

LUCIANO NOVELLI e LUIGI MATTAVELLI

FENOMENI DIAGENETICI IN LIVELLI DI ARENARIE
DELLA FORMAZIONE « COLLESANO » (SICILIA)

RIASSUNTO. — Vengono riportate alcune osservazioni petrografiche sui processi diagenetici che hanno interessato le arenarie dei pozzi Gagliano 13 e Gagliano 15 della formazione « Collesano ».

In base a tali osservazioni, riguardanti soprattutto la natura ed i rapporti paragenetici dei vari tipi di cemento, si è potuto ricostruire la seguente successione nel tempo:

- 1) fenomeni di « pressure solution » e parziale cementazione dei cristalli per mezzo della silice;
- 2) parziale sostituzione del quarzo e del cemento siliceo ad opera di minerali carbonati (calcite e siderite);
- 3) parziale dissoluzione della calcite con conseguente formazione di microvacuoli.

Vengono quindi formulate alcune ipotesi sull'ambiente chimico e messo in risalto l'interesse pratico di una tale ricerca nel campo geominerario.

SUMMARY. — Some petrographic observations on the diagenetic processes concerning the « Collesano » sandstones of Gagliano 13 and 15 wells, are reported.

The study of the nature of the various kinds of cement, has allowed to recognize the following paragenetic stages:

- 1) « pressure solution » phenomena and deposition of silica cement among elastic grains;
- 2) partial replacement of the quartz and quartzitic cement by carbonates (calcite and siderite);
- 3) partial dissolution of the calcite cement and subsequent genesis of microvugs.

Some hypothesis about the chemical environment responsible of the petrographic changes are suggested. The practical interest of these investigations in the oil industry is also put in evidence.

Introduzione.

Le caratteristiche petrografiche e petrofisiche di una roccia in generale e dei sedimenti arenacei in particolare, sono strettamente dipendenti da tutti quei fattori che intervengono nel tempo compreso tra la deposizione e l'inizio dei processi metamorfici, quali la compattazione, la cementazione, la ricristallizzazione ed i processi metasomatici.

Data l'estrema molteplicità dei parametri che controllano il processo diagenetico come, ad esempio, le caratteristiche dell'acqua interstiziale, l'azione batterica, la pressione geostatica, il rimpiazzamento etc., è facilmente spiegabile il perchè un'analisi esauriente dello stesso divenga, oltre che difficoltosa, necessariamente incompleta. In molti casi, però, attraverso un'osservazione petrografica di dettaglio dei componenti detritici della roccia e, soprattutto, del cemento o dei vari tipi di cemento succedutisi nel tempo, si può ricostruire con una certa approssimazione la sequenza dei vari processi diagenetici.

Lo studio delle trasformazioni diagenetiche nei sedimenti elastici acquista poi una grande importanza pratica, qualora si consideri che esse rappresentano fattori essenziali nei riguardi della permeabilità e, ancor più, della porosità di una roccia sedimentaria, condizionandole sia in senso positivo che in senso negativo.

Metodi di studio.

A questo scopo sono state prese in esame le arenarie mineralizzate a gas dei pozzi Gagliano 13 e Gagliano 15, rispettivamente da m 2775 a m 2944 e da m 2356 a m 2465, attraversate da un carotaggio meccanico continuo nella formazione « Collesano » (P. Schmidt di Friedberg, 1962). Lo studio, di carattere specificatamente petrografico, si è basato sull'osservazione microscopica di n. 226 sezioni sottili relative alle carote di tali intervalli; in corrispondenza dei punti in cui si sono prelevati i campioni da analizzare per via microscopica, sono state eseguite anche le misure dei valori di porosità, permeabilità e calcimetria.

La porosità è stata calcolata con apparecchio Ruska secondo il metodo Kobe che applica la legge di Boyle sui gas e la permeabilità con un permeometro automatico AGIP. A causa dei bassissimi valori di per-

meabilità, quasi costantemente inferiori a 0,1 md, sono stati presi in considerazione solo i dati di porosità; questi ultimi, infatti, risentono più direttamente dei cambiamenti composizionali della roccia.

I valori calcimetrici si sono ricavati utilizzando il calcimetro Scheibler, operando secondo i metodi standard. Su alcune sezioni sottili sono stati eseguiti saggi microchimici con acido cloridrico diluito, allo scopo di studiare le relazioni morfologiche quarzo-carbonati e con ferricianuro di potassio (0,8%) ed acido cloridrico (0,2%) per accertare la presenza della siderite; quest'ultima, poi, è stata analizzata anche attraverso metodi roentgenografici.

Sono stati effettuati, infine, saggi colorimetrici con alizarina S secondo il test proposto da Friedman (1959), sia su sezioni sottili che su carote, per osservare la distribuzione del carbonato di calcio.

Descrizione petrografica.

Le arenarie carotate al pozzo Gagliano 13 e Gagliano 15 presentano caratteristiche sia macroscopiche che microscopiche praticamente identiche (v. Fig. 1). Hanno infatti una colorazione variabile dal grigio al grigio-biancastro, sono generalmente compatte e, a tratti, interessate da fratture ad andamento irregolare cementate da sostanze carbonatiche. Localmente sono presenti dei sottili veli argillosi ed argilloso-siltosi variamente orientati, mostranti tipiche figure di flusso, ondulazioni e sedimentazione ineroziata; spesso tali variegature conferiscono alla roccia un aspetto pseudonodulare. Si osservano anche piccoli livelli di argilla nerastra laminata. Le pendenze di strato hanno un andamento piuttosto variabile ed oscillante da un valore minimo di 0° sino ad un massimo di 38°.

All'esame microscopico presentano una granulometria variabile da finissima a grossa e molto grossa e cemento poligenico prevalente: siliceo-carbonatico-argilloso. Laddove è predominante la matrice argillosa, si osserva una corrispondente diminuzione nelle dimensioni dei clasti.

