



COMPAGNIA PETROLIFERA ITALIANA S.p.A.

**STUDIO FOTOGEOLOGICO DEL
PERMESSO MONTESILVANO**

Preparato da

**G. Conedera
P. Dainelli**

Fotointerpretazione

**M. Bellini
C. Casoli**

Controllo sul terreno



GEOMAP
STUDIO GEOLOGICO
FIRENZE - Maggio 1976

I N D I C E

	pag.
1. INTRODUZIONE	1
2. CARTA GEOLOGICA.	2
3. STRATIMETRIA	6
4. MORFOLOGIA	9
4.1. DRAINAGGIO	9
4.2. RILIEVO	12
5. ANALISI DELLE FRATTURE	13
5.1. DISTRIBUZIONE AZIMUTALE	13
5.2. DENSITA'	15
6. CONCLUSIONI.	17

APPENDICE 1: METODO E TECNICA

TAVOLE

Scala:

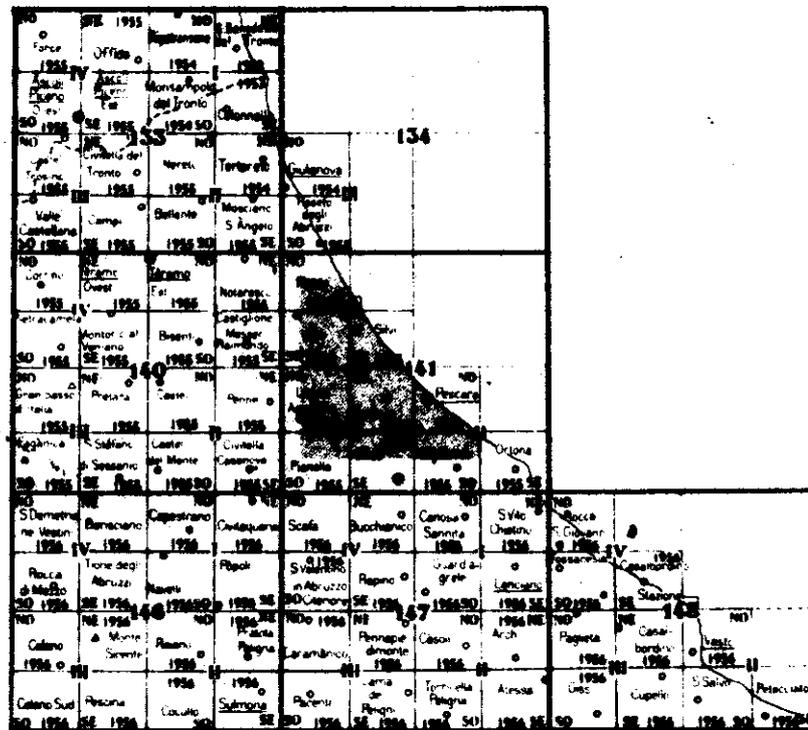
1 - 9 - Carta geologica	1: 25.000
10 - Carta del drenaggio	1: 50.000
11 - Carta del contrasto morfologico .	1: 50.000
12 - Campo totale delle lineazioni . .	1: 50.000

FIGURE

1 - Carta delle direzioni di strato. .	1:100.000
2 - Carta del drenaggio	"
3 - Carta altimetrica	"
4 - Carta del contrasto morfologico .	"
5 - Campo totale delle lineazioni . .	"
6 - Campo delle lineazioni lunghe . .	"
7 - Carta di densità del campo totale delle lineazioni	"
8 - Distribuzione azimutale delle li- neazioni e delle direzioni di stra- to per unità strutturali	"
9 - Distribuzione azimutale delle li- neazioni e delle direzioni di stra- to. Totali	"
10 - Principali unità strutturali . . .	"

1. INTRODUZIONE

Questo studio si riferisce ad un'area di circa 460 Kmq., che include il permesso "Montesilvano" della Compagnia Petrolifera Italiana. La zona è localizzata lungo la costa Adriatica dell'Abruzzo, fra 42°23' e 42°38' di latitudine nord e fra 1°31' e 1°53' di longitudine est Monte Mario, ed è completamente compresa nel foglio n. 141 (Pescara) della carta d'Italia a scala 1:100.000 dell'I. G.M.



Lo scopo dello studio è di raccogliere informazioni dalla geologia di superficie, dalla morfologia e dai sistemi di fratturazione che si riferiscono ai terreni pliocenici e quaternari, per desumere una interpretazione strutturale della serie miocenica e pliocenica sottostante.

Il metodo e le tecniche adottate seguono lo schema descritto nell'Appendice 1. I documenti utilizzati per lo studio, includono:

- fotografie aeree stereoscopiche in bianco e nero, di buona qualità alla scala di circa 1:33.000;
- Carta Geologica d'Italia, a scala 1:100.000, foglio 141, con note esplicative;
- Carta Topografica d'Italia dell'I.G.M., a scala 1:25.000 e 1:100.000.

Lo studio è iniziato nel Novembre 1975 ed è terminato alla data di questo rapporto. Un controllo di campagna è stato condotto da due geologi Geomap, nel periodo compreso fra il 9 ed il 15 Dicembre 1975, per un totale di 14 giorni/uomo. Lo scopo del lavoro di campagna era di raccogliere dati sulle pendenze degli strati delle formazioni affioranti e delle superfici morfologiche per controllo della fotointerpretazione.

2. CARTA GEOLOGICA

La carta geologica è presentata in 9 fogli a scala 1:25.000, riprodotti sulla base topografica dell'I.G.M. (Tavole 1 fino a 9). La carta è stata stampata in "offset", usando una combinazione di colori e retini, per evitare la coloritura a mano che produce documenti facilmente deteriorabili. Una foteriduzione della carta è stata usata come base per la carta delle direzioni di strato a scala 1:100.000 (Fig. 1).

La carta geologica è stata per la maggior parte ottenuta dalla compilazione dei documenti originali a scala 1:25.000 del Servizio Geologico Italiano, usati per la preparazione della Carta Geologica a 1:100.000. Da altra parte lo studio delle formazioni affioranti non era tra i compiti importanti di questo lavoro, prima di tutto perchè le informazioni esistenti sono abbondanti e recenti, in secondo luogo perchè la serie affiorante non ha particolare interesse per gli scopi dell'esplorazione.

E' stata tuttavia aggiunta una certa quantità di dati per mezzo della fotointerpretazione, specialmente per quanto riguarda le informazioni stratimetriche che erano molto scarse nei documenti ufficiali. Questi dati, tuttavia, considerando le caratteristiche delle formazioni affioranti, sono in maggior parte desunti dalla morfologia, anche quando siano stati raccolti in campagna. Per questa ragione essi hanno il significato di dati regionali medi. Comunque, considerando il tipo di interpretazione condotta in questo studio, essi risultano più significativi di misure di strato locali.

Elementi morfologici, come le terrazze, non sono stati inclusi nella carta geologica, dal momento che sono analizzati insieme al reticolo idrografico nella parte più strettamente morfologica del presente studio.

La legenda geologica corrisponde a quella della Carta Geologica d'Italia a 1:100.000, foglio 141, con le sole differenze riguardanti i depositi quaternari, che sono stati raggruppati in tre unità. Le formazioni affioranti nell'area di studio sono le seguenti, dalla più antica alla più recente. Gran parte della descrizione che segue è estratta dalle note esplicative della Carta Geologica d'Italia.

Pliocene Medio-Inferiore marino (P₁₋₂)

Questa unità è costituita principalmente da alternanze di argille grigie e marne, con alcuni livelli sabbiosi. La parte inferiore è finemente stratificata e passa gradualmente verso il basso al Miocene Superiore (non affiorante nell'area studiata). Lo spessore è considerato non meno di 200-250 m.

Pliocene Superiore marino (P₃)

Il passaggio dal Pliocene Medio-Inferiore al Pliocene Superiore è graduale con un incremento della componente arenacea. L'unità è formata da argille sabbiose, alternate e/o passanti lateralmente a sabbie argillose fini e da sabbie conchigliari grossolane di facies costiera. Lo spessore è dell'ordine di 100 m.

Il Pliocene marino affiora per lo più nelle incisioni dei fiumi, al di sotto dei sedimenti Calabriani. Tuttavia nell'area di Pianella-Moscufo, fra i fiumi Tavo e Pescara, le formazioni plioceniche costituiscono la maggior parte dei rilievi e non sono coperte dal Calabriano. Questa situazione anomala è dovuta a fattori strutturali.

Pliocene continentale (Pc)

Un piccolo affioramento di depositi continentali riferiti alle parte alta del Pliocene, è presente nella parte più alta dell'area di Pianella-Moscufo. Nessun altro affioramento di questa unità è conosciuto nella regione. Esso è formato da conglomerati terrosi semi-coerenti, sabbie grossolane, sabbie argillose ed argille con resti di piante terrestri. La presenza di questi depositi continentali al tetto del Pliocene, conferma l'ipotesi espressa più sopra di una situazione strutturale anomala della area di Pianella-Moscufo. In particolare esso dovrebbe essere un blocco sollevato alla fine del Pliocene.

Calabriano Inferiore marino (Cal₁)

I sedimenti Calabriani seguono il Pliocene in concordanza e con passaggio graduale. L'unità inferiore comprende argille sabbiose ben stratificate, che passano verso l'alto ad alternanze di marne, argille e sabbie. Lo spessore varia fra 150 e 200 metri. Il Calabriano Inferiore affiora estesamente in tutta l'area studiata ed è mancante soltanto in corrispondenza dell'area di Pianella-Moscufo, dove probabilmente non si è depositato. Questo fatto dovrebbe confermare il carattere di blocco positivo, sollevatosi nel tardo Pliocene, di questa zona.

Calabriano Superiore marino (Cal₂)

Questa formazione è rappresentata da sabbie argillose stratificate alla base, passanti gradualmente verso l'alto a sabbie e arenarie grossolane. Nella parte superiore, sono presenti conglomerati e argille lagunari, che rappresentano la facies di transizione ai depositi fluviali del Pleistocene. Lo spessore massimo è dell'ordine di 120-150 m. ma è molto variabile a causa del carattere lenticolare di questi depositi. Il Calabriano Superiore affiora in tutta l'area sotto forma di piccoli brandelli al di sopra del Calabriano Inferiore. Nessun affioramento è tuttavia presente nel blocco Pianella-Moscuofo e nell'area di Loreto Aprutino, fra i fiumi Fino e Tavo. È possibile perciò che anche quest'ultima zona sia un blocco rialzato, come quello di Pianella-Moscuofo, il cui sollevamento sarebbe però successivo. Nella regione a sud-est del fiume Pescara, il Calabriano Superiore è rappresentato da uno spesso conglomerato in larghi affioramenti.

Alluvioni terrazzate (Qt)

I depositi pleistocenici di tipo fluviale hanno una notevole diffusione nell'area di studio. Essi sono particolarmente sviluppati lungo il fianco nord delle maggiori valli, ma alcuni resti si trovano anche nelle parti più alte dei rilievi. Questi resti sono i più antichi e rappresentano la fase che ha seguito immediatamente la regressione marina della fine del Calabriano. Il Pleistocene fluviale è evidentemente terrazzato. Almeno tre ordini di terrazze, e forse quattro, sono stati riconosciuti. Essi sono presenti praticamente soltanto lungo il fianco nord delle valli. Questo fatto ha un significato strutturale che sarà discusso in seguito.

Sabbie di spiaggia (Qs)

Questa unità raggruppa le sabbie della spiaggia attuale e quelle della spiaggia Pleistocenica, apparentemente corrispondente alla più recente delle terrazze fluviali. La fase a cui questa spiaggia antica è correlabile è quella che ha formato le terrazze marine lungo la costa (vedere anche la Tav. 10).

Alluvioni recenti (Qal)

Questi depositi sono limitati alla parte più bassa delle valli fluviali.

3. STRATIMETRIA

L'immersione delle formazioni affioranti, come riportata dalle note esplicative della Carta Geologica d'Italia, ha un andamento medio verso Est e Sudest. Questa situazione è confermata dalle osservazioni fatte sulle fotografie aeree e durante la ricognizione in campagna. Queste osservazioni sono dedotte quasi esclusivamente dalla morfologia, ma la loro coerenza ne conferma il valore strutturale.

I dati di direzione e di immersione sono stati elaborati a formare la Carta delle Direzioni di Strato (fig. 1) che fornisce una più immediata e sintetica visualizzazione delle forme strutturali affioranti. La base della carta è costituita da una riduzione delle carte geologiche a 1:25.000. In questo modo la struttura superficiale può essere messa in relazione con le suddivisioni stratigrafiche. Le faglie sono in parte osservate dalle foto aeree, in parte estratte dalla cartografia ufficiale, ma comunque confermate dalla evidenza morfologica.

I dati della stratimetria mettono in evidenza un assetto medio a monoclinali leggermente immerse verso Est e Sudest. Queste monoclinali sono separate tra loro da faglie con direzione Nordest, corrispondenti alle maggiori valli e sempre localizzate sul fianco Sud di esse. Si possono quindi delineare tre maggiori unità strutturali, una a Nord, fra i fiumi Vomano e Tavo, una al centro, fra i fiumi Tavo e Pescara, una a Sud, a Sudest del fiume Pescara. Per un più facile riferimento, indicheremo queste unità rispettivamente Blocco Nord, Blocco Centrale, e Blocco Sud. Il loro aspetto è infatti quello di blocchi fagliati orientati in direzione Nord-est, lievemente inclinati verso Sudest. Le faglie che separano i blocchi dovrebbero avere quindi un rigetto negativo verso Nord.

