

LASMO



British Gas
E&P



Permesso di Prospezione
PIETRABBONDANTE

RELAZIONE FINALE



Dicembre 1995

LASMO MINERARIA S.p.A

514988

PERMESSO DI PROSPEZIONE

PIETRABBONDANTE

RELAZIONE FINALE

ROMA, DICEMBRE 1995

**PERMESSO DI PROSPEZIONE NON ESCLUSIVO AL FINI DELLA
RICERCA DI IDROCARBURI LIQUIDI E GASSOSI
CONVENZIONALMENTE DENOMINATO "PIETRABBONDANTE"**

RAPPORTO FINALE

INDICE

1. Introduzione
2. Programma dei Lavori
3. Risorse Umane ed Economiche
4. Pianificazione delle Operazioni
 - 4.1 Breve Inquadramento Geologico Regionale
 - 4.2 Scelta delle Località delle Operazioni
 - 4.3 Rilevamento Geologico di Dettaglio
 - 4.4 Verifica Ambientale
 - 4.5 Modello Sismico Numerico
5. Operazioni di Prospezione Sismica
 - 5.1 Sicurezza sul Lavoro
 - 5.2 Operazioni di Campagna
 - 5.3 Prove "Box Wave"
 - 5.4 Altre Prove di Acquisizione
 - 5.5 Elaborazione dei Dati Sismici
6. Analisi dei Risultati ed Interpretazione
 - 6.1 Modellizzazione Numerica
 - 6.2 Prove di Acquisizione
 - 6.3 Linee Sismiche Sperimentali
7. Conclusioni

TAVOLE

1. Coordinate Campagna Sismica 1994

FIGURE

1. Carta Indice
2. Schema Paleogeografico Pre-Orogenesi Appenninica
3. Profilo Geologico Schematico
4. Colonna Stratigrafica
5. Carta Tettono-Stratigrafica
6. Immagine da Satellite a Falsi Colori
7. Modello a Rilievo della Zona di Agnone
8. Carta Geologica, Linea ISL 01 94
9. Programma di Rilevamento Geologico
10. Stratigrafia della Zona di Agnone
11. Sezione Geologica Bilanciata lungo la Linea ISL 01 94
12. Ubicazione delle Linee Sismiche
13. Modello Sismico a Fronte d'Onda
14. Modello Sismico a Percorso d'Onda
15. Stack Sintetico
16. Sicurezza sul Lavoro, Le Fonti e Le Responsabilità
17. Sicurezza sul Lavoro, Procedura da Effettuare in caso di Incidente
18. Sicurezza sul Lavoro, Indicazioni in caso di Incidente (Linea ISL 01 94)
19. Parametri di Registrazione
20. Programma Sismico 1994
21. Prova "Box Wave", Esempio di Rumore Sismico Coerente

ALLEGATI

1. Carta Topografica in scala 1:100.000, Permesso di Prospezione Pietrabbondante
2. Piano di Posizione in scala 1:100.000, Campagna Sismica 1994
3. Linea Sismica ISL 01 94, con interpretazione
4. Linea Sismica CBL 01 94, con interpretazione
5. Carta di Sintesi delle Aree Sottoposte a Vincolo, Linea ISL 01 94
6. Carta di Sintesi delle Aree Sottoposte a Vincolo, Linea CBL 01 94

1. INTRODUZIONE

Il 23 giugno del 1994 la Lasmo Mineraria S.p.A. presentava al competente Ministero l'istanza di permesso di prospezione non esclusiva ai fini della ricerca di idrocarburi liquidi e gassosi denominata "Pietrabbondante" (figura 1 e allegato 1).

Precedentemente, il 17 marzo 1994, il consorzio costituito da Lasmo Mineraria, Texaco, British Gas e Amoco aveva presentato tre istanze di permesso esclusivo di ricerca arealmente contigue, denominate Roccasicura, Duronia e Toro, ricoprenti le stessa area dell'istanza Pietrabbondante. Tale area è stata identificata come promettente dal punto di vista della ricerca petrolifera in seguito ad uno studio multidisciplinare denominato Joint Venture Study (JVS), condotto co-operativamente nei due anni precedenti dalle società del consorzio sopra un'area di circa 60.000 km² dell'Appennino centro-meridionale.

Lo studio JVS aveva consentito l'individuazione di numerosi possibili alti strutturali da esplorare con nuovi metodi di indagine atti al rinvenimento di giacimenti di idrocarburi in terreni di così complessa storia geologica come gli Appennini. Le quattro società, e dal punto di vista delle prospezioni sismiche soprattutto la Amoco, hanno infatti precedenti esperienze esplorative a livello mondiale in catene a pieghe e falde di ricoprimento, ed insieme costituiscono un gruppo solido e tecnicamente all'avanguardia in grado di condurre al meglio operazioni nel difficile contesto esplorativo della catena Appenninica.

Indipendentemente dalla possibilità di assegnazione dei permessi di ricerca precedentemente richiesti sulla medesima area, il consorzio si proponeva di affrontare e cercare di risolvere in tempi brevi il problema della qualità dell'immagine sismica nell'Appennino centro-meridionale dove, nel corso dell'esplorazione per la ricerca di idrocarburi, si è riscontrata fino ad oggi un'effettiva difficoltà nell'identificazione delle trappole strutturali tramite la prospezione sismica.

In caso di assegnazione dei permessi esclusivi di ricerca Roccasicura, Duronia e Toro, i risultati ottenuti dai lavori di prospezione avrebbero inoltre fornito un aiuto non indifferente alla pianificazione ed all'esecuzione delle relative campagne sismiche, soprattutto in considerazione dei tempi stretti previsti per l'inizio dei lavori di perforazione.

Il programma dei lavori che le società consorziate intendevano eseguire nell'area del permesso di prospezione Pietrabbondante è stato quindi interamente dedicato alla sperimentazione globale ed integrata di tutto quel complesso dei parametri di acquisizione e di elaborazione da cui si ritiene dipendere la qualità della sismica, allo scopo di ottenere un'immagine interpretabile dell'orizzonte corrispondente al tetto del serbatoio carbonatico.

Considerato che la vigente legislazione non prevede espressamente per i permessi non esclusivi di prospezione la co-intestazione tra più contitolari, che è invece prevista per i permessi esclusivi di ricerca, è stata prescelta di comune accordo come intestataria la società Lasmo, in rappresentanza tacita di tutte e quattro le società del consorzio.

Il permesso di prospezione Pietrabbondante veniva accordato il 22 settembre 1994 per la durata di un anno.

2. PROGRAMMA DEI LAVORI

In passato, la rielaborazione di dati sismici registrati in precedenza nell'Appennino centro-meridionale non ha portato a significativi miglioramenti della qualità dell'immagine sismica. Pertanto, è stato ritenuto necessario un nuovo approccio metodologico che fosse in grado di risolvere questo problema a partire dalla fase di acquisizione dei dati di campagna.

Di conseguenza, è stato formulato e proposto in sede di istanza un programma dei lavori che si può riassumere nei seguenti punti:

1. ricognizione di campagna delle zone su cui effettuare le operazioni sismiche. Tali zone erano intese essere il più possibile rappresentative delle diverse situazioni geologico-strutturali dell'Appennino centro-meridionale;
2. esecuzione con tecnologia esclusiva Amoco di almeno due prove di acquisizione sismica tipo "Box Wave", progettate per analizzare il rumore coerente riflesso e rifratto lateralmente in aree geologicamente complesse. Tale rumore normalmente satura il segnale sismico e oblitera le riflessioni utili profonde provenienti dalle trappole strutturali obiettivo della ricerca;
3. sperimentazione di nuove metodologie di scoppio con l'impiego di minori quantità di esplosivo, a tutto vantaggio della tutela ambientale;
4. registrazione di linee sismiche di prova per un totale di circa 30 km, con parametri di acquisizione disegnati tridimensionalmente sulla base dei risultati ottenuti con le prove "Box Wave".

Il costo previsto per l'esecuzione del programma lavori su indicato era stimato in circa 900 milioni di lire.

L'inizio dei lavori era previsto il prima possibile dopo l'assegnazione del permesso di prospezione, non appena fossero assolte le formalità necessarie all'ottenimento delle relative autorizzazioni. Il decreto di conferimento ha specificato che l'inizio dei lavori doveva avvenire entro tre mesi dalla prima nel tempo delle date di consegna e di pubblicazione nel *Bollettino Ufficiale degli Idrocarburi e della Geotermia* del decreto stesso.

Essendo il decreto pervenuto alla Lasmo in data 29 settembre 1994 e pubblicato nel *BUIG* in data 31 ottobre 1994, il termine per l'inizio di lavori è quindi risultato il 29 dicembre 1994. Il termine ultimo per la fine dei lavori di campagna, invece, era il 21 settembre 1995, data di scadenza del permesso di prospezione.

3. RISORSE UMANE ED ECONOMICHE

La realizzazione del programma dei lavori proposto in sede di istanza di permesso di prospezione é stata curata dai tecnici delle società Lasmo, Texaco, British Gas e soprattutto Amoco. Ciascuna delle quattro compagnie consorziate possiede rilevante esperienza nell'esplorazione petrolifera delle catene a falde di ricoprimento a livello mondiale. Ciascuna compagnia ha contribuito tecnicamente secondo la disponibilità al momento di personale specializzato, ma finanziariamente in parti uguali.

Le Università di Pisa, Perugia e Roma hanno fornito l'inquadramento scientifico e l'esperienza di campagna indispensabile per poter definire in primo luogo le aree da ritenere rappresentative di condizioni tettoniche e stratigrafiche dell'Appennino centro-meridionale, e in secondo luogo la geologia superficiale di dettaglio di tali aree scelte per l'acquisizione delle linee sismiche sperimentali in programma.

Da un punto di vista prettamente logistico, l'esecuzione delle prove e delle linee sismiche é stata affidata, dopo un'opportuna selezione tecnica ed economica, alla società contrattista Geoitalia di San Giuliano Milanese, cui é stato affiancato un tecnico della società Intera con lunga e personale esperienza di controllo qualità in Italia.

L'elaborazione dei dati é stata fatta in collaborazione con due diversi contrattisti, Geosignal e SDP Processing Services, entrambi di Houston (Texas), già conosciuti dalla Amoco per i loro buoni risultati in aree geologicamente complesse simili all'Appennino meridionale.

Le verifiche ambientali sono state curate da personale dello Studio Bieffe di Roma, in stretta collaborazione con il personale delle compagnie consorziate.

Nel corso delle operazioni nel permesso di prospezione Pietrabbondante sono stati spesi in totale 1896,2 milioni di lire, di cui 832,3 milioni per l'acquisizione sismica, 57,7 milioni di lire per le indagini geologiche, studi di carattere ambientale e varie spese connesse, ed infine 1006,2 milioni di lire per spese del personale interno delle quattro compagnie direttamente interessato alle operazioni, e relative spese varie.

4. PIANIFICAZIONE DELLE OPERAZIONI

4.1 Breve Inquadramento Geologico Regionale

Un'approfondita descrizione della geologia regionale dell'Appennino centro-meridionale e della zona comprendente l'area del permesso di prospezione Pietrabbondante é riportata nella Relazione Tecnica, e relativo Rapporto Tecnico Integrativo, allegata alle Istanze di permesso di ricerca Roccasicura, Duronia e Toro, a cui si rimanda. Ne viene dato in seguito un breve sunto per fornire il contesto geologico delle operazioni sismiche effettuate.

