

**RAIMONDO SELLI**

**IL BACINO DEL METAURO**

Descrizione geologica, risorse minerarie, idrogeologia

A CURA DELLA CASSA DI RISPARMIO DI FANO

*Quando, nell'ormai lontano 1942, l'indimenticabile mio predecessore nella Presidenza di questa Cassa di Risparmio, Conte Cav. Guido Castracane, ebbe la felice iniziativa di fare eseguire uno studio geologico-applicato sul bacino del Metauro, per poter con esso far conoscere le risorse sfruttabili del sottosuolo dell'ampia Vallata Metaurense, e ne dava incarico al Senatore Professor Gortani, che iniziava il lavoro insieme al Prof. Raimondo Selli, dovette pensare che l'opera paziente degli studiosi si sarebbe potuta svolgere in un non lungo periodo di tempo in una relazione sintetica, capace di ulteriore sviluppo da parte di altri studiosi.*

*Le vicende belliche fecero sospendere le ricerche, che furono riprese dal Prof. Selli nel 1947; ma tale ritardo giovò all'iniziativa, perché dette allo scienziato una maggiore possibilità di approfondire gli studi che hanno avuto per risultato un lavoro di grande valore illustrativo della Vallata del Metauro nella sua struttura geologica.*

*Lo studio che è riuscito di una mole considerevole, accompagnato da numerose tavole illustranti la geologia del bacino del Metauro, nelle sue pratiche applicazioni, mette in luce le possibilità minerarie e idrologiche del medesimo: potrà quindi essere, senza dubbio, una guida per gli sviluppi industriali della Vallata del Metauro e per le utilizzazioni dei minerali, dei materiali da costruzione e dei combustibili che essa nasconde e delle risorse idriche superficiali e sotterranee.*

*Dando alle stampe il presente volume, sintesi del paziente e profondo lavoro dall'Autore compiuto, la Cassa di Risparmio di Fano ha creduto, in omaggio alla memoria del defunto Presidente, di porre in atto una volontà non espressa, ma nell'intimo dell'animo Suo desiderata, di far conoscere l'opera eminente compiuta da uno scienziato, e di contribuire validamente agli studi geologici diretti a fini eminentemente pratici nel bacino della maggiore Vallata della Provincia.*

Fano, 15 luglio 1954

Il Presidente della Cassa di Risparmio di Fano  
FILIPPO PASQUALUCCI

### **PREMESSA**

Nella primavera del 1942 l'allora Presidente della Cassa di Risparmio di Fano, Conte Guido Castracane, diede al Sen. Prof. Gortani, Direttore dell'Istituto Geologico di Bologna, l'incarico di compiere uno studio geologico-applicato sul Bacino del Metauro, per conto di questa Cassa. Dopo un sopralluogo di alcuni giorni compiuto in compagnia del Prof. Gortani, cominciai il vero e proprio lavoro sul terreno nell'estate del 1942; le difficoltà varie dipendenti dallo stato di guerra mi costrinsero però, dopo poche settimane, a rimandare ogni cosa a tempi migliori. Questi si ripresentarono solo nel 1947, durante il quale anno attesi per oltre quattro mesi consecutivi alle ricerche sul terreno. Condussi poi in seguito il rilevamento geologico particolareggiato di buona parte della regione metaurense e di quelle contermini.

Solo ora, dopo un ritardo prolungato oltre ogni limite lecito, vede la luce questo mio lavoro conclusivo, che in compenso ha raggiunto una mole imprevista. Però un tale ritardo, causato da altri vari miei impegni sopravvenuti, mi ha permesso di affrontare con maggior sicurezza alcuni problemi pratici, per le molte cognizioni acquisite nel frattempo su gran parte della regione marchigiana.

Prima di iniziare l'esposizione è mio dovere rendere omaggio alla memoria del Conte Castracane, che volle quest'opera e la seguì con tanto interesse ai suoi inizi. I miei ringraziamenti più sentiti, insieme alle mie scuse più profonde per la lunga attesa della presente pubblicazione vanno al Comm. Avv. Filippo Pasqualucci che, succeduto al compianto Conte Castracane nella carica di Presidente della Cassa di Risparmio di Fano, ha sempre appoggiato e voluto la prosecuzione ed ultimazione di questo studio, al Rag. Marchini, Direttore del predetto Istituto, che tanto si interessò perchè mi fosse reso meno gravoso e più spedito tale studio, al mio Maestro Sen. Prof. Gortani, che me lo affidò in incarico, e all'Ing. Molari, che molto si adoperò per facilitare il mio lavoro. Dovrei infine ricordare un gran numero di persone che agevolarono in ogni modo le mie ricerche fornendomi spesso notizie e dati preziosi; sono i Sindaci, i Segretari Comunali e i Capi degli Uffici tecnici dei Comuni della regione Metaurense, i Funzionari del Distretto minerario di Bologna e numerosi Tecnici, conoscitori di cose locali, dilettanti, ecc.. Il loro numero sale indubbiamente

a parecchie decine, ma a tutti anche se non mi è possibile per ragioni di spazio ricordarne i nomi, va indistintamente il mio grazie sincero.

