



FINA ITALIANA S.p.A.

Ricerche Idrocarburi

RELAZIONE TECNICA

ALLEGATA ALL'ISTANZA DI PERMESSO DI RICERCA DI IDROCARBURI

LIQUIDI E GASSOSI

CONVENZIONALMENTE DENOMINATA

"V A L S E R I A N A"

Il Responsabile Esplorazione

A handwritten signature in dark ink, appearing to read "S. D'Andrea".

Dr. Salvatore D'ANDREA

INDICE

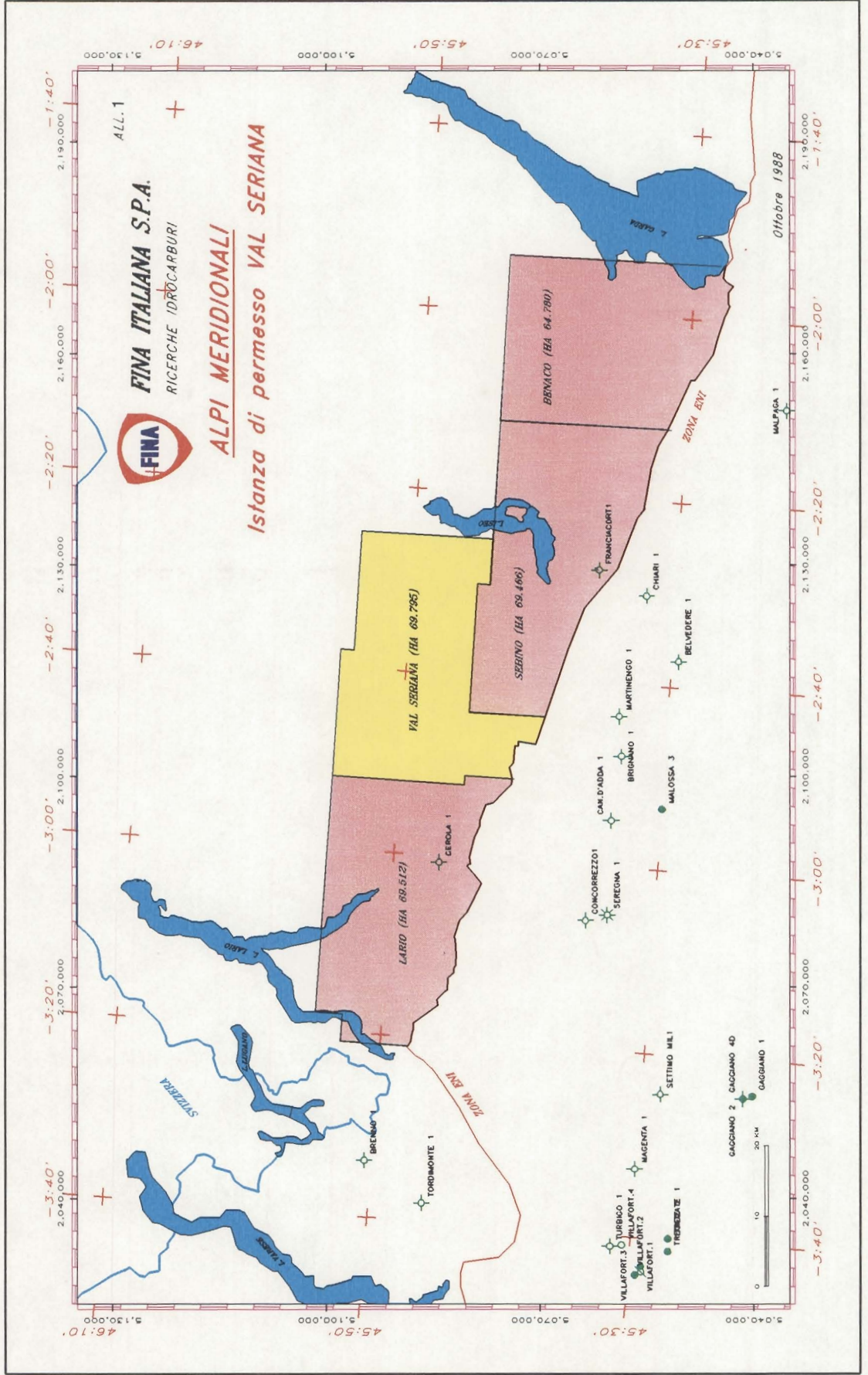
1. Premessa	pag. 5
2. Inquadramento geodinamico	pag. 7
3. Evoluzione paleogeografica	pag. 10
4. Litostratigrafia	pag. 13
5. Assetto strutturale	pag. 21
6. Modello interpretativo	pag. 29
7. Considerazioni minerarie	pag. 31
8. Obiettivi e temi di ricerca	pag. 33

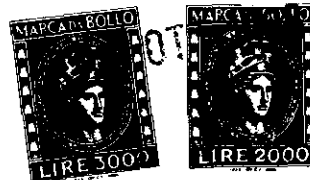
ALLEGATI

1. CARTA GEOLOGICA ALLA SCALA 1:200.000
2. SEZIONE GEOLOGICA

FIGURE

1. CARTA INDICE
2. EVOLUZIONE DEL MARGINE CONTINENTALE AL GIURASSICO
3. IPOTESI GEODINAMICA NEL GIURASSICO SUPERIORE
4. SERIE STRATIGRAFICA - SCALA 1:40.000
5. SCHEMA STRUTTURALE DEL SUDALPINO OCCIDENTALE
6. SCHEMA PALEOGEOGRAFICO DELLE ROCCE MADRI
7. PREVISIONI DI OLIO IN POSTO:
  - a) pay 100 m; b) pay 200 m; c) pay 300 m





1. PREMESSA

L'area in istanza è localizzata a NW del Lago di Iseo e delimitato a sud dal limite settentrionale dell'Istanza di Sebino e pro parte da quello della Zona ENI nel contesto geologico delle Alpi calcaree meridionali ("Sudalpino").

Questa regione riveste, ad opinione della scrivente, una importanza fondamentale per lo sviluppo futuro e l'incremento della esplorazione in Italia dove l'intensa attività di ricerca, ha comportato una certa maturità dei temi e delle aree di ricerca tradizionali.

In questo contesto l'area sudalpina, grazie all'incremento delle tecnologie da una parte ed alla maggior definizione e conoscenza dei modelli geologici utilizzabili dall'altra, diviene di più attuale interesse.

L'esperienza che si richiede per affrontare tematiche di questo tipo è già stata ampiamente maturata dalla Scrivente in qualità di Operatore, e dalle altre Società istanti in qualità di Partners, nell'Appennino meridionale.

In tale area sono stati acquisiti dalla Scrivente undici permessi, molti dei quali ancora vigenti, che hanno consentito di mettere a punto un modello interpretativo dell'area, e di selezionare le zone di maggiore interesse prospettivo.

La campagna di perforazione in corso vede la FINA Operatore nel pozzo "MOLINARA NORD 1" - TD 5400 m in corso di prove e nel pozzo "TEMPA ROSSA 1" in corso di perforazione con TD programmato di 5500 m.

La FINA è inoltre partner nel pozzo "TEMPA DEL VENTO 1", tutt'ora in perforazione, e programmato alla profondità di 4600 m.

Da quanto sopra detto emerge la consapevolezza che gli investimenti richiesti per una esplorazione di questo tipo sono elevati, per cui l'approccio esplorativo deve essere rigoroso e finalizzato agli obiettivi prefissati. Per tale motivo, la FINA ITALIANA, unitamente ai suoi partners, ha iniziato già da tempo ad affrontare le problematiche geologiche dell'area al fine di arrivare ad una valutazione delle potenzialità minerarie, definizione del programma lavori e stima degli investimenti necessari.

Il lavoro di sintesi geologica e mineraria preliminare ha certamente evidenziato le grosse potenzialità naftogeniche presenti nelle serie stratigrafiche, una pluralità di potenziali rocce serbatoio e rocce copertura, unitamente all'abbondante e differenziata strutturazione di tutta la successione sedimentaria presente nell'area.

Sono state considerate anche le possibili interazioni di

questi elementi ricavandone diverse positive combinazioni che stanno alla base di un elevato indice di successo. Anche un'analisi economica sommaria mostra, che pur considerando investimenti sostenuti, si ottengono valori di redditività certamente interessanti.

Sulla base di queste considerazioni, la joint venture costituita ha individuato un programma di esplorazione da adottare in un'area meglio definita dove riconosce che possano esistere le maggiori potenzialità che permettano un adeguato bilanciamento tra gli investimenti ed il rischio esplorativo.

L'affronto globale della regione compresa all'incirca tra il lago di Como ed il lago di Garda attraverso la presentazione di quattro istanze di permesso di cui una (Val Seriana) è quella in parola, è ritenuto necessario per verificare un modello geologico che richiede, per una rigorosa definizione, un orizzonte sufficientemente regionale.