Il potenziale petrolifero dell'area Pietrabbondante é dato dalla simultanea presenza in profondità di una provata roccia serbatoio (carbonati fratturati del dominio Apulo), di una adeguata copertura impermeabile (argille del Pliocene e Alloctono argilloso con sovrappressioni), di rocce madri in grado di generare petrolio anche leggero (Triassico del Gran Sasso e Cretaceo della Piattaforma Apula) ed infine di probabili trappole strutturali di dimensioni economicamente assai significative (anticlinali di rampa complesse).

Le figure 2, 3 e 4 illustrano rispettivamente un possibile schema delle relazioni paleogeografiche tra le principali unità sedimentarie prima della deformazione appenninica, un profilo geologico schematico con la tipica geometria della roccia serbatoio risultante dai movimenti compressivi, e la colonna stratigrafica della zona che evidenzia la posizione della roccia serbatoio, copertura e roccia madre.

4.2 Scelta delle Località delle Operazioni

Le figure 5 e 6 mostrano i principali lineamenti tettono-stratigrafici (carta geologica) e topografici (immagine Landsat) della zona, che hanno fornito la base per decidere le località per l'acquisizione sismica sperimentale. Due sono risultate le zone più interessanti, cioè la zona di Carovilli-Agnone in provincia di Isernia, a Nord-Ovest e la zona di Cercemaggiore in provincia di Campobasso, a Sud-Est.

Entrambe le zone, pur nelle loro differenti condizioni geologiche e morfologiche, sono tipiche della fascia potenzialmente petrolifera della catena appenninica dell'Italia meridionale, e pertanto sono state ritenute adatte. Inoltre, in entrambe le zone erano stati identificati indizi di potenziali trappole strutturali.

La prima zona é risultata caratterizzata da notevoli dislivelli topografici (600-1200 m, massime correzioni statiche, figura 7), dalla presenza di notevoli masse superficiali di calcari ben cementati intercalati a litotipi argillosi (massimo rumore coerente riflesso e rifratto lateralmente) e da una profondità relativamente bassa del riflettore corrispondente al tetto della roccia serbatoio (raggiunto nei pozzi Pescopennataro 1 e 2).

La seconda zona, invece, é caratterizzata da una topografia abbastanza dolce (500-800 m), dalla probabile assenza di eccessivi contrasti di velocità sismica in prossimità della

superficie e da una profondità relativamente elevata del tetto dei calcari fratturati obiettivo della ricerca (non raggiunti nel pozzo Campobasso 1).

E' stato quindi deciso di acquisire la linea ISL 01 94 grossomodo tra Carovilli ed Agnone, e la linea CBL 01 94 poco a Sud di Cercemaggiore. In particolare, vista la presenza di masse calcaree affioranti nella zona settentrionale, é stato stabilito di effettuare le due prove "Box Wave" di programma lungo la linea ISL 01 94, dove i risultati sarebbero stati più informativi.

Considerato infine che le due linee sperimentali avrebbero totalizzato per motivi logistici circa 22 km di lunghezza, é stato inoltre deciso di effettuare una prova "Box Wave" aggiuntiva, da eseguirsi come paragone lungo la linea CBL 01 94.

4.3 Rilevamento Geologico di Dettaglio

E' stato ritenuto essenziale effettuare un rilevamento geologico-strutturale di dettaglio lungo i tracciati inizialmente proposti per le linee sismiche sperimentali al triplice fine di:

- 1) verificare l'assenza di eccessivi disturbi tettonici che potessero impedire di fatto l'ottenimento di soddisfacenti immagini sismiche,
- 2) mappare in dettaglio le possibili sorgenti di rumore coerente superficiale ai lati dello stendimento,
- 3) permettere un bilanciamento al calcolatore delle sezioni geologiche interpretative da ottenere lungo i profili sismici.

La prima fase di tale rilevamento é stata condotta in collaborazione con il personale geologico fornito dall'Università di Perugia nel periodo agosto-settembre 1994.

Il risultato principale é stato l'individuazione di una faglia di probabile natura trascorrente e di andamento quasi parallelo alla parte sud-occidentale del tracciato inizialmente proposto per la linea ISL 01 94. La tempestiva integrazione del nuovo dato geologico ha permesso il riposizionamento di tale linea lontano abbastanza dalla traccia della faglia da evitare un possibile eccessivo rumore. In pratica, la linea é stata ruotata di circa 25 gradi in senso antiorario, e la possibile interferenza ridotta al solo punto di incontro tra tracciato della linea e faglia.

Un altro importante risultato é stato l'identificazione in campagna ed in mappa delle masse calcaree superficiali nelle vicinanze della stessa linea ISL 01 94, ritenute probabili cause di elevati livelli di rumore coerente riflesso e rifratto lateralmente generato dallo scoppio.

La carta geologica prodotta lungo la linea sismica é riportata in figura 8. La figura 9 illustra la varietà degli affioramenti nella zona settentrionale (Carovilli-Agnone), la cui stratigrafia é schematizzata in figura 10.

I dati raccolti hanno inoltre permesso l'esecuzione di una sezione bilanciata al calcolatore praticamente coincidente con la linea sismica (figura 11), che ha fornito una importante base per le decisioni circa i parametri di acquisizione e di elaborazione (modello delle velocità sismiche vicino alla superficie) da impiegare successivamente.

La linea CBL 01 94, invece, non ha subito significativi cambi di tracciato a causa di disturbi geologici, che sono risultati assenti nelle vicinanze della linea. Di fatto, la zona è coperta da formazioni prevalentemente argillose, con conseguente morbido rilievo topografico e scarsità di affioramenti rocciosi, tanto da sconsigliare l'esecuzione della sezione geologica bilanciata pre-acquisizione originariamente prevista.

Una seconda fase di rilevamento geologico-strutturale di campagna è stata condotta in collaborazione con il personale delle Università di Roma (III^a) e di Perugia nel periodo giugno-agosto 1995, dopo il termine sia delle operazioni sismiche che dell'interpretazione dei relativi dati, in preparazione per la fase di acquisizione sismica dei permessi Roccasicura, Duronia e Toro di auspicabile prossimo conferimento.

Il co-ordinamento scientifico della geologia regionale è stato curato in entrambe le fasi del lavoro di campagna dall'Università di Pisa, ed in particolare dal Professor Paolo Scandone, esperto dell'Appennino Meridionale.

4.4 Verifica Ambientale

A completamento della pianificazione per le operazioni sismiche di campagna, nel periodo settembre-novembre 1994 è stata condotta un'accurata verifica di compatibilità ambientale relativa al tracciato delle due linee sperimentali da eseguire. Tale verifica è stata caratterizzata da una metodologia conforme alle linee guida tracciate dalla recente normativa (D.P.R. n.526 del 18 aprile 1994, allegato II/A), anche se le prospezioni proposte non ricadevano, alla data della prima autorizzazione, tra quelle comprese in tale strumento normativo.

Il relativo rapporto, intitolato "Verifica di Compatibilità Ambientale per la Campagna di Rilevazioni Sismiche da realizzarsi nella Regione Molise, Permesso denominato Pietrabbondante", è stato consegnato alle competenti Autorità nel Dicembre 1994. A titolo di esempio, si uniscono le Carte di Sintesi delle aree sottoposte a vincolo relative alle due linee sismiche (allegati 5 e 6).

L'analisi delle possibili interferenze tra le previste operazioni e gli elementi di maggiore sensibilità ambientale individuati sul territorio ha messo in evidenza possibili interazioni, che sono state evitate con piccole variazioni finali del tracciato delle linee sismiche in programma (figura 12).

In particolare, la parte centrale della linea ISL 01 94 è stata leggermente spostata verso sud per evitare di interessare una vasta area boschiva, facendo in modo che l'angolo di deviazione della direzione così creato fosse tollerabile in fase di trattamento dati. La linea

CBL 01 94, invece, é stata leggermente spostata verso sud e ruotata in blocco di circa 7 gradi, per la presenza di case, colture e un piccolo tratto di bosco.

Ulteriori piccoli aggiustamenti si sono resi necessari durante l'esecuzione materiale delle linee sismiche, come ad esempio il salto di uno o piú punti di scoppio oppure l'impiego di piccole cariche superficiali (mini-fori) in corrispondenza di sorgenti d'acqua importanti, aree boschive, fabbricati rurali, linee ferroviarie, strade, tratturi o gasodotti.

4.5 Modello Sismico Numerico

La sezione geologica bilanciata ottenuta in corrispondenza della linea ISL 01 94 (figura 11) ha fornito la base per un modello numerico del responso sismico prevedibile nella zona delle operazioni, che é stato analizzato dal punto di vista del fronte d'onda generato da un singolo scoppio (figura 13), dal punto di vista del tragitto dell'energia sismica nel terreno (figura 14), e sotto forma di stack sintetico (figura 15).

La modellizzazione sismica ha aiutato sia la pianificazione delle prove di acquisizione che la determinazione iniziale dei parametri di acquisizione delle linee sperimentali.

5. OPERAZIONI DI PROSPEZIONE SISMICA

5.1 Sicurezza sul Lavoro

Durante l'intera durata delle operazioni di campagna é stata posta particolare attenzione alla sicurezza sul lavoro. A tale riguardo, sono state adottate tutte le misure stabilite dalle leggi vigenti, dalle linee guida interne delle compagnie consorziate e dalle raccomandazioni delle associazioni industriali e di categoria interessate.

Le figure 16, 17 e 18 riportano rispettivamente le fonti e le responsabilità delle misure di sicurezza durante le operazioni di campagna, la procedura da seguire in caso di incidente lieve o serio, ed infine, a titolo di esempio per la zona della linea ISL 01 94, le indicazioni ed i numeri di telefono utili in caso di incidente. Analoghe indicazioni sono state approntate anche per la zona della linea CBL 01 94.

5.2 Operazioni Convenzionali di Campagna

Le operazioni di campagna sono state precedute dalle consuete autorizzazioni. E' stata posta inoltre particolare attenzione nel curare i buoni rapporti con le Autorità locali e la popolazione. Per migliorare la comunicazione con i proprietari dei terreni interessati dalle operazioni, sono state distribuite alcune centinaia di depliant illustranti con semplicità le varie fasi della prospezione sismica (vedi copia allegata).

Il carattere sperimentale delle linee sismiche é dato soprattutto dalle numerose prove di acquisizione effettuate durante le varie fasi dell'acquisizione e descritte in seguito. Tali prove sono state eseguite, come programmato, nell'ambito di un'acquisizione sismica a riflessione avente i parametri di registrazione, di stendimento e di energizzazione listati in figura 19.

La figura 20 e l'allegato 2 mostrano la posizione finale delle due linee sismiche e delle principali prove di acquisizione.

Le operazioni preliminari di campagna sono iniziate il 2 novembre 1994, con i rilievi topografici e la perforazione dei primi fori di scoppio, meno di tre settimane dopo l'autorizzazione del competente UNMIG di Roma. La registrazione é iniziata il 19 novembre, dopo il sopralluogo dello stesso UNMIG, ed é terminata il 7 dicembre, incluse le prove. Le condizioni metereologiche sono risultate insolitamente buone per il periodo dell'anno interessato.

