

OSSEVAZIONI PRELIMINARI  
SULLA ZONA PETROLIFERA MODENESE

Comunicazione del socio ENRICO FOSSA-MANCINI

**Premesse.**

Si hanno ragionevoli speranze nell'esistenza di giacimenti di petrolio industrialmente importanti in quella parte della provincia di Modena che si trova a levante del Rossenna, a ponente del Panaro, e a settentrione del parallelo di Pavullo.

Le speranze sono fondate: 1°, su modeste, ma numerose manifestazioni superficiali; 2°, sull'analogia (litologica e forse anche strutturale) con certe zone produttive dell'Emilia occidentale; 3°, su documenti, su tradizioni e su resti di opere minerarie che attestano come in passato, in diverse epoche e in varie località, si sia ottenuto petrolio da pozzi poco profondi.

Dal punto di vista della geologia questa regione è ancora imperfettamente conosciuta, malgrado i molti scritti di parecchi studiosi; credo che questo dipenda, oltre che da difficoltà intrinseche, dai metodi seguiti dagli studiosi stessi; alcuni hanno illustrato in modo minuzioso zone eccessivamente ristrette, mentre altri hanno cercato di estendere, generalizzando, a regioni relativamente vaste, i risultati di un numero insufficiente di osservazioni, proprie o altrui.

La presente comunicazione non pretende affatto di dare la chiave dei tanti problemi riguardanti la geologia della regione sperata petrolifera; se non altro perchè, pure avendo già speso un centinaio di giornate in escursioni attraverso ad essa o poco oltre i suoi confini, sento di non conoscerla ancora abbastanza. E' principalmente per rispondere all'invito del nostro Presidente (che con sua recente circolare esortava i soci a portare a questo Congresso i risultati delle proprie indagini e meditazioni) che espongo alcuni dei più salienti fatti osservati, insieme alle convinzioni, alle supposizioni e ai dubbi che tali fatti hanno fatto sorgere nella mia mente.

### Prime impressioni.

Chi osserva la regione montuosa e collinosa fra Pavullo e San Venanzio è subito colpito dall'esistenza di certi rilievi molto ben definiti e spesso limitati da ogni parte da ripidi pendii o da pareti a picco, frequentemente spianati nella loro parte più alta; quando non sono dovuti ad affioramenti di rocce magmatiche (serpentine) questi rilievi si mostrano chiaramente formati da strati disposti generalmente in sinclinali, complicate o no da ripiegamenti secondari. Tutto all'intorno terreno che, nel complesso, costituisce grandi onde; tali onde, spesso carenate lungo le linee di dispiuvio, hanno quasi sempre i fianchi incisi da fossi e torrenti e mozzati o sventrati da frane, così che presentano, in generale, notevoli irregolarità. Qui, ad un primo esame, difficilmente è dato trovare strati in posto, ma solo frammenti rocciosi addensati oppure disseminati in una massa più o meno argillosa; e se per caso la stratificazione è visibile o è rivelata da zone diversamente resistenti o diversamente colorate, si notano non di rado contorsioni e pieghettamenti: sono le così dette « argille scagliose ».

Il contrasto tra i rilievi del primo tipo e le ondulazioni del secondo è così netto, stridente e completo, che l'osservatore è indotto ad ammettere, come postulato fondamentale, l'antitesi tra le formazioni regolarmente stratificate e le argille scagliose; e non ha che da scegliere tra due ipotesi diversamente verosimili per quanto forse ugualmente lontane dal vero: o si ha un arcipelago di spuntoni regolarmente stratificati che emergono da un mare di argille scagliose, oppure si tratta di tante pile di strati che riposano sopra uno zoccolo comune di argille scagliose.

Questi sono gli effetti delle prime impressioni che un osservatore frettoloso e non prevenuto riporterebbe attraversando la regione di cui qui si tratta, o quelle limitrofe, a levante o a ponente.

### Primi risultati del rilevamento particolareggiato.

Si sa, e del resto lo si vede subito, che i rilievi regolarmente ed evidentemente stratificati non sono tutti costituiti dagli stessi gruppi di strati, ma da gruppi che indubbiamente si sono depositi almeno in due periodi geologici diversi. I più recenti sono certamente miocenici; i meno recenti sono stati riferiti da alcuni all'Oligocene e da altri, con maggiore verosimiglianza, all'Eocene.

Se fosse giusta la prima delle ipotesi che ho da poco enunciato, in un primo tempo l'erosione avrebbe dovuto isolare eminenze formate da strati di diversa età e più tardi le argille scagliose, comportandosi all'incirca come una massa fluida, avrebbero dovuto riversarsi intorno ad esse; le argille scagliose dovrebbero allora, a causa del rimescolamento subito, avere sempre una composizione relativamente uniforme.

Se fosse vera la seconda ipotesi, per spiegare l'immediata sovrapposizione alle argille scagliose di formazioni di diverse età converrebbe ammettere che la più giovane di esse (miocenica) si sia deposta quando una prolungata erosione aveva già asportato interamente, su vaste estensioni, le altre formazioni soprastanti alle argille scagliose. Dunque il contatto del miocene colle argille scagliose dovrebbe essere trasgressivo; si dovrebbe trovare, in questo caso, la prova della trasgressione, consistente verosimilmente (come sembrerebbe del resto indicare il pieghettamento delle argille scagliose) in qualche discordanza.