La frazione detritica è costituita, nella massima parte, da cristalli di quarzo di forma assai irregolare e contorno da angoloso a subangoloso, specie quelli di dimensioni minori, mentre quelli più grossi appaiono spesso ben arrotondati. Subordinatamente sono presenti individui feldspatici piuttosto freschi (plagioclasi sodico-calcici e microclino), noduletti di glauconite, scarsi minerali pesanti (tra cui sembra preva-

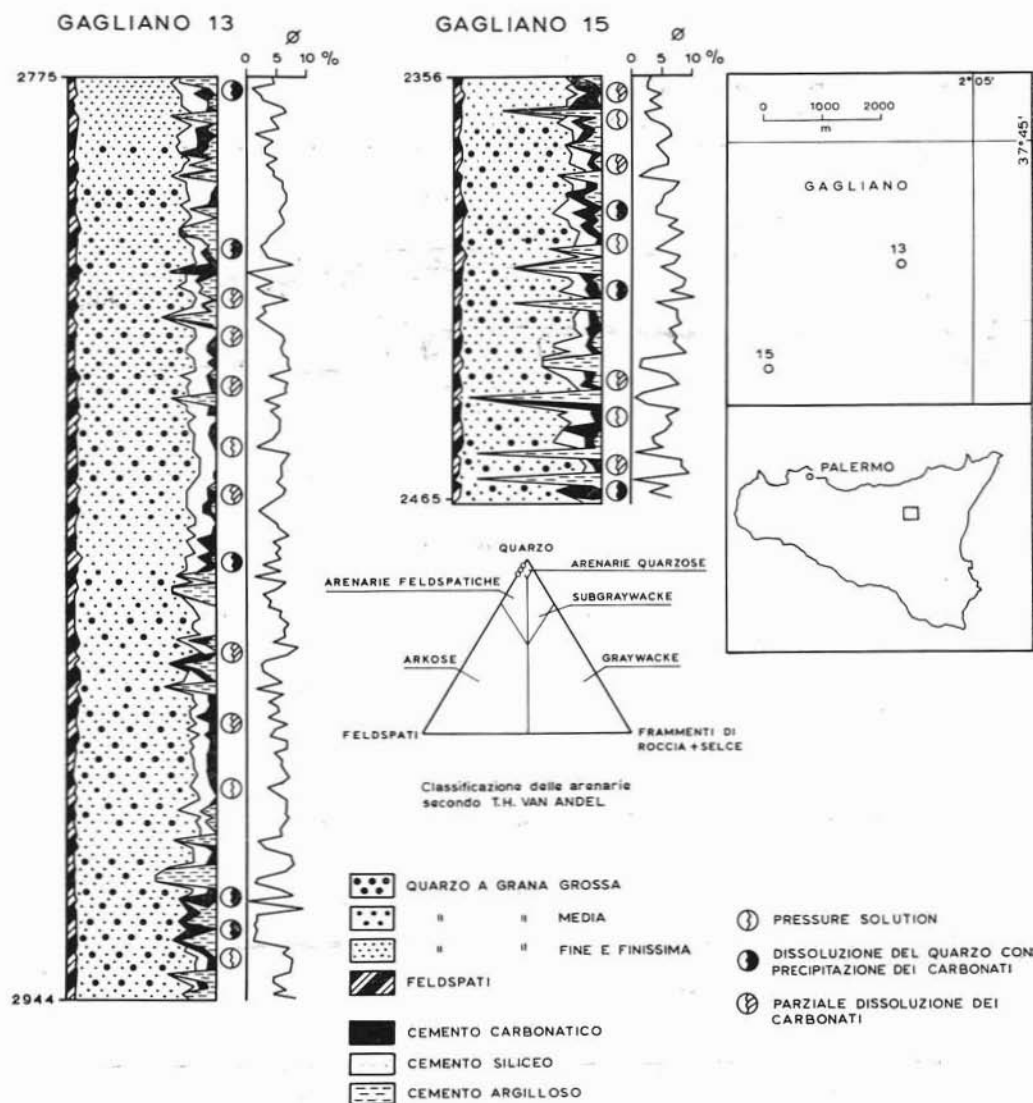


Fig. 1.

lere l'associazione tormalina-zircone), rare lamine di mica biotite e muscovite e, infine, qualche resto di microfossile mal conservato. Il quarzo ed in particolare i cristalli più grossolani, rivelano fenomeni di cataclasi ben evidenti per la presenza di minute fratture irregolari che li intersecano in tutta la loro lunghezza e per l'estinzione nella maggior parte dei casi ondulata.

Secondo lo schema sistematico proposto da T. H. Van Andel (1958) tali arenarie possono essere definite come quarzose prevalenti, talora solo debolmente feldspatiche, tessituralmente immature per la non classazione e spigolosità dei cristalli quarzosi e feldspatici costituenti la frazione detritica ed il contenuto percentuale in argilla mediamente superiore al 5%, ma mature da un punto di vista mineralogico per l'alto valore del rapporto quarzo + selce/feldspati + frammenti di roccia. La classificazione tracciata da Van Andel, come è noto, è solo una modificazione parziale di quella proposta da Folk (1951) ed è basata sui seguenti parametri: *a*) composizione mineralogica, espressa in percento di quarzo, feldspati, frammenti di roccia più selce; *b*) maturità tessiturale, definita dai quattro stadi (immaturità, semimaturità, maturità, supermaturità) riconosciuti da Folk; *c*) maturità mineralogica misurata dal valore del rapporto quarzo + selce/frammenti di roccia + feldspati. La mancata corrispondenza, come in questo caso, tra maturità tessiturale e maturità mineralogica non sembra rappresentare un fenomeno necessariamente anomalo, come invece sostenuto da Dapples, Krumbein, Sloss (1953) e Van Andel (1953), quest'ultimo nel suo studio sulle arenarie del Venezuela Occidentale. Pur senza voler entrare in merito al problema, dal momento che l'argomento esula dagli scopi del presente lavoro, potremmo trovare una possibile spiegazione di questa constatata discordanza e nel meccanismo di sedimentazione delle arenarie in studio, probabilmente avvenuto mediante correnti di torbida che avrebbero provocato il cattivo arrotondamento e classazione dei clasti e l'arricchimento in argilla e, per quanto riguarda la carenza dei feldspati e dei frammenti di roccia, ammettendo una maturità mineralogica già preesistente alla definitiva sedimentazione, analogamente a quanto riconosciuto da G. Mezzadri (1964) per le arenarie di Ostia (Appennino Parmense).

