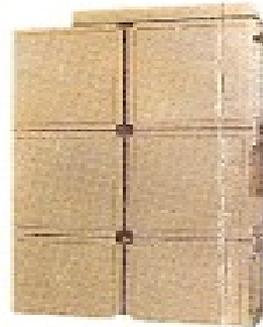
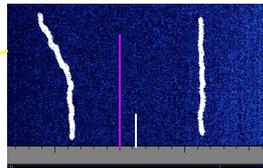
IP 70 integrated sonar system



“sonar” produzione USEA / ELSAG – 1974 Per smg Cls Sauro II[^] e III[^] serie

IPD 74 integrated sonar system

Consolle comando e controllo



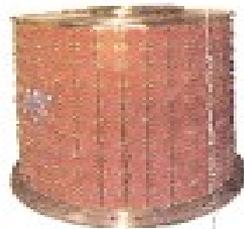
Sistema ricevente e trasmettente con ascolto audio e presentazione video delle tracce dei bersagli. Circuiti integrati digitali e analogici, computer ESA 24, gruppi elettromeccanici, tubi a raggi catodici.

Trasmittitore

Ricevitore



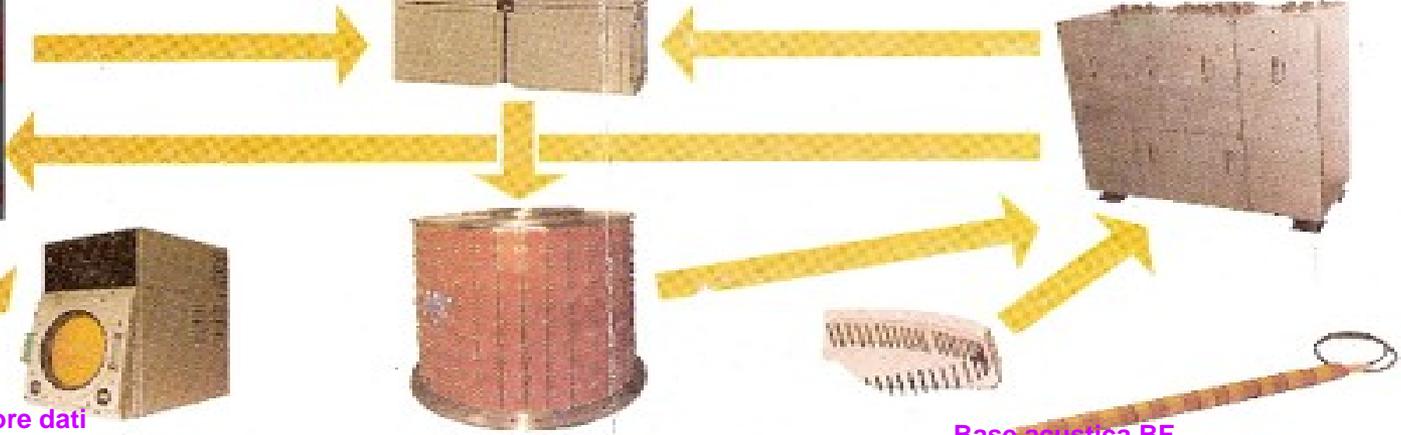
Ripetitore dati



Base acustica AF

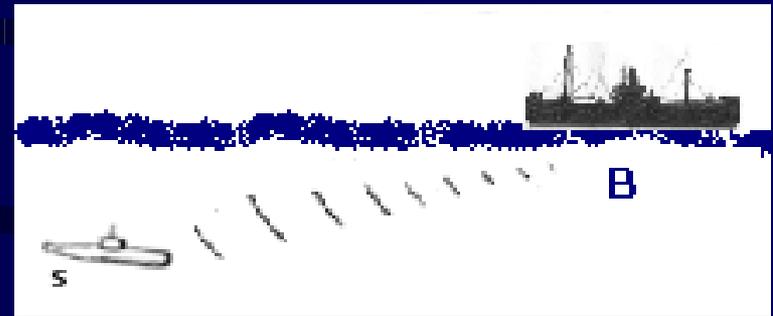


Base acustica BF



Sonar per smgg. Sauro: La prima realizzazione in Italia con rivelazione video in correlazione

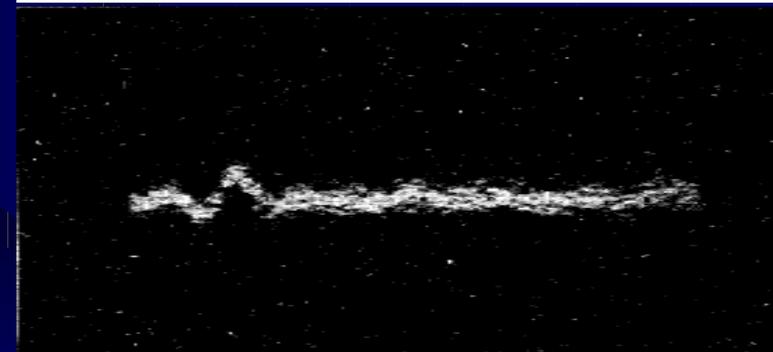
Se il bersaglio è relativamente vicino l'operatore può stabilirne la posizione mediante l'ascolto del rumore irradiato



Se il bersaglio è molto lontano il rumore del bersaglio è mascherato dal rumore del mare e l'operatore non riesce più a discriminarlo; la scoperta è affidata a rilievi strumentali



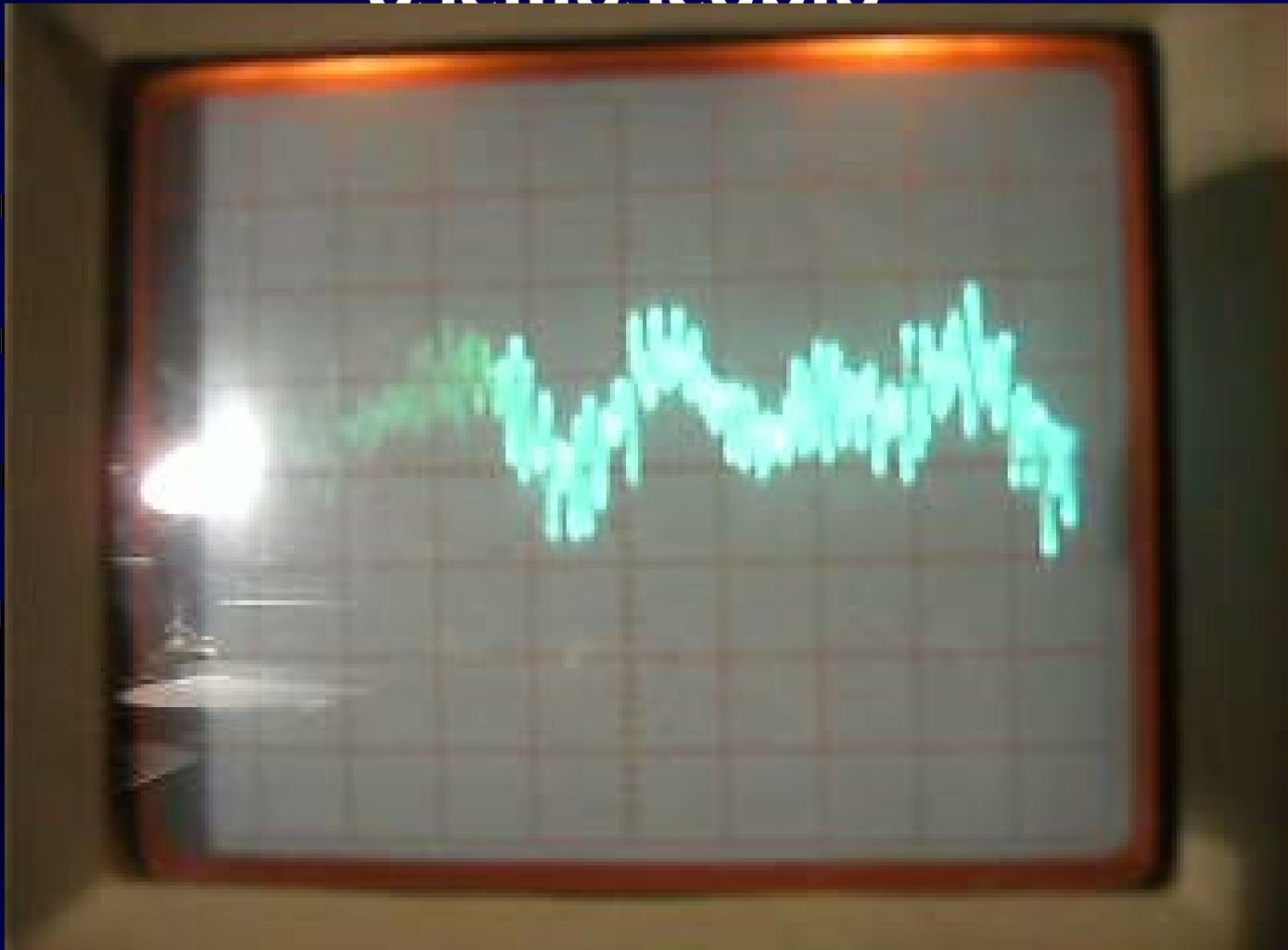
I rilievi sono basati sulle **funzioni di correlazione** che consentono di scoprire un bersaglio anche quando il suo segnale è inferiore al rumore del mare



Segnale di ampiezza "S" con rumore casuale di ampiezza "N" visti con oscilloscopio

$S = 1$

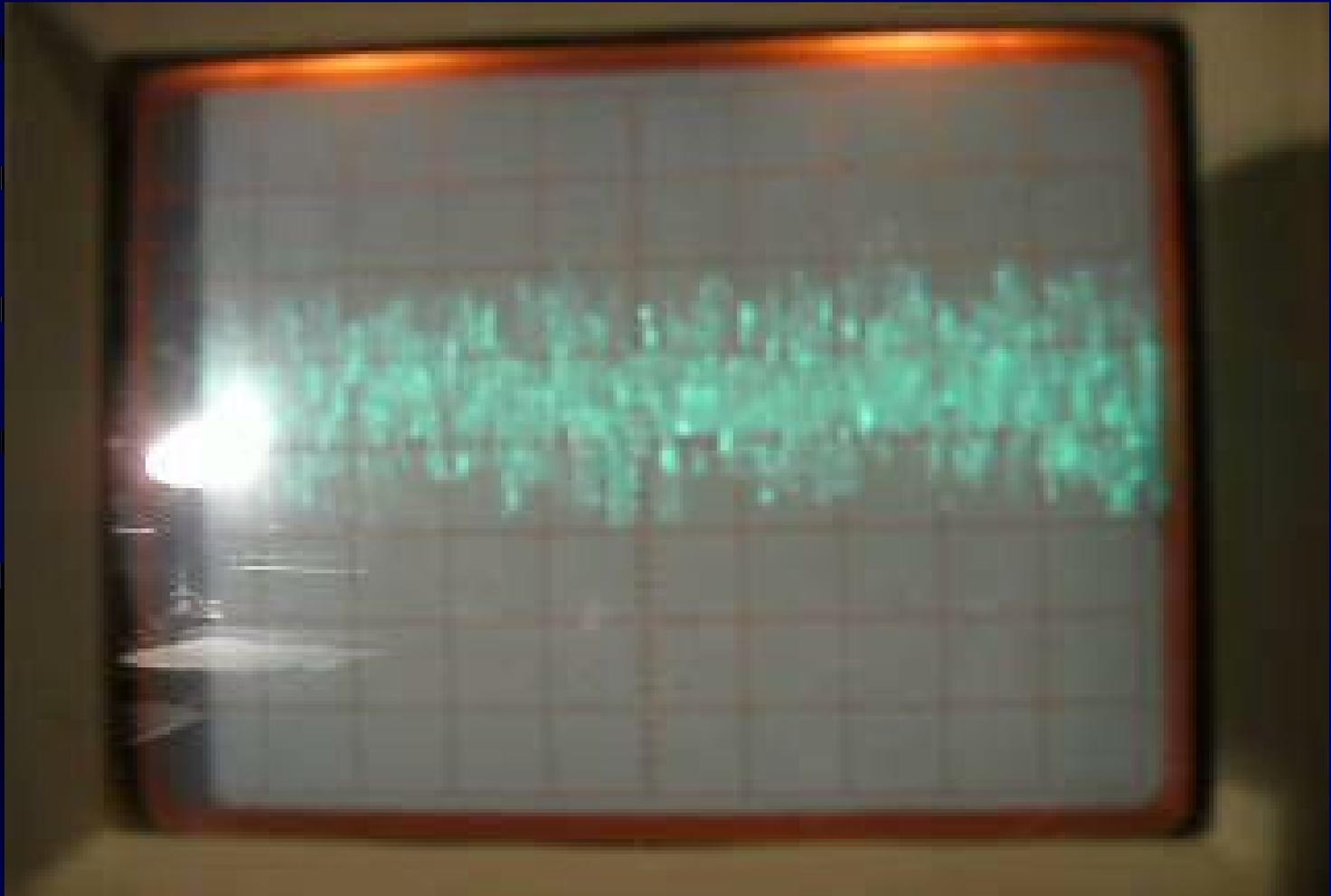
$N = 0.5$



Segnale di ampiezza "S" coperto da rumore bianco di ampiezza "N" visti con oscilloscopio