Entro ciascun blocco possiamo notare suddivisioni secondarie. Il Blocco Nord appare tagliato da una faglia di direzione ONO corrispondente al fiume Fino. Questa faglia lo separa in due blocchi secondari. Quello meridionale è stato già indicato con il nome di Loreto Aprutino. In questa area il Calabriano Superiore è mancante, suggerendo un sollevamento più intenso o per lo meno più antico. L'andamento delle direzioni di strato suggerisce inoltre una più marcata deformazione. La sottounità settentrionale, fra i fiumi Fino e Vomano, sarà di seguito indicata come blocco di Atri.

Il Blocco Centrale è diviso in due parti da una faglia orientata in direzione NO che passa vicino a Caprara d'Abruzzo. La parte sudorientale è l'area di Pianella-Moscuo, che abbiamo indicato nel precedente capitolo come un blocco sollevato, il sollevamento del quale dovrebbe essere tardo Pliocenico. La parte nordorientale, blocco di Spoltore, ha caratteri simili al blocco di Atri.

Il Blocco Sud è abbastanza uniforme. Una possibile faglia lungo il fiume Alento, che sfocia vicino a Francavilla, sembra separarlo in due sottunità parallele.

Le linee di forma delle direzioni di strato mostrano anche leggere ondulazioni. La più evidente di esse si trova nel blocco di Atri ed ha l'aspetto di un ~~nas~~ naso di anticlinale immergente verso est.

La seconda forma è situata nel blocco di Pianella-Moscuo ed appare come una stretta ed irregolare sinclinale. Una ondulazione secondaria, con l'aspetto di un naso di anticlinale, è presente anche nel blocco di Loreto Aprutino, tagliata dalla faglia che limita il blocco verso Nord.

Le due maggiori forme descritte hanno gli assi strutturali orientati in direzione E-O fino a NE e perciò paralleli mediamente all'allungamento dei blocchi fagliati. Esse appaiono come deformazioni superficiali, molto probabilmente connesse alla stessa struttura a blocchi di faglia. Il naso che si trova nel blocco Loreto Aprutino è invece immergente verso SE ed appare in qualche modo connesso ad un orientamento appenninico. La sua forma è chiara, ma le sue limitate dimensioni non permettono di trarre conclusioni sulla possibile struttura sottostante, se non deboli sospetti.

Riassumendo, la struttura superficiale che interessa la serie affiorante pliocenico-quadernaria è un sistema di blocchi di faglia prodotti da faglie orientate in direzione NE, e secondariamente in direzione ONO, inclinati verso SE. Questo tipo di struttura sembra essersi formato per lo meno a partire dal Pliocene Medio. Questo fatto è suggerito dalla mancanza di sedimenti del Pliocene Superiore nel blocco di Pianella-Moscuo. Soltanto due elementi mostrano un diverso orientamento, il naso di anticlinale che si trova sul blocco Loreto Aprutino e la faglia di Caprara che taglia trasversalmente il Blocco Centrale, ambedue aventi una direzione appenninica.

Considerando che le formazioni mioceniche, che affiorano ad occidente dell'area studiata, mostrano una struttura di tipo appenninico, si può presumere che i due elementi citati rappresentino i soli effetti superficiali di questa struttura, la quale, nondimeno, dovrebbe controllare anche qui la struttura profonda. Il tipo di deformazione visibile in superficie, successiva e sovrainposta alla struttura appenninica, dovrebbe aver interessato questa come fagliatura trasversale e sezionamento delle sue strutture.

4. MORFOLOGIA

Lo studio della morfologia è basato sull'analisi del drenaggio superficiale (Tav. 10, Fig. 2), e delle forme descritte dall'altimetria (Fig. 3) e dal contrasto morfologico (Tav. 11, Fig. 4). Questi documenti sono stati compilati con i dati estratti dalle carte topografiche. Il reticolo idrografico è stato completato anche con la annotazione delle fotografie aeree e con i principali elementi morfologici estratti dalle carte geologiche. Questi dati si riferiscono in particolare agli orli delle terrazze e alla loro classificazione.

4.1. DRENAGGIO

Gli orli delle terrazze rappresentati nella carta del drenaggio (Tav. 10) corrispondono a tre distinti gruppi di elementi morfologici.

L'orlo del piano alto Calabriano, marca i limiti dei resti attuali della superficie di riempimento del bacino Calabriano. Nella Fig. 2 questi resti sono stati coperti con un retino per un miglior raffronto della loro distribuzione. E' da notare a questo riguardo, che tali resti sono assenti nel Blocco Centrale e nel blocco di Loreto Aprutino. Questo fatto dovrebbe confermare l'ipotesi espressa, che questi blocchi si siano innalzati per lo meno prima del Calabriano Superiore. Il blocco di Spoltore, dove il Calabriano Superiore è presente senza però mostrare alcun resto del piano alto, è probabilmente emerso prima della fine del ciclo di sedimentazione. La presenza di ampi resti della stessa superficie nel Blocco Sud è da riferire probabilmente alla più alta resistenza all'erosione del conglomerato che qui rappresenta il Calabriano Superiore.

Gli orli della terrazza marina marcano una falesia costiera, alla quale sono riferibili le antiche sabbie di spiaggia. La falesia è presente davanti ai blocchi Centrale e Nord, ad una altezza quasi costante. Questo fatto suggerisce che essa si sia formata quando i blocchi erano circa nell'attuale posizione e perciò recentemente. Una correlazione è possibile con la più bassa delle terrazze fluviali. Essa rimane tuttavia un indizio di movimento strutturale recente.

Gli orli delle terrazze fluviali mettono in evidenza tre, e forse quattro, ordini di questi elementi. Essi si trovano, più o meno preservati, in corrispondenza delle maggiori valli: Pescara, Tavo, Fino e Vomano a Nord dell'area di studio. Ad eccezione della più bassa e più giova-

ne di esse, le terrazze sono presenti soltanto sul fianco Nord delle valli menzionate. Questo fatto confermerebbe il carattere di blocchi inclinati verso SE, degli elementi strutturali dell'area. Infatti il fianco settentrionale di ciascun blocco, determinato dalla faglia, è troppo ripido per la conservazione e anche per la formazione di terrazze.

La presenza di vari ordini di terrazze indica che il sollevamento è avvenuto in fasi successive. Inoltre il fatto che le terrazze pleistoceniche si trovino anche ad una altitudine relativamente elevata, indica che la maggior parte del sollevamento è avvenuta durante il Pleistocene e fino ai tempi recenti.

Prendendo in considerazione le forme del drenaggio, si possono notare i seguenti dati.

La posizione degli spartiacque, e in particolare di quelli fra i fiumi maggiori dove sono localizzate le faglie che limitano i blocchi, è notevolmente asimmetrica. Questo fatto indica una corrispondente forma asimmetrica dei blocchi. Il fianco settentrionale è più stretto e più ripido; il fianco meridionale è meno inclinato e più ampio. Questa asimmetria è in relazione all'inclinazione dei blocchi stessi verso SE.

L'orientazione dei fiumi e degli spartiacque è, nella metà inferiore dell'area, in direzione NE. Essa cambia improvvisamente verso una direzione ONO a Nord del fiume Fino, nel blocco di Atri. Quest'ultima direzione è seguita dalla geologia, soltanto dalla faglia che limita a Nord il blocco di Loreto Aprutino. Il drenaggio, come vedremo in seguito, le forme del rilievo, mostrano chiaramente questa differenza di orientazione fra le due porzioni dell'area. La cerniera fra i due orientamenti è rappresentata dal blocco di Loreto Aprutino, che ha una forma triangolare ed appare come un cuneo che divide i due settori.

Considerando la struttura delle catene appenniniche principali, ad occidente si nota che una linea di andamento ONO limita a Nord il blocco del Gran Sasso. La direzione NE è invece riferibile a faglie trasversali nella stessa struttura appenninica, specialmente a Sud del Gran Sasso.

Sembra perciò probabile che le due orientazioni corrispondano a direzioni di faglia principali dell'Appennino e che l'area di studio sia una zona di intersezione principale. Le due direzioni sarebbero state ringiovanite e sfruttate dai movimenti recenti che hanno determinato lo stile a blocchi di faglia visibile in superficie.

L'area più fortemente interessata dall'intersezione delle due direzioni sarebbe quella compresa fra il fiume Fino e Moscufo. Questo fatto è indicato nel drenaggio da importanti allineamenti in direzione ONO, il maggiore dei quali corrisponde al fiume Fontecchio.

La più importante conseguenza di questa situazione è che le faglie che limitano i blocchi dell'area studiata sarebbero fratture profonde, che possono aver fortemente sezionato la presunta struttura a pieghe di orientamento appenninico della sottostante serie miocenica.

In effetti le tracce superficiali di tale struttura, che dovrebbero avere approssimativamente un orientamento da NNO a NO, sono molto scarse. Questo fatto è probabilmente dovuto al forte spessore dei depositi pliocenici e quaternari e alla giovane età delle deformazioni a blocchi di faglia. Il drenaggio mostra allineamenti con direzione da NO a NNO, che sembrano particolarmente concentrati nei blocchi di Atri e di Spoltore. Essi comunque non sono sufficienti a trarre conclusioni sulla forma e posizione della possibile struttura appenninica sepolta.

E' possibile che i fasci più continui ed evidenti di questi allineamenti indichino zone dove la struttura appenninica è più importante. In particolare essi potrebbero corrispondere a zone di faglia. Il sostegno a questa ipotesi è comunque molto debole.

Fra gli elementi più di dettaglio messi in evidenza dal drenaggio, è da notare la marcata orientazione in senso NE dei due fiumi che scorrono sul blocco di Pianella-Moscufo. Questa orientazione è in qualche modo anomala rispetto alla generale direzione di scorrimento dei fiumi secondari dell'area. Essa è invece parallela alla direzione dei fiumi principali che sappiamo essere controllati da faglie. Questo fatto suggerisce la presenza di faglie di direzione NE entro il blocco di Pianella-Moscufo, che lo suddividerebbero in tre blocchi secondari. Questo tipo di deformazione sarebbe anche responsabile della sinclinale visibile in superficie (Fig. 1).

4.2. RILIEVO

Gli intervalli della carta altimetrica di Fig. 3, sono limitati dalle curve di livallo di 50, 100, 200 e 300 metri. Il contrasto morfologico (Tav. 11) è stato computato per maglie di 1 kmq. e l'intervallo delle curve è di 20 mt. La retinatura di Fig. 4 è stata fatta per intervalli di 40 mt.

La forma generale delle curve altimetriche e di quelle della carta del contrasto sottolinea in maniera molto evidente le caratteristiche già descritte sulla base della geologia di superficie e del modello di drenaggio. In particolare la presenza delle due direzioni intersecantesi, la NE e la ONO, appare molto chiara. Possiamo aggiungere che il sezionamento del rilievo per effetto di queste direzioni è mostrato dall'altimetria in maniera molto più evidente che da gli altri documenti.

Dall'aspetto delle curve altimetriche si nota inoltre che la faglia che determina il limite settentrionale del blocco di Loreto Aprutino, sembra proiettarsi verso Est attraverso il blocco di Spoltore.

Nel blocco di Atri, i fianchi delle due valli maggiori, dei fiumi Picomba e Cerrano, sono molto rettilinei, suggerendo un controllo di faglia secondo la direzione ONO. L'unità verrebbe quindi a suddividersi in tre blocchi secondari allungati in direzione ONO.

La carta del contrasto morfologico mostra due elementi degni di interesse. Entrambi sono anomalie positive indicative di struttura positiva. Il loro valore è anche più alto per la ragione che esse sono localizzate vicino alla costa dove l'altimetria non presenta rilievo particolare.

La più importante delle due anomalie è centrata su Silvi. L'altra copre la metà nordorientale del blocco di Spoltore, in corrispondenza di Montesilvano, e appare limitata verso Sud dalla proiezione della faglia che limita verso Nord il blocco di Loreto Aprutino. Entrambe le anomalie mostrano nel loro aspetto una certa influenza della direzione appenninica. Ciò sarebbe un'indicazione che, durante i movimenti tettonici recenti, queste due zone hanno risentito gli effetti di una preesistente struttura appenninica, molto probabilmente positiva.

Un'altra debole indicazione di possibile influenza appenninica è la torsione verso Nord mostrata dalle curve del contrasto vicino a San Giovanni Teatino. Si tratta comunque di una possibilità molto dubbia.

5. ANALISI DELLE FRATTURE

L'analisi delle lineazioni, o fratture in senso generale, secondo i concetti espressi nell'Appendice 1, è basata sull'esame di una serie di elaborati del campo totale (Tav. 12, Fig. 5) e del campo delle lineazioni lunghe (Fig. 6). Le fasi dell'approccio sono essenzialmente due:

- 1) analisi statistica della distribuzione azimutale;
- 2) analisi della densità di fratturazione.

La prima fase tende alla definizione delle principali direzioni strutturali, del tipo di deformazione da esse determinata, del tipo di struttura locale e regionale a queste connessa. La seconda fase, quella della analisi della densità, ha invece come suo principale obiettivo la localizzazione delle aree di più intensa deformazione e lo studio delle loro caratteristiche, oltre a fornire più generiche informazioni in appoggio alle ipotesi formulate in base agli altri dati esaminati, che sono la geologia di superficie, la stratimetria, e la morfologia.

5.1. DISTRIBUZIONE AZIMUTALE

I diagrammi della distribuzione azimutale delle fratture e delle direzioni di strato sono stati costruiti per unità corrispondenti a quelle definite dalla geologia e morfologia (Fig. 8). I totali sono riportati in Fig. 9, dove i dati sono anche rappresentati su un diagramma polare per una migliore visualizzazione delle direzioni.

