

STUDIO PETROGRAFICO DEL CARBONE DELLA MINIERA DI SERUCI (Sardegna Sud-Occidentale)

MICHELE AGUS

Centro di Studi Geominerari e Mineralurgici del C.N.R.
presso l'Istituto di Arte Mineraria dell'Università di Cagliari

RIASSUNTO. — Dopo aver accennato brevemente all'importanza che le indagini petrografiche sul carbone hanno assunto in questi ultimi anni nel quadro della risoluzione di numerosi problemi connessi ad una sua migliore utilizzazione in campo tecnologico, vengono riportati i risultati delle analisi minero-petrografiche effettuate sui singoli strati di carbone delle sezioni geognostiche praticate lungo le gallerie ancora accessibili dell'intero dominio della Miniera di Seruci nel bacino carbonifero del Sulcis.

In particolare l'analisi petrografica ha permesso di precisare:

a) le composizioni macerali qualitative e quantitative dei singoli strati di carbone ricorrendo anche all'uso della microscopia in fluorescenza. Questa tecnica di indagine ha consentito di identificare con maggiore precisione numerosi macerali del gruppo esinite-liptinite; alcuni di questi macerali vengono segnalati per la prima volta nel carbone Sulcis;

b) il « rango » del carbone di Seruci mediante misure del potere riflettente del macerale vitrinite effettuate su campioni di « I e II vena »;

c) la natura delle varie fasi minerali presenti nel carbone e nelle rocce intercalari. Particolare attenzione viene rivolta alla pirite di cui si descrivono in dettaglio le caratteristiche morfologico-tessiture e si rileva l'ineguale distribuzione all'interno degli strati di carbone anche mediante analisi chimiche puntuali lungo le sezioni campionate. Tali variazioni vengono interpretate come il riflesso di mutamenti ambientali determinatisi durante la fase di deposizione della materia organica.

La memoria conclude ponendo l'accento sull'importanza pratica che possono assumere tali livelli a composizione petrografica differenziata e la cui notevole estensione laterale è testimoniata dalle analisi petrografiche effettuate su fori di sonda praticati a notevole distanza dalla Miniera di Seruci, nell'ambito della caratterizzazione delle singole vene nell'intero bacino carbonifero sulcitano.

ABSTRACT. — The paper underlines briefly the importance that coal petrography has assumed latterly in relation to solving problems connected with the better utilization of coal in the technological field. The author reports on the results of minero-

petrographic analyses carried out on individual coal seams of the geognostic sections cut from tunnels still accessible through out the entire domain of the Seruci mine in the Sulcis coal field.

In particular the petrographical analysis enabled the determination of the following:

a) quantitative and qualitative maceral composition of the individual coal seams, also employing fluorescence microscopy. With this technique numerous macerals of the exinite-liptinite group could be identified with greater accuracy: some of these macerals have been discovered for the first time in the Sulcis coal;

b) the « rank » of the Seruci coal by means of measurements of reflectance of the maceral vitrinite, carried out on samples of the « I and II vena »;

c) the nature of the various mineral phases existing in the coal and intercalated rock. Particular attention is paid to pyrite: its morphological and textural characteristics are described in detail and the non-uniform distribution within the coal seams has been determined, also by means of point chemical analyses along the sections sampled. These variations are interpreted as a reflection of the environmental changes which occurred during the deposition of the organic material.

In conclusion, emphasis is placed on the practical importance that these seams with differentiated petrographical composition and whose lateral extension is witnessed by petrographical analyses performed on bore holes drilled at considerable distance from the Seruci mine, in relation to the characterization of individual seams in the entire Sulcis coal field.

Introduzione

L'importanza che assume l'indagine petrografica del carbone nel quadro della risoluzione di numerosi problemi connessi ad una sua migliore utilizzazione in campo tecnologico è stata ben definita in numerosi lavori (STACH E. et al., 1975; MACKOWSKY M. TH., 1971).

Noi ci limitiamo solamente a ricordare

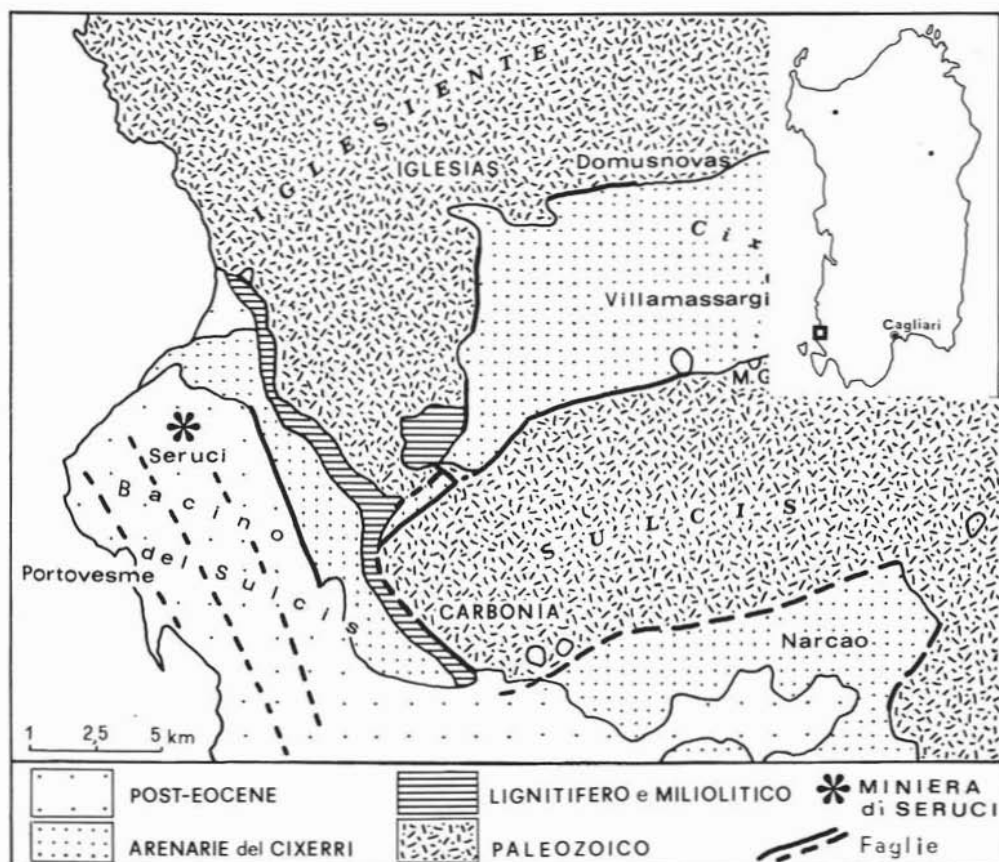


Fig. 1. — Schema geologico-strutturale generale e ubicazione della miniera di Seruci.

che in questi ultimi 50 anni, in concomitanza con la particolare situazione di crisi energetica creatasi nel mondo, le tecniche di indagine in questo campo hanno subito un notevole sviluppo. A questo proposito basta citare i progressi compiuti nel campo della registrazione e della quantizzazione del potere riflettente dei singoli macerali e nel campo dell'osservazione microscopica in fluorescenza. Quest'ultima tecnica, in particolare, oltre ad aver consentito una migliore definizione di alcuni componenti macerali del gruppo liptinite-esinite, ha permesso di identificarne dei nuovi (TEICHMÜLLER M., 1974) che in passato, alla sola osservazione in luce riflessa normale, venivano definiti genericamente liptodetrinite, fasi argillose o addirittura confusi con vuoti di preparazione della sezione lucida.

Il reperimento di questi nuovi macerali

ha aperto nuove discussioni sulla classificazione dei carboni elaborata dal Comitato Internazionale per la Petrografia del Carbone (ICCP) (LEXIQUE INTERNATIONALE DE PÉTROGRAPHIE DES CHARBONS, 1963, 1971, 1975) e da parte di alcuni autori (ALPERN B., 1980) vengono prospettati nuovi schemi di inquadramento specie per i macerali del gruppo liptinite-esinite.

Non ci dilunghiamo su questo argomento essendo ancora studi in fase di sviluppo ma ci limitiamo solo ad osservare che il ritrovamento di alcuni di questi nuovi macerali nei campioni da noi analizzati apre, anche per il carbone Sulcis, interessanti prospettive di indagine nel campo della genesi di prodotti petroliferi da banchi di carbone.

In conseguenza di quanto detto sopra ed alla luce dell'attuale volontà di ripresa delle attività nel bacino carbonifero del Sulcis, si

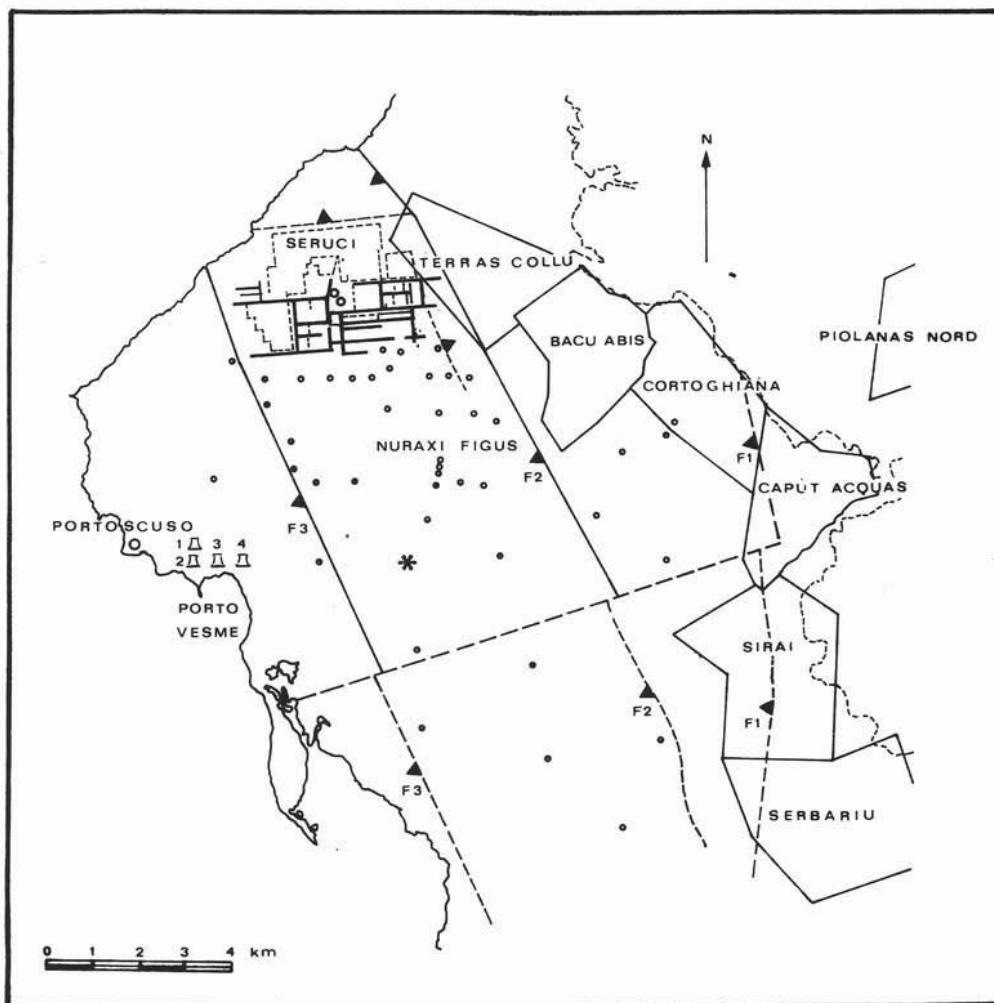


Fig. 2. — Piano geografico-strutturale e sviluppo dei lavori nel dominio della miniera di Seruci.

