



CAPITOLO 3

Caratteristiche delle basi idrofoniche

3.1) Osservazioni sulle tensioni idrofoniche.

Prima di iniziare la descrizione delle caratteristiche delle basi idrofoniche è necessario conoscere le particolarità delle tensioni provocate dal rumore ricevuto.

Queste tensioni sono generate ai capi delle stecche dalle pressioni acustiche prodotte dai rumori irradiati dai bersagli o dai disturbi dell'ambiente subacqueo.

Esse non hanno andamento periodico come invece la nota pura di un diapason o la frequenza degli impulsi emessi dal sonar. Le tensioni idrofoniche sono variabili in "ampiezza" e "polarità" secondo andamenti casuali, che si manifestano nel tempo.

Se supponiamo di visualizzare sullo schermo di un oscilloscopio una di tali tensioni, in un piccolo intervallo di tempo, per confrontarne l'aspetto con una tensione prodotta da una stecca idrofonica che riceve una nota pura, otteniamo i due grafici di Fig. 3.1.

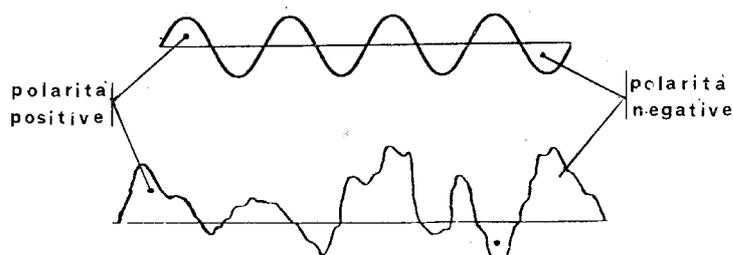


fig. 3.1 Tensione sinusoidale e tensione di rumore

La curva in alto rappresenta la tensione dovuta alla nota pura: essa ha un andamento periodico, con polarità e ampiezze regolarmente distribuite (proprie della sinusoide).

La curva in basso, relativa al rumore, mostra che l'ampiezza è variabile nel tempo disordinatamente e che la polarità (segno algebrico della tensione

in ogni istante) è distribuita a caso, tanto nel campo dei valori positivi, quanto in quello dei valori negativi.

Nel prosieguo delle descrizioni di questo lavoro sarà impiegato sovente il concetto di somma algebrica di tensioni di rumore, per mettere in risalto la diversità esistente tra la somma di quelle che hanno sempre ampiezza e polarità istantanee uguali, rispetto ad altre che non hanno tale particolarità. Questo tipo di operazione è facilmente spiegata dall'osservazione delle Fig. 3.2/a e 3.2/b.

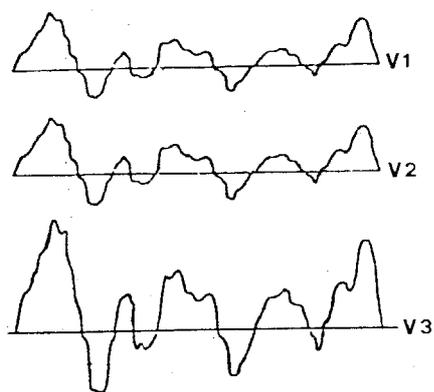


fig. 3.2/a Tensioni di rumore
Somma del 1° tipo

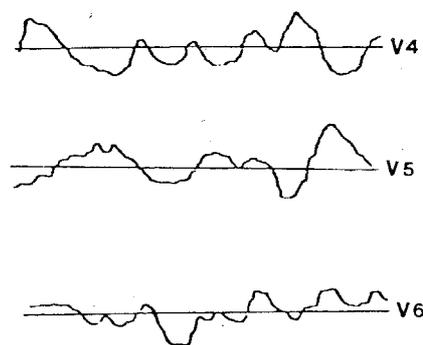


fig. 3.2/b Tensioni di rumore
Somma del 2° tipo

Nella Fig. 3.2/a è indicato il procedimento di somma tra due tensioni di rumore, V1 e V2, che hanno sempre, nello stesso istante, uguale ampiezza e polarità. La somma delle tensioni è rappresentata dalla tensione V3: essa è ottenuta addizionando algebricamente, punto per punto, i livelli di V1 e V2. Dato che questi sono uguali tra loro, la tensione V3 ha lo stesso andamento delle due e ampiezza doppia (somma del 1° tipo).

Nella Fig. 3.2/b è indicato invece il procedimento di somma tra due tensioni di rumore, V4 e V5, che non hanno sempre, nello stesso istante, ampiezza e polarità uguali, la tensione V6, somma delle due, ottenuta addizionando algebricamente, punto per punto, il livelli di V4 e V5, può raggiungere soltanto casualmente, in alcuni punti, il doppio dell'ampiezza di queste e perciò, mediamente, ha un livello inferiore a V3 (somma del 2° tipo). La differenza dei livelli tra la somma del 1° tipo e quella del 2° tipo aumenta con il numero delle tensioni che contribuiscono ad essi: ciò consente una più facile distinzione tra somme di tensioni che hanno sempre, nello stesso istante, uguale ampiezza e polarità e somme tra tensioni che hanno diversa ampiezza e polarità istantanea.

3.2) Direttività verticale di una base ricevente.

La base idrofonica in un sonar rappresenta, come è stato già accennato nel paragrafo 1.7.1.1), il mezzo con il quale si captano le onde acustiche dei bersagli allo scopo di determinarne la posizione nello spazio subacqueo. Compito preminente della base è il ricevere la maggior quantità possibile di energia sonora, proveniente dai bersagli, che d'ora in poi chiameremo "segnale", riducendo al minimo la ricezione dei disturbi presenti nell'ambiente subacqueo.

Questo tipo di "selezione" deve essere fatto prevalentemente a livello acustico perché, una volta tradotte le pressioni acustiche in corrispondenti tensioni elettriche, risulta molto difficile eliminare i disturbi che inquinano il segnale. Per addentrarci in questa problematica dobbiamo fare un'osservazione di carattere geometrico facendo riferimento alla Fig. 3.3.

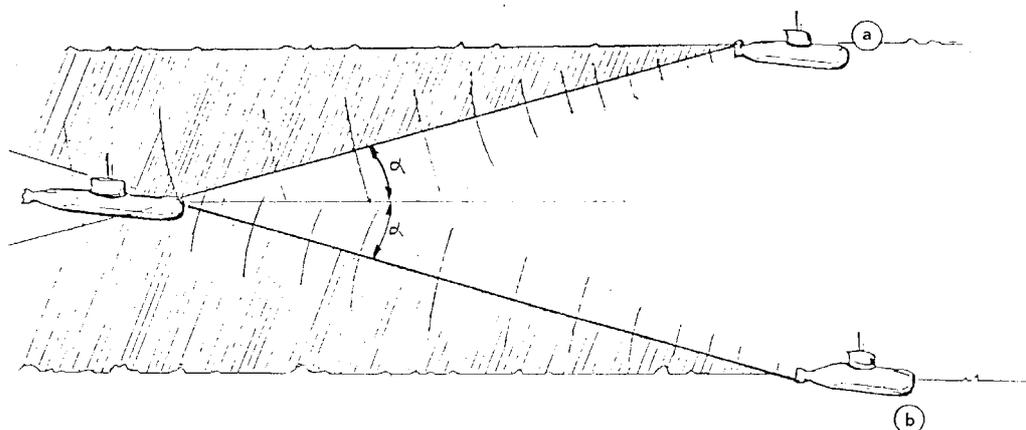


fig. 3.3 Angolo utile per la scoperta di bersagli attivi

Consideriamo un sommergibile in immersione a 300 metri di profondità, con un fondale distante da esso altri 300 metri; se supponiamo che un bersaglio sia posto in superficie a) o sul fondo b), alla distanza di 1000 metri, l'angolo α formato dalla congiungente bersaglio-sommergibile con l'asse della base, dal calcolo risulta essere di circa 18° , se ripetiamo l'osservazione ipotizzando distanze maggiori tra bersaglio e sommergibile vediamo che l'angolo α diventa ancora più piccolo.

Le condizioni prese ad esempio sono tipiche, ma ipotizzando altri casi non cambierebbe molto la sostanza dell'osservazione che ora andiamo a fare:

la base idrofonica di Fig. 3.3., per ricevere il segnale nel piano verticale, utilizza soltanto un angolo di circa 36° (18° verso l'alto e 18° verso il basso), la

restante parte del piano, che nella figura risulta tratteggiata, non serve ai fini della localizzazione.

Di qui l'esigenza di rendere la base sensibile soltanto in un piccolo settore, in modo da evitare che essa capti il disturbo ambiente in quella parte di piano che non interessa la ricezione dei segnali.

Il problema viene risolto utilizzando, come elementi sensibili della base, dei gruppi di idrofoni sistemati in strutture rettilinee verticali dette stecche idrofoniche. A queste strutture abbiamo già accennato nel paragrafo 2.5. a proposito della necessità di formare degli insiemi di elementi aventi direzione preferenziale di ricezione, cioè buone doti di direttività.

3.3) Le stecche idrofoniche.

Le stecche idrofoniche sono formate da gruppi di idrofoni montati in linea come indicato in Fig. 3.4.

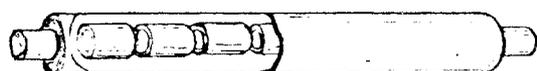


fig. 3.4 Stecca idrofonica

Essi sono collegati elettricamente fra loro e ricoperti di plastica speciale, sono fissati ad un adatto supporto che ne consente il montaggio sulla base così come indicato in Fig. 3.5.

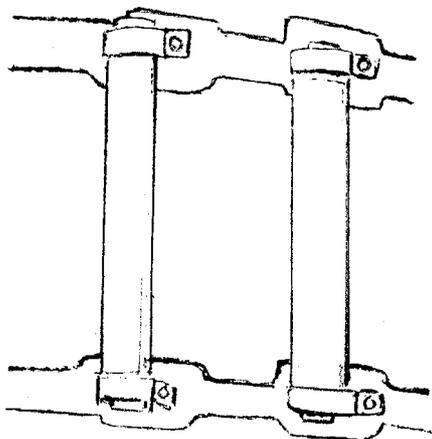


fig. 3.5 Montaggio a scafo delle stecche idrofoniche

La direttività delle stecche idrofoniche dipende, come per gli idrofoni singoli, dalle dimensioni e dalla frequenza di lavoro che vengono ottimizzate

per ottenere la massima immunità al disturbo.

Nel diagramma di Fig. 3.6. è tracciata una tipica curva di direttività, nel piano verticale, di una stecca idrofonica che è idealmente posizionata al centro dei cerchi; in esso si osserva che la massima sensibilità si ha nei lobi principali della curva, per le direzioni simmetriche e normali all'asse longitudinale e che, per direzioni al di là dei venti gradi, la sensibilità decresce molto rapidamente. Si osserva inoltre che il tracciato presenta dei "rigonfiamenti al centro" (lobi secondari) che indicano in quella zona una tendenza, non desiderata, al recupero della sensibilità.

