## ELIOSOFT

# **ELIOVSP**<sup>®</sup>

Software per l'elaborazione di dati di sismica di pozzo (onde P e SH + attributi sismici) e la loro analisi congiuntamente alla curva HVSR

release 2024

8 settembre 2023



Copyright © 2024 Tutti i diritti riservati

solvitur ambulando

#### SOFTWARE PER ANALISI DI DATI SISMICI DOWNHOLE

Modellazione congiunta dei tempi di arrivo onde P e SH secondo la corretta rifrazione dell'onda trasmessa, anche congiuntamente all'HVSR.

Il software gestisce direttamente anche i dati registrati con doppio sensore di pozzo che *Eliosoft* ti può fornire (questo consente di dimezzare il lavoro di acquisizione).



#### I nostri social media

Consigliamo in particolare il nostro profilo *Facebook* frequentemente aggiornato con piccoli casi studio, novità ed utili e pratici suggerimenti.



## ALCUNE DELLE NOVITÀ CHE SARANNO IMPLEMENTATE IN ELIOVSP 2024

- 1) Una serie di warning audio sono presenti in alcune fasi cruciali del processing
- 2) Compatibile con *Windows 11* [ELIOVSP non richiede macchine particolarmente potenti un comune/buon computer di fascia medio-alta è sufficiente]
- 3) Per evitare l'upload di dati inutilmente pesanti (acquisiti con una frequenza di campionamento inutilmente alta) è ora disponibile l'opzione di "automatic resamplig" già all'atto di caricare i dati attraverso il file di progetto. Se attivato (di default) i dati vengono automaticamente ri-campionati a 1000 Hz (1 ms) che, considerato l'effettivo contenuto in frequenza, risulta molto più che sufficiente
- 4) Computo degli attributi sismici (frequenza, fase e ampiezza istantanee) per meglio chiarire la continuità dei primi arrivi in caso di dati complessi o dal basso rapporto segnale/rumore (S/N). Questo si rivela uno strumento di grandissima efficacia durante l'analisi di dati registrati in ambienti molto "scatteranti".
- 5) Disponibili nuovi video tutorial su youtube You Tube



#### **ELIOSOFT FORNISCE ANCHE**

**SISTEMI DI ACQUISIZIONE** completi (sismografi, cavi sismici, geofoni e accessori) ottimizzati per l'acquisizione olistica di dati sismici multi-componente e vibrazionali.





Geofoni verticali e orizzonali (da 4.5 e 2 Hz) con supporti per lavorare su asfalto.

#### SOFTWARE



ELABORAZIONE DATI (vedi ad esempio il nostro servizio ADAM2D)





### 8 and 10-kg sledgehammer and polyethylene plate





#### ELIOVSP

1. Introduzione e sintesi di quello che puoi fare con ELIOVSP	. 11
2. Acquisizione dati	. 15
Geometria	. 16
<i>Offset</i> (distanza tra sorgente e pozzo)	. 17
Lunghezza della registrazione	. 17
Tempo di pre-trigger	. 17
Stack	. 17
Intervallo di campionamento	. 18
Onde P	. 20
Onde SH	. 20
Il geofono da pozzo: geofono da foro singolo e doppio	. 23
Nominare i <i>files</i> di campagna in modo razionale e utile [importante]	. 23
Orientazione del geofono [operazione cruciale]	. 24
Acquisizioni con il sistema di acquisizione da noi fornito [doppio geofono da foro]	. 25
Guadagno ( <i>gain</i> )	. 27
Scheda di campagna	. 27
Documentazione fotografica dell'acquisizione	. 29
HVSR	. 29
2.1 Acquisizione dati: ma è tutto così necessario? Lavorare efficacemente oltre le leggende.	. 31
3. Il file di progetto	. 36
4. Gli strumenti di elaborazione	. 48
Gli Attributi Sismici: Frequenza, Fase e Ampiezza Istantanee	. 51
5. Modellazione/inversione: come lavorare	. 54
<i>Modelling</i> (modellazione diretta)	. 55
Sequenza di lavoro/modellazione per "principianti"	. 58
Sequenza di lavoro per "utenti consapevoli"	. 60
<i>Picking</i> e inversione automatica	. 63
6. Stima del <i>damping</i>	. 65
7. Note (miscellanea)	. 66
8. Esempi di elaborazione [approccio raccomandato]	. 68
8.1 Esempio#2 di analisi congiunta P, SH e HVSR	. 78
8.2 Esempio#3 di analisi congiunta P, SH e HVSR	. 80
8.3 Esempio#4: utilizzo della massima ampiezza H	. 82
8.4 Brevi ulteriori esempi, ovvero perché le acquisizioni VF sono inutili	. 86
Dati forniti a corredo	. 88
Il geofono da foro <i>doppio</i> da noi fornito [twin borehole geophone]	90
Risoluzione problemi e Assistenza	93
Spunti hibliografici	97
Servizio di analisi dati sismici	103

#### 1. Introduzione e sintesi di quello che puoi fare con ELIOVSP

Il software ELIOVSP gira sotto *sistema operativo windows 64 bit* e si integra perfettamente con tutti i nostri *software* per l'analisi delle onde di superficie (*HoliSurface*<sup>®</sup> e *winMASW*<sup>®</sup>).

A differenza di altri software per il DownHole, ELIOVSP consente di:

- 1. processare i dati in modo da porre in evidenza i segnali di interesse;
- 2. computare i tempi di arrivo considerando la completa e precisa rifrazione dell'onda, non viene applicata nessuna approssimazione "al raggio rettilineo";
- 3. modellare i dati (quindi sotto il totale controllo dell'utente) e non solo "invertirli automaticamente" (naturalmente è anche possibile fare il *picking*-inversione);
- 4. la modellazione degli arrivi delle onde P e SH può essere svolta anche unitamente alla curva HVSR potendo quindi conseguire due fini: da una parte otterremo un modello ancora più solido del sottosuolo (più osservabili si hanno più vincolato è il modello – si tratta in pratica dell'approccio olistico ampiamente sfruttato anche in winMASW<sup>®</sup> e HoliSurface<sup>®</sup>), dall'altro si estenderà il profilo V<sub>S</sub> ben oltre la profondità del pozzo!

Inoltre, in accordo alla teoria e grazie ai vari strumenti di elaborazione, seguendo con scrupolo le istruzioni per l'acquisizione, sarà possibile acquisire solamente le battute orizzontali [HF] (le onde P possono essere identificate facilmente solamente da dati HF).

Tramite un semplicissimo *file di progetto* (un file ASCII con estensione .vsp) si caricano i dati. Una volta caricati si scelgono le componenti che meglio evidenziano i primi arrivi delle onde P e SH, potendo anche usufruire di vari strumenti di filtraggio e guadagno (anche AGC separato per onde P e SH).

Si ricordi che la modellazione della propagazione dell'onda è fatta considerando la corretta e completa rifrazione dell'onda trasmessa e questo assicura la necessaria precisione delle operazioni di modellazione/inversione (<u>non viene cioè eseguita nessuna "approssimazione"</u> <u>a traiettoria lineare del raggio</u>).



#### Modellazione congiunta P + SH + HVSR

Se avete precedentemente determinato la curva HVSR (file con estensione .hv) [vedi anche i nostri software *HoliSurface*<sup>®</sup> e *winMASW*<sup>®</sup>], potete caricarla in ELIOVSP ed effettuarne la modellazione congiuntamente ai tempi di arrivo delle onde P ed SH.

Naturalmente la curva può essere calcolata anche con altro software, è solo importante avere la curva nel formato "istituzionale" .hv (vedi box qui sotto), cioè un banale file ASCII con una serie di *header lines* e, successivamente, quattro colonne con riportate (in sequenza) le frequenze, l'HVSR medio e le deviazioni standard minima e massima.

# version 1.1					
# Number of windows = 139					
f0 from average = 3.2219					
Peak amplitude = 3.4084					
# Number of windows for f0 = 139					
# f0 from windows: -					
# Frequency Average Min Max					
0.688172 1.84976 1.31883 2.38069					
0.719453 1.89829 1.36481 2.43177					
0.750733 1.94364 1.42425 2.46303					
0.782014 1.92659 1.4377 2.41548					
0.813294 1.89056 1.37193 2.40918					
0.844575 1.79461 1.34583 2.2434					
0.875855 1.76489 1.3075 2.22229					
0.907136 1.74703 1.28135 2.21271					

La sismica DH (*DownHole*) è, come molte altre indagini geofisiche, oggetto di svariati fraintendimenti che si manifestano in imprecisioni e insensatezze sia a livello teorico che, conseguentemente, pratico. È questo il motivo per cui non viene fornita una *demo* del software: preferiamo infatti illustrare la teoria e la pratica delle diverse metodologie sismiche durante gli incontri formativi, in modo da far comprendere il senso e il *flusso logico* su cui si basa il funzionamento dei nostri software.

Ad ogni buon conto, questo manuale (e i casi studio di volta in volta resi disponibili) rappresentano un documento delle potenzialità e del rigore con cui funziona ELIOVSP.

Non è possibile chiarire tutti i pertinenti aspetti in un piccolo manuale, ma si consiglia di leggere il presente documento con molta attenzione e intervenire ai nostri incontri formativi.

Il software ELIOVSP<sup>®</sup> è utilizzabile in modo piuttosto intuitivo: una volta caricati i dati (attraverso il *file di progetto*), questi sono presentati in un pannello diviso in due parti. Quella di sinistra si riferisce alle onde P mentre quella di destra alle onde SH. Qui di seguito uno *snapshot* della finestra di ELIOVSP<sup>®</sup> appena caricati i dati (prima di qualsiasi elaborazione atta a porre in evidenza i primi arrivi). In effetti sono già evidenti sia gli arrivi delle onde SH (sulla destra) che delle onde P (pannello di sinistra - primi "deboli" arrivi tra circa 0.01 e 0.03 secondi).

Un po' di esperienza (guidata dal necessario bagaglio teorico) e un po' di semplice *modelling* fa immediatamente comprendere come i primi arrivi delle onde P (tra circa 0.01 e 0.03 secondi) siano legati alla falda superficiale (cosa assai comune che rende, tra le altre cose, del tutto inutili gli "studi a rifrazione P" in sedimenti alluvionali con falda superficiale).



Basterà un minimo di scelte consapevoli e ragionate (ad esempio l'applicazione del guadagno e dell'AGC) per ottenere quanto visibile nelle due successive schermate in cui la chiarezza delle onde P è ulteriormente migliorata. Si ricordi che stiamo qui considerando dati raccolti da una sorgente H+ e H- classicamente a 90° [vedi prossima sezione del manuale] (con una sorgente di taglio angolata a circa 70° le cose migliorerebbero ulteriormente).



#### **ELIOVSP**



Primi arrivi delle onde P (a sinistra) e delle onde SH (a destra) dall'elaborazione di dati raccolti unicamente con sorgente di taglio.

L'immagine qui di seguito (da altro *dataset*) rappresenta ancora un'acquisizione HF+ / HF-(ancora con sorgente a 90° e non a 60-70°): anche qui le onde P sono perfettamente riconoscibili (ancora più che nel precedente esempio). Qual è dunque il senso di acquisire con battuta verticale? Lo stesso di campionare con frequenze superiori ai 1000 Hz o di acquisire più di 2 componenti orizzontali: completa inutilità.



2. Acquisizione dati



#### RICORDA

L'operazione di acquisizione è fondamentale in tutta la geofisica. Troppi la sottovalutano (o interpretano malamente) ignorando, tra le altre cose, l'antico e noto acronimo GIGO:

#### Garbage In, Garbage Out

vale a dire: se il dato in entrata è spazzatura, tale sarà il risultato dell'elaborazione

#### Geometria

Si parte con il geofono alla profondità massima che si desidera investigare e poi si sale (o viceversa) ad intervalli di tipicamente 1 m, ma ridurre tale valore (ad esempio a 0.5 m) non può che essere una buona cosa in quanto porterebbe ad ottenere un *dataset* in cui è ancora più chiaro seguire le pendenze relative ai singoli strati incontrati.



#### Offset (distanza tra sorgente e pozzo)

Poiché il *software* ELIOVSP modella in modo rigoroso la propagazione dell'onda secondo traiettorie che considerano il reale percorso dato dalla rifrazione dell'onda (gli altri *software* approssimano il raggio ad una traiettoria lineare), in termini di principio è possibile utilizzare *offset* anche notevoli che non sarebbero gestibili nel caso in cui le proprie analisi (il proprio *software*) non considerassero il percorso reale del raggio sismico e lo approssimassero a linee rette (come ragionano pressoché tutti i software di sismica DH).

Si deve però anche considerare che le tracce sismiche pertinenti alle posizioni del geofono da zero (0) sino ad una profondità circa pari al valore dell'*offset* sono di complessa lettura (si intrecciano onde dirette, riflesse e rifratte) e, per questo motivo, **si suggerisce un valore di offset** <u>tra 2 e 4 m.</u>



#### Lunghezza della registrazione

Dipende dalla profondità del pozzo, ma per i comuni 30-50 m, 0.5 s sono sufficienti (tranne casi particolari dati, ad esempio, da enormi spessori di torbe).

#### Tempo di pre-trigger

Come buona norma per qualsiasi tipo di sismica attiva si suggerisce di non utilizzare nessun tempo di pre-trigger

#### Stack

<u>Mai inferiore a 3</u> (indipendentemente dalla sorgente, VF o HF). In termini assoluti, è una delle operazioni più importanti e sottovalutate (quando non del tutto fraintese). A parità di altre condizioni, <u>maggiore lo stack, migliore la qualità dei dati</u>. Molto semplice.

#### **ELIOVSP**

La quantità di energia immessa nel terreno è proporzionale al numero di battute utilizzate per effettuare lo *stack*. Grandi masse e complicati sistemi di energizzazione possono essere tranquillamente sostituiti da un adeguato *stack* svolto con le comuni mazze da 8-10 kg.

Non abbiate paura e abbondate considerando che le acquisizioni VF sono inutili (vedi oltre) e, se abbiamo delle solide basi teoriche (e una certa pratica di campagna), non sarebbe nemmeno necessario svolgere battute di destra e sinistra (bastano i dati da un solo tipo di battuta).