S =
0.1

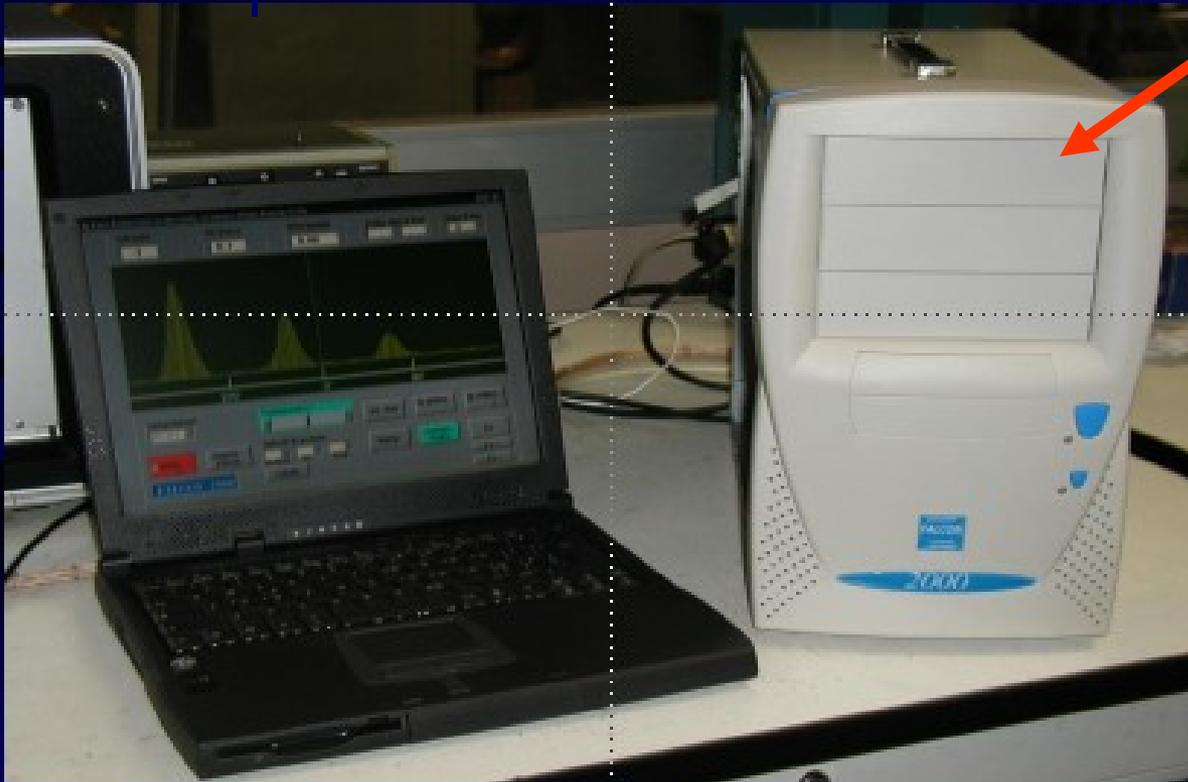
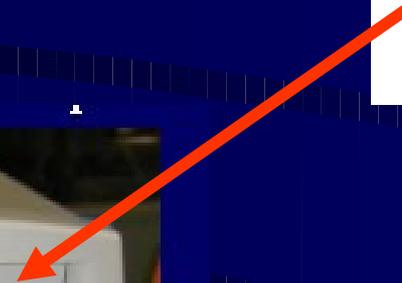
N = 1



“sonar” **FALCON**

Sviluppato presso Marinarsen
La Spezia –2002-

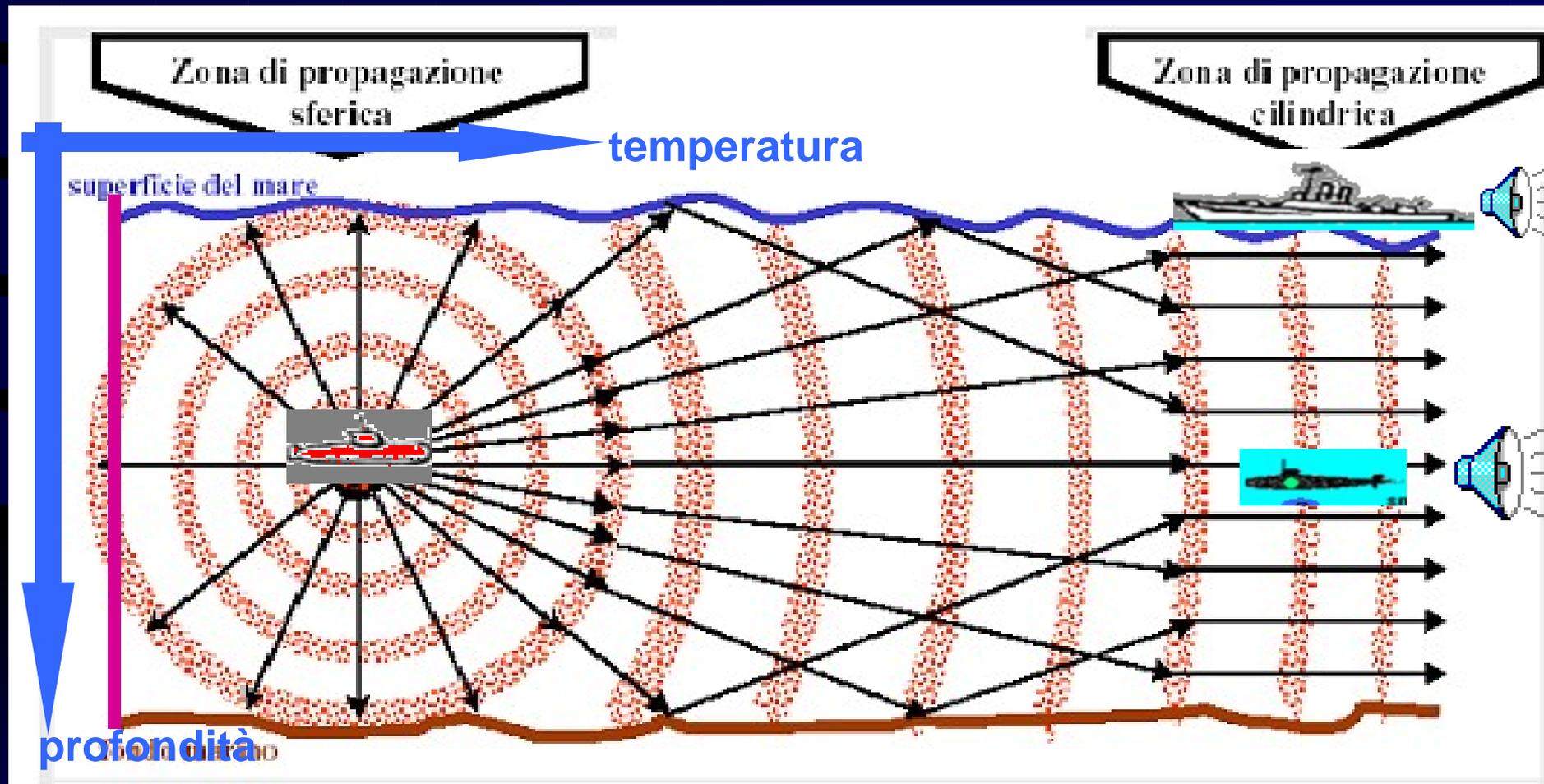
-sistema di emergenza per
Smgg. Sauro-



Le caratteristiche del mare e le sue implicazioni sul funzionamento del sonar

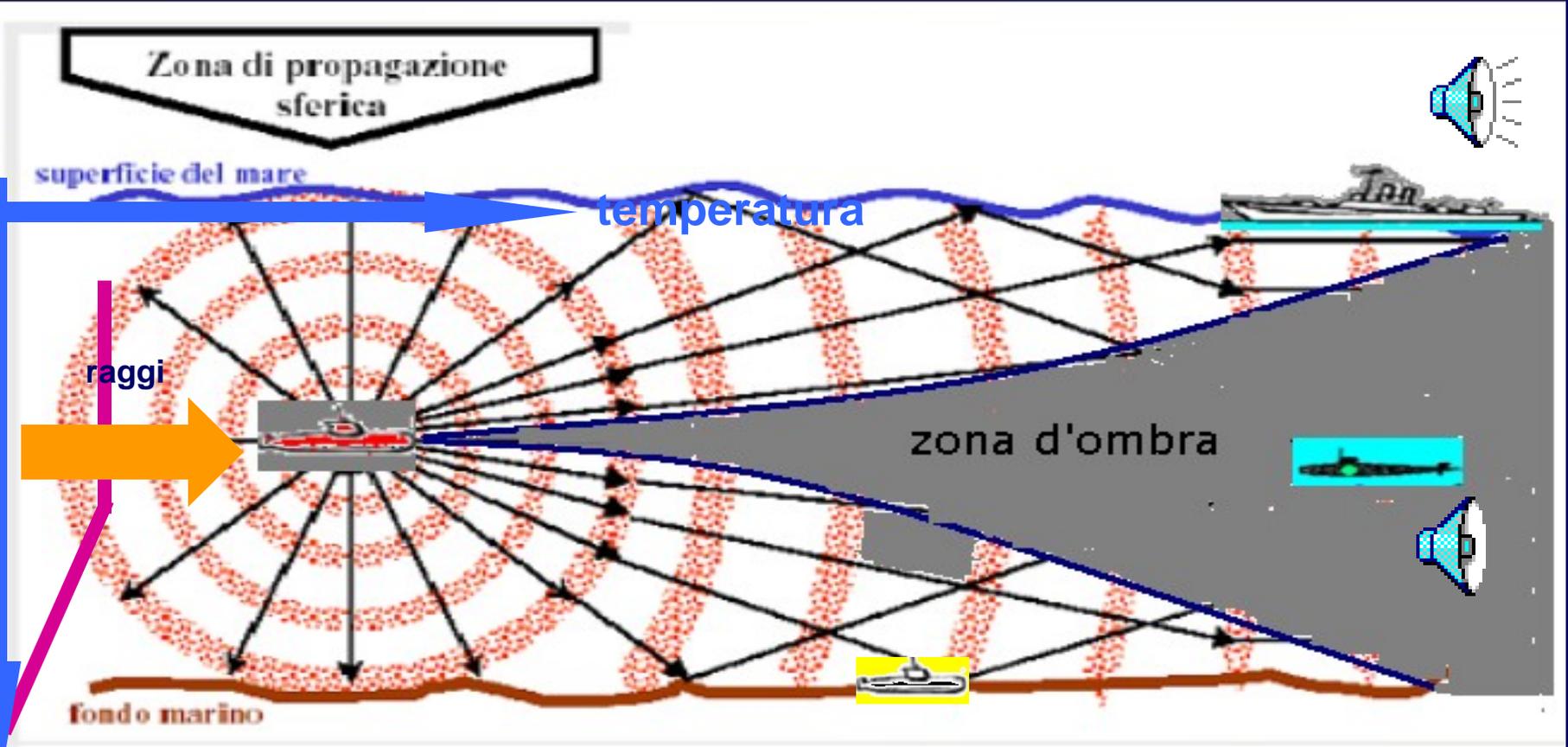
Le forme normali di propagazione del suono in mare

(1): Secondo i raggi di una sfera o di un cilindro



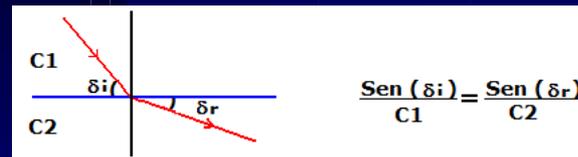
propagazione = legge di spostamento del suono

27 Le forme anomale di propagazione del suono in mare (2): le zone d'ombra



$$F_t = m \times 3.28 ; Y_d = m \times 1.09 ; F^\circ = C^\circ \left(\frac{9}{5} \right) + 32$$