Il presente studio ha lo scopo fondamentale di mettere in luce le possibilità minerarie ed idrologiche del Bacino del Metauro. Si tratta evidentemente di un compito cospicuo, aggravato dal fatto che per molte questioni è necessario prendere in considerazione anche le regioni contigue del Foglia e del Cesano.

Hanno servito di base al mio lavoro tutti i dati editi ed inediti, cui ho potuto accedere, e tutte le informazioni di vario genere, che ho potuto raccogliere; per primi si troverà un elenco bibliografico in appendice a questo lavoro. Mi son però voluto rendere conto preciso di tutti i vari problemi mediante appositi sopralluoghi, al fine di dare il mio giudizio obiettivo; ciò mi ha anche permesso di mettere in luce molti fatti nuovi. Perciò credo che i dati esposti siano tutti controllati e abbastanza completi; vi sarà certamente purtroppo ancora qualche lacuna, che non dovrebbe però essere di soverchia importanza. Notizie tecniche e dati di produzione su cave e fornaci in attività e la maggior parte delle portate delle sorgenti mi sono state fornite dagli interessati; rimetto quindi a loro ogni responsabilità al riguardo.

Per necessità ho dovuto far precedere la trattazione con uno studio geologico stratigrafico e tettonico della regione; esso è indispensabile per la completa comprensione dei fatti esaminati in seguito, però, dato un suo certo rigore scientifico, potrà riuscire non sempre chiaro ad alcuni tecnici e pratici. Onde ovviare a questo inconveniente ho cercato di dare ad ognuno dei capitoli successivi una certa indipendenza.

Credo inutile soffermarmi sui limiti precisi della regione esaminata, che oltre il bacino del Metauro, comprende quello dell'Arzilla, una fascia costiera e parte dei Bacini finitimi del Foglia e del Cesano; le carte allegate sono chiare al riguardo. Pure inutile mi sembra accennare qui all'ordine di esposizione dei vari argomenti e alle parti di cui si compone il lavoro; un semplice sguardo all'indice renderà edotto il lettore. Non ho accennato, sembrando superfluo, al progresso storico delle conoscenze geologiche della regione Metaurense.

In questo lavoro si troveranno molti fatti nuovi e altri già noti, ma raccolti e disposti organicamente: per questi ultimi in ogni caso ho citato le fonti; i numeri fra parentesi infatti si riferiscono all'elenco bibliografico. Spero di portare con questo studio un modesto contributo alle conoscenze geologiche di questa bella e interessante regione e di invogliare Studiosi, Tecnici e Industriali a farne oggetto di maggiori attenzioni.

## **PARTE I**

### **LA GEOLOGIA DELLA REGIONE**

E' necessario far precedere a ogni esposizione sulle risorse minerarie un riassunto della stratigrafia e della tettonica della regione in istudio; ciò permette un più rapido orientamento nell'esame dei problemi pratici e meglio ne chiarisce il significato. Per quanto le questioni strettamente geologiche siano assai interessanti, data la vastità della regione Metaurense e la varietà di terreni affioranti, cercherò di limitarmi qui allo stretto indispensabile rimandando a pubblicazioni, che ho in preparazione, un esame più approfondito di determinati argomenti (1).

La carta e le sezioni geologiche e gli schemi tettonici e stratigrafici penso riusciranno a rendere più chiara e a completare l'esposizione. La carta geologica allegata è stata in buona parte disegnata sulla base dei Fogli della Carta Geologica d'Italia (Pesaro 109, Sinigaglia 110, Città di Castello 115, Gubbio 116, Iesi 117) (2). Però vaste aree, specialmente ad oriente del mediano di Fossombrone, sono state interamente rifatte sulla base dei miei rilevamenti inediti al 25.000 e al 10.000; per maggiori particolari rimando alla spiegazione della Tav. 1. Perciò malgrado la piccola scala che mi ha costretto ad eliminare molti dettagli, la carta geologica qui unita rappresenta per ampi tratti un progresso, talora notevole, rispetto a quelle finora pubblicate per la regione.

## **CAPITOLO I**

### **LA SERIE DEI TERRENI**

#### **1. Trias Superiore - Sinemuriano s.s.**

Nel nucleo dei rilievi mesozoici (3), dove le azioni erosive hanno operato profonde incisioni, affiorano enormi spessori di un calcare dolomitico a

(1) Mentre il presente studio era ancora in corso di stampa, alcune di queste pubblicazioni sono già comparse. Vedi nn. 217-220 della bibliografia.

(2) Ringrazio l'Ing. Beneo, Direttore del Servizio geologico d'Italia per avermi autorizzato a queste parziali riproduzioni.