In breve ciò che consigliamo è: doppio geofono da pozzo (in questo modo si dimezza la quantità di acquisizioni da fare) e solamente battute HF60+. I non esperti (iper-scrupolosi) possono fare anche delle HF60- (restano inutili le VF).

#### Intervallo di campionamento

0.5 ms (2000 Hz) sono più che sufficienti (*Nyquist frequency* pari a 1000 Hz). In effetti, nella pressoché totalità dei casi, 1 ms (1000 Hz) è già un valore più che sufficiente. Infatti, considerato l'effettivo contenuto in frequenze del segnale generato con le comuni sorgenti (traversina) e l'attenuazione del segnale, campionare a frequenze superiori a 1000 Hz (1 ms) è usualmente <u>completamente inutile</u> in quanto la massima frequenza contenuta nell'ondina raramente supera i 200-300 Hz (si studi il <u>teorema di Nyquist-Shannon</u> e/o si partecipi ai nostri *workshops*).

Nell'immagine riportata qui di seguito si mostrano gli spettri di ampiezza delle tre componenti (Z, H1 e H2) per un *dataset* di pozzo acquisito utilizzando una sorgente di taglio (HF) [tali spettri di ampiezza sono computati e mostrati automaticamente all'atto di caricare i dati – la figura è automaticamente salvata nella cartella di lavoro assieme alle immagini delle tracce sismiche delle varie componenti].





#### Sono evidenti almeno due cose:

- la massima frequenza contenuta è inferiore ai 200 Hz e quindi campionando anche solo a 400 Hz (2.5 ms) sarebbe stato sufficiente;
- 2) nonostante si sia utilizzata una sorgente HF "pura" (angolo di 90°) è chiara la presenza di segnale anche lungo la componente verticale (Z) riferito alle onde P. Utilizzando una sorgente inclinata (vedi poco oltre in questo stesso manuale) enfatizzeremo tale componente (cioè gli arrivi delle onde P) mantenendo splendidamente visibili anche le onde SH.

All'atto di caricare i dati sono mostrate anche le tracce sismiche delle varie componenti (con le loro combinazioni):





#### **Onde P**

la vulgata vuole che sia fatta anche un'acquisizione con battuta verticale (VF), a questo proposito vedi il successivo capitolo.

#### **Onde SH**

la "norma" vuole che sia fatta sia un'acquisizione con battuta a destra (+) e a sinistra (-). In effetti, se si opera con cura e attenzione questo è spesso non strettamente necessario (è spesso facile individuare l'onda SH senza confonderla con la P anche con un'unica battuta SH - indifferentemente a destra o a sinistra).

Ottimo e raccomandato ("obbligatorio") l'utilizzo di <u>traversina con superficie inclinata di circa</u> <u>60-70°</u>. La funzione è duplice: da una parte consente l'immissione di molta più energia e dall'altra consente di fatto di generare un'equilibrata quantità sia di onde P che di onde SH. **Questo fatto consente quindi di evitare di effettuare le acquisizioni VF (fatte abbastanza inutilmente per generare le onde P che sono comunque chiarissime anche dai dati HF, specie nel caso in cui la sorgente sia inclinata nel modo indicato).** 



Tale tipologia di sorgente è utile (necessaria) anche per l'acquisizione delle onde SH e di Love (rifrazione SH e MASW in onde di Love – vedi software *winMASW*<sup>®</sup> e *HoliSurface*<sup>®</sup>).

Al fine di evitare di danneggiare il legno della traversina e con lo scopo di dare sufficiente ampiezza alle alte frequenze (utili nello studio delle onde di volume), è raccomandata una piastra di battuta in polietilene usata nel modo mostrato dalla seguente foto.



Per semplicità, potremmo indicare tale sorgente con il nome HF60 (indicando così l'angolo, in termini assolutamente approssimativi, della battuta). Resta chiaro che per l'angolo vi è un'ampia tolleranza (55°-75°).

#### Va sottolineato come le complesse sorgenti di onde di taglio spesso utilizzate siano del tutto inutili specie nel momento in cui lavoriamo su suolo.

**Lavorare su suolo**: soluzione molto semplice snella e *massimamente efficace* (massima energia trasmessa nel suolo come onda di taglio con anche sufficiente energia in onda compressionale):



**Quando si lavora su superfici rigide (asfalto)** si può utilizzare una traversina (vedi precedenti immagini) o soluzioni come la seguente (inutili nel caso di lavori su suolo) sempre ricordando che la "complicazione" della sorgente è spesso inutile e si può utilizzare una sorgente relativamente poco energetica semplicemente **aumentando lo** *stack*.



#### Il geofono da pozzo: geofono da foro singolo e doppio

Dalla *release* 2021, ELIOVSP può gestire *datasets* raccolti anche con doppio geofono da pozzo. Si ricorda che un **geofono da pozzo** tradizionale è un semplicissimo geofono triassiale (vi sono inseriti due geofoni orizzontali ed uno verticale). Rispetto ad un **geofono triassiale** comunemente usato per l'HVSR (e per il metodo HS – *HoliSurface*<sup>®</sup>), cambia unicamente il *"case"* (cioè la *"scatola"* esterna - che deve essere tale da poter essere utilmente calata in un pozzo).

Per **geofono da pozzo "doppio"** si intende semplicemente l'utilizzo di due geofoni triassiali che sono usualmente spaziati di 1 m (vedi foto nella sezione "Geometria").

L'utilità di un geofono doppio sta nel fatto che le operazioni di acquisizione andranno a ridursi della metà rispetto allo sforzo necessario per acquisire i dati con un geofono singolo. Infatti, un geofono da pozzo doppio raccoglie i dati a 2 diverse profondità e, di conseguenza, sarà possibile "*skippare*" una mazzata. Se i due sensori sono, ad esempio, a 30 e 29 m, il passo successivo sarà portarli a 28 e 27 m e così via, riducendo quindi a 15 le acquisizioni da fare (nel caso si desideri fare un DH da 30 m).

Ricordiamo che ELIOSOFT fornisce geofoni da pozzo e tutta la strumentazione necessaria per una corretta ed efficace acquisizione dei dati sismici – *sistemi di acquisizione completi e personalizzati* – con un *training* tanto sull'hardware che sul software, quindi tanto sulle acquisizioni che sulle analisi in modo da svolgere correttamente (e con rigore) i tuoi lavori.

#### Geofoni da pozzo a più di 2 componenti orizzontali

## Nel file di progetto (vedi sezione "Il file di Progetto") è necessario definire le componenti che vogliamo considerare

Se il tuo geofono da pozzo ha più di 2 componenti orizzontali, durante il caricamento dei dati tramite *file di progetto*, devi indicare le due componenti che desideri considerare per identificare i primi arrivi delle onde SH (si consideri che, come illustriamo nei nostri incontri e in qualche misura in questo stesso manuale, tale tipologia di geofoni è di fatto pressoché inutile). È chiaramente possibile compilare diverse versioni del tuo *file di progetto* considerando diverse tracce orizzontali.

#### Nominare i files di campagna in modo razionale e utile [importante]

Come raccomandiamo sempre, i nomi dei files devono avere un *significato* (quindi un *valore*). La cosa più semplice è fare in modo che il nome del file riporti la profondità del geofono (se abbiamo un geofono da pozzo singolo il concetto è di immediata comprensione, mentre se abbiamo un geofono da pozzo doppio dobbiamo decidere se dare un nome che riporti entrambe le profondità o solo la più profonda – in genere è bene iniziare le operazioni di acquisizioni a partire dal basso). Nel caso di dati HF è poi certamente importante che il file riporti indicazioni sul tipo di battuta (dx o sx).

Esempi di files di chiaro significato (profondità del geofono 30 m):

	Esempio#1	Esempio#2
battuta verticale (per onde P) – non necessaria	VF_30.seg2	VF_30m.seg2
[vedi oltre in questo manuale]		
battuta orizzontale sinistra (per onde SH e P)	30sx.seg2	HFdx30m.seg2
battuta orizzontale destra (per onde SH e P)	30dx.seg2	HFsx30m.seg2

**Nota importante:** se utilizzate sempre gli stessi nomi dei files e le medesime procedure di acquisizione, il **file di progetto** [vedi oltre] non necessiterà di essere modificato e sarà di fatto sempre lo stesso.

#### Orientazione del geofono [operazione cruciale]

Durante l'acquisizione di dati SH, è fondamentale fare il possibile affinché la traccia relativa alla **componente trasversale** (che nei *files* sarà la *terza traccia*) sia parallela alla traversina (vedi figura qui sotto, vista *in mappa*, cioè dall'alto), ottenendo quindi un file finale che <u>segue la seguente convenzione</u>:

#### traccia#1: traccia verticale (Z) traccia#2 (H1): componente orizzontale <u>radiale</u> (R) traccia#3 (H2): componente orizzontale <u>trasversale</u> (T)



Durante le operazioni il geofono potrà certamente ruotare ma è importante per lo meno provare a mantenere l'orientazione come nello schema sopra riportato (vedi anche successivo schema).

Durante l'operazione di caricamento dei dati (vedi struttura del file di progetto), è comunque necessario specificare la sequenza delle tracce (qual è cioè la componente Z, la R e la T) e diverse orientazioni/convenzioni saranno quindi comunque possibili/gestibili.

Se cioè il proprio sistema di acquisizione lavora in modo tale da ottenere una sequenza R T Z, basterà indicare nel *file di progetto* la sequenza 3 1 2 (in questo modo diciamo al software che nei dati che caricheremo le componenti Z R T sono rappresentate rispettivamente dalle tracce 3 1 e 2).

#### ELIOVSP



## Acquisizioni con il sistema di acquisizione da noi fornito [doppio geofono da foro]

Per assicurare il massimo dei risultati con il minimo sforzo, *ELIOSOFT* fornisce sistemi di acquisizione flessibili e utili a poter effettuare una vastissima gamma di operazioni (vedi *in primis* il <u>sistema HoliSurface</u>). Il geofono da foro che forniamo (insieme a tutto il resto – sismografo e software) è doppio. Si tratta cioè di due geofoni triassiali posti ad 1 m di distanza l'uno dall'altro. Questo consente di acquisire in un sol colpo gli arrivi a due diverse profondità dimezzando quindi il lavoro di campagna.

#### ELIOVSP

Si posiziona il geofono ad una profondità di, ad esempio 30 m, e si otterranno i dati a 30 e 29 m di profondità. Successivamente si *tirerà su* il geofono di 2 metri in modo da avere i due sensori a 28 e 27 m e così via (in questo modo, nell'ipotesi di dover campionare le tracce sismiche da 30 a 1 m di profondità [con passo 1 m], invece di dover effettuare 30 battute di acquisizione, ne saranno sufficienti 15).

Il software ELIOVSP si occuperà poi di caricare (tramite il *file di progetto*) tutti i dati nel modo più semplice.

Se utilizzi il nostro sistema devi collegare il connettore del geofono da foro (con doppio sensore) al **connettore 13-24** attivando i canali 13-14-15-16-17-18.

Nel calare il geofono nel pozzo farai di tutto per porre la direzione radiale del geofono (indicata dall'**adesivo HoliSurface – source**) nella corretta posizione. Rispetto al punto della sorgente, l'adesivo deve trovarsi diametralmente all'opposto.

In questo modo le 6 tracce sismiche che otterrai saranno, in sequenza:

#### le tracce delle componenti Z R e T del geofono più profondo

е

le tracce Z R T del geofono più superficiale (1 m sopra il precedente)



Corretto orientamento del geofono da foro (vista dall'alto): l'adesivo HS (HS sticker) deve trovarsi in posizione diametralmente opposta al punto di sorgente



Geofono da foro doppio (due triassiali posti ad 1 m l'uno dall'altro) con l'adesivo utile alla sua corretta orientazione

Il **diametro del geofono da foro** che forniamo è di 50 mm e, conseguentemente, il **diametro interno del tubo del foro** dovrebbe essere almeno 60 mm (il tubo che si usa più comunemente è da **2 pollici e mezzo**).

#### Guadagno (gain)

È raccomandabile che il guadagno sia lo stesso per tutte le tracce (cosa peraltro raccomandabile per *tutta* la sismica in quanto abbiamo bisogno che i dati rispecchino nel modo più fedele possibile la realtà – vedi libro Flaccovio 2012).

#### Scheda di campagna

Nella seguente pagina è riportata una possibile scheda di campagna utile per tenere traccia dei dati acquisiti. Ricorda che, in generale, è utile usare come nome file la profondità alla quale si trova il geofono, aggiungendo poi un suffisso che indica il tipo di energizzazione (**VF**, **HF** o, come da noi consigliato, *inclinata*).

		Sito:			
ELIOSOFT			OFFSET (m):		
			GIORNO/ORA:		
www.winMASW.com		NOTE:			
#	NOME FILE	PROFONDITÀ (m)	SORGENTE (VF, HF, INCLINATA)	Νοτε	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

#### Documentazione fotografica dell'acquisizione

Documenta l'acquisizione utilizzando una soluzione che consente di ottenere in modo facile e rapido le informazioni sulle coordinate geografiche del sito: *Action Cam* (come ad esempio la *GoPro*), droni o cellulari (le applicazioni **MapCam** e **GPS Map Camera** memorizzano anche i dati GPS). I nostri software leggeranno le informazioni localizzando quindi in modo molto rapido ed efficace il sito investigato.









MapCam

**GPS Map Camera** 

Action cameras





Esempio di quanto si ottiene caricando una foto acquisita in uno dei modi sopra elencati.

#### **HVSR**

Poiché con **ELIOVSP** è possibile modellare anche l'HVSR (si può cioè analizzare congiuntamente i tempi di arrivo S e P e l'HVSR), è utile (raccomandato) **acquisire un paio** di HVSR attorno al pozzo (diciamo a circa 0.5-1 m dal pozzo, in due punti distinti (ricordiamo che acquisire un unico HVSR è, per svariati motivi, "rischioso").

