



# MINERARIA TEXAS ITALIANA

## STUDIO FOTOGEOLOGICO DEL PERMESSO "LUPARA,,

Preparato da

Alessandro Ercoli

Fotointerpretazione  
ed elaborazione dati

Pietro Dainelli  
Alessandro Ercoli

Coordinazione, supervisione  
e rapporto finale

Alessandro Ercoli  
Mario Bellini

Sezioni stratigrafiche e  
controllo di campagna



**GEOMAP**  
**STUDIO GEOLOGICO**  
FIRENZE - 1973

## I N D I C E

1. INTRODUZIONE . . . . .	pag.	1
2. CARTA GEOLOGICA. . . . .	"	2
3. STRATIMETRIA . . . . .	"	7
4. MORFOLOGIA . . . . .	"	8
5. ANALISI DELLE FRATTURE . . . . .	"	12
6. CONCLUSIONI . . . . .	"	17
7. BIBLIOGRAFIA . . . . .	"	19
APPENDICE 1: Metodo e tecniche . . . . .	"	I
APPENDICE 2: Descrizione delle sezioni stratigrafiche. . . . .	"	XV

T A V O L E

	<u>Scala:</u>
1. CARTA GEOLOGICA . . . . .	1: 50.000
2. CARTA MORFOLOGICA . . . . .	1: 50.000
3. CARTA DEL CAMPO TOTALE DELLE LINEAZIONI . . . . .	1: 50.000
4. CARTA GEOLOGICA . . . . .	1: 100.000
5. CARTA DELLE DIREZIONI DI STRATO . . . . .	1: 100.000
6. CARTA MORFOLOGICA CON ANNOTAZIONI INTERPRETATIVE. . . . .	1: 100.000
7. CARTA ALTIMETRICA . . . . .	1: 100.000
8. CARTA DEL CONTRASTO MORFOLOGICO . . . . .	1: 100.000
9. CARTA DEL CAMPO TOTALE DELLE LINEAZIONI. . . . .	1: 100.000
10. CARTA DI DENSITA' DEL CAMPO TOTALE DELLE LINEAZIONI. . . . .	1: 100.000
11. DISTRIBUZIONE AZIMUTALE DELLE LINEAZIONI E DIREZIONI DI STRATO PER UNITA' DI SUPERFICIE DI UNA TAVOLETTA . . . . .	1: 100.000
12. DISTRIBUZIONE AZIMUTALE DELLE LINEAZIONI E DIREZIONI DI STRATO PER UNITA' STRATIGRAFICHE . . . . .	1: 100.000
13. PRINCIPALI ELEMENTI STRUTTURALI . . . . .	1: 100.000
14. SERIE STRATIGRAFICA n. 1: "VALLE DI MEZZANOTTE" . . . . .	1: 100
15. SERIE STRATIGRAFICA n. 2: "MASSERIA DEL BONO" . . . . .	1: 100
16. SERIE STRATIGRAFICA n. 3: "MONTE AQUILONE" . . . . .	1: 100

## 1. INTRODUZIONE

Lo scopo del presente studio è di ricavare informazioni di carattere strutturale secondo l'approccio di lavoro descritto in appendice 1.

Sono stati usati come strumenti di base la bibliografia e la cartografia geologica esistente, la copertura stereoscopica di foto aeree e le basi topografiche dello Istituto Geografico Militare. Le fotografie usate, a scala 1:33.000 circa, sono state riprese nell'anno 1954.

La regione studiata (Fig. 1), compresa nei fogli a scala 1:100.000 164 "Foggia" e 165 "Trinitapoli" per un totale di 737 kmq., e situata nella più vasta regione denominata Capitanata, è limitata ad Est dal Golfo di Manfredonia e a Nord dai primi rilievi del promontorio del Gargano.

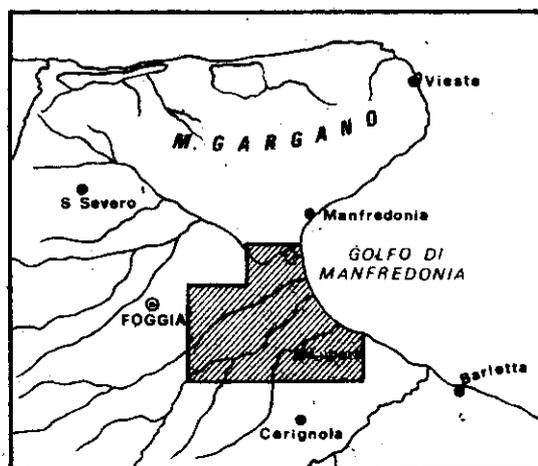


Fig. 1

Lo studio è iniziato nel giugno 1973 e termina con la data di questo rapporto; la campagna, della durata di 10 giorni, per il controllo della fotointerpretazione e per una conoscenza diretta degli affioramenti miocenici che costituiscono l'obiettivo primo, è stata effettuata nel mese di luglio, e precisamente dal 15 al 24 incluso.

## 2. CARTA GEOLOGICA

La carta geologica allegata (Photogeological Map, Tavv. 1 e 4) contiene tutte le informazioni ottenute dalle fotografie aeree e dalla bibliografia esistente, integrate da dati già in nostro possesso (il rilevamento del foglio "164" per conto del Servizio Geologico è stato rilevato anche da C. Conedera e A. Ercoli dello Studio Geomap) e da quelli raccolti durante la breve campagna svolta dai nostri geologi.

La serie affiorante consiste nelle seguenti formazioni, dal basso verso l'alto:

### MESOZOICO

#### "Calcari oolitici di Coppa Guardiola" (J).

La formazione consiste in calcari oolitici e pseudoolitici, detritici e micritici, di colore generalmente bianco, crema o rosa pallido se fresco, grigio medio per alterazione superficiale, ben stratificati in strati che variano tra i 10 centimetri al massimo di 1 metro. Talora sono evidenti, lungo tagli freschi, fenomeni carsici e sacche riempite da accumuli bauxitici. La bibliografia attribuisce tale formazione al Titonico-Aptiano per la presenza di due zone di associazione: la prima a Trocoline e Pseudocyclamina, la seconda a Bacinella irregularis Radovicic e Cuneolina camposauri Sartori e Crescenti.