è sentita l'esigenza di effettuare un più approfondito studio sulle caratteristiche minero-petrografiche del carbone della Miniera di Seruci che, con le sue gallerie per gran parte ancora oggi accessibili, rimane per il momento, la migliore campionatura del bacino carbonifero sulcitano. In questo modo si è voluta, inoltre, seguire una ormai lontana tradizione di studi in questo campo da parte dell'Istituto di Arte Mineraria e Preparazione dei Minerali e del Centro Studi Geominerari e Mineralurgici del C.N.R. dell'Università di Cagliari nel cui ambito questa indagine è stata effettuata.

La miniera di Seruci

La miniera di Seruci è situata nella parte sud-occidentale della Sardegna (fig. 1). Le sue gallerie si aprono nella parte alta del « Lignifero », la formazione geologica eocenica notoriamente compresa tra il cosiddetto « Miolítico », alla base, e le « Arenarie del Cixerri » al tetto. Sui problemi di carattere paleontologico-stratigrafico concernenti la datazione delle tre formazioni citate rimandiamo ai lavori più recenti di carattere generale (MAXIA C., 1959; BARCA S. et al., 1973; COCOZZA T. et al., 1974; BARBERI F., CHER-

CHI A., 1980) e di carattere specifico (TARICCO M., 1922-23; SCHWARZBACH M. et al., 1952; SCHWARZBACH M., 1955; CAPPETTA H., THALER L., 1973; PITTAU P., 1974; PITTAU P., 1977; AGUS M., PECORINI G., 1978; SALVADORI A., 1980). Tra gli ultimi studi sull'argomento, che tendono principalmente a definire l'età del tetto e del letto della formazione « Lignitifera », segnaliamo quello relativo al rinvenimento, all'interno del carbone della « prima vena » di Seruci, di un orizzonte con ologoni di Carofite (AGUS M., PECORINI G., 1978) che hanno consentito di datare al Cuisiano la parte alta di tale formazione.

La fig. 2 mostra lo sviluppo dei lavori nel dominio della miniera di Seruci compreso tra le grandi faglie F2 e F3 e limitato a Nord dalla faglia, circa est-ovest, di Porto Paglia.

Nella stessa fig. 2 sono indicati con dei cerchietti i sondaggi effettuati in quell'area in tempi antichi e recenti; in particolare, con l'asterisco è segnato il foro di sonda 1/78 bis, realizzato nel 1978, il cui studio minero-petrografico in fase di completamento consente, come vedremo in seguito, di formulare alcune interessanti considerazioni sulla qualità del carbone degli strati profondi del bacino sulcitano.

Attualmente siamo a conoscenza di una massiccia campagna di sondaggi intrapresa dalla Società Carbosulcis, che gestisce le Miniere di Seruci e Nuraxi-Figus, che dovrebbe consentire di effettuare quelle correlazioni tra i vari fasci coltivabili indispensabili per una corretta programmazione delle attività produttive.

Nel dominio di Seruci sono stati coltivati in passato due fasci, uno superiore detto di « I vena » ed uno inferiore detto di « II vena » con uno spessore medio, per ciascun fascio, di circa 2 m. Negli ultimi anni di attività, la coltivazione ha interessato solamente la « I vena » le cui gallerie, ancora in gran parte accessibili, hanno consentito le nostre operazioni di campionatura.

Per la « II vena » le campionature, iniziate nel 1975, si sono dovute limitare solo a quelle gallerie di tracciamento ancora accessibili che costituiscono peraltro, solo un lembo marginale di quelle coltivazioni. Attualmente di « II vena » rimangono accessibili unicamente il 2° ed il 3° tracciamento,

essendo previsto lo sviluppo della Miniera in altra direzione.

Tutte le gallerie di tracciamento si sviluppano a direzione obbligata all'interno dei due fasci di cui seguono l'andamento altimetricamente caratterizzato da ondulazioni, flessure e piccole faglie che, in genere, non hanno disturbato eccessivamente lo sviluppo dei tracciamenti come gli stessi piani di miniera dimostrano.

Materiali e metodi

I campioni analizzati provengono da campionature effettuate lungo le pareti ed i fronti di avanzamento delle gallerie di tracciamento mediante canalette di ampiezza attorno ai 60 cm e di profondità variabile a seconda dello stato di alterazione della roccia. La fase di prelievo dei campioni è stata preceduta da un'accurata analisi macroscopica che ha consentito di distinguere: livelli di carbone « pulito », livelli di carbone con fossili ⁽¹⁾, livelli di carbone con abbondante fase minerale e livelli di sterile in reciproca alternanza. In questo modo è stato possibile realizzare le sezioni macropetrografiche di cui riportiamo in fig. 3 alcuni esempi per la « I e la II vena ». Un'ulteriore analisi macroscopica è stata fatta all'interno dei singoli banchi di carbone per evidenziare eventuali variazioni quali: maggiore o minore brillantezza, presenza di clivaggi ed orizzonti con evidente stratificazione. Per ciascun banco di carbone quindi sono stati prelevati campioni puntuali laddove si sono rilevati indizi di tali variazioni.

I campioni sottoposti ad analisi petrografica sono stati ridotti ad una granulometria inferiore a 0,75 mm con macinazione a mano per evitare eccessiva formazione di fini ed inglobati in bricchette con una miscela di araldite ed indurente; si è quindi proceduto alle consuete operazioni di lucidatura. In taluni casi sono state analizzate sezioni lucide di pezzi di roccia tal quale.

Le determinazioni microscopiche sul carbone sono state fatte in luce riflessa utiliz-

(1) Tra questi orizzonti è stato possibile individuare il livello a Carofite che ha consentito di datare, meglio di quanto non fosse stato fatto in passato, la parte alta del « lignitifero » (AGUS M., PECORINI G., 1978).

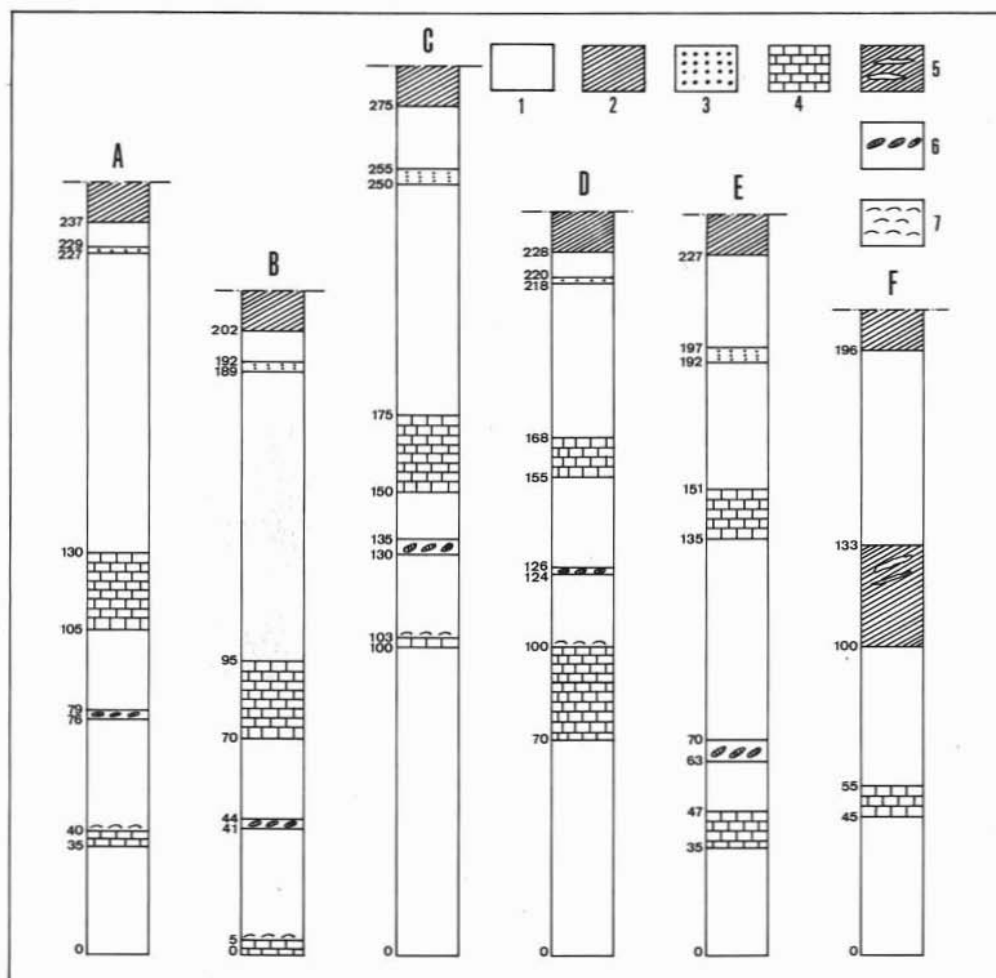


Fig. 3. — Sezioni macropetrografiche esemplificative dei fasci della « I vena » (A, B, C, D, E) e della « II vena » (F). 1: carbone; 2: argilla siltosa; 3: carbone con abbondante fase minerale; 4: calcare grigio-nocciola chiaro; 5: argilla carboniosa; 6: carbone con abbondante fase minerale, bioclasti ed oogni di Carofite; 7: carbone con gusci di molluschi.

zando un microscopio Leitz mod. Ortholux Pol, fornito di Opak Illuminatore con obiettivi a secco e ad immersione in olio; in particolare, per le analisi macerali quantitative, è stato montato un obiettivo 25 x ad immersione in olio (P Oel 8W 25/0.65) con coppia di oculari 10 x di cui uno fornito di reticolo a croce. La registrazione ed il conteggio dei macerali è stata fatta mediante apparato Point Counter della ditta Swift con spostamenti di 0,33 mm.

Le analisi riflettometriche di rango sono state effettuate usando il filtro interferenziale a 546 nm normalizzato.

Per le osservazioni in fluorescenza ⁽²⁾, si è utilizzato un microscopio Leitz Modello MPV2 con lampade al xenon ed ai vapori di mercurio a seconda delle esigenze; i filtri di eccitazione, gli obiettivi ed i filtri inter-

(2) Le analisi microscopiche in fluorescenza sono state eseguite presso i Laboratori AGIP di San Donato Milanese. Cogliamo l'occasione per ringraziare sentitamente il prof. LUIGI MATTAVELLI, Direttore di quei Laboratori, per averci cortesemente consentito di utilizzare le apparecchiature necessarie e la Dott. Magrassi, dello stesso Laboratorio, per la costante assistenza fornita durante l'esecuzione di tali analisi.

ferenziali usati sono quelli indicati in letteratura (TEICHMÜLLER M., 1974) per lavori di questo genere.

Per una migliore definizione delle fasi minerali trasparenti si è ricorsi all'osservazione in luce trasmessa di sezioni sottili e sottili-lucide; in certi casi è stato inoltre necessario effettuare analisi diffrattometriche X⁽³⁾ con diffrattometro JEOL JSDX-60 A4. Nella descrizione petrografica del carbone ci atteniamo alla nomenclatura proposta dal Comitato Internazionale per la Petrografia del Carbone (LEXIQUE INTERNATIONAL DE PÉTROGRAPHIE DES CHARBONS, 1953, 1971, 1975) ed ormai comunemente adottata in quasi tutti i paesi del mondo (MACKOWSKY M. TH., 1971; STACH E. et al., 1975).