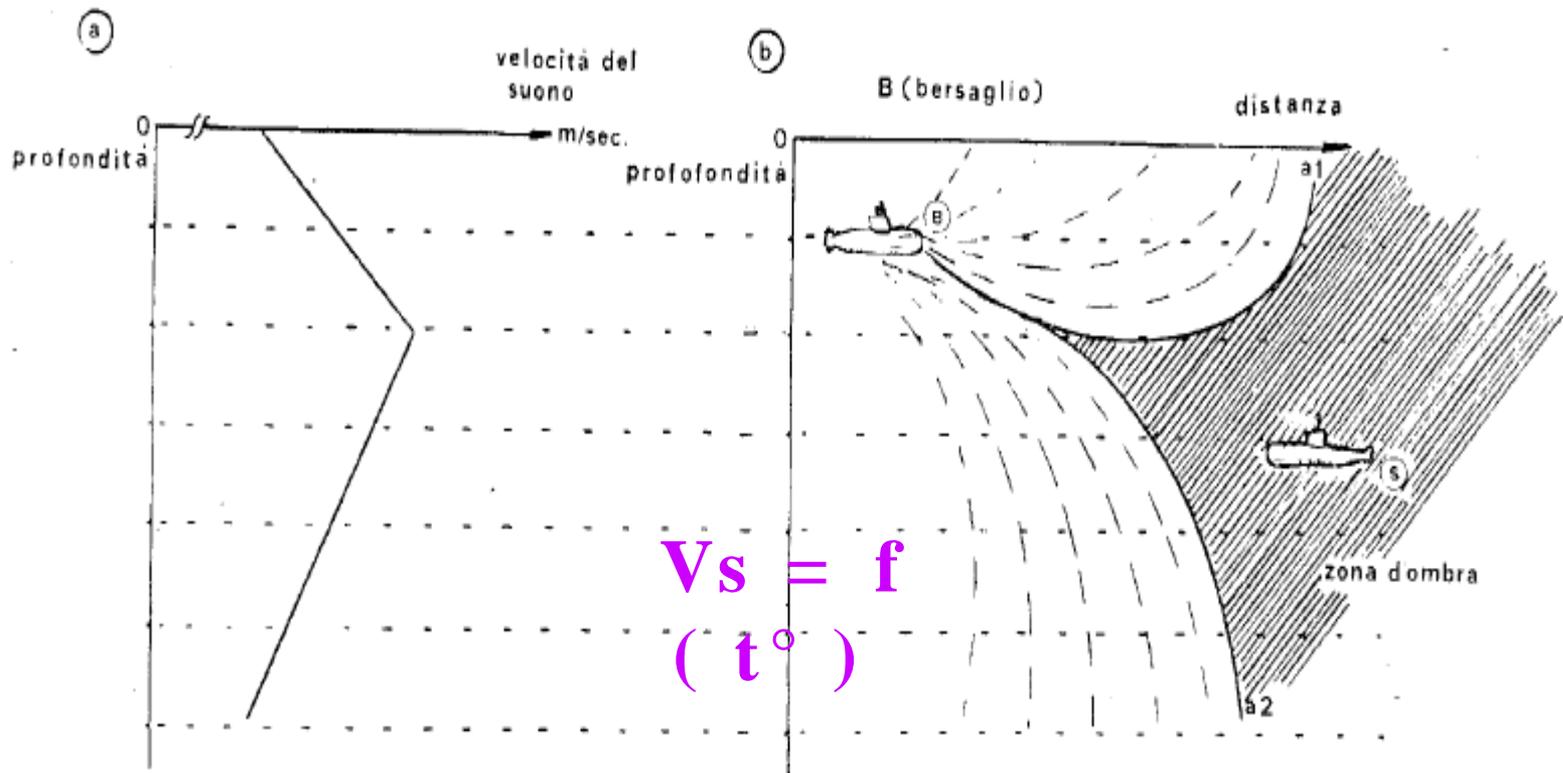
Rifrazione legge di Snell



“Calcoli e grafici relativi alla propagazione del suono in mare (3)”

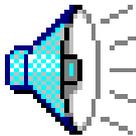
Zona d'ombra dovuta alla variazione della temperatura con la quota.

I bersagli nella zona d'ombra sono, generalmente, non rilevabili ; esempio di



Analisi dei rumori nel mare visti come impedimenti al funzionamento del sonar

“sonar” il rumore dell’ambiente marino, il vento ed il conseguente moto ondoso.

Stato del mare	Condizioni del mare
0	molto calmo
1	calmo
 2	increspato
3	moderato
4	agitato
5	molto agitato
6	molto forte

State ascoltando il rumore del mare allo stato mediano tra 2 e 3

“sonar” il rumore dell’ambiente marino, l’effetto della pioggia.



State ascoltando il rumore
della pioggia molto intensa
ricevuto dal sonar



“sonar” il rumore dell’ambiente marino, dovuto alle forme di vita.



Immagine di un
crangon;
dimensioni da 2 a
5 cm



State ascoltando il rumore
di alcuni organismi marini



Il rumore nell'ambiente marino, le balene.



State ascoltando i rumori generati dalle balene

Il rumore nell'ambiente marino, la sommatoria di tutti i rumori provocati dal traffico marittimo



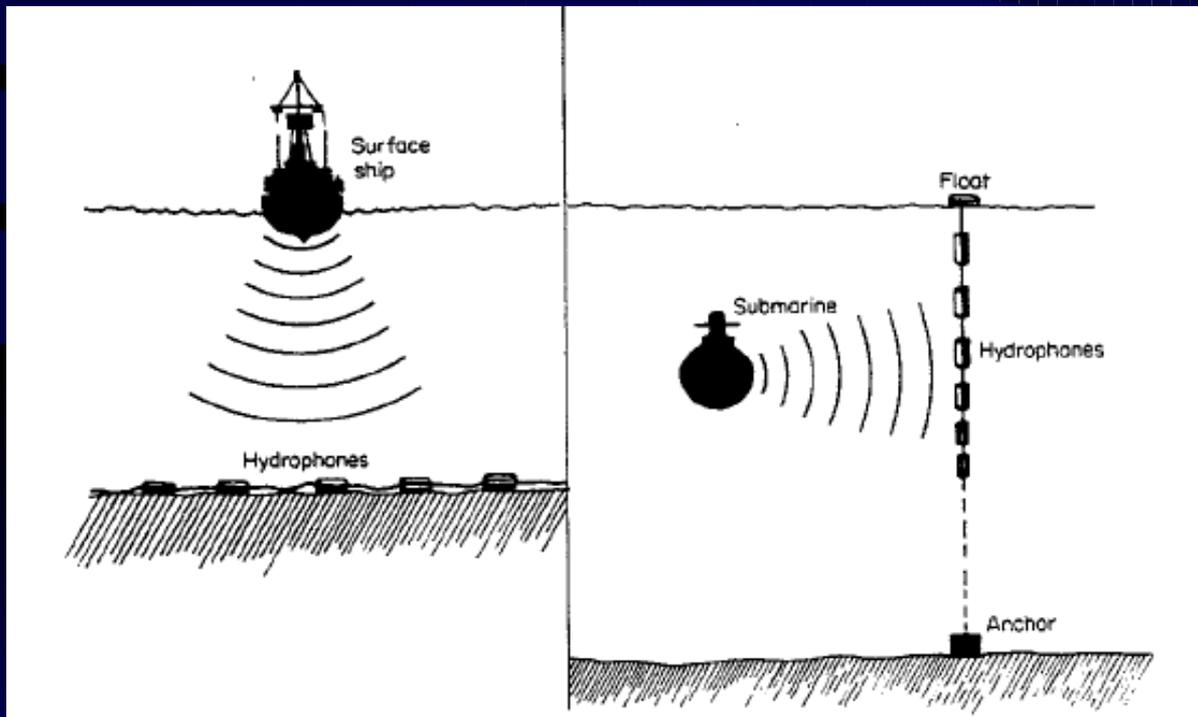
Questi rumori, prevalentemente distribuiti su bande di frequenze tra 10 e 200 Hz, sono la combinazione casuale delle vibrazioni in acqua delle unità navali a grande distanze

I rumori dei semoventi navali; rilievi studio e classificazione

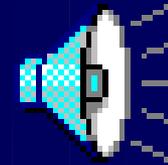
-L'anagrafe delle navi-

“sonar” misura e ascolto del rumore emesso dai bersagli

Tecniche per il rilievo dei rumori emessi dai semoventi per ottenere i diagrammi mostrati alla pagina seguente



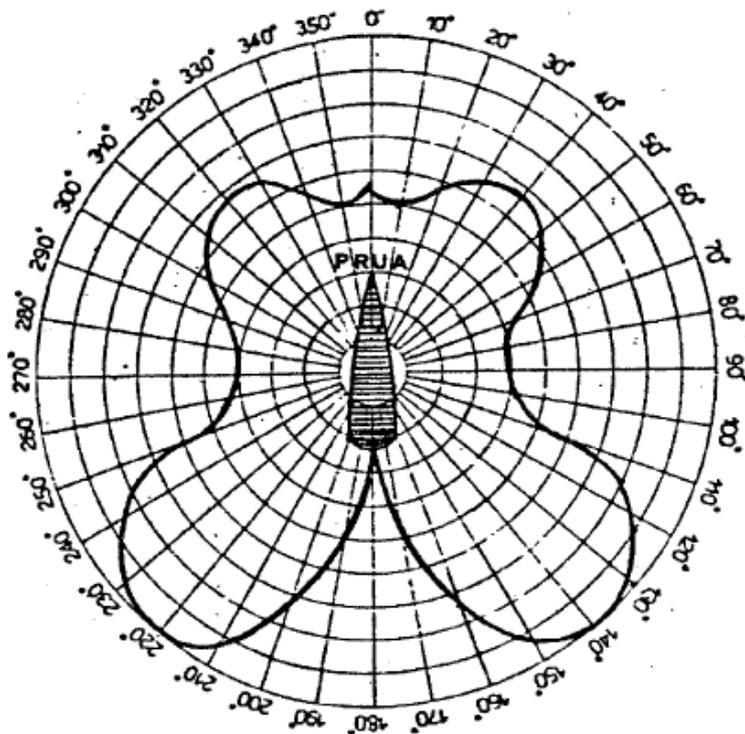
State ascoltando il
rumore di alcuni
battelli in fase di
controllo



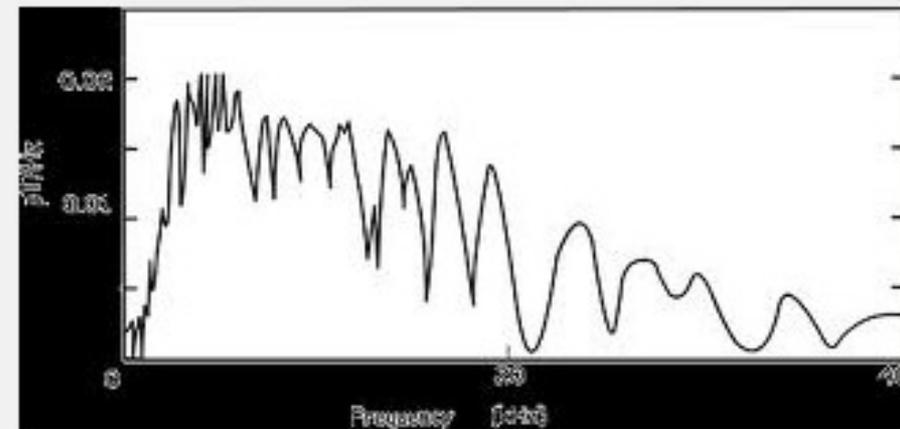
“sonar” il rumore emesso dai bersagli

“la carta d’identità dei semoventi”

Il diagramma mostra la variazione dell’intensità del rumore della nave rispetto al suo asse

