

RELAZIONE SULLA MIGRAZIONE A PROFONDITÀ
DEI DATI DI TEMPO SISMICI SUL CAMPO
PETROLIFERO DI PALMA

SEZION		ROCARBURI	
		POL.	
10 LUG. 1985			
Proi.		G4Sg	
Sez.		Posiz.	

S.R. TOOTHILL
GIUGNO 1985

INDICE

SOMMARIO

INTRODUZIONE

LA BASE DATI SEISMICI

**INTERPRETAZIONE, MIGRAZIONE
E CONVERSIONE BATIMETRICA**

RISULTATI

CONCLUSIONI E PROPOSTE

ALLEGATI

INDICE

	<u>PAGINA</u>
1. SOMMARIO	1
2. INTRODUZIONE	2
3. LA BASE DATI SISMICI	3
i) Dati disponibili	3
ii) Qualità dei dati	4
4. INTERPRETAZIONE, MIGRAZIONE E CONVERSIONE BATIMETRICA	6
i) Interpretazione	6
ii) Procedimento di migrazione	7
iii) Velocità	8
5. RISULTATI	
6. CONCLUSIONI E PROPOSTE	

TABELLE

- 1) Lista degli orizzonti rilevati e loro identificazioni geologiche
- 2) Comparazione delle velocità nelle stesse unità litostratigrafiche tra i pozzi

ALLEGATI

1. Linea sismica 47-25 esemplificativa attraverso il sito del pozzo Palma-1.
2. Linea sismica 79-39 esemplificativa attraverso il sito del pozzo Palma-3.
3. Linea sismica 45-25 migrata e convertita a profondità.
4. Linea sismica 79-39 migrata e convertita a profondità.
5. Mappa della struttura in tempi doppi alla Base Pliocene.
6. Mappa della struttura in tempi doppi al Tetto Hybla.
7. Mappa della struttura in tempi doppi al Tetto Giardini.
8. Mappa degli spessori in tempi doppi dell'Alloctono Pliocene.
9. Mappa batimetrica migrata alla Base Pliocene.
10. Mappa batimetrica migrata al Tetto Hybla.
11. Mappa batimetrica migrata al Tetto Giardini.

1. SOMMARIO

Al fine di definire quanto più accuratamente possibile la struttura del campo petrolifero di Palma, si è effettuata una nuova interpretazione dei relativi dati sismici.

Detta interpretazione si è risolta nella produzione di sette mappe sismiche di curve dei tempi. Le mappe stesse sono state migrate e convertite a profondità per produrre delle mappe batimetriche migrate della struttura.

A nostro giudizio, questa elaborazione dei dati ha permesso di ottenere la delineazione più precisa della struttura che sia attualmente disponibile.

2. INTRODUZIONE

Questo documento è un supplemento alla relazione tecnica originaria trasmessa con l'istanza di concessione di coltivazione d'idrocarburi (Palma) d. -CO-TR nell'ambito del permesso di ricerca CR47. La relazione originale contiene un sommario della geologia e della storia dell'esplorazione relative al giacimento Palma. Tuttavia, su suggerimento del Dott. Ing. E. Messina, la Tricentrol ha condotto ulteriori investigazioni su certi aspetti del campo. Questo nuovo studio tecnico ricopre l'interpretazione dei dati sismici sulla struttura Palma e la sua susseguente migrazione e conversione batimetrica per produrre delle mappe isobate.

3. LA BASE DATI SISMICI

i) DATI DISPONIBILI

Tre rilevamenti di ampia estensione ricoprenti la zona C della Sicilia meridionale comprendono linee di rilevamento sulla struttura Palma.

Due rilevamenti speciali sono stati eseguiti nell'ambito dell'area del permesso originale di ricerca CR47CO, unitamente al tiro sismico di varie linee di prova individuali.

I rilevamenti sono elencati qui di seguito:

A) Rilevamenti regionali

- i) Linee prefissate LC. Tirate nel 1968/69 dalla Western Geophysical usando l'Aquapulse come sorgente di energia.
- ii) Linee prefissate ZC. Tirate nel 1972 dalla Digicon usando cannoni ad aria.
- iii) Linee prefissate YC. Tirate nel 1973 dalla Western Geophysical usando il Maxipulse.

B) Rilevamenti speciali

- i) Linee prefissate C47-77. Tirate nel 1977 dalla GSI per conto della Conoco usando cannoni ad aria con capacità totale di 1450 pollici cubi.

