



**sara**  
electronic instruments

Via Mercuri 4 - 06129 - Perugia - Italy  
phone +39 075 5051014 - fax +39 075 5006315  
email: info@sara.pg.it



GEO-ENERGIZERS SNC

Via C. Battisti, 38 - 56021 Cascina (PI) -  
Tel. 050 700 508 - Email:  
info@geoenergizers.it

## Grandezze e unità di misura in sismometria e geofisica

Registrazione di un Onda Sismica → Rilevazione di un movimento meccanico rispetto ad un punto di riferimento virtualmente fisso  
1D, 2D, 3D

Unità di misura accettate dal SI ed utilizzate in sismometria:

<b>Lunghezza:</b>	metro	m	
<b>Posizione:</b>	metro	m	
<b>Frequenza:</b>	hertz	Hz	(oscillazioni per secondo)
<b>Tempo:</b>	secondo	s	

Unità di misura "composte":

<b>Velocità:</b>	metri al secondo	m/s
<b>Accelerazione:</b>	metri al secondo quadrato	m/s <sup>2</sup>

**Lunghezza d'onda:**  $\lambda = \frac{v}{f}$  m

Unità di misura equivalenti e spesso utilizzate per comodità:

<b>Periodo:</b>	1 / Hz → secondi	s
<b>Rapporto fra grandezze:</b>	Decibel	dB

Abbreviazioni delle sottounità di misura

mm	millimetri	0.001 m	$1 \times 10^{-3}$
µm	micrometri	0.000 001 m	$1 \times 10^{-6}$
nm	nanometri	0.000 000 001 m	$1 \times 10^{-9}$

(C) 2010 - SARA electronic instruments s.r.l.

2

## Sensori - Cosa viene richiesto

- Alta sensibilità      28    80    200    250 V/m/s
- Bassa frequenza    10    4.5    2    1    0.5Hz
- Piccole dimensioni    6 x 4    ---    30 x 40 cm
- Peso ridotto      0.15    0.4    18 kg
- Robustezza      >4.5Hz=robusto <2Hz=delicato
- Praticità      non livellato = perdita segnale
- Prezzo      basso ----- alto

(C) 2010 - SARA electronic instruments s.r.l.

3

geofoni 2Hz

4.5-100Hz



(C) 2010 - SARA electronic instruments s.r.l.

4

# sensori 1Hz 1d



PESO 3-6 Kg



# L4c 3d 1Hz

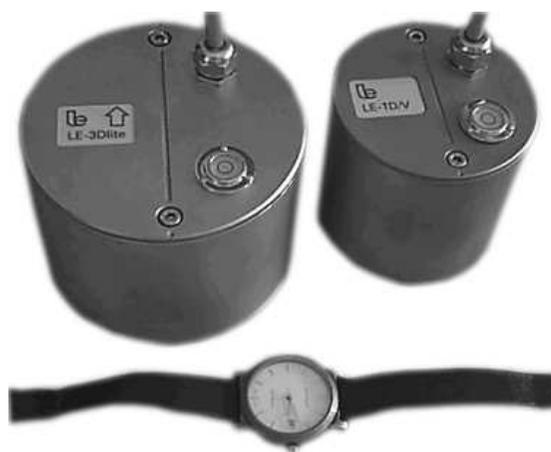


PESO 8 - 20kg

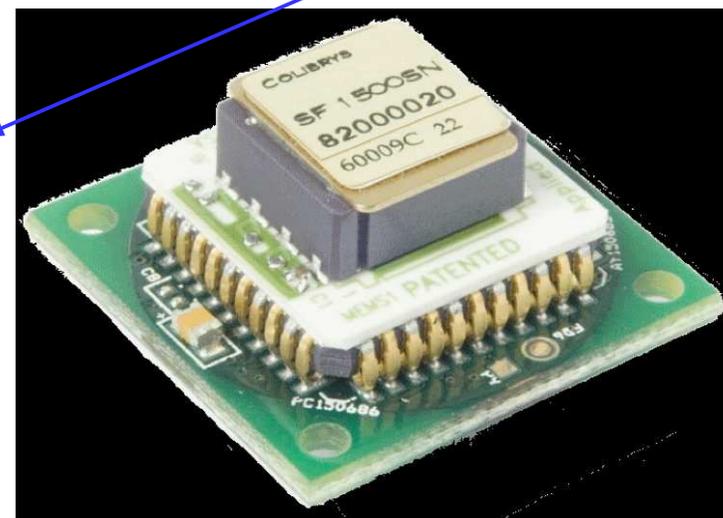
# STS2



# geofoni 3D 1Hz metodo Lippmann



# accelerometro mems - 15x15mm



# Sensori - SARA

- GEOFONI - 1Hz ... 100Hz V e H
- ACCELEROMETRI FBA
- SENSORI 3D 4.5Hz, 2.0, 1.0, 0.5, 0.2, 0.1Hz
- SENSORE LARGA BANDA (0.01 - 50Hz)
- 
- RECORDER