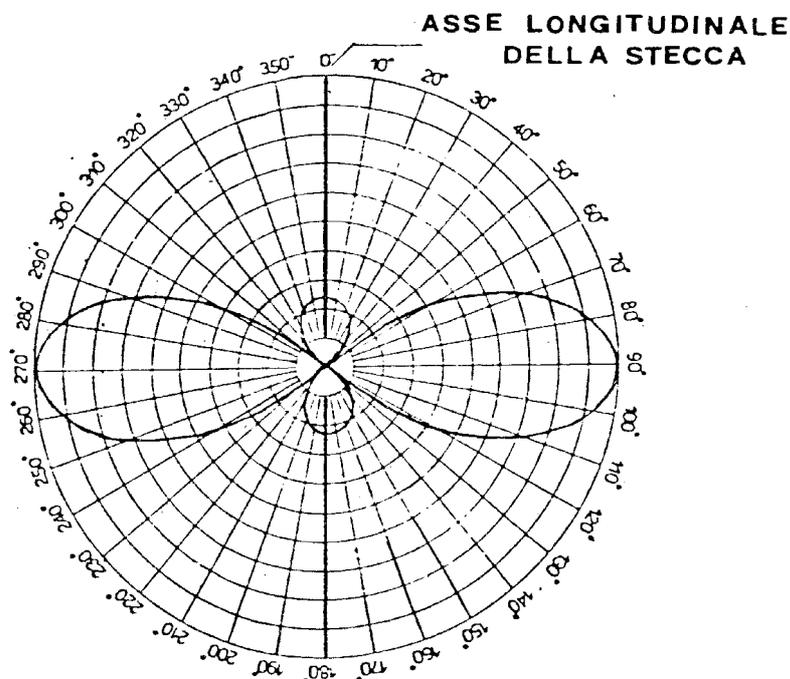


fig. 3.6 Direttività verticale di una stecca idrofonica

La figura mostra la caratteristica in uno degli infiniti piani verticali passanti per l'asse longitudinale della stecca. Se ruotiamo nello spazio il diagramma otteniamo un solido che rappresenta la direttività tridimensionale della stecca così come è visibile in Fig. 3.7: questa è la direttività reale che la stecca presenta nello spazio subacqueo.

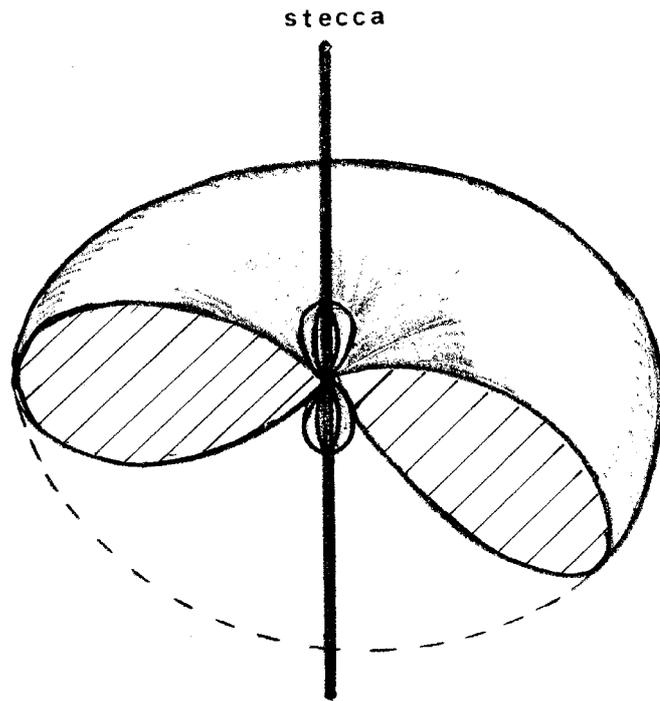


fig. 3.7 Direttività spaziale di una stecca idrofonica

Vediamo ora come si forma la direttività in ricezione di una stecca idrofonica facendo riferimento alla Fig. 3.8.

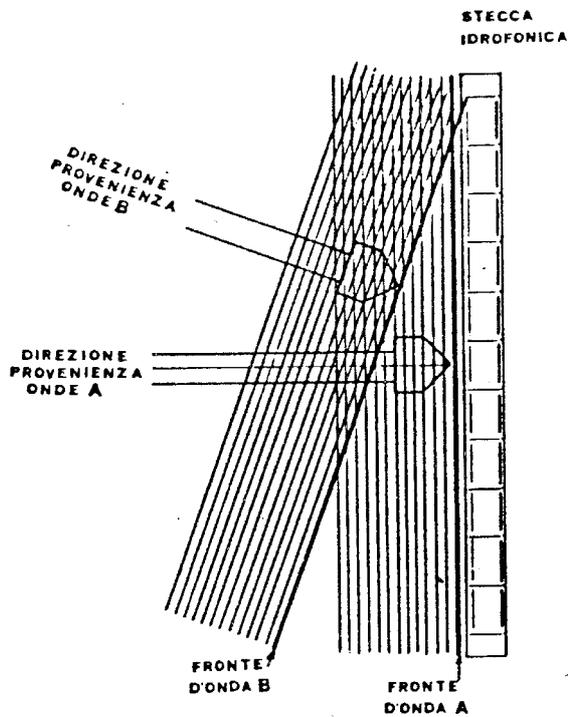


fig. 3.8 Geometria di formazione della direttività verticale

Quando il fronte d'onda che colpisce gli idrofoni della stecca è parallelo all'asse (fronte d'onda A), essi ricevono in ogni istante la stessa pressione. Ciascun elemento genera una tensione elettrica avente ampiezze e polarità istantanee sempre uguali a quelle della tensione generata dall'elemento ad esso adiacente. Essendo gli elementi collegati in serie le tensioni si sommano: in questo caso la tensione in uscita dalla stecca idrofonica sarà massima.

Quando invece il fronte d'onda che colpisce gli idrofoni della stecca non è parallelo all'asse (fronte d'onda B), essi non ricevono più la stessa pressione nello stesso istante perché vengono colpiti in tempi diversi.

Per primo viene colpito l'idrofono più in alto e per ultimo quello più in basso.

Di conseguenza le tensioni elettriche generate dai singoli elementi non hanno sempre uguali né le ampiezze né le polarità istantanee, perciò la tensione somma all'uscita dalla stecca idrofonica sarà inferiore alla massima ottenibile.

Nella formazione della caratteristica di direttività si ha la comparsa, inevitabile, dei lobi secondari che sono dovuti a particolari combinazioni, in ampiezza e polarità, delle tensioni generate dagli idrofoni; dedicheremo il paragrafo 3.10 all'esame dell'influenza che i lobi secondari hanno nel funzionamento del sonar.

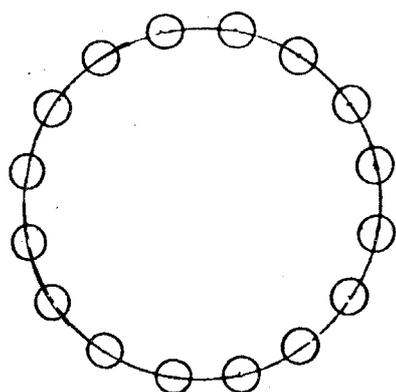


fig. 3.9 Schema di base idrofonica circolare

Per concludere possiamo dire che la tensione in uscita dalla stecca idrofonica varia in funzione della direzione di provenienza del suono rispetto al-

l'asse longitudinale, creando la direttività del gruppo degli elementi allineati. D'ora in poi, quando parleremo di un elemento acustico sensibile, facente parte di una base idrofonica, intenderemo sempre che questo sia una stecca e nel disegnare schematicamente le basi questo comparirà soltanto come un cerchietto (vedi Fig. 3.9)

3.4) Direttività verticale di una base di emettitori.

Il problema che abbiamo esaminato a proposito della direttività in ricezione di una base idrofonica si pone, anche se in termini diversi, per le basi di emettitori.

Il compito di una base di emettitori è di convogliare la massima quantità di energia verso i bersagli che ne devono riflettere l'eco e che si possono presentare, in un caso tipico, come mostrato in Fig. 3.10.

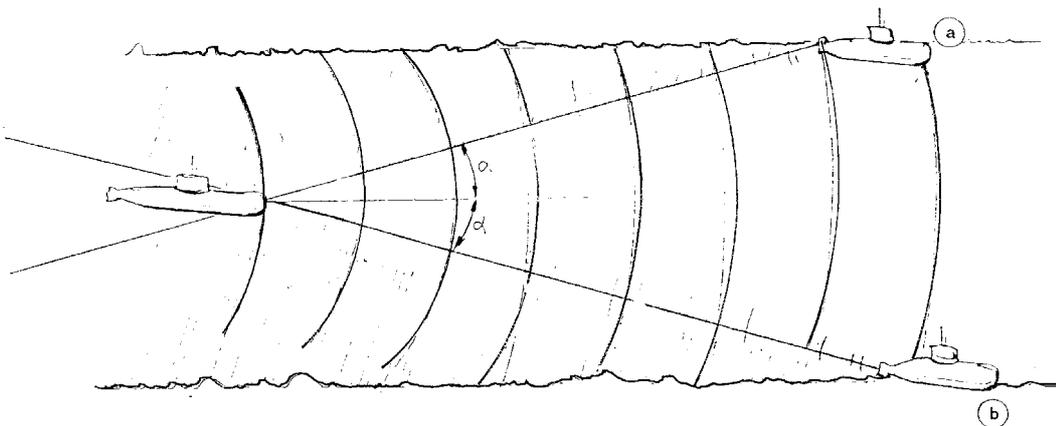


fig. 3.10 Angolo utile per la scoperta dei bersagli passivi

Se il sommergibile è nelle stesse condizioni di quota e di distanza già considerate nell'esempio di Fig. 3.3, gli angoli α , formati dalle congiungenti bersagli-sommergibile e l'asse della base, sono di circa 18° : perciò l'energia emessa al di fuori di questi settori non è utile ai fini della localizzazione. E' opportuno quindi che l'emissione avvenga in un arco di circa 36° del piano verticale, concentrando in esso tutta l'energia disponibile.

Il problema viene risolto in modo analogo a quello della base di ricezione, utilizzando gruppi di idrofoni emittenti, sistemati in strutture rettilinee

verticali dette stecche di emettitori; queste strutture presentano direttività confacenti alle necessità del caso.

3.5) Stecche di emettitori.

Le stecche di emettitori sono formate da gruppi di idrofoni emittenti montati come indicato in Fig. 3.11.

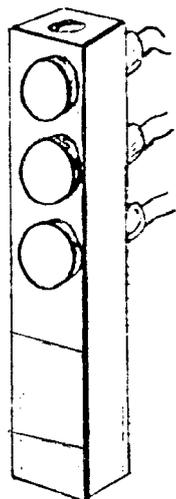


fig. 3.11
Stecca di emettitori

Essi sono collegati elettricamente fra loro e alloggiati in un supporto metallico dal quale si affacciano soltanto le masse vibranti. Le stecche di emettitori sono fissate alla base di emissione così come indicato in Fig. 3.12.