Le società istanti hanno quindi messo a punto un progetto omogeneo e definito, in modo da poter svolgere compiutamente, viste le difficoltà tecnico-operative presenti nella regione, un serio programma esplorativo che permetta una valutazione approfondita e completa dell'area.

## 2. INQUADRAMENTO GEODINAMICO

La catena alpina s.l. viene interpretata come una struttura collisionale determinatasi con la chiusura di una zona di ampia lacerazione crostale, ad andamento pressappoco N-S, guidata da movimenti trascorrenti sinistri lungo disgiunzioni regionali ad andamento E-W (Laubscher & Bernoulli, 1977; Biju-Duval et al. 1977; Bernoulli et al. 1979; Bernoulli & Lemoine 1980; Winterer & Bosellini 1981).

L'area sudalpina in particolare è stata collegata all'evoluzione di un margine continentale passivo giurassico con una serie di piattaforme e solchi bacinali allungati in direzione prevalente N-S. Tale distribuzione nonché i caratteri e le relazioni tra questi domini sono in accordo con un andamento circa N-S dell'originario margine continentale, che doveva essere situato in corrispondenza del bordo sudalpino occidentale.

Dopo la collisione Europa-Africa e i grandi raccorciamenti crostali conseguenti, le Alpi Meridionali rappresentano oggi il settore più avanzato verso Nord del continente Africano. E' da ricordare però che al di là del limite attuale (L. Insubrica) è presente il sistema di coltri austroalpine, giacenti su terreni di pertinenza Europea, ma provenienti da un dominio africano.

La regione alpina a sud dell'allineamento insubrico (sudalpino) venne successivamente coinvolta in fenomeni





# EVOLUZIONE DEL MARGINE CONTINENTALE AL GIURASSICO

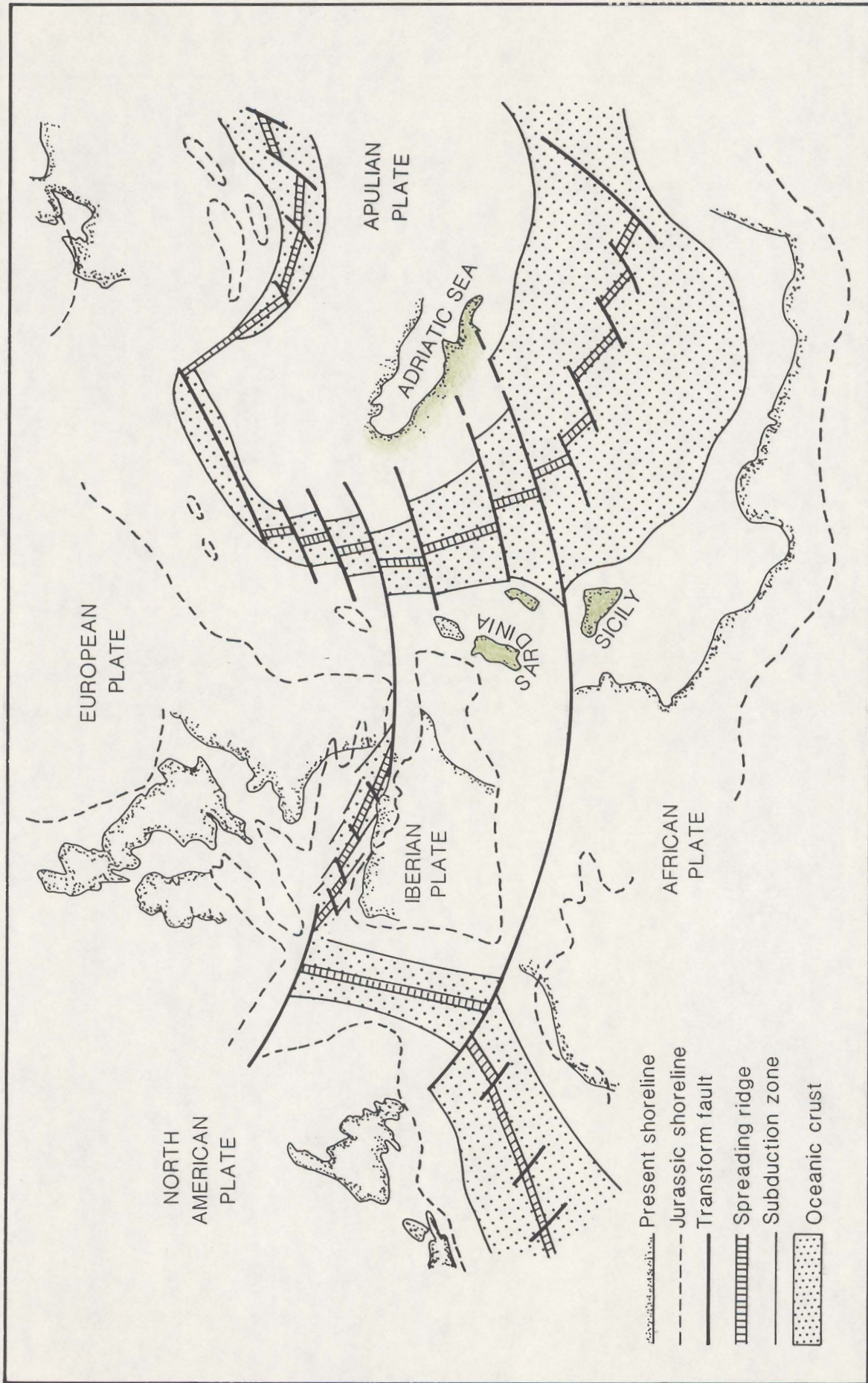


FIG. 2  
da WINTERER E. L. & BOSELLINI A., 1981

tettonici compressivi sudvergenti dando luogo ad una catena post collisionale, estesa dal Canavese al bacino Pannonico, lunga circa 700 km e larga da meno di 50 a 150 km.

Essa è costituita da nuclei ercinici metamorfici e non, e da una pila di sedimenti permo-mesozoici e terziari piegati e dislocati in più fasi dall'Eocene al Plio-Quaternario, ma non metamorfosati.

### 3. EVOLUZIONE PALEOGEOGRAFICA

Durante il Permiano e il Triassico, dopo l'orogenesi Ercinica, la parte occidentale dell'attuale regione mediterranea faceva parte di un blocco continentale.

Fenomeni localizzati di "block faulting" permo-triassici frammentavano la crosta, comunemente accompagnati da vulcanismo.

Nelle Alpi Meridionali, il rifting permiano e il magmatismo produssero un forte trend strutturale N-NE che controllò i diversi tassi di subsidenza del Permiano terminale e del Triassico. In particolare, il bacino Lombardo, caratterizzato da rapida subsidenza, fu colmato da più di 5 km di sedimenti permo-triassici di mare sottile e continentali, mentre sugli alti adiacenti la stessa sequenza stratigrafica è potente 1-2 km. Il ciclo triassico terminò con la deposizione carbonatica di mare sottile e/o sopratidale della Dolomia Principale, molto