# Sensori SARA



0.1Hz - 0.2Hz - 0.5Hz - 1.0Hz - 2Hz - 4.5Hz

## Accoppiamento sensore-suolo

Errori comuni di accoppiamento e posizionamento



non ortogonale



non infisso



non in bolla



cavo sollevato



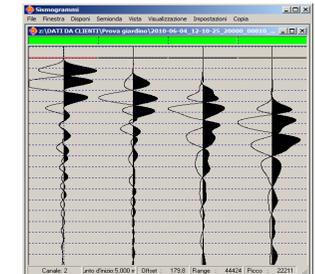
errata polarizzazione



starter asimmetrico

## Accoppiamento sensore-suolo

Soluzioni da applicare



- 1) cavi radenti al suolo
- 2) starter simmetrici (onde S)
- 3) picking primi arrivi con visualizzazione onde sovrapposte (inversione + somma è ok, ma la sovrapposizione consente di vedere simultaneamente le due onde)

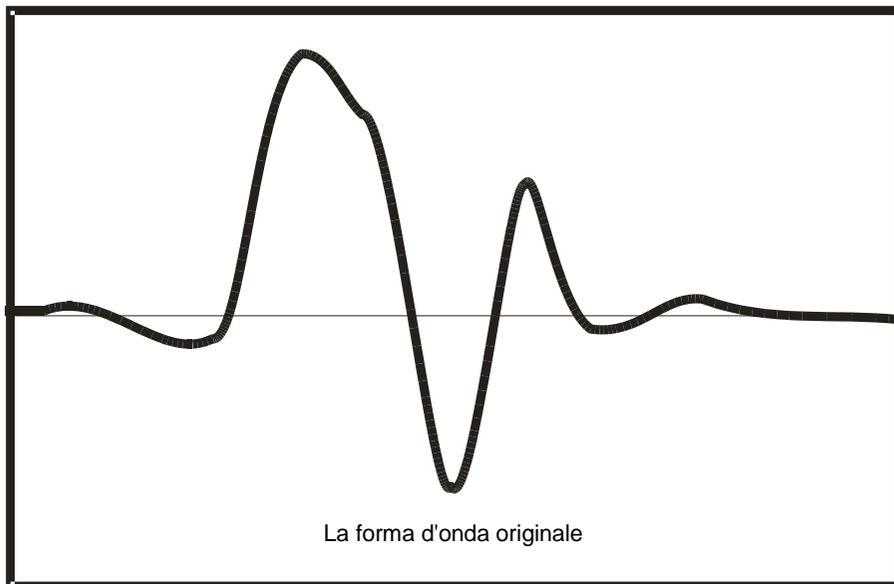
## Sismografi - Cosa viene richiesto

- Basso costo
- Leggerezza
- Alto numero di bit > 24
- Praticità d'uso
- ...
- ...
- ...

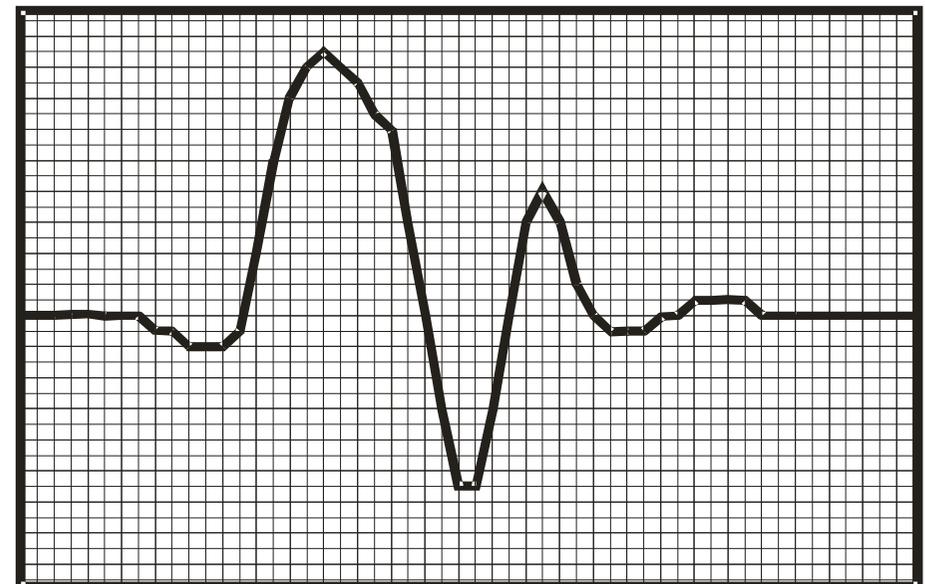
## Sismografi - Cosa cercare

- Basso costo sicuramente
- Leggerezza sicuramente
- Alto numero di bit 16-24 bit + che sufficienti
- Praticità d'uso sicuramente
- **BASSO RUMORE !! INDISPENSABILE**
- **SENSIBILITA'**
- **FACILITA' DI RIPARAZIONE**