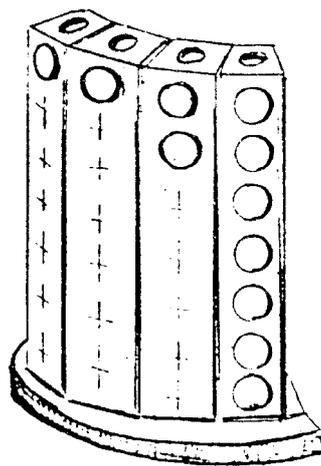


fig. 3.12 *Spaccato di base di emettitori*

La direttività verticale delle stecche dipende, come per gli idrofoni, dalle dimensioni e dalla frequenza di lavoro che vengono ottimizzate per otte-

nera le prestazioni desiderate.

Nel diagramma di Fig. 3.13 è tracciata una possibile caratteristica di direttività, nel piano verticale, di una stecca di emettitori la cui posizione è ipotizzata al centro del diagramma.

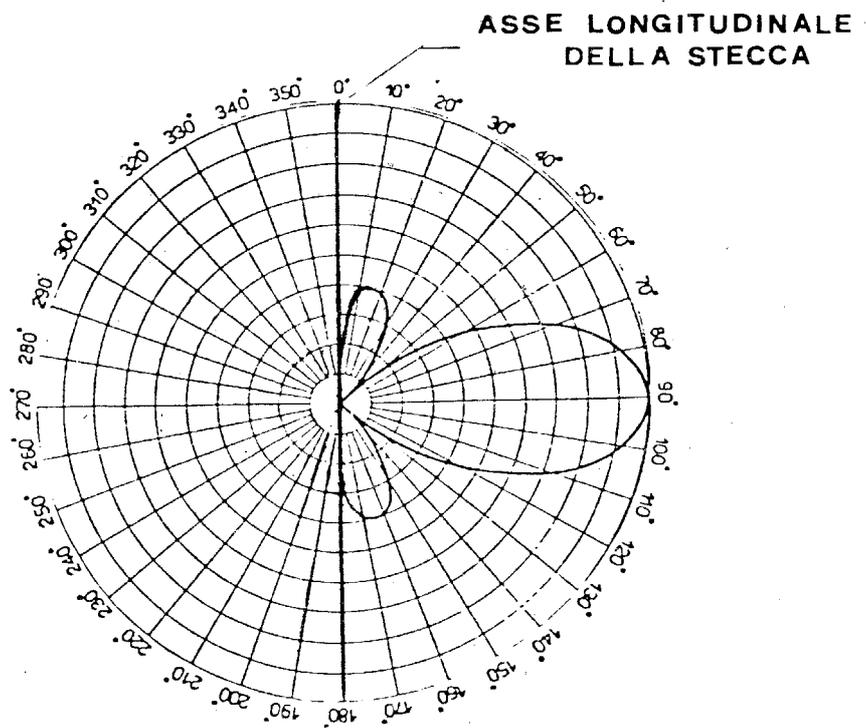


fig. 3.13 *Caratteristica di direttività verticale di una stecca di emettitori*

In esso si osserva che la massima energia, nel lobo principale, è emessa nella direzione normale all'asse longitudinale della stecca e decresce man mano che ci si allontana da questo. Si nota inoltre che la direttività è tracciata soltanto nella parte destra del diagramma: ciò è conforme al funzionamento degli emettitori che avendo una sola massa vibrante emettono energia soltanto da un lato (vedi paragrafo 2.3).

Sono presenti due lobi secondari, nelle vicinanze dell'asse longitudinale della stecca, che denunciano un leggero aumento, non desiderato, della pressione rispetto alle zone vicine più attenuate.

La figura 3.13 mostra la caratteristica di direttività in uno degli infiniti piani verticali passanti per l'asse longitudinale della stecca; se ruotiamo nello spazio, per soli 180°, il diagramma, otteniamo un mezzo solido che

rappresenta la direttività tridimensionale della stecca così come si vede in Fig. 3.14.

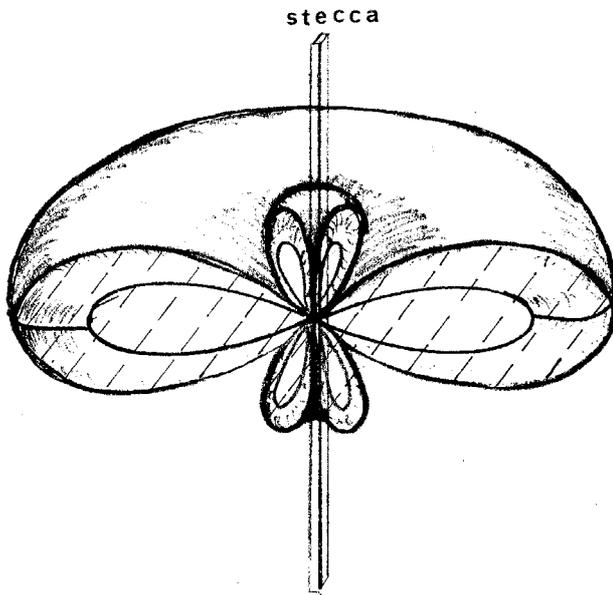


fig. 3.14 *Direttività spaziale di una stecca di emettitori*

Nelle descrizioni seguenti, quando parleremo di elementi vibranti di una base di emettitori intenderemo, che questi siano stecche di emettitori e nel disegnarli schematicamente essi compariranno come piccoli cerchi.

3.6) Geometrie delle basi riceventi.

Le basi idrofoniche riceventi possono avere diverse forme geometriche a seconda delle specifiche operative del sonar; esse, come insiemi di stecche, hanno a loro volta una caratteristica di direttività che si manifesta nel piano orizzontale, mentre la direttività nel piano verticale è subordinata al tipo di stecca.

La direttività orizzontale delle basi dipende dalle dimensioni e dalla frequenza di lavoro.

La forma geometrica più comune per una base idrofonica è il cerchio; questo tipo di base, come mostrato in Fig. 3.15, deve essere sistemato sulla parte estrema della prua del sommergibile e può avere una struttura simile a quella indicata in Fig. 1.7.

Questa geometria si adatta alla ricezione delle frequenze che vanno dalle medio-basse alle alte, cioè da qualche migliaio di Hertz in su.

Per avere buone direttività nel campo delle basse frequenze, le dimensioni

della base diventano molto grandi e non è agevole, se non impossibile, sistemarla sul sommergibile.

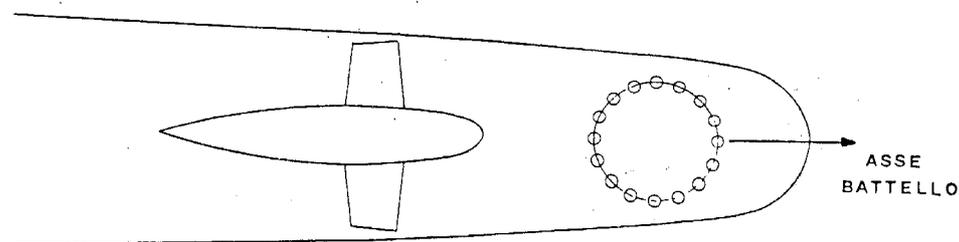


fig. 3.15 Base idrofonica circolare a prua di un sommergibile

Il problema si risolve adottando una geometria diversa dalla circolare, che consente una maggior estensione della base così come si vede in Fig. 3.16.

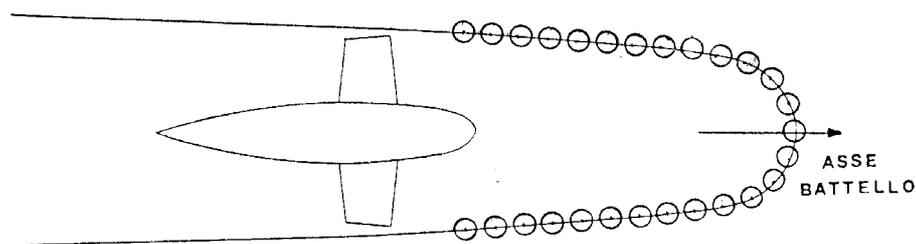


fig. 3.16 Base idrofonica conforme

In questa disposizione detta a “base conforme” le stecche idrofoniche sono montate lungo la parete del profilo di prua del battello, fino ad occupare l'estensione necessaria per ottenere la direttività voluta.

Un'altra disposizione che consente, entro certi limiti funzionali, di ottenere una elevata direttività in un esteso campo di frequenze è quella mostrata in Fig. 3.17.

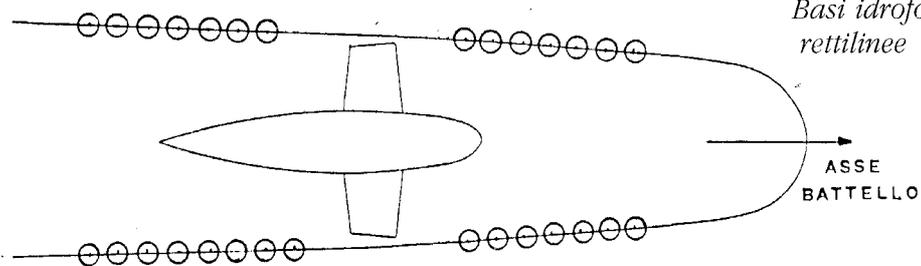


fig. 3.17
Basi idrofoniche rettilinee

La base è formata da quattro semibasi rettilinee montate sui profili laterali del battello.

Il sonar con base circolare può essere progettato e costruito quasi senza considerare la forma del battello, invece il sonar con base conforme deve essere progettato sui disegni del battello, adattando ad esso sia la base che i sistemi per l'elaborazione dei segnali.

Una base molto particolare, che è montata su alcuni sommergibili moderni, è costituita da un insieme di idrofoni del tipo già mostrato nella figura 2.6., che sono disposti secondo una superficie sferica così come è indicato in Fig. 3.18.

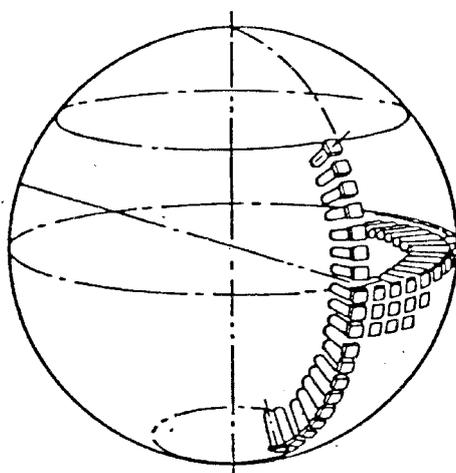


fig. 3.18 Base idrofonica sferica

Questa struttura, dato il tipo di idrofoni impiegati, è adatta a funzionare sia come base ricevente che emittente. La sua forma consente, contrariamente alle altre configurazioni, di ricevere o di emettere in tutte le direzioni dello spazio subacqueo, salvo naturalmente quelle verso la zona di fissaggio sul battello. Per tale peculiarità la base è collocabile indifferentemente tanto sulla parte superiore del battello, nella zona di prua, quanto nella parte inferiore di esso, per sfruttare particolari modi di propagazione delle onde acustiche, come avremo modo di vedere nel capitolo 10. La base può essere configurata anche come semisfera e la sua collocazione sul sommergibile è analoga alla precedente.