(3) Intendo qui e in seguito il termine "rilievo mesozoico" in senso strutturale; cioè rilievo positivo fondamentalmente anticlinalico (v. cap. II di questa I parte).

stratificazione generalmente indistinta noto nella letteratura geologica col nome di *calcare massiccio*. I caratteri della roccia sono un po' variabili; per lo più è compatta, a frattura poliedrica, di colore bianco-gialliccio, con frequenti fratture e sempre debolmente piegata; In vari punti del M. Nerone (Val Canale e Conca di Pieia) essa ha la struttura oolitica e pisolitica e spesso un aspetto cariato ed è più o meno porosa o addirittura subfarinosa; per i dettagli di questa facies rimando a pag. 127. Al Furlo nella porzione più bassa affiorante è di color ceruleo chiaro, un po' marnosa e rotta da numerose diaclasi. In via generale rappresenta un calcare di deposito e costruzione organogena (v. pag.67), diagenizzato e in parte un po' dolomitizzato. I processi di dissoluzione operati dalle acque sotterranee hanno determinato nel *massiccio* una idrologia sotterranea e, agli affioramenti maggiori, una morfologia carsica, che frequentemente è stata ereditata anche dalle formazioni sovrastanti. Tipiche sono le ripide pareti e le forme abrupte della sua morfologia superficiale.

Il *calcare massiccio* affiora nella Gola del Furlo, sui fianchi del M. Nerone (Val Canale, Rio delle Persale, Cornobuio, Ranco di Nino, Fosso Pisciarello, Rio Carbonara e Conca di Pieia), alle Foci del Burano e nel gruppo del Catria (fra M. Alto e M. Acuto, Balze degli Spicchi, Corno di Catria).

Non è noto il contatto basale di questo calcare, mentre è ben segnato quello con la formazione della *pietra corniola* sovrastante; vi è fra l'altro da notare che l'assenza o quasi di stratificazioni nel *massiccio* cessa negli ultimi metri più alti del complesso, dove appaiono strati sempre più netti, per cui il passaggio alla *corniola* appare un po' meno brusco, malgrado la marcata differenza litologica. Non è quindi possibile dare spessori complessivi del *massiccio* ma solo dei valori relativi alla porzione affiorante: circa 450 m al Furlo 400 m nella conca di Pieia, soli 120 alle Foci del Burano; lo spessore reale è però certamente assai maggiore.

Varie sono le opinioni degli AA. sull'età di questo calcare; i più lo hanno generalmente attribuito al Lias inferiore, altri hanno supposto in esso anche la presenza del Retico o di buona parte del trias sup. o addirittura del Trias medio; poco però dicono a questo riguardo i fossili rinvenuti. CANAVARI (44, 198, 86) trovò al S. Vicino resti di *Gyroporella triasina* Schauer e *Chemnitzia*

(*Pseudomelania*) sp.; PRINCIPI (136, p. 54) al Castellaccio (Rocca Bajarda) gasteropodi indeterminabili; CHELUSSI (71, p. 280) al M. Nerone modelli interni di *Pleurotomaria*, *Chemnitzia*, *Lucina*, *Pecten*, *Megalodon*, *Arietiti* e *Montlivaultia*. In Val Canale ho rinvenuto modelli interni di Gasteropodi (*Chemnitzia* e *Natica*) e molti radioli di Echini. Penso che ricerche accurate potranno un giorno permettere la determinazione di forme stratigraficamente più interessanti, ma per il momento non è certo possibile trarre conclusioni da questi rari e incerti ritrovamenti (1).

Allo stato attuale delle conoscenze si può dire che il *calcare massiccio* rappresenta una serie comprensiva il cui tetto è sicuramente del Sinemuriano s.s., come dimostrano le faune delle rocce immediatamente sovrastanti; dato il suo forte spessore e i fossili più sopra ricordati esso deve comprendere almeno anche l'Hettangiano, il Retico e il Norico (2); Il *massiccio* quindi corrisponderebbe per età, sviluppo nel tempo e ambiente di sedimentazione, poco invece per l'aspetto litologico, ai calcari di Dachstein, come si presentano nelle Alpi Giulie e Dinariche, dove sono grandemente diffusi. Tali conclusioni si presterebbero a interessanti interpretazioni paleogeografiche e induzioni strutturali, su cui è però fuor di luogo intrattenersi in questa sede.

## 2. Lotharingiano (= Sinemuriano sup.).

Sopra al *calcare massiccio* segue un calcare bruniccio-grigiastro, compatto, talora con chiazze verdicce o giallastre e ben stratificato, che localmente prende il nome di *pietra corniola*; a questo si intercalano strati di calcare brunastro a crinoidi e per lo più brecciato, detto *marmarone*; per i caratteri di queste due rocce rimando a pagg. capitolo IV). Questo complesso, costituito da alternanza di *corniola* e *marmarone* (la prima domina nettamente sul secondo), tipico, facilmente riconoscibile è nettamente distinto dal *massiccio* sottostante, non però dagli strati sovrastanti.

Il Complesso descritto ha una notevole diffusione incontrandosi in vari luoghi del versante NE del M. Nerone (Val Canale, Campo al Bello, Rio delle Persale), alle Foci del Bosso, alle Foci del Burano, nel Gruppo del Catria, a M; Roma e al Passo del Furlo. Nel fianco SW del M. Nerone il Lotharingiano è sicuramente presente ma non è possibile individuarlo mancano o quasi la caratteristica alternanza *corniola-marmarone*, che lo definisce litologicamente;

(1) A; M; Acuto SCARSELLA ha rinvenuto recentemente la *Schlotheimia* cf. *pseudoventricosa* Gug. del Lias inferiore (Boll. Serv. geol. It., LXXIII, pag. 9, 1951).