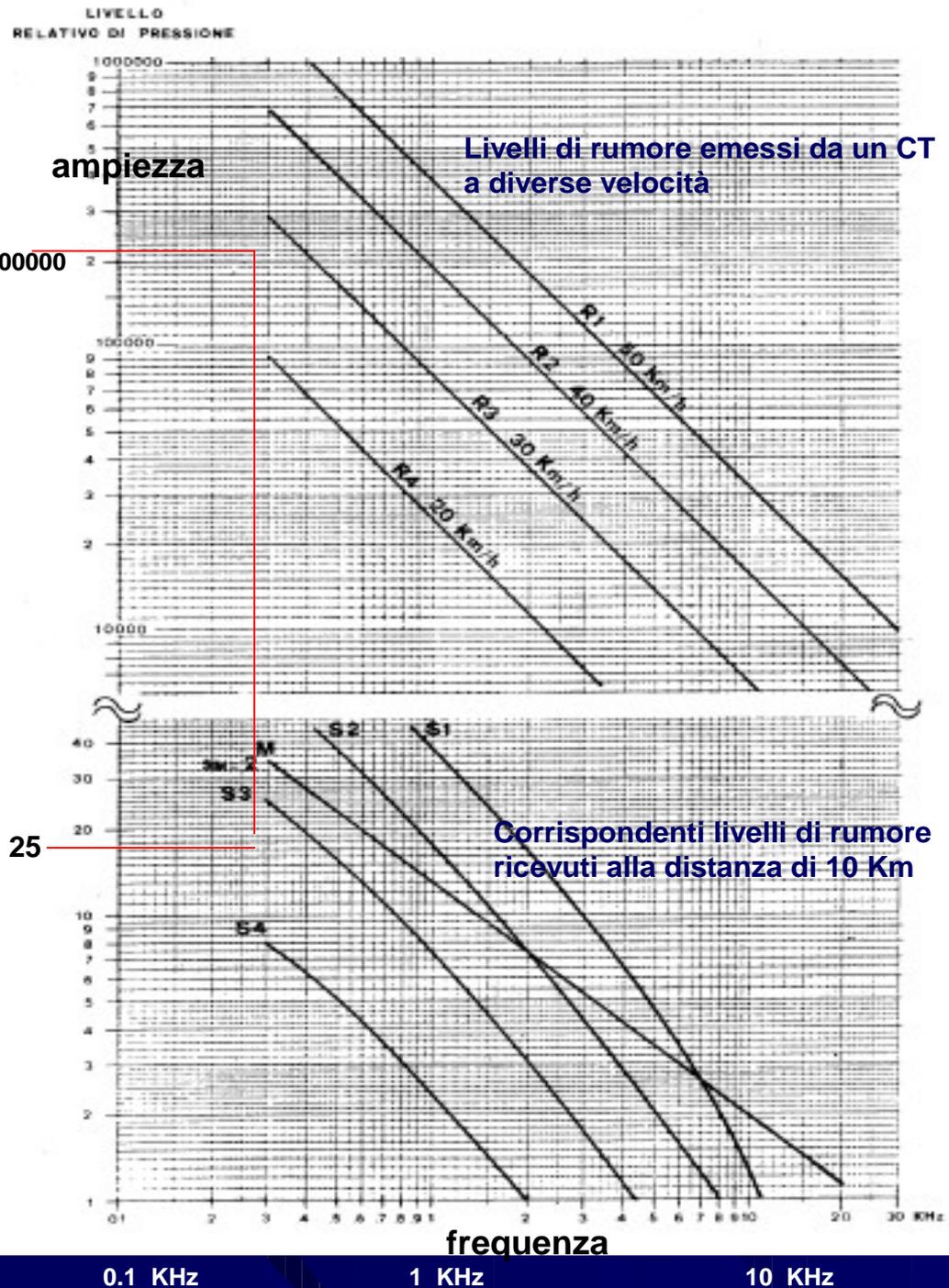


Il diagramma mostra lo spettro del rumore emesso dalla nave

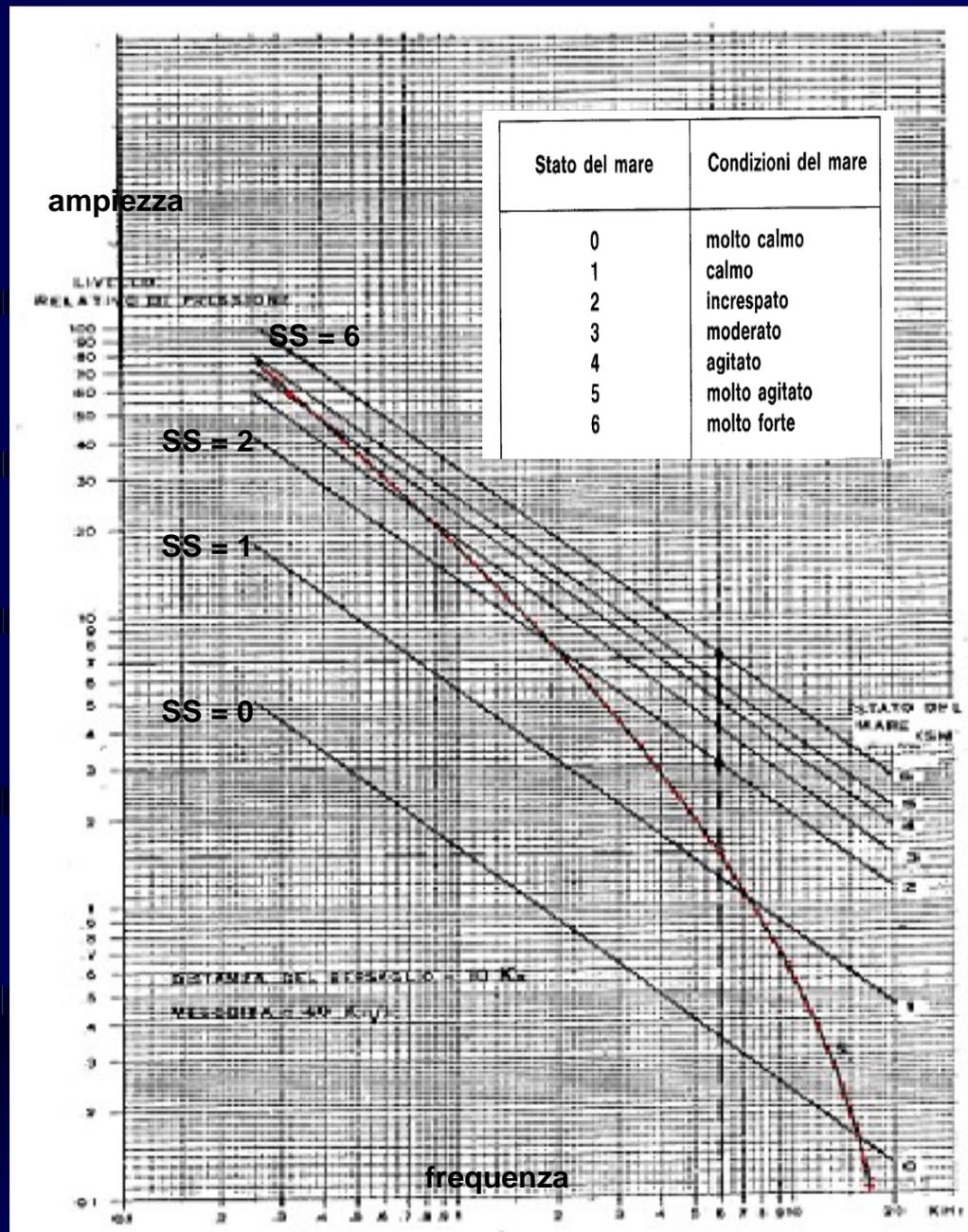


livelli dei rumori di un bersaglio ricevuti dal sonar

L'attenuazione dei rumori emessi è molto forte, dipende dalla distanza e dalla frequenza: nel grafico, ad esempio, un suono emesso a livello indicativo di 300000 viene ricevuto a livello 25



“sonar” livelli del rumore
 dell’ambiente marino
 comparati con il livello del
 segnale emesso da un CT a
 distanza di 30 Km che
 naviga a 40 Km / h



Come si visualizzano con il sonar gli scenari subacquei

“sonar” scenari subacquei

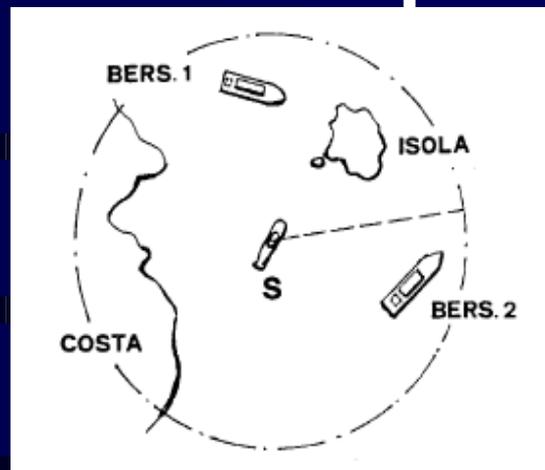
Il sonar di A riceve i rumori di B e D che sono in movimento, non riceve rumori da C essendo questo fermo