Una visita di campagna da parte di alcuni rappresentanti del Ministero dell'Industria e del Ministero dell'Ambiente ha avuto luogo il 22 novembre durante le operazioni sismiche lungo la linea settentrionale. La visita é stata estremamente costruttiva dal punto di vista della comunicazione.

5.3 Prove "Box Wave"

La prova sismica a più alto contenuto tecnologico é stata la prova "Box Wave", che é stata eseguita tre volte in località diverse (figura 20). Due prove sono state condotte in corrispondenza di formazioni geologiche prevalentemente argillose o argillo-siltose, mentre una prova, quella presso l'estremità NE della linea ISL 01 94, ha interessato una formazione calcarea fortemente deformata tettonicamente.

Lo scopo principale della prova é di registrare nelle tre dimensioni il segnale spurio generato in superficie (rumore), che disturba la ricezione del segnale riflesso dagli orizzonti sismici profondi in zone geologicamente complesse.

La prova consiste nel registrare il responso sismico di uno o più scoppi mediante numerosi gruppi di geofoni (da 200 a più di 350 gruppi) sistemati regolarmente sul terreno entro un quadrato di circa 500-600 m di lato orientato parallelamente alla direzione della linea sismica. Ogni gruppo é costituito da geofoni (solitamente 36) disposti entro un quadrato di circa 40 metri di lato, ed é collegato ad un singolo canale di registrazione.

Conoscendo la geometria piana dello stendimento dei gruppi di geofoni, ed in particolare la loro distanza reciproca, si può calcolare sia la direzione di provenienza dei segnali eventualmente generati al di fuori del piano verticale della linea sismica che la loro velocità di propagazione attraverso lo stendimento (figura 21). Conosciuta dunque la direzione di provenienza, se ne può dedurre la natura di rumore coerente laterale o di segnale sismico reale. Si può infine misurare l'intensità assoluta di tali segnali.

5.4 Altre Prove di Acquisizione

Le altre prove sismiche avevano lo scopo di migliorare la qualità dei dati sismici di un futuro generico programma di acquisizione sismica nell'Appennino meridionale, mediante l'adattamento dei singoli parametri di acquisizione alle diverse condizioni geologiche, geomorfologiche e strutturali che si potrebbero incontrare.

I test eseguiti sono stati (figura 20):

- 3 prove convenzionali di velocità "Uphole", in pozzetti da 60 m (in un caso 30 m) perforati in corrispondenza delle prove "Box Wave";
- 1 prova "Walkaway Wave Test", effettuata all'estremità NE della linea ISL 01 94, continuando a registrare scoppi sempre più lontani con uno stendimento stazionario costituito da 12 gruppi di geofoni disposti parallelamente alla linea a 2.5 metri uno dall'altro;
- 1 prova di stendimento "Long Offset" lungo come la linea sismica, ottenuta con due scoppi ed un cavo lungo circa 9 km;

- diverse prove della **quantità e della profondità della carica esplosiva**;
- alcune prove del tipo di **energizzazione** (mini-fori), dove necessario;
- 1 prova di qualità dei dati in **bassa copertura**, in corrispondenza di ostacoli obbligati.

5.5 Elaborazione dei Dati Sismici

L'elaborazione delle linee sismiche e dei test geofisici, incluse le prove "Box wave", è stata condotta nel periodo gennaio-maggio 1995.

La sequenza di elaborazione è stata preventivamente concordata con i tecnici della Amoco e delle altre compagnie consorzate, ed è stata essenzialmente basata su un'accurata analisi sia delle statiche che delle velocità di stack. Le innovazioni maggiori sono state:

- l'applicazione dei risultati delle varie prove geofisiche, in particolare l'uso dei dati "Box Wave" nel disegnare l'operatore del filtro F-K,
- l'integrazione dei dati geologici di superficie, e la conseguente attenzione nei riguardi delle velocità superficiali, ed infine
- il notevole numero delle iterazioni necessarie per poter applicare tali conoscenze geologiche e geofisiche sperimentali.

6. ANALISI DEI RISULTATI ED INTERPRETAZIONE

6.1 Modellizzazione numerica

Il modello di propagazione di un fronte d'onda (fig. 13) illustra efficacemente il progredire dell'impulso acustico nel sottosuolo. In particolare, si dimostra che la presenza vicino alla superficie di strati calcarei ad alta velocità sismica ed accavallati tra loro provoca una dispersione del segnale discendente e una dannosa interferenza tra segnale riflesso direttamente e quello ulteriormente riflesso e rifratto dagli strati duri superficiali, anche dopo 2 secondi, quando il segnale riflesso dall'obiettivo carbonatico raggiunge i geofoni in superficie.

Il corrispondente modello a percorso d'onda (ray path model, fig. 14), invece, mette in evidenza come l'energia sismica venga variamente diffratta durante il percorso discendente, creando così coni d'ombra nella propagazione e conseguenti interruzioni apparenti nel riflettore originato da un orizzonte che nel modello è continuo.

L'implicazione più importante di questo effetto indesiderato (e spesso non riconosciuto) è che, in fase di interpretazione della sezione sismica, si potrebbe supporre l'esistenza di una faglia laddove in realtà non esiste, e comunque si rende più difficile seguire un orizzonte altrimenti continuo.

Entrambe le versioni dello stack sintetico (figura 15), infine, illustrano più compiutamente quanto false potrebbero essere certe interruzioni apparenti del riflettore corrispondente al tetto del serbatoio carbonatico quando esistono disturbi geologici superficiali del tipo modellizzato.

6.2 Prove di Acquisizione

I dati della prova "Box Wave" sono stati analizzati dagli esperti della Amoco nel campo del rumore coerente e della sismica tridimensionale.

La figura 21 riporta a titolo di esempio l'immagine ottenuta con la prova "Box Wave" di rumore sismico coerente generato dallo scoppio sotto forma di "body waves" e riflesso lateralmente da ostacoli sismici superficiali, in questo caso masse calcaree situate in superficie rispettivamente a circa 35° a sinistra e a circa 20° a destra della direzione di scoppio della linea sismica, come verificato in campagna.

Lo stesso diagramma mostra anche un segnale sismico che si è propagato ad alta velocità nello stendimento, senza una direzione di provenienza ben definita (macchia al centro), indicando la sua natura di vero segnale sismico riflesso quasi verticalmente.

Le prove "Box Wave" hanno indicato nel rumore tridimensionale la causa della cattiva qualità dei dati sismici in alcune aree. Il rumore tridimensionale è causato dall'energia dello scoppio dispersa nel sottosuolo in tutte le direzioni in maniera fortemente irregolare, e

altrettanto irregolarmente riflessa, in presenza vicino alla superficie di litotipi a forte contrasto di velocità sismica. Queste prove hanno messo in evidenza l'utilità di tecniche tridimensionali in future operazioni di acquisizione sismica.

Le tre prove di velocità "Uphole" hanno fornito utili indicazioni circa la velocità di propagazione delle onde sismiche negli strati superficiali del terreno. Questo tipo di dato è indispensabile, tra l'altro, per la corretta interpretazione delle prove "Box Wave".

La prova "Walkaway Wave Test" ha simulato uno stendimento con distanza tra i gruppi di geofoni troppo piccolo (e dispendioso) per un utilizzo di routine, ma estremamente utile per analizzare in dettaglio le onde dette "ground roll" e quelle che vengono rifratte da forti contrasti di velocità vicino alla superficie, come ad esempio (in rocce porose) la tavola d'acqua freatica.

La prova "Long Offset" condotta lungo la linea CBL 01 94 ha permesso di ottenere più accuratamente di quanto normalmente possibile la velocità sismica degli strati profondi, che è calcolata in questo tipo di prova confrontando i tempi di arrivo dello stesso evento nelle tracce più vicine allo scoppio e in quelle più lontane.

La stessa prova ha inoltre mostrato che il rumore coerente generato dagli affioramenti calcarei più vicini interferisce negativamente con il segnale riflesso dal tetto del serbatoio carbonatico a cominciare dalle tracce corrispondenti ad uno stendimento di circa 3.5 km, ponendo così un limite superiore da rispettare.

Gli esperimenti con diverse **profondità e quantità di carica** hanno messo in evidenza che i risultati migliori vengono ottenuti con cariche da 5 a 10 kg situate a circa 30 m di profondità.

Cariche inferiori ai 5 kg non danno riflessioni di intensità sufficiente, mentre cariche superiori ai 10 kg provocano una specie di rimbombo che oscura il segnale riflesso. Tale disturbo viene provocato dal persistere di riflessioni spurie superficiali di intensità comparabile a quella del segnale desiderato per tutto il tempo necessario alle riflessioni profonde per giungere ai geofoni in superficie.

Sono state sperimentate tipologie di **energizzazione** alternative al pozzetto di scoppio di 30 m, ritenuto ottimale. In particolare, quando l'autocarro addetto alla perforazione non poteva accedere al sito prescelto oppure quando si imponeva l'uso di piccole cariche di esplosivo per la vicinanza di ricettori ambientali sensibili, si è fatto ricorso ad un allineamento di cinque "mini-fori" profondi circa 1.5 m, perforati con attrezzatura portatile a mano, con cariche di circa 250 grammi di esplosivo fatte detonare simultaneamente.

Tali gruppi di mini-fori hanno dato risultati che sono stati alla fine utilizzati insieme a quelli degli scoppi normali, ma che, quando analizzati da soli in fase di elaborazione, hanno indicato che i soli mini-fori non sarebbero stati in grado di fornire un'immagine della piattaforma carbonatica.

La prova di qualità in **bassa copertura** è stata effettuata in fase di elaborazione dei dati

sismici. Normalmente, quando risulta impossibile perforare uno o più pozzetti di scoppio, si possono perforare pozzetti aggiuntivi subito prima e subito dopo l'interruzione, nel tentativo di ridurre la perdita di copertura.

Tale caso si è verificato lungo la linea ISL 01 94, in corrispondenza dell'attraversamento di un tratturo e di un gasodotto vicini tra loro. Si è proceduto quindi a sopprimere per prova i dati registrati in corrispondenza degli scoppi aggiuntivi, ma la scarsa qualità dei dati in corrispondenza della diminuzione della copertura non è né migliorata né peggiorata sensibilmente, confermando così l'importanza di mantenere una copertura quanto possibile regolare, ed allo stesso tempo indicando l'inutilità di tali scoppi aggiuntivi.

6.3 Linee Sismiche Sperimentali

Le sezioni sismiche ottenute nel permesso di prospezione Pietrabbondante sono riportate come allegati 3 e 4 rispettivamente, che mostrano in sovrapposizione l'interpretazione delle due linee sismiche.

Il risultato più importante è rappresentato dall'ottenimento in questa zona dell'Appennino meridionale di una immagine sismica interpretabile dell'obiettivo della ricerca petrolifera, vale a dire il tetto dei carbonati fratturati della Piattaforma Apula, che ricade nella fascia compresa tra 1.5 e 3 secondi.

Un secondo risultato importante, che tuttavia necessita di ulteriori accurate verifiche, consiste nella conferma sia pure parziale delle ipotesi iniziali, che prevedevano una trappola strutturale in corrispondenza di ciascuna linea. Quello che le nuove sezioni sismiche mostrano è la presenza di potenziali alti strutturali a livello dell'obiettivo, ma solo altre sezioni sismiche opportunamente piazzate potranno confermare o meno la possibile chiusura strutturale completa.