I risultati

Analisi macerali quantitative e qualitative

Nella fig. 4 sono riportati i risultati di analisi macerali quantitative effettuate su campioni di carbone provenienti da diverse sezioni campionate nella « I e nella II vena ». L'analisi macerale qualitativa di dettaglio ha consentito di distinguere, all'interno del gruppo macerale vitrinite, i macerali telinite e collinite. Le tipiche strutture cellulari della telinite sono particolarmente evidenti all'os-

| GRUPPI MACERALI | % | | GRUPPI MACERALI | % |
|-----------------|------|---|-----------------|------|
| VITRINITE | 71,2 | A | VITRINITE | 76,4 |
| ESINITE | 11,2 | | ESINITE | 15,8 |
| INERTINITE | 5,6 | | INERTINITE | 3,8 |
| MINERALI | 11,6 | | MINERALI | 4,0 |

| GRUPPI MACERALI | % | | GRUPPI MACERALI | % |
|-----------------|------|---|-----------------|------|
| VITRINITE | 64,2 | B | VITRINITE | 71,4 |
| ESINITE | 19,2 | | ESINITE | 10,2 |
| INERTINITE | 1,6 | | INERTINITE | 2,8 |
| MINERALI | 15,0 | | MINERALI | 15,6 |

| GRUPPI MACERALI | % | | GRUPPI MACERALI | % |
|-----------------|------|---|-----------------|------|
| VITRINITE | 75,0 | C | VITRINITE | 49,8 |
| ESINITE | 24,0 | | ESINITE | 20,2 |
| INERTINITE | 1,6 | | INERTINITE | 2,6 |
| MINERALI | 1,4 | | MINERALI | 27,4 |

| GRUPPI MACERALI | % | | GRUPPI MACERALI | % |
|-----------------|------|---|-----------------|------|
| VITRINITE | 75,0 | D | VITRINITE | 75,4 |
| ESINITE | 11,2 | | ESINITE | 15,8 |
| INERTINITE | 5,6 | | INERTINITE | 3,8 |
| MINERALI | 11,6 | | MINERALI | 4,0 |

| GRUPPI MACERALI | % | | GRUPPI MACERALI | % |
|-----------------|------|---|-----------------|------|
| VITRINITE | 64,2 | E | VITRINITE | 71,4 |
| ESINITE | 19,2 | | ESINITE | 10,2 |
| INERTINITE | 1,6 | | INERTINITE | 2,8 |
| MINERALI | 15,0 | | MINERALI | 15,6 |

| GRUPPI MACERALI | % | | GRUPPI MACERALI | % |
|-----------------|------|---|-----------------|------|
| VITRINITE | 75,0 | F | VITRINITE | 49,8 |
| ESINITE | 24,0 | | ESINITE | 20,2 |
| INERTINITE | 1,6 | | INERTINITE | 2,6 |
| MINERALI | 1,4 | | MINERALI | 27,4 |

Fig. 4. — Analisi macerali quantitative su campioni di « I vena » (A, B, C, D) e di « II vena » (E, F).

(3) Le analisi diffrattometriche sono state fatte dal Dott. C. GARBARINO del Centro Studi Geominerari e Mineralurgici del C.N.R. presso l'Università di Cagliari al quale si rivolgono i più sentiti ringraziamenti.

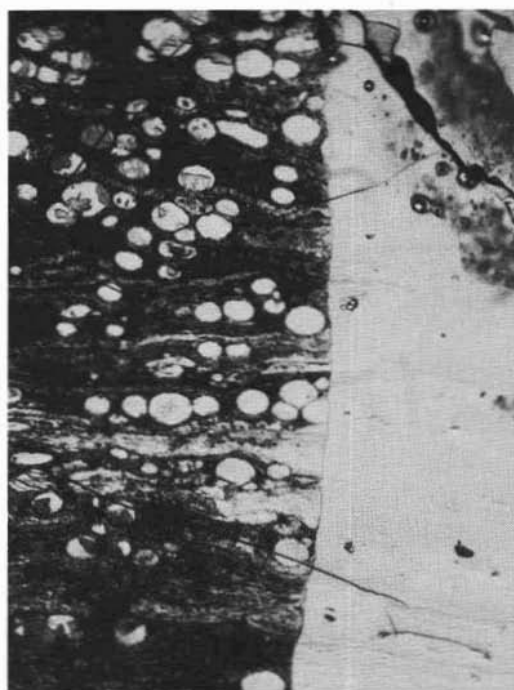


Fig. 5. — L'attacco chimico sulla parte sinistra della sezione lucida mette in evidenza i criptomacerali del gruppo vitrinite; imm. in olio, 250 x.

servazione con obiettivi ad immersione in olio; talvolta le sue celle sono riempite da collinite.

Attacchi chimici delle superfici lucide (4) hanno evidenziato la presenza dei criptomacerali criptocorpocollinite e criptotelinite (fig. 5). La vitrinite, all'interno dei banchi di carbone, può presentarsi sia come costituente essenziale sia in alternanza con letti costituiti da altri gruppi macerali in particolare il gruppo liptinite-esinite (fig. 6). La sua relativa fragilità e la sua tendenza alla fratturazione (5), già riscontrata nell'analisi

(4) Le sezioni lucide sono state immerse in una soluzione costituita da 25 g di KMnO₄, 5 g di H₂SO₄ diluiti in 70 ml di acqua distillata; ottenuto l'attacco delle superfici, le sezioni sono state immerse in una soluzione di solfito di sodio acidificato con H₂SO₄. La durata dell'attacco è legata al rango del carbone.

(5) Indagini approfondite sul grado di fessurazione della vitrinite sono state fatte da Alpern (ALPERN B., 1963) che ha determinato un « indice di fragilità » strettamente legato al grado di fessurazione.

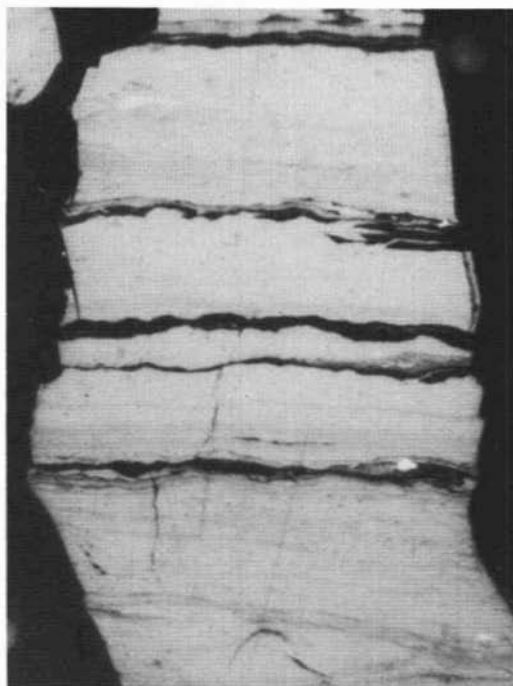


Fig. 6. — Letti costituiti dal gruppo macerale vitrinite in alternanza con letti del gruppo liptinite-essinite (cutinite); imm. in olio, 250 x.

macroscopica, si manifesta, al microscopio, sotto forma di fratture di notevoli dimensioni solitamente disposte perpendicolarmente o parallelamente alla stratificazione riconducibili verosimilmente a fenomeni tettonici e sotto forma di piccole fessure di contrazione disposte caoticamente nella matrice carboniosa. Spesso le fratture e le fessure descritte si incontrano tra di loro dando luogo a numerosissime ramificazioni. Le fratture e le fessure di contrazione sono comunemente riempite da una fase carbonatica.

Nella determinazione petrografica dei componenti del gruppo macerale liptinite-essinite, si è rivelata di particolare utilità l'osservazione microscopica in fluorescenza⁽⁶⁾ che ha permesso, non solo di definire meglio le caratteristiche morfologiche di numerosi ma-

(6) I macerali appartenenti al gruppo liptinite-essinite presentano un caratteristico fenomeno di auto-luminescenza allorchè vengono irradiati con onde lunghe UV o luce blu. Anche le vitrinite dei carboni di basso rango possono talvolta presentare un simile fenomeno. I macerali del gruppo inertinite non danno mai fluorescenza indipendentemente dal loro rango.

cerali appartenenti a questo gruppo, ma anche di individuarne alcuni di recente scoperta (TEICHMÜLLER M., 1974) peraltro non distinguibili in microscopia normale.

In particolare, l'analisi qualitativa di fluorescenza⁽⁷⁾ ha evidenziato la presenza dei macerali essudatinite e fluorinite. L'essudatinite si presenta con colori tipici di fluorescenza che vanno dall'arancio chiaro all'arancio scuro, al giallo⁽⁸⁾. Essa è presente all'interno di fratture della massa carboniosa (fig. 7 a, b, c), all'interno di cavità cellulari di elementi sclerotinici (fig. 9 a, b), attorno ad aggregati di corpicollinite; in questi ultimi due casi la sua tinta di fluorescenza è tipicamente gialla. All'osservazione in microscopia normale, luce bianca ed immersione in olio, l'essudatinite è di colore scuro (fig. 7 a) e difficilmente è distinguibile dai vuoti e dalle cavità presenti sulla superficie lucida del campione. Solo in rari casi, utilizzando obiettivi a secco, l'essudatinite manifesta un certo rilievo ed una tinta grigia che ne permette la distinzione.

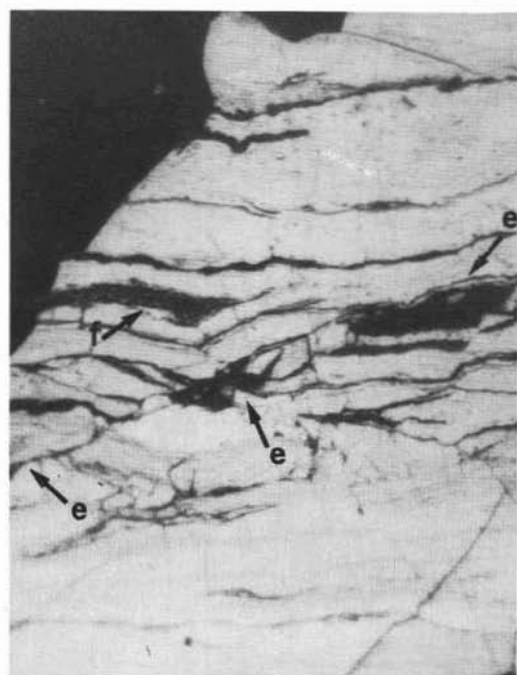
La fluorinite si presenta con tinte di fluorescenza molto intense sui toni del giallo e del giallo-verde in plaghe allungate lungo la stratificazione (fig. 7 a, b, c). All'osservazione in luce riflessa bianca tali plaghe, costituite da minuscoli corpi scuri lentiformi, possono essere confuse con letti argillosi.

Particolarmente evidente, all'osservazione in luce blu, risulta il macerale alginite che assume delle tinte giallo intenso (fig. 9) e si presenta in raggruppamenti di singoli individui allungati lungo la stratificazione. L'alginite, peraltro distinguibile agevolmente anche in luce riflessa bianca, non è solitamente molto diffusa, ma può assumere in taluni orizzonti particolari, importanza locale.