Il sonar di A dopo l'emissione dell'impulso riceve i gli echi dei tre battelli

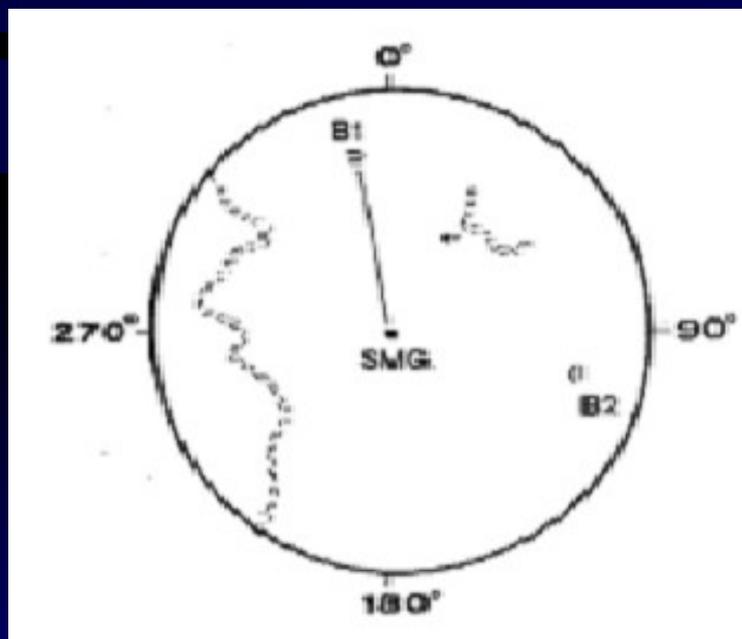


“sonar” visione dei bersagli subacquei

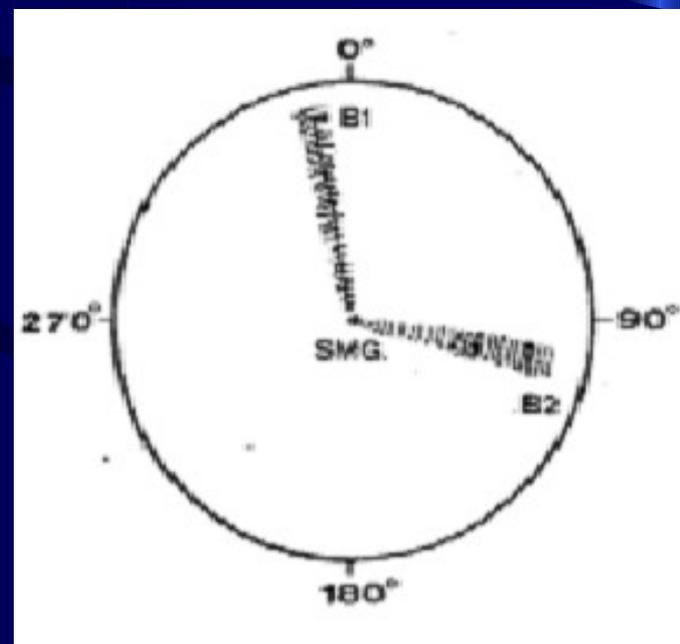


Scenario
subacqueo

Visione ostacoli dopo
emissione impulso

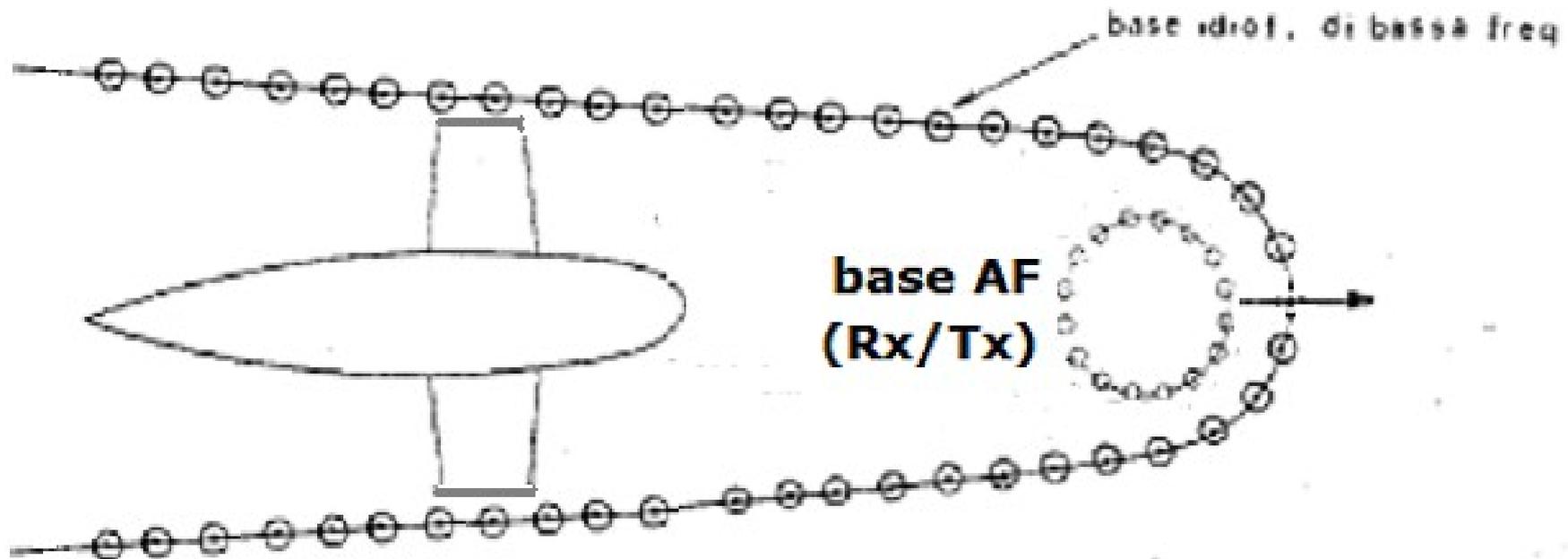


Visione ostacoli in fase di
ascolto passivo

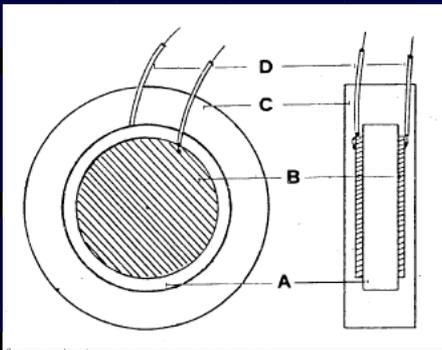


Sulle caratteristiche e la sistemazione dei sensori elettroacustici dei sottomarini

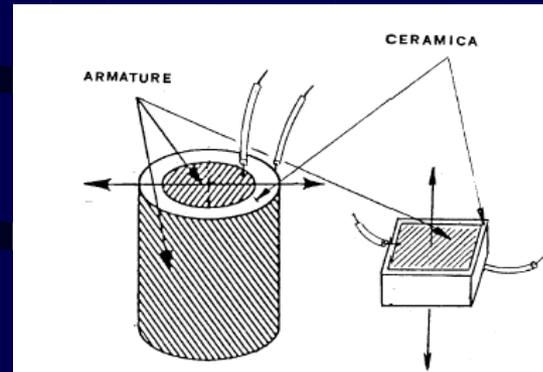
Disposizioni delle basi acustiche ric. / trasm. Sui sottomarini



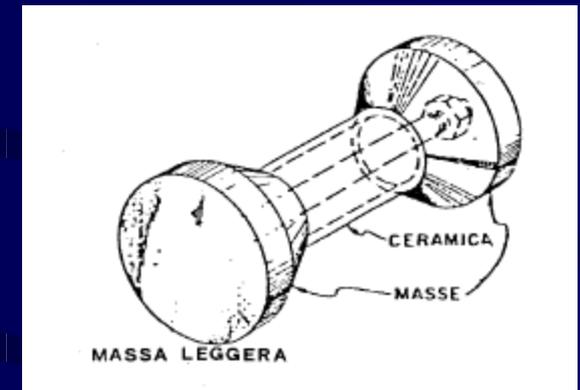
“sonar” sensori acustici piezoelettrici e idrofoni



sensore a dischetto

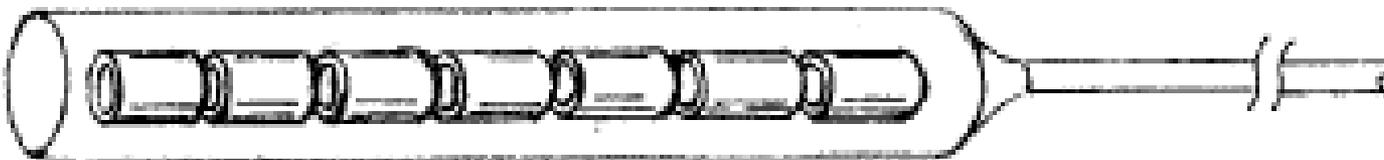


sensore a cilindro



Trasduttore con cilindri ceramici per
emissione

Idrofono composto da un insieme di sensori cilindrici



“sonar” idrofoni e basi di ricezione e trasmissione del sottomarino Sauro (1970)

Base ricevente / trasmittente a proravia

Diametro: circa 1 m: Cifra d guadagno = 26
 pari ad un incremento del segnale d 20 volte

Base ricevente sotto il falso scafo

Altezza: circa 1 m.

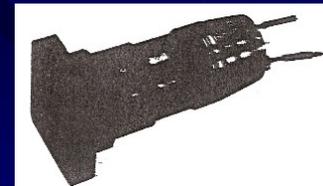
Perimetro: circa 16 m.



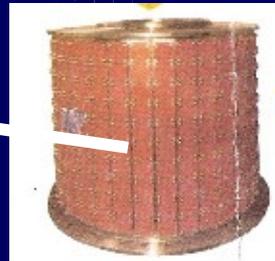
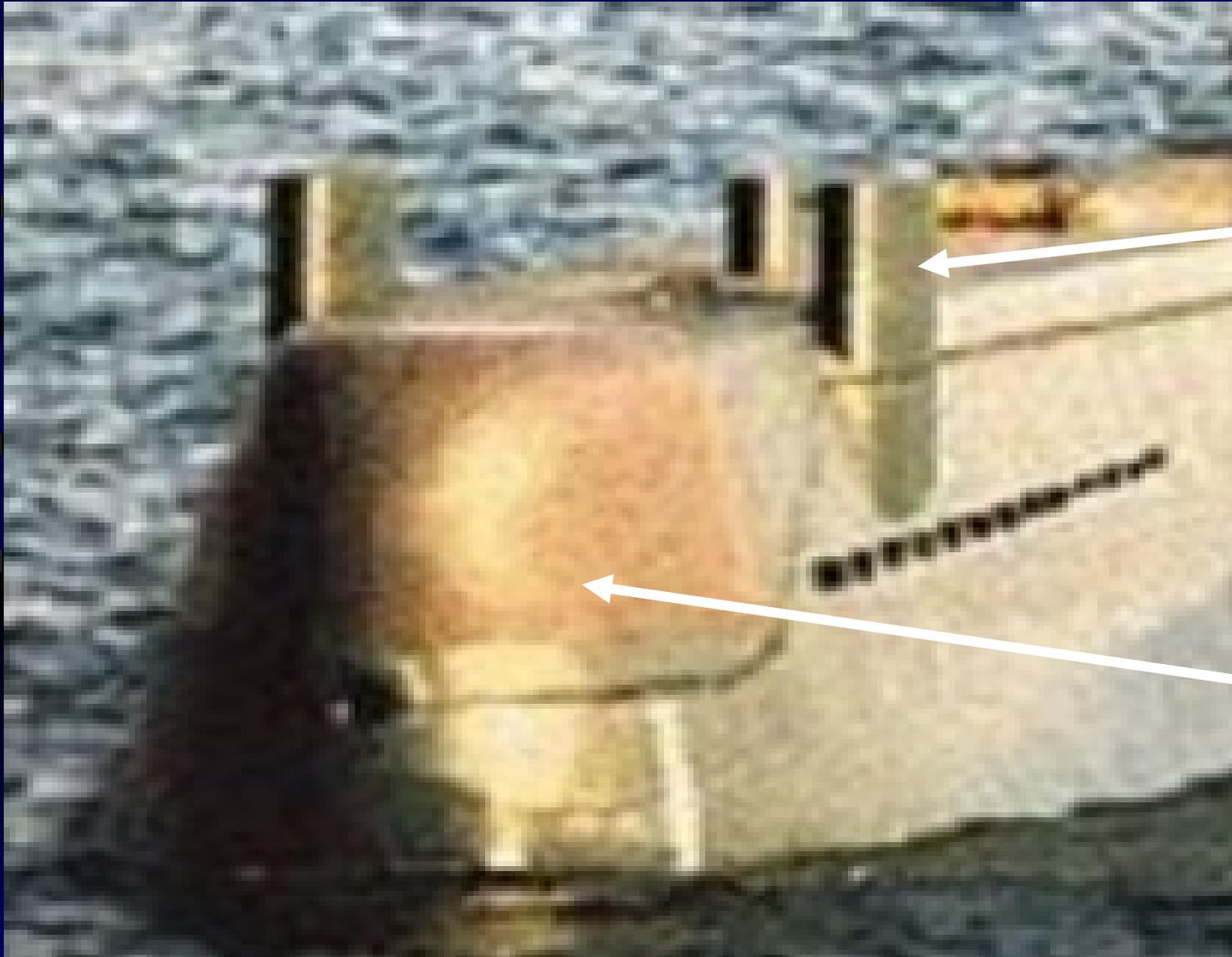
Singolo idrofono base ricevente



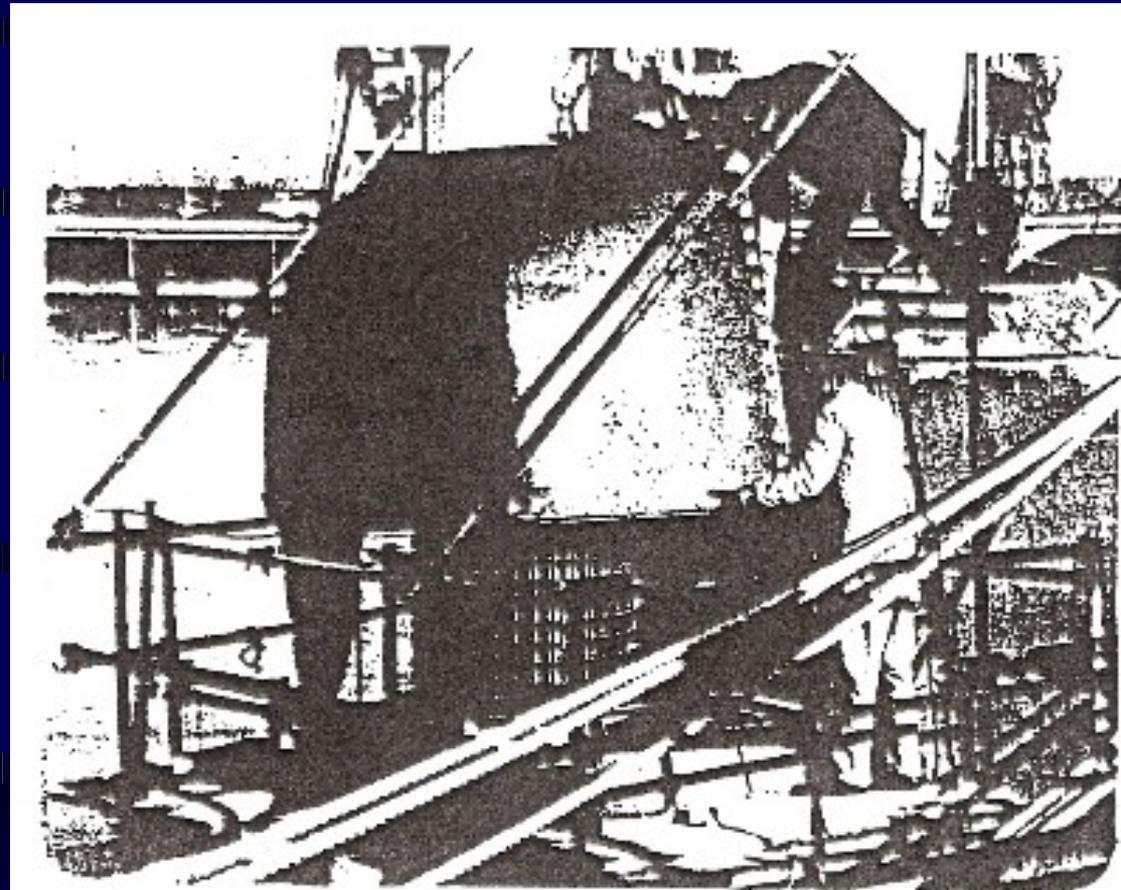
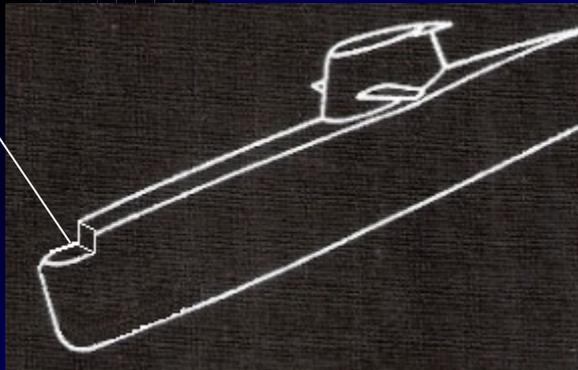
Singolo trasduttore base circolare



