

Servizio Geologico d'Esplorazione

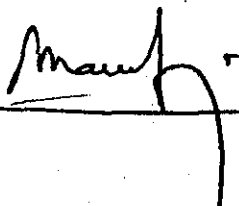
PERMESSO DI PROSPEZIONE BP 4-TO

Dati tecnici e relazione
conclusiva sulla prospezione

Autore:
Dott. A. LA SORSA

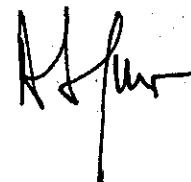
L'Amministratore Delegato

Ing. Maurice JACQUE



Servizio Geologico d'Esplorazione
Il Responsabile

Dr. A. LA SORSA



GENERALITA', FINALITA' E

LAVORI SVOLTI NEL PERMESSO

DI PROSPEZIONE BP 4-TO

LISTA DEGLI ALLEGATI AL PRESENTE RAPPORTO

- Allegato 1 - EVOLUZIONE POST-MESSINIANA COMPARATA DELLE AREE DEI PERMESSI BR 148.MI E BP 4-TO
- Allegato 2 - ANALISI DELLE ESPRESSIONI LOG ED INTERPRETAZIONE SEDIMENTARIA FRA I SONDAGGI C2, C1, B1, B2, BNS1
- Allegato 3 - LINEE COMPOSITE REGIONALI INTERPRETATE
- Allegato 4 - CARTA DI ISOCRONE DELL'INVILUPPO DELLA SERIE TETTONIZZATA AL PLIOCENE MEDIO
- Allegato 5 - CARTA DI ISOCRONE DELLA SERIE TETTONIZZATA AL PLEISTOCENE BASALE
- Allegato 6 - RESERVOIR H - CARTA DI ISOCRONE ED ESTENSIONE DELLE ANOMALIE SISMICHE
- Allegato 7 - RESERVOIR C - CARTA DI ISOCRONE ED ESTENSIONE DELLE ANOMALIE SISMICHE
- Allegato 8 - CARTA DI ISOCRONE TRA IL TETTO DEL RESERVOIR H ED IL RESERVOIR C
- Allegato 9 - CARTA DI SINTESI DELL'ESTENSIONE DEL GIACIMENTO DI BONACCIA
- Allegato 10- MODELLO SEDIMENTOLOGICO MESOADRIATICO - PLIOCENE SUPERIORE - PLEISTOCENE BASALE
- Allegato 11- MODELLO SEDIMENTOLOGICO MESOADRIATICO - MEDIO PLEISTOCENE INFERIORE
- Allegato 12- MODELLO SEDIMENTOLOGICO MESOADRIATICO - ALTO PLEISTOCENE INFERIORE
- Allegato 13- MODELLO SEDIMENTOLOGICO MESOADRIATICO - PLEISTOCENE MEDIO
- Allegato 14- MODELLO SEDIMENTOLOGICO MESOADRIATICO - PLEISTOCENE SUPERIORE
- Allegato 15- MODELLO SEDIMENTOLOGICO MESOADRIATICO - HOLOCENE
- Allegato 16- (in scatola separata) :
- . 1 CARTA DI POSIZIONE DELLE LINEE SISMICHE NEL PERMESSO BP 4-TO 1/25.000
 - . 1 CARTA DELLA PROFONDITA' DEL FONDO MARINO 1/25.000
 - . 1 SERIE COMPLETA DI LINEE SISMICHE DEL PERMESSO BP 4-TO PER UN TOTALE DI 24 LINEE
- Allegato 17 - CORRELAZIONI CARLO 2-1 - BONACCIA 1-2-SUD 1

GENERALITA'

Il permesso di prospezione BP 4-TO, ubicato in Adriatico centrale (Zona "B", Fig. 1), è stato accordato con decreto in data 11 Ottobre 1982 e con la validità di legge di un anno.

La superficie del permesso di prospezione copre totalmente il precedente permesso BR 5-AS, avente termine di vigenza al 27 Maggio 1980, entro i limiti del quale sono stati perforati i pozzi di CARLO 1 nel Luglio 1972 e di CARLO 2 nel Novembre 1979.

La parte meridionale ed occidentale del permesso BP 4-TO è stata anche coperta dalla domanda d.305.BR.TO presentata dalla TOTAL MINERARIA S.p.A. il 13 Agosto 1980 (per la superficie di quest'ultima vedasi allegato 9).

FINALITA' DEI LAVORI SVOLTI NEL PERMESSO DI PROSPEZIONE

Il permesso di prospezione in oggetto è stato coperto da rilievo sismico a riflessione di semidettaglio al fine di accertare l'estensione e l'entità dei livelli sabbiosi rinvenuti a gas nel pozzo di scoperta di BONACCIA 1 (Dicembre 1980), delimitati con il sondag-

gio di BONACCIA SUD 1 e poi confermati dal pozzo di BONACCIA 2 (Aprile 1982), tutti perforati nel permesso di ricerca BR 148.MI dalla Joint Venture TOTAL MINERARIA, FRANCCAREP, WINTERSHALL, ENER-GON, C.P.A., per conto della quale la TOTAL MINERARIA è operatore.

LAVORI SVOLTI

Entro l'area del permesso di prospezione sono stati registrati ventiquattro profili sismici a riflessione in copertura 4800% per un totale di 411 chilometri di rilievo.

La campagna sismica, che si è svolta fra l'11 ed il 15 Gennaio 1983, è stata condotta dalla COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE utilizzando la motonave LUCIEN BEAUFORT ed il metodo sismico con sorgente "STARJET".

La qualità delle registrazioni e della elaborazione dati è stata molto buona.

Le 24 linee relative a questa campagna sismica, denominate con la nomenclatura BP 4-83....., assieme ad una pianta di posizione in scala 1/25.000 ed una carta della profondità del fondo marino alla

stessa scala, costituiscono (in scatola separata) l'allegato n° 16 del presente rapporto.

SINTESI GEOMINERARIA INTEGRATA DEL PERMESSO BP 4-TO E DEL
CONTIGUO PERMESSO BR 148 MI

PREMESSA

Il presente studio rappresenta la sintesi geo-mineraria integrata del permesso di prospezione BP 4-TO e del contiguo permesso BR 148-MI, nell'ambito del quale i sondaggi di BONACCIA 1 e BONACCIA 2, condotti dalla TOTAL MINERARIA, hanno rinvenuto mineralizzazione a gas nei termini sabbiosi del Pleistocene.