Dal punto di vista fotogeologico questa formazione è ben distinguibile per la morfologia generalmente dolce, per il modellamento ad ampia curva anche lungo le falesie in genere piuttosto marcate e nette, per la evidente stratificazione e infine per il tono grigio medio.

I calcari oolitici di Coppa Guardiola affiorano sul margine nord dell'area studiata e costituiscono i primi rilievi topograficamente e geologicamente legati al Mesozoico garganico.

### MIOCENE

#### "Tufo calcareo" = "Pietra leccese" (M).

Calcari detritici organogeni, friabili, gessosi al tatto, di colore bianco o giallo rosato, stratificati in strati e banchi fino a 7-8 metri. L'associazione faunistica riportata in bibliografia da analisi microscopiche è caratterizzata da Lithothamnium, Briozoi ed Elphidium, quella macrofaunistica, ben visibile in campagna, da Briozoi, Brachiopodi, Lamellibranchi (Cardium, Pecten, Ostrea) e Gasteropodi.

La formazione viene attribuita al Miocene, probabilmente medio ed è chiaramente trasgressiva, nell'area del permesso, sui calcari oolitici di Coppa Guardiola. I calcari detritici miocenici sono stati particolarmente studiati in campagna, e i risultati sono descritti in Appendice n. 2, ma si può comunque accennare fin da ora che fuori del permesso "Lupara" sono risultati trasgressivi anche su livelli mesozoici più alti appartenenti al Cretaceo.

Fotogeologicamente risultano ben definiti, rispetto al Giura per la superficie morfologica scabrosa e principalmente per il tono grigio medio leggermente zebrato di bianco.

#### PLEISTOCENE

##### "Brecce" (br).

La formazione consiste in brecce ben cementate ad elementi calcarei arrotondati e anche di notevoli dimensioni, appartenenti quasi esclusivamente alla formazione dei "calcari oolitici di Coppa Guardiola". Essa rappresenta il prodotto dell'abrasione marina a cui è dovuta la formazione di due ordini di terrazze, di cui solo l'inferiore compare nell'area di studio.

Queste brecce sono sicuramente post-mioceniche in quanto il terrazzo più alto interessa i sedimenti miocenici stessi. Il limite della loro estensione è facilmente riconoscibile per la morfologia, ma solo il controllo di campagna ne può definire le caratteristiche litologiche.

##### "Sabbie gialle" (Qa).

La formazione è costituita da sabbie gialle, con Lamelli-branchi di facies litorale (Pecten, Chlamys, Cardium), che ovunque sono ricoperte da una crosta calcarea sabbiosa, a stratificazione fine e irregolare, probabilmente dovuta a ricementazione secondaria per percolazione di acque meteoriche. Questa crosta è conosciuta in bibliografia col nome di "Crosta pugliese".

Sebbene la formazione si sia dimostrata monotona ovunque, nel limitato affioramento poco a Nord di Masseria S. Spirito, grosso modo nel centro dell'area di studio, è stata riscontrata una variazione litologica rappresentata da uno strato di calcare micritico, fossilifero, di colore grigio-violaceo, mediamente duro.

Lo spessore massimo è ritenuto dell'ordine di alcune decine di metri. Da un punto di vista fotogeologico la formazione in questione è ben distinguibile, specialmente dai depositi più recenti, sia per il tono più chiaro,

sia per la morfologia rilevata e più mossa, sia infine per essere caratterizzata dalla presenza di orli di scarpate e terrazze ben organizzate.

#### OLOCENE

Appartengono all'Olocene diverse formazioni di origine continentale chiaramente distinguibili. Abbiamo raggruppati assieme quelle di medesima origine, non ritenendo di particolare interesse la loro distinzione.

##### "Sabbie e dune costiere" (d).

Le sabbie formano una fascia continua lungo tutto l'arco del Golfo di Manfredonia. Le dune, sempre di limitata entità, sono distribuite un po' ovunque e possono raggiungere altezze di 2-3 metri. Sono costituite da sabbie quarzose con presenza di pirosseni e magnetite.

##### "Alluvioni terrazzate" (Qt).

Sono formate in prevalenza da sedimenti sabbioso-argillosi, solo localmente ciottolosi. Occupano vasta parte dell'area di studio e sono interessate da più ordini di terrazze, che difficilmente sono seguibili e ricollegabili tra loro.

##### "Depositi colluviali ed eluviali" (Qc).

Questo tipo di deposito è limitato all'area di affioramento dei calcari mesozoici ed è costituito da "terra rossa", talora bruno-nera dovuta a disfacimento dei calcari. Si presentano in due distinti tipi di affioramento:

- in vaste aree, leggermente depresse, sulla superficie superiore di abrasione marina, sopra gli affioramenti mesozoici,
- in sottili depositi nel fondo di incisioni vallive (le cosiddette "lame").

##### "Alluvioni recenti ed attuali" (Qal).

Consistono in depositi generalmente limosi di colore scuro. Sono legati ai fondovalle dei principali corsi d'acqua e occupano inoltre la vasta area compresa tra il cordone litorale ad Est e i primi rilievi terrazzati ad Ovest. In questa formazione sono compresi anche i depositi artificiali delle colmate connesse alle bonifiche delle aree costiere, e inoltre, le zone adibite a vasche evaporanti delle saline di Margherita di Savoia.

##### "Terreni palustri" (Qp).

Legati ad aree depresse, sono costituiti da terre limose nere, stagionalmente con ristagno di acque, e sono generalmente di limitata estensione.

La carta geologica, pur arricchita di dati diversi, non porta di per sé, alcun contributo determinante alla ricerca. Il controllo di campagna, d'altra parte, ha convalidato le conoscenze già acquisite sul Miocene affiorante.

Resta comunque il problema della differenza litologica tra i calcari miocenici come appaiono in superficie e quelli che sono stati incontrati nei sondaggi profondi, a quote varianti tra i 300 e i 535 metri sotto la superficie, che sono generalmente costituiti da calcari, dolomie e calcari dolomitici con intercalazioni di calcari marnosi e di argille.