(2) La *Gyroporella triasina* Sch. è in realtà una specie anisica; però gli esemplari di CANAVARI sarebbero ascrivibili secondo FOSSA-MANCINI (86) alla *Teutloporella herculea* Stopp. del Ladinico. Non è però questo solo elemento sufficiente per stabilire la presenza nel *calcare massiccio* del Carnico, del Ladinico e addirittura dell'Anisico.

qui si ha infatti una serie comprensiva di assai limitato spessore di *corniola*, dove è presente anche lo Charmouthiano.

Lo spessore dell'alternanza *corniola-marmarone* è vario: a Pontealto raggiunge il valore di 25 m, nel versante NE del M. Nerone non supera i 10-15 m, alle Foci del Bosso affiora per 20-30 m ma qui manca la base della serie;

I fossili che normalmente si possono estrarre da queste rocce hanno significato stratigrafico limitato, trattandosi di Brachiopodi. Però una ricca fauna costituita da 88 specie, fra cui molte Ammoniti, estratta dalle Cave di Pontealto, ha premesso a MORENA (120) e a BONARELLI (31) la datazione precisa dell'alternanza *corniola-marmarone*. credo inutile riportare qui il lungo elenco che è già stato pubblicato anche da PRINCIPI (136, p. 56). Circa il significato geologico dell'alternanza *corniola-marmarone* v; pag. (capitolo IV dopo qualche pagina la nota 1) in nota.

### 3. Charmouthiano (Pliensbachiano - Domeriano).

Con questa età cominciano le variazioni laterali di facies che si ripeteranno un po' per tutto il Giura sovrastante (1). Converrà perciò qui e nei quattro paragrafi seguenti mutare sistema di esposizione, passando in rassegna le singole località.

Alle Foci del Burano, sopra la *corniola* con alternanze di *marmarone* del Lotharingiano, continua la stessa *corniola* priva però del *marmarone* e con frequenti letti e noduli di selce più o meno irregolari e Ammoniti charmouthiane (*Rhacophyllites libertus* Gemm, *Microdiceros heberti* Opp.) (136). Lo spessore del complesso selcifero si aggira sui 75 m. Sulla sinistra della valle al Ranco Lecceto la porzione più alta di questa *corniola* passa a calcare grigio giallastro litografico (pag. 144), che contiene solo rari noduli selciferi ed entro gli strati superiori del quale FUCINI (90) ha determinato varie ammoniti domeriane (*Phylloceras frondosum* Reyn., *P. tenuistriatum* Mgn., *Harpoceratoides boscensis* (Reyn.) *Gramnoceras normannianum* (d'Orb.), *Coeloceras ragazzoni* Hauer, ecc.). In definitiva quindi alle Foci del Burano affiorano circa 100 m di *corniola* di cui i 25 m inferiori con

(1) Inesistenti lacune stratigrafiche o elisioni di serie ad opera di fenomeni tettonici sono state spesso invocate in passato dagli AA. per spiegare quelle che sono semplici variazioni laterali di facies o di spessore dei terreni giurassici umbro-marchigiani. Qualche vero hiatus stratigrafico è però noto nella nostra regione (pag. 7).

*marmarone* e lotharingiani e i 75 m superiori con selce (talora passanti a calcare litografico) e charmouthiani.

Alle Foci del Bosso lo spessore complessivo della *corniola* affiorante supera i 150 m, della quale i 20-30 m inferiori contenendo *marmarone* sono, come si è detto, attribuiti al Lotharingiano. I 120-130 m superiori sono invece selciferi; dapprima gli strati hanno bei letti continui di selce, tanto da prestarsi alla lavorazione delle pietre da macina (pag. 151), poi più in alto contengono noduli irregolari e sparsi, infine gli ultimi strati son privi di selce e con Ammoniti e altri fossili inestraibili. Anche qui, malgrado la mancanza di determinazioni paleontologiche, si può ritenere la *corniola* selciferà charmouthiana.

Analoga è la serie del Fosso Tenetra, che si inizia con strati di pietra molare (pag 150) a Brachiopodi (*Terebratula aspasia* Mgh, *T. cerasulum* Zitt. ecc.) e si continua sopra con *corniola* e noduli selciferi sparsi e *Arietoceras algovianum* Opp. del Domeriano (136, pag. 59);

Al M. Nerone la serie presenta caratteri diversi nei vari affioramenti e una generale notevole riduzione di spessore. Alla testata della Conca di Pieia sotto la Montagnola, dei calcari brunicci potenti una decina di metri e con grosse Ammoniti titoniane seguono al *calcario massiccio*; tracce di brecce alla base parrebbero indicare una trasgressione e quindi assenza locale di Lias medio e sup. e Giura medio (1); non bisogna però dimenticare l'esistenza di dislocazioni nella zona. A parte questo fatto che deve avere ancora la sua conferma in tutto il rimanente versante SW del M. Nerone (dalla Rocca Bianca e Costa del Vescovo fino al Biscuvio) sopra il *massiccio* affiora sempre la *corniola*, nella quale non è possibile fare le suddivisioni viste più sopra ma solo riconoscere qual e là intercalazioni di *marmarone* presso la base. Essa rappresenta però certamente una serie comprensiva del Lotharingiano e Charmouthiano, a meno che il primo non sia in parte presente nel *massiccio* (217). E' importante notare che lo spessore complessivo di questa *corniola* non supera mai i 15-20 m e spesso raggiunge solo i 10 m.