Esso si basa su una notevole quantità di dati, sia sismici (*) che geologici, raccolti finora dalla TOTAL MINERARIA ed è stato condotto in una prima fase integrando i dati sismo-sedimentologici alla scala regionale (rilievo WESTERN, 1967) e successivamente, ed in armonia con questi ultimi, conducendo studi di dettaglio, con particolare riguardo all'aspetto sedimentologico comparato fra risultati di laboratorio, lineamenti sismostratigrafici delle linee sismiche (1900 Km) ed elettrofacies (immagini log dei corpi sedimentari) dei sondaggi eseguiti e di altri in possesso della Compagnia.

(*) Si tratta di 1484 di linee sismiche nel permesso di ricerca BR 148-MI e di 416 Km di linee nel permesso di prospezione BP 4-TO.

I. PARTE PRIMA

1.1. ANALISI DEL BACINO SEDIMENTARIO ED EVOLUZIONE DELLE AREE

BP 4-TO E BR 148-MI DAL TARDO MIOCENE AL RECENTE

La storia geologica dell'area in questione è strettamente legata alla evoluzione del bacino marino Padano-Adriatico.

Il processo evolutivo generale dell'area a partire dal Pliocene è indirizzato ad una progressiva colmatazione del bacino con un ciclo sedimentario progressivo che va da depositi di riempimento di canali oceanici fino ad un ambiente di piattaforma continentale neritica poco profonda quale quella attuale.

L'area in questione è sottoposta ad una generale graduale relativa diminuzione della profondità marina, o meglio ad un bilancio in cui il volume degli apporti clastici è preponderante rispetto alla subsidenza.

Questa evoluzione avviene tuttavia attraverso due stadi successivi, il primo dei quali con un livello di stazionamento marino basso (*Lowstand*), che si protrae dall'inizio

del Pliocene al Pleistocene basale, seguito poi da uno stadio di stazionamento marino alto (*highstand*) che perdura fino all'epoca attuale.

1.1.1. TARDO MIOCENE

Due canali coalescenti verso Sud-Ovest ad andamento NNO-SSE costituiscono i lineamenti morfologici dell'area durante il tardo Messiniano (Fig. 2).

Ambedue i canali mostrano un corso debolmente meandriforme, terrazzi a superficie piana ed un letto che diviene via via più ampio e meno inciso verso NNO. Ciò suggerisce che le paleocorrenti, ad azione prevalentemente erosiva, fluissero da Sud verso Nord.

Il fatto che tali morfologie canaliformi siano state successivamente ricoperte, quasi senza soluzione di continuità, dai gessi della Gessoso-solfifera, indicherebbe una età compresa fra la fine della deposizione dello SCHLIER e la deposizione delle evaporiti

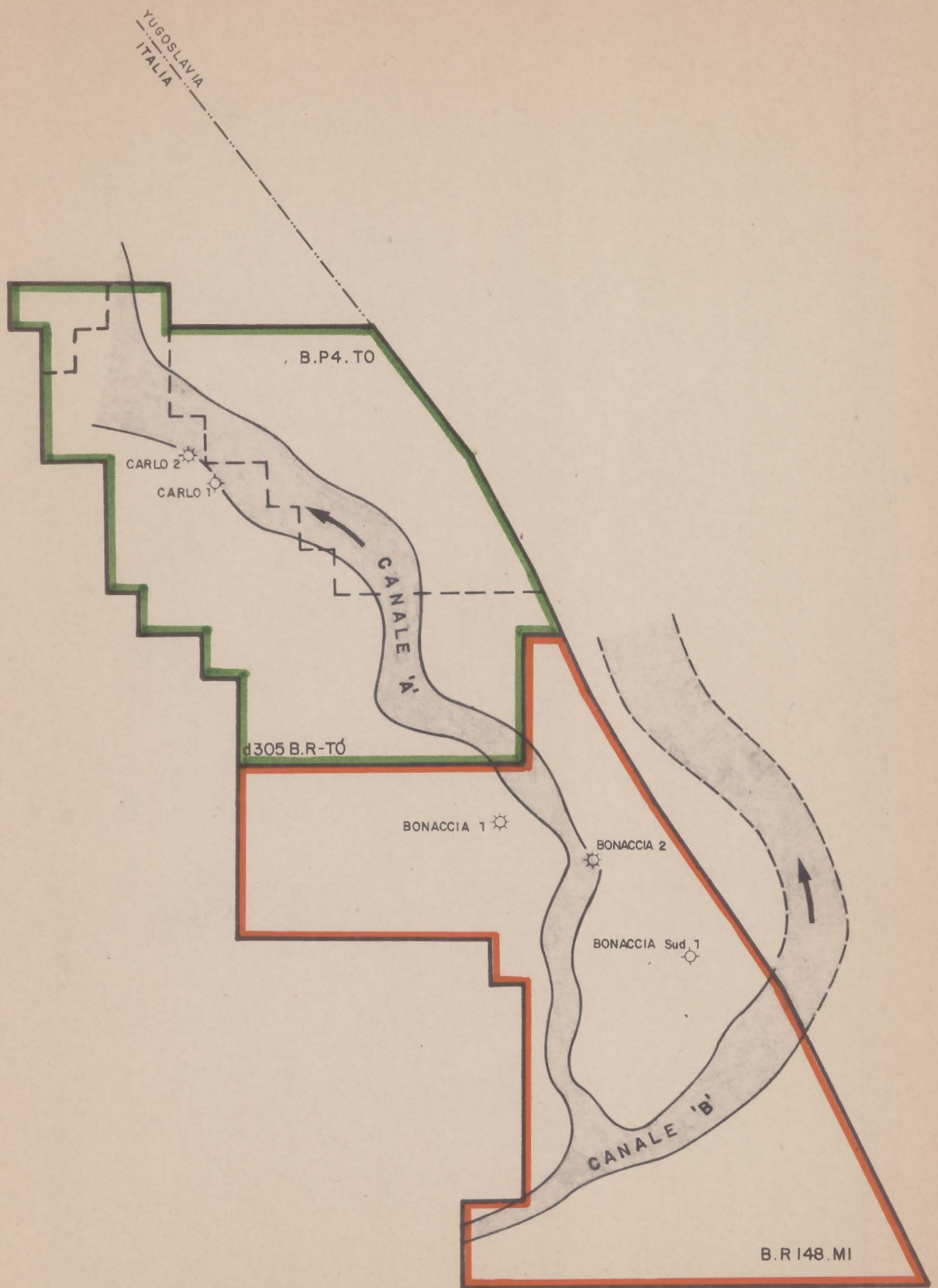


Fig. 2 : Canali tardo-miocenici. Le frecce indicano la presunta direzione di flusso.

legate alla crisi di salinità del Mediterraneo.