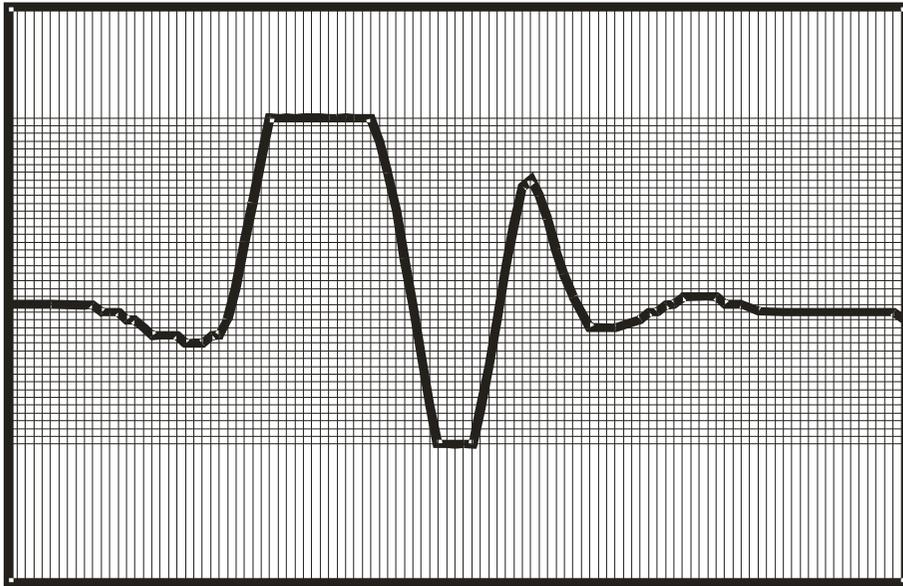
### Forma d'onda continua



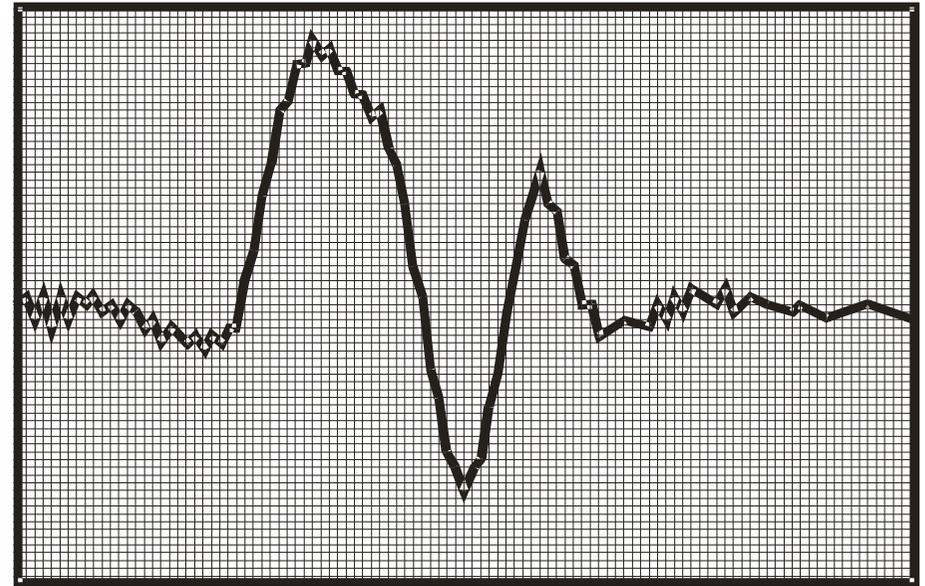
### Forma d'onda discreta



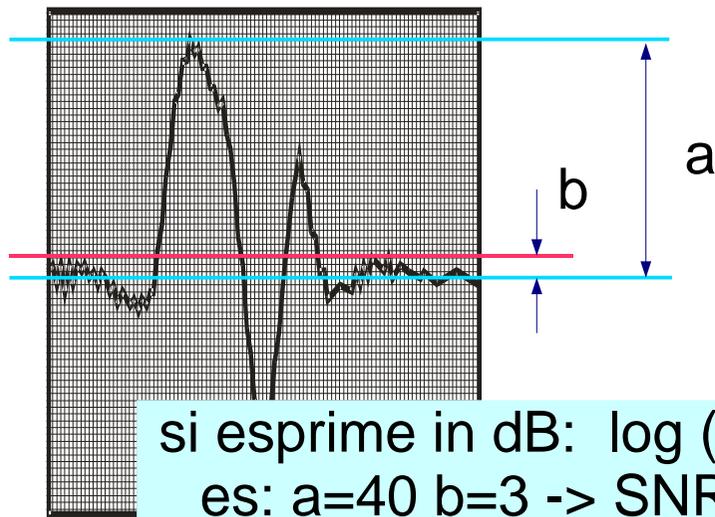
### Forma d'onda discreta saturata



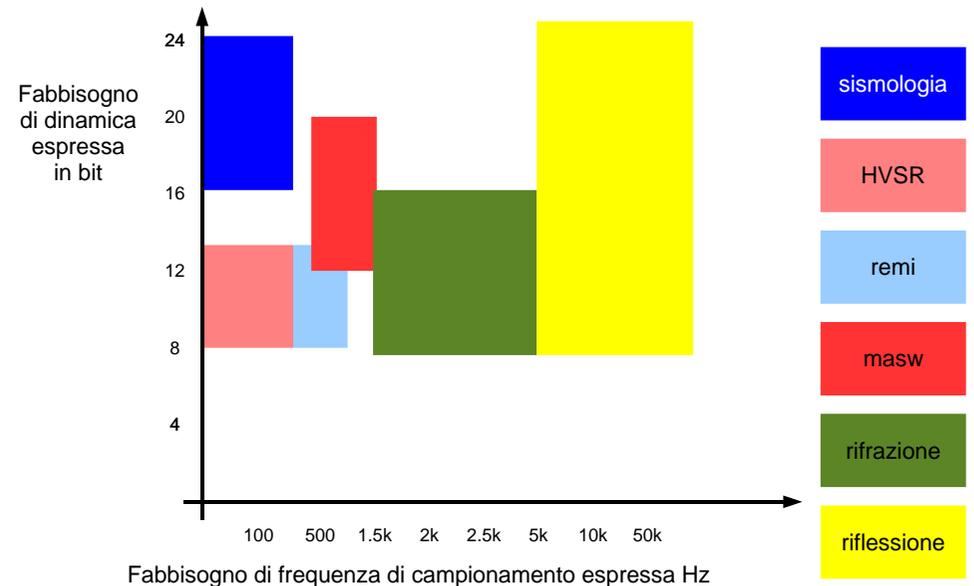
### Forma d'onda discreta con rumore



### Il rapporto segnale / rumore



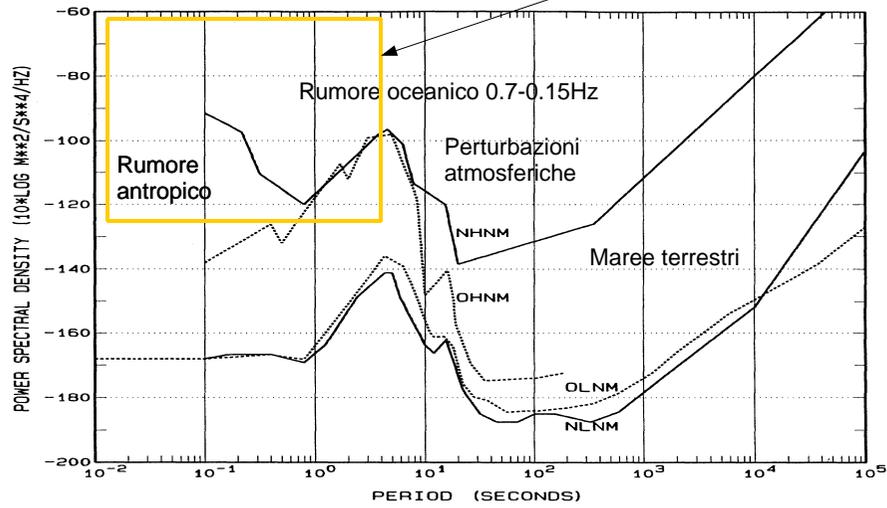
### fabbisogno di dinamica



Fabbisogno di frequenza di campionamento espressa Hz

## Onde sismiche

66dB = 11 bit