Ora i primi risultati del rilevamento mi hanno mostrato: 1°, che in quella regione per lo più la composizione delle argille scagliose non è affatto uniforme, ma che anzi determinati tipi di frammenti lapidei prevalgono in determinate zone, talora facili a seguire e a riconoscere; 2°, che in seno alle argille scagliose si può abbastanza frequentemente notare e misurare l'orientazione degli strati, specialmente quando si abbia l'avvertenza di esaminare pazientemente il letto e le rive dei corsi d'acqua; 3°, che le discordanze debbono essere assai infrequenti oppure molto deboli, dal momento che non sono ancora riuscito ad accertarle in nessun punto.

Così la prima ipotesi è esclusa e la seconda non trova nessun sostegno.

#### Le argille scagliose a settentrione di Pavullo.

Mi servo mal volentieri dell'espressione « argille scagliose » perchè la trovo impropria e infelice e perchè imputo ad essa molte confusioni ed incertezze e lo scarso progresso della geologia dell'Emilia; me ne servo per seguire l'uso e per farmi più facilmente intendere, ma le attribuisco solo un nebuloso significato litologico e le nego ogni valore cronologico. Non tento darle una definizione, che sarebbe cosa difficile e superflua. Mi basta, per far notare l'indeterminatezza del termine, ricordare: che Del Prato, dopo aver distinto un certo tipo che meglio risponde al nome, ha riconosciuto che queste *vere argille scagliose* pos-

sono trovarsi tanto come *formazione* che come *forma litologica accidentale*, ossia, in sostanza, che le *vere* argille scagliose possono essere di diversa età; che Uzielli ha spiegato in modo soddisfacente la formazione delle *vere* argille scagliose invocando semplici azioni meccaniche che devono aver prodotto identici effetti in tutti gli orizzonti in cui si avevano rocce di uno stesso tipo; e che altri autori hanno voluto abbracciare colla denominazione di argille scagliose tutte quelle masse in cui frammenti lapidei sono associati a materiale argilloso.

Ho letto e sentito parlare più volte di *argille scagliose caotiche*, espressione che si presta ad un nuovo equivoco; può infatti significare puramente che i frammenti resistenti non offrono alcuna uniformità di orientamento o di allineamento rivelante l'originaria stratificazione, oppure che pezzi di rocce di varia natura e di varia età siano mescolati insieme.

Per quanto concerne la regione che studio, devo distinguere i due casi: nel primo una parte considerevole delle argille scagliose a settentrione di Pavullo meriterebbe quel nome; nel secondo le argille scagliose caotiche sarebbero limitate a certi lembi a nord del parallelo di Varana, e probabilmente in relazione con singolari accidenti del tipo di quelli osservati in varie località emiliane dal Dott. Anelli.

Aggiungo a questo proposito che mi ha sorpreso, nelle prime escursioni, la costanza con cui in certe zone, spesso abbastanza nettamente delimitate, si trovano in grande prevalenza, o anche ad esclusione di ogni altro tipo di roccia, pezzi di arenaria bruna, o di brecciola verdastria, o di calcare marnoso in strati sottili, o di un altro calcare più puro che deve aver costituito grossi banchi; non meno costante mi è sembrata la maggiore o minore abbondanza di argille nelle medesime zone. Così sino dalle prime escursioni ho pensato che la successione delle varie zone corrispondesse alla successione regolare e normale di vari gruppi di strati che mi auguravo di trovare in qualche punto in posto, e di riconoscere.

In seguito, l'osservazione di certi frammenti rocciosi e di certe zone argillose mi ha fatto riflettere che dovevano aver subito trasformazioni tali da renderli assai dissimili dalle rocce in posto corrispondenti.

Così, per esempio, abbondano in certe zone frammenti di calcare marnoso verde reseda (più raramente biancastro o grigio) ricoperti da una specie di vernice verde scura non solo sulle superfici di stratificazione ma anche su certe vecchie superfici di frattura; al microscopio si vede che la vernice è costituita da un velo di clorite, minerale indubbiamente secondario e che credo non sia stato mai trovato in calcari non

dislocati (1); inoltre è verosimile che pure a clorite secondaria, minutamente diffusa, sia dovuta la colorazione verde reseda. Non si può dunque sperare di trovare in posto strati di calcare verde limitati e attraversati da spalmature e venuzze cloritiche, ma occorre cercare quali siano quegli strati di calcare marnoso, inclusi nelle argille, che fanno lateralmente passaggio a quelle zone delle così dette argille scagliose che contengono pezzi di calcare verde. Procedendo con questo criterio ho avuto la fortuna di sorprendere, tra il Rio Cervaro e un suo affluente di sinistra, circa un chilometro a libeccio di Serra Mazzoni, il passaggio laterale da strati continui calcareo-marnosi grigio chiari ad allineamenti di pezzi, di corrispondente potenza, di calcare verdolino con vernice cloritica.

Un altro esempio di modificazione d'aspetto, pure verosimilmente dovuta a metamorfismo d'attrito, è dato da certe arenarie mediocrementemente compatte, con poca mica visibile ad occhio nudo, che si fanno scistose o si dividono addirittura in foglietti ondulati, mentre le superfici di scistosità diventano costellate di grosse lamelle muscovitiche e certe superfici di stratificazione si lustrano e sembrano coperte di uno smalto trasparente.

Un terzo esempio è offerto dalle zone di materiale argilloso rosso che corrispondono in qualche caso a banchi di marna argillosa azzurrognola, e in qualche altro a gruppi di straterelli argillosi e argilloso-arenacei azzurro-verdastri, o bruni, o violacei.