Astraendo dai fenomeni tettonici successivi, si può forse correlare le condizioni di sedimentazione nel bacino miocenico a quelle attualmente esistenti nel Golfo Persico, ove sono stati individuati dei sedimenti coevi, ma con litologia diversa. La Fig. 2 rappresenta una tale situazione in prossimità dell'isoletta di Abu Ali:

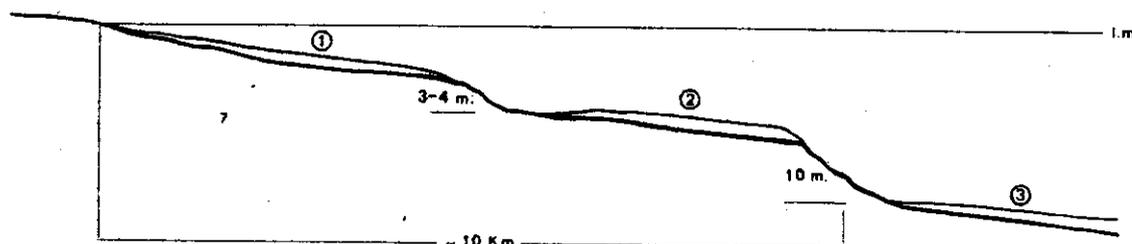


Fig. 2

- nella zona di sedimentazione 1, di ambiente tidale, si riscontrano dolomie e calcari dolomitici con fossili completamente riassorbiti;
- nella zona di sedimentazione 2 si riscontrano calcari detritico-organogeni con fossili a guscio spesso;
- nella zona di sedimentazione 3 vengono rinvenuti depositi argillosi con fossili a guscio fine.

Tra la prima e la seconda zona esiste una differenza di quota di circa 3-4 metri; tra la seconda e la terza di circa 10 metri.

Evidentemente sono le differenze ambientali, quali la salinità, il moto ondoso, ecc., che determinano le caratteristiche sedimentologiche, e si nota dall'esempio precedente come piccole differenze batimetriche portino a notevoli diversità di sedimentazione. Ci sembra abba-

stanza chiara la somiglianza tra i depositi miocenici incontrati in sondaggio e quelli della prima zona di sedimentazione, e tra i depositi miocenici affioranti e quelli della seconda zona di sedimentazione dello esempio.

Concludendo si può pensare che il bacino miocenico nella nostra area non dovesse differire molto dallo schema sopra accennato. Secondo questo modello quindi, i sedimenti che attualmente si trovano a quota inferiore si sono depositati più vicini alla linea di costa e a profondità minore di quelli attualmente affioranti, e che non possono essere altro che due facies, vicine, di una stessa formazione.

### 3. STRATIMETRIA

La carta delle direzioni di strato (Strike Map, Tav. 5) è stata compilata dall'informazione della carta geologica ufficiale arricchita e correlata con i dati provenienti dalla fotointerpretazione e dal controllo di campagna. Sono state mantenute le suddivisioni stratigrafiche principali della carta geologica, tra i depositi quaternari e pre-quaternari; nell'ambito dei primi tra quelli marini e quelli continentali e dei secondi tra i giurassici e i miocenici. La rappresentazione grafica della generalizzazione delle direzioni di strato appartenenti alle due grandi suddivisioni suddette è stata evidenziata da simbologia diversa.

Nella regione di affioramento dei calcari giurassici si nota una generale uniformità nell'assetto degli strati. Tutti inclinati debolmente verso S-SE e tagliati da lunghe faglie con direzione ONO-ESE, perfettamente parallele tra di loro, che dividono l'affioramento in quattro blocchi. E' da notare che la grossa faglia del Candellaro, non visibile sulle fotografie a causa della copertura, ma sicuramente esistente, è anch'essa parallela a quelle sopra menzionate.

Il Miocene ha un assetto non molto diverso da quello del Giura, ma la sua discordanza appare molto chiara in campagna.

I dati che si riferiscono alle formazioni quaternarie sono in scarsa quantità e scarsamente rappresentativi poiché, di regola, seguono la forma del recente bacino di sedimentazione. Ciononostante si può notare che le direzioni correlate del Quaternario marino meridionale sono spesso interessate da probabili faglie di varia direzione, ma sempre intorno a NS, che fanno presupporre delle deformazioni diverse e probabilmente più recenti di quelle che hanno interessato il Mesozoico e il Miocene.

La carta stratimetrica, in conclusione, mette in evidenza uno sfettamento del Mesozoico affiorante, in blocchi paralleli, il che fa presupporre, a questo stadio, un simile modello anche per gli stessi sedimenti al di sotto della copertura quaternaria. Inoltre, si nota una diversità dello stile tettonico tra le formazioni pre-quaternarie e quelle quaternarie.

#### 4. MORFOLOGIA

L'analisi della morfologia si basa sulla carta morfologica (Morphological Map, Tavv. 2 e 6) costruita con il reticolo idrografico estratto dalla cartografia 1:25.000, arricchito dell'interpretazione delle foto aeree e con l'aggiunta di tutti quegli elementi, quali scarpate morfologiche, drenaggio fossile, ecc., che le foto stesse hanno mostrato di un certo interesse. Abbiamo inoltre compilato una carta altimetrica (Altimetric Map, Tav. n. 7), ricavata dalle curve di livello e dalle quote estratte dalla cartografia ufficiale, e infine, una carta del contrasto morfologico (Morphological Contrast Map, Tav. n.8).

La peculiarità dello studio della morfologia è che i dati strutturali da questa ricavabili sono da attribuirsi generalmente ad eventi recenti non ancora obliterati dall'erosione, o al riflesso sulla copertura di elementi strutturali profondi anche di formazione più antica. Uno di questi temi è, appunto, quello di raccogliere notizie, attraverso l'esame geomorfologico della regione, per individuare eventuali elementi strutturali al di sotto della copertura dei depositi recenti. In particolare ci sembra un importante obiettivo stabilire quale possa essere la successione dei trends strutturali in maniera da mettere in luce la grana tettonica del substrato e localizzare quindi gli eventuali alti strutturali recenti o meno che possano costituire degli obiettivi per la ricerca.