7. CONCLUSIONI

- 1) Il programma di lavoro é stato rispettato, ed anzi ecceduto, in tutti gli aspetti, tecnico, finanziario e dei tempi.
- 2) Tali prestazioni sono state possibili grazie alla co-operazione tra le quattro compagnie consorziate, e non sono da ritenere eccezionali.
- 3) Le sezioni sismiche sperimentali hanno indicato che é possibile ottenere un'immagine interpretabile dell'obiettivo della ricerca petrolifera, e che le ipotesi iniziali circa la prospettività della zona del permesso Pietrabbondante sono state confermate, con la limitazione data dalla lunghezza e dalla spaziatura dei dati sismici acquisiti.
- 4) Le prove geofisiche ad alto contenuto tecnologico, tra cui la prova "Box Wave", hanno notevolmente aiutato la comprensione delle cause della cattiva qualità dei dati sismici pre-esistenti, ed hanno fornito la base per determinare i futuri parametri di acquisizione sismica nella zona.
- 5) Tutti i risultati ottenuti sono direttamente applicabili al programma esplorativo dei permessi di ricerca Roccasicura, Duronia e Toro, di auspicabile prossima assegnazione nella stessa area del permesso di prospezione Pietrabbondante, facilitando così il compito di completare tale programma nei tempi previsti.

COORDINATE CAMPAGNA SISMICA 1994

LINEA ISL 01 94

Punto	Coordinate Geografiche		Coordinate Metriche	
	E	N	E	N
A (SW)	14° 14' 57''	41° 43' 17''	437610	4619250
B (centro)	14° 17' 47''	41° 45' 36''	441560	4623530
C (NE)	14° 19' 58''	41° 48' 27''	444640	4628825

LINEA CBL 01 94

Punto	Coordinate Geografiche		Coordinate Metriche	
	E	N	E	N
A (SW)	14° 39' 25''	41° 25' 53''	471400	4586980
B (centro)	14° 42' 53''	41° 26' 16''	476260	4587670
C (NE)	14° 46' 26''	41° 26' 55''	481180	4588850

Datum Geodetico: Monte Mario 1940
 Origine Coordinate Geografiche: Greenwich
 Sistema Coordinate Piane: Italiano, Gauss-Boaga

LASMO



Brown Gas

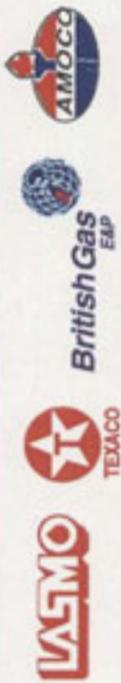


Permesso di Prospezione "PIETRABBONDANTE"

CARTA INDICE



Fig.1

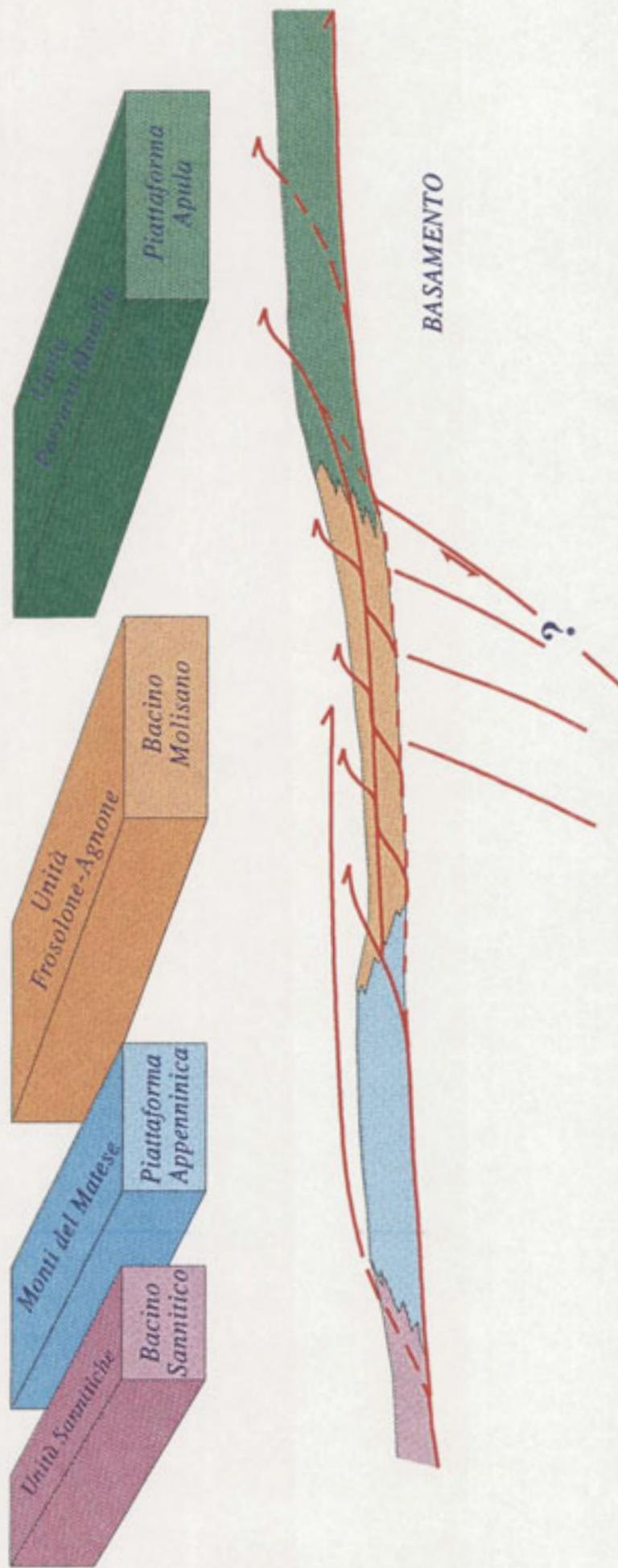


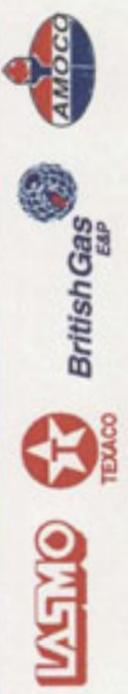
Permesso di Prospezione
"PIETRABBONDANTE"

SCHEMA PALEOGEOGRAFICO PRE-OROGENESI APPENNINICA

O

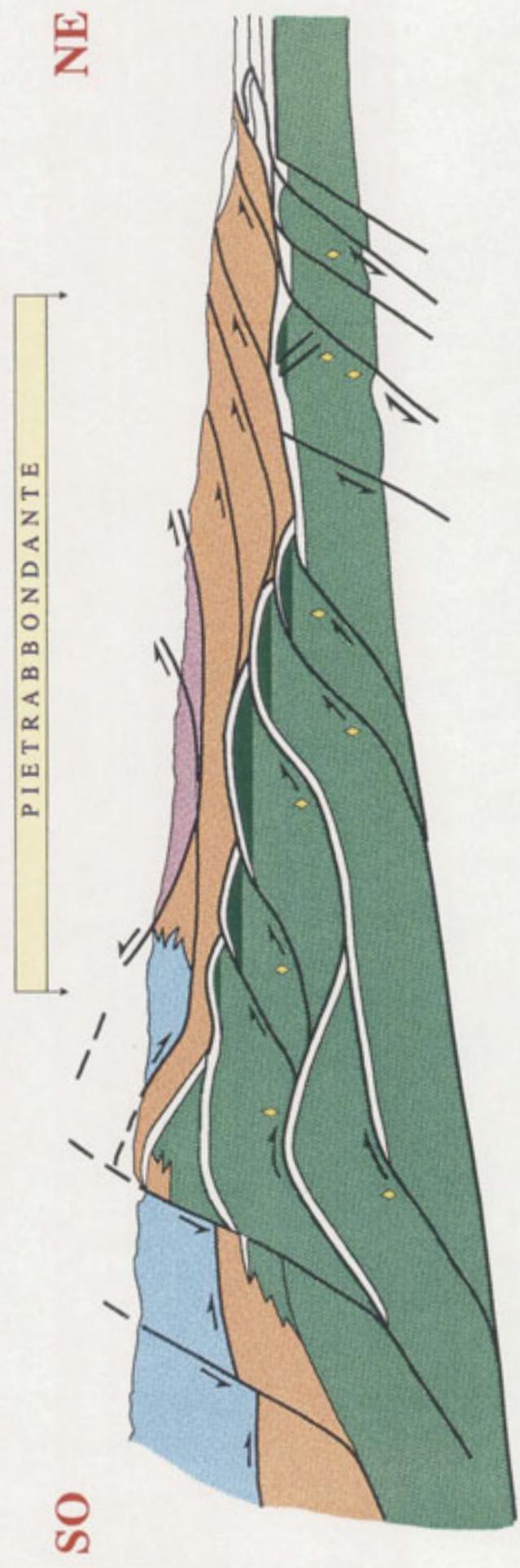
E





Permesso di Prospezione
 "PIETRABBONDANTE"

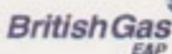
PROFILO GEOLOGICO SCHEMATICO



- UNITA' DI PIATTAFORMA APULA
- UNITA' SANNITICHE
- UNITA' DI BACINO MOLISANO
- UNITA' DI PIATTAFORMA APPENNINICA
- FORMAZIONE DI COPERTURA (Argille Pliocene Inferiore)

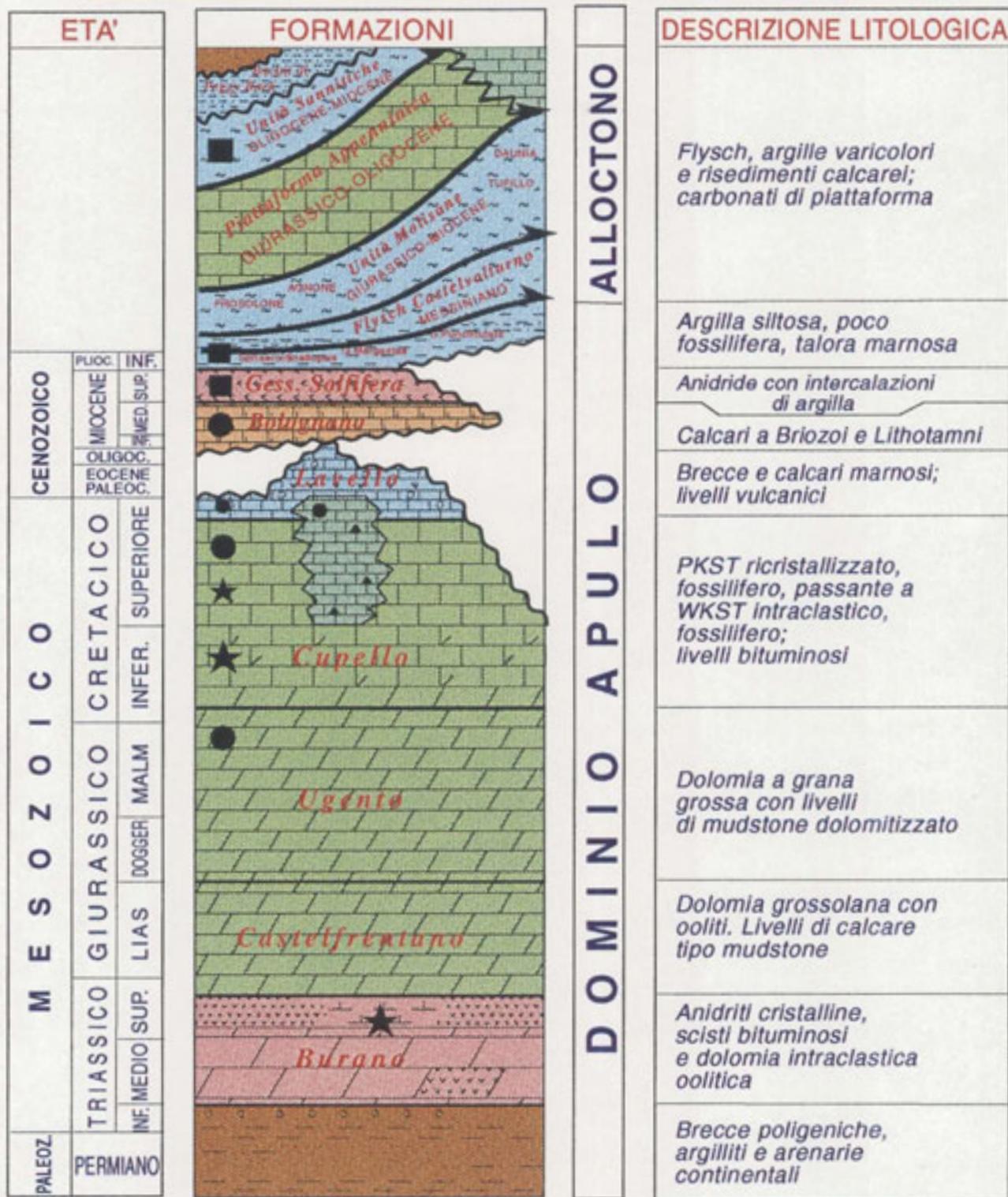
- POSSIBILE GIACIMENTO DI OLIO
- TRANSIZIONE PIATTAFORMA - BACINO
- ROCCIA MADRE