La composizione delle argille scagliose (parlo naturalmente di quelle non caotiche) non corrisponde dunque *qualitativamente* a quella delle rocce originarie, e lo mostrano gli esempi che ho portato ora; e spesso non le corrisponde nemmeno *quantitativamente* (voglio dire nella proporzione tra pietra e argilla) perchè le acque di dilavamento asportano continuamente il materiale argilloso, e così le creste e i pendii si arricchiscono costantemente di pezzi di pietra. Molto spesso quel materiale argilloso è troppo abbondante per essere trasportato dal corso d'acqua principale, e allora si accumula nei conetti di deiezione dei fossi con qualche accenno di stratificazione; segati dalle piene del corso di acqua principale, quei conetti simulano affioramenti di argille antiche e possono indurre in errore.

---

1° — Ho notato la stessa vernice cloritica, che ho ritenuto effetto di un metamorfismo di attrito (per scorrimento) in certi strati di calcare di tipo nummulitico, alternanti con scisti argillosi, che affiorano sotto il Càssaro, presso Montefegatesi, in provincia di Lucca; ho pubblicato una nota in proposito, qualche anno fa, nel Bollettino della nostra Società.

L'età delle argille scagliose va stabilita con criteri diversi a seconda che si considerino quelle stratificate, o almeno ordinate in zone di varia natura litologica, oppure quelle veramente caotiche. Le prime, cioè quelle che si possono considerare in posto o solo debolmente spostate, rappresentano la trasformazione di sedimenti che possono appartenere a diversi piani del Paleogene e del Cretaceo (2). L'età di quelle caotiche (cioè costituite da materiale misto), che nella parte più settentrionale della regione si sono insinuate in mezzo agli strati del Terziario superiore e talora sembrano aver traboccato al di sopra di essi, non è certo quella in cui si sono depositi i sedimenti che ne hanno costituito i materiali, argillosi o lapidei; è invece l'età del fatto meccanico che ha operato il rimescolamento degli elementi stessi, la loro ascesa, la loro intrusione ed, eventualmente, la loro effusione. Siccome si sa, da oltre mezzo secolo (Stöhr), che sotto Montegibbio alcune lingue di argille scagliose si insinuano tra gli strati del Miocene superiore, bisogna ammettere che le argille scagliose caotiche possono anche essere plioceniche o postplioceniche.

#### Cenno stratigrafico generale.

Ho incontrato qualche difficoltà nel determinare i confini dei vari gruppi di strati (a causa dei gradualissimi passaggi verticali) e talora anche nel riconoscere e seguire gli strati nella loro estensione laterale (a causa dei mutamenti laterali di facies). Mi sembra però fuori di dubbio il fatto che da un tempo enormemente lontano (forse dal Cretaceo medio) sino ad un tempo relativamente recente (sino al Pliocene), e con una sola interruzione (probabilmente durante l'Oligocene), nella regione considerata si sono depositi in prevalenza sedimenti argillosi: solo di tanto in tanto vi sono stati episodi di deposizione di fanghi calcarei, di fanghi marnosi e di sabbie che hanno causato la formazione di orizzonti più resistenti; i più importanti di questi depositi si sono effettuati nel Terziario superiore originando due robusti complessi: marne sabbiose elvetiche con echinoidi e molasse giallastre più recenti con frammenti di *Pecten*. I gruppi di strati più ricchi di intercalazioni argillose si sono trasformati in argille scagliose tutte le volte che si sono trovati in certe posizioni e sottoposti a certe azioni meccaniche.

Le eteropie cui ho già accennato non mi permettono ancora di sta-

2° — Proprio nella regione che sto studiando fu rinvenuto il rostro di rettile che Capellini riconobbe come *Ichthyosaurus campylodon*, cretaceo.

bilire la successione degli strati in tutta la regione tra San Venanzio e Pavullo; la mancanza di buoni fossili non permette di fissare il piano, e talora nemmeno il sistema, cui appartengono i vari depositi premiocenici. Il quadro che segue deve dunque essere considerato come approssimato e provvisorio.

QUATERNARIO RECENTE. — Alluvioni in certi tratti di fondo valle, piccoli depositi torbosi intorno a laghetti ancora esistenti o recentemente scomparsi, detrito di falda e materiale di frana; è spesso estremamente difficile distinguere e separare questi ultimi dalle cosiddette argille scagliose che sono prodotte da uno scorrimento molto simile, nell'azione e negli effetti, al vero franamento.

QUATERNARIO ANTICO. — Qualche lembo sabbioso o ghiaioso a monte di certe strette; alti terrazzi fiancheggianti taluni tratti del corso dei principali torrenti.

PLIOCENE. — Non l'ho ancora studiato; per ora non posso riferirvi che le alternanze di straterelli sabbiosi e argillosi dei pressi di S. Venanzio e le argille grigioazzurrognole che si trovano più a ponente.

MIOCENE. — Presenta notevoli eteropie.

Nella parte meridionale intorno a Pavullo non vi ho distinto, per ora, che due grandi gruppi di strati: il superiore, assai potente, è costituito da banchi di molassa bruno giallognola, o verdastra, o verde azzurrina, passante localmente a brecciola grigio verde o a calcare arenaceo azzurroastro; nell'inferiore le marne argillose celestine prevalgono sulle intercalazioni di arenaria tenera.

Nella parte settentrionale la serie è piuttosto complessa: ecco la successione (dall'alto al basso) che ho osservato nei poggi di Montebanzone e della Rocca S. Maria:

1.° Argille sabbiose grigio-azzurrine con straterelli più resistenti intercalati e concrezioni ocracee.

2.° Molassa bruno-giallastra, passante talora a conglomerato minuto, spesso con frammenti di parecchie specie di *Pecten* e con piccoli lamellibranchi mal conservati che ricordano certe minute forme di *Mastra* del Miocene marchigiano.

3.° Argille marnose grigio-azzurre con qualche strato più resistente, calcareo-marnoso o arenaceo, intercalato.