“sonar” basi acustiche smg Sauro – sopra scafo- -

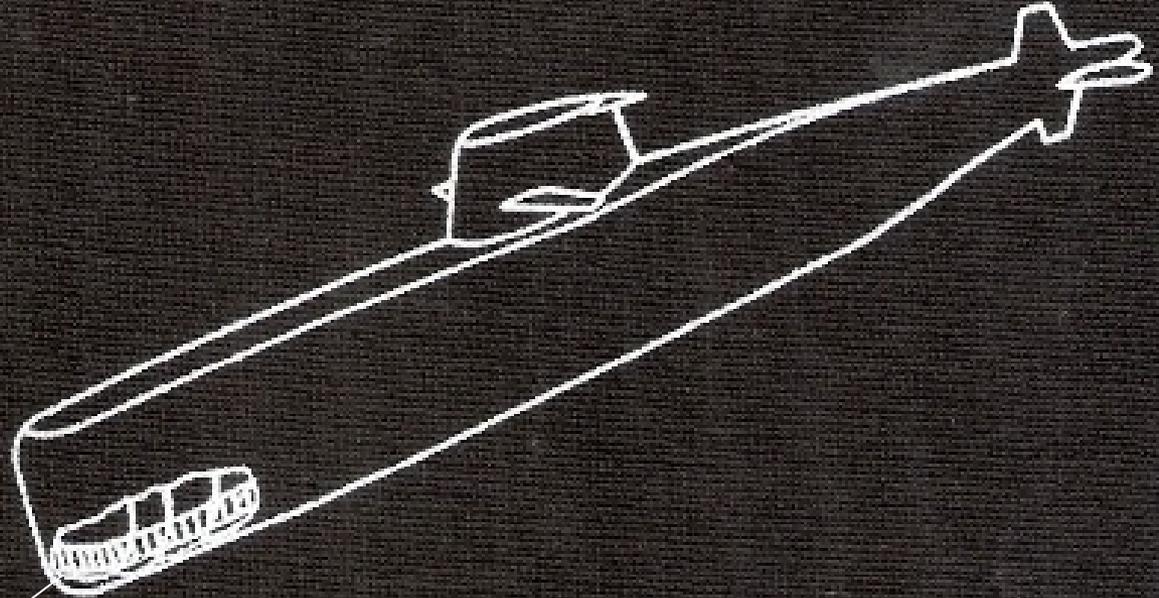


“sonar” basi acustiche: montaggio cuffia idrod. su Sauro.



“sonar” basi acustiche smg Sauro – sotto falso scafo -

Vista base ricevente dallo spaccato del falso scafo

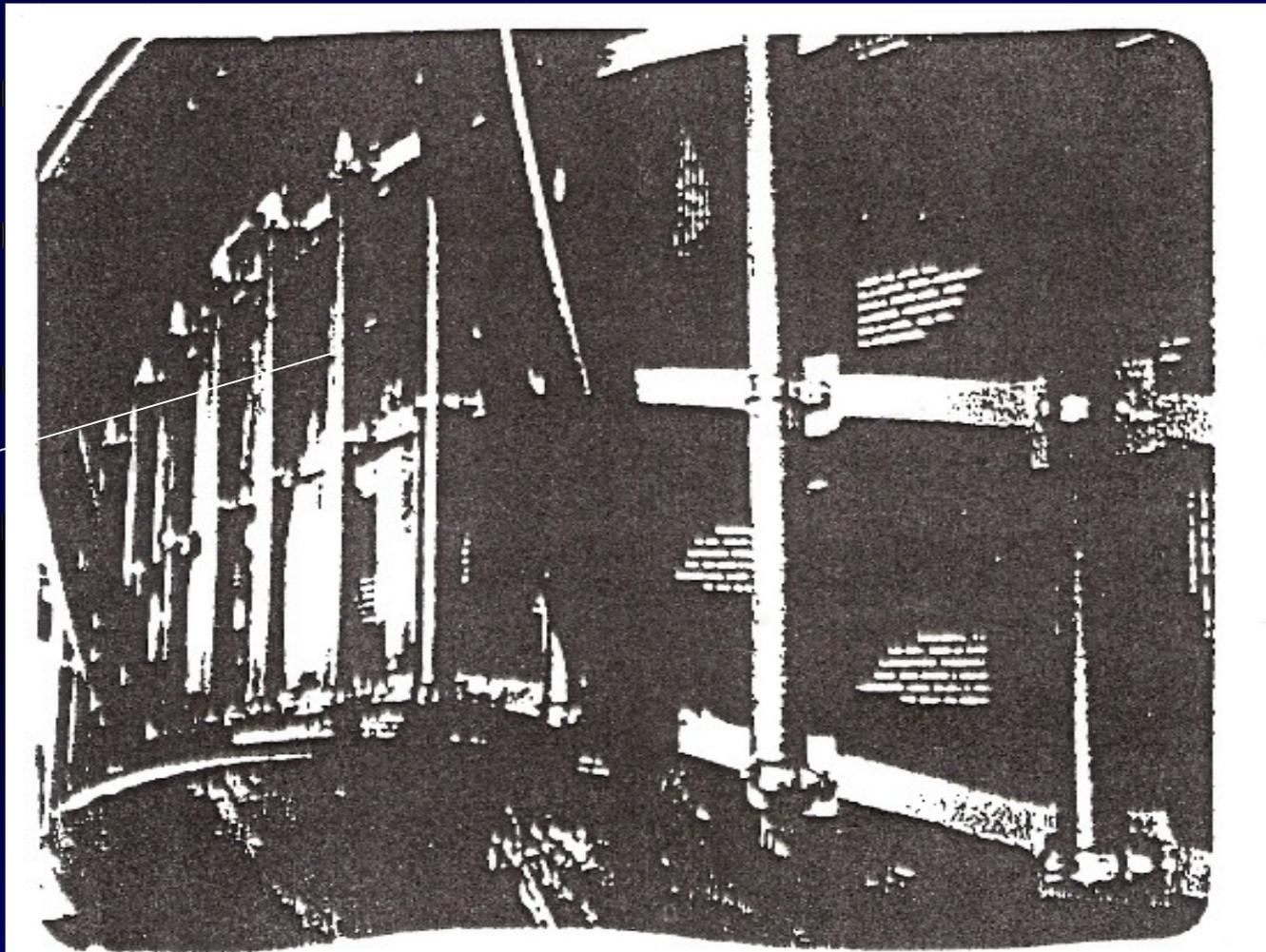


La base acustica del smg. Sauro e la sua caratteristica di direttività per l'abbattimento del rumore del mare

Dirett.



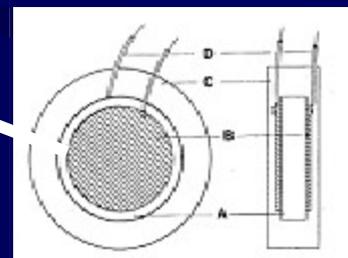
Particolare degli idrofoni montati sotto il falso scafo



“sonar” una delle 6 pinne del smg Sauro



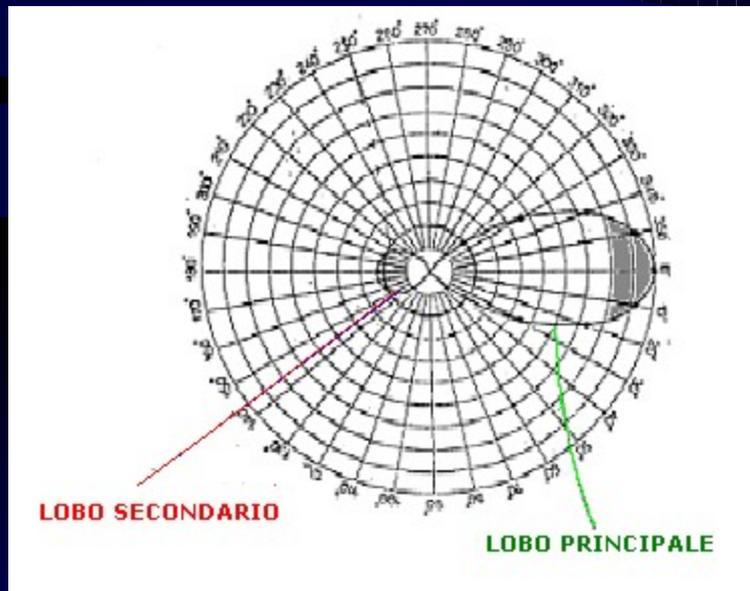
Pinna per
misuratore
passivo della
distanza



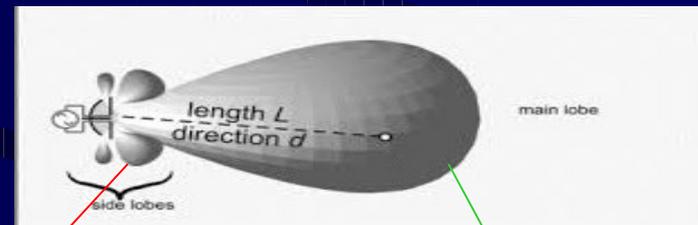
L'orientamento delle caratteristiche di direttività del sonar

L'orientamento della caratteristica di direttività di una base d'idrofoni -lobo ruotante manuale-

Sono ottimamente ricevibili soltanto le onde acustiche provenienti dalla direzione attorno al massimo della zona ombreggiata, la direzione può variare a comando dell'operatore al sonar



analogia

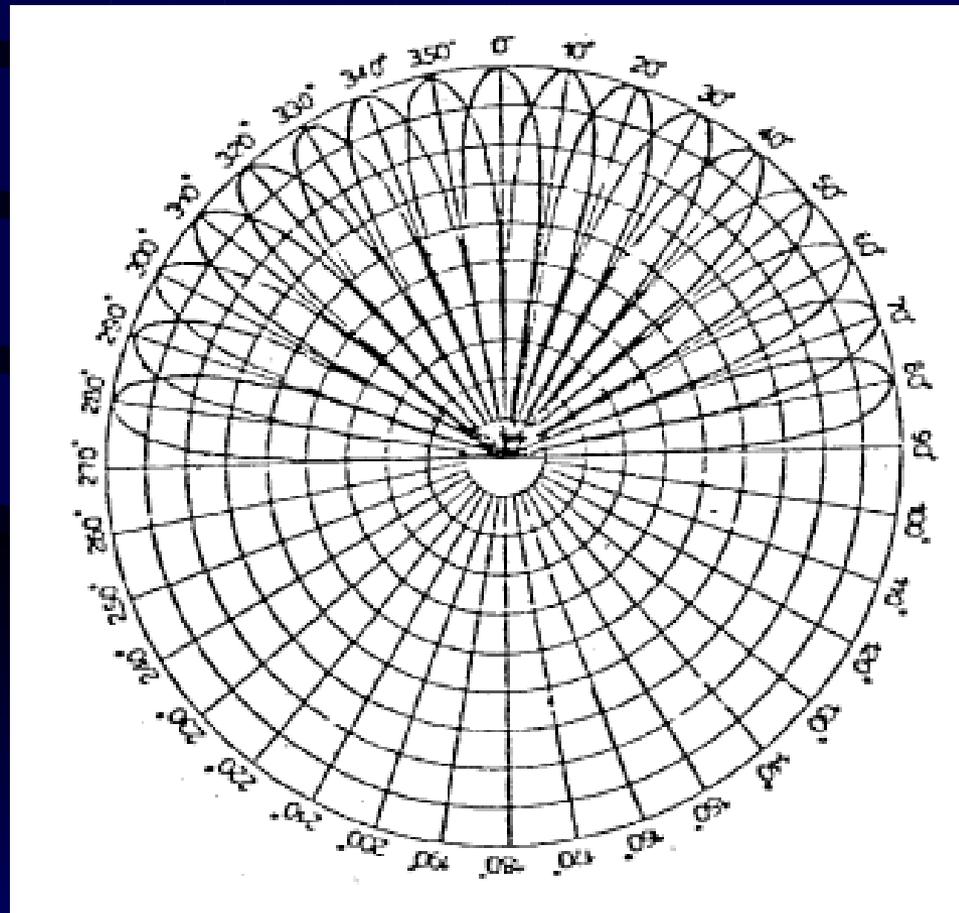


Lobo secondario

Lobo principale

“sonar” caratteristica di direttività di una base d'idrofoni –ricerca automatica su 360°-

