

# L'esplorazione sismica profonda in Italia: dati "Deep Seismic Soundings" in rete!

Riccardo Ferrari, Pierluigi Miglioli<sup>1</sup>

Mariano Maistrello, Roberto De Franco, Adelmo Corsi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CILEA, Segrate

<sup>2</sup> C.N.R. – I.R.R.S. (Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico), Milano

## Abstract

Il progetto "**DSS-ON-LINE**", mette a disposizione dei ricercatori italiani e stranieri un moderno strumento di ricerca e reperimento dei dati sismici di interesse (comprese le forme d'onda numeriche) dell'intera esplorazione sismica crostale italiana (dati dal 1968 al '98).

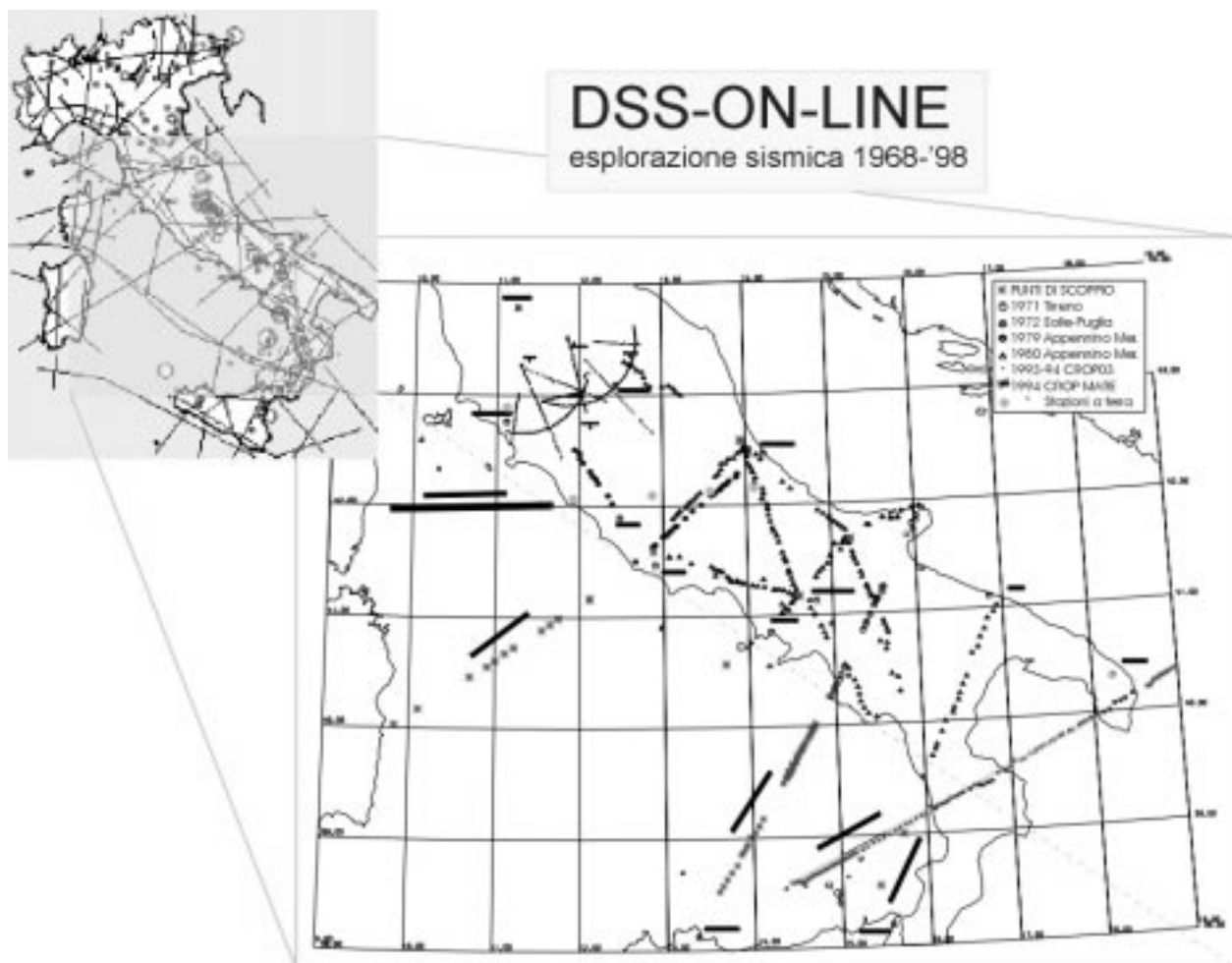


Fig. 1

**Premessa**

Le indagini geofisiche per lo studio della *Crosta terrestre* nel nostro Paese, si sono sviluppate storicamente attraverso l'esecuzione di importanti campagne di *prospezione sismica*, spesso con il contributo di operatori internazionali. Per l'acquisizione dei dati sismici si sono impiegate due tecniche di prospezione:

1. sismica a riflessione a grande angolo/rifrazione W.A.R.R. (*Wide Angle Reflection/Refraction*), D.S.S. (*Deep Seismic Soundings*);
2. sismica a riflessione profonda a piccolo angolo N.V.R. (*Near Vertical Reflection*), come accaduto nell'ambito del progetto strategico CROP (*CROsta Profonda*).