4.° Argille azzurrine con intercalazioni argilloso-sabbiose, inglobanti ammassi di forma irregolare di calcare marnoso biancastro pieno di modelli interni di grossi lamellibranchi (così detto calcare a *Lucina pomum*).

- 5.° Argille azzurrine senza intercalazioni.  
 6.° Marne sabbiose e arenarie tenere azzurro-verdognole con *Spatangus austriacus* ed altri echinoidi irregolari elveziani.  
 7.° Argille marnose compatte azzurrine.

STRATI DI ETÁ INCERTA, MA ALMENO IN GRAN PARTE PALEOGENICI. — Sono riuscito a seguirne la successione nella parte centrale della regione studiata, cioè intorno a Serramazzone, dove ho distinto dall'alto al basso:

*Gruppo di Serramazzone* (prevalgono le marne): alternanza assai regolare di marne celestine, calcari marnosi, calcari selciosi, calcari arenacei e arenarie, di notevole potenza complessiva.

*Gruppo di Bortolacelli* (prevalgono grandemente le argille): argille di colore plumbeo, ma verdastre brunicce o violacee in certi orizzonti (rosse se alterate), con intercalazioni di moderata potenza di calcare marnoso chiaro, di arenaria bruna o verde, e di scisti nerastri; non tanto frequenti, ma caratteristici, sono certi straterelli selciosi, marnosi o diasprini di colore grigio scuro, bruno violaceo o marrone.

*Gruppo del Rio Cervaro* (abbondano i calcari): calcari marnosi grigiastri o turchinici, spesso fissili o scistosi, e calcari compatti chiari passanti talora a calcari selciosi o ad arenarie calcarifere a grana minuta; i banchi, generalmente assai potenti, sono spesso separati da scisti argillosi.

*Gruppo di Gombola* (abbondano le arenarie dure): strati di discreta potenza di arenaria micacea bruna o grigia a grana grossa o mezzana, alternanti con scisti argillosi e arenacei bruni o grigio scuri.

E' forse superfluo avvertire che uso provvisoriamente queste denominazioni che richiamano località nelle quali i vari gruppi hanno considerevole sviluppo e aspetto tipico, in attesa che nuovi dati mi permettano di applicare gli ordinari termini stratigrafici.

Quanto precede vale per i dintorni di Serramazzone; allontanandomene ho riscontrato notevoli eteropie. Così pochi chilometri più a settentrione, per esempio tra l'Alegara e Varana, le marne del gruppo di Serramazzone sono accompagnate da pochissima arenaria; invece più a libeccio, per esempio sopra Maranella di Gombola, nel fianco del monte di S. Martino, si vede una serie di strati prevalentemente argillosi e arenacei, regolarmente alternanti, con appena qualche intercalazione

di calcare marnoso celestino, che dovrebbe corrispondere al gruppo di Serramazzone o a parte di esso.

Sembra verificarsi così anche in formazioni più antiche il fatto osservato nei sedimenti miocenici, cioè che a mezzogiorno prevalgono sedimenti clastici relativamente grossolani, e a settentrione sedimenti clastici più minuti, insieme con depositi di origine organica; questo sembra indicare che più a mezzogiorno, per un tempo lunghissimo, emergeva la terraferma mentre a tramontana si stendeva l'alto mare.

### Particolarità di alcuni gruppi di strati.

#### *Argille azzurrine e grigio-chiare mioceniche.*

In diverse parti della regione che sto studiando affiorano zone o lembi di argilla chiara includenti livelli sabbiosi e strati, per lo più interrotti, di arenaria tenera grigio-azzurra chiara, di aspetto miocenico; questa arenaria talora ha odore di petrolio. Non di rado l'argilla chiara assume un aspetto argenteo, dovuto a crosticine o ad efflorescenze di candido sale; questo fatto si verifica nelle prime belle giornate che seguono un periodo piovoso; più tardi il sole sbriciola la superficie delle argille, e le crosticine bianche cadono con essa. La presenza delle argille salate non è esclusiva del miocene, poichè si nota anche nel gruppo di Bortolacelli. Il più caratteristico affioramento di argille salate si osserva nel fosso a settentrione della Calvana, ed è in relazione con questi strati sabbiosi e arenacei con odore di petrolio di cui ho fatto ora parola.

#### *Marne sabbiose e arenarie tenere azzurro-verdognole mioceniche.*

E' il solo gruppo di strati in cui abbia trovato, sicuramente in posto, fossili specificamente determinabili e significativi (diversi echinoidi irregolari che il Prof. Checchia-Rispoli ha immediatamente riconosciuto per elveziani; tra essi lo *Spatangus austriacus*); in molti affioramenti allineati presso il margine meridionale di una catena di sinclinali a nucleo miocenico che attraversa, da ponente a levante, la parte settentrionale della regione, la roccia manda odore di petrolio; e addirittura impregnata di petrolio si mostra in certi punti la marna sabbiosa quando la si rompe.

*Gruppo di Serramazzone.*

Sapendo che Pantanelli lo poneva nell'Oligocene sono stato un poco sorpreso di osservarvi e raccogliervi esemplari di *Inoceramus crispus* o di forme strettamente affini; ne ho veduto tre impronte esterne, molto nette, e ne ho raccolto due valve isolate, conservate in gran parte (una è andata parzialmente distrutta nell'isolarla) ma logorate ai margini. Ora ho notato spesso sulla spiaggia di Marina di Pisa, tanto in conchiglie recenti quanto in conchiglie plioceniche dei generi *Arca* e *Pectunculus* portate dall'Arno e poi arrotate contro la sabbia dal moto ondoso del mare, un simile assottigliamento marginale; perciò non mi sembra impossibile che si tratti di fossili rimaneggiati. Le conchiglie di *Inoceramus* sporgevano da superfici di stratificazione dell'arenaria; le impronte esterne erano invece stampate nella marna compatta celestina.