# IPOTESI GEODINAMICA DEL DOMINIO ALPINO NEL GIURASSICO SUP.

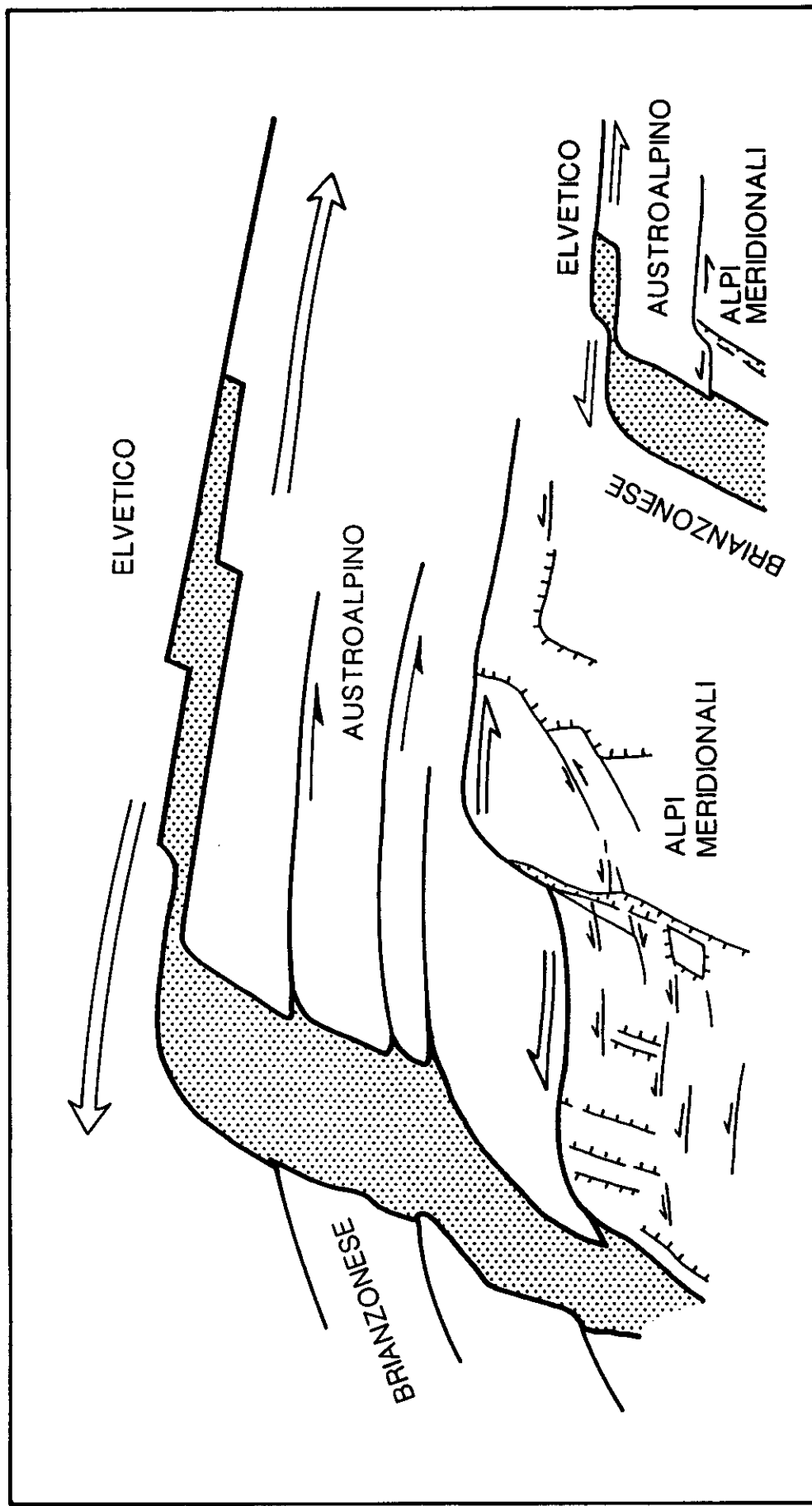


FIG. 3

da CASTELLARIN A., 1982

diffusa arealmente, con isolate eccezioni di piccoli bacini a carattere euxinico.

Nel Giurassico inferiore, iniziò una nuova fase di rifting e frammentazione della regione Mediterranea occidentale, talora impostata su quella precedente. In questi bacini i sedimenti di mare profondo, comunemente rappresentati da torbiditi calcaree, sostituirono i carbonati di piattaforma. Lo smembramento della piattaforma, dall'inizio del Giurassico medio, comportò una più accentuata subsidenza, in particolare della regione Lombarda dove faglie trasversi avevano creato un collegamento con deposizioni carbonatiche di mare profondo.

Tale situazione ambientale perdurò sino all'inizio del Cretacico Superiore, allorché alla prevalente tettonica disgiuntiva iniziarono a sostituirsi i primi fenomeni di compressione connessi con l'orogenesi alpina.

Flysch terrigeni iniziarono ad affluire nel Cretaceo superiore in Liguria e durante il Cretaceo sommitale divennero presenti in tutta l'area Sudalpina.

Tale panorama era dovuto alla collisione Alpina, che si realizzò in due fasi principali: l'evento collisionale Eo-Alpino (Dal Piaz et al 1972, 90-60 my) e l'evento Meso-Alpino che può essere identificato con la collisione del margine meridionale della Tetide con il margine europeo.





Istanza : VAL SERIANA

Fina Italiana S.p.A.

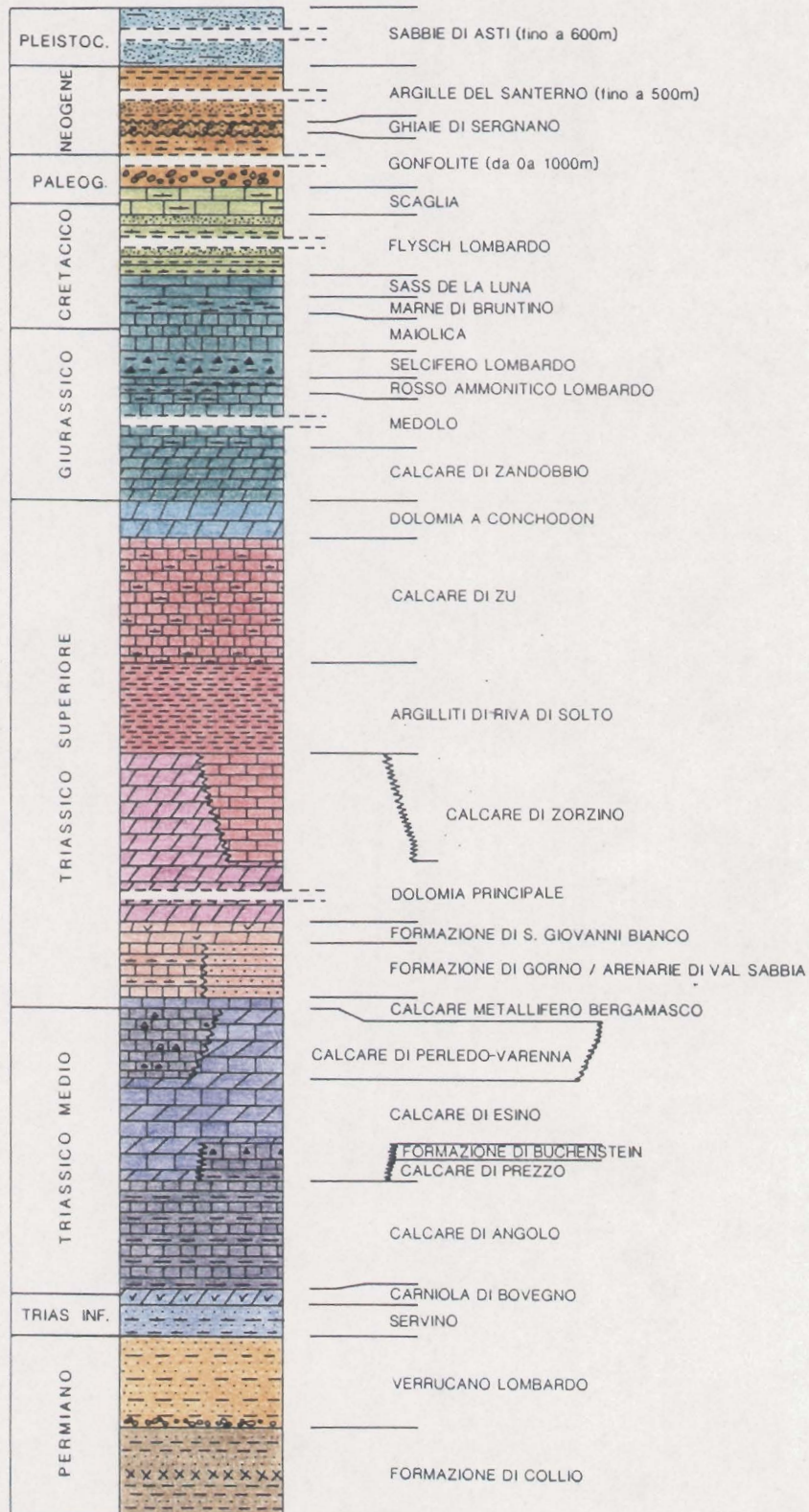
Zona : ALPI MERIDIONALI

RICERCHE IDROCARBURI

# SEZIONE STRATIGRAFICA

Autore <b>BARALDI</b>	Disegnatore <b>GABELLI</b>	Data <b>10/1988</b>	Allegato al Rapporto
Sezione	Disegno N°	Scala <b>1:40.000</b>	

Fig. 4



Successivamente la convergenza proseguì originando la tettonizzazione delle Alpi Meridionali, nell'Eocene superiore-Oligocene inferiore con la fase pre-Gonfolite e nel Miocene superiore-Pliocene inferiore con la fase post-Gonfolite.

Nell'avanfossa di questo orogeno sud-vergente si deponevano sedimenti terrigeni flyschoidi (Gonfolite) sin e tardorogenici.

#### 4. LITOSTRATIGRAFIA

La successione stratigrafica prevista nell'area è la seguente, dal basso in alto:

- Formazione di Collio

Porfiriti grigio-verdi e porfidi quarziferi grigio-rosate con depositi piroclastici, passanti verso l'alto ad argilliti nere e verdastre con siltiti ed arenarie in strati sottili.

Spessore: 500 m circa

Ambiente: alluvionale e lacustre

Età: Permiano inferiore.

- Verrucano lombardo

Conglomerati poligenici ad elementi quarziticci e subordinatamente vulcanici. Livelli di siltiti talora arenacee.

Spessore: max 500 m

Ambiente: alluvionale

Età: Permiano superiore

- Servino

Arenarie e siltiti prevalenti, con dolomie giallastre.

Spessore: max 200 m (verso E)

Ambiente: transizionale da litorale a sublitorale

Età: Scitico

- Carniola di Bovegno

Dolomie gialle di aspetto brecciato con straterelli di siltiti e argilliti verdi.