Le figure 2 e 3 mostrano due esempi a riguardo. La *storia* sismica è riassunta da Morelli in [1].

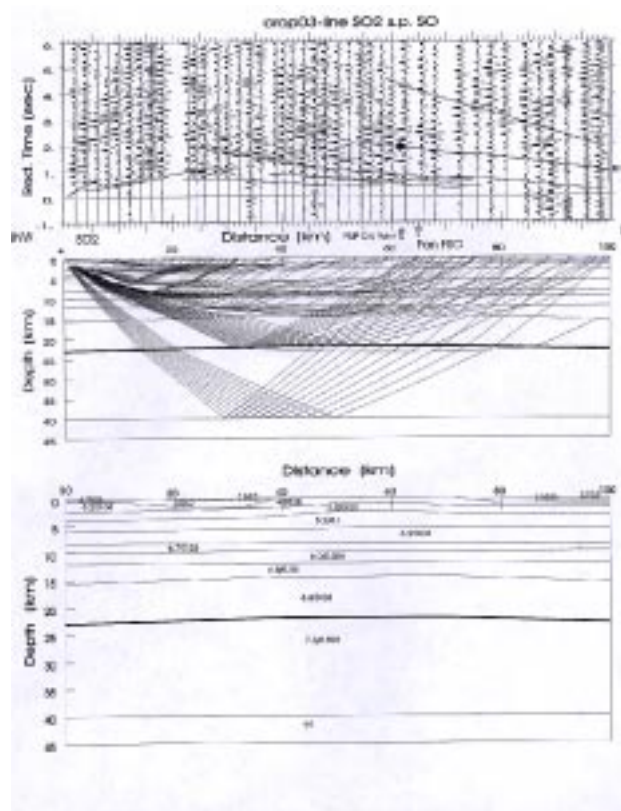


Fig. 2 ↑

Fig. 3 ↓

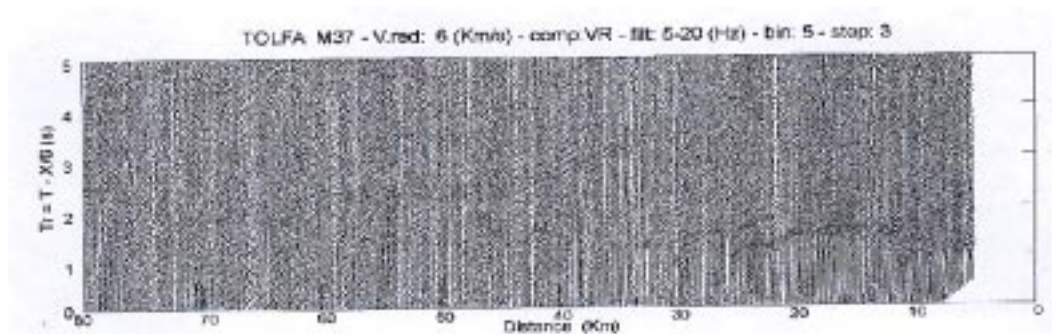
Lo studio della crosta terrestre è finalizzato a diverse applicazioni quali, per citarne qualcuna tra le più importanti, le valutazioni del *rischio sismico e vulcanico* in diverse aree e lo sfruttamento delle *risorse del sottosuolo*. Nel contesto delle ricerche di base volte alla mitigazione dei rischi sismico e vulcanico nell'area della penisola italiana, la *geofisica* quindi riveste particolare importanza, considerata la particolare esposizione a tali rischi di gran parte del territorio nazionale.

Il Reparto di Geofisica dell'I.R.R.S. ha contribuito attivamente al successo di tali progetti e sperimentazioni, partecipando attivamente a tutte le varie fasi di progettazione, coordinamento, esecuzione, elaborazione ed interpretazione dei dati. Con finanziamenti GNDT (*Gruppo Nazionale Difesa Terremoti*), nell'89 si è iniziata l'onerosa opera di acquisizione, controllo, eventuale conversione in formato digitale e archiviazione organica dei dati sismici, affinché non andasse disperso un volume di dati così consistente, costato molti investimenti alla collettività e che oggi sarebbe impossibile riacquisire, anche con nuove tecnologie.