In Fig. 3.19 è riportata la sagoma di un battello sul quale è sistemata una base sferica nella parte inferiore verso prua.

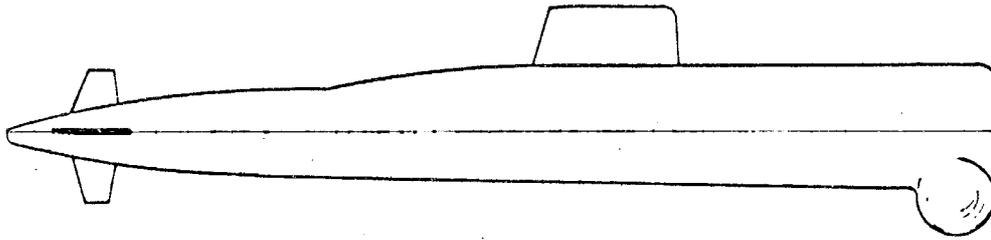


fig. 3.19 Sistemazione della base sferica su di un sommergibile.

3.7) La direttività orizzontale delle basi riceventi.

La direttività orizzontale di una base ricevente è indispensabile sia per ridurre la captazione del disturbo dell'ambiente subacqueo, sia per consentire la discriminazione angolare dei bersagli vicini. La direttività si forma secondo lo stesso principio esposto nel paragrafo 3.2 per le stecche idrofoniche; facciamo riferimento alla Fig. 3.20 in cui è disegnata una base rettilinea collegata, in via di esempio, ad un circuito elettronico per effettuare la somma delle tensioni provenienti dalle stecche.

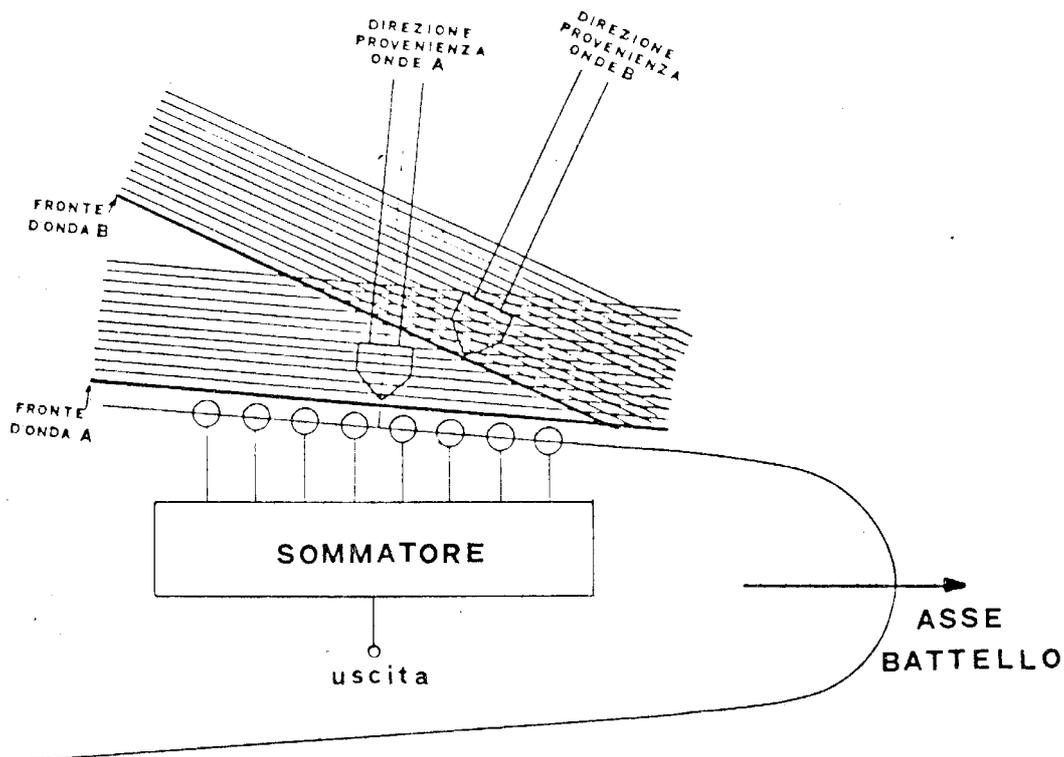


fig. 3.20 Geometria per la formazione della direttività orizzontale di una base idrofonica rettilinea.

Quando il fronte d'onda acustico che colpisce le stecche idrofoniche è parallelo alla base (fronte d'onda A), esse ricevono nel medesimo istante la stessa pressione.

Ciascuna stecca genera una tensione elettrica avente ampiezze e polarità istantanee sempre uguali a quelle della tensione generata dalla stecca vicina. Le tensioni applicate al circuito elettronico si sommano e in questo caso la tensione alla sua uscita è massima.

Quando il fronte d'onda acustico che colpisce le stecche non è parallelo alla base (fronte d'onda B), esse non ricevono più la stessa pressione nello stesso istante, perchè non vengono colpite contemporaneamente. Infatti viene colpita per prima la stecca più a destra e per ultima quella più a sinistra. Per questo le tensioni elettriche generate dalle stecche non hanno sempre uguali nè le ampiezze nè le polarità istantanee e di conseguenza l'uscita del sommatore è inferiore alla massima ottenibile.

Si conclude che la tensione all'uscita del sommatore varia in funzione della direzione di provenienza del suono rappresentando la direttività della base, denominata direttività naturale.

Nella formazione della caratteristica di direttività di una base si ha la comparsa dei lobi secondari, che sono dovuti a particolari combinazioni, in ampiezza istantanea e polarità, delle tensioni generate dalle stecche idrofoniche che la compongono.

Se la base non è rettilinea il principio di formazione della direttività resta lo stesso, salvo l'introduzione di speciali accorgimenti nella somma delle tensioni idrofoniche, di cui parleremo in seguito.

Nella descrizione fatta è stata introdotta la tecnica della somma delle tensioni elettriche provenienti dalle stecche idrofoniche della base: tale metodo sarà d'ora in poi ripreso ogniqualvolta sarà necessario descrivere il comportamento di una base.

3.8) Orientamento delle caratteristiche di direttività.

La direttività verticale di una stecca, una volta fissate le dimensioni e la frequenza di lavoro, è generalmente immutabile e ciò soddisfa le esigenze espresse nel paragrafo 3.2.

La direttività orizzontale di una base, una volta fissate le dimensioni e la frequenza di lavoro, è centrata su di una direzione detta "direzione naturale" nella quale la base ha la massima sensibilità, mentre negli altri settori del piano presenta sensibilità molto basse: ciò non soddisfa le necessità del sonar, che deve poter localizzare i bersagli in qualsiasi parte dell'oriz-

zonte.

Consideriamo una base ricevente rettilinea disposta come indicato in Fig. 3.21.

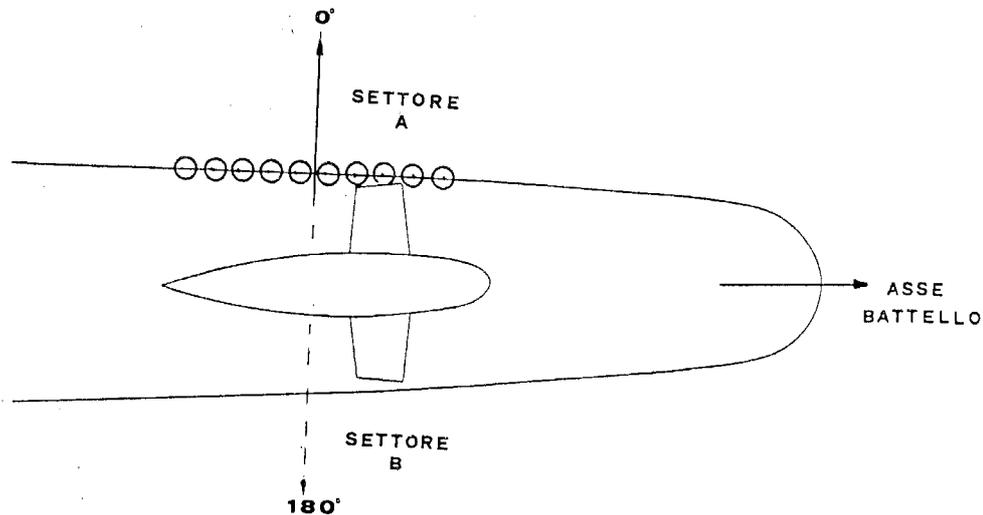


fig. 3.21 Base idrofonica ricevente rettilinea.

La direttività "naturale" di questa base è riportata in Fig. 3.22: in essa si osserva che la massima sensibilità si ha per le direzioni attorno alla normale e che per tutte le altre, del settore A, la sensibilità è molto bassa. La curva tratteggiata indica la direttività naturale simmetrica che la base presenterebbe se non fosse coperta dallo scafo del sommergibile, che impedisce alle onde acustiche, provenienti dal settore B, di colpire la base.

Se le condizioni illustrate fossero immutabili, il sonar potrebbe localizzare soltanto i bersagli collocati attorno all'asse della base. A questa situazione viene in aiuto il sistema di elaborazione del sonar, che, come vedremo in seguito, mediante opportuni trattamenti dei segnali idrofonici, crea nel suo interno condizioni elettriche tali da costringere il lobo principale ad assumere orientamenti diversi da quello normale alla base indicato in figura 3.22, ciò a spese della larghezza del lobo, che diventa tanto più ampio quanto più si sposta dall'asse della base.

La caratteristica di direttività orientabile (artificiale) denominata "fascio" riduce notevolmente la ricezione dei disturbi provenienti dalle direzioni sulle quali esso non è orientato.

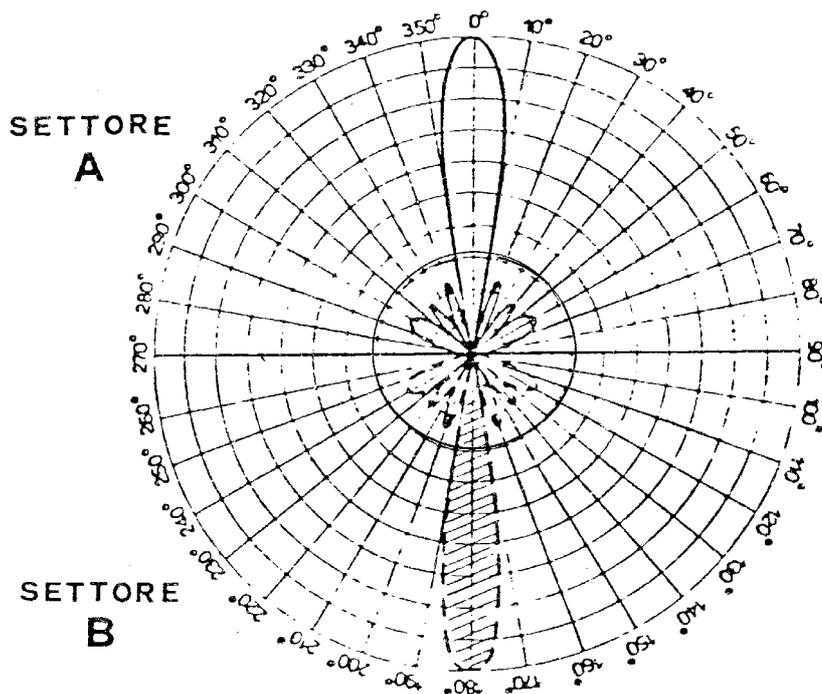


fig. 3.22 *Caratteristica di una base ricevente rettilinea installata su di un fianco del sommergibile.*

L'orientamento del fascio può avvenire in due modi:

- 1) Con un'azione dell'operatore sul cofano di presentazione e comando del sonar, il fascio può essere fatto ruotare su tutto l'arco in cui la base riceve il suono, in modo da esplorare una direzione dopo l'altra con continuità, così come si vede in Fig. 3.23 (i lobi indicano alcuni tra i possibili orientamenti).