<u>L'utilità è duplice:</u> da una parte otterremo un modello più vincolato (più *observables* si considerano più solida è la soluzione), dall'altra saremo in grado di estendere il modello del sottosuolo ben oltre la massima profondità del pozzo.

La mappa riportata di seguito illustra cosa acquisire nel caso si desideri ottenere un *dataset* realmente vincolante. Attorno al *downhole* è bene acquisire due HVSR (in due punti diversi a circa 0.5-1 m di distanza dal foro). Nel caso si debbano o vogliano acquisire anche dati relativi all'analisi delle onde di superficie (per poter confrontare dati e risultati), oltre allo stendimento per l'analisi della dispersione (che può essere di diverso tipo – vedi i due volumi pubblicati per la Flaccovio), è bene acquisire un terzo HVSR.

Nel caso il sito sia caratterizzato da sedimenti molto porosi (ad esempio sabbie o ghiaie), il cemento utilizzato potrebbe filtrare all'interno dei sedimenti alterandone la natura e quindi anche le velocità. In quel caso si suggerisce di fare un paio di HVSR **prima** e un paio di HVSR **dopo** l'operazione di cementazione (gli HVSR vanno fatti a circa 0.5 m dal foro).

Un'ulteriore causa di possibile disaccordo tra misure di pozzo e di superficie è l'anisotropia ( $V_{SH} \neq V_{SV}$ ). Di volta in volta si dovranno valutare dati ed elaborazioni ben considerando tutti gli aspetti in gioco ma si tenga presente che, in alcuni casi, è stata identificata un'anisotropia di quasi il 40% (in ghiaie). Inoltre, per valutare in modo serio l'anisotropia, è necessario acquisire tutte le componenti delle onde di superficie (Z, R e T).



Esempio di acquisizioni utili a verificare la congruità di dati di pozzo (DH) e di superficie (analisi onde di superficie utilizzando la dispersione e l'HVSR). Anche nel caso in cui non si intenda svolgere questo tipo di indagini comparate, si raccomanda di acquisire un paio di HVSR per la modellazione congiunta in ELIOVSP.

## 2.1 Acquisizione dati: ma è tutto così necessario? Lavorare efficacemente oltre le leggende

Ma è proprio necessario acquisire dati VF, HF+ e HF-? [si consideri che per ogni punto e tipologia di acquisizione dobbiamo fare lo *stack* di diverse battute e quindi si tratta di un lavoro di acquisizione relativamente pesante]

Durante i nostri incontri formativi mostriamo come l'acquisizione VF (cioè quella con battuta verticale per onde P) non sia necessaria. Un'ottima acquisizione HF+ e HF- (con sorgente inclinata di *circa* 60-70° - vedi precedenti sezioni di questo manuale) è più che sufficiente (e, se abbiamo un'approfondita conoscenza di taluni fatti pratici e teorici, a volte basterebbe addirittura una semplice HF+ o HF- senza la necessità di fare una doppia acquisizione S a polarità invertita).

In pratica: acquisisci la HF+ e HF- (con *stack* minimo 3, ma sarebbe meglio abbondare specie quando il geofono è in profondità) e, grazie alle funzioni e filtri di **ELIOVSP**, da tali *datasets* potrai ricavare tanto le V<sub>P</sub> che le V<sub>s</sub> (vedi il seguito di questo manuale).

Si raccomanda comunque di venire (o organizzare nella propria Regione) un incontro formativo *ad hoc*.

Di fatto, un utente non troppo esperto può lavorare tranquillamente con solamente le acquisizioni HF+ e HF- (ma acquisite utilizzando una traversina con angolo a circa 60° - vedi precedenti pagine), mentre ad un utente esperto può bastare (se acquisita secondo i criteri sopra esposti – inclinazione della sorgente di circa 60°) anche solamente la HF+ (o HF-).

Le onde P saranno infatti facilmente identificabili da tali tracce, senza l'utilizzo di una sorgente dedicata P (impatto verticale).

## Suggeriamo fortemente di acquisire i dati "HF" utilizzando una sorgente inclinata di circa 60° sia per la battuta di sinistra che di destra.

I due *datasets* HF+ e HF- (che potremmo anche definire come HF60+ e HF60-) saranno ottimi sia per l'individuazione delle onde P (componente Z) che SH (componenti orizzontali – adeguatamente combinate).

#### Riguardo agli HVSR:

effettuare sempre almeno 2 misure (in due diversi punti attorno al foro).

Qui di seguito si mostra un esempio di dati acquisiti con sorgente verticale (VF) e con sorgente HF. Vedete come le onde P siano chiaramente visibili ed identificabili anche dalle semplici HF?

upload VSP project

ficfibeing filter

3 offset (m)

show data

flip polarity

flip P

flip SH

attine

Arrivi delle onde P in caso di utilizzo di sorgente VF (impatto verticale) [mostrati i dati grezzi precedentemente a qualsiasi operazione di pulitura e *gain*].

Si confrontino queste tracce con quelle sotto riportate.

Arrivi delle onde P in caso di utilizzo di sorgente HF (sorgente di taglio) pura (superficie perpendicolare) [mostrati i dati grezzi precedentemente a qualsiasi operazione di pulitura e gain].

È del tutto evidente l'inutilità di effettuare le acquisizioni VF (le onde P sono evidenti anche nei dati HF).

Utilizzando, come suggerito, una sorgente inclinata (circa 60°) andremo ad enfatizzare ulteriormente le onde P (restando chiarissime anche le SH).



0

0.04

0.06 0.08

0.12 0.12

0.14

0.16

P-wave data

10 15 depth (m)

Z [standard P-wave survey

201 800

### Alcuni punti vanno sottolineati con forza e adeguatamente considerati:

1) nel caso di acquisizioni con sorgente inclinata, le onde P sarebbero ulteriormente chiarite (le immagini sopra riportate si riferiscono a sorgenti HF "pure" – con superficie di impatto perpendicolare);

2) la conoscenza delle V<sub>P</sub> non ha significativo peso/valore per le comuni applicazioni geotecniche e/o normative in fatto di rischio sismico;

3) anche quando/se vi viene chiesto di eseguire specificatamente "solo" una sismica *downhole*, non dimenticate di registrare un paio di HVSR attorno al foro. In questo modo, con ELIOVSP, potrete modellare congiuntamente i dati di pozzo (P ed SH) e l'HVSR potendo così ottenere dei valori di V<sub>S</sub> molto più robusti (analisi congiunta). <u>Ricordate che il nostro obiettivo non è quello di eseguire un sondaggio DH (o una MASW o un HVSR o un ESAC o un HS eccetera), ma di ottenere un profilo V<sub>S</sub> affidabile e robusto.</u>



### Raccomandazioni per le acquisizioni in sintesi

- Chiara documentazione fotografica con la app *MapCam* (foto georeferenziate – attivare il GPS dello *smartphone*). Le foto devono servire a capire *cosa* si è fatto e *come* lo si è fatto.
- 2) Porre cura nell'orientare il geofono in modo che sia chiara la direzione radiale R e quella trasversale T (rispettivamente seconda e terza traccia dei files) [vedi schemi riportati nella sezione "ORIENTAZIONE DEL GEOFONO" del Capitolo "2. Acquisizione dati"]
- 3) Utilizzare **sorgente di taglio inclinata** (acquisizioni destre e sinistre) [per le onde P nessuna necessità di acquisizioni con battuta verticale]
- 4) **Stack** di **almeno 3** (quando il geofono è in profondità potrebbe essere necessario aumentarlo)
- 5) In genere si parte con il geofono sul fondo del pozzo e si sale
- 6) Nomi dei files con indicazione della profondità (e sempre gli stessi per tutti i progetti in questo modo il file di progetto sarà di fatto sempre lo stesso senza necessità di modifiche); se utilizziamo un geofono da pozzo doppio e facciamo le battute di taglio a destra e sinistra avremo ad esempio: 30s.sg2, 30d.sg2; 28s.sg2, 28d.sg2; eccetera [la profondità è riferita al geofono più profondo mentre il secondo geofono (più superficiale) si troverà evidentemente a 29 e 27 m di profondità
- Registrare un paio di HVSR in due punti nei dintorni del pozzo (ad esempio uno vicino alla sorgente e l'altro vicino al pozzo)

What is right accords with principle Robert Fripp

3. Il *file* di progetto


Il significato dei vari campi da compilare nel file di progetto è più che evidente.

I dati da VF (non necessari!) e HF (utili a definire anche le velocità delle onde P) sono caricabili con due distinti file di progetto (che sono semplici ASCII con estensione .vsp con la struttura di seguito illustrata).

#### Il formato del *file di progetto* non deve essere per nessun modo modificato o alterato. Se ne prenda uno dai *datasets* forniti per il proprio *training* e si mettano i dati del proprio progetto senza modificare spaziature eccetera.

Per nessun motivo si devono usare *tabulazioni* 🔄. Gli spazi "vuoti" si creano unicamente la barra spaziatrice.

Nel file di progetto non usare mai la virgola (",") [si usi sempre il punto "."]

# Vediamo il significato dei vari campi da compilare nel file di progetto (.vsp)

**Nota importante:** se utilizzate sempre gli stessi nomi files e le medesime procedure di acquisizione, il *file di progetto* [vedi oltre] non necessiterà di essere modificato e sarà di fatto sempre lo stesso.

#### • Project name:

Il nome del progetto (che sarà riportato nei vari files di output)

### • NOTES

Qualsiasi informazione/nota ritieni utile ricordare/considerare

#### • offset (source-borehole distance, in meters)

è la distanza tra la sorgente e il pozzo (deve essere semplicemente indicato il valore in metri (usare, se necessario, il punto [non la virgola])

#### • pre-trigger (s): 0

se maggiore di 0 (non può essere inferiore), vengono rimossi i dati "precedenti". Se cioè viene indicato pre-trigger (s): 0.1, verranno rimossi i primi 0.1 secondi di dati.

Si sconsiglia l'applicazione di tempi di pre-trigger in qualsiasi tipo di sismica attiva.

### • geophone components [Z R T]:

#### Come indicare le component sismiche [molto importante]

Anzitutto, si deve considerare che il *software* è molto flessibile e può essere utilizzato per elaborare dati acquisiti con geofono da foro a singolo o doppio (*twin*) geofono. Poiché le case produttrici possono adottare formati/convenzioni differenti, l'utente può (in effetti *deve*) definire il significato di ogni traccia.

In altri termini: l'utente deve dire al software quale traccia rappresenta la componente verticale e quali le componenti orizzontali.

### Devi cioè indicare al software quali tracce sono le componenti Z R T

Ad esempio, se stiamo utilizzando un classico geofono da foro singolo con 3 geofoni (1 verticale e 2 orizzontali) e il sistema di acquisizione registra le tracce come Z, R (H1) e T (H2), devi semplicemente specificare la sequenza 123.

Invece, se il tuo sistema di acquisizione registra i dati come H2 (trasversale) [prima traccia], H1 (radiale) [seconda traccia] e Z (cioè la componente verticale è la terza traccia), devi specificare 3 2 1.

Queste informazioni devono essere specificate sia nel campo "geophone components [Z R T]:" che nelle colonne 4, 5 e 6 delle caratteristiche dei files sismici (vedi gli esempi illustrati nelle pagine seguenti).

D'altro lato, se stai utilizzando il sistema di acquisizione da noi fornito con il geofono da foro a doppio sensore (opportunamente collegato ed orientato - vedi precedenti pagine di questo manuale), le tracce seguono il formato/convenzione standard: le prime tre tracce sono le componenti Z R T del sensore più profondo, mentre le tracce 4, 5 e 6 sono le componenti Z R e T del secondo geofono (1 m più in alto del precedente).

Questo significa che devi specificare le seguenti linee:

### "geophone components [Z R T]: 1 2 3 4 5 6"

e nella sezione relative alle caratteristiche di ciascun file [vedi anche gli esempi nelle pagine seguenti]:



All'inizio questo potrebbe sembrare complicato ma è solo questione di comprendere il significato e il fatto che questa operazione ti permette di analizzare ogni tipo di dataset (acquisito con qualsiasi tipo di attrezzatura).

Ricorda che il tuo sistema di acquisizione e analisi deve essere considerato come la racchetta per il tennista: devi conoscerne ogni singolo dettaglio, "sentirlo" come un'estensione del tuo corpo e della tua mente (essere quindi un tutt'uno con esse e conoscerne ogni singolo segreto).

#### double geophone - distance [meters] •

nel caso utilizziamo un geofono da pozzo doppio è la distanza tra i due geofoni (di solito 1 m) [vedi immagine riportata nella pagina seguente]. Se utilizziamo un geofono da pozzo singolo, si deve lasciare un valore pari a 0 (zero).

# • type of source (VF [for P waves] or HF [for SH waves])

VF (Vertical Force) in caso di acquisizioni con sorgente verticale (spesso effettuate ma inutili per la determinazione delle onde P)

HF per le acquisizioni utili a generare le onde di taglio.

Più oltre, nel file di progetto VSP, sarà poi necessario specificare le energizzazioni HF+ e HF- (vedi box riportato nelle pagine successive).

#### • subfolder

È la cartella all'interno della quale sono presenti i *files* acquisiti (evidentemente tutti i *files* vanno salvati in questa cartella). Il **file di progetto si trova esternamente a tale cartella**. Nello *snapshot* riportato qui di seguito un esempio di come vanno organizzate le cose: i due *files* di progetto (per le acquisizioni HF e VF – **ma si ricordi che la VF non è assolutamente necessaria**) si trovano nella *cartella di lavoro* all'interno della quale vi sono poi tre *subfolders* (sotto cartelle): una contenente i dati del *DownHole*, la seconda con i dati dell'HVSR (si ricordi di registrare sempre un paio di HVSR in due punti attorno al pozzo) e la terza con le foto e altri eventuali documenti/informazioni.

Nel caso qui sotto riportato, la *subfolder* da indicare nel file di progetto è semplicemente /DH/, quindi la riga del file di progetto è (banalmente – vedi terza riga) [in questo caso si è utilizzato un geofono da foro doppio le cui componenti sono Z R T per entrambi i sensori per cui la sequenza delle componenti è 1 2 3 4 5 6]:

geophone components [Z R T]: 1 2 3 4 5 6 double geophone - distance [meters]: 1 subfolder: \DH\

• • •

. . .



