

## INDAGINE SUI PARAMETRI E SULLE TECNICHE DI ACQUISIZIONE SISMICA DELLA LINEA CROP 03

### RIASSUNTO

Si illustrano le caratteristiche principali dei parametri di acquisizione proposti per la linea sismica CROP 03.

In particolare, attraverso l'analisi di dati sismici esistenti e le correlazioni fra sorgenti di energia, ordine di copertura, natura del terreno e qualità del dato sismico si desumono importanti indicazioni circa le tecniche ed i parametri di acquisizione che potrebbero essere adottati per la registrazione del profilo sismico CROP 03.

### ABSTRACT

This short note illustrates the basic seismic acquisition parameters that have been proposed for the recording of the CROP 03 seismic line.

In particular, through the analysis of available seismic data and the correlations among type of energy sources, seismic coverage, nature of the terrains and seismic data quality, important indications about the seismic techniques and the acquisition parameters that could be employed in the recording of the CROP 03 line can be drawn.

**PAROLE CHIAVE:** Parametri di acquisizione, Linee sismiche, Sorgenti di energia, Ordine di copertura, Qualità dati.

**KEY-WORDS:** Seismic acquisition parameters, Seismic profiles, Energy sources, Seismic coverage, Seismic data quality.

### INTRODUZIONE

L'impostazione di una prospezione sismica richiede una previa indagine sulle possibili caratteristiche degli obiettivi, sulla qualità di eventuali rilievi già esistenti, sulle condizioni litologiche e topografiche di superficie, etc. Ciò è richiesto al fine di ottimizzare i parametri di acquisizione e di *processing* in funzione dei presunti obiettivi. Questa indagine preliminare è tanto più necessaria quanto più complicata si presenta la situazione esplorativa ed operativa.

La linea sismica CROP 03, per le sue caratteristiche peculiari, quali elevata profondità degli obiettivi, variabilità litologica dei terreni superficiali, complessità delle strutture geologiche, difficoltà operative etc., rende quindi necessaria una fase progettuale preliminare.

(\*) AGIP S.p.A., Attività Geofisiche. Coordinatore del Gruppo di Acquisizione e *processing* della sismica NVR per il Progetto CROP.

Nella presente nota vengono descritte soltanto le linee lungo le quali questa fase progettuale si è sviluppata. Per motivi di riservatezza e di brevità non vengono illustrati in dettaglio i dati dei precedenti rilievi sismici relativi a zone circostanti il Profilo CROP 03. Vengono quindi riassunte le indicazioni scaturite dagli incontri in ambito Gruppo Acquisizione e *processing* Sismica NVR composto da F. ROCCA ed R. NICOLICH per il CNR, da S. D'OFFIZI e G. CAMELI per l'ENEL e da C. STANCHINA e dal sottoscritto per l'AGIP.

### CORRELAZIONI SORGENTE-COPERTURA-LITOLOGIA-QUALITÀ

**Settore centro-orientale.** Lungo il tracciato appenninico ed adriatico della CROP 03, dalla zona di Montalcino fino a Pesaro, AGIP ha analizzato e reso disponibile l'esame di 32 linee sismiche di cui:

- 15 linee con sorgente ad esplosivo con copertura variabile da 1200% a 3600%;

- 17 linee con sorgente *Vibrois* e copertura variabile da 1200% a 6000%.

I risultati di questa indagine mettono in correlazione la qualità dei segnali sismici oltre i 3 - 4 secondi, la litologia dei terreni attraversati, il tipo di sorgente di energia e l'ordine di copertura.

In breve si possono riassumere le seguenti conclusioni:

a) In generale, le linee acquisite con esplosivo mostrano una qualità superiore alle linee *Vibrois* nonostante queste ultime abbiano in genere ordini di copertura superiori. Linee sismiche acquisite recentemente a dinamite mostrano buoni segnali fino a 4 - 5 secondi, cioè fino alla lunghezza di registrazione.

b) Si verifica una notevole corrispondenza fra condizioni litologiche superficiali e responso sismico; ad esempio lungo la direttrice Siena-Radicofani, caratterizzata da coperture plioceniche di sedimenti non consolidati, si riscontra nelle numerose linee *Vibrois* l'assenza o la bassa qualità di segnali profondi. Del resto la qualità dei dati, anche a dinamite, decresce nelle zone di forte *stress* tettonico come ad esempio i fronti degli accavallamenti.