DISEGNO
NON IN SCALA

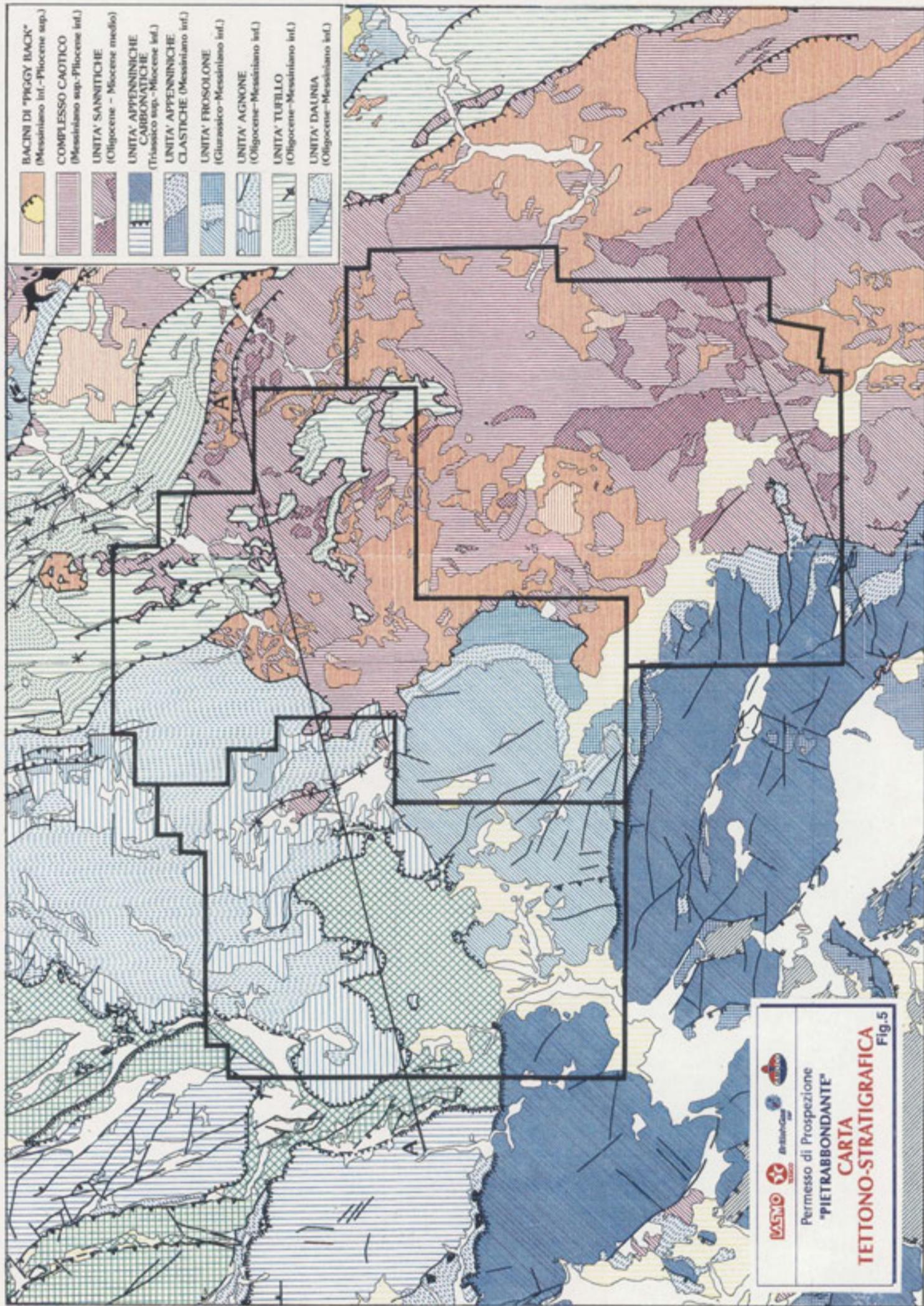


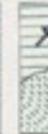
Permesso di Prospezione
"PIETRABBONDANTE"

COLONNA STRATIGRAFICA



- FACIES DI BACINO
- FACIES DI PIATTAFORMA
- ROCCIA SERBATOIO
- RAMPA CARBONATICA
- FACIES EVAPORITICA
- ROCCIA DI COPERTURA
- FACIES DI MARGINE DI PIATTAFORMA
- FACIES CONTINENTALE
- ROCCIA MADRE



-  BACINI DI "PRIGY BACK"
(Messiniano inf. - Pliocene sup.)
-  COMPLESSO CAOTICO
(Messiniano sup. - Pliocene inf.)
-  UNITA' SANNITICHE
(Oligocene - Miocene medio)
-  UNITA' APPENNINICHE
CARBONATICHE
(Triassico sup. - Miocene inf.)
-  UNITA' APPENNINICHE
CLASTICHE (Messiniano inf.)
-  UNITA' FROSOLONE
(Giurassico-Messiniano inf.)
-  UNITA' AGNONE
(Oligocene-Messiniano inf.)
-  UNITA' TUFILLO
(Oligocene-Messiniano inf.)
-  UNITA' DAUNIA
(Oligocene-Messiniano inf.)





Permessi di Prospezione
 "PIETRABONDANTE"
CARTA
TETTONO-STRATIGRAFICA

Fig.5



Permesso di Prospezione
"PIETRABONDANTE"
ELABORAZIONE DIGITALE "FALSE COLOUR"
DI UNA IMMAGINE DA SATELLITE
DELLA REGIONE MOLISANA Fig.6



British Gas



PERMESSO DI PROSPEZIONE
"PIETRABBONDANTE"

MODELLO A RILIEVO DELLA ZONA DI AGNONE, Molise



I dati altimetrici sono stati incorporati in un mosaico di immagini a falsi colori LANDSAT, per produrre una visione prospettica della zona di Agnone vista da Sud-Ovest.
Le linee bianche identificano le domande di permesso di ricerca Roccasicura, Duronia e loro, la cui superficie coincide con quella del permesso di prospezione "PIETRABBONDANTE".
La linea gialla è la posizione della linea sismica test ISL-01-94. Il rosso rappresenta aree boschive; gli altri colori rappresentano pascoli o aree coltivate. La visione in prospettiva permette una migliore identificazione e comprensione delle caratteristiche della copertura vegetale.

Fig.7



Permesso di Prospezione
"PIETRABONDANTE"

CARTA GEOLOGICA, Linea ISL 01 94





GEOLOGICAL TRANSECT MAP
 CAROVILLI - ACONONE
 PIETRABONDANTE SEISMIC
 TEST PROGRAMME
 SCALE 1 : 13.500

PROGRAMMA DI RILEVAMENTO GEOLOGICO



Unità 5. Strati con elevata prevalenza



Passorana che mostra le deformazioni nelle Unità 2 e 3.



