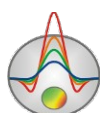


**Programma per l'elaborazione e l'interpretazione 2D dei
dati di tomografia sismica
(in configurazione terrestre, in pozzo e in ambiente
acquatico).**

**Moduli: CMRW-ambiente stratificato, MASW-ReMi, inversione delle
ampiezze, anisotropia.**

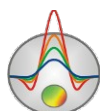
ZONDST2D

Manuale utente

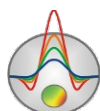


Indice

Scopo e funzionalità del programma.....	4
Velocità delle onde elastiche.....	8
Installazione e rimozione del programma.....	12
Requisiti di sistema.....	12
Unità di misura.....	12
Modulo di elaborazione dei sismogrammi – Trace editor.....	13
Avvio del lavoro con il modulo.....	14
Barra degli strumenti della finestra di picking dei sismogrammi.....	14
Menu delle funzioni della finestra di picking dei sismogrammi.....	18
Finestra di dialogo delle impostazioni generali per la lettura dei file SEG-Y.....	25
Dialogo per la raccolta automatica delle ampiezze dei primi arrivi.....	26
Dialogo per l'impostazione del tipo di rilievo.....	26
Impostazioni di visualizzazione e ridimensionamento del sismogramma.....	28
Dialogo per l'impostazione delle scale del sismogramma.....	28
Finestra di dialogo delle impostazioni grafiche delle tracce sismiche.....	30
Inserimento della geometria di osservazione.....	32
Modalità di visualizzazione del sismogramma.....	33
Opzioni principali del modulo di picking dei sismogrammi.....	35
Opzioni della sezione a schede.....	36
Operazioni sui sismogrammi.....	41
Picking dei primi arrivi.....	43
Finestra di dialogo di filtraggio dei dati.....	46
Modulo HVSR.....	48
Scanner delle onde riflesse.....	49
Finestre di dialogo aggiuntive per l'elaborazione.....	50
Modulo MASW/ReMi.....	51
Menu principale della finestra.....	54
Modalità di interpretazione dei dati.....	59
Menu principale della finestra.....	61
Finestra di dialogo per la configurazione dei parametri di interpretazione.....	64
Finestre di dialogo aggiuntive del modulo MASW.....	67
Modulo di inversione dei dati di campagna.....	67
Barra degli strumenti della finestra principale del programma.....	67
Menu delle funzioni della finestra principale del programma.....	68
“Tasti di scelta rapida”.....	88



Barra di stato.....	89
Creazione e apertura di un file di dati per l'inversione.....	89
Formato del file di dati principale ST.....	90
Creazione di un sistema di misurazione sintetico.....	93
Finestra di dialogo per la configurazione del modello iniziale.....	96
Inserimento e modifica delle informazioni topografiche.....	99
Modalità di visualizzazione dei dati.....	102
Grafici.....	102
Funzioni aggiuntive di visualizzazione dei dati misurati.....	104
Editor dei dati (Data editor).....	106
Modalità di visualizzazione del modello a mesh.....	108
Modellazione.....	111
Editor del modello a griglia.....	111
Lavorare con il modello.....	113
Finestra di dialogo di configurazione dei parametri della cella.....	115
Modellazione poligonale.....	117
Inversione dei dati di campo.....	122
Finestra di dialogo per la configurazione dei parametri di inversione.....	122
Modalità di modellazione e inversione dell'anisotropia delle velocità.....	132
Modalità Attenuation tomography.....	133
Modalità Layered inversion.....	135
Informazioni a priori.....	141
Creazione dei dati di pozzo.....	148
Visualizzazione dei risultati.....	153
Utilizzo di più modelli in un unico progetto.....	153
Finestra di creazione del modello geologico-geofisico.....	154
Visualizzazione tridimensionale dei modelli lungo più profili.....	159
Dialogo Summary plot.....	164
Salvataggio dei risultati dell'interpretazione.....	165
Funzioni aggiuntive del programma.....	166
Dialogo Model smooth/raster.....	166
Utilizzo dei dati gravimagnetici.....	168
Modulo di elaborazione a strati.....	171
Modulo di inversione VSP.....	171
Modulo di modellazione del campo d'onda.....	172
Modulo di inversione 2D MASW.....	172
Pannello degli elementi.....	172
Editor dell'immagine di sfondo.....	172



Progetto areale.....	173
Finestre di dialogo ausiliarie.....	173
Script e elaborazione batch.....	174
<i>Impostazione dei parametri grafici.....</i>	<i>174</i>
Finestra di dialogo per la configurazione dell'immagine esportata.....	174
Finestra di dialogo per l'impostazione dei parametri della sezione a isolinee e della pseudosezione	175
Finestra di dialogo per l'impostazione della palette.....	178
Editor del set di grafici.....	178
Editor del grafico.....	179
Editor degli assi.....	181
Finestra di dialogo per configurare i parametri di visualizzazione del modello.....	185
Finestra di dialogo di anteprima di stampa (Print preview).....	187
<i>Materiali aggiuntivi:.....</i>	<i>188</i>

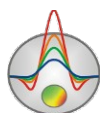
Scopo e funzionalità del programma

Il programma **ZondST2D** è destinato all'elaborazione e all'interpretazione 2D dei dati di tomografia sismica con onde rifratte e CMRW, in configurazione terrestre, in pozzo, tra pozzi e in ambiente acquatico. Il programma comprende inoltre i seguenti moduli: 1. **MASW** — elaborazione e interpretazione dei dati delle onde superficiali, 2. **CMRW** — ambiente stratificato arbitrario, 3. inversione delle ampiezze, 4 — anisotropia delle velocità sismiche, 5 — tomografia sismica basata sui tempi di arrivo delle onde riflesse.

ZondST2D è una soluzione completa per la tomografia sismica e consente di affrontare un'ampia gamma di problemi, dalla modellazione matematica e dall'analisi della sensibilità all'elaborazione e all'interpretazione dei dati di campagna. L'interfaccia intuitiva e le numerose possibilità di rappresentazione dei dati permettono di risolvere nel modo più efficace il problema geologico in esame.

Il programma è suddiviso in due moduli principali e diversi moduli aggiuntivi. Il primo è destinato al picking dei primi arrivi (correlazione) sui sismogrammi. Il secondo viene utilizzato per risolvere il problema diretto e il problema inverso della tomografia sismica.

Per l'elaborazione dei sismogrammi è stata sviluppata un'interfaccia dedicata, progettata per semplificare e automatizzare il più possibile il processo di picking dei primi arrivi. Particolare attenzione è stata dedicata alla varietà delle modalità di visualizzazione e all'accessibilità delle funzioni utilizzate più frequentemente. In questo modulo è possibile eseguire



contemporaneamente il picking di più tipi di onde: Vs, Vp rifratte e fino a 3 onde riflesse. L'elaborazione dei dati è ottimizzata per l'uso congiunto delle onde P e S rifratte.

Per risolvere il problema diretto, il ray tracing utilizza un algoritmo speciale basato sulla teoria dei grafi (*Shortest path's method*). Questo metodo consente di calcolare il percorso più breve seguito dall'onda rifratta. La combinazione dei percorsi dei raggi di lunghezza minima dalla sorgente e dal ricevitore al riflettore permette di costruire il percorso dell'onda riflessa per ciascuna interfaccia. Come punto di riflessione viene selezionato il tratto dell'interfaccia per il quale la somma dei tempi di percorrenza dalla sorgente e dal ricevitore è minima.

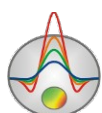
Questo algoritmo è caratterizzato da un'elevata velocità di calcolo e da una precisione controllabile.

Il problema diretto, ovvero l'algoritmo di ray tracing, è implementato in tre varianti:

1. Approssimazione dei raggi. Velocità costante all'interno della cella.
2. Approssimazione dei raggi. Variazione lineare della velocità all'interno della cella. Le velocità sono definite nei nodi.
3. Modellazione del canale di raggi a raggio variabile. Variazione lineare della velocità all'interno della cella. Le velocità sono definite nei nodi.

Il modulo di tomografia sismica consente di ottenere sezioni di velocità sia delle onde P sia delle onde superficiali, necessarie per la microzonazione sismica. Le sorgenti e i ricevitori possono essere disposti sulla superficie terrestre, nei pozzi, sul fondo o sulla superficie di uno specchio d'acqua. Il modulo può essere utilizzato per interpretare i dati del profilo sismico verticale (VSP). Oltre alle sezioni di velocità, è implementato un algoritmo per ricostruire la distribuzione dell'anisotropia delle velocità. Il programma utilizza la forma più semplice del coefficiente di anisotropia delle velocità sismiche: il rapporto tra V_x e V_z . La considerazione dell'anisotropia è molto importante, soprattutto nell'interpretazione delle misure tra pozzi.

Il modulo «Mezzo a stratificazione arbitraria» è concepito per ottenere sezioni a stratificazione arbitraria dai dati della sismica a rifrazione o delle onde riflesse. La sezione di velocità è definita da un insieme di strati con geometria arbitraria delle interfacce e distribuzione arbitraria della velocità lungo il profilo in ciascuno strato. La complessità della geometria delle interfacce è controllata dal numero di nodi. Ogni interfaccia può essere riflettente e rifrangente oppure soltanto rifrangente. Tra i vantaggi di questo modello vi è la possibilità di interpretare congiuntamente le onde P e S sulla base della stessa geometria delle interfacce. È inoltre utile in presenza di uno stendimento di osservazione sparso (sismica a rifrazione). Il programma implementa la soluzione esatta per un mezzo a stratificazione arbitraria. Ciò significa che, a differenza del metodo t0, in cui l'onda si propaga sempre lungo l'interfaccia rifrangente, il raggio si propaga secondo il principio di Fermat, che descrive correttamente la fisica del processo. Il



modulo consente di modellare i tempi di arrivo delle onde riflesse e rifratte e di risolvere il problema inverso dei tempi osservati, congiuntamente o separatamente.

Il metodo MASW/ReMi, sempre più diffuso nella prospezione sismica ingegneristica e basato sull'analisi della propagazione delle onde superficiali, è implementato nell'omonimo modulo. L'elaborazione dei dati di campagna consente di ottenere profili verticali delle velocità delle onde S. La metodologia di acquisizione sul campo MASW è praticamente identica a quella standard e non richiede quindi misure aggiuntive. Le sezioni di velocità V_s possono pertanto essere ottenute direttamente dai dati della sismica a rifrazione o delle onde riflesse. Il programma implementa l'intero ciclo di elaborazione dei dati, dall'ottenimento delle curve di dispersione alla costruzione delle sezioni di velocità, e supporta l'analisi multimodale.

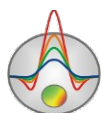
Il modulo «Inversione delle ampiezze» implementa l'algoritmo «Attenuation tomography» e consente di ottenere una sezione del parametro di attenuazione Q del mezzo a partire dai valori delle ampiezze dei primi arrivi. Il problema viene risolto sulla base di una sezione di velocità ottenuta in precedenza. Le ampiezze dei primi arrivi vengono sottoposte a picking parallelamente ai tempi.

ZondST2D utilizza un formato dati semplice e intuitivo, che consente di integrare facilmente sistemi di osservazione diversi e include varie modalità di definizione della topografia e di altre informazioni ausiliarie. Sono supportati anche i formati dati più diffusi.

Una fase importante che precede le misure sul campo è la modellazione matematica della struttura di velocità dell'area di lavoro. La modellazione consente di valutare la risoluzione e di scegliere i parametri ottimali dello stendimento per risolvere il problema geologico posto. Sono implementate due modalità di modellazione dei dati di tomografia sismica: su mesh o poligonale.

Poiché l'obiettivo principale del programma è ricostruire i parametri della sezione di velocità, in **ZondST2D** sono implementati diversi metodi per risolvere il problema inverso. I principali sono: l'inversione con smoothing, per ottenere una distribuzione regolare; l'inversione a blocchi, per ottenere una distribuzione a blocchi; e l'inversione focalizzante, per ottenere una distribuzione dei parametri di velocità con la profondità a tratti regolare.

Durante lo sviluppo del programma è stata dedicata particolare attenzione all'utilizzo delle informazioni a priori. A causa dell'equivalenza dei problemi geofisici inversi, la qualità dei risultati ottenuti dipende direttamente dalla quantità di dati a priori utilizzati. In **ZondST2D** è possibile assegnare pesi alle misure, vincolare e definire intervalli di variazione delle proprietà di singole celle e utilizzare un modello a priori come modello di riferimento durante l'inversione. Il programma implementa inoltre schemi robusti per la stima della componente di rumore. È anche possibile importare e visualizzare i risultati delle misure effettuate con altri metodi e i dati di pozzo, favorendo un approccio più integrato all'interpretazione dei dati. Il programma consente di



eseguire l'inversione congiunta dei dati di altri metodi geofisici, integrandoli efficacemente con la sezione di velocità sulla base di una struttura unificata, delle interfacce o della minimizzazione dell'operatore cross-gradient.

Per risolvere il problema inverso (inversione) si utilizza il metodo di Newton con regolarizzazione. La regolarizzazione aumenta la stabilità della soluzione e consente di ottenere una distribuzione della velocità nel mezzo più regolare.

$$(A^T W^T W A + \mu C^T R C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T R C m,$$

dove A è la matrice delle derivate parziali dei valori misurati rispetto ai parametri della sezione (Jacobiano), C è l'operatore di smoothing, W è la matrice degli errori relativi di misura, m è il vettore dei parametri della sezione, μ - parametro di regolarizzazione, Δf è il vettore degli errori di fit tra i valori osservati e quelli calcolati, R è l'operatore focalizzante.

Nello sviluppo del problema inverso è stata dedicata particolare attenzione all'inclusione delle informazioni a priori (pesi delle singole misure, intervalli di variazione dei parametri).

ZondST2D dispone di un potente sistema di visualizzazione dei dati di profilo, di un editor delle misure e di un sistema di analisi della sensibilità e della risoluzione del metodo.

Nell'editor delle misure l'utente può visualizzare i parametri dello stendimento, assegnare pesi (livello di importanza) alle singole misure e correggere i valori delle caratteristiche misurate. È possibile assegnare pesi alle misure in base alla spaziatura oppure bloccare le celle del modello i cui parametri non influiscono praticamente sui risultati delle misure.

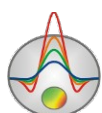
Nel sistema di analisi della risoluzione, l'utente studia la funzione di sensibilità del modello, ovvero il grado di influenza di una determinata cella del modello sui risultati delle misure.

$$S = \text{diag}(A^T A).$$

L'analisi della sensibilità consente di scegliere in modo ottimale il sistema di osservazione per risolvere il problema geologico assegnato.

ZondST2D utilizza un formato di file dei dati semplice e intuitivo, che consente di combinare diversi sistemi di osservazione sullo stesso profilo. Il programma permette di importare e visualizzare i risultati delle misure ottenuti con altri metodi, favorendo un approccio più completo all'interpretazione dei dati.

Il programma **ZondST2D** è uno strumento pratico per l'interpretazione automatica e interattiva dei dati di tomografia sismica e può essere utilizzato su personal computer compatibili IBM PC con sistema operativo Windows.



Velocità delle onde elastiche

Secondo la teoria dell'elasticità, le velocità delle onde sismiche v_p e v_s dipendono dalla densità del mezzo ρ e dai suoi moduli elastici E e σ .

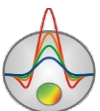
$$v_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1-\sigma}{(1+\sigma)(1-2\sigma)}}$$
$$v_s = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{2(1+\sigma)}}$$

Nelle rocce, questi parametri dipendono da numerosi fattori eterogenei: composizione litologica e granulometrica, vuoti (porosità, cavernosità, fratturazione), saturazione in fluidi, pressione interstratale, effetti del metamorfismo e della tettonica, profondità di giacitura, età, temperatura e così via.

L'influenza della densità sulle variazioni delle velocità sismiche è in generale limitata, poiché nella maggior parte delle rocce l'intervallo di variazione della densità è compreso tra 1.4 e 3.2 g/cm³. Le variazioni relative minime ρ sono caratteristiche delle rocce ignee, mentre quelle massime si osservano nelle rocce sedimentarie, ma non superano il 20-30%. Dalle formule sopra citate si deduce una dipendenza inversa della velocità dalla densità: se la densità aumenta (diminuisce) relativamente di $\varepsilon\%$, mentre i valori dei moduli elastici rimangono invariati, la velocità diminuisce (aumenta) relativamente di $\varepsilon/2\%$.

Secondo i dati sperimentali, nella maggior parte delle rocce si osserva una correlazione positiva tra densità e velocità sismiche v_p e v_s , ovvero le rocce più dense sono generalmente anche quelle con velocità più elevate. Questa situazione sembra contraddire le formule considerate, ma la contraddizione è solo apparente. Infatti, all'aumentare della densità della roccia ρ , di norma aumenta ancora più rapidamente il suo modulo di Young E , determinando così un aumento delle velocità v_p e v_s . Il modulo di Young E varia nelle diverse rocce di diversi ordini di grandezza: da circa 10² MPa nelle formazioni sedimentarie poco consolidate fino a circa 10⁵ MPa (10⁶ kg/cm²) nelle rocce ignee compatte. Per effetto di questo fattore, i valori delle velocità sismiche possono differire di decine di volte.

Il coefficiente di Poisson σ varia teoricamente nell'intervallo 0-0.5. Il limite inferiore corrisponde alle proprietà elastiche delle rocce cristalline rigide, quello superiore a quelle dei depositi plastici e morbidi. Nei fluidi incompressibili, in cui non si verificano deformazioni di taglio, $\sigma = 0.5$. Nella maggior parte delle rocce il coefficiente di Poisson assume valori compresi



tra 0.15 e 0.35, ossia varia rispetto al valore medio di 0.25 entro un intervallo di appena ± 0.1 . Tuttavia, nelle formule che determinano v_p e v_s , il valore di σ compare in modo tale che anche piccole variazioni incidono notevolmente sui valori delle velocità.

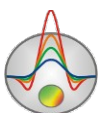
L'azione di numerosi fattori sulle proprietà elastiche delle rocce fa sì che non esista una relazione univoca tra la definizione geologica di una roccia e le sue caratteristiche di velocità: rocce completamente diverse possono avere gli stessi valori di velocità, mentre rocce con la stessa denominazione possono presentare velocità molto diverse. Pertanto, per le diverse rocce o per i loro complessi si possono indicare soltanto intervalli di valori probabili delle velocità.

La velocità delle onde P nelle rocce incoerenti della parte più superficiale e alterata della sezione di solito non supera 1 km/s. Nelle formazioni terrigene consolidate raramente supera 4 km/s, mentre nelle rocce carbonatiche e idrochimiche può raggiungere 6 km/s. Nelle rocce ignee e metamorfiche v_p raggiunge 6.5-7 km/s e, in generale, aumenta con l'aumentare della basicità e del grado di metamorfismo. Alla base della crosta terrestre (discontinuità di Mohorovičić), il valore di v_p , stando alle stime basate sulle velocità delle onde rifratte, raggiunge 8 km/s. Tuttavia, la composizione materiale delle rocce a questa profondità non è nota con certezza.

Le velocità delle onde S variano generalmente in modo concorde con quelle delle onde P. Teoricamente, il rapporto $\gamma = v_s/v_p$ può essere compreso tra 0 (fluidi) e $1/\sqrt{2} = 0.7$ (nel caso in cui $\sigma = 0$). Nella maggior parte delle rocce consolidate, il valore di γ è pari a 0.4-0.6, il che corrisponde per σ a un intervallo di valori compreso tra 0.4 e 0.2. Tuttavia, nelle formazioni sabbioso-argillose molto sciolte, il valore di γ può essere pari a 0.2-0.3 o anche inferiore. In generale, le regolarità della distribuzione di v_s sono meno studiate rispetto a quelle di v_p .

Rocce con la stessa composizione litologica possono presentare differenze significative nelle velocità sismiche a causa della loro struttura interna, determinata dalle condizioni di formazione. Ciò è particolarmente evidente nelle rocce terrigene formatesi in contesti idrodinamici diversi: i depositi originati in un ambiente a bassa energia, come quello delle piattaforme continentali, e caratterizzati da una granulometria più omogenea, presentano generalmente velocità inferiori rispetto ai depositi accumulati in un ambiente costiero ad alta energia e caratterizzati da una granulometria meno selezionata. I carbonati organogeni presentano velocità relativamente basse rispetto a quelli chemogeni.

Un fattore di grande importanza per i valori delle velocità sismiche è il grado di vuotosità delle rocce, in primo luogo la loro porosità. A parità di altre condizioni, all'aumentare della porosità le velocità sismiche nella roccia diminuiscono. Questa dipendenza è più marcata nei depositi terrigeni, nei quali la porosità può raggiungere il 30-40%. Tali rocce, in particolare le



sabbie e le arenarie, sono considerate mezzi eterogenei costituiti da uno scheletro solido (granuli) e da pori riempiti di fluido (liquido, gas o loro miscela). Per questo modello, la velocità v_p è stimata mediante una relazione empirica approssimata, nota come equazione del tempo medio:

$$\frac{1}{v_p} = \frac{k_n}{v_\phi} + \frac{1-k_n}{v_\tau},$$

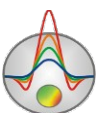
dove k_n è il coefficiente di porosità, v_τ e v_ϕ sono rispettivamente le velocità delle onde P nello scheletro solido e nel fluido.

La dipendenza $v_p(k_n)$ ha carattere esponenziale. La presenza di aria (gas) nelle rocce sature d'acqua, a causa della sua elevata comprimibilità, riduce l'elasticità complessiva della roccia e la velocità al suo interno. Quando i pori sono completamente saturi d'acqua, la comprimibilità della roccia diminuisce bruscamente e la velocità v_p aumenta in modo discontinuo. La velocità delle onde S v_s è praticamente indipendente dal grado di saturazione idrica. Questo effetto viene utilizzato nella prospezione sismica per determinare il livello della falda freatica nei depositi sciolti.

Il congelamento dell'acqua presente nei pori, nelle cavità e nelle fratture provoca un forte aumento delle velocità sismiche nella roccia, poiché la velocità v_p , nel ghiaccio è quasi 2.5 volte superiore a quella nell'acqua. A seconda della porosità, del contenuto relativo di acqua congelata e non congelata, della sua salinità e della temperatura, la velocità delle onde P può aumentare di 1-2 km/s. Ciò modifica sensibilmente le caratteristiche di velocità della parte superiore della sezione nelle zone di diffusione delle rocce gelate: si osserva la cosiddetta inversione delle velocità, per cui dalla superficie, a un certo intervallo di profondità, le velocità diminuiscono nel passaggio dai depositi gelati a quelli scongelati.

Per le rocce sedimentarie è caratteristico un aumento più o meno significativo della velocità con la profondità di seppellimento, dovuto all'incremento della pressione litostatica. Ciò è causato, da un lato, dalla diminuzione della porosità, che, secondo la (5), aumenta v_p , poiché $v_\tau > v_\phi$. Dall'altro lato, la velocità v_τ dipende dall'area di contatto tra i granuli adiacenti della roccia, che aumenta con la pressione, determinando un incremento del modulo di Young e, di conseguenza, delle velocità v_τ e v_p . L'aumento delle velocità con la profondità è più marcato nelle rocce terrigene, caratterizzate da un'elevata porosità iniziale. Nei depositi carbonatici meno porosi questo fenomeno è molto più debole, mentre nelle rocce chemogene è praticamente assente.

A parità di composizione materiale e profondità di seppellimento, le rocce più antiche presentano velocità maggiori. Questo effetto è spiegato dalla durata dei processi di diagenesi, metamorfismo e sollecitazione tettonica, che rendono le rocce più rigide ed elastiche. Questa



dipendenza è piuttosto debole: la velocità aumenta approssimativamente come la radice sesta dell'età assoluta dei depositi.

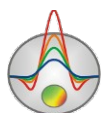
Nei depositi porosi a profondità considerevoli, la velocità dipende dal rapporto tra la pressione geostatica esterna esercitata dalla colonna sovrastante e la pressione del fluido nei pori. La prima, riducendo la porosità, aumenta la velocità. La seconda, esercitando una spinta sui granuli della roccia, impedisce la riduzione della porosità e abbassa la velocità. La pressione efficace, che determina il valore della velocità, è praticamente pari alla differenza tra la pressione esterna e quella interna. In alcuni casi, il deflusso del fluido dai depositi sabbiosi sotto l'azione della pressione geostatica è ostacolato dall'azione di schermatura della roccia argillosa incassante. Per questo motivo, la pressione nei pori risulta superiore alla normale pressione idrostatica a quella profondità e la velocità v_p nello strato è inferiore al livello normale.

Le zone di disturbo tettonico sono caratterizzate da una significativa diminuzione delle velocità sismiche, che può raggiungere il 30-40% e oltre, a seconda del grado di disintegrazione delle rocce. Di norma, questo effetto è più marcato per le onde S, pertanto il rapporto delle velocità $\gamma = v_s/v_p$ nelle zone di disturbo tettonico, di decompressione e di fratturazione delle rocce assume valori ridotti.

A parità di composizione litologica di uno strato di roccia sedimentaria, possono verificarsi variazioni laterali della velocità, associate a strutture di piega. Più spesso si osserva una diminuzione della velocità verso le porzioni sommitali dei rilievi, dove la fratturazione delle rocce è più sviluppata. Può tuttavia verificarsi anche un effetto apparente, dovuto all'aumento del dinamometamorfismo nelle porzioni sommitali delle pieghe.

I dati sperimentali dimostrano che le variazioni delle velocità sismiche possono riflettere i cambiamenti dello stato di sollecitazione degli ammassi rocciosi. In particolare, la diminuzione delle velocità e la comparsa della loro anisotropia possono essere associate a zone di decompattazione e fratturazione delle rocce di origine tettonica.

Un'altra proprietà importante, spesso riscontrabile negli ammassi rocciosi, è l'anisotropia delle loro proprietà elastiche, che determina la dipendenza delle velocità sismiche dalla direzione. Questo effetto si manifesta sia per la struttura a strati sottili dei depositi, sia in seguito allo sviluppo di fratturazioni delle rocce orientate nello spazio. Secondo i dati sperimentali, tra gli strati litologicamente omogenei, quelli argillosi presentano la maggiore anisotropia, dovuta alla loro tessitura lamellare ordinata. In essi, per le onde P, k_p raggiunge valori di 1.2-1.5 e oltre. Nelle arenarie, k_p raramente supera il valore di 1.1-1.2. I depositi carbonatici presentano una debole anisotropia delle velocità. Per le onde S, l'anisotropia è in genere maggiore che per le onde P nelle stesse sezioni.



Un'altra causa dell'anisotropia delle velocità sismiche è l'intensa fratturazione delle rocce, che interrompe la continuità del loro scheletro minerale. In presenza di un sistema di fratture con una determinata direzione, la velocità delle onde lungo tale direzione è massima, mentre quella trasversale è minima. Il coefficiente di anisotropia determinato dipende dalla forma e dalle dimensioni relative delle fratture rispetto alla lunghezza d'onda prevalente, nonché dalle proprietà elastiche del materiale che le riempie [Boganik G.N., Gurvich I.I. Seismorazvedka (Seismic Exploration). 2006].

Installazione e rimozione del programma

Il programma **ZondST2D** è distribuito via Internet. Il pacchetto include il presente Manuale. Gli ultimi aggiornamenti del programma possono essere scaricati dal sito: www.zond-geo.com.

Per installare il programma, copiarlo nella directory desiderata. Per installare un aggiornamento, è sufficiente copiare la nuova versione sopra quella precedente.

Prima di avviare il programma per la prima volta, è necessario installare il driver della chiave di protezione SenseLock. A tale scopo, aprire la cartella SenseLock (il driver può essere scaricato dal CD o dal sito Web) e avviare il file InstWiz3.exe. Dopo aver installato il driver, inserire la chiave. Se tutto è corretto, nella barra di sistema in basso viene visualizzato un messaggio che indica che la chiave è stata rilevata.

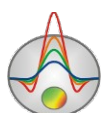
Per rimuovere il programma, eliminare la directory di lavoro del programma.

Requisiti di sistema

Il programma **ZondST2D** può essere installato su un computer con sistema operativo Windows XP o versione successiva. Requisiti di sistema consigliati: processore P IV-2 GHz, 1 GB di memoria, risoluzione dello schermo 1024 x 768, modalità colore -True color. (Non modificare la risoluzione dello schermo durante il lavoro con i dati).

Poiché attualmente il programma utilizza risorse del registro di sistema, nei sistemi successivi a Windows XP deve essere eseguito come amministratore (fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona del programma e scegliere Esegui come amministratore).

Unità di misura



Unità geometriche (coordinate delle sorgenti e dei ricevitori, topografia) – **metri**.

Unità dei tempi dei primi arrivi – **millisecondi**.

Unità della velocità delle onde sismiche – **chilometri al secondo**.

Modulo di elaborazione dei sismogrammi – Trace editor

L'obiettivo principale dell'elaborazione dei dati di campagna è ottenere le dromocrone dei tempi (o delle ampiezze) di arrivo delle onde target. Per iniziare l'elaborazione dei dati di campagna, è necessario disporre di uno o più file di osservazioni di campagna in formato SEG-Y(SEG2). Il picking dei sismogrammi di campagna viene eseguito in un modulo dedicato (Fig. 1), richiamato tramite la voce **Trace editor** del menu principale del programma oppure tramite il pulsante sulla barra degli strumenti . Dopo aver richiamato il modulo, caricare i sismogrammi di campagna, assegnare la geometria e avviare il picking.

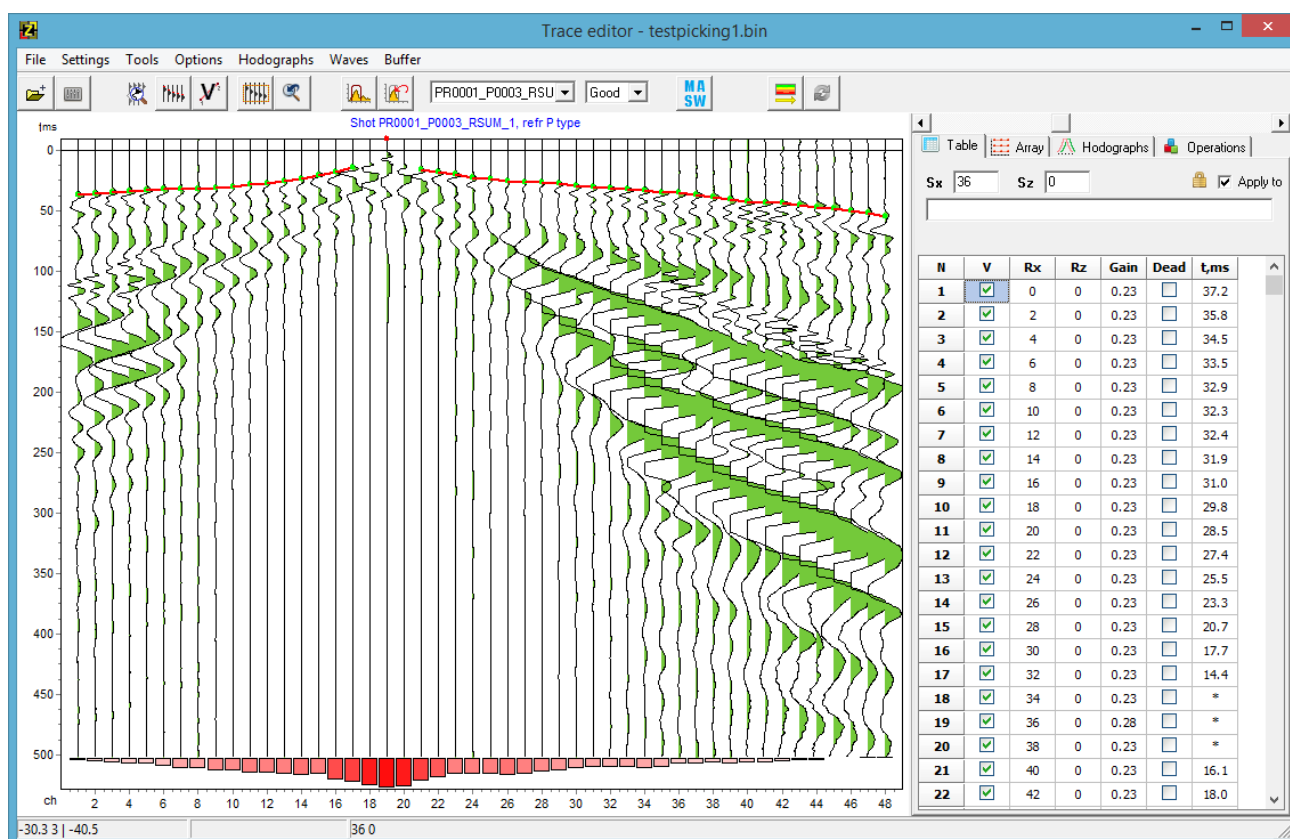
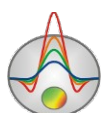


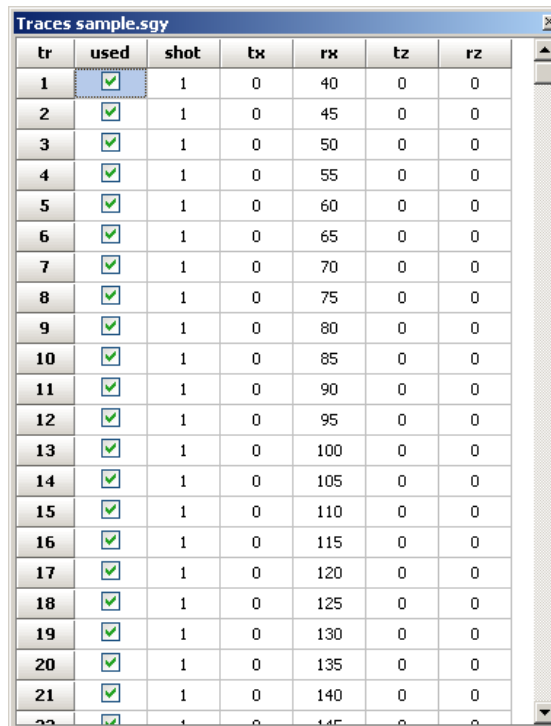
Fig. 1 Finestra di lavoro del modulo di picking dei sismogrammi Trace editor

La finestra è suddivisa in due parti: il grafico di visualizzazione delle tracce sismiche (a sinistra) e la sezione a più schede per la configurazione e la visualizzazione dei parametri del sistema di osservazione (a destra).



Avvio del lavoro con il modulo

Il lavoro inizia aprendo uno o più file SEG-Y(SEG2) oppure un file di progetto. Subito dopo il caricamento del file viene visualizzata la finestra di dialogo **Show parameters for every file**. Se si seleziona Yes, viene visualizzata una finestra in cui è possibile selezionare le tracce sismiche desiderate e impostare le coordinate delle sorgenti e dei ricevitori, se necessario (le coordinate dei ricevitori e delle sorgenti possono essere impostate in seguito) (Fig. 2).



tr	used	shot	tx	rx	tz	rz
1	☒	1	0	40	0	0
2	☒	1	0	45	0	0
3	☒	1	0	50	0	0
4	☒	1	0	55	0	0
5	☒	1	0	60	0	0
6	☒	1	0	65	0	0
7	☒	1	0	70	0	0
8	☒	1	0	75	0	0
9	☒	1	0	80	0	0
10	☒	1	0	85	0	0
11	☒	1	0	90	0	0
12	☒	1	0	95	0	0
13	☒	1	0	100	0	0
14	☒	1	0	105	0	0
15	☒	1	0	110	0	0
16	☒	1	0	115	0	0
17	☒	1	0	120	0	0
18	☒	1	0	125	0	0
19	☒	1	0	130	0	0
20	☒	1	0	135	0	0
21	☒	1	0	140	0	0
22	☒	1	0	145	0	0

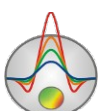
Fig. 2 Finestra di selezione delle tracce sismiche e di impostazione delle coordinate

Prima di caricare i file SEG-Y, è necessario verificare che le impostazioni di lettura del file siano corrette  (descritto più dettagliatamente nella sezione Finestra di dialogo delle impostazioni generali per la lettura dei file SEG-Y..

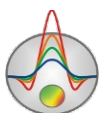
Barra degli strumenti della finestra di picking dei sismogrammi

La barra degli strumenti consente di accedere rapidamente alle funzioni più utilizzate del modulo. Contiene i seguenti pulsanti funzionali (da sinistra a destra):

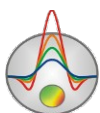
	Aprire un file o un insieme di file di dati di campagna in formato SEG-Y (SEG2) o un progetto di lavoro BIN.
	Aprire un sottomenu aggiuntivo per accedere rapidamente alle diverse



	impostazioni.
	Attivare la modalità di ingrandimento/selezione di una porzione del sismogramma. La selezione si esegue con il mouse mediante un rettangolo elastico. Dopo aver attivato questa modalità, vengono visualizzati i due pulsanti seguenti.
	Impostare la finestra di lavoro dei dati. Le dimensioni della finestra si definiscono nella modalità  . La finestra di lavoro viene utilizzata per il filtraggio e l'autoscaling delle tracce sismiche.
	Passare alla porzione selezionata precedentemente del sismogramma.
	Attivare la modalità di picking dei primi arrivi. I primi arrivi si selezionano con il pulsante sinistro del mouse. Facendo clic con il pulsante destro del mouse si elimina il valore selezionato sulla dromocrona. Il tracciamento si esegue in modalità normale o semiautomatica. Dopo aver attivato questa modalità, vengono visualizzati i due pulsanti seguenti.
	Attiva la modalità <i>Multipicking</i> . Il tracciamento viene eseguito automaticamente dal primo al secondo punto selezionato sul sismogramma. Il percorso di tracciamento è visualizzato come una linea che collega il primo punto selezionato alla posizione corrente del cursore. Se è selezionata una delle modalità <i>Multipicking</i> , al posto della linea viene visualizzata una fascia in cui avviene la ricerca, con i valori temporali preliminari indicati da cerchi. La larghezza della fascia di ricerca si regola con la rotellina del mouse tenendo premuto CTRL.
	Opzione <i>Autopicking</i> . Attiva la procedura di affinamento automatico delle posizioni dei tempi dei primi arrivi secondo uno dei criteri specificati. In modalità <i>Multipicking</i> , la procedura viene applicata a tutti i tempi (che ricadono nella fascia) della porzione specificata; altrimenti, la ricerca viene eseguita entro la traccia selezionata (finestra di selezione). Per <i>Autopicking</i> è importante scegliere correttamente la larghezza della fascia (o della finestra) in cui viene ricercata la soluzione secondo il criterio specificato (si regola con la rotellina del mouse tenendo premuto CTRL). Il criterio di selezione si imposta nel menu contestuale, accessibile con il pulsante destro del mouse. Criteri disponibili: <i>To null</i> : ricerca il passaggio per valori nulli o prossimi allo zero nella



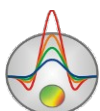
	finestra/fascia di selezione e imposta lì i primi arrivi (picking sulla fase). <i>To extremum</i>: ricerca il valore di massima ampiezza assoluta nella finestra/fascia di selezione e imposta lì i primi arrivi. <i>To maximum</i>: ricerca il valore massimo nella finestra/fascia di selezione e imposta lì i primi arrivi. <i>To minimum</i>: ricerca il valore minimo nella finestra/fascia di selezione e imposta lì i primi arrivi. <i>To best correlated point</i>: ricerca le zone di migliore correlazione con le tracce adiacenti e imposta lì i primi arrivi. <i>Move to reciprocity point</i>: se al valore specificato è associato un valore reciproco, i relativi tempi vengono mediati.
	Attivare la modalità per determinare la velocità tra due punti. Per determinare la velocità in una porzione selezionata del sismogramma, si seleziona la posizione del primo punto. Quindi, senza rilasciare il pulsante del mouse, si sposta il cursore nella posizione desiderata. Il valore della velocità viene visualizzato nella barra di stato della finestra (seconda sezione). Prima di determinare la velocità, verificare che le coordinate dei ricevitori siano corrette. Nella modalità di picking delle onde riflesse, per determinare la velocità si preme il tasto V. Subito dopo viene visualizzata un'iperbole passante per la posizione corrente del cursore. I parametri dell'iperbole si regolano con la rotellina del mouse e vengono visualizzati nella barra di stato. Facendo clic con il pulsante destro del mouse in questa modalità, si costruisce la dromocrona corrispondente ai parametri correnti dell'iperbole.
	Aprire la finestra di dialogo per il filtraggio dei dati (ulteriori informazioni).
	Annullare i risultati del filtraggio o ripristinare i dati originali.
	Selezionare il sismogramma attivo dall'elenco. L'elenco contiene tutti i sismogrammi del progetto.
	Assegnare una valutazione della qualità del picking per questo sismogramma. Questa valutazione verrà utilizzata nell'inversione.
	Avviare il modulo di analisi multicomponente delle onde superficiali (ulteriori informazioni). Prima è necessario immettere le coordinate di



	tutte le sorgenti e di tutti i ricevitori.
	Creare un sistema di osservazione e un modello, quindi passare alla finestra di modellazione e inversione dei dati.
	Aggiornare i picking del progetto corrente e passare alla finestra di modellazione e inversione dei dati. Durante l'aggiornamento dei picking, non si deve modificare la geometria del sistema di misurazione.
VSP	Avviare il modulo di inversione dei dati VSP (vedere la sezione «Modulo di inversione VSP»).
HVSR	Avviare il modulo HVSR (vedere la sezione «Modulo HVSR»).
	Aprire la finestra Zoom window con una porzione ingrandita del sismogramma.

La sezione  delle impostazioni generali contiene le seguenti opzioni:

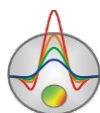
	Configurare i parametri di lettura del file (ulteriori informazioni).
	Aprire la finestra di dialogo delle impostazioni grafiche delle tracce sismiche e delle dromocrone (ulteriori informazioni).
	Aprire la finestra di dialogo per la configurazione delle scale e del muting del sismogramma (ulteriori informazioni).
	Aprire la finestra di dialogo per la configurazione dei parametri grafici dell'immagine di sfondo (ulteriori informazioni).
	Attivare la modalità di selezione della traccia attiva con il mouse. La traccia attiva viene evidenziata con un colore diverso e disegnata per ultima. Non utilizzare questa modalità durante il picking, poiché rallenta il funzionamento del programma.
	Mostra l'immagine di sfondo del sismogramma in forma interpolata.
	Ruota le tracce sismiche di novanta gradi. A seconda del tipo di dati, è più comodo usare l'orientamento verticale o orizzontale del sismogramma.
	Mostra il profilo della potenza delle tracce sismiche. La potenza caratterizza l'energia della traccia sismica, che varia in funzione dell'offset dalla sorgente.



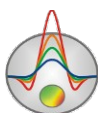
Menu delle funzioni della finestra di picking dei sismogrammi

Di seguito sono elencate le voci di menu e le relative funzioni:

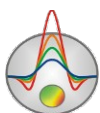
File	Open SEG-Y/Project	Apri file di dati di campagna in formato SEG-Y(SEG2) o un progetto di lavoro.
File	Add to project	Aggiungi dati al progetto di lavoro. Questa opzione consente di riunire in un unico progetto dati acquisiti in momenti diversi.
File	Import HVSR(3)	Importa registrazioni micro sismiche a tre componenti (Z, N, E) per il modulo HVSR (vedere la sezione «Modulo HVSR»).
File	Save project	Salva dati, risultati dell'elaborazione, correlazioni delle onde e varie impostazioni in un progetto di lavoro BIN.
File	Close project	Chiudi tutti i sismogrammi del progetto di lavoro.
File	Print preview	Apri la finestra di dialogo di stampa del sismogramma.
File	Import topography	Collega al progetto un file contenente le informazioni sulla topografia delle misure. Per descrivere la topografia si utilizza un file di testo a due colonne.
File	Run MASW module	Avvia il modulo MASW per i dati del progetto corrente (ulteriori informazioni).
File	Run MASW for groups	Avvia il modulo MASW per i dati del progetto corrente. Si utilizza quando è necessario sommare i segnali provenienti da più sorgenti per la stessa posizione del cavo. Consente di migliorare la qualità dello spettro.
Settings	Survey type	Finestra di dialogo per la configurazione dei parametri dello stendimento. È molto importante impostare il tipo di acquisizione subito prima del picking, soprattutto quando si lavora con dati sismici tra pozzi.
Settings	Change orientation	Ruota le tracce sismiche di novanta gradi. A seconda del tipo di dati, è più comodo usare l'orientamento verticale o orizzontale del sismogramma. Duplica l'opzione 
Settings	Background settings	Apri la finestra di dialogo delle impostazioni grafiche dell'immagine di sfondo interpolata. Duplica l'opzione 
Settings	Show background	Mostra l'immagine di sfondo del sismogramma in forma



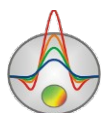
		interpolata. Duplica l'opzione 
Settings	Color scheme	Schema di colori della finestra: Light – chiaro, Dark – scuro.
Settings	Plot's color	Apri la finestra di dialogo per impostare il riempimento dello sfondo del sismogramma.
Settings	Trace/hodograph settings	Apri la finestra di dialogo delle impostazioni grafiche delle tracce sismiche e delle dromocrone. Duplica l'opzione 
Settings	Scale/muting settings	Apri la finestra di dialogo per configurare la scala e il muting del sismogramma. Duplica l'opzione 
Settings	Amplitudes collect settings	Apri la finestra di dialogo per configurare i parametri di acquisizione delle ampiezze.
Settings	Working area/Display rectangle	Mostra l'area della finestra di lavoro come un riquadro.
Settings	Working area/Set working area	Imposta la finestra di lavoro dei dati. Le dimensioni della finestra si definiscono in modalità  . La finestra di lavoro viene utilizzata per la scalatura automatica delle tracce sismiche. Se nella scheda Table della sezione a schede multiple è selezionata l'opzione <i>Apply for next shots</i> , la finestra di lavoro viene impostata per tutti i sismogrammi successivi del progetto.
Settings	Working area/Select all	Seleziona l'intero sismogramma come finestra di lavoro.
Settings	Units	Unità di visualizzazione del sismogramma: Channel – numero del canale, Distance – coordinata del ricevitore; mSec units – tempo in millisecondi (altrimenti in campioni).
Settings	Set sample time	Imposta il passo di campionamento dell'asse delle misure, in ms. Utilizzare questa opzione se il passo non è specificato o è specificato in modo errato nel file.
Tools	Filtering	Aprire la finestra di dialogo per il filtraggio dei dati (ulteriori informazioni).
Tools	Undo filtering	Ripristina i dati originali (prima dell'elaborazione).
Tools	Picking mode	Attiva la modalità di picking dei primi arrivi. Selezionare i primi arrivi con il pulsante sinistro del mouse. Il clic destro



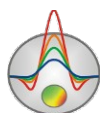
		rimuove il valore selezionato dalla dromocrona. Duplica il pulsante  .
Tools	Zoom mode	Attiva la modalità di ingrandimento/selezione di un'area del sismogramma. Selezionare l'area con un rettangolo elastico usando il mouse. È quindi possibile attivare la scalatura automatica per la finestra selezionata. Duplica il pulsante  .
Tools	Display cross	Mostra le linee incrociate che seguono il cursore. Consente un posizionamento più preciso.
Tools	Crop shot	Ritaglia il sismogramma in base al tempo e/o alle tracce (finestra di dialogo Crop shot).
Tools	Resample shot	Modifica il passo di campionamento dei sismogrammi (finestra di dialogo Resampling).
Tools	Group&Sort	Raggruppa o ordina le tracce sismiche del progetto (finestra di dialogo Group&Sort). È possibile salvare la nuova disposizione.
Tools	Swap SR	Scambia le posizioni di sorgenti e ricevitori.
Tools	Shift traces	Sposta le tracce sismiche nel tempo (finestra di dialogo Shift traces).
Tools	Correct all zeros	Rimuove la componente continua da tutte le tracce sismiche e ne imposta la polarità positiva. I risultati dell'elaborazione vengono persi.
Tools	Apply trigger shot	Usa il sismogramma corrente come registrazione di riferimento temporale: gli altri sismogrammi vengono ritagliati in corrispondenza del picking effettuato su quello corrente.
Tools	Suppress EM wave	Sopprime il rumore elettromagnetico (finestra di dialogo Remove EM noise).
Tools	Processed2original	Imposta i dati elaborati come dati originali. I dati originali vengono persi.
Tools	Edit source pos	Apri la finestra di dialogo per specificare le coordinate delle sorgenti (ulteriori informazioni).



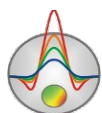
Tools	Set survey lines	Se la linea del profilo ha una geometria complessa o le sorgenti sono fuori dal profilo, consente di ottenere le proiezioni sulla linea definita dall'utente e di usarle come coordinate delle sorgenti e dei ricevitori.
Tools	Change sign of Z	Inverti il segno delle coordinate verticali di sorgenti e ricevitori.
Options	Delete current shot	Elimina il sismogramma corrente dal progetto.
Options	Delete empty shots	Elimina dal progetto tutti i sismogrammi per i quali non è stato eseguito il picking (ad esempio, ripetizioni non riuscite o dati molto rumorosi).
Options	Delete dead traces	Elimina le tracce «morte». In genere corrispondono a geofoni guasti o non collegati. Selezionare le tracce «morte» nella tabella.
Options	Interpolate dead traces	Sostituisce le tracce «morte» con l'interpolazione delle tracce adiacenti.
Options	Sort shots by filename	Ordina i sismogrammi in base ai nomi dei file.
Options	Sort shots by position	Ordina i sismogrammi in base alle posizioni delle sorgenti.
Options	Sort all trace	Ordina le tracce del sismogramma in base alle coordinate dei ricevitori.
Options	Combine shots	Aggiunge al sismogramma corrente le tracce sismiche di altri sismogrammi con la stessa coordinata della sorgente. È utile quando si utilizzano cavi corti. In genere, in questo caso il cavo viene spostato lungo il profilo mentre la posizione della sorgente rimane invariata. L'opzione consente di ottenere una registrazione lunga per una singola sorgente, utilizzando più posizioni del cavo. Prima di utilizzarla, verificare che le coordinate siano corrette.
Options	Combine all	Unisce le tracce sismiche di tutti i sismogrammi con le stesse coordinate della sorgente.
Options	Apply AGC	Applica l'AGC (Automatic Gain Control), ovvero il controllo automatico del guadagno. Normalizza la registrazione in base al valore medio del suo livello su un determinato intervallo temporale di registrazione (finestra). La dimensione della



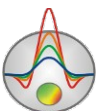
		finestra, specificata in campioni, va determinata sperimentalmente.
Options	Remove aver in window	Sottrarre il valore medio in una finestra specificata. Consente di evidenziare i segnali a frequenza più elevata. La dimensione della finestra è impostata in campioni e viene scelta sperimentalmente.
Options	Apply denoising	Applicare la soppressione del rumore al sismogramma (finestra di dialogo delle impostazioni della finestra di elaborazione).
Options	Apply derivative	Sostituire le tracce sismiche con la loro derivata rispetto al tempo.
Options	Simple smoothing	Eseguire lo smoothing delle tracce del sismogramma corrente nel tempo.
Options	Smooth2d	Eseguire lo smoothing bidimensionale del sismogramma corrente (nel tempo e lungo le tracce).
Options	Collect amplitudes shot	Raccogliere le ampiezze dei primi arrivi nei punti in cui è stato eseguito il picking dei tempi per questo sismogramma. L'opzione consente di raccogliere le ampiezze non nel punto di picking, che potrebbe avere ampiezza nulla, ma in una finestra attorno a esso. La dimensione della finestra (impostata in campioni) e il metodo di raccolta si selezionano nel menu File settings/Amplitudes collect settings.
Options	Collect amplitudes all	Raccogliere le ampiezze dei primi arrivi nei punti in cui è stato eseguito il picking dei tempi per tutti i sismogrammi.
Options	Amplitudes distribution	Mostrare la finestra di distribuzione delle ampiezze dei primi arrivi nei sismogrammi (vedere la sezione «Distribuzione delle ampiezze»).
Options	Undo action	Annullare l'ultima operazione in modalità picking.
Hodographs	Delete current	Eliminare la dromocrona corrente.
Hodographs	Delete all	Eliminare tutte le dromocrone del progetto per il tipo di onde corrente.
Hodographs	Interpolate empty	Riempire le lacune nelle dromocrone mediante interpolazione basata sulle velocità apparenti delle tracce adiacenti con picking.
Hodographs	Autocorrect current	Correzione automatica della dromocrona corrente (viene



		eseguita la correlazione degli arrivi già sottoposti a picking, in base alla forma dei picchi in prossimità dei quali si trovano).
Hodographs	Autocorrect all	Correzione automatica delle dromocrone di tutti i sismogrammi (come Autocorrect current).
Hodographs	Set 1D projection	Calcolare un modello di velocità 1D in base ai tempi sottoposti a picking di tutti i sismogrammi visibili.
Hodographs	Apply to current	Calcolare la dromocrona del sismogramma corrente in base al modello 1D ottenuto con Set 1D projection.
Hodographs	Apply to all	Calcolare le dromocrone di tutti i sismogrammi in base al modello 1D ottenuto con Set 1D projection.
Hodographs	To empty	Se l'opzione è attiva, Apply to current e Apply to all riempiono solo le tracce senza picking.
Hodographs	Reflection scanner	Aprire lo scanner delle onde riflesse (vedere la sezione «Scanner delle onde riflesse»).
Hodographs	Copy current	Copiare la dromocrona attiva negli appunti.
Hodographs	Paste to current	Copiare i primi arrivi dagli appunti nella dromocrona corrente.
Hodographs	Paste to current(X=Rx)	Incollare la dromocrona dagli appunti nel sismogramma corrente in base alle coordinate dei ricevitori.
Hodographs	Load picks	Caricare i risultati del picking da un file in uno dei formati disponibili.
Hodographs	Save picks	Salvare i risultati del picking correnti in un file. Sono disponibili i seguenti tipi di file: <i>Laccolite god file</i> – salvare la dromocrona corrente in un file *.god, <i>Laccolite directory</i> – salvare le dromocrone di tutti i sismogrammi nella directory specificata in formato *.god, <i>SRT file</i> – salvare un file in formato *.SRT
Hodographs	Smooth all	Eseguire lo smoothing di tutte le dromocrone (per lo smoothing si utilizza un algoritmo speciale che tiene conto del principio di reciprocità).
Hodographs	Smooth current	Eseguire lo smoothing della dromocrona corrente (per lo smoothing si utilizza un algoritmo speciale che tiene conto del principio di reciprocità).



Hodographs	Correct start times (reciprocity)	Correzione dei tempi di inizio registrazione dei sismogrammi basata sui tempi reciproci del picking corrente.
Hodographs	Average reciprocity data	Mediare i tempi reciproci, se disponibili.
Hodographs	Correct start times (calculated)	Correzione dei tempi di inizio registrazione dei sismogrammi basata sui tempi teorici ottenuti con l'inversione 2D.
Hodographs	Calc reciprocity error	Mostrare l'errore medio di correlazione dei dati, calcolato in base al principio di reciprocità.
Waves	P- refracted	Impostare il tipo di onde sottoposte a picking – onde P rifratte.
Waves	S-refracted	Impostare il tipo di onde sottoposte a picking – onde S rifratte.
Waves	Reflected-1	Impostare il tipo di onde sottoposte a picking – onde riflesse, prima interfaccia.
Waves	Reflected-2	Impostare il tipo di onde sottoposte a picking – onde riflesse, seconda interfaccia.
Waves	Reflected-3	Impostare il tipo di onde sottoposte a picking – onde riflesse, terza interfaccia.
Waves	Exchange P&S	Cambiare il tipo di onde durante il picking. L'opzione si utilizza se durante il picking è stato impostato un tipo di onda errato.
Waves	Exchange P&S current	Scambiare i picking delle onde P e S solo per il sismogramma corrente.
Waves	Remove active data	Eliminare tutte le dromocrone per il tipo di onde corrente.
Waves	Switch PS auto	Commutare automaticamente il tipo di onde sottoposte a picking (P/S) in base al tipo di sismogramma corrente.
Buffer	Picks1...	Salvare i risultati del picking correnti nel buffer (o caricarli da esso). È possibile memorizzare fino a 5 varianti di picking (Picks 1 – Picks 5). Per caricare una variante salvata, selezionarla nuovamente.
Buffer	Averaged	Inserire nella dromocrona corrente il valore medio dei picking di tutti i buffer non vuoti.
Buffer	Only t0	Caricare dal buffer solo i tempi dei primi arrivi.
Buffer	Current shot	Caricare dal buffer (e calcolare la media) solo per il



		sismogramma corrente.
--	--	-----------------------

Finestra di dialogo delle impostazioni generali per la lettura dei file SEG-Y.

La finestra di dialogo delle impostazioni generali per la lettura dei file in formato SEG-Y può essere aperta con l'opzione .

La scheda **SEG-Y** contiene le opzioni che controllano la lettura dei dati di campagna (Fig. 3). Questo formato è lo standard di base per i dati di prospezione sismica. Alcune stazioni possono discostarsi dal formato di registrazione standard; in questi casi, per caricare correttamente i dati, è necessario selezionare i parametri di registrazione.

Prima di creare un nuovo progetto dai file SEG-Y, verificare che le impostazioni di questa scheda corrispondano a quelle utilizzate nei file (nella maggior parte dei casi è così).

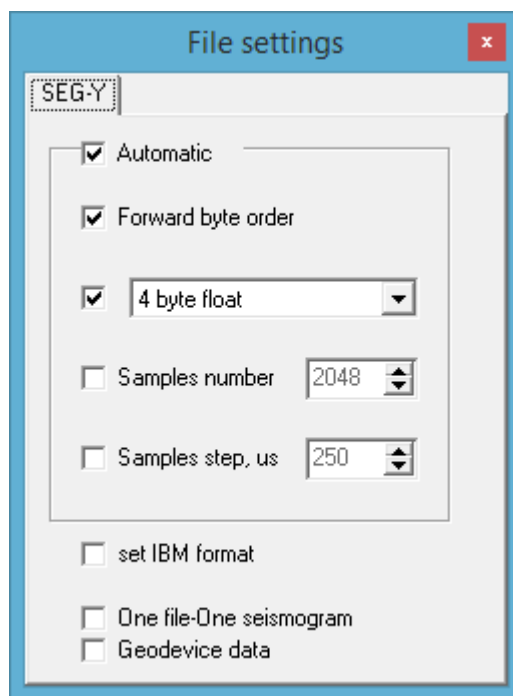
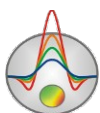


Fig. 3 Finestra di dialogo File settings, scheda SEG-Y

L'opzione *Automatic* attiva la modalità di rilevamento automatico del formato. Se questa opzione è disattivata, diventano disponibili le impostazioni seguenti.

L'opzione *Forward byte order* imposta l'ordine di lettura dei byte. L'elenco a discesa consente di selezionare il tipo di dati.

L'opzione *Samples number* imposta il numero di campioni nella traccia sismica. L'opzione *Samples interval* imposta l'intervallo di campionamento della traccia sismica (in millisecondi).



L'opzione *Set IBM format* imposta il formato numerico PC/UNIX.

Per configurare la lettura, si utilizzano principalmente le opzioni *Set IBM format* e *Forward byte order*.

L'opzione *One file-One seismogram* – imposta ogni file caricato come sismogramma separato.

Dialogo per la raccolta automatica delle ampiezze dei primi arrivi

È possibile richiamare il dialogo delle impostazioni generali per la raccolta delle ampiezze tramite l'opzione **Settings/ Amplitudes collect settings** del menu principale della finestra.

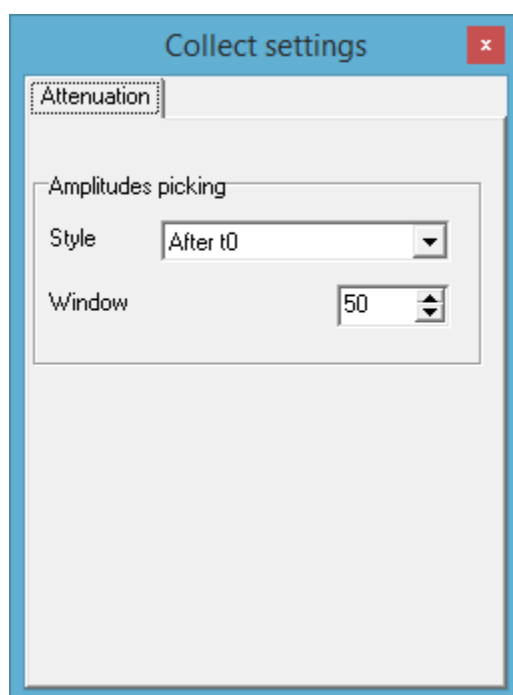
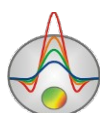


Fig. 4 **Dialogo delle impostazioni generali per la raccolta delle ampiezze Amplitudes collect settings**

L'opzione *Style* definisce il metodo di raccolta dell'ampiezza: vicino a t_0 (attorno a t_0) oppure dopo t_0 (se il picking è stato eseguito in base alla fase). Nella finestra *Window* occorre impostare la dimensione della finestra, in campioni, all'interno della quale viene cercata l'ampiezza massima. La lunghezza della finestra viene solitamente scelta in base alla frequenza dell'onda utile.

Dialogo per l'impostazione del tipo di rilievo

Il dialogo è accessibile dal menu principale del modulo di picking dei sismogrammi, tramite **Settings/Survey type**. È molto importante impostare il tipo di rilievo prima di iniziare la correlazione.



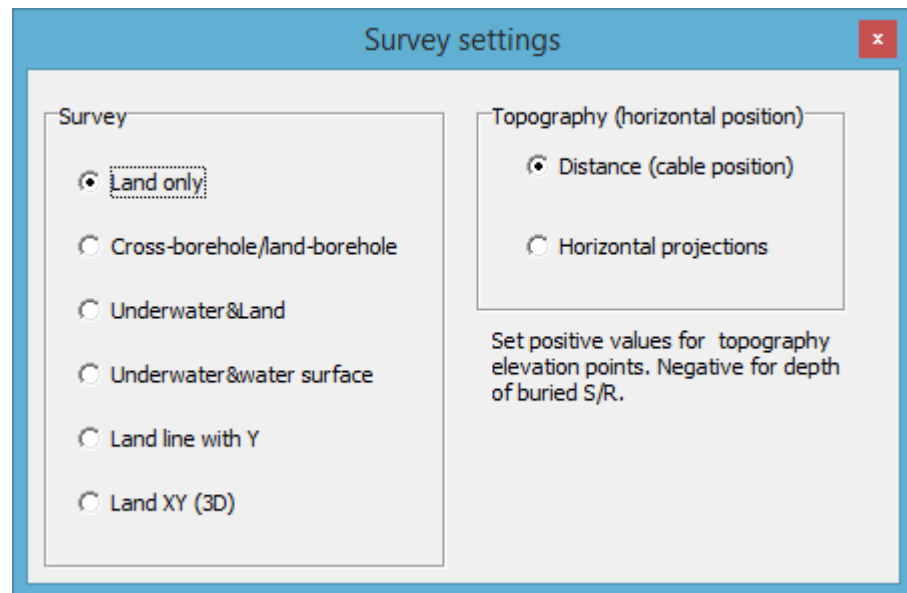


Fig. 5 Finestra di dialogo Survey settings

La finestra di dialogo *Survey settings* è suddivisa in due aree. A sinistra si trova l'area *Survey*, in cui si imposta il tipo di rilievo:

Land only – sistema di acquisizione terra-terra; in questo caso, nella scheda Table della sezione a più schede, la colonna Rz contiene i dati topografici. Per questo tipo è possibile impostare sorgenti in profondità (valore negativo in Sz).

Cross-borehole/land-borehole – sistema di acquisizione per la sismica tra pozzi (cross-hole)/il profilo sismico verticale (terra-pozzo). In questo caso, nella scheda Table della sezione a più schede, la colonna Rz contiene i valori di profondità (Sz/Rz=0 indica che le sorgenti/i ricevitori si trovano in superficie).

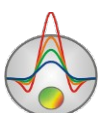
Underwater&Land – sistema di acquisizione combinato, che comprende misure subacquee e terrestri.

Underwater&water surface – sistema di acquisizione combinato, che comprende misure sulla superficie dell'acqua e sul fondale.

Land line with Y – rilievo 2D lungo un profilo curvilineo o con sorgenti distanti. In questa modalità è possibile modificare le coordinate Y. Si suppone che il profilo (e il modello) si sviluppi lungo l'asse X e che l'asse Y sia perpendicolare alla linea del profilo.

Land XY 3D – si utilizza quando, per l'interpretazione 2D, viene impiegata una parte di un rilievo areale. In questa modalità è possibile modificare le coordinate Y. Si suppone che il profilo (e il modello) si sviluppi lungo l'asse X e che l'asse Y sia perpendicolare alla linea del profilo.

A destra si trova l'area *Topography (horizontal position)*, in cui si definisce il tipo di coordinata orizzontale:



Distance (cable position) – si utilizza la distanza lungo il cavo; questo metodo è generalmente impiegato solo nei rilievi terrestri standard, quando è disponibile il riferimento topografico dei ricevitori e le loro coordinate sono espresse come distanze lungo il cavo.

Horizontal projection – proiezione orizzontale, utilizzata negli altri casi

Impostazioni di visualizzazione e ridimensionamento del sismogramma

Per agevolare il lavoro dell'operatore, il modulo di picking offre diverse possibilità di ridimensionamento e visualizzazione del sismogramma.