(1) Giaciture trasgressive del Titoniano furono osservate anche da CANAVARI nel Camerinese (199) e recentemente da SCARSELLA nella Gola del Sentino (214). Si tratta però di fatti eccezionali e del tutto locali, che non alterano sostanzialmente il concetto della fondamentale continuità della serie mesozoica umbro-marchigiana. Queste giaciture tuttavia hanno interesse per le induzioni circa la profondità dell'antico mare giurassico (pag.67 e segg.).

Dal crinale M. Nerone-Montagnola verso NE la *corniola* aumenta progressivamente di spessore e tende ad assumere i caratteri simili a quella delle Foci del Burano. Così sotto fonte Tamburello (alla testata del Rio delle Persale) lo spessore complessivo è di 20-25 m e sul fondo del Rio delle Persale passa a 30-35. In quest'ultima località alla base vi è l'alternanza *corniola-marmarone*, sopra *corniola* fossili inestraibili ma frequenti e infine calcare bruno con noduli di pirite. Anche nel versante NE del M. Nerone la *corniola* comprende Lotharingiano e Charmouthiano; non sono però stati ancora raccolti fossili utili a una stratigrafia di dettaglio. In Val Canale PRINCIPI (136, p. 57) ha rinvenuto *Terebratula aspasia* Mgh., T; *appenninica* Zitt. *Rhynchonella subdecussata* Munst. e *Spiriferina rostrata* (Sow.) che si ritrovano anche qua e là negli altri affioramenti.

A Gorgo a Cerbara lo spessore complessivo della *corniola* deve essere ancora maggiore, ma ne affiorano solo i 20 m più alti, che contengono (71, p. 282): *Phylloceras zetes* (d'Orb.), *P. frondosum* Reyn., *Rhacophyllites libertus* Gemm *Grammoceras normanianum* (d'Orb.), *Coeloceras italicum* Mgh., ecc. Tali fossili indicano essenzialmente il Domeriano.

Al Furlo la *corniola* ha complessivamente circa 70 m di spessore; nella parte inferiore presenta le solite intercalazioni di *marmarone* e in quella superiore sottili intercalazioni marnose fra strato e strato. La fauna è ricca specialmente nella porzione superiore charmouthiana, dove, fra gli altri, sono stati trovati: *Phylloceras zetes* (d'Orb.), *Rhacophyllites libertus* Gemm. e *Arietoceras algovianum* Opp. (90).

#### 4. Toarciano e Aaleniano.

Questi piani sono ben noti nel nostro Appennino per la notevole ricchezza di Ammoniti, che ne permettono anche la zonatura stratigrafica. La facies più nota e diffusa è rappresentata da marne e calcari marnosi nodulari di un bel colore rosso e con Ammoniti (oltre pochi altri fossili) ben conservate e di facile estrazione (*Rosso ammonitico*).

Alle Foci del Burano il Toarciano e l'Aaleniano, con le rocce descritte, hanno uno spessore complessivo di 15-20 m BONARELLI (26) e altri (193, 135) vi hanno determinato altre 50 specie di Ammoniti, che rappresentano tutte le zone in cui vengono suddivisi questi due piani. Ecco alcune specie: *Phylloceras doderleinianum* Cat., *P. ausonium* Mgh., *Lytoceras cornucopiae* J. et B., *Harpoceras falcuferum* (Sow.), *Pseudogrammoceras fallaciosum* Bayl., *Lillia comensis* Buch, L; *erbaensis* Hauer, *Hildoceras bifrons* Brug., *H. levisoni* Simp., *Hammatoveras insigne* Schub., *H. gonionotum* Ben., *Erycites fallax* Ben., *Timetoceras scissum* Ben.

Sempre con la caratteristica colorazione rossa e con circa 15 m di spessore, questi terreni si presentano alle Foci del Bosso e, con spessore analogo ma passanti anche a color grigiastro, in Val Tenetra. Per elenchi completi dei fossili rinvenuti rimando agli AA. citati e in particolare a BONARELLI (26).

Al M. Nerone Toarciano e Aaleniano si presentano con facies diverse. Nel versante SW abbiamo calcari nodulari brunicci con abbondanti rilegature e intercalazioni di marne verdastre e abbondantissimi noduletti e cristallini di pirite; le marne vere e proprie sono più frequenti alla base e talora possono anche mancare; lo spessore, sempre piccolo, oscilla fra i 4-5 m (Fosso Pisciarellò) e i 10-15 m