Tali episodi erosivi canalizzati sarebbero pertanto avvenuti nel Messiniano inferiore-medio e seguiti dalla deposizione dei gessi a chiudere il ciclo Miocenico.

1.1.2. PLIOCENE INFERIORE

L'inizio del ciclo pliocenico è marcato da un brusco innalzamento del livello del mare e da una ripresa della normale circolazione marina.

A causa dell'insorgenza progressiva della catena appenninica si instaurano tuttavia condizioni di stazionamento del livello marino relativamente basso (lowstand), periodi durante i quali lo smantellamento delle aree continentali è estremamente attivo e gli apporti sedimentari clastici nei bacini di avana fossa assai ricchi.

L'area del BR 4-TO e BR 148.MI tuttavia si trova all'estremità più distale del bacino adriatico. Essa è infatti sottoposta a condizioni ambientali di mare relativamente profondo durante le quali avviene la colmatazione con sedimenti pelitici delle anomalie negative canaliformi dianzi accennate.

Almeno per quanto riguarda la porzione tardiva di detta serie, la buona continuità delle riflessioni sismiche ed i dati del Dipmeter log dei pozzi di BONACCIA, privi o quasi di valori di pendenza, suggeriscono come più verosimile l'ipotesi di una colmatazione per "ponding" (HERSEY, 1965) piuttosto che a seguito di depositi di riempimento di canale.

Soltanto la serie superiore di detti depositi è stata esplorata nei pozzi BONACCIA 2, BONACCIA 1 e CARLO 1.

Durante il Pliocene inferiore l'area in esame non sembra risentire in alcun modo delle plurime fasi tettoniche che si producono nell'ambito della catena

pedeappenninica.

1.1.3. PLIOCENE MEDIO, subzona a G. aemiliana

Le condizioni dianzi accennate di basso stazionamento del livello marino (lowstand) proseguono durante questo periodo geologico.

Dopo l'annullamento delle anomalie negative canali-formi, l'area in questione, ancora estremamente distante dalla complessa area di avanfossa, è nuovamente interessata da sedimentazione di peliti.

Tali sedimenti, che costituiscono le "code" di corrente dei sistemi turbiditici ad alta efficacia progradanti entro l'avanfossa, vengono depositati tramite correnti torbide a bassa densità. Essendo estremamente stabili, in quanto mantenute vive anche da moderate turbolenze di fondo, tali sospensioni sono in grado di fluire e di distribuire sedimenti emipelagici anche a distanze superiori ai 30-40 Km,

creando anch'esse degli apparati progradanti pelitici che si inspessiscono verso il bacino (Allegati 1 e 3). Il loro carattere progradante è anche avvalorato da una organizzazione interna delle sismofacies di tipo "shingled".

Detti depositi, attraversati dai pozzi di BONACCIA 1 e BONACCIA 2, sono assenti per mancata deposizione nei pozzi di CARLO 1 e BONACCIA SUD 1, mentre non sono stati raggiunti dal sondaggio di CARLO 2.

1.1.4. PULSAZIONE TETTONICA COMPRESSIVA INFRA-MESOPLIOCENICA

L'intero Adriatico centrale viene implicato successivamente in una importante fase tettonica compressiva prodottasi al passaggio fra le sub-biozone Globorotalia aemiliana-Globorotalia crassaformis (All. 1).

Il raccorciamento dell'area di catena pedeappenninica avviene ancora per il generarsi di pieghe sovrascorse cilindriche con vergenza verso Nord-Est

ed Est.

Anche se l'ordine di pieghe sovrascorse più esterno (trend ROSSELLA-GIANNA-GLORIA) è piuttosto lontano dall'area in questione (circa 25-30 Km), questa fase tettonica compressiva è tuttavia in grado di generare blandi piegamenti (localmente accompagnati da faglie minori) anche nella zona d'avampaese, nella quale ricadono i permessi BP 4-TO e BR 148.MI.

Tali strutture positive sono più accentuate nell'area centro-settentrionale del BR 148.MI e nella porzione meridionale del BP 4-TO che non altrove (All. 4).

Queste anomalie positive generate tettonicamente influenzeranno sia la deposizione che l'assetto strutturale dei sedimenti clastici in seguito depositisi. Il drappeggio di questi sulle pieghe sottostanti e la compattazione differenziale sui fianchi forniscono infatti la componente strutturale della trappola BONACCIA e contribuiscono, insieme alla componente stratigrafica (v. paragrafi seguenti),

alla chiusura dei livelli a gas di CARLO verso Sud e Sud-Est.

Per quanto concerne l'area di avanfossa essa continua ad essere un complesso insieme di sub-bacini separati da dorsali. Il più esterno di questi bacini è a quest'epoca ubicato in un'area molto prossima ai margini occidentali delle due aree in argomento (Allegati 1 e 3).

1.1.5. PLIOCENE MEDIO subzona G. Crassaformis al PLEISTOCENE BASALE

Durante il Pliocene medio, come dianzi detto, a seguito della tettonica compressiva, l'area d'avanfossa (complesso insieme di bacini e di dorsali ad orientamento appenninico) avanza verso Est in aree sempre più distali.

L'elemento bacinale principale, fortemente subsidente, della complessa avanfossa si sviluppa lungo la costa romagnola con depositi di riempimento su-

periori ai 1000 + 1500 metri, mentre nel più modesto depocentro ad Ovest dell'area in oggetto si depositano fino a circa 500 metri di serie clastiche.

Mentre durante tutto il periodo perdurano condizioni di basso stazionamento marino, all'inizio del Pliocene medio a *G. crassaformis* l'area in oggetto continua a giocare un ruolo di avampaese e viene interessata da sedimentazione pelitica legata a correnti di torbida a bassa densità, generate nella porzione più esterna dei sistemi torbidityci ad alta efficienza che progressivamente colmatano il bacino.

Successivamente, con la progressiva colmatazione accompagnata da una notevole subsidenza che genera la deposizione di una sequenza divergente nelle aree bacinali, la sedimentazione dei sistemi turbidityci sabbioso-argillosi ad alta efficiente interessa progressivamente prima le regioni più depresse (area a Sud-Est di BONACCIA SUD 1 e a BONACCIA SUD 1) e poi via via quelle più rilevate dalla tet-

tonica mesopliocenica (BONACCIA 2 e quindi BONACCIA 1) e le aree di avampaese non tettonizzato (area centrale e settentrionale del BP 4-T) con una sedimentazione via via più argillosa.

La ripresa di questa sedimentazione è sottolineata in tutti e tre i pozzi di BONACCIA da un marcato "drape" all'HDT con valori di pendenza decrescenti verso l'alto da circa 18 fino a 2 gradi.