##### Carta morfologica

Le forme locali del drenaggio nei calcari mesozoici, pur essendo costituite da modelli conseguenti alla struttura, portano uno scarso contributo rispetto a quanto può riconoscersi dagli elaborati della geologia e della stratimetria, e, ad ogni modo sono di valore trascurabile per lo scopo della nostra ricerca. Circa le forme negli affioramenti quaternari marini, nella zona più meridionale, si ha un'ulteriore conferma della probabile tettonica recente, data dalla particolare direzione del drenaggio, inizialmente diretto a Nord e solo successivamente tendente a ruotare verso Est e dalla presenza di scarpate esclusivamente sul fianco destro delle valli.

Tra queste due zone, quella dei calcari mesozoici a Nord e quella del Quaternario marino a Sud, morfologicamente ben distinte, si trova compresa una terza zona, topograficamente più bassa, a morfologia uniforme, e soprattutto con un reticolo idrografico che non denota alcuna caratteristica comune alle altre due aree. Questo fatto, anche se ovvio, convalida che la copertura quaternaria è di notevole potenza. Ciononostante dai pochi elementi che analizzeremo più avanti si possono intravedere degli effetti probabilmente dovuti al substrato.

La disposizione del drenaggio fossile e di quello abbandonato denota, infatti, come in alcune zone, per esempio in prossimità del torrente Carapelle e direttamente a NE dell'abitato di Carapelle, sono esistite delle aree di drenaggio vadoso, che successivamente è stato abbandonato, catturato o sostituito dall'attuale drenaggio attivo, probabilmente per un ringiovanimento del paesaggio.

In base al drenaggio attuale e a quello fossile, e ~~trascurando ovviamente~~ quello artificiale, si è estrapolato un ipotetico spartiacque tra i torrenti Carapelle e Cervaro. Ne sono risultate due sotto-aree con caratteristiche sottilmente diverse. Nella prima si nota il Carapelle con un reticolo ben coordinato e uniforme che caratterizza una zona stabilmente bassa per lungo tempo. Nella seconda zona il Cervaro che presenta una densità idrografica minore, ma più che altro una evidente migrazione verso Nord-Ovest, denotata da una serie di alvei abbandonati, in tempi successivi assai prossimi tra di loro, fino all'attuale posizione che sembra un limite impostogli da un motivo di probabile natura strutturale.

Lo spartiacque ipotetico, quindi, sembra costituire un elemento strutturale di entità regionale; a questa forma potrebbe corrispondere il labbro rialzato di un blocco settentrionale leggermente tiltato verso NNO. Gli allineamenti con direzione NNE, nella parte occidentale dell'area studiata, possono essere interpretati come probabili effetti secondari associati a questo fenomeno tettonico.

#### Altimetria

Le forme descritte nella carta morfologica, i cui dati preminenti, dal punto di vista strutturale, appaiono essere le forme del drenaggio lento nei resti di reticolo a S-O, la presumibile migrazione verso Nord del corso del Cervaro e la presenza di uno spartiacque costante fra Cervaro e Carapelle, possono essere meglio focalizzate attraverso la valutazione dell'altimetria.

Il quadro delle sole isoipse (Altimetric Map, Tav. 7) non è molto espressivo dal punto di vista strutturale, ma descrive molto bene il semplice modello a conca aperta verso il mare dei depositi quaternari e quindi si presta a porre i presupposti per la successiva analisi del contrasto morfologico.

I caratteristici allineamenti riconoscibili in direzione ENE-OSO paralleli all'andamento dello spartiacque Cervaro-Carapelle, visto prima, suggeriscono uno stile a blocchi, secondo questa direzione, della struttura profonda. L'apparente contrasto di questo stile,

rispetto a quanto è visibile negli affioramenti mesozoici e miocenici a Nord, farebbe presupporre che si trattasse di un tipo di deformazione sovrimposta successivamente e quindi meglio espressa dalla copertura recente come vedremo più avanti. D'altra parte la direzione ENE-NE è anch'essa presente nel Gargano determinandone il limite meridionale e la si ritrova ugualmente come limite settentrionale delle Murge (lungo l'Ofanto). Si può quindi pensare che le due direzioni strutturali siano legate fra di loro e che la prevalenza espressa dai terreni recenti della ENE nella nostra area corrisponda a una maggiore attività di questa rispetto all'altra in tempi più recenti, cioè nel corso della subsidenza del bacino pliocenico-quadernario.

Nella zona degli affioramenti mesozoici la morfologia mette in risalto la natura strutturale delle forme del rilievo dei primi contrafforti del Gargano, che appaiono delimitati da faglie NO e NE, anch'esse di formazione relativamente recente come mostra il limitato degradamento erosivo.

#### Contrasto morfologico

L'anomalia più vistosa nella carta del contrasto morfologico (Morphologic Contrast Map, Tav. 8), costruita con il metodo delle maglie di 1 kmq, ciascuna, riferibile più sicuramente a condizioni strutturali anziché a naturale evoluzione superficiale, appare essere l'allineamento, in senso NO-SE, della sequenza basso-alto-basso visibile nella regione centrale dell'area di studio, direttamente a SE di Borgo Tavernola.

La presenza di drenaggio vadoso o addirittura fossile nella parte sudoccidentale dell'area insieme alla migrazione del Cervaro e la presenza dello spartiacque Cervaro-Carapelle possono quindi avere una definizione strutturale più precisa dal contrasto morfologico. Si può postulare, cioè, l'esistenza di una soglia positiva di direzione NO-SE attiva nella discesa del bacino quadernario, localizzata circa sul culmine dell'anomalia summenzionata.

Il fatto che il contrasto morfologico metta in evidenza una direttrice NO, al contrario del drenaggio e dell'altimetria, che invece sembrano risentire maggiormente della direzione ENE, può significare che nonostante il controllo dominante della ENE nella disposizione dei sedimenti più recenti e quindi probabilmente nella formazione del bacino plio-quadernario, il sottofondo più antico è, anche nella zona centrale, determinato dalla stessa direttrice, NO che ritroviamo in affioramento e che localmente può essere stata ringiovanita.

Un altro fatto importante messo in luce dal contrasto è la presenza di una serie di allineamenti E-O denunciati da gradienti rettilinei delle curve. Questi allineamenti sono particolarmente concentrati nella parte dei depositi recenti e non trovano corrispondenza in altre forme della morfologia, se non nella direzione di alcune terrazze di abrasione sugli affioramenti mesozoici. Come vedremo più avanti questa direzione è marcata anche dalle fratture nella stessa zona. Non avendo elementi strutturali conosciuti, allineati con questa direzione, si può ipoteticamente considerarla legata a fatti di sedimentazione della parte più recente dal riempimento.