Tale operazione è risultata ulteriormente aggravata da ragioni storiche, infatti, nel tempo, sono mutati sia i sistemi di registrazione (da analogici a digitali), che di archiviazione dei dati (da cartacei a database digitali), e ciò ha previsto costantemente e sempre più lo sviluppo di metodi per l'elaborazione per le modellazioni finali. Per farci un'idea possiamo fissare un quadro del genere:

periodo	Registrazione	Elaborazione	Archiviazione
→ fino al 1980	Analogica	Analogica	Analogica
dal 1980 al 1990	Analogica	A/D: An./Dig.	An./Dig.
Dal 1990 →	Digitale	Digitale	Digitale

*Da queste considerazioni è nata l'idea di progettare e realizzare uno strumento di archiviazione e consultazione moderno, efficace, completo e modulare, e tale da sfruttare appieno le attuali tecnologie di rete: DSS-ON-LINE.*



## Obiettivi del Progetto

*Lo scopo del progetto è quello di mettere a disposizione dei ricercatori italiani e stranieri una banca dati di sismica attiva (sorgenti controllate), completa, facilmente consultabile e gestibile, che oltre alla possibilità di navigazione attraverso l'intera storia delle esplorazioni crostali italiane, consenta anche di scaricare le forme d'onda desiderate, per eventuali ulteriori elaborazioni ed interpretazioni.*

La presentazione della versione *beta* è prevista al prossimo convegno del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida del CNR (Novembre 1998). Ovviamente i dati che verranno messi a disposizione attraverso DSS-ON-LINE saranno esclusivamente quelli di pubblico dominio.

## Struttura e contenuti dell'archivio

Gli argomenti di natura tecnica e le soluzioni realizzative proposte nei capitoli successivi, oltre alle immagini delle pagine Web proposte, devono considerarsi al momento ancora in fase di sperimentazione. Il lavoro in corso è infatti ancora a livello prototipale e quindi si prevede che, al termine di tale fase, l'aspetto grafico e alcuni dettagli tecnici e organizzativi potrebbero anche assumere connotazioni diverse da quelle presentate in queste pagine, anche se l'impianto globale del progetto dovrebbe essere abbastanza consolidato.

Tutti i dati contenuti in DSS-ON-LINE sono stati prodotti in collaborazione con vari Istituti e/o Enti di ricerca, durante campagne sperimentali di prospezione nazionali o internazionali. Prima di procedere al progetto, quindi, si è resa necessaria una prioritaria e puntuale opera di ricerca presso i partecipanti, al fine di completare preliminarmente la raccolta dei dati originali e delle relative informazioni su essi. Nel loro complesso i dati raccolti coprono, anche se in maniera discontinua, un arco di 30 anni di esplorazione sismica del territorio italiano, e costituiscono un prezioso patrimonio informativo per la comunità scientifica. La struttura di DSS-ON-LINE è sostanzialmente simile a quella di altre realizzazioni simili (vedi [6] e [7]). DSS-ON-LINE, come precedentemente descritto, si prefigge di offrire un prezioso contributo alla comunità scientifica: da un lato riorganizzare al meglio i dati disponibili, e dall'altro la possibilità di interrogare e scaricare le informazioni desiderate, contenute nelle

apposite cartelle. Continuando nella notazione insiemistica, potremmo stabilire che data una certa campagna sismica **C**, per essa valgono le seguenti relazioni:

$\{P_i\} \quad i=1, \dots, P_j, \dots, N_p$  è l'insieme dei profili  
 $\{r_{j,k}\} \quad j=1, P_j; \quad k=1, N_p$  è l'insieme delle  
 registrazioni (elementi di  $P_j$ )

e in ogni caso:  $\{\forall r, r_{j,k} \in P_i \subset C\}$ .

In questo senso potremmo definire DSS-ON-LINE come la matrice **DSS**  $[ixjxk]$  i cui elementi rappresentano il numero di stazioni sul profilo **k**, che hanno registrato lo scoppio **j** nella campagna **i**-esima.

Il numero di campagne e i dati per campagna sono particolarmente rilevanti e necessitano di una strutturazione accurata, al fine di facilitare e semplificare le procedure di ricerca ed estrazione (a regime il volume di dati previsti dovrebbe essere dell'ordine di circa 10 Gigabyte). L'organizzazione di DSS-ON-LINE si avvale dell'intenso utilizzo delle seguenti tabelle-guida:

1. **Tabella delle campagne:** che contengono informazioni generali sulle singole campagne di scoppio condotte.
2. **Tabella dei profili:** che contengono i dati comuni ai profili che compongono una singola campagna.
3. **Tabella delle stazioni:** che contiene i dati presenti nella intestazione dei sismogrammi digitali (o digitalizzati) appartenenti ad un certo profilo.

In appoggio a queste tabelle primarie ne sono state previste altre con il compito di facilitare la realizzazione di particolari funzioni di ricerca e di aggregazione dei dati:

- a) **Tabella delle coordinate delle stazioni**
- b) **Tabella della bibliografia**
- c) **Tabella delle immagini**

La struttura di DSS-ON-LINE, inoltre, prevede la collocazione di copia dei sismogrammi digitali originali direttamente sul server CILEA (*opus*) organizzati in directory che mantengano una correlazione con le singole campagne; in altre parole, tutti i file di registrazione prodotti in una singola campagna risiedono in una apposita sotto-directory del server che identifica la campagna stessa. Circa il contenuto del database sismico: per quel che riguarda le registrazioni 'moderne', già acquisite in digitale (dal '90 in poi), esso si può considerare praticamente completo, e pronto per essere trasferito, mentre per le vecchie

registrazioni analogiche, invece, è tuttora in corso la loro digitalizzazione [2].