L'allegato 10 costituisce la ricostruzione della paleogeografia dell'Adriatico medio durante il periodo in oggetto.

1.1.6. PULSAZIONE TETTONICA COMPRESSIVA AL TERMINE DEL PLEISTOCENE BASALE

Alla fine del periodo anzidetto l'Adriatico centrale viene implicato in una fase tettonica compressiva piuttosto blanda che nella regione delle pieghe esterne ne riattiva il piegamento.

L'area in oggetto ne è interessata solo marginalmente e debolmente, tuttavia i profili "A" e "B" dell'allegato 3 come pure le linee sismiche BP 4-83-12, 13, 14, 15, mostrano un blando effetto plicativo limitato alla sola porzione centro-occidentale del Permesso BP 4-T0, qualche chilometro a Sud e Sud-Ovest dei sondaggi di CARLO.

Nè la zona interessata dai pozzi di BONACCIA nè quella interessata dai pozzi di CARLO sembrano coinvolte in questa tettonica.

Come vedremo anche in seguito, questa localizzata anomalia positiva, cartografata nell'Allegato 5, servirà da superficie sulla quale drappeggeranno i sedimenti successivi e fornirà la componente strutturale della porzione di Nord-Ovest della trappola di BONACCIA.

1.1.7. MEDIO PLEISTOCENE INFERIORE

Al ciclo di basso stazionamento marino iniziato con il Pliocene ed estesosi fino al Pleistocene basale,

fa seguito una situazione di alto stazionamento marino che si instaura stabilmente dal medio Pleistocene inferiore fino ai nostri giorni.

I relativi lineamenti del margine continentale in questo periodo corrispondono a "clinoform" obliqui, concavi verso il bacino, progradanti da Ovest verso Est (Allegati I ed II).

La piattaforma continentale è sottoposta a deposizione di sabbie fini mentre gli apporti a granulometria ancora più fine vengono trasportati e depositi attraverso la scarpata e successivamente, ai piedi di essa, nel bacino da correnti torbide a bassa densità.

L'area del BP 4-TO e BR 148.MI, d'ambiente bacinale, fu a quel tempo interessata da questi ultimi meccanismi deposizionali.

Tuttavia, a causa del carattere progradante dell'insieme deposizionale, alla sedimentazione di fango emipelagico fanno seguito facies di bordo

esterno di conoide caratterizzate da scarsi e sparsi episodi sabbiosi.

Due di questi livelli sono stati rinvenuti a gas ed interessati da prove di strato nei sondaggi di BONACCIA 1 e BONACCIA 2, e rappresentano il serbatoio J (Allegato 2).

1.1.8. ALTO PLEISTOCENE INFERIORE

Durante tale periodo perdurano sia la progradazione verso Nord-Est del margine appenninico che le condizioni di alto stazionamento del livello marino già instaurati precedentemente. Tuttavia si verifica una oscillazione regressiva di secondo ordine evidenziata da lineamenti di margine continentale tabulare con scarpata convessa verso il bacino (clinoform sigmoidali) (All. 1).

La paleografia di questo periodo è ricostruita nell'allegato 12.

Il lieve abbassamento del livello marino produce un ringiovanimento del livello di base generale e, di conseguenza, la sedimentazione turbiditica nel bacino, ai piedi della scarpata, diviene progressivamente più ricca in sabbia rispetto al precedente episodio sedimentario.

E' in questo contesto che vengono a formarsi i lobi sabbiosi turbiditici multipli che formano il serbatoio principale di BONACCIA, denominato H.

L'analisi delle immagini log (PS o GAMMA RAY) relative a tali corpi sedimentari nei pozzi di BONACCIA evidenzia contatti di base netti che riflettono una base erosionale; episodi argillosi sottili impartiscono un carattere a dente di sega a ciascun corpo. Il carattere predominante è l'aumento progressivo dell'argillosità dal basso verso l'alto.

Queste immagini elettriche in contesti torbiditici studiati a livello mondiale su esempi fossili ed attuali sono attribuite a *torbiditi canalizzate di*

conoide intermedia. Il loro spessore varia generalmente in un ordine di grandezza fra i due ed i dodici-quindici metri (Allegato 2).

L'evidenza che le paleocorrenti distribuirono i sedimenti da Sud Ovest verso Nord-Est (Allegato 12) lascia prevedere con buona probabilità che *l'elongazione della coalescenza di detti corpi sabbiosi, che avviene in genere normalmente alla massima pendenza deposizionale, si verifichi lungo un allineamento NO-SE.*

Le immagini log relative ai sedimenti coevi dei pozzi di CARLO mostrano invece in prevalenza espressioni a base transizionale e caratterizzate da un progressivo aumento della sabbiosità verso l'alto.

In analogia con i corpi deposizionali torbiditici fossili studiati su scala mondiale e dopo controlli su carota queste immagini sono strettamente attribuibili a *depositi torbiditici progradanti di conoide esterna.*

Sulla base di queste osservazioni si nota quindi che *le facies deposizionali nell'area di CARLO al momento della deposizione del principale livello a gas di BONACCIA (serbatoio H) corrispondono ad un contesto più distale del sistema torbidity.*

Questa constatazione, assieme all'assetto strutturale più basso di detta serie, giustifica l'assenza di gas nei pozzi di CARLO sulla base delle considerazioni che verranno più oltre enunciate nel corso di questo rapporto.

L'ipotesi basata sullo studio delle immagini log è anche corroborata dalla ricostruzione paleogeografica eseguita con le linee sismiche a base regionale (rilievo WESTERN 1967) in allegato 12, nel quale risulta chiaramente che la piattaforma (e quindi la sorgente degli apporti terrigeni) era più distante da CARLO che da BONACCIA al momento della deposizione del serbatoio torbidity H.

Alla fine di questo periodo geologico, dopo la deposizione dei termini H, viene a completarsi la

colmatazione progressiva e definitiva dell'alto Adriatico.

Simultaneamente a questo evento di importanza primaria, l'area in esame è sottoposta a modesta sedimentazione, prevalentemente argillosa, con apporti provenienti sempre da Ovest.

Il solo episodio sabbioso, circoscritto alla parte centrale di questa sequenza, corrisponde ad una immagine log comparabile a facies di conoide esterna. Questo livello sabbioso corrisponde al serbatoio E dell'allegato 2, risultato a gas nei pozzi di BONACCIA 1 e BONACCIA 2 e provato a gas in quest'ultimo sondaggio.