## 5. ANALISI DELLE FRATTURE

L'analisi delle lineazioni, o fratture in senso lato secondo i concetti espressi nell'Appendice 1, si basa sull'esame di una serie di elaborati del campo totale (Total field of linears, tavv. 3 e 9). Le fasi dell'approccio sono essenzialmente due:

- 1) Analisi statistica della distribuzione azimutale per unità areali e stratigrafiche,
- 2) Analisi della distribuzione della densità di fratturazione.

La prima fase tende alla definizione delle direttrici strutturali principali, del tipo di deformazione da esse determinato, del tipo di struttura regionale e locale ad esse legata e della loro evoluzione nel tempo. La seconda fase, di analisi della densità, ha come principale obiettivo invece la localizzazione delle aree di più intensa deformazione e delle loro caratteristiche, oltre a fornire elementi di informazione più generica in appoggio ad ipotesi formulate sulla base degli altri dati esaminati, cioè geologia superficiale, stratimetria o morfologia.

L'estesa copertura di terreni recenti nell'area in esame e la particolare morfologia di essi agiscono come da filtro nella trasmissione delle fratture del substrato con una conseguente relativa povertà del campo totale. A questo dobbiamo aggiungere la presenza di elementi lineari spuri, dati dalle coltivazioni e dalle opere idrauliche, che rendono difficile l'identificazione delle linee di frattura. Non è stato per esempio possibile costruire una carta delle cosiddette "grandi lineazioni" o megafatture, la cui presenza e continuità è mascherata dall'interferenza degli elementi superficiali di altra natura.

Il campo totale delle lineazioni presenta tuttavia una densità sufficiente all'analisi statistica, anche se, come detto, le lineazioni annotate sono una parte di quelle realmente esistenti al di sotto della copertura. E' probabile però che esse siano una selezione delle più importanti.

### 1. Distribuzione azimutale

Il diagramma relativo all'area totale, riportato in Tav. 11, mostra la presenza di tre direttrici principali, corrispondenti alle direzioni strutturali che sono venute delineandosi dall'analisi della geologia

e della morfologia sin qui trattata. L'analisi statistica delle fratture ci permette quindi di perfezionare le ipotesi accennate nei capitoli precedenti.

La direttrice che appare più importante nella distribuzione azimutale delle fratture è la NO, che chiameremo Appenninica. Essa abbraccia un settore piuttosto ampio che include le direzioni NO e NNO. Con poche variazioni l'Appenninica è presente su tutta l'area e non mostra una particolare preferenza per questo o quel gruppo stratigrafico (tav. 12).

Abbiamo visto nel capitolo stratimetria come gli affioramenti mesozoici del limite Sud del Gargano siano interessati da faglie di direzione ONO che probabilmente rappresenta una variazione della direttrice Appenninica andando verso Est, come abbiamo constatato anche in altre aree della Puglia. Il fatto che questa direzione non sia marcata nei diagrammi delle fratture può significare che essa è rappresentata da pochi grandi elementi che vengono per così dire sopraffatti dalla fratturazione minuta trasversale e complementare.

Nelle zone coperte da Quaternario viceversa, dove la fratturazione minuta non arriva a essere trasmessa in superficie, le fratture visibili sono le più importanti. La presenza marcata della direttrice Appenninica in queste aree suggerisce quindi che essa sia alla base delle deformazioni del substrato mesozoico-emiocenico.

Il fatto che, come abbiamo visto, la direttrice Appenninica risulti anche localmente messa in evidenza dal contrasto morfologico, indicherebbe che ha giuocato fino a tempi relativamente recenti, influenzando quindi anche i terreni di copertura, pliocenici e quaternari. Verrebbe così ad assumere notevole interesse la zona a NE di Carapelle, compresa tra gli allineamenti di direzione NO marcati sulla carta del contrasto morfologico (tav. 8), come una zona di struttura positiva di direttrice Appenninica. Questa ipotesi appare anche confermata dai dati di sottosuolo e dalla presenza di un affioramento di Quaternario marino a NE di Borgo Mezzanone.

Un'altra direttrice importante, mostrata dal diagramma totale della distribuzione azimutale delle fratture è la NE, che chiameremo Antiappenninica in quanto è interpretata come direttrice complementare di fratturazione trasversale dell'Appenninica. È interessante notare anche come negli affioramenti giurassici della parte Nord dell'area, dove l'Appenninica è corricata su ONO, la culminazione principale dell'Antiappenninica è su NNE (diagramma Jurassic, tav. 12).

Gli effetti di questa direttrice sarebbero quindi, sia di fratturazione minuta trasversale alla struttura principale, sia di fratturazione in grande nelle fasi tensionali post-tettoniche. Notiamo come a questa direzione appartenga la faglia che limita verso Sud il Gargano e che è espressa chiaramente dal picco nel diagramma Northern Qm (tav. 12). L'esame del campo totale delle fratture (tav. 9) suggerisce anche che tale faglia prosegua verso SO fino almeno a Borgo Tavernola determinando uno scalino nel bacino Plio-Quaternario con abbassamento a SE.

Il carattere di questa direttrice è quindi essenzialmente tensionale e ad essa riferiamo le faglie che hanno provocato la subsidenza del bacino plio-quaternario, come del resto è denunciato anche dalla forma del bacino stesso. La maggior frequenza della direttrice Antiappenninica nei diagrammi delle parti centrale e settentrionale dell'area rispetto a quella meridionale suggerisce una maggiore intensità di deformazione sul lato garganico del bacino rispetto al lato delle Murge, per lo meno fino all'altezza dello spartiacque Cervaro-Carapelle.

Considerando che gli obiettivi della ricerca appartengono alla direttrice Appenninica, la presenza della Antiappenninica dovrà essere considerata sia come effetto di disturbo, sia perchè può determinare la chiusura di strutture Appenniniche.