Spaziatura reticolare media 2 x 2 km.

- ii) Linee prefissate S79A. Tirate nel 1979 dalla Exxon usando cannoni a gas come sorgente di energia.

La spaziatura reticolare è mediamente di 2 x 2 km e riempie il reticolo del rilevamento C47-77.

C) Linee di prova

- i) Linee prefissate C47-78. Due linee tirate nel 1979 dalla S & A Geophysical, usando cannoni ad aria con capacità totale di 1510 pollici cubi.

La linea C47-78-1 passa attraverso il sito del pozzo Palma-1.

- ii) Linea prefissata C47-82-T. Tirata nel 1982 dalla CGG usando lo Starjet come sorgente. Questa linea passa attraverso il sito di Palma-3.

Delle linee regionali descritte nella Sezione A, soltanto sette prodotte dai rilevamenti YC e ZC e nessuna dai rilevamenti prefissati LC erano disponibili per questo studio. La maggioranza di queste linee non sono disponibili che sotto forma di pila filtrata, e due di esse sono state migrate.

Tutti i dati ottenuti dal rilevamento del 1977 (Sezione B i) di cui sopra) sono stati migrati. La linea C47-77-29 non era disponibile né come pila filtrata né in formato migrato.

I dati ricavati dal rilevamento del 1979 (Sezione B ii) di cui sopra) non sono stati migrati.

ii) QUALITÀ DEI DATI

La qualità dei dati è assai variabile ma generalmente scadente. Ciò sembra dovuto interamente a problemi geologici, non essendovi praticamente alcuna variazione tra le linee di diversi rilevamenti. Il riflettore sismico più profondo e regionalmente più coerente è quello della Base Pleistocene, sebbene anche questo muti rapidamente e sia sovente altamente disturbato. Al disotto di questo evento gli effetti dell'Alloctono Pliocene si risolvono in riflessioni scadenti, caotiche o del tutto inesistenti dalla sezione più antica.

Vicino al margine frontale dell'Alloctono Pliocene si ottiene una pila di discreta qualità dal riflettore della Base Pliocene e occasionalmente

dal Tetto Hybla. Le riflessioni nell'ambito della sezione Giurassico/Triassico sono da scadenti a inesistenti.

Si rileva che la qualità dei dati migliora moderatamente a sud e a sud-est del pozzo Palma-1. Questa è un'area di acque sempre più profonde e un'area in cui la sezione poco profonda del Terziario si conforma con il fondo marino, e cioè non presenta affioramento. Può quindi darsi che più a monte della pendenza, a nord-est, l'effetto di affioramento della sezione Terziario più recente possa interrompere le traiettorie dei raggi con conseguente degradazione della pila. Tuttavia, questo non può essere che una causa secondaria della perdita di qualità dei dati, la ragione principale essendo data dagli effetti della massa caotica dell'Alloctono Pliocene.

A causa della pila generalmente molto scadente ottenuta dalle riflessioni all'interno del Cretaceo e della sezione più antica, la migrazione della linea sismica 2D risulta inattuabile e i dati al disotto della riflessione della Base Pliocene nell'area di influenza dell'Alloctono Pliocene sono ritenuti ininterpretabili nelle sezioni migrate disponibili.

TABELLA 1

Lista degli orizzonti sismici rilevati e loro identificazioni geologiche.

<u>Orizzonte sismico</u>	<u>Identificazione geologica</u>
Fondo marino	
Giallo	Base Pleistocene
Arancione 1	Alloctono Tetto Pliocene
Arancione 2	Alloctono Base Pliocene
Rosso	Base Pliocene
Marrone	Tetto Hybla
Azzurro	Tetto Giardini

4) INTERPRETAZIONE, MIGRAZIONE E CONVERSIONE BATIMETRICA

Si decise di eseguire una migrazione 3D prima della conversione batimetrica di questi dati, perché :

- a) La migrazione dei dati nell'ambito di quest'area geologicamente complessa renderà possibile una conversione batimetrica più realistica.
- b) La migrazione della sezione sismica è stata largamente infruttuosa come evidenziato dagli esempi ricavati dal rilevamento del 1977 e da alcune delle linee prefissate YC e ZC.
- c) Soltanto la meta della serie di dati sismici è disponibile in formato migrato della sezione (2D).

i) Interpretazione

Al fine di svolgere questo lavoro si rese necessario interpretare sulle sezioni non migrate tutte le riflessioni di separazione di unità litostratigrafiche che si riteneva potrebbero influire notevolmente sul procedimento di migrazione. Dette unità comprendono quelle aventi superfici irregolari e spessori o velocità a rapida variazione. Gli eventi rilevati sono elencati nella Tabella 1 qui appresso.