Infine, ad integrazione e in aggiunta alle registrazioni sismiche digitali, si prevede anche la raccolta e la gestione della bibliografia scientifica principale, relativa alle ricerche e agli studi condotti sui vari profili da ricercatori diversi e in tempi diversi, comprendente informazioni alfanumeriche e/o immagini dei principali risultati presentati (come riportato nell'esempio di copertina).

L'originalità di questo database consiste nella possibilità, per l'utente, di prelevare i dati secondo certi parametri di interrogazione (ad esempio: tutti o parte dei dati di un determinato profilo sismico). Tali dati possono essere sia le forme d'onda numeriche (i sismogrammi digitali, ovvero le unità atomiche del database sismico, considerati singolarmente o assieme agli altri dello stesso profilo) e sia riferimenti bibliografici. Vediamone più da vicino la struttura.

### Sismogrammi e profili

Ogni singola registrazione sismica può contenere da uno a tre segnali digitali (=sismogrammi), a seconda delle componenti impiegate (verticale, longitudinale o trasversale). Tali files numerici sono strutturati secondo un formato semi-standard locale, ripreso da una iniziale struttura impiegata all'ETH di Zurigo [5]: una intestazione iniziale (*header*) contenente tutti i vari parametri (*dati alfanumerici*) relativi alla registrazione effettuata e alla campionatura digitale, seguita da una serie di valori numerici (*data-blocks*: dati velocimetrici, nell'unità di misura indicata nell'header). In DSS-ON-LINE i sismogrammi numerici sono funzionalmente organizzati per profilo, e quindi normalmente sarà possibile il *download* di un intero profilo, a richiesta (tuttavia per ulteriori e diversi approcci, e calibrando opportunamente i parametri per la richiesta di scaricamento, sarà possibile selezionare i dati anche singolarmente, senza dover obbligatoriamente scaricare tutto un determinato profilo). Ogni profilo, poi, è composto da diverse stazioni di registrazione disposte secondo una geometria programmata e che dipende dall'oggetto di indagine (si parla di profili di tipo *lineare* o *ad arco*), con una densità territoriale che può variare da 1 stazione ogni 3÷5 km nel caso di profili crostali (questi sono circa un centinaio), a 1 ogni 0.05÷1.0 km per le moderne prospezioni o per

indagini di dettaglio (e questi sono qualche decina). Infine, per ogni profilo vi sono inoltre una serie di opzioni relative alle ulteriori informazioni disponibili, che possono essere:

- *Alfanumeriche*, relative ai parametri dello scoppio e delle stazioni che l'hanno registrato;
- *Immagini*: si tratta di una o più *sezioni-film*, relative alle diverse componenti e/o alle diverse modalità di rappresentazione (ampiezze di normalizzazione, filtraggio, velocità di riduzione, ecc.).

### Informazioni bibliografiche

A completamento ed integrazione delle forme d'onda numeriche, in DSS-ON-LINE è previsto un altro archivio, contenente una bibliografia ragionata di tutti gli studi pubblicati. Ove possibile si impiegheranno dei riferimenti ipertestuali (*link*). In questo caso, gli elementi atomici dell'informazione sono costituiti dai profili, che generalmente vengono studiati ed interpretati in un numero adeguato (almeno due), in modo da definire almeno la struttura di una sezione velocità-profondità [ $v=v(z)$ ]. Anche questo ulteriore archivio conterrà dati di tipo alfanumerico e immagine.

- *Alfanumerico*: in un'apposita stringa verranno presentati i nomi degli Autori, il titolo della pubblicazione e l'anno, i dati della rivista (titolo, anno, numero, pagina);
- *Immagini*: si tratta di una o due immagini (quando possibile) del lavoro citato: la prima che riproduce il frontespizio della pubblicazione; la seconda che riporta in una schermata grafica il risultato di maggior rilievo (risultati presentati, modelli geofisici o altro, come ad esempio l'immagine di copertina).

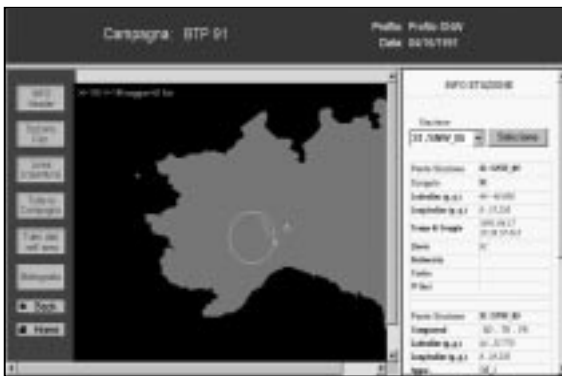
### Navigare nel DSS-ON-LINE

Le funzioni di ricerca e di aggregazione delle informazioni previste nel progetto DSS-ON-LINE sono molteplici; si è quindi cercato di rendere i percorsi il più intuitivi possibile al fine di evitare all'utente problemi di comprensione e di scelta delle funzioni stesse. D'altra parte questo articolo di presentazione non ha la pretesa di sostituirsi ad un manuale d'uso di DSS-ON-LINE, ma vuole solo fornire uno sguardo d'insieme della struttura di navigazione offerta dall'applicazione.