Attraverso l'osservazione in sezione sottile si sono potuti ricostruire gli stadi più importanti delle variazioni diagenetiche che hanno inte-

ressato i due livelli arenacei in studio; essi sono risultati, in ordine di paragenesi:

— fenomeni di « pressure solution » con conseguente precipitazione di parte almeno del cemento siliceo;

— parziale dissoluzione della silice e precipitazione del cemento carbonatico;

— parziale dissoluzione del cemento carbonatico con conseguente formazione di microvacuoli.

Fenomeni di « pressure solution » e precipitazione del cemento siliceo

Anche se mediamente non troppo accentuato, il fenomeno della « pressure solution » è ben osservabile lungo tutto lo spessore dei due intervalli studiati, presentando un'intensità del tutto variabile. All'esame in sezione sottile esso si manifesta con modalità assai caratteristiche e quindi facilmente riconoscibili: i granuli detritici, ordinariamente quarzosi, mostrano figure di compenetrazione più o meno spinte dando luogo a contatti irregolari, talora a forma di suture, nei quali le convessità di un cristallo corrispondono alle rientranze dell'altro (vedi Tav. I, fig. 1).

Lungo questi contatti si osserva, localmente, un'esile pellicola non continua di sostanza argillosa, ordinariamente di natura illitica, mista spesso a microgranulazioni opache; proprio in corrispondenza di tali addensamenti è più accentuata la compenetrazione tra i granuli. Quest'ultima risulta invece pressochè assente nei livelli a maggior contenuto in argilla, dove eserciterebbe un effetto « euscinetto » tra i elasti, impedendone il loro contatto forzato (Siever, 1959). Nelle zone in cui più sviluppata è la « pressure solution », gli individui quarzosi si presentano appiattiti lungo una stessa direzione preferenziale, normalmente coincidente con la stratificazione ed in questi casi non sempre l'interpenetrazione si accompagna a fenomeni di cataclasi dei cristalli. La silice, così solubilizzatasi, è andata poi a deporsi in continuità ottica intorno agli stessi granuli a contatto od a quelli ancora sciolti, conservandone la forma e cementandoli. Nella gran parte dei casi il limite tra il cristallo originario e la silice di accrescimento, viene sottolineato da tutta una serie di minute inclusioni scure, puntiformi, non risolvibili microscopicamente.

Lo stretto legame esistente tra l'intensità della « pressure solution » e la quantità del cemento siliceo starebbe a significare l'assenza di apporti esterni nella sostanza legante [soluzioni idrotermali oppure acque sature in silice provenienti da profondità maggiori (Siever, 1959)] ed il minimo trasporto subito dalla silice disciolta. E' opportuno tener presente, però, che la stima di una tale relazione riveste un valore del tutto indicativo considerando il parziale, successivo rimpiazzamento del quarzo ad opera dei carbonati, fenomeno questo che sarà esaminato in seguito.

La regolarità della linea di contatto, osservata in vari esempi, tra la silice neogenica relativa a due individui cristallini soggetti alla « pressure solution » dimostra, analogamente anche a quanto riconosciuto da Heald (1956), che la cementazione è avvenuta in un periodo immediatamente successivo alla fase della compattazione dei sedimenti.

Gli aspetti sopra elencati trovano numerosi riferimenti nella letteratura specifica.

Secondo le ricerche più recenti, il fenomeno della dissoluzione e compenetrazione dei granuli ordinariamente quarzosi, viene considerato non tanto come l'effetto della sola pressione, quanto la risultante del concorso di parametri diversi tra loro, quali la stessa pressione, la temperatura, le variazioni chimiche delle acque interstiziali durante gli stadi iniziali ed intermedi della diagenesi etc. (Siever, 1959, 1962). E' stato dimostrato infatti, che per raggiungere la solubilità del quarzo sono necessarie pressioni così elevate da essere difficilmente raggiungibili in natura, superiori anche a quelle indicate dalle esperienze di laboratorio (Lowry, 1956).

La presenza di sostanza argillosa intergranulare sembra favorire, come già abbiamo accennato, una maggiore compenetrazione dei clasti. Heald (1956), studiando alcune arenarie dell'Oklahoma, Arkansas e Missouri, si limitava ad attribuire a questa piccola quantità di argilla una funzione catalizzatrice nella dissoluzione del quarzo, senza tuttavia spiegarsi il fenomeno. Il Thompson (1959), nelle sue ricerche su rocce arenacee del New Jersey, riporta lo stesso ad una perdita parziale in potassio dell'illite originariamente presente tra i granuli, che darebbe luogo ad un aumento del pH locale, con conseguente dissoluzione della silice nei punti di pH più alto e con deposizione della stessa nelle zone di pH inferiore. Quanto sopra sembrerebbe trovare conferma anche nelle esperienze di Bernstein (1960) sull'idrolisi acida delle ar-

gille in un mezzo acquoso. Lerbekmo e Platt (1962), osservando le arenarie cretacee dell'Alberta (Canada), sostengono invece che la dissoluzione del quarzo viene favorita soprattutto dalla presenza di composti del carbonio o del ferro, i quali, in presenza di materiale organico carbonatico contenente solfuri, subirebbero un processo di riduzione con formazione di carbonato di ferro e solfuro di ferro e messa in libertà di ioni ossidrili; questi ultimi promuovrebbero la dissoluzione della silice nei punti di « stress ».