Normalmente gli strati di questo gruppo non hanno alcuna uniformità di composizione nel senso verticale, ma la cambiano gradatamente e regolarmente. Dove, come nei dintorni di Serramazzone, si può escludere ogni rovesciamento, si vede che la parte più profonda dello strato, che inferiormente è nettissimamente limitato da una superficie piana e compatta, è formata da arenaria, talora assai porosa e relativamente tenera; verso l'alto l'arenaria passa insensibilmente a calcare arenaceo, poi a calcare scelioso, poi a calcare marnoso, quindi a marna compatta, a marna scistosa, e finalmente a scisto marnoso-argilloso; la superficie limite superiore è spesso mal definita per lo scomporsi dello scisto in tanti foglietti paralleli. Al di sopra suole trovarsi un altro strato del tutto simile, pure costituito alla base da arenaria e nettamente limitato inferiormente, che va sfumando in scisto marnoso-argilloso alla sommità. Questo fatto, molto naturale ed anche prevedibile a priori in base alla semplice considerazione delle leggi fisiche cui il processo di sedimentazione deve obbedire (3), mi ha fornito un criterio per giudicare se uno strato di questo tipo si trovi in posizione normale oppure sia rovesciato. Ecco la regola: se lo strato è compatto e nettamente limitato inferiormente e si fa gradualmente scistoso in alto, è in posizione normale; è rovesciato se avviene il contrario. L'esperienza mi ha mostrato che questa mia regola si accorda pienamente con quella basata sulla presenza dei « geroglifici », che negli strati in posizione normale sono in rilievo

---

3° — Si può vedere in proposito una noticina sulla formazione degli strati che ho recentemente pubblicato nel Bollettino della nostra Società.

nella faccia inferiore e sono impressi in quella superiore; come del resto deve essere, se è vero (come pare accertato per molte forme) che quei geroglifici sono le tracce dello strisciamento o del pascolo di animali bentonici.

Aspetto curioso e interessante ha in certi livelli un grosso banco (pure arenaceo alla base, calcareo-selcioso nel mezzo, marnoso più in alto, passante a scisto alla sommità) in cui hanno aperto (una cava presso il trivio Serramazzone-Monfestino-Sal Dalmazio. In quei livelli, piuttosto bassi, le superfici di frattura normali o oblique alla stratificazione mostrano il passaggio da una zonatura regolare, rettilinea, parallela, dovuta all'alternante deporsi di granelli più o meno scuri (zonatura limitata alla base del banco) ad una zonatura curvilinea per cui archi concavi verso l'alto si interrompono e si tagliano, come talora si vede, in più grande scala, in certi depositi eolici; nel caso di cui qui si tratta questo intersecarsi sembra invece rivelare l'opera di effimere correntelle di fondo che nelle sabbie e nei fanghi già deposti incidevano dei solchi che ben presto venivano colmati per l'apporto di nuovo materiale e per il variare di direzione o il diminuire di intensità delle correnti stesse. Siccome sono queste le condizioni che devono dominare in un delta subacqueo, ritengo probabile che nel tempo in cui quel banco si è deposto si avesse a non grande distanza lo sbocco di un corpo d'acqua e quindi la terra ferma.

#### *Gruppo di Bortolacelli.*

In questo gruppo si trovano masse di serpentina sufficientemente estese e potenti da potersi ritenere come effusive; altri affioramenti della stessa roccia, di minima estensione e per lo più a contorno tondeggiante, sporgenti come cupole o torri, sembrerebbero piuttosto residui di filoni colonnari che possono aver riempito i camini per cui è asceso il magma che tendeva a traboccare più in alto. Spesso gli affioramenti serpentinosi, grandi e piccoli, sono circondati o avviluppati da una specie di crosta di grossolana breccia ofiolitica.

Le salse e gli indizi della presenza di petrolio si trovano sempre e sugli affioramenti di questo gruppo o in rocce che con esso sono in rapporto, per contatto diretto o per mezzo di faglie.

### Tettonica.

Come ho già detto, quasi tutte le eminenze a fianchi ripidi sono costituite da strati miocenici, oppure da quelli del gruppo di Serramazzone, disposti, nel complesso, in conche sinclinali. Caratteristica è la forma di queste sinclinali che, appena concave nella parte centrale, sono limitate al contorno da strati fortemente inclinati, spesso raddrizzati o anche rovesciati; così, per la forma loro, queste sinclinali (brachisinclinali) si potrebbero paragonare piuttosto a tegami che a bacili; se sono allungate, il diametro maggiore si dirige per lo più da WSW a ENE.

Alcune piccole sinclinali mioceniche, scaglionate a settentrione di quella maggiore di Pavullo, sono tanto strette che non hanno una parte mediana pianeggiante, ma presentano ugualmente i margini raddrizzati; così si possono paragonare a docce pure dirette, per lo più, da WSW a ENE.

Nello spazio che resta tra una sinclinale e l'altra si stendono le così dette argille scagliose, per lo più non caotiche. Osservando con cura i letti e le ripe dei corsi d'acqua e i cigli di distacco delle frane, ho potuto determinarne in molti punti la natura e talora anche l'orientazione; e mi sono convinto che queste argille scagliose descrivono spesso pieghe molto accentuate, inclinate o ribaltate, non di rado isoclinali; ma non sono mai riuscito a trovare segni di discordanza. Anche immediatamente sotto il Miocene, cioè intorno al margine raddrizzato delle sinclinali mioceniche, ogni volta che ho veduto strati in posto, li ho veduti similmente raddrizzati.