La ricerca della particolare campagna, o profilo, o gruppi di stazioni, può avvenire a partire da uno qualsiasi dei due criteri principali :

- SPAZIO (finestra chilometrica areale)
- TEMPO (finestra temporale)

Proprio per lasciare all'utente la massima libertà di ricerca, questi può indicare un periodo di tempo in cui orientare la propria ricerca (*componente temporale*) scegliendo in una apposito form il periodo desiderato espresso in mese e anno di inizio e/o mese e anno di fine dell'esperimento di rilevazione. Scelto il periodo, la procedura (utilizzando una apposita applet *Java*) mostra a video la collocazione sul territorio italiano (*componente spaziale*) delle stazioni e degli scoppi avvenuti nel periodo selezionato.



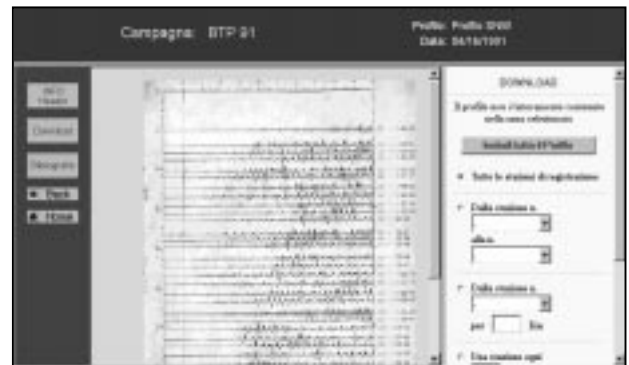
Sulla carta geografica, l'utente può selezionare una area circolare che delimiti la zona di interesse. L'applicazione propone un ingrandimento della zona selezionata in modo da poter confermare o meno la scelta fatta. La combinazione della componente temporale con la componente spaziale, produce una tabella in cui sono riportati in sintesi gli elementi presenti nel database, del tipo :

D.S.S. Deep Seismic Soundings On Line						
Home CARPAGNE SISMICHE - ITALIA - anno 1991						
Campagna	Data inizio	Data fine	N° scoppj	N° profili	N° stazioni	N° sismografi
87791	04/10/90	04/30/91	2	2	12	4

Dalla tabella, mediante i *link* presenti sotto le diverse voci, si possono attivare diverse funzioni che consentono di visualizzare le informazioni relative alla singola stazione o al singolo scoppio, di visualizzare immagini relative alle sezioni-film disponibili per i profili scelti (nelle varie componenti previste: verticale, trasversale o radiale) oppure di procedere allo scarico dei dati prodotti dalle stazioni di registrazione che rientrano nei criteri della selezione scelta in base alla componente temporale e spaziale.

Per motivi di sintesi, illustriamo la sola funzione di *download* dei sismogrammi, perché essa costituisce sicuramente uno dei punti di maggior interesse a cui l'applicazione ha voluto fornire una risposta.

A partire dall'elenco delle stazioni di rilevazione individuate dalla selezione operata dal sistema in base alle indicazioni dell'utente, si sono individuati i seguenti quattro possibili raggruppamenti dei dati:



1. **Tutte le stazioni di rilevamento.**

Secondo questa modalità il sistema invia sull'elaboratore dell'utente un file compresso (*.tar*) contenente tutti i sismogrammi di tutte le stazioni di registrazione che rispettano i criteri di selezione operata dall'utente secondo la componente temporale e/o spaziale.

2. **Dalla stazione n. \_\_ alla stazione n. \_\_.**

Questa modalità consente al sistema di inviare sull'elaboratore-utente un file compresso (*.tar*) contenente tutti i file di dati a partire dalla stazione numero (n) alla stazione numero (m) indicate dall'utente stesso. La scelta del numero o dei nomi delle stazioni di lavoro da indicare come estremi dell'intervallo avviene attraverso una lista di selezione (menù a tendina) che propone tutti i nomi o i numeri delle stazioni stesse.

3. **Dalla stazione n. \_\_ per \_\_ Km.**

In questo caso l'utente riceve un file compresso (*.tar*) contenente tutti i file di dati a partire dalla stazione numero (n) fino alla stazione che dista da questa (m) Km.

4. **Una stazione ogni \_\_ stazioni.**

Questa modalità, infine, permette di ottenere un file compresso (*.tar*) contenente tutti i file di dati selezionati ogni (m) stazioni a partire dalla prima disponibile su quel profilo. In questo modo si opera una

azione di filtro le cui maglie sono indicate dall'utente stesso.

In aggiunta ad ognuna delle scelte sopra riportate, l'utente può indicare anche il tipo di componente che intende scaricare:

- verticale [VR] o [ Z ]
- orizzontale: longitudinale [NS] o radiale [RD]
- orizzontale: Est-Ovest [EW] o trasversale [TR].