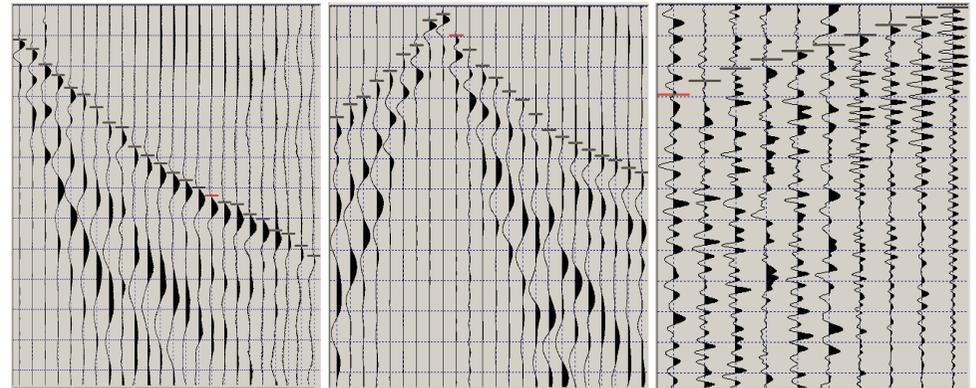
Modello del rumore di fondo globale

SARA electronic instruments s.r.l.

21

## RIFRAZIONE - P/S

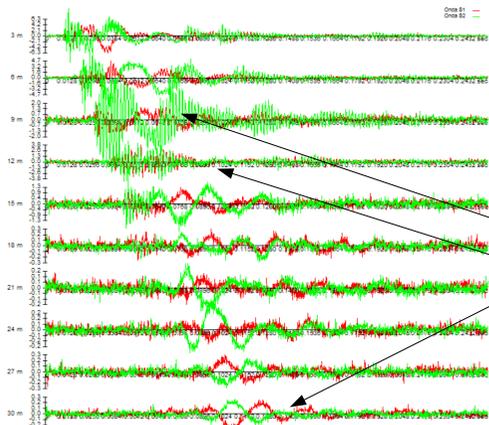
- 1) Scarso rapporto s/n sugli ultimi canali
- 2) Arrivi sui primi geofoni dello shot intermedio (problema posizione nella battuta ?)
- 3) Tentativo di acquisizione onde S (vento, errata energizzazione)



(C) 2010 - SARA electronic instruments s.r.l.

22

## Qualità dei dati - Downhole



Primi arrivi onde P ed S a varie quote  