Per ingrandire o spostare una porzione, si utilizza la modalità di selezione/ingrandimento  (strumento «rettangolo elastico»). Per selezionare la porzione da ingrandire, si sposta il cursore del mouse verso il basso e a destra tenendo premuto il pulsante sinistro (Fig. 6 A).

Le opzioni della sezione Working area consentono di impostare scale ottimali per l'area selezionata.

Per passare alla selezione precedente del sismogramma, si utilizza l'opzione . Per ripristinare la scala iniziale, si esegue la stessa operazione spostando il mouse verso l'alto e a sinistra (Fig. 6B).

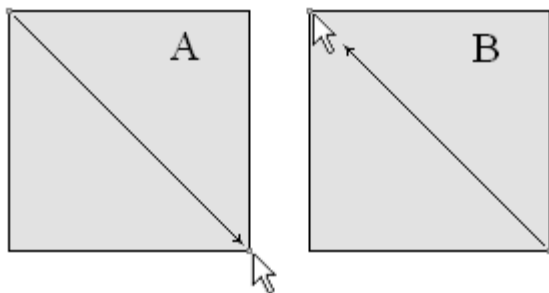


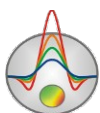
Fig. 6 **Direzione del movimento del mouse durante la modifica della scala**

Dialogo per l'impostazione delle scale del sismogramma

È possibile richiamare il dialogo per l'impostazione delle scale del sismogramma tramite le opzioni **Settings/Scale settings** oppure .

Il dialogo **Scaling options** contiene due schede.

La scheda **Scales** contiene le opzioni che determinano la scala delle tracce sismiche e dell'intera immagine (Fig. 7).



L'area **Traces scaling type** imposta il tipo di normalizzazione delle tracce sismiche. Il valore *Common maximum* scala le tracce in base al massimo comune del sismogramma.

Il valore *Trace maximum* scala ciascuna traccia in base al proprio massimo.

L'opzione *Apply to original data* indica al programma di applicare il ridimensionamento delle tracce ai valori dei dati originali (non filtrati).

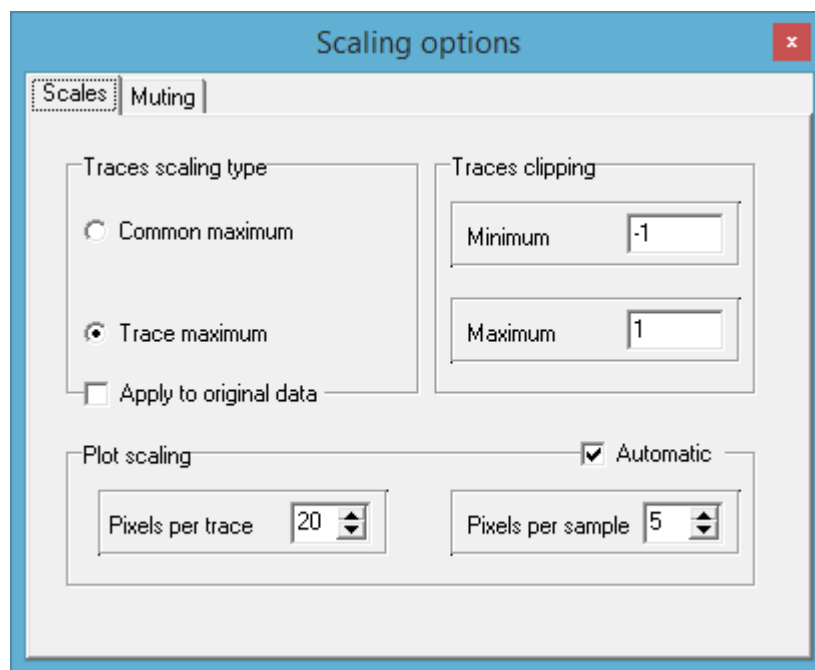


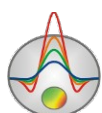
Fig. 7 Finestra di dialogo **Scaling options**, scheda **Scales**

L'area **Traces clipping** imposta i valori limite massimi e minimi delle tracce, oltre i quali le tracce vengono ritagliate.

I valori *Maximum* e *Minimum* vengono impostati supponendo che la distanza tra tracce adiacenti sia pari a uno.

L'opzione *Automatic* nell'area *Plot scaling* imposta la scala dell'immagine del grafico. Se l'opzione è attivata, la scala viene selezionata automaticamente in base alle dimensioni della finestra. Se l'opzione è disattivata, le scale dell'immagine vengono impostate tramite le opzioni *Pixel for trace* (numero di pixel per traccia) e *Pixel for sample* (numero di pixel per campione).

La scheda **Muting** contiene le opzioni che definiscono i valori limite delle velocità (Fig. 8). Nel campo *Velocities* occorre impostare i valori limite delle velocità. L'opzione *Muting* visualizza i limiti delle velocità impostate. Se è selezionata l'opzione *Draw muted data*, i dati che si trovano al di fuori dei limiti di velocità impostati non vengono visualizzati. Il campo *Delay, ms* imposta il valore del tempo di riferimento (numero positivo in ms o in campioni) per tutte le tracce sismiche.



L'asse dei tempi/dei campioni viene traslato in modo che il tempo di riferimento corrisponda allo zero dell'asse. Di conseguenza, sull'asse possono comparire valori negativi.

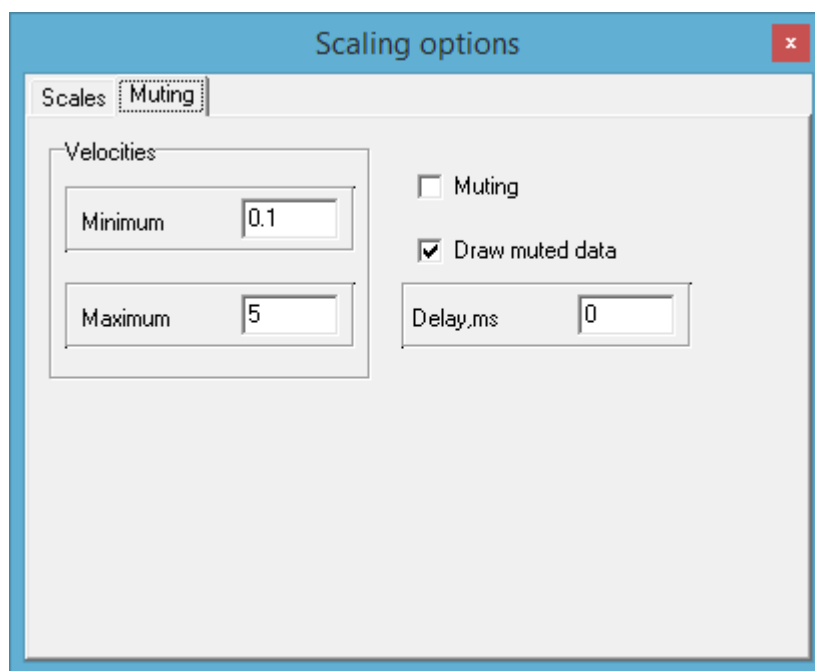


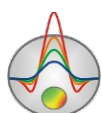
Fig. 8 Finestra di dialogo Scaling options, scheda Muting

Finestra di dialogo delle impostazioni grafiche delle tracce sismiche

La finestra di dialogo delle impostazioni grafiche delle tracce sismiche e delle dromocrone può essere aperta tramite le opzioni **Settings/Trace/hodographs settings** oppure .

La scheda **Trace** contiene le opzioni che definiscono l'aspetto dei grafici delle tracce sismiche. Le due aree principali **Primary** e **Additional** definiscono rispettivamente le impostazioni del sismogramma principale e di quello aggiuntivo (visualizzato sopra il principale in modalità *Multi*).

Le aree **Negative** e **Positive** definiscono le impostazioni dei colori dei minimi e dei massimi dei grafici (*Fill color* – colore di riempimento, *Transparent* – nessun riempimento).



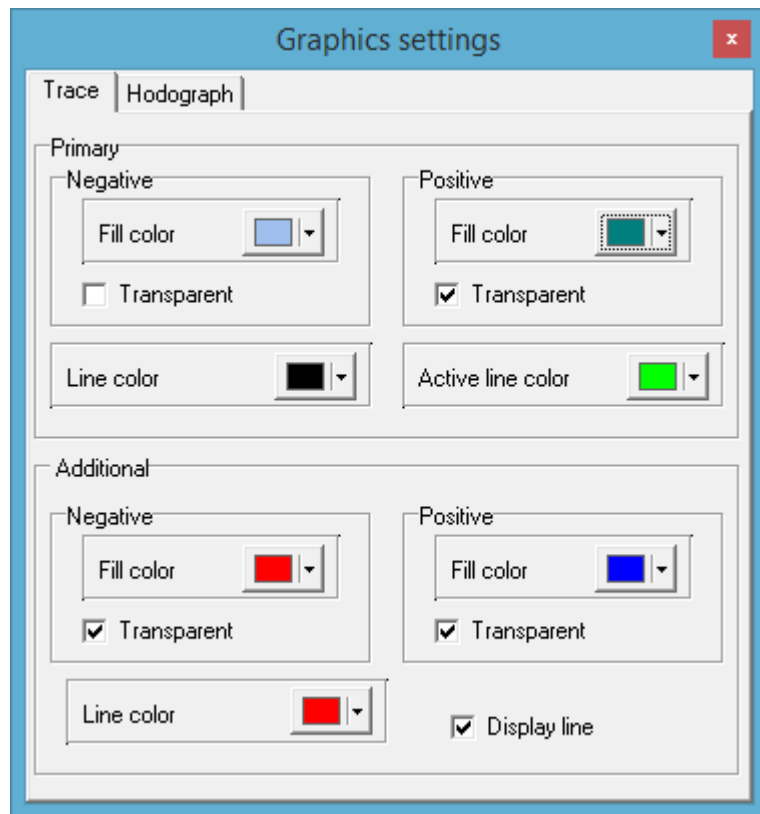
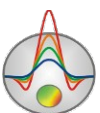


Fig. 9 Finestra di dialogo Graphics settings, scheda Trace

L'opzione *Line color* imposta il colore delle linee dei grafici. L'opzione *Active line color* imposta il colore della linea del grafico attivo. L'opzione *Display line* specifica se disegnare le linee dei grafici.



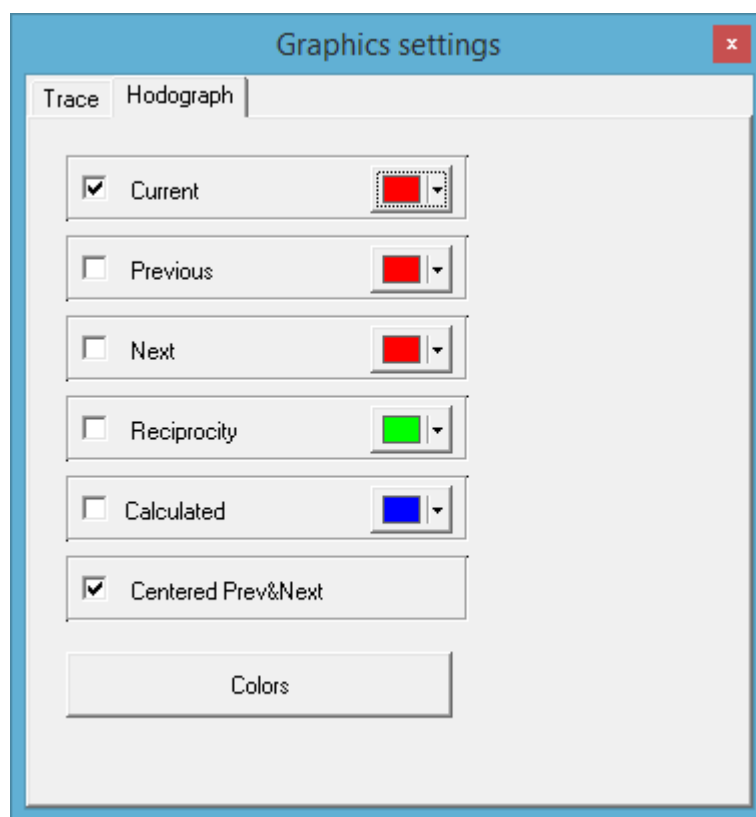


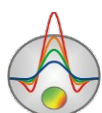
Fig. 10 Finestra di dialogo Graphics settings, scheda Hodograph

La scheda **Hodograph** contiene le impostazioni dei colori delle dromocrone visualizzate sui sismogrammi durante il picking. Le opzioni *Current*, *Previous*, *Next*, *Reciprocity*, *Calculated* impostano i colori delle dromocrone corrente, precedente, successiva, reciproca e calcolata. Se l'opzione è attivata, la dromocrona corrispondente viene visualizzata, se presente. *Centered Prev&Next* proietta le dromocrone adiacenti tenendo conto degli offset dalla sorgente.

Il pulsante *Colors* apre la finestra di dialogo per configurare l'editor dell'insieme di grafici delle dromocrone nella scheda Hodographs, sezione destra della finestra di lavoro.

Inserimento della geometria di osservazione

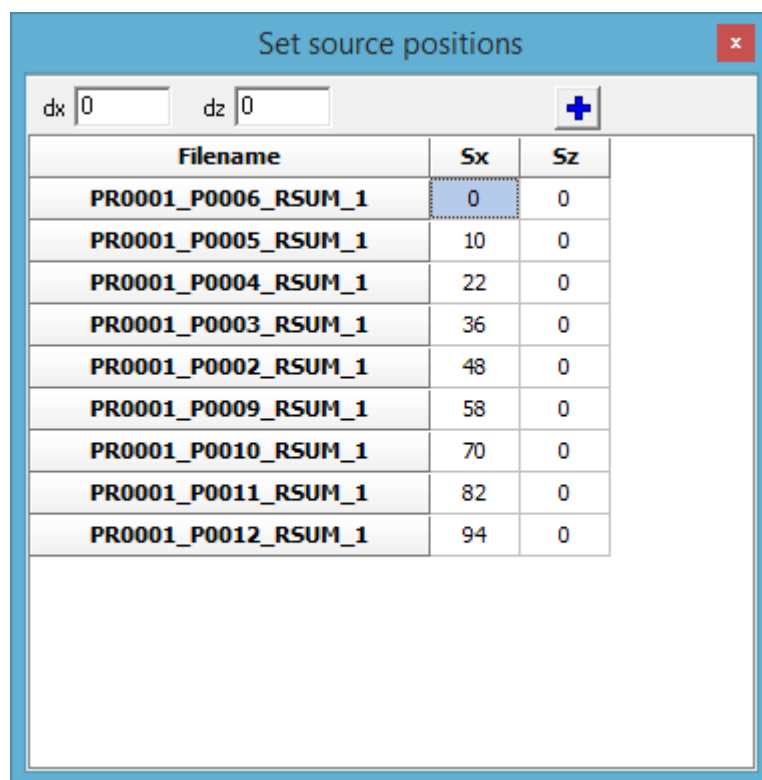
Se la geometria di osservazione non è stata inserita durante la registrazione dei file SEG-Y(SEG2) , questi dati possono essere inseriti tramite le opzioni del programma. La sezione [Opzioni della sezione multischeda](#) descrive anche le funzioni che consentono di definire rapidamente la geometria di osservazione. Poiché possono essere effettuate misurazioni ripetute per la stessa posizione della sorgente, è conveniente inserire prima le coordinate delle sorgenti e



poi ordinare le tracce sismiche in base alla posizione delle sorgenti. In questo modo è possibile valutare i dati ed eliminare, se necessario, le registrazioni non utili.

La finestra di dialogo **Set source positions**, richiamabile tramite l'opzione **Tools/Edit source pos**, consente di inserire rapidamente le coordinate delle sorgenti per un elenco di file (sismogrammi) (Fig. 11).

Nella riga superiore di questa finestra di dialogo, i campi dx e dz specificano l'incremento delle coordinate X e Z (Y). Il pulsante  assegna al file successivo la coordinata X pari a $Sx+dx$ e la coordinata Z pari a $Sz+dz$. Per compilare rapidamente le colonne Sx e Sz per le somme con la stessa posizione della sorgente, posizionare il cursore su Sx dell'ultimo file e, tenendo premuto [SHIFT], fare clic su Sx del primo file relativo alla posizione corrente della sorgente.

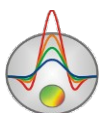


Filename	Sx	Sz
PR0001_P0006_RSUM_1	0	0
PR0001_P0005_RSUM_1	10	0
PR0001_P0004_RSUM_1	22	0
PR0001_P0003_RSUM_1	36	0
PR0001_P0002_RSUM_1	48	0
PR0001_P0009_RSUM_1	58	0
PR0001_P0010_RSUM_1	70	0
PR0001_P0011_RSUM_1	82	0
PR0001_P0012_RSUM_1	94	0

Fig. 11 Finestra di dialogo **Set source positions**

Le coordinate delle sorgenti e dei ricevitori possono essere inserite anche nelle colonne Rx , $Rz(Ry)$ e Sx , $Sz(Ry)$ nella scheda **Table**. Se è attivata l'opzione **Apply to next shots**, le coordinate dei ricevitori vengono copiate in tutti i sismogrammi successivi.

Modalità di visualizzazione del sismogramma



A seconda del tipo di dati, può essere più conveniente utilizzare l'orientamento verticale o orizzontale del sismogramma. L'opzione **Settings/Change orientation** consente di ruotare il sismogramma di 90° (Fig. 12).

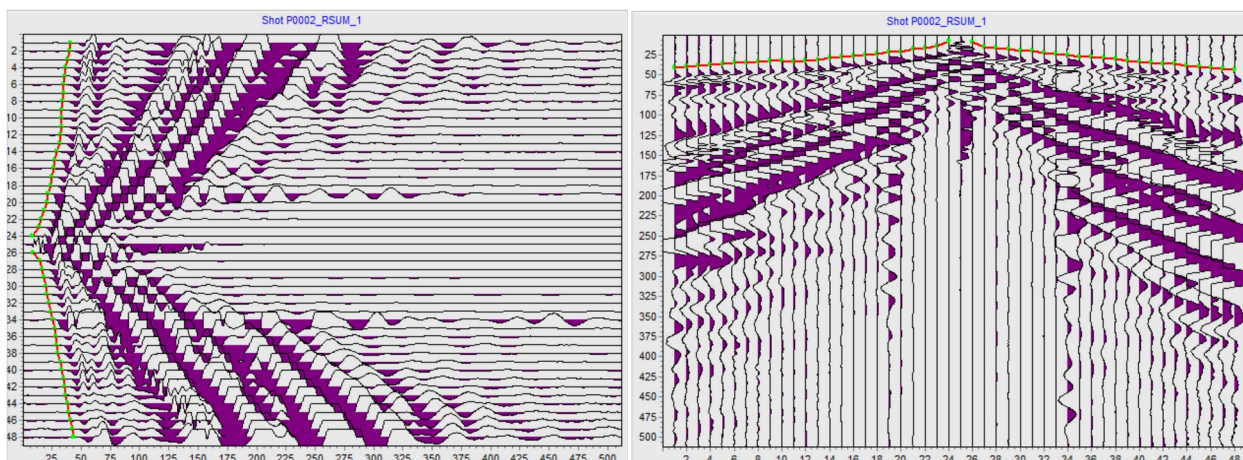


Fig. 12 Orientamento orizzontale e verticale del sismogramma

Per visualizzare l'immagine di sfondo del sismogramma in forma interpolata, fare clic su , quindi premere il pulsante , oppure utilizzare la funzione di menu **Settings/Show background** (Fig. 13). La tavolozza dei colori può essere configurata aprendo la finestra di dialogo **Color palette** tramite la funzione di menu **Settings/Background settings** (Fig. 14). (pulsante )

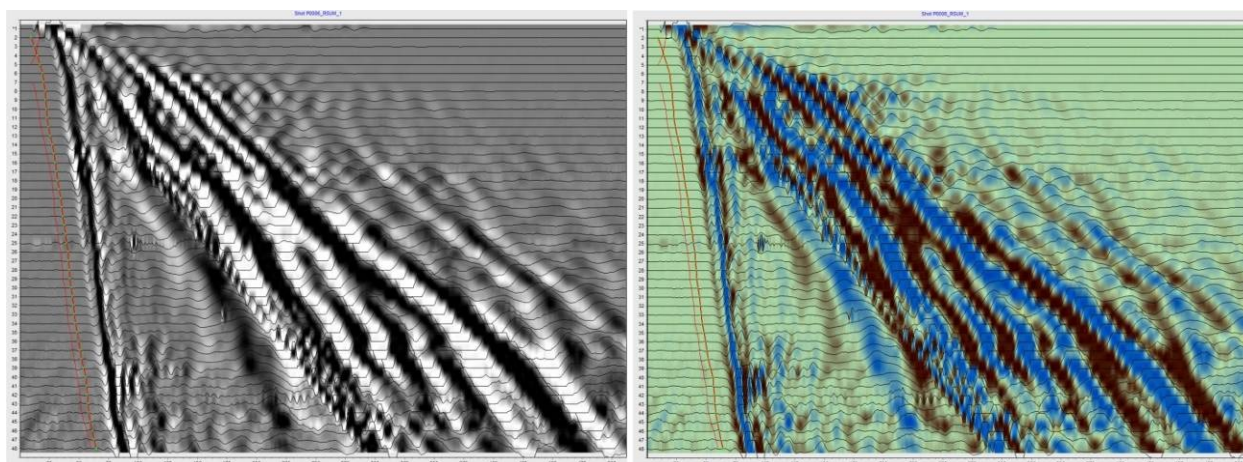
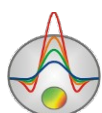


Fig. 13 Varianti di visualizzazione del sismogramma in forma interpolata.



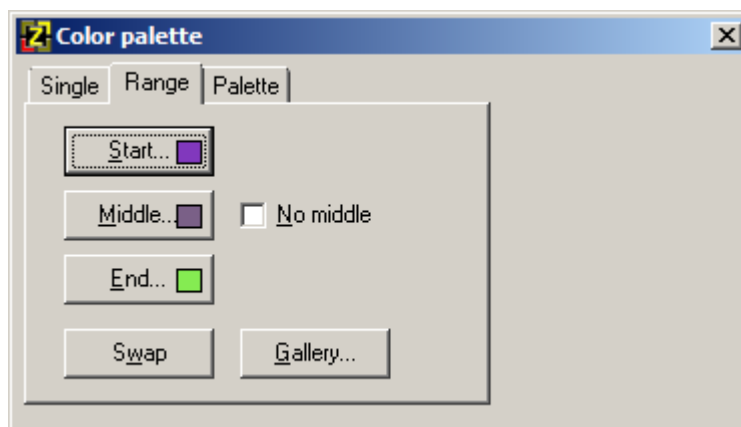


Fig. 14 Finestra di dialogo Color palette

Opzioni principali del modulo di picking dei sismogrammi

I sismogrammi possono essere ordinati:

per nome file - **Options/Sort shots by filename;**

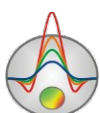
per posizione della sorgente - **Options/Sort shots by position;**

La modifica del guadagno di una singola traccia sismica si effettua con la rotellina del mouse posizionando il cursore sulla traccia, oppure nella scheda **Table** della sezione multischeda (per ulteriori dettagli, vedere la sezione [Opzioni della sezione multischeda](#)).

La selezione e la somma dei sismogrammi si effettuano utilizzando la scheda **Operations** della sezione multischeda (per ulteriori dettagli, vedere la sezione [Opzioni della sezione multischeda](#)).

Il valore del tempo zero può essere corretto nella scheda **Hodographs** della sezione multischeda tramite il campo  . Le opzioni impostano il valore del tempo zero (numero positivo in ms o in campioni) per il sismogramma corrente o per tutti i sismogrammi (premendo il pulsante con la casella di controllo). L'asse dei tempi/campioni viene traslato in modo che il tempo zero corrisponda allo zero dell'asse. Di conseguenza, sull'asse possono comparire valori negativi.

La selezione dei primi arrivi avviene in modalità **Picking mode**  con il pulsante sinistro del mouse. Il clic destro disattiva il valore selezionato sulla dromocrona. La dromocrona osservata è visualizzata in rosso per impostazione predefinita, mentre quella calcolata (se si torna alla modifica delle dromocrone dopo l'inversione **Trace editor** ) è visualizzata in blu.



Durante il picking dei sismogrammi, il programma consente di visualizzare i tempi reciproci dei primi arrivi (sotto forma di cerchi). Per farlo, è necessario attivare l'opzione reciprocity nelle impostazioni delle dromocrone.

Per passare alle tracce reciproche del sismogramma, premere [CTRL]+[ALT] e fare clic con il pulsante sinistro del mouse sulla traccia desiderata.

Per annullare un'azione (picking, inserimento di coordinate), premere [CTRL]+[Z].

La creazione del sistema di osservazione e il passaggio al modulo di inversione dei dati si eseguono con il pulsante  sulla barra delle applicazioni.

Opzioni della sezione a schede

La sezione a schede per l'impostazione e la visualizzazione dei parametri del sistema di osservazione contiene le seguenti sezioni:

La scheda  **Table** contiene una tabella con le coordinate dei ricevitori, i coefficienti di guadagno e altre impostazioni delle tracce del sismogramma attivo (Fig. 15).

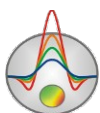


Table Array Hodographs Operations						
Sx 20 Sz 0 Apply to next shots						
N	✓	Rx	Rz	Gain	Dead	t,ms
1	☒	40	0	1	☐	*
2	☒	45	0	1	☐	*
3	☒	50	0	1	☐	*
4	☒	55	0	1	☐	*
5	☒	60	0	1	☐	*
6	☒	65	0	1	☐	*
7	☒	70	0	1	☐	*
8	☒	75	0	1	☐	*
9	☒	80	0	1	☐	*
10	☒	85	0	1	☐	*
11	☒	90	0	1	☐	*
12	☒	95	0	1	☐	*
13	☒	100	0	1	☐	*
14	☒	105	0	1	☐	*
15	☒	110	0	1	☐	*
16	☒	115	0	1	☐	*
17	☒	120	0	1	☐	*
18	☒	125	0	1	☐	*
19	☒	130	0	1	☐	*
20	☒	135	0	1	☐	*
21	☒	140	0	1	☐	*
22	☒	145	0	1	☐	*
23	☒	150	0	1	☐	*
24	☒	155	0	1	☐	*

Fig. 15 Scheda Table

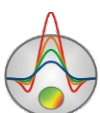
Le opzioni Sx e Sz(Sy) impostano le coordinate orizzontale e verticale della sorgente per il sismogramma attivo.

Le stesse coordinate possono essere impostate tramite la finestra di dialogo **Set source positions** (descritto più dettagliatamente nella sezione [Inserimento della geometria di osservazione](#)) oppure nei campi di inserimento corrispondenti.

Con il pulsante destro del mouse è possibile impostare l'incremento delle coordinate per tutti i sismogrammi successivi.

Il campo di inserimento sottostante serve per aggiungere commenti al sismogramma corrente.

L'opzione *Apply to next shots* attiva la modalità di modifica globale dei parametri delle tracce per tutti i sismogrammi. I parametri condivisi sono le coordinate dei ricevitori, i coefficienti di guadagno e l'indicatore di canale non funzionante.



La colonna della tabella *V* consente di attivare/disattivare una traccia sismica. Facendo clic con il pulsante sinistro sull'intestazione della colonna si attivano tutte le tracce; con il pulsante destro si disattivano.

La colonna della tabella *Rx(Ry)* imposta la coordinata orizzontale del geofono. Facendo clic con il pulsante destro del mouse su una cella della tabella, è possibile impostare l'incremento della coordinata per tutte le celle successive.

La colonna della tabella *Rz* imposta la coordinata verticale del geofono (la profondità, nel caso di indagini in pozzo). Facendo clic con il pulsante destro del mouse su una cella della tabella, è possibile impostare l'incremento della coordinata per tutte le celle successive.

La colonna della tabella *Gain* imposta il coefficiente di guadagno della traccia sismica. In caso di polarità di registrazione errata, inserire un coefficiente di guadagno negativo. Facendo clic con il pulsante sinistro sull'intestazione della colonna si aumenta il guadagno di tutte le tracce del sismogramma; con il pulsante destro lo si riduce (in valore assoluto). Facendo clic con il pulsante destro del mouse su una cella della tabella, è possibile impostare il valore del guadagno per tutte le celle successive. In modalità *Apply to next shots* i guadagni vengono impostati per tutti i sismogrammi successivi.

La colonna della tabella *Dead* indica un canale non funzionante. La traccia sismica corrispondente non verrà sottoposta a picking.

La colonna della tabella *t,ms* imposta il tempo del primo arrivo della traccia (in millisecondi o campioni).

La scheda  **Array** contiene un grafico con lo schema di osservazione (Fig. 16).

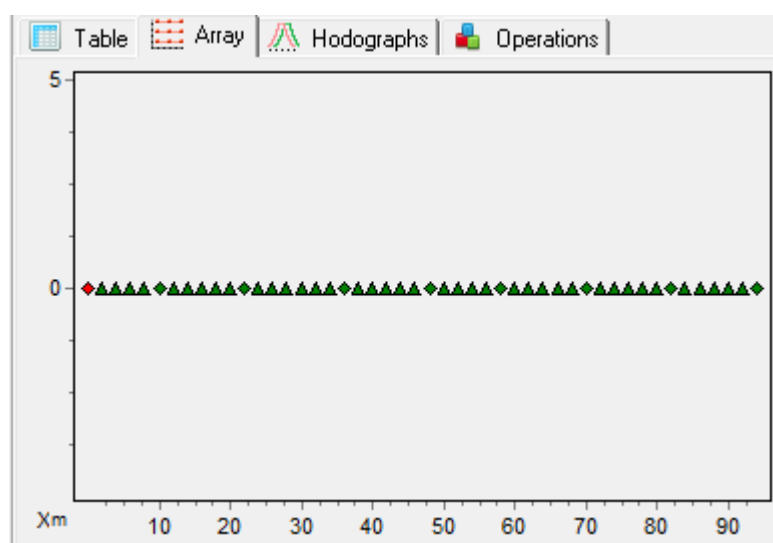
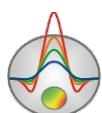


Fig. 16 Scheda Array



Il punto di energizzazione corrente del sismogramma attivo è visualizzato in rosso. Per visualizzare correttamente lo schema di osservazione, inserire le coordinate dei ricevitori e delle sorgenti. Premere [CTRL] e fare clic con il pulsante sinistro del mouse sulla posizione del punto di energizzazione per passare al sismogramma corrispondente.

La scheda  **Hodographs** consente di visualizzare e modificare le dromocrone di tutti i sismogrammi. Durante il picking, in questa scheda vengono visualizzati i grafici delle dromocrone. Facendo clic su un grafico si seleziona il sismogramma corrispondente (Fig. 17).

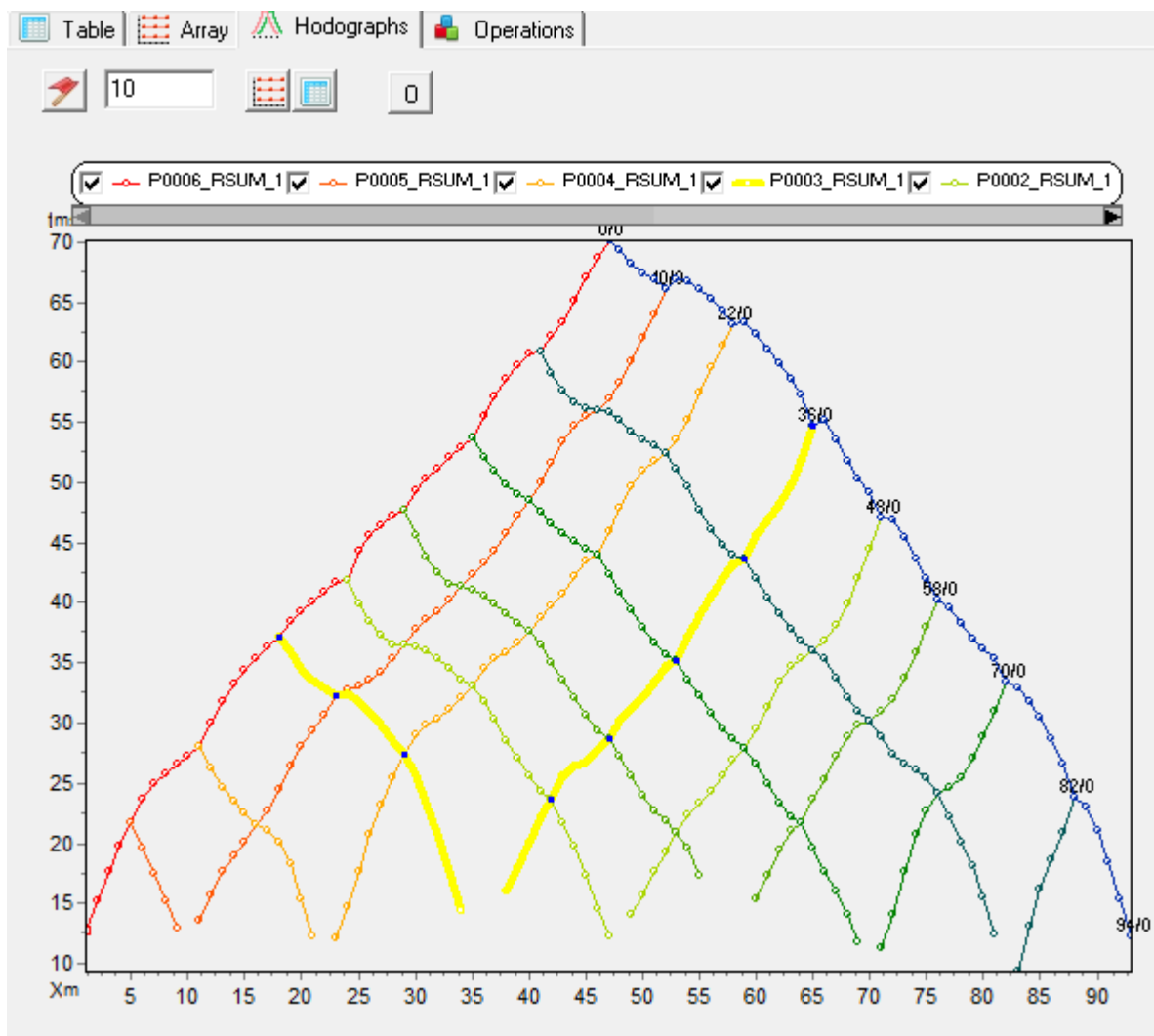
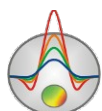


Fig. 17 Scheda Hodographs

Per modificare i valori misurati, trascinare il punto del grafico tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse. Tenere premuto [SHIFT] per spostare l'intera dromocrona; tenere premuto [CTRL] per selezionare il riferimento temporale.

Per visualizzare un solo grafico, fare clic con il pulsante sinistro del mouse sulla legenda tenendo premuto [SHIFT]. Fare nuovamente clic per ripristinare la visualizzazione. Per scorrere i



grafici, utilizzare la rotellina del mouse. A tal fine, selezionare più grafici adiacenti nella legenda e ruotare la rotellina con il cursore posizionato sulla legenda. Gli indici dei grafici attivi cambieranno.



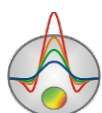
L'opzione  imposta, per il sismogramma corrente, il valore del riferimento temporale selezionato nella finestra di inserimento. Premendo il pulsante con la casella di controllo, il valore selezionato viene copiato in tutti gli altri sismogrammi. L'asse dei tempi/campioni viene traslato in modo che il riferimento temporale corrisponda allo zero dell'asse.



I pulsanti  consentono di visualizzare in finestre separate le schede **Table** e **Array**, facilitando notevolmente il lavoro con i dati, poiché permettono di vedere tutte le informazioni sul sismogramma in elaborazione.

Il pulsante  apre un menu popup per scegliere il tipo di dromocrone da visualizzare. È possibile scegliere i tempi di arrivo delle onde, le velocità apparenti o le ampiezze.

Scheda  **Operations** consente di visualizzare congiuntamente due sismogrammi (Fig.18). Ciò è utile per confrontare, sommare o sottrarre sismogrammi oppure per analizzare tracce sismiche reciproche. Il secondo sismogramma viene visualizzato come linea senza riempimento e con la stessa scala del primo. Per visualizzare contemporaneamente due sismogrammi, è necessario impostare prima le coordinate dei ricevitori e delle sorgenti.



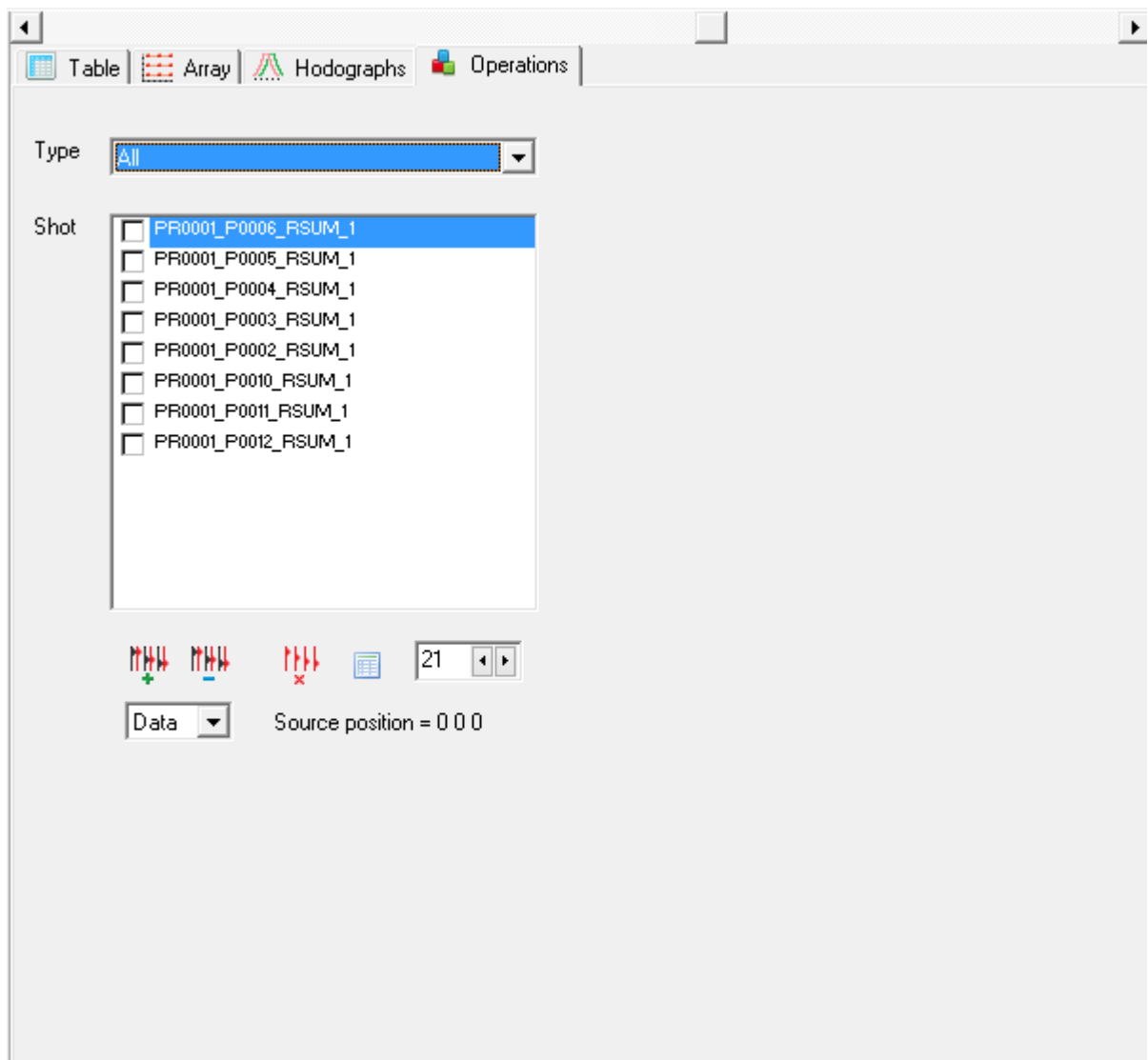
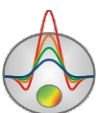


Fig. 18 Scheda Operations

L'opzione *Type* definisce il tipo di visualizzazione dei due sismogrammi. Il valore *One* consente di visualizzare un solo sismogramma. *Source* utilizza come secondo sismogramma uno dei sismogrammi corrispondenti alla posizione corrente della sorgente (ripetizioni, stack). Tutti i sismogrammi della sorgente attiva sono visualizzati nell'elenco sottostante, da cui è possibile selezionarli. *All* utilizza come secondo sismogramma un qualsiasi sismogramma del progetto. Tutti i sismogrammi del progetto sono visualizzati nell'elenco sottostante, da cui è possibile selezionarli. *Reciprocity* visualizza il sismogramma reciproco (è obbligatorio inserire le coordinate delle sorgenti e dei ricevitori).

Operazioni sui sismogrammi



In genere, il risultato delle attività di prospezione sismica è costituito da una serie di file in formato *Seg-Y* o *Seg2*. Questi file contengono dati “grezzi”, che devono essere preparati prima dell'elaborazione. Dopo aver caricato i dati nel progetto, occorre inserire la geometria dello stendimento per ciascun sismogramma (se la geometria non è già presente nei file). È possibile farlo direttamente nella tabella della finestra di picking (per il cavo) e utilizzando l'opzione *Edit source pos* (per i punti di energizzazione), nel sottomenu Tools del menu principale del programma.

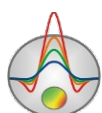
Di solito, in un punto di energizzazione si acquisiscono più sismogrammi (ripetizioni, stack, colpi verso sinistra e verso destra). Per l'interpretazione, tuttavia, ne serve uno solo, ottenuto sommando gli altri oppure scegliendo il migliore tra quelli acquisiti in quel punto. Nell'elaborazione delle onde S con il metodo dei colpi verso sinistra e verso destra, è necessario sottrarre un sismogramma dall'altro. Per svolgere tutte queste operazioni si utilizza la scheda **Operations**, che consente di visualizzare congiuntamente due sismogrammi e di eseguire operazioni su di essi.

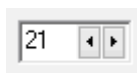
Per eseguire operazioni sui sismogrammi acquisiti nello stesso punto di energizzazione, si utilizza l'opzione *Source*. In questa modalità, sopra il sismogramma attivo viene visualizzato un altro sismogramma, selezionato dall'elenco *Shot*. L'operazione (somma/sottrazione) viene sempre eseguita sul sismogramma corrente e su quello selezionato nell'elenco. Per sommare i sismogrammi, selezionare un sismogramma nell'elenco, impostare l'offset nell'opzione 

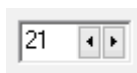
se necessario e premere il pulsante . Il pulsante  viene utilizzato per sottrarre un sismogramma dall'altro, ad esempio con il metodo dei colpi verso sinistra e verso destra.

L'opzione  consente di visualizzare in anteprima (prima di eseguire l'operazione) i risultati della somma (Sum) e della sottrazione (Sub). In tal caso, al posto dei dati originali del sismogramma selezionato viene visualizzato il risultato dell'operazione con l'offset impostato. Per eliminare i sismogrammi non necessari, utilizzare il pulsante . Dopo aver completato tutte le operazioni necessarie nel punto di energizzazione, è possibile eliminare tutti i sismogrammi tranne quello attivo.

Il pulsante  calcola i coefficienti di correlazione tra il sismogramma attivo e i sismogrammi dell'elenco. Ciò semplifica notevolmente la selezione dei sismogrammi da sommare. Il coefficiente di correlazione viene visualizzato a destra del nome del sismogramma nell'elenco.





L'opzione  imposta l'offset, in campioni, del sismogramma dell'elenco rispetto a quello attivo, che verrà utilizzato durante l'esecuzione dell'operazione. Quando si modifica questo parametro, il secondo sismogramma si sposta graficamente.

La modalità *Reciprocity* consente di visualizzare sopra il sismogramma attivo il sismogramma costruito a partire dalle tracce reciproche. Ciò permette di valutare la qualità dei dati di campagna, individuare errori nella determinazione dei tempi di inizio registrazione e verificare la correttezza del picking.

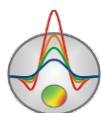
Picking dei primi arrivi

In **ZondST2D** il picking dei tempi dei primi arrivi può essere eseguito in modalità interattiva o semiautomatica. Poiché non è possibile automatizzare completamente il picking dei primi arrivi nei dati reali di prospezione sismica ingegneristica, il programma offre strumenti di controllo che semplificano e velocizzano al massimo il processo.

Per iniziare a selezionare i primi arrivi, passare alla modalità di picking premendo il pulsante . Selezionare quindi i valori direttamente sul sismogramma. Utilizzare il pulsante sinistro del mouse per aggiungere o correggere un valore. Per definire una sequenza di punti, utilizzare la modalità *multipicking*  (con un clic del mouse si definiscono il punto iniziale e quello finale della tracciatura; i valori intermedi vengono determinati in base all'algoritmo selezionato dall'utente). Per eliminare un punto della dromocrona, utilizzare il pulsante destro del mouse.

A seconda delle preferenze dell'operatore, il programma offre diversi metodi per correggere la posizione dei tempi dei primi arrivi: sul fronte, sui massimi, sui minimi e sul massimo della correlazione. È preferibile utilizzare il picking automatico solo con dati di buona qualità. Per attivare la correzione dei primi arrivi, premere il pulsante . Facendo clic con il pulsante destro del mouse si apre un menu a comparsa per selezionare il metodo di correzione. Sono disponibili le seguenti opzioni: *to null* – aggancio allo zero, *to extremum* – aggancio a un qualsiasi estremo, *to minimum* – aggancio al minimo, *to maximum* – aggancio al massimo, *Correlate* – corregge la posizione dei primi arrivi in modo che i punti sulle tracce adiacenti siano correlati tra loro, *Move to reciprocity point* – utilizza i valori dei punti reciproci.

Durante la correzione automatica, un parametro importante è il raggio o la larghezza della banda di ricerca. L'area di ricerca è visualizzata come un cerchio attorno al cursore (quando si esegue il picking di un singolo punto) oppure come una banda (quando si esegue il picking di un gruppo di valori). La larghezza/il raggio dell'area di ricerca si regola con la rotellina del mouse tenendo premuto [CTRL]. Nel picking semiautomatico, i primi arrivi vengono selezionati



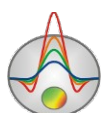
all'interno dell'area di ricerca. In modalità di massima correlazione, il programma determina i punti anche sulle tracce adiacenti secondo questo criterio, fino alla perdita di correlazione. Quando si esegue il picking di un gruppo di valori, nella banda di ricerca vengono visualizzati dei cerchi che indicano i punti preliminari in cui si troveranno i valori dei primi arrivi dopo la chiusura.

La funzione aggiuntiva del menu principale della finestra **Hodographs/Autocorrect current** consente la correzione automatica dei tempi dei primi arrivi, basata sulla correlazione tra tracce adiacenti, per una dromocrona già sottoposta a picking.

Durante il picking delle dromocrone, occorre prestare attenzione ai tempi reciproci (cerchi separati sul sismogramma). Questi costituiscono un criterio per verificare la correttezza del picking (o della scelta dell'istante). Nei sistemi di acquisizione densi (con un elevato numero di punti di energizzazione nelle posizioni dei ricevitori), il controllo tramite punti reciproci può raggiungere il 50-60%. Ciò consente, da un lato, di verificare la correttezza del picking e, dall'altro, di correggere automaticamente gli errori nella determinazione degli istanti di inizio della registrazione (opzione *Correct Start times*). Se tra i punti reciproci è presente un errore di fit elevato, è necessario individuarne la causa. Il processo di picking si svolge quindi come segue:

1. Si esegue il picking dei singoli sismogrammi in modo interattivo o automatico, a seconda della qualità dei dati.
2. Si correggono i valori sulla base dell'analisi dei tempi reciproci dell'intero gruppo di dromocrone. Si controlla l'errore di picking con l'opzione *Reciprocity error*.
3. Si correggono automaticamente gli orari di inizio registrazione per tutti i sismogrammi (opzione *Correct Start times*) oppure manualmente per ciascuno.
4. Si calcolano i tempi reciproci medi.
5. Se necessario, si applica lo smoothing alle dromocrone.

Per eseguire il picking dei primi arrivi delle onde riflesse, occorre innanzitutto selezionare il tipo di onda nel menu principale della finestra. Di norma, nei dati di ingegneria, nel migliore dei casi è visibile una sola onda riflessa. Pertanto, nel menu è preferibile selezionare *reflected 1*. Le onde riflesse hanno una dromocrona di forma iperbolica.



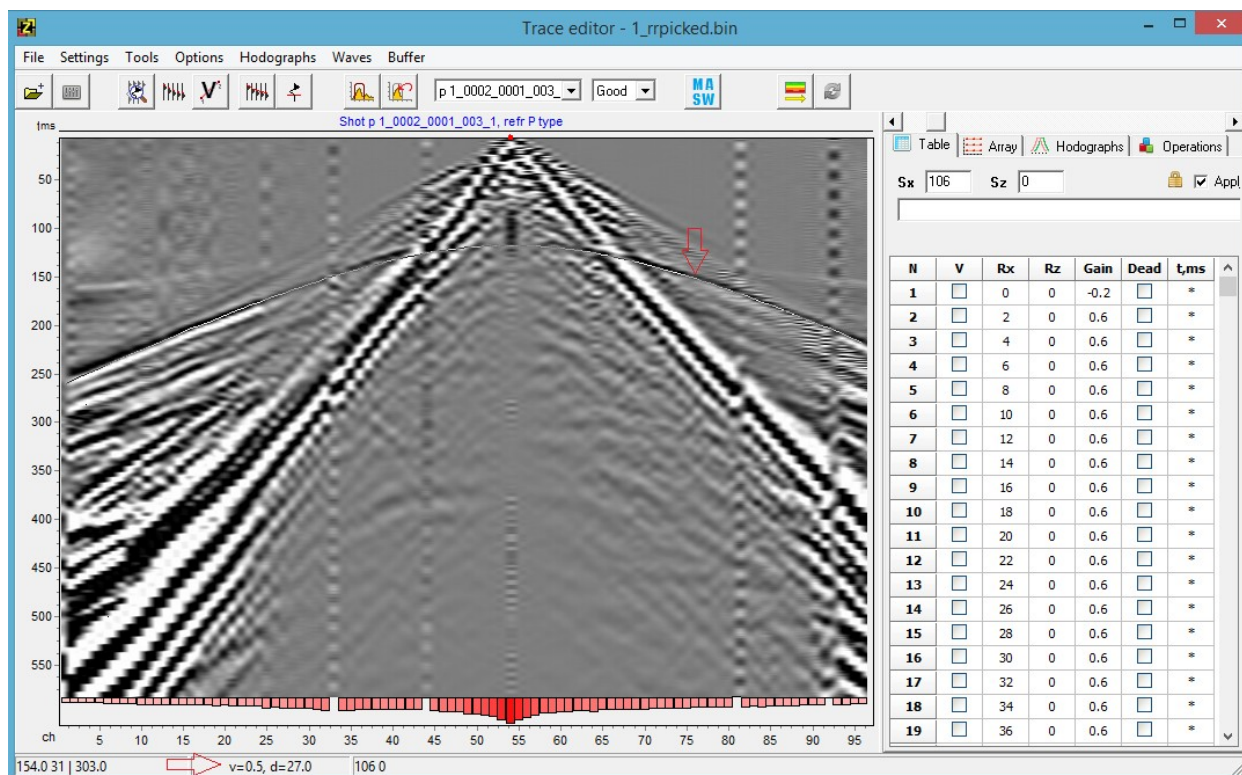
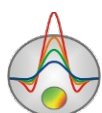


Fig. 19 Trace editor in modalità di picking delle onde riflesse

Lo strumento speciale, richiamabile con il tasto V in modalità di picking delle onde riflesse, consente di visualizzare la dromocrona ipotizzata (iperbole) in funzione delle coordinate del cursore. I parametri della dromocrona (velocità e profondità) sono visualizzati nella barra di stato della finestra. Per modificarne la forma, si utilizza la rotellina del mouse; i nuovi valori di velocità e profondità vengono aggiornati nella barra di stato. Se la dromocrona selezionata correla bene con i dati osservati, è possibile eseguire un picking automatico preliminare dell'intero sismogramma. A tale scopo, si utilizza il pulsante destro del mouse. Dopo il picking automatico, è possibile affinare manualmente i tempi.

La voce aggiuntiva del menu principale reflection scanner compare dopo il passaggio alla modalità di picking delle onde riflesse. Apre una finestra che consente di visualizzare il grafico della probabilità di presenza di un'interfaccia riflettente in funzione della profondità e della velocità. Nel pannello superiore della finestra è possibile restringere l'intervallo di ricerca impostando i limiti di velocità e profondità dell'interfaccia riflettente (opzioni MaxZ, MinZ, MaxV, MinV), oppure selezionare il criterio di ricerca della correlazione (Any – qualsiasi estremo, Positive – massimo, Negative – minimo).



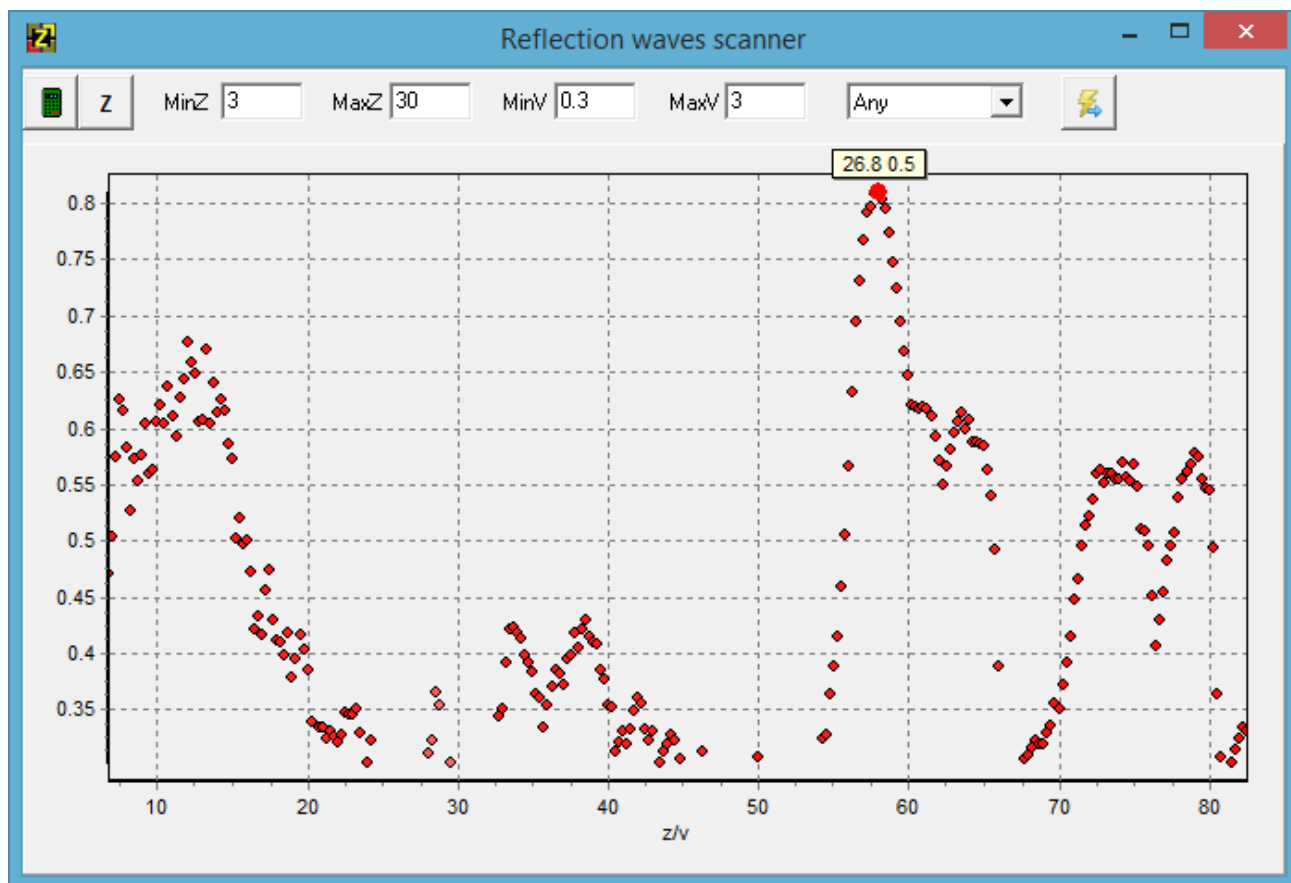


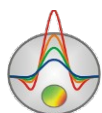
Fig. 20 Finestra di dialogo Reflection Scanner

Il pulsante  calcola il grafico della probabilità nell'intervallo selezionato. Il pulsante  passa dalla dipendenza dalla profondità a quella dal rapporto profondità/velocità e viceversa. Selezionando un punto sul grafico, i valori dei parametri (z,v) vengono visualizzati accanto al punto e sul sismogramma viene tracciata la dromocrona corrispondente. Per utilizzare i tempi della dromocrona selezionata come picking preliminare, si preme il pulsante .

Finestra di dialogo di filtraggio dei dati

La finestra di dialogo offre strumenti per l'analisi degli spettri e il filtraggio dei sismogrammi di campagna. Nella parte sinistra della finestra è presente un grafico che mostra lo spettro calcolato per la finestra di lavoro e la forma del filtro. La forma del filtro si modifica con il pulsante destro del mouse, spostando il punto di flesso più vicino.

Lo scopo principale del filtraggio dei dati di campagna è isolare i segnali utili dal rumore. Il programma **ZondST2D** utilizza due tipi di filtraggio, basati sulla trasformata di Fourier e sulla trasformata wavelet. Il pulsante apre una finestra che consente di filtrare il sismogramma corrente.



Nella parte superiore della scheda **Fourier transform** è visualizzato lo spettro del sismogramma.

Per calcolare lo spettro, utilizzare il pulsante . Se è selezionata l'opzione *All traces*, viene calcolato lo spettro medio dell'intero sismogramma; altrimenti, lo spettro viene calcolato per la traccia attiva.

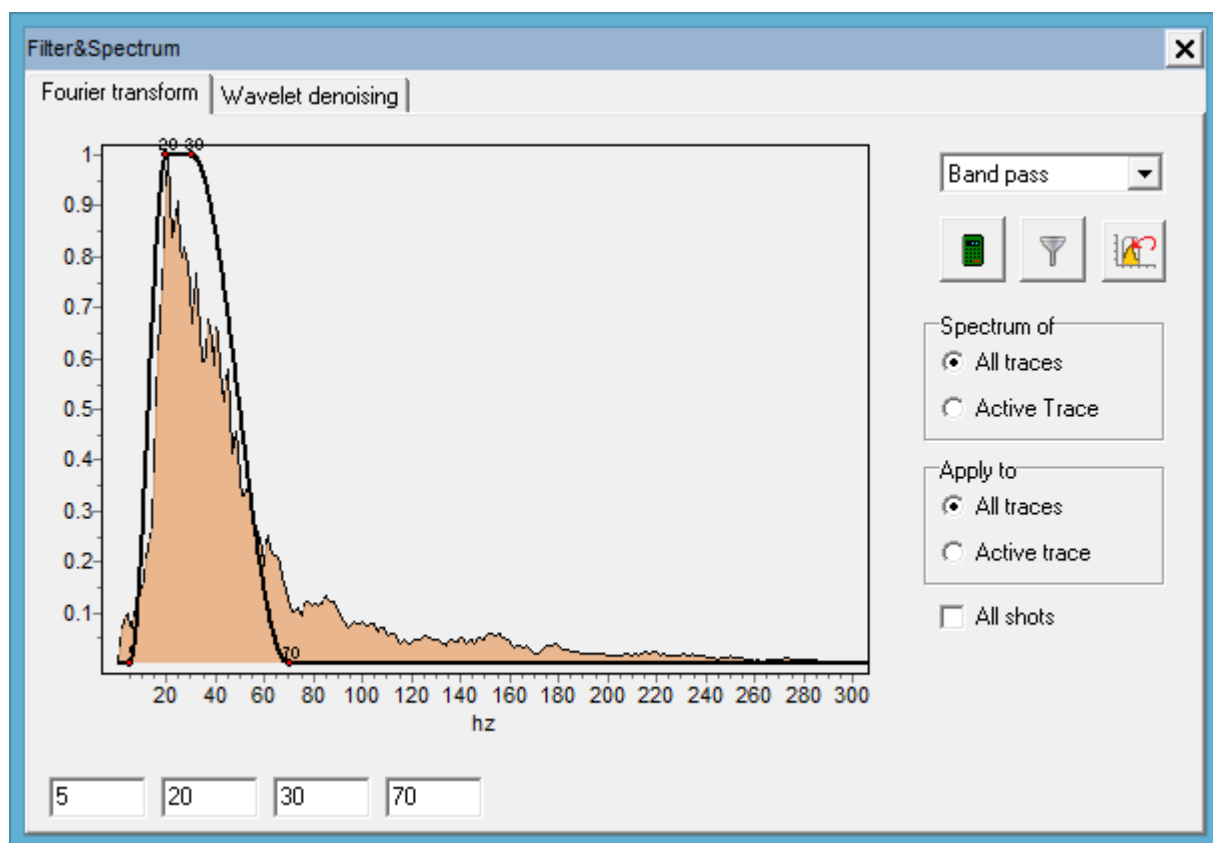
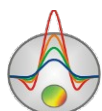


Fig. 21 Finestra di dialogo **Filter&Spectrum**. Scheda **Fourier transform**

Successivamente, occorre selezionare il tipo di filtro (elenco a discesa nella parte superiore sinistra della finestra). È possibile scegliere un filtro passa-banda oppure un filtro passa-alto/passa-basso. Il filtro si configura con il mouse, trascinando i nodi del grafico del filtro (linea nera sovrapposta al grafico dello spettro), oppure utilizzando i quattro campi di inserimento sotto i grafici.

Dopo aver selezionato i parametri del filtro, è possibile eseguire il filtraggio (pulsante ). Il risultato del filtraggio viene visualizzato immediatamente nell'area del sismogramma e lo spettro viene ricalcolato. Per ripristinare il sismogramma originale, utilizzare il pulsante . Il filtraggio con i parametri impostati può essere applicato a tutti i sismogrammi. A tale scopo, deve essere selezionata l'opzione *All shots*.



Il passaggio alla scheda **Wavelet denoising** attiva l'algoritmo di filtraggio wavelet per l'elaborazione del sismogramma. Le opzioni per controllare il filtraggio wavelet sono le stesse del filtraggio di Fourier, ad eccezione delle seguenti:

Wavelet type – definisce il tipo di wavelet.

Wavelet order – definisce l'ordine della wavelet (la complessità della sua forma).

Decomposition level – definisce il numero di dettagli fini che rimangono nel segnale dopo il filtraggio. Più alto è questo valore, più dettagli grossolani vengono filtrati.

Per tracciare lo spettro di una parte del sismogramma, selezionarla in modalità , tenendo premuto il tasto CTRL.

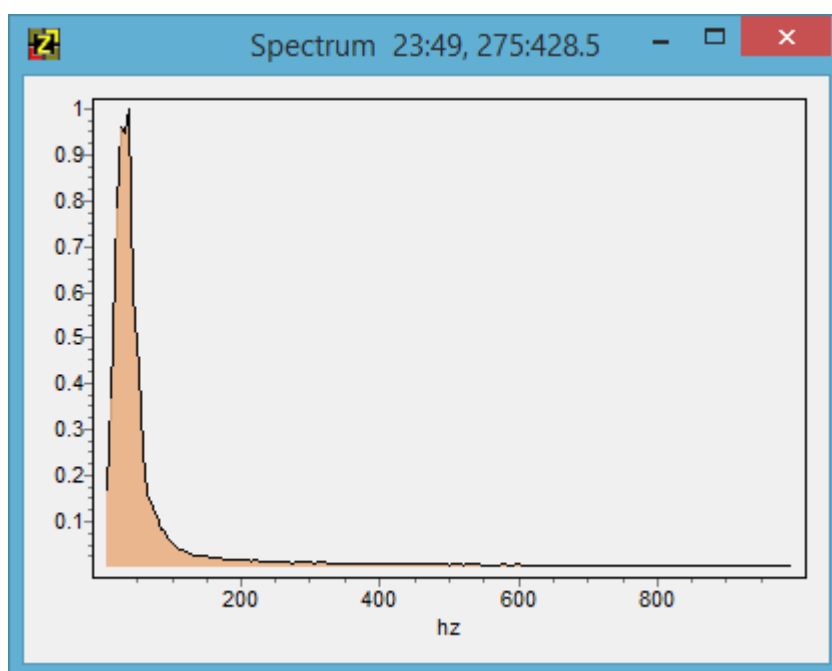
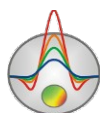


Fig. 22 **Spettro della porzione selezionata del sismogramma**

Nella finestra che compare viene visualizzato lo spettro della porzione selezionata. Il titolo della finestra indica l'intervallo delle tracce e dei campioni della porzione.

Modulo HVSR

Il modulo **Simple HVSR module** si apre con il pulsante **HVSR module** della barra degli strumenti della finestra Trace editor ed è destinato al calcolo e all'inversione del rapporto tra gli spettri delle componenti orizzontali e verticale del microtremore (H/V). Le registrazioni a tre



componenti vengono caricate nel progetto come normali sismogrammi; i numeri dei canali X, Y e Z si impostano nel gruppo **Channels** (il pulsante **Apply** li assegna a tutte le stazioni). È possibile unire file separati delle componenti tramite la voce **File / Import HVSR(3)** (finestra di dialogo **Import components**: file delle componenti X, Y e Z).