Questo tipo di orientamento viene impiegato nella fase di ricerca manuale dei bersagli.

- 2) In modo automatico, con uno speciale sistema di elaborazione delle tensioni idrofoniche, che dà origine a tanti fasci, ciascuno già orientato in un determinato settore dell'orizzonte.

In Fig. 3.24 è mostrato un esempio con 17 fasci.

Questo sistema è detto dei "fasci preformati" ed è impiegato per la presentazione della posizione angolare dei bersagli sullo schermo video. Con questi metodi è sempre salvo il principio per il quale il fascio direttivo, nella direzione in cui è puntato artificialmente, riceve bene il se-

gnale con una sensibile riduzione nella captazione del disturbo ambiente: le direttività che si ottengono sono dette artificiali.

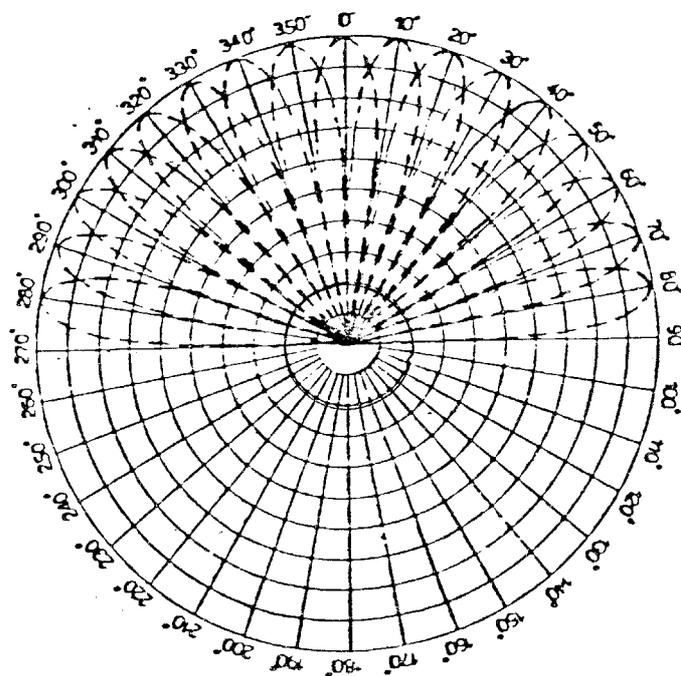


fig. 3.23 Rotazione del fascio direttivo.

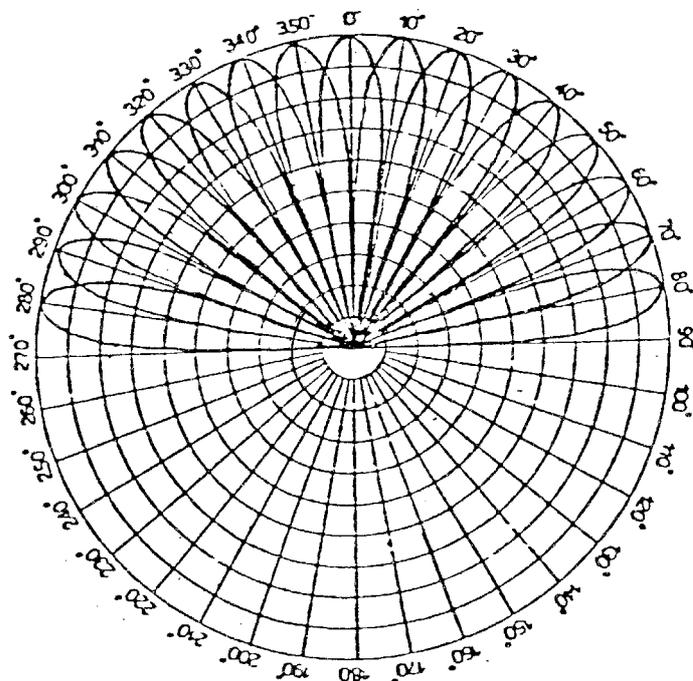


fig. 3.24 Insieme di fasci preformati.

3.9) Geometrie e direttività delle basi di emettitori.

Le basi di emettitori hanno generalmente la forma geometrica circolare e sono montate a prua del sommergibile, come mostra la Fig. 3.25

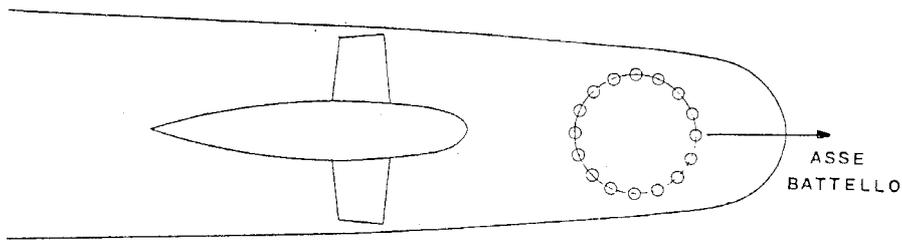


fig. 3.25 Base di emettitori installata a prua del sommergibile.

Questa forma si adatta bene all'emissione dell'energia acustica in tutto il piano orizzontale, nei casi in cui, per ragioni tattiche, si debba scoprire un bersaglio passivo del quale sia presunta l'esistenza nello spazio subacqueo. La geometria di questa base porta ad una direttività di emissione che

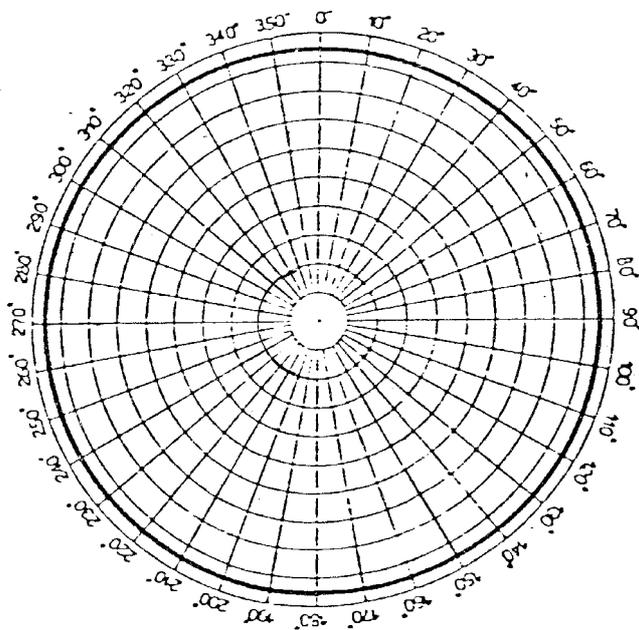


fig. 3.26 Caratteristica di direttività di una base circolare in emissione.

è rappresentata da una circonferenza (vedi Fig. 3.26) e che è ottenuta eccitando contemporaneamente, con gli stessi impulsi di tensione elettrica, tutte le stecche che compongono la base.

La direttività verticale è affidata alle singole stecche di emettitori e soddisfa a quanto detto nel paragrafo 3.4.

In caso di necessità, come già visto al paragrafo 1.7.2.1, è possibile dirigere l'emissione in un settore stabilito mediante un'azione dell'operatore sul cofano presentazione e comandi del sonar. In tal caso la direttività non è più rappresentata da un cerchio, ma da uno dei diagrammi riportati in Fig. 3.27. In essa si osservano numerosi lobi tratteggiati, ciascuno dei quali rappresenta la caratteristica di direttività puntata dall'operatore in una certa direzione, per un certo numero di direzioni dell'orizzonte, nelle quali può essere diretta l'emissione.

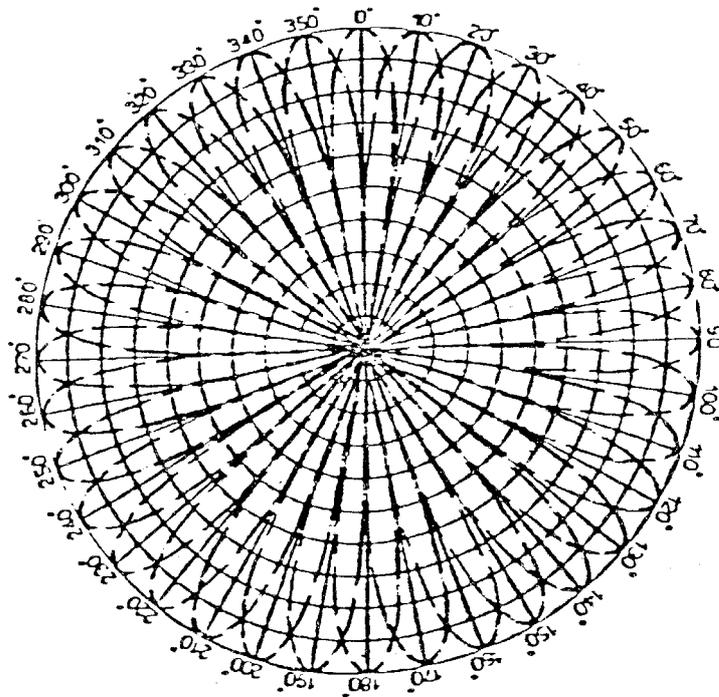


fig. 3.27 Fascio orientato di direttività in emissione.

La rotazione del lobo di direttività è realizzata con appositi circuiti elettrici facenti parte del trasmettitore del sonar.

Le basi di emettitori sono generalmente molto più piccole delle basi riceventi per diversi motivi; tra questi l'impiego di frequenze di emissione relativamente elevate e la modesta necessità di realizzare emissioni molto direttive.

Per le ragioni esposte, molte volte, le basi di emettitori vengono montate all'interno delle basi riceventi, come si vede in Fig. 3.28

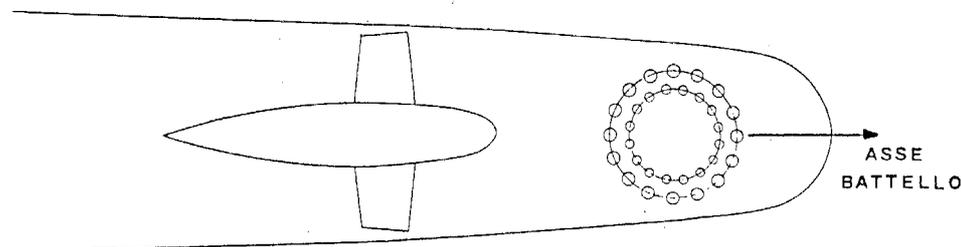


fig. 3.28 Basi concentriche - esterna in ricezione - interna in emissione.

