

**DIFFERENZE FRA GEOFONI**  
**PER USO IN ESPLORAZIONE GEOFISICA**

Copyright © SARA electronic instruments s.r.l. All rights reserved

SARA electronic instruments s.r.l.

Via Mercuri 4

06129 PERUGIA

ITALY

Phone +39 075 5051014

Fax + 39 075 5006315

email: [info@sara.pg.it](mailto:info@sara.pg.it)

URL: [www.sara.pg.it](http://www.sara.pg.it)

*this page is intentionally left blank*

## **Introduzione**

Spesso ci viene chiesto quali differenze esistano fra i vari geofoni, le curve di risposta e la migliore applicazione di un geofono rispetto ad un altro.

Questo documento cerca di dare una risposta oggettiva che vada oltre semplici considerazioni di natura personale; spesso infatti è l'operatore che "gradisce" maggiormente una forma d'onda rispetto ad un'altra e ciò ha a che fare anche con aspetti di risposta del sistema geofono-sismografo rispetto al suolo che si va ad indagare. Quindi questo documento non vuole essere una risposta esaustiva ma semplicemente oggettiva di ciò che un geofono può rilevare o meno non che esso sia migliore o peggiore in una specifica situazione.


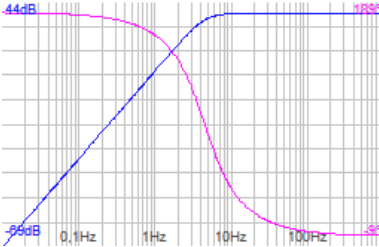

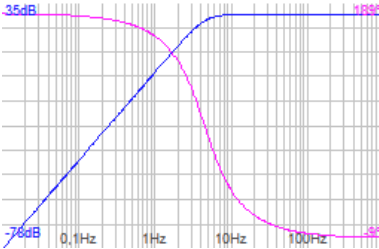

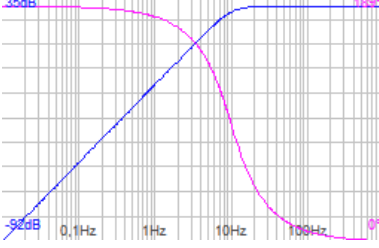

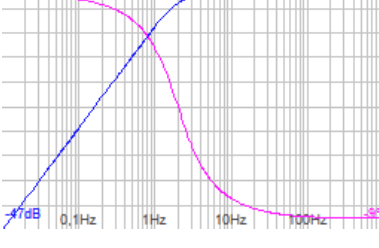

## **Metodo di valutazione**

Ogni geofono ha una sua curva di risposta in frequenza e sensibilità dati dalle sue caratteristiche costruttive. Inoltre ogni geofono è diverso ed alcuni costruttori rilasciano uno statino di controllo (calibrazione) il quale non sempre rispecchia la realtà dei fatti in quanto lievi modifiche alla risposta del geofono si generano anche semplicemente per invecchiamento, per trasporto, per variazioni di temperatura. Pertanto in questa valutazione sono stati utilizzati i parametri standard di quattro tipi di geofoni dei tanti disponibili sul mercato espressi nei parametri chiave: frequenza propria, damping, sensibilità.

Per conoscere però l'effettiva capacità risolvibile in termini di livello di segnale è stato utilizzato il metodo di comparazione internazionalmente conosciuto che sfrutta il diagramma noto come modello di rumore di Peterson il quale esprime in accelerazione il rumore presente a livello globale. Sopra detto diagramma sono stati plottati in modo comparativo i livelli di segnale risolvibile dai vari geofoni con un guadagno al sismografo di 45dB (un guadagno normalmente utilizzato nella maggioranza delle indagini geofisiche MASW).

### I geofoni

In questo paragrafo sono descritti i parametri chiave dei geofoni sotto esame, le loro fotografie e le loro curve di risposta teoriche.