L'interpretazione dell'Orizzonte Giallo fu regolare.

L'interpretazione dell'Orizzonte Arancione-1 (Tetto Alloctono Pliocene) fu resa difficile dagli effetti di interferenza causati dalle iperbole di diffrazione emananti dai bordi dei blocchi fagliati sia all'interno che alla superficie dell'Alloctono. Per via di questi problemi si è effettuato un rilievo essenzialmente spianato seguendo i profili approssimativi dei blocchi.

Non si rileva nessuna riflessione coerente dall'Orizzonte Arancione-2 (Base Alloctono Pliocene). Questo evento particolare è stato interpretato in base a indizi generalmente vaghi di riflessioni. Si presume che esso abbia una forma ragionevolmente levigata, essendo il piano di

scorrimento su cui si è spostato l'alloctono.

La riflessione dell'Orizzonte Rosso (Base Pliocene) è generalmente di buona qualità nella parte anteriore e immediatamente al disotto del bordo frontale dell'alloctono. Al disotto della massa principale dell'alloctono esso risulta essenzialmente ininterpretabile.

L'Orizzonte Marrone (Tetto Hybla) è un evento altamente variabile, generalmente molto scadente nella parte nord-occidentale dell'area, con miglioramento verso sud-est. Nei pochi punti in cui risultò completamente ininterpretabile, esso è stato "formato" sotto la Base Pliocene. Al disotto della massa principale dell'alloctono non si è fatto nessun tentativo di rilevare sismicamente questo evento.

L'Orizzonte Azzurro (Tetto Giardini) è un riflettore generalmente molto scadente. In molti casi esso è stato rilevato a forma sotto l'Orizzonte Marrone. Esso non è stato rilevato al di fuori delle aree descritte per l'Orizzonte Marrone.

ii) Procedimento di migrazione

Il procedimento di migrazione e di conversione batimetrica richiede l'applicazione di campi di velocità per ogni segmento sismico come definito dalle faglie e dalle interfacce delineate. Una descrizione dettagliata del lavoro svolto per definire questi campi è riportata nella sezione seguente dal titolo "Velocità".

Per migrare e convertire a profondità i dati interpretati, si è usato un software di computer prodotto dalla Sattlegger. Detto software è stato utilizzato in base a servizio d'agenzia presso gli uffici della Computer Exploration Services di Cambridge, Inghilterra.

I pacchetti di programmi di migrazione Sattlegger possono venire applicati in modo bidimensionale sulle linee sismiche interpretate oppure in modo tridimensionale sulle mappe sismiche a curve di livello. La migrazione 2D impiega metodi di tracciamento a raggi sulle interfacce sismiche digitalizzate. La migrazione 3D è basata su metodi di continuazione discendenti - il piano di riferimento viene abbassato progressivamente

COMPARAZIONE DELLE VELOCITÀ NELLE STESSE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE TRA I POZZI

<u>PALMA-1</u>		<u>INTERFACCE</u>		<u>PALMA-2</u>	
<u>Profondità m</u>	<u>Tempo ms TWT</u>	<u>Velocità m/s</u>	<u>Profondità m</u>	<u>Tempo ms TWT</u>	<u>Velocità m/s</u>
<u>(Spessore)</u>	<u>(Tempo spessore)</u>	<u>(Vel. intervallo)</u>	<u>(Spessore)</u>	<u>(Tempo spessore)</u>	<u>(Vel. intervallo)</u>
1230	1345 (appross.)		850	990	
(230)	(207)	(2220)	(1545)	(1042)	(2965)
1460	1552		2395	2032	
(538)	(422)	(2550)	(120)	(70)	(3428)
1998	1974		2515	2102	
(806)	(481)	(3550)	(612)	(312)	(3920)
2804	2455		3127	2414	
(466)	(312)	(2987)	(482)	(299)	(3224)
3270	2767		3609	2713	
(67)	(20)	(67000)	(50)	(18)	(5555)
3337	2787		3659	2731	

Copertura Tetto Pliocene

Carreggiamento Base Pliocene

Anidrite Tetto Messiniano

Sciisti Tetto Hybla

Tetto Giardini

Tetto Inici

in incrementi di profondità costanti.