Detto serbatoio, che è tuttavia a nostro avviso d'importanza secondaria per le ragioni che verranno più oltre enunciate, esiste in facies analoga ma in situazione strutturale più bassa, anche nei pozzi di CARLO 1 e CARLO 2 ove è stato rinvenuto acquifero.

1.1.9. PLEISTOCENE MEDIO AD HOLOCENE

Durante tale periodo si assiste al perdurare di condizioni di alto stazionamento del livello marino.

Dopo la colmatazione dell'Adriatico settentrionale la sedimentazione riprende nell'area in oggetto dopo aver subito una rotazione di 90° sia del margine continentale che della direzione delle paleocorrenti. Queste infatti ora non fluiscono più da SO verso NE ma bensì da NO verso -SE.

L'area in esame viene così interessata dapprima dalla deposizione di torbiditi di bacino e poi, al progredire del sistema deposizionale, da sedimenti di scarpata prima e di piattaforma poi.

Nell'allegato 2 è riportata l'interpretazione sedimentologica delle immagini elettriche di questa serie, mentre gli allegati 13,14,15 costituiscono le ricostruzioni paleografiche relative al periodo in

questione.

Il primo episodio di questo ciclo di apporti generati da Nord-Ovest si sviluppa progressivamente dai pozzi di CARLO verso quelli di BONACCIA. E' contraddistinto da un profilo di PS a denti di sega e da un incremento progressivo di sabbiosità verso l'alto, ambedue caratterizzanti facies turbiditiche di conoide esterna.

Queste facies sono seguite nella sequenza da immagini debolmente dentate e con caratteristiche d'incremento d'argillosità verso l'alto che caratterizzano *episodi deposizionali turbiditici canalizzati di conoide intermedia*. Ad essi è associata la mineralizzazione a gas metano rinvenuta e provata nei pozzi di BONACCIA 1 e BONACCIA 2 che costituisce il serbatoio C, altro "pool" d'importanza primaria del giacimento di BONACCIA.

Queste facies log che si sviluppano solo nei pozzi

di *BONACCIA 1* e *BONACCIA 2* si assottigliano estremamente al pozzo di *BONACCIA SUD 1* e non esistono nei pozzi di *CARLO*.

Nell'area centro-settentrionale del permesso BP 4-TO (ove ricadono i pozzi di CARLO) ed in quella settentrionale infatti, contemporaneamente al depositarsi di sedimenti di bacino al serbatoio C di BONACCIA si instaurano condizioni di blanda scarpata continentale.

Ampi canali sottomarini vengono incisi entro la scarpata fra la piattaforma continentale ed il bacino, mentre lungo la scarpata stessa non si depositano che gli elementi clastici più fini (argille o silt finissimi). Tali canali sottomarini, ampiamente meandriformi, vengono poi, successivamente al loro abbandono, monoepisodicamente colmatati da sabbie senza alcuna organizzazione granulometrica depostesi per "grain flow".

Le espressioni log relative mostrano profili GR e PS stabili, con contatto superiore ed inferiore

molto netti ed un *aspetto generale a "scatola"*, ben diverso dalle espressioni ad *"imbuto"* delle facies turbiditiche esterne ed a *"campana"* delle facies turbiditiche interne.

Il contatto inferiore è netto a causa della base erosionale di tali canali, mentre quello superiore lo è perchè costituisce il passaggio brusco fra una deposizione tipo *"grain flow"* ed i sovrastanti depositi delle sospensioni fangose della scarpata.

*Tutti i livelli rinvenuti gassiferi nel pozzo di CARLO 2 ed i loro equivalenti di tempo del pozzo CARLO 1, nonchè tutta la serie depostasi successivamente al serbatoio C nel pozzo di BONACCIA, appartengono al dominio sedimentario di queste ultime facies di scarpata (Allegato 2 *) quindi non hanno altro legame con il serbatoio C che una semplice*

(*) Va qui sottolineato che la distanza lineare fra i pozzi di BONACCIA 1 e CARLO 2 riportati nell'Allegato 2 è di circa 19 chilometri.

contemporaneità di deposizione in ambienti di sedimentazione del tutto differenti.

2. PARTE SECONDA

CONSIDERAZIONI GEOMINERARIE

2.1. Natura degli idrocarburi gassosi e della roccia madre

Le analisi di laboratorio condotte sui campioni di idrocarburi gassosi di BONACCIA 1 e BONACCIA 2 hanno dato i seguenti risultati (vedasi "Rapporto finale del pozzo BONACCIA 1" e "Rapporto finale del pozzo BONACCIA 2") :

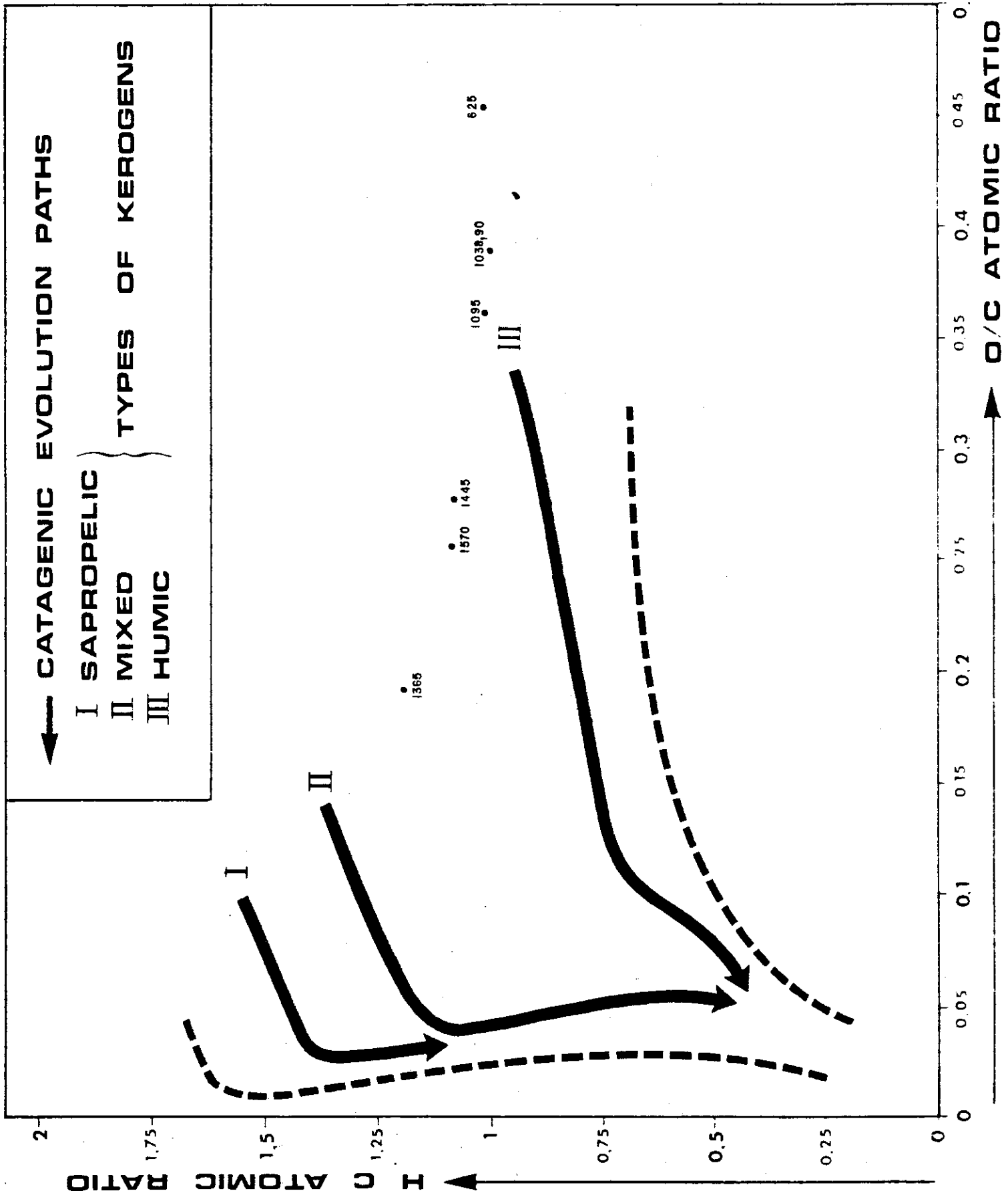
<u>Componenti</u>	<u>Valore percentuale</u>
Azoto	0.35
Metano	99.63
Biossido di carbonio	0.01
Etano	0.01
Densità (aria = 1)	0.554