Onde S orientate con l'energizzazione

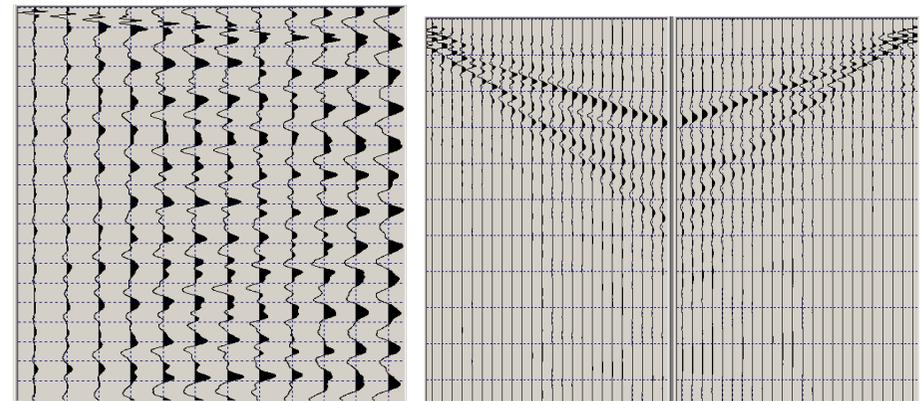
- 1) Risonanza (forse della cementazione)
- 2) SNR non elevatissimo
- 3) Si noti la buona lettura "S" a 30m

Spesso è sottostimato il rumore generato dagli operatori intorno al foro

(C) 2010 - SARA electronic instruments s.r.l.

23

## Qualità dei dati - MASW



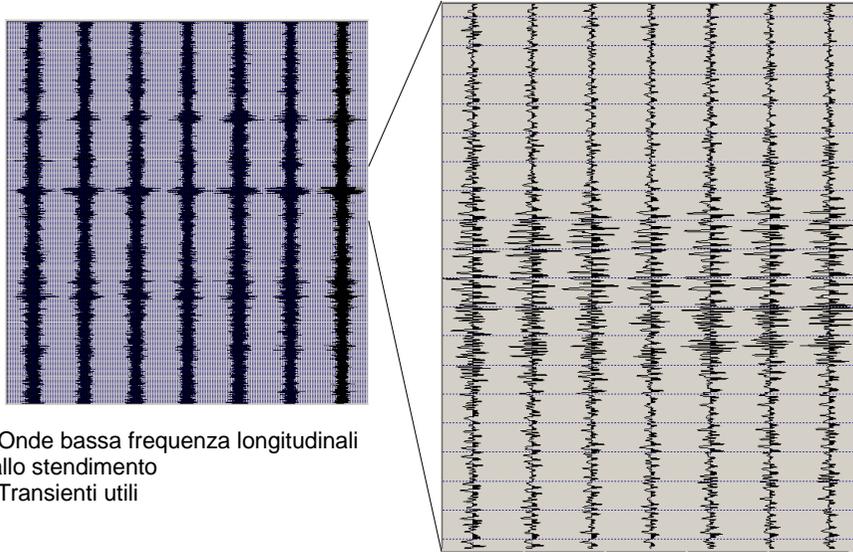
- 1) Basso SNR
- 2) Rumore perpendicolare allo stendimento
- 3) Energizzazione insufficiente e onde ad alta frequenza