Parziale dissoluzione della silice e precipitazione del cemento carbonatico.

E' questo un aspetto molto caratteristico e diffuso nelle arenarie in esame; esso si rinviene sia al pozzo Gagliano 13 che al pozzo Gagliano 15 con modalità praticamente identiche: i cristalli di quarzo mostrano, infatti, lungo il contatto con il cemento carbonatico, dei contorni caratterizzati da tutta una serie di rientranze più o meno sviluppate che conferiscono al cristallo stesso un aspetto estremamente irregolare.

Molte volte il « riassorbimento » è così avanzato che, in luogo degli originari individui cristallini, ordinariamente quarzosi, rimangono dei residui appena riconoscibili, come piccole « isole » in una massa di fondo carbonatica. In diversi esempi, però, ruotando anche di pochi gradi l'orientazione del singolo granulo se ne intravedono, seppure sfumati, parte dei vecchi contorni (vedi Tav. I, figg. 2 e 3).

Spesso capita di vedere la sostanza carbonatica in completa pseudomorfo su originari elasti quarzosi; in questi casi il riconoscimento del fenomeno diviene molto difficoltoso secondo i normali metodi ottici e solo l'indice di rifrazione più elevato nel carbonato di calcio pseudomorfo, possono rappresentare un valido ausilio per il petrografo.

Alcune sezioni sottili di arenarie, nelle quali era visibile una certa quantità di cemento carbonatico, sono state private del vetrino coprioggetti e successivamente fatte reagire a freddo con acido cloridrico diluito; dopo l'attacco si è potuto constatare come una buona percentuale dell'originario legante mascherasse, in effetti, numerosi « scheletri » quarzosi non ancora completamente disciolti.

Possono così essere ricostruiti i vari stadi attraverso cui si manifesta la dissoluzione del quarzo, distinguendo una fase iniziale, caratte-

rizzata dalla formazione di piccole cavità e linee di corrosione lungo i margini del cristallo, una fase intermedia, nella quale lo stesso risulta parzialmente mascherato dai prodotti carbonatici (vedi Tav. I, fig. 4) ed uno stadio finale in cui il granulo appare in completa pseudomorfosi con i carbonati.

Dall'esame microscopico dei numerosi campioni in studio, si è constatato che la « corrosione » avviene con modalità piuttosto generali anche se non sempre costanti; il processo sembra svilupparsi soprattutto in corrispondenza di linee di discontinuità del cristallo, quali, ad esempio, le fratture od i contatti quarzo detritico-silice di neoformazione. Laddove questi non sono presenti, la dissoluzione ha un andamento sempre centripeto, iniziando dai bordi per poi procedere verso il nucleo del granulo, con intensità maggiore verso la sua superficie libera.

Il rimpiazzamento della silice secondaria ad opera della sostanza carbonatica risulta, nel nostro caso, molto significativo, dimostrando che la « pressure solution » e la relativa precipitazione del cemento siliceo sono avvenute in un periodo precedente al fenomeno che stiamo esaminando. I minerali carbonatici, analizzati per via ottica, chimica, colorimetrica e roentgenografica, sono risultati costituiti, nella gran parte, da calcite in grosse plaghe allotriomorfe e, subordinatamente, da frequenti, piccoli cristalli euedrali di siderite dalle dimensioni medie di circa 5μ e da rarissime microgranulazioni dolomitiche. La siderite si rinviene associata alla calcite sotto forma di inclusioni irregolari (vedi Tav. I, fig. 5).

Inglobati nel legante calcareo sono presenti anche scarsi resti di microfossili, interi od in frammenti, che compaiono però in maniera molto episodica; sono generalmente riempiti da carbonato di calcio o di silice microgranulare.

Da quanto detto ci si rende conto facilmente di come questi fenomeni alterino profondamente la forma e l'assetto strutturale dei vari componenti mineralogici: la forma dei elasti, infatti, viene a dipendere in parte dal contorno del cristallo originario, in parte dal grado di penetrazione differenziale dei carbonati. Quest'ultimo, infatti, tende quasi sempre ad accentuare le loro spigolosità. Per tale motivo anche la valutazione quantitativa dell'iniziale silice di accrescimento diviene oltremodo approssimativa in quanto la stessa risulta essere la prima a subire il processo della dissoluzione.

Gli aspetti petrografici che stiamo esaminando, sono già stati segnalati nella moderna letteratura. Walker (1957), infatti, studiando i residui insolubili di vari calcari e dolomie sabbiose osservava, al contatto quarzo-sostanze carbonatiche precipitate, una superficie di minuta compenetrazione che poteva erroneamente essere messa in relazione con l'abrasione eolica ma che, invece, non rappresentava altro che il risultato di un semplice rimpiazzamento marginale degli individui silicei ad opera dei carbonati. Una volta individuato il fenomeno nel suo giusto significato, ne rimaneva allora da determinare l'ambiente chimico-fisico in cui lo stesso poteva essere avvenuto. A questo proposito lo stesso Autore (1960), basandosi sulle curve sperimentali della solubilità della silice e del carbonato di calcio riportate da Correns e da altri (1950), concludeva che un tale ambiente doveva essere caratterizzato da una forte alcalinità, con pH superiore a 9 e che quindi, data la sua rarità in natura, dovevano intervenire nel fenomeno altri fattori (alta temperatura, elevata pressione etc.) che non fossero solo le variazioni del pH ambientale. Successivamente il Walker (1962) modificava in parte le asserzioni di cui sopra sostenendo che acque naturali a pH così elevato erano forse più diffuse di quanto ritenuto in precedenza. Sharma (1963), nella sua ricostruzione dei cambiamenti fisico-chimici cui il sedimento viene sottoposto durante e dopo il suo seppellimento, localizzava nelle zone più profonde di quest'ultimo, dove maggiore è l'alcalinità e più elevata la temperatura, l'ambiente più adatto per la solubilizzazione della silice e la precipitazione dei carbonati. A conclusioni praticamente analoghe era giunto il Dapples (1962). Siever (1959), riprendendo le osservazioni del Correns in uno studio sulle arenarie quarzose della Pennsylvania, ha tracciato una ricostruzione teorica delle varie trasformazioni cui un sedimento arenaceo può sottostare durante la sua storia diagenetica: se si considera un sedimento contenente delle acque sature o molto vicine alla saturazione in carbonato di calcio, man mano che la roccia subisce un seppellimento via via sempre più profondo e la temperatura aumenta, la solubilità della calcite diminuisce (ammettendo costante la pressione parziale dell'anidride carbonica) sino a provocare la sua precipitazione. Paralleamente, con l'aumento della temperatura, la silice diviene più solubile ed inizia a sciogliersi. In natura, ovviamente, la situazione geologica è molto più complessa di quanto prospettato in questo schema, secondo quanto affermato anche dallo stesso Autore.