Nel versante NE del M. Nerone aumenta lo spessore e variano anche i tipi litologici. Così alla testata del Fosso delle Persale sotto Fonte Tamburello alla base vi sono marne verdi piritose ad Ammoniti e sopra calcari giallastri in istrati sempre più sottili verso l'alto; lo spessore complessivo è sui 30 m; è probabile che in questa serie, oltre il Lias sup., sia rappresentato anche parte del Giura medio. Fra Campo al Bello e Acquanera, sul fondo del Rio delle Persale, alla base vi sono 5 m di marne verdastre e calcari nodulosi con abbondantissime rilegature marnose, entrambi assai ricchi di Ammoniti; sopra seguono 20 m circa di calcari giallastri un po' arenacei con interstrati marnosi; questi due termini, pur variando leggermente nei caratteri litologici, conservano uno spessore complessivo abbastanza costante anche in Val Canale. Le marne e i calcari nodulosi appartengono al Toarciano, contengono infatti (136): *Hildoceras bifrons* Brug., *Grammoceras radians* (Rein.), *Lillia comensis* (Buch). I calcari giallastri sovrastanti rappresentano invece l'Aaleniano dati i reperti fossili: *Phylloceras corce* Heb., *Erycites fallax* Ben., *Tmetoceras scissum* (Ben.), *Coeloceras vindobonense* (Griesb.) (193).

A Gorgo a Cerbara si ripresentano le marne e i calcari nodulosi rossi già visti ai due fianchi del M. Petrano; lo spessore complessivo della serie è di circa 15 m. Gli strati più bassi contengono *Phylloceras doderleinianum* (Cat.) *Lytoceras cornucopiae* J. et B., *Polyplectus discoide* (Ziet.), ecc; e rappresentano il Toarciano (71, pag 283); quelli più alti invece *Phylloceras ultramontanum* Zitt., *Tmetoceras scissum* (Ben.) *Erycites fallax* (Ben.) e sono aaleniani (29). I due piani sono però distinguibili solo paleontologicamente, mancando una differenza litologica.

Al Furlo il Toarciano è rappresentato da marne e calcari marnosi rossi ammonitiferi, l'Aaleniano da un calcare compatto, giallognolo, talora oolitico, e piritoso e da marne gialle con uno spessore di 4 m circa.

## **5. Giura Medio (Bajociano - Batoniano).**

Sia per la scarsità e assai più spesso per l'assenza dei fossili, sia per la mancanza di una differenziazione litologica il Giura medio non è facilmente individuabile nella nostra regione.

Sopra le marne e i calcari marnosi rossi dell'Aaleniano alle Foci del Burano seguono pochi strati di calcare bianco, cui è attribuibile una età mesogiurassica. A Gorgo a Cerbara questo calcare bianco raggiunge lo spessore di 20 m; la mancanza però di fossili non permette di stabilire se esso rappresenti anche parte del Giura sup. Infatti al Furlo sopra l'Aaleniano si ripresentano gli stessi calcari bianchi, che negli strati più alti conterebbero la *Reineckeia revili* Part. et Bon. del Calloviano (30).

In tutte le altre località (M. Nerone - M. Petrano) anche il Giura medio è rappresentato dai cosiddetti *Strati ad Aptici* di cui dirò qui sotto.

## **6. Giura superiore p.p. (Calloviano -Kimmerdgiario).**

Sui calcari marnosi dell'Aaleniano, direttamente o con l'interposizione dei calcari bianchi cui è accennato, seguono i cosiddetti *Strati ad Aptici*; nel primo caso essi rappresentano anche il Giura medio, nel secondo solo parte del Giura superiore. Gli strati (detti anche "scisti") ad Aptici sono costituiti normalmente da calcari verdastri o rossastri, ricchissimi di selce e molto sottilmente stratificati. Lo spessore e anche la costituzione litologica variano nelle singole zone.

Alle Foci del Burano sopra il calcare bianco, seguono circa 60 m di tipici *Strati ad Aptici* verdastri con *Aptychus lamellous* Voltz, *A. latus* d'Orb., *A. beyrichi* Opp.

Lungo le Foci del Bosso gli *Strati ad Aptici*, che poggiano invece direttamente sui terreni aaleniani, sono sottilmente stratificati, ricchissimi di selce e con frequenti interstrati marnosi; il colore dominante è il verde, però fra Pianello e l'Eremita è molto diffuso il color rosso, tanto che la formazione, se non presentasse abbondanza di Aptici e assenza di Ammoniti, potrebbe essere confusa con l'Aaleniano sottostante. Lo spessore supera i 50 m.

Analoghi per costituzione litologica e per spessore sono gli *Strati ad Aptici* dei Cupi di Fiamma e di Val Tenetra. A oriente di Pieia, presso il torrente Ciordano questi terreni, che vengono a diretto contatto con *calcare massiccio* mediante una dislocazione sono prevalentemente rossi e solo in basso assumono il color verdastro. Le stesse rocce generalmente verdi, talora rosse e sempre con i soliti tipici caratteri affiorano ampiamente fra il Ranco di Nino e il Fosso dell'Eremita (versante E del M. Nerone), direttamente sopra i calcari nodulari del Lias superiore.