Spessore: 100 m circa

Ambiente: inter o sopratidale evaporitico

Età: Scitico-Anisico.

- Calcare di Angolo

Calcari grigio scuri a strati sottili, nodulari, a volte amalgamati. Talora arenarie fini, calcari arenacei e siltosi, grigi e grigio-scuro.

Spessore: max 600 m

Ambiente: di mare sottile a bassa energia

Età: Anisico medio-inferiore.

- Calcare di Prezzo

Calcari marnosi neri e marne nerastre carboniose.

Eteropico del "Calcare di Esino".

Spessore: 100 m circa

Ambiente: pelagico di bassa energia

Età: Anisico superiore.

- Calcarea di Buchenstein

Calcari grigio-nerastri, micritici, a noduli e bande di selce.

Intercalazioni di tufiti pelitico-arenitiche.

Eteropico del "Calcarea di Esino".

Spessore: 70 m circa

Ambiente: pelagico a bassa energia

Età: Ladinico inferiore.

- Calcarea di Esino

Calcari dolomitici e calcari grigi o rosati con dolomie alla base.

Spessore: max 1000 m

Ambiente: piattaforma carbonatica

Età: Anisico superiore/Ladinico.

- Calcarea di Perledo-Varenna (Meride equivalente)

Calcari neri fetidi con tufiti alla base e alla sommità. Eteropico del "Calcarea di Esino".

Spessore: 400 m circa

Ambiente: bacini riducenti di retroscogliera

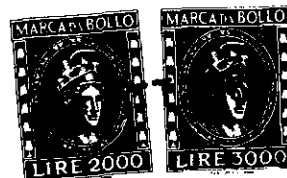
Età: Ladinico.

- Calcarea metallifero bergamasco

Calcari micritici grigio-scuri con intercalazioni di marne e calcarea selcioso nero.

Spessore: 50 m





Ambiente: neritico

Età: Carnico inferiore.

- Formazione di Gorno

Calcari neri micritici con intervalli marnosi e lumachelle a pelecipodi. Eteropica delle "Arenarie di Val Sabbia".

Spessore: 300 m circa

Ambiente: neritico protetto

Età: Carnico medio inferiore.

- Arenarie di Val Sabbia

Arenarie tufacee rosse e verdi con intercalazioni di argilliti marnose. Eteropiche della "Formazione di Gorno".

Spessore: 300 m circa

Ambiente: transizionale

Età: Carnico medio-inferiore.

- Formazione di S. Giovanni Bianco

Dolomie cariate e calcari a cellette, con lenti di gesso.

Spessore: oltre 100 m

Ambiente: lagunare evaporitico

Età: Carnico superiore.

- Dolomia principale

Dolomie cristalline in grossi banchi, cui si alternano livelli di calcari dolomitici bituminosi neri,

talora silicizzati, dolomie stromatolitiche e bioclastiche.

Spessore: fino a 1500 m

Ambiente: piattaforma carbonatica, intertidale

Età: Norico.

- Calcarea di Zorzino

Calcari micritici neri fetidi con locali intercalazioni marnose. Eteropico della "Dolomia principale".

Spessore: 600 m circa

Ambiente: bacini euxinici isolati

Età: Norico.

- Argilliti di Riva di Solto

Argilliti ed argilliti marnose scure, talora alternate con sottili livelli di micriti nere ben stratificate.

Spessore: 500 m circa

Ambiente: euxinico, bassa profondità

Età: Retico inferiore.

- Calcarea di Zu

Calcari e calcari marnosi grigio-bruni con marne ed argille brune; lenti di calcari madreporici.

Spessore: 700 m circa

Ambiente: neritico a bassa energia.

Età: Retico medio-inferiore.

- Dolomia a Conchodon

Calcari nocciola e calcari oolitici a stratificazione indistinta.

Spessore: 200 m circa

Ambiente. piattaforma carbonatica aperta

Età: Retico superiore.

- Calcare di Zandobbio

Dolomie massiccie bianche con livelli rossi di ossidi di ferro.

Spessore: 300 m circa

Ambiente: zona di scarpata

Età: Lias inferiore.

- Medolo

Calcari marnosi grigi con Radiolari e spicole di spugne, intercalati da marne grigio scure e calcari litoclastici.

Spessore: 500 m circa

Ambiente: marino profondo

Età: Lias inferiore-medio.

- Rosso Ammonitico lombardo

Marne nodulari rosse.

Spessore: 100 m circa

Ambiente: marino profondo

Età: Lias superiore - Dogger.

- Selcifero lombardo

Marne e calcari marnosi con selce rossastra passanti inferiormente a selci policrome con argilliti.

Spessore: 150 m circa

Ambiente: marino profondo

Età: Malm.

- Maiolica

Calcari biancastri, ben stratificati, con noduli e liste di selce, più marnosi verso l'alto.

Spessore: oltre 200 m

Ambiente. marino profondo

Età: Titoniano superiore - Barremiano inferiore.

- Marne di Bruntino

Marne grigie scarsamente fossilifere intercalate a calcari marnosi in livelli sottili.

Spessore: 100 m circa

Ambiente: euxinico non molto profondo

Età: Barremiano superiore - Albiano inferiore.

- Sass de la Luna

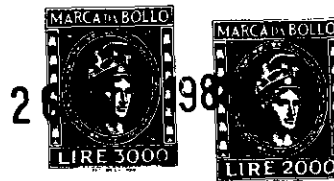
Calcari marnosi grigi e marne, più o meno regolarmente alternati.

Spessore: 100 m circa

Ambiente: euxinico non molto profondo

Età: Albiano - Cenomaniano inferiore.

- Flysch lombardo



Alternanze di marne grigie, arenarie litiche, calcari marnosi e calcareniti, con livelli di conglomerato poligenico.

Spessore: fino a 1000 m

Ambiente: marino profondo

Età: Cenomaniano superiore - Campaniano.

- Scaglia

Marne arenacee, calcari marnosi grigi, marne calcaree e calcari marnosi rossicci.

Spessore: 150 m circa

Ambiente: pelagico

Età: Maastrichtiano - Eocene.

- Gonfolite

Conglomerati, marne arenacee e arenarie.

Spessore: da 0 a 1000 m

Ambiente: transizionale

Età: Oligocene - Miocene inferiore.

L A C U N A

- Chiaie di Sergnano

Depositi grossolani ghiaiosi e sabbiosi.

Spessore: 70 m

Ambiente: continentale

Età: Miocene superiore.

L A C U N A

- Argille del Santerno

Argilla con intercalazioni di sabbia e arenaria.

Spessore: fino a 500 m

Ambiente: marino, da litorale a profondo

Età: Pliocene.

- Sabbie di Asti

Sabbia con scarsissima argilla.

Spessore: fino a 600 m

Ambiente: marino

Età: Pleistocene.

5. ASSETTO STRUTTURALE

L'assetto strutturale dell'area in istanza è conseguente ai grossi fenomeni traslativi che hanno dato luogo alle Alpi meridionali.

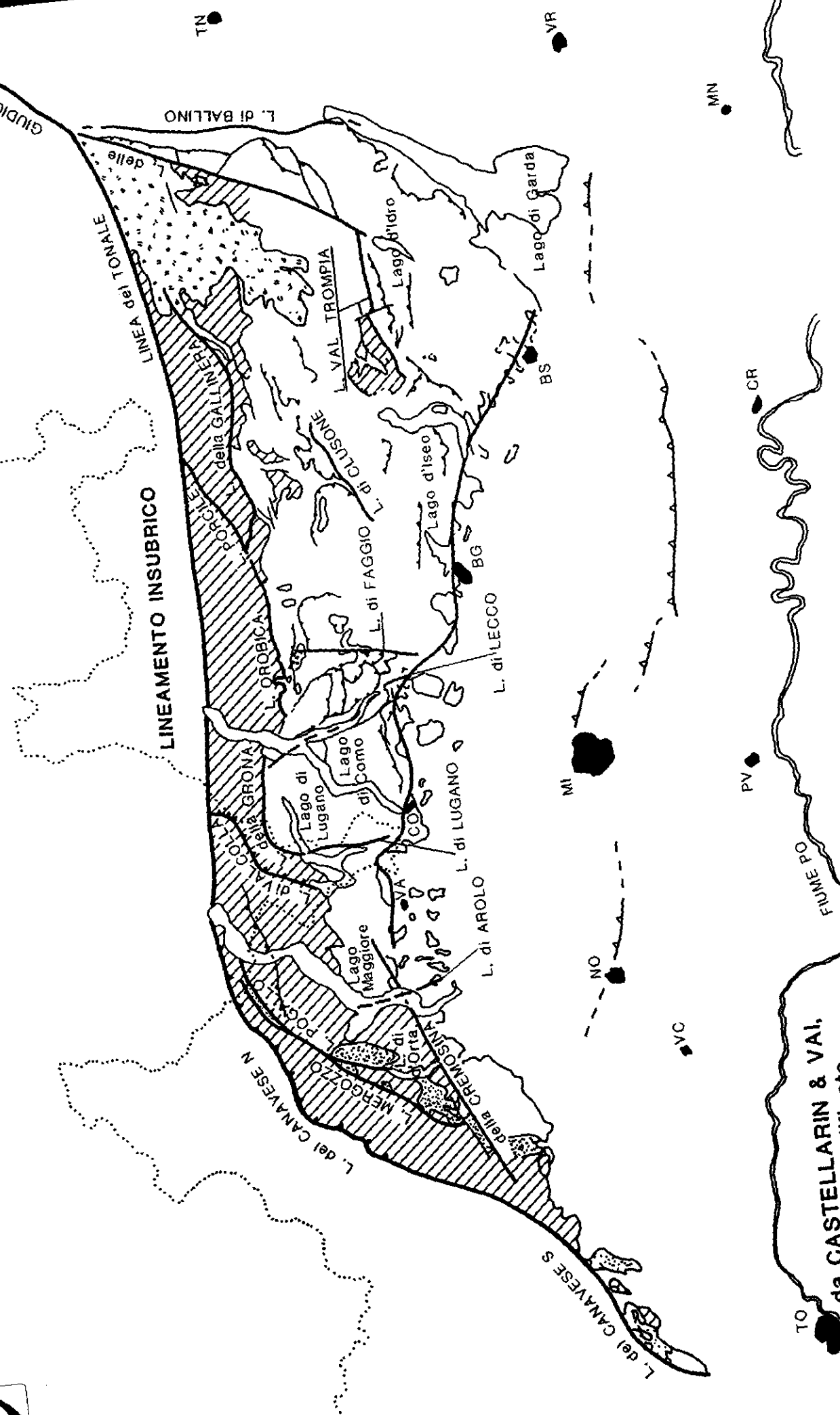
Gli elementi tettonici peculiari rientrano come significato negli eventi più regionali ed ad essi sono strettamente connessi.