c) Date le caratteristiche operative della sorgente *Vibrois*, ed in relazione al punto b), si nota che i tracciati delle linee *Vibrois* sono prevalentemente lungo i fondi valle, mostrano una certa tortuosità e si trovano presumibilmente in zone ad elevato disturbo am-

bientale. Ciò spiega, almeno parzialmente, il punto a).

d) Date le caratteristiche topografiche di alcune zone attraversate dalla CROP 03, l'impiego di sorgenti ad esplosivo richiede la disponibilità di squadre sismiche attrezzate anche con perforatrici elitrasportate.

e) Non sempre si riscontra una correlazione fra qualità dei dati profondi ed ordine di copertura delle linee.

**Settore occidentale.** Per quanto riguarda il settore occidentale del profilo CROP 03, ENEL ha analizzato e ha reso disponibile l'esame di 10 linee sismiche situate nelle aree immediatamente a nord del M.Amiata. In particolare:

- 7 con sorgente *Vibro* e copertura 3000%;
- 3 con sorgente ad esplosivo e copertura 600%.

Si possono trarre le seguenti conclusioni:

a) Sui dati *Vibro* sono ben evidenti riflessioni relative all'orizzonte K, a tempi variabili fra i 2 e i 3.5 secondi.

b) I dati *Vibro*, probabilmente grazie alla loro maggiore copertura, sono qualitativamente superiori o almeno comparabili ai dati a dinamite.

c) Il confronto è comunque difficile poiché i parametri di acquisizione dei dati *Vibro* e dinamite sono molto diversi. In particolare si ha, per il *Vibro*, una copertura 3000%, *group interval* 30 m, *offset* max 1900 m, e per la dinamite, una copertura 600%, *group interval* 50 m, *offset* max 1200 m. Inoltre sono differenti i *patterns* di emissione e ricezione.

## SINTESI DEI RISULTATI E PARAMETRI DI ACQUISIZIONE PRELIMINARI

In base ai dati disponibili ed alle analisi precedentemente schematizzate il Gruppo di Acquisizione e *processing* ha realizzato una prima sintesi dei parametri.

In particolare il Profilo CROP 03 è stato suddiviso nei seguenti segmenti:

1° Segmento (GABICCE-URBANIA). È consigliato l'impiego di una sorgente di energia ad esplosivo.

2° Segmento (URBANIA-SANSEPOLCRO). È consigliata una sorgente di energia ad esplosivo con impiego di squadre *elidrill*.

3° Segmento (SANSEPOLCRO-PIENZA). Sorgente di energia ad esplosivo con possibile impiego di squadre *elidrill*.

4° Segmento (PIENZA-PUNTA ALA). Possibile impiego di una sorgente di energia ad esplosivo o *Vibro*.

1°, 2°, 3° Segmento (da Gabicce a Pienza). Per i primi tre segmenti il Gruppo Acquisizione e *processing* Sismica NVR propone una acquisizione con sorgente ad esplosivo. I parametri di acquisizione proposti sono i seguenti:

- sorgente ad esplosivo in pozzetti singoli;

- copertura 3200%, realizzabile con 6 P.S./Km, *group interval* 60m ed apparecchiatura a 192 canali;
- *pattern* lineare di ricezione con 24 geofoni per gruppo;
- tempo di registrazione di 25 secondi;
- *split spread* simmetrico con *offset* massimo 5730 m.

4° Segmento (da Pienza a Punta Ala). Nell'ultimo segmento, per un tratto di circa 80 Km, non può essere a priori escluso l'impiego della sorgente *Vibro*.

In tal caso la linea avrebbe le seguenti caratteristiche:

- *pattern* di 5 *Vibro* su 12 posizioni;
- copertura 9600% realizzabile con 17 P.V./Km, *group interval* 60m ed apparecchiatura di registrazione a 192 canali;
- *sweep* di 40 secondi;
- *pattern* lineare di ricezione con 24 geofoni per gruppo.
- tempo di registrazione di 20 secondi.
- *split spread* simmetrico con *offset* massimo 5730 m.