L'ipotesi di una componente strutturale positiva di direzione Antiappenninica nella posizione dello spartiacque Cervaro-Carapelle, espressa sulla base morfologica non trova particolare conferma dall'analisi dei diagrammi, ma nemmeno è in contrasto con quanto essi mostrano. Alla luce dello schema strutturale emerso sinora sembrerebbe trattarsi dell'effetto di inclinazione verso NO di uno dei blocchi di direzione NE discendenti verso il fondo del bacino, come del resto era stato accennato nel capitolo della morfologia. L'importanza di questo elemento strutturale come interferenza nelle strutture di direzione appenninica è evidente, al pari della linea Siponto-Borgo Tavernola discussa prima.

Il diagramma relativo all'area totale (Tav. 11) mette in evidenza una direzione di fratturazione centrata su E-O. Questa direzione ha anzi la percentuale più alta nello stesso diagramma. I diagrammi di dettaglio mostrano come questa direttrice sia praticamente espressa solo dalla copertura quaternaria e sia particolarmente frequente nella parte centrale dell'area. Avevamo già visto come la morfologia, e in particolare il contrasto morfologico, mostrassero la presenza di allineamenti E-O, appunto nei terreni quaternari.

L'origine e il ruolo della direttrice E-O non sono ben chiari. Si può notare però come il margine nordorientale degli affioramenti calcarei delle Murge sia interessato da fratture dirette N-S i cui effetti sono risentiti dal Quaternario marino al margine meridionale della nostra area (vedi capitolo Morfologia). E' quindi logico pensare che ad una direttrice N-S sia legata una complementare E-O. In questo caso si tratterebbe di una direttrice legata alla tettonica del blocco stabile delle Puglie che forse, anche nella nostra area, si sostituisce o si sovrappone alle direttrici appenniniche andando verso Sud. Questa ipotesi sembrerebbe avvalorata dall'aumento di frequenza della E-O nella parte meridionale dell'area e dalla comparsa di una direzione N-S, localmente anche essa assai marcata (Tav. 11).

Dovremmo quindi attribuire alla E-O un ruolo simile a quello dell'Antiappenninica nella formazione e nel controllo del bacino plio-quaternario, tenendo conto che la sua influenza può divenire preponderante su quella dell'Antiappenninica nella metà meridionale dell'area. Ne risulterebbe una forma del bacino grosso modo triangolare con il lato settentrionale diretto a NE e il lato meridionale a Est. Verosimilmente dalla sovrapposizione delle due direttrici NE ed E-O derivano gli allineamenti in direzione ENE degli elementi morfologici della parte centrale dell'area.

## 2. Densità di fratturazione

Nell'esaminare la distribuzione della densità conviene limitarsi alle differenze prominenti e alle forme più generali, specialmente in aree, come quella in esame, dove l'estesa copertura di terreni recenti maschera i valori reali di tale densità.

Dalla carta di tav. 10 tuttavia si può rilevare come i valori relativi più alti di densità, a parte gli affioramenti del bordo Nord, siano concentrati nella parte occidentale dell'area e come l'andamento dei livelli metta in evidenza un orientamento a NO delle forme. Questo fatto confermerebbe l'ipotesi espressa precedentemente che in questa parte dell'area più forti siano le deformazioni di tipo appenninico. Dobbiamo anche tener conto che all'estremo Sudovest i valori alti di densità sono da riferirsi più alle faglie di bordura della fossa Bradanica che non a struttura positiva.

Ci sembra tuttavia interessante la presenza di anomalie positive di densità in corrispondenza della parte

supposta più alta della fascia appenninica marcata sulla carta del contrasto morfologico, a conferma del suo carattere di struttura positiva.

E' interessante notare come anche la densità metta in evidenza degli allineamenti E-O nella metà meridionale dell'area, allineamenti che mancano nella metà settentrionale dove invece è evidente un controllo della direttrice Antiappenninica NE.

L'anomalia positiva di densità all'altezza di Borgo Fonte Rosa, e il suo allineamento con le altre più a Ovest, sullo spartiacque Cervaro-Carapelle, sembra infine confermare il controllo strutturale supposto alla sua origine.

## 6. CONCLUSIONI

Da quanto esposto nei capitoli precedenti risulta uno schema tettonico della regione in esame relativamente semplice.

Un substrato mesozoico al quale sono sovrapposte formazioni calcaree mioceniche che ne hanno seguito le deformazioni. Tali deformazioni sono avvenute secondo una direttrice NO, Appenninica, secondo uno schema a blocchi di faglia con una componente compressionale subordinata e apparentemente decrescente da Ovest verso Est. Queste deformazioni Appenniniche hanno determinato grosso modo una sorta di gradinata discendente dagli affioramenti del Gargano verso la Fossa Bradanica. Tuttavia vi sono indizi che in questa gradinata esistono blocchi rialzati che danno origine a alti strutturali. Il più evidente di essi è quello che abbiamo denominato Borgo Mezzanone High in Tav. 13 che mostra anche indizi di attività tettonica protrattasi sino a tempi recenti.

Le strutture appenniniche sono tagliate trasversalmente da fratture di direzione NE (Direttrice Antiappenninica) che nelle fasi distensive postorogeniche hanno controllato la subsidenza del bacino plio-quadernario. A questa direttrice appartengono le due linee marcate in tav. 13, la Siponto-Borgo Tavernola Line e la Cervaro-Carapelle Line che rappresentano zone di fratturazione maggiore nell'insieme dei blocchi subsidenti del bacino plio-quadernario che possono quindi avere fortemente interferito con le strutture appenniniche, disturbandole, ma anche creando le condizioni per chiusure laterali. Se si pensa che il movimento lungo tali fratture è stato contemporaneo alla sedimentazione nel bacino risulta chiaro come esse abbiano favorito il drappeggio dei depositi pliocenici e forse anche quadernari sui blocchi del substrato. Per la Cervaro-Carapelle Line si è anche ipotizzato una componente di rialzamento per inclinazione verso NO del blocco settentrionale.

Nella metà meridionale dell'area, alla direttrice Antiappenninica sembra si sovrapponga o si sostituisca una direttrice E-O, legata alla tettonica dell'avampese pugliese, con funzioni però analoghe all'Antiappenninica nella formazione del bacino. Tuttavia non risulta dallo studio fotogeologico che questa direttrice determini forme strutturali particolarmente importanti come avviene invece per le altre due.