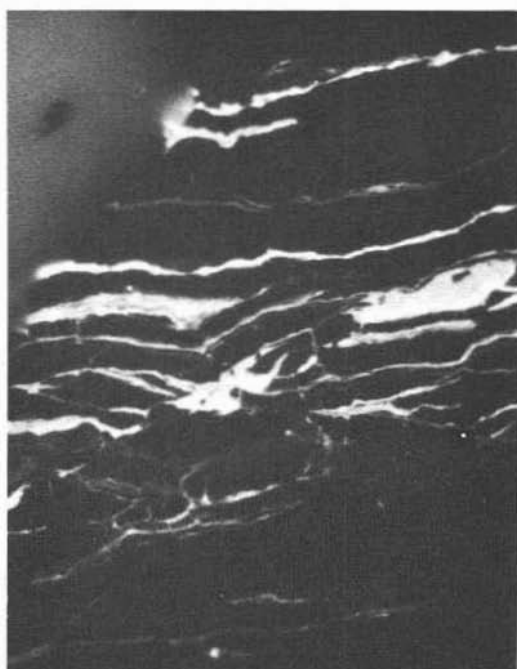
Il macerale del gruppo liptinite-essinite senz'altro più diffuso in tutti i campioni

(7) Attualmente, in considerazione dei recenti progressi compiuti nel campo delle misure dell'intensità di fluorescenza, della sua relativa distribuzione spettrale e dei relativi processi di alterazione (OTTENJANN K., 1980), è stata avviata una collaborazione di ricerca con la Dott. MAGRASSI, dei Laboratori AGIP di San Donato Milanese, per effettuare tali analisi anche su campioni di carbone del Sulcis.

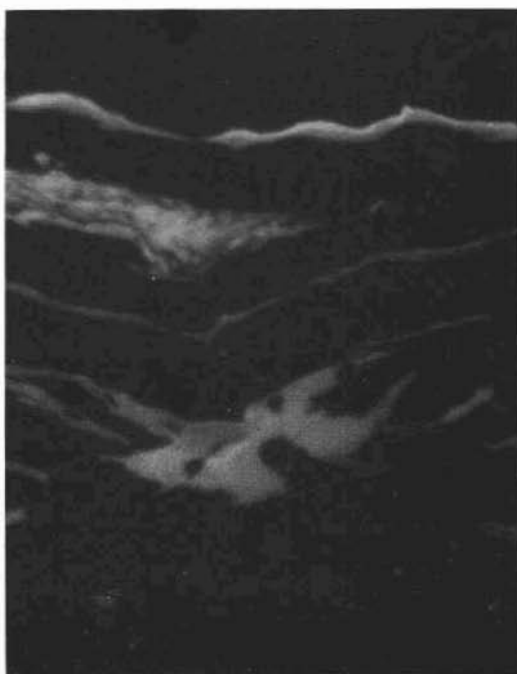
(8) Le variazioni di tonalità del colore vengono attribuite alla diversità di spessore della plaga essudatinitica (TEICHMÜLLER M., 1974).



a)



b)



c)

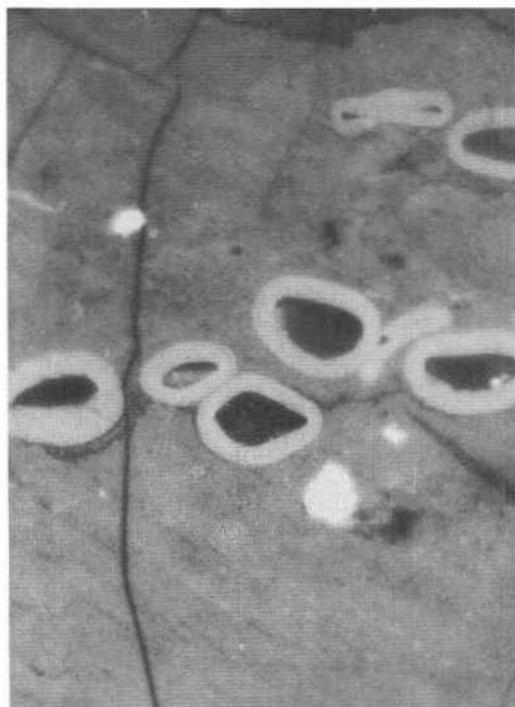
osservati è la cutinite. Essa è costituita da cuticole a sezione molto allungata con caratteristiche dentature, particolarmente evidenti nelle sezioni tagliate perpendicolarmente al piano di stratificazione, quasi mai isolate ma bensì in raggruppamenti di spessore variabile tali da formare delle bande in alternanza con i letti vitritici (fig. 6). Spesso i fasci di cuticole presentano dei piegamenti e delle piccole fratture con spostamenti che testimoniano leggeri riordinamenti subiti dai componenti vegetali durante la fase di torba. In alcune sezioni tagliate parallelamente alla stratificazione è stato possibile osservare caratteristiche « stomates ».

La resinite è presente sotto forma di corpi ovoidali di colore grigio scuro in luce riflessa bianca, giallo, in luce blu, disposti solitamente lungo le linee dei cuticoli; resinite è talvolta osservabile anche all'interno delle celle della telinite.

Il macerale sporinite è caratterizzato da spore, per lo più di piccolo taglio (microspore) assai deformate e spesso non agevolmente distinguibili dai grani pollinici⁽⁹⁾; a

⁽⁹⁾ A causa dell'estrema difficoltà nella distinzione tra spore e pollini nell'analisi microscopica, è stato introdotto il termine « miospore » che li comprende entrambi (STACH E., 1975).

Fig. 7. — Gruppo macerale liptinite-esinite: essudatinita (e), fluorinita (f); a) luce normale, imm. in olio 250 x; b) la stessa immagine all'osservazione in fluorescenza, imm. in olio 250 x; c) particolare dell'immagine precedente, imm. in olio, 430 x.



a)



b)

Fig. 8. — Essudatinite all'interno di cavità cellulari di elementi sclerotinici: a) luce normale, imm. in olio, 430 x; b) la stessa immagine all'osservazione in fluorescenza, imm. in olio, 430 x.

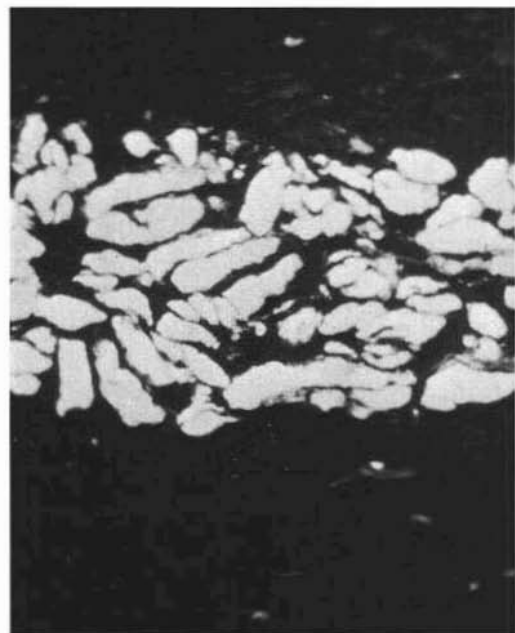


Fig. 9. — Alginite, con tipici colori gialli, all'osservazione in fluorescenza, imm. in olio, 430 x.

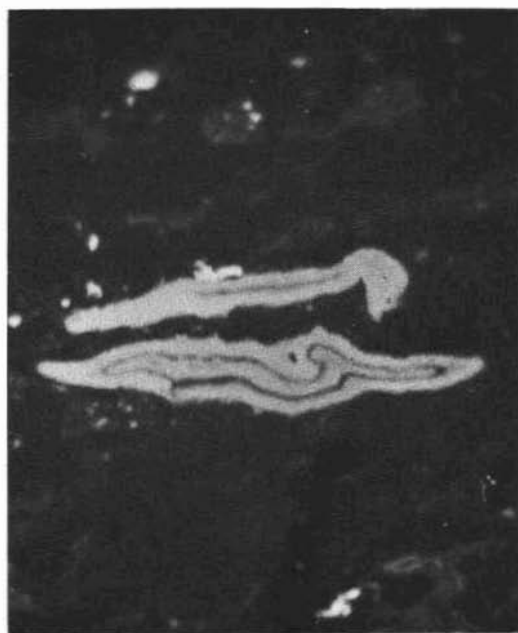


Fig. 10. — Megaspore all'osservazione in fluorescenza, imm. in olio, 430 x.

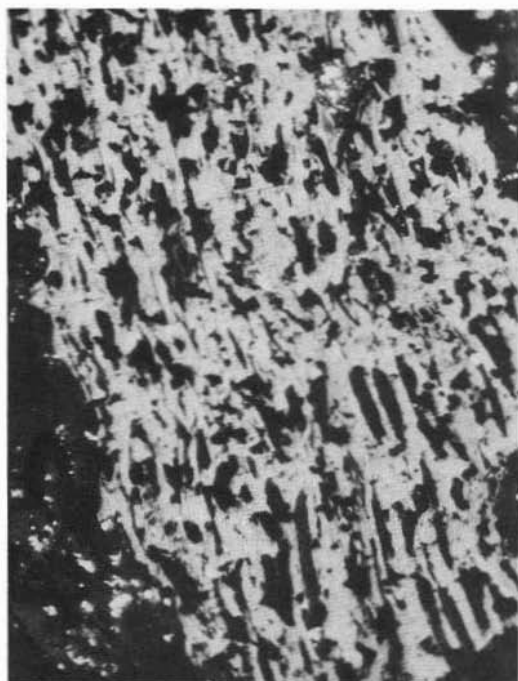


Fig. 11. — Gruppo macerale inertinite: grosso brandello semifusinitico, imm. in olio, 250 x.

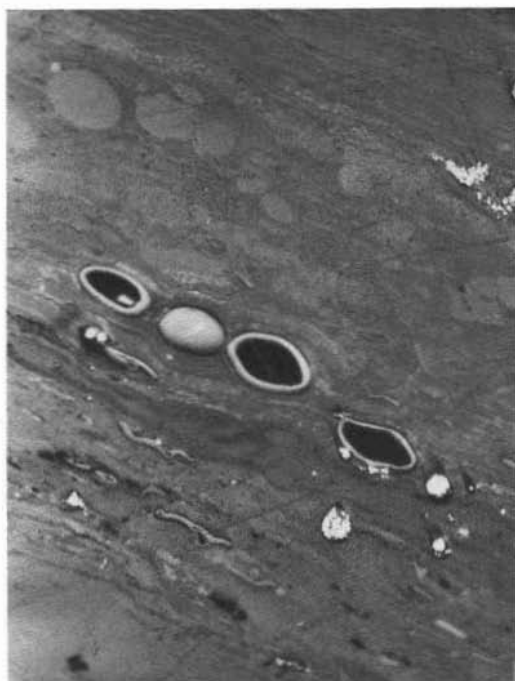


Fig. 12. — Gruppo macerale inertinite: allineamento di elementi sclerotinitici, imm. in olio, 250 x.

questo proposito si è rivelata di particolare ausilio l'osservazione in fluorescenza⁽¹⁰⁾ che ha consentito una migliore caratterizzazione morfologica delle spore stesse. Osservate anche megaspore fortemente ripiegate su se stesse (fig. 10).

Concludendo la rassegna dei macerali del gruppo liptinite-esinite segnaliamo la presenza della liptodetrinite osservabile, in particolare, all'interno di alcuni banchi di carbone della « II vena ». Su questo macerale stiamo attualmente approfondendo indagini in fluorescenza per stabilire se, in certi casi, taluni ammassi attribuibili a liptodetrinite in luce riflessa bianca non presentino, all'osservazione in luce blu, caratteristiche simili al macerale di recente scoperta « bituminite » (TEICHMÜLLER M., 1974).