In questi casi l'emissione dell'energia acustica avviene attraverso le stecche della base ricevente senza alterare nè l'intensità nè la direttività dell'emissione. Tale soluzione, se attuabile, rappresenta un notevole risparmio di spazio nell'installazione del sonar.

3.10) L'influenza dei lobi secondari.

I lobi secondari che fanno parte delle caratteristiche di direttività, sia dei sistemi riceventi, che di quelli emittenti, sono dannosi al regolare funzionamento del sonar. Gli inconvenienti da essi provocati sono diversi: in ricezione si hanno l'inquinamento del segnale e ambiguità nella determinazione della direzione del bersaglio, in trasmissione si ha la dispersione di energia in settori non interessati alla localizzazione.

Esaminiamo l'effetto inquinante che i lobi secondari hanno nella fase di ricezione facendo riferimento alla base idrofonica di Fig. 3.29 e alla sua caratteristica di direttività naturale che, per evidenziare il fenomeno, è stata sovrapposta ad essa.

Dalla figura vediamo che la base presenta la sua direzione preferenziale (lobo principale) centrata attorno alla normale dello schieramento degli idrofoni; i due lobi secondari sono posizionati simmetricamente rispetto alla normale. Consideriamo due bersagli attivi, B1 e B2, posti alla stessa distanza dal sommergibile, che irradiano uguale livello di rumore: il bersaglio B1, centrato sul lobo principale, produce la massima tensione all'uscita del sommatore (vedi paragrafo 3.7), mentre il bersaglio B2, centrato sul lobo secondario, genera un livello di tensione molto più piccolo (si considera B2 un elemento di disturbo).

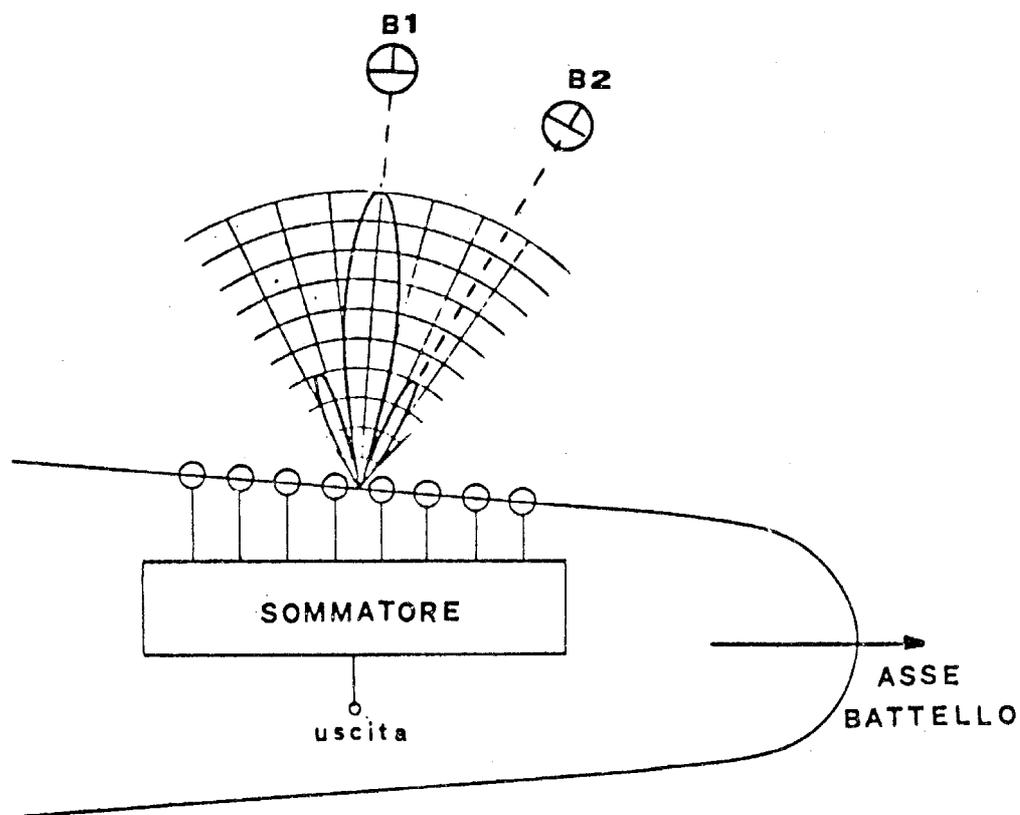


fig. 3.29 Presenza dei lobi secondari in ricezione.

In questa situazione i circuiti di elaborazione del sonar subiscono poco l'effetto inquinante del disturbo apportato dal lobo secondario dato che questo presenta un'ampiezza trascurabile rispetto al principale.

Se supponiamo ora che il bersaglio B1 resti fermo mentre B2 si avvicina al sommergibile, la pressione acustica dovuta al suo rumore colpirà la base con livello a mano a mano crescente e l'ampiezza della tensione dovuta al lobo secondario aumenterà progressivamente fino a diventare come quella del lobo principale se non maggiore. In tali condizioni l'effetto inquinante apportato dal lobo secondario diventa sensibile e pregiudica la localizzazione del bersaglio B1.

Il secondo aspetto dell'influenza negativa dei lobi secondari in ricezione si manifesta quando si ruota artificialmente la caratteristica di direttività ai fini della ricerca dei bersagli, così come descritto nel paragrafo precedente. Questa situazione è riportata in Fig. 3.30.

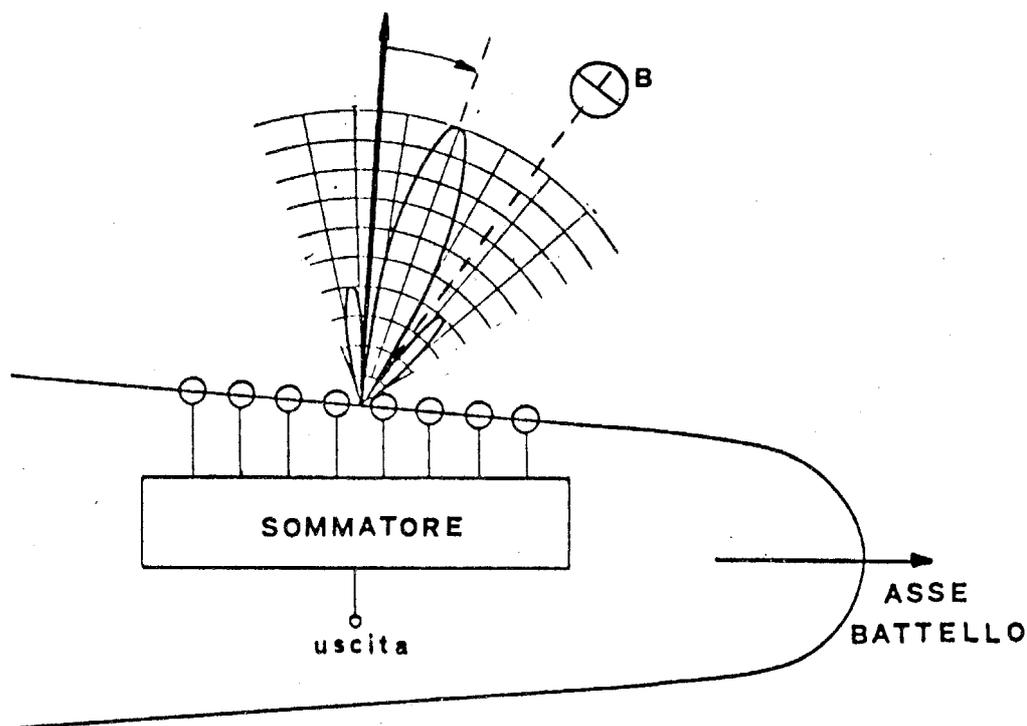


fig. 3.30 *L'effetto dei lobi secondari in ricezione.*

Se la caratteristica di direttività viene fatta ruotare verso destra alla ricerca del bersaglio B, si ha il massimo della tensione all'uscita del sommatore quando l'asse del lobo principale coincide con la posizione angolare di B, mentre una tensione molto più bassa si ha quando essa coincide con l'asse dei lobi secondari.

Se l'operatore al sonar confronta il livello di tensione dovuto al lobo principale con il livello dovuto al lobo secondario riesce a stabilire, senza ambiguità, che la direzione del bersaglio è quella che fornisce il livello di tensione più alto all'uscita del sommatore.

Dato però che il confronto tra i due livelli di tensione non è sempre agevole, quando l'intensità del segnale è molto elevata può accadere che venga interpretata, come massimo dovuto al lobo principale, una tensione dovuta invece ad un lobo secondario molto intenso.

Una tale ambiguità porta evidentemente ad una errata valutazione della posizione angolare del bersaglio.

Per minimizzare gli effetti dovuti ai lobi secondari sono adottate diverse tecniche che portano a risultati abbastanza soddisfacenti e sono di notevole aiuto all'operatore del sonar. L'influenza dei lobi secondari nella emissione di energia acustica è presa ora in esame facendo riferimento alla Fig. 3.31 nel caso di una trasmissione con fascio orientato.

Nel disegno è raffigurata una base circolare emittente sulla quale, per evidenziare il fenomeno, è riportata la caratteristica di direttività in funzionamento direzionale.

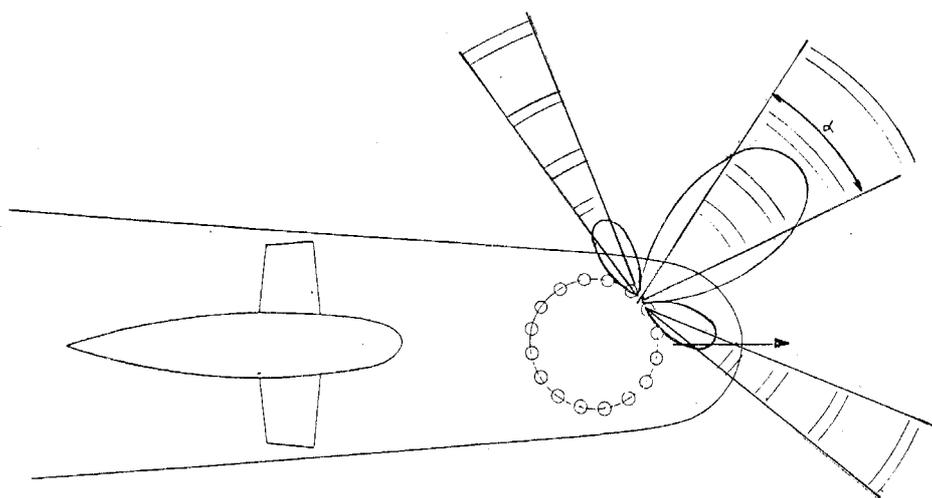


fig. 3.31 *L'effetto dei lobi secondari in emissione.*

L'energia del fascio dovrebbe essere contenuta nel settore definito dal lobo principale, la presenza dei lobi secondari invece fa sì che una certa parte di energia venga emessa in settori che non sono interessati alla localizzazione. Questo fatto provoca una serie di inconvenienti; il primo è relativo ad una dispersione di energia che, anche se modesta, viene sottratta al settore utile, più dannoso è invece il fatto che tale energia può provocare l'eco non desiderata di bersagli al di fuori del campo che si deve esplorare ed infine l'emissione nella direzione dei lobi secondari fa aumentare la probabilità che il sommergibile venga scoperto dai sonar nemici.