L'impiego di una sorgente esplosiva manterrebbe invariate le caratteristiche di acquisizione rispetto ai segmenti precedenti.

**Registrazioni Wide Angle.** Viene anche proposta l'esecuzione nella zona del M.Amiata di 6-10 punti scoppio e registrazioni con *offset* massimi da 15 a 18 km. Ciò non comporta grossi aggravii di costi e consente di registrare riflessioni a grande angolo lungo un tratto in sottosuperficie di circa 10-15 km. Uno degli scopi di tali registrazioni aggiuntive è quello di indagare con riflessioni a grande angolo il noto orizzonte K che risulta ben evidente in alcune sezioni sismiche convenzionali.

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'ottimizzazione dei parametri sismici di acquisizione è un tema di grosso interesse sia perché da essa dipende, almeno in parte, la qualità dei risultati finali, sia perché coinvolge aspetti sia teorici che operativi. Ciò in generale porta a soluzioni che tentano di soddisfare i parametri teorici di progetto in un quadro di economicità ed operatività. Inoltre, poiché molti parametri sono tra loro interdipendenti è spesso necessario adottare soluzioni di compromesso. Un tipico esempio è dato dall'interdipendenza fra *group interval* ed *offset* massimo raggiungibile. In particolare, specialmente per i rilievi a terra, coesistono due opposte esigenze: una di mantenere moderati *group interval*, per non provocare fenomeni di *aliasing* su segnali superficiali e sul rumore, l'altra di raggiungere elevati *offsets*, per consentire una migliore risoluzione delle analisi di velocità.

L'effetto del fenomeno di *aliasing* spaziale sui dati

DYNAMITE (0-5 sec.)

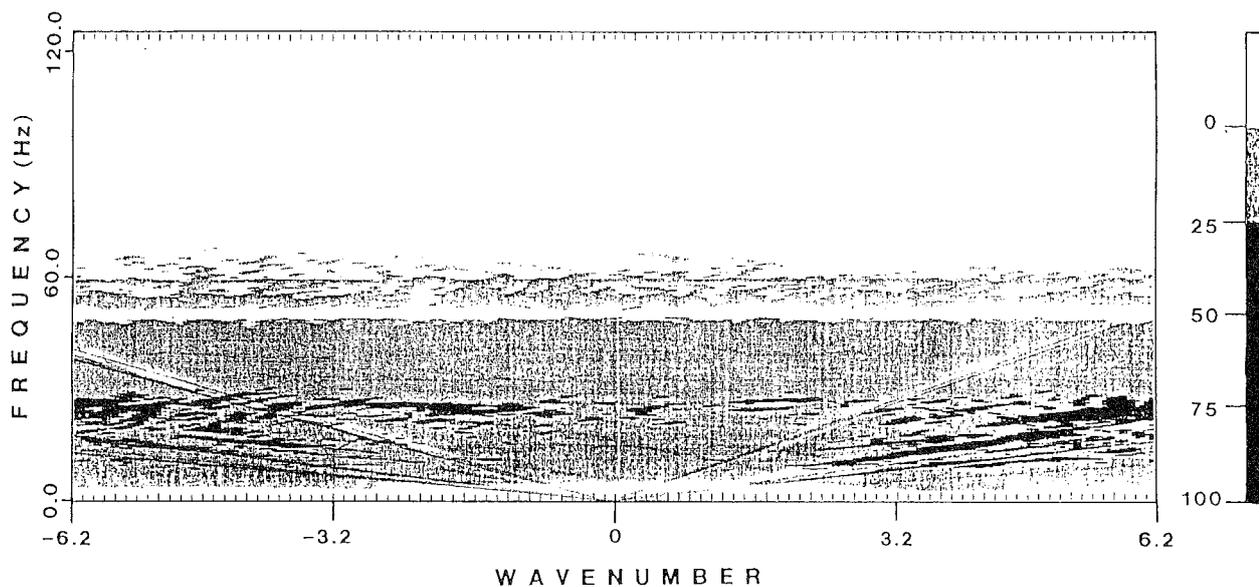


Fig. 1 - Spettro F-K di una singola registrazione ad esplosivo.