Essi sono, con riferimento a quelli più regionali, sintetizzabili in allineamenti Est-Ovest e nord-sud. I primi hanno certamente un forte carattere compressivo con basamento per lo più coinvolto, almeno per quelli più settentrionali; i secondi sono impostati probabilmente lungo allineamenti di debolezza, rappresentati da limiti paleogeografici triassico-giurassici, e sono caratterizzati da movimenti di tipo orizzontale, trasversali alla "thrust belt".

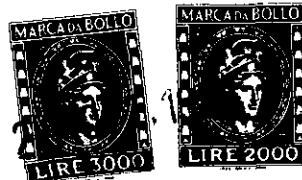
# SCHEMA STRUTTURALE DEL SUDALPINO OCCIDENTALE

FIG. 5

**FINA ITALIANA S.p.A.**  
Ricerche Idrocarburi



da CASTELLARIN & VAI,  
1982, modificato



Più in particolare questi raggruppamenti tettonici, unitamente al "Lineamento Insubrico" e alla "Linea delle Giudicarie sud" vengono qui descritti e discussi sulla base delle caratteristiche specifiche e delle interpretazioni degli autori che più corrispondono al modello strutturale regionale qui sostenuto.

#### Lineamento Insubrico

Il lineamento Insubrico è una geosutura molto evidente, costituita da un fascio di linee ad andamento variabile nei diversi settori ma con comportamento e significato unitario.

Il lineamento, con caratteri di trascorrente destra nel Devoniano superiore-Carbonifero inferiore, diventa sede di movimenti verticali a partire dal Carbonifero superiore sino a tutto il Triassico, assumendo quindi il significato di limite di facies e di zona di debolezza, lungo cui si addensavano le intrusioni tardo-erciniche. A partire almeno dal Giurassico, esso controlla strettamente l'evoluzione sedimentaria dell'area Sudalpina. I legami stratigrafico-strutturali fra le Dolomiti e le Dolomiti di Lienz, oltre alla distribuzione dei Flysch cretacei, sulla prosecuzione N-S delle unità austroalpine superiori che ne rappresentano la principale sorgente clastica, dimostrano che il L. Insubrico nel Mesozoico-Cenozoico non doveva costituire una struttura



trascorrente di portata regionale (Castellarin, 1977). Non è esclusa però la possibilità di movimenti trascorrenti dell'ordine di qualche chilometro, sinistri nel Giurassico e destri nel Cretaceo superiore. Nel Terziario, soprattutto dall'Oligocene in poi, esso fu sede di cospicui movimenti verticali, che realizzarono il più rilevante sollevamento delle Alpi rispetto alle Alpi Meridionali osservabile lungo la linea (Buchi & Trumphy, 1976; Ryback et al 1980). Ma per i settori Sudalpini fortemente raccorciati, il lineamento può essere considerato in profondità come una superficie di discontinuità che ha guidato i sottoscorrimenti profondi e gli inghiottimenti degli elementi sottoscorsi (Castellarin & Vai, 1981).

Linea delle GIUDICARIE SUD

La linea delle Giudicarie s.l. è suddivisa in due parti. Il tratto settentrionale appartiene al lineamento Insubrico, in quanto separa la catena nordalpina a falde di ricoprimento dalle Alpi Meridionali. Quella meridionale si sviluppa all'interno del Sudalpino lungo il margine orientale dell'Adamello.

La linea delle Giudicarie Sud è formata da tre principali settori: un tratto fortemente fagliato meridionale, uno mediano dominato da una accentuata flessura e un segmento settentrionale mal definito anche se ca-

ratterizzato da fagliature e forti brecciazioni lungo il bordo est delle plutoniti dell'Adamello.

Tutta la fascia in oggetto costituisce un corridoio di intensa verticalizzazione e compressione degli elementi stratigrafici, in cui gli elementi NNE-SSW interrompono tutte le altre strutture. Come noto, nelle strutture più orientali di tale sistema, anche i terreni del Miocene risultano estesamente coinvolti in queste deformazioni. Ne consegue un'età anche neogenica recente dei movimenti lungo la linea delle Giudicarie (Castellarin & Sartori, 1980).

La linea e il sistema delle Giudicarie sono stati oggetto di numerose indagini che hanno portato ad interpretazioni diverse. Principalmente si sono avute ipotesi da prevalente sforzo normale, ipotesi trascorrenti e ipotesi di inarcamento compressivo, cioè di incurvamento del margine africano sotto le spinte da Sud.

Le analisi di facies nei terreni mesozoici sembrerebbero dimostrare la contiguità primaria dei domini sedimentari lombardo e veneto attraverso il sistema di faglie sin-sedimentarie mesozoiche Ballino-Garda (Castellarin, 1972; Castellarin, 1977). Inoltre, lungo la linea delle Giudicarie Sud, approfonditi studi sulla distribuzione delle facies soprattutto triassiche e sul carattere delle dislocazioni (analisi meso- e macro-strutturali) con-

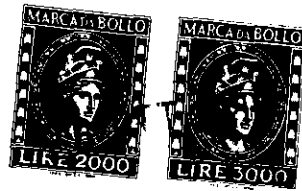
fermerebbero l'esistenza di preponderanti sforzi normali lungo tale struttura (Castellani & Sartori, 1980; Cassinis & Castellarin, 1981).

Le ipotesi che prevedono un inarcamento del sistema per compressione differenziata, massima nel settore Nord del lineamento, dovrebbero comportare maggiori compressioni e raccorciamenti delle coperture e del basamento sottostante anche nel comparto sudalpino corrispondente; qui invece le strutture di embricazione sono più rade e meno pronunciate di quelle presenti a Est della parte Sud della linea. Anche i terreni mesozoici a contatto con il basamento austridico lungo la parte Nord del lineamento non appaiono intensamente deformati, ma bensì poco disturbati.

Per la configurazione attuale della linea delle Giudicarie rimangono quindi le ipotesi basate su movimenti a prevalente carattere verticale. Esse prevedono anche cospicui effetti compressivi, soprattutto lungo la parte sud della linea stessa.

Lineamenti E-W

Si tratta nella quasi totalità dei casi di strutture a carattere compressivo in quanto ortogonali agli assi di massimo raccorciamento di questo settore della catena sudalpina. Coincidono con orli di sovrascorrimenti sud-vergenti (sovrascorrimenti delle Grigne, l. Orobica, l.



Gallinara, l. Porcile, l. Val Trompia), con strutture plicative (anticlinale Orobica, flessura marginale).

Da un punto di vista cronologico queste strutture segnano l'evoluzione dell'orogenesi, denotando nel complesso un'età sempre più giovane procedendo da N verso S, in accordo con un analogo senso di propagazione della deformazione. Pare probabile, tuttavia, che esse presentino anche un carattere di ancestralità, coincidendo con elementi paleogeografici mesozoici e forse anche più antichi.

Le caratteristiche compressive di questi disturbi tettonici trovano conferma alla mesoscala: l'analisi strutturale evidenzia infatti la netta predominanza di strutture plicative aventi assi all'incirca E-W e la presenza secondo tale direzione della massima concentrazione di faglie a movimento inverso.