Dissoluzione parziale dei carbonati e formazione di microvacuoli

Il fenomeno si rende evidente con modalità ben caratteristiche ed individuabili all'esame microscopico, quali:

— la presenza di minutissime linee di corrosione, tra loro parallele, lungo i bordi degli individui quarzosi, specie quelli più grossolani, in arenarie ormai prive o quasi dell'originario legante carbonatico (v. Tav. I, fig. 6).

Spesso queste linee sono accompagnate da piccole « carie » di forma irregolare e colore verdolino chiaro o bruciccio sia a nicols paralleli che incrociati, localizzate in corrispondenza della superficie del cristallo precedentemente rivestita dai carbonati. Le stesse, poi, sono state ottenute anche artificialmente facendo reagire a freddo con acido cloridrico diluito, varie sezioni di arenarie quarzose ad abbondante cemento carbonatico, opportunamente private del vetrino coprioggetti;

— la saltuaria presenza, ai bordi dei vacuoli così originatisi, di materia carbonatica residuale ad abito sfrangiato, irregolare. In diversi casi, infatti, si osservano piccole cavità in parte riempite da silice secondaria accresciutasi intorno ai cristalli di quarzo, in parte da piccoli lembi di carbonato di calcio; questi ultimi addensati di preferenza lungo le concavità più accentuate del vacuolo.

Sia la silice neogenica che i cristalli di quarzo determinanti le cavità hanno un aspetto fortemente corrosivo e presentano le stesse caratteristiche descritte in precedenza. Quest'osservazione ci consente così di escludere l'ipotesi dell'incompleta cementazione ad opera del legante carbonatico avanzata da Heald ed altri (1962) per le arenarie di Oriskany (Virginia Occidentale).

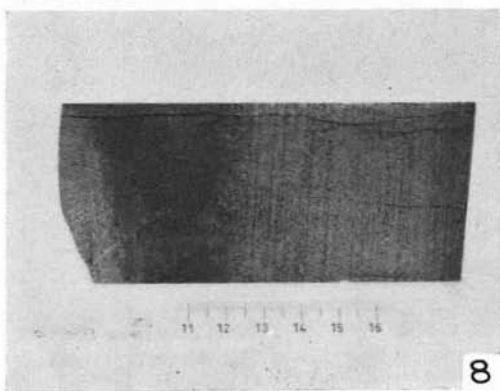
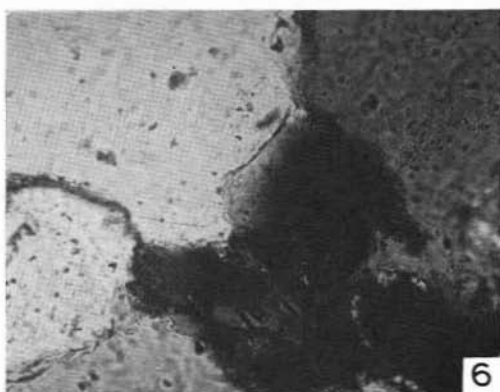
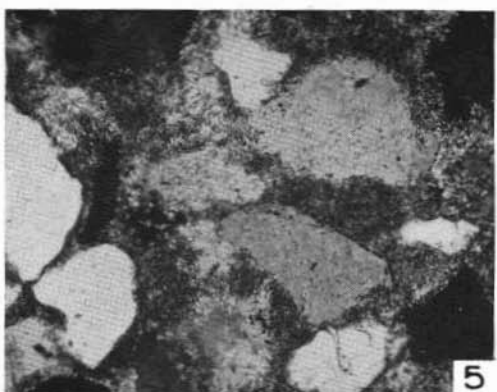
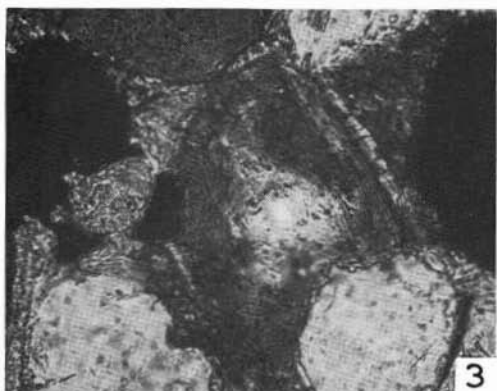
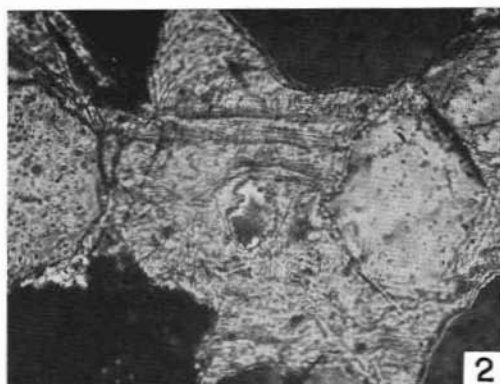
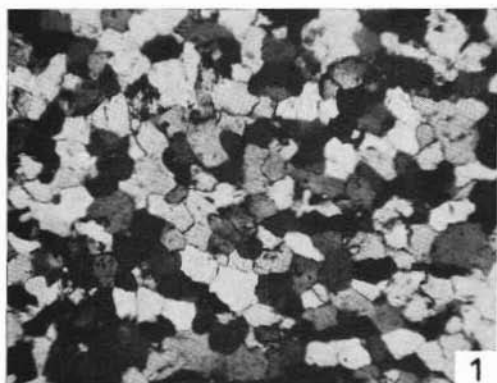
In diversi casi i vacuoli risultano solo parzialmente riempiti da microgranulazioni sideritiche (v. Tav. I, fig. 7) ordinariamente associate al carbonato di calcio; a questo proposito ci sembra molto significativo il confronto tra la fig. 7 e la fig. 5 della Tav. I;