- Onde a bassa frequenza  
- Doppia esecuzione per controllo

(C) 2010 - SARA electronic instruments s.r.l.

24

## Qualità dei dati - RE.MI.



- Onde bassa frequenza longitudinali allo stendimento
- Transienti utili

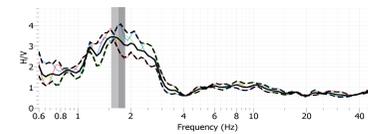
(C) 2010 - SARA electronic instruments s.r.l.

25

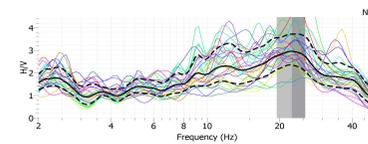
## Qualità dei dati - HVSR

- SI segua il protocollo SESAME  
[http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/Papers/HV\\_User\\_Guidelines.pdf](http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/Papers/HV_User_Guidelines.pdf)

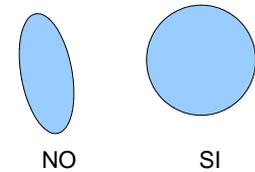
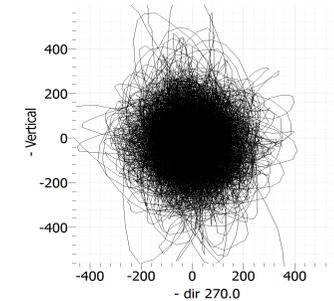
- Fra gli elementi più rilevanti:
- 1) omogeneità del microtremore
  - 2) lunghezza appropriata delle finestre di analisi  $\geq 30$  secondi
  - 3) presenza di picchi rilevanti



OK



N.S.



(C) 2010 - SARA electronic instruments s.r.l.

26

## MIGLIORARE IL RAPPORTO SEGNALE / RUMORE

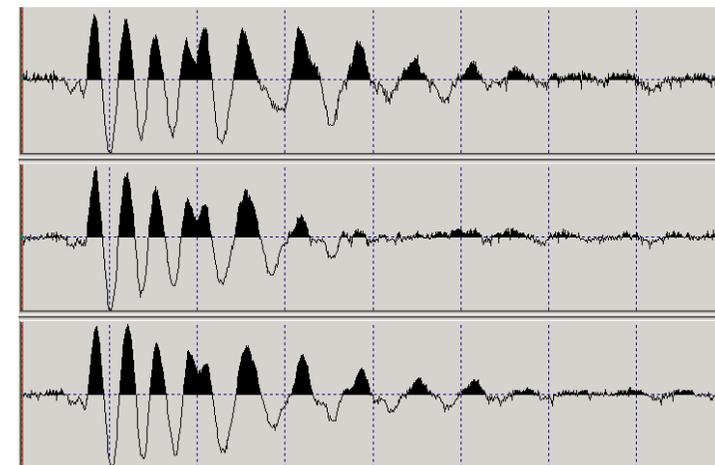
Rumore strumentale --- Rumore sismico

- 1° SCEGLIERE MOMENTI LOW-NOISE
- 2° ESEGUIRE LO STACKING
- 3° INCREMENTARE L'ENERGIA
- 4° USARE ReMi / ESAC (passive)

(C) 2010 - SARA electronic instruments s.r.l.