Esplorazione



È l'equivalente di un
elevato numero di sistemi
di ricerca manuale che
operano simultaneamente

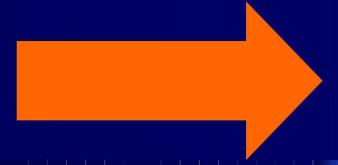
Simulazioni dinamiche di visualizzazione dei bersagli sul sonar

57 Emissione singolo impulso per ricerca bersaglio passivo su 360° Presentazione polare con rumore

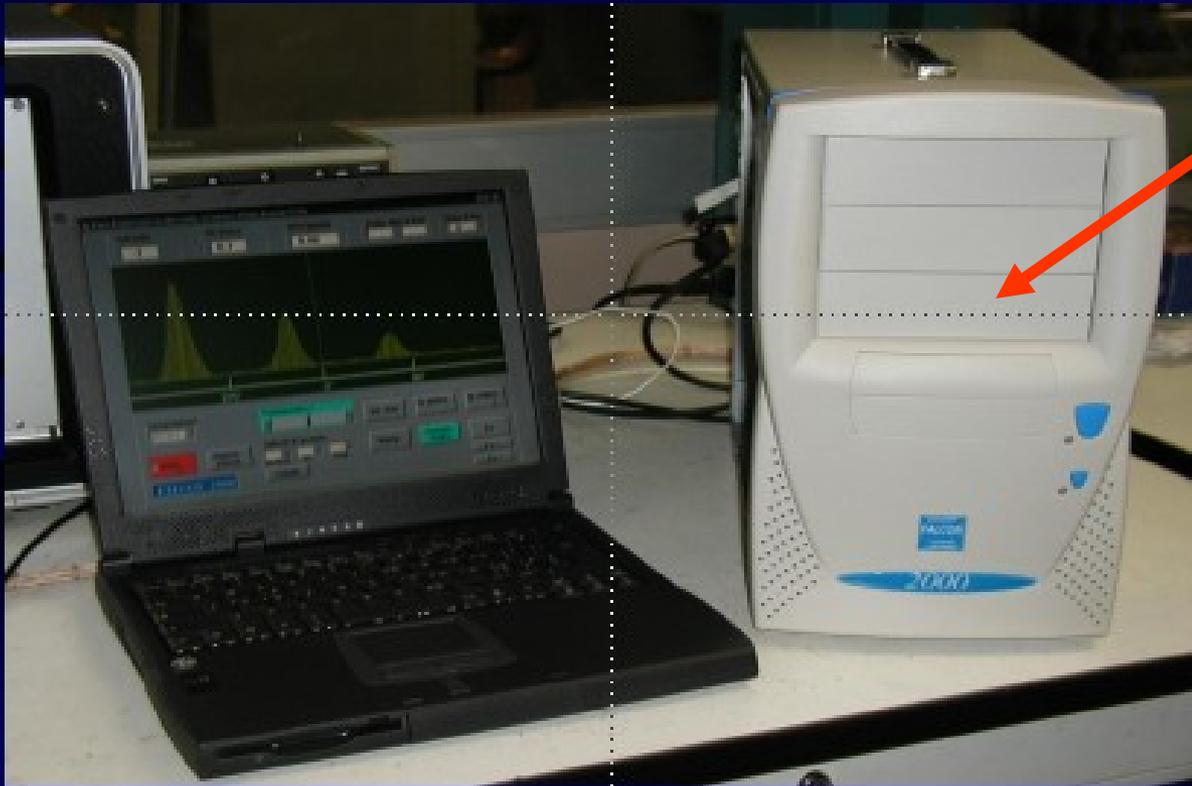


Ricerca bersaglio attivo nell'arco di 360°

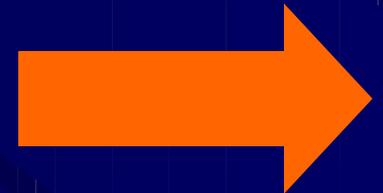
Presentazione a cascata con rumore



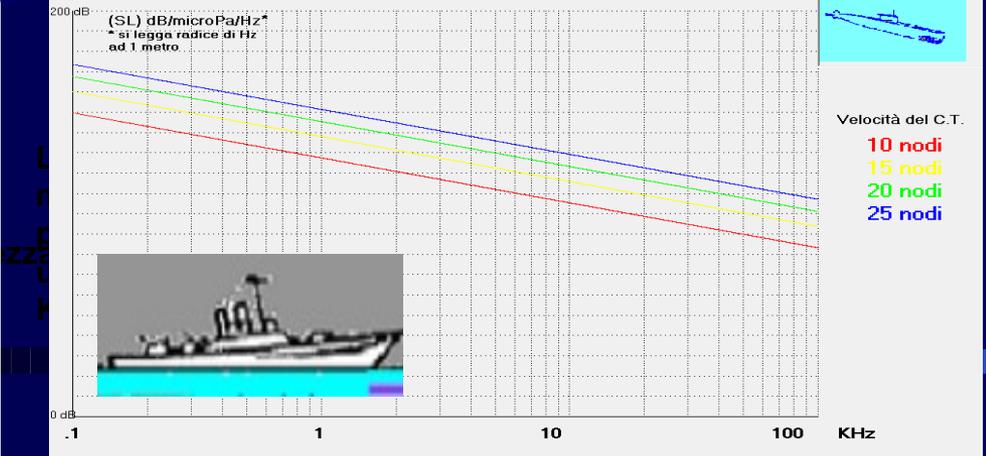
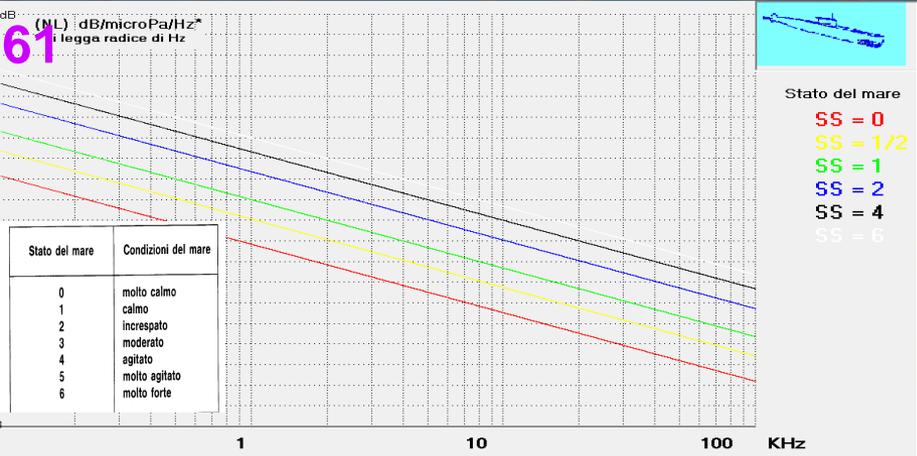
“sonar FALCON” il segnale del bersaglio e il disturbo del mare



**Presentazione
video con rumore**



**I livelli dei segnali e dei
rumori in mare per la
valutazione delle
portate di scoperta del
sonar**



Dati per la frequenza di 10000 Hz in dB/ μ Pa/Hz
 ($1 \mu\text{Pa} = 10^{-8} \text{ gr / cmq}$)

$SS = 2$

$V = 15 \text{ nodi}$
 (28 Km/h)

$S = 116 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$
 (630 μPa)

$R = 22 \text{ Km}$

$SS = 1$
 $N = 39 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$
 (89 μPa)

$S = 6 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$
 (2 μPa)

$S/N = 2/89$
 (- 33 dB)

Esame dei livelli del rumore dell'ambiente marino (ss = 1) comparati con il livello dei segnali emessi da un CT che naviga a 15 nodi alla distanza: R = 22 Km

2

$$TL = 60 + 20 \text{ Log} (R) + a R \quad (\text{prop. Sferica})$$

$$a = (0.1 fo^2) / (1 + fo^2) + (40 fo^2) / (4100 + fo^2) + (2.75 fo^2) / 10000 \quad (\text{Thorps})$$

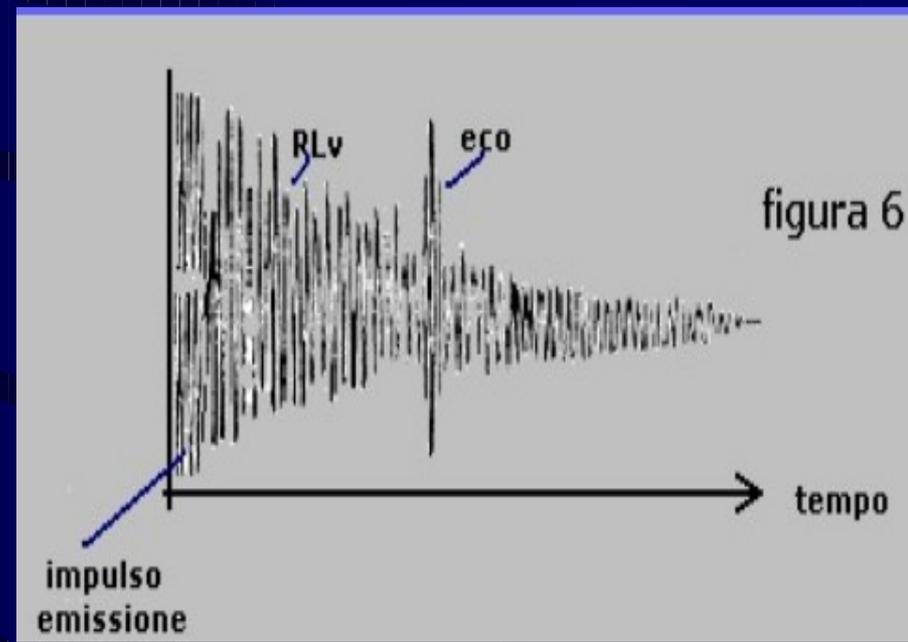
**Il fenomeno della
riverberazione a
seguito di emissione
impulsi acustici
penalizza la scoperta
sonar**

“sonar” dopo l’impulso la riverberazione

State ascoltando il fenomeno
dopo emissione impulso



Livello teorico del segnale di riverberazione



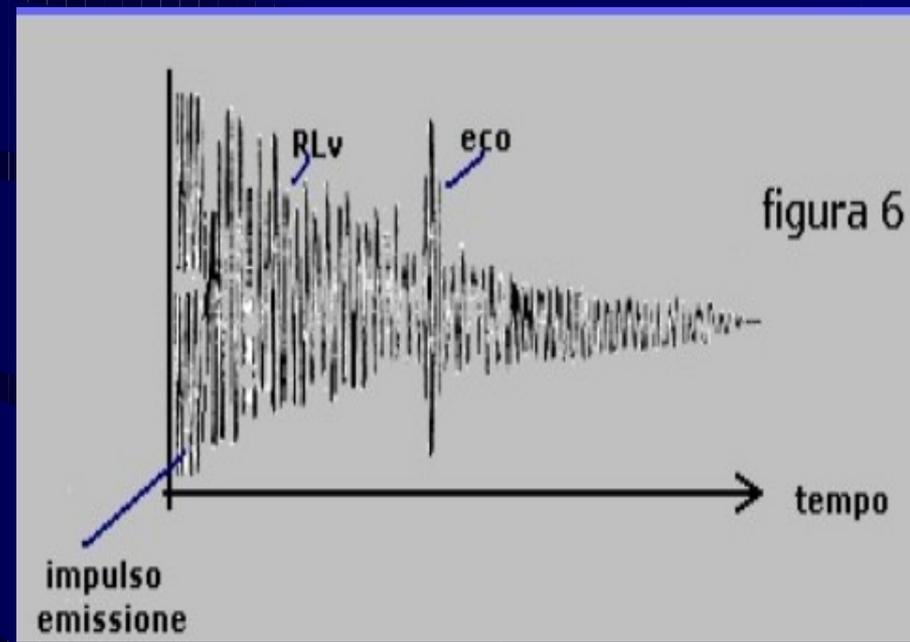
Segnale di riverberazione visualizzato dal vero