La tecnica più comune per ottenere la riduzione dei lobi secondari, tanto in ricezione quanto in trasmissione, è basata sulla modificazione calibrata delle ampiezze delle tensioni elettriche che, in ricezione, provengono dalle stecche idrofoniche, o che, in trasmissione, devono essere applicate alle stecche di trasduttori. Con tale procedimento si ottengono, in entrambi i casi, notevoli riduzioni dei lobi secondari a scapito però della "bontà" del lobo principale che tende ad allargarsi sensibilmente.

Recenti metodi per il trattamento dei segnali idrofonici consentono di ottenere risultati eccezionali nella riduzione dell'ampiezza dei lobi secondari, ma implicano l'impiego di potenti calcolatori elettronici come ausilio al sonar.

3.11) La misura della direzione con i fasci orientati.

In questo paragrafo ci occuperemo della misura della direzione di un bersaglio mediante l'impiego dei fasci orientati, esamineremo l'aspetto generale del problema rimandando la descrizione dei meccanismi che presiedono alla formazione dei fasci nel successivo capitolo.

Per comprendere meglio come si misura la direzione di un bersaglio ribadiamo il concetto di direttività naturale già espresso nel paragrafo 3.7; la caratteristica di direttività di una base ricevente si manifesta, all'uscita del sommatore elettronico, come tensione elettrica la cui ampiezza varia in funzione della direzione di provenienza delle onde acustiche.

Consideriamo un bersaglio attivo, che si sposta lungo un arco di cerchio, da A verso B, rispetto alla base idrofonica (vedi Fig. 3.32); quando il bersaglio è dalla parte A la tensione all'uscita del sommatore è molto piccola, perché in quel settore la base presenta la sensibilità più bassa. A mano a mano che il bersaglio si avvicina alle direzioni di massima sensibilità nel settore coperto dal lobo principale, la tensione cresce fino ad un massimo in corrispondenza della coincidenza tra la direzione assunta dal bersaglio e l'asse del lobo principale. Proseguendo nel moto, il bersaglio si allontana verso destra e la tensione di uscita dal sommatore decresce nuovamente verso valori molto bassi.

Dall'osservazione di questo fenomeno si evidenzia un fatto molto importante; controllando come varia la tensione di uscita dal sommatore si potrebbe stabilire quando il bersaglio si trova sulla direzione normale alla base, cioè sull'asse del lobo principale, per tale direzione infatti si ha la massima tensione dal sommatore.

Questa è l'unica misura di direzione che potrebbe essere effettuata, con base ferma, sfruttando la caratteristica di direttività naturale; per eseguire misure di direzione di bersagli comunque orientati si dovrebbe ruotare la base.

Se supponiamo di avere il bersaglio fermo in A e di ruotare fisicamente la base verso sinistra, mediante lo spostamento del sommergibile, si ottiene una variazione della tensione del sommatore, che raggiunge il valore massimo quando l'asse della base coincide con la direzione del bersaglio.

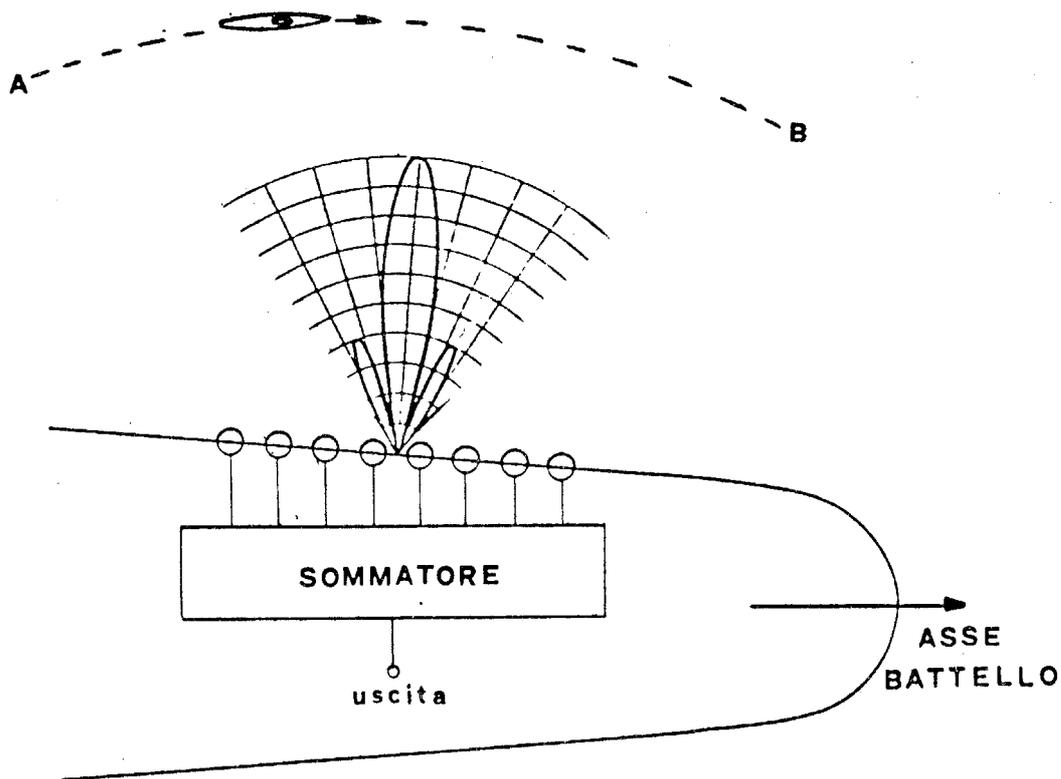


fig. 3.32 Bersaglio attivo in movimento - rilevamento naturale.

Seguendo questo principio si giunge alla concezione del fascio orientato, che si sostituisce alla base rotante.

Vediamo ora il comportamento di una base idrofonica collegata ad un singolo sistema per l'orientamento artificiale della caratteristica di direttività avvalendoci della Fig. 3.33

Il sistema di orientamento del fascio è rappresentato in figura come un blocco dal quale fuoriesce l'asse del volantino, con il quale l'operatore comanda la rotazione del fascio. Il blocco riceve le tensioni provenienti dalle stecche idrofoniche della base e dopo averle opportunamente elaborate, le invia al sommatore elettronico per la composizione della caratteristica di direttività artificiale.

Il volantino di comando sostiene un disco graduato sul quale l'operatore legge la direzione di orientamento assunta dal fascio.

Quando il fascio, cioè la caratteristica artificiale della base, è indirizzato dall'operatore su di una direzione molto lontana da quella del bersaglio, la tensione all'uscita del sommatore è molto bassa, quando il fascio viene fatto ruotare a destra, verso il bersaglio, la tensione aumenta fino ad un massimo in corrispondenza della coincidenza tra l'asse del lobo principale e la direzione del bersaglio, decresce poi man mano che il lobo princi-

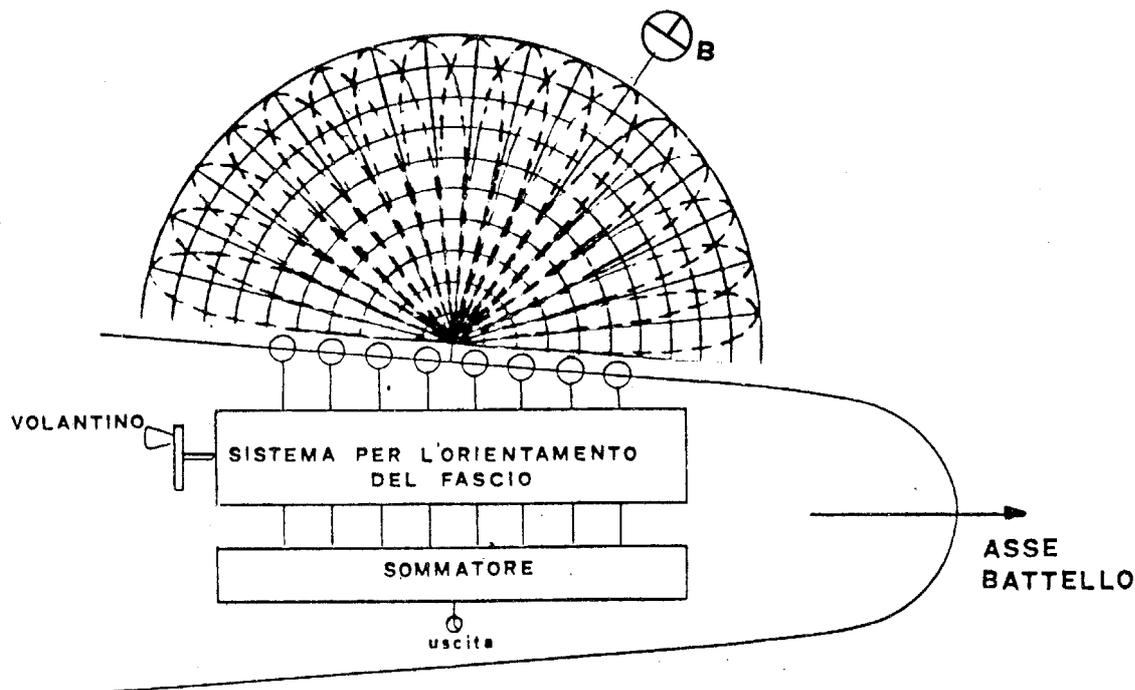


fig. 3.33 Bersaglio attivo fermo - ricerca con fascio orientato.

pale si allontana dal bersaglio, lasciandolo alla sua sinistra.

La direzione del bersaglio è individuata nel momento in cui la tensione in uscita dal sommatore raggiunge il massimo livello, in quel momento l'operatore, che ha agito sul volantino per centrare il fascio sul bersaglio, legge sull'apposito quadrante l'indicazione angolare dell'orientamento del fascio rispetto all'asse della base, questa coincide con la direzione del bersaglio rispetto allo stesso riferimento.

Vediamo ora come si misura la direzione con il sistema dei fasci preformati a seguito dell'osservazione contemporanea delle tensioni di uscita di tanti sommatore elettronici.

Cerchiamo di chiarire quanto detto facendo riferimento alla Fig. 3.34. In essa compaiono, collegati alla base idrofonica, dieci blocchi per la formazione dei fasci; i blocchi sono privi del volantino perché ciascuno di essi è già indirizzato in una direzione prefissata. Le direzioni dei fasci sono distanti tra loro, a titolo di esempio, 10° si da coprire un arco di più o meno 50° rispetto all'asse della base. Un bersaglio attivo, che si trova nell'arco in cui sono indirizzati i dieci fasci, provoca all'uscita del sommatore, il cui fascio è più vicino alla direzione del bersaglio, una tensione più elevata di quella in uscita dai sommatore dei fasci contigui che sono più lontani dal bersaglio.

