

- 4 GI



PROGETTO LANCIANO

**RAPPORTO  
SUL REPROCESSING SISMICO**

delle linee

CH-394-81

CH-395-81

CH-403-81

CH-404-81

CH-405-81

di: E.Stolf e E.Loinger

Dicembre, 1984



I N D I C E

1. INTRODUZIONE - OBIETTIVI DELLA RIELABORAZIONE
2. SEQUENZA DI PROCESSING FINO ALLA MIGRAZIONE
3. SEQUENZA DI PROCESSING DOPO LA MIGRAZIONE



## 1. INTRODUZIONE - OBIETTIVI DELLA RIELABORAZIONE

In seguito alla perforazione dei pozzi Lanciano 1, Lanciano 2 e Martelli, e' stato evidenziato che il livello del pre-pliocene fino ad allora studiato e' strutturalmente disassato rispetto al livello cretacico in cui e' stata rinvenuta la mineralizzazione. Percio' si e' deciso di analizzare piu' in dettaglio i livelli immediatamente sottostanti il pre-pliocene nella zona di Lanciano (permesso Crecchio - JV. RI 40%, LF 20%, ME 20%, SI 20%).

Tuttavia le sezioni sismiche a disposizione non consentivano una tale indagine, in quanto il processing applicato era rivolto solo ad evidenziare l'orizzonte del pre-pliocene. Percio' sono state riprocessate presso il servizio ELSI dell'Agip 5 linee sismiche acquisite nel corso di un rilievo a dinamite nell'anno 1981. Lo scopo del reprocessing e' una definizione accurata dei segnali corrispondenti ai livelli immediatamente sottostanti il pre-pliocene (tra 1800ms e 2100ms circa).

Il processing puo' essere suddiviso in due fasi distinte: elaborazioni fino alla migrazione ed elaborazioni dopo la migrazione (impedenza acustica relativa ed assoluta). Il processing fino alla migrazione e' stato eseguito utilizzando le tecniche piu' efficaci per ottenere sezioni con i migliori requisiti per le elaborazioni dopo la migrazione.

La mappa con la posizione delle linee in oggetto e' rappresentata nella figura 1. L'elenco delle linee con la loro lunghezza e i rispettivi shotpoint e' riportato nella figura 2.



I parametri utilizzati in campagna per la acquisizione dei dati sono illustrati nella figura 3.



## 2. SEQUENZA DI PROCESSING FINO ALLA MIGRAZIONE

In questo paragrafo sono descritte le elaborazioni e le tecniche impiegate nel processing dei dati sismici fino alla migrazione. Il flow-chart della sequenza di processing fino alla migrazione e' rappresentato nella figura 4. Tutti i dati sono stati sempre processati in floating point, ad un intervallo di campionamento di 4ms.

### **EDIT**

I dati registrati in campagna sono stati demultiplexati dall'ordinamento in scan all'ordinamento in tracce sismiche. I nastri di campagna si presentano nel formato HDDR (nastri a 14 piste, con densita' 8000 bpi) e sono registrati con un intervallo di campionamento di 2ms. L'eventuale guadagno automatico applicato in campagna e' stato rimosso, riportando i dati all'ampiezza al geofono. Dopo l'applicazione di un filtro anti-alias a 3/4 della frequenza di Nyquist, i dati sono stati ricampionati da 2ms a 4ms. Per un controllo di qualita' tutte le tracce di tutte le linee sono state rappresentate ed esaminate ad una ad una: alcune tracce anomale oppure molto rumorose sono state eliminate.

### **ATTENUAZIONE DEL GROUND ROLL**

Per attenuare il ground roll presente nei dati registrati in campagna, si e' applicato un filtro digitale taglia-basso a 22Hz-48Db/oct in una finestra di 400ms con start time variabile secondo l'offset. All'interno di tale finestra anche le ampiezze sono state ridotte del 20%.



### **RIFASAMENTO A FASE MINIMA**

L'apparecchiatura di registrazione ed il geofono introducono una distorsione di fase, che e' opportuno rimuovere. Lo scopo di questa elaborazione e' riportare i dati alla fase minima, la quale e' essenziale per una corretta applicazione della deconvoluzione predittiva.

Le operazioni di wavelet processing eseguite sono state le seguenti:

- a) convoluzione fra la risposta dell'apparecchiatura e la risposta del geofono;
- b) calcolo dell'equivalente a fase minima dell'ondina a);
- c) calcolo dell'operatore di pura fase che, convoluto con l'ondina a), genera l'ondina b).