#### Lineamenti N-S

Nella regione dell'area in oggetto esistono, oltre agli elementi strutturali descritti, disturbi tettonici a direzione circa N-S di importanza regionale che suddividono questo settore delle Alpi Meridionali in zone a caratteristiche strutturali e deformative diverse.

Alcuni di essi coincidono chiaramente con sistemi di faglie prevalentemente subverticali traslative (l. di Arolo, l. di Lugano, l. di Lecco); altri invece sono di

natura più incerta e meno risolvibile, anche perchè spesso mascherata da deformazioni strutturali successive (l. del Faggio).

Si ritiene che tali strutture abbiano avuto origine, anche se non se ne può escludere una storia più antica, quando i settori occidentali del Sudalpino furono coinvolti, nel Trias superiore-Lias inferiore, nella tettonica distensiva connessa con i primi movimenti di apertura dell'Oceano Ligure, trasformando le vaste piattaforme carbonatiche in zolle subsidenti, secondo il modello di un margine passivo.

Le linee trasversali rappresentano le direttrici maggiori lungo le quali hanno avuto luogo le principali disarticolazioni della piattaforma sudalpina, che oggi si ritiene siano avvenute secondo superfici listriche (Bally et al. 1981). Il ruolo assunto da queste grandi discontinuità nel corso dell'orogenesi alpina si inserisce nel tema più vasto della possibile riattivazione delle strutture tettoniche sinsedimentarie triassiche e giurassiche, generalmente distensive, durante le fasi compressive connesse alla collisione continentale e alla chiusura della Tetide.

Essendo N-S la direzione di compressione della orogenesi alpina in questo settore della catena, i due sistemi di strutture hanno avuto cinematica diversa: quello a

direzione E-W ha dato luogo a faglie inverse, a sovrascorrimenti e a fenomeni di inversione; quello a direzione circa meridiana ha svolto un ruolo di svincolo laterale fra zone caratterizzate da modalità deformative differenti sia dal punto di vista geometrico che forse cronologico.

Il senso di trascorrenza di tali linee è in genere facilmente individuabile; rimangono invece incertezze sulla presenza di componenti compressive e/o distensive, sulla esatta cronologia dei movimenti, sulla entità delle dislocazioni e sul possibile coinvolgimento del basamento cristallino.

#### 6. MODELLO INTERPRETATIVO

L'assetto tettonico superficiale dell'area in esame, precedentemente descritto, unitamente alla stratigrafia degli affioramenti, non impedisce di ipotizzare nel sottosuolo un modello strutturale più complesso e articolato, e anzi ne costituisce la logica premessa.

La necessità di prendere in considerazione una architettura più complicata è data dalla entità della compressione in senso nord-sud della unità strutturale Sudalpina. Studi sismotettonici crostali eseguiti da diversi autori nonché ricostruzioni palinspastiche ottenute attraverso analisi di facies, evidenziano un raccorciamento dell'ordine del centinaio di chilometri.

Una prima fase orogenica "pre-Gonfolite" dovrebbe aver comportato 25 Km di compressione NW-SE e 40-50 Km di scorrimento destro lungo il sistema Insubrico. Una seconda fase "post-Gonfolite" è responsabile di 40-50 Km di raccorciamento, ma se ne hanno pochissime evidenze in superficie. La neotettonica poi, prosecuzione della fase "post-Gonfolite", ha causato altri 70 Km circa di compressione dal Pliocene inferiore ad oggi.

Queste considerazioni, unitamente al tipo di meccanismi deformativi rinvenuti in superficie e alle serie stratigrafiche osservate, conducono ad identificare nel sottosuolo, in analogia con situazioni simili già viste in altre località nel mondo, il modello rappresentato nella sezione geologica semi-bilanciata in allegato.

La sezione rappresentativa del modello proposto per l'area in oggetto va dalla pianura Padana alla Valtellina, arrestandosi poco prima della L. Insubrica e passando per i pozzi Malossa 3 e Brignano 1, di cui sono a disposizione i dati pubblicati.

Il basamento immerge verso N con una pendenza di circa 5° fino a raggiungere una profondità di circa 13.000 m. Esso viene coinvolto nella deformazione e sovrascorre sugli altri termini fino ad affiorare (L. orobica, L. della Val Trompia) nelle zone più interne, mentre non sembra costituire un livello di scollamento nelle zone



intermedie ed esterne.

Il ruolo di principale orizzonte lubrificante tettonico dovrebbe essere svolto da termini plastici triassici basali (Servino, Carniola di Bovegno), lungo i quali si imposta la "sole thrust". Come riportato in sezione esistono altri livelli plastici presenti nella sequenza stratigrafica (S. Giovanni Bianco, Marne di Bruntino, Flysch cretaceo) che possono aver dato luogo a scorrimenti delle serie più competenti.

Il risultato è uno stile tettonico con raddoppiamenti di serie e scorrimenti orizzontali di grande entità (flat-ramp-flat) con vergenza Sud. Nella parte più esterna, in corrispondenza o poco più a Sud della zona di fronte del "major thrust" superficiale, individuata da una strutturazione accentuata degli affioramenti immergenti a Sud con assetto che diviene bruscamente pseudo-verticale, si dovrebbe avere il maggiore numero di raddoppiamenti di serie, coincidente con il fronte embriciato dei thrusts sepolto sotto i sedimenti terziari della Pianura Padana.

#### 7. CONSIDERAZIONI MINERARIE

L'area oggetto di questo studio è situata a nord di alcuni giacimenti di olio e gas naturale della Pianura Padana settentrionale.

Sulla base dei dati pubblicati le serie sedimentarie qui



affioranti sono le stesse rinvenute nei pozzi della adiacente Pianura Padana, sia per quanto concerne le rocce madri che le rocce serbatoio e le coperture.

Nell'ambito della serie sedimentaria sono presenti almeno due rocce madri accertate che hanno prodotto gli idrocarburi degli accumuli padani succitati.

Esse sono le formazioni "Argilliti di Riva di Solto", di età Trias superiore, e "Calcarea di Meride equivalente" del Trias medio, quest'ultimo non affiorante nell'area, ma ipotizzabile in sottosuolo.

Le due formazioni, in seguito a differenti condizioni di seppellimento e temperatura, hanno dato luogo a due distinte naftogenesi in tempi geologici assai diversi.

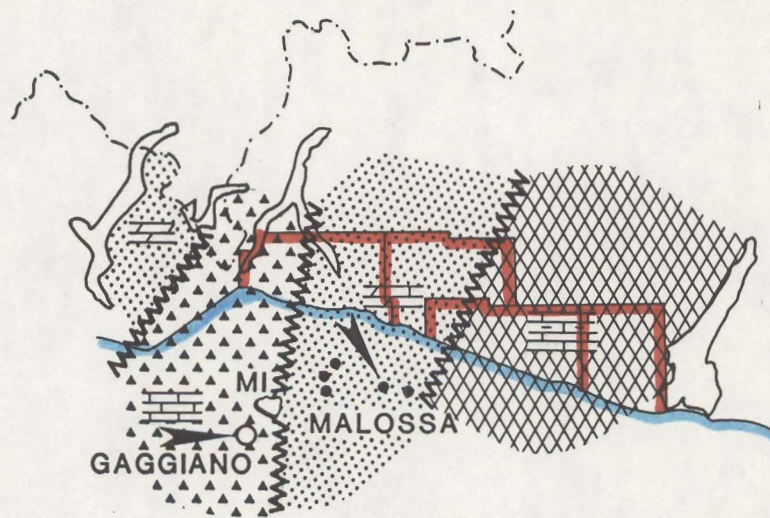
La prima, a causa di un rapido seppellimento in un contesto bacinale a scarsa circolazione produsse olio dall'inizio del Giurassico fino al Miocene medio-superiore e successivamente gas.

La seconda in questa zona iniziò a generare olio solo in concomitanza della subsidenza Plio-Quaternaria, con un conseguente processo generativo molto rapido che potrebbe aver provocato anche fratturazione.

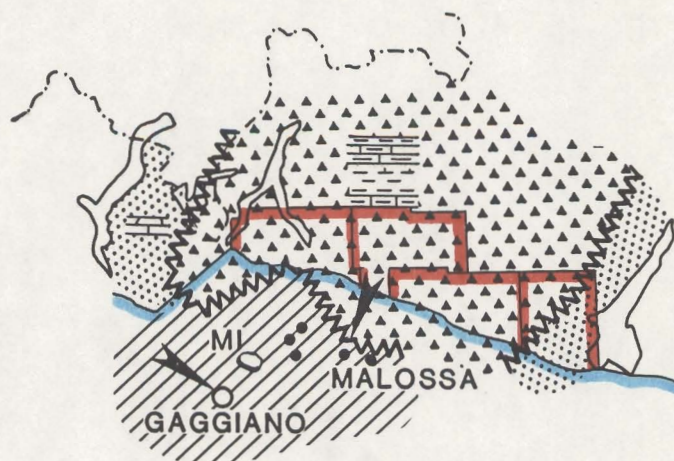
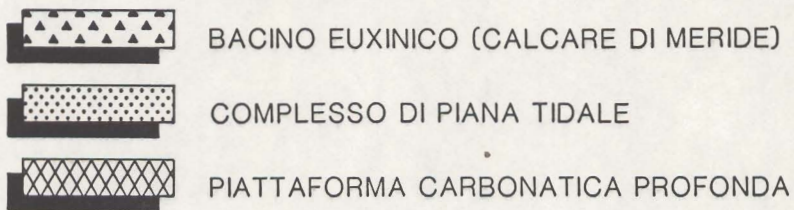
Per quanto concerne il processo di migrazione si ritiene che sia stato innescato, e in certo qual modo facilitato e guidato, dagli eventi tettonici verificatisi, in maggior misura, nella fase alpina miocenica.