Il diagramma di distribuzione delle lineazioni lunghe (Figg. 6 e 9) mostra chiaramente la presenza di due di rettrici principali, NO e NE. Direzioni subordinate sono secondo ONO, NNO e ENE. Questo fatto indica che le fratture più importanti, che sono molto probabilmente indicative di elementi profondi di importanza regionale, sono orientate secondo due direttrici principali.

La direttrice NE, alla quale sono associate la ENE e la ONO. La prima appare come una deviazione della direttrice principale; la seconda, al contrario, sembra essere una direzione indipendente che tuttavia agisce con risultati simili ed entro lo stesso ciclo di deformazione. Questo sistema di fratture, che sarà indicato come Direttrice Antiappenninica, è riflesso dalla situazione superficiale secondo lo stile a blocchi di faglia.

La direttrice NO, alla quale è collegata la NNO come deviazione, rappresenta il riflesso della struttura appenninica che, tuttavia, non è evidente dalle forme superficiali. Il fatto però che la direzione NO sia dominante sull'altra, indica che la struttura appenninica ha un ruolo importante. Questa direzione sarà indicata come Direttrice Appenninica. Il diagramma della distribuzione delle fratture per l'area totale (Fig. 8), mostra il predominio della direttrice Appenninica ed un picco secondario in corrispondenza della E-O fino a ENE. La scarsa evidenza della direttrice Antiappenninica può essere spiegato, esaminando i diagrammi più di dettaglio di Fig. 8, con il fatto che essa non è presente ovunque. Nel totale quindi il suo valore relativo risulta in un certo modo depresso. E' anche da notare come la direzione E-O, nelle fratture, appare sostituire la ONO, espressa dalle lineazioni lunghe e dalle forme geologiche e morfologiche superficiali.

Nel dettaglio della distribuzione azimutale delle fratture, si possono rilevare i seguenti caratteri dei due maggiori sistemi.

Direttrice Antiappenninica

Appare particolarmente sviluppata nei blocchi di Pianella-Moscufo e di Loreto Aprutino. In quest'ultimo la frequenza è ugualmente suddivisa nelle due componenti, NE e E-O. Questo fatto conferma la posizione di questa unità nella zona di maggiore interferenza delle due direzioni che costituiscono la direttrice Antiappenninica. Il blocco di Pianella-Moscufo mostra invece una chiara dominanza della direzione NE.

In entrambe le unità la direttrice Appenninica è quasi assente. Ciò può essere dovuto ad una più forte deformazione di questi blocchi per effetto della tettonica Antiappenninica che ha cancellato gli effetti della componente Appenninica.

La corrispondenza della distribuzione azimutale delle direzioni di strato con la direttrice Antiappenninica indica che le deformazioni superficiali sono collegate alla struttura a blocchi di faglia.

Il blocco di Atri mostra la direttrice Antiappenninica esclusivamente concentrata sulla direzione E-O, in accordo con la variazione già indicata dalla morfologia nell'orientamento di questo tipo di struttura nella parte Nord dell'area studiata. Anche qui è evidente la corrispondenza fra direzioni di strato e direttrice E-O.

Il blocco di Spoltore è interessato molto debolmente dalla Antiappenninica. Questa è infatti rappresentata soltanto da una piccola culminazione E-O, che appare più come proiezione di fratture della stessa orientazione presenti nell'area di Loreto Aprutino, che non come una direttrice di deformazione del blocco stesso. Non ci sono dubbi tuttavia che anche questa unità è di slocata secondo il sistema a blocchi di faglia di tipo Antiappenninico. Il basso valore di questa direttrice all'interno del blocco significherebbe che le deformazioni interne sono relativamente modeste.

Il Blocco Sud mostra una direzione Antiappenninica forte divisa in due componenti, la NE e la E-O. I maggiori elementi visibili in superficie sono tutti orientati in direzione NE. La E-O dovrebbe quindi rappresentare una orientazione di fratturazione secondaria.

Direttrice Appenninica

Benché sia dominante nel diagramma relativo all'area totale essa è presente soltanto in quelli che si riferiscono alle unità strutturali più orientali della area. Nei blocchi di Atri e Spoltore essa è di gran lunga la direzione principale di fratturazione e nel Blocco Sud mostra una picco ben definito.

Sembra quindi presumibile che la struttura di tipo Appenninico, anche se non rappresentata in superficie da elementi evidenti e definiti, sia comunque presente in queste zone. E' tuttavia difficile stabilire quale sia la natura di tale struttura e dove possano esserne localizzati in profondità gli elementi relativi.

Alcuni fasci di fratture visibili nel campo totale (Fig. 5), di direzione da NO a NNO, con qualche deviazione verso la N-S, possono essere interpretati come zone di più alta influenza di struttura appenninica, forse zone di faglia. L'evidenza è comunque molto scarsa.

Si può notare che le direzioni di strato nel blocco di Spoltore e in quello Sud sono concentrate sulla direzione N-S, il quale fatto appare in qualche modo anomalo rispetto alle altre unità. Ciò può forse essere una indicazione di influenza di struttura appenninica.

5.2. DENSITA'

Nel quadro descritto precedentemente, il contributo della carta di densità può essere considerato anche superfluo, specialmente per quanto riguarda la struttura di tipo Antiappenninico. Lo schema e le forme collegate a questo sistema strutturale, sono infatti chiaramente espresse dai dati già analizzati.

Un possibile aiuto può essere fornito per la localizzazione di anomalie che siano ricollegabili a struttura Appenninica. La forte dominanza della direttrice Antiappenninica e l'influenza di alcune zone di copertura alluvionale, tuttavia, rendono difficoltosa l'identificazione di tali anomalie.

In effetti alcune delle anomalie positive di densità mostrano un allineamento in direzione Appenninica. Esse appaiono anche collegate con i fasci di fratture marcati in Fig. 5. Ci riferiamo in particolare alle due anomalie fra Mutignano e Città Sant'Angelo, al gradiente rettilineo a Sud di Città Sant'Angelo, all'anomalia a Sud di Caprara e a quella presso Silvi, la quale corrisponde anche ad una anomalia del contrasto morfologico. La densità delle fratture, al contrario, non suffraga l'anomalia di contrasto, supposta come riferibile a struttura Appenninica, localizzata vicino a Montesilvano.

6. CONCLUSIONI

I risultati dell'interpretazione fotogeologica sono stati riepilogati in Fig. 10.

La struttura dell'area è controllata in maniera dominante dalla direttrice strutturale Antiappenninica. Questa è formata da due componenti, una orientata in direzione NE, l'altra in direzione E-O, fino a ONO. Entrambe le componenti sembrano riflettere direzioni importanti di fratturazione trasversale della catena Appenninica principale.

La struttura determinata dalla direttrice Antiappenninica è un sistema di blocchi, limitati da faglie orientate in direzione NE nella metà meridionale dell'area e E-O nella metà settentrionale. I blocchi mostrano anche una componente di inclinazione verso SE.

Il movimento dei blocchi sembra essersi iniziato nel Pliocene superiore e continuato fino a tempi recenti. Il sollevamento appare avvenuto in tempi successivi, iniziando dal blocco di Pianella-Moscuo, dove il Pliocene Superiore è mancante. Successivamente si sarebbero sollevati il blocco di Loreto Aprutino, dove manca il Calabriano Superiore, e il blocco di Spoltore, dove non si trovano resti del piano alto Calabriano. La presenza di tre, e forse quattro, ordini di terrazze pleistoceniche ad altitudine relativamente elevata, in tutte le unità strutturali dell'area, indica che il sollevamento principale è avvenuto durante quel periodo e in più fasi.

Si suppone che la serie miocenica e parte di quella pliocenica, in profondità, siano deformate secondo la direttrice Appenninica. Ciò perché le rocce mioceniche affioranti a occidente dell'area studiata, mostrano un chiaro orientamento strutturale secondo questa direzione. Inoltre la presenza della direttrice Appenninica è chiaramente mostrata dalle fratture. In particolare, nei blocchi di Atri, Spoltore e Sud, l'Appenninica è dominante nella distribuzione azimutale delle fratture.

Tuttavia, è difficile accertare il tipo di struttura e la localizzazione dei suoi elementi. Alcuni fasci di fratture visibili nel campo totale delle lineazioni suggeriscono influenza di zone di faglia di tipo appenninico (Fig. 5), e anomalie di contrasto morfologico e di densità di fratture indicano le possibili zone dove gli effetti della struttura appenninica sono più sentiti in superficie (Figg. 4 e 7). Il forte spessore

dei sedimenti pliocenici e quaternari e la giovane età delle deformazioni a blocchi di faglia di tipo Antiappenninico, non permettono però di definire la forma e la natura di questi elementi Appenninici. Essi devono quindi essere considerati con molta cautela e soltanto come deboli e dubbie indicazioni.

Entro i confini del permesso Montesilvano, le forme più interessanti appaiono l'anomalia del contrasto morfologico localizzata nel blocco di Spoltore, vicino a Montesilvano. L'altra anomalia di contrasto, vicino a S. Giovanni Teatino, nel Blocco Sud, è invece molto dubbia.

E' anche possibile che, nella porzione meridionale del blocco di Atri, della struttura Appenninica esista come proiezione delle anomalie di densità di fratture che si trovano fra Mutignano e Città Sant'Angelo.

La tettonica antiappenninica è in ogni caso da essere tenuta seriamente in considerazione per i suoi effetti di dislocazione sulle possibili strutture appenniniche. Questa dislocazione è intesa principalmente come dissezione di elementi appenninici per effetto di faglie antiappenniniche, con conseguente inclinazione verso SE. Tali faglie possono anche aver prodotto chiusure secondarie nelle strutture appenniniche.

Le conclusioni di questo rapporto sono forzatamente limitate dal carattere di analisi preliminare che è peculiare della indagine fotogeologica. Esse devono essere attentamente analizzate con l'aiuto della informazione geofisica e di sottosuolo. Saremo comunque lieti in ogni momento di rivedere e completare la nostra interpretazione ogni volta che nuovi dati si rendono disponibili.

APPENDICE 1

METODO E TECNICA (*)

L'aspetto essenziale del nostro metodo per uno studio fotogeologico completo, che, partendo dai dati di superficie, porti ad una descrizione della geologia superficiale e ad una interpretazione della struttura, sia regionale che locale, si basa sul coordinamento dei risultati di tre diverse linee di approccio, come mostrato nello schema di pag. II.

- 1 - Litologia e stratificazione (fotogeologia convenzionale), spesso sostenuta da elementi morfologici.
- 2 - Studio della geomorfologia, basato sull'analisi del reticolo idrografico e delle forme del rilievo.
- 3 - Studio delle lineazioni visibili sulle foto aeree e interpretate con procedimenti statistici e quantitativi (analisi delle fratture).

La chiave per il coordinamento di questi tre gruppi separati di dati, è un sistema di confronto di simboli lineari che permette il riconoscimento di forme e di relazioni di simmetria comuni a due o più gruppi di dati.

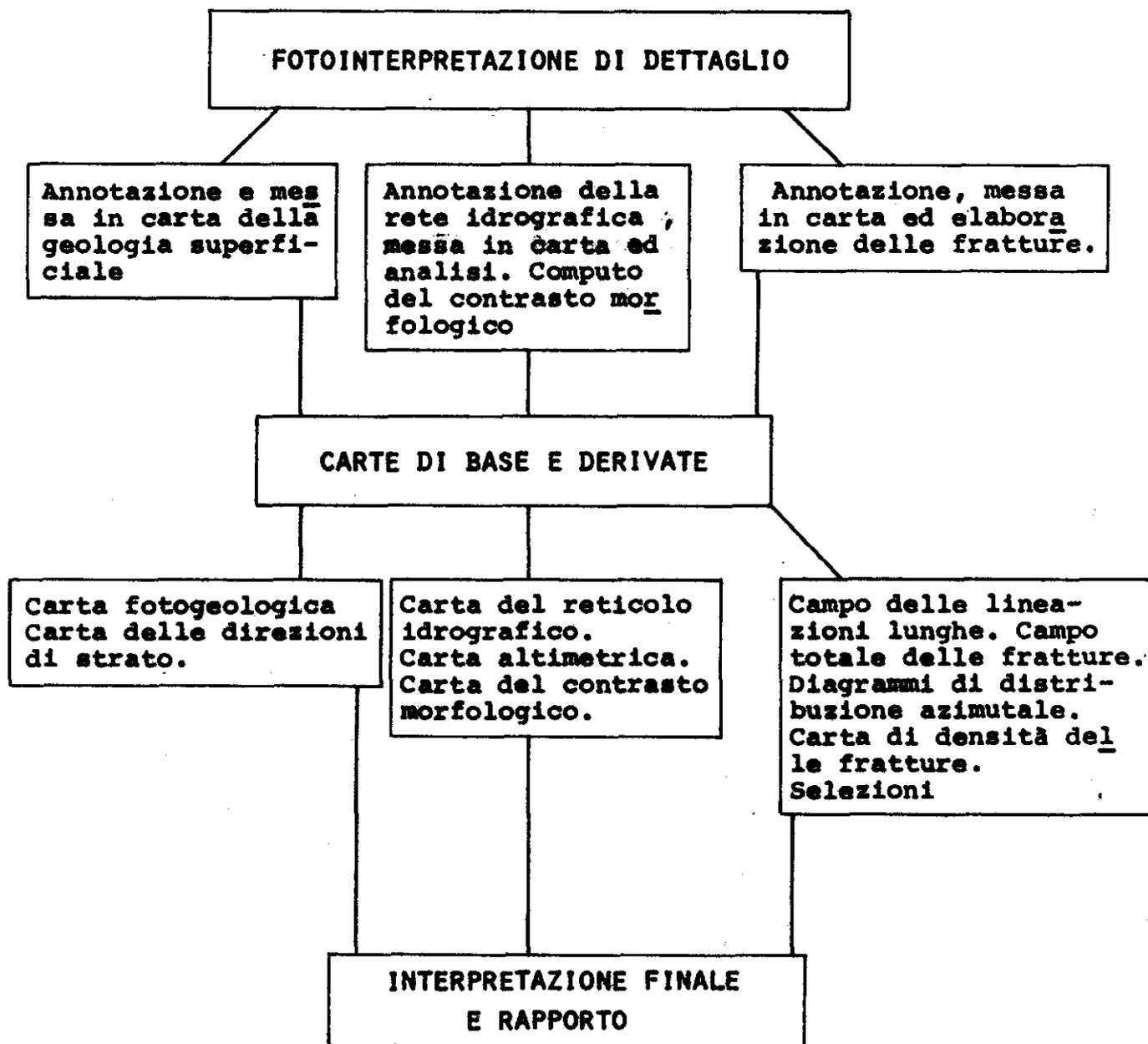
Un assunto basilare è che certi orientamenti e certe relazioni di simmetria, riconoscibili nelle forme superficiali, sono espressivi di condizioni strutturali profonde. Nella fase conclusiva assume grande importanza il processo di eliminazione di anomalie o di interpretazioni strutturali che non appaiano abbastanza coerenti con i dati forniti da una o due delle linee di approccio menzionate. La massima importanza ed attendibilità, quindi, viene conferita a quelle forme che siano convalidate da tutti e tre i tipi di analisi e siano concordanti con le conoscenze geologiche di base dell'area di studio.