Pioppo Sud-vergente - Unità 2



Deformazione a piccola scala - Unità 3



Struttura plicativa presente nell' Unità 2



Pioppo Ovest-vergente - Unità 4



Pioppo Ovest-vergente - Unità 5



Unità 1 poco deformata



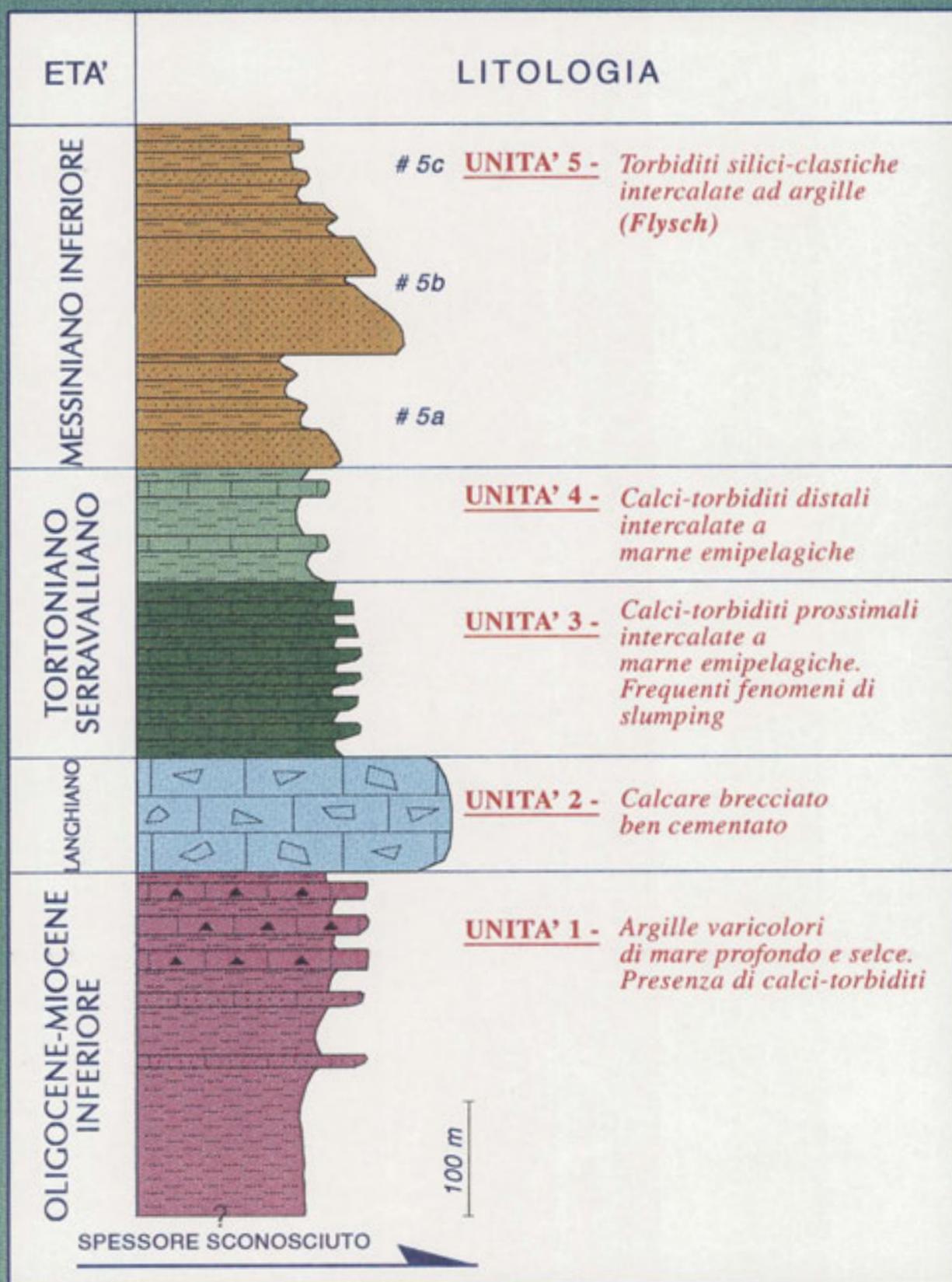
Unità 1 altamente deformata

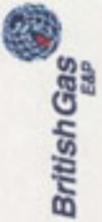


Unità 2 ben esposta in una catch

Permesso di Prospezione
PIETRABONDANTE

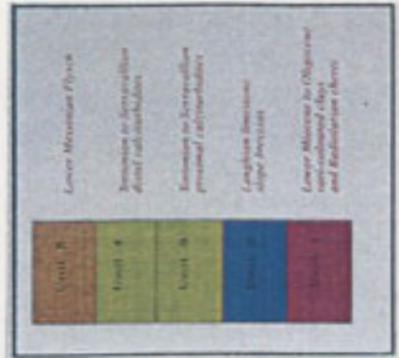
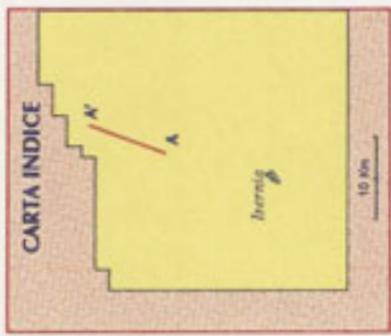
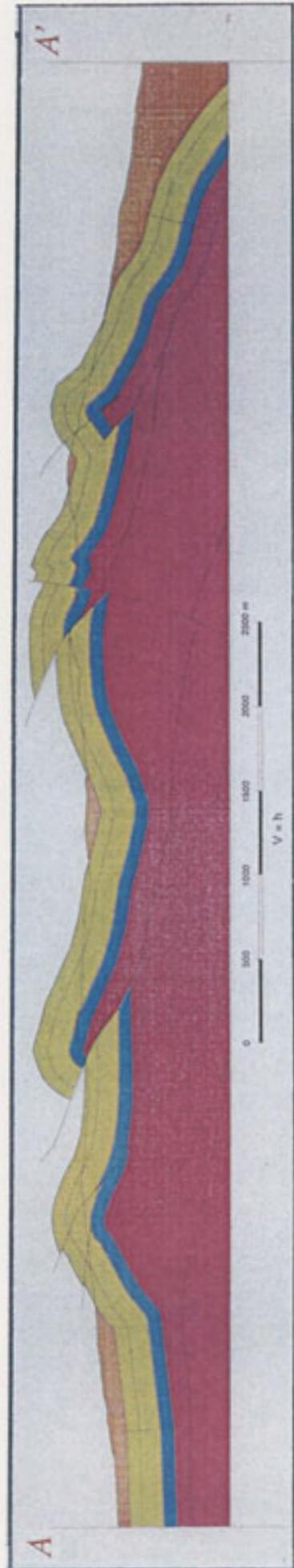
STRATIGRAFIA DELLA ZONA DI AGNONE





Permesso di Prospezione
"PIETRABONDANTE"

SEZIONE GEOLOGICA BILANCIATA LUNGO LA LINEA ISL 01 94



PIANIFICAZIONE DEL RILIEVO SISMICO

Ubicazione delle linee

Linea sismica
ISL-01-94
(ISERNIA)

Linea sismica
CBL-01-94
(CAMPOBASSO)

Fig.12

LASMO



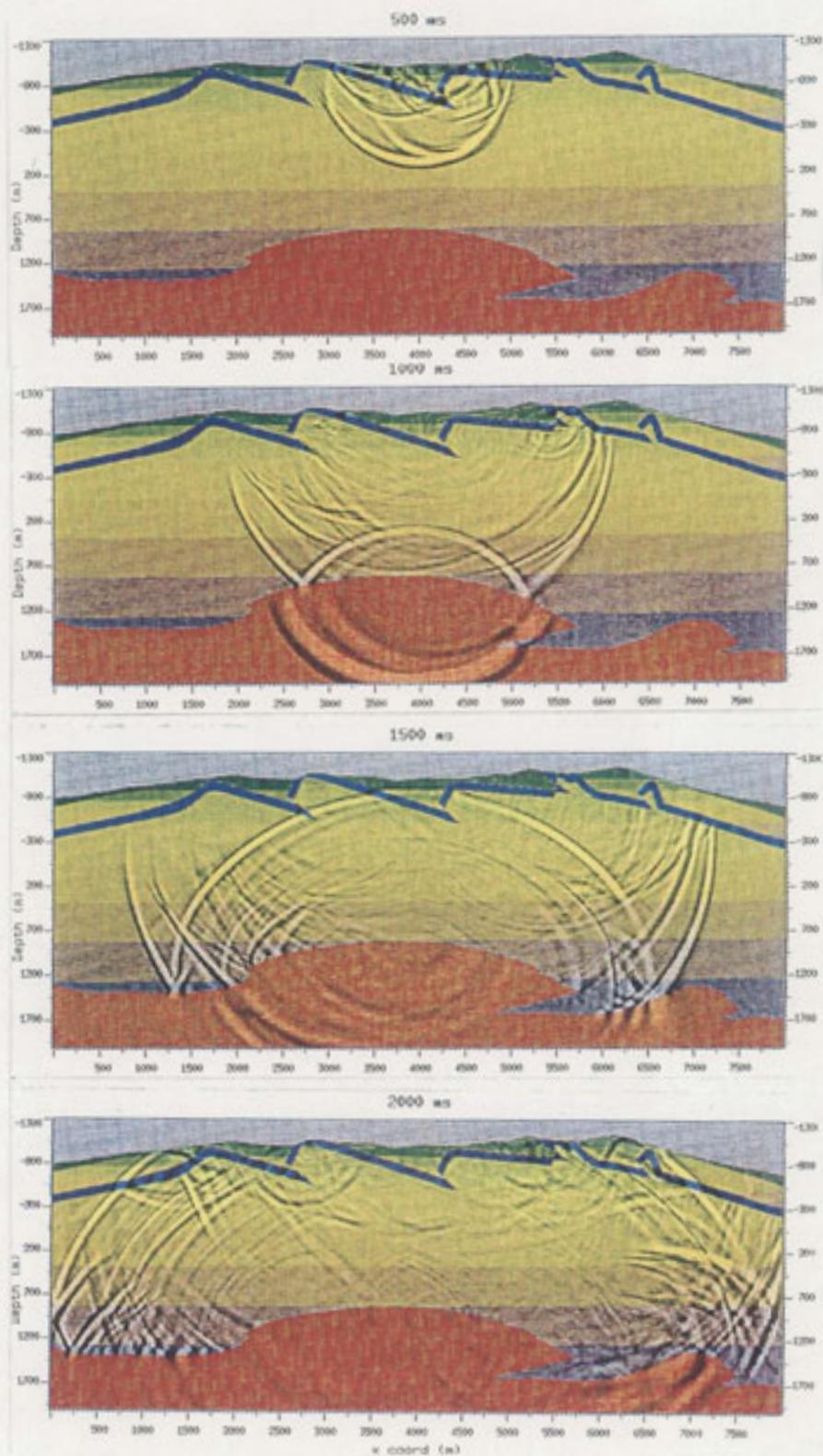
British Gas

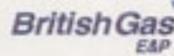


PERMESSO DI PROSPERAZIONE
"PIETRABBONDANTE"

Permesso di Prospezione
"PIETRABBONDANTE"

MODELLO SISMICO A FRONTE D'ONDA

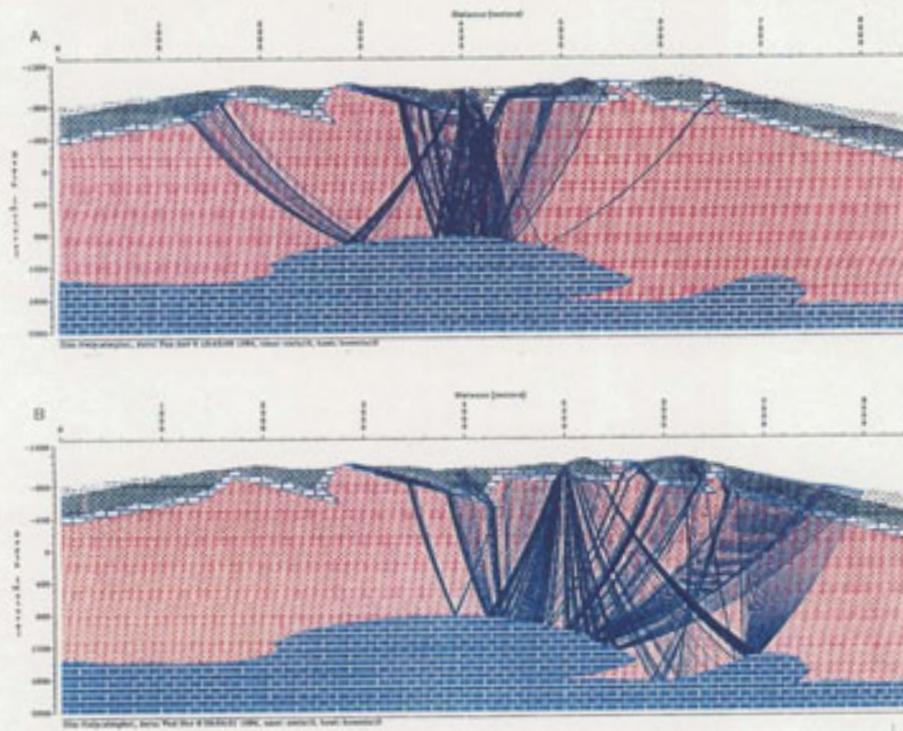




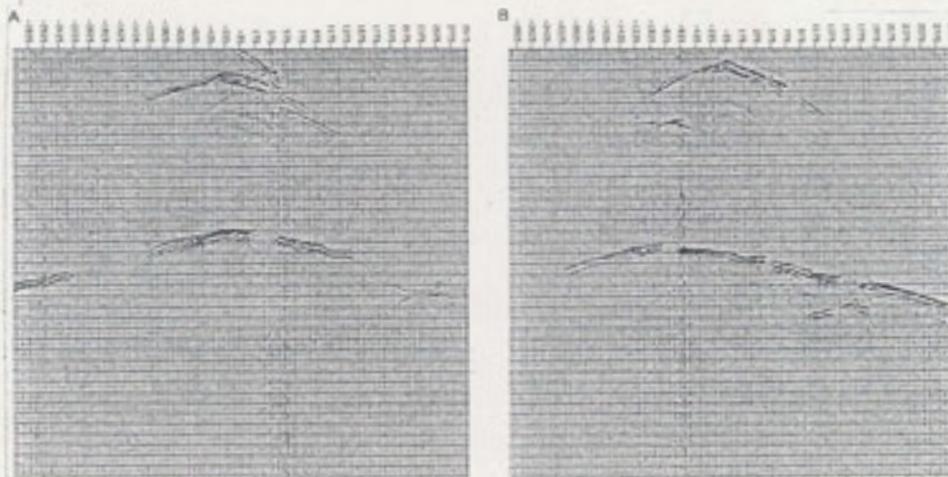
Permesso di Prospezione
"PIETRABBONDANTE"