Tutti i dati sono stati filtrati con l'operatore c), riportandosi in tal modo a fase minima.

### **PREPROCESSOR - DECONVOLUZIONE PREDITTIVA PRIMA DELLO STACK**

Con questa elaborazione sono state eseguite numerose operazioni. In primo luogo sono state inserite nei dati tutte le informazioni relative alla geometria delle linee (stendimenti, scoppi anomali, statiche, tracce morte, ecc.).

Le perdite di energia dovute alla divergenza sferica ( $1/(V^2 t)$ ) sono state recuperate applicando funzioni di velocita' stimate statisticamente tramite l'analisi del decadimento delle ampiezze nelle tracce.

Per ogni traccia e' stato calcolato ed applicato un filtro predittivo di Wiener-Levinson ai minimi quadrati. La traccia e' stata suddivisa in due finestre di eguale lunghezza,

ed un operatore di filtro e' stato calcolato per ogni finestra sulla base dell'autocorrelazione dei dati. La minima distanza di predizione e' 4ms (deconvoluzione spiking o dal primo campione), e l'operatore e' lungo 200ms; il 2.5% di luce bianca e' stato aggiunto allo spettro per rendere piu' stabile il calcolo dell'operatore. I parametri per la deconvoluzione predittiva sono stati scelti anche in vista dell'impedenza acustica da elaborare dopo la migrazione; in particolare la deconvoluzione dal primo campione e' quella che assicura lo spettro di frequenza piu' ampio.

Infine i dati sono stati bilanciati ad un valore di rms costante, applicando un moltiplicatore unico per ciascuna traccia. Le tracce sono state ordinate secondo i CMP (Common Midpoint) per le successive elaborazioni.

#### **STATICHE RESIDUALI AUTOMATICHE (1)**

Utilizzando le velocita' impiegate per lo stack nel processing precedente, le tracce sono state corrette di normal moveout, e sono state calcolate le statiche residuali automatiche "surface consistent". In pratica si e' cercato di esprimere come statiche residuali di shotpoint e di geofono, quelle statiche stimate dai dati, che migliorano la correlazione fra le tracce componenti i CMP. Le statiche residuali calcolate, che sono risultate di entita' notevole, sono state applicate alle relative tracce.

#### **ANALISI DI VELOCITA'**

Per valutare la distribuzione delle velocita' sono state

effettuate in totale 34 analisi di velocita' (mediamente una ogni 880m.), ubicate in corrispondenza dei segnali piu' interessanti. Le analisi di velocita' sono state effettuate sulle tracce deconvolute e corrette di statiche residuali automatiche (1). Per ogni analisi di velocita' sono state utilizzati 8 CMP contigui.

All'interno di ogni famiglia CMP, ogni traccia e' stata corretta di normal moveout con una velocita' costante, l'energia dei primi arrivi e' stata azzerata, e la traccia e' stata suddivisa in intervalli di 32ms di lunghezza. All'interno del CMP sono state correlate tutte le coppie possibili di intervalli corrispondenti ad un medesimo tempo. I valori delle correlazioni sono stati sommati per produrre un unico valore relativo al tempo centrale dell'intervallo ed alla velocita' impiegata. I valori ottenuti da ognuno dei CMP componenti l'analisi di velocita' sono stati sommati per produrre un valore unico relativo alla analisi di velocita'. Questo procedimento e' stato ripetuto variando la velocita' da 1700 m/sec a 5100 m/sec con incrementi di 100 m/sec.

E' stato prodotto un grafico, che mostra i valori normalizzati di correlazione per tutti i tempi e tutte le velocita' esaminate. I fattori di normalizzazione sono rappresentati come una traccia di "gate peaks".

Per facilitare la interpretazione delle analisi di velocita', gli 8 CMP di ogni analisi sono stati sommati usando una sola velocita' costante nel tempo (Constant Velocity Stack).



## **STATICHE RESIDUALI AUTOMATICHE (2)**

Utilizzando le velocità interpretate dalle analisi di velocità (2), le tracce sono state corrette di normal moveout, e sono state calcolate le statiche residuali automatiche "surface consistent". Le statiche residuali calcolate, che sono risultate di entità modesta, sono state applicate alle relative tracce.