1 - LITOLOGIA E STRATIFICAZIONE.

Questi due tipi di dati offrono informazioni essenziali sia su forme strutturali regionali, sia sulle strutture di dettaglio dello spessore più superficiale, nelle aree di chiaro affioramento. L'insieme di limiti formazionali o litostratigrafici, livelli guida, pendenze di strato, faglie,

(*) Questa appendice, essendo di contenuto generale, è largamente rielaborata da rapporti precedenti, pubblicazioni e conferenze.

FASI DI UNO STUDIO FOTOGEOLOGICO COMPLETO-PROCEDURA STANDARD



sistemi di diaclasi, etc.. fornisce un documento di base, la "Carta Fotogeologica", per ulteriori elaborazioni e come base per l'interpretazione.

Un tipo di elaborazione dei dati stratimetrici dà la "Carta delle direzioni di strato". Questa può essere definita come una carta che contiene una descrizione della struttura affiorante per mezzo di linee di forma ottenute per correlazione e generalizzazione dei dati stratimetrici. Ciascuna direzione di strato viene estesa parallelamente a sé stessa, tenendo conto del controllo delle direzioni di strato adiacenti e delle forme descritte dai livelli guida. La carta che si ottiene permette una immediata visualizzazione delle singole forme strutturali, come pure dei differenti caratteri e stili della struttura di una certa regione.

Un'altra elaborazione dei dati stratimetrici è condotta attraverso il loro conteggio statistico, con lo scopo di ottenere un'informazione quantitativa sulla distribuzione azimutale delle direzioni di strato e da questa determinate le direttrici della struttura affiorante e le componenti strutturali di forme locali. Questo tipo di informazione è particolarmente utile quando venga messo in relazione alla distribuzione delle fratture per l'interpretazione dello stile strutturale delle direttrici riconosciute. A questo scopo i dati sono riportati sullo stesso diagramma.

I dati della litologia e della stratificazione possono tuttavia essere molto scarsi o dubbi in aree estesamente coperte da depositi inconsolidati o con forti spessori di sedimenti recenti. In tali aree il confronto di dati stratimetrici, anche discontinui, con forme messe in evidenza dalla morfologia o dalle fratture può condurre a importanti deduzioni di carattere strutturale. In molti casi le tracce della direzione degli strati di strutture coperte da depositi recenti o da fitta vegetazione, possono essere riconosciute come "fantasmi". In questi casi poche pendenze di strato che siano visibili, o anche scarse informazioni di campagna, sono sufficienti a determinare le immersioni. In ogni caso i "fantasmi" danno la forma generale della struttura.

Inoltre lo studio di particolari elementi morfologici, come le superfici di erosione, le terrazze fluviali, i pendii topografici, le forme evo-

lutive del drenaggio, effetti erosionali locali, etc., possono aiutare l'interpretazione della evoluzione strutturale regionale e locale.

2 - STUDIO DELLA GEOMORFOLOGIA

Questo tipo di analisi, come procedura associata alla fotogeologia e all'analisi delle fratture, prende in considerazione due elementi base della morfologia superficiale: il reticolo idrografico e il rilievo.

RETICOLO IDROGRAFICO

L'analisi del reticolo idrografico, come metodo per ottenere informazioni sulla litologia e, più ancora, sulla struttura di un'area, si applica in maniera più efficace, e anche più giustificata, nelle aree dove la geologia di superficie non è evidente, sia perchè la struttura è così blanda da non poter essere determinata, sia dove si voglia localizzare forme strutturali sotto una copertura di sedimenti recenti o di suolo vegetale.

Si tratta quindi d'interpretare particolari forme o anomalie del reticolo, che possano dare indicazioni di struttura o di litologia non altrimenti riconoscibile, o di cui solo pochi dati sono conosciuti. L'uso del reticolo idrografico a questo scopo è basato sulla estrema sensibilità dei corsi d'acqua alle pendenze regionali, a fatti strutturali locali, a variazioni litologiche e agli effetti di movimenti verticali recenti. Altri fattori sono il clima e lo stadio di evoluzione del paesaggio. Questi fattori tuttavia, essendo costanti su grandi estensioni, possono facilmente essere determinati e tenuti in considerazione. Essi non influenzano comunque le anomalie locali che sono appunto il nostro obiettivo principale.

Per lo scopo della nostra analisi, dove anche piccole anomalie possono avere la loro importanza, è necessario che l'annotazione sia eseguita il più dettagliatamente e accuratamente possibile. In particolare essa deve essere omogenea, essendo significative anche le differenze di densità.

La carta del reticolo idrografico che ne risulta viene annotata da tutti quegli elementi che possono essere importanti per l'interpretazione. Essi sono:

- gli spartiacque principali e secondari, che danno la forma, l'estensione dei bacini e la direzione del loro asse, oltre che marcare l'andamento del rilievo;
- gli effetti direzionali, dritti o curvi, che sono di solito prodotti da fratture, o dalla stratificazione;
- gli allineamenti di rotture di pendio, che possono indicare sia fratture che cambiamenti litologici o variazioni nella pendenza degli strati o anche linee di discordanza stratigrafica;
- le forme circolari, centrifughe, centripete, le deviazioni anomale, che sono di solito l'effetto di condizioni strutturali locali;
- le anomalie di densità che, in aree con evoluzione morfologica omogenea, sono collegate a fattori litologici o strutturali.

Considerando tutti questi elementi, nella loro individualità e nelle loro associazioni, si può arrivare a trarre deduzioni sulla forma, dimensioni e andamento della struttura, sia regionale che locale, e su differenziazioni litologiche che non siano evidenti in altro modo, a seconda degli scopi della ricerca.

L'interpretazione può essere poi confermata o meno, mettendola in relazione con i dati stratimetrici esistenti, con livelli di guida, anche se frammentari o non correlati, con particolari densità di fratturazione o fasci di fratture di spiccata individualità. Spesso il confronto con forme di aree dove la struttura è affiorante, può essere preso come modello per interpretare aree dove questa è invece mascherata. Dove la struttura è evidente la forma del reticolo idrografico può anche fornire informazioni sulla presenza di movimenti recenti. Per esempio un'anomala alta densità del reticolo in un'area con litologia uniforme e struttura visibile ad uno stadio avanzato di maturità morfologica indica che una certa forma strutturale ha subito un ringiovanimento recente. Come invece un sistema di rilievo invertito, cioè con i fiumi principali lungo gli assi delle anticlinali e le sinclinali in rilievo, è un'indicazione di struttura antica non ringiovanita.

In regioni morfologicamente vecchie, od in ogni caso piatte, dove i fiumi maggiori mostrano un intenso sviluppo di meandri, la concentrazione, la posizione dei meandri abbandonati rispetto al fiume attuale, o anche la migrazione di un tratto di un corso d'acqua, può dare indicazioni di movimenti recenti di leggero inarcamento o di inclinazione. In tali regioni un tratto partico-

larmente diritto di un corso d'acqua che mostra normalmente andamento meandriforme, può mettere in evidenza un alto strutturale locale o una differenziazione litologica. Nello stesso modo la ricostruzione delle varie generazioni di canalizzazioni di un delta, e quindi la ricostruzione della sua evoluzione, può fornire importanti informazioni strutturali.

Certi effetti direzionali sul drenaggio sono generalmente prodotti dalla disposizione delle testate di strato o da sistemi di fratture. Gli effetti della stratificazione sono generalmente riconoscibili sulle fotografie aeree, cosicché gli altri effetti possono essere riferiti ai sistemi di frattura, anche dove un'evidenza diretta non è controllabile. Il contributo delle forme del reticolo idrografico all'interpretazione delle direttrici strutturali è particolarmente utile nell'ubicazione, sia di fasci di fratture, che di lunghi allineamenti che spesso risultano mascherati nel dettaglio del campo delle fratture. Anche allineamenti di anomalie di tipo simile del reticolo possono contribuire alla definizione dell'orientamento di elementi strutturali in scala regionale.

DRENAGGIO FOSSILE

Un altro elemento morfologico che dà importanti informazioni, sia per la ricostruzione dell'evoluzione morfologica di una regione, sia per l'assetto strutturale locale, è la presenza di reticoli idrografici fossili. Esiste tutta una serie di gradazioni di tipi di fiumi fossili, che vanno dalla fase immediatamente successiva ai canali abbandonati di un sistema attivo, fino ai resti in rilievo che si ritrovano in regioni desertiche. I fiumi fossili sono generalmente correlabili in un sistema che ha le caratteristiche di un reticolo idrografico e che spesso non mostra nessuna relazione funzionale con il reticolo attivo esistente. In regioni desertiche essi si trovano in aree dove non esiste addirittura nessun reticolo attuale. E' possibile talvolta ricostruire vari sistemi e stabilire la loro successione sulla base del loro modo di intersecarsi.

Il confronto dei sistemi fossili con il reticolo attuale attivo è spesso una chiave per l'individuazione di deboli deformazioni strutturali

che siano avvenute tra i tempi attuali e il tempo nel quale quel certo reticolo idrografico si era sviluppato. La datazione di un sistema fossile è talvolta possibile per la presenza di sedimenti di età conosciuta che riposano sopra di esso.

RILIEVO

Lo studio del rilievo topografico è considerato come interpretazione dell'altimetria, sia in maniera qualitativa come forme messe in evidenza dalle curve di livello, sia in maniera quantitativa come valori assoluti e relativi di quota e valori di pendio. L'assunto che sta alla base di questo tipo di analisi è che esiste una corrispondenza originale tra la struttura ed il rilievo. In questo quadro le anomalie di corrispondenza divengono significative di particolari condizioni litologiche o strutturali e possono essere indicative di movimenti strutturali recenti.

Certi elementi anomali del rilievo acquistano anche particolare importanza quando siano confermati da dati di altra natura, come particolari forme del reticolo idrografico, delle fratture, o della stratimetria anche se scarsa. Ciò in particolare quando esistano tipiche associazioni di forme, come allineamenti di gradienti lineari e particolarmente forti nelle curve di livello o allineamenti di forme. Il confronto tra l'altimetria e gli altri documenti può inoltre aiutare l'interpretazione di questi. Nel caso di aree molto piatte, per esempio, certe anomalie dell'idrografia o delle fratture acquistano un valore particolare.

Un'elaborazione più dettagliata e di tipo quantitativo dei dati altimetrici viene compiuta attraverso la costruzione di carte del CONTRASTO MORFOLOGICO. I valori del contrasto morfologico sono direttamente collegati alla quantità e velocità di erosione. Essi risultano dal bilancio fra la velocità delle deformazioni strutturali e la velocità di erosione e risedimentazione, localmente condizionati dalla litologia e dall'assetto degli strati. Questi ultimi fattori sono noti in aree di affioramento evidente e possono invece essere interpretati in aree coperte.

Le carte del contrasto morfologico possono essere costruite con due metodi differenti che corrispondono a due differenti gradi di dettaglio. Un metodo consiste nel ricostruire la superficie

di inviluppo inferiore, basata sui profili delle valli o depressioni e che corrisponde al livello di base dell'erosione, e una superficie di inviluppo superiore basata sui punti più alti del rilievo e che rappresenta la migliore approssimazione possibile, in relazione allo stadio di evoluzione morfologica di una regione, alla superficie originale pre-erosione. Le curve tracciate in base alle differenze tra le due superfici rappresentano i valori di contrasto generalizzati. Le anomalie del contrasto verranno ad essere riferite a fattori litologici o strutturali. Quando la litologia è conosciuta, le anomalie positive di contrasto corrisponderanno ad aree di struttura positiva. Generalmente questo metodo è adottato per studi di carattere regionale quando si vogliono ricostruire forme generali che possono non essere più espresse dall'altimetria.

Un dettaglio maggiore, e per certi aspetti un tipo diverso d'informazione, si ottiene dalle carte di contrasto morfologico costruite per maglie di unità di superficie. A questo scopo vengono annotati i valori minimi e massimi di quota entro maglie di una determinata superficie. Le differenze, riferite al centro di ciascuna maglia, sono poi riunite da curve. Questo metodo può essere applicato, sia partendo da carte topografiche con curve di livello, sia direttamente dalle fotografie aeree, misurando direttamente le differenze di quota con la barra di pagallasse. La carta che ne risulta esprime una situazione che è più vicina a quella attuale, che non la carta che si ottiene con il metodo descritto precedentemente, e sarà quindi interpretata entro aree morfologicamente omogenee o per mettere in rilievo differenze di grandi dimensioni. Entro tali aree le anomalie positive o negative possono acquistare un significato litologico o strutturale.