Mai usare nomi di cartelle assurdamente complicati e con caratteri speciali e/o spazi vuoti tipo: C:\Users\Marco\Desktop\DH\DH San Severino [da elaborare]\Acquisizioni\stack

Da evitare simboli matematico come ad esempio il meno ("-"). Nomi di cartelle (o files) come "C:\Users\Lou\Desktop\DH\DH-Data\" possono generare problemi/errori.

Preferire qualcosa tipo: C:\Users\Marco\Desktop\DH\_San\_Severino\Dati

Si ricordi che il software è **case sensitive** (cioè *maiuscole* e *minuscole* non sono equivalenti): scrivere "NOTES", "notes" o "Notes" è diverso (usare in modo errato maiuscole/minuscole può dunque portare a messaggi di errore).

# Per il tuo auto-apprendimento usa i dati forniti nella chiavetta USB di ELIOVSP (cartella "DATA\_DISSEMINATION")



### **ESEMPIO** DI PROGETTO VSP IN CASO DI GEOFONO DA POZZO SINGOLO

# ACHTUNG

Non modificare una singola virgola del file di progetto. Il file di progetto va integrato coi propri dati ma le *keywords* non vanno in alcun modo alterate.

# Esempio di file vsp corretto (doppia acquisizione HF+ e HF-) in caso di geofono da pozzo singolo:

## Vertical Seismic Profiling ## type of source (VF [for P waves] or HF+ [for SH waves] and HF- [for SH waves]) Project name: DH - Amatrice [quake area] NOTES: inclined shear source (+/-) offset (source-borehole distance, in meters): 8 pre-trigger (s): 0.0 geophone components [Z R T]: 1 2 3 double geophone - distance [meters]: 0 type of source (VF [for P waves] or HF [for SH waves]): HF subfolder: \Somme\ \_\_\_\_\_

file | geophone depth (in meters) | source polarity (for HF source)

\_\_\_\_\_\_ \*\*\*source: HF+ 30d.sg2 30 + 1 2 3 29d.sg2 29 + 1 2 3 28d.sg2 28 + 1 2 3 27d.sg2 27 + 1 2 3 26d.sg2 26 + 1 2 3 25d.sg2 25 + 1 2 3 24d.sg2 24 + 1 2 3 23d.sg2 23 + 1 2 3 22d.sq2 22 + 1 2 3 21d.sg2 21 + 1 2 3 20d.sg2 20 + 1 2 3 19d.sg2 19 + 1 2 3 18d.sg2 18 + 1 2 3 17d.sg2 17 + 1 2 3 16d.sg2 16 + 1 2 3 15d.sg2 15 + 1 2 3 14d.sg2 14 + 1 2 3 13d.sg2 13 + 1 2 3 12d.sg2 12 + 1 2 3 11d.sg2 11 + 1 2 3 10d.sg2 10 + 1 2 3 9d.sg2 9+123 8d.sg2 8+123 7d.sg2 7+123 6d.sg2 6+123

5d.sg2 5 + 1 2 3
4d.sg2 4 + 1 2 3
3d.sg2 3 + 1 2 3
2d.sg2 2+123
1d.sg2 1+123
***source: HF-
30s.sg2 30 - 1 2 3
29s.sg2 29 - 1 2 3
28s.sg2 28 - 1 2 3
27s.sg2 27 - 1 2 3
26s.sg2 26 - 1 2 3
25s.sg2 25 - 1 2 3
24s.sg2 24 - 1 2 3
23s.sg2 23 - 1 2 3
22s.sg2 22 - 1 2 3
21s.sg2 21 - 1 2 3
20s.sg2 20 - 1 2 3
19s.sg2 19 - 1 2 3
18s.sg2 18 - 1 2 3
17s.sg2 17 - 1 2 3
16s.sg2 16 - 1 2 3
15s.sg2 15 - 1 2 3
14s.sg2 14 - 1 2 3
13s.sg2 13 - 1 2 3
12s.sg2 12 - 1 2 3
11s.sg2 11 - 1 2 3
10s.sg2 10 - 1 2 3
9s.sg2 9 - 1 2 3
8s.sg2 8 - 1 2 3
7s.sg2 7-123
6s.sg2 6 - 1 2 3
5s.sg2 5 - 1 2 3
4s.sg2 4 - 1 2 3
3s.sg2 3 - 1 2 3
2s.sg2 2 - 1 2 3
1s.sg2 1 - 1 2 3

# Esempio di file vsp corretto (acquisizione VF) in caso di geofono da pozzo singolo: battuta verticale per onde P [non necessaria]

## Vertical Seismic Profiling ## type of source (VF [for P waves] or HF+ [for SH waves] and HF- [for SH waves]) Project name: DH - Amatrice [quake area] NOTES: vertical-impact source offset (source-borehole distance, in meters): 8 pre-trigger (s): 0.0 geophone components [Z R T]: 1 2 3 double geophone - distance [meters]: 0 type of source (VF [for P waves] or HF [for SH waves]): VF subfolder: \Somme\ \_\_\_\_\_\_

file   geophone depth (in meters)   source polarity (for HF source)	
***source: VF+	
30v.sg2 30 + 1 2 3	
29v.sg2 29 + 1 2 3	
28v.sg2 28 + 1 2 3	
27v.sg2 27 + 1 2 3	
26v.sg2 26 + 1 2 3	
25v.sg2 25 + 1 2 3	
24v.sg2 24 + 1 2 3	
23v.sg2 23 + 1 2 3	
22v.sg2 22 + 1 2 3	
21v.sg2 21 + 1 2 3	
20v.sg2 20 + 1 2 3	
19v.sg2 19 + 1 2 3	
18v.sg2 18 + 1 2 3	
17v.sg2 17 + 1 2 3	
16v.sg2 16 + 1 2 3	
15v.sg2 15 + 1 2 3	
14v.sg2 14 + 1 2 3	
13v.sg2 13 + 1 2 3	
12v.sg2 12 + 1 2 3	
11v.sg2 11 + 1 2 3	
10v.sg2 10 + 1 2 3	
9v.sg2 9 + 1 2 3	
8v.sg2 8 + 1 2 3	
7v.sg2 7 + 1 2 3	
6v.sg2 6 + 1 2 3	
5v.sg2 5 + 1 2 3	
4v.sg2 4 + 1 2 3	
3v.sg2 3 + 1 2 3	
2v.sg2 2 + 1 2 3	
1V.sg2 1 + 1 2 3	

# ESEMPIO PROGETTO VSP IN CASO DI GEOFONO DA POZZO DOPPIO

# ACHTUNG

Non modificare una singola virgola del file di progetto. Il file di progetto va integrato coi propri dati ma le *keywords* non vanno in alcun modo alterate.

# Esempio di file vsp corretto (doppia acquisizione HF+ e HF-) in caso di geofono da pozzo doppio:

<pre>####################################</pre>
file   geophone depth (in meters)   source polarity (for HF source)   channel sequence (Z R T)
***source: HF+ 02.sg2 30 + 1 2 3 4 5 6 05.sg2 28 + 1 2 3 4 5 6 08.sg2 26 + 1 2 3 4 5 6 11.sg2 24 + 1 2 3 4 5 6 14.sg2 22 + 1 2 3 4 5 6 17.sg2 20 + 1 2 3 4 5 6 20.sg2 18 + 1 2 3 4 5 6 20.sg2 16 + 1 2 3 4 5 6 29.sg2 12 + 1 2 3 4 5 6 32.sg2 10 + 1 2 3 4 5 6 35.sg2 8 + 1 2 3 4 5 6 38.sg2 6 + 1 2 3 4 5 6 38.sg2 6 + 1 2 3 4 5 6 41.sg2 4 + 1 2 3 4 5 6
***source: HF- 03.sg2 30 + 1 2 3 4 5 6 06.sg2 28 + 1 2 3 4 5 6 09.sg2 26 + 1 2 3 4 5 6 12.sg2 24 + 1 2 3 4 5 6 15.sg2 22 + 1 2 3 4 5 6 18.sg2 20 + 1 2 3 4 5 6 21.sg2 18 + 1 2 3 4 5 6 24.sg2 16 + 1 2 3 4 5 6

27.sg2	14 + 1 2 3 4 5 6
30.sg2	12 + 1 2 3 4 5 6
33.sg2	10 + 1 2 3 4 5 6
36.sg2	8 + 1 2 3 4 5 6
39.sg2	6 + 1 2 3 4 5 6
42.sg2	4 + 1 2 3 4 5 6
45.sg2	2 + 1 2 3 4 5 6

# Esempio di file vsp corretto (acquisizione VF – ricorda che è inutile farla!) in caso di geofono da pozzo doppio:

<pre>####################################</pre>
file   geophone depth (in meters)   source polarity (for HF source)   channel sequence (Z R T)
***source: VF 01.sg2 30 + 123 456 04.sg2 28 + 123 456 07.sg2 26 + 123 456 10.sg2 24 + 123 456 13.sg2 22 + 123 456 16.sg2 20 + 123 456 19.sg2 18 + 123 456 22.sg2 16 + 123 456 25.sg2 14 + 123 456 28.sg2 12 + 123 456 31.sg2 10 + 123 456 34.sg2 8 + 123 456 37.sg2 6 + 123 456 40.sg2 4 + 123 456

**NOTA IMPORTANTE**: la profondità (seconda colonna) si riferisce al geofono più profondo. Il secondo viene assunto ad una profondità inferiore del valore indicato nel campo "double geophone – distance [meters]:". Nell'esempio qui considerato, il secondo geofono si trova 1 m al di sopra del primo.

Evitare (sia nel nome delle cartelle che nel nome dei files di dati) l'utilizzo di spazi vuoti o caratteri particolari (@, # \* eccetera)

Nel file di progetto *non* utilizzare il tabulatore (*Tab* ≒ ) ma gli spazi [barra] Il segno - (meno) è da intendersi come meno matematico, <u>non</u> come trattino



Nel DVD di ELIOVSP sono contenuti alcuni esempi di dati da analizzare con relativi file di progetto (vedi oltre in questo stesso manuale).

Geologia (s.f.) - Scienza che studia la crosta terrestre, cui senza dubbio si aggiungerà lo studio della parte interna quando un uomo uscirà fuori da un pozzo con la voglia di chiacchierare.

The devil's dictionary - Ambrose Bierce

# 4. Gli strumenti di elaborazione



#### Max visualized time (massimo tempo visualizzato)

Modificando tale valore si può ridurre il tempo massimo visualizzato (utile a "dettagliare" sui tempi di arrivo). Modificando tale "tempo massimo di visualizzazione" e cliccando poi su "**refresh & AGC**" (al centro della schermata), si visualizzeranno i dati sino al tempo indicato e con i valori di guadagno (gain e AGC) impostati dall'utente.

Se si clicca il pulsante "**cut**" (cosa non necessaria) verranno rimossi i dati non visualizzati (può essere utile se si sono registrati troppi dati – che possono rallentare le elaborazioni).

#### filter

Applicazione di un filtraggio *passa basso*, *passa alto* o *passa banda* <u>alle due componenti</u> <u>selezionate (in quel momento)</u>

#### gain

Fattore moltiplicativo (guadagno) applicato ai dati per aumentarne l'ampiezza.

#### AGC (Automatic Gain Control)

Guadagno AGC applicato ai dati (l'effetto è completamente diverso dal semplice *gain*). Poiché le caratteristiche delle onde P e SH sono significativamente diverse, i valori di AGC sono diversi per le due componenti.

#### Pulsante "show data"

Mostra i dati caricati con le vere ampiezze (cioè non normalizzati) e gli spettri di velocità (per una rapida stima delle velocità in gioco).

#### Pulsanti "flip P" e "flip SH"

Ribalta (*flipping*) la polarità delle tracce (per le due componenti scelte). Può essere utile per migliorare la visibilità dei primi arrivi.

#### Pulsante "refresh & AGC"

Pulisce le schermate dei dati applicando il valore di gain e AGC al momento attivi. Estremamente utile anche a comprendere cosa sono il gain e l'AGC – utilizzati per mettere in evidenza i segnali che più ci interessano.

#### Importazione curva HVSR

Lungo la barra degli strumenti c'è l'icona con la quale possiamo importare la curva HVSR (precedentemente determinata).

A questo punto si attiverà l'opzione "HVSR" grazie alla quale al computo dei tempi d'arrivo delle onde P e SH si aggiungerà il computo della curva HVSR teorica (plottata insieme a quella sperimentale caricata).

#### Automatic resampling

Per evitare di lavorare con dati inutilmente pesanti (acquisiti con una frequenza di campionamento *inutilmente* alta) è ora disponibile l'opzione di "**automatic resamplig**" già all'atto di caricare i dati attraverso il file di progetto. Se attivato, i dati vengono automaticamente ri-campionati a circa 1200 Hz che, considerato l'effettivo contenuto in frequenza, risulta molto più che sufficiente nella pressochè totalità dei casi.

#### Taglio curva HVSR

Una curva HVSR già importata può essere "tagliata" (ad esempio al fine di rimuovere le alte frequenze – più che inutili) clicc ando sull'icona con simbolo un paio di forbici. Si consideri che il taglio della curva (all'interno di un certo intervallo di frequenze scelte dall'utente) è effettuabile già all'atto di importare la curva HVSR.

### NOTA riguardo l'HVSR (media di *n* curve HVSR)

È sempre sconsigliato acquisire un unico HVSR. È opportuno acquisirne almeno due (nei dintorni del pozzo, ad una distanza di un paio di metri l'uno dall'altro) e calcolare poi la curva media (da utilizzare nelle nostre analisi congiunte). Avere due o più HVSR a pochi metri di distanza l'uno dall'altro serve a verificare la significatività e bontà dei dati. In *winMASW*<sup>®</sup> e *HoliSurface*<sup>®</sup>, con lo strumento di *upload* di curve HVSR multiple, è possibile caricare *n* curve HVSR, visualizzarle e calcolarne automaticamente la media salvata come *averageHVSR.hv* nella cartella di lavoro. Fatelo e, durante la modellazione, lavorate con la curva media.