VIBROSEIS (0-5 sec.)

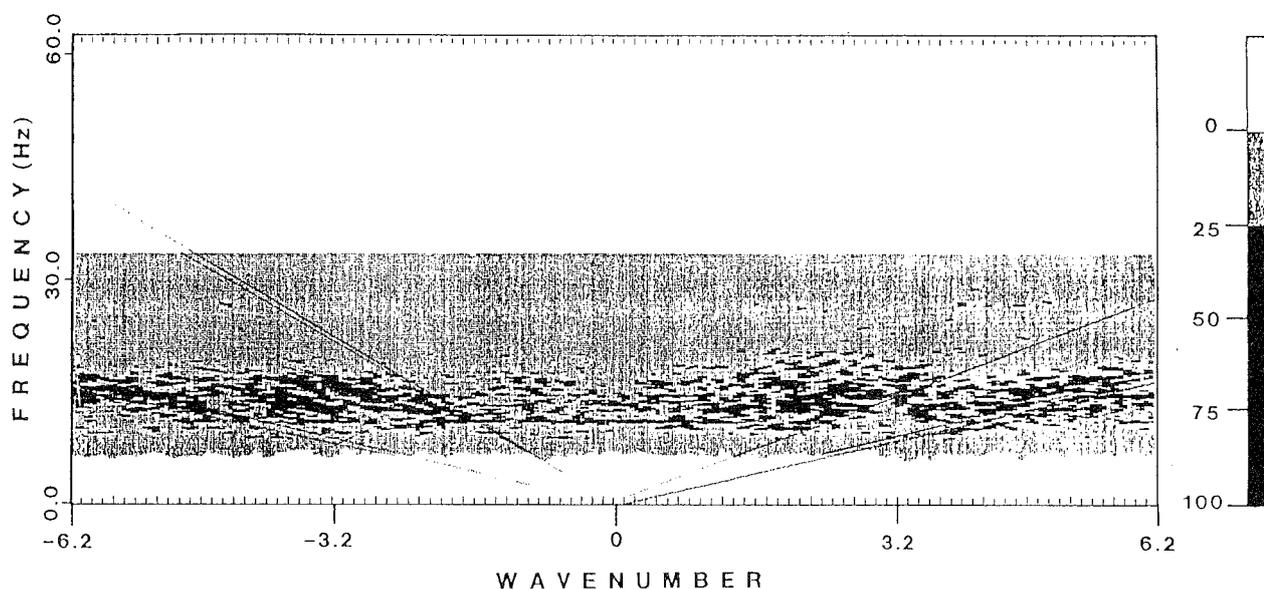


Fig. 2 - Spettro F-K di una singola registrazione con sorgente Vibroseis.

sismici è visibile nelle Figg. 1 e 2 che mostrano le analisi spettrali in dominio FK (frequenze-numeri d'onda) di due singole registrazioni a dinamite e a Vibroseis della linea CROP 04. Gli spettri si riferiscono a tempi compresi fra 0 e 5 secondi. L'insufficiente campionamento spaziale, dovuto ad un *group interval* piuttosto elevato (80 m), porta al ribaltamento nello spettro degli eventi caratterizzati da alte frequenze e/o

pendenze e degrada il rapporto segnale/disturbo dei dati sismici.

A tale effetto sono particolarmente sensibili le riflessioni da elementi superficiali, in quanto sono caratterizzate da *move-out* elevati, ed i rumori coerenti (tipo *ground roll*) anch'essi caratterizzati da basse velocità apparenti e conseguenti alte pendenze in dominio spazio-tempi.