Dal principio sul quale questo tipo di analisi è basata è chiaro che l'informazione più interessante che si ottiene è quella che si riferisce a movimenti strutturali recenti o ad elementi strutturali che siano coperti sotto sedimenti più giovani. In certi casi i valori del contrasto possono essere utilizzati per meglio definire, anche da un punto di vista quantitativo, le aree con un certo livello di evoluzione morfologica. E' ovvio che l'informazione fornita da questi documenti è tanto più attendibile quanto più forte è la corrispondenza con ele-

menti messi in rilievo dalla geologia, dal reticolo idrografico e dall'analisi delle fratture.

3 - ANALISI DELLE FRATTURE

L'analisi delle fratture consiste essenzialmente nello studio di tutti quegli elementi lineari che possono essere osservati in una fotografia aerea. In altre parole essa consiste nel selezionare tutte le forme che hanno in comune la peculiarità d'intersecare il piano orizzontale con una linea pressoché diritta. Il postulato che sta alla base di tale scelta è che le deformazioni ad alta velocità della crosta, com'è appunto il caso della fratturazione, al contrario di quanto accade per le deformazioni a bassa velocità, sono espresse in superficie da tracce pressoché diritte. Questa è la ragione per la quale parliamo di analisi di fratture a proposito di un procedimento che prende in considerazione tutti gli elementi lineari visibili sulle fotografie. Infatti noi consideriamo che questi elementi lineari, o almeno la grande maggioranza di essi, siano l'effetto diretto o indiretto di una meccanica disgiuntiva.

Un altro assunto basilare dell'interpretazione delle lineazioni da foto aeree è che queste forme siano espressione di una deformazione che interessa un ragguardevole spessore di rocce sotto la superficie attuale e che esse possano trasmettersi, nel tempo, da elementi strutturali sepolti attraverso spessori di sedimenti più giovani fino alla superficie. Si presume anche che sia possibile, attraverso un'analisi accurata, separare parzialmente famiglie, sistemi o fasci di tali lineazioni. Dai postulati premessi deriva che la analisi delle fratture permette di ricostruire il carattere delle deformazioni strutturali che sono avvenute in una certa regione, di determinare lo stile che sta alla base della struttura locale e di ubicare elementi strutturali sepolti.

L'annotazione è generalmente condotta in due fasi: la prima di carattere più generale è eseguita sui fotomosaici e consiste nell'annotazione delle lineazioni lunghe. Queste sono elementi lineari d'importanza regionale, di una lunghezza che supera almeno i 15 km., e sono molto evidenti anche senza la visione stereoscopica.

L'annotazione analitica delle coppie stereoscopiche, infatti, talvolta non permette di seguire elementi lineari continui su distanze molto lunghe. Queste forme sono quindi messe in carta e computate separatamente non solo perchè provenienti da un diverso metodo di annotazione, ma anche perchè le loro dimensioni possono avere un significato strutturale speciale. Il campo delle lineazioni lunghe inoltre è facilmente analizzato senza una necessaria elaborazione statistica e può aiutare nell'ubicare i maggiori fasci di fratture dato che queste risentono molto debolmente di situazioni strutturali locali.

Tutti gli elementi di dettaglio sono invece annotati sulle coppie stereoscopiche. Questi elementi possono essere raggruppati in classi, a seconda del loro modo di apparire e della loro importanza.

- Le faglie che si mostrano come chiare linee di rottura nelle formazioni affioranti, spesso con spostamento visibile, o come netti limiti tra unità rocciose diverse.
- Le diaclasi che sono particolarmente evidenti in rocce competenti.
- Le fratture iniettate o i dicchi che sono normalmente ben riconoscibili per il loro tono più scuro o molto più chiaro e per essere generalmente in rilievo o in depressione a seconda della relazione di durezza con le rocce incassanti.
- Allineamenti di dettagli morfologici, come scarpate diritte, rotture di pendio, allineamenti di drenaggio.
- Allineamenti di vegetazione, cioè la presenza di vegetazione lungo linee diritte in aree semidesertiche o tipo diverso e diversa densità in aree coperte da vegetazione anche fitta. Questo fatto è dovuto al diverso grado di umidità esistente lungo le linee di frattura.
- Linee tonali o limiti tonali diritti.
- Allineamenti di microdettagli o associazione di due o più degli elementi descritti sopra.

E' importante che il fotointerprete possa riconoscere ed eliminare quindi, durante l'annotazione, tutti gli elementi lineari che non sono chiaramente in relazione alla fratturazione, come le forme dovute all'azione dell'uomo o quelle che derivano da effetti dinamici superficiali, come gli effetti del vento nelle aree desertiche. A meno che non si possa riconoscere che esiste anche per essi un controllo da parte della fratturazione. Un altro elemento che deve essere considerato è la stratificazione dove essa è ben visibile, dato che la stratificazione può mostrare forme lineari che non sono da fratturazione. A questo proposito l'esperienza del fotointerprete è una condizione essenziale e basilare.

A seconda degli scopi e della scala del lavoro l'annotazione può essere condotta in maniera differenziale, separando tutti gli elementi base descritti sopra, o gruppi di essi. Per studi strutturali di carattere regionale, o quando si voglia definire la presenza di elementi strutturali sepolti sotto coperture recenti, dove quindi l'interpretazione è basata soprattutto sull'analisi statistica di una grande quantità di dati, la classificazione delle fratture può essere superflua.

Il documento che si ottiene dall'annotazione è il "Campo totale delle lineazioni". Nella maggior parte dei casi il quadro offerto dal campo totale è così denso e ricco di elementi che l'analizzarlo senza un metodo logico e statistico porterebbe ad un numero quasi infinito di possibili combinazioni ed interpretazioni. L'informazione che noi vogliamo ottenere da un campo di fratture si riferisce principalmente a due serie di dati: la direzione e l'importanza relativa delle direttrici di fratturazione e la distribuzione della densità di fratturazione.

Per il primo scopo si prendono in considerazione le lunghezze e gli azimuth delle lineazioni per costruire dei diagrammi di distribuzione azimutale. I diagrammi vengono computati per unità di superficie, per unità stratigrafiche o strutturali, o per singole anomalie. Il computo di tali diagrammi può essere eseguito con vari metodi. Quello che è normalmente impiegato presso la Geomap si serve di uno strumento automatico, elettro-ottico, studiato e messo a punto dal Prof. E. Marchesini. Questo apparecchio produce un diagramma continuo della distribuzione azimutale delle lineazioni per qualunque porzione del campo totale che venga scelta. La curva del diagramma è equivalente ad un istogramma di 16 classi di azimuth, ciascuna con una ampiezza di $11^{\circ} 15'$, dove i valori assoluti sono stati ridotti a percentuali.

Quando sulla base dei diagrammi, le direttrici strutturali più significative siano state definite, queste possono essere separate cartograficamente, per permettere l'interpretazione più dettagliata ed anche per poter costruire delle carte di densità di ciascuna direttrice. La selezione dal campo totale di ciascuna direttrice può essere eseguita con il metodo del "Laser Scan", comunemente applicato in geofisica per selezionare le direttrici nei profili sismici, per ogni ampiezza di azimuth che sia considerata significativa.

L'altro tipo di elaborazione del campo totale prende in considerazione la distribuzione areale della densità delle lineazioni, senza tener conto dell'azimuth.

I documenti prodotti sono la carta di densità del campo totale delle lineazioni, come pure le carte di densità di qualunque direttrice selezionata. Il processo è eseguito con un metodo fotografico, anch'esso studiato e messo a punto dal Prof. E. Marchesini, partendo direttamente dal campo totale o dai campi selezionati. Il metodo fornisce una rappresentazione dei valori di densità per mezzo delle variazioni d'intensità di un opportuno retino fotografico. Delle curve possono poi essere tracciate, per separare i livelli, sulla base del codice fornito dal retino, o possono essere ottenute automaticamente con processo fotografico. Ciascun livello di densità è espresso in valori numerici, cioè da metri di lineazioni per kmq. di superficie.

Il valore di questa carta di densità, per l'interpretazione strutturale, può essere assai elevato se il procedimento di raccolta dei dati è uniforme su tutta l'area di studio. Dobbiamo riconoscere però che vari fattori possono dare una deformazione del quadro d'insieme, come la scala e la qualità delle fotografie e l'esperienza del fotointerprete. Il confronto fra aree di studio diverse, specialmente se le fotografie sono sostanzialmente diverse per scala e qualità, ed i fotointerpreti sono differenti, può essere fatto solo dopo aver apportato correzioni per mezzo di coefficienti convenientemente calcolati.

L'interpretazione dell'informazione fornita dalle fratture è condotta secondo i due tipi di analisi che abbiamo descritto. La distribuzione statistica delle frequenze relative per azimuth permette il riconoscimento di un numero limitato di direttrici significative. I nomi come "dominante", "secondaria", e "subordinata" sono dati sulla base delle frequenze relative statistiche e non hanno all'inizio nessuna implicazione di carattere strutturale.

Una prima analisi viene eseguita sulla base del diagramma relativo all'area totale, in confronto con la distribuzione delle lineazioni lunghe. Questo dà una prima definizione delle direttrici di carattere regionale. L'insieme dei diagrammi per aree più limitate, normalmente per aree di 15' o di 20' lat.long., fornisce un'informazione più dettagliata sulla distribuzione e sulla intensità locale di ciascuna direttrice. I diagrammi di distribuzione azimutale per unità stratigrafica ed i totali in sequenza cronologica permettono di stabilire certe relazioni tra unità di età o di litologia differente e particolari direttrici, e di determinare anche una loro possibile successione cronologica.

A questo punto, il confronto con i dati ottenuti dalla fotogeologia e dalla morfologia, e con l'informazione geologica regionale permette la definizione del tipo di deformazione collegato a ciascuna direttrice e delle relazioni tra le varie direttrici. E' importante a questo punto il confronto con la distribuzione azimutale delle direzioni di strato. E' possibile perciò stabilire quali sono le principali direttrici di piegamento e quali sono invece le direttrici con prevalente fratturazione trasversa o quelle collegate ad uno stile a blocchi di faglia. Dentro il quadro regionale così definito sarà possibile quindi definire i caratteri strutturali di anomalie locali messe in rilievo anche da altre serie di dati, e di eventuali strutture sepolte, delle quali solo poche indicazioni sono visibili in superficie, computando diagrammi individuali.

La carta di distribuzione della densità può essere considerata come un documento che rappresenta effetti di varia origine. Principalmente le proprietà meccaniche e l'età delle formazioni affioranti, il tipo e le dimensioni della struttura locale. Come regola generale le aree dove sono presenti deformazioni tensionali sono più ricche di fratture e lineazioni visibili che non quelle dove si abbia compressione gravitazionale, come per esempio le zone centrali delle sinclinali. Altri aspetti comunemente osservati sono i massimi assoluti di densità sui fianchi di strutture positive molto grandi ed in corrispondenza di ripidi gradienti delle anomalie di Bouguer.

In conclusione, come risultato di quest'analisi, importanti forme strutturali, sepolte sotto coperture di sedimenti relativamente recenti e povere di evidenza superficiale, possono essere messe in evidenza come anomalie di densità. Oltre a ciò la carta di densità del campo totale spesso mostra interessanti allineamenti di forme e di gradienti che possono confermare il valore di direttrici strutturali e localizzare aree con forte fratturazione a scala regionale. Come pure grandi zone di densità bassa possono corrispondere alle porzioni più profonde di un bacino dove è presente un più alto spessore di sedimenti.

Le carte di densità delle direttrici selezionate sono molto importanti per la localizzazione di elementi strutturali appartenenti ad una certa direttrice, riconosciuta nell'analisi precedente come collegata a piegamento o a deformazione per blocchi. Anche nella ricerca mineraria la carta di densità di una determinata direttrice, riconosciuta come mineralizzata,

permette la localizzazione di aree dove la fratturazione di questa direttrice è più intensa.