#### Parametro $\alpha$ (*alpha*)

Con il parametro  $\alpha$  (vedi libro della Flaccovio del 2019) è possibile modificare la quantità di onde di Love nel campo dei microtremori. In genere tale valore si aggira attorno a 0.3 (valore di *default*) ma è possibile modificarlo (di norma sono possibili valori da 0.2 a 0.5).

#### **Reference depth (profondità di riferimento)**

È la profondità a partire dalla quale viene calcolata la Vs30 (o equivalente). In pratica la profondità delle fondazioni (in metri).

#### Upload *picking* (for comparison)

Carica un file di dati piccati per confrontarli con i dati (tracce sismiche) al momento selezionate. Ha diversi utilizzi (confrontare dati di pozzo acquisiti in luoghi e tempi diversi, verificare l'inutilità delle acquisizioni VF, eccetera).

#### Strumenti per la modellazione (modelling)

Sulla parte destra della schermata, sono posti tutti gli strumenti utili e necessari per la modellazione diretta. Il loro significato e utilizzo è del tutto intuitivo ed evidente (e assolutamente familiare a tutti gli utenti *winMASW*<sup>®</sup> e *HoliSurface*<sup>®</sup>).

### Gli Attributi Sismici: Frequenza, Fase e Ampiezza Istantanee

Una volta caricati i dati, con il **pulsante ATTRIBUTES** è possibile computare gli attributi sismici (in particolare la frequenza, fase e ampiezza istantanee) che, specie nel caso di dati complessi e sporchi, possono aiutare a meglio seguire gli arrivi delle onde di corpo.

Nel caso si stia procedendo alla modellazione diretta, una finestra di dialogo chiederà se desideriamo o meno plottare i tempi di arrivo del modello attivo in quel momento.

Nelle due immagini qui di seguito si mostra un esempio di attributi sismici computati per l'**esempio#4** di questo manuale (vedi oltre). Sopra gli attributi mostrati senza sovrapporre i tempi di arrivo delle onde P e SH del modello in quel momento considerato e sotto con i tempi di arrivo del modello.

Una volta computati gli attributi sismici un paio di finestre di dialogo consentiranno di scegliere se continuare a lavorare con essi o se restare con le tracce originali.

Anche nel momento di effettuare il report, sarà possibile scegliere come e se utilizzare gli attributi sismici in luogo delle tracce sismiche "originali".



Qui di seguito un ulteriore esempio in cui si può notare che, rispetto le tracce sismiche (di non eccelsa qualità a causa dello *scattering* provocato dai caotici sedimenti di versante che caratterizzano l'area), il computo degli attributi sismici consente di meglio cogliere la continuità dei primi arrivi.



Tracce sismiche originali: specie per la componente orizzontale (onde SH), l'identificazione dei primi arrivi non è semplice.



Attributi sismici per entrambe le componenti scelte dall'utente (per le onde P e SH): è evidente come ora la possibilità di indentificare e seguire i primi arrivi sia migliore. Si noti e consideri che se al momento di computare gli attributi sismici (pulsante "ATTRIBUTES") sono anche disponibili i *travel times* di un modello su cui state lavorando (modellazione diretta), questi possono essere rappresentati **sovrapposti agli attributi stessi** (vedi figura qui sopra). Dopo aver cliccato il pulsante ATTRIBUTES, una finestra di dialogo chiederà se si desiderano o meno plottare anche i *travel times* in quel momento disponibili.

#### La "cartella di lavoro" (working folder)

La prima cosa da fare quando si lancia ELIOVSP è settare la cartella di lavoro. Questa è la cartella all'interno della quale si trovano i files di progetto e, in sottocartelle, i dati sismici.

Nell'immagine qui sotto la cartella di lavoro è "C:\Users\Giancarlo\Desktop\DH\_ELIOVSP\_Dissemination" e nelle due sottocartelle sono riportati i dati HVSR e i dati DH.

Ciò significa che la "folder" (in cui sono presenti i dati sismici DH) del *file di progetto* sarà:

"C:\Users\Giancarlo\Desktop\DH\_ELIOVSP\_Dissemination\DH\_data".

Certamente è possibile tenere i dati HF e VF in due distinte cartelle (se lo si trova utile).

← → ✓ ↑ 📙 C:\Users\Giancarlo\Desktop\DH_ELIOVSP_Dissemination						
^	Nome	Ultima modifica	Тіро	Dimensione		
Acc	DH_data	31/10/2019 08:31	Cartella di file			
De	HVSR	31/10/2019 08:31	Cartella di file			
🔶 Dc	ELIOVSP_project_Example_HF.vsp	24/10/2019 11:18	File VSP	2 KB		
🐉 Dr	ELIOVSP_project_Example_VF.vsp	11/10/2019 15:47	File VSP	2 KB		
🔮 Dc	readme_leggimi.txt	31/10/2019 08:30	Documento di testo	3 KB		
📥 Or	startmodel.mod	30/10/2019 14:42	File MOD	1 KB		
≡ Im						

# L'importante è che i files HF siano poi tutti all'interno della stessa cartella (la stessa cosa vale per i files VF) [vedi snap qui di seguito].

Condividi Visualizza					
ia Incolla ↓ Taglia ↓ Copia percorso ↓ Incolla collegamento	Gopia in → KElimina →	Nuova cartella	Proprietà	Seleziona tutto	
Appunti	Organizza	Nuovo	Apri	Seleziona	
C:\Users\Giancarlo\Desktop\DH_	ELIOVSP_Dissemination\DH_data			ン Cerca in D	)
^ Nome ^	Ultima modifica	Tipo	þ	Dimensione	
🥮 01.sgy	18/04/2019 10:0	3 File	SGY	23 KB	
ali 02.sgy	18/04/2019 10:0	4 File	SGY	23 KB	
🥮 03.sgy	18/04/2019 10:0	4 File	SGY	23 KB	
🥮 04.sgy	18/04/2019 10:0	5 File	SGY	23 KB	
🥮 05.sgy	18/04/2019 10:0	6 File	SGY	23 KB	
🥘 06.sgy	18/04/2019 10:0	6 File	SGY	23 KB	
🥘 07.sgy	18/04/2019 10:0	8 File	SGY	23 KB	
//////////////////////////////////////	18/04/2019 10:0	8 File	SGY	23 KB	
🥘 09.sgy	18/04/2019 10:0	8 File	SGY	23 KB	
🥘 10.sgy	18/04/2019 10:0	9 File	SGY	23 KB	
🧾 11.sgy	18/04/2019 10:1	0 File	SGY	23 KB	
🧾 12.sgy	18/04/2019 10:1	0 File	SGY	23 KB	
🥘 13.sgy	18/04/2019 10:1	1 File	SGY	23 KB	
14.sav	18/04/2019 10:1	2 File	SGY	23 KB	

# 5. Modellazione/inversione: come lavorare



# Modelling (modellazione diretta)

Una volta piccati ad esempio i dati relativi alle onde P, è possibile chiedere al software di ricavare un primo modello (di partenza) riguardante le onde P, cliccando il pulsante **"guess model"**.



Nel caso si desideri avere una stima meno confusa delle velocità, è necessario selezionare i primi arrivi attraverso una pulizia delle tracce da effettuare con gli strumenti di selezione/pulizia del dato (pulsanti "**activate**" e "**select**").



**Importante:** tale operazione fornisce indicazioni utili solamente nel caso l'*offset* utilizzato in fase di acquisizione sia sufficientemente piccolo (in relazione alla profondità del pozzo).

Quando si saranno piccati gli arrivi delle onde SH sarà poi possibile chiedere al software (cliccando lo stesso pulsante "guess model") di avere un primo modello di partenza rispetto alle onde SH.

# Si ricordi che, per le onde P e SH si devono piccare gli stessi punti (profondità) [in altre parole il modello deve avere lo stesso numero di strati].

Con la modellazione diretta (modificando cioè personalmente velocità e/o spessori) è possibile modificare il modello proposto in maniera automatica tenendo eventualmente conto anche dell'HVSR. Scoprirete che il "primo modello" ottenuto tramite "guess model" è in genere molto buono e l'ottimizzazione "a mano" tramite *modellazione diretta* (cioè variando un po' le velocità e/o gli spessori) sarà un'operazione molto semplice.



# Sequenza di lavoro/modellazione per "principianti"

La prima cosa da sottolineare è che se si desidera lavorare in modo serio e consapevole è necessario seguire i nostri corsi grazie ai quali padroneggiare i concetti e quindi la pratica di campagna e di analisi/elaborazione (iscriviti alla nostra newsletter e seguici sui nostri social media).

Detto ciò ecco qui un esempio di sequenza logica da considerare nel caso si voglia effettuare il *picking* (cosa che *non* raccomandiamo auspicando invece che sia la modellazione diretta lo strumento prescelto):

- 1. Prepara i dati acquisiti e il file di progetto relativamente alle acquisizioni HF. Se hai acquisito i dati nel modo indicato nella sezione "Raccomandazioni per le acquisizioni in sintesi" le onde P saranno chiarissime (chiaramente nella componente Z, cioè il geofono verticale assunto essere la prima traccia)
- 2. Carica il progetto (cioè i files) [pulsante "upload VSP project"]
- Scegli la componente orizzontale (o la composizione di componenti) in cui sono più chiari gli arrivi delle onde SH (le onde P saranno sempre analizzate considerando i dati del sensore verticale Z – pannello di sinistra). Le onde SH saranno quelle date dalla "componente" H2+ minus H2- [standard S-wave data]
- Per enfatizzare i primi arrivi clicca il pulsante "refresh & AGC". In questo modo ai dati sarà applicato tanto il valore del gain che l'AGC (si noti che i valori dell'AGC per le onde P e SH sono diversi)
- 5. Una volta compresi i primi arrivi delle onde P e SH (puoi modificare i valori del gain e dell'AGC), fai (avendo attivato le onde P all'interno del gruppo *picking*) il *picking* delle onde P
- 6. Salva i tempi piccati
- 7. Attiva le onde SH (finestra di *pop up* all'interno del gruppo *picking*) e rifai per le **onde SH** (pannello di destra) la medesima procedura appena fatta per le onde P (*picking* e salvataggio)
- 8. Una volta piccati e salvati i *files* relativi sia alle onde P che a quelle S, clicca il pulsante **guess model** e all'estrema destra del pannello vedrai comparire i valori stimati del modello per le onde P ed S
- 9. A questo punto puoi (se lo desideri) caricare una curva HVSR precedentemente calcolata ed iniziare una modellazione congiunta a partire dal modello P ed S generato tramite i precedenti passi.

Quando sarai soddisfatto dell'accordo tra dati e modello potrai cliccare il pulsante "report" e, nella sottocartella *report* che verrà generata, saranno salvate tutte le finestre che compariranno e che, assieme anche ai tempi di arrivo calcolati e salvati in un file *x/s* (*Excel*) riassumono tutto quello che serve sapere e che potrai inserire nella tua relazione.

# Le semplici regole del picking

- 1. La prima e l'ultima traccia vanno sempre piccate;
- 2. Il numero di strati è dato dal numero di punti piccati meno 1 (se, ad esempio, vengono piccati quattro punti, stiamo indicando al software che abbiamo tre strati);
- Non "piccate" ogni traccia/canale. È necessario identificare le pendenze (che indicano il numero effettivo di strati). Al momento il numero massimo di punti da piccare è 12 (numero di strati = numero di punti piccati - 1) [vedi punto precedente];
- 4. Per le onde P e le SH vanno piccati i medesimi "punti" (tracce/profondità/canali);
- 5. **Si piccano prima le onde P e poi le SH**: al termine del *picking* delle onde P (sul pannello di sinistra), sul pannello di destra (relativo alle onde SH) compariranno una serie di punti alle profondità utilizzate per il picking delle onde P. Tali punti servono da guida per il picking delle onde SH (che vanno fatte per punti alla medesima profondità).

#### Note importanti

Durante il *picking* o la modellazione attenzione a non confondere un cambio di polarità del segnale con una variazione dei tempi di arrivo.

Si ricordi e consideri che il picking è sempre soggettivo e, considerate le piccole differenze di quota considerate nei comuni *datasets*, pochissimi millisecondi di differenza possono portare a significative variazioni di velocità (P o SH). Questo è il motivo per cui suggeriamo, in luogo dell'approccio picking-inversione, la modellazione diretta (con anche la curva HVSR).

Si ricordi che un'analisi congiunta (di qualsiasi tipo) è sempre e comunque un compromesso: quello che si può ottenere (e che si deve perseguire) non è la perfezione rispetto a ciascun singolo "oggetto di analisi" (*observable*) ma la coerenza generale nel suo insieme [vedi ad esempio l'analisi congiunta P + SH + HVSR presentata nel prossimo paragrafo e Dal Moro & Puzzilli 2017].

# Sequenza di lavoro per "utenti consapevoli"

L'utente "esperto" è colui che non ha bisogno della funzione "guess model" (utilizzabile una volta che è stato eseguito il *picking* di entrambe le onde P e SH) e riesce a modellare i dati sulla base di elementari considerazioni sui tempi di arrivo osservati (se i tempi di arrivo del proprio modello sono inferiori rispetto ai dati osservati significa, banalmente, che le velocità del nostro modello sono eccessive – e viceversa).