In tutti gli altri affioramenti del M. Nerone mancano i tipici *Strati ad Aptici*, che sono sostituiti da tipi litologici vari. Presso Casa Palirosa abbiamo alla base marne e calcari verdognoli sempre ricchi di Aptici (*A. laevis* Meyer, *A. lamellous* Voltz); sopra seguono calcari brunici e verdastri, lastroidi, in parte selciferi e piccoli Aptici e talora minutamente brecciati, che nella parte più alta sono già titoniani (202); lo spessore complessivo è di circa 30 m. Nel versante NE del M. Nerone (sotto Fonte Tamburello, presso la Casciaia di Piobbico, entro i Rii i Ranchi, nel Fosso delle Persale, ecc.) la formazione ad Aptici è sostituita da 3 - 5 m di un calcare grigio - verdognolo, compatto, con poca selce e in istrati grossi, direttamente poggiante sui calcari aaleniani e che si riesce a malapena a distinguere dal sovrastante *calcare rupestre* solo per la presenza di Aptici.

A Gorgo a Cerbara sopra il calcare bianco seguono calcarei marmorei, lastroidi e verdastri con selci verdi, per uno spessore di 20 m circa; Al Furlo infine il tipo litologico non è dissimile a quello osservato sul versante NE del M. Nerone, cioè strati calcarei verdastri ad Aptici e con poco selce, talora mal distinti dalla formazione sovrastante; lo spessore è di 10 - 15 m circa.

I fossili rinvenuti nella formazione in esame sono solo Aptici; nelle mie ricerche ho potuto raccogliere anche qualche Ammonite, che spero potrà servire a datazioni precise.

Da quanto ci è noto si può concludere: i terreni che vanno sotto il nome di *Strati ad Aptici* rappresentano una formazione comprensiva, assai variabile per spessore ( da 3 m a 70 m) e per caratteri litologici; in certi casi poi (versante NE del M. Nerone) non è ben distinguibile e delimitabile sul terreno rispetto alle rocce sovrastanti. Quanto all'età, desumibile solo dai terreni sovrastanti e sottostanti, essa può comprendere Bajociano - Kimmeridgiano o solo Oxfordiano - Kimmeridgiano p.p. nei casi estremi.

## 7. Titoniano.

Alle Foci del Burano agli *Strati ad Aptici* seguono calcari marmorei verdastri con *Simoceras catrianus* (Zitt.), *S. volanense* (Opp.), *Lytoceras quadrisulcatum* (d'Orb.) (136, p. 67), che dimostrano un'età titoniana. Questo calcare si ripresenta anche in Val Tenetra e a E di Chiaserna e secondo PRINCIPI (136, p. 67) si ritroverebbe anche alle Foci del Bosso con *Phylloceras ptychoicum* (Quens.), *Lytoceras montanum* (d'Orb.), *Perisphinctes contiguus* (Cat.), ecc. Però in quest'ultima località è ancora titoniana la parte più bassa del *calcare rupestre*, la quale si presenta con un calcare bianco-latte, compatto, litografico, o anche un po' farinoso e con scarsa selce.

Questo calcare bianco con Ammoniti titoniane affiora anche ai Cupi di Fiamma, immediatamente a E di Pieia, lungo il Fosso dell'eremita e al Ranco di Nino. Invece all'orlo N della conca di Pieia (1), nei Rii i Ranchi, nel Fosso delle Persale e a Gorgo a Cerbara il Titoniano è rappresentato da un calcare bruno, duro, s frattura scheggiata, talora un po' noduloso e spesso assai ricco di Ammoniti. Non è possibile dare spessori di queste rocce mancando un limite netto rispetto alle sovrastanti.

Però molto spesso, se non sempre, il Titoniano è almeno in parte rappresentato dal tipico *calcare rupestre*. così ad esempio lungo il Biscuvio, fra Case Palirosa e Piobbico i 35 m più bassi del *rupestre* (che localmente ha uno spessore complessivo di 185 m) sono certamente titoniani come dimostrano: *Calpionella alpina* (Lor.), *C. elliptica* Cad., *Glochaete alpina* Lomb.

Al Furlo il Titoniano e parte del Kimmeridgiano si presentano con calcari marmorei verdognoli di pochi metri di spessore con *Phylloceras ptychoicum* (Quens.), *Lytoceras montanum* (Opp.), *L. serum* (Opp.)n *Aspidoceras cyclotum* (Opp.), *Perisphinctes contiguus* (Cat.), (193).

(1) Qui come ho detta (pag.9) il Titoniano pare trasgressivo sul *calcare massiccio* .

Fra le molte faune ad Ammoniti riscontrate nella regione è particolarmente interessante per la bella conservazione, varietà e notevoli dimensioni degli esemplari quella dell'orlo N della conca di Pieia.

In via generale si può dire che anche nella nostra regione compaiono con una certa frequenza, entro calcari vari (marmorei verdi selciferi, bianchi, bruni, più o meno compatti ecc.), faune ad Ammoniti, non sempre di facile estrazione, che dimostrano l'esistenza del Titoniano. Questo piano non è però ben delimitabile sul terreno per la somiglianza spesso notevole dei suoi tipi litologici con quelli dei piani sovrastanti e sottostanti e in modo particolare col *calcare rupestre*, che sempre rappresenta anche in parte o addirittura completamente il Titoniano. Solo lo studio di dettaglio su sezioni sottili delle serie stratigrafiche mediante i microfossili permette di stabilire il contatto Giura-Cretaceo.