“sonar” dopo l’impulso la riverberazione

State ascoltando il fenomeno
dopo emissione impulso



Livello teorico del segnale di riverberazione

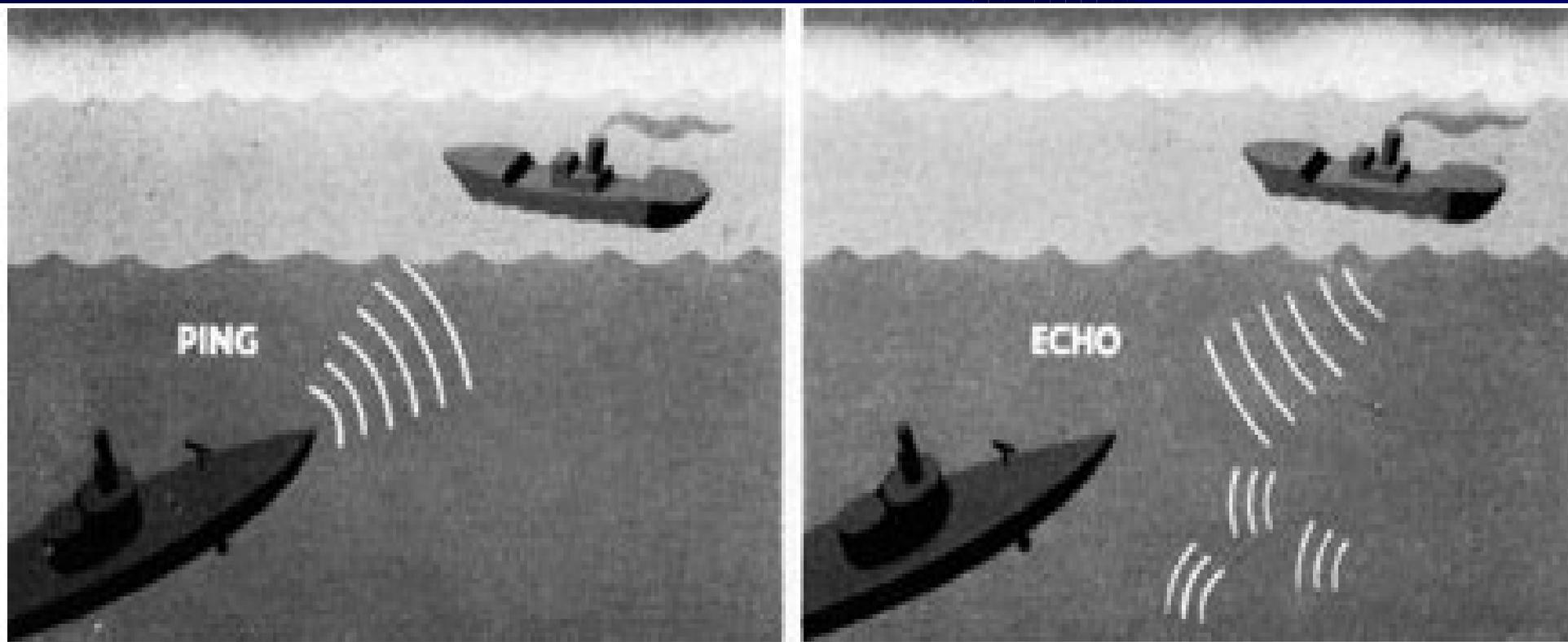


Segnale di riverberazione visualizzato dal vero

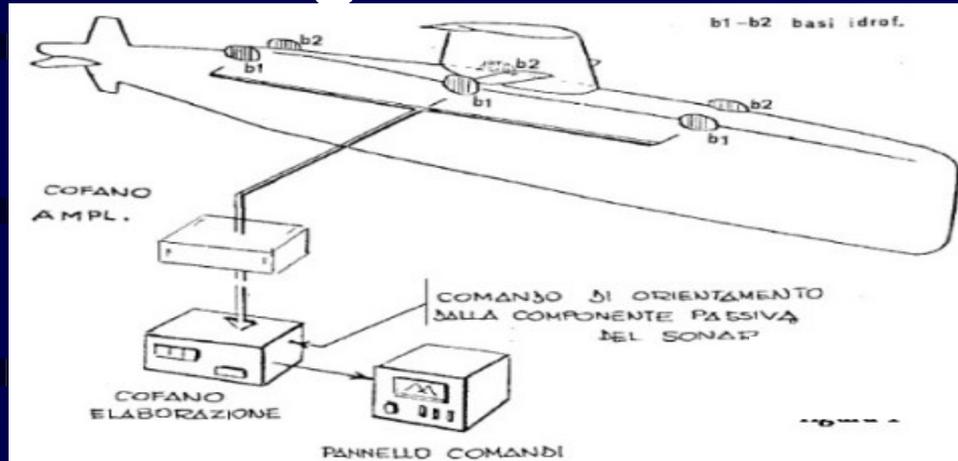
La misura della distanza del bersaglio con il sonar

“sonar” dopo l’impulso la misura della distanza

Misura della distanza sulla base del tempo tra emissione impulso e ricezione eco;
in questo modo operativo l'emissione rivela la posizione del sommergibile



“Sonar Sauro” la misura della distanza con il rumore emesso dal bersaglio

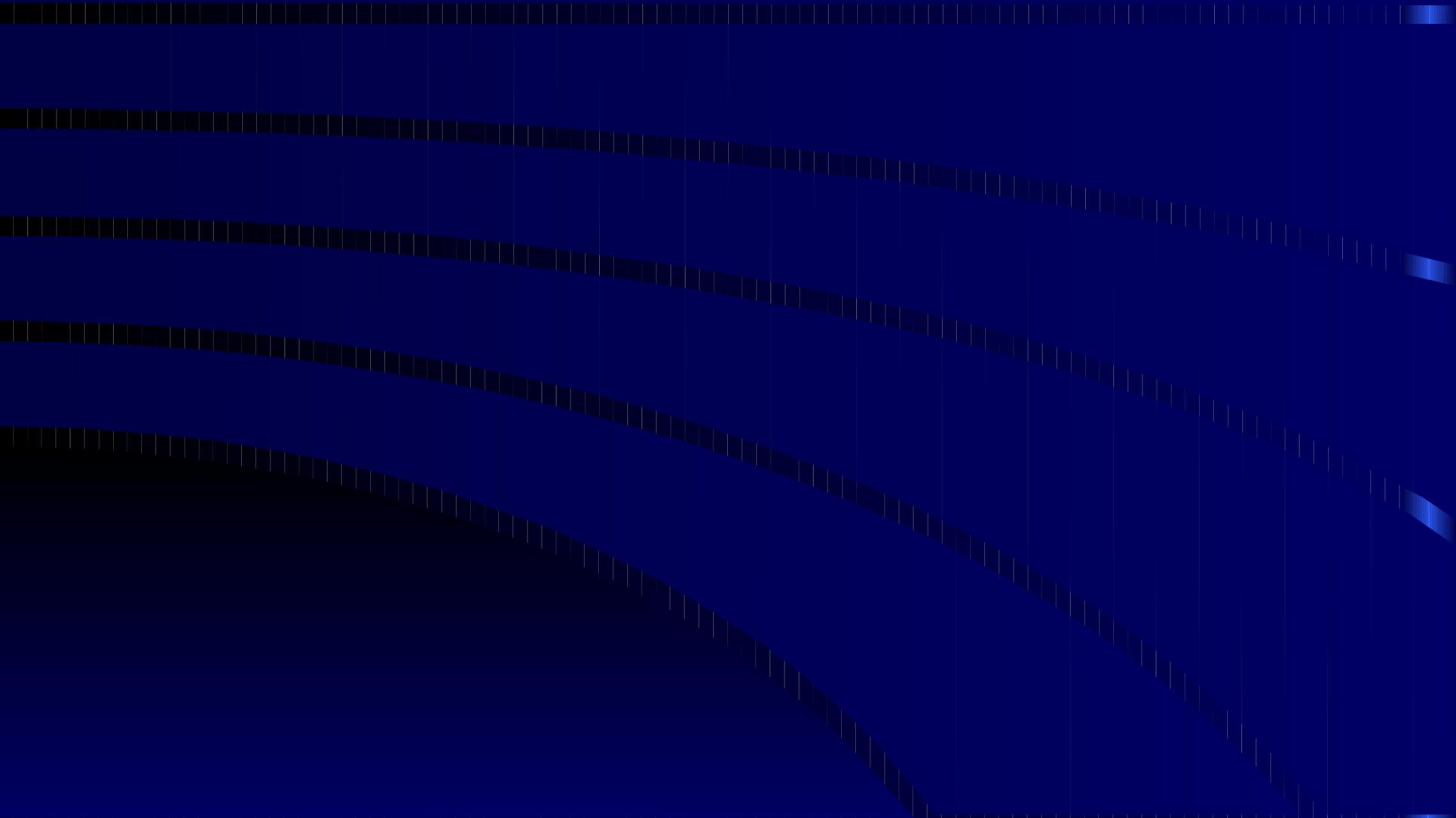


Misura della distanza sulla base delle caratteristiche temporali dell'onda emessa dal bersaglio.

Metodo di misura che non rivela la posizione del sommergibile.



Siluri e sottomarini



Esercitazione con siluro verso il un sottomarino

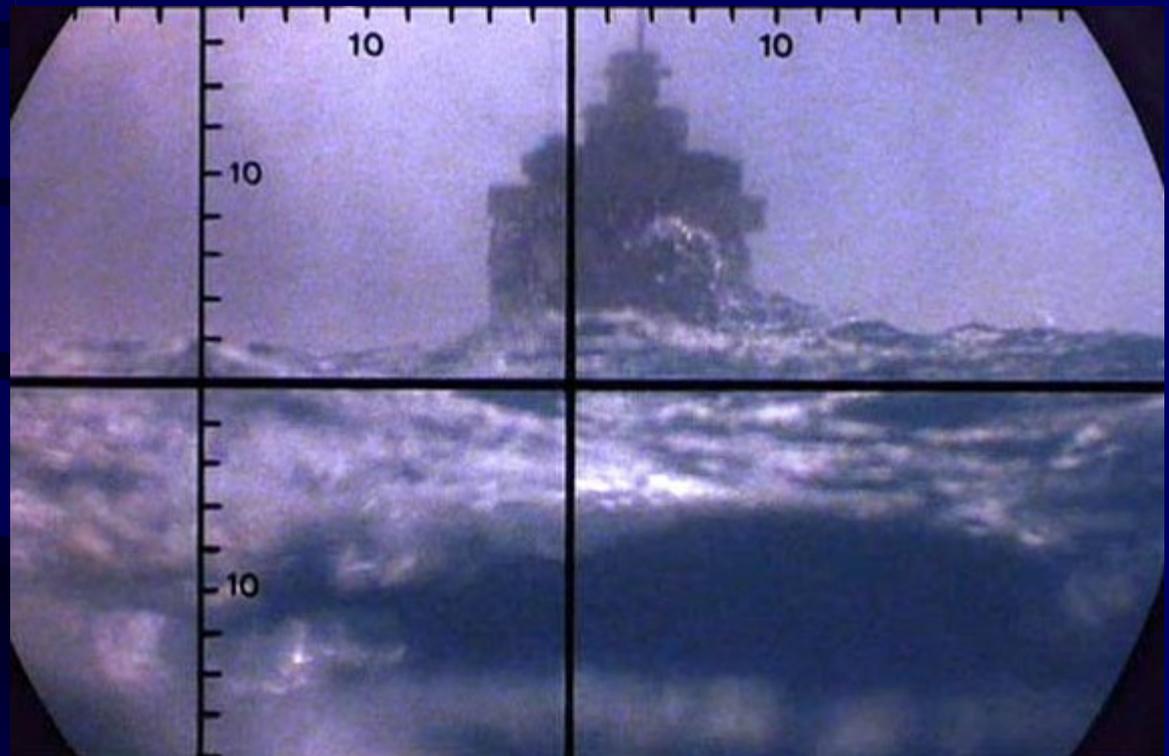
La minaccia in avvicinamento



“sonar” rumori da lancio di un siluro –ascolto–

Audio da registrazione dal vero per siluro lanciato contro nave bersaglio in disarmo

State ascoltando i
rumori ricevuti dal
sonar a seguito del
lancio di un siluro



Gli idrofoni per l'ascolto dei suoni in mare

**Microfono da sala
per captare le
onde acustiche in
aria**



Nel 1930 Sfera cava

**Gli idrofoni sono gli analoghi dei
microfoni da sala adattati
all'ambiente subacqueo per
captare le onde acustiche in acqua**

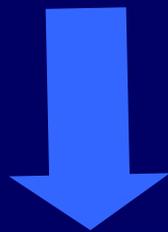
**Ai giorni d'oggi:
Idrofono a stecca
-piezoelettrico-**



Idrofono a pistone



**Numerosi gli idrofoni nascosti
nei sommergibili**



“sonar” caratteristica di direttività di una base idrofonica – lobo di ricerca bersaglio-

Sono ottimamente ricevibili soltanto le onde acustiche provenienti dalla direzione attorno al massimo della zona ombreggiata, la direzione può variare a comando dell'operatore al sonar