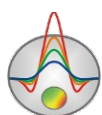
La scheda **Processing** contiene le registrazioni delle componenti, i relativi spettri e la curva H/V della stazione corrente, nonché la pseudosezione H/V di tutte le stazioni. Parametri: **Min frequency** e **Max frequency** – intervallo di frequenza H/V; **Station position** e **Station elevation** – posizione e quota della stazione; **Criteria** – metodo di media degli spettri (Standard, Sesame, Robust). I pulsanti della barra consentono di passare alla stazione precedente o successiva, mostrare o nascondere la stazione corrente, calcolare gli spettri, aggiungere o rimuovere porzioni della registrazione da escludere dal calcolo (muting) e salvare i dati e i risultati.

La scheda **Inversion** serve a determinare un modello stratificato a partire dalla curva H/V. Parametri: **Layers number** – numero di strati (2–20); **Iterations number** – numero di iterazioni; **Ref frequency** e **K degree** – frequenza di riferimento e parametro di attenuazione dipendente dalla frequenza (le caselle di controllo adiacenti ne attivano la stima); tipo di problema diretto – **Body wave quick**, **Body wave accurate** o **Body and surface waves**. Pulsanti: avvio e arresto dell'inversione, ricostruzione del modello. Facendo clic su una cella della tabella del modello si apre la finestra di dialogo **Settings**: valore iniziale e fattore **Inc factor**, limiti **Minimum** e **Maximum**, casella di controllo per stimare il parametro **Invert**. Facendo clic sulla sezione si apre la finestra di dialogo **Graphics settings** (limiti della scala cromatica, limiti e etichette degli strati, stile di visualizzazione).

Il menu delle opzioni aggiuntive consente di caricare o rimuovere dati di pozzo e l'immagine di sfondo, importare dati MASW e di onde rifratte per visualizzarli insieme e aprire l'anteprima di stampa.

Scanner delle onde riflesse

La finestra **Reflection waves scanner** si apre selezionando **Hodographs / Reflection scanner**. Per il sismogramma corrente viene calcolata la dipendenza della coerenza della registrazione dalla profondità dell'interfaccia riflettente e dalla velocità efficace, entro gli intervalli specificati: **MinZ**, **MaxZ** – profondità; **MinV**, **MaxV** – velocità efficace; **MinO**, **MaxO** – intervallo di offset (* – senza limitazioni). I pulsanti della barra consentono di ricalcolare la dipendenza, aggiungere o rimuovere un poligono che delimita l'area di ricerca e impostare la dromocrona selezionata come corrente. Menu della finestra: **For all shots** – eseguire il calcolo per tutti i sismogrammi; **Create boundary V=var** e **Create boundary V=const** – costruire



l'interfaccia riflettente con velocità variabile o costante; **Create traveltimes** – calcolare le dromocrone delle onde riflesse.

Finestre di dialogo aggiuntive per l'elaborazione

Zoom window (pulsante della barra degli strumenti) – finestra separata con una porzione ingrandita del sismogramma. I pulsanti della finestra impostano la larghezza delle tracce (1, 3, 5) e il guadagno (x1, x2, x4).

Crop shot (Tools / Crop shot) – ritaglio della registrazione: **From begin** e **From end** – tempo (ms) da rimuovere all'inizio e alla fine della registrazione; **Trigger times** – modalità di gestione degli istanti di trigger (to zero, correct, keep); **Apply to all shots** – applica a tutti i sismogrammi.

Resampling (Tools / Resample shot) – ricampionamento: **Sample rate** – nuovo intervallo di campionamento (ms); **Make equal length** – porta le registrazioni alla stessa lunghezza; **Apply to all shots** – applica a tutti i sismogrammi.

Group&Sort traces (Tools / Group&Sort) – raggruppamento e riordinamento delle tracce: **Order in new shots** – ordine (123123123, 111222333, Roll up, Gather, COP, Original); **Numb of channels** – numero di canali nel gruppo.

Shift traces (Tools / Shift traces) – spostamento delle tracce con numeri **From trace** – **To trace** per un intervallo di tempo **Shift** (ms), con possibilità di applicarlo a tutti i sismogrammi.

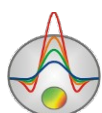
Remove EM noise (Tools / Suppress EM wave) – soppressione delle interferenze elettromagnetiche nella parte iniziale della registrazione; **End of noise zone** – fine della zona di interferenza (ms).

Windowing – finestra di dialogo comune per le procedure a finestra (**Options / Apply AGC, Remove aver in window, Apply derivative, Apply denoising**): **Window size** – dimensione della finestra in campioni; **Apply to original data** – applicazione ai dati originali; **Apply to all shots** – applicazione a tutti i sismogrammi; **Preview** – anteprima.

FK filter – parametri del poligono del filtro FK, richiamati con un clic destro sul poligono nella finestra dello spettro FK: modalità (Gain – guadagno, Supressing – soppressione, Cutting – ritaglio) e **Strength** – intensità del filtro.

Local spectrum – finestra dello spettro di ampiezza della porzione selezionata del sismogramma.

Amplitudes distribution (Options / Amplitudes distribution) – distribuzione delle ampiezze normalizzate dei primi arrivi sui sismogrammi, tenendo conto della distanza sorgente-ricevitore.



Ref velocity (menu contestuale) – correzione dei tempi di picking in base alla velocità di riferimento: **Reference velocity** (km/s), **Max offset** (m, 0 – senza limitazione), **Num of closest Rx** – numero dei ricevitori più vicini alla sorgente utilizzati per calcolare lo spostamento.

Line settings (**Tools / Set survey line**) – finestra per definire la linea del profilo in pianta: caricamento di una mappa o di un'immagine satellitare, aggiunta e rimozione della linea, selezione di punti con un rettangolo, modifica della scala degli assi. L'opzione **Invert line** inverte la direzione della linea.

Modulo MASW/ReMi

MASW – analisi multicomponente delle onde superficiali, un metodo ampiamente utilizzato nelle indagini geotecniche.

Poiché le onde superficiali contengono una parte significativa dell'energia sismica e hanno velocità notevolmente inferiori a quelle degli altri tipi di onde, è possibile identificarle in modo affidabile.

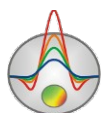
Esistono diverse varianti del metodo MASW, ma le principali sono quella attiva e quella passiva. La metodologia di acquisizione sul campo con la variante attiva del MASW non differisce praticamente da quella dei sistemi classici di sismica a rifrazione. Tuttavia, occorre tenere presente che la risoluzione e la profondità di indagine del metodo dipendono dai parametri geometrici dello stendimento, dal periodo di stacking, dalla frequenza di campionamento del segnale e dal modello di velocità.

Nel metodo MASW si studia la dipendenza della velocità di fase dalla frequenza, ottenendo curve di dispersione. Si tratta di una sorta di equivalente del sondaggio in frequenza nei metodi di prospezione elettrica. Più bassa è la frequenza alla quale viene identificata la velocità di fase, maggiore è la profondità di penetrazione dell'energia sismica.

Naturalmente, la possibilità di applicare il metodo MASW dipende anche dalle caratteristiche della sezione sismica. Le condizioni più favorevoli sono quelle in cui la velocità delle onde S aumenta gradualmente con la profondità.

L'estrazione delle curve di dispersione dai sismogrammi è il compito più complesso e richiede all'operatore competenze ed esperienza specifiche. In genere, l'elaborazione viene eseguita nel dominio della frequenza; a tal fine si calcolano preliminarmente gli spettri f-k o f-v. Esistono diversi algoritmi di base per l'estrazione automatica e semiautomatica delle curve di dispersione. In **ZondST2D** viene utilizzato l'algoritmo proposto da Park nel 1999.

In generale, le curve di dispersione sono influenzate da tre parametri: le velocità delle onde P e S e la densità. Tuttavia, solo la velocità delle onde S (V_s) esercita un'influenza significativa. Pertanto, l'interpretazione dei dati MASW produce una serie di profili verticali V_s .



Il processo di ottenimento dei risultati si articola quindi in tre fasi principali

1. Acquisizione dei dati sul campo. È possibile utilizzare stendimenti classici. La geometria dello stendimento viene progettata in base alla profondità d'indagine e alla risoluzione desiderate.
2. Estrazione delle curve di dispersione. È la fase più importante e ambigua. In funzione del modello di velocità, della qualità dei dati e di altri fattori, è opportuno scegliere diversi parametri dell'algorithm di calcolo dello spettro bidimensionale per migliorarne la risoluzione.
3. Ottenimento di sezioni verticali delle onde S. Come modello di base del profilo di velocità delle onde S si utilizza un mezzo a strati orizzontali. L'algorithm di inversione è adattato per ottenere una distribuzione dei parametri regolare o a tratti regolare.

L'elaborazione dei dati di campagna nel programma **ZondST2D** inizia con l'inserimento della geometria delle sorgenti e dei ricevitori. Questa operazione viene eseguita nel modulo di picking dei sismogrammi. Se lo stesso insieme di dati viene utilizzato per interpretare i dati di sismica a rifrazione e MASW, è probabile che la geometria sia già stata inserita e non occorra eseguire altre operazioni. È sufficiente avviare il modulo MASW dalla finestra di picking con il progetto aperto



. Dopo aver caricato i dati nel modulo, viene visualizzata la finestra di analisi delle curve di dispersione, suddivisa in più sezioni.

Estrazione delle curve di dispersione.

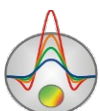
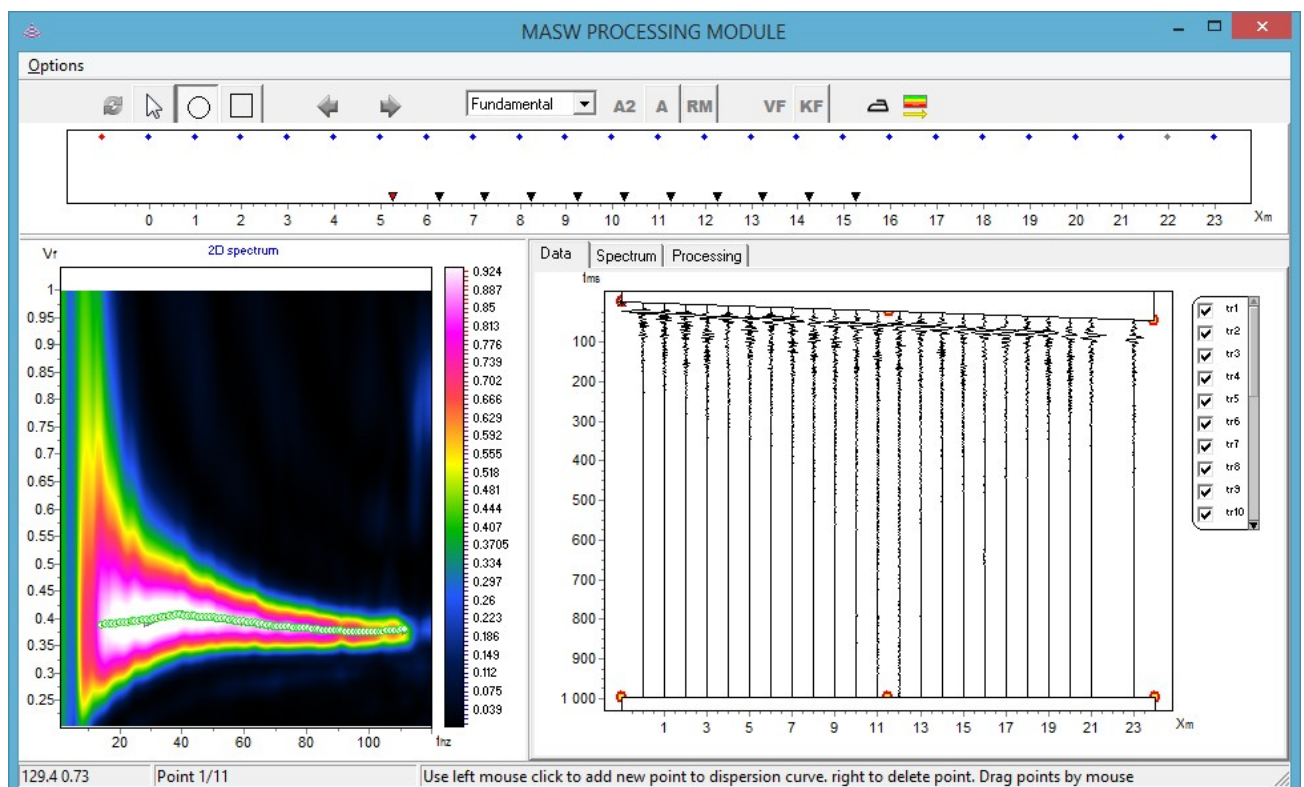


Fig. 23 **Modulo MASW. Picking delle curve di dispersione**

La barra degli strumenti in modalità di picking delle curve di dispersione include le seguenti funzioni:

 - ricalcolare lo spettro bidimensionale con nuovi parametri. I parametri si impostano nella scheda processing.

 - modalità di picking preciso con il puntatore del mouse.

 - modalità di picking semiautomatico, area di ricerca circolare. Le dimensioni del cerchio si regolano con la rotellina del mouse.

 - modalità di picking semiautomatico, area di ricerca quadrata. Le dimensioni del quadrato si regolano con la rotellina del mouse.

 - passare al punto MASW precedente. In alcuni casi i punti MASW possono essere “vuoti”. Ad esempio, nella configurazione Forward, si tratta dei punti corrispondenti alle ultime posizioni delle sorgenti.

 - passare al punto MASW successivo. In alcuni casi i punti MASW possono essere “vuoti”. Ad esempio, nella configurazione Reverse, si tratta dei punti corrispondenti alle prime posizioni delle sorgenti.

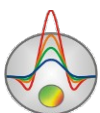
 - area di selezione del modo per il picking. Fundamental – modo fondamentale; mod 1 e mod 2 – primo e secondo modo. Se nello spettro sono presenti modi aggiuntivi, il loro utilizzo nell’interpretazione migliora notevolmente la qualità delle sezioni ottenute.

 - visualizzare lo spettro bidimensionale del quadrato delle ampiezze (più netto)

 - visualizzare lo spettro bidimensionale delle ampiezze

 - visualizzare lo spettro ReMi. In questo caso viene visualizzato il gradiente verticale dello spettro delle ampiezze. I punti vengono selezionati in corrispondenza dei massimi dello spettro.

 - costruire lo spettro VF. Dipendenza della velocità di fase dalla frequenza.





- costruire lo spettro KF. Dipendenza della variabile spaziale dalla frequenza.



- applicare lo smoothing ai risultati del picking

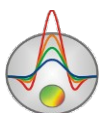


- passare alla modalità di inversione delle curve di dispersione. È possibile passare alla modalità di inversione e tornare indietro in qualsiasi momento, modificando la curva di dispersione e il modello.

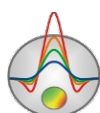
Menu principale della finestra

Il menu principale del modulo replica le opzioni della barra degli strumenti e include inoltre alcune opzioni aggiuntive.

Options	Print preview	Aprire la finestra di dialogo di anteprima di stampa.
Options	Delete active curve	Eliminare la curva di dispersione del modo corrente nel punto attivo (segmento della curva).
Options	Copy curves	Copiare la curva di dispersione corrente negli appunti
Options	Paste curves	Incollare la curva di dispersione dagli appunti nella stazione corrente.
Options	Merge curves	Aprire la finestra Merging curves per visualizzare e sintetizzare insieme le curve di dispersione delle stazioni (vedere la sezione «Finestre di dialogo aggiuntive del modulo MASW»).
Options	Convert2group	Ricalcolare le curve di dispersione della stazione corrente, convertendo le velocità di fase in velocità di gruppo.
Options	Convert2phase	Eseguire la conversione inversa delle velocità di gruppo in velocità di fase.
Options	Set muting	Aprire la finestra di dialogo Muting per definire l'area di calcolo dello spettro (in base alle velocità e agli offset) per tutte le stazioni.
Options	Clear muting	Reimpostare i parametri che limitano l'area di calcolo dello spettro (lo strumento è implementato come polilinee, visualizzate nella finestra in basso a destra, nella scheda Data).
Options	Clear gains	Reimpostare il guadagno di tutte le tracce di tutte le stazioni.

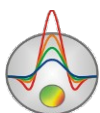


Options	Spectrum	<i>Recalculate</i> – ricalcolare lo spettro con le nuove impostazioni <i>Horizontal layout</i> – passare dalla disposizione orizzontale a quella verticale delle finestre e viceversa <i>KF spectrum</i> – visualizzare lo spettro KF <i>VF spectrum</i> – visualizzare lo spettro VF <i>A</i> – visualizzare lo spettro bidimensionale delle ampiezze <i>A²</i> – visualizzare lo spettro bidimensionale del quadrato delle ampiezze <i>PF</i> – visualizzare lo spettro dei dati passivi (ReMi) <i>ESAC/SPAC</i> – visualizzare lo spettro calcolato con il metodo dell'autocorrelazione spaziale <i>Clip extremal values ReMi</i> – tagliare i valori anomali delle serie temporali durante la costruzione dello spettro ReMi <i>Frq normalised</i> – normalizzare lo spettro a ogni frequenza <i>Reinforced</i> – versione rinforzata (ad alto contrasto) dello spettro
Options	Picking	Passare alla modalità di picking
Options	Zoom&Scroll	Attivare la modalità lente (ingrandimento di una porzione dello spettro) per lo spettro bidimensionale.
Options	Smooth	Applicare lo smoothing alle curve selezionate con il picking.
Options	Extra settings	<i>Precise point mode</i> – modalità di picking preciso. Quando si esegue il picking con gli strumenti circolare o quadrato, i punti della curva vengono posizionati esattamente sui massimi dello spettro. <i>Apply to current mode</i> – selezionando questa opzione, le operazioni (ad esempio lo smoothing o l'eliminazione di punti dalla curva) vengono applicate solo al modo corrente, selezionato nella barra degli strumenti.
Options	Fundamental mode	Modalità di picking del modo fondamentale della curva di dispersione.
Options	Mode 1	Modalità di picking del primo modo aggiuntivo della curva di dispersione.
Options	Mode 2	Modalità di picking del secondo modo aggiuntivo della



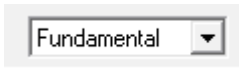
		curva di dispersione.
Options	Station position	<i>Geometric center S-R</i> punto di acquisizione – media di tutte le posizioni centrali tra sorgente e ricevitore <i>Geometric center R</i> punto di acquisizione – posizione media di tutti i ricevitori inclusi nel calcolo dello spettro. <i>Autorecalculate</i> – ricalcolare automaticamente i punti di acquisizione quando cambia l'insieme delle tracce o il tipo di acquisizione. <i>Edit position</i> – modificare le posizioni dei punti di acquisizione. Dopo la selezione, si apre la finestra di dialogo Station position con una tabella modificabile.
Options	Export	<i>Curves to text</i> – esportare le curve in formato testo <i>One for joint inversion</i> – salvare la curva di dispersione della stazione corrente in un file *.jmsw <i>All for joint inversion</i> – salvare le curve di dispersione di tutte le stazioni in un file *.msw per l'inversione congiunta nella finestra principale <i>Import curve</i> – caricare una curva di dispersione da un file *.jmsw
Options	Build pseudosection	<i>Costruire una pseudosezione delle curve di dispersione del modo selezionato per tutte le stazioni.</i>
Options	Go to inversion mode	Passare alla modalità di interpretazione della curva di dispersione.

Nella sezione superiore viene visualizzata la geometria dello stendimento per il punto MASW corrente. Per punto MASW si intende una sorgente e un insieme di ricevitori (in modalità ReMi, solo un gruppo di ricevitori). I ricevitori possono trovarsi a sinistra, a destra o su entrambi i lati della sorgente. L'ampiezza del gruppo di ricevitori è controllata dall'offset minimo e massimo (distanza tra sorgente e ricevitore). La selezione del gruppo di ricevitori è importante per la costruzione dello spettro bidimensionale. Per un sismogramma ideale (sintetico), l'aumento del numero di sorgenti migliora la qualità dello spettro ottenuto. Per i dati reali, il gruppo va limitato, poiché la componente di rumore aumenta con la distanza. È inoltre necessario escludere le tracce “morte” e quelle con offset molto ridotti (il fronte d'onda è distorto). Di norma, il gruppo viene selezionato empiricamente.



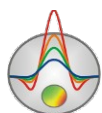
Nella sezione inferiore sinistra si trova lo spettro bidimensionale, sul quale si esegue il picking delle curve di dispersione. Si tratta di un'immagine interpolata in cui il colore rappresenta l'ampiezza del segnale in funzione della velocità di fase (frequenza spaziale) e della frequenza. Il picking viene eseguito con il mouse sui valori massimi dell'ampiezza del segnale. Per individuare con sicurezza le curve di dispersione nello spettro è necessaria esperienza. Le curve di dispersione dipendono in modo complesso dai parametri del mezzo, hanno forme diverse e possono contenere più modi (più tratti di curva spostati l'uno rispetto all'altro lungo l'asse delle frequenze). Si distingue il modo fondamentale, che generalmente corrisponde alla parte più profonda della sezione, e i modi aggiuntivi, meno profondi. Nella maggior parte dei casi è possibile individuare solo il modo fondamentale del segnale. In alcune situazioni è tuttavia possibile individuare uno o anche due modi aggiuntivi. L'utilizzo di più modi nell'interpretazione migliora la qualità dei risultati ottenuti.

Nel programma è implementata una modalità semiautomatica per il picking della curva di dispersione. In questo caso, i valori vengono selezionati nella modalità dello spettro f-k. In questa modalità, facendo clic con il mouse sullo spettro, il picking viene eseguito automaticamente nell'area selezionata (sulla griglia delle frequenze corrispondente al passo di campionamento del segnale). L'area di ricerca può essere ampliata o ridotta con la rotellina del mouse. Le posizioni dei punti della curva si correggono con il pulsante sinistro del mouse. Per eliminare un punto, fare clic su di esso con il pulsante destro del mouse. Il modo attivo della curva di dispersione si

seleziona dal menu principale oppure dall'elenco a discesa corrispondente . I modi sono visualizzati con colori diversi. In genere, ogni modo successivo si trova a destra del precedente.

La sezione inferiore destra della finestra è composta da più schede. La prima contiene l'area del sismogramma attivo (scheda **Data**). In questa scheda si selezionano le tracce da utilizzare per la costruzione dello spettro bidimensionale. Le tracce si selezionano nell'area della legenda oppure facendo doppio clic sul grafico della traccia (per escluderla o includerla). La scala delle singole tracce si regola con la rotellina del mouse, quando il cursore si trova sopra la traccia. Uno strumento speciale consente di limitare l'area utilizzata per il calcolo dello spettro; è utile per sopprimere altri tipi di onde. Lo strumento è costituito da due polilinee, disposte sopra e sotto il sismogramma. È possibile modificarne la forma trascinando i cerchi in corrispondenza dei nodi. L'area del sismogramma coperta dal poligono elastico non viene utilizzata per i calcoli.

La scheda **Spectrum** visualizza lo spettro monodimensionale mediato del punto MASW corrente. Due cursori verticali consentono di selezionare le frequenze minima e massima da utilizzare per la costruzione dello spettro bidimensionale.



La scheda **Processing** contiene le opzioni principali che controllano l'algoritmo di costruzione dello spettro bidimensionale.

Fig. 24 **Modulo MASW. Impostazioni dei parametri dello spettro**

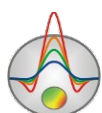
Le opzioni *KMin* (*VMin*), *KMax* (*VMax*), *FrqMin* e *FrqMax* impostano i limiti dello spettro bidimensionale calcolato. Servono a restringere l'area di ricerca e a visualizzare meglio lo spettro. I valori della velocità di fase minima e massima si impostano in base alle velocità attese delle onde S nel mezzo.

Le opzioni *OffsetMin* e *OffsetMax* definiscono la dimensione lineare del gruppo di ricevitori del punto MASW (è preferibile che il gruppo comprenda almeno cinque ricevitori). Questi parametri influiscono sulla fase iniziale, in cui vengono creati i gruppi. In seguito è possibile modificarne la dimensione.

Opzioni **Both dir** – si utilizza solo con i dati ReMi, poiché in questo caso, a differenza dei dati MASW, la posizione della sorgente non è nota

Smooth image – consente di applicare lo smoothing allo spettro bidimensionale. L'opzione si utilizza quando lo spettro presenta discontinuità, per facilitare il picking.

Zero padding – opzione che consente di ottenere uno spettro più dettagliato in frequenza.



Segment – utilizzato nell'elaborazione di serie temporali ReMi di lunga durata. Imposta la lunghezza del segmento elaborato, in campioni. Questo velocizza il calcolo e consente di ottenere spettri più affidabili.

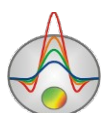
Array – tipo di punto MASW. *Forward* – la sorgente si trova davanti al gruppo di ricevitori. *Reverse* - la sorgente si trova oltre il gruppo di ricevitori. *Forward&reverse* – i ricevitori si trovano su entrambi i lati della sorgente. Quando si modifica questa opzione, le impostazioni dei gruppi di ricevitori vengono reimpostate. Dopo aver modificato il tipo di array, è possibile modificare manualmente i gruppi di ricevitori. Le tracce appartenenti al gruppo sono visualizzate sul sismogramma.

For all records – questa opzione consente di calcolare lo spettro medio per tutti i punti MASW. Fornisce un'indicazione dello spettro di fondo dell'area di indagine, ma il calcolo può richiedere molto tempo.

Modalità di interpretazione dei dati

È possibile passare alla modalità di interpretazione in qualsiasi momento. Non è necessario aver eseguito prima il picking di tutte le curve.

Per interpretazione si intende la determinazione dei parametri di un modello orizzontalmente stratificato per ciascun punto MASW. L'insieme dei modelli monodimensionali lungo un determinato profilo costituisce una sezione delle velocità delle onde S. L'obiettivo dell'interpretazione è ottenere una buona corrispondenza tra la curva sottoposta a picking e quella calcolata, per ricavare un modello geologicamente plausibile. I parametri degli strati sono la velocità delle onde P e S, la densità e lo spessore. In genere si determinano solo le velocità delle onde S e gli spessori degli strati.



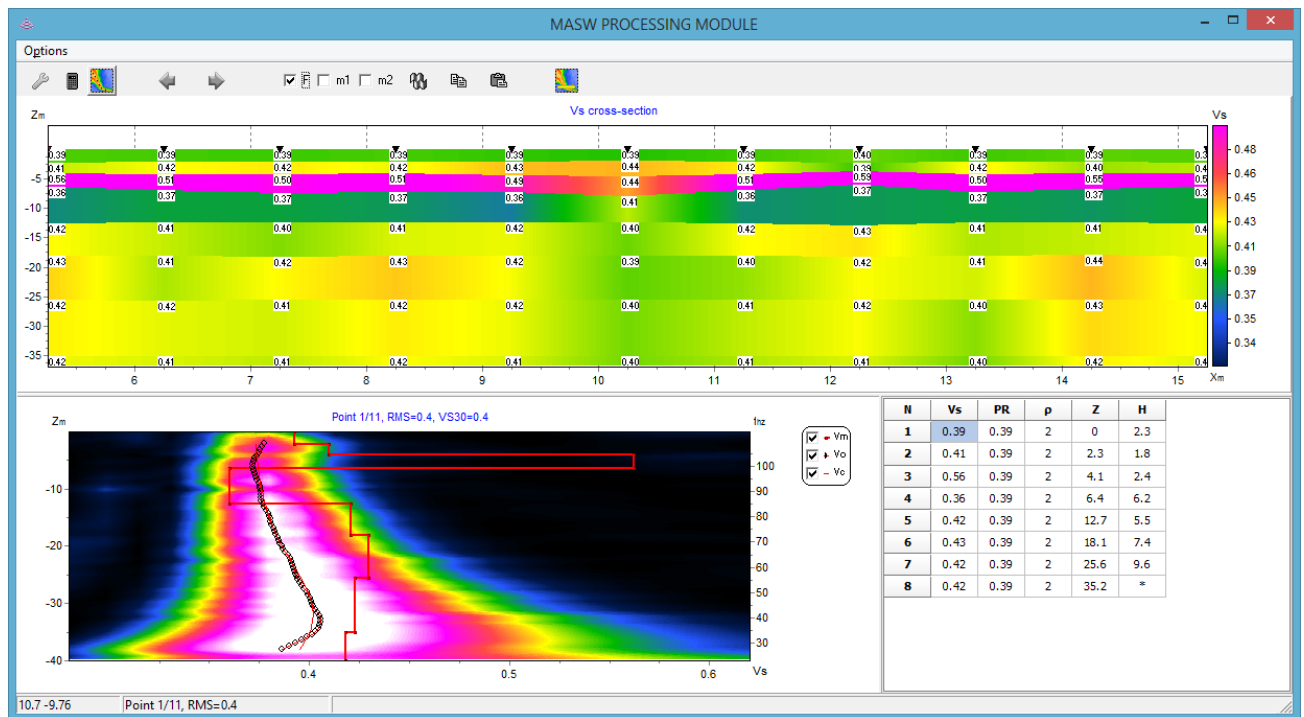
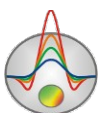


Fig. 25 Modulo MASW. Finestra di inversione delle curve di dispersione

La barra degli strumenti in modalità di interpretazione delle curve di dispersione contiene le seguenti funzioni.

-  - aprire la finestra di dialogo per configurare i parametri di interpretazione.
-  - calcolare il problema diretto per il modello specificato.
-  - mostrare gli spettri come immagine di sfondo
-  - passare al punto MASW precedente. Se in questo punto non è presente una curva, non è possibile eseguire l'interpretazione.
-  - passare al punto MASW successivo. Se in questo punto non è presente una curva, non è possibile eseguire l'interpretazione.
-  - avviare la procedura automatica di stima dei parametri del modello. Con il clic destro si avvia l'inversione sul punto corrente e su tutti quelli successivi.
-  - copiare il modello corrente negli appunti.
-  - incollare il modello dagli appunti nella stazione corrente.
-  - passare alla modalità di picking delle curve di dispersione.

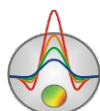


F, m1 e m2 consentono rispettivamente di selezionare per l'inversione il modo fondamentale o quelli superiori. Si consiglia di eseguire inizialmente l'inversione del modo fondamentale e di aggiungere poi gli altri modi.

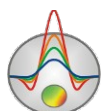
Menu principale della finestra

Il menu principale del modulo replica le opzioni della barra degli strumenti e include inoltre alcune opzioni aggiuntive.

Options	Print preview	Aprire la finestra di dialogo di anteprima di stampa.
Options	Settings	Aprire la finestra di dialogo per configurare i parametri di interpretazione.
Options	Smooth data	Aprire la finestra di dialogo Smoothing settings per eseguire lo smoothing dei dati tra le stazioni (vedere la sezione «Finestre di dialogo aggiuntive del modulo MASW»).
Options	Run Forward problem	Calcolare il problema diretto.
Options	Run Inversion	Avviare l'inversione.
Options	Global search	Avviare l'algoritmo di annealing per la ricerca della soluzione.
Options	Autorecalculation	Ricalcolo automatico del problema diretto quando si modificano i parametri del modello (nel grafico o nella tabella).
Options	Set error gates	Assegnare automaticamente i pesi (intervalli di confidenza) ai punti della curva di dispersione.
Options	Invert PR	Stimare il coefficiente di Poisson durante l'inversione.
Options	Invert refraction	Considerare i tempi dei primi arrivi durante l'inversione.
Options	IGI forced	Utilizzare l'immagine di sfondo durante l'inversione (image guided inversion).
Options	Copy model	Copiare il modello negli appunti.
Options	Paste model	Incollare il modello dagli appunti in quello corrente.
Options	Merge models	Aprire la finestra Merging models per visualizzare e calcolare la media dei modelli delle stazioni.
Options	Poisson ratio	Impostare come secondo parametro del modello il



		coefficiente di Poisson. Di solito è più conveniente utilizzare il coefficiente di Poisson, poiché V_p influisce poco sui risultati dei calcoli.
Options	V_p value	Impostare come secondo parametro del modello la velocità delle onde P.
Options	Section	Interpolate, Interpolate2 – visualizzare il modello con una distribuzione regolare dei parametri Standard – visualizzare il modello come strati distinti per ciascuna stazione Smooth – visualizzazione smussata VS, VP, PR, Rho – parametro visualizzato Draw labels – visualizzare i valori sugli strati del modello Plot RMS colorbar – visualizzare sopra la sezione la barra dei colori dell'errore di fit delle stazioni Draw DOI – visualizzare la profondità di indagine (DOI)
Options	Background	Load – caricare l'immagine di sfondo da un file grafico Show – visualizzare l'immagine di sfondo Remove – rimuovere l'immagine di sfondo
Options	Draw labels	Visualizzare i valori di Vs sugli strati del modello.
Options	Load borehole data	Caricare il file crt dei dati di pozzo
Options	Remove boreholes	Eliminare i dati di pozzo
Options	Export/Model to CAD	Esportare i risultati dell'interpretazione in un file dxf per sistemi CAD.
Options	Export/Model as XYZ	Salvare il modello in un file di testo con le colonne X – distanza lungo il profilo, Y – profondità, Z – velocità delle onde superficiali
Options	Export/Report to Excel	Esportare i risultati dell'interpretazione in Excel sotto forma di tabelle di rapporto.
Options	Export/Pseudo boreholes	Esportare i modelli sotto forma di colonne di pozzo. Questo è un metodo pratico per rappresentare insieme i dati di tomografia sismica e MASW. I pseudo-pozzi devono essere aperti in modalità di interpretazione dei dati di sismica a rifrazione (modulo principale del programma).
Options	Export/MOD 1D file	Salvare i modelli nel formato *.MOD1D per utilizzarli successivamente in altri programmi di inversione Zond . Il



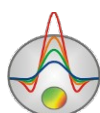
		file MOD1D può essere importato anche come insieme di pozzi.
Options	Export/VS30 profile	Salvare in un file di testo i valori del parametro VS30 per ciascuna stazione.
Options	To surfer	Creare il modello nel programma Surfer.
Options	Import MOD1D/2D	Caricare i valori dei parametri del modello da un file MOD1D o MOD2D. Il file del modello deve utilizzare le stesse coordinate del profilo MASW.
Options	Goto processing mode	Passare alla modalità di picking delle curve di dispersione.

È possibile eseguire l'inversione (ovvero la stima automatica dei parametri della sezione) se nel punto corrente è presente una curva di dispersione, visualizzata nel grafico della sezione in basso a sinistra della finestra. Qui è inoltre possibile visualizzare il grafico del modello corrente e la curva calcolata corrispondente a tale modello. La stima dei parametri può essere eseguita manualmente (modificando gli elementi della curva del modello con il mouse o nella tabella della sezione in basso a destra della finestra) oppure automaticamente. Durante la stima automatica vengono modificati solo i valori delle velocità delle onde S e degli spessori degli strati. Gli altri parametri devono quindi essere impostati in precedenza. La velocità delle onde P V_p può essere specificata in due modi: modificando direttamente i valori di V_p oppure modificando il coefficiente di Poisson PR. È preferibile il secondo metodo, poiché il coefficiente di Poisson è stabile e varia entro un intervallo ristretto. Per passare da una modalità all'altra, utilizzare la voce di menu corrispondente oppure fare doppio clic sull'intestazione della terza colonna della tabella.

Durante la stima automatica può essere utile bloccare alcuni parametri (V_s e lo spessore dello strato). A tale scopo, fare doppio clic sulla cella del parametro da bloccare. La cella diventa grigia.

Nella sezione superiore della finestra è visualizzata la sezione delle velocità delle onde S lungo il profilo. Questa è ottenuta interpolando linearmente i modelli dell'insieme di punti MASW. La scala cromatica a destra della sezione associa un colore a ciascun valore di V_s .

Si noti che i dati MASW possono essere inclusi nell'inversione congiunta (in modalità a strati arbitrari). A tale scopo si utilizza l'opzione *Invert MASW* del sottomenu **Layered** del menu principale. Per valutare gli errori di fit dei dati MASW dopo l'inversione, aprire il modulo MASW e controllare i modelli ottenuti e i risultati dei calcoli.



Finestra di dialogo per la configurazione dei parametri di interpretazione

La scheda **Start model** contiene opzioni per la creazione del modello iniziale del mezzo.

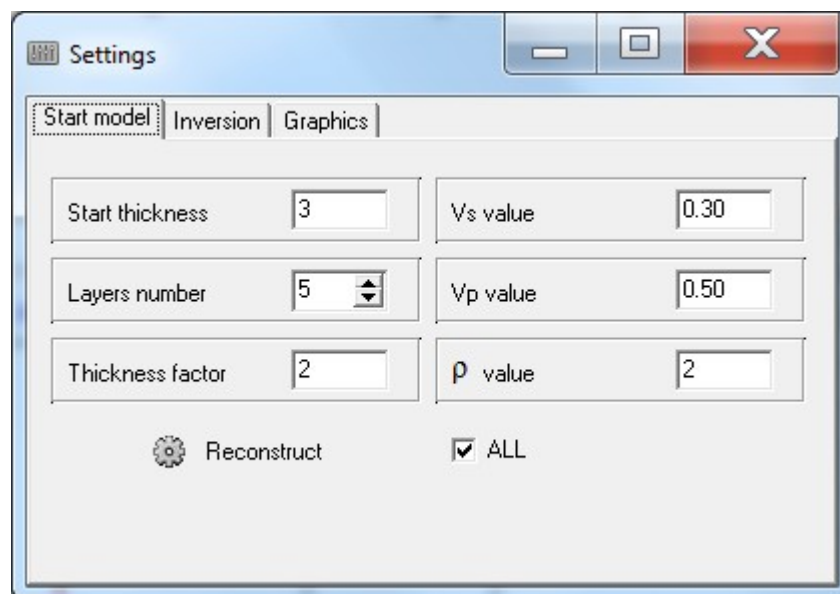


Fig. 26 **Modulo MASW. Impostazioni dei parametri di inversione. Scheda Start model**

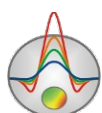
Opzioni V_s , V_p , ρ – definiscono i parametri iniziali del mezzo: velocità delle onde S e P, densità.

Opzioni *Start thickness* e *Thickness factor* – impostano lo spessore del primo strato e il fattore di incremento dello spessore di ogni strato successivo (1-5). Lo spessore del primo strato viene scelto in base ai parametri geometrici dello stendimento.

Opzione *Layers number* – imposta il numero di strati del modello iniziale. In genere si utilizzano 3-10 strati.

Il pulsante [Reconstruct] deve essere utilizzato dopo aver modificato i parametri del modello iniziale. Il modello precedente viene eliminato. Se è attivata l'opzione ALL, vengono generati nuovi modelli per tutte le stazioni; in caso contrario, solo per quella corrente.

La scheda **Inversion** contiene le opzioni per controllare la procedura di inversione automatica. Sono identiche a quelle utilizzate per l'inversione dei dati di tomografia sismica dei primi arrivi, con la sola differenza che si applicano all'inversione monodimensionale.



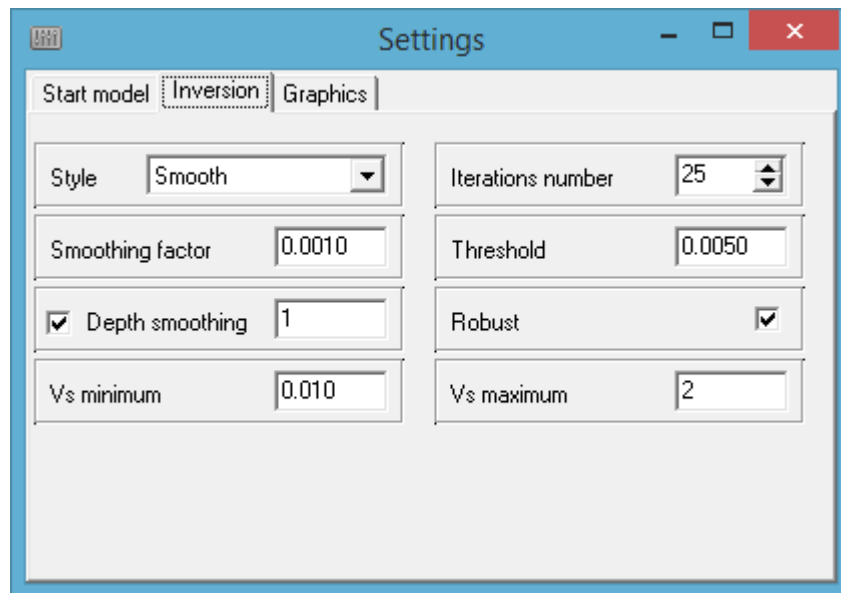


Fig. 27 **Modulo MASW. Impostazioni dei parametri di inversione. Scheda Inversion**

Style – definisce l'algoritmo di inversione.

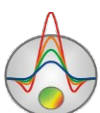
Standard - algoritmo classico di inversione basato sul metodo dei minimi quadrati, con regolarizzazione mediante un parametro di damping. Con un numero ridotto di strati, l'algoritmo consente di ottenere il valore migliore dell'errore di fit.

Smooth – inversione basata sul metodo dei minimi quadrati con un operatore di smoothing e un'ulteriore minimizzazione dei contrasti. Questo algoritmo consente di ottenere una distribuzione dei parametri più uniforme (in funzione di smoothing factor).

Focused - inversione basata sul metodo dei minimi quadrati con un operatore di smoothing e un'ulteriore focalizzazione dei contrasti. Questo algoritmo consente di ottenere una distribuzione dei parametri regolare a tratti.

Smoothing factor – definisce il rapporto tra la minimizzazione dell'errore di fit delle misure e quella dell'errore di fit del modello (ad esempio, la sua regolarità). Per dati con un elevato livello di rumore o per ottenere una distribuzione dei parametri più uniforme e stabile, si scelgono valori relativamente elevati del parametro di smoothing: 0.05 – 0.1. Valori elevati del parametro di smoothing producono nella maggior parte dei casi un errore di fit dei dati maggiore. Si utilizza con gli algoritmi di inversione Smooth e Focused.

Depth smoothing – definisce il grado di smoothing del modello in funzione della profondità. Si utilizza quando nella parte inferiore del modello compaiono forti oscillazioni dovute a errori nei dati.



Threshold – imposta la soglia del contrasto tra strati adiacenti, al raggiungimento della quale i parametri di tali strati non vengono mediati. Il valore di questo parametro viene scelto empiricamente (0.001-0.1). Un valore troppo basso può causare la divergenza dell'algoritmo (in tal caso, occorre aumentarlo). Valori troppo elevati producono una distribuzione uniforme.

Robust – attivare questa opzione se le curve presentano singoli picchi elevati dovuti a errori sistematici di misura. Se la quantità di dati non validi è paragonabile a quella delle misure di qualità, questo algoritmo potrebbe non dare risultati positivi.

Iterations number - il processo di inversione si interrompe al raggiungimento del numero di iterazioni impostato.

Opzioni *Vs minimum* e *Vs maximum* – limitano il parametro della velocità delle onde S durante l'inversione automatica.

La scheda **Graphics** serve a configurare i parametri della scala cromatica del modello.

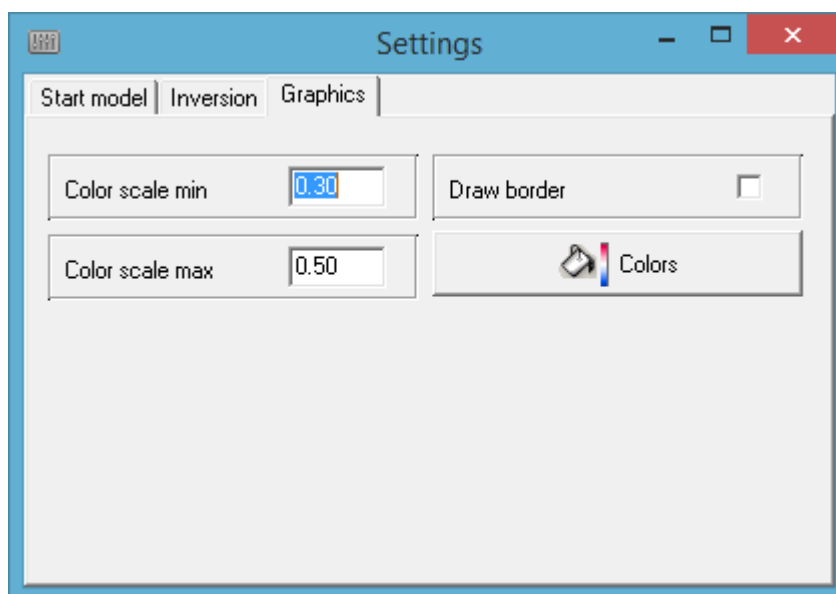


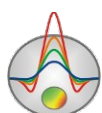
Fig. 28 **Modulo MASW. Impostazioni dei parametri di inversione. Scheda Graphics**

Opzioni *Color scale min* e *Color scale max* – impostano i valori minimo e massimo della scala cromatica del modello Vs.

Opzione *Draw borders* – indica se disegnare i limiti tra gli strati.

Opzione *Colors* – apre la finestra di dialogo per configurare la tavolozza della scala cromatica.

I risultati del picking e dell'inversione dei dati MASW/ReMi vengono salvati sia nel progetto di picking BIN, sia nel progetto di inversione ST. Questa soluzione consente di conservare questi risultati nella versione limitata, che supporta solo la modalità onde superficiali. In questa versione,



per non perdere i risultati, dalla finestra **MASW** tornare alla finestra **Trace editor** e salvare il progetto BIN. Alla successiva apertura del file, tutti i risultati MASW verranno caricati dal progetto.

Finestre di dialogo aggiuntive del modulo MASW

Merging curves (Options / Merge curves) – visualizzazione congiunta delle curve di dispersione di tutte le stazioni e creazione di una curva generalizzata smussata. Pulsanti: nascondere la curva, modificare un punto, spostare la curva, creare un'approssimazione smussata, copiare l'approssimazione nelle stazioni (**Copy to current / Copy to all**).

Merging models (Options / Merge models) – visualizzazione dei modelli di tutte le stazioni e del loro modello medio. Il modello medio può essere salvato o copiato nella stazione corrente (**Into new geometry** – con una nuova geometria degli strati, **Smooth with current** – con smoothing rispetto al modello corrente).

Stations positions (Options / Stations positions / Edit positions) – tabella delle coordinate delle stazioni.

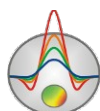
Smoothing settings (Options / Smooth data) – smoothing of data by stations: **Vert smoothness** e **Hor smoothness** – grado di smoothing verticale e orizzontale; **Procedure dimension** – filtro 1D, 2D o MCA; **Preview** – anteprima, **Apply** – applica.

Modulo di inversione dei dati di campagna

Barra degli strumenti della finestra principale del programma

La barra degli strumenti consente di accedere rapidamente alle funzioni del programma utilizzate più spesso. Contiene i seguenti pulsanti funzionali (da sinistra a destra):

	Aprire un file di dati o un progetto ST.
	Avviare il modulo di picking dei primi arrivi. Se è caricato un progetto con sismogrammi, è possibile modificare i valori dei primi arrivi in base ai valori delle dromocrone teoriche (ottenuti dall'inversione). Per aggiornare i valori dei picking, utilizzare il pulsante  all'uscita.
	Aprire la finestra di dialogo per il salvataggio dei dati o del progetto.
	Passare alla modalità mesh.
	Passare alla modalità del modello a strati arbitrari.



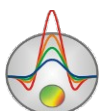
	Passare alla modalità di modellazione poligonale.
	Aprire la finestra di dialogo per la configurazione dei parametri di inversione.
	Aprire la tabella con la geometria del sistema di misura e i primi arrivi.
	Creare un progetto areale (finestra Area, vedere la sezione «Progetto areale»).
	Avviare il modulo di modellazione del campo d'onda (Simulation module, vedere la sezione «Modulo di modellazione del campo d'onda»).
	Avviare il modulo di inversione MASW 2D (vedere la sezione «Modulo di inversione MASW 2D»).
	Avviare il calcolo del problema diretto.
	Avviare la procedura di inversione o interromperla (premendo di nuovo il pulsante).
	Avviare la procedura di inversione 1D. I risultati dell'inversione 1D possono fornire una buona stima iniziale per l'inversione 2D. Facendo clic con il pulsante destro del mouse, viene visualizzato un menu a comparsa per selezionare il tipo di inversione: 1D solution – la soluzione 1D viene calcolata per la dromocrona media del profilo; 1.5D solution – la soluzione viene calcolata tenendo conto delle variazioni delle dromocrone lungo il profilo.
	Annullare un passaggio di modifica del modello del sottosuolo.

Menu delle funzioni della finestra principale del programma

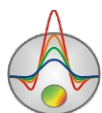
Per visualizzare una descrizione di una determinata funzione del menu durante l'utilizzo del programma, fare clic con il pulsante destro del mouse sull'opzione corrispondente.

Di seguito sono elencate le voci di menu e le relative funzioni:

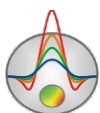
File	Create synthetic survey	Aprire la finestra di dialogo per la creazione di un sistema di misura sintetico. È possibile selezionare la geometria dei cavi per configurazioni terrestri, tra pozzi o combinate. Questa finestra di dialogo attiva la modalità di modellazione, utile per la pianificazione delle prospezioni geofisiche.
File	Open file	Aprire un file di dati o un progetto.
File	Import data from text/excel	Importare dati da un file di testo arbitrario (con più colonne) o da una tabella Excel. L'utente deve specificare i nomi delle colonne nella prima riga della tabella.



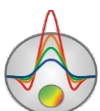
File	Save file	Aprire la finestra di dialogo per il salvataggio dei dati.
File	Edit data	Aprire il file di dati utilizzato dal programma nell'editor Notepad .
File	Print preview	Passare alla finestra di anteprima e configurazione della stampa (ulteriori informazioni).
File	Recent	Aprire uno dei progetti aperti in precedenza.
File	Exit	Uscire dal programma.
Options	Project information	Visualizzare le informazioni sul progetto caricato. Queste informazioni possono essere modificate.
Options	Mesh constructor	Aprire il generatore dello stendimento per la modellazione. Include opzioni per la creazione automatica dello stendimento e impostazioni dettagliate per gli utenti esperti (ulteriori informazioni).
Options	Program setup	Impostazioni principali del programma. La maggior parte delle impostazioni riguarda l'inversione (ulteriori informazioni).
Options/ Modules	Data picker	Avviare il modulo di picking dei tempi dei primi arrivi (descritto in dettaglio sopra).
Options/ Modules	Layered processing	Avviare il modulo di elaborazione a strati (Vintage processing module) – interpretazione delle dromocrone delle onde rifratte con i metodi classici per un mezzo stratificato (vedere la sezione «Modulo di elaborazione a strati»).
Options/ Modules	Downhole module	Avviare il modulo di inversione dei dati VSP (VSP inversion). Questa voce è disponibile per i dati acquisiti in pozzo (vedere la sezione «Modulo di inversione VSP»).
Options/ Modules	Geological editor	Costruire una sezione interpretativa (geologica) sulla base geofisica. Si utilizza l'interfaccia poligonale per definire gli oggetti (ulteriori informazioni).
Options/ Modules	3D fence diagram	Aprire la finestra di visualizzazione 3D delle sezioni sismiche, tenendo conto delle loro coordinate reali. Per visualizzare più sezioni, è necessario caricarle da file mod2d (ulteriori informazioni).
Options/ Modules	Elements toolbox	Aprire il pannello degli elementi grafici: aggiunta di poligoni, linee ed etichette di testo alla sezione (vedere la



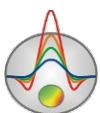
		sezione «Pannello degli elementi»).
Options/ Inversion	Set boundaries	Aprire la finestra di dialogo per definire le interfacce che il programma deve considerare durante l'inversione. Utilizzare questo strumento se la posizione delle interfacce è nota con precisione. Cercare di posizionare le interfacce il più vicino possibile alle linee guida della mesh. Si consiglia di utilizzarlo insieme a: Occam inversion, smoothness factor = 0.1..1 (ulteriori informazioni).
Options/ Inversion	View iterations	Visualizzare la finestra con i modelli ottenuti a ogni iterazione dell'ultima inversione.
Options/ Inversion	Optimization	Impostazioni dei parametri di ottimizzazione. Sono disponibili le seguenti opzioni: <i>Line search</i> - Ricerca del parametro di smorzamento ottimale a ogni iterazione (rallenta la procedura di inversione di circa 3-4 volte). Nella maggior parte dei casi, questa opzione consente di raggiungere il minimo errore di fit in poche iterazioni, ma aumenta la durata di ciascuna iterazione e può far convergere la soluzione verso un minimo locale. Se l'opzione è disattivata, l'andamento del parametro di smorzamento è controllato da due parametri: smoothing factor (valore iniziale) e factor (coefficiente di riduzione). <i>Factor</i> - Se l'opzione <i>line search</i> è disattivata, <i>Factor</i> controlla l'andamento del parametro di smorzamento durante l'inversione. Alla prima iterazione viene utilizzato il valore di <i>smoothing factor</i>; a ogni iterazione successiva, questo valore viene diviso per il coefficiente specificato dall'utente. <i>Smoothing factor</i> può essere selezionato automaticamente attivando la casella di controllo accanto al campo di inserimento <i>Smoothing factor</i> (nella scheda Model di Program setup). <i>Lim based inv</i> - Se si impostano limiti globali di variazione dei parametri troppo ristretti o limiti individuali per alcune celle, l'inversione tenderà di portare i parametri oltre i limiti impostati. Ciò può influire notevolmente sulla velocità di convergenza. In questo caso, si consiglia di attivare questa



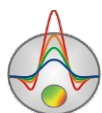
		modalità di inversione, che da un lato riduce il contributo delle celle che superano i limiti impostati e dall'altro utilizza norme speciali dei parametri che rendono più difficile superarli. <i>Display process</i> – visualizzare l'avanzamento dell'ottimizzazione durante l'inversione. <i>LCurve</i> – selezionare il parametro di regolarizzazione a ogni iterazione mediante la curva a L (compromesso tra errore di fit e norma del modello). <i>Layered term</i> – aprire la finestra di dialogo <i>Extra layered term</i>: termine aggiuntivo della funzione obiettivo che favorisce una struttura stratificata del modello (<i>Enable</i>, <i>Pushing factor</i>, <i>Num top layers off</i>, <i>Window size</i>). <i>Log data norm</i> – commutare la normalizzazione dell'errore di fit dei dati (logaritmica o lineare).
Options/ Inversion	Smoothness	Questo gruppo di opzioni controlla lo smoothing e l'operatore di smoothing. Le opzioni possono influire notevolmente sul risultato dell'inversione. Si riferiscono al secondo termine della funzione obiettivo $C^*(m-m_0)$. <i>m0 - start model</i> - <i>m0</i> (modello di riferimento) è un modello specificato dall'utente (o un risultato dell'inversione). In questo caso, l'obiettivo principale dell'inversione è ridurre l'errore di fit mantenendo il modello vicino al modello di riferimento. Il grado di vicinanza è controllato dal parametro <i>Smoothing factor</i>. Funziona con i metodi di inversione <i>Occam</i> e <i>Focused</i>. <i>m0 - median</i> - <i>m0</i> (modello di riferimento) è la mediana del modello all'iterazione corrente. L'obiettivo principale dell'inversione è ridurre l'errore di fit mantenendo il modello il più regolare possibile. La regolarità è controllata dal parametro <i>Smoothing factor</i>. Funziona con i metodi di inversione <i>Occam</i> e <i>Focused</i>. È l'opzione migliore quando si utilizza <i>focused inversion</i> o l'inversione con limiti a priori. <i>m0 - previous model</i> - <i>m0</i> (modello di riferimento) è il modello dell'iterazione precedente. L'obiettivo principale



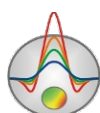
		dell'inversione è ottenere il minimo errore di fit con una convergenza stabile. La velocità di convergenza è controllata dal parametro <i>Smoothing factor</i>. Funziona con i metodi di inversione <i>Occam</i> e <i>Focused</i>. Per <i>Focused</i> talvolta non consente di ottenere il risultato desiderato (un modello a tratti costante). <i>Diagonal filter</i> - smoothing diagonale durante l'inversione. Si consiglia di attivare questa opzione se la sezione contiene strutture inclinate. <i>Type (L0, L1, L2)</i> – tipo di norma dell'operatore di smoothing: L2 – norma quadratica (modelli regolari); L1 e L0 – norme robuste che consentono interfacce più nette. <i>Robust</i> – smoothing robusto. Se attivato, vengono impostati il metodo <i>Occam</i>, il tipo di norma L0 e il modello di riferimento <i>m0</i> – start model. <i>Vert robust only</i> – applicare lo smoothing robusto solo in direzione verticale (con il tipo di norma L0). <i>Skip boreholes</i> – non applicare l'operatore di smoothing in prossimità dei pozzi (per i sistemi di osservazione in pozzo). <i>Stabilizer</i> – valore dello stabilizzatore per l'inversione con smoothing senza l'opzione <i>Robust</i>. <i>Adaptive</i> – operatore di smoothing adattivo, ricalcolato durante l'inversione sulla base del modello corrente. <i>IGI forced</i> – costruire l'operatore di smoothing sulla base dell'immagine di sfondo caricata (<i>image guided inversion</i>), indipendentemente dalla modalità di inversione congiunta.
Options/ Inversion	Cross gradient/Pushing factor	Parametro principale dell'inversione congiunta, che controlla il grado di somiglianza tra le immagini (minimizzazione del cross-gradient) dei modelli dei due metodi. In genere si seleziona per tentativi nell'intervallo 0-1000. Se il valore è zero, i modelli vengono determinati in modo completamente indipendente. Valori elevati del parametro possono causare un errore di fit nei dati di uno o di entrambi i metodi. È possibile bilanciare gli errori di fit assegnando pesi ai metodi



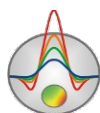
		corrispondenti.
Options/ Inversion	Cross gradient/Off-layers num	La parte superiore della sezione è spesso fortemente eterogenea e diversa per i vari metodi geofisici. In questi casi, si consiglia di escludere alcuni strati dall'operatore cross-gradient. La parte superiore sarà quindi libera di variare.
Options/ Inversion	Cross-gradient / MinMax range	Impostare l'intervallo di variazione dei parametri per il secondo metodo utilizzato nell'inversione congiunta.
Options/ Inversion	Cross-gradient / CC criteria	Criterio di correlazione tra i modelli nell'inversione congiunta: Cross-gradient – cross-gradient; Common correlation – correlazione comune; Variation information – variazione dell'informazione; Gramian – gramiano; Global-local correlation – correlazione globale-locale; Structure similarity – somiglianza strutturale.
Options/ Inversion	Cross-gradient / Seismic data – BG image	<i>Selezione dei dati del secondo metodo per l'inversione congiunta:</i> <i>Seismic data – dati di prospezione sismica (ad esempio, picking delle onde P e S nello stesso progetto). Il coefficiente di Poisson è vincolato tramite l'opzione Options / Inversion / PR constraint.</i> <i>Anisotropy – determinazione del parametro di anisotropia nell'ambito della minimizzazione dei cross-gradient (l'opzione Invert anisotropy viene attivata automaticamente).</i> <i>MASW data – dati MASW (vedere Options / MASW data).</i> <i>Gravity data, Magnetic data – dati di gravimetria e magnetometria.</i> <i>TDEM data, VES data, MT data – dati TDEM, VES e MT. Per questi metodi, l'opzione Start resistivity imposta la resistività iniziale (30 $\Omega \cdot m$ per impostazione predefinita).</i> <i>BG image – immagine di sfondo (si consiglia una scala di grigi); una volta selezionata, diventa disponibile l'opzione IGI settings (finestra di dialogo Image guided settings).</i> <i>Clusterization – inversione con un termine aggiuntivo di clustering dei valori del modello.</i> <i>From initial model – utilizzare il modello del secondo</i>



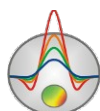
		<i>metodo caricato nel progetto.</i> <i>Draw isolines – visualizzare le isolinee del modello del secondo metodo sovrapposte al modello di velocità.</i>
Options/ Attenuation	Joint-velocity	Utilizzare la minimizzazione del cross-gradient con il modello di velocità corrente durante l'inversione delle ampiezze.
Options/ Inversion	Underwater options	Impostazioni per l'elaborazione dei dati in ambiente acquatico. Imposta i parametri dello strato d'acqua superiore. <i>Velocity</i> - impostare la velocità nell'acqua. <i>Invert</i> - attivare l'opzione per la selezione della velocità nell'acqua. <i>Subnodes number</i> - impostare il numero di suddivisioni dello strato d'acqua (5-10). <i>No direct waves</i> – impedire alle onde dirette di propagarsi esclusivamente attraverso lo strato d'acqua. <i>Water level</i> – impostare il livello dell'acqua (m). <i>Bottom survey</i> – rilievo del fondo: sorgenti e ricevitori sono posizionati sul fondo. <i>Resistivity</i> – resistività dell'acqua (Ohm·m) per l'inversione congiunta con i dati di prospezione elettrica.
Options/ Inversion	PR constraint	Limitare il coefficiente di Poisson entro limiti ragionevoli durante l'inversione congiunta dei dati delle onde P e S (o MASW).
Options/ Inversion	Invert start time MAX-10	Attiva la modalità di selezione automatica dei tempi iniziali durante l'inversione. Attivare questa opzione in caso di problemi nella determinazione dei tempi iniziali.
Options/ Inversion	Choose invert	Aprire la finestra di selezione delle sorgenti per le quali vengono selezionati i tempi iniziali (Start times to invert). Per ogni sorgente è mostrata la differenza media tra i tempi osservati e quelli calcolati.
Options/ Inversion	Apply shifts	Applicare ai dati osservati i tempi iniziali selezionati. Disponibile quando è attiva l'opzione Invert start times.
Options/ Inversion	Invert visible data	Durante l'inversione vengono utilizzate solo le dromocrone visualizzate. Per nascondere o mostrare le dromocrone,



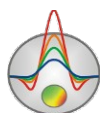
		utilizzare la legenda dei grafici.
Options/ Inversion	Invert anisotropy	Inversione con selezione del parametro di anisotropia (ulteriori informazioni).
Options/ Inversion	Long line inversion	Questa procedura suddivide il profilo in più segmenti sovrapposti e li inverte singolarmente. Nella maggior parte dei casi questo metodo è sconsigliato, naturalmente se il numero di ricevitori non supera 10000.
Options/ Inversion	Set weight for profile	Impostare un intervallo di confidenza (ms) per tutti i punti visibili delle dromocrone; i pesi dei punti vengono ricalcolati in base a questo intervallo.
Options/ Data	First break times	Visualizzare i valori dei primi arrivi.
Options/ Data	Apparent velocity	Visualizzare i valori delle velocità apparenti.
Options/ Data	Travel time curves	Visualizzare le dromocrone dei primi arrivi.
Options/ Data	Iso S-R spacing	Mostrare i grafici relativi a offset identici (distanze tra sorgente e ricevitore).
Options/ Data	$X_{pos}=(S+R)/2$	La posizione del punto di osservazione sul grafico corrisponde al punto medio tra sorgente e ricevitore; in caso contrario, corrisponde alla posizione del ricevitore.
Options/ Data	Ray paths	Mostrare sulla sezione i raggi sismici che collegano sorgenti e ricevitori, calcolati per il modello corrente. È necessario calcolare prima il problema diretto.
Options/ Data	Data editor	Aprire l'editor delle misure in forma di tabella (ulteriori informazioni).
Options/ Data	Survey pseudosection	Visualizzare la pseudosezione delle velocità apparenti dello stendimento (ulteriori informazioni).
Options/ Data	Velocity offset plot	Mostrare in una finestra separata il grafico della dipendenza delle velocità apparenti dall'offset. Questa relazione può essere utilizzata per creare il modello iniziale (ulteriori informazioni).
Options/ Data	Display with shifts	Mostrare le dromocrone tenendo conto dei tempi iniziali selezionati.
Options/ Data	Display error gates	Mostrare gli intervalli di confidenza dei picking. Si



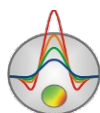
Data		impostano in Trace editor tramite il parametro quality.
Options/ Data	Smooth data	Applicare lo smoothing ai dati dei primi arrivi o alle ampiezze, a seconda della modalità selezionata.
Options/ Model	Block-section	Visualizzare il modello a mesh sotto forma di celle (ulteriori informazioni).
Options/ Model	Smooth-section	Visualizzare il modello a mesh con una palette di interpolazione uniforme.
Options/ Model	Contour-section	Visualizzare il modello a mesh come sezione a isolinee.
Options/ Model	Velocity	Visualizzare il modello di velocità.
Options/ Model	Sensitivity	Visualizzare la funzione di sensibilità del modello come sezione a isolinee. L'opzione è attiva quando è selezionata la modalità <i>Contour section</i> .
Options/ Model	dVelocity	Visualizzare il modello del gradiente totale delle velocità. L'opzione è attiva quando è selezionata la modalità <i>Contour section</i> .
Options/ Model	Quality	Visualizzare il parametro di qualità del modello selezionato. La qualità è definita come il numero di raggi che attraversano una cella, normalizzato rispetto all'errore di fit dei dati. L'opzione è attiva quando è selezionata la modalità <i>Contour section</i> .
Options/ Model	Display	Velocity – passare alla modalità di lavoro con le velocità. Anisotropy - passare alla modalità di lavoro con l'anisotropia delle velocità. Attenuation – passare alla modalità di lavoro con il parametro di attenuazione delle onde. In questa modalità, nella sezione superiore della finestra vengono visualizzate le ampiezze anziché le dromocrone dei primi arrivi (ulteriori informazioni).
Options/ Model	X:Z=1:1 scale	Impostare la stessa scala orizzontale e verticale del modello.
Options/ Model	Model editor toolbar	Mostrare la barra degli strumenti per modificare la mesh e il modello (ulteriori informazioni).
Options/	Set 1D model	Aprire la finestra Start model and constraints per definire un



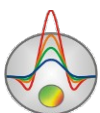
Model		modello iniziale stratificato e i limiti di variazione dei parametri.
Options/ Cutting	No cutting	Disattivare tutti i tipi di ritaglio del modello.
Options/ Model	Cut by rays	Ritagliare la parte del modello non coperta dai raggi sismici calcolati.
Options/ Model	User cutting	Ritagliare la sezione secondo il poligono definito dall'utente nella finestra User defined cutting polygon.
Options/ Model	Bound by cable	Ritagliare le parti del modello che si estendono oltre la prima e l'ultima sorgente/ricevitore.
Options/ Model	Extra cells	Impostare il numero di strati aggiuntivi di celle (0–3) che non vengono ritagliati al confine dell'area.
Options/ Model	Semitransparent	Mostrare l'area ritagliata in modo semitrasparente anziché nasconderla completamente.
Options/ Model	Extend bottom	In presenza di topografia, questa opzione estende le celle inferiori fino alla profondità massima.
Options/ Model	Write points out of cut	Includere nell'esportazione del modello anche i punti che ricadono nell'area ritagliata.
Options/ Topography	Topo coefficient 0	Impostare il coefficiente di deformazione della topografia con la profondità. Se nel progetto sono definite le quote topografiche, questo coefficiente indica la rapidità con cui la mesh si appiattisce fino a diventare orizzontale. 0 – ogni nuovo strato ha la stessa nuova geometria del primo; 1 – l'ultimo strato della mesh è orizzontale.
Options/ Topography	Import topography	Caricare i dati della topografia del profilo da un file di testo (due colonne x e y).
Options/ Topography	Remove topography	Eliminare i dati della topografia del profilo. Utilizzato a scopo di test.
Options/ Topography	Restore topography	Ripristinare i dati della topografia eliminati in precedenza.
Options/ Topography	Edit topography	Modificare i dati della topografia del profilo in modalità tabella. La topografia può essere copiata da una tabella di Excel.
Options/ Topography	Smooth topo	Eseguire il calcolo della media delle quote dei punti adiacenti. Aiuta a ottenere una topografia più uniforme lungo



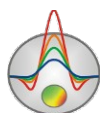
		il profilo.
Options/ Topography	Suppress topo	Trasformare i dati in modo da ottenere un limite topografico piano mediante inversione. I dati della topografia vengono rimossi dal progetto al termine della procedura.
Options/ Topography	Set by mouse	Attivare la modalità di aggiunta della topografia con il mouse. L'opzione funziona secondo lo stesso principio dell'aggiunta di un'interfaccia a priori.
Options/ Topography	Trend removal	Rimuovere il trend lineare della topografia: il profilo viene ruotato dell'angolo di inclinazione determinato con il metodo dei minimi quadrati oppure di un angolo specificato.
Options/ Topography	Splined intermediate	Se l'opzione è attivata, per calcolare le quote dei nodi intermedi si utilizza l'interpolazione spline; altrimenti si utilizza l'interpolazione lineare. L'opzione è disponibile se nel progetto è presente la topografia.
Options/ Topography	Shift line	Spostare la linea del profilo di una distanza specificata in metri.
Options/ Topography	Reverse line	Riflettere la linea del profilo (insieme alla topografia e al sistema di osservazione).
Options/ Boreholes	Create/Edit borehole data	Creare/modificare un file di litologia (ulteriori informazioni)
Options/ Boreholes	Load borehole data	Aprire e visualizzare il file con i dati di log di pozzo e le colonne litologiche, nonché i file in formato mod1d (file di interpretazione monodimensionale).
Options/ Boreholes	Remove borehole data	Eliminare dal progetto i dati di log di pozzo e le colonne litologiche.
Options/ Boreholes	Set column width	Impostare la larghezza della colonna litologica nella visualizzazione della sezione (in percentuale della lunghezza del profilo).
Options/ Extra	Model smooth/raster	Questo strumento consente di applicare lo smoothing a tutto il modello o a una sua parte, oppure di raggruppare le celle in blocchi. L'opzione può essere utile per applicare lo smoothing alla parte superiore della sezione, fortemente eterogenea, o per l'inversione di tipo «Blocks» (ulteriori informazioni).
Options/	Display t0 map	Creare una mappa delle isolinee dei tempi di arrivo delle



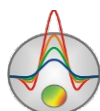
Extra		onde t0 in ogni nodo, per il modello corrente (ulteriori informazioni).
Options/ Extra	Data&model histogram	Visualizzare i grafici della distribuzione del modello di velocità e delle velocità apparenti. La finestra di dialogo consente di impostare i valori minimo e massimo della scala cromatica.
Options/ Extra	Build start model	Creare un modello iniziale basato sulle velocità apparenti per la tomografia sismica tra pozzi.
Options/ Extra	Units	Unità di visualizzazione della velocità: km/sec, m/sec o ft/sec. RMS % ms – commutare le unità dell'errore di fit tra percentuali e millisecondi.
Options/ Extra	Add extra nodes	Aggiunge nodi supplementari ai bordi del modello. Questa opzione può essere utile per le misure tra pozzi. L'opzione deve essere attivata prima di caricare i dati.
Options/ Extra	Flip Z for CBH	Invertire il segno della coordinata verticale durante il caricamento dei dati tra pozzi.
Options/ Extra	Display receiver	Etichette per sorgenti e ricevitori nella sezione: Nothing – nessuna, Index – indice, Distance – distanza, RMS – errore di fit, Start time – tempo di origine stimato.
Options/ Extra	Orientation	Selezionare la modalità di orientamento delle finestre: Automatic – automatico, Vertical – verticale, Horizontal – orizzontale. La modalità Vertical è comoda quando si lavora con dati di prospezione sismica in pozzo.
Options/ Import/ Export	Other modules	Insieme di opzioni per scambiare rapidamente modelli tra i moduli del programma. From layered as model – incorporare un modello a strati arbitrari nel modello a mesh. From MASW as boreholes – visualizzare i risultati dell'interpretazione MASW sopra il modello a mesh, sotto forma di insieme di pozzi. From MASW as model – incorporare i risultati MASW nel modello a mesh.