- 1. Prepara i dati acquisiti e il file di progetto relativamente alle acquisizioni HF
- 2. Carica il progetto (cioè i files) [pulsante "upload VSP project"]
- Scegli la componente orizzontale (o la composizione di componenti) in cui sono più chiari gli arrivi delle onde SH (le onde P saranno sempre e comunque analizzate considerando i dati del sensore verticale Z – assunto sempre come quello della prima traccia)
- 4. Carica (se lo desideri) anche la curva HVSR precedentemente calcolata [ricorda che si sconsiglia di affidarsi ad un unico HVSR; è molto più sicuro effettuare due HVSR a distanza di pochi metri e poi determinare la curva HVSR media]
- 5. Comincia con la modellazione facendo (molto semplicemente) in modo che i primi arrivi delle onde P e SH (ed eventualmente l'HVSR) risultino tra loro congruenti
- 6. Una volta soddisfatto dell'accordo tra dati di campagna (P, SH e HVSR) e dati sintetici clicca sul pulsante "report" (in basso a destra): all'interno della cartella di lavoro sarà creata una cartella "report" con all'interno una serie di files utili a costruire il tuo report (immagini, tabelle e file *excel* con tempi di arrivo calcolati delle onde P e SH).









layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	100	2	2
2	120	4	6
3	144	8	14
4	198	4	18
5	218	11	29
6	440	70	99
7	450	350	449
8	900	0	0



depth (m)	P (ms)	SH (ms)
1	0.0117	0.0363
2	0.0129	0.0403
3	0.0087	0.0433
4	0.0090	0.0485
5	0.0094	0.0548
6	0.0099	0.0617
7	0.0104	0.0673
8	0.0110	0.0732
9	0.0116	0.0795
10	0.0122	0.0858
11	0.0128	0.0923
12	0.0134	0.0989
13	0.0140	0.1055
14	0.0147	0.1122
15	0.0153	0.1169
16	0.0159	0.1217
17	0.0166	0.1265
18	0.0172	0.1314
19	0.0178	0.1358
20	0.0185	0.1403
21	0.0191	0.1447
22	0.0197	0.1492
23	0.0204	0.1537
24	0.0210	0.1582
25	0.0216	0.1627
26	0.0223	0.1672
27	0.0229	0.1717
28	0.0236	0.1762
29	0.0242	0.1808
30	0.0248	0.1829
31	0.0254	0.1851
32	0.0260	0.1873
33	0.0266	0.1895
34	0.0272	0.1918
35	0.0278	0.1940





# *Picking* e inversione automatica

I dati di *picking* (salvati) possono essere usati (e/o ricaricati in qualsiasi momento successivo) per effettuare un'inversione automatica (cosa che non consigliamo e che, come vedrai dalla bontà del modello ottenibile tramite "guess model", non è di solito necessaria).

*Picking* e *salvataggio* dei tempi di arrivo delle onde P e SH sono gli stessi descritti nella sezione "Sequenza di lavoro/modellazione per "principianti" (vedi anche il *box* "le semplici regole del *picking*").

Una volta svolto il *picking* (di <u>entrambe</u> le onde) e salvati i dati piccati, è possibile effettuare l'inversione automatica.

La sequenza è dunque:

- 1) Picking delle onde P
- 2) Salvataggio dei tempi (delle onde P)
- 3) *Picking* delle onde SH [ricorda che devi piccare gli stessi punti piccati per le onde P]
- 4) Salvataggio dei tempi (delle onde SH)
- 5) Cliccare su "guess model" [questo definirà un primo modello di partenza]
- 6) Se il modello di partenza non è buono, modificarlo tentando di migliorarlo (la cosa è elementare)
- Quando lo ritieni opportuno, se per qualche motivo il modello/accordo non ti soddisfa, lancia l'inversione (**pulsante** "inversion") grazie al quale ottimizzeremo il modello (V<sub>SH</sub> e V<sub>P</sub>).

Sopra il pulsante "inversion" c'è un **menù a pop-up** dal quale è possibile scegliere se visualizzare ("**Show intermediate times/solutions**") o meno ("**Do not show intermediate times/solutions**") i tempi di volta in volta computati (la visualizzazione rallenta un po' i tempi di calcolo – comunque non pesanti).

Alla fine del processo di inversione congiunta (P + SH) nella **cartella di output** ("inversionRESULTS") compariranno tutta una serie di immagini e dati che sintetizzano il tutto (oltre ad alcune immagini, è anche riportato un file *excel* con i tempi di arrivo calcolati).

Il modello di partenza per l'inversione automatica è quello in quel momento attivo (valori di V<sub>P</sub> e V<sub>SH</sub> riportati alla destra del pannello del software). Quando si clicca il pulsante "guess model" (dopo aver piccato entrambe le onde P e SH), apparirà il modello di partenza automaticamente determinato sulla base del picking. Si deve sempre verificare che abbia un "senso" (gli automatismi sono ottimi solo in caso di dati banali) e dopo averlo eventualmente modificato (migliorandolo), si può lanciare l'inversione automatica.

Attualmente l'inversione automatica è "solamente" dei tempi di arrivo delle onde P e SH (cioè dei dati DH) mentre se decidiamo di svolgere una modellazione diretta (variando valori delle velocità e spessori) possiamo includere anche l'HVSR (motivo per preferire sempre la modellazione diretta).











# 6. Stima del damping

Disponibile dalle prossime release

Nota di carattere generale: per effettuare tali analisi è **necessario** acquisire i dati in modo **rigorosamente** aderente alle raccomandazioni riportate nella sezione di questo manuale dedicata all'acquisizione dei dati con particolare riguardo alla necessità di mantenere la stessa energia per tutte le battute a tutte le profondità. Per farlo è necessario aumentare al massimo (umanamente possibile) lo *stack*: in questo modo le inevitabili differenze tra singole battute verranno mediate dal fatto di mediare (*stacckare*) le varie battute.

# 7. Note (miscellanea)

Si consideri che, in genere, a causa di complessi effetti *near source*, i primi 2-4 m sono sempre malamente determinati/determinabili (in quella zona il tipo di onde generate è estremamente complesso ed è, di fatto, pressoché impossibile distinguere tra fasi e tipologie di onde). Non dare quindi troppo peso e credito ai profili di velocità da sismica di pozzo nella parte più superficiale.

La perdita di cemento (che filtra all'interno di sedimenti porosi) durante le operazioni di cementazione del pozzo è uno dei problemi principali che va **pesantemente** ad influenzare la qualità dei dati e il significato stesso dell'indagine.

Esistono procedure da porre in atto al fine di monitorare e verificare problemi di questo tipo (se ne parla durante i corsi avanzati sulla sismica DH – richiedono molta serietà e competenze specifiche).

Si ricordi e consideri che, contrariamente a quanto spesso si pensa, la sismica di pozzo non è *di per sé* rappresentativa della realtà. La bontà delle analisi (e quindi del modello ottenibile) è completamente dipendente dalla qualità dei dati che, duole sottolinearlo, sono spesso di cattiva qualità, sia per mancanze da parte di chi si occupa di realizzare il pozzo che da parte di chi acquisisce i dati sismici (tipico errore un offset troppo ridotto che favorisce, tra l'altro, la creazione di *tube waves,* etc).



Astronomy is to geology as steeplejack is to what?

**Slapstick - Kurt Vonnegut** 

8. Esempi di elaborazione [approccio raccomandato]



In questa sezione si illustra passo per passo la sequenza di elaborazione che si raccomanda di capire e seguire. Inutile dire che per svolgere delle analisi che abbiano un qualche significato è importante acquisire i dati secondo tutte le raccomandazioni illustrate nel capitolo dedicato all'acquisizione di dati.

Si dà per scontata la corretta compilazione del file di progetto (HF – dati acquisiti con sorgente con piastra inclinata di *circa* 60°, dettagli nel pertinente capitolo del manuale).

La sequenza di operazioni da eseguire è facilitata dal fatto che i relativi pulsanti del software sono contrassegnati da un numero progressivo che aiuta a seguire una sequenza logica.

I dati sono stati gentilmente concessi dalla **AB GEO snc** di Andrea Alessandrini e Francesco Bassano (Tolentino – MC) e sono tra quelli disponibili nel DVD di ELIOVSP per le proprie esercitazioni (vedi sezione "**Dati forniti a corredo**").

release 2021.1		P-wave data			SH-wave data		freque	ncy & velocity	range
Parallel Computing On (68 workers)	3. activate 4. select	choose component#1 ~	0.04 AGC	5. activate 6. select	choose component#2	0.16 AGC	2	freg (Hz)	200
I. upload VSP project     VF source [for P waves]     v       notes     offset (m)							90	vel (m/s)	2500
filtering 5-filter show data filtp polarity	FOR NEAR SUR		AL COL				Vs (m/s)	Vp (m/s)	thk (m)
flip/reverse depths flip P	FACE		2 10 10						
compute 3D angles flip SH	ALYSIS APPLIC		3-44 M		Efficient Joint				
max time (SH-wave data)	CATIO	son and and and a			Analysis of Surface				
resample 0.25 cucome	S	C	P		Waves and				
picking inversion					Introduction				
P waves v 0 number of layers	Da	SURFACE WAVE ANAL	YSIS		to vibration Analysis:				
pick times	L Mon	FOR NEAR SURFACE			Beyond the Clicnes				
save picking 136 number of models	Č.	APPLICATIONS							
120 number of generations		—— Giancarlo Dal Moro						upload n	nodel
cancel picking detail	T STITE				<u>™</u> opringer			show m	odel
inversion								depth (m)	0
								save m	odel
show position analysis attenuation analysis	unland B data					unland Shi data	verbose	comp	ute
creater age workspace abload bicking for comparison]	oprodu P data		7. save select	refresh & AGC		opioad ari data		HVSR	0.3
							re	ef. depth (m)	0
							pload photo	photo n	eport
ELIOSOFT	C:\Users\Giancarlo\Desktop\	DH_ABgeo_AMATRICE\Acquisizioni\DH					op	en working	folder

La schermata del software così come si presenta prima di caricare un progetto.

**step#1.** Dopo aver correttamente settato la cartella di lavoro [pulsante in alto a sinistra lungo la barra degli strumenti – vedi qui sotto], dobbiamo innanzitutto caricare il *file di progetto HF* precedentemente preparato (vedi sezione "**II file di Progetto**" di questo manuale) [pulsante in alto a sinistra **1. upload VSP project**]

承 ELIOVSP® - Vertical Sei	smic Profiling [www.winMASW.com]
🖻 🔍 🍳 🖑 🖳 🔞	🔁 🌫 🧇 🤣
set your working folder	
Parallel Computing On (68 workers)	
1. upload VSP project	VF source [for P waves]
notes	offset (m)

fissare la cartella di lavoro



Quando si carica un progetto (in questo caso, some suggerito in tutto il manuale, di tipo HF), appaiono le tracce sismiche di *default*: sulla sinistra è riportata la componente Z (utile ad identificare le onde P) e, sulla destra, le tracce ottenute dalla semi-somma delle tracce H2+ e H2- (cioè della componente H2 relativa alle battute di destra e sinistra).

**step#2. Scelta delle due componenti** ed eventuale ri-campionamento dei dati. Poiché le procedure di acquisizione possono essere diverse da quelle suggerite, è comunque fondamentale scegliere (o confermare) le componenti che vogliamo considerare per analizzare gli arrivi delle onde P e SH. Subito dopo possiamo dunque eventualmente ri-campionare i dati con il pulsante "**resample**" (ricordati sempre del <u>teorema di Nyquist-Shannon</u>!).



steps#3-6 [facoltativo]. Pulizia delle tracce in modo da lasciare solamente i primi arrivi delle onde P (pannello di sinistra) e SH (pannello di destra). [pulsanti "activate" e "select" nell'angolo in alto a sinistra di ciascuno dei due pannelli]



**Caricamento della curva HVSR** - *step* facoltativo ma raccomandato (sia per meglio vincolare il modello che per estendere il modello Vs a profondità maggiori della profondità del pozzo). La curva HVSR (media delle due acquisizioni suggerite) deve essere stata precedentemente computata (ad esempio con *HoliSurface*<sup>®</sup> o *winMASW*<sup>®</sup>). Utilizza il **pulsante HV sulla barra degli strumenti** (vedi immagini qui sotto).

承 ELIOVSP® - Vertical Sei	ismic Profiling [www.winMASW.com]		
🖻 🔍 🍳 🖑 🐙 🎯	M >< 🏈 🥠		
release 2021.1	upload an experimental HVSR curve (.hv file)	P-wave	data
Parallel Computing On		select data	
(68 workers)		3. activate 4. select 2 Istanuaru P-v	vave ua ×
1. upload VSP project	HF source [for SH and P ~		
ELIOVSP# - Vertical Selamic Profiling (www.winW/SW.com)			- • ×
release 2021.1	P-wave data	SH-wave data	frequency & velocity range
(68 workers)	3. activate 4. select Z [standard P-wave da	E 12 AUC 5. activate 6. select H1+ minus H1- [stand	2 freq (Hz) 200
notes 8 offset (m)	Solid HVV Ne		×
filtering	← → → ↑	- · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Vs (m/s) Vp (m/s) thk (m)
Ikhitenng filter show data	♦ Download x Nome	Utima modifica Tipo Dimensione	440 800 0.5
spectra flip polarity	Document Secure and Sec	190/12221 1018 Hie HV 1227.88 190/12221 1018 Hie HV 1227.88	200 500 1.6 300 500 1.6
flip/reverse depths flip P compute 3D angles flip SH	Elimmagini xt Aphotos2fic xt		510 1000 2
max time (SH-wave data)	Art Sound y* B Brian Cro - Brian Cro - Film Mode 1976 - 2020		540 1700 G
resample 0.14 cut time	Downloads Monor/1		722 7700 10
picking inversion		Arteprima zon dig	1800 2700 43 1800 2700 78
pick times	CreDrive Sincato Dai Moro		2200 2400 400 3100 4800
save picking 136 number of models	Questo PC Leskop		
cancel picking	Documenti Uownload		upload model
Do not show intermediate times	Interspin Musica Original		depth (m) 0
show position	B Wolno Norme Rev 1 mean he	v the 2 resident forests	save model
clean/reset workspace upload picking [for cor			ulla de la compute
		3 gain refresh & AGC	ref. depth (m) 0
VSF	sampling rate: dt (ms): 0.5; frequency (Hz): 2000		upload photo
ELIOSOF	C:\Users\Giancarlo\Desktop\DH_ABgeo_AMATRICE\Acquisizion	n/DH	open working folder



Caricamento della curva HVSR

**Caricamento foto dell'indagine** – [facoltativo ma raccomandato]. Leggi con cura la sezione "**Documentazione fotografica dell'acquisizione**".