— la costante associazione, in quelle arenarie maggiormente interessate dai processi di dissoluzione, di abbondantissima sostanza scura residuale di natura argillosa. Quest'ultima risulta addensata di preferenza negli spazi intercristallini, rappresentando, almeno in parte, il residuo insolubile dell'originario cemento calcareo;

— l'evidente correlazione tra i valori di porosità ed i dati calcimetrici, come messo in evidenza nella Tavola I; si osserva, infatti, che laddove aumenta la percentuale del cemento carbonatico, la porosità segna una corrispondente, sensibile diminuzione.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA I

- Fig. 1. — Evidenti fenomeni di compenetrazione tra i clasti quarzosi (« pressure solution »).
Pozzo Gagliano 13, carota dei m 2356-64.
Nicols incrociati, ingr. 60.
- Fig. 2. — Quarzo « residuale » nel cemento calcareo.
Pozzo Gagliano 15, carota dei m 2356-64.
Nicols incrociati, ingr. 200.
- Fig. 3. — La stessa sezione della fig. 2 ruotata di pochi gradi. E' ancora visibile, così, una parte del cristallo originario.
Pozzo Gagliano 15, carota dei m 2356-64.
Nicols incrociati, ingr. 200.
- Fig. 4. — Parziale rimpiazzamento del quarzo ad opera del carbonato di calcio. E' ancora visibile, nella figura, il contorno del cristallo originario.
Pozzo Gagliano 15, carota dei m 2356-64.
Nicols incrociati, ingr. 150.
- Fig. 5. — Cristalli di quarzo legati da cemento carbonatico. Le microgranulazioni scure comprese nel legante calcareo (parte chiara della figura), sono rappresentate da piccoli cristalli di siderite.
Pozzo Gagliano 13, carota dei m 2840,60-58.
Nicols incrociati, ingr. 150.
- Fig. 6. — Linee di corrosione ai bordi dei cristalli quarzosi.
Pozzo Gagliano 13, carota dei m 2840,60-58.
- Fig. 7. — Arenaria quarzosa scarsamente cementata da microcristalli di siderite. Le parti più scure nella figura rappresentano dei vuoli. Particolarmente indicativo è il confronto con la fig. 6.
Pozzo Gagliano 13, carota dei m 2935-43.
Nicols incrociati, ingr. 100.
- Fig. 8. — Carota di arenaria dei m 2858-75. Le bande più scure sono determinate dalla presenza di carbonato di calcio colorato con alizarina S.
Pozzo Gagliano 13.



Il fenomeno della dissoluzione dei carbonati si rende evidente, in molti casi, anche mediante la sola osservazione macroscopica sia di sezioni sottili, che di carote. Se infatti esaminiamo attentamente la sezione di un'arenaria interessata dal processo sovrapprendendola possibilmente in un fondo molto scuro, le zone in cui il carbonato di calcio è stato disciolto presentano una colorazione più chiara, biancastra o bianco-giallastra, con contorni molto sfumati ed irregolari. Per meglio visualizzare la distribuzione del fenomeno che stiamo esaminando, è stato trattato con alizarina uno spezzone di carota prelevata al pozzo Gagliano 13 (vedi Tav. I, fig. 8).

La colorazione più scura (nella figura) del carbonato di calcio, consente di osservarne la sua distribuzione in bande subparallele, sfumate, più o meno spesse a seconda dell'intensità attraverso cui si è manifestato il processo della dissoluzione.

Quest'ultimo sembra così distribuirsi lungo linee preferenziali, probabilmente corrispondenti a zone di più facile accesso per le soluzioni circolanti. Nelle bande chiare della stessa carota è presente solo dello scarsissimo carbonato di calcio residuale.

Con il termine generale di « decementazione » il Pettijohn (1957) comprende tutti quei processi riguardanti la dissoluzione dei minerali precipitati nei vacuoli delle rocce; tra questi si trovano chiari riferimenti ai fenomeni che stiamo studiando. In particolare l'Autore è dell'avviso che la solubilizzazione del cemento carbonatico nelle arenarie non debba essere inteso come un processo necessariamente limitato nello spazio, ma che anzi lo stesso possa avvenire su scala piuttosto estesa, purchè siano presenti delle soluzioni circolanti di una certa entità.

Graf e Lamar (1950), esaminando i calcari oolitici di Fredonia (Illinois) prelevati in corrispondenza di campi produttivi ad olio, rinvenivano analoghi fenomeni di dissoluzione della calcite, senza però tentarne un'interpretazione ambientale. Waldschmidt (1941), nel suo studio sulle arenarie carbonifere e cretaceiche perforate in varie strutture della « Rocky Mountain » (Colorado), concludeva che la solubilizzazione dei carbonati, oltre che la presenza del gas e di piccole quantità di olio ivi riscontrate, dovevano essere messe in relazione alla decomposizione di resti organici. Tali trasformazioni potevano avvenire solo durante i primi stadi della diagenesi. Sostanzialmente analoghe appaiono le conclusioni di Sharma (1965). Da R. Siever (1959), infine, viene presa in

considerazione anche la possibilità della solubilizzazione del legante carbonatico in sedimenti arenacei molto prossimi alla superficie, ad opera di acque vadose circolanti.