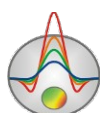
Options/ Import/ Export	Import model/data	Caricare un file con un grafico (due colonne X e Y) o un file mod2d per visualizzare il modello in una finestra separata.
Options/ Import/ Export	Remove model/data	Eliminare dal progetto il modello/i dati importati.
Options/ Import/ Export	Model parts/Save selection	Salvare la parte selezionata del modello in un file di testo (modalità modello a mesh).
Options/ Import/ Export	Model parts/Load selection	Caricare una selezione da un file di testo e inserirla nel modello (modalità modello a mesh).
Options/ Import/ Export	Model parts/Extract 1D log	Esportare il modello 1D per la posizione selezionata in un file di testo.
Options/ Import/ Export	Model parts/Load 1D log	Inserire nel modello un profilo verticale delle velocità e dei relativi limiti alla coordinata orizzontale specificata.
Options/ Import/ Export	Load image	Caricare un'immagine di sfondo nei seguenti formati: bmp, png, sgy, sec. Il formato sec è un formato interno di Zond e contiene l'immagine e le coordinate degli angoli.
Options/ Import/ Export	Remove background	Rimuovere l'immagine di sfondo dal progetto.
Options/ Import/ Export	Change sizes	Questa opzione consente di modificare in tempo reale le dimensioni e la posizione dell'immagine di sfondo definita dall'utente.
Options/ Import/ Export	Create shaded map	Usare come immagine di sfondo la mappa del rilievo ombreggiato creata a partire dal modello corrente.
Options/ Import/ Export	Apply relief filter	Applicare all'immagine di sfondo un filtro del rilievo (ombreggiatura).
Options/ Import/ Export	Editor	Aprire l'editor dell'immagine di sfondo (vedere la sezione «Editor dell'immagine di sfondo»).



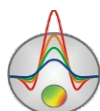
Export		
Options/ Import/ Export	Load 1D model	Importare e incorporare nel modello 1D corrente i dati da un file di testo.
Options/ Import/ Export	Load MOD1D/2D	Caricare un file di modello *.MOD1D o *.MOD2D creato in un altro programma di interpretazione Zond .
Options/ Import/ Export	Save MOD1D/2D	Salvare il modello corrente in un file *.MOD1D o *.MOD2D, per utilizzarlo successivamente in altri programmi di interpretazione Zond .
Options/ Import/ Export	Import SeisOpt picking	Importare i tempi dei primi arrivi da un file del programma SeisOpt.
Options/ Import/ Export	Import Rafract picking	Importare i tempi dei primi arrivi e la geometria dai file del programma Rayfract.
Options/ Import/ Export	Combine Vp&Vs	Unire i modelli delle velocità delle onde P e S e calcolare i parametri derivati (vedere la sezione «Combine Vp&Vs»).
Options/ Import/ Export	Export model to Excel	Esportare il modello in formato tabella Excel.
Options/ Import/ Export	Export model to SEG-Y	Esportare il modello corrente nel formato sismico seg-y.
Options/ Import/ Export	Export model to CAD	Esportare i risultati dell'interpretazione in un file in formato DXF.
Options/ Import/ Export	Export model to Geosoft	Esportare il modello corrente nel formato del programma geosoft.
Options/ Import/ Export	Export ray paths	Salvare lo schema dei raggi in formato testo.
Options/ Import/ Export	Draw model in	Creare il modello corrente in Surfer. La creazione è possibile



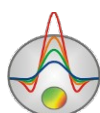
Import/ Export	Surfer	dalla modalità contour section. Possono verificarsi problemi se sono installate 2 versioni di Surfer o se non sono installate le librerie di interscambio.
Options/ Graphics	Observed graphics	Aprire la finestra di dialogo per configurare la visualizzazione dei grafici osservati (ulteriori informazioni).
Options/ Graphics	Calculated graphics	Aprire la finestra di dialogo per configurare la visualizzazione dei grafici calcolati (ulteriori informazioni).
Options/ Graphics	Smooth contours	Applicare lo smoothing ai contorni del modello nella modalità di visualizzazione corrispondente (<i>Contour section</i>).
Options/ Graphics	Smoothness	Grado di smoothing della sezione a contorni. Maggiore è il parametro di smoothing, più uniforme sarà la sezione.
Options/ Graphics	Blocky contours	Disegnare la sezione a contorni senza interpolazione tra le celle (contorni a blocchi).
Options/ Graphics	Set user isolines	Impostare un insieme personalizzato di valori delle isolinee (finestra di dialogo Set isolines).
Options/ Graphics	Isolines high quality	Disegnare isolinee smussate in alta qualità. A causa della bassa velocità, si consiglia di utilizzare questa opzione nella fase finale di produzione della grafica.
Options/ Graphics	Bitmap output settings	Aprire la finestra di dialogo per configurare i parametri dell'immagine grafica durante l'esportazione (ulteriori informazioni).
Options/ Attenuation		Sottosezione delle impostazioni visualizzata passando alla modalità Model/Display/Attenuation, se nel progetto sono presenti ampiezze.
Options/ Attenuation	Modeling mode	Attivare la modalità di modellazione delle ampiezze per la copertura dei raggi corrente. Durante la modellazione, le ampiezze di tutte le sorgenti sono pari a uno.
Options/ Attenuation	Frequency	Imposta la frequenza operativa del segnale utile per il calcolo delle ampiezze in modalità di attenuazione.
Options/ Attenuation	Max offset	Impostare il valore massimo dell'offset (se le tracce sismiche sono rumorose), oltre il quale i dati non vengono utilizzati nell'inversione delle ampiezze.
Options/ Attenuation	Sources power	Metodo di gestione delle ampiezze delle sorgenti nell'inversione: All sources – stimare l'ampiezza di ogni



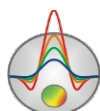
		sorgente; One source – un'unica ampiezza per tutte le sorgenti; Normalised – ampiezze normalizzate; Fixed – non stimare; Set all to 1 – reimpostare a 1 le ampiezze di tutte le sorgenti.
Options/ GraviMagnetic	Load new data	Caricare i dati gravimetrici e magnetici da un file di testo a più colonne. Le intestazioni delle colonne si inseriscono nella prima riga della tabella. I dati devono essere espressi nello stesso sistema di coordinate (distanze) del modello corrente, in metri.
Options/ GraviMagnetic	Add new data	Aggiungere i dati gravimetrici e magnetici al progetto.
Options/ GraviMagnetic	Field setting	Impostazioni dei parametri dei campi gravitazionale e magnetico.
Options/ GraviMagnetic	Subtract median grav	Sottrarre la mediana dalle osservazioni gravimetriche per ottenere il campo anomalo.
Options/ GraviMagnetic	Subtract median mag	Sottrarre la mediana dalle osservazioni magnetiche per ottenere il campo anomalo.
Options/ GraviMagnetic	Inversion	Invertire i dati gravimetrici e magnetici in modalità poligonale.
Options/ GraviMagnetic	Invert gravity	Imposta se invertire i dati gravimetrici in modalità di modello a strati arbitrari.
Options/ GraviMagnetic	Invert magnetic	Imposta se invertire i dati magnetici in modalità di modello a strati arbitrari.
Options/ GraviMagnetic	Set weight of gravity	Impostare un peso comune per tutti i dati gravimetrici nell'inversione congiunta. Il peso consente di ridurre o aumentare l'errore di fit relativo del metodo.
Options/ GraviMagnetic	Set weight of magnetic	Impostare un peso comune per tutti i dati magnetici nell'inversione congiunta. Il peso consente di ridurre o



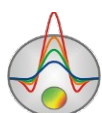
ic		aumentare l'errore di fit relativo del metodo.
Options/ GraviMagnetic	Display GM window	Mostrare la finestra con i dati gravitazionali e magnetici e il modello (in modalità cross-gradient).
Options/ TDEM data	Load TDEM data	Per importare i dati si utilizzano file di testo TDF (zondtem1d) e USF (universal sounding format). Le coordinate (distanze) devono essere espresse nello stesso sistema del modello corrente. L'inversione congiunta è supportata solo in modalità «modello a strati arbitrari».
Options/ TDEM data	Show TDEM data	Mostrare la finestra con i dati del metodo TEM o dei sondaggi in frequenza.
Options/ TDEM data	TDEM cone	Impostare le dimensioni del cono d'influenza del sondaggio TEM (in alto e in basso, in percentuale o in metri), utilizzato nell'inversione congiunta.
Options/ TDEM data	Invert TDEM data	Includere i dati TEM o dei sondaggi in frequenza nell'inversione congiunta per un mezzo a strati arbitrari.
Options/ TDEM data	Set weight of TDEM	Imposta il peso comune di tutti i dati TEM/sondaggi in frequenza per l'inversione congiunta. Il peso consente di ridurre o aumentare l'errore di fit relativo dell'inversione.
Options/VES data	Load VES data	Per importare i dati si utilizzano file di testo in formato zond. Le coordinate (distanze) devono essere espresse nello stesso sistema del modello corrente. L'inversione congiunta è supportata solo in modalità «modello a strati arbitrari».
Options/VES data	Invert VES data	Includere i dati SEV nell'inversione congiunta per un mezzo a strati arbitrari.
Options/VES data	Set weight of VES	Imposta il peso comune di tutti i dati SEV per l'inversione congiunta. Il peso consente di ridurre o aumentare l'errore di fit relativo dell'inversione.
Options/VES data	VES cone	Impostare le dimensioni del cono d'influenza del sondaggio SEV utilizzato nell'inversione congiunta.
Options/VES data	Show VES plot	Mostrare la finestra con i dati del metodo SEV.
Options/MT data	Load MT data	Per importare i dati si utilizzano file di testo in formato zond. Le coordinate (distanze, km) devono essere espresse nello



		stesso sistema del modello corrente. L'inversione congiunta è supportata solo in modalità «modello a strati arbitrari».
Options/MT data	Invert MT data	Includere i dati MT nell'inversione congiunta per un mezzo a strati arbitrari.
Options/MT data	Set weight of MT	Imposta il peso comune di tutti i dati MT per l'inversione congiunta. Il peso consente di ridurre o aumentare l'errore di fit relativo dell'inversione.
Options/MT data	MT cone	Impostare le dimensioni del cono d'influenza del sondaggio MT utilizzato nell'inversione congiunta.
Options/MT data	Show MT plot	Mostrare la finestra con i dati del metodo MT.
Options/MASW data	Load MASW data	Caricare i dati MASW (curve di dispersione) da un file *.msw.
Options/MASW data	Get from picker	Trasferire nel progetto le curve di dispersione dal modulo MASW dell'editor delle tracce sismiche.
Options/MASW data	Show MASW plot	Mostrare la finestra con i dati MASW.
Options/MASW data	Invert MASW data	Includere i dati MASW nell'inversione congiunta.
Options/MASW data	MASW cone	Impostare le dimensioni del cono d'influenza del punto MASW utilizzato nell'inversione congiunta.
Options/MASW data	Set weight of MASW	Impostare il peso comune dei dati MASW nell'inversione congiunta.
Options/MASW data	PR&Rho	Impostare il coefficiente di Poisson (0.01–0.45) e la densità (0.3–4 g/cm ³) utilizzati per il calcolo delle curve di dispersione.
Script	Start recording script	Avviare la registrazione della sequenza di azioni dell'utente in uno script.
Script	Stop recording script	Interrompere la registrazione dello script.
Script	Run packed processing	Eseguire lo script registrato per un gruppo di file selezionati (elaborazione batch). Il registro viene salvato nel file batch.out.
Script	Save script file	Salvare lo script registrato in un file.
Script	Load script file	Caricare uno script da un file.



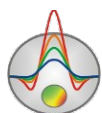
Buffer	Model 1, 2....	Il buffer può contenere fino a cinque modelli (Model 1 – Model 5), ottenuti con metodi diversi. È possibile confrontarli in una finestra dedicata.
Buffer	Open	Mostrare la finestra con tutti i modelli del buffer.
Waves	P- refracted	Passare alla modalità di lavoro con le onde P rifratte.
Waves	S-refracted	Passare alla modalità di lavoro con le onde S rifratte (se presenti nel progetto).
Waves	Reflected-1	Passare alla modalità di lavoro con le onde riflesse dalla prima interfaccia (se presenti nel progetto).
Waves	Reflected-2	Passare alla modalità di lavoro con le onde riflesse dalla seconda interfaccia (se presenti nel progetto).
Waves	Reflected-3	Passare alla modalità di lavoro con le onde riflesse dalla terza interfaccia (se presenti nel progetto).
Waves	Summary plot	Mostrare i modelli riepilogativi della distribuzione della velocità, dell'anisotropia e dell'attenuazione, se calcolati nei moduli corrispondenti, e così via. La finestra è suddivisa in tre sezioni, in ciascuna delle quali è possibile rappresentare il parametro selezionato.
Help	About	Informazioni sul programma.
Help	Manual	Aprire il manuale del programma.
Help	Server	Selezionare il server per la verifica degli aggiornamenti: zond-geo.com, zond-geo.co, kaminae.narod.ru.
Help	Check for updates	Verificare la disponibilità di aggiornamenti.
Help	ERROR!!!Set default values	Reimpostare tutte le impostazioni ai valori iniziali al riavvio del programma.
Help	Bing maps api_key	Selezionare l'immagine di sfondo della mappa: Sat1, Sat2, Sat3 – immagini satellitari; Streets – mappa stradale; Topo – mappa topografica.
Help	Show news	Mostrare le notizie.
Help	Send message to us	Inviare un messaggio allo sviluppatore. I messaggi vengono trasmessi correttamente solo in caratteri latini. È quindi necessario usare la traslitterazione.



Il file dei dati da importare deve contenere due colonne: coordinata della misura e valore. L'asse verticale dei dati importati è l'asse destro del piano dei grafici. Il modello da importare deve essere contenuto in un file di progetto Zond MOD2D; caricandolo, si apre una nuova finestra con il modello. Spostando il cursore nell'area di modellazione, la posizione della cella attiva viene visualizzata sul modello del file importato.

Passando alla finestra «modello a strati arbitrari» (pulsante  della barra degli strumenti di accesso rapido della finestra principale del programma), diventano inoltre disponibili le seguenti opzioni di menu:

Layered / Model constructor	Aprire il costruttore del modello a strati arbitrari.
Layered / Save to mesh	Integrare il modello a strati arbitrari nel modello a mesh.
Layered / Load from mesh	Utilizzare come parametri degli strati la media di tutte le celle appartenenti a questo strato.
Layered / Layers2pols	Creare un modello poligonale dal modello a strati arbitrari: le interfacce degli strati diventano i confini dei poligoni e i parametri dei poligoni sono pari ai valori medi dei parametri degli strati.
Layered / Set boundaries as apriori	Trasferire le interfacce del modello a strati nel campo Set boundaries, utilizzato come vincolo a priori nell'inversione del modello a mesh.
Layered / Calc reflection t0	Calcolare, per il modello a strati corrente, i tempi delle onde riflesse dall'interfaccia dello strato il cui numero viene richiesto nella finestra di dialogo.
Layered / Invert VP&VS	Inversione congiunta dei dati Vp e Vs nell'ambito di un'unica geometria degli strati.
Layered / Invert boundaries	Adattare la geometria delle interfacce durante l'inversione. In alcuni casi è necessario adattare solo i parametri (le interfacce sono note e fissate).
Layered / Invert MASW	Includere i dati MASW nell'inversione del mezzo a strati arbitrari.
Layered / Invert MASW-VP	Se questa opzione è attivata, le velocità delle onde P correnti verranno utilizzate per l'adattamento dei dati MASW.
Layered / Draw labels	Visualizzare i valori della proprietà fisica nel nodo del parametro. Il parametro da visualizzare viene selezionato nel costruttore.



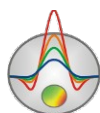
Layered / Transparent	Non riempire gli strati. Consente di visualizzare l'immagine di sfondo con i risultati dell'inversione in modalità mesh e di impostare un modello iniziale ottimale.
Layered / Edit mode	Attivare la modalità di modifica del mezzo a strati arbitrari. La modifica si esegue con il mouse. Le interfacce si trascinano in direzione verticale; facendo clic sull'etichetta dello strato si può modificare il valore del parametro.
Layered / Save layers	Salvare il modello a strati in un file di testo.
Layered / Load layers	Caricare un modello a strati da un file di testo.
Layered / Create from boreholes	Creare le interfacce del modello a strati arbitrari utilizzando i pozzi del progetto corrente.

Passando alla finestra di modellazione poligonale (pulsante  della barra degli strumenti della finestra principale del programma), diventano disponibili le seguenti opzioni di menu aggiuntive:

Modeling / Get values from mesh	Assegnare automaticamente i valori dei parametri ai poligoni. Il valore è pari alla media dei valori di tutte le celle del modello contenute nel poligono.
Modeling / Set values to mesh	Integrare il modello poligonale nel modello a mesh.
Modeling / Save polygons	Salvare i poligoni in un file di testo.
Modeling / Load polygons	Caricare i poligoni da un file di testo.
Modeling / Remove all polygons	Eliminare i poligoni definiti dall'utente.
Modeling / Display color scale	Visualizzare la scala dei colori accanto alla sezione.
Modeling / Colors from color scale	Assegnare i colori ai poligoni in base alla scala dei colori.

“Tasti di scelta rapida”

Tasti cursore / cursore nell'editor del modello	Modificare la cella attiva del modello.
Delete / cursore nell'editor del modello	Cancellare la cella attiva.
Insert / cursore nell'editor del modello	Assegnare alla cella attiva il valore corrente.



F / cursore nell'editor del modello	Bloccare il valore della cella attiva.
X / cursore nell'editor del modello	Utilizzare lo strumento magic wand per selezionare un'area.
V / cursore nell'editor del modello	Eliminare la selezione.
Su/giù / cursore sulla scala dei colori	Modificare il valore corrente.
Space	Calcolare il problema diretto.

Barra di stato

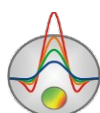
La barra di stato del programma è suddivisa in più sezioni, che contengono informazioni diverse:

Coordinate del cursore e della cella attiva.
Parametri della cella attiva.
Modalità di funzionamento dell'editor del modello.
Indicatore di avanzamento.
Errore di fit relativo.
Informazioni aggiuntive. Ad esempio, il numero di misure e di celle del modello oppure lo stato del processo durante l'inversione.

Creazione e apertura di un file di dati per l'inversione

Per iniziare l'interpretazione con il programma **ZondST2D**, è necessario elaborare i dati nel modulo di picking dei primi arrivi (**Trace editor**) e passare alla modalità di inversione , oppure aprire un file di dati in un formato specifico contenente le coordinate dei geofoni, la topografia e i valori dei primi arrivi. È inoltre possibile utilizzare l'opzione del menu principale File/Import from txt/ excel per importare i dati da un file di testo o da una tabella Excel di formato libero.

Di norma, un file contiene i dati di un singolo profilo di osservazione. I file di dati di testo organizzati nel formato del programma **ZondST2D** hanno estensione «*.ST» (per i dettagli, vedere la sezione [Formato del file di dati principale](#)).



Zond data file	Aprire un file di dati o un file di progetto in formato Zond.
Program configuration	Aprire un file con i parametri del programma.
Reflex picking	Aprire un file con i picking del programma ReflexW.

Per il corretto funzionamento del programma, il file di dati non deve contenere:

- caratteri non standard come separatori dei campi all'interno di una riga (utilizzare TAB o SPACE)
- valori dei parametri delle misure assurdi o non numerici

È preferibile che il numero totale di misure contenute in un file non superi 100000 e che il numero di posizioni univoche di sorgenti/ricevitori non superi 5000. Tutte le grandezze geometriche devono essere espresse in metri e i tempi in millisecondi.

Formato del file di dati principale ST

Il programma utilizza un formato di dati universale, che comprende informazioni sulle coordinate delle sorgenti di energizzazione e dei ricevitori, le quote relative del rilievo e i valori dei primi arrivi e delle ampiezze.

I file in formato *.st possono avere strutture diverse: possono essere file di dati (la cui struttura è descritta di seguito) oppure file di progetto (creati dal programma al momento del salvataggio). Il file di progetto è binario e può essere letto solo con **ZondST2D**. Contiene tutte le informazioni utilizzate durante il lavoro sul progetto: dati osservati, dati calcolati, modelli, informazioni a priori inserite, dati di altri metodi e così via.

Formato di dati di prova del programma **ZondST2D data files** (estensione *.ST).

Il file di dati può essere suddiviso convenzionalmente in due parti: 1) dati osservati; 2) dati topografici (se presenti).

Parte I del file dati: Dati osservati

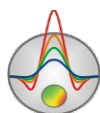
La prima riga – contiene le chiavi di controllo che indicano al programma quali dati sono contenuti in ciascuna colonna.

In **ZondST2D** si utilizzano le seguenti denominazioni (chiavi) per le coordinate delle sorgenti e dei ricevitori:

Sorgenti **Sz Sy Sz** (dall'inglese Source)

Ricevitori **Rx Ry Rz** (dall'inglese Receiver)

Zond geophysical software



Le coordinate Y e Z devono essere inserite se necessario. Ad esempio, quando si utilizza uno stendimento su superficie piana, in sistemi di misurazione misti (pozzo-superficie) o per misurazioni in acqua.

Quando si inseriscono le coordinate Z delle sorgenti/ricevitori, si tenga presente che i valori positivi indicano che la sorgente/il ricevitore si trova al di sotto della superficie di misurazione (ad esempio, nelle misurazioni in pozzo, Fig. 29).

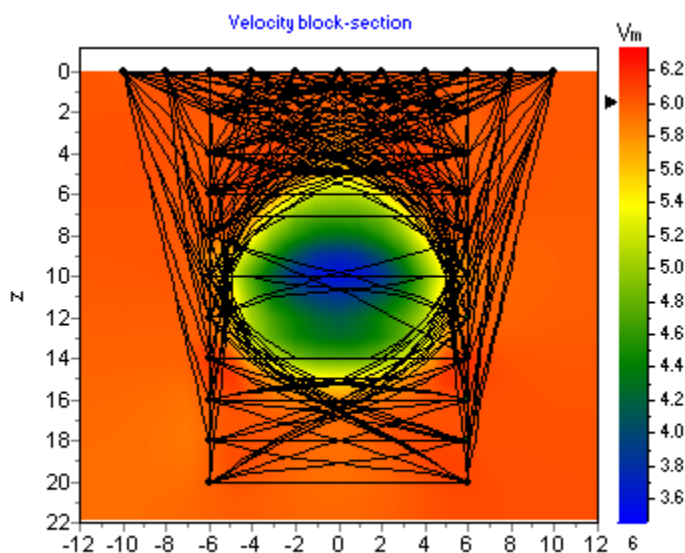


Fig. 29 Sistema di misurazione pozzo-pozzo, pozzo-superficie, superficie-superficie

Le coordinate negative vengono utilizzate per le misurazioni in acqua o in pozzo (in questo caso, la superficie di misurazione è considerata il fondo 0).

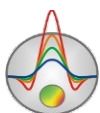
Per i valori misurati:

Tempi dei primi arrivi (ms) **ft**

L'errore, o peso delle misurazioni, è specificato nella colonna con la chiave **Weight** e determina la qualità delle misurazioni. I valori dei pesi delle misurazioni devono essere compresi tra zero e uno. Se non sono disponibili informazioni sugli errori delle misurazioni (ossia, se manca la colonna con la chiave **Weight**), il programma assegna automaticamente il peso 1 a ciascuna misurazione.

La seconda riga e quelle successive contengono i dati effettivi corrispondenti a ciascuna misurazione, registrati nello stesso ordine delle chiavi di controllo della prima riga.

Quindi si inserisce una colonna di nodi aggiuntivi della rete orizzontale (se necessario). La coordinata di ciascun nuovo nodo viene inserita dopo il simbolo *******. I nodi aggiuntivi della rete vengono normalmente inseriti per estendere l'area del modello oltre i ricevitori estremi del cavo o in presenza di una topografia molto irregolare oltre il cavo.



Parte II del file dati: Dati topografici

Se sono disponibili dati sulla topografia, segue una riga con la parola **topo**, quindi un elenco di coordinate e quote della topografia. Alle diverse modalità di definizione della topografia corrispondono le seguenti chiavi aggiuntive.

topo Questa chiave viene utilizzata quando le coordinate dei ricevitori e del rilievo topografico sono espresse in proiezione orizzontale.

topo~ Riporta la topografia su un piano orizzontale (Fig. 30). La curva topografica viene approssimata con una retta mediante il metodo dei minimi quadrati, quindi viene ruotata insieme a tutti i punti della topografia fino a coincidere con l'asse orizzontale. Questo metodo va utilizzato quando le misurazioni vengono eseguite lungo un pendio di cui si conoscono le quote assolute.

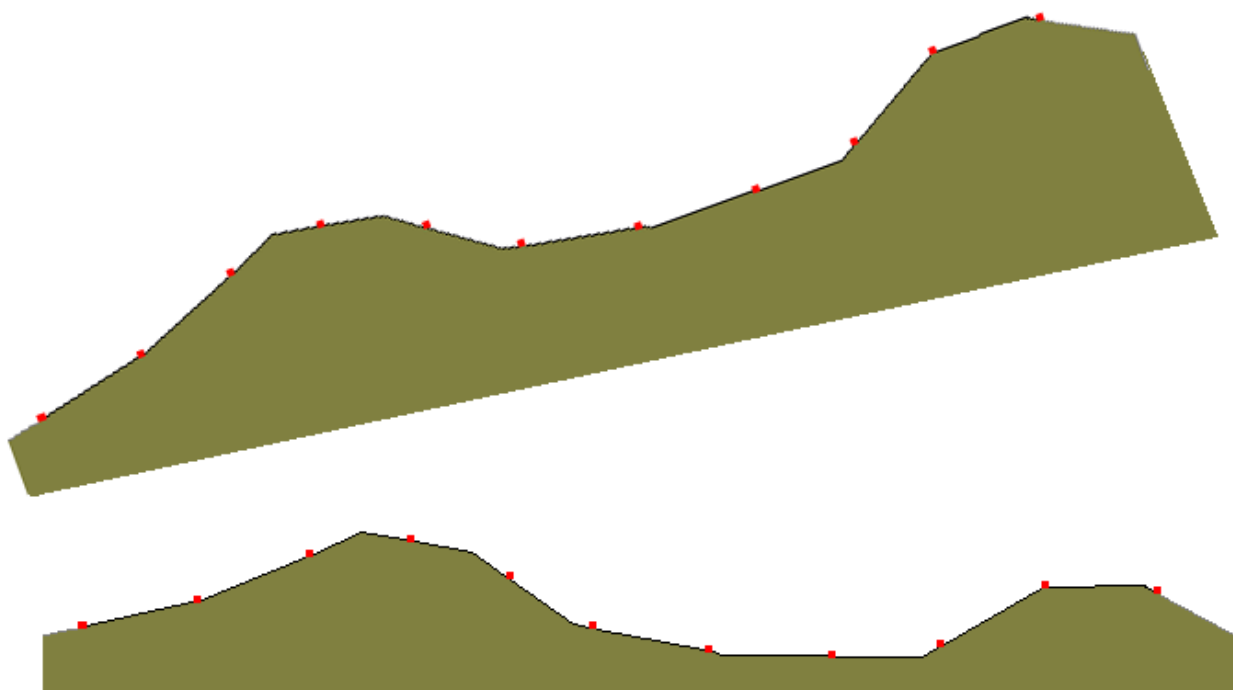
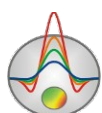


Fig. 30 **Riporto della topografia del pendio su un piano orizzontale**

topo# Definisce le coordinate del profilo in base alle lunghezze (“serpentina”) (Fig. 31). In questo caso, la coordinata orizzontale dei ricevitori è la distanza lungo il cavo e non la proiezione X. Le coordinate X dei ricevitori vengono ricalcolate a partire dalle lunghezze in proiezioni orizzontali. Nella riga successiva alla chiave deve essere registrato il collegamento di uno dei punti di energizzazione/ricevitori **P** sul cavo a un punto della topografia. La seconda voce è la coordinata del ricevitore (in lunghezze), la prima è la corrispondente coordinata X nell'elenco delle quote topografiche.



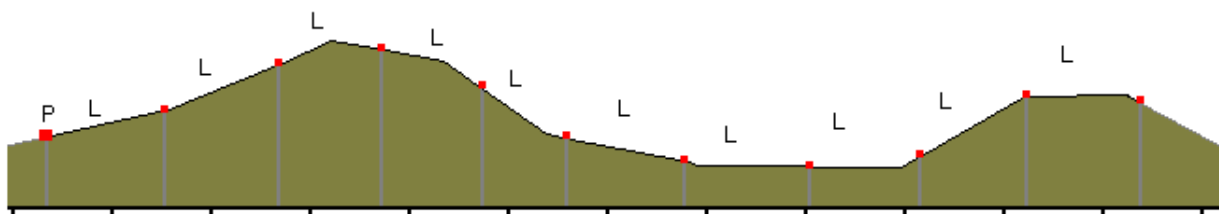


Fig. 31 **Posizione dei ricevitori con la distanza tra di essi, tenendo conto delle variazioni della topografia (lungo il cavo)**

topo^ Questa chiave è necessaria se i dati topografici e le coordinate dei ricevitori sono espresse in distanze lungo il cavo.

Le chiavi possono essere combinate, ad esempio **topo~#**.

topow – Questa chiave viene utilizzata per interpretare i dati acquisiti durante le misurazioni in acqua (in superficie e sul fondo). In questo caso, come coordinate della topografia si utilizza il profilo del fondo o del fondo che prosegue sulla terraferma (se si effettuano misurazioni miste) (Fig. 32). Nella stessa riga, separati da spazi, occorre specificare il livello dell'acqua (rispetto alle coordinate del profilo del fondo riportate di seguito, nel sistema di coordinate in cui è definita la topografia), la velocità nell'acqua e il numero di suddivisioni aggiuntive dello strato d'acqua (3-10). Gli ultimi due parametri possono essere modificati dal menu delle funzioni della finestra principale del programma. È possibile definire sistemi combinati, in cui le misurazioni vengono effettuate sul fondo e sulla superficie dello strato d'acqua (zona di transizione). A tal fine, inserire le coordinate verticali dei ricevitori rispetto al livello del profilo del fondo.

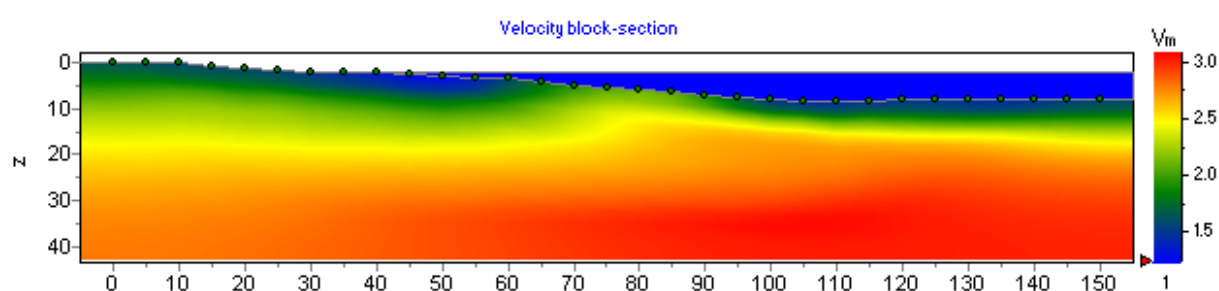
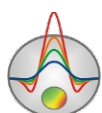


Fig. 32 **Sezione di velocità ottenuta da misurazioni miste sulla terraferma e in acqua.**

topow* – nel caso di misurazioni in acqua, questa chiave semplifica l'inserimento dei dati topografici quando il cavo si trova sulla superficie dell'acqua.

Creazione di un sistema di misurazione sintetico



La finestra di dialogo per la creazione di un sistema di misurazione sintetico si apre selezionando la voce di menu **File/Create synthetic survey** nella finestra principale del programma.

La finestra è suddivisa in tre parti: il grafico della geometria di sorgenti/ricevitori (a sinistra), la tabella delle coordinate di sorgenti/ricevitori (in alto a destra) e la tabella della dromocrona corrente (in basso a destra), che mostra l'elenco delle coppie di indici sorgente-ricevitore (Fig. 33) per la dromocrona corrente.

Il grafico mostra le posizioni univoche delle sorgenti/dei ricevitori e i relativi indici. Qui si selezionano con il mouse le sorgenti e i ricevitori. La sorgente attiva è visualizzata in rosso, i ricevitori del gruppo corrente in blu.

La tabella delle coordinate contiene le coordinate orizzontali e verticali di sorgenti/ricevitori, che possono essere modificate. Facendo clic destro su una cella della tabella è possibile impostare l'incremento della coordinata per tutte le celle successive.

La tabella della dromocrona corrente contiene gli indici della sorgente e del gruppo di ricevitori della dromocrona attiva, che possono essere modificati. In caso di immissione errata degli indici, questi vengono evidenziati in rosso. Il modo più semplice per impostare il sistema di osservazione è usare il pulsante .

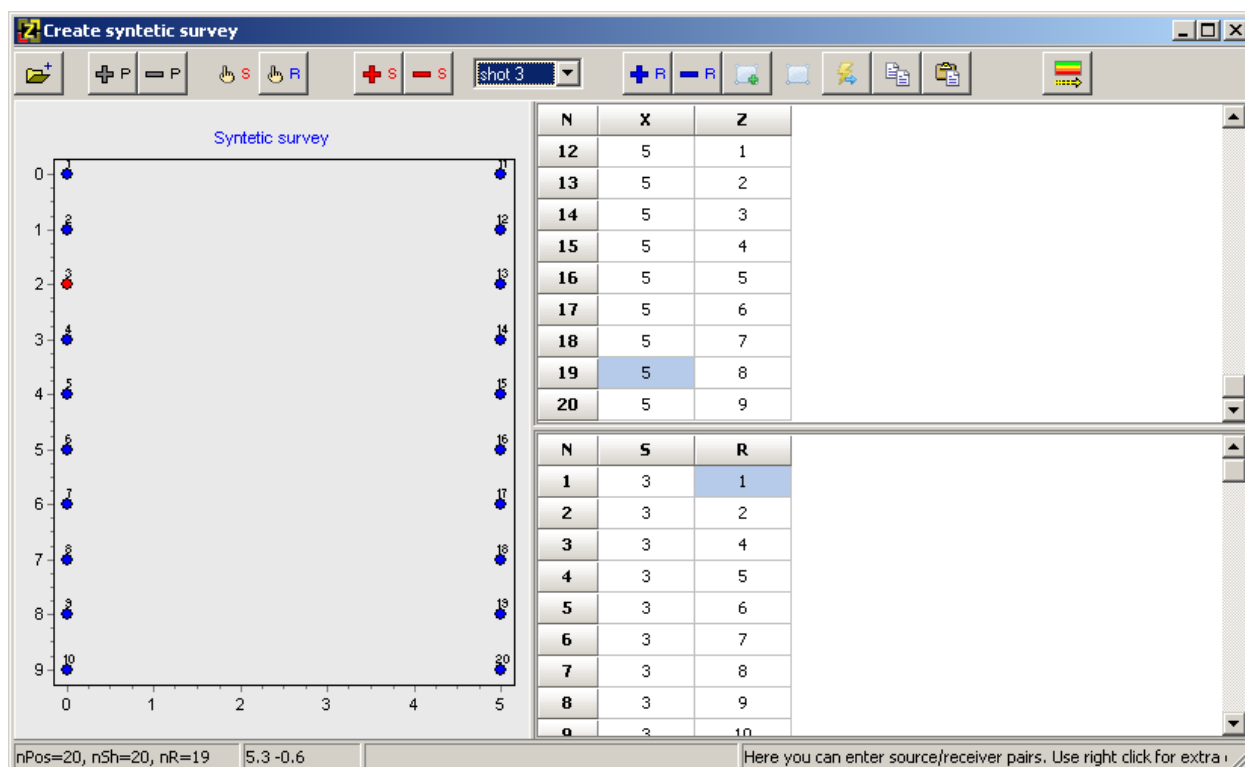
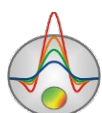
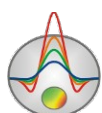


Fig. 33 Finestra del programma Create synthetic survey



La barra degli strumenti consente di accedere rapidamente alle funzioni del programma utilizzate più spesso. Contiene i seguenti pulsanti funzionali (da sinistra a destra):

	Aprire un file con le coordinate delle sorgenti/dei ricevitori.
	Salvare un file con le coordinate delle sorgenti/dei ricevitori
	Aggiungere una nuova posizione di sorgente/ricevitore. La nuova posizione viene visualizzata nel grafico a sinistra e le coordinate nella tabella superiore a destra. Premere più volte; nella barra di stato viene visualizzato il numero attuale di posizioni.
	Eliminare la posizione corrente di sorgente/ricevitore (nella tabella).
	Attivare la modalità di selezione della sorgente corrente. La posizione della sorgente per la dromocrona corrente si seleziona con il mouse nel grafico a sinistra. Dopo aver selezionato la sorgente, il programma passa alla modalità di selezione dei ricevitori.
	Attivare la modalità di selezione del ricevitore corrente. Il ricevitore per la dromocrona corrente si seleziona con il mouse nel grafico a sinistra. Se la selezione viene effettuata tenendo premuto [SHIFT], nella tabella inferiore viene aggiunta una nuova coppia (sorgente/ricevitore); in caso contrario, alla posizione corrente viene assegnata una nuova posizione.
	Aggiungere una nuova dromocrona. Dopo l'aggiunta, il programma passa alla modalità di selezione dei ricevitori. La dromocrona corrente si seleziona dall'elenco a discesa a destra.
	Eliminare la dromocrona corrente.
	Elenco a discesa per selezionare la dromocrona corrente.
	Aggiungere una coppia sorgente/ricevitore alla dromocrona (nella tabella inferiore).
	Eliminare dalla dromocrona la coppia sorgente/ricevitore corrente.
	Selezionare un gruppo di posizioni dei ricevitori da aggiungere alla dromocrona corrente. La selezione si effettua nel grafico a destra, tracciando con il mouse un rettangolo elastico.
	Selezionare un gruppo di posizioni dei ricevitori che sostituiranno la dromocrona corrente. La selezione si effettua nel grafico a destra, tracciando con il mouse un rettangolo elastico.
	Richiamare il menu contestuale delle funzioni per la creazione automatica del sistema di dromocrone.



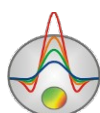
	<i>Select all positions</i> – Selezionare tutte le posizioni, tranne quella della sorgente, nella dromocrona. <i>Deselect all positions</i> – Rimuovere tutti i ricevitori dalla dromocrona. <i>Create full array</i> – Creare un sistema di osservazione in cui la sorgente si trova in ogni posizione e a ciascuna sorgente corrisponde un gruppo costituito da tutti gli altri ricevitori.
	Copiare nel buffer gli indici dei ricevitori della dromocrona corrente.
	Caricare dal buffer gli indici dei ricevitori nella dromocrona corrente.
	Creare il sistema e passare alla modalità di modellazione.

Dopo aver creato il sistema di osservazione sintetico, premere il pulsante  per visualizzare la finestra di dialogo per la configurazione dei parametri della mesh.

I risultati della modellazione vengono spesso utilizzati nell'inversione per verificare determinate ipotesi. A tale scopo, salvare il progetto con i risultati della modellazione in modalità *Save model with calculated*, aprire il progetto salvato in questo modo, azzerare il modello ed eseguire l'inversione.

Finestra di dialogo per la configurazione del modello iniziale

Dopo aver caricato i dati da un file (o dalla finestra **Trace editor**) o aver creato un sistema di misurazione sintetico, viene visualizzata la finestra di dialogo per la configurazione della mesh iniziale del modello, in cui è possibile selezionare i parametri della mesh e il modello di velocità iniziale del mezzo ospitante. È possibile aprire questa finestra di dialogo anche dal menu principale del programma **Options/Mesh Constructor** (Fig. 34).



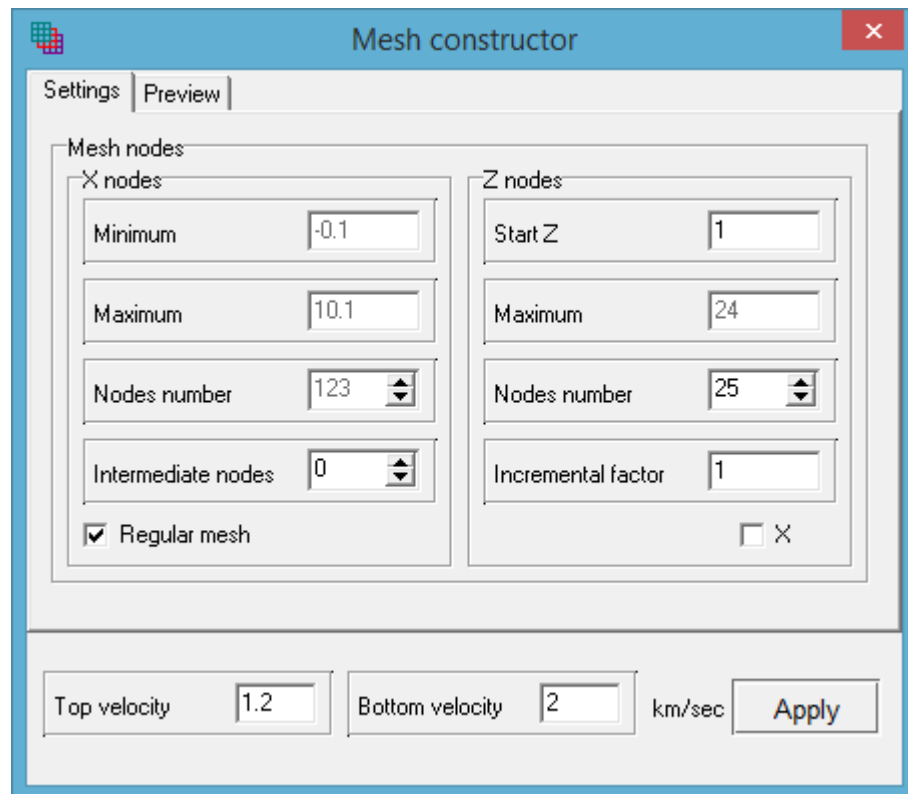


Fig. 34 Finestra di dialogo Mesh constructor, scheda Settings

L'area **X nodes** contiene le opzioni che consentono di impostare i parametri della mesh orizzontale del modello.

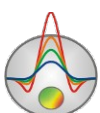
Minimum – indica la coordinata minima del profilo di misurazione.

Maximum - indica la coordinata massima del profilo di misurazione.

Nodes number – indica il numero di nodi orizzontali del modello. Se si utilizza un sistema di osservazione con un solo pozzo (ovvero con una sola coordinata x per l'intero set di dati), questa opzione imposta il numero di nodi aggiuntivi a sinistra e a destra del pozzo.

Intermediate nodes – imposta il numero di nodi aggiuntivi tra le posizioni univoche di sorgenti/ricevitori lungo il profilo (0 - 4). Se sono definiti solo 2 pozzi verticali, si consiglia di inserire un numero maggiore di nodi intermedi oppure di impostare un passo costante di discretizzazione.

Regular mesh – attiva l'algoritmo di costruzione della mesh orizzontale in cui i nodi aggiuntivi vengono scelti in modo da ottenere una discretizzazione uniforme. Selezionare questa opzione quando le distanze tra sorgenti/ricevitori adiacenti sono molto diverse. Facendo clic con il pulsante destro del mouse sul pannello con l'etichetta **Regular mesh** è possibile specificare il passo di discretizzazione delle celle lungo l'asse X.



L'area **Z nodes** contiene le opzioni che consentono di impostare i parametri della mesh verticale del modello. Per i sistemi di misurazione in superficie, il programma seleziona automaticamente questi parametri secondo le regole seguenti:

- La profondità dello strato inferiore corrisponde a un terzo dell'offset massimo.
- Il numero di strati è approssimativamente pari al numero di offset univoci del sistema di misurazione.
- Lo spessore di ciascuno strato successivo è 1.05 volte quello dello strato precedente.

Tuttavia, per molti tipi di rilievo, soprattutto per la sismica tra pozzi, è necessario configurare manualmente i parametri.

Start Z – imposta lo spessore del primo strato. Questo valore deve corrispondere approssimativamente alla lunghezza della cella e soddisfare i requisiti di risoluzione. Se è selezionata l'opzione **X** (per le misurazioni in pozzo), indica la coordinata verticale minima del modello. Questa opzione è utile quando si deve iniziare la discretizzazione da una profondità specifica. In questo caso, al posto di *Start Z* si usa *Minimum*.

Maximum – indica la profondità dello strato inferiore. Si tenga presente che la profondità massima non deve essere eccessiva (per le misure in superficie), poiché la profondità di penetrazione dei raggi è limitata dall'offset massimo e dalla geologia. Per le misure tra pozzi, questo valore deve superare la profondità della sorgente/del ricevitore più profondo.

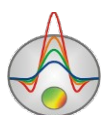
Nodes number – imposta il numero di strati del modello. Per descrivere il modello nelle indagini in superficie sono generalmente sufficienti 15-18 strati. Se è selezionata l'opzione **X**, indica il numero di nodi verticali del modello (calcolato in base al numero di posizioni univoche di sorgenti/ricevitori nei pozzi).

Incremental factor – imposta il rapporto tra gli spessori di strati adiacenti per le indagini in superficie (opzione **X** disattivata). I valori di questo parametro sono generalmente compresi tra 1 e 2. Se è selezionata l'opzione **X** (Intermediate nodes, variante per pozzi), definisce il numero di nodi verticali intermedi della mesh (tra sorgenti/ricevitori).

X – posiziona i nodi verticali della mesh del modello in corrispondenza dei ricevitori. Questa opzione è disponibile per l'interpretazione dei dati di pozzo.

Regular mesh – attiva l'algoritmo di costruzione della mesh verticale in cui i nodi aggiuntivi vengono scelti in modo da ottenere una suddivisione uniforme. L'opzione va attivata in caso di distanze verticali molto diverse tra sorgenti/ricevitori adiacenti.

Top velocity – imposta la velocità dello strato superiore del modello iniziale.



Bottom velocity – imposta la velocità dello strato inferiore del modello iniziale. I valori delle velocità degli strati intermedi sono determinati mediante interpolazione lineare tra il primo e l'ultimo strato.

Nella scheda **Preview** viene visualizzata la mesh prevista senza tenere conto della topografia.

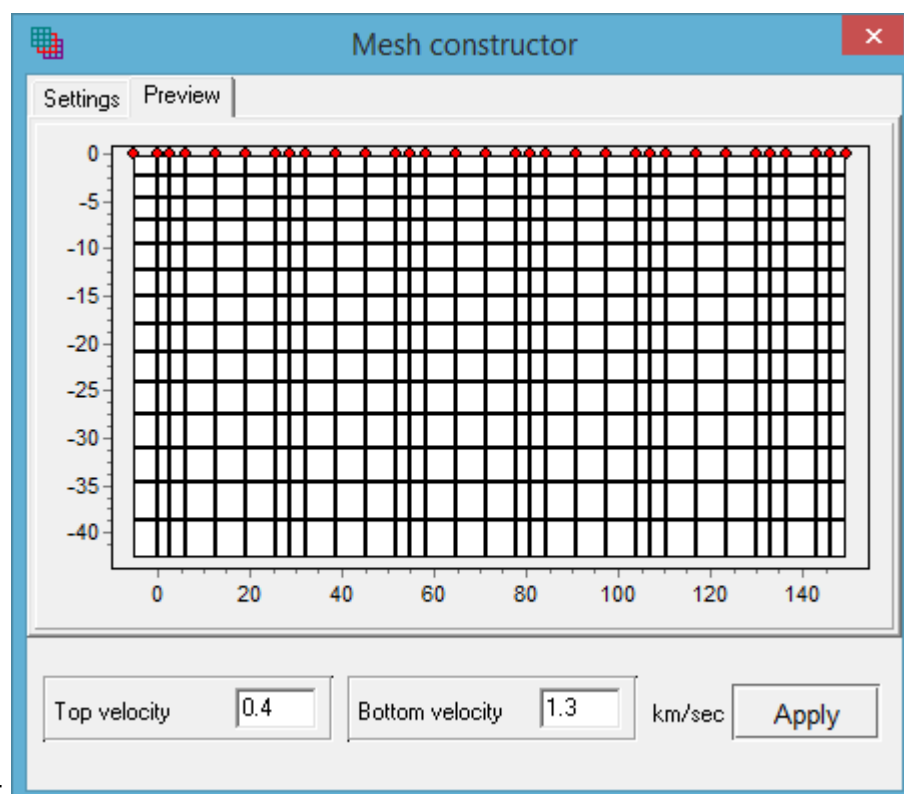


Fig. 35 Error:

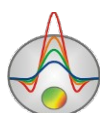
Reference source not found Finestra di dialogo Mesh constructor, scheda Preview

Dopo aver impostato i parametri della mesh, si preme il pulsante [Apply], e il programma passa alla modalità operativa.

La mesh può essere modificata aggiungendo o eliminando nodi intermedi e uniformando l'altezza o la larghezza delle celle, anche mediante le opzioni dell'editor del modello.

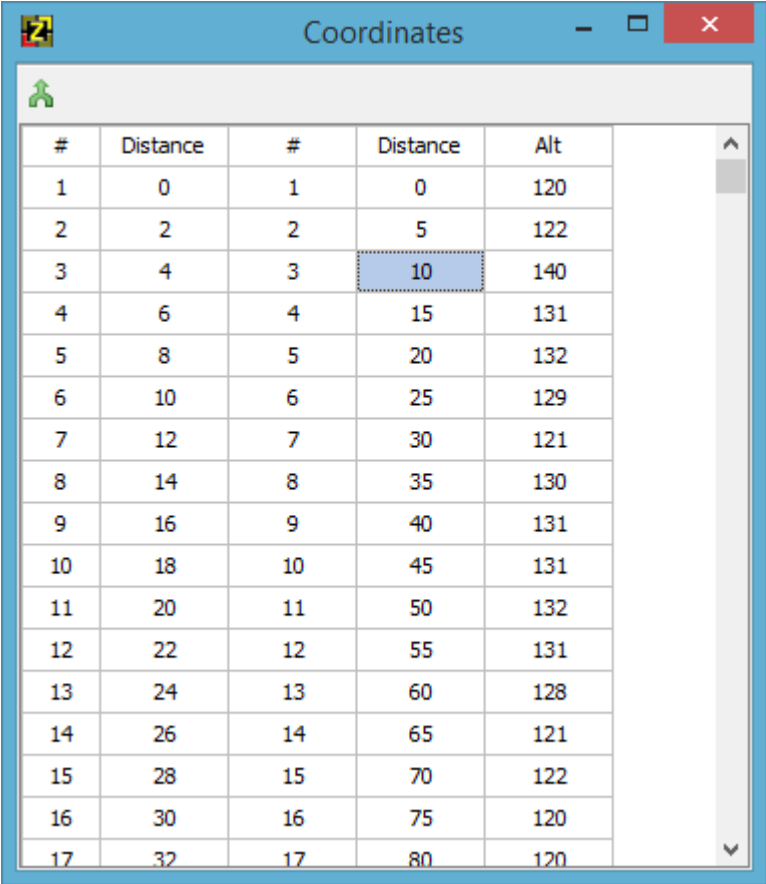
Inserimento e modifica delle informazioni topografiche

Nel programma **ZondST2D** è possibile inserire la topografia in diversi modi: nel modulo **Trace editor** durante il picking, tramite le informazioni contenute nel file di dati ST, usando l'opzione di importazione delle informazioni topografiche dal menu principale del programma **Options/Topography/Import topography** oppure copiando i dati da Excel in



Options / Topography / Edit topography. È inoltre possibile impostare la topografia con il mouse.

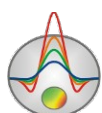
Le informazioni topografiche vengono importate da un file di testo contenente due colonne: distanza lungo il profilo e quote altimetriche. L'opzione **Options/Topography/Import topography** apre una tabella nelle cui colonne vengono caricate le informazioni dal file di testo selezionato (Fig. 36). Nelle intestazioni delle colonne corrispondenti occorre selezionare Distance/X e Alt (a tale scopo, nella prima riga si seleziona l'intestazione della colonna dall'elenco). L'inserimento delle informazioni topografiche si conclude premendo il pulsante .



#	Distance	#	Distance	Alt
1	0	1	0	120
2	2	2	5	122
3	4	3	10	140
4	6	4	15	131
5	8	5	20	132
6	10	6	25	129
7	12	7	30	121
8	14	8	35	130
9	16	9	40	131
10	18	10	45	131
11	20	11	50	132
12	22	12	55	131
13	24	13	60	128
14	26	14	65	121
15	28	15	70	122
16	30	16	75	120
17	32	17	80	120

Fig. 36 Tabella di importazione delle informazioni topografiche

La voce di menu **Options/Topography/Edit topography** apre una finestra di dialogo che consente di modificare, tramite una tabella, le informazioni topografiche contenute nel file di dati originale o importate nel progetto. I dati topografici possono essere copiati da un foglio Excel. Se è selezionata l'opzione X, la coordinata orizzontale non verrà ricalcolata in funzione del profilo delle elevazioni. L'opzione XY consente di inserire le coordinate XY reali di ciascuna sorgente/ricevitore (per profili curvilinei), che verranno utilizzate per visualizzare la sezione in 3D.



Topography editor

#	cable pos, m	Altitude
1	0	222
2	2	221
3	4	223.5
4	6	223
5	8	223
6	10	222.1
7	12	224
8	14	225.3
9	16	224.1
10	18	222
11	20	221
12	22	221.1
13	24	221.2
14	26	222
15	28	223.2
16	30	222.1

☐ Fixed X
 ☐ XY

OK

Fig. 37 Finestra di dialogo di modifica delle informazioni topografiche

La modalità di aggiunta della topografia con il mouse può essere utile a scopo di test (poiché è piuttosto approssimativa). Si richiama con la voce di menu *set by mouse*. La procedura per impostare la topografia è simile a quella per impostare i limiti a priori.

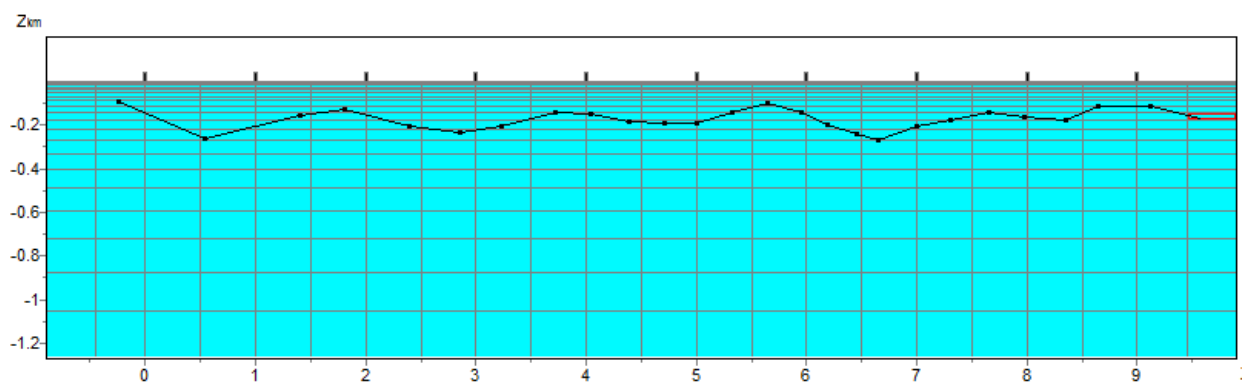
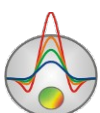


Fig. 38 Esempio di sezione nella modalità di aggiunta della topografia con il mouse



Il coefficiente di deformazione della topografia con la profondità (0-5) può essere impostato nel menu **Option/Topography/Topo coefficient**. 0 – la topografia di ogni strato successivo riproduce quella dello strato precedente. 1 – la topografia si appiattisce con la profondità; lo strato finale è piano (Fig. 39). La profondità deformata è calcolata con la formula seguente:

$$z^{\square}(x, z) = \text{Topo}(x) + z \cdot \left(1 + \frac{\max(\text{Topo}) - \text{Topo}(x)}{\max(z)} \cdot \text{Tcoeff} \right),$$

dove *Topo* è il dislivello della topografia, *z* è la profondità dalla superficie.

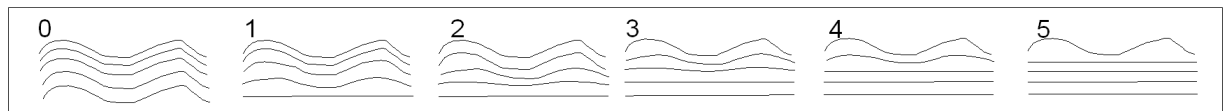


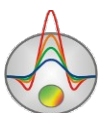
Fig. 39 **Deformazione degli strati del modello per valori del parametro Topo coefficient da 1 a 5**

Modalità di visualizzazione dei dati

Grafici

Il grafico visualizza lungo il profilo, sotto forma di curve, i valori delle dromocrone dei primi arrivi **Options/Data/First break times** e delle velocità apparenti **Options/Data/Apparent velocity**. In modalità Attenuation vengono visualizzati i grafici delle ampiezze.

Nel menu principale del programma **Options/Data** è possibile selezionare il tipo di grafico: le dromocrone **Travel time curves** (Fig. 40A) oppure i grafici relativi a un determinato offset **Iso S-R spacings** (Fig. 40B).