Tutti i macerali compresi nel gruppo iner-

tinite sono presenti, in maggiore o minore misura, nel carbone di Seruci. La semifusinite, particolarmente osservabile all'interno di alcuni orizzonti caratterizzati da un'evidente microstratificazione ed un'abbondante contenuto in fasi minerali, si presenta in brandelli di dimensioni variabili, con caratteristiche strutture cellulari (fig. 11); talvolta le pareti delle celle risultano spezzate (« Bogen Struktur ») ed al loro interno, in certi casi, è stata osservata in fluorescenza una fase bituminosa (essudatinite?) di colore giallo verdastro che tende a dissolversi nell'olio di immersione. Sempre all'interno delle semifusinite, in taluni casi, si osservano cristallini singoli e framboidi di pirite; la pirite può sostituire talvolta l'intera struttura semifusinitica. Presenti rari brandelli fusinitici.

La macrinite si accompagna talvolta alla semifusinite negli orizzonti a fine stratificazione sopra descritti, essa ricorre in elementi isolati a contorni più o meno arrotondati e con caratteristico potere riflettente elevato.

Contrariamente alla semifusinite ed alla macrinite, il macerale sclerotinite è diffuso pressochè ovunque all'interno dei banchi di

(10) Sono in corso studi quantitativi di misure spettrali di fluorescenza sulle spore presenti nei campioni analizzati. Tali determinazioni consentiranno, unitamente alle misure di riflettanza sulla vitrinite, di meglio precisare il rango diagenetico del carbone di Seruci.

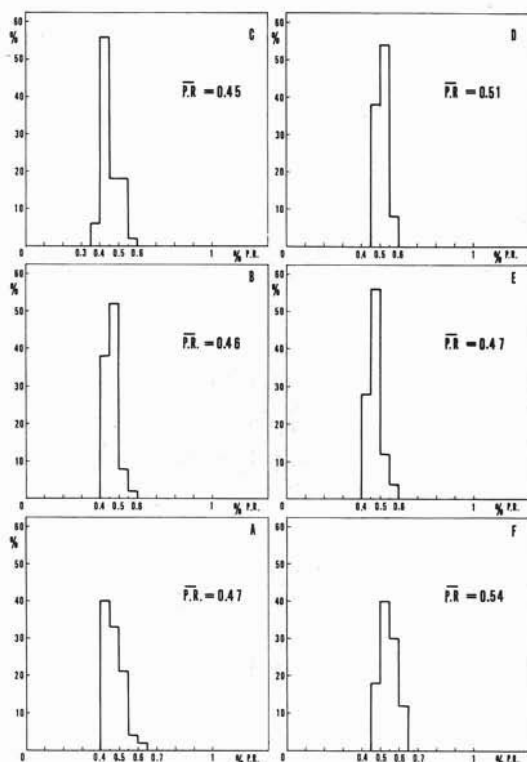


Fig. 13. — Istogrammi delle misure di riflettenza relative a campioni di « I vena » (A, B, C, D) e di « II vena » (E, F).

carbone di Seruci. Esso è costituito da spore e resti di funghi tra cui sono riconoscibili teleospore mono o multicellulari, spesso in raggruppamenti di notevoli dimensioni o disposte secondo allineamenti lungo la stratificazione (fig. 12) e tipici « Sclerotites brandonianus ». All'interno delle celle di numerosi elementi sclerotinici l'analisi in fluorescenza ha rivelato la presenza dell'essudatinite (fig. 8 a, b). Rara inertodetrinite si osserva in alcuni campioni di carbone della « II vena ».

Come ultimo macerale del gruppo inertinite segnaliamo la micrinite, osservabile, quasi esclusivamente utilizzando obiettivi a forti ingrandimenti. Essa è costituita da caratteristici elementi di fini dimensioni (da 0,5 a 1 micron) a forte potere riflettente ⁽¹¹⁾.

⁽¹¹⁾ Per questo motivo la micrinite è stata inclusa nel gruppo dell'inertinite anche se praticamente le sue caratteristiche fisico-chimiche si differenziano nettamente da quelle degli altri macerali di questo gruppo. Per questo e per altri problemi legati alla micrinite rimandiamo all'approfondito studio di M. Teichmüller (TEICHMÜLLER M., 1974).

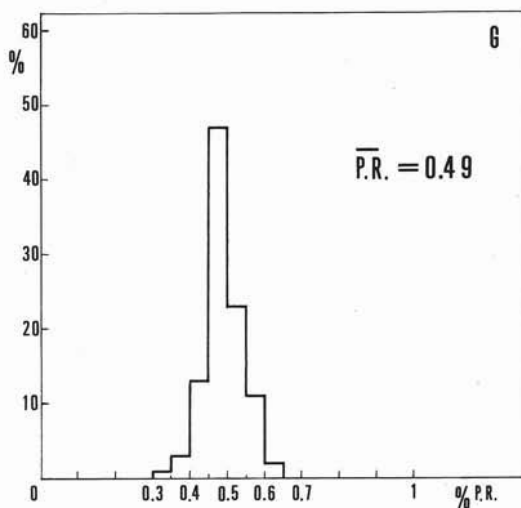


Fig. 14. — Istogramma delle misure di riflettenza relative ad uno dei banchi più profondi del foro di sonda 1/78 bis.

Micrinite è stata osservata come trasformazione della resinite all'interno di cavità cellulari, spesso appartenenti a strutture telinittiche.

La presenza della micrinite, anche se per la verità non molto diffusa nei campioni analizzati, costituisce un importante elemento nella caratterizzazione diagenetica del carbone di Seruci.

Analisi di riflettenza

Analisi di riflettenza sono state effettuate sul gruppo macerale vitrinite ⁽¹²⁾. I risultati di tali determinazioni, di cui in fig. 13 riportiamo alcuni esempi relativi a campioni provenienti da banchi di carbone delle singole sezioni campionate lungo tracciamenti di « I e II vena », hanno consentito di precisare il « rango » del carbone di Seruci. Misure di riflettenza sono state inoltre effettuate sui singoli banchi di carbone dei fasci considerati utili nel foro di sonda 1/78 bis ⁽¹³⁾, praticato nel bacino carbonifero del Sulcis, al

⁽¹²⁾ Le misure del potere riflettente vengono fatte sulla vitrinite poichè, in tale gruppo macerale, le proprietà chimiche e ottiche variano più uniformemente durante la carbonizzazione rispetto a quelle degli altri gruppi macerali.

⁽¹³⁾ Lo studio petrografico completo del foro di sonda 1/78 bis farà oggetto di una memoria di prossima pubblicazione.

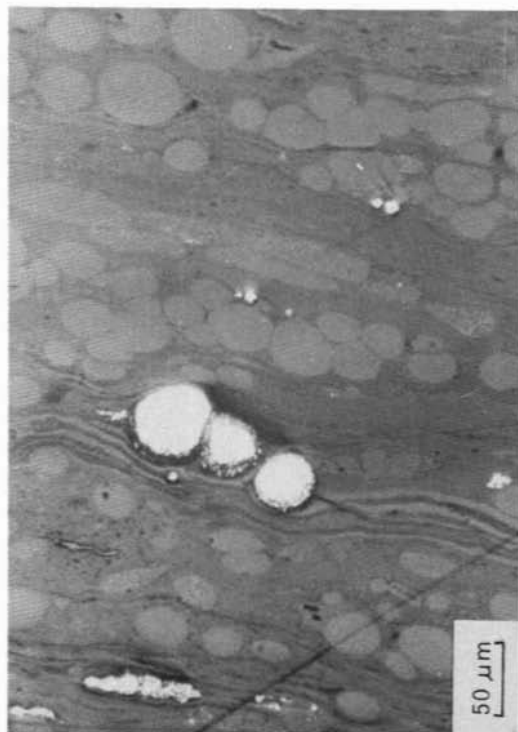


Fig. 15. — Pirite framboidale, 160 x.

fine di rilevare eventuali variazioni di « rango » nel carbone degli strati più profondi. Nell'istogramma di fig. 14 sono rappresentati i risultati di tali misure riferiti ad uno dei banchi di carbone più profondi di quel foro di sonda.

I minerali

Nell'indagine petrografica del carbone particolare importanza è stata data alla precisa definizione delle fasi minerali in esso presenti. Questo, in conseguenza dell'influenza che una loro maggiore o minore presenza può avere sulle proprietà tecnologiche del carbone stesso. Come si può osservare anche nelle analisi macerali quantitative riportate in fig. 4, la presenza dei minerali può variare sensibilmente da un banco all'altro, da una vena all'altra e, come le indagini petrografiche e chimiche hanno ben evidenziato, da un punto all'altro all'interno dello stesso banco. In particolare, l'analisi petrografica di dettaglio ha consentito di osservare le seguenti fasi mineralogiche: pirite, marcassite, calcite,

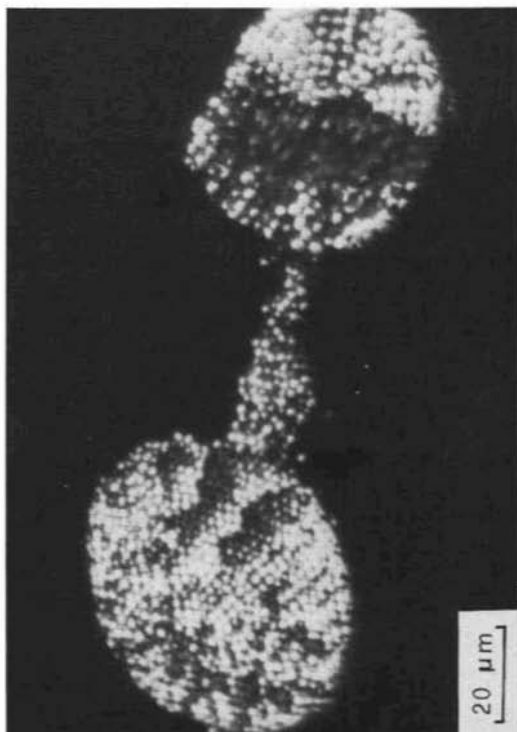


Fig. 16. — Elementi di pirite framboidale, imm. in olio, 800 x.

dolomite, aragonite, quarzo, fasi argillose. Tra i minerali citati particolare importanza riveste la pirite, sia per la sua quasi costante presenza in tutti i campioni analizzati, sia per la varietà delle sue caratteristiche morfologico-tessiturali. Nel descrivere tali caratteristiche faremo riferimento alla classificazione ⁽¹⁴⁾ proposta da NEAVEL (REYES NAVARRO et al., 1976).

Per la « classe euedrale » segnaliamo la presenza di pirite in cristallini ad abito idiomorfo di dimensioni comprese tra i 2 ed i 10 microns; l'abito cristallografico è prevalentemente cubico con presenza anche di forme ottaedriche e, in sezione trasversale, i cristallini hanno contorni triangolari od esagonali. Questi cristallini possono essere isolati o raggruppati in plaghe allungate all'in-

⁽¹⁴⁾ In tale classificazione la pirite presente nei carboni viene suddivisa in 8 classi a seconda delle sue differenti caratteristiche morfologico-tessiturali.