Considerazioni generali sulla porosità.

Le arenarie dei pozzi Gagliano 13 e Gagliano 15 presentano, limitatamente agli intervalli studiati, una porosità media piuttosto bassa, rispettivamente di 5,2% e di 5,7%; al pozzo Gagliano 13 tali valori variano da un minimo di 0,4% ad un massimo di 10,9%, mentre a Gagliano 15 da un minimo di 0,3% si passa ad un valore massimo di 8,8%.

L'osservazione microscopica delle caratteristiche petrografiche, per gran parte riassunte nel log mineralogico riportato alla Tavola I, ci consente di concludere, in via generale, quanto segue:

1) la scarsa porosità media è da riferire, soprattutto, al concorso di diversi fattori quali: la presenza della « pressure solution », la precipitazione della silice e del cemento carbonatico, la presenza di abbondante materiale argilloso interstiziale.

Con il fenomeno della « pressure solution », infatti, i granuli detritici della roccia tendono a compenetrarsi nei loro punti di contatto causando una sensibile riduzione dei pori originariamente presenti nella roccia. Questi ultimi vengono poi a ridursi ancora ulteriormente per la precipitazione della silice prima solubilizzata.

A parità di contenuto in cemento siliceo le arenarie a granulometria più fine sembrano ridurre la loro porosità in forma più accentuata di quelle più grossolane, analogamente a quanto già riscontrato da Waldschmidt (1941). Con la successiva, uniforme precipitazione del cemento carbonatico, corrispondente al secondo stadio della diagenesi riconosciuto per le rocce di Gagliano e con la presenza di materiale argilloso intergranulare, gran parte dei vacuoli residuali vengono ad essere completamente riempiti. Si può constatare, infatti, come gli stessi valori di porosità subiscano una sensibile diminuzione in corrispondenza di apprezzabili quantità di sostanza carbonatica e/o argillosa cementante;

2) il susseguente processo della parziale dissoluzione del legante carbonatico influisce invece in senso positivo nei riguardi della porosità, causando la formazione di piccole cavità originariamente assenti.

E' questo perciò uno stadio molto importante da riconoscere nella diagenesi dei sedimenti arenacei in genere perchè rappresenta un parametro estremamente significativo nei riguardi dell'ambiente chimico-fisico che ha determinato il processo.

Conclusioni.

L'osservazione petrografica di dettaglio dei rapporti esistenti tra i clasti quarzosi ed i tipi di cemento relativi alle arenarie dei pozzi Gagliano 13 e Gagliano 15, ci ha permesso così di ricostruire il processo diagenetico secondo il seguente schema di paragenesi:

a) « pressure solution » e precipitazione del cemento siliceo.

Poichè la compenetrazione tra i granuli appare come un fenomeno di diffusione generale, non necessariamente legato alla presenza di sostanza illitica interstiziale, riteniamo più verosimile che tale processo sia la risultante del concorso di vari fattori quali non solo l'azione catalizzatrice dello stesso materiale argilloso, la temperatura, la pressione, il cambiamento dell'acqua circolante durante i primi e gli intermedi stadi della diagenesi, analogamente a quanto sostenuto dal Siever (1959), ma anche dell'azione di spinte diastrofiche (Lowry 1956). Quest'ultimo elemento non è assolutamente da sottovalutare qualora si consideri la tettonica piuttosto intensa della zona in esame, caratterizzata da tutta una serie di faglie e sovrascorrimenti;

b) precipitazione del cemento carbonatico con parziale dissoluzione della silice.

In questo caso ci sembra accettabile l'ipotesi di Siever (1959), Sharma (1965) e Dapples (1962), che localizzano nelle zone di profondo seppellimento, dove maggiore è l'alcalinità e più elevata la temperatura, l'ambiente più adatto per il verificarsi del processo;

c) dissoluzione del cemento carbonatico con formazione di microvacuoli.

Riteniamo che tali fenomeni, così insoliti in profondità, siano da attribuirsi soprattutto al flusso di acque circolanti ricche di CO_2 di derivazione organica, cui sarebbero stati sottoposti i livelli di arenaria durante il periodo di messa in posto degli idrocarburi, analogamente anche a quanto prospettato da Waldschmidt (1941).

La dissoluzione del carbonato di calcio potrebbe essere dovuta in parte al processo di concentrazione delle acque di strato, che provoca una diminuzione nel pH ambientale. Gli ioni monovalenti con piccolo raggio ionico, quali il sodio ed il bicarbonico, tendono infatti a passare preferenzialmente attraverso un setto argilloso con caratteristiche di membrana semipermeabile, con il risultato di arricchire l'acqua in cloruri di cationi bivalenti, in preferenza calcio, a reazione acida (Long ed altri, 1966).

Dal punto di vista applicativo una tale ricerca acquista un interesse duplice dimostrando, innanzi tutto, l'utilizzazione della petrografia nella ricerca geomineraria e la sua importanza nella ricostruzione dei processi diagenetici in genere e nell'interpretazione dei dati petrofisici sperimentali.

Gli Autori esprimono la loro riconoscenza all'AGIP Direzione Mineraria per aver permesso la presente pubblicazione ed in particolare all'Ing. T. Rocco ed al Dr. G. Long, Capo del Servizio Geochimico e Laboratori. Per la collaborazione prestata ringraziano inoltre i Drr. D. Storer, S. Neglia, G. L. Morelli ed i Colleghi del Lab. Petrografico.