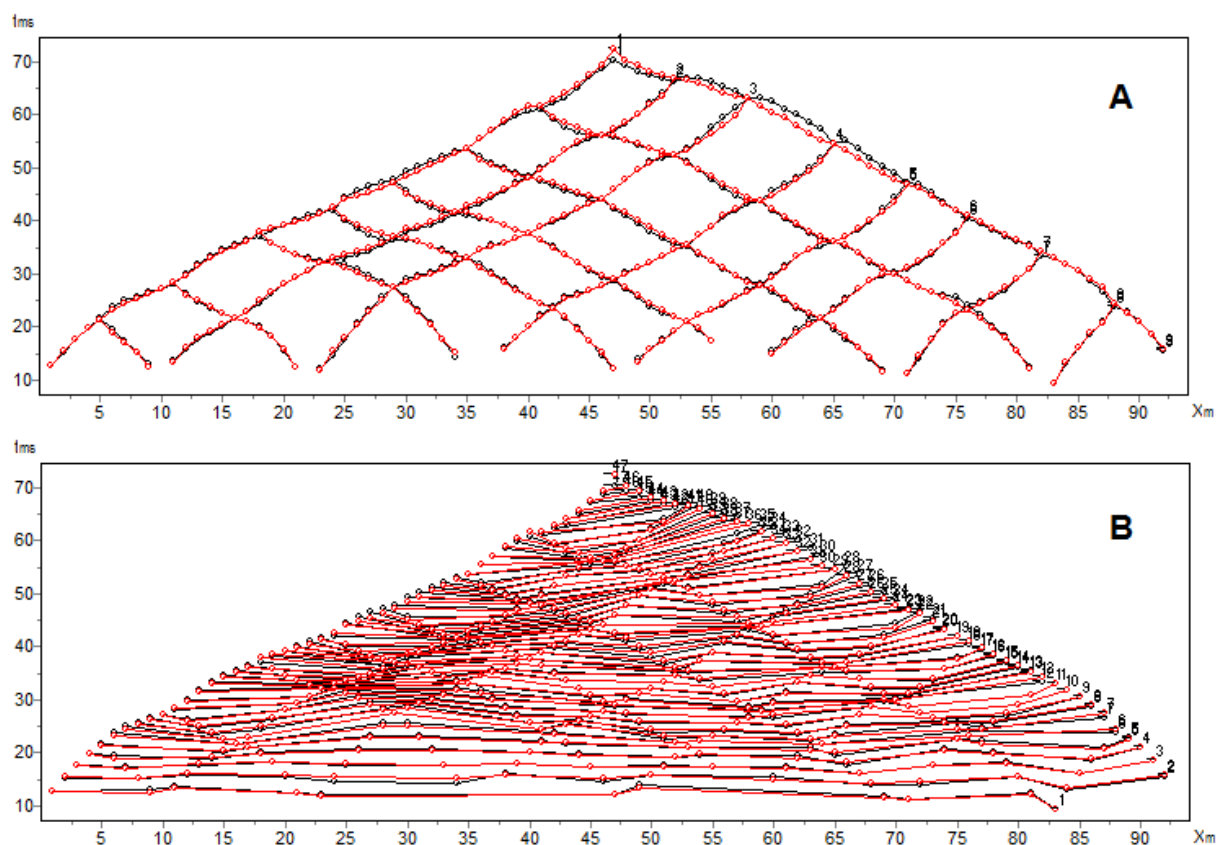


Fig. 40 Grafici: «A» - Travel time curves, «B» - Iso S-R spacings

La gestione del piano dei grafici si effettua con il mouse:

L'ingrandimento di una porzione o il suo spostamento si effettua in modalità con il pulsante premuto (strumento «rettangolo elastico»). Per selezionare la porzione da ingrandire, spostare il cursore del mouse verso il basso e a destra, tenendo premuto il pulsante sinistro (Fig. 41A). Per tornare alla scala iniziale, eseguire le stesse operazioni spostando il mouse verso l'alto e a sinistra (Fig. 41B).

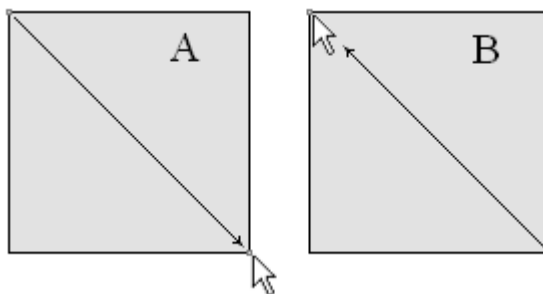
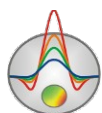


Fig. 41 Direzione del movimento del mouse durante la modifica della scala.

Facendo clic con il pulsante sinistro del mouse su un punto del grafico, gli altri grafici vengono nascosti e vengono visualizzate le posizioni delle sorgenti/dei ricevitori per il punto

Zond geophysical software



attivo (finché non si rilascia il pulsante del mouse). Per modificare i valori misurati, trascinare il punto del grafico tenendo premuto il pulsante destro.

Per selezionare un solo grafico e rimuovere di conseguenza gli altri, fare clic con il mouse sulla legenda tenendo premuto [SHIFT]. Facendo nuovamente clic si ripristina la visualizzazione precedente. Per scorrere i grafici, utilizzare la rotellina del mouse. A tal fine, selezionare diversi grafici adiacenti nella legenda e ruotare la rotellina con il cursore posizionato sulla legenda. Gli indici dei grafici attivi cambieranno. Facendo clic con il pulsante destro del mouse su un punto del grafico, la misura viene selezionata nella tabella (se l'editor tabellare è attivo).

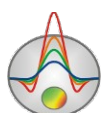
La finestra di dialogo per la configurazione dei grafici si richiama dal menu principale [Options/Graphics/Observed\(Calculated\) graphics](#).

Nella modalità di visualizzazione dei dati sotto forma di grafici è possibile eliminare o assegnare pesi a determinate misure. Per eliminare una misura, fare clic sui relativi punti con il pulsante centrale del mouse; per modificare il peso, utilizzare i pulsanti sinistro e destro del mouse. Eseguire queste operazioni tenendo premuto ALT. L'area di selezione è rappresentata da un cerchio, la cui dimensione si regola con la rotellina del mouse. Per modificare singoli valori dei grafici, utilizzare il pulsante sinistro del mouse tenendo premuto CTRL.

Facendo clic con il pulsante destro del mouse sull'asse, tenendo premuto [SHIFT], viene visualizzato un menu a comparsa che consente di richiamare la finestra di dialogo per configurare i parametri dell'oggetto.

Funzioni aggiuntive di visualizzazione dei dati misurati

Nel menu principale del modulo di inversione sono disponibili **Options/Data** le seguenti funzioni: *Survey pseudosection* e *Velocity offset plot*, che consentono un'analisi aggiuntiva dei dati originali. Selezionando la funzione *Survey pseudosection* si apre la finestra aggiuntiva Survey scheme (Fig. 42), che contiene una pseudosezione delle velocità apparenti.



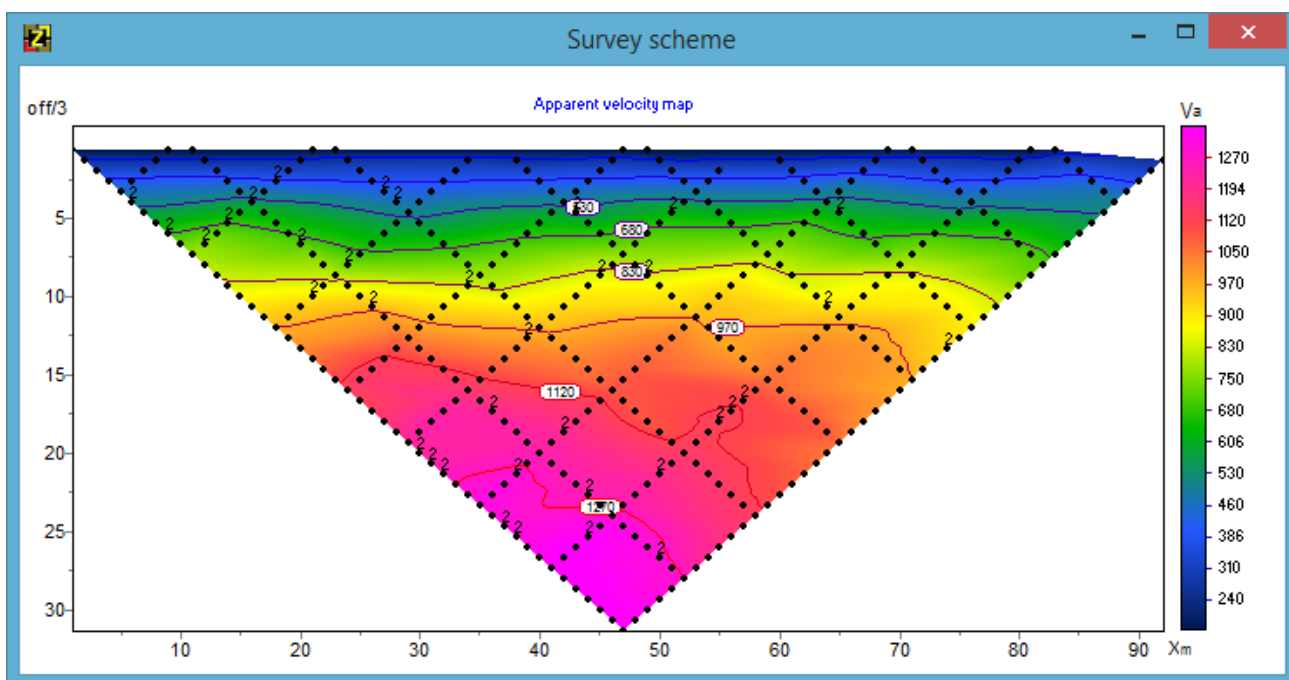


Fig. 42 Pseudosezione delle velocità apparenti. Finestra Survey scheme.

Selezionando la funzione *Velocity offset plots* si apre la finestra aggiuntiva **Velocity-Spacing plot** (Fig. 43), un grafico della velocità apparente in funzione dell'offset. Questa dipendenza consente di definire il modello iniziale per l'inversione mediante il pulsante . Il coefficiente definisce il rapporto tra profondità e offset.

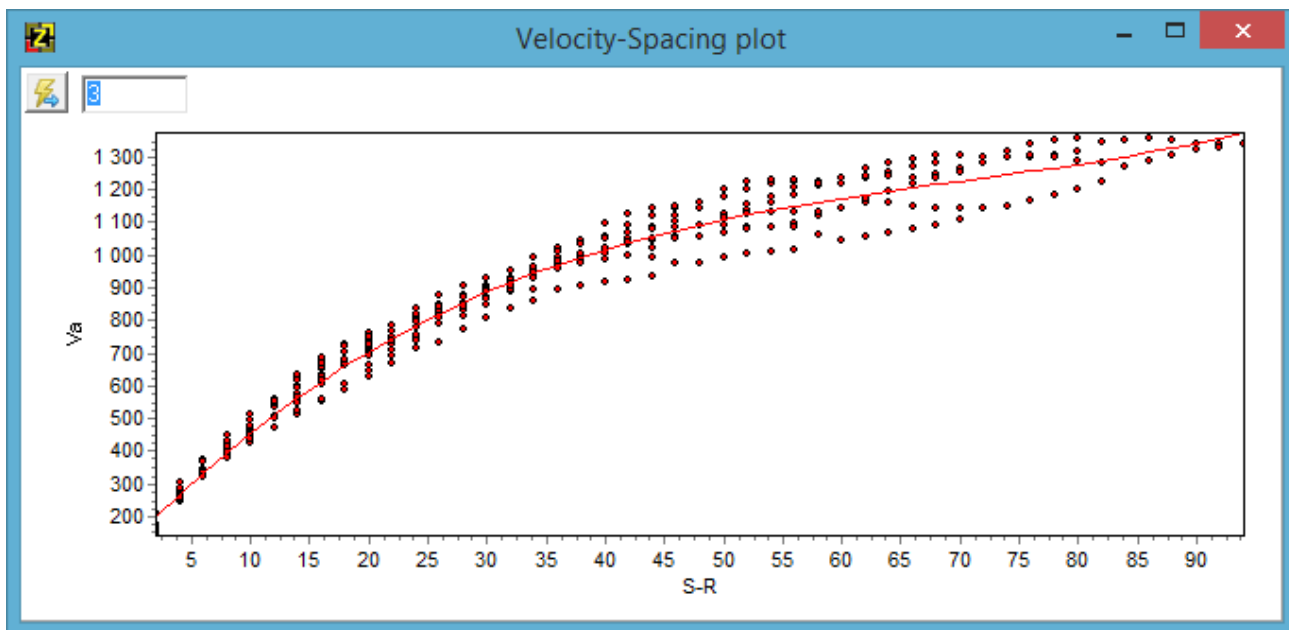
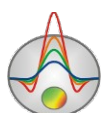


Fig. 43 Finestra Velocity-Spacing plot

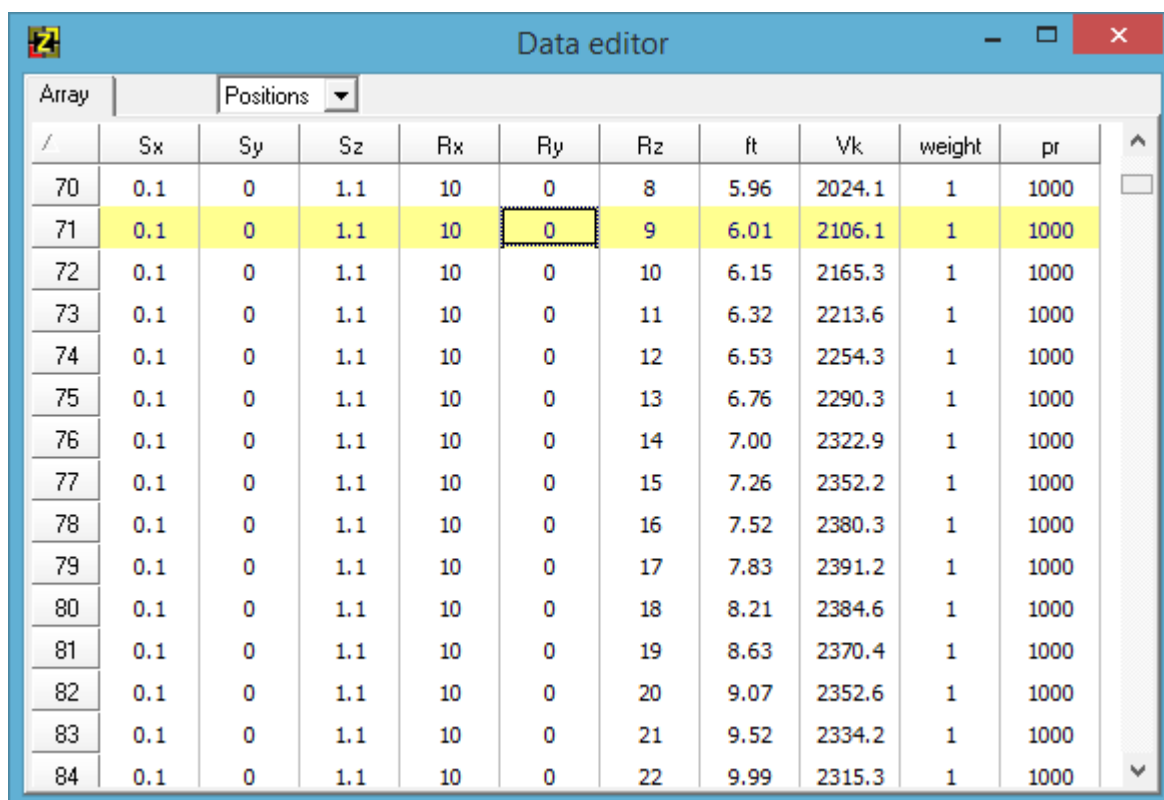


Editor dei dati (Data editor)

L'editor dei dati si richiama con il pulsante  e serve a presentare in forma tabellare lo schema di acquisizione e i valori misurati (Fig. 44). La tabella contiene 10 colonne:

Sx	Posizione X della sorgente*.
Sy	Posizione Y della sorgente.
Sz	Profondità di immersione della sorgente.
Rx	Posizione X del ricevitore*.
Ry	Posizione Y del ricevitore.
Rz	Profondità di immersione del ricevitore.
ft	Valore del tempo dei primi arrivi.
Vk	Velocità apparente di propagazione delle onde P.
pr	Indice del profilo di misura.
Weight	Peso della misura.

* - tramite la selezione dell'opzione *Coordinates/Positions* sopra la tabella, è possibile visualizzare in questa finestra le posizioni dei ricevitori e delle sorgenti nelle coordinate originali (distanze) contenute nel file di dati (modalità *Coordinates*) oppure nelle proiezioni orizzontali calcolate (modalità *Positions*).



The screenshot shows the 'Data editor' window with a blue title bar. Below the title bar is a toolbar with a dropdown menu currently set to 'Positions'. The table below has 12 columns: an index column, Sx, Sy, Sz, Rx, Ry, Rz, ft, Vk, weight, and pr. The data rows are numbered 70 to 84. Row 71 is highlighted in yellow, and the cell containing '0' in the Ry column is also highlighted with a black border.

	Sx	Sy	Sz	Rx	Ry	Rz	ft	Vk	weight	pr
70	0.1	0	1.1	10	0	8	5.96	2024.1	1	1000
71	0.1	0	1.1	10	0	9	6.01	2106.1	1	1000
72	0.1	0	1.1	10	0	10	6.15	2165.3	1	1000
73	0.1	0	1.1	10	0	11	6.32	2213.6	1	1000
74	0.1	0	1.1	10	0	12	6.53	2254.3	1	1000
75	0.1	0	1.1	10	0	13	6.76	2290.3	1	1000
76	0.1	0	1.1	10	0	14	7.00	2322.9	1	1000
77	0.1	0	1.1	10	0	15	7.26	2352.2	1	1000
78	0.1	0	1.1	10	0	16	7.52	2380.3	1	1000
79	0.1	0	1.1	10	0	17	7.83	2391.2	1	1000
80	0.1	0	1.1	10	0	18	8.21	2384.6	1	1000
81	0.1	0	1.1	10	0	19	8.63	2370.4	1	1000
82	0.1	0	1.1	10	0	20	9.07	2352.6	1	1000
83	0.1	0	1.1	10	0	21	9.52	2334.2	1	1000
84	0.1	0	1.1	10	0	22	9.99	2315.3	1	1000

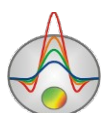


Fig. 44 Finestra di dialogo Data editor

Le tre colonne che precedono l'ultima possono essere modificate tramite la tastiera, se necessario. Non inserire valori non plausibili per i tempi dei primi arrivi. I pesi delle misure sono compresi tra 0 e 1.

Spostando il cursore sulla tabella, le posizioni della sorgente e del ricevitore della misura attiva vengono visualizzate sul piano dei grafici e sul modello.

Con l'opzione **Options/Data/Ray paths** attivata, nella finestra del modello vengono visualizzati i raggi solo per la posizione corrente della sorgente selezionata nella tabella (Fig. 45).

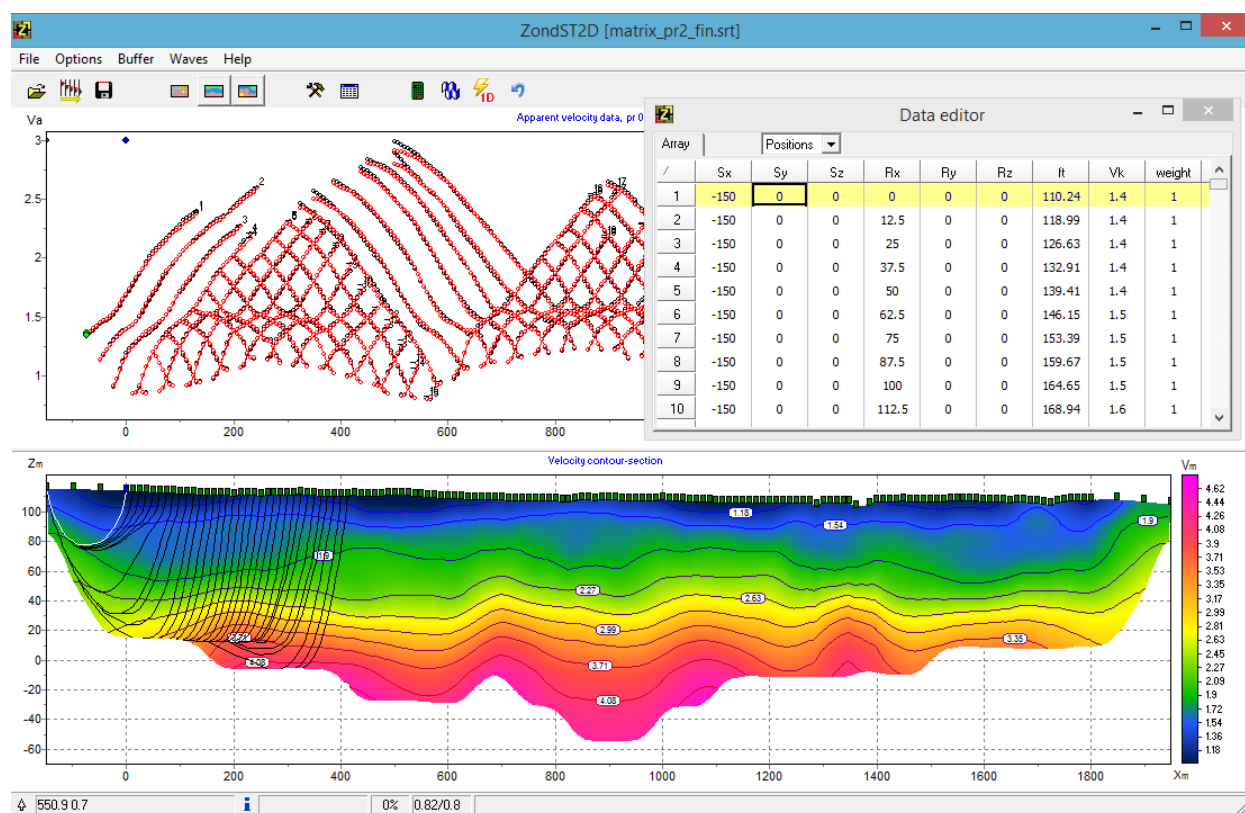
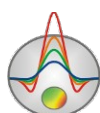


Fig. 45 Visualizzazione delle traiettorie dei raggi nella finestra di lavoro del programma tramite la finestra di dialogo Data editor

Selezionando l'opzione **Options/Extra/Display t0 map** la finestra di dialogo Data Editor si avvia automaticamente. Dopo i calcoli, sul modello viene visualizzata la mappa delle isolinee t0 per la sorgente selezionata nella tabella. Le isolinee si configurano tramite il pulsante  sulla barra superiore della finestra.



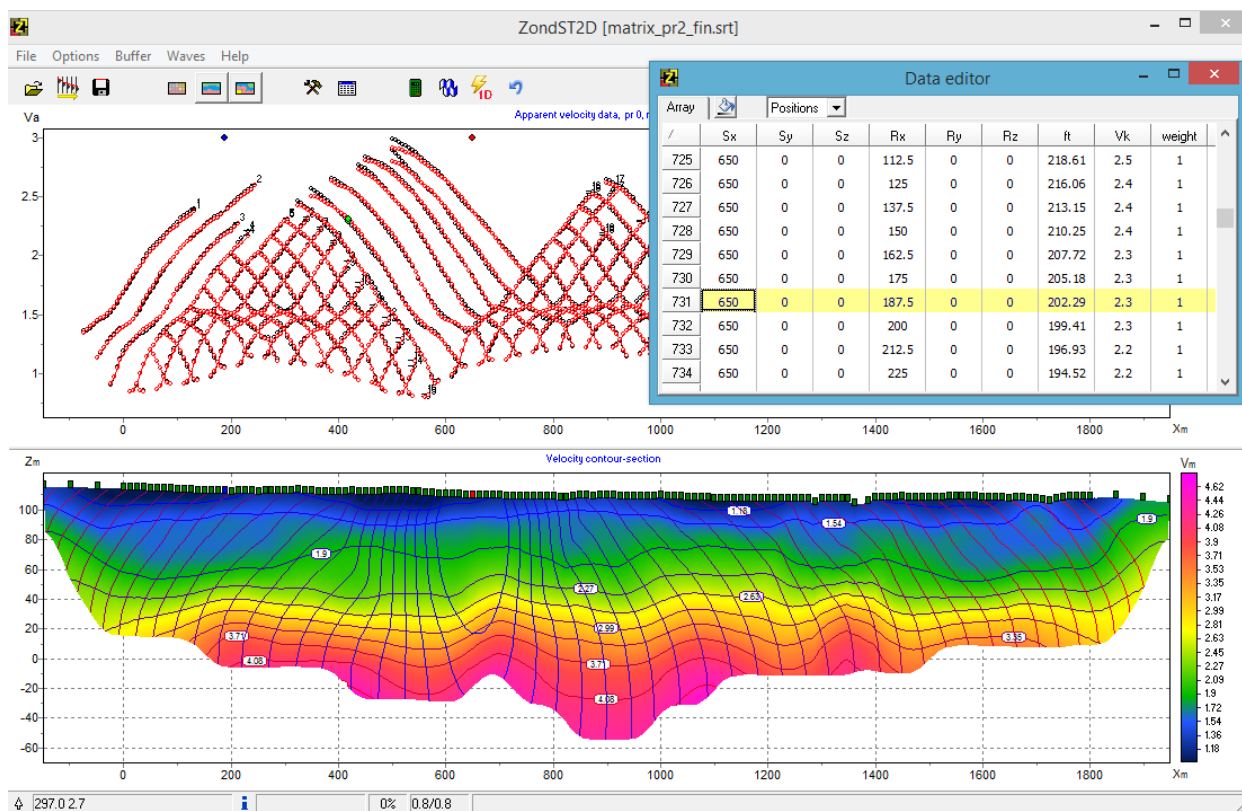
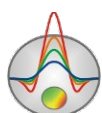


Fig. 46 Visualizzazione della mappa delle isolinee t_0 per la sorgente selezionata nella tabella

Modalità di visualizzazione del modello a mesh

Il modello può essere visualizzato come insieme di celle **Options/Model/Block-section** (Fig. 47A), con una palette interpolata uniforme **Options/Model/Smooth-section** oppure come sezione a isolinee **Options/Model/Contour-section** (Fig. 47C).



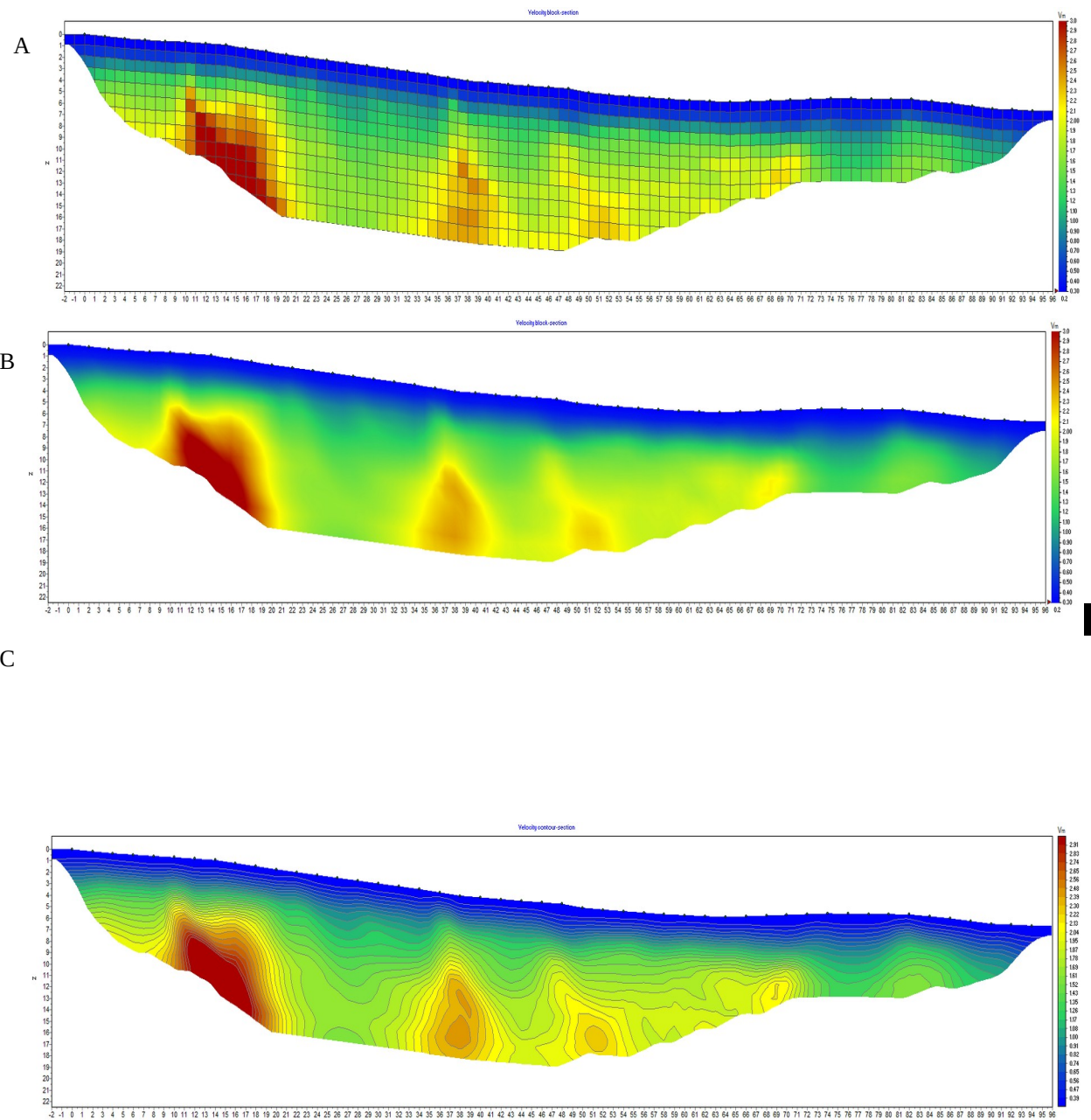
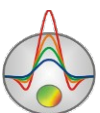


Fig. 47 Modalità di visualizzazione del modello: Block-section (A), Smooth-section (B), Contour-section (C)

L'opzione *Create shaded map* è uno strumento utile che consente di visualizzare il modello corrente come mappa a rilievo ombreggiato (Fig. 48).



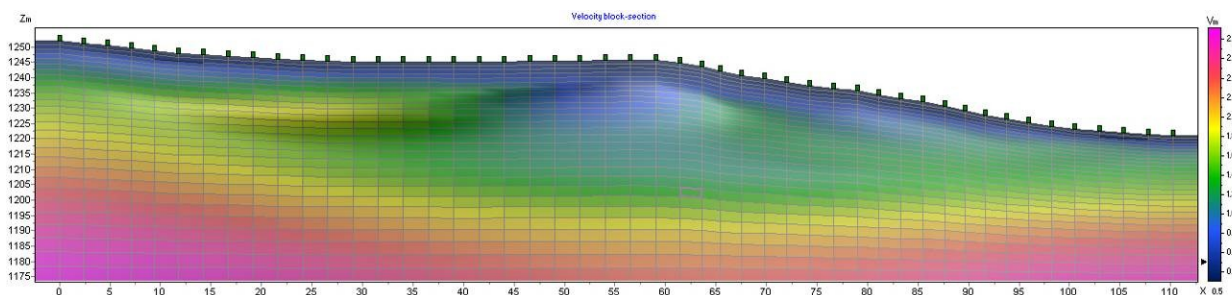
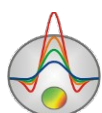


Fig. 48 Visualizzazione del modello come mappa a rilievo ombreggiato

Spostando il cursore del mouse sulle finestre create durante l'utilizzo del programma, nella sezione sinistra della barra di stato della finestra principale vengono visualizzate le coordinate riferite agli assi propri di tale sezione.

Le funzionalità aggiuntive del programma dipendono dalla modalità di visualizzazione del modello selezionata. La modellazione matematica deve essere eseguita in modalità **Block-section**. La distribuzione della sensibilità integrale viene visualizzata in modalità sezione di contorno (**Contour-section**) – opzione **Option/Model/Sensitivity** (Fig.47C). Nella stessa modalità, grazie all'opzione **Option/Model/dVelocity** è possibile calcolare e visualizzare il modello del gradiente completo delle velocità (Fig.47B).

L'affidabilità della determinazione delle velocità in una determinata zona del modello si valuta in base alla densità delle traiettorie dei raggi. Con l'opzione **Data/Ray paths/Calculated** è possibile visualizzare lo schema delle traiettorie dei raggi calcolato per il modello. L'opzione **Options/Model/Cut bay rays** consente di nascondere le zone del modello non attraversate dalle traiettorie dei raggi in seguito all'inversione (Fig.47A).



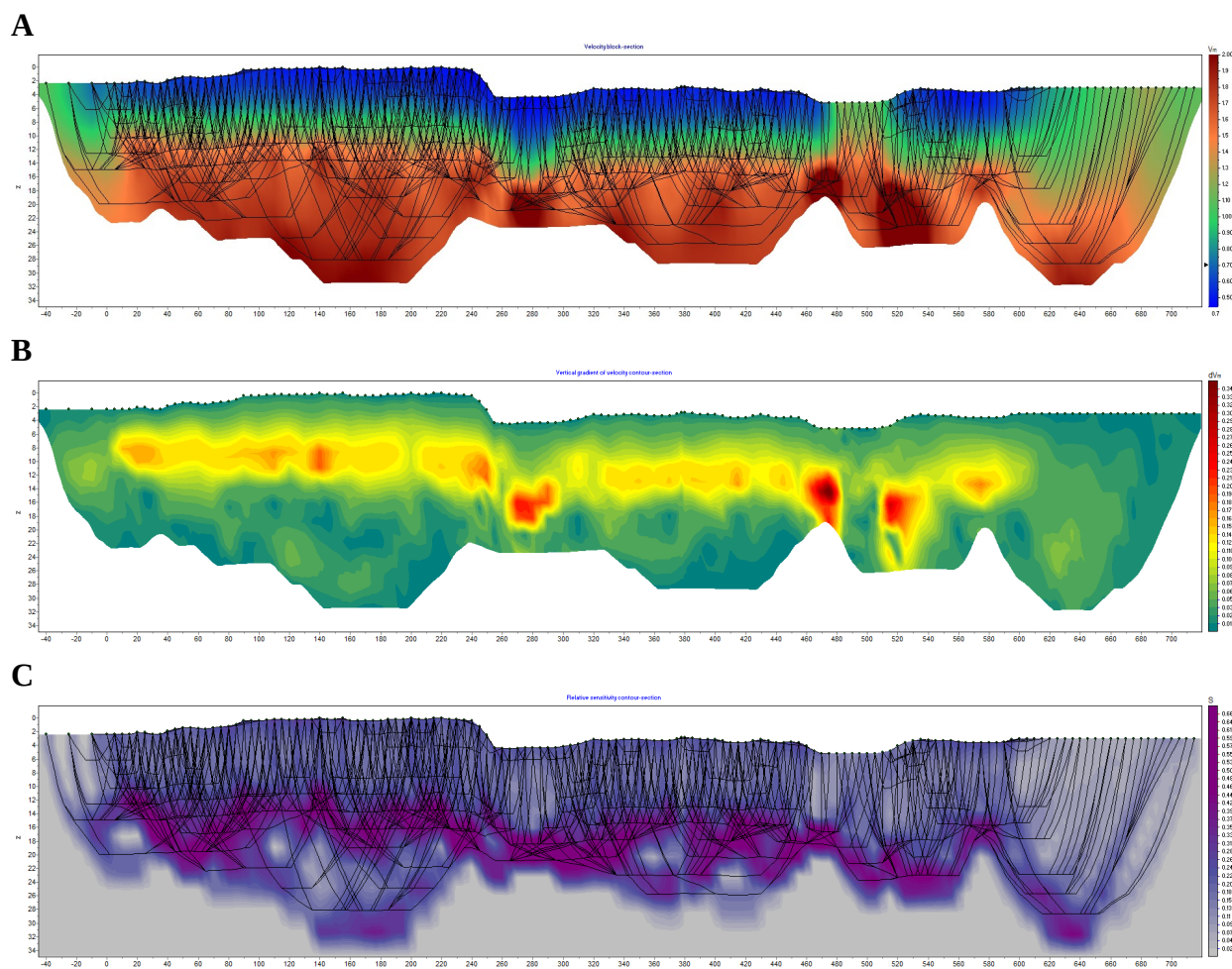


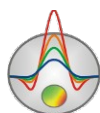
Fig. 49 Modello di velocità con le traiettorie dei raggi calcolate (A), limitato all'area coperta dai raggi; modello del gradiente completo delle velocità (B); distribuzione della sensibilità integrale per il modello (C)

Modellazione

La *modellazione* è una fase importante che precede i lavori sul campo. Consente di scegliere i parametri ottimali del sistema di misurazione per risolvere il problema geologico posto. Sulla base delle informazioni a priori sull'oggetto di studio, l'interprete può simulare diverse situazioni geologiche e pianificare i lavori geofisici.

Editor del modello a griglia

La creazione del modello di velocità avviene nell'editor del modello, nella sezione grafica inferiore della finestra del programma, in modalità **Block-Section**. L'editor del modello consente



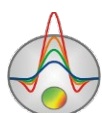
di modificare con il mouse i parametri delle singole celle del modello. A destra dell'area di modifica del modello si trova la scala cromatica, che associa il colore al valore della velocità. Per selezionare il valore corrente, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla scala; il valore viene visualizzato sotto la scala cromatica.

Il lavoro con le celle del modello è simile alla modifica di un'immagine raster negli editor grafici. Quando si sposta il cursore nell'area del modello, nella barra di stato inferiore della finestra principale del programma vengono visualizzati le coordinate e i parametri della cella attiva su cui si trova il cursore. La cella attiva è racchiusa in un rettangolo che funge da cursore. La cella selezionata o bloccata è contrassegnata da una trama di punti bianchi o neri. Facendo doppio clic sugli assi verticale e orizzontale o clic destro nell'area dell'editor del modello, vengono visualizzate le opzioni che consentono di modificare la griglia creata con la finestra di dialogo **Mesh constructor**.

Asse verticale	Set maximum	Impostare la profondità dello strato inferiore.
	Redivide	Impostare lo stesso spessore per tutti gli strati del modello (alla scala corrente).
	Thick mesh	Eliminare un nodo su due della griglia verticale.
	Thin mesh	Aggiungere nodi intermedi alla griglia verticale.
Asse orizzontale	Redivide	Impostare la stessa larghezza per le celle comprese tra le posizioni uniche degli elettrodi.
	Thick mesh	Eliminare un nodo su due della griglia orizzontale (se nel nodo non è posizionato un elettrodo).
	Thin mesh	Aggiungere nodi intermedi alla griglia orizzontale.

Facendo clic con il pulsante destro del mouse nell'area di modifica del modello viene visualizzato un menu contestuale con le seguenti opzioni:

Display cell setup	Aprire la finestra di dialogo per impostare i parametri della cella.
Cell to cursor value	Usare il parametro della cella attiva come valore corrente.
Edit mode	Attivare la modalità di modifica.
Selection\Free form selection	Selezionare un insieme di celle nell'area di modifica con il mouse. L'area è delimitata dai confini definiti dall'utente.
Selection\Rectangular selection	Selezionare un insieme di celle nell'area di modifica con il mouse. L'area è rettangolare.



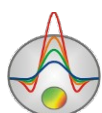
Selection\Elleptical selection	Selezionare un insieme di celle nell'area di modifica con il mouse. L'area è ellittica.
Selection\Magic wand	Selezionare un insieme di celle nell'area di modifica con il mouse. Vengono selezionate la cella attiva e le celle adiacenti con parametri simili al suo. Il grado di somiglianza si imposta nella finestra di dialogo dei parametri del modello.
Selection\Remove selection	Eliminare la selezione.
Mesh options\Add column /row	Aggiungere una nuova interfaccia verticale o orizzontale. La nuova interfaccia viene inserita facendo clic nella posizione desiderata.
Mesh options\Remove column /row	Eliminare l'interfaccia verticale o orizzontale selezionata.
Mesh options\Resize column /row	Modificare con il mouse lo spessore di una riga o di una colonna.
Clear model	Cancellare il modello corrente.
Clear parameters	Cancellare i parametri correnti.

Lavorare con il modello

Si lavora con il mouse:

Facendo clic con il pulsante sinistro del mouse su una cella, il suo parametro viene impostato sul valore corrente.

Per ingrandire una zona o spostarla, si usa la modalità Zoom&Scroll tenendo premuto il pulsante del mouse. Per selezionare la zona da ingrandire, si sposta il cursore del mouse verso il basso e a destra tenendo premuto il pulsante sinistro. Per tornare alla scala iniziale, si eseguono le stesse operazioni spostando il mouse verso l'alto e a sinistra.



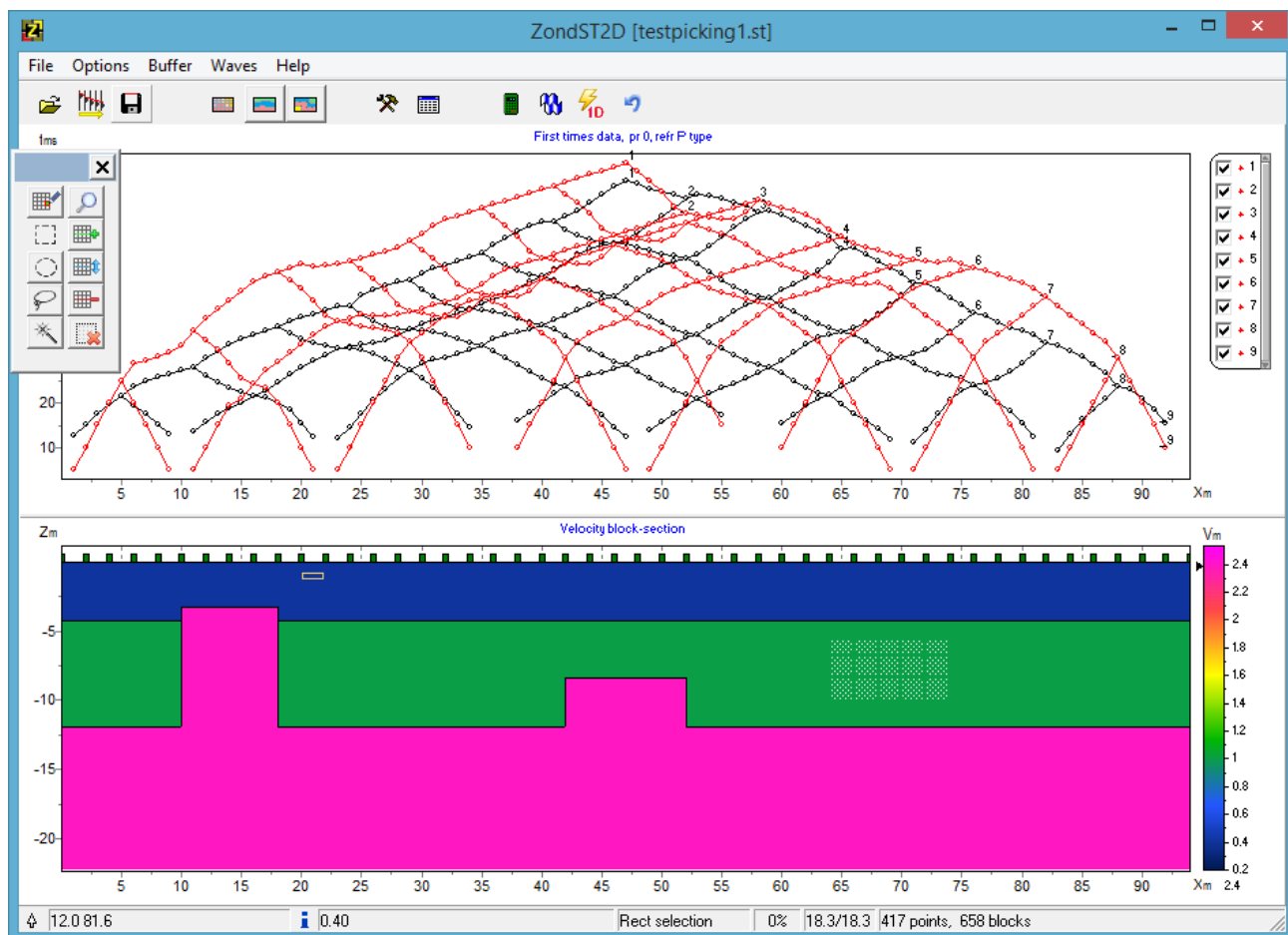
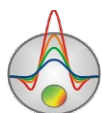


Fig. 50 Finestra del programma in modalità di modellazione

Per creare rapidamente un modello, il programma offre diverse modalità di selezione delle celle: rettangolare, ellittica, a forma libera e in base a un determinato valore del parametro. Le opzioni corrispondenti si richiamano facendo clic con il pulsante destro del mouse nell'area di modifica del modello.

Facendo clic su una cella con il pulsante sinistro del mouse e tenendo premuto [SHIFT], il suo parametro aumenta. Facendo clic sulla cella con il pulsante destro del mouse e tenendo premuto [SHIF], il parametro diminuisce. La percentuale di variazione del valore si imposta nella finestra di dialogo dei parametri del modello. Se la cella attiva appartiene a una selezione, tutte le operazioni descritte sopra vengono applicate all'intera selezione.

Tenendo premuto [CTRL] e facendo clic con il pulsante del mouse, è possibile spostare l'insieme di celle selezionate all'interno dell'area di modifica. Se si sposta la selezione tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse, il contenuto delle celle selezionate viene copiato nella nuova posizione. Se si sposta la selezione tenendo premuto il pulsante destro del mouse, il contenuto delle celle selezionate viene tagliato e copiato nella nuova posizione.

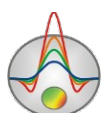


È inoltre possibile assegnare i valori del parametro alle celle selezionate utilizzando la finestra di dialogo di configurazione dei parametri della cella **Cell setup** (Fig. 51).

È inoltre possibile utilizzare l'opzione **Options/Model/Model editor toolbar**. Selezionando questa opzione viene visualizzata la barra degli strumenti per la modifica del modello:

	Attivare la modalità di modifica del modello.
	Attivare la modalità di zoom del modello.
	Selezionare con il mouse un insieme di celle all'interno dell'area di modifica. L'area è rettangolare.
	Aggiungere una nuova interfaccia verticale o orizzontale. La nuova interfaccia viene inserita facendo clic nella posizione desiderata.
	Selezionare un insieme di celle nell'area di modifica con il mouse. L'area è ellittica.
	Modificare con il mouse lo spessore di una riga o di una colonna.
	Selezionare un insieme di celle nell'area di modifica con il mouse. L'area è delimitata dai confini definiti dall'utente.
	Eliminare l'interfaccia verticale o orizzontale selezionata.
	Selezionare con il mouse un insieme di celle all'interno dell'area di modifica. Vengono selezionate la cella attiva e le celle adiacenti i cui parametri sono simili a quello della cella attiva. Il grado di somiglianza viene impostato nella finestra di dialogo di configurazione dei parametri del modello.
	Deselezionare

Finestra di dialogo di configurazione dei parametri della cella



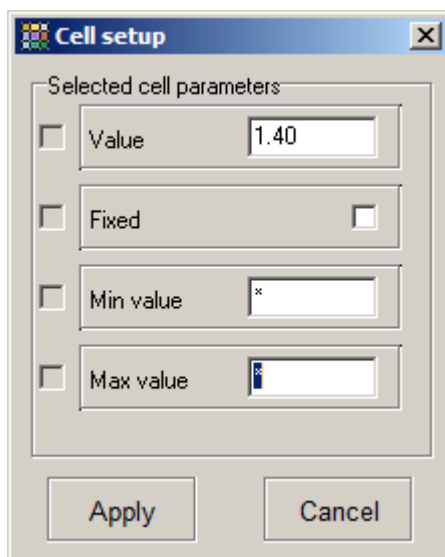


Fig. 51 Finestra di dialogo Cell setup

La finestra di dialogo consente di selezionare i parametri di una cella o di un insieme di celle selezionate.

Value – imposta il valore del parametro della cella.

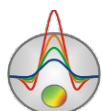
Fixed – blocca o sblocca il parametro della cella.

Min value, *Max value* – definisce l'intervallo di variazione del parametro della cella.

Le caselle a sinistra di ciascuna opzione vengono selezionate se si desidera applicare il nuovo valore a tutte le celle selezionate.

Per calcolare la risposta dei parametri apparenti a partire dal modello di velocità assegnato (risolvere il problema diretto), fare clic sul pulsante  nella barra degli strumenti. Facendo clic con il pulsante destro del mouse in diverse aree dell'editor del modello vengono visualizzati menu contestuali con le seguenti opzioni:

Area superiore	Display model mesh	Specifica se visualizzare la mesh.
	Display objects border	Specifica se visualizzare il contorno dell'oggetto.
	Display color bar	Specifica se visualizzare la scala dei colori.
	Setup	Aprire la finestra di dialogo di configurazione dei parametri del modello.
	Zoom&Scroll	Attivare la modalità lente di ingrandimento e scorrimento.
	Print preview	Stampare il modello.
Scala dei colori	Setup	Aprire la finestra di dialogo di configurazione



		dei parametri della scala.
	Set range	Impostare il valore minimo della scala dei colori.
	Automatic	Determinare automaticamente i valori minimo e massimo della scala dei colori.
	Log scale	Impostare la scala logaritmica per la scala dei colori.
	Set halfspace value	Definire i parametri del mezzo incassante.
	Set cursor value	Impostare il valore corrente del parametro.
	Color as histogram	Impostare la scala dei colori in base all'istogramma della distribuzione dei parametri del modello.

Modellazione poligonale

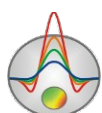
La modalità di modellazione poligonale consente di creare rapidamente una sezione composta da corpi poligonali. La rappresentazione del modello del mezzo mediante poligoni ne facilita la strutturazione e la gestione degli elementi.

Per passare alla modalità di modellazione poligonale, fare clic sul pulsante  sulla barra degli strumenti. Prima di iniziare la modellazione, selezionare l'immagine di sfondo sulla quale verrà costruito il modello. Questa modalità è particolarmente utile per creare un modello sulla base dei risultati dell'inversione. In tal caso, è preferibile ricostruire prima la sezione nella modalità *Contour-section*. Se la modellazione viene eseguita “da zero”, dopo aver attivato la modalità di modellazione è preferibile utilizzare l'opzione *Remove background* del menu principale del programma.

Ogni volta che si modificano i parametri del modello, è possibile ricalcolare i valori delle dromocrone sintetiche. Per annullare l'ultima operazione, utilizzare il pulsante . Si noti che il grado di corrispondenza del modello poligonale dipende dalla densità della mesh dell'immagine di sfondo del modello. Più fitta è la mesh, più accurati sono i risultati.

Due opzioni utili per lo scambio tra modello poligonale e modello a mesh:

Get values from mesh – questa opzione può essere utilizzata per creare un modello a partire dai risultati dell'inversione eseguita con un modello a mesh. Prima di utilizzare l'opzione, tracciare i contorni dei corpi poligonali (è possibile creare i poligoni direttamente lungo le isolinee



dell'immagine di sfondo a mesh). Eseguire quindi la procedura di determinazione dei parametri degli oggetti in base ai valori medi delle celle comprese nel poligono.

Set values to mesh – questa opzione può essere utile quando si utilizzano i dati di modellazione nell'inversione. L'opzione trasferisce i parametri dei poligoni nel modello a mesh.

La creazione e la modifica dei poligoni si eseguono utilizzando la barra degli strumenti visualizzata dopo aver fatto clic sul pulsante .

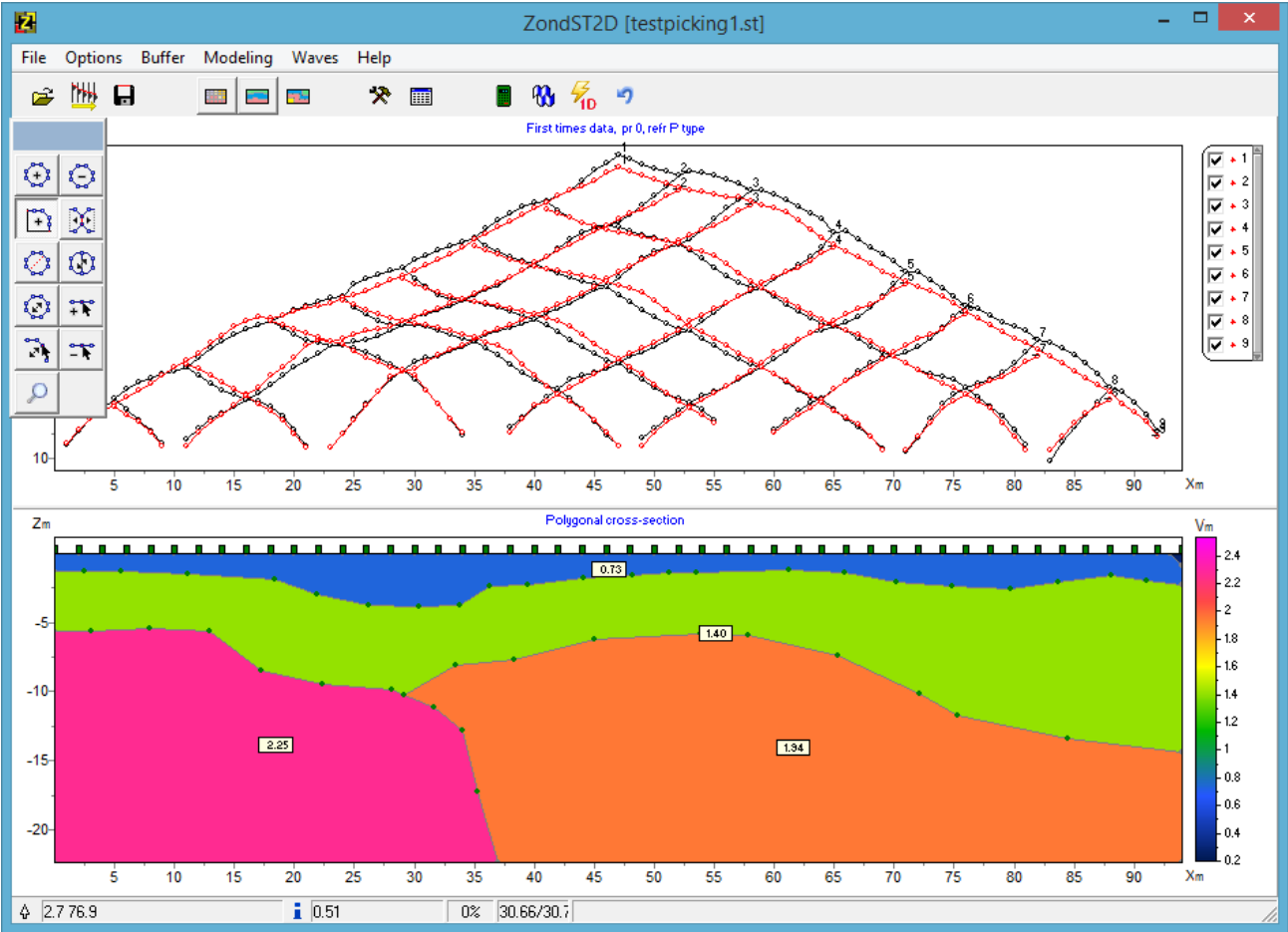
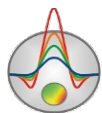


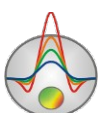
Fig. 52 Esempio di modello nella modalità di modellazione poligonale

La modalità di modellazione poligonale consente di descrivere sia singoli poligoni (corpi) in un mezzo incassante omogeneo, sia un sistema di poligoni (corpi) collegati tra loro. Per creare e modificare un poligono, selezionare lo strumento desiderato dalla barra degli strumenti di modellazione poligonale:

Strumento	Opzione
	Creazione di un poligono. Facendo clic con il pulsante sinistro del mouse si aggiunge un nuovo nodo al contorno del poligono. La definizione del contorno



	termina con un clic del pulsante destro del mouse; il poligono viene quindi chiuso automaticamente.
	Eliminazione di un poligono. Dopo aver selezionato lo strumento, fare clic con il pulsante destro del mouse sul poligono da eliminare.
	Creazione di un poligono adiacente a un poligono esistente o al contorno dell'area di modellazione. Dopo aver selezionato questo strumento, definire il contorno non adiacente al poligono esistente. Il primo e l'ultimo punto del contorno devono trovarsi sul contorno del corpo adiacente oppure sul contorno dell'area di modellazione. La definizione del contorno termina con un clic del pulsante destro del mouse. Il programma seleziona automaticamente il contorno adiacente oppure chiede di selezionarlo tramite una finestra di dialogo, se sono possibili due alternative.
	Separazione di poligoni adiacenti. Se lo strumento precedente è stato utilizzato per creare un modello con poligoni adiacenti, questo strumento consente di separarli, in modo da poter modificare i contorni, spostare o eliminare i poligoni indipendentemente. Dopo aver selezionato lo strumento, fare clic con il pulsante sinistro del mouse sul poligono da separare (fare clic una volta in un punto qualsiasi del poligono; i suoi contorni cambiano colore). La procedura di separazione termina con un clic del pulsante destro del mouse.
	Dividere un poligono con una linea retta (creare due poligoni da un unico poligono). Fare clic con il tasto sinistro del mouse per indicare il primo punto della linea, quindi con il tasto destro per indicare il secondo. Entrambi i punti devono trovarsi sul contorno del poligono da dividere.
	Spostare un poligono. Selezionare il poligono con il tasto sinistro del mouse. Durante il movimento del mouse, il poligono si sposta. Fissare la posizione del poligono con il tasto destro.
	Spostare una parte del poligono.
	Aggiungere un nodo. Fare clic con il tasto destro del mouse sul punto del contorno in cui si desidera aggiungere un nodo.
	Eliminare un nodo. Fare clic con il tasto destro del mouse sul nodo da eliminare.
	Spostare un nodo. Selezionare il nodo con il tasto sinistro del mouse, spostarlo muovendo il mouse e terminare lo spostamento con il tasto destro.



	Lente d'ingrandimento. Consente di modificare la scala di visualizzazione del modello.
---	--

Quando si utilizzano gli strumenti di modellazione poligonale, occorre ricordare che **tutte le operazioni si concludono con un clic destro del mouse**.

Per modificare i parametri di un poligono, fare doppio clic con il tasto sinistro del mouse su un punto qualsiasi del poligono. Verrà visualizzata la finestra di dialogo **Body parameters** (vedere la figura seguente).

Finestra di dialogo per la configurazione dei parametri del poligono

Questa finestra di dialogo consente di configurare diversi parametri dei poligoni e viene visualizzata facendo doppio clic sul poligono desiderato.

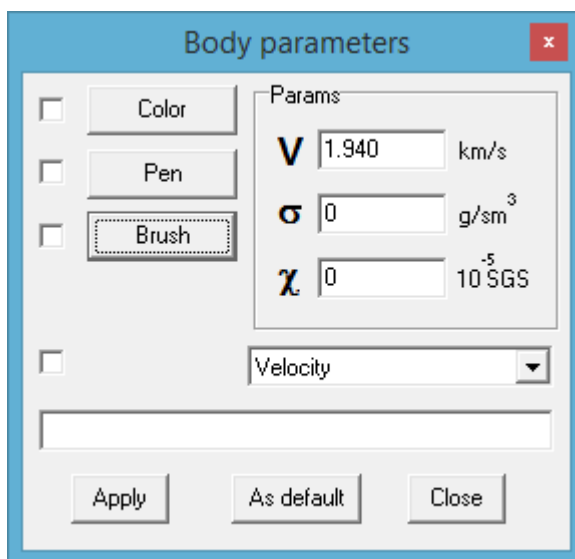
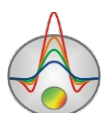


Fig. 53 **Finestra di dialogo per la configurazione dei parametri del poligono**

Color – apre la finestra di dialogo per la selezione del colore di riempimento del poligono. Se l'opzione è attivata, il colore selezionato verrà utilizzato per tutti i poligoni del modello.

Pen – apre la finestra di dialogo per la configurazione dei parametri del contorno del poligono. Se l'opzione è attivata, i parametri selezionati verranno utilizzati per tutti i poligoni del modello.

Brush – apre la finestra di dialogo per la configurazione dei parametri di riempimento del poligono. Se l'opzione è attivata, i parametri selezionati verranno utilizzati per tutti i poligoni del modello.



Gradient – apre la finestra di dialogo per la configurazione dei parametri del riempimento sfumato del poligono. Se l'opzione è attivata, i parametri selezionati verranno utilizzati per tutti i poligoni del modello.

V- imposta il valore della velocità del poligono

σ - imposta il valore della densità del poligono.

χ - imposta il valore della suscettività magnetica del poligono.

L'opzione successiva definisce il tipo di etichetta visualizzata sul poligono. Se l'opzione è attivata, il tipo selezionato verrà utilizzato per tutti i poligoni del modello.

Il valore *None* – sul poligono non verrà visualizzata alcuna etichetta.

Il valore *Velocity* – sul poligono verrà visualizzato il valore della densità del poligono.

Il valore *All* – sul poligono verranno visualizzati i valori di velocità, densità e suscettività magnetica.

Il valore *User text* – sul poligono verrà visualizzato il testo specificato nel campo sottostante. L'opzione successiva definisce il tipo di etichetta visualizzata sul poligono. Se l'opzione è attivata, il tipo selezionato verrà utilizzato per tutti i poligoni del modello.

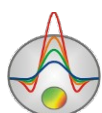
I modelli poligonalici possono essere salvati e caricati utilizzando le opzioni **Save polygons** e **Load polygons** del menu **Modeling** della barra degli strumenti principale. Con l'opzione **Export model to CAD** il modello poligonale viene esportato in un file in formato Autocad dxf.

Per eseguire la modellazione diretta con il modello creato, fare clic sul pulsante  nella barra degli strumenti oppure premere la barra spaziatrice.

Per aumentare la precisione della modellazione diretta, si consiglia di utilizzare una mesh più dettagliata. In particolare, dopo aver creato un modello poligonale, si può passare alla modalità a blocchi con il pulsante  e attivare l'opzione **Thin mesh** nelle impostazioni di ciascun asse.

Quindi si può tornare alla modalità di modellazione poligonale e fare clic su . La modellazione diretta verrà così eseguita su una mesh più dettagliata.

La modalità Polygonal modeling può essere utilizzata per l'interpretazione congiunta dei dati di prospezione sismica e gravimetrica e/o magnetica. In questo caso, la parte comune è costituita dal framework poligonale; poiché il framework è fisso, i parametri vengono invertiti separatamente. L'ottimizzazione delle velocità dei poligoni si avvia con il pulsante , mentre per l'inversione dei dati gravimagnetici si utilizza l'opzione: *Options/ GraviMagnetic/Inversion*.



Inversione dei dati di campo

Finestra di dialogo per la configurazione dei parametri di inversione

La finestra di dialogo per la configurazione dei parametri di inversione si apre con il pulsante



oppure selezionando la voce di menu **Option/Program setup**.

La finestra di dialogo consente di configurare i parametri relativi alla soluzione del problema diretto e del problema inverso.

La scheda **General** consente di configurare i parametri di inversione (Fig. 54).

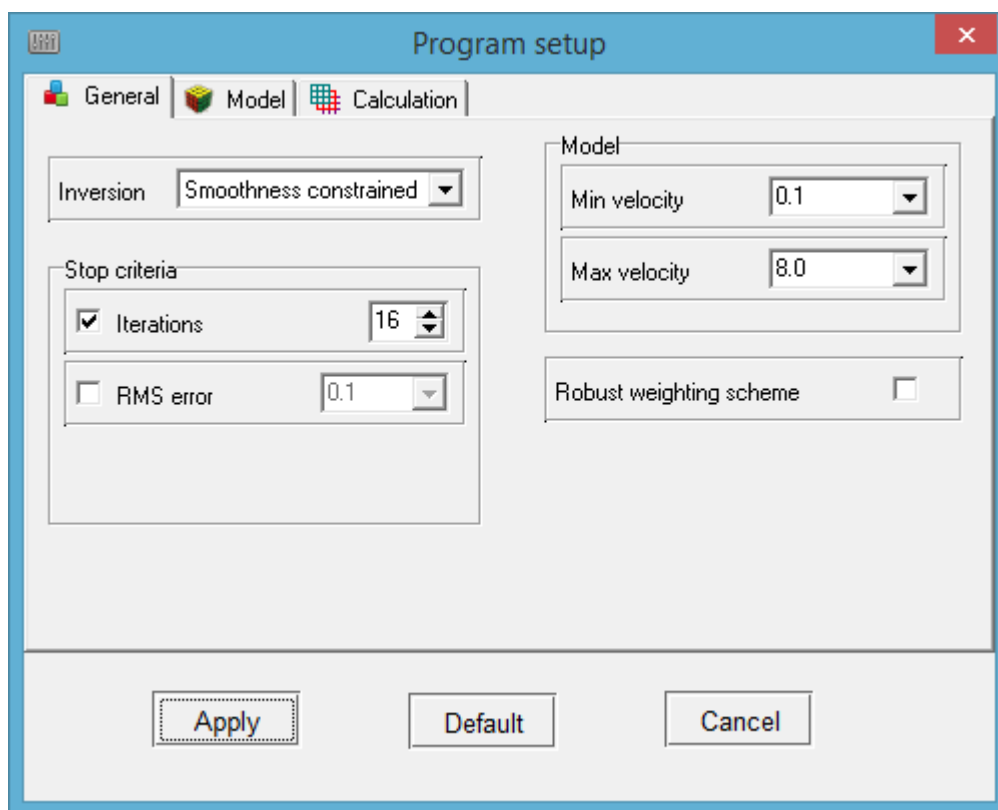
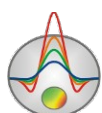


Fig. 54 Finestra di dialogo Program setup, scheda General

L'opzione *Inversion* definisce l'algoritmo utilizzato per risolvere il problema inverso.

Esaminiamo i diversi algoritmi di inversione utilizzando come esempio un modello del mezzo costituito da più blocchi (Fig. 55).

La distribuzione del parametro nel modello di prova differisce dalle distribuzioni della velocità delle onde elastiche che si riscontrano realmente nei mezzi, ma consente di illustrare chiaramente le differenze tra gli algoritmi di inversione.