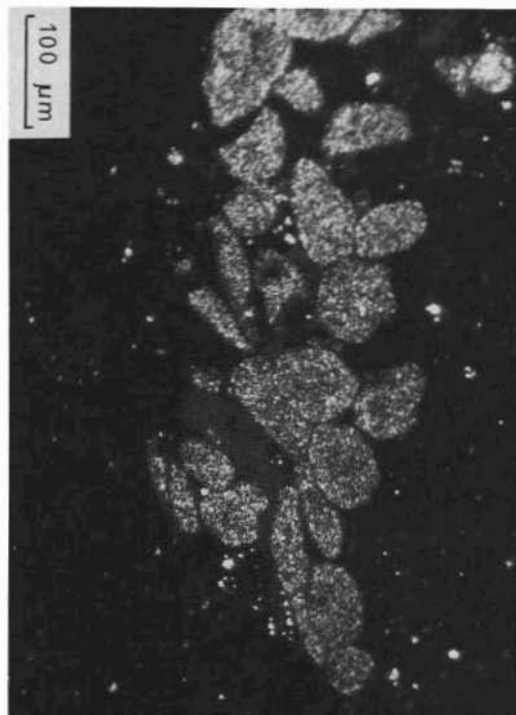


Fig. 17. — Raggruppamento di framboidi a forma ellissoidale, imm. in olio, 250 x.

terno della matrice carboniosa. Solitamente sono distribuiti all'interno del gruppo macerale vitrinite di cui talvolta circondano le strutture cellulari. In alcuni casi i cristallini di pirite sono disposti all'interno delle cavità cellulari di strutture fusinitiche.

La « classe framboideale » è caratterizzata da framboidi di pirite isolati o in raggruppamenti di tre-quattro o più elementi; il diametro medio di ciascun framboide si aggira tra i 20 ed i 30 microns e può raggiungere i 50 microns negli elementi più grossi (fig. 15). La loro struttura interna è caratterizzata da minuscoli cristallini di dimensioni tra i 0,5 ed i 5 microns talvolta ad abito cristallino definito, prevalentemente ottaedrico e cubico, ma più spesso a spigoli arrotondati. In alcuni casi, a forti ingrandimenti (fig. 16), si è potuta notare una disposizione ordinata dei cristallini all'interno dei framboidi, in altri casi invece, la disposizione è del tutto caotica. I framboidi si presentano talvolta con forme ellissoidali (fig. 17) derivanti, verosimilmente dalla deformazione del-

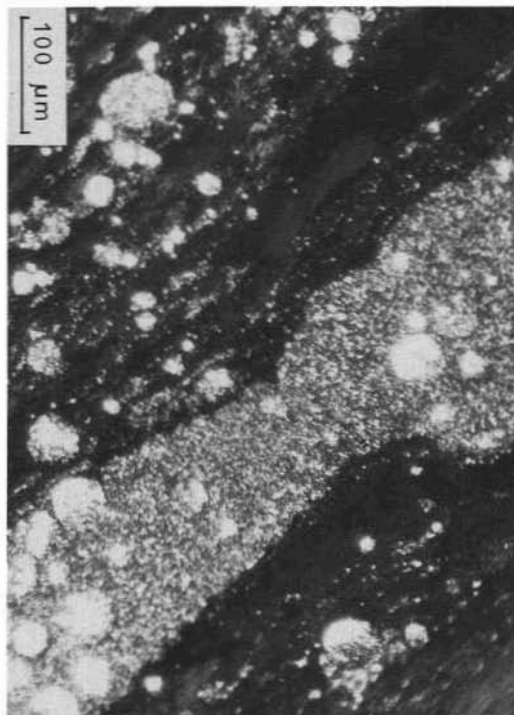


Fig. 18. — Plaga piritica costituita da framboidi e minuti cristallini, imm. in olio, 250 x.

le più diffuse forme circolari.

Negli orizzonti di carbone dove la pirite è particolarmente abbondante i framboidi possono trovarsi all'interno di grosse plaghe, anch'esse a struttura framboideale, costituite da minuscoli cristallini di pirite (fig. 18). Anche la pirite appartenente alla « classe framboideale » è prevalentemente diffusa all'interno del gruppo macerale vitrinite con una tendenza a disporsi in allineamenti lungo le cuticole al limite tra le bande esinitiche.

Nel carbone di Seruci la pirite attribuibile alla classe così detta di « riempimento di fratture » è poco diffusa. Si segnalano, in particolare rari esempi di pirite all'interno di microfessure di contrazione in alcuni banchi di « II vena ». Sono da includere in questa classe anche i minuscoli relitti di pirite riscontrati, in rari casi, nella calcite secondaria che riempie le microfessure del carbone. Per la classe « cell-imprinted » segnaliamo pirite sotto forma di sostituzione delle pareti cellulari di elementi semifusinitici e fusinitici e come riempimento di cavità in-

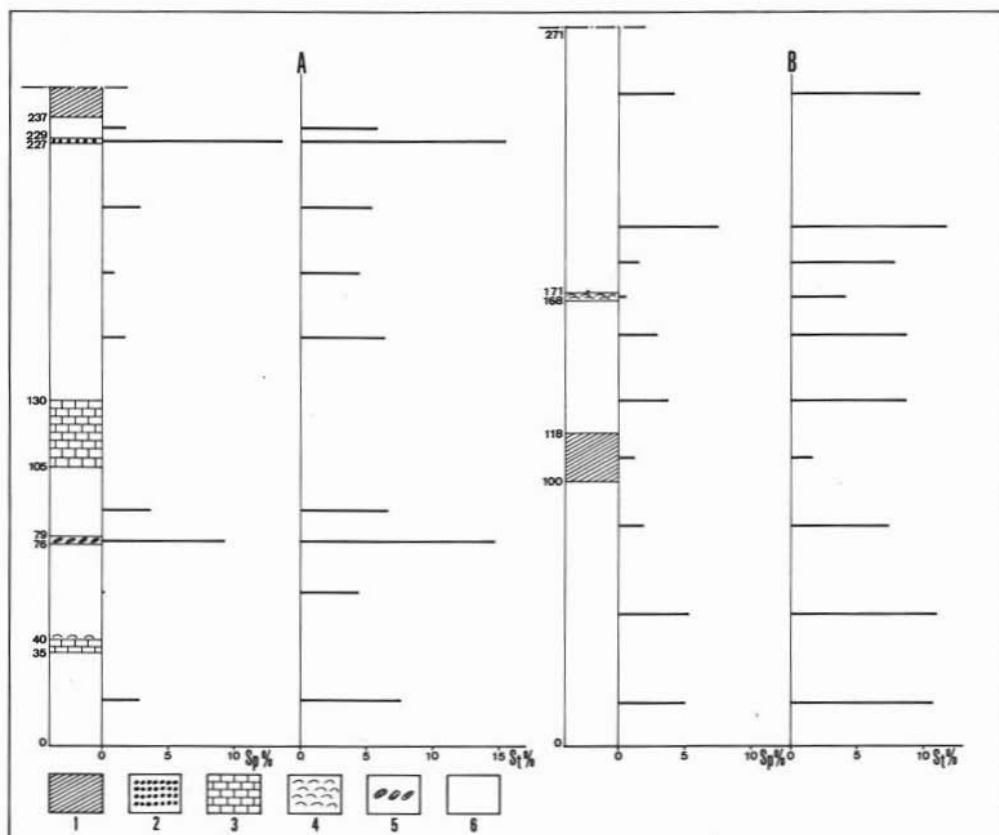


Fig. 19. — Risultati delle analisi chimiche puntuali effettuate su sezioni di « I vena » (A) e di « II vena » (B). 1: argilla; 2: carbone con abbondante fase minerale; 3: calcare grigio-nocciola chiaro; 4: carbone con gusci di molluschi; 5: carbone con abbondante fase minerale, bioclasti ed oogoni di Carofite; 6: carbone.

tercellulari.

Pirite, associata a marcassite⁽¹⁵⁾, può infine presentarsi in aggregati di singoli cristallini, talvolta aciculari, a struttura raggiata. Marcassite è stata osservata come prodotto di sostituzione di gusci carbonatici di molluschi all'interno di orizzonti di carbone di « I vena » caratterizzati da evidente microstratificazione ed abbondante presenza di fasi minerali.

Allo scopo di precisare meglio la distribuzione della pirite e dello zolfo in genere all'interno dei banchi di carbone delle sezioni campionate, sono state effettuate analisi chimiche su campioni puntuali prelevati all'in-

terno di ciascun banco⁽¹⁶⁾. La fig. 19 riporta i risultati di queste analisi relativi a due sezioni di « I e di II vena ».

Tra le fasi minerali carbonatiche la calcite è senza dubbio la più diffusa all'interno dei campioni analizzati. Essa si presenta in vene di riempimento delle numerose fratture all'interno della matrice carboniosa; lo spessore di tali vene può variare da pochi microns sino a raggiungere i 100-150 microns (figg. 20-21). Calcite è osservabile anche all'interno delle microfessure di contrazione presenti nel gruppo macerale vitrinite. L'osservazione microscopica in luce trasmessa ha rivelato

⁽¹⁵⁾ La presenza della fase mineralogica marcassite è efficacemente testimoniata anche dai risultati di analisi diffrattometriche X.

⁽¹⁶⁾ I campioni puntuali sono stati prelevati tenendo conto delle variazioni macroscopiche del carbone o, se tali variazioni non erano evidenti, ad intervalli regolari all'interno di ciascun banco.

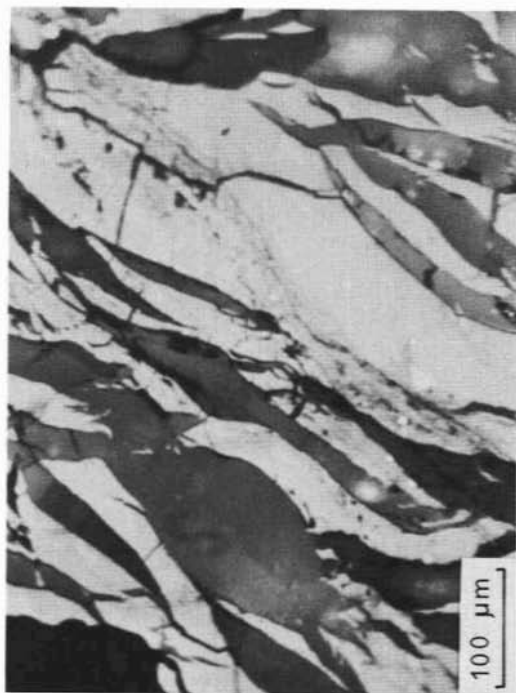


Fig. 20. — Calcite all'interno di fratture nella vitrinite, imm. in olio, 250 x.

che in certi casi la calcite ha una struttura chiaramente fibrosa.

La dolomite, la cui presenza si segnala solo in particolari orizzonti all'interno dei banchi di carbone, è caratterizzata da cristallini di piccole dimensioni talvolta ad abito idiomorfo.

Aragonite è presente come fase minerale costituente i gusci dei numerosi Planorbidi e Cirenidi osservabili anche macroscopicamente all'interno del carbone ⁽¹⁷⁾.

Particolare attenzione è stata rivolta, nell'indagine microscopica, alla caratterizzazione ed alla precisa localizzazione del quarzo all'interno dei singoli banchi di carbone e delle rocce intercalari. Questo, in conseguenza dei numerosi problemi epidemiologici che la sua presenza nel grezzo può determinare durante le operazioni di coltivazione ⁽¹⁸⁾. In particolare clasti di quarzo sono stati rilevati

⁽¹⁷⁾ Orizzonti a Planorbidi sono particolarmente evidenti nella « I vena » nel carbone al contatto con gli intercalari calcarei.