## **CORREZIONE DI NORMAL MOVEOUT E STACK**

Le velocità di stack sono state ricavate dall'interpretazione delle analisi di velocità. Le correzioni di normal moveout sono state calcolate dalle velocità di stack e dalle distanze fra scoppio e geofono. La soppressione dei primi arrivi (mute) è stata effettuata dopo la correzione di normal moveout. Le tracce componenti ciascun CMP sono state sommate.

Le funzioni di velocità riportate sulle testate delle sezioni sono state applicate nelle posizioni indicate. Ai CMP intermedi sono state utilizzate funzioni di velocità interpolate.

## **BILATERAL MIX**

Per migliorare il rapporto segnale/rumore si è applicato un bilateral mix su tutte le sezioni stack. In pratica ogni traccia prodotta da questa elaborazione è la somma pesata di tre tracce contigue: la precedente, la presente e la seguente. I pesi utilizzati in questo caso sono rispettivamente 15, 75, 15.

## RIFASAMENTO A FASE ZERO

Le sezioni stack risultanti sono a fase minima, a causa del rifasamento iniziale. Tuttavia per l'interpretazione e' opportuno esaminare sezioni a fase zero, in cui i picchi e le gole possono essere direttamente associati ai passaggi litologici. Inoltre fra tutte le ondine aventi un determinato spettro di ampiezza, l'ondina a fase zero e' quella che da la migliore risoluzione possibile. Infine, in previsione delle elaborazioni dopo la migrazione (impedenza acustica relativa ed assoluta) il presupposto di sezioni a fase zero e' essenziale.

Per tutti questi motivi si e' quindi proceduto a rifasare le sezioni stack dalla fase minima alla fase zero. Tale rifasamento e' stato eseguito in modo statistico secondo le seguenti operazioni di wavelet processing:

- a) stima statistica di una ondina media calcolata su una finestra della sezione stack;
- b) calcolo dell'equivalente a fase zero dell'ondina a);
- d) calcolo dell'operatore di pura fase che, convoluto con l'ondina a), genera l'ondina b).

Per ogni linea e' stato calcolato ed applicato un proprio operatore di rifasamento.

## FILTRO TIME VARIANT DOPO LO STACK

Al fine di selezionare le frequenze piu' significative ed eliminare eventuali disturbi, sono stati applicati filtri time and space variant che seguono l'andamento strutturale delle sezioni stack. I parametri dei filtri sono riportati sulle testate delle sezioni; i passabanda ai tempi intermedi sono



stati dedotti tramite interpolazione lineare, in modo da ottenere una transizione graduale fra i filtri specificati.

#### **MIGRAZIONE**

Tutte le linee sono state migrate nel dominio dei tempi utilizzando un algoritmo "finite difference - implicit scheme". Tale algoritmo e' particolarmente efficiente per le sezioni con elevate velocita' e corto group interval. Per la migrazione sono state utilizzate le funzioni di velocita' di stack diminuite dell'8%, e mediate lateralmente su un numero di CMP pari ad una lunghezza del cavo.

#### **FILTRO TIME VARIANT DOPO LA MIGRAZIONE**

Al fine di selezionare le frequenze piu' significative ed eliminare eventuali disturbi introdotti dalla migrazione, sono stati applicati filtri time and space variant che seguono l'andamento strutturale delle sezioni migrate. I parametri dei filtri sono indicati sulle testate delle sezioni, ed essi sono i medesimi utilizzati per il filtro time variant dopo lo stack; i passabanda ai tempi intermedi sono stati dedotti tramite interpolazione lineare, in modo da ottenere una transizione graduale fra i filtri specificati.

#### **VERSIONI FINALI**

Il processing fino alla migrazione e' stato eseguito dal mese di Novembre 1983 al mese di Gennaio 1984.

Al termine del processing fino alla migrazione, per tutte le linee sono state finalizzate le seguenti versioni:



- a) DBS STACK RAP NORMAL POLARITY  
scala orizzontale : 1Km = 8cm  
scala verticale : 1sec = 10cm
  
- b) DBS STACK  
scala orizzontale : 1Km = 8cm  
scala verticale : 1sec = 10cm
  
- c) DBS STACK TVF  
scala orizzontale : 1Km = 8cm  
scala verticale : 1sec = 10cm

Nelle versioni b), c) si e' applicato un guadagno time variant, per riportare il valore di ampiezza rms ad un valore assegnato: le tracce sono state suddivise in intervalli di lunghezza variabile, all'interno dei quali si e' calcolato il valore di ampiezza rms. I dati sono stati infine guadagnati in ciascun intervallo con un moltiplicatore pari al rapporto fra il valore rms calcolato e quello assegnato.