Considerando i terreni miocenici e pliocenici come obiettivo della ricerca, le forme strutturali di primo interesse ci sembrano senz'altro quelle di direzione appenninica e in modo particolare l'alto di Borgo Mezzanone. Le fratture antiappenniniche e E-O dovrebbero facilitare le chiusure verso NO e SE, mentre la linea Cervaro-Carapelle che traversa l'alto nella sua parte mediana deve essere considerata come un elemento di disturbo, anche se può aver provocato una chiusura secondaria specialmente al limite della metà Sud.

Le linee più importanti di fratture antiappenniniche e E-O possono avere interesse potendo rappresentare scalini ove i terreni pliocenici si sono drappeggiati. Tra queste ci sembra in posizione favorevole la linea Cervaro-Carapelle per la sua componente positiva.

Naturalmente, nel valutare tutti i suddetti obiettivi, si dovrà tener conto delle variazioni di facies, e quindi di porosità, che gli stessi elementi strutturali verosimilmente preesistenti nel substrato del bacino, possono aver indotto nella serie di copertura.

Saremo comunque lieti di ridiscutere, rivedere e completare la nostra interpretazione quando nuovi dati potranno permettere una più ricca base di analisi.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- L. CASTROVILLI - "Microrganismi nei sedimenti attuali del Golfo Persico...". Tesi inedita c/o Istituto di Geologia dell'Università di Firenze, Anno accademico 1971-1972.
- L.V. ILLING - "Dolomitization and limestone diagenesis", Lloyd C. Pray-Raymond C. Murray, U.S.A., 1965.
- G. MERLA, A. ERCOLI e D. TORRE - "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, F. 164 Foggia". Poligrafica & Cartevalori, Ercolano (Napoli), 1969.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA. - "Carta geologica d'Italia, F. 164 Foggia", II edizione, 1969.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA - "Carta geologica d'Italia, F. 165, Trinitapoli", II edizione, 1968.
- R. TRAMONTE - "Contributo allo studio delle acque sotterranee di Capitanata", Laterza & figli, Bari, 1955.

## 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.

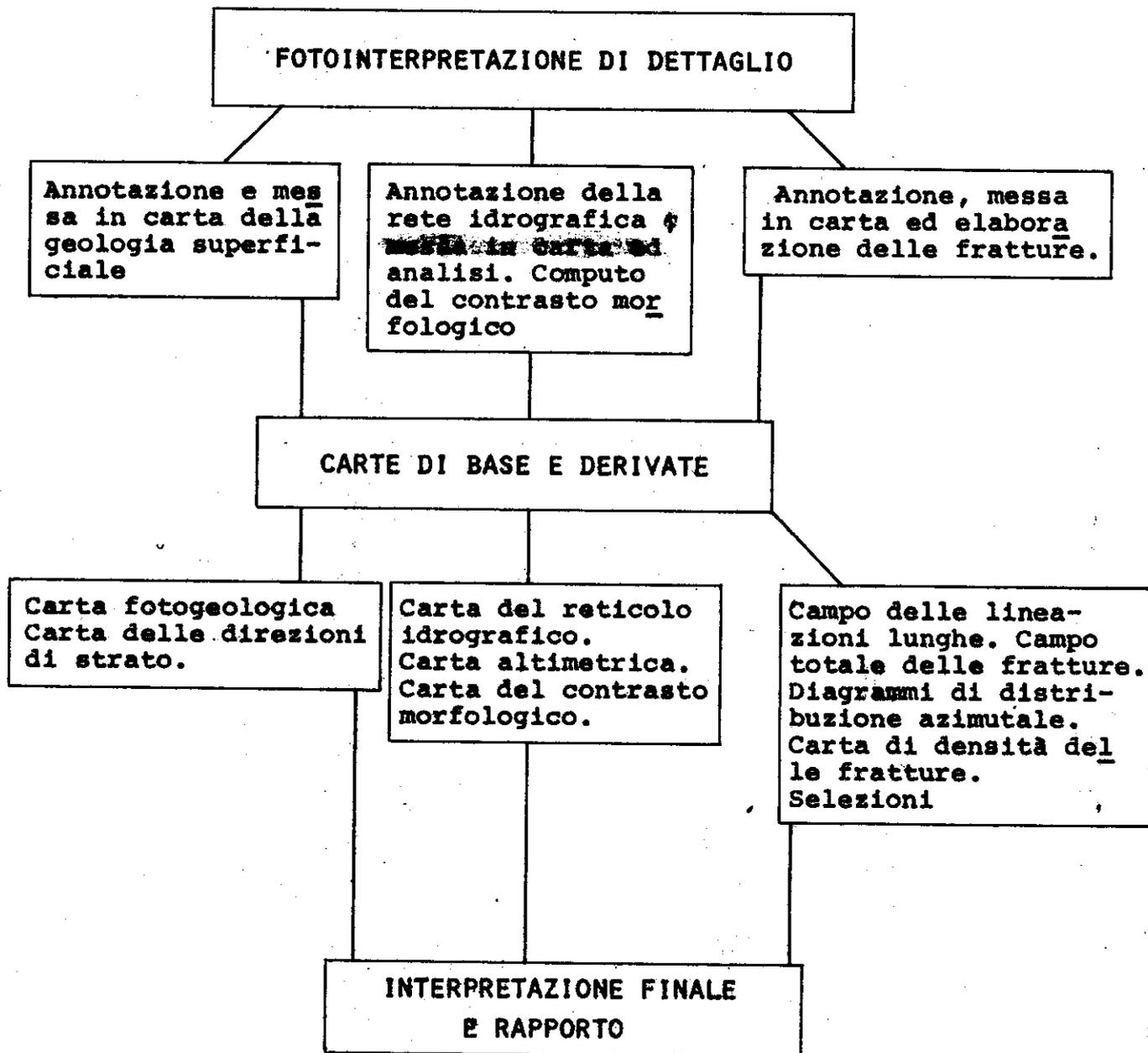
Un assunto basilare è che certi orientamenti e certe relazioni di simmetria, riconoscibili nelle forme superficiali, sono espressivi di condizioni strutturali profonde. Nella fase conclusiva assume grande importanza il processo di eliminazione di anomalie o di interpretazioni strutturali che non appaiano 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 masse 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 carta 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.