A conclusione di questa fase, il sistema compone una istruzione di ricerca nel database per individuare tutti i file che soddisfano la richiesta. L'utente viene avvisato circa la dimensione e l'entità del materiale che si accinge a scaricare e quindi, se egli accetta tale condizione, i dati selezionati vengono parcheggiati in un'area temporanea del server, e quindi compressi e composti in un unico file di tipo *.tar*. A questo punto, attraverso una successiva pagina web, il sistema avverte l'utente circa l'esito della ricerca e consente (in caso di conclusione positiva) di poter trasferire il file compresso sulla propria stazione di lavoro che potrà essere facilmente decompresso utilizzando, ad esempio, un comune prodotto di tipo WinZip. Terminato il *file transfer*, il sistema guida l'utente verso altre selezioni o ricerche.

### Aspetti tecnici

La scelta di usufruire dell'accesso via Internet è facilmente motivabile dalla grande espansione che tale rete ha avuto negli ultimi anni, dal numero sempre più elevato di utilizzatori, dalla semplicità e praticità di accesso alle risorse Internet e dalle grandi potenzialità che quotidianamente vengono sviluppate e trasformate in servizi sempre più interessanti, articolati e la cui utilità soddisfa al meglio le esigenze di una utenza in continuo aumento. DSS-ON-LINE è una applicazione che costruisce e gestisce pagine Internet di tipo dinamico. In altre parole, il progetto si basa su un database nel quale sono memorizzate le informazioni necessarie, e che viene interrogato, gestito e aggiornato da procedure attivabili sotto forma di pagine Internet.

Per la realizzazione del progetto è stato scelto il prodotto software *INFORMIX UNIVERSAL SERVER - IUS* - (versione 9.1) di Informix installato su piattaforma *SUN Solaris* (5.6).

IUS è un DBMS orientato agli oggetti che unisce le potenzialità del relazionale alla possibilità di definire nuovi tipi di dati che possono essere memorizzati all'interno di un

archivio e gestiti con le stesse modalità con cui si trattano dati di tipo classico (numerici e alfanumerici). Si sono quindi definiti dati di tipo immagine per memorizzare in un apposito archivio le fotografie o i disegni di un profilo, o di una campagna (file di tipo *gif* o *jpg*) o per memorizzare tutte le icone o le immagini utilizzate per arricchire l'aspetto grafico delle pagine realizzate.

I database IUS sono gestiti tramite il linguaggio SQL che rappresenta ormai uno standard per gli esperti del settore. A fianco del prodotto IUS, Informix distribuisce numerosi moduli (denominati *DataBlade*) che consentono di interagire e gestire in modo nuovo i dati. Per realizzare l'interfaccia Internet DSS-ON-LINE si è utilizzato il *Web DataBlade* (versione 3.3).

Questo modulo consente di far colloquiare il server Web del sistema con gli archivi IUS, ed inoltre mette a disposizione alcune istruzioni (TAG) da inserire nelle pagine Internet (realizzate con l'ormai classico linguaggio HTML) con le quali si possono eseguire istruzioni SQL sulle tabelle del database, la gestione delle variabili, e altre operazioni di programmazione.

Ad integrazione degli strumenti software Informix, utilizzati per la gestione delle informazioni e delle pagine Web, è stata realizzata un'applet *Java* con lo scopo di gestire in modo semplice e diretto la selezione della componente spaziale per la definizione delle condizioni di ricerca all'interno delle campagne di registrazione degli scoppi.

L'applet svolge due funzioni fondamentali:

- la presentazione a video della collocazione geografica delle stazioni di rilevamento e dei punti di scoppio appartenenti alle campagne presenti nel Database DSS-ON-LINE
- l'interazione, tramite parametri generati dinamicamente dalle pagine HTML, con il database, sia per l'interrogazione che per la presentazione dei dati richiesti.

Poiché il numero di stazioni e di punti di rilevamento degli scoppi è particolarmente elevato, si è scelto di rappresentare il contorno della penisola italiana mediante un poligono chiuso i cui vertici sono costituiti dalle coordinate geografiche dei punti di contorno, espresse in latitudine e longitudine.

L'immagine è quindi vettoriale, il che consente di utilizzare funzioni di *zooming* per la miglior visualizzazione dei siti di interesse.

Da notare che sono state impiegate tecniche *multithreading* di *double buffering* per evitare

fastidiosi fenomeni di *flickering* delle immagini, che avrebbero altrimenti reso inutilizzabile l'interfaccia grafica. Una volta selezionata, mediante il mouse, l'area geografica d'interesse, l'utente può decidere di avviare la ricerca sul database; l'applet converte i dati così ricavati, coordinate geografiche delle stazioni selezionate e raggio del cerchio di zooming, nei termini previsti dal formato record delle tabelle di DSS-ON-LINE, e crea l'URL di interrogazione. Vengono quindi ricercati i dati relativi a tutte le stazioni di rilevamento e a tutti i punti di scoppio che si trovano entro quel raggio dal centro del cerchio di selezione scelto al passo precedente e il controllo ritorna al sistema di gestione del database.