Si tratta quindi in conclusione di *gas metano puro, di generazione biogenica.*

Fig.3

ITALIE
 BONACCIA SUD 1
 ELEMENTAL
 ANALYSIS

• Kérogènes
 avec profondeur en mètres



PALYNOFACIES LOG

✱✱ ITALIA ✱ BONACCIA-1 ✱✱

SCALE 1/10000

LEGEND

-  AMORPHOUS O.M.
-  MICROFOSSILS
-  PYROBITUMEN
-  COALY PARTICLES
-  VEGETAL DEBRIS
-  PYRITE

AGE	FORMATION	GEOCHEMISTRY NUMBER	DEPTH IN MET.	LITHOLOGY	O/O T.O.C.	ORGANIC CONSTITUENTS FREQUENCY	TYPE OF O.M.	T.A.I.				
								1	2	3	4	5
PLEISTOCENE		GR23518	625.00	light grey calcareous silty shale.	1	AMORPHOUS O.M., COALY PARTICLES, VEGETAL DEBRIS, PYRITE	MURIC					
		GR23524	1038.90	idem	2	AMORPHOUS O.M., COALY PARTICLES, VEGETAL DEBRIS, PYRITE	MURIC					
		GR23526	1095.00	greenish grey plastic shale with sand.	1	AMORPHOUS O.M., COALY PARTICLES, VEGETAL DEBRIS, PYRITE	MURIC					
		GR23528	1165.00	idem	1	AMORPHOUS O.M., COALY PARTICLES, VEGETAL DEBRIS, PYRITE	MURIC					
PLIOCENE		GR23529	1355.00	idem	1	AMORPHOUS O.M., COALY PARTICLES, VEGETAL DEBRIS, PYRITE	MURIC					
		GR23531	1445.00	greenish grey shale	1	AMORPHOUS O.M., COALY PARTICLES, VEGETAL DEBRIS, PYRITE	MURIC					
		GR23534	1570.00	idem	1	AMORPHOUS O.M., COALY PARTICLES, VEGETAL DEBRIS, PYRITE	MIXED-MUR.					
		GR23536	1665.00	idem	1	AMORPHOUS O.M., COALY PARTICLES, VEGETAL DEBRIS, PYRITE	MURIC					
		GR23538	1735.00	greenish grey marly shale.	1	AMORPHOUS O.M., COALY PARTICLES, VEGETAL DEBRIS, PYRITE	MIXED-MUR.					
	MESSINIAN											

from J.L. Pillion - "Etude palynologique du puits Bonaccia Sud", Feb. 1983

Le analisi geochimiche e di palinofacies, condotte in laboratorio su campioni di argilla del pozzo di BONACCIA 1 entro gli intervalli di interesse, hanno mostrato inoltre che *la materia organica* in esse contenuta è costituita da resti vegetali di varia natura e particelle carboniose di *tipo umico* (Fig. 3).

Come è noto il metano biogenico è generato per degradazione della materia organica primaria ad opera di batteri. Questo processo comincia ad aver luogo assai presto dopo la deposizione dei sedimenti, già quando essi si trovano a qualche decina di centimetri dall'interfaccia acqua-sedimenti, in condizioni anaerobiche e quindi non ossidanti. *La materia organica più favorevole per dar luogo a questa trasformazione è proprio quella di natura umica.*

2.2. Ricorrenza degli accumuli gassosi significativi in funzione delle caratteristiche sedimentarie e considerazioni sulla migrazione.

Le evidenze fornite dai pozzi perforati sia nel permesso

BR 148 MI che nell'area del BP 4-TO mostrano che, malgrado la presenza localmente abbondante di serbatoi, *i soli accumuli significativi di gas metano si verificano in associazione con facies sedimentologiche torbiditiche canalizzate di conoide intermedia o interna.*

A questo contesto sedimentario appartengono infatti i serbatoi H e C del campo di BONACCIA (Allegato 2).

Orizzonti gassiferi associati a contesti sedimentari di diversa natura mostrano caratteristiche tali da costituire accumuli non di ordine primario.

E' questo infatti il caso per quanto concerne :

a - *gli orizzonti J di BONACCIA (All. 2).* Essi si trovano infatti in un contesto sedimentario *eccessivamente distale* (torbiditi di frangia esterna di conoide) ove la materia organica può essere abbondante e sottoposta a condizioni riducenti ma i serbatoi sono scarsi e di cattiva qualità (silt argillosi o talora sabbie fini molto argillose)

- b - *l'orizzonte E di BONACCIA* (Allegato 2). Anche se esso si trova in un contesto sedimentario meno *distale* (lobi turbiditici di conoide esterna) valgono sostanzialmente, ma in maniera meno parossistica, le considerazioni fatte più sopra per gli orizzonti J
- c - *gli orizzonti Ca1, Ca2, Ca3 e Ca4 del pozzo di CARLO*
2. Essi sono associati ad un contesto sedimentario questa volta *troppo proximale* (scarpata continentale e/o transizione scarpata continentale/piattaforma neritica) ove l'abbondante presenza di sabbie non è condizione sufficiente per avere accumuli significativi a causa della natura prevalentemente terrigena della materia organica e/o, comunque, della *forte ossidazione* alla quale essa è sottoposta dopo la deposizione.