BIBLIOGRAFIA

- ALIMEN H., 1944 - *Roches gréseuses à ciment calcaire du Stampien. Etude pétrographique*. Soc. Geol. France Bull. 5th ser., vol. 14, pp. 307-329.
- BERNSTEIN F., 1960 - *Distribution of water and electrolyte between homoionic clays and saturating NaCl solutions*. Clays and clay minerals, mon. n. 9.
- CAYEUX L., 1906 - *Structure et origine des grès du Tertiaire parisien*. Et. des gîtes min. de la France. Paris, imprimerie Nationale, pp. 160.
- CAROZZI A. V., 1960 - *Microscopic sedimentary petrography*. John Wiley & Sons, Inc., New York and London, pp. 32-33.
- CORRENS C. W., 1950 - *Zur Geochemie der Diagenese*. Geoch. et Cosmochim. Acta, v. 1, pp. 49-54.
- DAPPLES E. C., 1959 - *The behavior of silica in diagenesis*. «Silica in sediments» A Symposium, pp. 36-54.
- DAPPLES E. C., KRUMBEIN W. C. e SLOSS L. L., 1953 - *Petrographic and lithologic attributes of sandstones*. Journ. Geol., vol. 61, n. 4, pp. 291-317.
- DE VRIES KLEIN G., 1963 - *Analysis and review of sandstone classifications in the North American Geological Literature, 1940-1960*. Geol. Soc. of America Bull., v. 74, pp. 555-576.

- FOLK R. L., 1951 - *Stages of textural maturity in sedimentary rocks*. Journ. Sed. Petr., v. 21, n. 3, pp. 127-130.
- FOLK R. L., 1956 - *The role of texture and composition in sandstone classification*. Journ. Sed. Petr., vol. 26, n. 2, pp. 166-171.
- GRAF D. L. e LAMAR J. E., 1950 - *Petrology of Fredonia oolite in Southern Illinois*. Bull. of the Am. Ass. of Petr. Geol., vol. 34, n. 12, pp. 2318-2336.
- HEALD M. T., 1955 - *Stylolites in sandstones*. Journ. Geology, v. 63, pp. 101-114.
- HEALD M. T., 1956 - *Cementation of Simpson and St. Peter Sandstones in parts of Oklahoma, Arkansas and Missouri*. Journ. of Geol., vol. 64, n. 1, pp. 16-30.
- HEALD M. T., THOMSON A. and WILCOX F. B., 1962 - *Origin of interstitial porosity in the Oriskany sandstone of Kanawha County, West Virginia*. Journ. of Sed. Petr., vol. 32, n. 3, pp. 514-519.
- KASHIK S. A., 1965 - *Replacement of quartz by calcite in sedimentary rocks*. Geochemistry international, vol. 2, n. 1, pp. 133-138.
- KRYNINE P. D., 1941 - *Petrographic studies of variation in cementing material in the Oriskany sand*. Proc. 10th Penna Mineral Ind. Conf. Perm. State Coll., Bull. 33, pp. 108-116.
- LERBEKMO J. F. e PLATT R. L., 1962 - *Promotion of pressure-solution of silica in sandstones*. Journ. of Sed. Petr., vol. 32, n. 3, pp. 514-519.
- LONG G., NEGLIA S. e RUBINO E., 1966 - *Pore fluid in shales: its geological significance* (in corso di stampa).
- LOWRY W. D., 1956 - *Factors in loss of porosity by quartzose sandstones of Virginia*. Bull. Am. Ass. Petr. Geol., vol. 40, n. 3, pp. 489-500.
- MEZZADRI G., 1964 - *Petrografia delle arenarie di Ostia*. R.S.M.I., 1964, pp. 193-228.
- OGNIBEN L., 1960 - *Nota illustrativa dello schema geologico della Sicilia Nord-Orientale*. Riv. Min. Sic., anno XI, n. 64-65. Luglio-Ottobre 1960, pp. 183-212.
- PETTILJOHN F. J., 1957 - *Sedimentary rock*. Harper & Brothers, New York, II ed., pp. 659-660.
- SHARMA G. D., 1965 - *Formation of silica cement and its replacement by carbonates*. Journ. of Sed. Petr., vol. 35, n. 3, pp. 733-745.
- SCHMIDT DI FRIEDBERG P., 1962 - *Introduction à la géologie pétrolière de la Sicilie*. Rev. de l'Institut Fr. du Pétrole, pp. 635-668.
- SIEVER R., 1959 - *Petrology and geochemistry of silica cementation in some Pennsylvanian sandstones*. «Silica in Sediments» A Symposium. Soc. of Ec. Pal. and Min., special publication, n. 7, pp. 55-79.
- SIEVER R., 1962 - *Silica solubility, 0°-200°C and diagenesis of sediments*. Journ. of Geology, vol. 70, n. 2, pp. 127-150.
- TAYLOR M. J., 1950 - *Pore-space reduction in sandstones*. Bull. of. Am. Ass. of Petr. Geol., vol. 34, n. 4, pp. 701-716.
- THOMSON A., 1959 - *Pressure solution and porosity*. «Silica in Sediments», A Symposium. Soc. of Ec. Pal. and Min., special publication, n. 7, pp. 92-110.
- VAN ANDEL T. H., 1958 - *Origin and classification of Cretaceous, Paleocene and Eocene Sandstones of Western Venezuela*. Bull. of the Am. Ass. of Petr. Geol., vol. 42, n. 4, pp. 734-763.

- WALDSCHMIDT W. A., 1941 - *Cementing materials in sandstones and their probable influence on migration and accumulation of oil and gas*. Bull. of the Am. Ass. of Petr. Geol., vol. 25, pp. 1839-1879.
- WALKER T. R., 1957 - *Frosting of quartz grains by carbonate replacement*. Geol. Soc. of America Bull., vol. 68, pp. 267-268.
- WALKER T. R., 1960 - *Carbonate replacement of detrital crystalline silicate minerals as a source of authigenic silica in sedimentary rocks*. Geol. Soc. of America Bull., vol. 71, pp. 145-152.
- WALKER T. R., 1962 - *Reversible nature of chert-carbonate replacement in sedimentary rocks*. Geol. Soc. of America Bull., vol. 73, pp. 237-242.