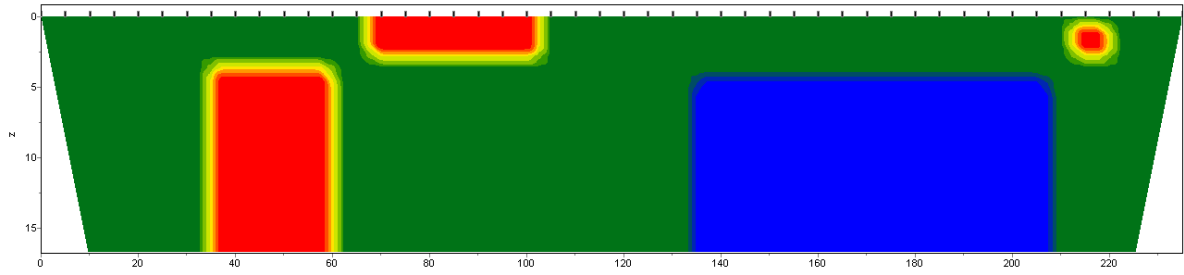


Fig. 55 **Modello di prova del mezzo**

Per testare gli algoritmi, calcoliamo la risposta teorica di questo modello e vi aggiungiamo rumore gaussiano del 5%.

Smoothness constrained – inversione con il metodo dei minimi quadrati che utilizza un operatore di smoothing. Questo algoritmo produce una distribuzione dei parametri regolare (senza discontinuità brusche) e stabile (Fig. 56).

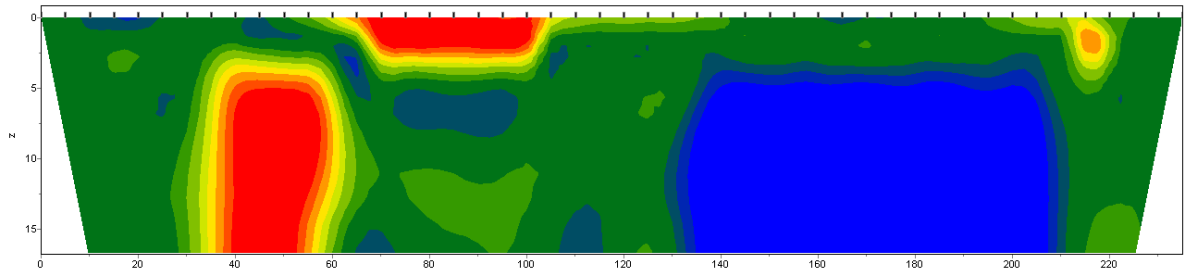


Fig. 56 **Modello ricostruito mediante l'inversione Smoothness constrained**

L'equazione matriciale per questa variante di inversione è la seguente:

$$(A^T W^T W A + \mu C^T C) \Delta m = A^T W^T \Delta f$$

Come si vede dall'equazione, durante l'inversione non viene minimizzato il contrasto del modello. Questo algoritmo consente di raggiungere valori minimi dell'errore di fit. Nella maggior parte dei casi se ne consiglia l'uso nelle fasi iniziali dell'interpretazione.

Occam – inversione con il metodo dei minimi quadrati, che utilizza un operatore di smoothing e un'ulteriore minimizzazione del contrasto [Constable, 1987]. Questo algoritmo restituisce la distribuzione dei parametri più regolare (Fig.57).

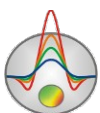
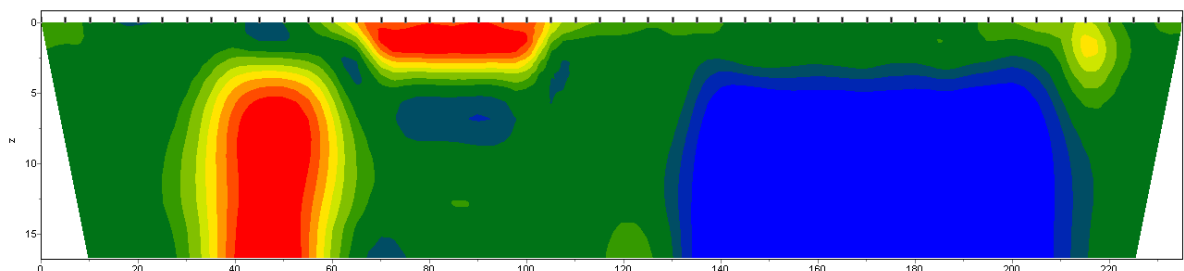


Fig. 57 **Modello ricostruito mediante l'inversione Occam**

L'equazione matriciale per questa variante di inversione è la seguente:

$$(A^T W^T W A + \mu C^T C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T C m$$

Il grado di regolarità del modello risultante è direttamente proporzionale al valore di *Smoothness factor*. Si noti che valori troppo elevati del parametro possono causare un aumento dell'errore di fit.

Marquardt – algoritmo classico di inversione con il metodo dei minimi quadrati, con regolarizzazione mediante un parametro di smorzamento (**Ridge regression**) [Marquardt, 1963]. Con un numero ridotto di parametri della sezione, l'algoritmo consente di ottenere un modello con elevato contrasto (Fig.58).

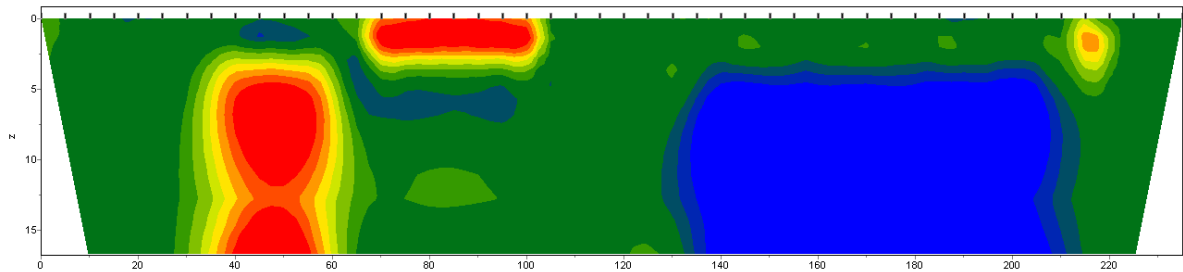


Fig. 58 **Modello ricostruito mediante l'inversione Marquardt**

L'equazione matriciale per questa variante di inversione è la seguente:

$$(A^T W^T W A + \mu I) \Delta m = A^T W^T \Delta f$$

L'uso improprio di questa variante dell'inversione può portare a risultati instabili o a un aumento dello scarto quadratico medio, ossia alla divergenza dell'algoritmo.

È preferibile utilizzare il metodo **Marquardt** come metodo di affinamento (per ridurre l'errore di fit), dopo aver eseguito l'inversione con gli algoritmi **Smoothness constrained** oppure **Occam**.

Focused – inversione con il metodo dei minimi quadrati, che utilizza un operatore di smoothing e un'ulteriore focalizzazione del contrasto [Portniaguine, 2000]. Questo algoritmo restituisce una distribuzione dei parametri regolare a tratti, ossia un modello costituito da blocchi con velocità costante (Fig.59).

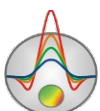
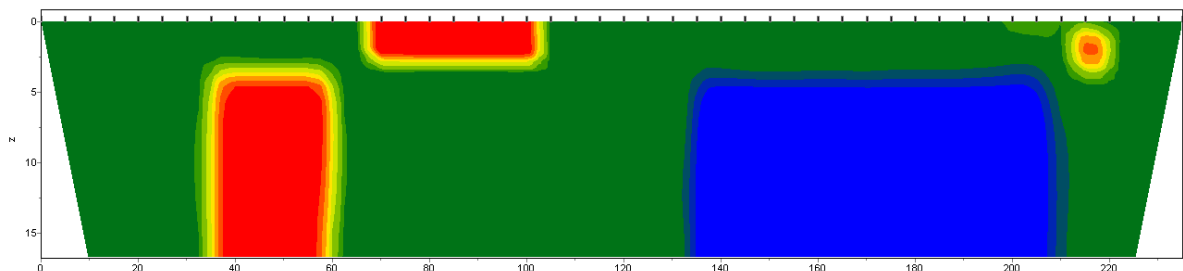


Fig. 59 **Modello ricostruito mediante l'inversione *Focused***

L'equazione matriciale per questa variante di inversione è la seguente:

$$(A^T W^T W A + \mu C^T R C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T R C m$$

L'uso di questa variante dell'inversione richiede un'attenta scelta del parametro di soglia del contrasto *Threshold*. Questo parametro definisce il valore di soglia del contrasto tra celle adiacenti, raggiunto il quale i parametri di tali celle non vengono mediati tra loro (ossia si considera che tra le celle passi un'interfaccia). La dipendenza del grado (o peso) di mediazione di due celle adiacenti R_i dalla soglia del contrasto e e dal contrasto tra queste celle r_i è la seguente:

$$R_i = \frac{e^2}{e^2 + r_i^2}.$$

Blocks – determinazione dei parametri di singole aree con velocità diverse. Le aree con la stessa velocità vengono considerate come un unico blocco (Fig.60).

L'equazione matriciale di questa variante dell'inversione è uguale a quella dell'algoritmo **Marquardt**:

$$(A^T W^T W A + \mu I) \Delta m = A^T W^T \Delta f$$

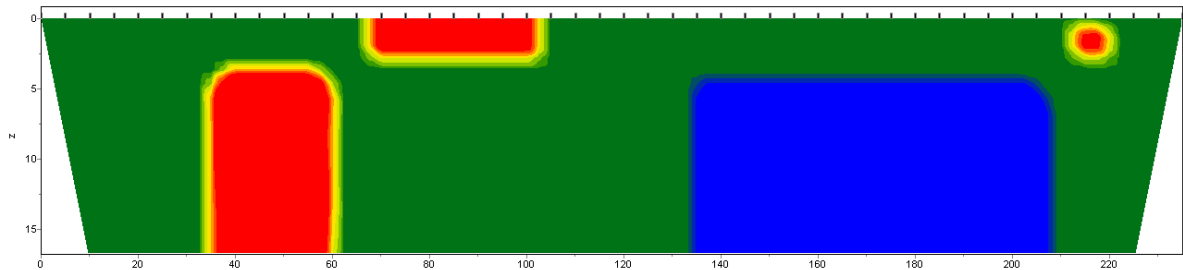


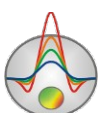
Fig. 60 **Modello ricostruito mediante l'inversione *Blocks***

È preferibile utilizzare l'algoritmo nella fase di affinamento dei risultati ottenuti con i metodi precedenti (preferibilmente **Focused**), dopo aver unito le celle nei blocchi desiderati con l'opzione *Model smooth/rough*. Per selezionare manualmente i singoli blocchi, utilizzare l'editor del modello, assegnando parametri diversi alle diverse aree. Durante l'uso di questa finestra di dialogo, i singoli blocchi vengono delimitati da un'interfaccia.

L'area **Stop criteria** contiene i criteri di arresto dell'inversione.

Iterations – se l'opzione è attivata, il processo di inversione si arresta al raggiungimento del numero di iterazioni impostato.

RMS error – se l'opzione è attivata, il processo di inversione si arresta al raggiungimento del valore impostato per l'errore di fit.



Area **Model**

Min velocity, Max velocity – imposta i limiti di variazione dei parametri del modello durante l'inversione. Se si impostano limiti generali ristretti per la variazione dei parametri o limiti individuali per alcune celle, l'inversione tenderà continuamente di portare i parametri oltre i limiti specificati. Ciò può influire notevolmente sulla velocità di convergenza. In questo caso, si attivi **Options / Inversion / Optimization / Lim based inv.** Questa variante dell'inversione, da un lato, riduce il contributo delle celle che superano i limiti impostati e, dall'altro, utilizza norme speciali dei parametri che rendono difficile superarli.

Robust weighting scheme – si attivi questa opzione se nei dati sono presenti alcuni valori anomali di forte entità, dovuti a errori di picking. Se la quantità di dati errati è paragonabile a quella delle misure valide, l'algoritmo potrebbe non fornire risultati positivi.

La seconda scheda **Model** serve a impostare i parametri aggiuntivi dell'inversione (Fig.61).

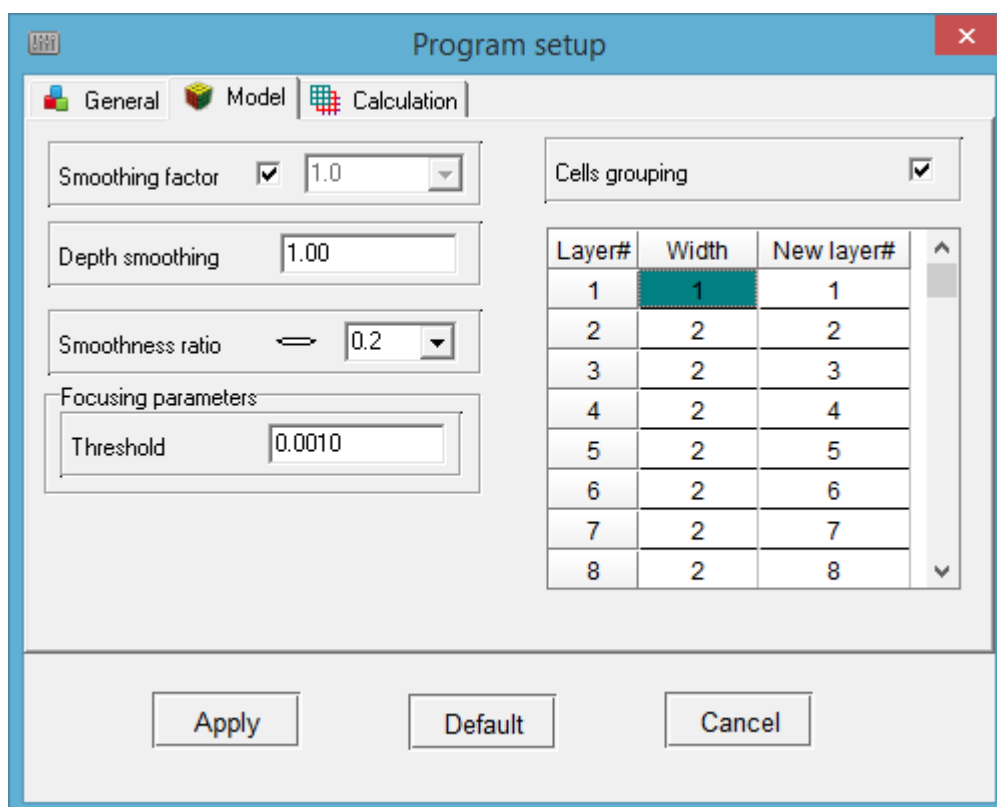
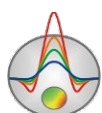


Fig. 61 Finestra di dialogo Program setup, scheda Model



Smoothing factor – imposta il rapporto tra la minimizzazione dell'errore di fit delle misure e quella dell'errore di fit del modello (ad esempio, la regolarità). Per dati con un elevato livello di rumore o per ottenere una distribuzione dei parametri più regolare e stabile, si scelgono valori relativamente alti del parametro di smoothing: 0.5 - 10; per misure di alta qualità, si utilizzano valori pari a: 0.005 - 0.1. Valori elevati del parametro di smoothing producono generalmente valori più alti dell'errore di fit dei dati (vedere la figura seguente). È utilizzato negli algoritmi di inversione **Occam** e **Focused**. Se l'ottimizzazione (*Line search*) è disattivata, il programma consente di selezionare automaticamente il valore del parametro di smoothing. A tale scopo, si selezionano la casella di controllo a destra di smoothing factor.

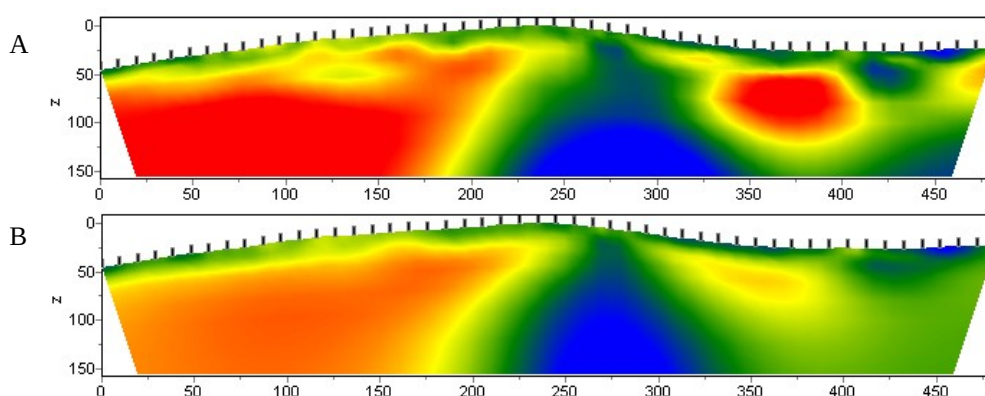
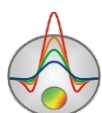


Fig. 62 **Modelli ottenuti dall'inversione Occam con il parametro *smoothing factor*: 0.01 (A) e 1.0 (B)**

Depth smoothing – imposta il coefficiente di smoothing con la profondità. Il valore di questo parametro dipende anche dal livello di rumore: in presenza di un rumore elevato e di oscillazioni o strutture «non geologiche» nella parte inferiore della sezione durante l'inversione, è necessario aumentare questo parametro. Il valore viene determinato empiricamente.

Smoothness ratio – determina il rapporto tra il grado di smoothing orizzontale e verticale. Per strutture a strati orizzontali, utilizzare valori di questo parametro < 1 ; per strutture a strati verticali, > 1 . In genere, per questo parametro si utilizzano valori compresi tra 0.2 e 1 (Fig.63).



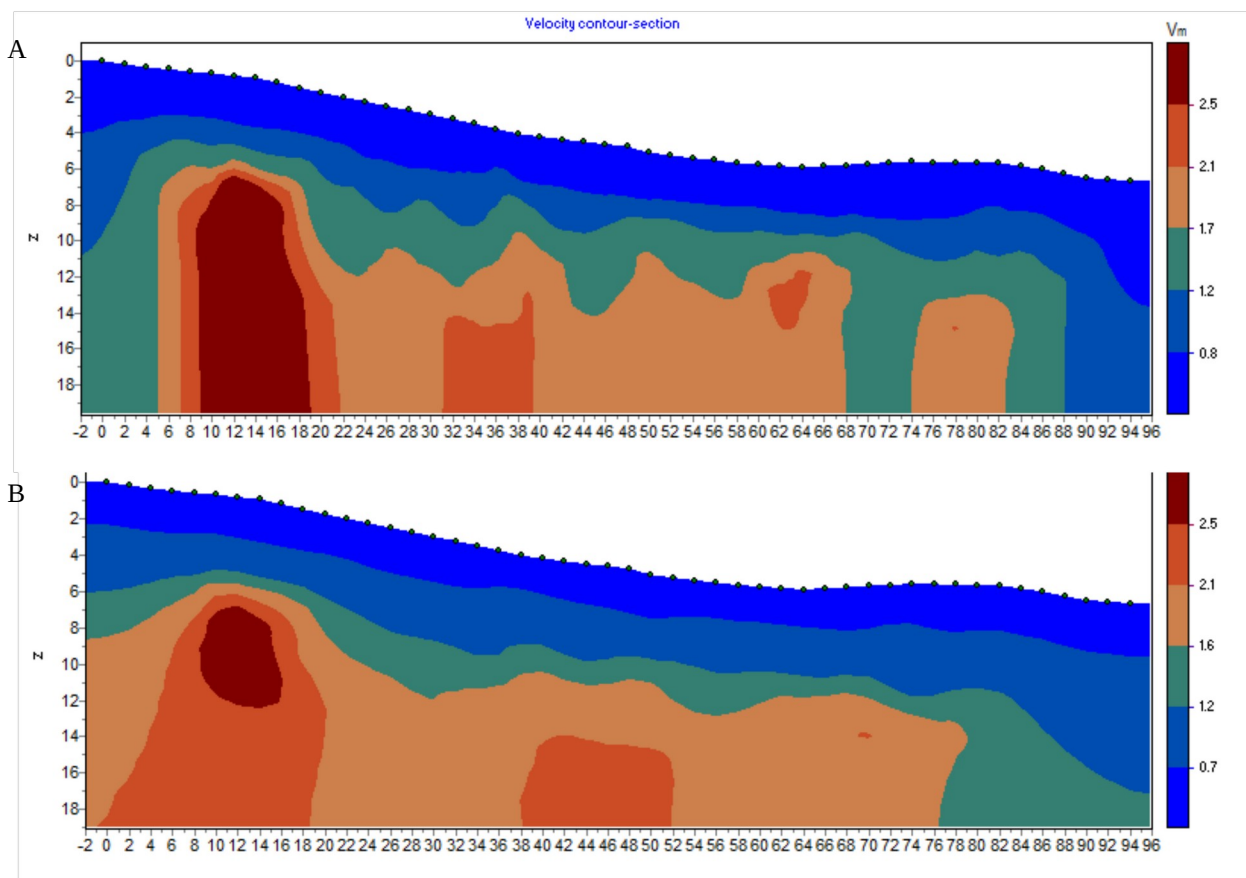


Fig. 63 Modelli di velocità ottenuti dall'inversione «smooth» con il parametro *Smoothness ratio*: 1 (A) e 0.5 (B)

Area Focusing parameters

Threshold – imposta il valore di soglia del contrasto tra celle adiacenti, al cui raggiungimento i parametri delle celle non vengono mediati tra loro (ovvero, si considera che tra le celle passi un'interfaccia). Il valore di questo parametro viene determinato empiricamente (0.001-1) (Fig.64). Un valore troppo basso può causare la divergenza dell'algoritmo (in tal caso, si deve aumentare il valore). Valori del parametro troppo elevati producono una distribuzione liscia.

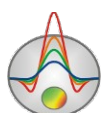
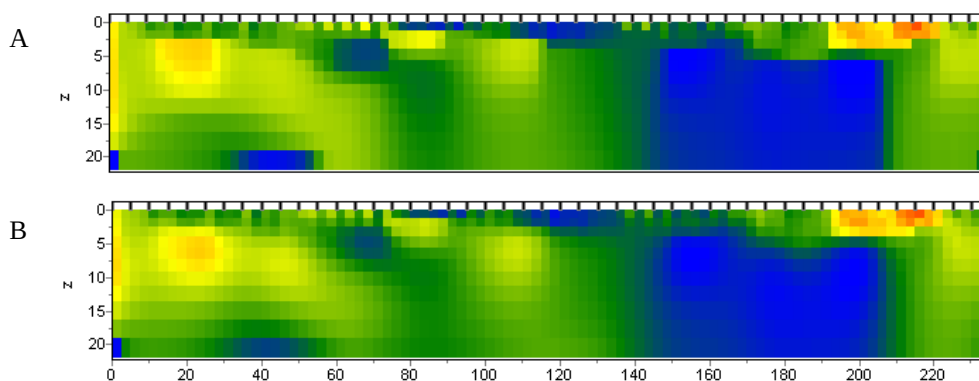


Fig. 64 **Modelli ottenuti dall'inversione *Focused* con il parametro *Threshold*: 0.01 (A) e 0.1 (B)**

Cells grouping – utilizzare questa opzione per i modelli di grandi dimensioni. L'opzione attiva una tabella che consente di unire celle adiacenti e ridurre il numero di parametri determinati durante l'inversione. Quando si utilizza questa opzione, il numero di celle per la soluzione del problema diretto rimane invariato, mentre diminuisce il numero di celle per l'inversione. Idealmente, il numero di parametri da determinare dovrebbe essere vicino al numero di dati.

La tabella contiene tre colonne: nella prima (*Layer*) è indicato il numero dello strato del modello iniziale; nella terza (*ID*) si imposta il numero dello strato della rete di inversione; nella seconda (*Width*) si deve indicare il numero di celle (in direzione orizzontale) contenute in ciascuna cella della rete di inversione per lo strato in questione. La rete di inversione viene visualizzata nell'editor del modello durante la configurazione. Facendo doppio clic con il pulsante sinistro del mouse sulle celle della colonna *Width* è possibile unire le celle in direzione orizzontale per lo strato in questione; con il clic destro, per lo strato in questione e per tutti quelli sottostanti.

Facendo doppio clic con il pulsante sinistro del mouse sulle celle della colonna *ID* è possibile unire le celle in direzione verticale; con il clic destro, per lo strato in questione e per tutti quelli sottostanti.

Di seguito sono riportati esempi di tre reti di inversione: nella prima, la rete di inversione corrisponde a quella del modello (Fig.65A); nella seconda, a partire dal secondo strato, le celle sono raggruppate a due a due (Fig.65B); nella terza, a partire dal secondo strato, le celle sono raggruppate in gruppi di quattro (Fig.65C).

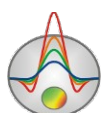
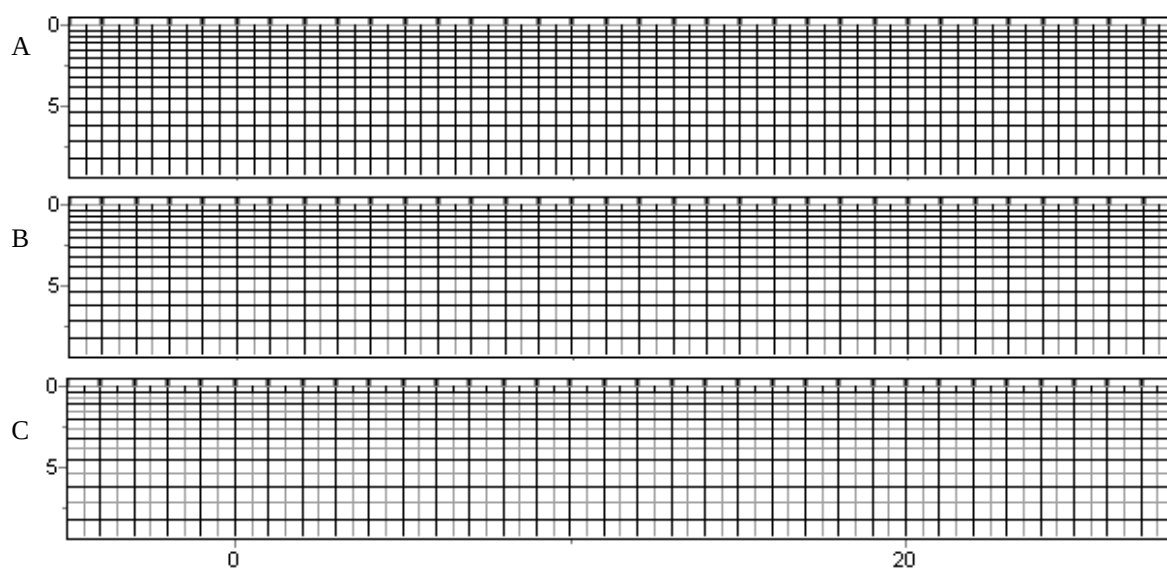


Fig. 65 Esempi di reti di inversione

La terza scheda **Calculation** è destinata alla configurazione dei parametri del problema diretto (Fig.66).

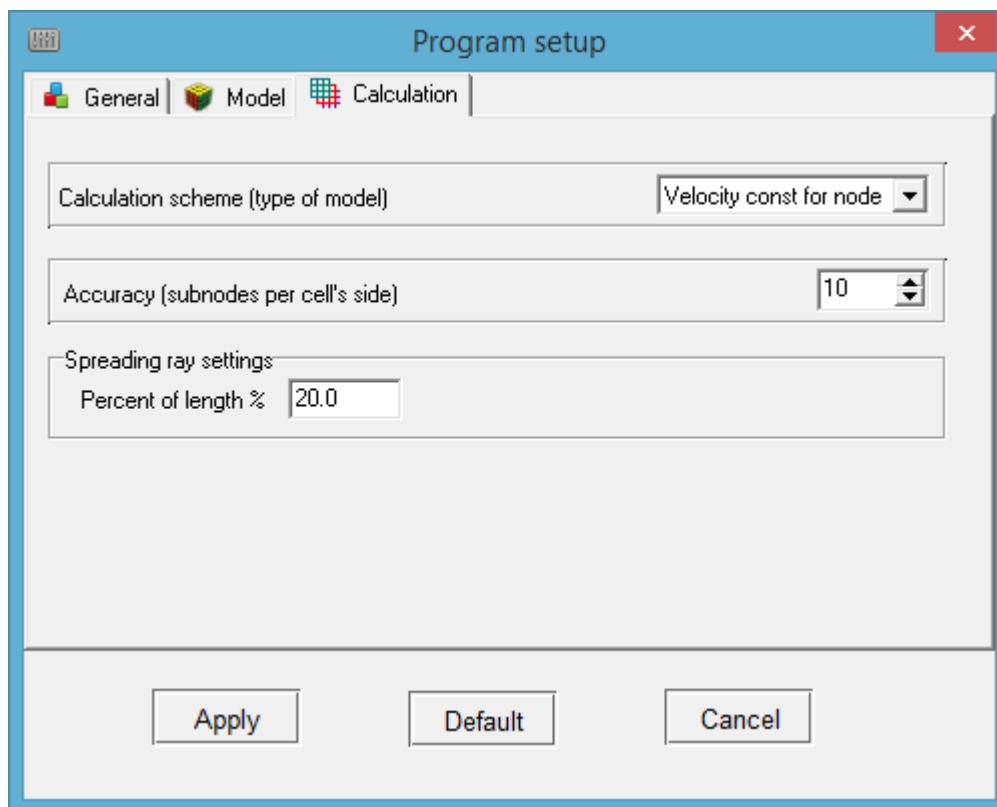
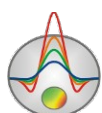


Fig. 66 Finestra di dialogo Program setup, scheda Calculation

Calculation scheme (type of model) – selezionare lo schema di calcolo del problema diretto.

Il programma implementa tre metodi per la soluzione del problema diretto, ovvero per il calcolo delle traiettorie dei raggi sismici in un mezzo bidimensionale arbitrario. Nel primo caso (*Velocity const for cell*), il mezzo è suddiviso in celle con velocità costante assegnata. Ciò significa che il raggio attraversa la cella a velocità costante. Questo algoritmo produce la copertura dei raggi meno regolare.

Nel secondo metodo (*Velocity const for node*), il mezzo è suddiviso in nodi ai quali è assegnata una velocità, che varia linearmente tra i nodi. Questo metodo produce una copertura dei raggi più regolare rispetto al precedente. Una certa difficoltà è rappresentata dalla conversione inversa dei valori di velocità nei nodi in un modello a celle (dopo l'inversione). Questa procedura rende leggermente più lisci i valori di velocità e aumenta l'errore di fit.



Il terzo metodo (*Spreading ray*) implementa la formulazione più stabile del problema. Si basa sul concetto di un raggio che si espande con la profondità. Ciò significa che, durante l'attraversamento del mezzo, il raggio del «canale» si espande e, con la profondità, ingloba un volume sempre maggiore. Le celle più vicine al raggio centrale del «canale» influiscono maggiormente sulla velocità media del «canale» lungo il tratto del percorso. Questo metodo produce la copertura dei raggi più regolare. L'opzione *Percent of length,%* controlla il grado di espansione del raggio in funzione della distanza dalla sorgente/dal ricevitore, espresso in percentuale della lunghezza del percorso del raggio. Il metodo del raggio espandente è il più stabile e garantisce la migliore copertura, ma richiede la configurazione del «canale». Inoltre, presenta lo stesso svantaggio del metodo precedente, dovuto allo smoothing dei valori di velocità durante la conversione al modello a celle.

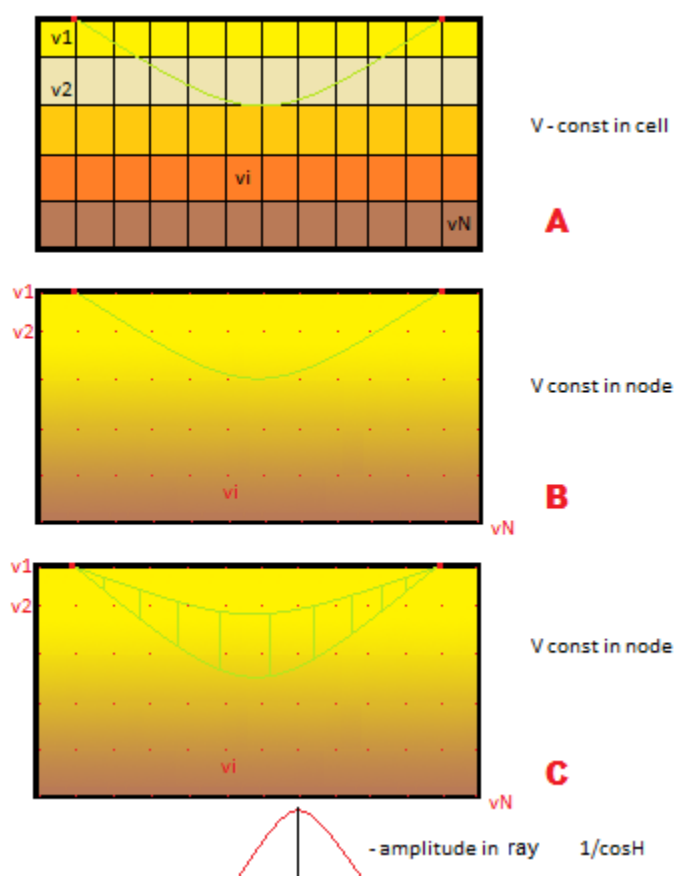
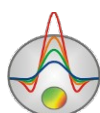


Fig. 67 Varianti di definizione della velocità nella cella

L'opzione *Accuracy subnodes per cell's side* controlla la precisione dei calcoli per tutti e tre i metodi. Imposta il numero di nodi intermedi di calcolo del modello, determinando così la precisione in termini di lunghezza. In genere, 10-20 nodi sono sufficienti per risolvere il problema con precisione. Si noti che la velocità di calcolo dipende direttamente da questo parametro: all'aumentare del numero di nodi, la velocità diminuisce.



Modalità di modellazione e inversione dell'anisotropia delle velocità

Attualmente, nel programma è implementata una semplice modalità di considerazione dell'anisotropia delle velocità sismiche. Nei calcoli vengono utilizzati valori diversi della velocità dell'elemento della sezione in direzione verticale e orizzontale. La considerazione dell'anisotropia influisce in modo particolarmente significativo sui risultati delle misure di sismica tra pozzi.

Il programma ricostruisce il valore medio della velocità e il rapporto V_x/V_z in modalità a velocità costante nella cella. Per calcolare l'anisotropia, selezionare la funzione *Invert Anisotropy* nella scheda **Options/Inversion** del menu principale del programma. Se si seleziona questa opzione, durante l'inversione (dopo la seconda iterazione) viene visualizzata una finestra aggiuntiva, che mostra la distribuzione del parametro di anisotropia (V_x/V_z) della sezione e il modello calcolato. Se è necessario che la sezione di velocità e quella di anisotropia presentino caratteristiche più simili, è possibile eseguire un'inversione congiunta in modalità cross-gradient. A tale scopo, nel sottomenu *Cross-gradient* selezionare la voce *Anisotropy*.

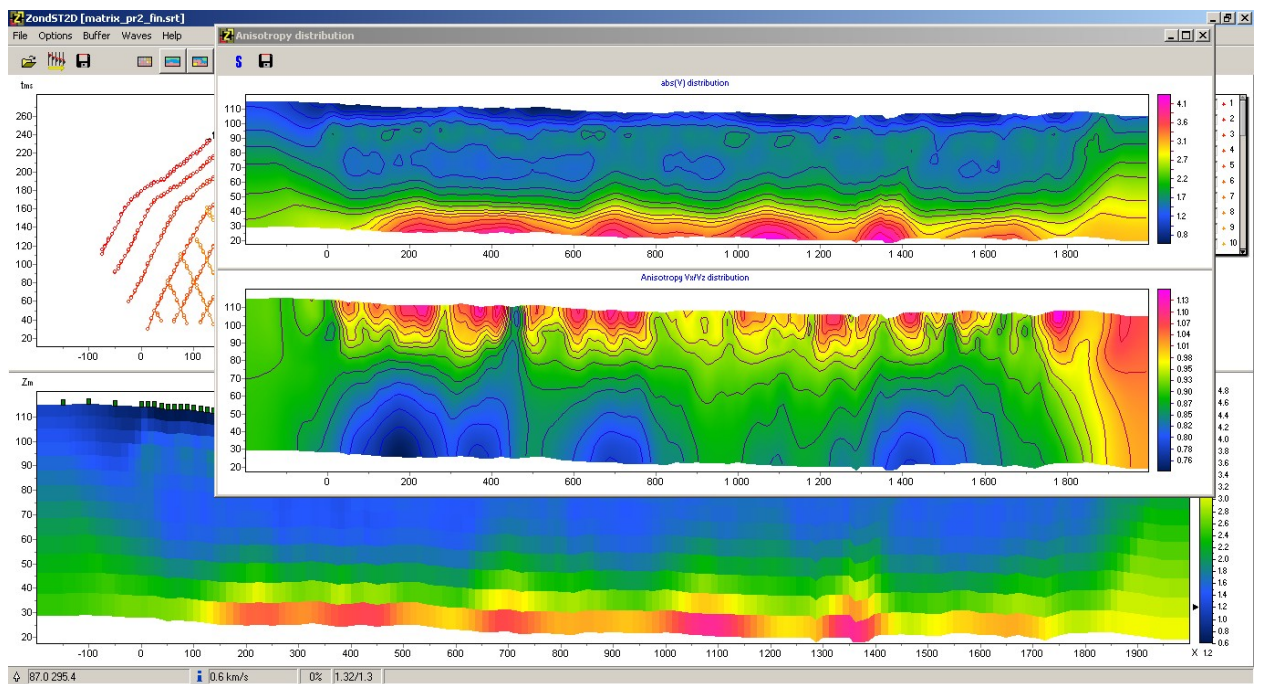
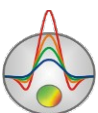


Fig. 68 Risultato del calcolo dell'anisotropia. Finestra Anisotropy distribution

È necessario prestare attenzione quando si stimano contemporaneamente la velocità media e il parametro di anisotropia, poiché quest'ultimo introduce un ulteriore grado di libertà (accentuando l'equivalenza della soluzione). Si consiglia di utilizzare questa modalità quando si è certi che



nella sezione siano presenti rocce anisotrope, oppure per l'inversione di misure di sismica tra pozzi, in cui gli angoli di incidenza sono molto più ampi.

Per passare alla modalità di modellazione dell'effetto dell'anisotropia, utilizzare la voce di menu **Options/Model/Display/Anisotropy**. Questa modalità consente di simulare diverse situazioni geologiche, determinare in che misura la presenza di anisotropia influisce sui dati e valutare la possibilità di ricostruire questo parametro mediante inversione.

Modalità Attenuation tomography

Il modulo **Attenuation tomography** è destinato alla ricostruzione del parametro di attenuazione Q del mezzo (inverso del fattore di qualità del mezzo). Per accedere a questo modulo, selezionare l'opzione *Attenuation* nel menu **Options/Model/Display** del menu principale del programma. A questo punto, nel menu **Options** viene visualizzata una scheda aggiuntiva *Attenuations*.

L'algoritmo di calcolo presuppone che sia già stato risolto il problema inverso per le velocità sismiche e che sia noto il ray tracing.

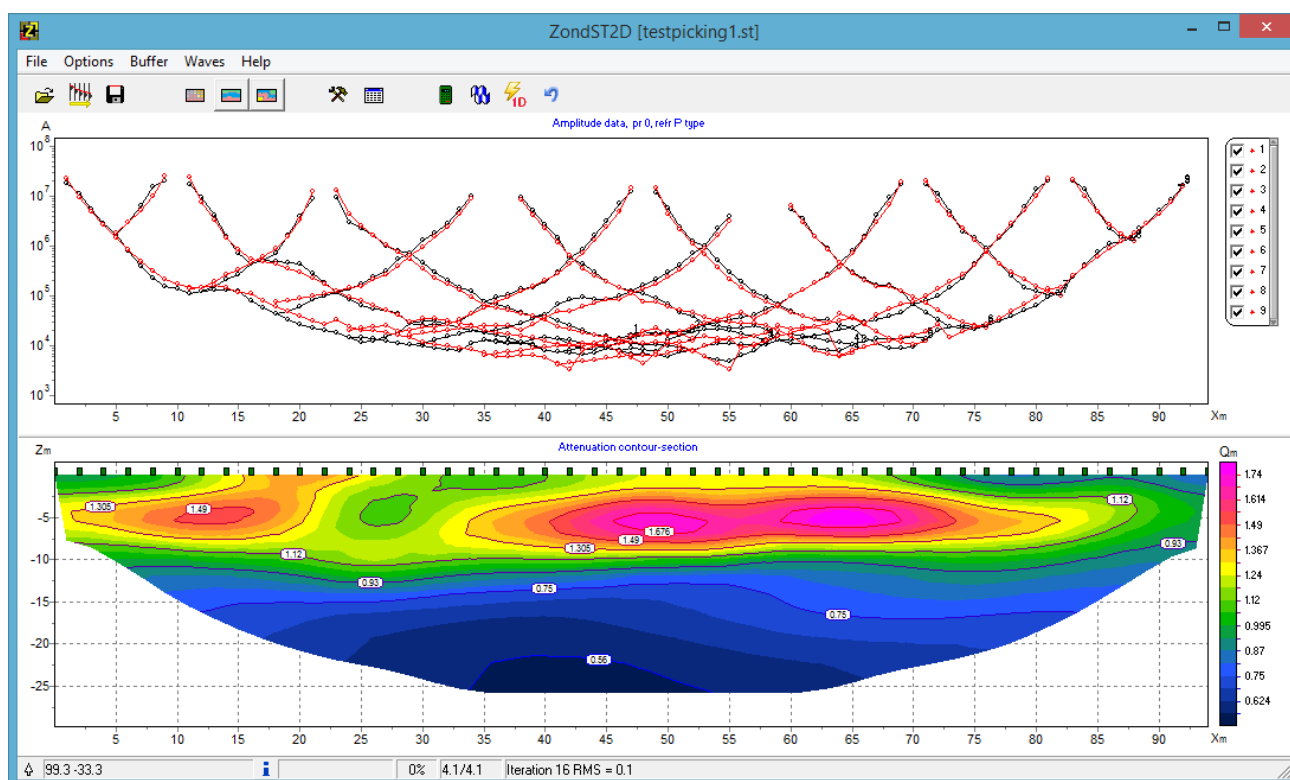
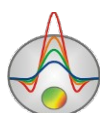


Fig. 69 Sezione del parametro Q (attenuazione)



La procedura utilizza i seguenti parametri in ingresso: traiettorie dei raggi sismici, sezione di velocità e ampiezze dei primi arrivi. Le ampiezze vengono determinate automaticamente durante il picking delle dromocrone dei primi arrivi. Si noti che, per questo algoritmo, è più corretto eseguire il picking sui valori massimi (in valore assoluto). Se il picking è stato eseguito sul fronte d'onda iniziale, è necessario utilizzare le opzioni specifiche per correggere i valori delle ampiezze (riportandoli ai massimi): *collect amplitudes from* e le impostazioni *Amplitude collect settings*.

Per il corretto funzionamento dell'opzione, è importante scegliere correttamente la larghezza della finestra di ricerca in cui verrà individuato il massimo.

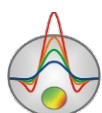
Per l'inversione delle ampiezze è fondamentale il modello di velocità di base (copertura dei raggi). Prima di avviare la procedura di calcolo, verificare quindi che i raggi coprano la sezione in modo sufficientemente completo su tutta l'area.

Una volta ottenuta una copertura dei raggi di buona qualità, si può passare al modulo *Attenuation*. Nella sezione superiore della finestra del modulo sono visualizzati i grafici delle ampiezze. Sono rappresentati come le dromocrone dei primi arrivi, ma sull'asse verticale sinistro sono riportate le ampiezze in scala logaritmica. Se i grafici delle ampiezze presentano molti picchi o appaiono rumorosi, è possibile applicare lo smoothing ai dati tramite l'opzione **Data/Smooth data** in modalità *Attenuation*. In generale, le ampiezze dovrebbero diminuire all'aumentare dell'offset dalla sorgente.

È possibile visualizzare i grafici delle ampiezze singolarmente o in gruppi, utilizzando la legenda dei grafici e la rotellina del mouse. È inoltre possibile ingrandire o ridurre singole porzioni del grafico con il mouse. Per correggere singoli valori di ampiezza si utilizza il pulsante sinistro del mouse. Per attivare o disattivare singoli valori o gruppi si utilizza il pulsante destro del mouse (tenendo premuto il tasto [ALT]).

L'algoritmo di inversione delle ampiezze utilizza le stesse impostazioni principali della tomografia delle onde rifratte. Prima del calcolo è necessario impostare un parametro importante: la frequenza media del segnale utile (*Attenuation/Frequency*). È possibile stimarla visivamente o in base allo spettro medio dei sismogrammi. Per avviare la procedura di calcolo, utilizzare il pulsante . Durante il processo iterativo di inversione, nella parte inferiore della finestra viene visualizzato il modello del parametro Q, mentre nella parte superiore sono mostrati i grafici delle ampiezze osservate e calcolate.

Il risultato dell'algoritmo è la distribuzione del parametro di attenuazione Q, che, insieme alla sezione di velocità, riveste grande interesse per la geologia applicata.



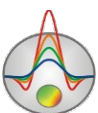
Modalità Layered inversion

La modalità **Layered Inversion** è destinata alla risoluzione dei problemi diretto e inverso della tomografia sismica a rifrazione e a riflessione in un mezzo a strati arbitrari. Per mezzo a strati arbitrari si intende una sezione multistrato con geometria arbitraria delle interfacce e variazione arbitraria della velocità delle onde sismiche all'interno di ciascuno strato.

È un analogo del modulo principale del programma, in cui il mezzo è discretizzato in celle, ma rappresentato mediante strati. Questa descrizione del mezzo è più strutturata e comprensibile per i geologi. A differenza del metodo T0, in **ZondST2D** è implementata la soluzione esatta del problema. Ciò significa che l'onda non è vincolata a propagarsi lungo l'interfaccia (non vi sono limitazioni alla curvatura), ma segue il percorso con il tempo di percorrenza minimo. La considerazione delle variazioni di velocità all'interno dello strato è particolarmente importante nelle indagini geologico-tecniche, in cui le variazioni laterali della velocità sono importanti quanto quelle in profondità. Il modulo consente di risolvere il problema diretto, ovvero di eseguire la modellazione matematica, e il problema inverso, ovvero di ricostruire la geometria delle interfacce e le velocità degli strati.

In ingresso al modulo si immettono le dromocrone dei primi arrivi sottoposte a picking, le coordinate delle sorgenti e dei ricevitori e la topografia della superficie di misura; in uscita si ottiene una sezione di velocità a strati arbitrari.

La finestra principale è suddivisa in due sezioni. In quella superiore sono visualizzati i grafici osservati e calcolati dei primi arrivi, in quella inferiore la sezione di velocità (Fig. 70).



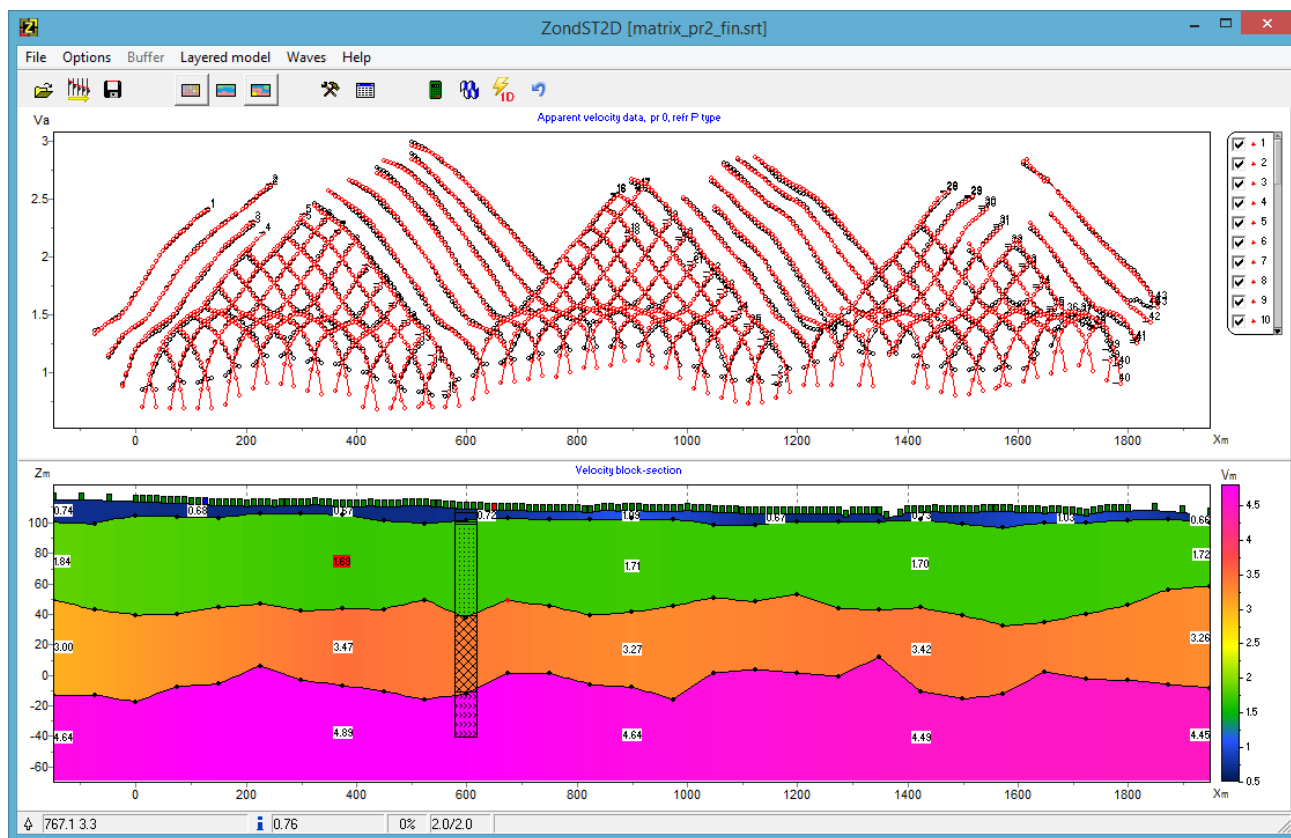
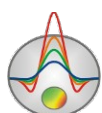


Fig. 70 Finestra principale del programma in modalità Layered Inversion

Dopo il passaggio alla modalità con modello a strati, nel menu principale del programma compare la scheda *Layered model*.

Prima di iniziare, è necessario creare un modello iniziale del mezzo. Come sezione di partenza si utilizza un mezzo a strati orizzontali, con velocità costante all'interno di ogni strato. Il modello iniziale può essere configurato nella finestra di dialogo richiamata dalla voce del menu principale **Layered/model constructor**. Per risolvere il problema inverso è molto importante definire una buona stima iniziale del modello, vicina al mezzo reale. Il modello iniziale può essere scelto sulla base dell'analisi dei risultati dell'inversione in modalità mesh. Gli stessi risultati possono essere integrati nella struttura del modello creato con l'opzione **Layered/Load from mesh**. I parametri importanti sono il numero di strati, il gradiente di velocità (variazione della velocità da uno strato all'altro) e gli spessori degli strati. La correttezza del modello iniziale si valuta in base alla copertura dei raggi nella sezione a strati (i raggi devono passare lungo le interfacce di tutti gli strati). Inoltre, il pulsante  semplifica notevolmente la scelta del modello iniziale, se il numero di strati è noto. La procedura determina automaticamente i parametri degli strati del modello iniziale mediante un'inversione 1D.



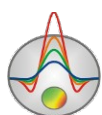
Altri parametri importanti sono il numero di nodi geometrici delle interfacce e il numero di nodi di variazione della velocità. Un nodo geometrico dell'interfaccia di uno strato è un punto in cui può variare la sua coordinata verticale. Pertanto, un numero maggiore di nodi consente una geometria dell'interfaccia più complessa. D'altra parte, un numero minore di nodi consente di determinare l'interfaccia con maggiore affidabilità. È preferibile scegliere il numero di nodi geometrici in base al numero di posizioni uniche dei ricevitori lungo il profilo. Il numero di nodi è uguale per tutte le interfacce degli strati, tranne la superficie di misura. In modalità di modellazione (**Layered/Edit mode**) i nodi sono visualizzati come cerchi, che si possono spostare con il mouse o fissare durante l'inversione (facendo clic sul nodo con CTRL premuto, i nodi fissati diventano rossi). È conveniente modificare le interfacce con l'opzione **Layered/Transparent** attivata, usando come immagine di sfondo il risultato dell'inversione in modalità mesh.

I nodi di velocità, o profilo di variazione della velocità, definiscono la distribuzione della velocità all'interno dello strato. Il profilo di velocità è definito da un insieme di valori nodali fissi, tra i quali la velocità varia linearmente. Il programma consente di specificare un numero diverso di nodi per il primo strato e per tutti gli strati successivi. In genere, la velocità nello strato superiore varia maggiormente, pertanto è opportuno definirne un profilo più dettagliato (3-10 nodi). Negli strati inferiori la velocità varia più gradualmente ed è possibile limitarsi a 1-3 nodi. In modalità di modellazione (**Layered/Edit mode**) si possono modificare i valori dei parametri nodali facendo clic con il pulsante destro del mouse sull'etichetta del valore. Per fissare un parametro durante l'inversione, si fa clic con il pulsante destro del mouse sull'etichetta del valore tenendo premuto CTRL.

Va sottolineata un'altra importante funzione del mezzo a strati arbitrari: consente di eseguire l'inversione congiunta di diversi metodi geofisici, non solo sismici, ottenendo un modello con geometria delle interfacce e posizioni dei nodi dei parametri comuni. L'inversione congiunta è possibile per i seguenti tipi di dati: tempi V_p , tempi V_s , curve MASW, tempi delle onde riflesse, dati gravimetrici, dati magnetici, dati di prospezione elettrica verticale (VES), dati MT, dati TEM. Poiché i diversi metodi geofisici utilizzano parametri fisici diversi, è necessario configurare ciascuno di essi.

Finestra di dialogo per la configurazione del modello iniziale

La finestra di dialogo per la configurazione del modello iniziale si richiama dalla voce del menu principale **Layered/model constructor**. Come già detto, il modello iniziale è molto



importante per risolvere il problema inverso. È importante scegliere correttamente il numero di strati, il gradiente di velocità e il fattore di variazione degli spessori.

N	par	Pmin	Pmax	Z	Zmin	Zmax
1	0.7-1.1	0.1	8	5.0-15.5	5	20
2	1.7-1.8	0.1	8	46.4-75.	20	80
3	3.0-3.5	0.1	8	94.2-13	65	260
4	4.4-4.9	0.1	8	*	*	*

Fig. 71 Scheda Start model del menu di configurazione dei parametri di inversione in modalità Layered model

Start thickness consente di specificare lo spessore del primo strato.

Layers number specifica il numero di strati del modello.

Thickness factor è il fattore di aumento dello spessore di ogni strato successivo rispetto al precedente.

Geometry nodes è il numero di nodi geometrici per ciascuna interfaccia degli strati (10-30). In questi nodi è possibile modificare verticalmente l'interfaccia.

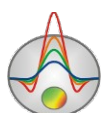
- specifica il tipo di parametro dall'elenco.

Gravity – densità, dati gravimetrici

Magnetic – suscettività magnetica, dati magnetici

VelocityP – velocità delle onde longitudinali, onde rifratte o riflesse

VelocityS – velocità delle onde trasversali, onde rifratte o dati VASW



Resistivity – resistività, dati VES, MT o TEM.

Se il tipo selezionato non è disponibile (i dati del metodo corrispondente non sono stati caricati nel progetto), il valore viene impostato su *VelocityP*.

Si noti che i parametri del valore corrente selezionato in questo elenco vengono visualizzati come etichette sugli strati. Ciò consente di visualizzare contemporaneamente i risultati dell'interpretazione di due proprietà. Il colore indica la velocità della modalità corrente (VP/VS), mentre il valore numerico indica il parametro selezionato nell'elenco.

Par value – imposta il valore iniziale del parametro nel primo strato (per il tipo di parametro corrente).

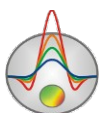
Par nodes 1 layer – il numero di nodi dei parametri determina la loro distribuzione all'interno del primo strato. Il profilo di variazione del parametro è definito da un insieme di valori fissi nei nodi, tra i quali il parametro varia linearmente. Se nel campo di inserimento si immette 1, i parametri dello strato saranno costanti. Se si immette 2, i parametri varieranno linearmente da sinistra a destra.

Par nodes 2-n layers – il numero di nodi dei parametri determina la loro distribuzione all'interno degli strati successivi. Il profilo di variazione del parametro è definito da un insieme di valori fissi nei nodi, tra i quali il parametro varia linearmente. Se nel campo di inserimento si immette 1, i parametri dello strato saranno costanti. Se si immette 2, i parametri varieranno linearmente da sinistra a destra.

Nella parte inferiore della finestra *Start model* è presente una tabella. Nella tabella è possibile impostare manualmente il valore della proprietà fisica *par* e i limiti *Pmin* fino a *Pmax* per l'inversione (per il tipo corrente). Inoltre è possibile impostare la profondità del fondo dello strato *Z* e i limiti entro i quali può variare durante il processo di inversione (da *Zmin* a *Zmax*). L'intervallo di profondità può essere impostato in percentuale rispetto al valore corrente (se è selezionata l'opzione *ZminMax %*), soluzione molto più semplice, ma che implica l'avvio dell'inversione più volte, poiché l'intervallo scelto in questo modo è generalmente troppo ristretto.

Approximate solution – calcolo approssimato per la sismica a rifrazione, che aumenta la velocità di calcolo (in questo caso, il raggio deve seguire rigorosamente l'interfaccia).

Quando nel progetto sono presenti dati di onde riflesse, nella tabella compaiono due colonne aggiuntive, *rfl* e *inv*. Per visualizzarle è necessario passare alla modalità onde riflesse in *Waves/Reflected 1-3*. Poiché nei dati ingegneristici spesso non è possibile selezionare più di un'onda riflessa, il programma consente di scegliere un'interfaccia della tabella come riflettente. La colonna *rfl* consente di selezionare l'interfaccia che sarà riflettente. La colonna *inv* indica al programma se i dati di riflessione devono essere invertiti.



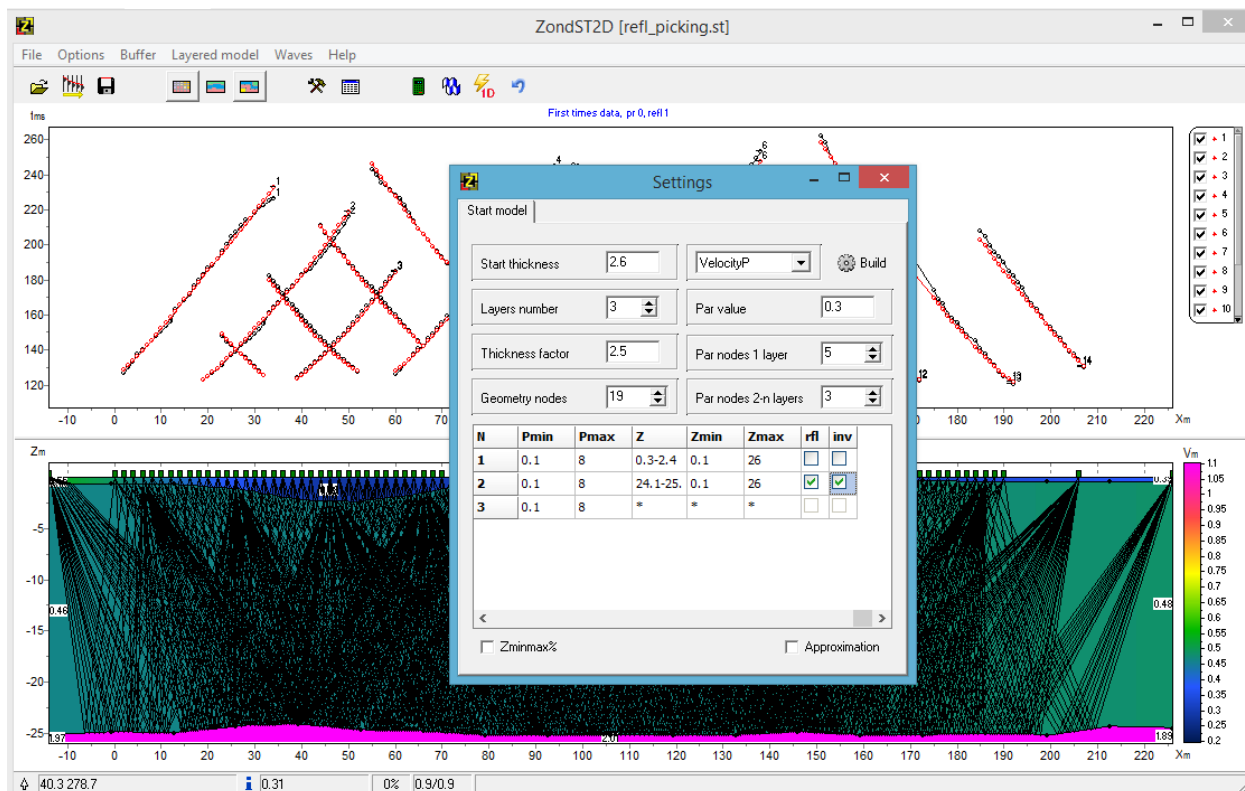


Fig. 72 Finestra del programma in modalità di elaborazione delle onde riflesse

In modalità onde riflesse, il programma calcola i tempi di arrivo delle onde riflesse per un modello a strati arbitrari e consente di visualizzare la copertura dei raggi. Per avviare l'inversione congiunta delle onde riflesse e rifratte, nella modalità *Waves/Reflected* – 1, selezionare l'opzione **Layered** nel menu *Invert VP&VS*.

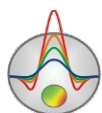
Il parametro per l'inversione congiunta si seleziona dall'elenco a discesa a sinistra del pulsante **Build**. I valori iniziali e i limiti di variazione si impostano per ciascuno dei parametri inclusi nell'inversione congiunta.

Dopo aver impostato i parametri del modello iniziale, premere il pulsante **Build**.

L'adattamento della geometria delle interfacce durante l'inversione avviene quando è attiva l'opzione **Invert boundaries**. Talvolta è necessario adattare solo i parametri (le interfacce sono note e fissate); in tal caso, disattivare l'opzione **Invert boundaries**.

Draw labels – visualizza i valori della proprietà fisica del parametro selezionato nell'elenco a discesa dei parametri.

L'opzione **Transparent** rende trasparente il modello a strati sullo sfondo dell'immagine di sfondo del modello a mesh (a blocchi), mostrando solo le interfacce orizzontali del modello a strati.



Edit mode – attiva la modalità di modifica del modello a strati arbitrari. La modifica si effettua con il mouse. Le interfacce vengono modificate spostando i nodi solo in direzione verticale.

Dopo aver creato il modello iniziale, è necessario verificarlo: i raggi sismici attraversano tutte le interfacce? A tal fine, si calcola il problema diretto e si esamina la copertura dei raggi. Successivamente, si può tornare alla scheda **Inversion** e provare a costruire una soluzione unidimensionale. Se, dopo aver calcolato il problema diretto per il nuovo modello, l'errore di fit è diminuito, si può passare alla modalità di adattamento.

Se uno dei parametri è noto, lo si può escludere dall'inversione. A tal fine, si passa alla modalità di modellazione e lo si blocca. È inoltre possibile escludere dall'inversione singole dromocrone. La gestione delle dromocrone avviene nella legenda dei grafici. Le dromocrone disattivate non vengono né adattate né visualizzate (deve essere attiva l'opzione *Invert visible data*).

Informazioni a priori

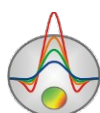
L'inversione può essere eseguita senza tenere conto delle informazioni a priori oppure tenendone conto. Le informazioni a priori vengono considerate nell'inversione, nella maggior parte dei casi, in due modi: definendo il modello iniziale (distribuzione ipotizzata dei limiti di variazione nel sottosuolo) oppure la posizione delle interfacce contrastanti.

Per impostazione predefinita, il modello iniziale per l'inversione in **ZondST2D** è il modello corrente visualizzato nell'editor del modello. Il programma lo modifica durante l'inversione.

Come informazione a priori, è possibile inserire la posizione delle interfacce contrastanti, nota dai dati di perforazione o da altri metodi geofisici.

La modalità di impostazione delle interfacce **Set boundaries** è disponibile nel menu **Options/Inversion** e consente di tenere conto delle informazioni geologiche a priori durante l'inversione. Dopo aver selezionato questa scheda, viene visualizzato un menu contenente i seguenti pulsanti:

	Enable/Disable editing boundaries mode	Attivare/disattivare la modalità di modifica delle interfacce
	Add new boundary	Aggiungi nuova interfaccia
	Delete boundary	Elimina tutte le interfacce
	Save boundaries to file	Salva le interfacce in un file



	Load boundaries from file	Carica le interfacce da un file
---	---------------------------	---------------------------------

L'inserimento di interfacce geologiche a priori nel problema inverso è una delle tecniche più importanti per migliorare la qualità dell'interpretazione. Da un lato, aumenta la stabilità del problema; dall'altro, riduce la regione di equivalenza e consente di ottenere una struttura più coerente. Nelle aree del modello in cui i parametri sono poco sensibili alle variazioni della sezione, l'inserimento di interfacce a priori è praticamente l'unico modo per ottenere un risultato accettabile.

In presenza di interfacce inserite, è preferibile utilizzare l'algoritmo Occam. In genere si utilizzano 1-2 interfacce; occorre ricordare che le interfacce geologiche non sempre coincidono con quelle petrofisiche.