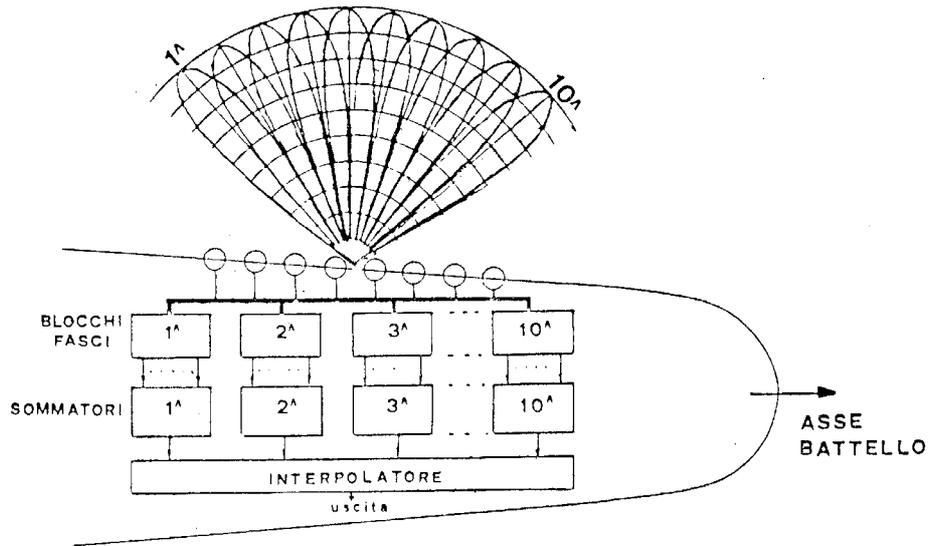


fig. 3.34 Sistema di rilevamento dei bersagli attivi con fasci preformati.

La presenza di una tensione più elevata all'uscita di un sommatore rispetto agli altri rivela già la presenza del bersaglio nell'intorno della direzione in cui è indirizzato il fascio; per stabilire con precisione la direzione del bersaglio tutte le dieci tensioni dei sommatore vengono convogliate in un dispositivo detto interpolatore.

L'interpolatore, il cui funzionamento si basa su principi molto complessi, individua con accuratezza la direzione del bersaglio. Il blocco di interpolazione fa parte integrante del sistema di fasci preformati multipli e con essi è contenuto nel cofano di elaborazione del sonar.

Chiariremo il concetto di interpolazione nel capitolo seguente che è dedicato ai principi della localizzazione.

3.12) Risoluzione angolare.

Con il termine "risoluzione angolare" si intende la capacità di una base idrofonica ricevente di distinguere la posizione di due bersagli vicini tra loro e posizionati alla stessa distanza rispetto al sommergibile. Vediamo quale importanza ha la capacità di risoluzione della base nelle operazioni di localizzazione: prendiamo ad esempio la situazione operativa di Fig. 3.35 in cui è mostrata una base idrofonica con fascio orientabile che viene puntato successivamente sui bersagli B1 e B2 allo scopo di determinarne le posizioni angolari.

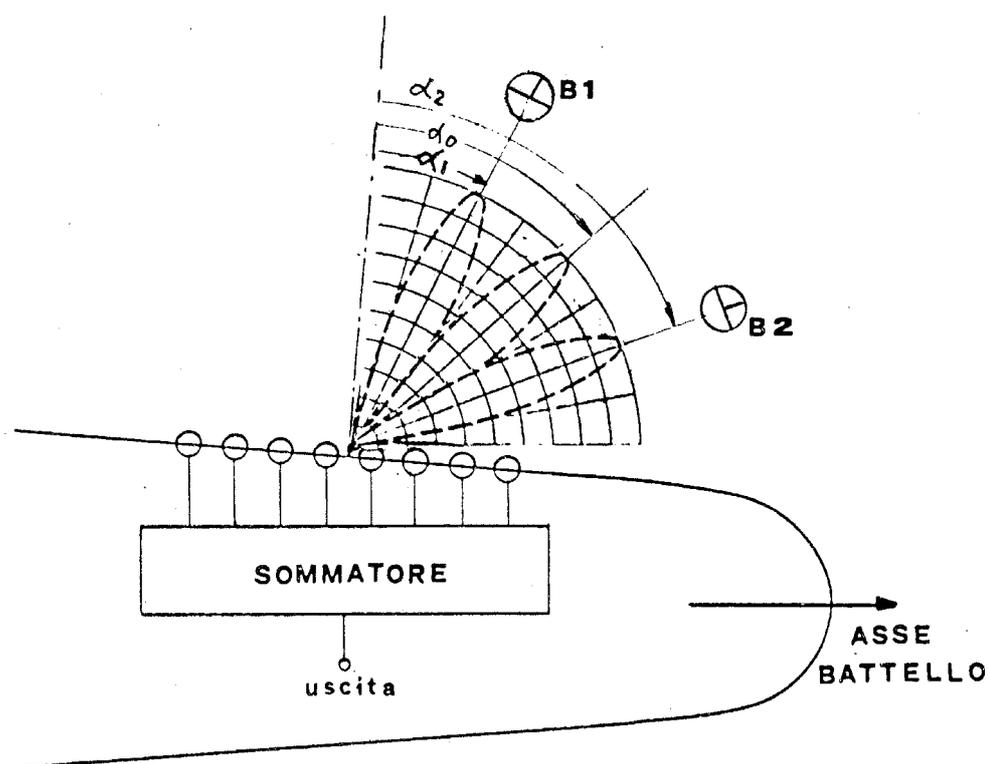


fig. 3.35 Geometria per la risoluzione angolare - bersagli angularmente distanti.

Dal disegno si intuisce che nella rotazione del lobo, prima su B1 dopo su B2, la tensione elettrica all'uscita del sommatore è massima quando il fascio è orientato su B1, diventa molto bassa quando il fascio è posizionato tra B1 e B2, su α_0 , e ritorna ancora al massimo quando il fascio è orientato su B2.

In queste condizioni è facile stabilire le direzioni α_1 e α_2 dei bersagli rispetto all'asse normale alla base, infatti esse sono chiaramente individuate dato che abbiamo il primo massimo di tensione dal sommatore in corrispondenza dell'angolo α_1 , un minimo netto in corrispondenza dell'angolo α_0 , un altro massimo in corrispondenza dell'angolo α_2 .

La risoluzione angolare che si ottiene in questo caso è dovuta a due condizioni predeterminate:

- 1) I bersagli sono stati posti, a proposito, su due direzioni angularmente molto distanti tra loro.
- 2) Il lobo di direttività è stato volutamente disegnato con una larghezza adatta all'esempio che dovevamo fare.

Le situazioni reali, purtroppo, sono molto diverse e dipendono oltre che dalla caratteristica di direttività, dalle posizioni casuali dei bersagli.

Consideriamo il caso, simile al precedente, mostrato in Fig. 3.36; in esso, i due bersagli, B1 e B2, sono più vicini e il fascio orientabile nel passare da B1 a B2 non produce una netta diminuzione della tensione all'uscita del sommatore dato che non ha lasciato completamente il primo bersaglio quando già inizia a orientarsi sul secondo, perciò si potrà distinguere un massimo dall'altro soltanto per una leggera flessione del livello di tensione del sommatore che si presenta quando il lobo è orientato tra i due bersagli. Naturalmente la situazione illustrata diventa critica se i bersagli sono ancora più vicini ed il lobo principale non consente, nel passaggio tra B1 e B2, di notare un decadimento della tensione all'uscita del sommatore.

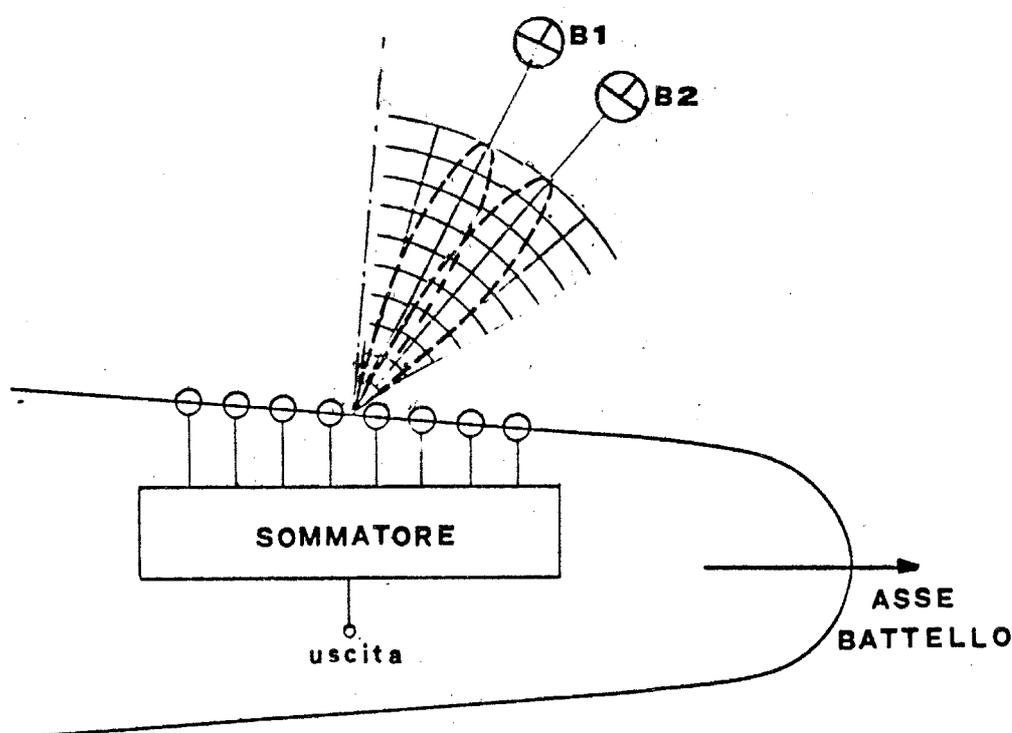


fig. 3.36 Geometria per la risoluzione angolare - bersagli angolarmente vicini.

In questo caso la risoluzione angolare della base non è più sufficiente e non è possibile determinare la posizione angolare dei due bersagli. Si rileva invece la direzione di uno pseudo bersaglio che si presenta nella direzione mediana ai due.

Per quanto detto possiamo affermare che una base ha una buona risoluzione angolare quando la sua caratteristica di direttività ha un lobo princi-

pale molto stretto. I calcoli dimostrano che la larghezza del lobo dipende dalla frequenza di lavoro e dalle dimensioni della base. Pertanto, una volta fissata la prima per ragioni operative, si dovranno adattare le dimensioni della base per ottenere la capacità di risoluzione richiesta.

Indicativamente accenniamo ai valori di risoluzione angolare che si possono ottenere con le basi idrofoniche installate sui sommergibili; per le basi aventi dimensioni piccole si rilevano bersagli distanti tra loro qualche decina di gradi, con le basi di medie dimensioni la risoluzione può essere di qualche grado, per basi molto grandi si possono ottenere delle risoluzioni angolari dell'ordine di alcuni decimi di grado.