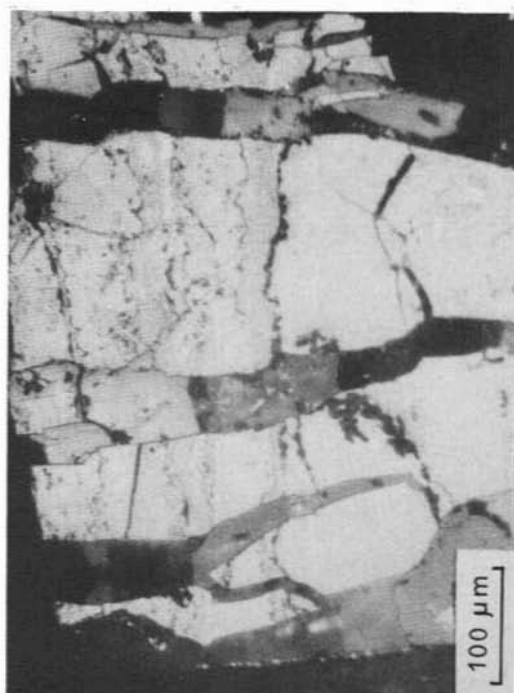


Fig. 21. — Calcite all'interno di fratture perpendicolari alla stratificazione, imm. in olio, 250 x.

in un orizzonte di « I vena » in prossimità del passaggio tra uno degli intercalari calcarei ed il carbone; più precisamente laddove il passaggio è contrassegnato da una fitta successione di sottili letti calcarei e carboniosi.

I clasti, le cui dimensioni medie sono comprese tra i 20 e gli 80 microns, possono essere arrotondati o subarrotondati od a spigoli vivi. La loro disposizione all'interno del carbone può essere caotica o in letti paralleli alla stratificazione. Quarzo di più fini dimensioni è presente anche in un orizzonte di carbone, quasi in prossimità del falso tetto, caratterizzato dalla presenza di abbondanti fasi minerali tra cui: pirite, marcassite, dolomite e fase argillosa ⁽¹⁹⁾.

⁽¹⁸⁾ Sulle problematiche di igiene del lavoro legate alla presenza del quarzo in alcuni orizzonti di carbone e nel « falso-tetto » della « I vena » di Seruci, riferisce un lavoro di recente pubblicazione (AGUS M., CARTA P., 1980).

⁽¹⁹⁾ La presenza di quarzo di fine dimensione all'interno di bande di carbone ricche in fasi minerali in prossimità del tetto è assai comune nei giacimenti carboniferi australiani.

Per una precisa definizione delle fasi argillose riscontrate nell'analisi petrografica sono stati analizzati, mediante diffrattometria X, campioni di carbone e campioni di rocce intercalari. In tutti e due i casi, l'analisi diffrattometrica X ha evidenziato la presenza della fase caolinite.

Sempre mediante analisi diffrattometriche X è stata rilevata la presenza del gesso.

Gli Intercalari

Come si può osservare nelle sezioni macro-petrografiche di fig. 3 i banchi di carbone della « I e II vena » si presentano in alternanza con rocce sterili o intercalari. In particolare, per quanto riguarda la « I vena », al tetto del fascio coltivato si rileva la presenza pressochè costante di una formazione argillo siltosa grigio scura, in molti casi assai laminata, il cui spessore, nelle sezioni campionate, può variare notevolmente da pochi centimetri sino a raggiungere anche un metro. Tale formazione, più comunemente conosciuta come « falso-tetto », è costituita principalmente da fase argillosa e quarzo di fine dimensione. Analisi microscopiche in contrasto di fase hanno dimostrato che più del 50 % di quei grani di quarzo ha dimensione inferiore a 5 microns (AGUS M., CARTA P., 1980). La fase argillosa è costituita essenzialmente da caolinite come testimoniano i risultati delle analisi diffrattometriche X. Sempre all'interno del « falso-tetto » si possono talvolta ritrovare noduli di dimensioni variabili, da pochi millimetri a 10 centimetri, caratterizzati al loro interno da una forte presenza di pirite con interessante fisionomia microstrutturale ⁽²⁰⁾.

Tipici per la « I vena » sono gli intercalari calcarei di colore grigio-nocciola chiaro interessati da piani di discontinuità perpendicolari alla stratificazione che determinano superfici di rottura preferenziale. Lo spessore di questi banchi è assai variabile in conseguenza di azioni tettoniche che ne hanno determinato restringimenti e talvolta fratture con spostamenti laterali di non grande entità. Nelle sezioni campionate gli intercalari cal-

carei si presentano in numero di due, massimo tre ed il loro passaggio con i banchi di carbone è spesso progressivo e si manifesta mediante una zona intermedia caratterizzata da alternanze di sottili letti calcarei e carboniosi.

L'analisi microscopica di questi orizzonti ha mostrato una composizione macerale prevalentemente vitrinica, scarsa presenza di fasi minerali tra cui calcite e aragonite come componenti dei numerosi gusci di molluschi, e gesso; quest'ultima fase è stata rilevata solamente dall'analisi diffrattometrica X.

Analisi in luce trasmessa effettuate sul calcare hanno evidenziato della calcite a struttura microcristallina con rari bioclasti e scarsi granuli di quarzo a contorni più o meno arrotondati; presenti esili letti carboniosi dispersi nella matrice microcristallina. Caratteristiche microscopiche analoghe hanno le lenti di calcare che talvolta compaiono, più o meno allungate e potenti, all'interno dei banchi di carbone.

Per quanto riguarda la « II vena », limitatamente alle gallerie di tracciamento ancora accessibili, le sezioni campionate mostrano degli intercalari caratterizzati da tipi litologici più vari rispetto alla « I vena ». Si riscontrano infatti calcari, argille e marne più o meno carboniose che possono trovarsi, alternativamente, al tetto delle gallerie. In alcuni casi il tetto è costituito da orizzonti di carbone con abbondanti fasi minerali tra cui pirite in percentuale elevata.

Conclusioni

I risultati dell'indagine petrografica consentono di trarre un quadro sufficientemente esauriente sulle caratteristiche petrografiche e sul « rango » del carbone della miniera di Seruci, ad integrazione anche di precedenti ricerche (AGUS M., CARTA M., 1976; CARTA et al., 1978).

In particolare tali risultati possono essere così sintetizzati:

a) Le misure del potere riflettente effettuate sul gruppo macerale vitrinite per i diversi banchi di carbone campionati, hanno fornito valori compresi tra un minimo di $P.R. = 0,45$ ed un massimo di $P.R. = 0,54$, valori questi che consentono di inquadrare il carbone di Seruci tra i carboni sub-bituminosi (« sub-bituminous coal B/A » o « Glanz-

⁽²⁰⁾ Sulle caratteristiche microstrutturali e sulla relativa minerogenesi della pirite contenuta nei noduli riferirà una memoria di imminente pubblicazione.

braunkohle » rispettivamente secondo le classificazioni ASTM e DIN).

Misure di riflettenza effettuate sui banchi di carbone del foro di sonda 1/78 bis, perforato a circa 4 km a SSE della miniera di Seruci, hanno fornito, per gli strati più profondi, valori di $P.R. = 0,49$; quest'ultimo dato in particolare, porterebbe ad escludere, nell'ambito del bacino del Sulcis, una variazione di « rango » del carbone legata alla profondità. In circa 100 metri di sedimenti, corrispondenti alla potenza dell'intera formazione produttiva, non si sarebbero pertanto verificate variazioni di temperatura tali da creare nella materia organica differenti gradi di maturazione. Eventuali variazioni di « rango » potrebbero invece essersi verificate localmente sui banchi di carbone, in seguito a condizioni particolari quali la vicinanza di condotti vulcanici o di fenomeni tettonici in generale capaci di creare, sulla materia organica al contatto o nelle immediate vicinanze, bruschi e considerevoli innalzamenti di temperatura.

A tal proposito, vale la pena di ricordare che, all'interno della miniera di Serbariu, in una zona non lontana dall'eruttivo, è stato segnalato nel passato il ritrovamento di carbone quasi cokizzato.

b) Le analisi macerali quantitative mostrano che il carbone di Seruci è costituito in netta prevalenza dal gruppo macerale vitrinite, la cui presenza, in taluni banchi, può raggiungere valori del 76-77%. L'abbondante presenza della vitrinite si riflette nelle caratteristiche macroscopiche del carbone, prevalentemente nero, brillante, fragile ed a frattura concoidale. La vitrinite raggiunge i suoi valori più bassi in alcuni banchi della « II vena » in corrispondenza di una maggiore presenza del gruppo macerale esinite e di fasi minerali; in questo caso il carbone si presenta macroscopicamente di colore grigio scuro con toni brunastri, a struttura non omogenea caratterizzata da lenticelle appiattite brillanti immerse in una matrice opaca.

Tra i gruppi macerali, l'inertinite è senz'altro il meno rappresentato nel carbone di Seruci, non raggiungendo mai valori superiori al 5-6%.

Tra i risultati conseguiti nell'analisi macerale qualitativa, che ha consentito di caratterizzare per ciascun gruppo i singoli mace-

rali, particolare importanza riveste la segnalazione, per la prima volta nel carbone del bacino sulcitano, di alcuni nuovi macerali del gruppo liptinite-esinite. In particolar modo, l'identificazione del macerale essudatinite, la cui rilevazione è stata possibile solo mediante l'ausilio dell'osservazione microscopica in fluorescenza, apre un nuovo interessante campo di indagine per il carbone di Seruci nell'ambito degli studi sulle possibilità di formazione di prodotti petroliferi da vene di carbone.

Studi recenti infatti (TEICHMÜLLER M., 1974; ALPERN B., 1980) hanno rilevato una stretta relazione tra l'essudatinite ed i prodotti di tipo petrolifero.

L'essudatinite è un macerale la cui presenza si riscontra quasi esclusivamente in carboni sub-bituminosi e bituminosi, più frequentemente al limite tra i due, in uno stadio diagenetico corrispondente a quello in cui, nelle rocce madri petrolifere, si generano i petroli (cosiddetta « finestra petrolifera »); esso è un macerale di origine chiaramente secondaria che si forma a partire, prevalentemente, da macerali del gruppo liptinite-esinite e manifesta una tendenza alla migrazione all'interno delle fessure e dei vuoti in genere presenti nel carbone, come testimoniano anche i risultati delle nostre osservazioni.

Sovente alla presenza di essudatinite si accompagna uno stillicidio d'olio che determina la formazione di un « film grasso » sulla superficie della sezione lucida. Stillicidio d'olio è stato da noi osservato all'atto del prelievo dei campioni da un banco di carbone della « II vena » che l'indagine microscopica ha mostrato essere ricco in macerali del gruppo liptinite-esinite, in particolar modo alginite, micrinite in « statu nascendi » e fasi minerali tra cui abbondantissima pirite framboideale; elementi questi, che indicano, per tale orizzonte di carbone, una deposizione di tipo sub-acquatico con un forte ambiente di distruzione anaerobica. Sono queste caratteristiche, ugualmente tipiche delle rocce madri petrolifere, che indicano la possibilità, qualora sussistano condizioni di temperatura e di pressione adatte, di genesi di prodotti petroliferi anche all'interno dei banchi di carbone.

Gli studi petrografici in questo campo sono ancora in fase di approfondimento e ne-

cessitano di ulteriori conferme specie nel campo dell'indagine microchimica, ma sta di fatto che i risultati ottenuti nel nostro lavoro giustificano un ulteriore approfondimento di tale tipo di ricerche anche per il carbone Sulcis.

c) Nel descrivere dettagliatamente le singole fasi minerali osservate nel carbone di Seruci, abbiamo già accennato all'influenza che la loro presenza può avere sulle proprietà tecnologiche del carbone stesso.