In tutte le rappresentazioni finali le gole bianche rappresentano numeri negativi ed indicano impulsi compressionali.



### 3. SEQUENZA DI PROCESSING DOPO LA MIGRAZIONE

In questo paragrafo sono descritte le elaborazioni e le tecniche impiegate nel processing dei dati sismici dopo la migrazione. Il flow-chart della sequenza di processing dopo la migrazione e' illustrato nella figura 5.

#### **DECONVOLUZIONE IN FREQUENZA**

Per ottenere un'impedenza acustica significativa, e' di fondamentale importanza che i dati sismici presentino uno spettro di frequenza il piu' ampio possibile. Nel caso in esame le sezioni risultano limitate nelle basse frequenze, che sono state parzialmente attenuate dal filtro di registrazione in campagna (15Hz). Percio' si e' ritenuto opportuno procedere ad uno "spectral whitening" applicando una deconvoluzione in frequenza. Ogni traccia e' stata suddivisa in due finestre (da 300ms a 1600ms e da 1600ms a 2900ms); per ciascuna finestra sulla base dello spettro di potenza e' stato calcolato un operatore di 250ms per equilibrare lo spettro fra 8 e 65 Hz. L'1% di luce bianca e' stato aggiunto allo spettro dell'autocorrelazione per rendere piu' stabile il calcolo dell'operatore.

#### **IMPEDENZA ACUSTICA RELATIVA**

Le sezioni migrate e deconvolute nel dominio delle frequenze sono state convertite dalla polarita' sismica alla polarita' litologica. Ogni traccia e' stata quindi interpretata come una serie di coefficienti di riflessione ed e' stata calcolata l'impedenza acustica relativa nella finestra compresa fra 800ms e 2400ms. La densita' e' stata considerata costante.



Poiche' il processo di integrazione esalta in modo anomalo le basse frequenze, e' stato applicato un filtro taglia basso a 7Hz-36Db/oct. Successivamente le tracce sono state riscalate con un unico fattore moltiplicativo proprio di' ogni linea, in modo da riportarsi ad un valore di ampiezza rms paragonabile a quello dei pozzi della zona.

#### **IMPEDENZA ACUSTICA ASSOLUTA**

Si e' provveduto ad elaborare le velocita' intervallo derivate direttamente dalle velocita' di stack. Integrando ed armonizzando tali dati con le velocita' dai log di pozzo e con una interpretazione stratigrafica dei principali orizzonti, sono state prodotte mappe di velocita' intervallo agli orizzonti interpretati.

Tali velocita' di intervallo sono state assunte come "low frequency trend", e sommate alla impedenza acustica relativa, ottenendo la impedenza acustica assoluta.

#### **VERSIONI FINALI**

Il processing dopo migrazione e' stato eseguito dal mese di Gennaio 1984.

Al termine del processing dopo la migrazione, per tutte le linee sono state finalizzate le seguenti versioni:

d) DBS STACK MIGRATED FREQUENCY DECON  
scala orizzontale : 1Km = 8cm  
scala verticale : 1sec = 10cm

e) IMPEDENZA ACUSTICA RELATIVA in bianco e nero  
scala orizzontale : 1Km = 10cm  
scala verticale : 1sec = 20cm



- f) IMPEDENZA ACUSTICA ASSOLUTA in bianco e nero  
scala orizzontale : 1Km = 10cm  
scala verticale : 1sec = 20cm
- g) IMPEDENZA ACUSTICA RELATIVA a colori  
scala orizzontale : 1Km = 10cm  
scala verticale : 1sec = 20cm
- h) IMPEDENZA ACUSTICA ASSOLUTA a colori  
scala orizzontale : 1Km = 10cm  
scala verticale : 1sec = 20cm

Per tutte le versioni di impedenza acustica e' stata rappresentata una traccia ogni due; inoltre, per facilitare l'interpretazione, in sovrapposizione alle tracce e' stato rappresentato uno "shade" in bianco e nero o a colori dei valori di impedenza acustica.