Prima di impostare le interfacce, si consiglia di eseguire l'inversione utilizzando l'algoritmo **Occam**, quindi di sovrapporre alla sezione ottenuta i dati di pozzo, se disponibili. Le interfacce vanno tracciate sulla sezione ottenuta tenendo conto dei dati di pozzo o sulla base delle conoscenze a priori sulla struttura dell'area studiata. Per impostare le interfacce, si utilizza il pulsante sinistro del mouse con la modalità di modifica delle interfacce attiva. Per chiudere un'interfaccia, si utilizza il pulsante destro del mouse. Durante il tracciamento delle interfacce, si consiglia di non utilizzare molti nodi. È preferibile che le interfacce siano il più possibile regolari e passino vicino ai nodi della mesh di inversione.

Dopo aver tracciato le interfacce, si deve avviare nuovamente l'inversione, che verrà eseguita tenendo conto delle interfacce impostate (Fig.73).

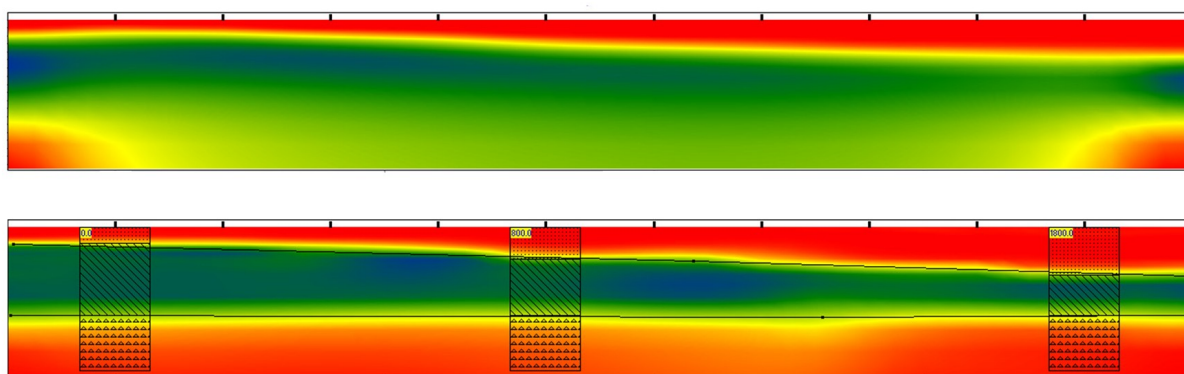
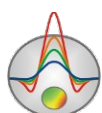


Fig. 73 **Esempio di utilizzo della funzione di impostazione delle interfacce Set boundaries.**

La sezione superiore è stata ottenuta con l'algoritmo Occam senza inserire interfacce; quella inferiore tiene conto delle interfacce a priori



Si segnala inoltre la possibilità di utilizzare l'algoritmo Image guided inversion, che consente di ottenere modelli simili a un'immagine grafica (**Options/Inversion/Cross-gradient/BG image**).

Il programma offre diversi metodi per visualizzare le informazioni a priori. Con l'opzione **Options/Import/Export** è possibile caricare diverse informazioni geologiche e geofisiche:

- colonne litologiche;
- dati di log di pozzo;
- misure lungo il profilo sotto forma di grafici;
- modelli provenienti da progetti di altri programmi della suite **Zond**;
- immagini grafiche come sfondo della sezione di velocità (ad esempio, una sezione geologica o geoelettrica).

L'utilizzo di informazioni a priori supplementari contribuisce a realizzare un'interpretazione integrata dei dati e aumenta l'affidabilità del risultato finale dell'interpretazione.

In presenza di misure di log di pozzo o di colonne litologiche, è possibile caricarle nella finestra del modello con l'opzione **Options / Borehole / Load borehole data** (vedere la figura seguente) oppure crearle nell'editor corrispondente.

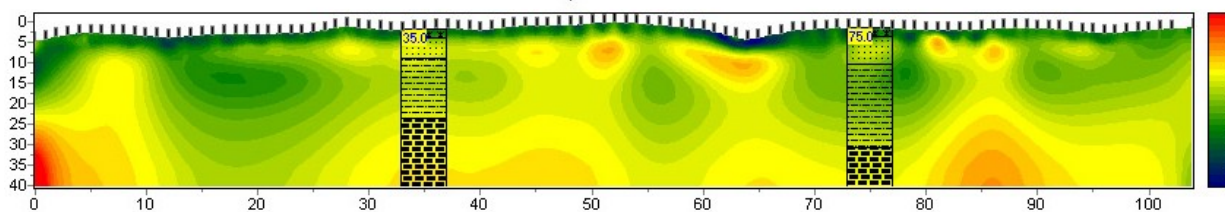
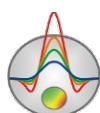


Fig. 74 Sezione con colonne litologiche sovrapposte

Options / Import/Export/Import model/data – questa opzione consente di caricare modelli del sottosuolo provenienti da progetti dei programmi della suite **Zond** in finestre separate (vedere la figura seguente). L'opzione può essere utile per confrontare i risultati dell'interpretazione su profili adiacenti o per l'interpretazione integrata di dati acquisiti con metodi diversi.



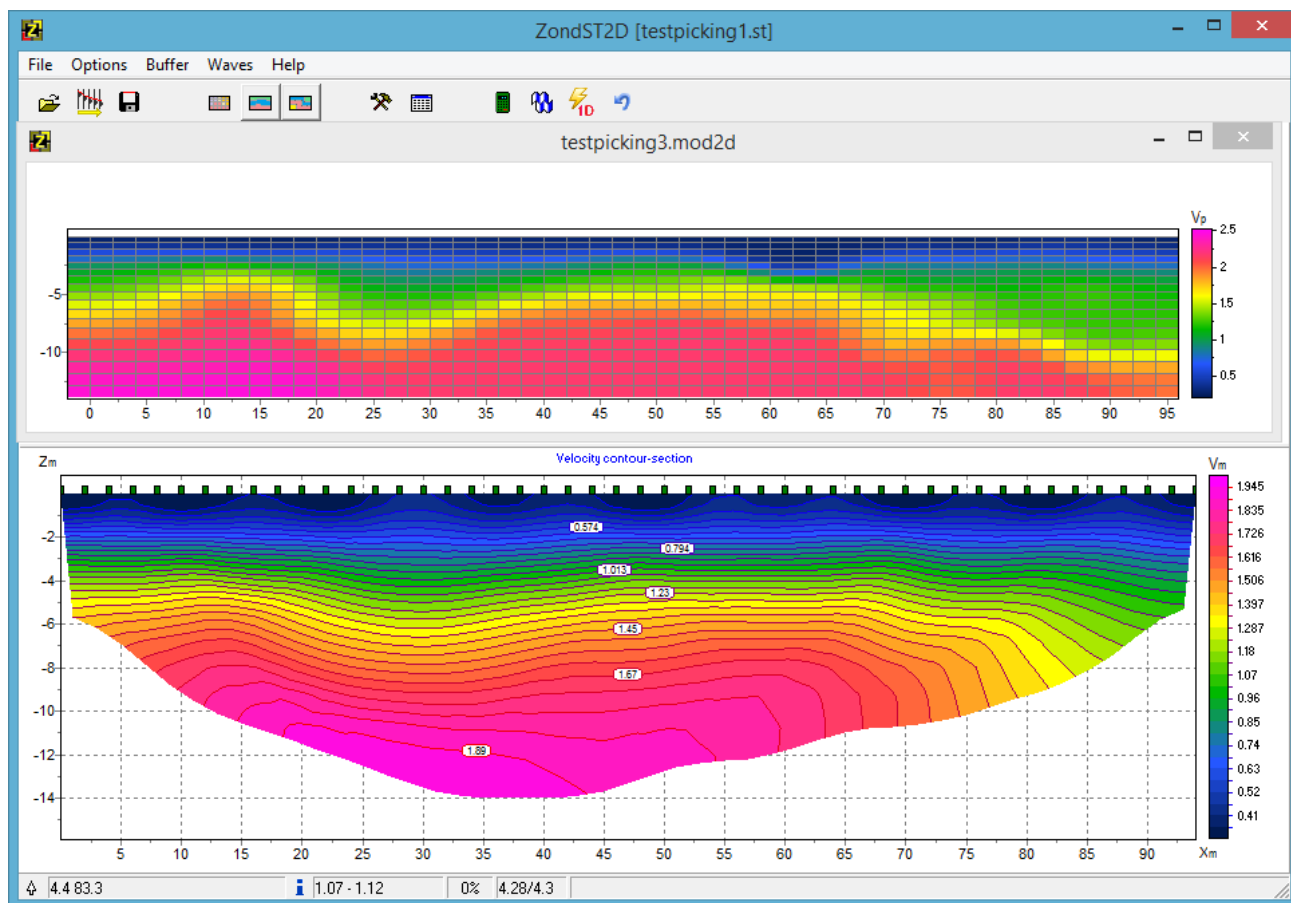
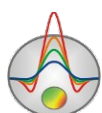


Fig. 75 Finestra di lavoro del programma con il modello di velocità importato

Quando il cursore si sposta nell'area dell'editor del modello, viene visualizzato anche in tutte le altre sezioni importate, in scala con le dimensioni della cella corrente quando il modello è visualizzato a blocchi (vedere la figura seguente).



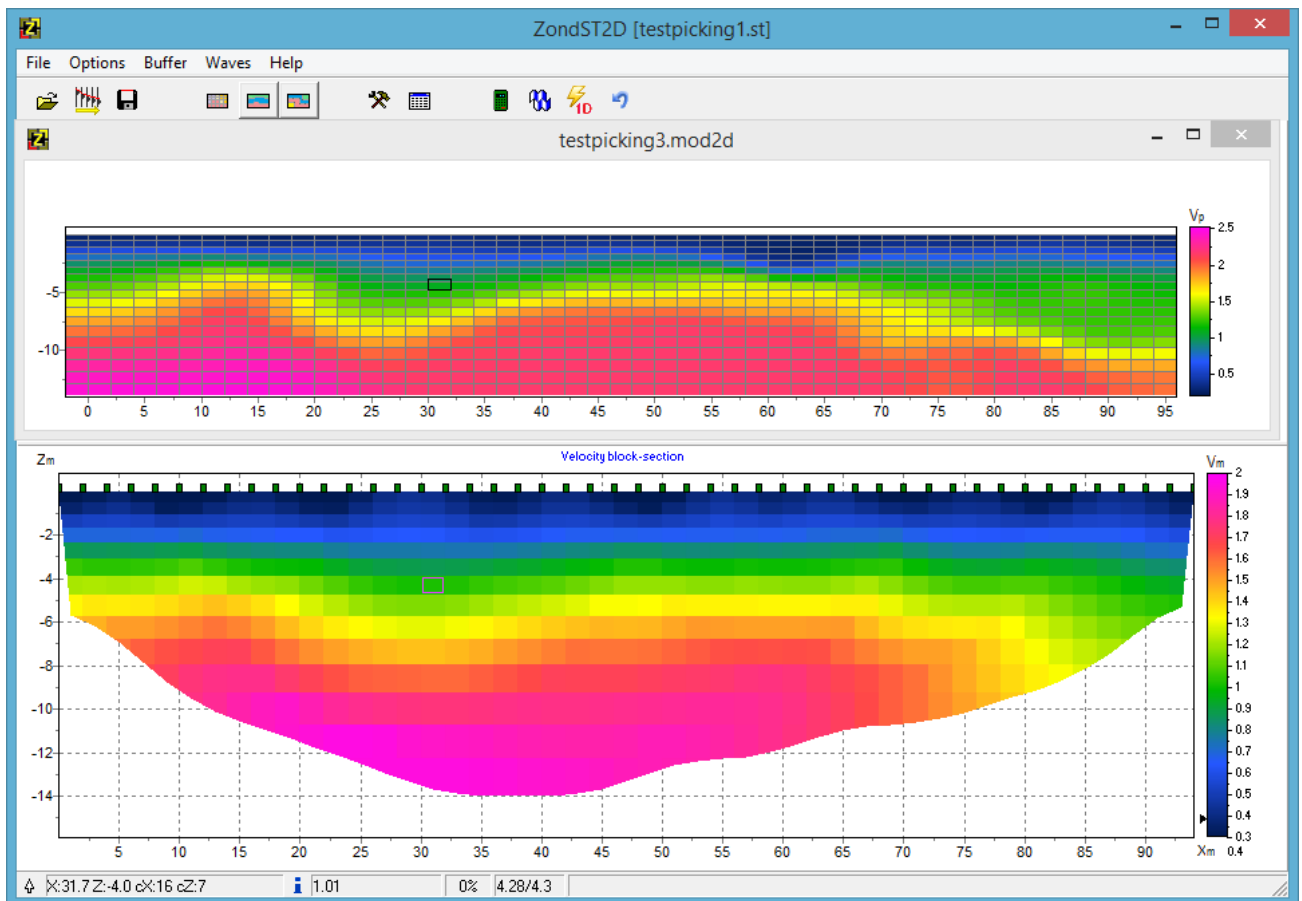
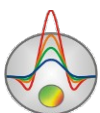


Fig. 76 **Visualizzazione dei modelli di lavoro e importato a blocchi, con il cursore evidenziato**

Se si utilizza come file da importare un file a due colonne con estensione *.dat, nella finestra dei dati calcolati (in modalità **graphics-plot**) viene visualizzato un grafico associato all'asse destro (vedere la figura seguente). Nella prima colonna del file *.dat si inseriscono le coordinate orizzontali dei punti di misura lungo il profilo, nella seconda i valori misurati. In questo modo è possibile rappresentare i grafici delle variazioni di qualsiasi grandezza fisica lungo il profilo.

Con l'opzione **Save/Load selection** è possibile salvare o caricare una porzione del modello. Per salvare una porzione, attivare la modalità di visualizzazione del modello a blocchi (**Blocks-section**), selezionare la porzione desiderata utilizzando le opzioni della sezione **Selection** e fare clic su **Save selection**.

Per caricare una porzione del modello, si deve selezionare una piccola area del modello corrente. Il bordo superiore sinistro della selezione verrà considerato come il punto da cui inserire la porzione. Avviare l'opzione **Load selection** e scegliere il nome del file. Se non è stata effettuata alcuna selezione, la porzione verrà inserita a partire dal bordo superiore sinistro del modello.



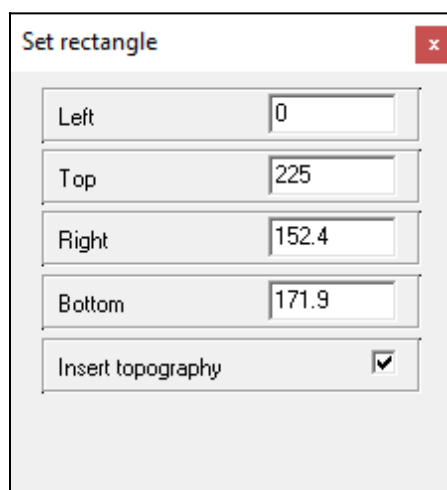
Per salvare o caricare un profilo verticale di un parametro a una determinata coordinata orizzontale, si utilizza l'opzione **Extract 1d log / Load 1d log**. Per salvare un profilo verticale, è necessario specificare la coordinata X nella finestra di dialogo. Per caricare un profilo verticale, è necessario specificare l'intervallo sull'asse X. Questa opzione può essere utilizzata, ad esempio, per inserire dati di log di pozzo o per analizzare i punti di intersezione tra profili.

Se sono disponibili informazioni a priori, è possibile utilizzarle come immagine di sfondo dell'editor del modello con l'opzione **Options/Import/Export/Background image**. Si possono utilizzare, ad esempio, sezioni geologiche, elettriche o sismiche, oppure una sezione di un profilo adiacente. Il programma supporta due formati per le immagini di sfondo: file grafici *.png, *.bmp e file *.sec, *.seg-y.

Dopo aver selezionato un file *.bmp, viene visualizzata una finestra di dialogo per l'impostazione delle coordinate dell'immagine, in cui si specificano le coordinate dei limiti dell'immagine nel sistema di coordinate della sezione.

Per rendere trasparente l'immagine, nella finestra di dialogo per l'impostazione del modello (clic destro sopra la sezione block-section nella finestra del modello, opzione Setup) si seleziona Transparency.

Quando si seleziona l'immagine di sfondo, viene visualizzata la finestra:

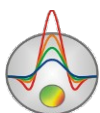


Set rectangle	
Left	0
Top	225
Right	152.4
Bottom	171.9
Insert topography	☒

Fig. 77 **Finestra di dialogo per l'impostazione dei parametri dell'immagine di sfondo**

In questa finestra si possono impostare manualmente le coordinate dell'angolo superiore sinistro e dell'angolo inferiore destro dell'immagine.

Insert topography – consente di modificare l'immagine in base alla topografia (il limite superiore dell'immagine seguirà la topografia del modello).



In modalità **Blocks section** vengono visualizzate le celle i cui valori sono diversi da quelli del mezzo ospitante. In questo modo è possibile modellare corpi anomali sopra l'immagine di sfondo (vedere la figura seguente).

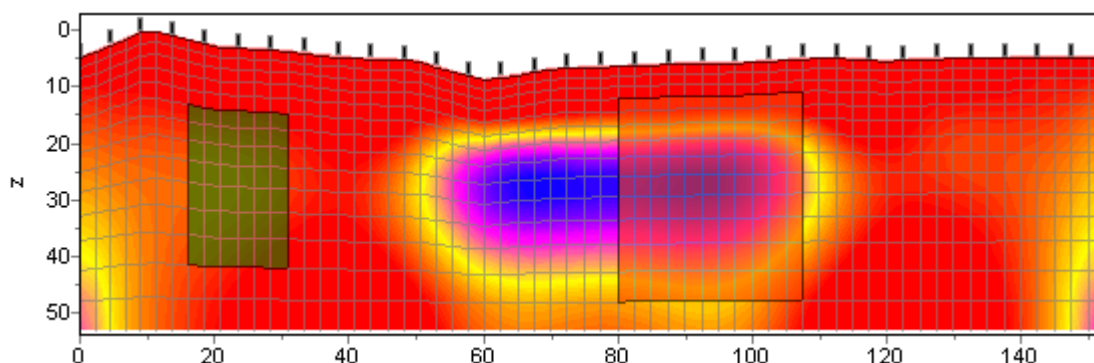


Fig. 78 **Modello in modalità Block-section con immagine di sfondo**

In modalità **Smooth section** i colori dell'immagine di sfondo e del modello corrente si mescolano, consentendo di osservare contemporaneamente le caratteristiche di entrambe le sezioni (vedere la figura seguente).

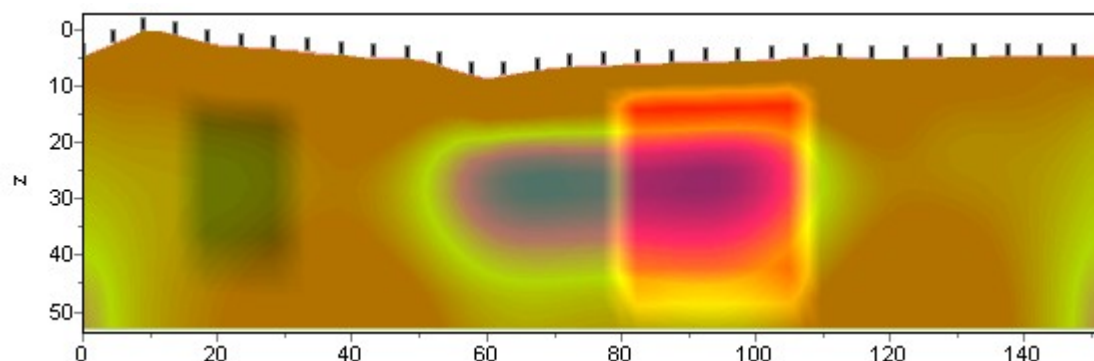
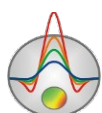


Fig. 79 **Modello in modalità Smooth-section con immagine di sfondo**

L'uso di un'immagine di sfondo consente di tenere conto dei risultati di altri metodi di indagine durante l'interpretazione. Ad esempio, si possono utilizzare i dati di prospezione elettrica o una sezione geologica esistente per definire i limiti nella creazione di un modello a priori (iniziale) per l'inversione dei dati. La figura seguente mostra un esempio in cui una sezione sismica viene utilizzata come immagine di sfondo per un modello di velocità.



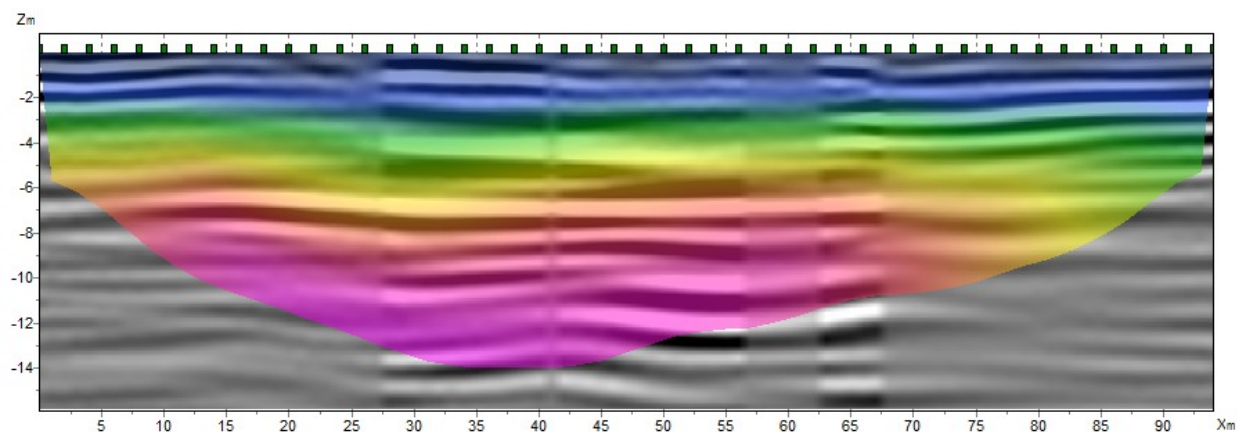


Fig. 80 Modello in modalità Smooth-section con immagine di sfondo – dati di prospezione sismica

Creazione dei dati di pozzo

L'aggiunta dei dati di log di pozzo e litologia si esegue nel modulo dedicato **Options / Borehole / Create / Edit borehole data** (vedere la figura seguente). Il modulo consente di creare, modificare e visualizzare colonne litologiche e dati di log di pozzo lungo il profilo di acquisizione.

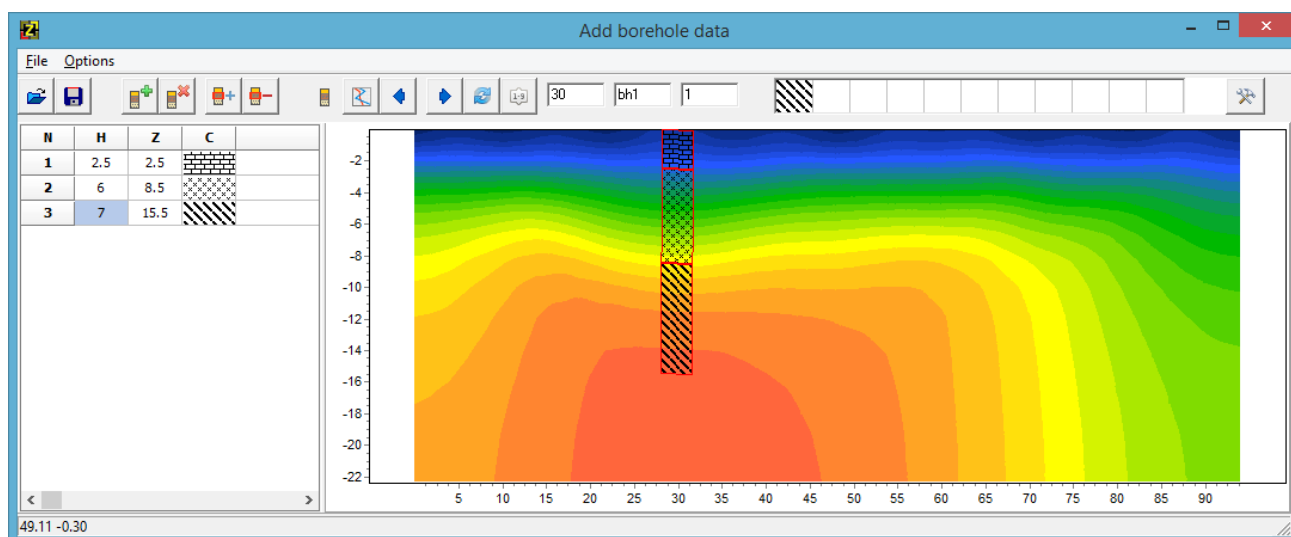
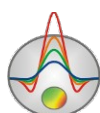


Fig. 81 Modulo per l'aggiunta dei dati di log e litologia dei pozzi

La barra degli strumenti della finestra di dialogo contiene i seguenti pulsanti:

	Apri il file di litologia
	Salva il file di litologia



	Crea un nuovo pozzo
	Elimina il pozzo
	Aggiungi uno strato nel pozzo
	Elimina uno strato nel pozzo
	Modalità colonne litologiche
	Modalità dati di log di pozzo
	Passa al pozzo precedente
	Passa al pozzo successivo
	Aggiorna la finestra di visualizzazione dei dati
	Ordina i pozzi per coordinata
	Imposta la coordinata orizzontale (lungo il profilo)
	Etichetta del pozzo (massimo 5 caratteri)
	Angolo di inclinazione del pozzo nel piano XZ.
	Opzioni aggiuntive

Il modulo contiene due finestre principali. A sinistra si trova la **Finestra dei dati**, che contiene una tabella con le seguenti colonne: **N** – numero progressivo dello strato, **H** – spessore dello strato in metri, **Z** – profondità della base dello strato in chilometri, **C** – tipo di riempimento. Nella finestra a destra, i dati dei pozzi vengono visualizzati graficamente.

Per iniziare a creare il file di litologia, si deve premere il pulsante  sulla barra degli strumenti. Nella sezione a sinistra apparirà una nuova tabella. Con il pulsante  si imposta il numero di strati desiderato. Si modifica quindi la tabella impostando lo spessore o la profondità della base di ciascuno strato e selezionando il tipo di riempimento corrispondente alla litologia. La finestra di dialogo per l'impostazione del riempimento **Pattern Color Editor** si apre facendo doppio clic con il pulsante sinistro del mouse nella colonna **C** della finestra dei dati (Fig. 82). Il programma offre un'ampia scelta di riempimenti litologici. Nell'opzione **Color** si può selezionare il colore di riempimento.

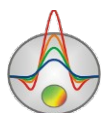




Fig. 82 Finestra dell'editor dei riempimenti

Al termine dell'inserimento dei dati del pozzo, si deve premere il pulsante  e il pozzo apparirà nella finestra grafica. Si impostano quindi le coordinate orizzontale e verticale del pozzo, in chilometri, nella barra degli strumenti; il pozzo verrà visualizzato in corrispondenza delle coordinate specificate. Nella finestra grafica, il pozzo attivo è visualizzato in rosso.

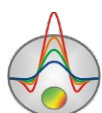
Per facilitare il lavoro con un numero elevato di pozzi, il programma consente di creare una tavolozza. Per crearla, si seleziona il riempimento desiderato nella colonna dei riempimenti della **Finestra dei dati**, quindi si fa clic con il pulsante destro del mouse nell'area dei riempimenti sulla barra principale del programma. In questo modo si può creare un insieme di riempimenti, che può poi essere salvato. A tale scopo, si preme il pulsante  e si seleziona **Save default palette**. L'insieme di riempimenti salvato può essere utilizzato durante la creazione di un nuovo file di dati di litologia e log di pozzo ( - **Load default palette**).

Set borehole width, disponibile premendo il pulsante  imposta la larghezza dei pozzi come percentuale della lunghezza del profilo.

Quando si salva il file dei dati, vengono creati diversi file: ***.crt** – progetto del modulo, che può essere caricato in **ZondST2D** e ***.txt** – un file per ciascun pozzo, con nomi corrispondenti alle coordinate orizzontale e verticale

I dati di log di pozzo si possono caricare tramite lo strumento . Per creare il file dei dati di log di pozzo si utilizzano i formati ***.txt** e ***.las**.

Struttura del file ***.txt**: la prima colonna contiene la profondità del punto di registrazione (dalla superficie del terreno), la seconda colonna contiene le misure di log di pozzo. La terza e la quarta colonna contengono zeri. Il separatore tra le colonne è il tasto TAB.



Di seguito è riportato un esempio di file di dati di log di pozzo visualizzati nella sezione sotto forma di grafici (vedere la figura seguente):

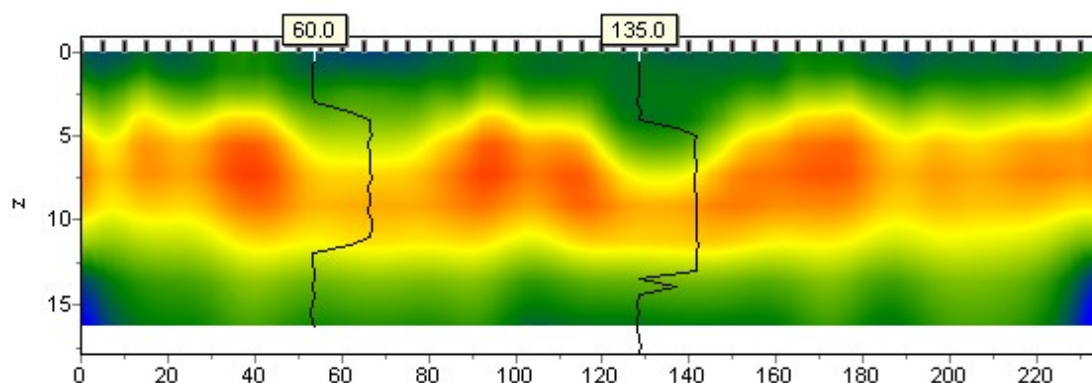


Fig. 83 **Modello con diagrammi di log di pozzo sovrapposti**

Per creare un file con informazioni litologiche, si utilizza la struttura seguente: la prima colonna contiene la profondità (rispetto alla superficie del terreno) dell'orizzonte litologico, la seconda colonna deve essere compilata con zeri, la terza colonna indica il colore dello strato nella colonna litologica e la quarta il tipo di retino della colonna litologica. Le colonne sono separate da spazi. Di seguito è riportato un esempio di modello con colonne litologiche sovrapposte.

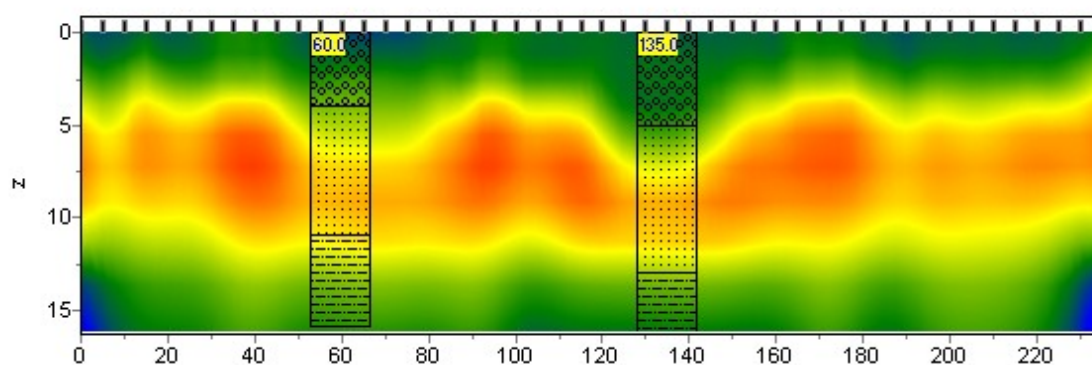
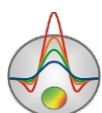


Fig. 84 **Modello con colonne litologiche sovrapposte**

Di seguito è riportato un elenco dei primi 23 retini utilizzabili per creare una colonna litologica.



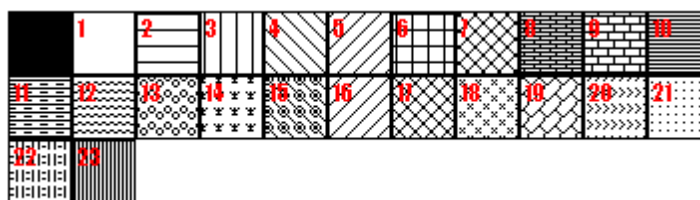


Fig. 85 **Varianti di tratteggio della colonna litologica**

Oltre al formato txt, questo modulo consente di caricare file crt. Di seguito viene descritta la struttura del file CRT per visualizzare dati litologici o di log di pozzo relativi a un numero arbitrario di pozzi.

2280.txt La prima riga contiene il nome del file con i dati di log di pozzo o litologici.

skv2280 La seconda riga contiene l'etichetta del pozzo (visualizzata sul pozzo).

18 2 2 1 0 1 0 0 La terza riga contiene i parametri di controllo -

Voce **18** – coordinata del pozzo sul profilo;

2 - larghezza dell'immagine (in percentuale rispetto alla lunghezza del profilo, di solito 1 - 20);

2 - tipo di visualizzazione dei dati, da 0 a 3;

[0 - dati di log di pozzo (sotto forma di grafico);

1 - dati di log di pozzo (colonna colorata interpolata); per visualizzare i dati si utilizza la scala cromatica della sezione;

2 - colonna litologica;

3 - dati di log di pozzo (colonna colorata); i colori dei dati visualizzati corrispondono alla scala cromatica del modello, mentre il colore della colonna viene selezionato in base al valore della scala cromatica del modello.]

1 - Parametro di normalizzazione dei dati dei diagrammi di log di pozzo, da 0 a 2.

[0,1 – si utilizza un minimo e un massimo comuni per tutti i dati;

1,2 - si sottrae il valore medio da ciascun diagramma di log di pozzo.]

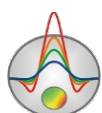
0 - Indice del metodo di log di pozzo (se è necessario visualizzare contemporaneamente più tipi di log, immettere gli indici di ciascun metodo), da 0 a n-1, dove n è il numero di metodi.

1 - Colore del grafico.

0 - Scala dei dati: 0 logaritmica, 1 lineare.

0 – Scostamento verticale del pozzo rispetto alla superficie del terreno.

I pulsanti della barra degli strumenti del modulo per l'inserimento dei dati litologici sono disponibili anche nel menu **Options**. Qui è inoltre presente la funzione **Remove background**, che



consente di rimuovere l'immagine di sfondo – il modello di velocità – durante l'inserimento dei dati dei pozzi.

Quando si creano o modificano i dati dei pozzi utilizzando il modulo descritto, il programma salva il risultato in un file nel formato interno con estensione *.crt o *.bmp.

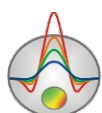
Visualizzazione dei risultati

Utilizzo di più modelli in un unico progetto

Spesso è necessario archiviare più modelli all'interno dello stesso progetto e visualizzarli contemporaneamente per confrontarli. Ad esempio, per determinare i parametri ottimali di inversione è più pratico non creare un progetto separato per ogni insieme di parametri, ma archiviare nello stesso progetto tutti i modelli ottenuti dall'inversione e poterli confrontare nella stessa finestra. Anche nella modalità di modellazione, quando si calcola il problema diretto con più modelli correlati, è più pratico archivarli e confrontarli all'interno dello stesso progetto.

Nel programma **ZondST2D** le funzioni descritte sono implementate nella sezione **Buffer** del menu principale. I pulsanti **Model 1** – **Model 5** corrispondono ai cinque modelli buffer che è possibile archiviare all'interno di un progetto.

Per salvare il modello corrente nel buffer, premere uno dei pulsanti corrispondenti ai modelli buffer. Se il modello buffer selezionato è vuoto, il modello corrente vi viene salvato. Nella finestra di dialogo che si apre è possibile immettere un nome per il modello buffer; in seguito, questo nome viene visualizzato sul pulsante corrispondente nell'elenco **Buffer** e come titolo durante la visualizzazione del modello.



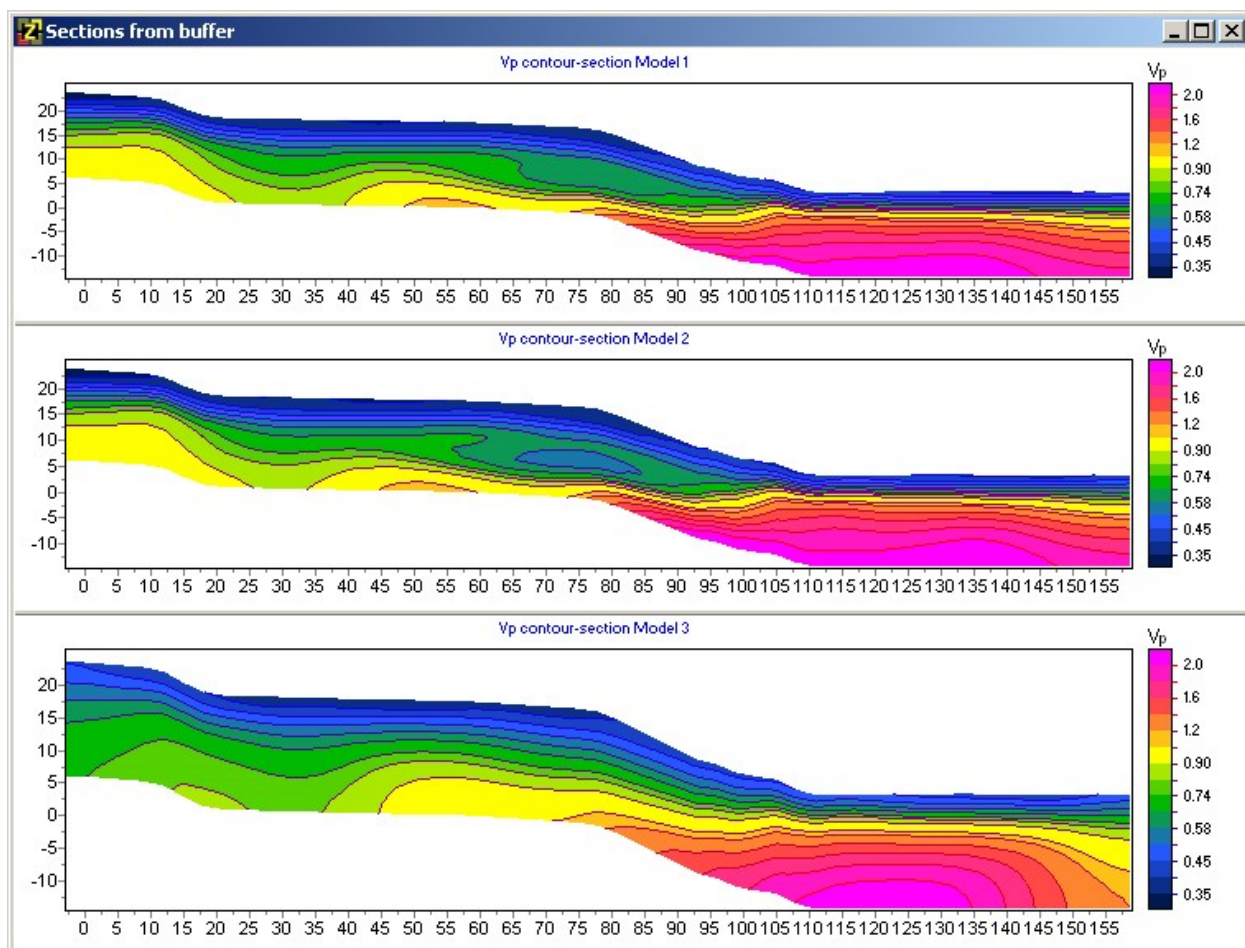


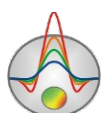
Fig. 86 Finestra per la visualizzazione simultanea di più modelli Buffer/Open. Esempio di inversione degli stessi dati con parametri diversi

Dopo aver impostato il primo modello buffer, è possibile cancellare il modello corrente nell'editor del modello e crearne un altro, salvandolo nel modello buffer successivo.

Se il modello buffer selezionato non è vuoto, il programma chiede se si desidera aprire il modello buffer (**From Buffer**) oppure sostituirlo con quello corrente (**To buffer**). Se si seleziona **From Buffer**, il modello dal buffer viene caricato al posto del modello attivo corrente nell'editor della sezione.

Il pulsante **Buffer/Open** consente di visualizzare tutti i modelli creati in un'unica finestra, facilitandone il confronto (Error: Reference source not found86).

Finestra di creazione del modello geologico-geofisico



Per creare un modello geologico-geofisico (eseguire l'interpretazione geologica) si utilizza la finestra dell'editor del modello geologico **Geological editor**, accessibile dal menu **Options/Modules/Geological editor**. L'editor consente di creare interattivamente un modello geologico basato sul modello corrente del progetto, sui dati dei pozzi, sui dati di altri programmi del pacchetto **Zond** e sulle informazioni raster a priori, di stampare le sezioni ottenute in scala, nonché di salvare ed esportare i risultati dell'interpretazione.

I risultati dell'interpretazione geofisica fungono da sorta di sfondo a colori sul quale viene costruito il modello geologico. Durante la creazione del modello si individuano oggetti e strati locali, sui quali viene poi applicato il retino geologico scelto dall'interprete. Il modulo consente inoltre di visualizzare i dati di pozzo, semplificando notevolmente il processo di costruzione del modello.

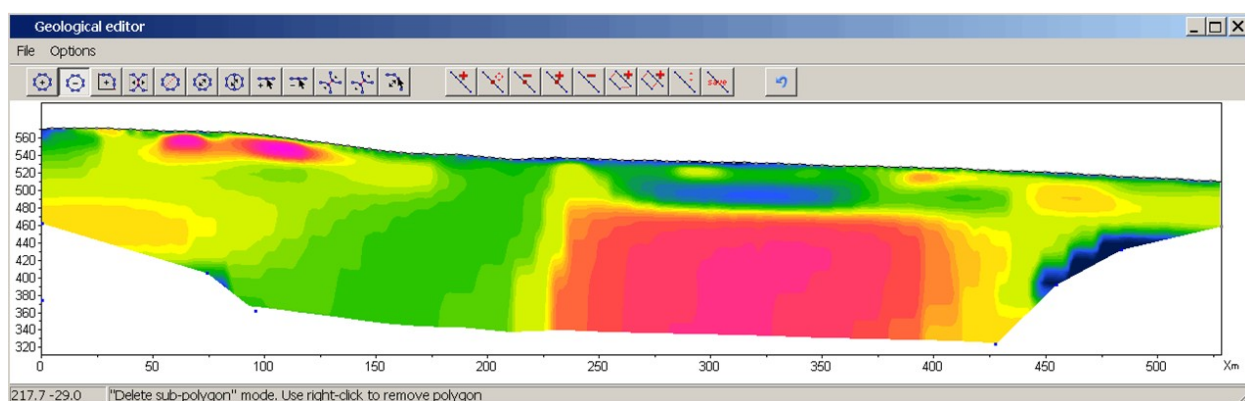


Fig. 87 Finestra dell'editor del modello prima di iniziare il lavoro

Pertanto, la funzione principale del modulo consiste nel costruire rapidamente sezioni geologiche sulla base dei risultati geofisici e successivamente esportarle in un report.

Prima di iniziare, è necessario scegliere con molta attenzione il tipo di sezione e le relative impostazioni grafiche. La soluzione migliore è rappresentare la sezione mediante isolinee.

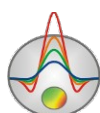
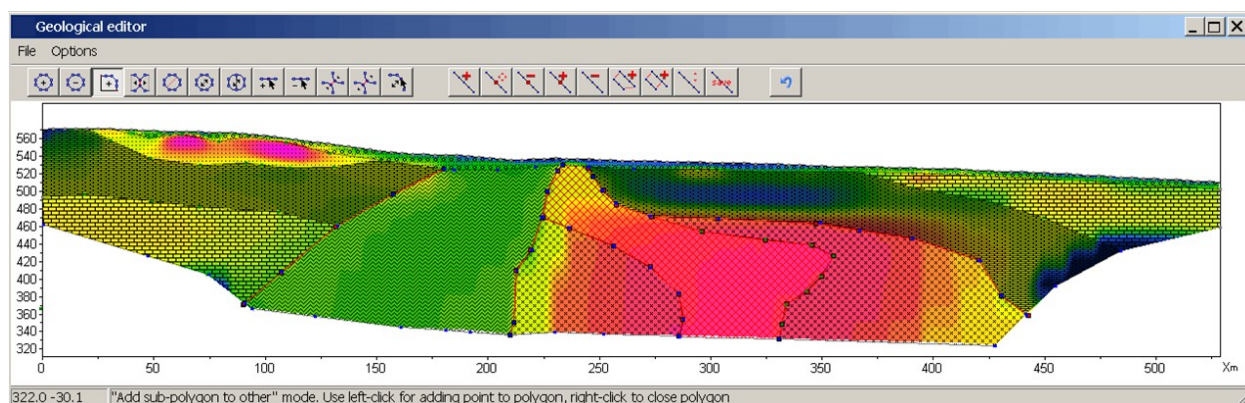


Fig. 88 Finestra dell'editor del modello: sezione delle velocità e interpretazione geologica.

Avviare quindi l'opzione **Geological editor**, dopo di che si può iniziare a lavorare sulla sezione. Si definiscono corpi e strati sotto forma di poligoni chiusi e aperti, assegnando loro un colore e un retino.

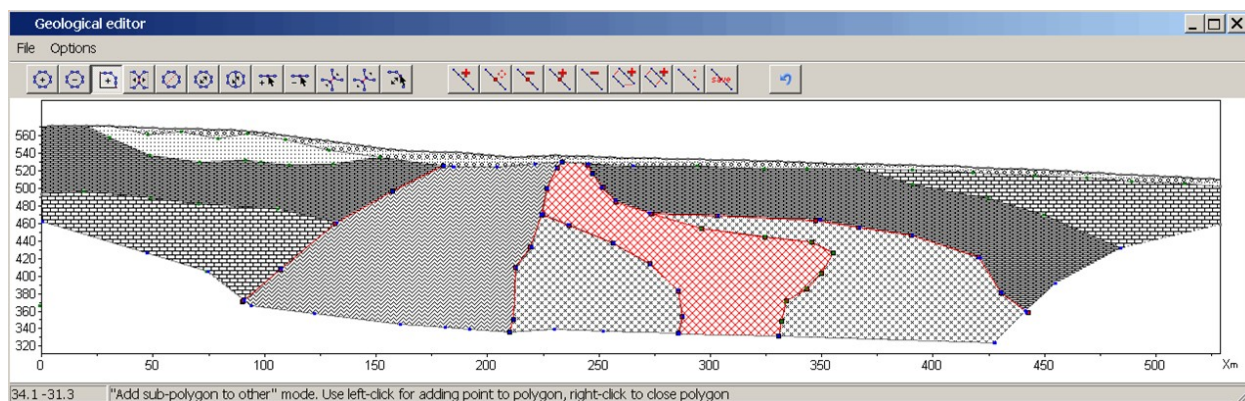
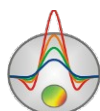


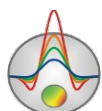
Fig. 89 Finestra dell'editor del modello: sezione geologico-geofisica basata sui risultati dell'interpretazione

La barra degli strumenti della finestra **Geological editor** contiene i pulsanti per modificare poligoni e linee:

Strumento	Opzione
	Crea un poligono. Facendo clic con il pulsante sinistro del mouse si aggiunge un nuovo nodo alla polilinea, che costituisce il limite del poligono. Per terminare il tracciamento del limite, fare clic con il pulsante destro del mouse; la polilinea viene chiusa automaticamente.
	Eliminazione di un poligono. Dopo aver selezionato lo strumento, fare clic con il pulsante destro del mouse sul poligono da eliminare.
	Crea un poligono adiacente a un poligono esistente o al limite dell'area di modellazione. Dopo aver selezionato questo strumento, si deve tracciare un limite non adiacente al poligono esistente. Il primo e l'ultimo punto del limite tracciato devono appartenere al limite di un corpo adiacente oppure al limite dell'area di modellazione. Per terminare il tracciamento del limite,



	fare clic con il pulsante destro del mouse. Il programma seleziona automaticamente il limite adiacente oppure propone di selezionarlo tramite una finestra di dialogo.
	Separazione di poligoni adiacenti. Se lo strumento precedente è stato utilizzato per creare un modello con poligoni adiacenti, questo strumento consente di separarli, in modo da poter modificare i contorni, spostare o eliminare i poligoni indipendentemente. Dopo aver selezionato lo strumento, fare clic con il pulsante sinistro del mouse sul poligono da separare (fare clic una volta in un punto qualsiasi del poligono; i suoi contorni cambiano colore). La procedura di separazione termina con un clic del pulsante destro del mouse.
	Dividere un poligono con una linea retta (creare due poligoni da un unico poligono). Fare clic con il tasto sinistro del mouse per indicare il primo punto della linea, quindi con il tasto destro per indicare il secondo. Entrambi i punti devono trovarsi sul contorno del poligono da dividere.
	Spostare un poligono. Selezionare il poligono con il tasto sinistro del mouse. Durante il movimento del mouse, il poligono si sposta. Fissare la posizione del poligono con il tasto destro.
	Sposta una parte del poligono
	Aggiungere un nodo. Fare clic con il tasto destro del mouse sul punto del contorno in cui si desidera aggiungere un nodo.
	Eliminare un nodo. Fare clic con il tasto destro del mouse sul nodo da eliminare.
	Spostare un nodo. Selezionare il nodo con il tasto sinistro del mouse, spostarlo muovendo il mouse e terminare lo spostamento con il tasto destro.
	Scollega i punti collegati. Questa modalità serve a scollegare i punti



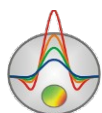
	collegati. Per scollegare i punti di un poligono connesso, fare clic con il pulsante destro del mouse sul punto. In seguito a questa operazione, un punto condiviso viene sostituito da un insieme di punti scollegati, ciascuno appartenente al proprio poligono. I punti dei poligoni diventano rossi quando il cursore si avvicina.
	Sposta un punto. Questa modalità serve a spostare un punto del poligono. Per selezionare il punto da spostare, fare clic con il pulsante sinistro del mouse; il punto del poligono seguirà quindi il cursore. Per confermare la nuova posizione del punto, fare clic con il pulsante destro del mouse. Se l'operazione non è possibile (ossia se alcuni lati si intersecano), il programma impedisce lo spostamento del punto e lo riporta nella posizione iniziale. I punti situati sul limite del modello possono essere spostati solo lungo i limiti corrispondenti. I punti dei poligoni diventano rossi quando il cursore si avvicina.

La finestra di dialogo per configurare i parametri grafici del poligono si apre facendo doppio clic al suo centro.

La barra degli strumenti contiene anche i pulsanti per creare e modificare le linee:

	Aggiungi linea
	Sposta nodo
	Elimina nodo
	Aggiungi nodo
	Elimina linea
	Crea un poligono da due linee
	Sposta linea
	Salva linea
	Annulla l'ultima operazione

Il menu **File** della finestra **Geological editor** contiene le seguenti funzioni:



File/Load polygons – carica i poligoni da un file

File/Save polygons – salva i poligoni del modello corrente in un file

File/Show background – mostra l'immagine di sfondo.

File/Remove background – nasconde l'immagine di sfondo nell'editor.

File/Print preview – apre la finestra di dialogo per la stampa dell'immagine.

Get from modeling – carica i poligoni dalla modalità di modellazione poligonale

Options/Model setup – apre la finestra di dialogo per configurare le dimensioni dell'area del modello

Options/Load borehole data – carica i dati di pozzo da un file

Options/Remove borehole data – rimuove i dati di pozzo dall'editor

Options/Remove all polygons – rimuove tutti i poligoni

Visualizzazione tridimensionale dei modelli lungo più profili

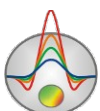
Se nell'area di studio sono state eseguite misure lungo più profili ravvicinati, è opportuno interpretarli congiuntamente. Ciò consente di studiare la distribuzione in pianta delle strutture individuate e facilita inoltre l'interpretazione di ciascun profilo, semplificando l'individuazione degli elementi più stabili del modello.

Nel programma **ZondST2D** il modulo **3D section viewer**, richiamabile tramite la voce di menu **Options/Modules/3D fence diagram**, consente di visualizzare congiuntamente i modelli di velocità ottenuti lungo più profili. Il modulo permette di rappresentare nello spazio i modelli ottenuti (tenendo conto della topografia) e di costruire mappe di distribuzione del parametro selezionato in pianta, alla profondità o quota assoluta specificata dall'utente.

La finestra di visualizzazione tridimensionale è composta da tre schede: **Lines** (definizione delle coordinate dei profili), **3D View** (finestra di visualizzazione del modello), **Options** (impostazioni dell'immagine), e da una barra degli strumenti (che consente di accedere a parametri aggiuntivi e alle funzioni di caricamento, salvataggio ed esportazione del modello tridimensionale costruito).

La barra degli strumenti della finestra contiene i seguenti pulsanti:

	Carica la mappa dell'area da Internet. Le coordinate delle stazioni devono essere specificate in coordinate UTM. In caso di problemi di caricamento, inserire una chiave aggiornata nel campo Bing maps
---	---



	api_key
	Creare sezioni orizzontali in Surfer
	Anteprima di stampa
	Aprire la finestra di dialogo per configurare i parametri del modello 3D
	Impostazioni dei parametri degli assi (ulteriori informazioni)
	Ruotare il modello 3D
	Mostra il piano orizzontale. La profondità del piano rispetto alla superficie si imposta in chilometri nella finestra a destra 
	Facendo clic su questo pulsante si impostano scale uguali per tutti gli assi. A destra viene visualizzata una finestra che consente di impostare il rapporto tra le scale di ciascun asse.
	Impostare il parametro da elaborare (Vp o Vs)

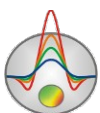
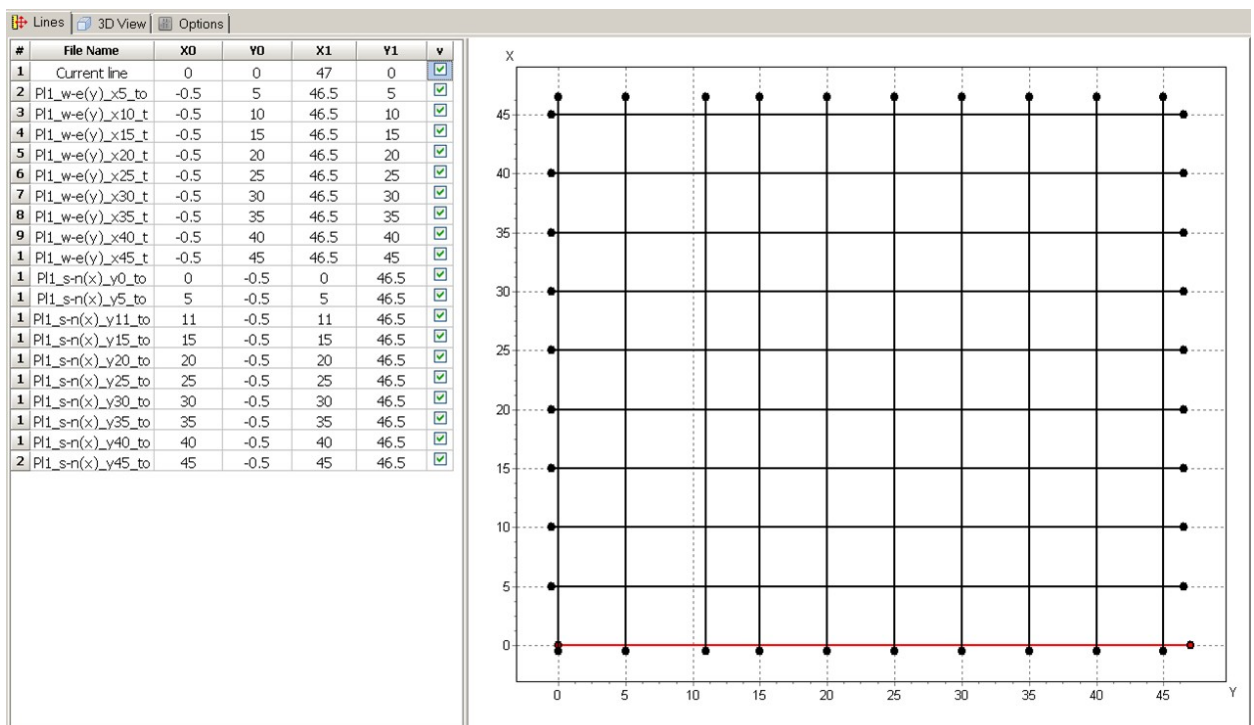
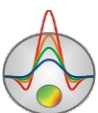


Fig. 90 Scheda Lines della finestra 3D Section viewer

La scheda *Lines* (Error: Reference source not found90) consente di aggiungere profili e assegnare loro le coordinate. A ogni profilo corrisponde una riga della tabella. Per aggiungere un profilo alla tabella, fare clic con il pulsante destro del mouse su una cella vuota della prima colonna e selezionare il file desiderato. Per la visualizzazione volumetrica, il programma utilizza un file con estensione *.mod2d, creato automaticamente al salvataggio del progetto principale in formato **ZondST2D**. È possibile aggiungere una riga vuota alla tabella o eliminare un file non necessario utilizzando i pulsanti  e  della barra degli strumenti. Le colonne X0, Y0, X1, Y1 della tabella contengono le coordinate rettangolari dell'inizio e della fine del profilo corrispondente (i profili curvilinei possono essere definiti con l'opzione XY/Edit topo). I profili possono avere qualsiasi orientamento reciproco: possono essere paralleli, non paralleli, intersecanti o non intersecanti. La planimetria dei profili viene visualizzata nella parte destra della scheda Lines man mano che si immettono le coordinate. L'ultima colonna della tabella consente di escludere, se necessario, i profili selezionati dall'immagine 3D.

La scheda *Options* consente di configurare i parametri di visualizzazione: la scala cromatica e le scale di ciascun asse. Il rapporto tra le scale può essere impostato anche con il campo  della barra degli strumenti. Il campo dei valori contiene le scale di visualizzazione dei singoli assi. Facendo clic sul pulsante  si imposta la scala di visualizzazione massima per l'area delimitata dagli assi.



Il modello volumetrico è visualizzato nella scheda **3D View** (Error: Reference source not found91).

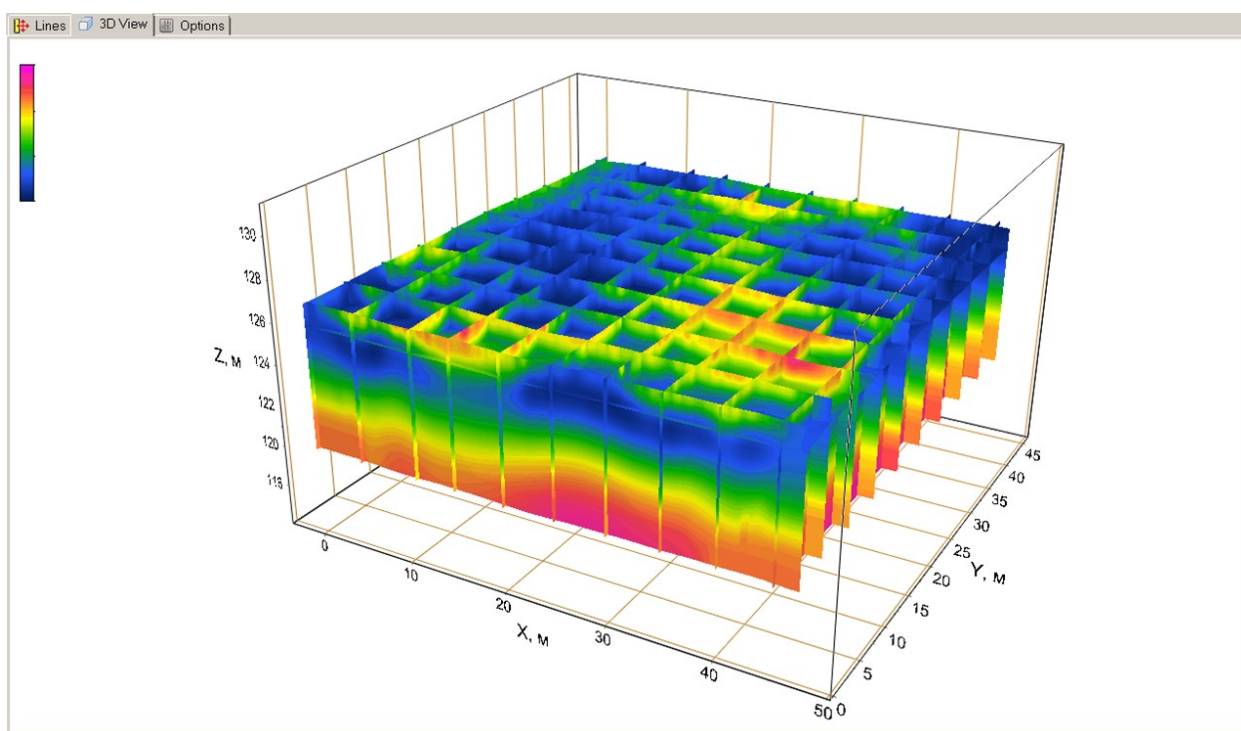


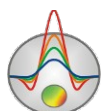
Fig. 91 Scheda **3D View** della finestra **3D section viewer**. **Visualizzazione volumetrica**

La configurazione di ciascun asse si effettua separatamente tramite le finestre di dialogo richiamate con il pulsante  della barra degli strumenti. La finestra di dialogo corrispondente consente di modificare le proprietà delle etichette degli assi, configurare la visualizzazione della griglia, impostare i titoli degli assi e così via.

È possibile accedere alle impostazioni relative all'immagine 3D del modello (tipi di proiezione, scale, angolo di rotazione, spostamenti dell'intero modello nelle coordinate dello schermo e così via) tramite il pulsante .

È possibile manipolare il modello anche con il mouse: tenendo premuto il pulsante sinistro, lo si può ruotare liberamente; la rotellina del mouse consente di modificare la scala. Facendo clic sul pulsante  il modello ruota automaticamente attorno al proprio centro geometrico.

Una funzione utile consente di creare una sezione del parametro a una profondità specifica. Si accede alla funzione tramite il gruppo di strumenti  della barra degli strumenti. Se la casella di controllo non è selezionata, nella finestra numerica si indica la quota assoluta alla quale creare la sezione. Se la casella è selezionata, nella finestra numerica si indica la profondità rispetto alla superficie alla quale creare la sezione. Esempio di sezione del modello, Fig. 92.



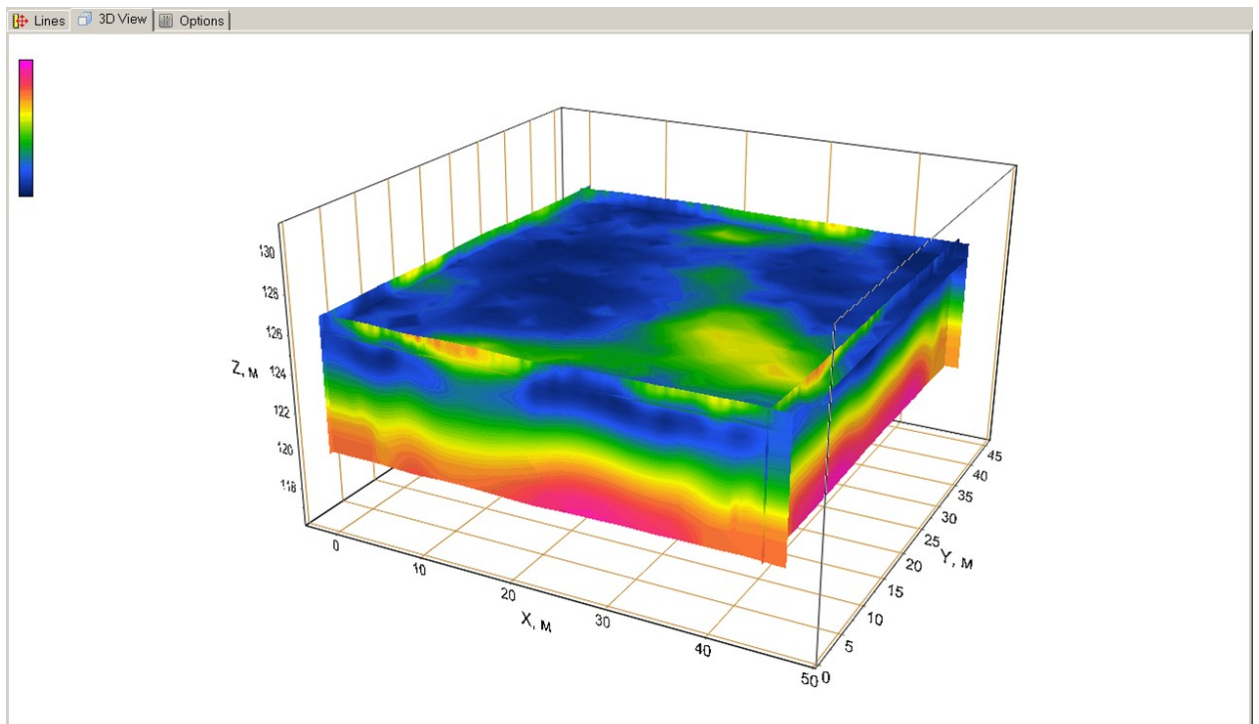


Fig. 92 Scheda 3D View della finestra 3D section viewer. Sezione delle velocità a una profondità specificata rispetto alla superficie.