Proprio allo scopo di accertare eventuali discordanze ho esaminato con particolare attenzione certi affioramenti di brecciole e di conglomerati minuti appartenenti a vari orizzonti, ma particolarmente frequenti alla base del gruppo di Bortolacelli; ma non vi ho trovato nessuna prova di trasgressione; così che inclino a spiegarmene la formazione ammettendo che piene particolarmente violente o correnti straordinariamente rapide abbiano portato eccezionalmente al largo detriti più grossolani del solito.

In tutta la regione studiata la disposizione delle anticlinali è abbastanza irregolare, soprattutto a causa del combinarsi e dell'interferire di due sistemi di onde tettoniche, uno approssimativamente parallelo, l'altro approssimativamente normale all'asse appenninico. La maggior parte delle pieghe che ho sinora constatato in seno alle argille scagliose sembra ribaltata verso settentrione o verso grecale; pure ve ne sono

alcune inclinate in senso contrario ed altre di direzione diversa. E' possibile che sull'orientazione delle pieghe abbia influito la presenza di masse serpentinosi (profonde o affioranti, esistenti ancora o già demolite) che devono aver costituito dei nuclei pressochè indeformabili in mezzo ad un complesso che si comportava come fosse plastico.

Come ho già detto, di regola si ha inversione del rilievo, cioè per lo più le eminenze corrispondono a sinclinali; credo si abbia una notevole eccezione nel monte di Palaveggio, sopra Gombola, che mi sembra costituito dal nucleo di un'anticlinale isoclinale ribaltata verso grecale.

Non mancano le fratture; particolarmente frequenti i sistemi coniugati di piccole faglie isorientate, dovute verosimilmente a torsioni; qualche faglia di grandioso rigetto, in rapporto con masse di argille scagliose veramente caotiche, attraversa la parte settentrionale della regione.

#### Ipotesi sui processi orogenetici.

Caratteristiche fondamentali della tettonica della regione sono dunque: 1°, il forte corrugamento delle argille scagliose che è in contrasto col tranquillo andamento delle sinclinali di rocce resistenti, sinclinali che hanno raddrizzato solo l'orlo; 2°, la generale apparente concordanza del Miocene (trasgressivo) cogli strati su cui riposa.

Quale è il significato di questi fatti?

Verosimilmente la discordanza c'è, per quanto non ne abbia trovato prove; il diedro formato dai piani di stratificazione dei primi depositi trasgressivi colle superfici di stratificazione degli strati erosi deve però essere tanto acuto da sfuggire facilmente all'osservazione; bisogna quindi ammettere che la trasgressione abbia avuto luogo quando gli strati più antichi erano già stati più o meno fortemente denudati, ma solo debolmente piegati.

Questa supposizione basta a spiegare la scomparsa (che del resto potrebbe essere anche illusoria e dovuta a trasformazione in argilla scagliosa) del gruppo di Serramazzone, che è potente alcune centinaia di metri sotto il castello di Monfestino e che non si rinviene sotto il Miocene che si trova a settentrione e a mezzogiorno, a soli 4 o 5 km. di distanza. Basta ammettere che gli strati premiocenici fossero strati dolcemente ondulati (per es. con pendenze massime dei fianchi delle pieghe di otto o dieci gradi), poi erosi, quindi ricoperti degli strati miocenici e finalmente, insieme a questi ultimi, piegati energicamente, talora sino al raddrizzamento e al rovesciamento; il secondo corrugamento, così accentuato, farebbe passare inavvertito il primo.

La mancanza di un conglomerato di base dimostrante la trasgressione potrebbe essere dovuta alla natura prevalentemente argillosa dei sedimenti premiocenici, come pure alla rapidità con cui ha avanzato la linea di spiaggia.

Ma se la discordanza è così poco accentuata, per spiegare come il forte corrugamento interessi solo le argille scagliose e i margini delle sinclinali più resistenti, devo ricorrere all'ipotesi seguente:

In un periodo iniziale del piegamento (forse verso la fine del Miocene) le volte anticlinali si sono screpolate e, avvenuta l'emersione, sono state rapidamente demolite dall'erosione; invece le sinclinali, per la costipazione subita, sono diventate più resistenti, così si è avuto ben presto una completa inversione del rilievo. In un secondo periodo di corrugamento (forse verso la fine del Pliocene), magari preceduto da un lungo intervallo di riposo, sono stati solo, o principalmente, i resti delle anticlinali che si sono tornati a piegare perchè stretti, come tra le ganasce di una morsa, in mezzo a sinclinali resistenti; il rimboccamento degli orli delle sinclinali potrebbe essere dovuto al fatto che proprio quegli orli hanno dovuto trasmettere la spinta alla massa relativamente plastica, oppure che alla spinta di essa massa hanno dovuto resistere.

Questa supposizione si presta ad obiezioni; anzitutto sembra difficile che dopo il Miocene medio o magari superiore (al quale potrebbero forse appartenere le argille con concrezioni oeracee e la molassa brunogiallastra con frammenti di *Pecten*) vi sia stato bastante tempo per asportare le grandi masse rocciose delle volte anticlinali e scavare, in corrispondenza delle anticlinali stesse, ampie vallate; inoltre si sarebbe forzati a far risalire l'ultima forte spinta, quella cioè che ha causato il ripiegamento degli strati delle anticlinali già erose, ad un tempo relativamente molto vicino (forse al Pliocene superiore, forse al Pleistocene).