E L E N C O   D E L L E   F I G U R E

- 1) Mappa con la posizione delle linee
- 2) Elenco delle linee
- 3) Parametri di acquisizione dei dati
- 4) Flow-chart della sequenza di processing fino alla migrazione
- 5) Flow-chart della sequenza di processing dopo la migrazione

- 4 25500 85

# MAPPA CON LA POSIZIONE DELLE LINEE

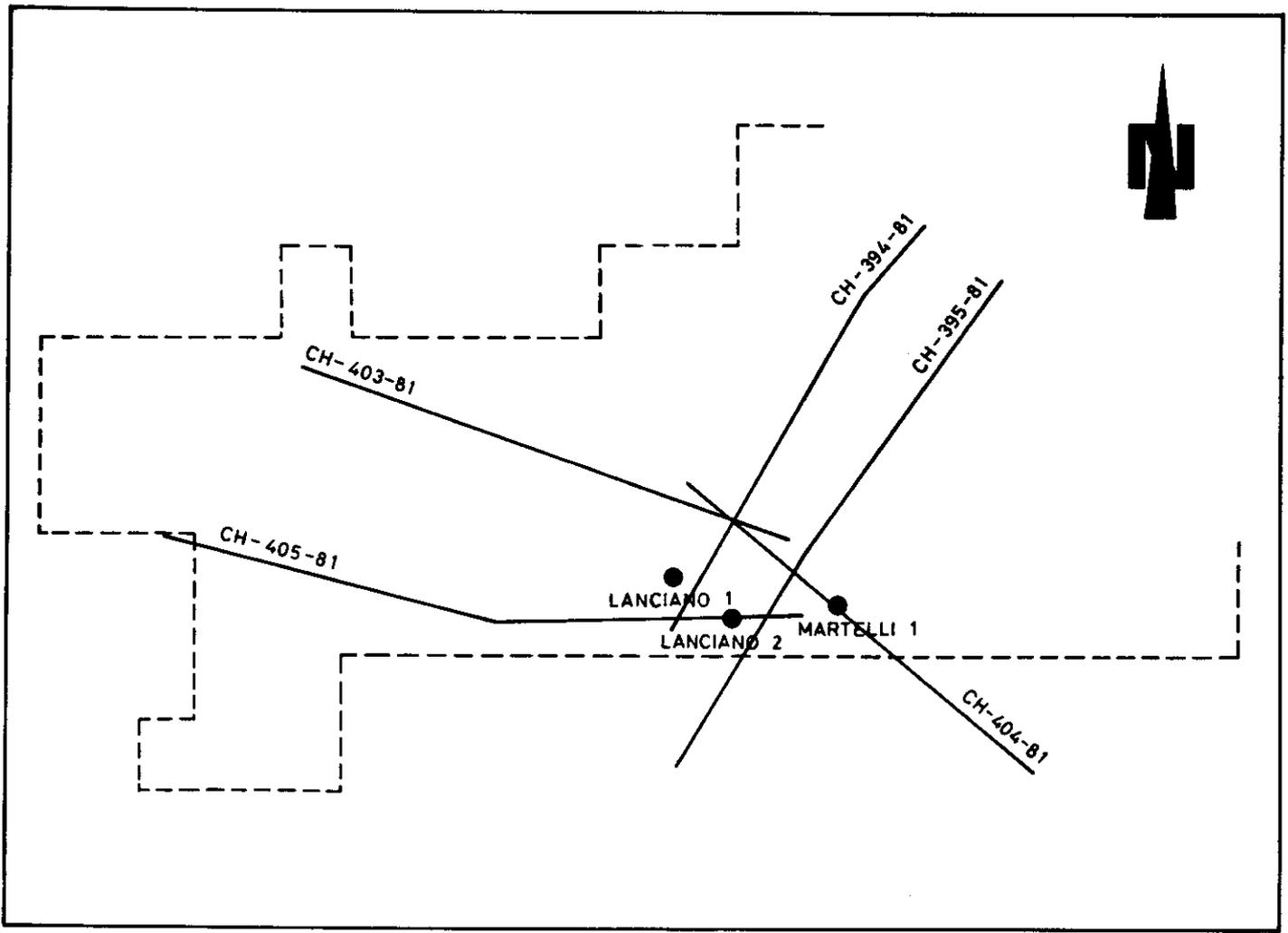


fig. 1



ELENCO DELLE LINEE

LINEA	SHOTPOINTS	KM
CH-394-81	149-281	5.280
CH-395-81	112-293	7.240
CH-403-81	225-336	4.440
CH-404-81	114-308	7.760
CH-405-81	259-390	5.240
		-----
	totale	29.960
		-----