La scheda **Options** è destinata alla configurazione dei parametri dell'immagine.

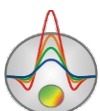
L'area *Color scale* consente di configurare i parametri di riempimento. Il pulsante **Palette** apre la finestra di dialogo per la configurazione del riempimento. L'area *Color scale limits* consente di impostare manualmente i valori minimo e massimo della scala cromatica oppure di selezionare la modalità automatica di determinazione dei limiti spuntando la casella corrispondente.

L'opzione Continuous consente di visualizzare le sezioni con una palette a gradiente continuo oppure in modalità a isolinee.

L'area *Axis scales* consente di impostare le scale degli assi. Le scale si impostano solo quando è premuto il pulsante  sulla barra degli strumenti della finestra.

L'opzione *Boreholes* consente di visualizzare i dati dei pozzi nell'immagine tridimensionale. Se il progetto contiene molti pozzi, la loro visualizzazione può richiedere molto tempo.

I risultati ottenuti con il modulo **3D section viewer** possono essere salvati, esportati e stampati. Il salvataggio e l'esportazione si effettuano tramite il pulsante  della barra degli strumenti. Se si seleziona Project file come tipo di file, il programma crea un file con estensione *.prj contenente i percorsi assoluti dei file dei profili e le relative coordinate. In seguito, aprendo questo file con il pulsante  il programma carica i dati corrispondenti e ricrea il modello



tridimensionale. Se nella finestra di dialogo di salvataggio si seleziona XY plane, il programma crea un file di testo *.dat contenente i dati della mappa del parametro alla profondità selezionata. Questo file può essere utilizzato con programmi esterni, ad esempio Surfer. Se si salva in formato Voxler 3d grid, il programma crea un file di testo *.dat contenente i dati dell'intero modello.

La stampa della finestra del modello si avvia premendo il pulsante  della barra degli strumenti.

Dialogo Summary plot

Questo dialogo consente di visualizzare congiuntamente diversi risultati sismici in una finestra separata. Si apre selezionando la voce di menu **Waves/Summary plot** del menu principale del programma. In base alla disponibilità delle informazioni nel progetto, i tre elenchi del pannello superiore della finestra conterranno parametri diversi, che potranno essere rappresentati nelle rispettive sezioni.

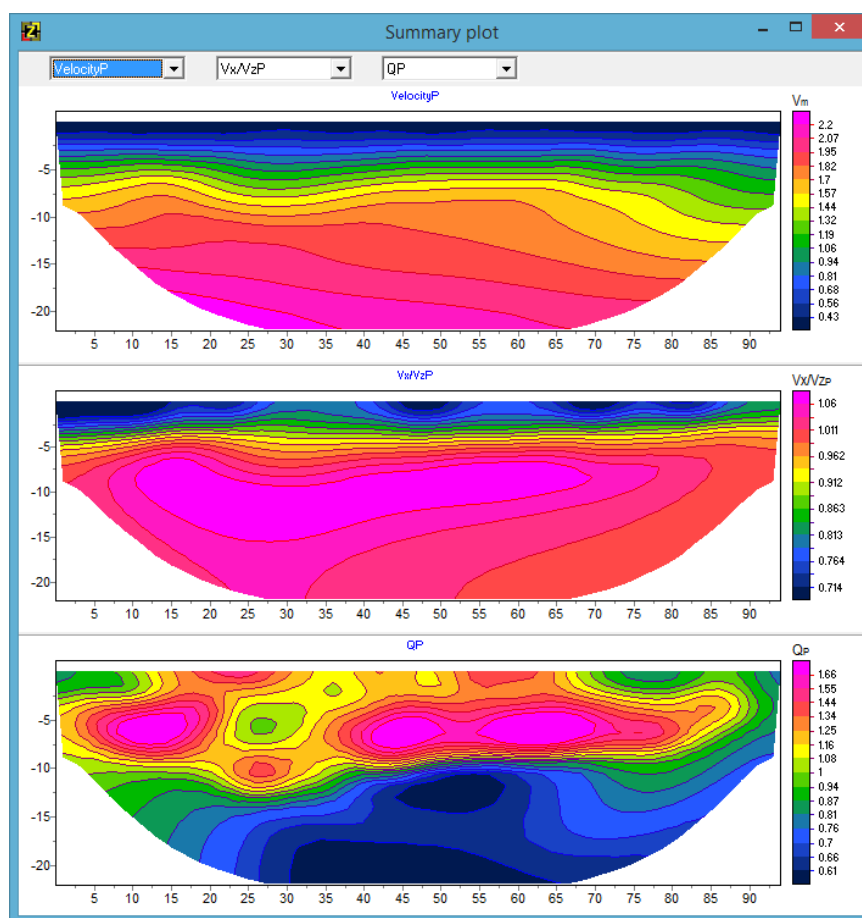
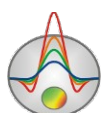


Fig. 93 Summary plot nella modalità di visualizzazione della sezione di velocità, del coefficiente di anisotropia e del parametro di attenuazione



Se il progetto contiene dati MASW e dati delle onde P e S, l'elenco completo dei parametri è il seguente:

VelocityP – velocità delle onde P della mesh del modello

VelocityS – velocità delle onde S della mesh del modello

Vx/VzP – coefficiente di anisotropia delle onde P

Vx/VzS – coefficiente di anisotropia delle onde S

QP – coefficiente di attenuazione delle onde P

QS - coefficiente di attenuazione delle onde S

Vp layered - velocità delle onde P del modello a strati arbitrari

VS layered - velocità delle onde S del modello a strati arbitrari

VS MASW - velocità delle onde S ricavata dai dati MASW

Poisson ratio MASW – coefficiente di Poisson ricavato dai dati MASW

E MASW – coefficiente E ricavato dai dati MASW, $E = \rho \cdot V_s^2 \cdot \frac{3 \cdot V_p^2 - 4 \cdot V_s^2}{V_p^2 - V_s^2}$

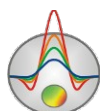
G0 MASW – coefficiente G0 ricavato dai dati MASW, $G_0 = \rho \cdot V_s^2$

Salvataggio dei risultati dell'interpretazione

Il risultato dell'interpretazione del profilo dei dati viene memorizzato in un file in formato **ZondST2D** (estensione *.ST). Il file contiene i dati di campagna, i valori dei pesi relativi delle misure, il modello corrente del mezzo e altre impostazioni. Al successivo caricamento, i dati del file vengono utilizzati per creare il modello del mezzo.

Per salvare il risultato dell'interpretazione, si può premere il pulsante  della barra degli strumenti oppure selezionare la voce di menu corrispondente. Nella finestra di dialogo che appare è inoltre possibile scegliere il formato dei dati per salvare i valori osservati (**Observed**) o calcolati (**Calculated**) dei tempi dei primi arrivi per il modello corrente, nonché le immagini (**Model, WorkSheet**) in formato *.BMP con la scala desiderata. La scala dell'immagine si può impostare tramite il dialogo **Options/Graphics/Bitmap output settings**.

Zond project data	Salva i valori misurati, il modello corrente del mezzo e tutte le impostazioni in un file di progetto ST.
Zond calculated data	Salva i valori calcolati in un file di dati ST di testo.
Zond observed data	Salva i valori osservati in un file di dati ST di testo.



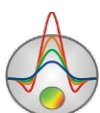
Zond model with calculated	Salva i valori misurati, il modello corrente del mezzo e tutte le impostazioni in un file di progetto ST. In questa modalità, i valori osservati vengono sostituiti da quelli calcolati. Ciò è molto utile per testare l'inversione su modelli diversi.
Worksheet	Salva le tre sezioni grafiche della finestra in formato BMP.
Model	Salva la sezione grafica inferiore della finestra in formato BMP. Per impostare la scala dell'immagine, utilizzare il dialogo Output settings .
Program configuration	Salva i parametri del programma.
Grid file	Salva il modello corrente come file griglia in formato DAT. Per agevolarne la successiva visualizzazione, viene salvato anche un file in formato bln, contenente i punti caratteristici della topografia e il contorno di ritaglio.
Section file	Salva il modello corrente in formato sec (file grafico con georeferenziazione degli angoli).

Funzioni aggiuntive del programma

Dialogo Model smooth/raster

L'opzione (**Options/Extra/Model smooth/raster**) consente di ridurre la risoluzione del modello corrente (suddividendolo in blocchi) oppure di applicarvi lo smoothing. Il modello a blocchi può essere utilizzato nell'inversione di tipo [Blocks](#). In questo caso, il parametro viene stimato per ciascun blocco. La riduzione della risoluzione equivale a una rasterizzazione del modello regolare, ovvero alla sua suddivisione in regioni con parametri costanti. Il risultato dell'inversione con focalizzazione è il più adatto alla rasterizzazione.

Utilizzando la modalità **Blocks** (Fig. 94B), in funzione del fattore di contrasto (*Contrast factor*), le celle con parametri simili vengono aggregate in regioni con valore costante. L'opzione **Start layer** specifica il numero dello strato da cui iniziare l'operazione.



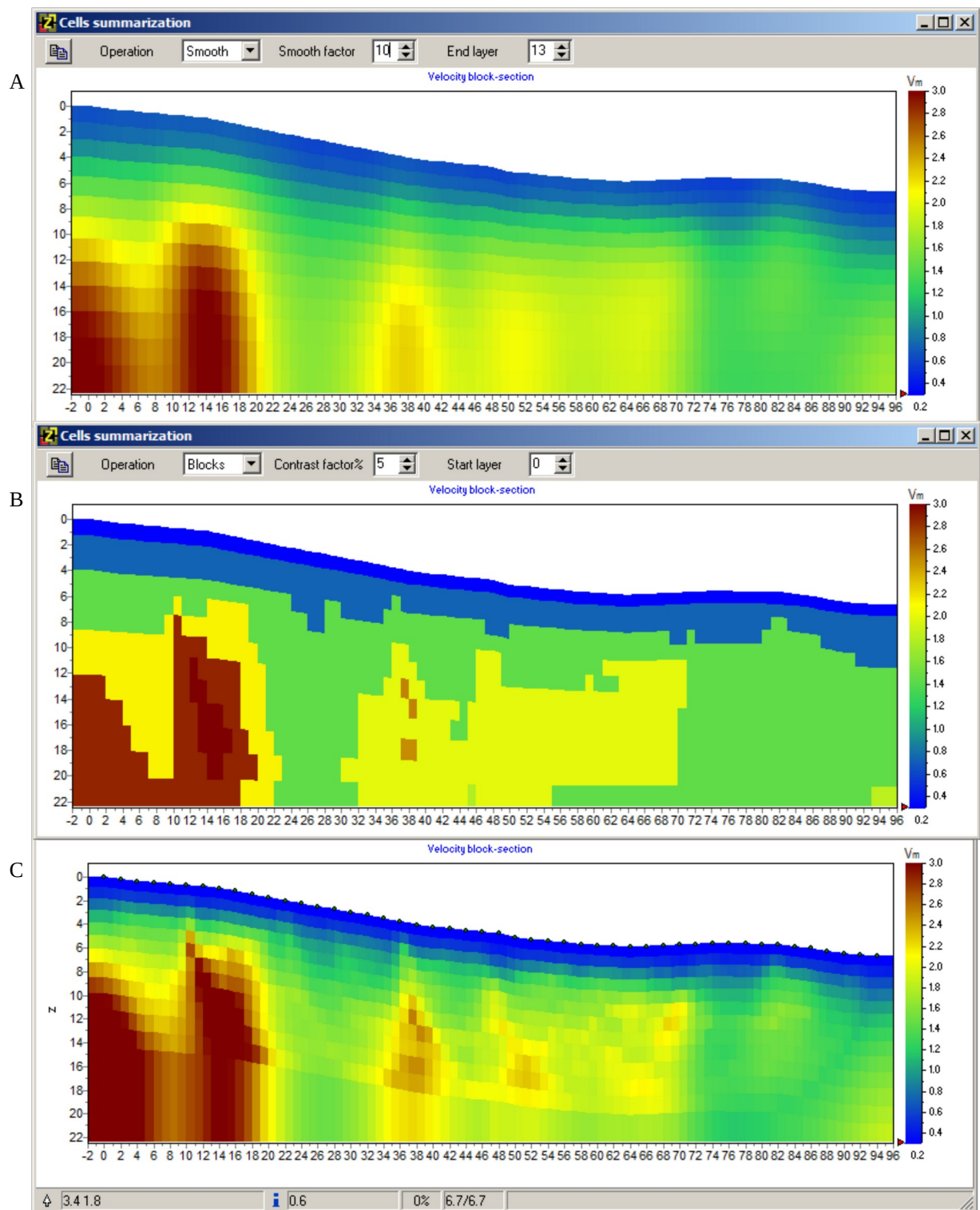
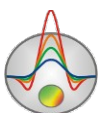


Fig. 94 Esempio di smoothing (A) e suddivisione in blocchi (B) di un modello di velocità (C) utilizzando il dialogo Cell summarization



Nella modalità **Smooth** (Fig. 94A), in funzione del fattore di smoothing (**Smooth factor**), i parametri delle celle del modello vengono mediati, ottenendo così lo smoothing del modello. L'opzione **End layer** specifica il numero dello strato fino al quale eseguire l'operazione.

Il pulsante  copia il modello ottenuto nell'editor del modello.

Utilizzo dei dati gravimagnetici

Il programma può essere utilizzato per l'interpretazione congiunta dei dati di prospezione sismica e di prospezione gravimagnetica. Per caricare i dati, selezionare la funzione **Modeling/GraviMagnetic/Load data** oppure **Add data**. I dati possono essere in qualsiasi formato di testo. Dopo aver selezionato il file, appare il dialogo **Export text data**. In questo dialogo, occorre specificare la colonna contenente le distanze lungo il profilo (*ProfPos*), i dati del campo gravitazionale (*Grav*) e del campo magnetico (*Mag*) nella riga *Type*. Occorre inoltre impostare le unità di misura nella riga *Units* per ciascuna grandezza. I pulsanti *Start* e *End* consentono di specificare le righe iniziale e finale dei dati. Selezionare la riga desiderata e premere il pulsante corrispondente. La riga iniziale dei dati è evidenziata in verde nella tabella, mentre quella finale è evidenziata in rosso.

Export text data				
OK Start End				
Type	ProfPos	None	Mag	Grav
Units	m	None	nTl	mGal
1	x	ProfPos	t	g
2	0	Grav	59981.634	0.11047764
3	5	Mag	59983.39	0.13166159
4	10	0	59985.341	0.14462907
5	15	0	59993.915	0.15142022
6	20	0	59997.61	0.15633892
7	25	0	59997.024	0.15779217
8	30	0	59996.732	0.15944106
9	35	0	59996.049	0.15860264
10	40	0	59990.793	0.15491362
11	45	0	59987.585	0.1487373
12	50	0	59987	0.14585874
13	55	0	59995.268	0.14954776
14	60	0	60004.232	0.15633892
15	65	0	60006.476	0.15921748
16	70	0	60002.183	0.16005589
17	75	0	59999.854	0.16005589
18	80	0	59998	0.16044715
19	85	0	59996.732	0.16190041
20	90	0	59995.561	0.16005589

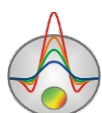


Fig. 95 Finestra di esportazione dei dati di gravimetria e/o magnetometria **Export text data**

Dopo aver premuto il pulsante OK, i dati vengono caricati e viene visualizzata la finestra di configurazione dei parametri di misura. Questa finestra è accessibile anche dal menu principale **GraviMagnetic/Field settings**. La finestra di selezione dei parametri di misura è suddivisa in due aree: **Magnetic survey** e **Gravity survey**, corrispondenti alle impostazioni del campo magnetico e gravitazionale.

The image shows a software window titled "Observation settings". It has two main panels. The left panel, "Magnetic survey", is active and contains several input fields: "Total field, nT" with the value 50000, "Inclination, deg" with 0, "Declination, deg" with 0, "Profile azimuth, deg" with 51, "Magnetometer elev, m" with an asterisk, "Data type" with a dropdown set to 'T', and "Gradient base, m" with 1. The right panel, "Gravity survey", is inactive and contains: "Gravimeter elev, m" with 0, "Data type" with a dropdown set to 'Gz', and "Gradient base, m" with 1. An "Apply" button is at the bottom center.

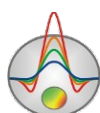
Fig. 96 Finestra di configurazione dei parametri di osservazione **Observation settings**

Area **Magnetic survey**:

Total field, nT – modulo del vettore del campo magnetico normale (T_0), in nT.

Inclination, deg – valore dell'inclinazione del campo magnetico normale, in gradi (I_0). Si misura verso il basso a partire dall'orizzontale.

Declination, deg – valore della declinazione del campo magnetico normale, in gradi (D_0). Si misura in senso orario a partire dalla direzione nord.



Profile azimuth, deg – azimuth del profilo, in gradi. Si misura in senso orario a partire dalla direzione nord.

Magnetometer elev, m – quota del sensore magnetico, in metri, rispetto alla topografia.

Data type – tipo di dati misurati. **T** – campo magnetico, **GrZ** – gradiente del campo magnetico

Gradient base, m – Quota del sensore rispetto alla superficie terrestre

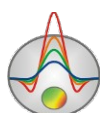
Area **Gravity survey**:

Gravimeter elev, m – quota delle osservazioni gravimetriche, in metri, rispetto alla topografia.

Data type – tipo di dati misurati. **Gz** – componente verticale della forza di gravità, **Grz** – gradiente della componente verticale della forza di gravità.

Gradient base, m – Quota del sensore rispetto alla superficie terrestre.

Dopo aver impostato i parametri del rilievo, viene visualizzata la finestra Gravity&Magnetic data, contenente i grafici dei campi gravitazionale e magnetico. Questa finestra è accessibile anche dal menu principale **GraviMagnetic/Display GM window**.



Modulo di elaborazione a strati

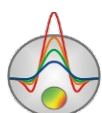
Il modulo **Vintage processing module (Options / Modules / Layered processing)** è destinato all'interpretazione delle dromocrone delle onde rifratte nell'ambito di un modello a strati (fino a quattro strati). I punti delle dromocrone vengono assegnati agli strati mediante i pulsanti 1–4 (**X** – strato sconosciuto) in uno dei modi seguenti: facendo clic sul punto, facendo clic per propagare l'assegnazione ai punti più vicini alla sorgente o più lontani da essa, oppure usando lo strumento «cerchio». Il pulsante **Build solution** costruisce un modello a strati (il cursore imposta la regolarità della soluzione; il clic destro apre il menu delle impostazioni); il pulsante **Get pattern from solution** trasferisce dalla soluzione la suddivisione dei punti in strati; **Remove pattern** elimina la suddivisione. I pulsanti **t** e **V** alternano la visualizzazione dei tempi e delle velocità apparenti; due pulsanti impostano la posizione del punto sulla dromocrona (ricevitore o punto medio tra sorgente e ricevitore).

Menu delle impostazioni del pulsante **Build solution: Geometry settings** (numero di nodi e sotto-nodi delle interfacce, numero di suddivisioni della velocità del primo strato, numero massimo di strati 2–4, interpolazione spline), **Data metric** (**S** – lentezza oppure **t0** – tempo), **Process visible** – elabora solo le dromocrone visibili, **$V(i) < V(i+1)$** – la velocità aumenta con la profondità, **Optimization**, **Search for start_grad**, **Rebuild model**. Menu del pulsante **Options: Print preview**, **Set as apriori** – trasferisce le interfacce ai limiti a priori della finestra principale, **Set as layered model** – trasferisce al modello a strati arbitrario, **Save to file**.

Modulo di inversione VSP

Il modulo **VSP inversion (Options / Modules / Downhole module** oppure il pulsante **VSP** della finestra Trace editor) esegue l'inversione 1D dei tempi (e delle ampiezze) delle onde dirette VSP. Pulsanti della barra: **Inversion** – avvia l'inversione (il clic destro apre il menu: **Invert depths** – determina le profondità delle interfacce, **Robust**, **Layers number** – numero di strati 3–100, **PR constraint** – vincolo sul coefficiente di Poisson); **Rebuild model**; **Save model**; **Copy models to main window**; **Error gates**; **Correct amplitudes** – corregge le discontinuità delle ampiezze lungo il pozzo. Menu contestuale del modello: **Split layer**, **Merge layers**.

Quando si caricano dati VSP (o dati cross-hole) in Trace editor, si apre la finestra di dialogo **Imported VSP data (Imported cross-hole data)**. Nella tabella, per ogni file si specificano l'utilizzo, la polarità (+/–) e l'assegnazione dei canali (**X**, **Y**, **Z**, **trig** – canale di trigger). **Sx** – coordinata orizzontale della sorgente, **Rx** – coordinata orizzontale del pozzo con i ricevitori, **Summarize repeats** – somma le registrazioni ripetute. Il pulsante **Apply** genera i sismogrammi per componente.



Modulo di modellazione del campo d'onda

Il modulo **Simulation module** (pulsante sulla barra degli strumenti) calcola sismogrammi sintetici per il modello corrente con il metodo degli elementi finiti. Scheda **Settings: Dimension** (2D, Q2.5D, 2.5D), **Problem** (Acoustic, Elastic), **Element** (Quadratic, Spectral); impulso **Wavelet** (Ricker o GaussDeriv, frequenza **f0**, ritardo **t0**, ampiezza **A**); **Times** – numero di campioni e intervallo di campionamento (s); **Scaling** – normalizzazione delle tracce e opzione **Cross zeros**. Pulsanti: carica il modello dalla finestra principale, avvia il calcolo, salva il risultato (in formato SEG-Y o in formato testuale del modello). I risultati sono visualizzati nelle schede **Traces** e **Models**.

Modulo di inversione 2D MASW

Modulo **2D MASW inversion module** (pulsante **2DMASW inversion**) esegue l'inversione 2D degli spettri delle onde superficiali (eventualmente insieme ai primi arrivi). Pulsanti: caricare il modello dalla finestra principale, inversione 2D, inversione 1D, salvare il modello, impostazioni del programma, selettore 32/64 – esecuzione del calcolo nel modulo a 64 bit.

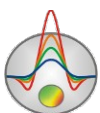
Scheda **Settings: Inversion** – parametri da stimare (V_s con coefficiente di Poisson fissato oppure V_p , V_s e V_p , V_s e PR , V_s e V_p/V_s), infittimento adattivo della mesh, peso dei primi arrivi rispetto allo spettro e metodo di bilanciamento; **Data** – poligono dei dati nello spettro, diradamento delle frequenze, smoothing, tipo di dati (**Centroid curve** o **Spectrum**), normalizzazione $\sqrt{t}$, offset minimo, trasformazione LinLog; parametri dei primi arrivi (frequenza, $\ln(V_a)$ o t_0 , risolutore Ray o Thick ray); **Model** – limiti e tipo di trasformazione (linear, logarithmic) per V_p , V_s , densità e Q_p/Q_s . La scheda **Misfits** mostra gli errori di fit, la scheda **Models** mostra i modelli.

Pannello degli elementi

Il pannello **Element's toolbox (Options / Modules / Elements toolbox)** consente di aggiungere elementi grafici alla sezione: poligoni, linee e testo. Il tipo del nuovo elemento si seleziona facendo clic destro sul pulsante di aggiunta. Il pannello contiene pulsanti per modificare la geometria dell'elemento, eliminare l'elemento attivo o tutti gli elementi, mostrarli o nascondarli, un elenco degli elementi, un campo per il testo dell'etichetta e le impostazioni di linea e riempimento.

Editor dell'immagine di sfondo

La voce **Options / Import/Export / Background image / Editor** apre la finestra **Background editor** per elaborare l'immagine di sfondo. Schede: **Contrast** – aumento del contrasto; **MCP filter** (Num comps); **Clustering** (Num clusters, Bounded); **Smoothing** (direzione X and Y / X / Y / Anisotropic, Numb cycles); **Trunc** (Negative / Positive); **AGC**; **Windowing** (Suppress <); **Replace** (Replace / Remove / Draw, colore Color); **Model**. I campi



winx/2 e **winy/2** impostano la metà della dimensione della finestra dei filtri. Pulsanti: **Preview** – anteprima; **Save** – accettare il risultato per il passaggio successivo; **Original** – ripristinare l'immagine originale; **Cancel** – annullare l'ultima anteprima; **Apply&close** – applicare il risultato all'immagine di sfondo e chiudere la finestra.

Progetto areale

Il pulsante **Create areal project** apre la finestra **Area** per lavorare con più profili in un unico progetto. Per aggiungere nuove linee, aprire i file dei dati. Nella finestra sono visualizzati la tabella delle linee e la loro posizione in pianta; la linea attiva si seleziona facendo clic sulla riga corrispondente o sulla pianta. Facendo clic su una riga della tabella tenendo premuto Ctrl si apre la finestra **Line coordinates** per impostare le coordinate iniziali e finali della linea (**X0, Y0, X1, Y1**; l'opzione **LonLat->UTM** converte le coordinate geografiche in UTM). Nel pannello della finestra sono inoltre presenti pulsanti per eliminare una linea, caricare una mappa dell'area e avviare l'inversione sequenziale di tutte le linee.

Finestre di dialogo ausiliarie

Start model and constraints (Options / Model / Set 1D model) – definizione del modello stratificato iniziale: **Number of layers**, limiti di variazione **Set limites +/-**, pulsante **Apply**.

Histogram (Options / Extra / Data&model histogram) – istogrammi del modello e delle velocità apparenti.

Combine Vp and Vs (Options / Import/Export / Combine Vp&Vs) – unione di due file di dati (onde P e S) in un unico progetto: **Vp data, Vs data** – file, **DX** – spostamento delle coordinate per ciascun file; **VS** – utilizzare i dati del secondo file dalle colonne VS.

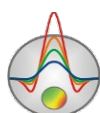
Topography editor – tabella della topografia durante l'importazione dei dati topografici. **Fixed X** – non modificare le coordinate X quando si impostano le quote; menu contestuale: **Interpolate empty, Lon/Lat->UTM XY**.

User defined cutting polygon (Options / Cutting / User cutting) – definizione del poligono di ritaglio sul modello; pulsante per eliminare il poligono.

Set isolines (Options / Graphics / Set user isolines) – selezione dei valori delle isolinee: intervallo uniforme, eliminazione di tutte le isolinee, applicazione.

SegY export (Options / Import/Export / Export model to SEG-Y) – passo in profondità (m), trasformazione logaritmica dei valori, scrittura delle coordinate XY.

Import data (Import SeisOpt picking, Import Rafract picking) – selezione dei file delle sorgenti, dei ricevitori (geometria) e dei dati.



Start times to invert (Options / Inversion / Choose invert) – tabella delle sorgenti con caselle di controllo per stimare la correzione del tempo di origine e grafico della differenza media tra i tempi osservati e calcolati.

Smoothing settings (Options / Data / Smooth data) – **Smoothness** – grado di smoothing; **Metric** – grandezza da sottoporre a smoothing (Slowness, Time, Velocity); **Start times** – correzione dei tempi di inizio (Pre-correction, Post-correction, No correction); **Correction only** – solo correzione, senza smoothing; **Preview, Apply**.

Sounding cone (TDEM cone, VES cone, MT cone, MASW cone) – larghezza dell'area di influenza del sondaggio in alto (**Width on top**) e in basso (**Width on bottom**); **Units** – Percents, Meters o As depth.

Extra layered term (Options / Inversion / Optimization / Layered term) – **Enable, Pushing factor, Num top layers off** (0–5), **Window size** (1–5).

Image guided settings (Options / Inversion / Joint inversion / IGI settings) – **Smoothness from** (Averaged blocks, Gradients, Structure tensor) e **Force** (Correlation, Gradients, None).

Sections from buffer (Options / Inversion / View iterations, Buffer / Open) – finestra con più sezioni (modelli delle iterazioni o modelli dal buffer).

Project information (Options / Project information) – informazioni sul progetto: area, azienda, cliente, date, coordinate, nome, strumenti, operatori.

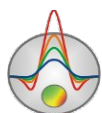
Script e elaborazione batch

Il menu **Script** consente di registrare una sequenza di operazioni e applicarla a un gruppo di file. **Start recording script** avvia la registrazione, **Stop recording script** la termina. **Run packed processing** richiede un elenco di file ed esegue su ciascuno le operazioni registrate; il log viene scritto nel file batch.out nella cartella del programma. Lo script può essere salvato (**Save script file**) e caricato (**Load script file**).

Impostazione dei parametri grafici

Finestra di dialogo per la configurazione dell'immagine esportata

La finestra di dialogo **Output settings**, con l'opzione *Automatic* disattivata, consente di impostare la scala verticale *Vertical scale*, la scala orizzontale *Horizontal scale*, la risoluzione dell'immagine esportata *Print resolution* in dpi e la dimensione del carattere *Font size* (Fig. 97).



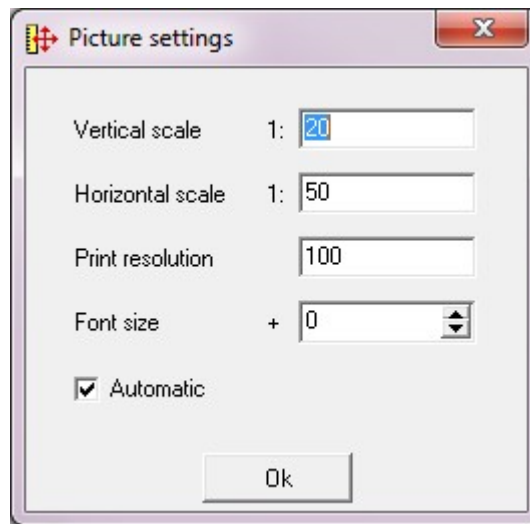
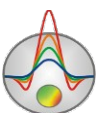


Fig. 97 Finestra di dialogo Picture settings

Finestra di dialogo per l'impostazione dei parametri della sezione a isolinee e della pseudosezione

La finestra di dialogo si apre dal menu contestuale (**Setup**) nell'area della sezione a isolinee.



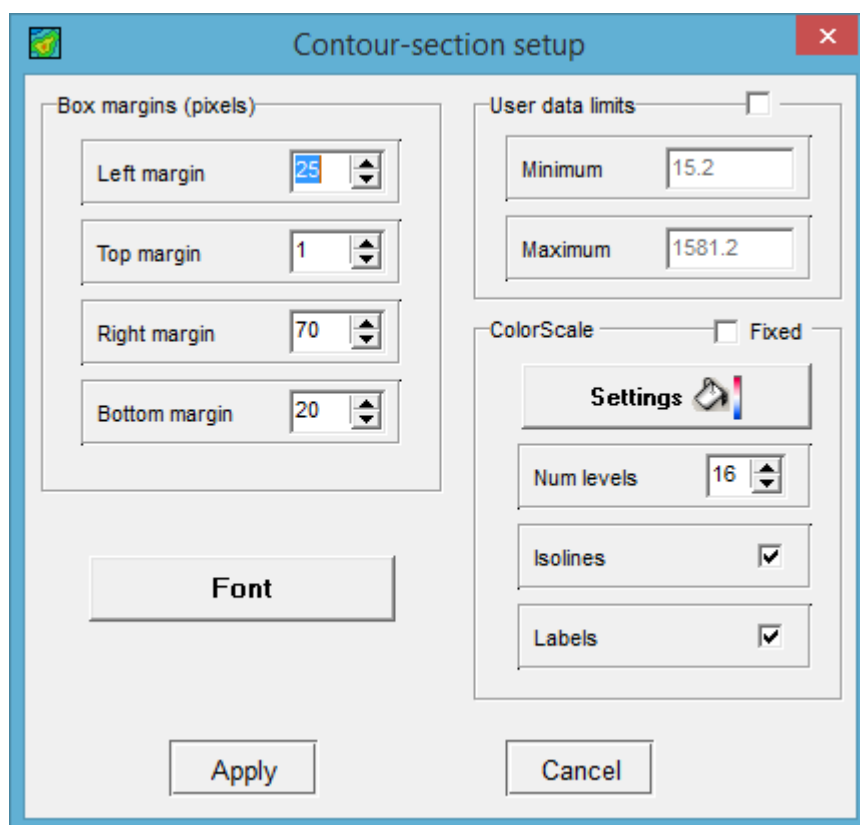


Fig. 98 Finestra di dialogo «Contour-section setup»

La finestra di dialogo serve a impostare i parametri della sezione a isolinee e della mappa delle isolinee.

Area Box margins:

Il campo **Left margin** imposta il margine (in pixel) tra l'immagine e il bordo sinistro della finestra.

Il campo **Right margin** imposta il margine (in pixel) tra l'immagine e il bordo destro della finestra.

Il campo **Top margin** imposta il margine (in pixel) tra l'immagine e il bordo superiore della finestra.

Il campo **Bottom margin** imposta il margine (in pixel) tra l'immagine e il bordo inferiore della finestra.

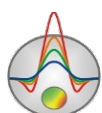
L'opzione **User data limits** indica al programma di usare i valori minimo e massimo dei dati oppure i valori dei campi Minimum e Maximum per definire i livelli delle isolinee.

Il campo **Minimum** imposta il valore minimo per la definizione dei livelli delle isolinee.

Il campo **Maximum** imposta il valore massimo per la definizione dei livelli delle isolinee.

Area ColorScale:

Settings – imposta la palette di colori (vedere la figura seguente):



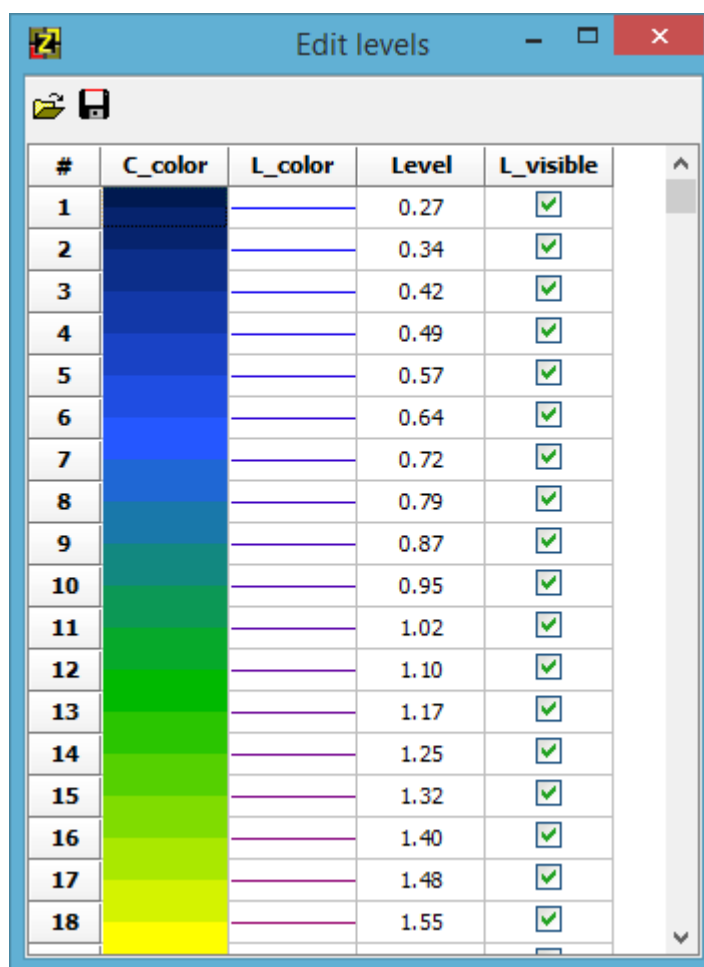


Fig. 99 Finestra di dialogo «Edit levels»

Facendo clic con il pulsante destro del mouse sulle intestazioni della tabella si apre un menu aggiuntivo:

C_color – apre la finestra di modifica del colore della scala dei valori.

L_color – apre la finestra di modifica del colore delle tacche sulla scala cromatica.

Level – apre la finestra di modifica dei limiti della scala cromatica.

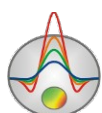
La finestra di dialogo consente di modificare i colori, i parametri delle isolinee, i valori dei parametri e la visualizzazione di un determinato colore. È possibile caricare e salvare palette di colori nel formato *.clr di Surfer.

Il campo **Num levels** determina il numero di livelli delle isolinee. I livelli sono distribuiti con passo lineare uniforme o logaritmico, in base al tipo di dati.

L'opzione **Isolines** indica al programma se disegnare le isolinee.

L'opzione **Labels** indica al programma se disegnare le etichette delle isolinee.

Il pulsante **Font** apre la finestra di dialogo per impostare il carattere della legenda.



Finestra di dialogo per l'impostazione della palette

La finestra di dialogo serve a impostare la palette di un oggetto del programma e si apre facendo clic sul pulsante **Palette** (Fig. 100). La finestra di dialogo consente di scegliere una delle palette predefinite (arcobaleno diretto e inverso, scala di grigi ecc.) o di creare una scala personalizzata. Per aggiungere un cursore alla scala, fare clic con il pulsante destro del mouse tenendo premuto Ctrl. Per eliminare un cursore, premere Delete. È inoltre possibile salvare la palette personalizzata usando il pulsante , oppure caricarne una esistente usando il pulsante .

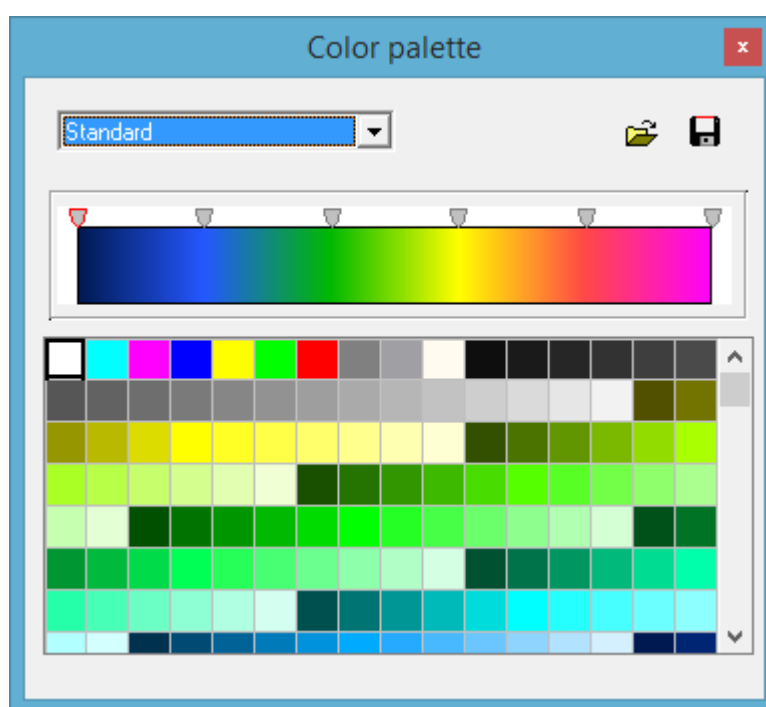
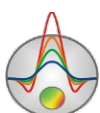


Fig. 100 Finestra di dialogo per l'impostazione dei parametri della palette.

È possibile modificare la palette, caricarla da un file e salvarla in un file nel formato *.clr di Surfer.

Editor del set di grafici



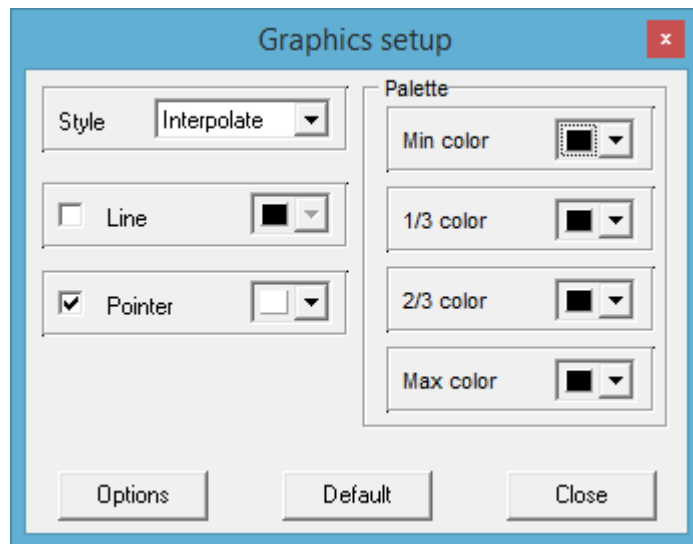


Fig. 101 Editor del set di grafici

L'editor serve a configurare la sequenza di colori del set di grafici.

L'opzione *Style* imposta l'algoritmo per assegnare la palette di colori ai grafici.

Se si seleziona *Interpolate*, viene utilizzata una palette interpolata, creata usando i colori specificati nelle opzioni: *min color*, *1/3 color*, *2/3 color* e *max color*. Il valore *const* assegna a tutti i grafici lo stesso colore (opzione *color*). Il valore *random* assegna colori casuali a tutti i grafici

L'opzione *Line* consente di specificare un colore per le linee di collegamento dei grafici. Se l'opzione è disattivata, viene utilizzato il colore della palette; altrimenti viene utilizzato il colore impostato in *Line*.

L'opzione *Pointer* consente di specificare un colore per il riempimento dei simboli dei grafici. Se l'opzione è disattivata, viene utilizzato il colore della palette; altrimenti viene utilizzato il colore impostato in *Pointer*.

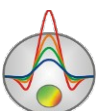
L'opzione *Border* consente di specificare un colore per il contorno dei simboli dei grafici. Se l'opzione è disattivata, viene utilizzato il colore della palette; altrimenti viene utilizzato il colore impostato in *Border*.

Il pulsante [Options] apre la finestra di dialogo per la configurazione del grafico.

Il pulsante [Default] ripristina le impostazioni predefinite dei grafici.

Editor del grafico

L'editor serve a configurare l'aspetto del grafico. Si può aprire facendo clic destro sul grafico mentre si tiene premuto SHIFT.



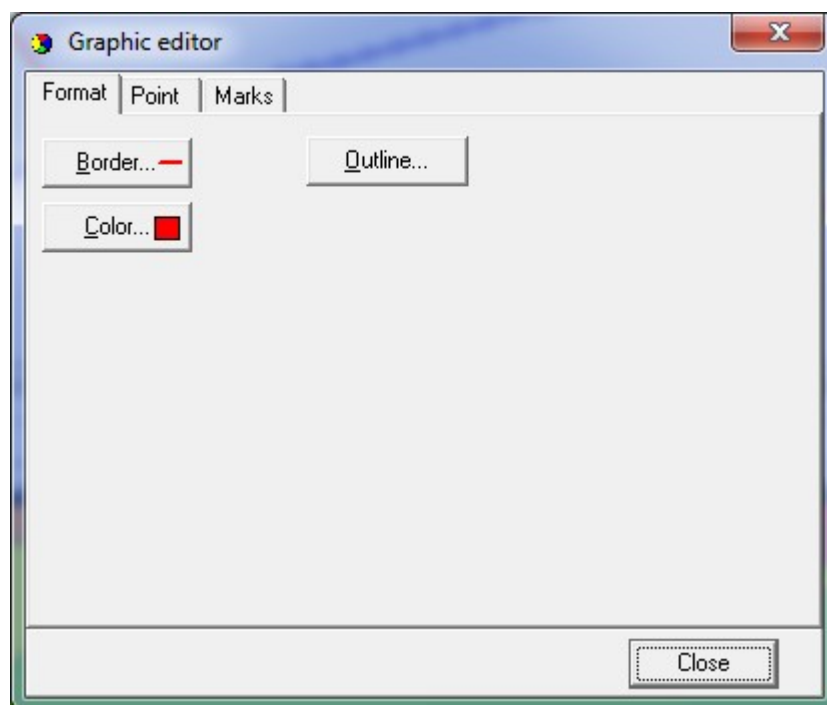


Fig. 102 Finestra di dialogo dell'editor per la configurazione dei grafici

La scheda **Format** contiene le impostazioni delle linee di collegamento del grafico.

Il pulsante **Border** apre la finestra di dialogo per configurare i parametri delle linee di collegamento del grafico.

Il pulsante **Color** apre la finestra di dialogo per selezionare il colore del grafico.

Il pulsante **Outline** apre la finestra di dialogo per configurare i parametri del contorno delle linee di collegamento del grafico.

La scheda **Point** contiene le impostazioni dei simboli del grafico.

L'opzione **Visible** consente di mostrare o nascondere i simboli del grafico.

L'opzione **Error gates** consente di mostrare o nascondere l'intervallo di confidenza.

L'opzione **Style** imposta la forma del simbolo.

L'opzione **Width** imposta la larghezza del simbolo in unità dello schermo.

L'opzione **Height** imposta l'altezza del simbolo in unità dello schermo.

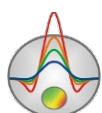
Il pulsante **Pattern** apre la finestra di dialogo per selezionare i parametri di riempimento del simbolo.

Il pulsante **Border** apre la finestra di dialogo per configurare i parametri della linea di contorno del simbolo.

La scheda **Marks** contiene le impostazioni delle etichette dei simboli del grafico.

Scheda **Style**:

L'opzione **Visible** consente di mostrare o nascondere le etichette dei simboli del grafico.



L'opzione **Draw every** consente di disegnare un'etichetta ogni due, tre e così via, in base al valore selezionato.

L'opzione **Angle** determina l'angolo di rotazione del testo delle etichette dei simboli.

L'opzione **Clipped** determina se disegnare l'etichetta di un simbolo quando questa supera l'area del grafico.

La scheda **Arrows** serve a configurare l'aspetto della freccia che collega l'etichetta al simbolo.

Il pulsante **Border** apre la finestra di dialogo per configurare i parametri della linea della freccia.

L'opzione **Length** imposta la lunghezza della freccia.

L'opzione **Distance** imposta la distanza tra la punta della freccia e il simbolo del grafico.

La scheda **Format** contiene le impostazioni grafiche del riquadro attorno all'etichetta del simbolo.

Il pulsante **Color** apre la finestra di dialogo per selezionare il colore dello sfondo del riquadro.

Il pulsante **Frame** apre la finestra di dialogo per configurare la linea del riquadro.

L'opzione **Round Frame** consente di visualizzare il riquadro con gli angoli arrotondati.

L'opzione **Transparent** imposta il grado di trasparenza del riquadro.

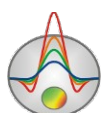
Scheda **Text**:

Il pulsante **Font** apre la finestra di dialogo per configurare il carattere delle etichette dei simboli.

Il pulsante **Outline** apre la finestra di dialogo per configurare i contorni delle lettere delle etichette dei simboli.

Editor degli assi

Molti oggetti del programma contengono assi di coordinate. Per configurare l'aspetto e la scala degli assi si utilizza l'editor degli assi. Si può aprire facendo clic destro sull'asse desiderato mentre si tiene premuto SHIFT (vedere la figura seguente).



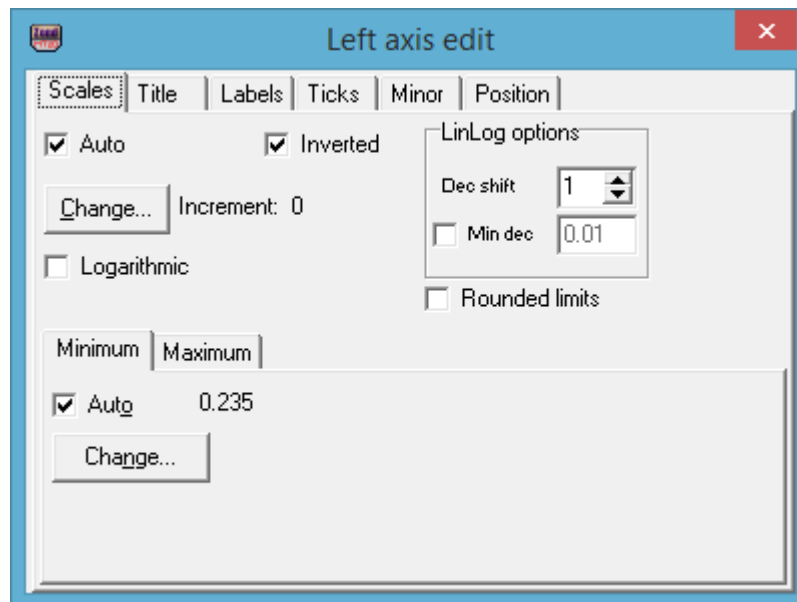


Fig. 103 Esempio della finestra di dialogo dell'editor dell'asse sinistro

Viene visualizzato un menu contestuale con tre voci: *options*, *default* e *fix range*. La prima apre la finestra di dialogo, la seconda ripristina i valori predefiniti.

La prima scheda della finestra di dialogo, **Scales**, contiene le opzioni relative alla configurazione dei parametri di scala dell'asse.

L'opzione **Auto** indica al programma come determinare i valori minimo e massimo dell'asse. Se l'opzione è attivata, i limiti dell'asse vengono determinati automaticamente; altrimenti vengono specificati dall'utente nei campi **Minimum** e **Maximum**.

L'opzione **Inverted** determina l'orientamento dell'asse.

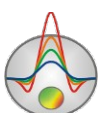
Il pulsante **Increment change** apre la finestra di dialogo per specificare l'incremento delle tacche dell'asse.

L'opzione **Logarithmic** imposta la scala dell'asse: logaritmica o lineare. Per un asse con valori di segno diverso, si devono utilizzare anche le opzioni dell'area **Lin Log options**.

L'area Lin Log options contiene opzioni per configurare un asse lineare-logaritmico. La scala lineare-logaritmica consente di rappresentare dati con valori di segno diverso o contenenti zero in scala logaritmica.

L'opzione **Dec Shift** imposta lo scostamento (in decadi logaritmiche) rispetto al limite dell'asse di valore assoluto massimo fino a zero. La decade minima (prezero) ha scala lineare, le altre sono logaritmiche.

L'opzione **Min dec** imposta e blocca il valore della decade minima (prezero), se l'opzione è attivata.



L'opzione **Rounded limits** indica se il programma deve arrotondare i valori minimo e massimo dell'asse.

Le aree **Minimum** e **Maximum** contengono le opzioni per configurare i limiti degli assi.

L'opzione **Auto** determina come viene definito il limite dell'asse: automaticamente oppure mediante il pulsante Change.

La scheda **Title** contiene le opzioni per configurare il titolo dell'asse.

Scheda **Style**:

L'opzione **Title** definisce il testo del titolo dell'asse.

L'opzione **Angle** definisce l'angolo di rotazione del testo del titolo dell'asse.

L'opzione **Size** definisce la distanza del testo del titolo dell'asse. Se è impostata su 0, la distanza viene determinata automaticamente.

L'opzione **Visible** consente di mostrare/nascondere il titolo dell'asse.

Scheda **Text**:

Il pulsante **Font** apre la finestra di dialogo per configurare il carattere del titolo dell'asse.

Il pulsante **Outline** apre la finestra di dialogo per configurare i contorni delle lettere del titolo dell'asse.

La scheda **Labels** contiene le opzioni per configurare le etichette dell'asse.

Scheda **Style**:

L'opzione **Visible** consente di mostrare/nascondere le etichette dell'asse.

L'opzione **Offset** definisce la distanza delle etichette dell'asse. Se è impostata su 0, la distanza viene determinata automaticamente.

L'opzione **Angle** definisce l'angolo di rotazione del testo delle etichette dell'asse.

L'opzione **Min separation%** imposta la distanza percentuale minima tra le etichette.

La scheda **Text**:

Il pulsante **Font** apre la finestra di dialogo per configurare il carattere delle etichette dell'asse.

Il pulsante **Outline** apre la finestra di dialogo per configurare i contorni delle lettere delle etichette dell'asse.

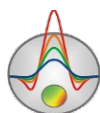
La scheda **Ticks** contiene le opzioni per configurare le tacche principali dell'asse.

Il pulsante **Axis** apre la finestra di dialogo per configurare la linea dell'asse.

Il pulsante **Grid** apre la finestra di dialogo per configurare le linee della griglia delle tacche principali dell'asse.

Il pulsante **Ticks** apre la finestra di dialogo per configurare le tacche esterne principali dell'asse. L'opzione **Len** ne imposta la lunghezza.

Il pulsante **Inner** apre la finestra di dialogo per configurare le tacche interne principali dell'asse. L'opzione **Len** ne imposta la lunghezza.



L'opzione **At labels only** indica al programma di disegnare le tacche principali solo in corrispondenza delle etichette dell'asse.

La scheda **Minor** contiene le opzioni per configurare le tacche secondarie dell'asse.

Il pulsante **Grid** apre la finestra di dialogo per configurare le linee della griglia delle tacche secondarie dell'asse.

Il pulsante **Ticks** apre la finestra di dialogo per configurare le tacche esterne secondarie dell'asse. L'opzione **Length** ne imposta la lunghezza.

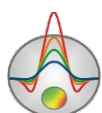
L'opzione **Count** imposta il numero di tacche secondarie tra quelle principali.

La scheda **Position** contiene le opzioni che definiscono le dimensioni e la posizione dell'asse.

L'opzione **Position%** imposta lo spostamento dell'asse nel grafico rispetto alla posizione predefinita (in percentuale rispetto alle dimensioni del grafico o in unità dello schermo, in base al valore selezionato con l'opzione Units).

L'opzione **Start%** imposta lo spostamento dell'inizio dell'asse nel grafico rispetto alla posizione predefinita (in percentuale rispetto alle dimensioni del grafico).

L'opzione **End%** imposta lo spostamento della fine dell'asse nel grafico rispetto alla posizione predefinita (in percentuale rispetto alle dimensioni del grafico).



Finestra di dialogo per configurare i parametri di visualizzazione del modello

La finestra di dialogo per configurare i parametri di visualizzazione del modello si apre selezionando la voce **Setup** con un clic destro nella parte superiore della finestra del modello.

Scheda **Options** (vedere la figura seguente).

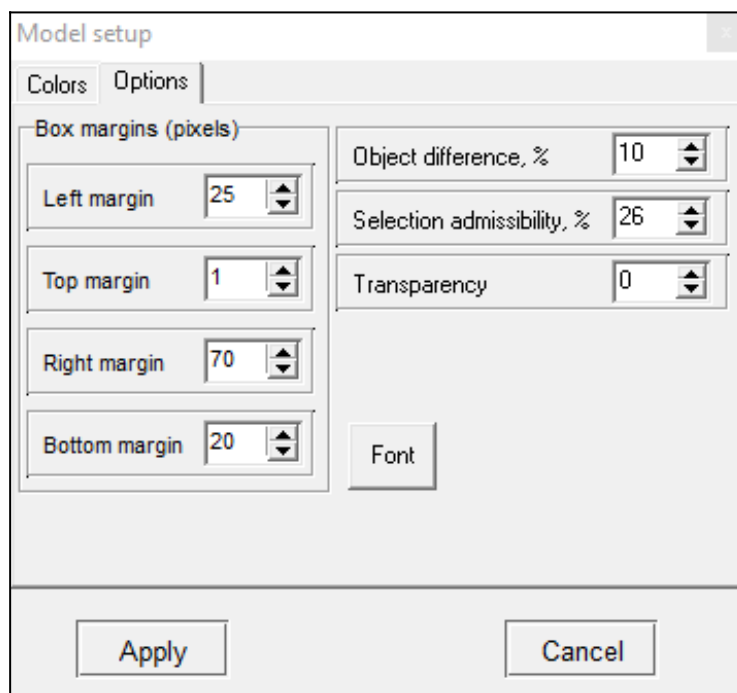


Fig. 104 Finestra di dialogo «Model setup», scheda Options

Area Box margins:

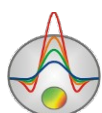
Il campo **Left margin**– imposta il margine (in pixel) dell'immagine dal bordo sinistro della finestra.

Il campo **Right margin**– imposta il margine (in pixel) dell'immagine dal bordo destro della finestra.

Il campo **Top margin** – imposta il margine (in pixel) dell'immagine dal bordo superiore della finestra.

Il campo **Bottom margin**– imposta il margine (in pixel) dell'immagine dal bordo inferiore della finestra.

L'area **Object difference, %** - imposta il valore massimo del rapporto tra i parametri di celle adiacenti, al cui superamento viene disegnato un confine tra di esse.



L'area **Selection admissibility, %** - imposta il livello di differenza ammissibile tra i parametri di celle adiacenti, al di sotto del quale le celle sono considerate un unico oggetto e vengono selezionate insieme (in modalità di selezione MagicWand).

L'area **Transparency** imposta la trasparenza.

Il pulsante **Font** apre la finestra di dialogo di configurazione del carattere.

Scheda **Colors** (vedere la figura seguente).

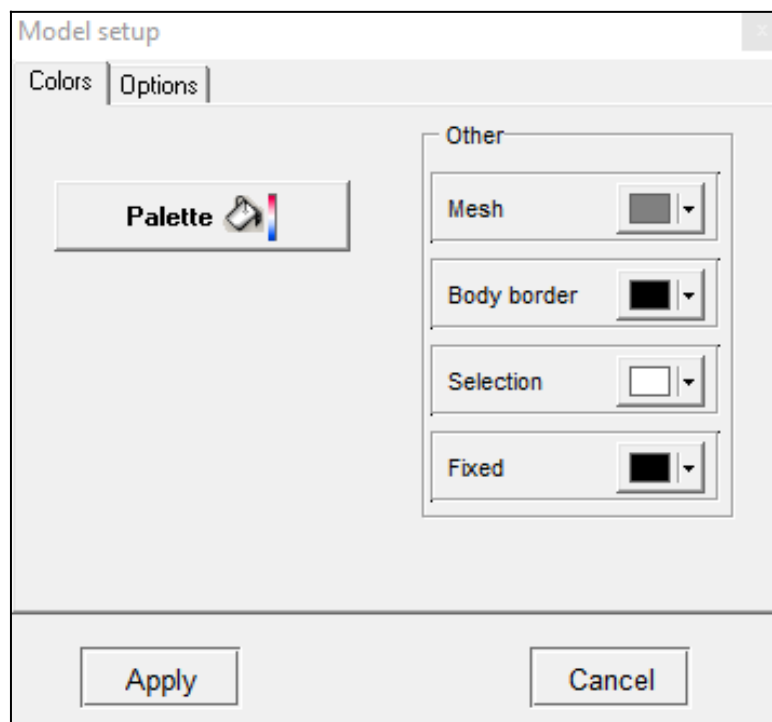


Fig. 105 Finestra di dialogo «Model setup», scheda Colors

Pulsante **Palette** – imposta la tavolozza dei colori.

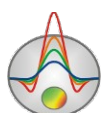
Area **Other**:

Body border – consente di impostare il colore del bordo tra celle adiacenti.

Mesh – imposta il colore della rete.

Selection – imposta il colore dell'etichetta della cella selezionata.

Fixed – imposta il colore dell'etichetta della cella fissata.



Finestra di dialogo di anteprima di stampa (Print preview)

È possibile aprire la finestra di dialogo di anteprima di stampa dal menu principale del programma **File/Print preview**.

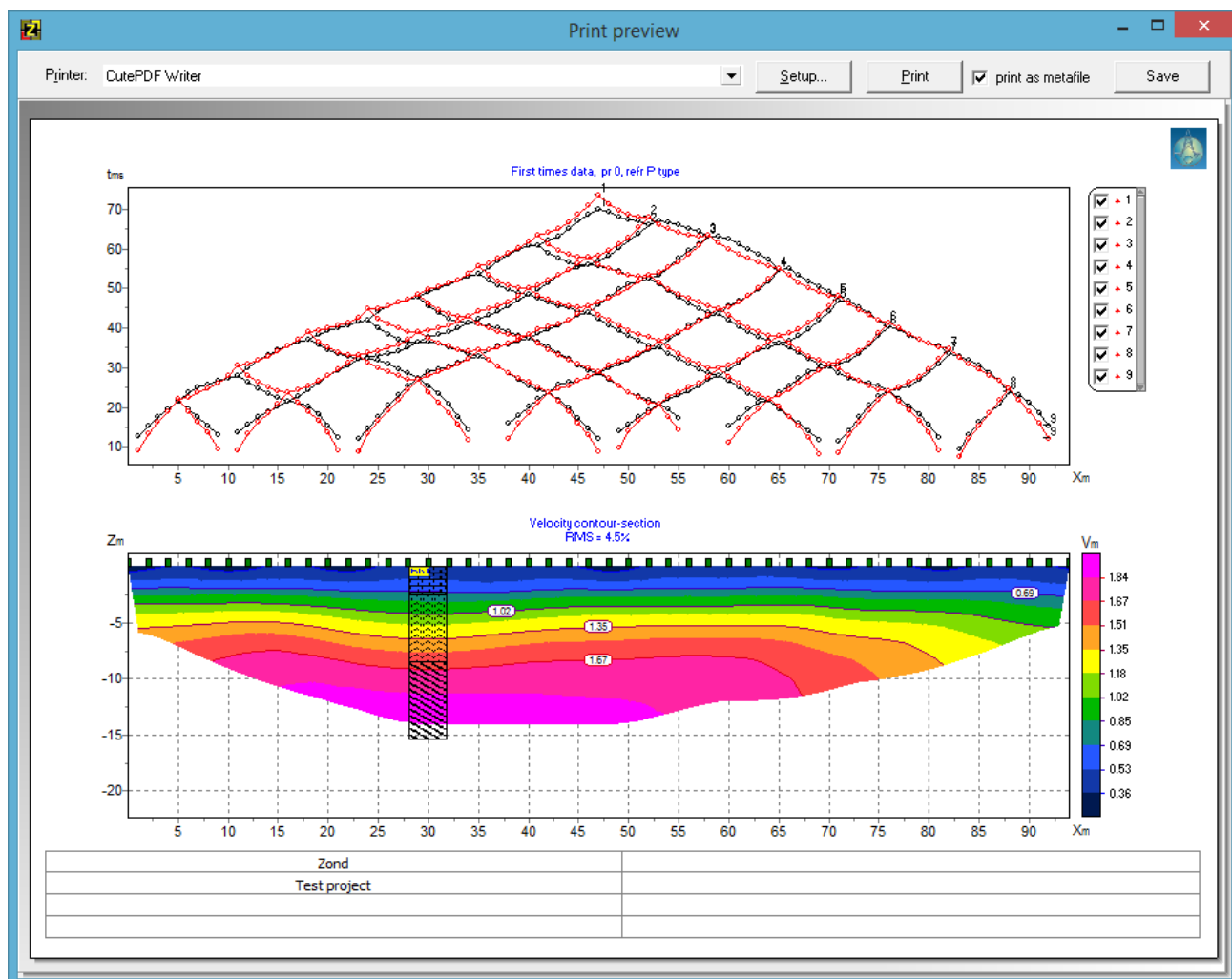


Fig. 106 Finestra Print preview

Per spostare l'oggetto di stampa sul foglio, si utilizza il pulsante sinistro del mouse.

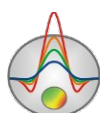
Nel menu principale della finestra **Print Preview** sono presenti i seguenti pulsanti

Printer: CutePDF Writer

- selezione della stampante per la stampa. Nell'elenco a discesa è possibile selezionare una delle stampanti configurate.

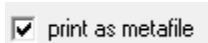
Setup...

- pulsante per le impostazioni di stampa. Nella finestra che si apre è possibile selezionare il formato e l'orientamento della carta, le proprietà di stampa, il numero di pagine per foglio e altri parametri.

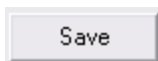




- con questo pulsante, dopo aver modificato i parametri necessari, è possibile inviare il disegno in stampa.



- inviare in stampa o salvare l'immagine in formato vettoriale.



- salvataggio in file bitmap.

I quadrati nella parte superiore del foglio sono destinati a timbri, sigilli o emblemi aziendali. Fare clic con il pulsante destro del mouse sul quadrato e, nella finestra visualizzata, selezionare l'immagine raster da inserire. È possibile modificare le dimensioni del quadrato con il mouse.

Nella parte inferiore del foglio è presente una tabella modificabile. Per aggiungere testo, fare clic con il pulsante destro del mouse nell'area della tabella e digitare il testo desiderato nella finestra visualizzata. È inoltre possibile salvare tutti i commenti in file di tabella facendo clic sul pulsante , oppure caricare le diciture già salvate facendo clic sul pulsante .

Materiali aggiuntivi:

Video tutorial sul canale Youtube:

https://www.youtube.com/channel/UCGtprIIZkc9CsLfiuz4VvmQ?view_as=subscriber

Gruppo di supporto su LinkedIn:

<https://www.linkedin.com/groups/6667336/>

Progetti dimostrativi Zond:

<ftp://zond-geo.com/>

Username: download@zond-geo.com

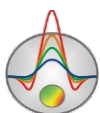
Password: 12345

Se il programma non funziona con il dongle USB:

1) Il driver del dongle non è installato o non è installato correttamente. In alcuni sistemi il dongle viene riconosciuto correttamente come dispositivo HID e non è necessario installare il driver, mentre in altri non viene riconosciuto e occorre installarlo. Link per scaricare il driver: http://senselock.ru/files/senselock_windows_3.1.0.0.zip. In Gestione dispositivi il dongle dovrebbe apparire come “Senselock Elite”.

2) È scaduto il periodo di aggiornamenti gratuiti. In questo caso è necessario utilizzare l'ultima versione funzionante oppure acquistare altri 2 anni di aggiornamenti.

3) A volte, quando si commuta il dongle in modalità HID, il sistema potrebbe non riconoscerlo come dispositivo HID. In questo caso è necessario riportarlo alla modalità USB



utilizzando una piccola applicazione scaricabile dal seguente link:
<http://www.zond-geo.com/zfiles/raznoe/SenseSwitch.zip> “senseswitch.exe” viene avviato dal cmd
con il comando: senseswitch.exe usb.