Vogliamo qui fare solo alcune brevi considerazioni sul significato genetico che la presenza della pirite e dello zolfo in genere può assumere. Il processo di formazione della pirite e dello zolfo nel carbone è basato sulla trasformazione dei solfati presenti nelle acque dei bacini in cui avviene la sedimentazione e la successiva macerazione e carbonizzazione della materia vegetale ed in cui concorrono acque dolci o marino-salmastre con apporto di ioni vari e variazioni nelle condizioni del pH e del potenziale Eh di ossido riduzione. In condizioni di fermentazione anaerobica e con l'intervento dell'azione di batteri solfato-riducenti avviene una riduzione dell'ione solfato a S e ad H₂S. Lo S organico proviene principalmente dalla reazione di quel prodotto di riduzione, non altrimenti saturato, con i complessi organici derivanti dalla sostanza vegetale. La sua è pertanto una diffusione fine, a livello molecolare, i cui tenori, caratteristici per ciascun giacimento, non subiscono variazioni di rilievo lungo lo spessore dei singoli banchi come confermano anche i risultati delle analisi chimiche da noi effettuate. L'apporto, in un simile paleoambiente di deposizione, di idrossido ferroso dovuto ad acque continentali o a fasi minerali in sospensione, in particolar modo argille, dà luogo, come risultato della reazione con H₂S, alla formazione di FeS (troilite esagonale) ed in seguito, per differenti campi di pH ed Eh, a pirite e marcassite sinogenetiche con il carbone.

Non ci dilunghiamo ulteriormente sui meccanismi che regolano la formazione di solfuri, solfati e zolfo in genere nei carboni, per i quali rimandiamo ad un'altra memoria (CARTA M. et al., 1981). Qui vogliamo solo rilevare che le ineguali distribuzioni della pirite riscontrate lungo lo spessore dei singoli banchi di carbone delle sezioni campio-

nate, ben testimoniate dai risultati dell'indagine petrografica e, più efficacemente, dalle analisi chimiche puntuali riportate in fig. 19, sono da attribuire al gioco di ingressioni marine verificatesi durante la fase di deposizione della materia vegetale nell'ambito del bacino di sedimentazione.

L'abbondante presenza di pirite con caratteristiche morfologico-tessiturali simili a quelle rilevate nel carbone di Seruci, la sua ineguale distribuzione all'interno dei banchi dovuta ai motivi genetici richiamati costituiscono i caratteri tipici dei giacimenti di carbone di tipo paralico tra i quali si annovera quello del Sulcis.

A conclusione della nostra indagine vogliamo fare un'ultima considerazione sul problema della possibilità di effettuare correlazioni tra banchi di carbone e quindi tra fasci considerati coltivabili nell'ambito del bacino carbonifero del Sulcis. È questo un problema la cui importanza pratica è inutile sottolineare.

Sia in passato, come in tempi recenti, sono stati praticati a tale scopo numerosi fori di sonda nell'area del bacino sulcitano, ma dei risultati relativi allo studio di quei campioni non esiste notizia, nè sappiamo se i testimoni di quei sondaggi sono ancora disponibili.

Noi riteniamo che solo un'indagine petrografica di dettaglio su ciascun banco di carbone e delle rocce intercalari dei singoli fori di sonda, possa risolvere tale problema.

Nella nostra indagine petrografica sul carbone di Seruci abbiamo infatti riscontrato orizzonti particolari di carbone la cui estensione laterale è veramente notevole. In particolare, per quanto riguarda la « I vena », segnaliamo la presenza di un orizzonte caratterizzato da una composizione finemente detritica, da un elevato contenuto in fasi minerali, tra cui abbondante pirite, da bioclasti, da microflora a Carofite e da pronunciata microstratificazione. È questo un caratteristico livello di carbone di tipo « ipoautoctono » dove cioè i componenti vegetali durante la fase di torba hanno subito un leggero spostamento a causa di ingressione marina.

Sull'importanza stratigrafica che tale orizzonte riveste per la presenza delle Carofite abbiamo già riferito (AGUS M., PECORINI G., 1978); qui vogliamo solo far osservare che

tale orizzonte, pur con variazioni nello spessore tanto da essere, in certi casi, di difficile identificazione, mostra una persistenza laterale notevole. Esso infatti è stato rilevato, non solo lungo tutte le gallerie di tracciamento di « I vena », ma anche nei testimoni del foro di sonda 1/78 bis, perforato a 4 km SSE da Seruci, in una posizione giaciturale, all'interno del produttivo, simile a quella rilevata in miniera.

Lo studio che attualmente stiamo conducendo sugli orizzonti a Carofite presenti nel foro di sonda citato, al fine di accertare eventuali variazioni stratigrafiche tra la parte bassa e la parte alta della formazione « Lignitifera », esteso a tutti i fori di sonda che attualmente sono reperibili, potrebbe rappresentare, vista la persistenza laterale di tali orizzonti, una buona soluzione del problema.

Attenzione particolare inoltre dovrebbe essere posta anche nella rilevazione di quegli orizzonti, alcuni dei quali già da noi identi-

ficati in miniera, con abbondante pirite, caolinite e quarzo che, in mancanza di tipici « marker-seams » a « coal balls » o a fauna marina caratteristica, possono costituire, anch'essi degli elementi guida nella correlazione tra banchi di carbone. Non possono invece essere utilizzati a questo scopo, data la loro debole persistenza laterale, quegli orizzonti di carbone, di cui uno è stato da noi rilevato nella « II vena » di Seruci, ricchi nel macerale alginite.

Ringraziamenti. — L'autore desidera manifestare la più viva riconoscenza al Prof. MARIO CARTA per i numerosi suggerimenti, le fruttuose discussioni ed il costante incoraggiamento nell'impostazione e nell'esecuzione della presente ricerca.

Si ringrazia inoltre vivamente il LABORATORIO MATERIE PRIME della « NUOVA ITALSIDER » di Genova Cornigliano, ed in particolare il Dott. R. DAMIANI, coordinatore del Laboratorio, ed i suoi collaboratori che hanno ospitato l'Autore per le analisi petrografiche e lo hanno assistito con preziosi consigli.

BIBLIOGRAFIA

- ABBOLITO E. (1948) - *Studio petrografico sui carboni del Sulcis (Sardegna)*. Per. Mineral., 17, I-III, 1-57.
- AGUS M., PECORINI G. (1978) - *Livelli a Carofite nel carbone della « prima vena » della Miniera di Seruci e nel Cixerri*. Res. Ass. Min. Sarda, I, 43-65.
- AGUS M., CARTA P. (1980) - *Talune problematiche di igiene del lavoro per la nuova miniera carbonifera del Sulcis*. Atti Fac. Ing. Cagliari, 15, I, 623-640.
- ALPERN B. (1963) - *Fissuration, fragilité*. Cerchar, Paris, Rep. F312.
- ALPERN B. (1980) - *Pétrographie du kérogène*. Kérogen, Editions Technic, Paris, 339-371.
- BARBERI F., CHERCHI A. (1980) - *Excursion sur le Mésozoïque et le Tertiaire de la Sardaigne Occidentale*. R.N.R., P.F. Geodinamica, Pubbl. n. 345.
- BARCA S., MAXIA C., PALMERINI V. (1973) - *Sintesi sulle attuali conoscenze relative alla formazione del Cixerri (Sardegna sud-occidentale)*. Boll. Serv. Geol. It., 94, 307-318.
- CAPPETTA H., THALER L. (1973) - *Presence de poissons Characidae caractéristique de l'Eocene inférieur européen dans la formation lignitifère de Sardaigne*. Rend. Sem. Fac. Scienze Univ. Cagliari. Meeting sulla Paleogeografia del Terziario Sardo, Cagliari.
- CARTA M., DEL FÀ C., AGUS M., CARBINI P. (1978) - *Studio di una campionatura del I faiscio della Miniera di Seruci del bacino carbonifero del Sulcis*. Res. Ass. Min. Sarda, I, 111-169.
- CARTA M., DEL FÀ C., AGUS M., GIULIANI S. (1981) - *Coal desulphuration: present and future problems in the field of mining beneficiation and utilization*. Memoria accettata al Congresso Minerario Mondiale, Belgrado, 1982.
- COCOZZA T., JACOBACCI A., NARDI R., SALVADORI I. (1974) - *Schema stratigrafico-strutturale del Masiccio Sardo-Corso e minerogenesi della Sardegna*. Mem. Soc. Geol. It., XIII, 85-186.
- LEXIQUE INTERNATIONAL DE PÉTROGRAPHIE DES CHARBONS (1963) - CNRS, Paris, 2° Edition.
- LEXIQUE INTERNATIONAL DE PÉTROGRAPHIE DES CHARBONS (1971) - CNRS, Paris, 1^{er} supplément à la 2° Edition.
- LEXIQUE INTERNATIONAL DE PÉTROGRAPHIE DES CHARBONS (1975) - CNRS, Paris, 2° supplément à la 2° Edition.
- MACKOWSKY M. TH. (1971) - *Die petrographische Zusammensetzung der Koble und ihre für die Praxis. Fortsche. Geol. Rheinld. u. Westf.*, 19, 173-184.

- MAXIA C. (1959) - *Malacofauna oligotipica di età paleogenica della Valle del Cixerri (Iglesiente)*. Ist. Geol. Paleont. Univ., Roma, 7, 35, 1-18.
- OTTENJANN K. (1980) - *Spektrale Fluoreszenz. Mikrophotometrie von Kohlen und Oelschiefern*. Leitz Mitt. Wiss. u. Techn., 7, VIII, 262-273.
- PALA A., PECORINI G., PORCU A. (1976) - *Struttura idrogeologica della soglia di Siliqua tra la fossa del Campidano e la fossa del Cixerri (Sardegna Meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 95, 705-724.
- PITTAU P. (1974) - *Studio palinologico-stratigrafico di un foro di sonda perforato nel bacino lignitifero del Sulcis (Sardegna sud-occidentale)*. Boll. Soc. Geol. It., 93, 937-943.
- PITTAU P. (1977) - *Palynological investigation of the Lower Tertiary Sardinia Coal Layers*. Boll. Soc. Paleont. It., 16, I, 3-14.
- REYES NAVARRO J., DAVIS A. (1976) - *Pyrite in Coal: its forms and distribution as related to the environments of coal deposition in three selected coals from Western Pennsylvania*. The Pennsylvania State University, Special Research Report Sr. 110.
- SALVADORI A. (1980) - *Contributo alla conoscenza del bacino « carbonifero » del Sulcis*. L'Ind. Min. It., 3, VI, 15-19.
- SCHWARZBACH M., TEICHMÜLLER M., THOMSON P.W. (1952) - *Zur geologie der tertiären Kohlen Sardiniens*. Neue Jahrb. Geol. Palaeont., 8, 343-356.
- SCHWARZBACH M. (1955) - *Alcuni rapporti fra i carboni terziari della Germania e quelli della Sardegna*. Boll. Soc. Geol. It., 71, 151-154.
- STACH E., MACKOWSKY M. TH., TEICHMÜLLER M., TAYLOR G.H., CHANDRA D., TEICHMÜLLER R. (1975) - *Stach's Textbook of Coal Petrology*. Gebrüder Bornträger, Berlin-Stuttgart.
- TARICCO M. (1922-23) - *Il bacino lignitifero di Gonnese*. Boll. Uff. Geol. It., 49, IX, 1-14.
- TEICHMÜLLER M. (1974) - *Nouveaux macéraux du groupe des Liptinites et genèse de la micrinite*. Houillification et Pétrole. Traduction B.R.G.M. n. 5477, 47-78.
- TEICHMÜLLER M. (1974) - *Formation et transformation des matières bitumineuses dans les charbons en relation avec la genèse et l'évolution des hydrocarbures*. Houillification et Pétrole. Traduction B.R.G.M. n. 5477, 79-138.