MODELLO SISMICO A PERCORSO D'ONDA

SIMULAZIONE DEL PERCORSO DEI RAGGI GENERATI DA UNO SCOPPIO ATTRAVERSO IL MODELLO GEOLOGICO ADOTTATO



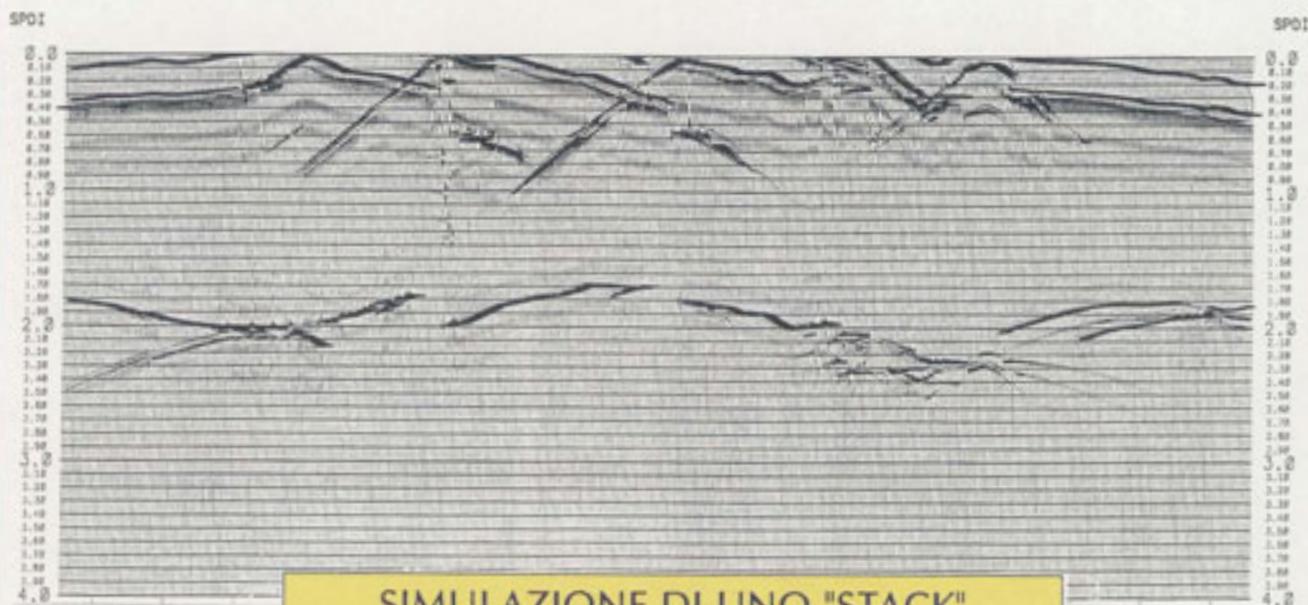
ESEMPIO DI SISMOGRAMMA GENERATO SINTETICAMENTE CON IL METODO "RAY TRACING"



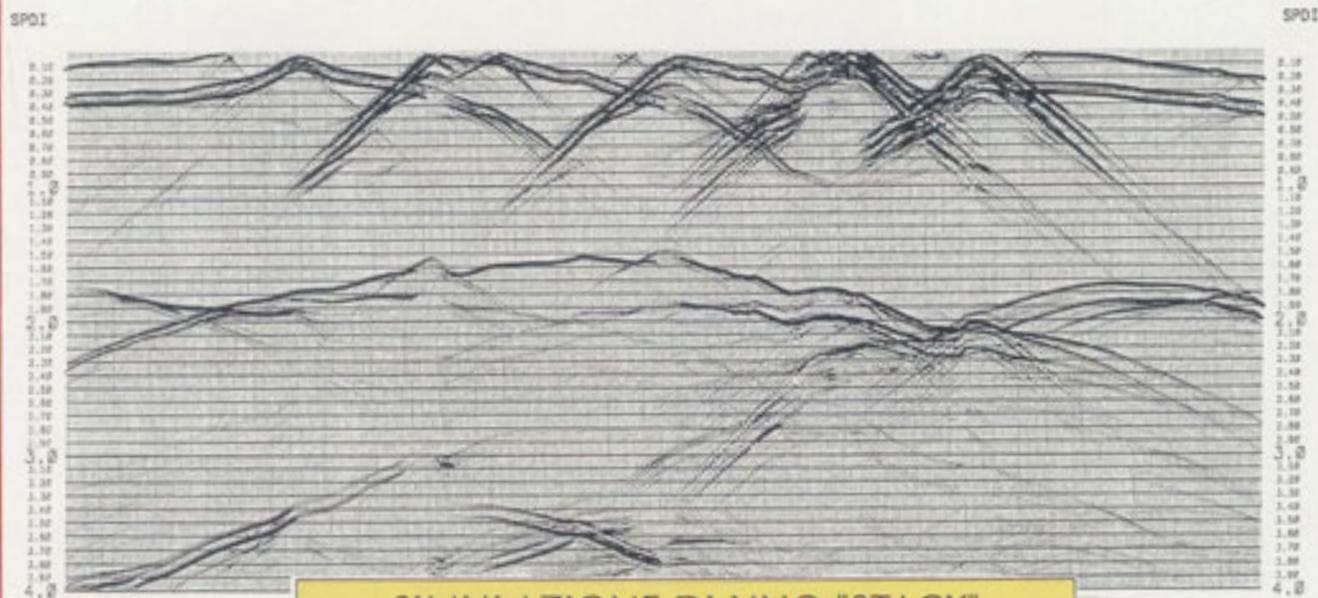



Permesso di Prospezione
"PIETRABBONDANTE"

STACK SINTETICO



SIMULAZIONE DI UNO "STACK"
CON RAGGI A INCIDENZA NORMALE

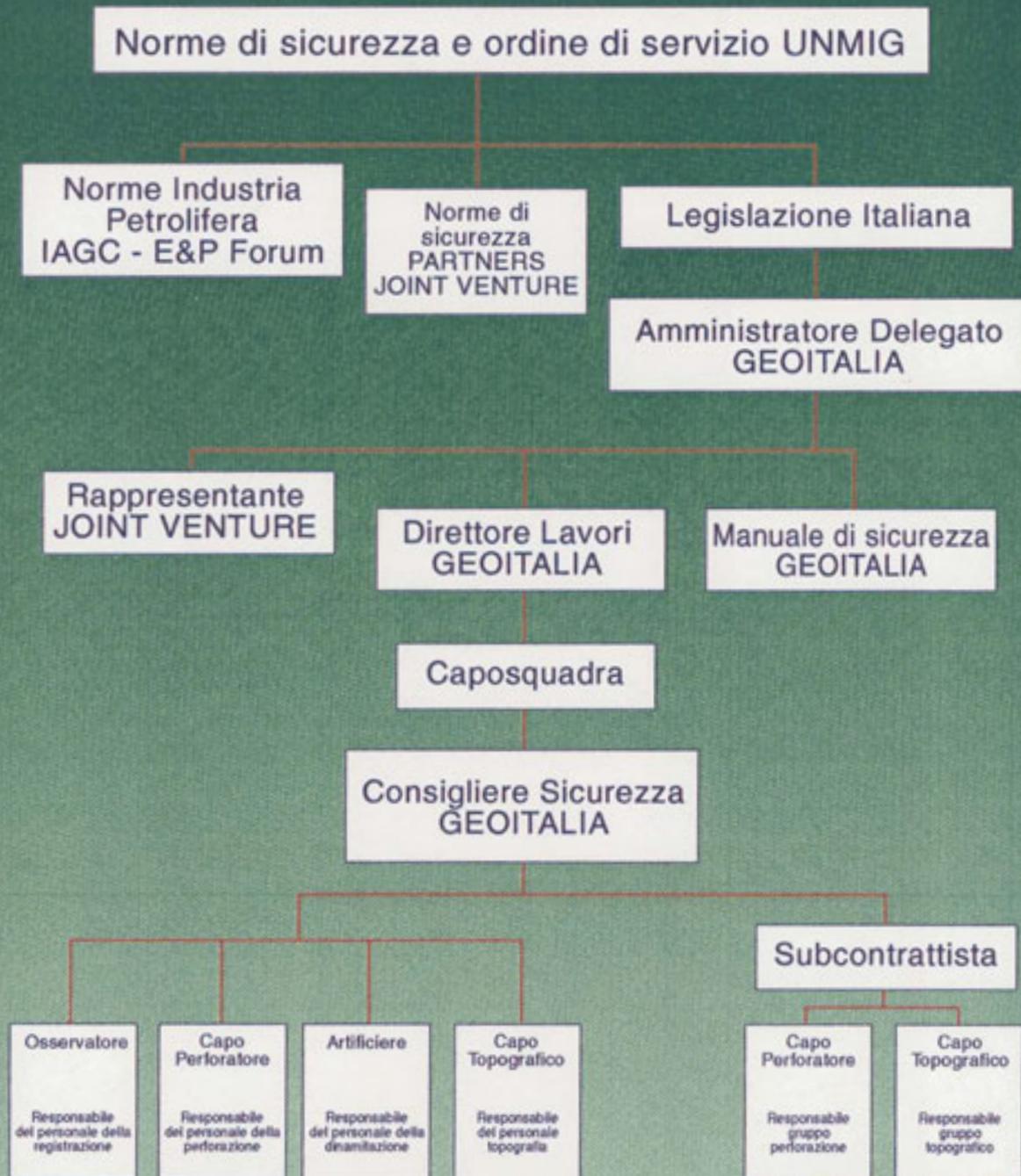


SIMULAZIONE DI UNO "STACK"
CON IL METODO "FINITE DIFFERENCES"

Permesso di Prospezione "PIETRABBONDANTE"