La seconda funzione implementata dall'applet *Java* è quella di presentazione finale dei dati ricavati dalla interrogazione. Abbiamo visto, infatti, che il sistema, al primo passo, ha memorizzato centro e raggio del cerchio di selezione, che ora vengono passati all'applet come parametri, insieme alle coordinate geografiche, sempre espresse in termini di latitudine e longitudine, dei punti di interesse ricavati dalla interrogazione.

L'immagine risultante è quindi quella di partenza già ingrandita secondo le scelte operate dall'utente, con in più evidenziate le posizioni delle stazioni di rilevamento e dei punti di scoppio voluti.

A questo punto l'utilizzatore può decidere di effettuare una delle varie opzioni previste dal

sistema, come il downloading dei dati grezzi relativi ai sismogrammi gestiti dal database, per poterli rielaborare localmente, o delle immagini statiche che ad essi si riferiscono.

### Conclusioni

A conclusione di questa breve presentazione, possiamo fin d'ora sottolineare i benefici offerti da DSS-ON-LINE alla comunità scientifica, in particolare quella di estrazione geofisica:

- un archivio di dati sismico unico e affidabile, che contiene molta parte dei dati di sismica crostale raccolti sul suolo nazionale fin dalle prime registrazioni magnetiche;
- la possibilità di integrarne i contenuti, mediante futuri e appositi tools di sviluppo, dedicati all'ottimizzazione dell'input/output dei dati;
- la possibilità di procedere facilmente ad ulteriori studi su particolari profili sismici poco studiati, o di poter realizzarne altri, impiegando correlazioni che spaziano su dati sparsi su più campagne;
- l'opportunità di integrarne funzioni e applicazioni in rete, in collaborazione anche con altre istituzioni di ricerca, italiane e non, impegnate nella raccolta e gestione di data-base sismici, impiegando tecnologie di rete affidabili.

### Bibliografia

- [1] C. Morelli, 1993 "Risultati di 31 anni di DSS (1956-'86) e di 7 anni ('86-'92) di CROP in Italia", in (\*\*)
- [2] M. Maistrello, 1996, "Menu\_Hp: una procedura unificata per la digitalizzazione, elaborazione, archiviazione e trasmissione di segnali sismici analogici, in ambiente Basic-HP", rapporto Interno CNR-IRRS, Febbraio '96.
- [3] R. De Franco, F. Ponziani, G. Biella, G. Boniolo, G. Caielli, A. Corsi, M. Maistrello, A. Morrone, 1998: "DSS-WAR experiment in support of the CROP 03 Project", Memorie della S.G.I., volume LII.
- [4] R. De Franco, G. Biella, G. Caielli, A. Corsi, A. Mauffret, I. Contrucci, A. Nercessian, 1998: "Interpretation of wide-angle reflection/refraction data in the Tuscan-Latium peri-Tyrrhenian area", sottoposto alla S.G.I.
- [5] N. Deichmann, 1984, "Combined travel-time and amplitude interpretation of two seismic refraction studies in Europe", Tesi di laurea, ETH, Zurigo.
- [6] S. Barba, R. Di Giovambattista, G. Smriglio, 1993: "ISND: il database di parametri e forme d'onda", in (\*\*).
- [7] G.L. Patrignani, A. Carletti, 1993: "Progetto di database sismico per sistemi informativi territoriali", in (\*\*).

(\*\*): CNR - GNGTS (Gruppo Nazionale per la Geofisica della Terra Solida): atti del 12° Congresso, Roma, Novembre '93.

### Figure

**Copertina:** elaborazioni varie tratte da [3]

- 1) Mappa dei profili sismici in Italia-sud 1971-'94, tratta da: R.Giuntini, 1997: "Strutture crostali profonde dell'Appennino meridionale da dati di sismica a rifrazione wide-angle" (Tesi di laurea, Università di Milano); elaborazione a cura degli autori, con la collaborazione di G. Caielli (IRRS), che si ringrazia.
- 2) Profilo 'SO2' della Campagna "CROP 03 DSS '93-'94", tratto da: [3].
- 3) Profilo CROP M-37 (campagna LISA CROP MARE II, '95), tratta da [4].

## Definizioni

**Scoppio:** sorgente impulsiva delle onde sismiche impiegate nell'esplorazione sismica attiva, genericamente definiti come :  $S=(P_s, \mathbf{r}_s, T_s)$ , in cui:  $P_s$ :=parametri,  $\mathbf{r}_s$ :=coord. spaziali [x,y,z] ,  $T_s$ :=coord. temporali [orario MET=GMT+1h]. L'insieme S, da solo, non necessariamente genera degli *eventi*. In geofisica si possono usare sia scoppi in terra (impiegando una speciale gelatina sismica ad alta velocità di detonazione) che scoppi in mare (e qui, con tecniche particolari, si possono usare o cariche di esplosivo o getti di aria compressa, sparati da appositi cannoni). Quindi, a seconda dei casi i parametri  $P_s$  saranno:

- Numero [n] e profondità media [m] dei pozzetti di scoppio e carica totale di esplosivo [kg], per scoppi in Terra;
- Batimetria [-m], numero [n] di cariche o cannoni, carica totale [kg o lt], per scoppi in Mare.