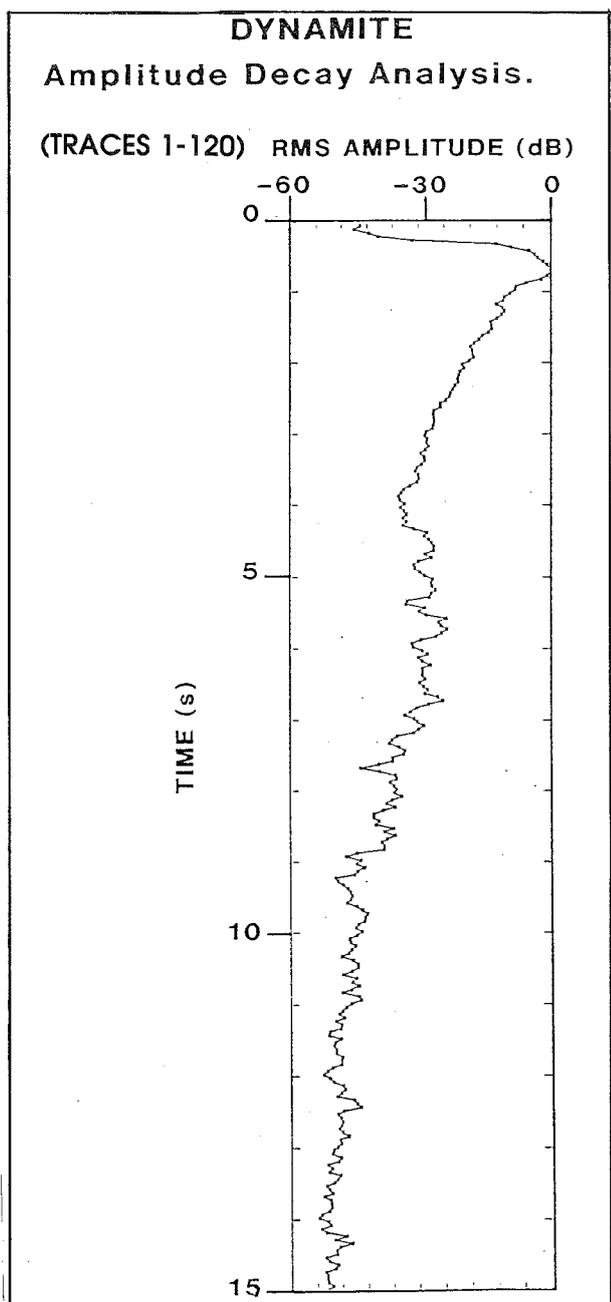


Fig. 3 - Curva di decadimento delle ampiezze per una singola registrazione con sorgente ad esplosivo.

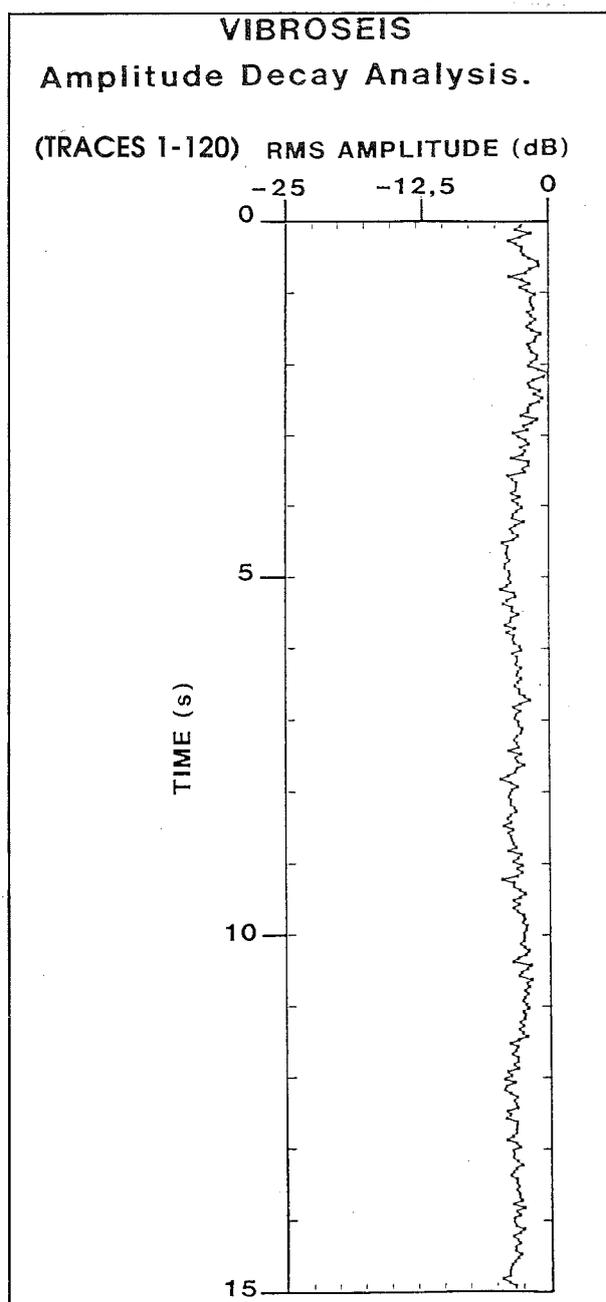


Fig. 4 - Curva di decadimento delle ampiezze per una singola registrazione con sorgente Vibroseis.