Per concludere, si è visto come il contesto sedimentario influenzi fortemente l'ordine di grandezza dell'accumulo di metano sia in termini di sua generazione che di serbatoio. Poichè la natura degli idrocarburi in questa regione è tale da supporre una loro generazione e migrazione primaria assai

precoce, si deduce che non debba essere intervenuta alcuna migrazione secondaria e che, al ricorrere di condizioni di trappola, l'identificazione

depositi torbiditici di conoide intermedia/interna = accumuli di metano di importanza primaria

sia una valida ipotesi di lavoro da applicare al contesto della regione in esame.

2.3. Meccanismi di intrappolamento

Come già esposto nel corso del presente rapporto, le blande pieghe generatesi a seguito delle pulsazioni tettoniche mesopliocenica e basale Pleistocenica hanno apportato una significativa *componente strutturale* agli accumuli di metano nella regione considerata.

Tuttavia sia le considerazioni prima fatte sulla ricorrenza degli accumuli in associazione a particolari facies deposizionali, sia l'evidenza di una marcata *componente stratigrafica* nell'accumulo C di BONACCIA (vedasi più oltre il para-

grafo relativo al serbatoio C) conducono ad attribuire una *estrema importanza alla predizione della distribuzione delle litofacies ed al loro significato genetico-sedimentario.*

2.4. Serbatoio H del campo di BONACCIA

La carta di isocrone relative al serbatoio H e le aree di distribuzione delle anomalie sismiche all'orizzonte cartografato (Allegato 6) mostrano come *nell'ambito del permesso BR 148 e nell'area Sud-occidentale del Permesso BP 4-TO esse si allineino perfettamente con l'asse plicativo della fase tettonica mesopliocenica, mentre nell'area centro-occidentale del BP 4-TO (a Sud-Est dei pozzi di CARLO) sono progressivamente controllate dal drappeggio sulla superficie tettonizzata e blandamente piegata al Pleistocene basale.*

Poichè, secondo quanto già esposto nei paragrafi precedenti, le facies sedimentarie favorevoli alla generazione e all'accumulo di idrocarburi hanno, a questa epoca, elongazione e coalescenza in direzione NO-SE (All. 12) ed è inoltre provato dai log che i pozzi di CARLO si trovassero (oltre che più bassi strutturalmente) in posizione più distale per quanto

riguarda le facies coeve al serbatoio H, ne risulta che *l'area del giacimento di BONACCIA al livello di detto orizzonte si estende lungo tutta l'area evidenziata in giallo nell'allegato 6.*

Il confronto fra l'allegato 6 e gli allegati 4 e 5 evidenzia in maniera marcata il fatto che l'area di esistenza delle anomalie sismiche coincida, nella parte settentrionale del BR 148.MI e nella parte meridionale del BP 4-T0, con la piega prodottasi al Pliocene medio, mentre nella porzione centro-occidentale del BP 4-T0 le anomalie sono associate alla blanda piega formatasi al Pleistocene basale.

Ne risulta quindi un meccanismo di intrappolamento puramente strutturale per quanto concerne il serbatoio H del campo di BONACCIA, la cui estensione è riportata nell'allegato 6.

L'esame dell'allegato 2 mostra inoltre come *i sedimenti coevi al serbatoio H nell'area del BP 4-T0 che va dai pozzi di CARLO verso Est e Nord-Est, oltre ad essere poco favorevoli perchè distali, sono anche strutturalmente più depressi e presumibilmente privi di chiusure.*

La carta di isocrone al serbatoio H non mostra chiusura in tempi sismici in quanto nell'area sono presenti e verificate significative anomalie di velocità, che rendono assai complesse le trasformazioni delle carte in tempi (isocrone) in carte di profondità (isobate).

A causa della complessità di questo problema, sofisticati metodi di determinazione di velocità (analisi di velocità per finestra, etc.) sono attualmente in corso d'applicazione a cura della TOTAL MINERARIA, presso la COMPAGNIA GENERALE DI GEOFISICA (C.G.G.) a Massy (Francia).

2.5. Serbatoio C del campo di BONACCIA

In allegato 8 la carta di isopache in tempo fra l'orizzonte sismico equivalente al serbatoio H e quello equivalente al serbatoio C.

Da detta carta si evidenzia come, in base alle differenti distribuzioni di spessore, sia possibile delimitare progressivamente da Sud-Est verso Nord-Ovest rispettivamente l'area di deposizione bacinale (torbiditi del serbatoio C), quella

della scarpata continentale a sedimentazione argillosa ed infine quella di piattaforma (area di CARLO).

Queste aree sono inoltre distinte da tre differenti sismofacies :

- la *piattaforma* presenta una immagine sismica pluririflettente ad andamento piano parallelo (facies degli orizzonti a gas di CARLO, Ca1-Ca4)
- la *scarpata* mostra in intervallo di serie opaca, talora con superficie irregolare ed aspetto discontinuo ed un assetto blandamente inclinato verso Sud-Est ed infine
- il *bacino* (facies del serbatoio "C" di Bonaccia) mostra singole riflessioni di forte intensità, grossolanamente piane.

La carta delle isocrone relative al serbatoio "C" e le aree di distribuzione delle anomalie sismiche all'orizzonte cartografato, evidenziate in giallo nell'Allegato 7, mostrano come esse siano controllate dal drappeggio sulla superficie tettonizzata al Pliocene medio fino al limite della esistenza del-

le facies di bacino verso Nord-Ovest.

Ne risulta quindi che, diversamente dall'intrappolamento al serbatoio H, *il serbatoio "C" è delimitato da una trappola stratigrafica per drappeggio sulla superficie tettonizzata al Pliocene medio salvo che all'estremità di Nord-Ovest del campo ove l'intrappolamento è stratigrafico al passaggio tra facies naftogeniche e porose di bacino a facies impermeabili di scarpata.*

Analogamente a quanto detto per l'orizzonte H la carta di isocrone non permette di mostrare la chiusura strutturale in tempi sismici a causa di significative anomalie di velocità. Anche per questo orizzonte sono attualmente in corso studi sofisticati di dettaglio per la determinazione della velocità, che permettano di costruire carte in isobate relative a questo "pool".