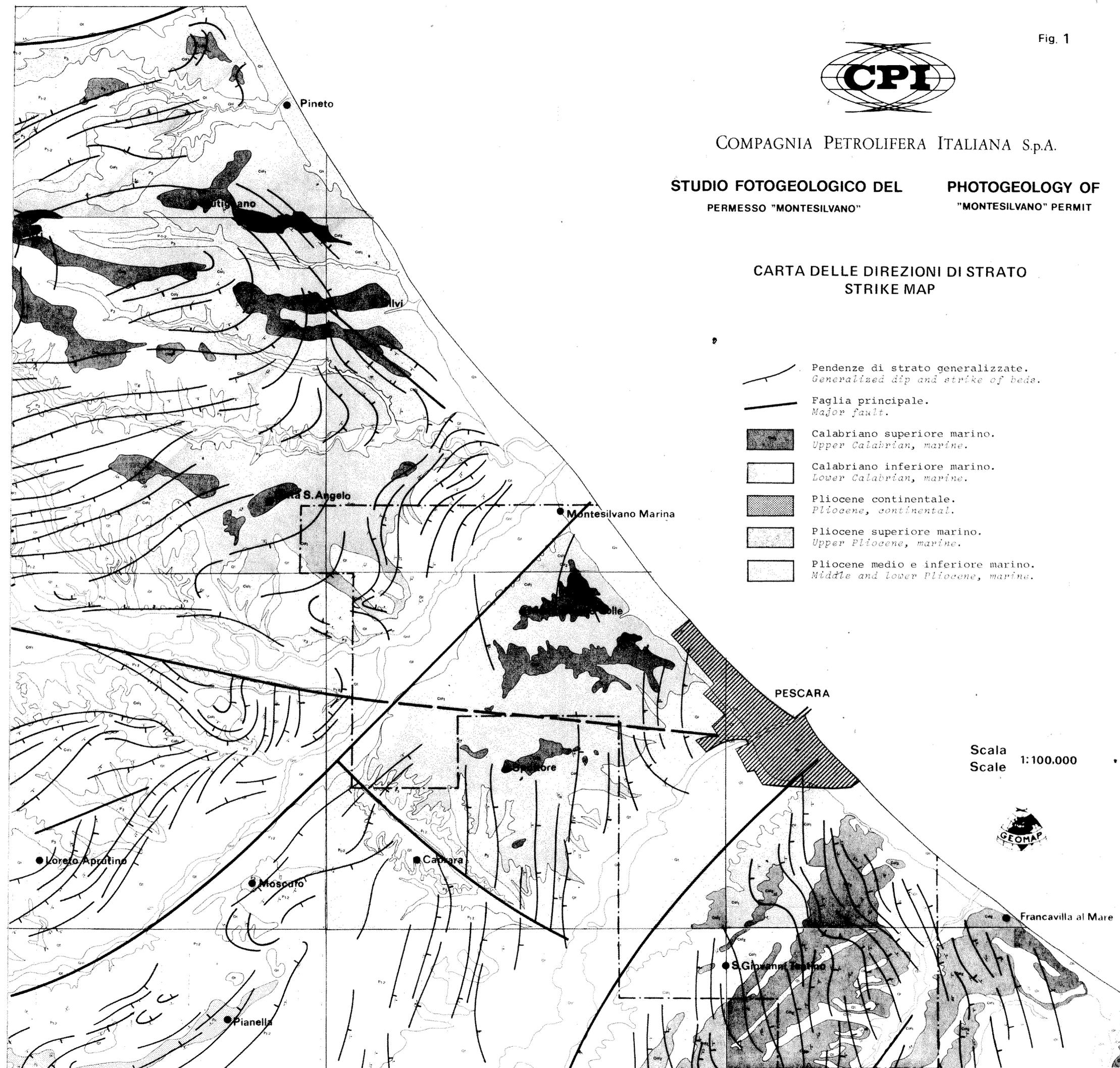
Dobbiamo tuttavia mettere in evidenza che essendo la densità di fratturazione influenzata da fattori superficiali o personali, le carte di densità devono essere considerate generalmente per forme relativamente grandi e con forti differenze. E' tuttavia possibile preparare carte di correzione per gli effetti superficiali o correggere direttamente la carta stessa sulla base di coefficienti appropriatamente calcolati.



COMPAGNIA PETROLIFERA ITALIANA S.p.A.

STUDIO FOTOGEOLOGICO DEL
PERMESSO "MONTESILVANO"PHOTO GEOLOGY OF
"MONTESILVANO" PERMITCARTA DELLE DIREZIONI DI STRATO
STRIKE MAP

-  Pendenze di strato generalizzate.
Generalized dip and strike of beds.
-  Faglia principale.
Major fault.
-  Calabriano superiore marino.
Upper Calabrian, marine.
-  Calabriano inferiore marino.
Lower Calabrian, marine.
-  Pliocene continentale.
Pliocene, continental.
-  Pliocene superiore marino.
Upper Pliocene, marine.
-  Pliocene medio e inferiore marino.
Middle and lower Pliocene, marine.

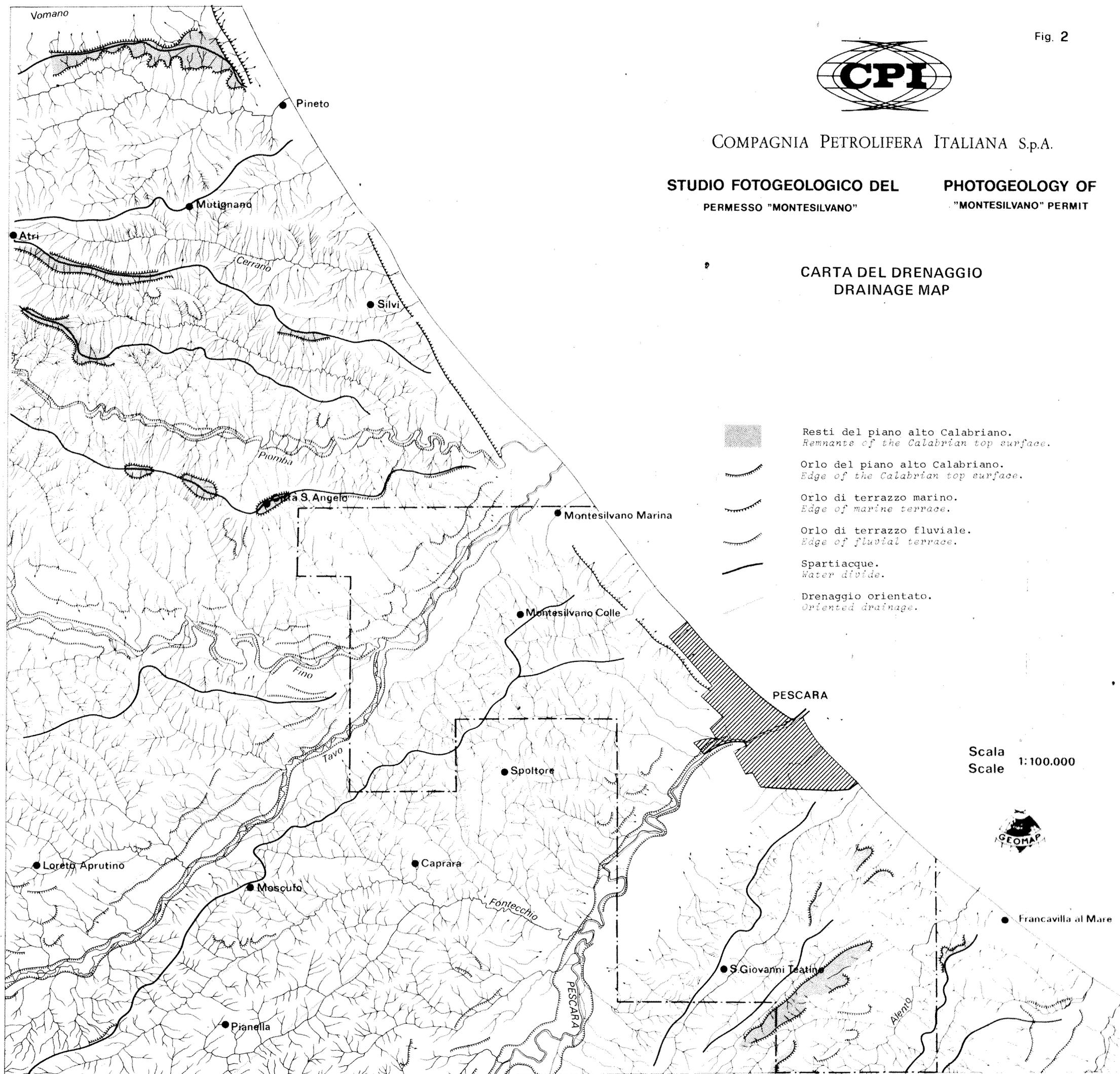




COMPAGNIA PETROLIFERA ITALIANA S.p.A.

STUDIO FOTOGEOLOGICO DEL PERMESSO "MONTESILVANO" PHOTOGEOLOGY OF "MONTESILVANO" PERMIT

CARTA DEL DRENAGGIO DRAINAGE MAP



-  Resti del piano alto Calabriano.
Remnants of the Calabrian top surface.
-  Orlo del piano alto Calabriano.
Edge of the Calabrian top surface.
-  Orlo di terrazzo marino.
Edge of marine terrace.
-  Orlo di terrazzo fluviale.
Edge of fluvial terrace.
-  Spartiacque.
Water divide.
-  Drenaggio orientato.
Oriented drainage.

Scala 1:100.000
Scale



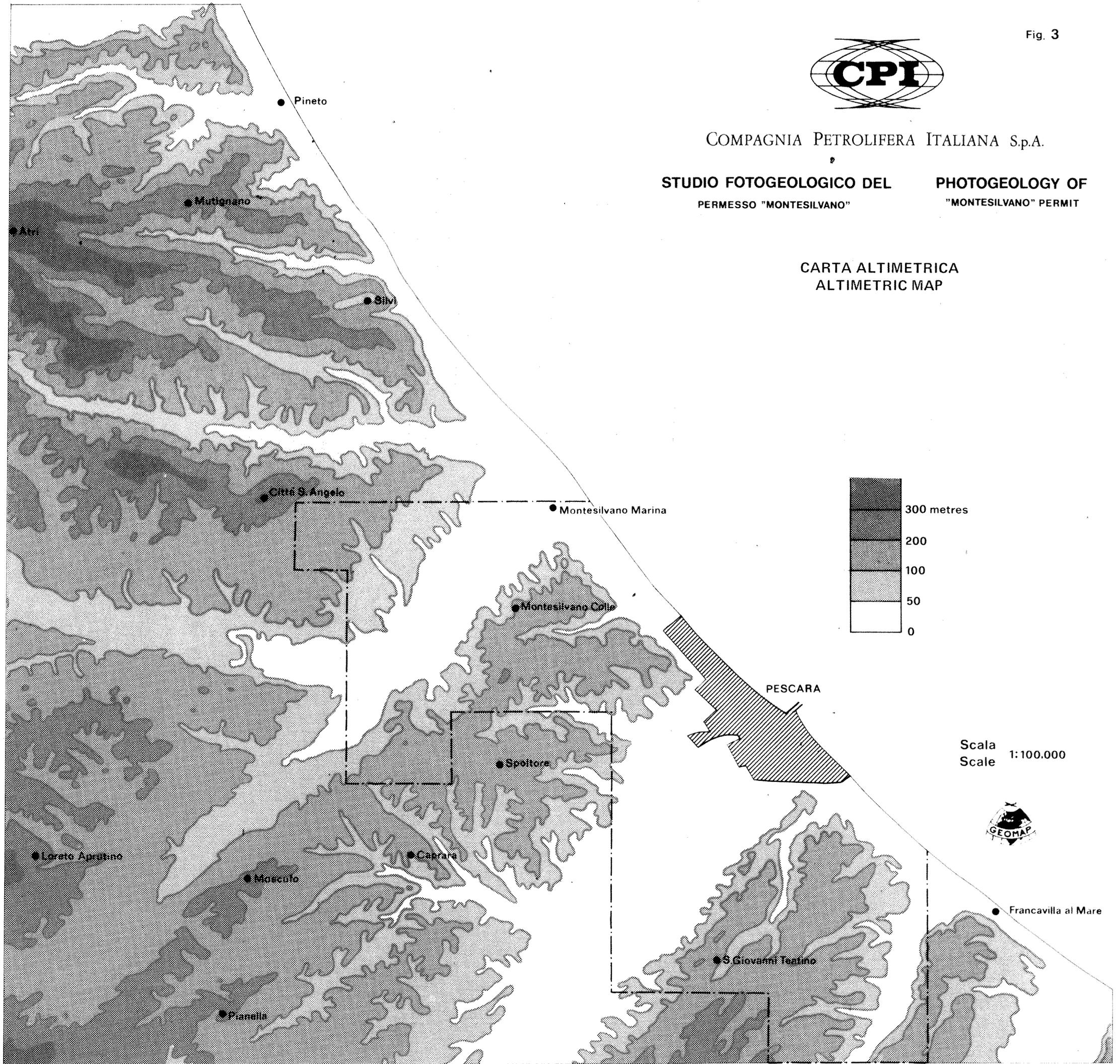


COMPAGNIA PETROLIFERA ITALIANA S.p.A.