Devo però avvertire a questo proposito che presso Camarola e San Venanzio, nelle trincee della tramvia in costruzione, ho veduto degli strati pliocenici inclinati di 40 o 50 gradi verso la pianura, cosa che attesta che notevoli movimenti hanno avuto luogo dopo la loro deposizione.

Per quanto riguarda la lunghezza del tempo passato dalla deposizione della molassa brunogiallastra in poi, ricordo quello spianamento delle sommità dei rilievi sinclinali cui ho accennato in principio. Quelle sommità, in gran parte costituite da marne arenacee e arenarie non più antiche del Miocene medio, non si trovano allo stesso livello ma sono così disposte che un solo piano inclinato di pochi gradi verso NNE potrebbe, approssimativamente, contenerle tutte. Nella regione considerata le spianate più alte si trovano a ponente di Pavullo e oltrepassano

900  
Mont  
il fo  
intor  
non s  
l' pie  
abbas  
pleto  
parte  
ne ab  
centin  
azione  
conten  
sto un  
La  
quand  
movim  
stesso.  
No  
scaglio  
profon  
modife  
pare po  
obblig  
al temp  
causato  
Qu  
erte es  
dimostr  
il volum  
E  
pieghe  
oppure s  
vamento  
scientific  
una però

900 m. sul livello del mare; presso Serramazzone, appena 800 m.; verso Monte Baranzone e Montardone si approssimano a 600; il dislivello tra il fondo delle valli e le più prossime spianate terminali si aggira spesso intorno a 300 m.

Dunque dopo la deposizione di questi strati di argille e molasse che non sono più antichi del Miocene medio sono avvenuti i fatti seguenti: 1° piegamento ed emersione del fondo del mare miocenico; 2°, erosione abbastanza intensa e prolungata da produrre lo spianamento quasi completo della regione emersa; 3°, sollevamento di oltre 900 metri nella parte meridionale, di oltre 600 metri in quella settentrionale; 4°, erosione abbastanza intensa e prolungata da incidere valli profonde alcune centinaia di metri. Per quanto verosimilmente la prima e la seconda azione, come pure le altre due, si debbano essere svolte con una relativa contemporaneità, pure è evidente che tutto il processo deve aver richiesto un tempo enormemente lungo.

La deposizione degli straterelli di Camarola deve essere avvenuta quando poco più a mezzogiorno si compiva la seconda azione; l'ultimo movimento orogenetico è stato la causa della terza azione e, al tempo stesso, del forte piegamento delle argille scagliose delle anticlinali.

Non credo si possa escludere che questo piegamento delle argille scagliose sia più accentuato presso la superficie mentre ad una certa profondità quello che resta delle primitive anticlinali può avere meno modificato la disposizione originaria degli strati; voglio dire che mi pare possibile che nella zona di alterazione gli strati siano stati talora obbligati a disporsi in pieghe molto accentuate (forse trasformandosi al tempo stesso in argille scagliose) in seguito all'aumento di volume causato dall'alterazione degli scisti argillosi.

Questa supposizione mi è stata suggerita da un vago ricordo di certe esperienze di laboratorio di un ricercatore straniero, che avrebbe dimostrato come gli scisti argillosi, alterandosi, aumentino notevolmente il volume (4).

E' evidente quale importanza pratica avrebbe lo stabilire se le pieghe delle argille scagliose si continuino sino a grande profondità oppure se riguardino solo una limitata zona superficiale; infatti il rilevamento minuzioso sarebbe necessario sul primo caso per la ricerca scientifica del petrolio, mentre nel secondo rappresenterebbero non solo una perdita di tempo ma anche una fonte di errori.

4° — Se ricordo bene, nel rapporto di 3 a 7.

### Criteri per la ricerca razionale del petrolio nel Modenese.

Gli indizi di petrolio (a prescindere dai ricordi storici e dai resti di antichi lavori) sono di due ordini: 1°, rocce con odore di petrolio o imbevute di petrolio; 2°, sviluppo di gas.

Sinora ho trovato rocce con odore di petrolio solo nella porzione a settentrione di Serramazzone; sono marne sabbiose ed arenarie con *Spartangus austriacus* e argille con intercalazioni arenacee, pure di tipo miocenico. Le marne sabbiose e le arenarie con echinoidi, anche dove sono cariche di petrolio, non mi sembrano, a causa della loro grana fine, adatte a cederlo; infatti in certi massi esposti da lungo tempo all'aria basta far saltare una scheggia per sentire l'odore caratteristico, cosa che non dovrebbe avvenire se l'olio potesse circolare liberamente nei pori. L'arenaria intercalata nelle argille è più porosa ma, dove affiora, appare frequentemente interrotta da piccole faglie; credo che da questa arenaria provenisse il petrolio che in passato fu ottenuto dai pozzi presso il mulino vecchio della Calvanella.

Lo sviluppo di gas è stato riscontrato in vari punti della porzione a mezzogiorno di Serramazzone e sempre, per quanto mi consta, in affioramenti del gruppo di Bortolacelli; credo non sia stato mai notato in strati più antichi.

Siccome nel gruppo di Bortolacelli si hanno intercalazioni di calcare marnoso e di arenaria, è verosimile che il petrolio si sia accumulato in questa ultima roccia, che costituisce, in seno a quel gruppo, strati piuttosto sottili ma abbastanza numerosi. A giudicare dai frammenti che si trovano nelle corrispondenti argille scagliose, a mezzogiorno di Serramazzone la porosità della roccia sarebbe minima, ma è sperabile che in profondità gli strati inalterati siano più porosi.