Per questo studio furono usati entrambi i metodi suddetti: il metodo 2D come controllo sulle velocità e i rilevamenti sismici prima dell'inizio del metodo 3D.

Le linee sismiche interpretate e non migrate sono state digitalizzate sulle interfacce elencate nella Tabella 1. I dati dei tempi d'orizzonte sono stati impostati sulle mappe sismiche di base per ciascun orizzonte e poi delineate con curve di livello mediante apposito software di elaborazione Sattlegger. I dati stessi sono stati quindi editati ove necessario. Non è stato necessario riandare alle sezioni sismiche interpretate, a scopo di editazione, poiché era possibile ridigitalizzare direttamente dalle mappe le curve di livello modificate.

A questo stadio si sono migrate in modo bidimensionale alcune linee della pendenza orientata a NE-SO attraverso i pozzi Palma-1, 2 e 3, per provare i campi di velocità che si sarebbero utilizzati in fase di migrazione 3D.

Dopo aver ultimato le mappe dei tempi e i campi di velocità, si diede inizio al procedimento di migrazione in mappa 3D e di conversione batimetrica. Poiché il procedimento era del tipo a continuazione discendente, si è potuto esaminare l'effetto di migrazione a ciascuna interfaccia. Questa capacità ha permesso di effettuare un controllo continuo sul successo della migrazione. È stato così possibile editare vari punti senza dover ricominciare daccapo l'intero procedimento. In tal modo si è potuta verificare la validità dell'interpretazione e comprendere le eventuali cause di distorsione delle interfacce, correggendole ove necessario.

iii) Velocità

Dei corretti campi di velocità potranno determinare la validità dell'operazione di migrazione e conversione batimetrica. Sfortunatamente non si dispone di un controllo adeguato sulle velocità di quest'area. I pozzi Palma-1 e Palma-2 dispongono di log sonici e di rilievi di taratura delle velocità. Per Palma-3 si ha soltanto un log sonico di una sezione poco profonda, e nessun rilievo di taratura.

Delle variazioni significative nelle velocità di unità geologiche equivalenti sono evidenti tra Palma-1 e Palma-2. Dette variazioni sono riportate nella Tabella 2 qui appresso.

In generale, le velocità d'intervallo in Palma-2 sono significativamente più elevate di quelle di Palma-1. Le profondità alle interfacce corrispondenti sono più rilevanti in Palma-2. Pertanto esisteva la possibilità che l'aumento di velocità fosse correlato alla profondità, e si è investigata questa possibilità.

Come parte dello studio delle velocità si è intrapreso anche uno studio delle velocità di impilamento sismico, basato inizialmente su tre linee: C47-77-25 attraverso Palma-1, S79A59 attraverso Palma-2, e S79A39 attraverso Palma-3. Detto studio è stato svolto primariamente per accertare l'opportunità di applicare alla Base Pleistocene, o persino alla Base Pliocene, una semplice funzione di velocità appropriata all'area oppure una superficie con curve di velocità.

Lo studio delle velocità ha indicato che per la conversione batimetrica si potrebbero usare due tipi di funzione di velocità.

Si è fatto uso di una velocità rapportata al punto medio del tempo doppio dal fondo marino alla Base Pleistocene/Tetto Alloctono Pliocene, secondo la formula:

$$V_I = 1231 + 848 t$$

dove V_I è la velocità relativa all'intervallo in metri/secondi, e t è il punto medio del tempo doppio dell'intervallo in secondi.

L'Alloctono Pliocene è stato convertito in profondità usando una funzione di velocità rapportata allo spessore dell'intervallo, secondo la formula:

$$V_I = 1891 + 1054 \Delta t$$

dove Δt è lo spessore/tempo doppio dell'alloctono in secondi.

Funzioni similari di velocità rapportata allo spessore sono state usate sugli intervalli seguenti:

Dalla Base Alloctono alla Base Pliocene,

$$V_I = 3493 - 226 \Delta t$$

Dalla Base Pliocene al Tetto Hybla,

$$V_I = 5213 - 3040 \Delta t$$

L'intervallo tra il Tetto Hybla e il Tetto Giardini è stato convertito in profondità con una velocità costante di 3124 metri/secondo.

All'intervallo tra la Base Pleistocene e la Base Pliocene sul fianco affossato della faglia inversa principale fu data una velocità costante di 2500 metri/secondo.