**Geofono:** un particolare tipo di trasduttore elettromagnetico a bobina mobile; nelle nostre applicazioni si tratta di velocimetri a corto periodo (1 Hz) che forniscono un segnale d'uscita analogico  $s(t)$  proporzionale alla velocità di spostamento del suolo,  $v(t)$ , variamente smorzati in modo da avere una risposta lineare per  $f \geq 1\text{Hz}$  e con sensibilità di circa 1 V/cm/s.

**Registrazione sismica:** registrazione del movimento del suolo tramite l'elaborazione del segnale proveniente dal geofono. Il supporto di registrazione, nel tempo, è passato dalla carta fotosensibile (registrazioni ottico-galvanometriche), al nastro magnetico (registrazione in FM), e infine al dischetto magnetico (floppy). L'insieme delle registrazioni R, da solo, [  $R:=(P_a, \mathbf{r}_a, T_a)$ ,  $P_a$ =parametri,  $\mathbf{r}_a$ =coordinate spazio,  $T_a$ =coordinate tempo], non genera alcun *evento*. Normalmente la durata della registrazione è funzione della profondità di indagine: per studi di tipo crostale si impiegano, per sicurezza, finestre temporali di -2/+5 minuti, rispetto al tempo prefissato di scoppio.

**Stazione sismica:** una certa apparecchiatura che effettua una registrazione sismica, in un dato luogo, e per un certo tempo, generando quindi gli elementi dello *spazio degli eventi*, definito come  $E:= \{(P_s, \mathbf{r}_s, T_s) \cap (P_a, \mathbf{r}_a, T_a)\}$ . DSS-ON-LINE conterrà quindi solo *eventi* di questo tipo, con tutti i dati possibilmente completi e verificati (solo per le registrazioni più antiche può succedere che  $P_s$  o  $P_a$  non siano completi).

**Profilo:** l'insieme delle  $N_r$  registrazioni sismiche effettuate da  $N_s$  stazioni e relative ad un unico scoppio ( $r \leq s$ ). Geometricamente si possono avere profili *lineari*, definiti come  $P_l:=(Ev, Azim)$  o *ad arco*  $Pa:=(Ev, Raggio)$ , in cui:  $Ev$ :=evento,  $Azim$ :=Azimuth [°],  $Raggio$ :=raggio dell'arco [km] In un paragone con l'algebra vettoriale, potremmo definire un profilo sismico lineare come un vettore  $\mathbf{p}$  definito come segue: **direzione:** corrispondente alla direzione del profilo sismico ( $\equiv$  Azimuth,  $0^\circ$ =Nord geografico) (punto di applicazione: corrispondente alla posizione della stazione più vicina allo scoppio); **verso:** dallo scoppio alle stazioni; **intensità:** proporzionale alla lunghezza  $\Delta$  del profilo ( $\Delta=D_{max}-D_{min}$ )

**Linea (o direzione) di profilo:** un gruppo di N stazioni situate su una direttrice, può registrare K scoppi diversi, realizzando così K profili diversi sulla medesima direttrice, ciascuno rappresentabile con la propria *sezione-film*. Se  $K=2$  (tipicamente: uno scoppio ad una estremità, e l'altro dall'altra) si parla anche di profilo *diretto* e profilo *coniugato*: dal punto di vista di DSS-ON-LINE si tratta, comunque, di due entità diverse.

**Campagna:** l'insieme dei profili eseguiti in una prefissata finestra spazio-temporale. Algebricamente: l'insieme  $C=\{\mathbf{p}\}$ , in cui i vettori  $\mathbf{p}$  rappresentano i profili. La figura 1 mostra una serie di campagne realizzate in anni diversi.

**Sezione-film:** modalità di rappresentazione cartesiana delle registrazioni sismiche, per una prima stima delle varie fasi delle diverse onde e la correlazione dei relativi tempi di arrivo. Nel piano vengono riportati Tempi [s] e Distanze [km]. Quindi per ogni scoppio vengono riprodotte le varie registrazioni sismiche  $v_k=v_k(t)$ ,  $k=D_1, \dots, D_n$ , ciascuna posta alla propria corretta distanza  $D_k$  dallo scoppio. La scala dei tempi merita una riflessione: poiché lavorare con tempi assoluti implicherebbe l'uso di tavole troppo estese (a distanza di 120 km, ad es., i primi arrivi si avrebbero circa a 20 s), si preferisce lavorare con una scala di tempi *ridotta* di una quantità proporzionale alla distanza D [quindi:  $T_{rid} = T_{ass} - D/V_r$ , in cui  $V_r=6$  km/s per indagini crostali superficiali, mentre  $V_r=8$  km/s per indagini litosferiche profonde, e  $T_{ass} = \Delta T = T_p - T_{scoppio}$ , in cui  $T_p$ =tempo del I° arrivo letto sul sismogramma].