In queste arenarie del gruppo di Bortolacelli si trovano qualche volta resti vegetali carbonizzati che, secondo certe teorie, potrebbero essere in qualche rapporto colla presenza di petrolio. Maggior copia di frustoli carbonizzati insieme a rari resti di insetti (ho veduto e distrutto, nel tentativo di raccogliere, due paia di elitre striate) si osserva nelle arenarie del gruppo di Gombola.

Ho detto già quanto sarebbe utile stabilire se le pieghe delle argille scagliose interessino solo una zona più o meno superficiale oppure se si continuino a grande profondità: faccio notare ora che questo ha speciale importanza quando si voglia ricorrere, nella ricerca, alla teoria dell'anticlinale.

Il gruppo di Bortolacelli, che presumo comprenda gli strati petro-

liferi, è costituito da argille (prevalenti) con strati di calcare e di arenaria isolatamente intercalati; nelle cerniere delle pieghe a forte curvatura gli strati di calcare e di arenaria si spezzano, il materiale argilloso si insinua tra i frammenti e li avvolge da ogni parte, e lo strato, eventualmente petrolifero, è suggellato ad una certa distanza della cerniera. Si può dunque prevedere che nelle pieghe un po' strette che si prolunghino in profondità si potrà trovare olio solo nel fianco e ad una certa distanza dalla cerniera, ma che in prossimità del piano assiale, dove gli strati sono rotti, non se ne potranno trovare che tracce.

Se invece, in conseguenza dell'aumento di volume per alterazione, si avesse una coltre di strati rotti e pieghettati, di spessore non eccessivo, a ricoprire un'ampia volta anticlinale, la disposizione sarebbe molto favorevole; infatti grazie a quella coltre (che nel complesso sarebbe impermeabile) i fianchi dell'anticlinale si comporterebbero come due monoclinali suggellate, ed il pucleo come un'anticlinale ordinaria.

Può darsi che la facilità con cui gli strati di arenaria e di calcare del gruppo di Bortolacelli si spezzano e vengono suggellati dalla argilla appena sono sollecitati a flettersi sia stata provvidenziale, nel senso che può avere impedito od ostacolato la fuga del petrolio eventualmente presente. Infatti, nelle valli in cui questo gruppo affiora, i versanti si trovano in condizioni di frana perpetua; perciò gli strati presso il loro affioramento sono trascinati in basso mentre il carico che sopportano li mantiene fermi ad una piccola profondità; così sono obbligati a flettersi finchè si rompono.

Ho già detto dei passaggi laterali, per i quali sembrano spesso prevalere le arenarie a mezzogiorno e le argille a settentrione. Questo fatto non è esclusivo della piccola regione che sto ora studiando, ma certamente si estende più a mezzogiorno ancora, sino al crinale appenninico ed oltre, e presumibilmente si estende anche più a tramontana, sotto la fascia pliocenica delle colline di Sassuolo, di Fiorano e di Maranello e sotto la coltre quaternaria della pianura padana. Questo è verosimile perchè il macigno e gli altri depositi elastici ad esso contemporanei e successivi si devono essere formati a spese di una terra che sorgeva più a mezzogiorno o a libeccio con montagne granitiche paragonabili a quelle che vediamo oggi nella catena metallifera toscana e nell'isola d'Elba; sembra indicarlo chiaramente l'abbondanza di quarzo, di feldspati acidi, e di biotite (cloritizzata) che è stata riscontrata nel macigno. Ora non possiamo ammettere, come facevano i geologi antichi, una « formazione del macigno » o una « formazione della molassa » di indefinita estensione, perchè non possiamo

credere che depositi di tipo litorale o sublitorale si siano formati ad ogni distanza dalla costa; non sappiamo infatti immaginare mari in cui si siano deposte solo sabbie e non fanghi. Al contrario, appunto perchè a mezzogiorno troviamo così straordinari depositi di arenaria, dobbiamo aspettarci di trovare a settentrione una corrispondente abbondanza di depositi argillosi connessi ai primi da gradualissimi passaggi.

E' nota l'importanza dell'argilla nella geologia del petrolio. Qui basta ricordare che l'esperienza ha insegnato che nelle zone produttive si ha sempre una notevole prevalenza dell'argilla sugli strati porosi intercalati; secondo dati raccolti da Ziegler su campi americani il rapporto, in volume, tra strati porosi e argilla varia, se ricordo bene, tra 1:3 e 1:10.

Ora nell'alta montagna modenese, dove domina il macigno, siamo lontani da tali proporzioni e non abbiamo manifestazioni di idrocarburi; in una zona intermedia le argille assumono uno sviluppo maggiore, ed abbiamo i fuochi di Barigazzo ed altre sorgenti gassose; tra Pavullo e Serramazzoni una prevalenza veramente notevole dell'argilla si ha nel gruppo di Bortolacelli, ed è proprio dove quel gruppo affiora che troviamo sviluppo di gas umido e che in passato si ottennero modeste quantità d'olio; tra Serramazzoni e la pianura l'argilla prevale in quasi tutti i gruppi di strati, e le tracce di petrolio si trovano anche nel Miocene. Per le ragioni precedentemente esposte è verosimile che la prevalenza delle argille continui ad accentuarsi più a settentrione, sotto la pianura, e che all'incremento del rapporto tra argilla e roccia porosa si accompagni un aumento nel numero degli orizzonti petroliferi o nella loro ricchezza.

Queste riflessioni militano, nel caso particolare, decisamente in favore della teoria della zona marginale e dell'opportunità di fare ricerche (a scopo puramente esplorativo in un primo tempo) in convenienti punti della pianura. Tale opportunità è stata già messa in evidenza da eminenti cultori della geologia del petrolio in base a considerazioni di altro ordine.

[m. s. pres. 22 sett. 1923 — ult. bozze 20 giugno 1924].

---