I campi di velocità usati convertono correttamente i tempi sismici in profondità nei punti di ubicazione dei pozzi. Tuttavia, Palma-1 e Palma-2 sono i soli pozzi nell'area che presentano velocità di intervallo accuratamente definite. Palma-3 non dispone che di velocità derivate dal log sonico/ sezione sismica, dato che in esso non fu effettuato nessun rilievo di taratura della velocità. Pertanto, al di fuori delle aree dei pozzi sussiste dell'incertezza circa la validità delle funzioni usate.

Si sono effettuate comparazioni tra queste funzioni di velocità calcolate dai logs dei pozzi e le velocità ottenute dai dati sismici. Sebbene si sia rilevata una notevole quantità di dispersione nei tracciati delle velocità sismiche, gli andamenti osservati su di essi sembrano concordare con le funzioni derivate dai pozzi.

5. RISULTATI

Per ciascuno degli orizzonti riportati nella Tabella 1, si sono prodotte delle mappe strutturali con curve dei tempi doppi tracciate dal computer. Si sono quindi prodotte delle mappe a curve di velocità sugli intervalli definiti dalle mappe dei tempi, usando le funzioni descritte nella Sezione 4. iii.

Tutte le mappe sono state verificate ed editate ove necessario, e i dati sono stati impostati nel software di programma della migrazione e della conversione batimetrica.

A questo stadio si è eseguita la migrazione 2D e la conversione batimetrica di tre linee della falda inclinata, usando funzioni di velocità semplificate. I risultati di questa prova sono stati incoraggianti, evidenziando che soltanto pochi dei punti digitalizzati migravano verso punti spuri. Esempi di due di queste migrazioni sono presentati come allegati 3 e 4.

La mappatura dei tempi a livello del Tetto Giardini rivela la presenza di un'ampia struttura con una chiusura indipendente delimitante tutti e tre i pozzi di Palma. Una volta convertita in profondità e migrata, questa chiusura indipendente viene persa e diviene completamente dipendente dalla faglia inversa principale. Palma-2 mostra ora di essere al disotto del contatto olio/acqua, e Palma-3 appena al disopra del contatto stesso.

La comparazione delle mappe dei tempi (Allegato 6) e delle profondità (Allegato 8) dà una buona indicazione degli effetti della migrazione durante il procedimento di conversione batimetrica. Il piano di faglia che delimita il fianco meridionale della struttura è migrato in direzione nord di una grandezza compresa tra 250 metri e 1000 metri, l'entità effettiva essendo in funzione dell'angolo di faglia e del grado di inclinazione sugli strati verso la faglia.

Variazioni strutturali analoghe tra le mappe dei tempi e delle profondità sono evidenti a livello del Tetto Hybla e della Base Pliocene. Alla Base Pliocene una chiusura indipendente è evidente in termini sia di tempi che di profondità attorno all'area di Palma-1. Le mappe dei tempi e delle profondità a questo livello sono incluse come allegati 5 e 7. A scopo di

presentazione, nelle mappe non sono mostrate le curve degli andamenti sul fianco di affossamento della faglia inversa.

6. CONCLUSIONI E PROPOSTE

La migrazione 3D e la conversione batimetrica di questi dati ha confermato la struttura delimitata da faglia a livello del Tetto Giardini. Si stima che questa elaborazione dei dati ha prodotto la delineazione più accurata della struttura disponibile al momento attuale.

Tuttavia, è importante tener presente le limitazioni dei dati usati in questo studio. La combinazione di dati sismici di qualità scadente e la mancanza di punti di riferimento delle velocità, significa che la grandezza e la forma della struttura potrebbero mutare in modo significativo dopo che si saranno perforati altri pozzi. L'Alloctono Pliocene ha avuto la maggiore influenza nel determinare la struttura migrata in profondità a livelli più bassi ed è probabilmente l'intervallo meno ben definito in termini di tempi, spessore e velocità. È certo che la funzione di velocità applicata a questo intervallo è una semplificazione molto approssimata del campo di velocità effettivo.

In base ai risultati di questo studio, si propone ora che venga perforato un pozzo di valutazione a monte della pendenza rispetto al pozzo Palma-1, nel punto di tiro 1117 sulla linea C47-77-25. Quest'ubicazione è ritenuta sufficientemente distante dalla faglia di delimitazione, da presentare un margine di sicurezza adeguato contro l'eventualità di errori commessi nella migrazione del piano di faglia.