Geofono	Curva di risposta	Caratteristiche	Note
<p>Geospace GS11D</p> 		<p>Fn = 4.5Hz Sens: 80V/m/s</p>	<p>Geospace può fornire il GS11D sia con sensibilità standard che con sensibilità alta (come quello usato in questo test) la sensibilità standard è di 28V/m/s</p>
<p>Senshe</p> 		<p>Fn = 4.5Hz Sens: 28V/m/s</p>	
<p>Senshe</p> 		<p>Fn = 10Hz Sens: 28V/m/s</p>	
<p>China GeoDevice</p> 		<p>Fn = 3Hz Sens: 200V/m/s</p>	 <p>Confronto fra le dimensioni di un geofono standard e un 3Hz</p>

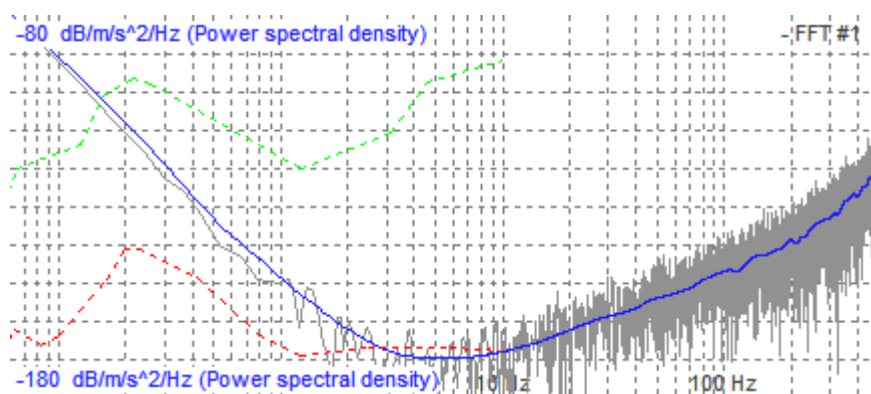
### Metodo di comparazione della capacità risolvente di un geofono

Viene ora considerata la risposta effettiva dei geofoni alle varie frequenze operative e per i vari modelli. Per il calcolo è stato utilizzato un rumore di fondo campione da un sistema DOREMI con guadagno impostato a 45dB alla frequenza di campionamento di 1000Hz. Sono stati poi inseriti i vari modelli di risposta su questo rumore e sono state plottate le varie curve di risoluzione sovrapposte al modello di Peterson il quale riporta in ascissa le frequenze ed in ordinata il Power Spectral Density in dB riferito ad 1 m/s/s/Hz.

Nell'esempio il geofono GS11D. Le linee verdi e rosse rappresentano rispettivamente il livello alto e il livello basso del rumore globale descritto da J.Peterson 1993 in. Observations and modelling of background seismic noise. Open-file report 93-322, U. S. Geological Survey, Albuquerque, New Mexico.

Attenzione il modello prevede la misura dell'accelerazione quindi il diagramma risulta non così intuitivamente comparabile con quello in velocità.

Tuttavia potendo paragonare la curva blu (lisciata rispetto alla FFT originale in grigio) con i livelli medi del rumore di fondo globale se ne può valutare con maggiore facilità la migliore o peggiore capacità di risolvere segnali deboli in funzione della frequenza.

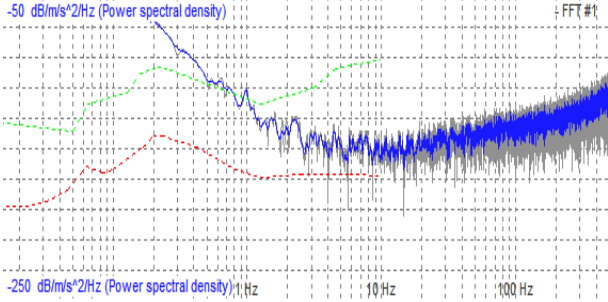
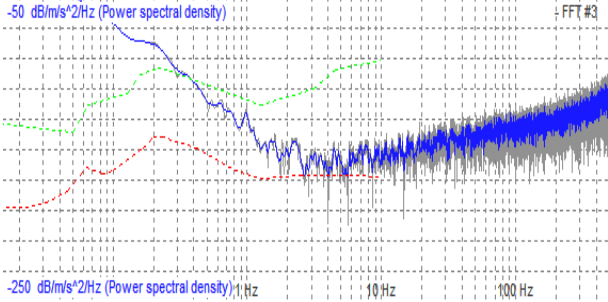
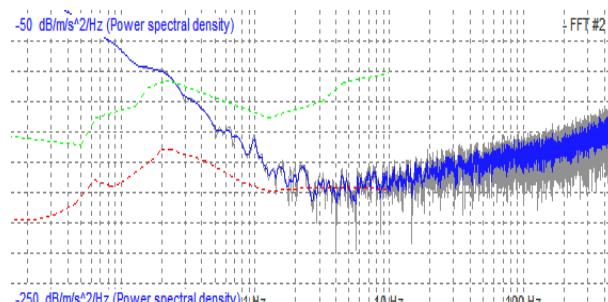
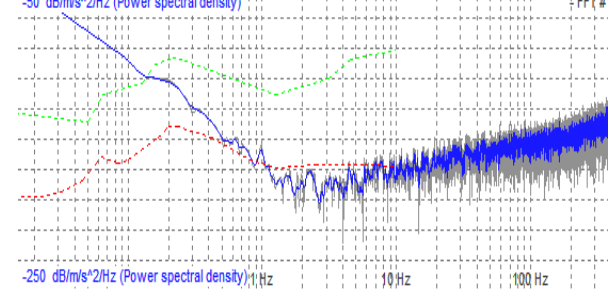