985

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE  
DEI DATI

CONTRACTOR	Gus-Bus
PARTY NO.	Gus-4
RECORDING EQUIPMENT	HDDR-4200
TAPE FORMAT	HDDR
SOURCE	dynamite
SAMPLE RATE	2ms
RECORDING LENGTH	7sec
LOW CUT FILTER	15Hz-24Db/oct
ANTIALIAS FILTER	106Hz
GEOPHONE FREQUENCY	10Hz
TRACES / SHOTPOINT	96
GROUP INTERVAL	40m
COVERAGE	1200%
SPREAD CONFIGURATION	split no gap: 1880-20-20-1880

# FLOW - CHART DELLA SEQUENZA DI PROCESSING FINO ALLA MIGRAZIONE

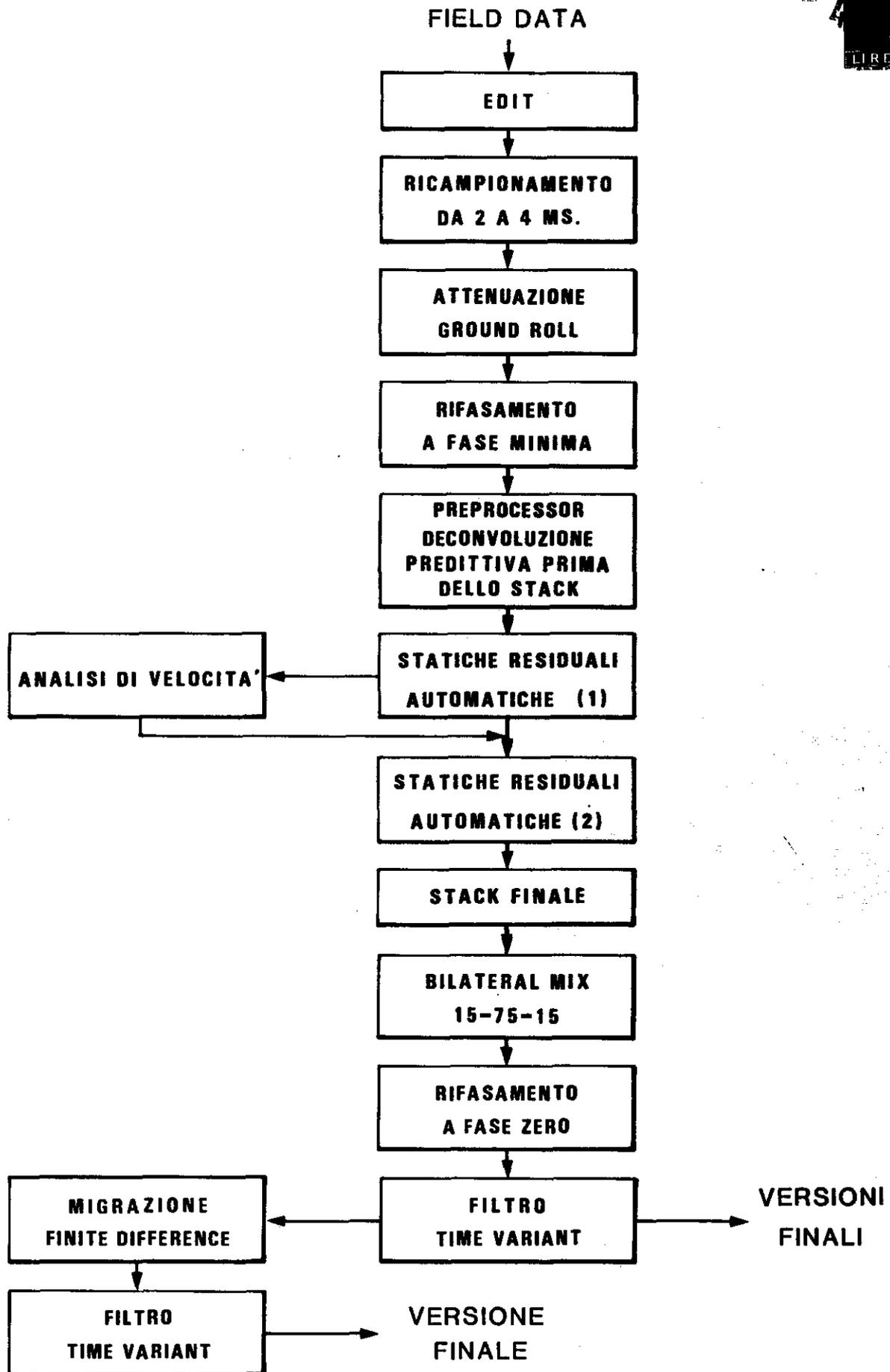


fig.4

# FLOW - CHART DELLA SEQUENZA DI PROCESSING

DOPO LA MIGRAZIONE

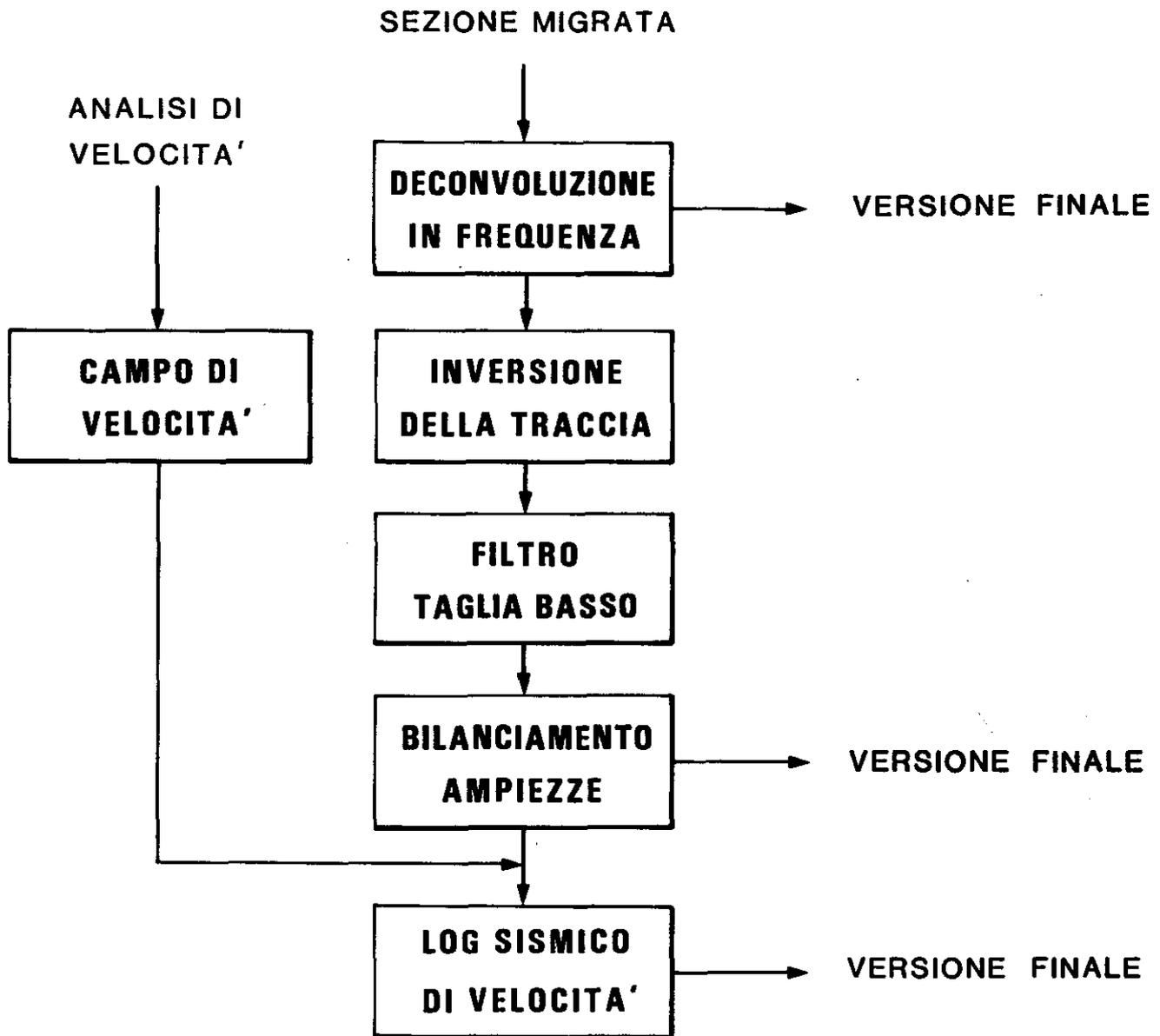


fig. 5