# È ora possibile iniziare il processo di modellazione (da preferire rispetto all'approccio picking-inversione automatica).

È chiaramente necessario inserire e modificare i valori di V<sub>S</sub> e V<sub>P</sub> (e spessori) sulla destra della finestra. Se si desidera (momentaneamente) evitare la modellazione dell'HVSR è sufficiente disattivare il relativo *check box* in basso a destra.


Esempio di modellazione congiunta dei tempi di arrivo delle onde P e SH assieme alla curva HVSR (il quadratino ■ rosso sulle tracce sismiche – a tempo zero – è pari all'offset utilizzato per le acquisizioni e serve a ricordare che nella parte più superficiale i dati possono essere difficili da "comprendere").

Quando siamo soddisfatti della congruenza tra il nostro modello e i dati di campagna è sufficiente cliccare sul pulsante *report* ed ottenere (automaticamente salvati nella sotto-cartella *report* che il software crea) tutte le immagini riportate qui di seguito.





Si noti come lungo il profilo delle V<sub>P</sub> (in alto a destra) i valori relativi alle profondità superiori alla profondità del pozzo (in questo caso 30 m) non siano affidabili, in quanto ottenuti unicamente considerando la curva HVSR il cui andamento dipende pressoché unicamente dai valori delle V<sub>S</sub>.





DH - Amatrice	[quake area]	- offset	(m): 8
---------------	--------------	----------	--------

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	440	0.5000	0.5000
2	200	1.6000	2.1000
3	300	1.6000	3.7000
4	550	2	5.7000
5	545	6	11.7000
6	610	6	17.7000
7	722	16	33.7000
8	888	43	76.7000
9	1800	78	154.70
10	2200	400	554.70
11	3100	0	0

ELIOSOFT

depth (m)	P (ms)	SH (ms)
1	0.0108	0.0211
2	0.0122	0.0247
3	0.0139	0.0276
4	0.0139	0.0272
5	0.0141	0.0274
6	0.0130	0.0280
7	0.0131	0.0288
8	0.0133	0.0297
9	0.0135	0.0309
10	0.0138	0.0321
11	0.0142	0.0334
12	0.0146	0.0347
13	0.0149	0.0359
14	0.0153	0.0372
15	0.0157	0.0385
16	0.0161	0.0399
17	0.0166	0.0413
18	0.0170	0.0426
19	0.0174	0.0438
20	0.0177	0.0450
21	0.0181	0.0462
22	0.0185	0.0474
23	0.0189	0.0487
24	0.0194	0.0500
25	0.0198	0.0512
26	0.0202	0.0525
27	0.0206	0.0538
28	0.0210	0.0551
29	0.0215	0.0564
30	0.0219	0.0577

## Alcune note a partire dai dati e dalle analisi sopra illustrate

Per questioni logistiche l'*offset* (distanza sorgente-pozzo) era in questo caso piuttosto elevato (8 m – vedi ad esempio quadratino rosso in cima alle tracce). Il valore ottimale è in genere tra 2 e 4 m (si consideri che il modello ottenibile tra la superficie e una profondità circa analoga all'*offset* può essere di difficile definizione perché in quell'intervallo molti tipi di onde si accavallano).

All'atto di caricare un progetto HF, in automatico viene anche fornito un doppio grafico con il confronto tra le tracce delle due acquisizioni (quella destra e quella sinistra) per le due componenti orizzontali.

Qui di seguito si riporta tale grafico per il *dataset* considerato nelle precedenti pagine. Si può notare come la diversa polarità delle tracce non sia ben caratterizzata.



Quando le operazioni sono fatte a regola d'arte e nel sottosuolo non siano presenti accidenti e complessità mai escludibili a priori, il confronto tra le tracce delle battute a destra e sinistra per le due componenti orizzontali (H1 e H2) dovrebbe essere del tipo mostrato qui di seguito (si noti la guasi perfetta uguaglianza delle ampiezze ma opposizione delle fasi).



Si noti infine come (vedi immagini del *report*), a causa della rifrazione dell'onda, le traiettorie dei raggi sismici non sono diritte e i primi arrivi sono dunque riferibili ad un raggio che può subire un andamento piuttosto complesso tale per cui, in alcuni casi, un raggio sismico impiega meno tempo per arrivare più in profondità (qui di seguito due ulteriori esempi). Oltre all'andamento delle velocità, anche il valore dell'offset influisce sui tempi di arrivo.





## 8.1 Esempio#2 di analisi congiunta P, SH e HVSR

Dati di una classica acquisizione H+ e H- (per le onde P non serve l'acquisizione con forza verticale) acquisiti con traversina a 90° (noi raccomandiamo di utilizzare una sorgente a 70°) e qui rapidamente modellati. I dati si riferiscono ad un'acquisizione effettuata con un geofono a più di 3 componenti (le migliori componenti orizzontali sono automaticamente selezionate dal software all'atto di caricare i dati).



Dati gentilmente concessi dallo Studio Geolisi del Geol. Daniele Lisi (Arezzo).





layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	80	0.3000	0.3000
2	190	1	1.3000
3	240	2	3.3000
4	298	4.5000	7.8000
5	370	4.5000	12.3000
6	500	5	17.3000
7	820	4	21.3000
8	850	16	37.3000
9	900	70	107.30
10	1460	210	317.30
11	1620	0	0

ELIOSOFT

## 8.2 Esempio#3 di analisi congiunta P, SH e HVSR

Esempio di modellazione congiunta dei dati raccolti da acquisizione HF con geofono doppio (quindi in pratica solo 15 "posizioni"). La prima immagine (foto e posizionamento) non è quella reale (per motivi di *privacy*) ma è ottenuta semplicemente tramite caricamento di foto effettuata con l'app *MapCam* (vedi pertinente sezione di questo manuale).

I dati sono stati gentilmente concessi dalla **P3 snc** di Alberto Benvenuti e Valentino Carnicelli (Pisa) e sono stati acquisiti con **doppio geofono da pozzo** (i dati sono disponibili tra quelli inseriti nel DVD di ELIOVSP – vedi sezione "**Dati forniti a corredo**").







#### Fauglia (IT) - offset (m): 3

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	250	1	1
2	520	4	5
3	460	2	7
4	460	3	10
5	300	7	17
6	370	8	25
7	490	7	32
8	650	36	68
9	1050	170	238
10	1250	200	438
11	1500	0	0









### 8.3 Esempio#4: utilizzo della massima ampiezza H

Qui di seguito un esempio in cui i dati ottenuti dalle acquisizioni H+ e H- risultano piuttosto complessi. La conseguenza è che, al fine di seguire gli arrivi delle onde SH, la migliore componente è la "**maximum H amplitude**". Come al solito, gli arrivi delle onde P sono chiarissimi anche dalle acquisizioni HF (motivo per cui le acquisizioni VF risultano una inutile perdita di tempo). Si ricordi l'utilità del *flip* dei dati (pulsanti "**flip P**" e "**flip SH**") per la migliore visualizzazione dei primi arrivi.

Dati gentilmente concessi dalla **AB GEO snc** di Andrea Alessandrini e Francesco Bassano (Tolentino – MC).



Sito di indagine [immagine ottenuta tramite ELIOVSP e MapCam]



## DATI VF (GREZZI, ALL'ATTO DI CARICARE IL PROGETTO)

#### DATI HF (GREZZI, ALL'ATTO DI CARICARE IL PROGETTO)





Innanzitutto possiamo notare (come più volte mostrato) che le tracce Z da acquisizioni VF o HF siano di fatto del tutto paragonabili e questo dimostra come – in ossequio alla teoria – **non sia necessario svolgere acquisizioni VF**, cioè con mazzata verticale.

**Comparando le tracce H+ e H-** (da acquisizioni HF+ e HF-) possiamo notare degli andamenti (polarità e tempi degli arrivi) piuttosto complessi (le motivazioni possono essere molteplici e, per serietà, non è possibile qui dilungarci in speculazioni che richiederebbero analisi approfondite ed estremamente tecniche).

Se comunque (sul pannello di destra – quello dedicato alle onde SH) scegliamo di verificare i tempi di arrivo delle onde SH considerando la massima ampiezza sul piano orizzontale ("**maximum H amplitude**"), scopriamo una coerenza certamente maggiore che ci facilita nel nostro lavoro di analisi/modellazione congiunta P+SH+HVSR.



#### **ELIOVSP**

Qui di seguito la modellazione congiunta svolta. Si ricordi e consideri che **un'analisi** congiunta è sempre e necessariamente un <u>compromesso</u> tra gli *n observables* considerati (vedi ad esempio Dal Moro & Puzzilli, 2017).





## 8.4 Brevi ulteriori esempi, ovvero perché le acquisizioni VF sono inutili

### Esempio#1

Qui di seguito un ulteriore esempio in cui si mostrano dati acquisiti con martellata verticale (VF) e con sorgente di taglio (HF): vedete come i primi arrivi delle onde P siano chiare anche dalle acquisizioni HF? Purtroppo, come pessima abitudine di troppi, anche in questo caso non si è utilizzata una sorgente inclinata (vedi sezione del manuale dedicata all'acquisizione di dati). Se lo si avesse fatto tutto sarebbe risultato ancora più chiaro ed evidente, con le <u>sole</u> acquisizioni inclinate.



Dati (Z e H) da acquisizione VF (martellata verticale)



## Dati (Z e H) da acquisizione HF (martellata di taglio)

# Dati forniti a corredo



Al fine di facilitare la fase di auto-apprendimento del modo di lavorare di ELIOVSP, con il software sono forniti una serie di *datasets* (vedi la cartella "DATA\_DISSEMINATION").

In particolare sono forniti i dati illustrati nelle quattro sezioni del manuale dedicate ad altrettanti esempi (casi studio) utili a comprendere come elaborare i dati.

#### Example#1: elaborazione P+SH+HVSR commentata passo per passo

### Example#2: analisi congiunta standard P, SH e HVSR

Example#3: analisi congiunta P, SH e HVSR [dati da doppio geofono da foro]

#### Example#4: utilizzo della massima ampiezza H

In aggiunta a questi, è anche fornito un ulteriore *dataset* (**Example#0**) che puoi utilizzare per esercitarti di cui non forniamo la soluzione completa ma che è in qualche modo illustrato nella sezione "Modellazione/inversione: come lavorare" (si tratta comunque di un *dataset* piuttosto semplice).

Nel "DVD" in cui viene fornito il software vi sono le cartelle con i rispettivi dati e files di progetto. Si ricordi sempre che se le acquisizioni vengono svolte nel modo raccomandato nella sezione del manuale dedicata all'acquisizione di campagna (sezione#2), **i dati VF (e quindi il relativo progetto) non sono necessari**.

## ATTENZIONE

Si noterà che molti di questi dati sono caratterizzati da una *lunghezza dei dati* e una *frequenza di campionamento* inutilmente alti. Si ricordi a questo proposito che le onde di corpo sono molto veloci e che le "distanze" in un comune DH sono piuttosto limitate (massimo 30-40 m). A questo si aggiunga il semplice (fondamentale ma spesso ignorato) teorema di Nyquist-Shannon (registrare 1 secondo di dati con una frequenza di campionamento di 10000 Hz [0.1 ms] per un DH di 30-40 m è del tutto inutile e serve solo a sovraccaricare inutilmente il computer – si proceda a ri-campionare il dato e utilizzare la funzione di "cut time").

Il geofono da foro doppio da noi fornito [twin borehole geophone]

HS www.holisurface.com

BETTER & W DER PERSPECT VES



Il geofono da pozzo che forniamo e raccomandiamo è del tipo **doppio**. Lungo il tubo che si cala nel pozzo sono cioè alloggiati 2 geofoni triassiali, distanti 1 metro l'uno dall'altro. Il vantaggio è che **in questo modo si vanno a dimezzare le operazioni di campagna** (ad ogni *shot* vengono acquisiti i dati riferiti a 2 profondità). Un bel vantaggio, vero?



Associato al sismografo da noi fornito, si avrà che collegando il geofono al connettore 13-24 del sismografo ed attivando i canali 13-14-15-16-17-18, la sequenza del file (da 6 tracce) che si va ad ottenere è Z H1 H2 del geofono profondo e Z H1 H2 del geofono più superficiale. Questa è la soluzione che, per la sua semplicità e intuitività, raccomandiamo fortemente.

La metratura riportata lungo il cavo si riferisce al geofono più profondo.



Connettore CANNON–NK27 utilizzato di default per il doppio geofono da foro che forniamo.



Collegando invece il geofono al connettore 1-12 la sequenza sarà invertita a partire dal canale 12 fino al canale 7: i canali 12-11-10 saranno i canali Z H1 H2 del geofono profondo e 9-8-7 i canali Z H1 H2 del geofono più superficiale (soluzione sconsigliata).

Risoluzione problemi e Assistenza



Qualsiasi software ha inevitabilmente problemi tipicamente legati ad un uso diverso rispetto alle modalità operative pensate dal programmatore.

Vi sono alcuni problemi originati dall'azione troppo invasiva di alcuni Antivirus

Prima di allarmarti, prova a disabilitare il tuo antivirus (o ad aggiungere ELIOVSP tra i software di cui l'antivirus si deve fidare e con cui non deve interagire).

**Considera la possibilità di** installare l'**anti-virus AVG** (gratuito e più discreto e affidabile di molti altri).

Riportate qualsiasi problema a <u>winmasw@winmasw.com</u> indicando sempre:

- > User ID (UID) e Serial Number (SN) della chiavetta in vostro possesso
- > il software e la *release* in vostro possesso (ad esempio, ELIOVSP 2019.1)
- il sistema operativo utilizzato
- è <u>necessario</u> che siano chiaramente descritti sia l'errore che la situazione nella quale tale errore si verifica.