2.6. Livelli a gas di CARLO 2

Nella porzione settentrionale della carta sintetica di isocrone in allegato 7 è stato invece cartografato il livello "Ca4", corrispondente al setto sabbioso a gas inferiore del
E

pozzo di CARLO 2 (cfr All. 2). Si noti come, data l'esiguità di spessore di tale livello non esistano in concomitanza di esso rinforzi di energia della riflessione (bright spot) come per il livello del serbatoio "C" di BONACCIA.

Come precedentemente menzionato nel paragrafo concernente l'interrelazione fra facies sedimentologiche e potenziale di idrocarburi ad esse associati, *gli orizzonti da Ca 1 a Ca 4 del pozzo di CARLO 2 risultano in un contesto sedimentario troppo proximale (scarpata continentale e/o transizione scarpata continentale/piattaforma neritica), sottoposto a forte ossidazione della materia organica quindi con scarso potenziale di generazione di idrocarburi malgrado la presenza di buoni serbatoi.*

Pochi sono i dati che abbiamo a disposizione per determinare il meccanismo di intrappolamento in CARLO 2, tuttavia è certo che *verso Sud essi abbiano una netta chiusura di natura sia morfosedimentologica (pendenza della scarpata verso Sud-Est) che stratigrafica (argille della scarpata deposte sopra le sabbie di colmatazione di canale), sottolineata anche dalla enorme differenza di quota del piano d'acqua fra CARLO 2 e BONACCIA 1.*

2.7. Altri serbatoi minori

In questo paragrafo si fa brevemente riferimento ai serbatoi

J ed E dell'Allegato 2.

Poichè essi appartengono allo stesso regime sedimentologico dell'orizzonte H anche se depositati in contesti diversi, nella fattispece più distali, rispetto a quest'ultimo, si può assumere che la loro estensione e distribuzione delle aree mineralizzate si identifichi con buona approssimazione all'area delimitata all'orizzonte H.

3. PARTE TERZA

CONCLUSIONI

Le conclusioni concernenti l'area di esistenza del campo a gas di BONACCIA sono riportate in sintesi nell'allegato 9.

I risultati di questo studio, condotto parallelamente su dati sismici e di pozzo, hanno evidenziato in modo inequivocabile la completa indipendenza dei livelli gassiferi del campo di BONACCIA rispetto ai livelli di ben più modesta entità del pozzo di CARLO 2, questo sia in termini di meccanismo di intrappolamento

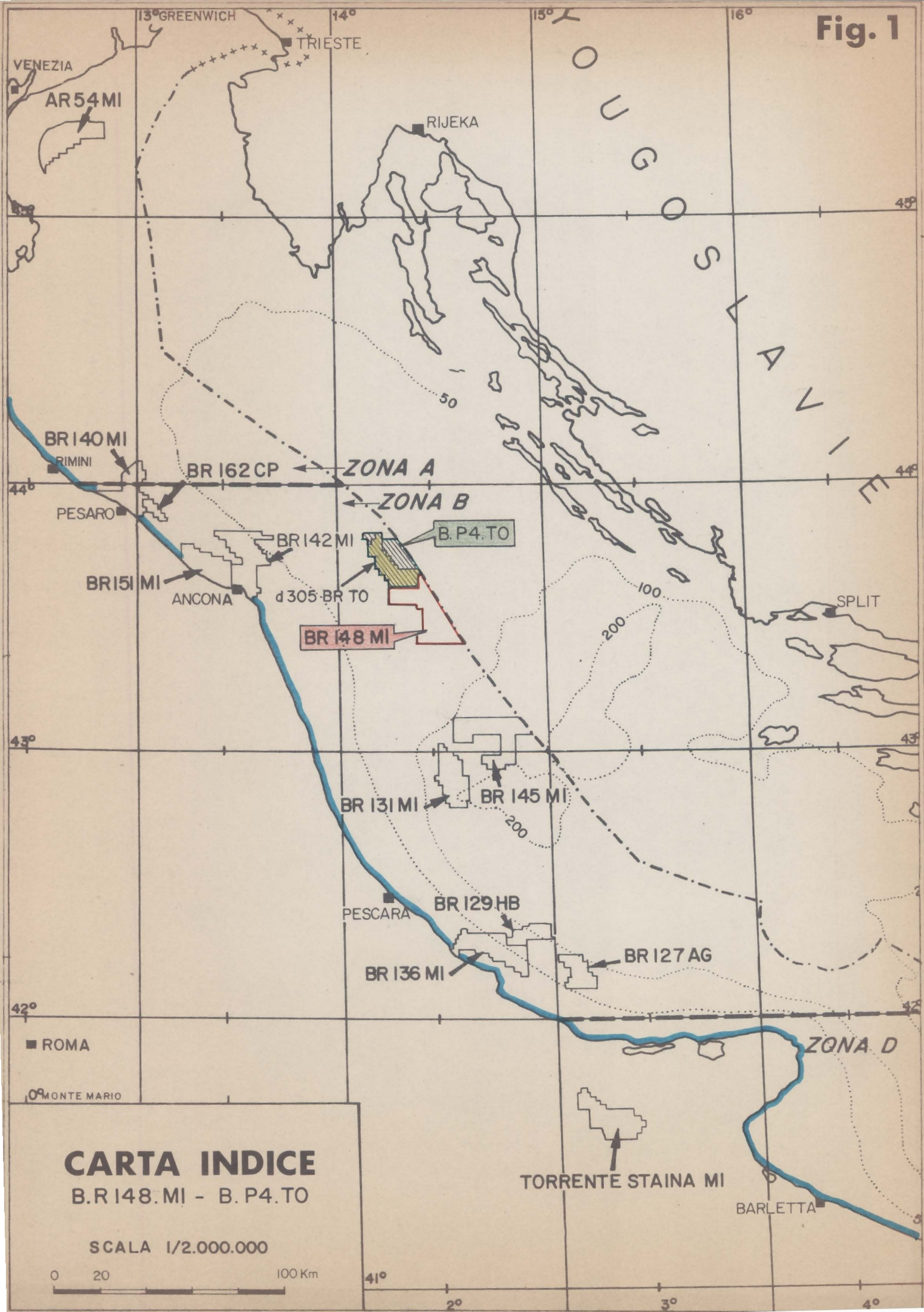
che in termini relativi al contesto sedimentologico in cui essi
si sono depositi ed hanno generato ed accumulato idrocarburi.



Dr. A. LA SORSA

Roma, 6 Ottobre 1983

Fig. 1



CARTA INDICE
 B.R 148. MI - B. P4. TO

SCALA 1/2.000.000