In questo esempio il diagramma esplora frequenze da 0.06 a 500 Hz, ovviamente il campo di interesse ricade nella maggioranza dei casi fra 1 e 200Hz.

Bisogna dire che al raggiungimento di questo livello risolvente concorre in gran parte anche il sismografo utilizzato. Nel nostro esempio abbiamo usato il sismografo DoReMi™ il quale può disporre di bassissimo livello di rumore grazie alla telemetria digitale del segnale.

Nei sismografi da esplorazione il deterioramento del segnale a causa delle lunghe linee analogiche porta ad un degrado della risoluzione effettiva del sismografo indipendentemente dal numero di bit disponibili e/o dichiarati. Disponendo di un sismografo a telemetria digitale ci si può permettere l'uso di geofoni a più alto guadagno i quali non potrebbero essere utilizzati su sismografi a telemetria analogica in quanto la loro maggiore impedenza di uscita non farebbe altro che aumentare la suscettibilità ai disturbi elettromagnetici ambientali.

**Curve comparative**

<p style="text-align: center;"><b>Senshe 10Hz – 28V/m/s</b></p> 	<p>Prendendo come base un geofono mediocre dal punto di vista delle basse frequenze si può osservare il progressivo miglioramento dei geofoni successivi sia per via della sensibilità a bassa frequenza sia per la sensibilità intrinseca assoluta.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Senshe 4.5Hz – 28V/m/s</b></p> 	<p>In questo caso il livello intorno a 10 Hz è quasi identico ma c'è un netto miglioramento al di sotto dei 10 Hz tale che porta il livello al di sotto dei -150 dB fra 1 e 8 Hz</p>
<p style="text-align: center;"><b>Geospace 4.5Hz – 80V/m/s</b></p> 	<p>Qui le frequenze che risolvono segnali a -150 dB sono fra 1 e 20 Hz, quindi una banda notevolmente allargata.</p>
<p style="text-align: center;"><b>GeoDevice 3.0Hz – 200V/m/s</b></p> 	<p>In questo caso andiamo a risolvere molto bene addirittura al di sotto del rumore "disponibile" in natura e le frequenze al di sotto dei -150 dB sono comprese fra 0.5 e 40 Hz.</p>

## Conclusioni

Il miglior rapporto costo beneficio è sicuramente ottenuto con i sensori GS11D ad alto guadagno. Rispetto ai sensori standard questi costano circa 2-3 volte, mentre i sensori da 3Hz offrono una capacità di risoluzione eccellente ma ad un costo 3-5 volte superiore. Inoltre il sensore da 3Hz è più delicato, più pesante e più ingombrante; l'uso pertanto sembra essere giustificato solo per esecuzione di prove eccezionale importanza o dove se ne riscontri l'effettiva necessità a causa di segnali attesi molto deboli in funzione della litologia sospetta.

## Nota importante riguardo ai geofoni orizzontali

Visti i risultati sulla risoluzione del segnale per sensori a più bassa frequenza si potrebbe essere tentati ad adottare completamente questa soluzione, tuttavia ci sono da considerare due aspetti:

1° il costo del sensore che risulta essere molto superiore rispetto a quelli da 4.5Hz anche di 3 o 4 volte più elevato;

2° sensori a più bassa frequenza sono più suscettibili agli errori di messa in bolla specialmente nelle versioni orizzontali, per un sensore da 2Hz orizzontale basta un mezzo grado di errore a farlo diventare equivalente grossomodo ad un 8Hz a causa del fatto che la sua massa si adagia verso il lato più in basso e la risposta alle basse frequenze viene pressoché compromessa.

In generale questo problema affligge tutti i tipi di geofoni orizzontali in misura sempre maggiore al diminuire della frequenza propria.