# SCHEMA PALEOGEOGRAFICO DELLE ROCCE MADRI

Da A. RIVA et al.



## LADINICO SUPERIORE



## RETICO INFERIORE-MEDIO

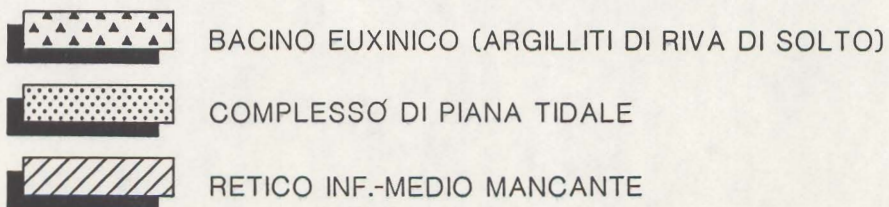


Fig. 6

I grandi movimenti ad essa collegati possono aver creato i gradienti di pressione indispensabili al movimento degli idrocarburi e le strutture necessarie per gli accumuli; le principali direttrici tettoniche inoltre possono aver determinato importanti vie di migrazione preferenziali, attraverso reti di faglie e fratture minori. Il Calcare di Meride, invece, in alcuni casi rappresenta al tempo stesso roccia madre e serbatoio testimoniando la precoce maturità della naftogenesi.

Sulla base delle considerazioni precedentemente esposte sono state formulate alcune ipotesi di parametri geometrici e petrofisici dei possibili giacimenti, onde valutarne la possibile consistenza.

La dimensione media delle trappole, in un contesto stratigrafico e strutturale come quello descritto potrebbe essere superiore ai  $20 \text{ km}^2$ .

Come risulta dai grafici in allegato, pur prendendo indicativamente in considerazione parametri petrofisici molto conservativi, è possibile ipotizzare accumuli di idrocarburi sia liquidi che gassosi dell'ordine di 100 milioni di barili di olio equivalenti in posto.

#### 8. OBIETTIVI E TEMI DI RICERCA

Sulla base di quanto precedentemente esposto l'area si presenta ricca di obiettivi minerari differenziati, sia per la presenza di numerosi reservoirs nell'ambito della