La soluzione prospettata per il Profilo CROP 03 con *group interval* al massimo di 60 m, rappresenta un compromesso fra le due esigenze.

Un'altra soluzione potrebbe essere quella di adottare uno stendimento *split-spread* asimmetrico (1-120-121-192) che, pur mantenendo il *group interval* di 60 m, consente di raggiungere *offset* di circa 7200 m. Tuttavia tale ipotesi presenta maggiori incognite e richiede la conoscenza a priori delle direzioni di pendenza dei riflettori.

Altro punto di discussione è il possibile utilizzo della sorgente *Vibroseis* in alternativa all'esplosivo per il 4° segmento Pienza-Punta Ala.

Secondo una stima approssimata, operare con *Vibroseis* in questo tratto di linea consente un risparmio

globale non superiore al 20% rispetto alle operazioni con esplosivo. A ciò vanno aggiunti i costi di *move-in* *move-out* ed un probabile allungamento del percorso.

Circa l'adeguatezza della sorgente di energia *Vibroseis* per l'illuminazione di elementi profondi, possiamo riferirci alle esperienze del Profilo CROP 04 nel quale si è operato con una energizzazione teorica di 30 s/m e ciò ha portato ad un avanzamento medio di 1.7 km/giorno. I *tests* diagnostici eseguiti da AGIP dimostrano una scarsa penetrazione e conseguentemente una scarsa qualità del segnale. Ciò è illustrato dalle Figg. 3 e 4 nelle quali vengono riportati i diagrammi delle ampiezze medie quadratiche rispetto ai tempi di percorso di due singole registrazioni, effettuate nella stessa posizione, una con sorgente ad esplosivo e l'al-

tra a *Vibro*seis. L'andamento circa verticale delle ampiezze relative ai dati *Vibro*seis testimonia una sostanziale contaminazione degli stessi da parte di rumore incoerente ed una bassa energia del segnale riflesso. Al contrario i dati ad esplosivo mostrano un andamento delle ampiezze consistente con una curva di decadimento teorica e con una migliore penetrazione dell'energia. Considerazioni analoghe possono anche essere tratte dall'esame degli spettri FK nelle Fig. 1 e 2 in cui per i dati *Vibro*seis si osserva una minore coerenza degli eventi rispetto ai corrispondenti dati ad esplosivo.

Operando con sorgente *Vibro*seis lungo il tratto Pienza-Punta Ala della CROP 03 con i parametri citati nel precedente capitolo, l'energizzazione teorica salirebbe da 30s/m a 40s/m, ma risulta ancora difficile giudicare se essa sia sufficiente.

Sarà quindi necessario valutare se una eventuale diminuzione dei costi di acquisizione sia sufficiente a

giustificare una non uniformità di acquisizione del Profilo CROP 03.

Il lavoro di progettazione, qui brevemente descritto, può estendersi ad un maggior numero di parametri di quelli attualmente considerati e può essere efficacemente supportato da simulazioni sismiche su modelli geologici appropriati e, soprattutto, può molto beneficiare dall'analisi di dati crostali, sia a dinamite che a *Vibro*seis, già attualmente disponibili agli enti finanziatori. AGIP ha già provveduto, in funzione diagnostica per l'elaborazione dei dati, all'analisi comparativa di alcune singole registrazioni a dinamite e a *Vibro*seis della linea CROP 04. Riguardo a ciò, PIALLI indica che i dati CROP Alpi Occidentali, anche per alcune affinità geologiche con la CROP 03, possono costituire un utilissimo patrimonio sul quale studiare e verificare il responso e i parametri dinamite e *Vibro*seis.