Inviateci sempre lo <u>snapshot della finestra DOS</u> (cioè la finestra nera di fondo) al momento dell'errore

<u>Sessione in remoto</u>: se, per risolvere il problema dell'utente, è necessario un intervento diretto da parte di *Eliosoft*, la soluzione migliore è rappresentata da una *sessione in remoto* via *AnyDesk* (<u>https://anydesk.com</u>). In tale caso, vi chiediamo gentilmente di:

- inviare a winmasw@winmasw.com una richiesta per fissare una sessione in remoto
- scaricare e installare il software AnyDesk (software gratuito per l'accesso da remoto) seguendo con attenzione le istruzioni fornite (si raccomanda puntualità)
- inviare via email il vostro ID (numero identificativo del vostro PC) all'ora concordata per la sessione in remoto.



Di seguito alcuni problemi già noti e facilmente gestibili dall'utente stesso.

#### Alcune importanti note generali:

**1.** Molti problemi sono legati al sistema operativo (si ricorda che winMASW<sup>®</sup>, HoliSurface<sup>®</sup> ed ELIOVSP funzionano solo su sistemi operativi a 64bit - <u>consigliamo fortemente windows</u> <u>10 e sconsigliamo windows 7 [che male gestisce taluni privilegi di sistema]</u>).

**2.** Aggiornate **spesso** il vostro sistema con "windows update" (aggiornate anche le componenti dichiarate non importanti dal sistema di rilevamento automatico di *windows*).

**3.** Taluni anti-virus (al momento è accaduto con AVAST AVIRA e PANDA) possono non essere in grado di comprendere che il sistema di protezione hardware adottato per winMASW<sup>®</sup>, HoliSurface<sup>®</sup> ed ELIOVSP non è un virus. L'installatore dovrebbe essere in grado di ordinare all'antivirus di ignorare quanto contenuto di una determinata cartella di installazione. Se non in grado di effettuare tale operazione si consigliano anti-virus più "smart" (e.g. AVG)

**4.** Tenete sempre in ordine il vostro PC con frequenti operazioni di pulizia e ottimizzazione possibili con diversi software (ad esempio **Glary Utilities**). Un computer è una macchina altamente complessa di cui ci si deve prendere cura (Desktops con decine di files e cartelle sono in genere la prima evidenza di pericolose carenze in questo senso).

# Errore "**Undefined function or variable 'matlabrc'**" (visibile al lancio del programma sulla finestra DOS)

### Soluzione

**1)** attiva la visualizzazione delle cartelle e dei files nascosti (la procedura è facilmente rintracciabile in internet);

2) cancella manualmente la cartella "temporanea" del Matlab Runtime Compiler.

Vai cioè alla cartella *C:\Users\[username]\AppData\Local\Temp\[username]\mcrCache[version]* e cancellala.

**3)** re-installa il file *MCRinstaller.exe* presente nella cartella "*preELIOVP*" del CD di installazione *ELIOVSP* (cioè semplicemente lancia l'eseguibile *MCRinstaller.exe*).

A questo punto tutto dovrebbe essere sistemato e puoi provare a lanciare *ELIOVSP*.

Errore "Starting parallel pool (parpool) using the 'local' profile Error using parpool (line 103) Not enough input arguments.			
0			
Errore "Cannot create output file" (o simili)			
(messaggi visibili al lancio del programma sulla finestra DOS)			
no deeper processing Intervals: 87 Error using name (line 102) Cannot create output file 'C:\Users\umbig\Desktop\Nuova cartella\Coherences_and_Spectra.png'.			
Error in print (line 71)			
Error in saveas (line 168)			
Error in signalCHARACTER (line 220)			
Error in computehv>done_Callback (line 2097)			
Error in gui_mainfcn (line 95)			
Error in computehv (line 17)			
Error in matlab.graphics.internal.figfile.FigFile/read>@(hObject,eventdata)computehv('done_Callback',hObject,eventdata,g uidata(hObject))			
Error using uiwait (line 81) Error while evaluating UIControl Callback.			

#### **Soluzione**

- Cerca (*search*) la sotto-cartella "MathWorks" all'interno della cartella "users" (o "C:/utenti") e cancellala. <u>Attenzione</u>: non è una cartella "C:/utenti/MathWorks", è una cartella all'interno di una delle cartelle "C:/utenti", quindi effettua una ricerca di "MathWorks".

- Fai la stessa cosa per la cartella *mcrCache* (sempre all'interno di una delle cartelle presenti in C:/utenti). In alcuni casi/sistemi, a seconda della propria release del software, la cartella potrebbe chiamarsi anche (ad esempio) *mcrCache9.2.* 

In alcuni casi tale cartella è più facilmente identificabile con una ricerca da C:/ (e non dalla sottocartella *C:/utenti*). Si troverà ad esempio la cartella "C:\Utenti\Mario\AppData\Local\Temp\Mario\mcrCache9.2", che dovrà essere cancellata.

Una volta cancellata tale cartella si potrà rilanciare *winMASW/HoliSurface*/ELIOVSP.

- Se non dovesse funzionare, re-installa il file *MCRinstaller.exe* presente nella cartella "*preELIOVSP*" del DVD di installazione di *winMASW/HoliSUrface/ELIOVSP* (cioè lancia l'eseguibile *MCRinstaller.exe*).

Spunti bibliografici

#### **ELIOVSP**



Analisi vibrazionali di cantiere v

Analisi vibrazionali per la caratterizzazione di edifici (metodo classico e GHM) 🗸

Le NTC nello scenario italiano ✓ MASW multi-componente, HoliSurface\*, ESAC, MAAM e HVSR ✓ Analisi FVS e RPM - Analisi congiunta: concetti e pratica ✓



Dal Moro, 2018. <u>Problemi e soluzioni per la corretta definizione del profilo V<sub>S</sub></u> <u>(velocità delle onde di taglio) in studi di geotecnica e microzonazione sismica</u>. Geologia Tecnica & Ambientale, Rivista dell'Ordine Nazionale dei Geologi, ISSN 1722-0025, n. 1/2018, 43-60

Dal Moro G., Puzzilli L.M., 2017. *Single- and Multi-Component Inversion of Rayleigh Waves Acquired by a Single 3-Component Geophone: an Illustrative Case Study*, Acta Geodyn. Geomater., Vol. 14, No. 4 (188), 431–444, DOI: 10.13168/AGG.2017.0024 [disponibile on line]

Galperin E.I., 1985. *Vertical seismic profiling and its exploration potential*. Springer, 442 pp.

Shear source: the plate is set vertically (in a small hole dug in the ground). The horizontal force (hammer) is applied perpendicularly to the geophone array.



# Efficient Joint Analysis of Surface Waves and Introduction to Vibration Analysis: Beyond the Clichés [Springer 2020]

Giancarlo Dal Moro

Efficient Joint Analysis of Surface Waves and Introduction to Vibration Analysis: Beyond the Clichés

D Springer



## I nostri social media

Consigliamo in particolare il nostro profilo *Facebook* frequentemente aggiornato con piccoli casi studio, novità e vari e utili suggerimenti:

https://www.facebook.com/HoliSurface [pubblico]

https://www.facebook.com/winMASW [per "amici"]

https://twitter.com/winmasw

You Tube https://www.youtube.com/user/winMASW/videos

**ResearchGate** 

https://www.researchgate.net/profile/Giancarlo\_Dal\_Moro

## Software HS-QC [Quality Check]: il tuo assistente di campagna

La pressoché totalità dei software di acquisizione (legati ai vari "sismografi" disponibili sul mercato) è completamente carente in strumenti di valutazione della bontà del dato registrato. Una volta acquisito un dato (attivo o passivo) è, infatti, di fatto impossibile valutarne la qualità in modo chiaro e "quantitativo".

Per questo motivo, al fine di evitare di portarsi a casa un dato di limitata qualità, è stata implementata una versione QC [**Quality Check**] dei nostri software.

Dalla *release* 2021, gli utenti *HoliSurface*<sup>®</sup> e *winMASW*<sup>®</sup> Academy ricevono quindi anche una *USB dongle* per il **software HS-QC [HoliSurface - Quality Check]**.

Si tratta di un software piuttosto snello che consente la verifica della qualità del dato in rapidità già in campagna (durante l'acquisizione dei dati).

La qualità del dato è valutabile sia rispetto a **dati attivi** (MASW e HS) che **passivi** (HVSR, ESAC/SPAC, ReMi, MAAM, vibrazionali).

Il software è chiaramente disponibile anche per chi non possiede HS o winMASW ACD ad un piccolo prezzo.

Dal pannello principale vi sono due famiglie di pannelli:

- 1) **analisi quick** [tasti blu scuro]: consentono una rapidissima e immediata valutazione del dato;
- analisi "full": consentono di caricare il dato ed eseguire analisi più ampie e approfondite dello stesso (di fatto si tratta di versioni semplificate dei pannelli di analisi disponibili in HS o winMASW).

È inoltre disponibile uno strumento per lo **stack** dei dati (vedi tasto in basso a destra).

Per ulteriori dettagli sul software HS-QC vedi manuali winMASW® o HoliSurface®.

👅 HoliSurface® - Holisti	c Tool for the Analysis of Surface Wave Propagati	on and Vibration Data		- 🗆 X
🖂 📁 🧇 🧇 🖻	🗶 🕥 🔊			
H	S HS-	QC (Quality Che	ck) software: your fiel	d assistant
	software fo	or the quality check of active	and passive seismic data [release 2020]	check current release
set the working f	folder open working folder	1	www.HoliSu	rface.com
I:\ELIOSO	FT\Dati\SSR\Medea\I	New_HS_HVdata_usua	IMEADEOW_ABgeo\Acq2_10kg	
quick HS	1	quick MASW	quick ESAC / ReMi / MAAM	/ HVSR / vibrations
HoliSurf	ace, MAAM & HVSR	passive seismics	vibrations	
	Single-Comp Inversion	HVSR show multiple HVS	C DIN4150 UNI9614 ISO2631	utilities
Disp+HVSR	Double-Component Inv.	SSR & SD	buildings	
HoliSurface	Holi-Inversion (3C)	MAAM		
	2C Inversion (Disp + HV)	HV2D		vertical stack
l I				

# Servizio di analisi dati sismici

Hai l'esigenza di elaborare dati secondo le tecniche *DownHole*, *MASW (multi-componente)*, *ReMi*, *ESAC/SPAC*, *MAAM*, *HVSR* o *HoliSurface*<sup>®</sup> ma non hai il software e vuoi valutare con calma se acquistarlo?

Puoi inviarci i tuoi dati (acquisiti secondo modalità indicate nel dettaglio) e noi ci occuperemo dell'elaborazione con ricostruzione del profilo verticale  $V_S$  (quindi anche della Vs30 e della Vs equivalente).

#### Nel caso si decida di avvalersi di tale servizio è fondamentale inviare:

- 1. informazioni (per lo meno di massima) sulla stratigrafia
- 2. almeno una foto dello stendimento
- 3. dati acquisiti
- 4. un paio di HVSR (al centro dello stendimento e a qualche metro di distanza)

## Per l'elaborazione di dati DH (DownHole) è necessario inviare:

Acquisizioni HF+ e HF- all'interno di un'unica cartella (possibilmente con il *file di progetto HF* compilato – ve ne possiamo inviare un esempio ma si tratta di un banale file ASCII compilato come descritto nella sezione "File di Progetto").

È chiaramente fondamentale indicare in modo esplicito e con chiarezza il significato delle tracce dei propri dati rispetto allo schema Z, R, T mostrato nella figura qui sotto: cos'è la traccia#1? cos'è la traccia#2? cos'è la traccia#3?



- 2) Dati HVSR: due acquisizioni registrate secondo i criteri illustrati nella sezione dedicata all'acquisizione di dati cioè in due punti distanti 1 o 2 m dal pozzo.
- 3) Facoltativo: acquisizioni VF all'interno di un'unica cartella.
- 4) Come e cosa fare in fase di acquisizione è ampiamente illustrato nel capitolo "Acquisizione dati". Tra le tante cose cui prestare attenzione è il nome dei files (la cosa più semplice è chiaramente dare un nome file che corrisponde alla profondità del geofono – 30s.seg2, 30d.seg2, 30v.seg2 eccetera).
- 5) Un paio di foto (possibilmente geo-referenziate vedi sezione "Documentazione fotografica dell'acquisizione")





# ADAM-2D

# Apparent Dispersion Analysis of Multi-component Data - 2D



# Servizio di acquisizione e/o elaborazione di dati multi-componente per la caratterizzazione 2D di vaste aree

Grazie alla sinergia con alcune aziende *partner* europee specializzate nell'ambito dell'acquisizione di dati sismici (dotate dell'equipaggiamento adatto per l'acquisizione di dati su vaste aree, vedi ad es. *land streamer*) e alle nostre procedure di analisi congiunta multicomponente FVS (*Full Velocity Spectrum*), *Eliosoft* è in grado di acquisire ed elaborare dati utili alla caratterizzazione geotecnica (2D e 3D) di vaste aree.

L'immagine qui di seguito è tratta da un'indagine svolta nelle Alpi Svizzere e finalizzata alla caratterizzazione geotecnica compiuta nell'ambito della progettazione del percorso più idoneo per un intervento di *horizontal directional drilling*.



# HS HoliSurface® www.holisurface.com

effective and holistic analysis of surface waves and vibration data

# 1 ..... HVSR

**Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio** 

# 2 ..... HS/MFA

HoliSurface (improved MFA) (multi-component active seismics by using a single 3C geophone)

# 3 ..... MAAM

Miniature Array Analysis of Microtremors (micro-array passive seismics)

# 4 ..... Vibrational Analyses

Vibrations UNI9160 & DIN4150 Building resonances (flexural and torsional modes)

# 5 ..... SSR (Standard Spectral Ratio)

**Empirical Determination of the Site Amplification** 

Tons of utilities to efficiently manage the data and present them (handling GPS data, trace selection editing & filtering, vertical stack & much more)

efficient seismic exploration and vibration data analysis by means of active and passive data acquired by using just one 3C geophone and 3 or 4 vertical geophones

The background photo shows a model of the *Mars Rover Curiosity* (courtesy of *Mattel*), the vehicle used for the exploration of the Red Planet. The same way as the Rover efficiently explores very remote and extreme environments, the active and passive methodologies implemented in *HoliSurface* require very light and easy-to-carry equipment and limited space, but can nevertheless providing very robust subsurface models.

## www.winmasw.com