# FINA ITALIANA

SOUTHERN ALPS - WEST GARDA / FORECAST STOOIP

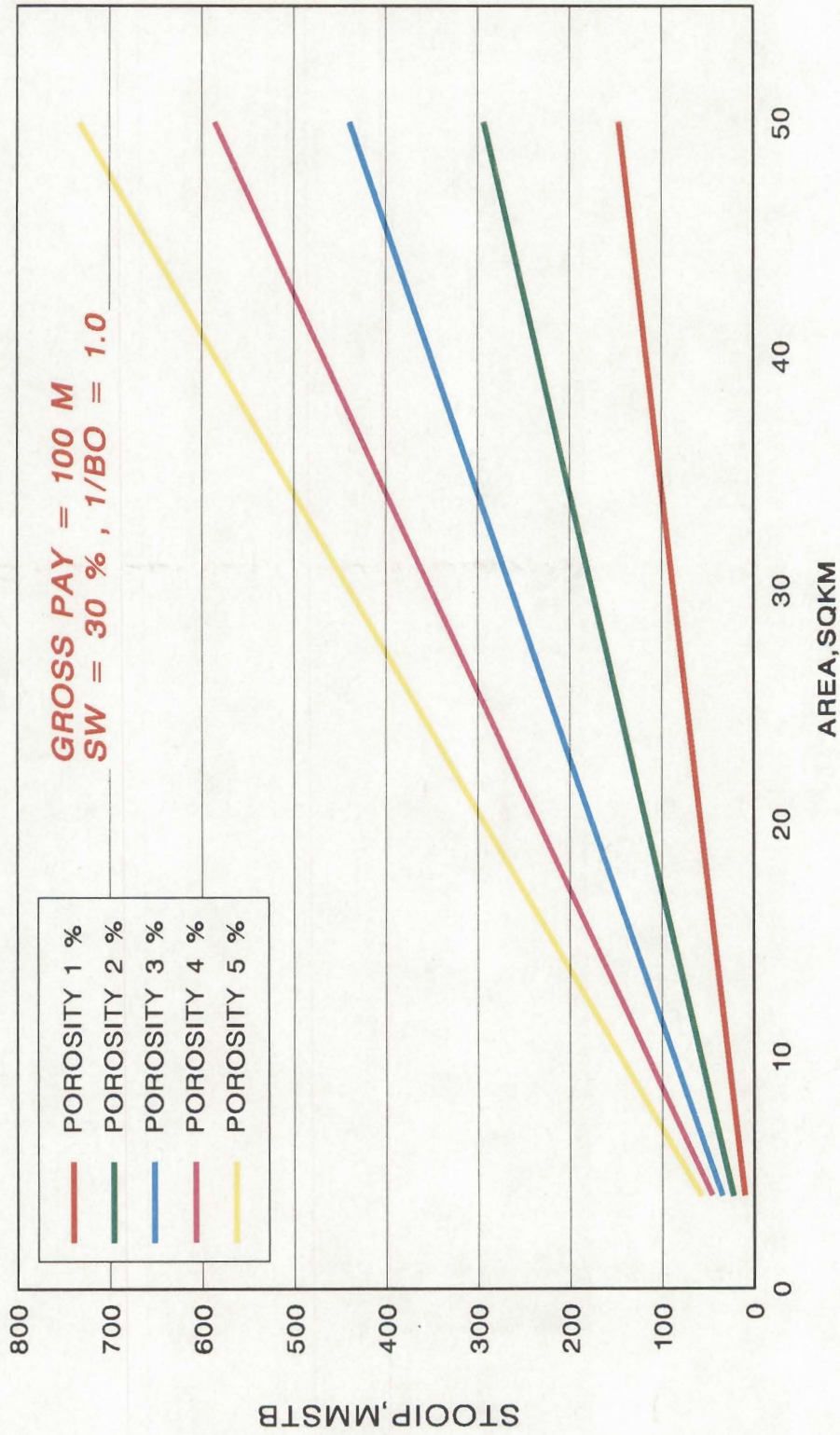


FIG.7a



# FINA ITALIANA

SOUTHERN ALPS - WEST GARDA / FORECAST STOOIP

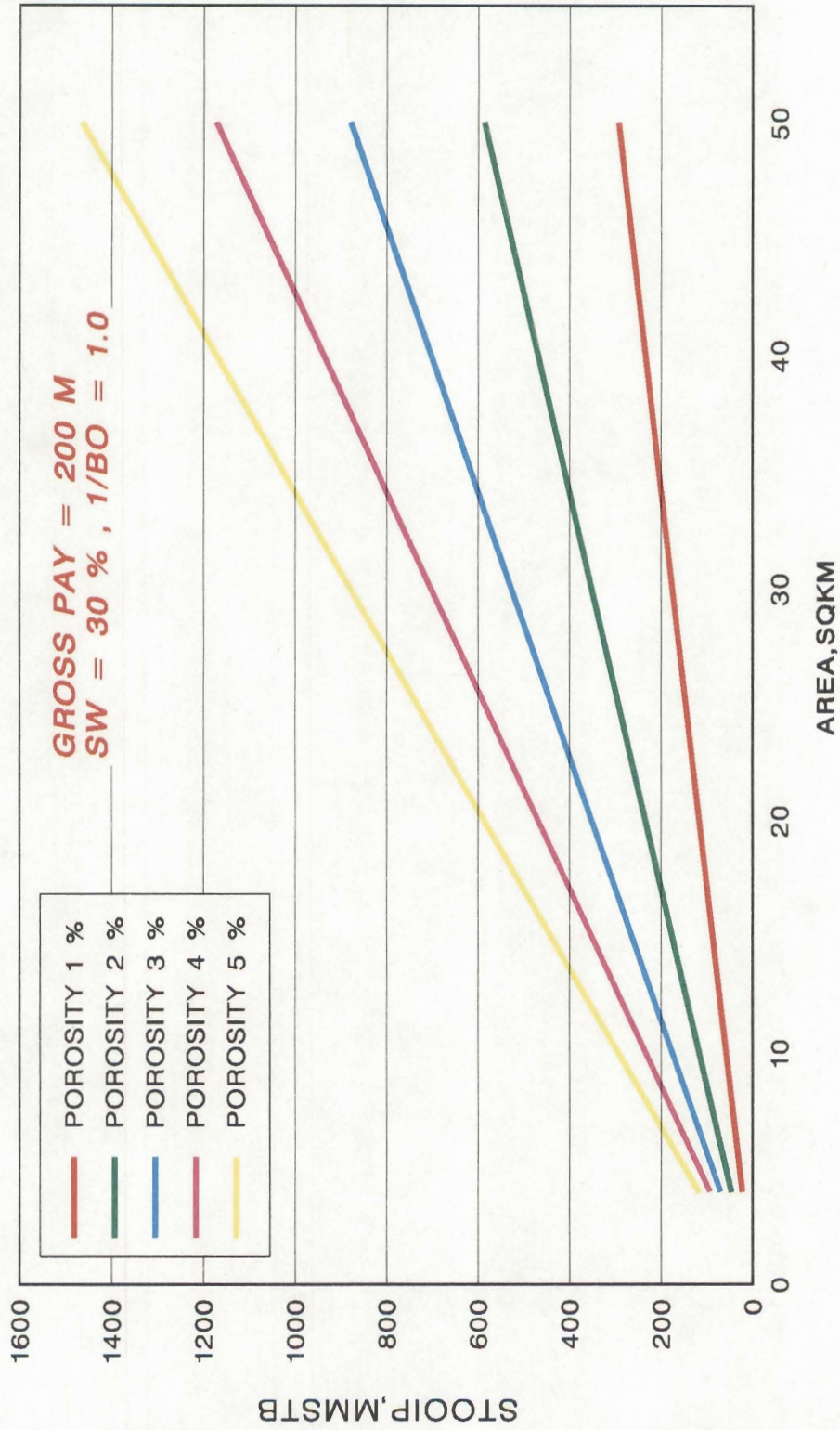


FIG.7b



# FINA ITALIANA

SOUTHERN ALPS - WEST GARDA / FORECAST STOOIP

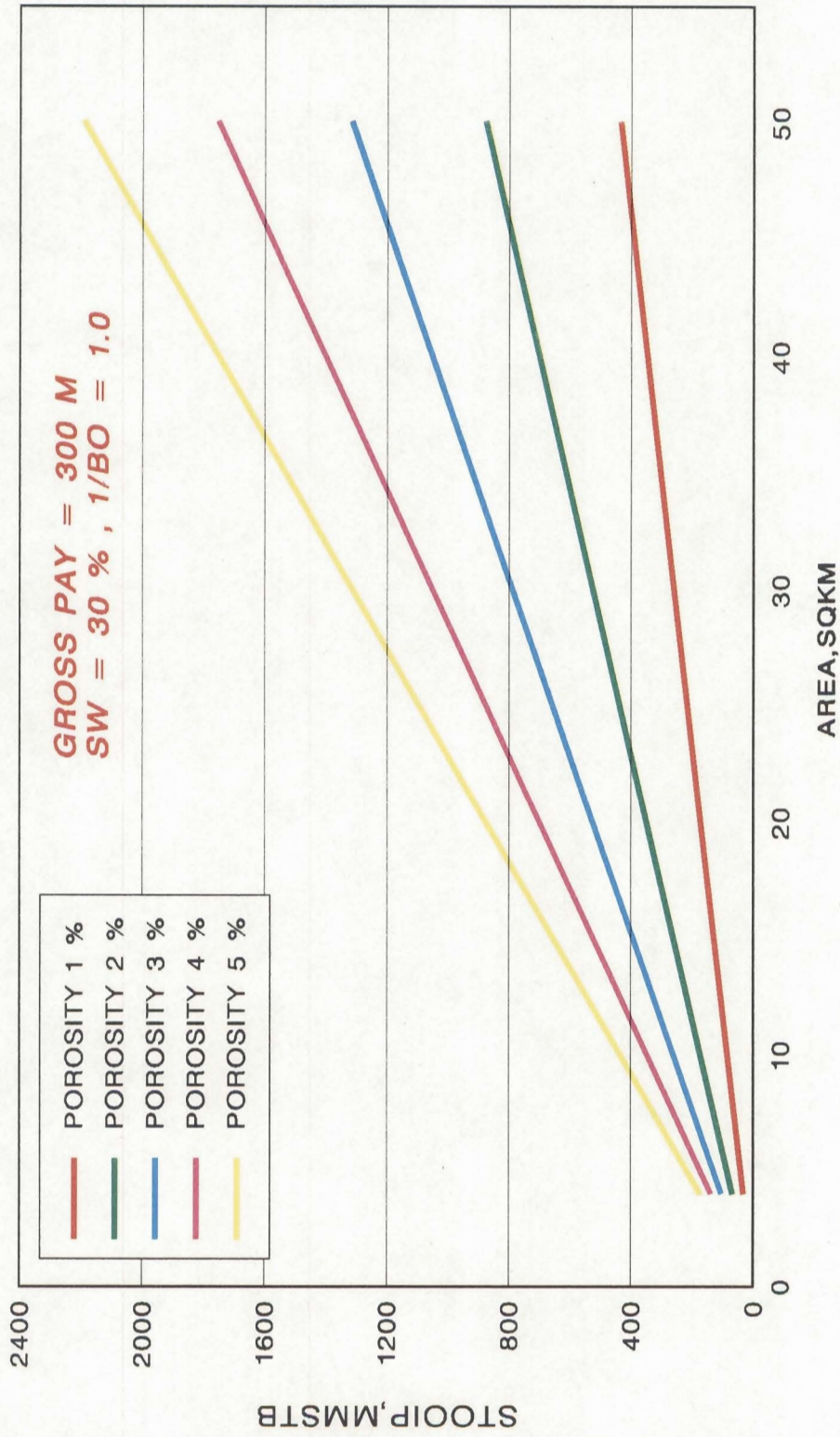


FIG. 7c

potente serie mesozoica, sia per l'assetto tettonico ipotizzato. Tale assetto dovrebbe aver creato una frequente strutturazione della serie, talora più volte raddoppiata, con la possibilità di molteplici combinazioni serbatoio/struttura.

Più in particolare, tra le varie possibilità si ritiene potenzialmente più favorevole l'obiettivo relativo al Trias medio e superiore.

Questo intervallo stratigrafico, oltre a presentare formazioni con caratteristiche accertate di roccia madre è caratterizzato da una deposizione di piattaforma sostanzialmente tidale ben sviluppata costituita da dolomie massicce che dovrebbero presentare una discreta porosità.

Si ritiene inoltre, sulla base del modello strutturale proposto che tale unità, per le sue caratteristiche meccaniche, relativamente a tutta la successione, abbia avuto un comportamento più rigido e in particolare rappresenti la sede di taglio della serie ("ramp"); mentre, alla base, i livelli plastici del Trias inferiore e, al top, quelli del Trias sommitale costituiscono i piani di scollamento e traslazione orizzontale ("flat"). Il risultato conseguente è che il corpo principale delle strutture verrebbe ad essere costituito principalmente proprio dalla formazione dolomitica del Trias



medio-superiore.

Analoghe considerazioni potrebbero valere anche per alcuni termini della successione giurassica ed in particolare per i calcari dolomitici della formazione Zandobbio ed equivalenti in cui si individua un obiettivo almeno secondario.

Dal punto di vista strutturale, come già discusso nel paragrafo specifico si riconosce maggior potenzialità mineraria nei "thrust" sottostanti a quello affiorante; il massimo rialzamento di quest'ultimo dovrebbe corrispondere all'area di culminazione e generica sovrapposizione delle unità strutturali che costituiscono l'obiettivo della ricerca.

Esso è quindi individuato fra la base dell'unità strutturale affiorante e il livello di scollamento basale ("sole thrust").

La profondità degli obiettivi dipenderà quindi dalla loro posizione nell'edificio strutturale dei sovrascorrimenti compresa prevedibilmente fra 3500 e 4000 m nel caso più superficiale sino a 6500 e 7000 m in quello più profondo.

In conclusione gli obiettivi della ricerca nell'area si possono così sintetizzare:

ricerca di:

- olio e/o gas nell'ambito delle formazioni



dolomitiche del Trias medio (Calcere di Meride - Dolomia di S. Salvatore eq.) in situazione di trappola strutturale già mineralizzate nella Pianura Padana ai giacimenti di "Villafortuna", "Trecate" e "Gaggiano".

- olio e/o gas nella formazione "Dolomia Principale" del Trias superiore, anch'essa strutturata e mineralizzata nel giacimento di Malossa.
- olio e/o gas nelle formazioni calcareo dolomitiche del Lias inferiore quali "Calcari di Zandobbio" ed equivalenti.

Capo Geologo

*R. Pasi*

Dr. Roberto PASI

Geologo

*Aldo Baraldi*

Dr. Aldo BARALDI

Milano,

All.: c.s.d.