SICUREZZA SUL LAVORO

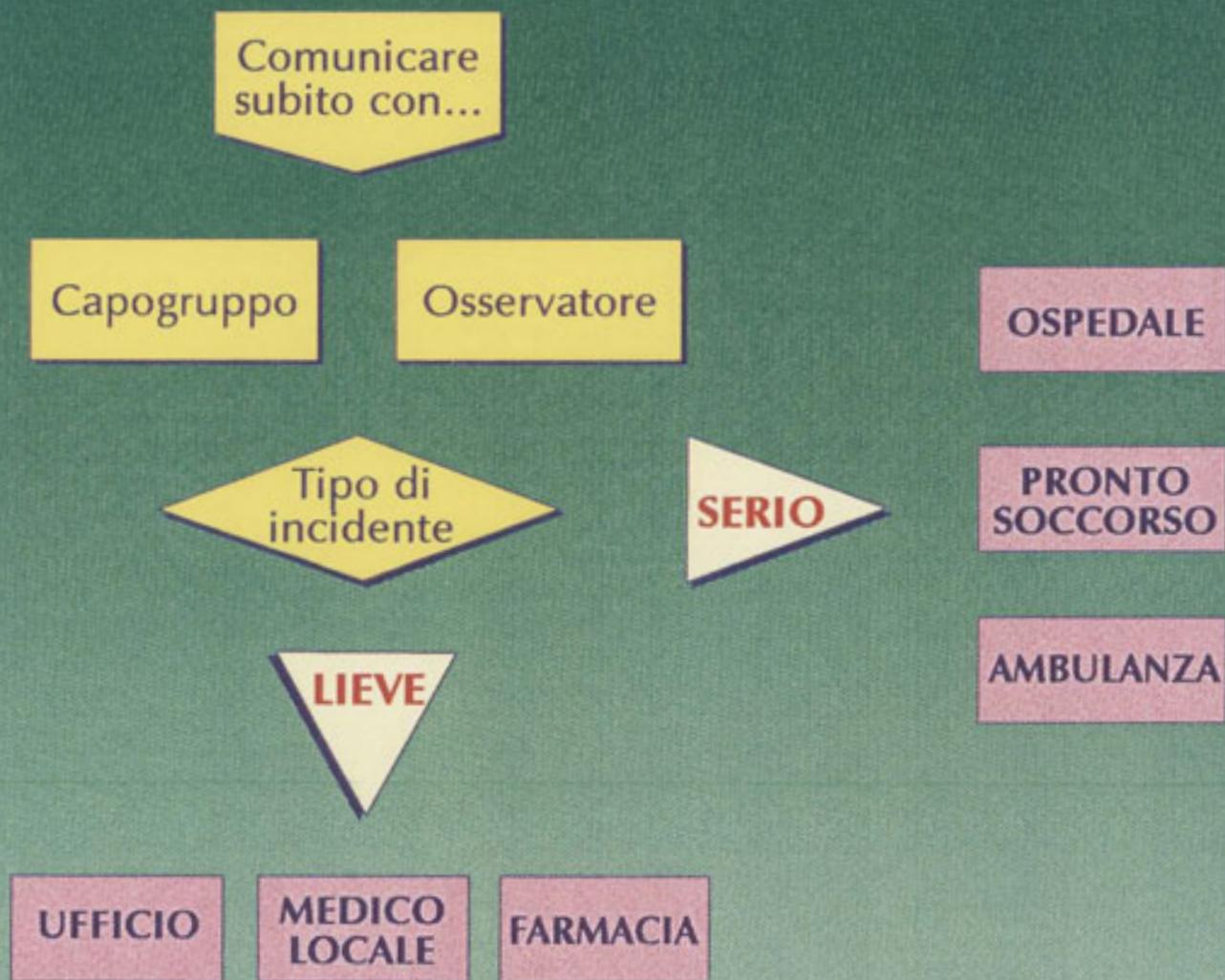
LE FONTI E LE RESPONSABILITA'



Permesso di Prospezione "PIETRABBONDANTE"

SICUREZZA SUL LAVORO

PROCEDURA DA ATTUARE IN CASO DI INCIDENTE



LASMOSISMICA
1975

Permesso di Prospezione "PIETRABBONDANTE"

SICUREZZA SUL LAVORO

INDICAZIONI IN CASO DI INCIDENTE LUNGO LA LINEA SISMICA ISL 01 94

Dal GRP	Al GRP	Raggiungere	Percorso
100	244	Ospedale Civile di Isernia	<i>Imboccare la strada provinciale per Carovilli - Proseguire per Isernia lungo la superstrada "Fondo Valle Trigno" - Uscita ISERNIA SUD</i>
244	450	Ospedale Civile di Isernia	<i>Imboccare la strada provinciale per Isernia - Proseguire per Isernia lungo la superstrada "Fondo Valle Trigno" - Uscita ISERNIA SUD</i>
450	580	Ospedale Civile di Agnone	<i>Prendere la strada comunale e poi la provinciale in direzione AGNONE. Seguire le indicazioni per il Pronto Soccorso</i>

STRUTTURE SANITARIE LOCALI

CAROVILLI	AGNONE	ISERNIA
Tel.0865-839266	Tel.0861 - 7221	Tel.0861 - 442222
GUARDIA MEDICA	PRONTO SOCCORSO CHIRURGIA OTR ORTOPEDIA MEDICINA	PRONTO SOCCORSO RIANIMAZIONE CHIRURGIA OTR ORTOPEDIA MEDICINA LABORATORIO ANALISI

ALTRI TELEFONI UTILI

<i>Caposquadra:</i>	0337.XXXXX	<i>Carabinieri(Agnone)</i>	0865.78217
<i>Osservatore:</i>	0337.XXXXX	<i>Polizia(Pronto Intervento):</i>	0865.4451
<i>Consigliere sicurezza:</i>	0337.XXXXX	<i>Polizia Stradale (Isernia):</i>	0865.412333
<i>Carabinieri (Carovilli):</i>	0865.838407		

LASMO

British Gas



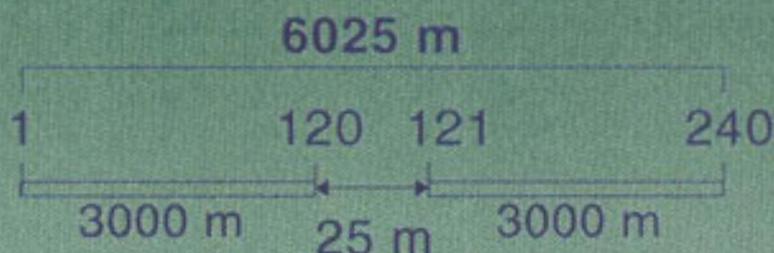
Permesso di Prospezione "PIETRABBONDANTE"

PROGRAMMA SISMICO 1994

PARAMETRI DI REGISTRAZIONE

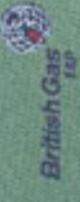
LUNGHEZZA DELLA LINEA - ISI-01-94	12.000 m
LUNGHEZZA DELLA LINEA - CBI-01-94	10.000 m
NUMERO GRUPPI	240
DISTANZA TRA I GRUPPI	25 m
GEOFONI PER GRUPPO	2 x 12
DISTANZA TRA I PUNTI SCOPPIO	100 m
COPERTURA NOMINALE	3.000%

SCHEMA DELLO STENDIMENTO



ENERGIZZAZIONE

FORO SINGOLO CONVENZIONALE	profondità 30 m
CARICA MASSIMA	20 Kg
PIAZZOLA CON 7 MINI-FORI	profondità 1,5 m
CARICA MASSIMA	7x250 g



Permesso di Prospezione
"PIETRABBONDANTE"

PROGRAMMA SISMICO 1994

Legenda

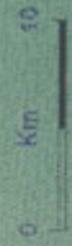
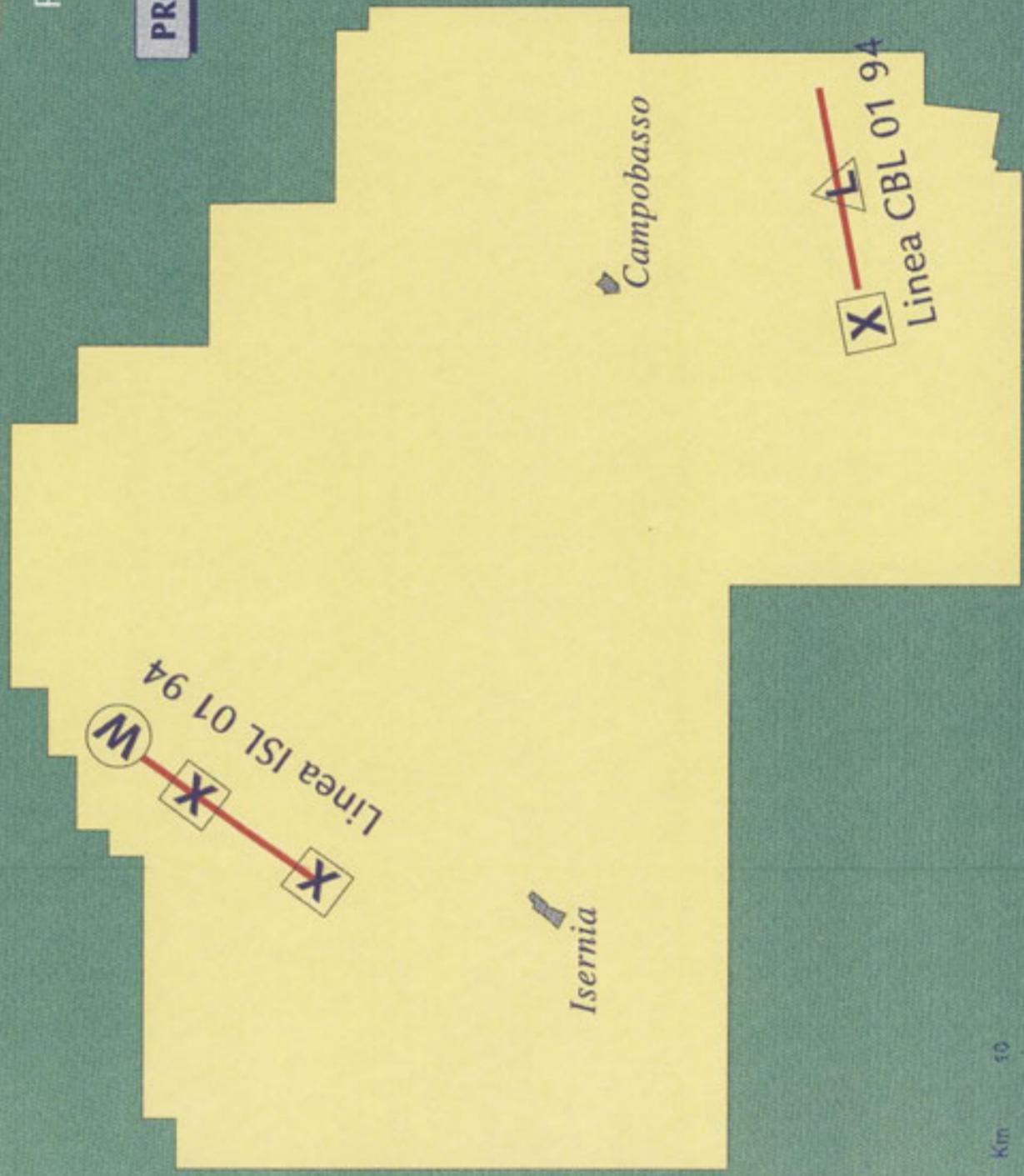
Linea sismica

Prova "BOX WAVE"

Prova di velocità
superficiale "Up hole"

Prova "WAVE TEST"

Prova "Long Offset"





Permesso di Prospezione
"PIETRABONDANTE"



BOX WAVE TEST

RADAR ANALYSIS - Esempio di rumore sismico coerente