STUDIO FOTOGEOLOGICO DEL
PERMESSO "MONTESILVANO"

PHOTO GEOLOGY OF
"MONTESILVANO" PERMIT

CARTA ALTIMETRICA
ALTIMETRIC MAP

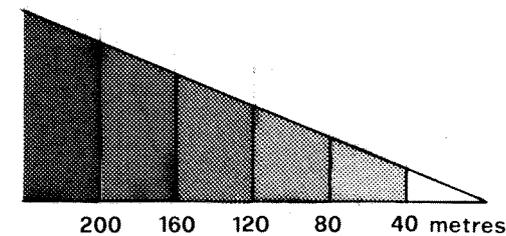
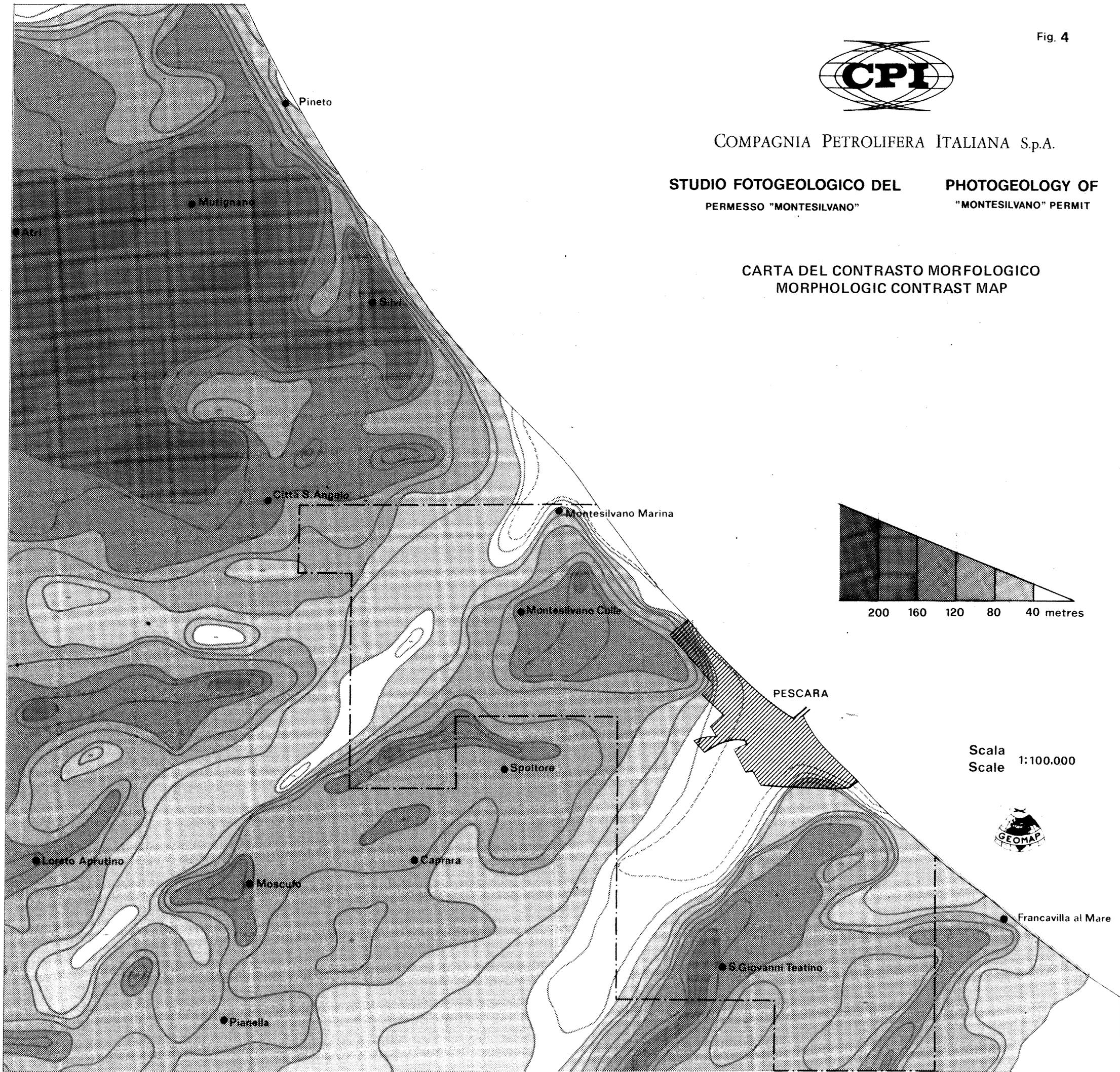




COMPAGNIA PETROLIFERA ITALIANA S.p.A.

STUDIO FOTOGEOLOGICO DEL PERMESSO "MONTESILVANO" PHOTO GEOLOGY OF "MONTESILVANO" PERMIT

CARTA DEL CONTRASTO MORFOLOGICO MORPHOLOGIC CONTRAST MAP



Scala 1:100,000 Scale



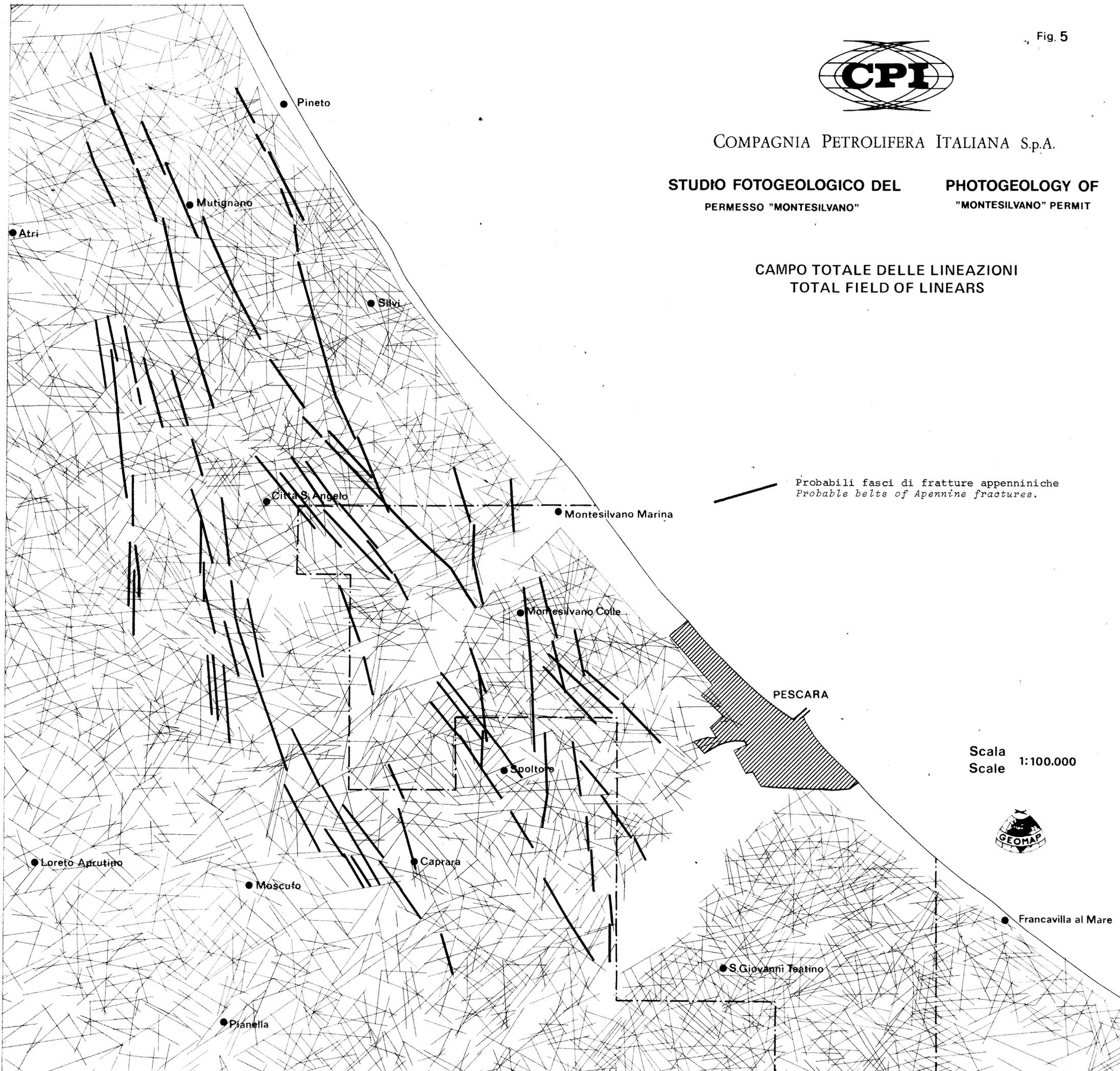


COMPAGNIA PETROLIFERA ITALIANA S.p.A.

STUDIO FOTOGEOLOGICO DEL
PERMESSO "MONTESILVANO"

PHOTO GEOLOGY OF
"MONTESILVANO" PERMIT

CAMPO TOTALE DELLE LINEAZIONI
TOTAL FIELD OF LINEARS



Probabili fasce di fratture appenniniche
Probable belts of Apennine fractures.

Scala
Scale 1:100.000

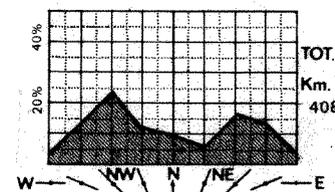
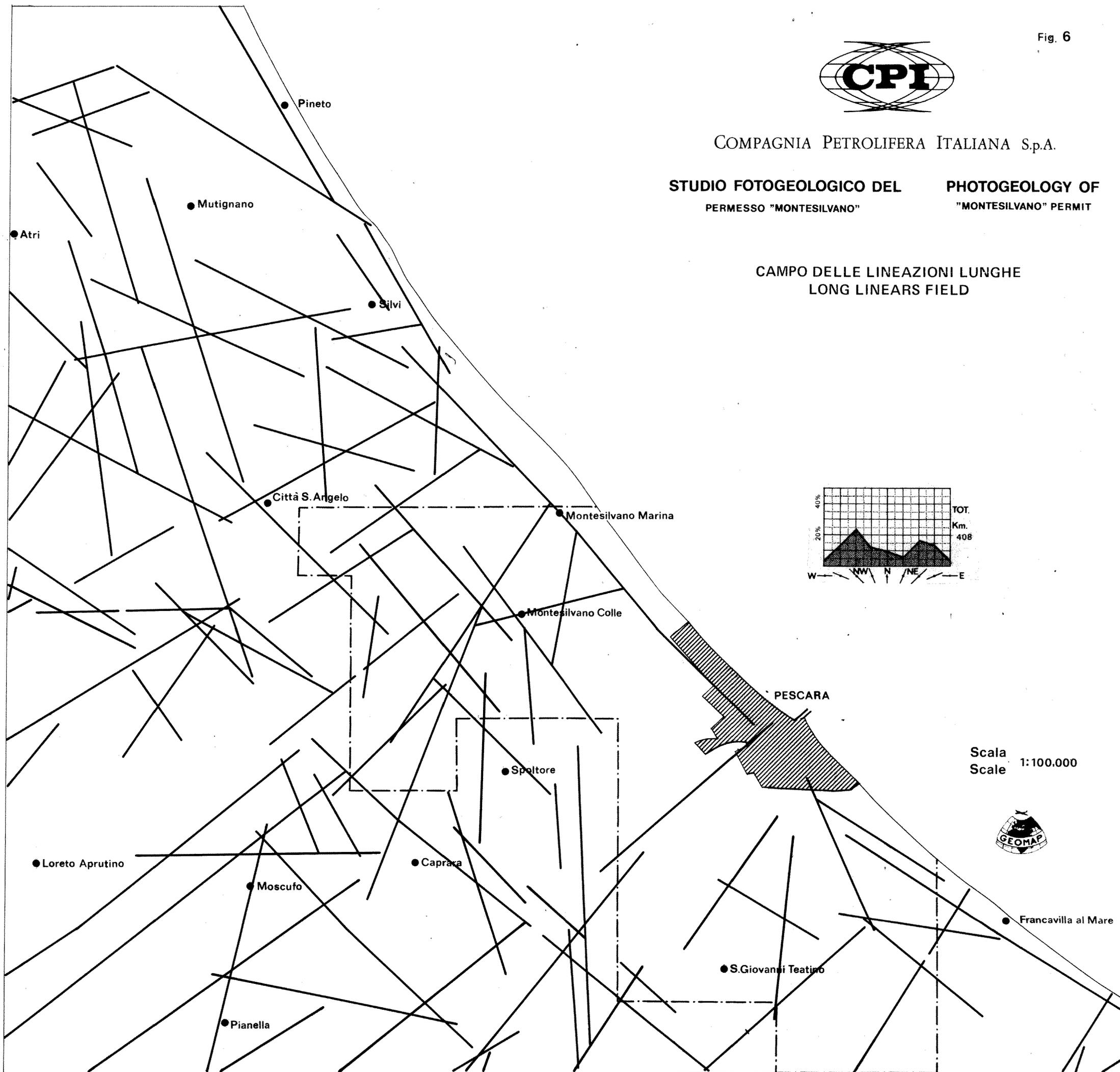




COMPAGNIA PETROLIFERA ITALIANA S.p.A.

STUDIO FOTOGEOLOGICO DEL PHOTOGEOLOGY OF
 PERMESSO "MONTESILVANO" "MONTESILVANO" PERMIT

CAMPO DELLE LINEAZIONI LUNGHE
 LONG LINEARS FIELD



Scala Scale 1:100.000





COMPAGNIA PETROLIFERA ITALIANA S.p.A.