È 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 delle fratture. 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° e 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. Principalmnte 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.

## APPENDICE 2

### DESCRIZIONE DELLE SEZIONI STRATIGRAFICHE

Lo scopo del lavoro stratigrafico era di misurare, descrivere e campionare gli affioramenti miocenici, presenti nell'area del permesso e fuori di questa, consistenti in calcari detritici-organogeni trasgressivi sulla serie carbonatica mesozoica, per metterli in relazione a quanto possa essere incontrato in sondaggio profondo. La formazione, conosciuta in bibliografia sotto diversi nomi ("Calcari a Briozoi", "Pietra Leccese", "Tufo calcareo"), si è dimostrata molto costante per caratteristiche sia litologiche che sedimentologiche. La descrizione è già stata riportata nel capitolo della geologia, del presente rapporto e per le caratteristiche più specifiche si veda le descrizioni particolari a lato delle tre stratigrafie allegate.

#### Sezione n. 1 "Valle di Mezzanotte"

E' stata misurata in due spezzoni, il primo sulla sinistra della valle e il secondo sulla destra, prendendo come attacco un livello ben caratterizzato per spessore e morfologia. L'esposizione della serie è ottima (foto 1, 2 e 3) e ben evidente è il contatto discordante tra i sottostanti "Calcari oolitici di Coppa Guardiola" e i sovrastanti calcari miocenici (foto n. 4). Lo spessore totale campionato è risultato di 35,5 m. di cui 33 m. appartengono alla formazione più recente. Come già sopradetto non si sono notate differenze nel litotipo salvo variazioni nella potenza dei banchi.

#### Sezione n. 2 "Masseria del Bono"

L'ubicazione è chiaramente illustrata nell'allegata serie. L'esposizione è ottima (foto n. 5) e la potenza del Miocene è risultata di 21,6 m. Risulta anche molto chiara la posizione trasgressiva (foto n. 6), ma è stata notata una frequente presenza di brecce che ci fa ritenere questo affioramento un sottilissimo lembo residuo. Al tetto dei calcari miocenici, si ritrovano calcari mesozoici, in posizione topograficamente elevata anche per motivi tettonici. E' da notare che in questa serie il Miocene è stato riscontrato trasgressivo sui "Calcari di Masseria Quadrona", che sono stati attribuiti al Cretaceo.

#### Sezione n. 3 "Monte Aquilone"

E' risultata la serie più potente (48 metri) anche se non è stato trovato il tetto del Mesozoico. Alla base è stato

riscontrato un calcare micritico e una breccia che però si ritiene appartengono ancora al Miocene, ma che presuppongono una certa vicinanza al contatto. L'esposizione è risultata buona (foto n. 7 e 8). Una caratteristica che differenzia questo affioramento dai precedenti è la ripetuta presenza di accumuli di grossi lamellibranchi, talora isorientati (foto n. 9).



Foto n. 1 - "Valle di Mezzanotte": lato sinistro  
con l'affioramento miocenico trasgressivo  
sui calcari mesozoici.



Foto n. 2 - "Valle di Mezzanotte": lato destro,  
idem come foto n. 1.



Foto n. 3 - "Valle di Mezzanotte": tipico affioramento dei calcari miocenici.



Foto n. 4 - "Valle di Mezzanotte": contatto tra calcari mesozoici e i sovrastanti calcari miocenici. Base della serie omonima.



Foto n. 5 - "Masseria del Bono": vista d'insieme della serie omonima. In alto subito dopo la curva della strada provinciale riaffiorano i calcari mesozoici.



Foto n. 6 - "Masseria del Bono": contatto tra i calcari mesozoici brecciati, in basso, e i calcari miocenici.



Foto n. 7 - "Monte Aquilone": base della serie omoni  
ma all'interno della cava.

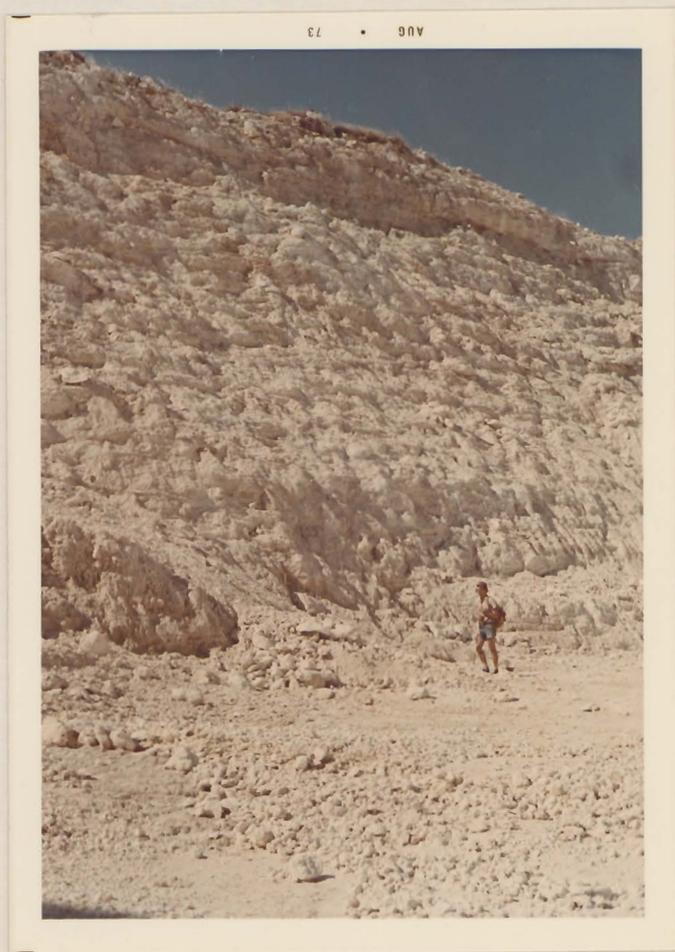


Foto n. 8 - "Monte Aquilone": successione di banchi  
e strati. Si noti la friabilità della for  
mazione dovuta alla freschezza del taglio.



Foto n. 9 - "Monte Aquilone": particolare di un banco  
con un livello a grossi Lamellibranchi.