27

## LO STACKING

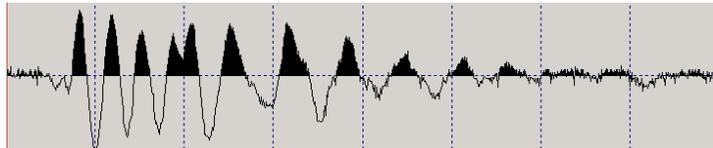


tre acquisizioni ripetute

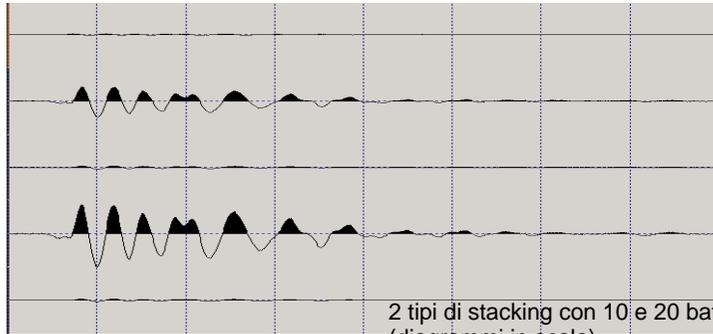
(C) 2010 - SARA electronic instruments s.r.l.

28

## LO STACKING

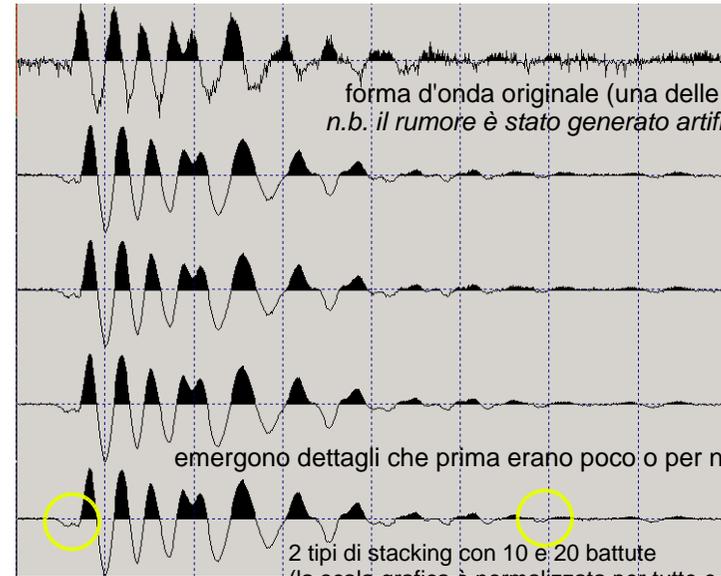


forma d'onda originale (la prima del sismogramma sottostante)  
*n.b. il rumore è stato generato artificialmente :-)*



2 tipi di stacking con 10 e 20 battute  
 (diagrammi in scala)

## LO STACKING

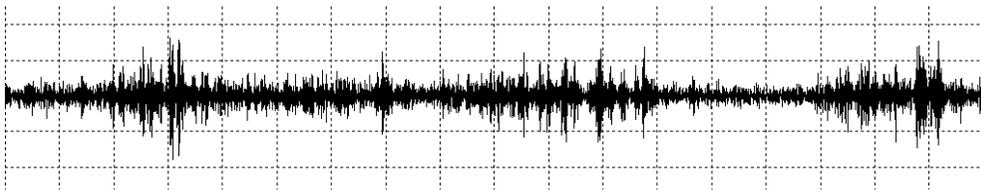


forma d'onda originale (una delle battute)  
*n.b. il rumore è stato generato artificialmente*

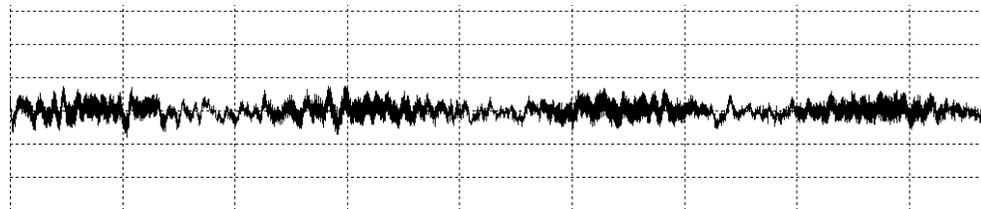
emergono dettagli che prima erano poco o per nulla visibili

2 tipi di stacking con 10 e 20 battute  
 (la scala grafica è normalizzata per tutte e 5 le onde)

## disturbi (?)

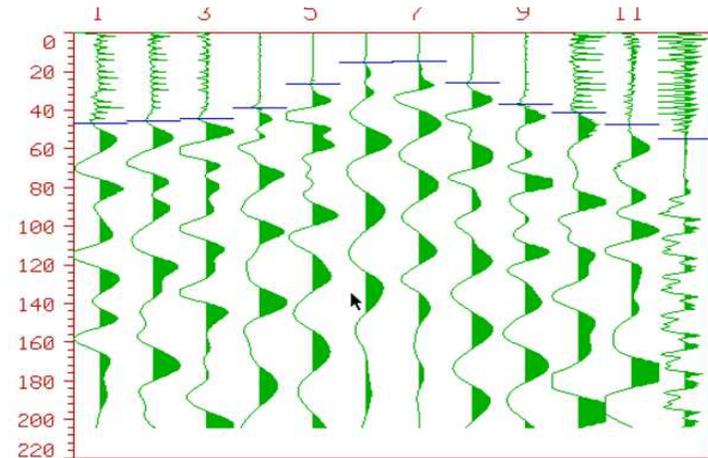


Rumore antropico (per passive è utile)



Rumore elettrico da interferenze? Disturbo!