STUDIO FOTOGEOLOGICO DEL PERMESSO "MONTESILVANO" PHOTOGEOLOGY OF "MONTESILVANO" PERMIT

CARTA DI DENSITA' DEL CAMPO TOTALE DELLE LINEAZIONI
DENSITY MAP OF LINEARS TOTAL FIELD

DENSITA' APPROSSIMATE
APPROXIMATE DENSITIES

	Più di 12 km per kmq. <i>More than 12 km per sq.km.</i>
	Da 9 a 12 km per kmq. <i>From 9 to 12 km per sq.km.</i>
	Da 7 a 9 km per kmq. <i>From 7 to 9 km per sq.km.</i>
	Da 5 a 7 km per kmq. <i>From 5 to 7 km per sq.km.</i>
	Meno di 5 km per kmq. <i>Less than 5 km per sq.km.</i>

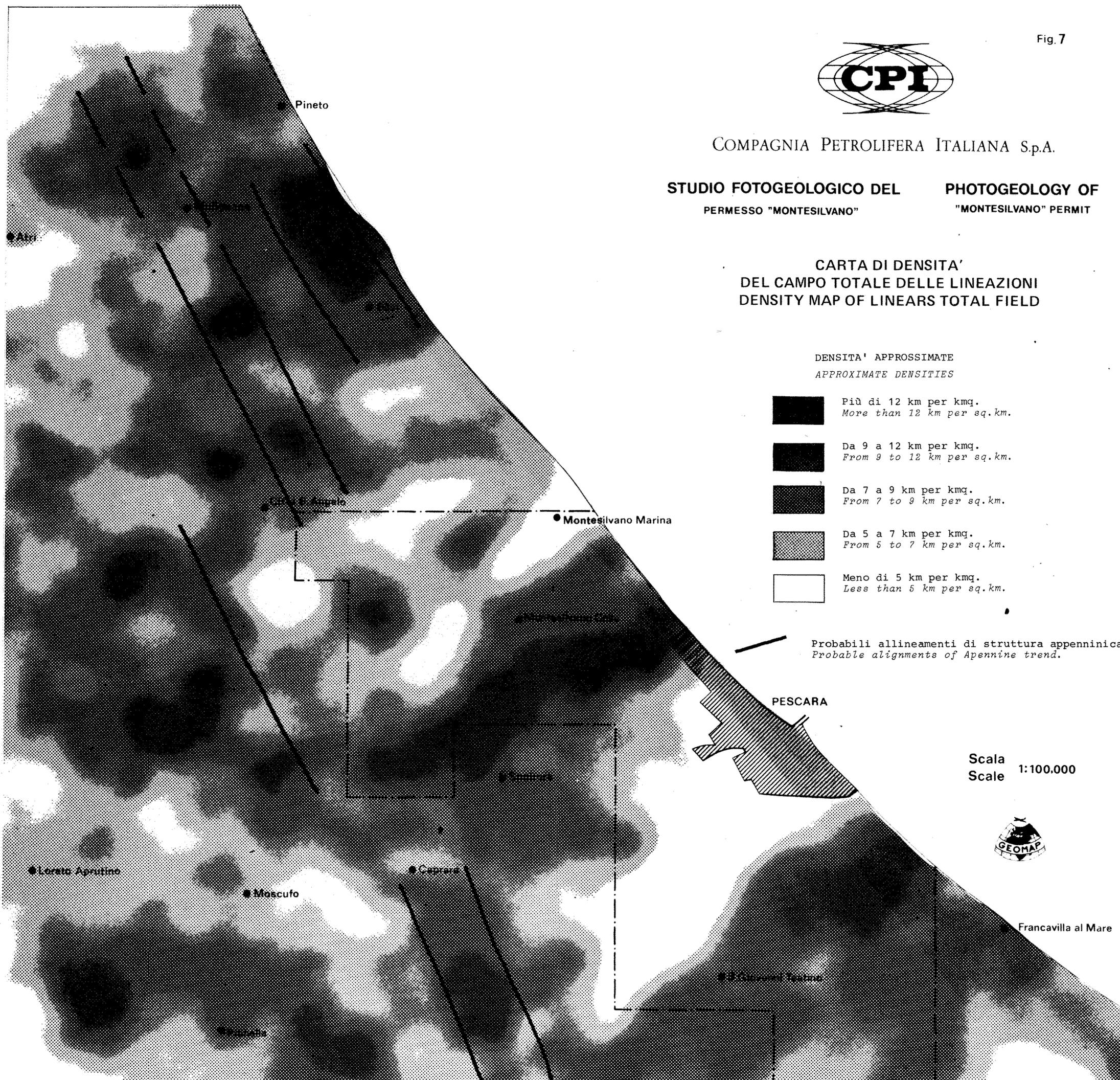
Probabili allineamenti di struttura appenninica.
Probable alignments of Apennine trend.

PESCARA

Scala
Scale 1:100.000



Francavilla al Mare



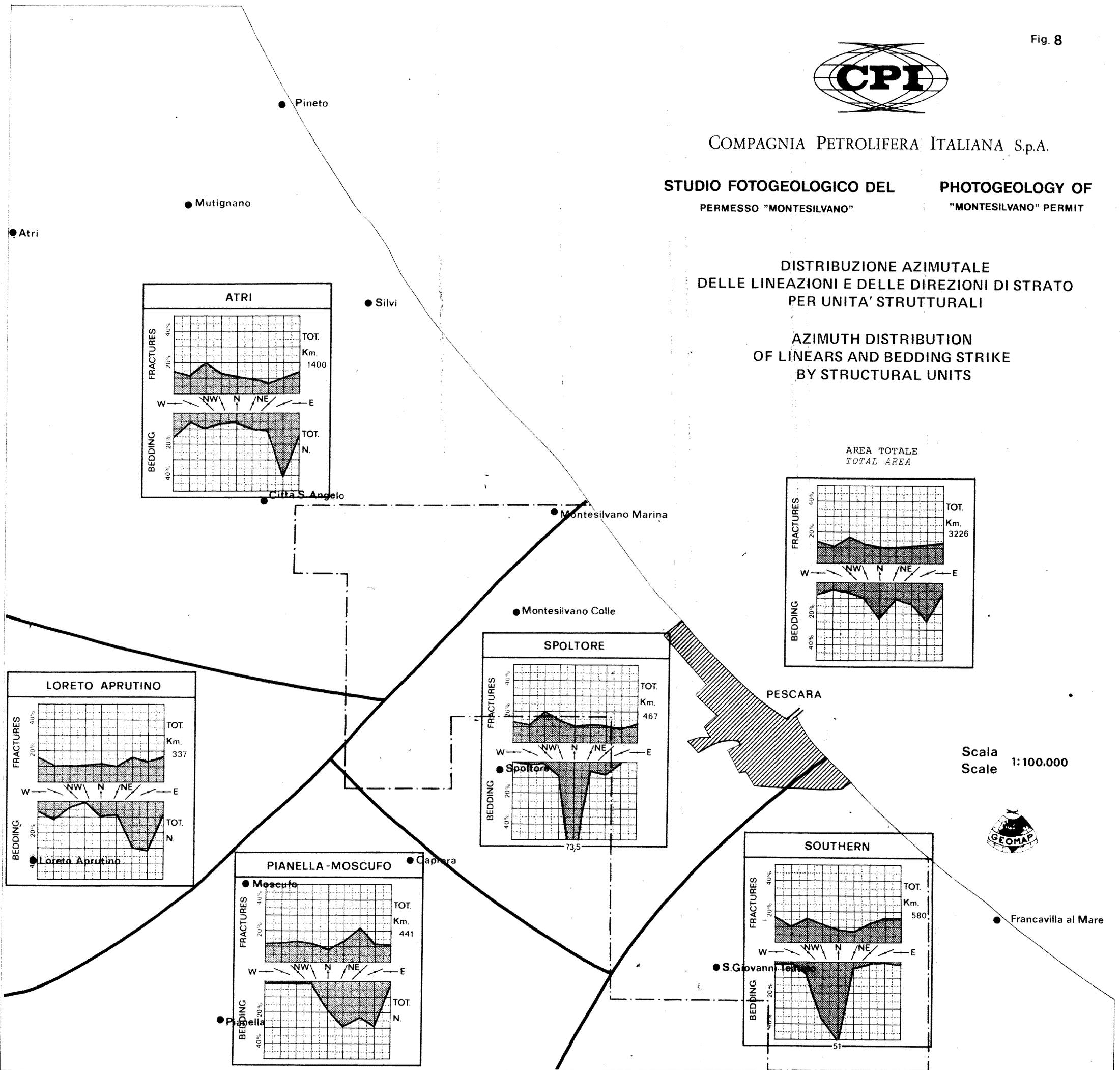


COMPAGNIA PETROLIFERA ITALIANA S.p.A.

STUDIO FOTOGEOLOGICO DEL PERMESSO "MONTESILVANO" PHOTOGEOLOGY OF "MONTESILVANO" PERMIT

DISTRIBUZIONE AZIMUTALE DELLE LINEAZIONI E DELLE DIREZIONI DI STRATO PER UNITA' STRUTTURALI

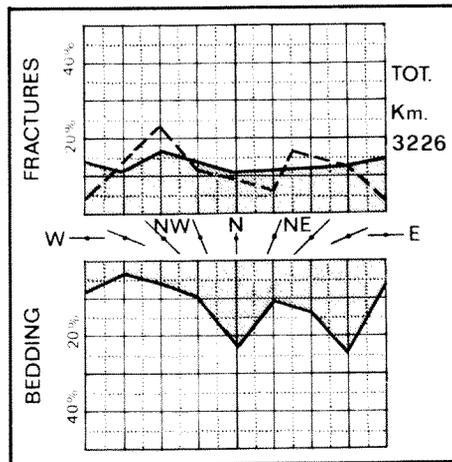
AZIMUTH DISTRIBUTION OF LINEARS AND BEDDING STRIKE BY STRUCTURAL UNITS



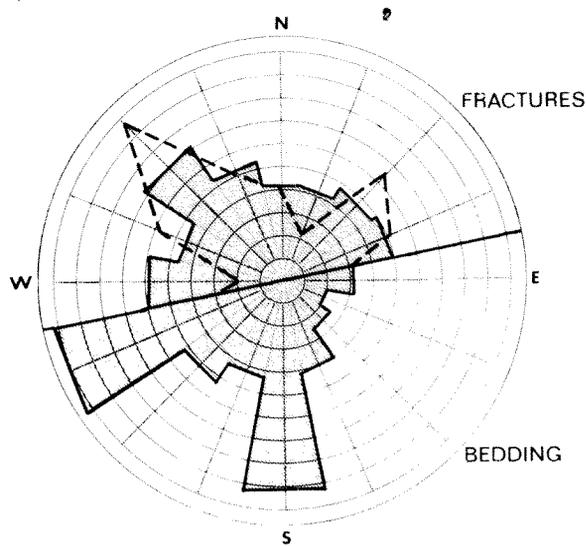
AZIMUTH DISTRIBUTION
OF LINEARS AND BEDDING STRIKE

TOTALI

TOTALS



Lineazioni lunghe
Long linears



One division 25%



COMPAGNIA PETROLIFERA ITALIANA S.p.A.

STUDIO FOTOGEOLOGICO DEL
PERMESSO "MONTESILVANO"

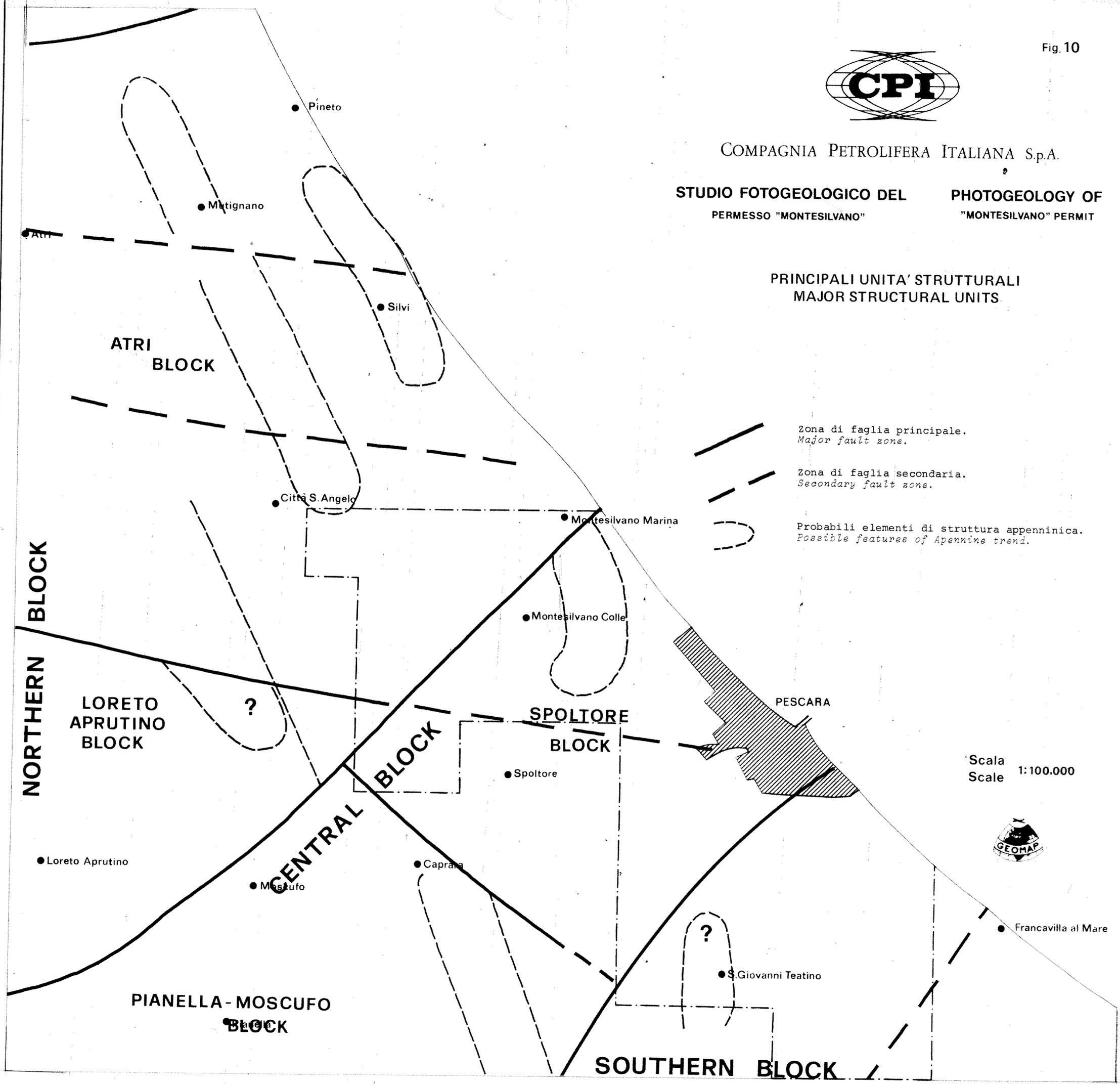
PHOTOGEOLOGY OF
"MONTESILVANO" PERMIT

PRINCIPALI UNITA' STRUTTURALI
MAJOR STRUCTURAL UNITS

Zona di faglia principale.
Major fault zone.

Zona di faglia secondaria.
Secondary fault zone.

Probabili elementi di struttura appenninica.
Possible features of Apennine trend.



Scala
Scale 1:100.000