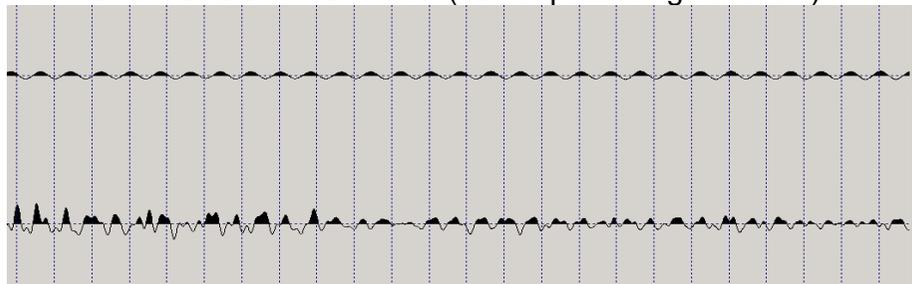
## disturbi strumentali



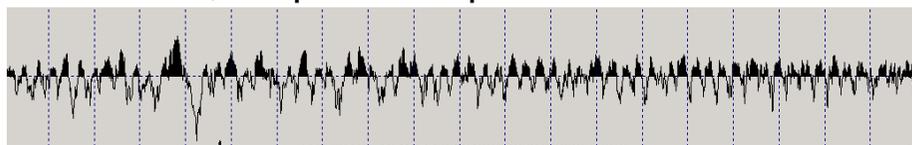
In questo caso l'indagine rimane valida ma  
 è evidente una sorgente elettrica di disturbo

## Riconoscere il rumore elettrico/elettronico

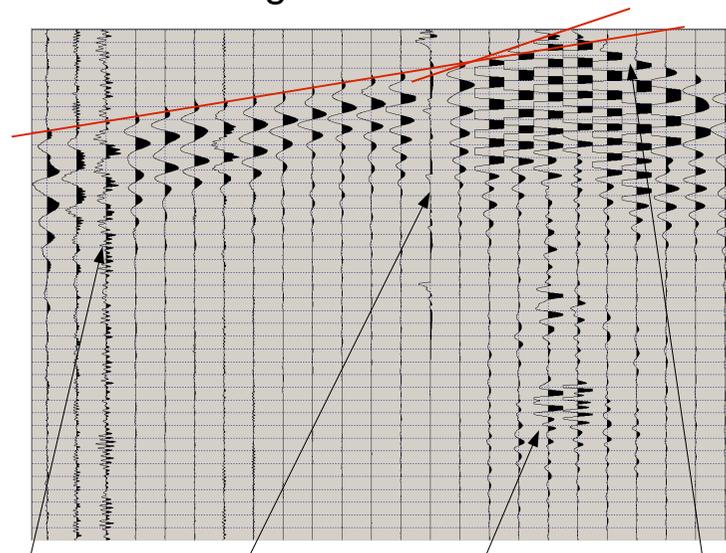
### Rumore da 50Hz di rete (60 nei paesi anglosassoni)



### Disturbi elettrici da inverter asimmetrici, frequenza superiore a 50Hz



## Idoneità indagine – Elementi di disturbo



Vento?, Geofono malfunzionante, Rumore degli operatori, Saturazione

(C) 2010 - SARA electronic instruments s.r.l.

34

## Bibliografia

Sorgenti di immagini:

- MASW - [www.masw.it](http://www.masw.it)
- [http://www.optimssoftware.com/white\\_papers/images/interp.pdf](http://www.optimssoftware.com/white_papers/images/interp.pdf)
- GeoStru Software – Manuale software di analisi DownHole
- GeoGiga - [www.geogiga.com](http://www.geogiga.com)

Dove non diversamente indicato la sorgente è di: SARA electronic instruments s.r.l.

L'autore declina ogni responsabilità per eventuali inesattezze sui dati. Tutte le informazioni vanno esaminate con criticità e verificate prima di essere applicate. Nel caso alcune immagini o testi siano riconducibili a lavori eseguiti da altri ricercatori o professionisti vi preghiamo di segnalarcelo, sarà nostra cura informare i lettori degli appropriati crediti, correggere e/o rimuovere i testi e/o le immagini riportate in questa brochure.