## 8. Cretaceo inferiore (Valanginiano - Aptiano).

E' rappresentato dal *calcare rupestre*, che è il corrispondente centro appenninico della *maiolica* e del *biancone*; a differenza di questi due tipi litologici, esso ha però una diffusione stratigrafica abbastanza costante, iniziando, come si è detto alla base o entro il Titoniano e terminando con l'Aptiano. Malgrado l'apparente uniformità litologica, nel *calcare rupestre* sono distinguibili due facies; una ben stratificata, talora lastroide e selcifera (facies tipica), l'altra senza stratificazione netta e con aspetto simile al *calcare massiccio* (pag.6), tanto da esserne facilmente confusa, come del resto è già avvenuto.

Il *calcare rupestre* tipico è grigio-biancastro, compatto, a grana finissima, con frequenti sottili venuzze calcitiche (diaciasi ricementate), ricco di noduli e letti di selce grigiastra, e con frequenti noduli limonitico-piritosi (pag.78); gli strati sono di spessore vario compreso fra 10 cm e 1 m e spesso separati da sottilissimi letti marnosi verdognoli; questa facies rappresenta un deposito sublitografico di mare abbastanza profondo e tranquillo, come dimostrano la struttura della roccia e i fossili microscopici (Tintinnidi e Radiolari). Il *calcare rupestre* senza stratificazioni e di aspetto *massiccio* è invece un po' dolomitico, assai più fragile, a frattura poliedrica, di colore tendente talora al brucicco o al rosato con noduli di selce saltuari e disposti irregolarmente, e in banchi grossi

(fino a parecchi metri) e mal distinti; spesso è soggetto più dell'altro al carsismo, per cui presenta grotte e cavità varie spesso con rivestimenti alabastrini. I due tipi litologici sono legati da tutti i passaggi verticali e orizzontali.

La facies tipica è quella che ha la maggior diffusione e si trova ampiamente in tutti i rilievi mesozoici del M. Nerone, M. Petrano, M. Acuto, M. Catria, Gorgo a Cerbara, Furlo e nucleo della Cesana. L'altra facies è invece localizzata e variamente sviluppata in spessore, ma per lo più solo alla base della serie; notevole è il suo sviluppo presso lo sbocco del Fosso dell'Eremita, a Costa Spugna, nel Rio Scandolera e in qualche altro punto del M. Nerone, come pure presso Gorgo a Cerbara (all'Eremo e alla Balza della Penna); con minor spessore si presenta anche lungo il Bosso a monte di Secchiano, alle Foci del Burano, ecc.

Non è possibile dire con sicurezza se questa seconda rappresenti veramente una facies di scogliera, come lascerebbe supporre il suo aspetto; ci lasciano infatti un po' incerti al riguardo i passaggi orizzontali e verticali con il *calcare rupestre* tipico, che viene generalmente interpretato come sedimento di mare profondo. E' ad ogni modo interessante notare che la facies cosiddetta di scogliera si presenta normalmente ai margini o sui fianchi dei rilievi mesozoici (non all'apice) e che in corrispondenza di essa il *rupestre* raggiunge i massimi spessori.

Gli spessori del *calcare rupestre* sono variabili, eccone alcuni: lungo il Biscuvio fra Palirosa e Piobbico ho misurato m 185, non meno di 200 m sul fianco sinistro del fosso dell'Eremita; circa 110 m sotto Fonte Tamburello, circa 300 m alla Costa Mandraccia, poco meno al M. Petrano. In qualche punto lo spessore del *rupestre* sembra essere inferiore ai 100 m ma generalmente li sorpassa più o meno largamente.

I Macrofossili entro il *calcare rupestre* hanno sempre rappresentato una rarità. Presso Secchiano il MARIOTTI rinvenne: *Lissoceras grasianum* (d'Orb.), *L. didayanum* (d'Orb.) e il PICCININI trovò al Catria la *Terebratula euganensis* Pict. (133). Nelle mie ricerche ho rinvenuto qualche *Terebratula* e *Ammonite* al M. Nerone, ma di esse come di tanti altri elementi nuovi per la geologia della regione dirò meglio in un lavoro futuro. Tutti questi fossili indicano chiaramente un'età neocomiana (forse più precisamente hauteriviana). il ritrovamento della *Gervilleia aliformis* Sow. (133) indicherebbe nel *rupestre* anche la presenza dell'Aptiano. E' però solo con lo studio stratigrafico dettagliato di numerose serie mediante sezioni sottili che sarà possibile definire i piani rappresentati nel *rupestre* nei vari casi (1).

Da quanto si è esposto qui e ai paragrafi precedenti si può quindi concludere che il *calcare rupestre* rappresenta una formazione comprensiva del Titonico sup.-Aptiano, spesso si inizia alla base del Titonico e talora (versante NE del M. Nerone) comprende anche tutto il Giura medio e Giura superiore, cioè Bajociano-Aptiano dato che le codeste variazioni litologiche, che presentano i calcari selciferi sovrastanti direttamente i calcari nodulari aaleniani, non sono sufficienti a distinguerli dal *rupestre* tipico.

## 9. Riassunti sui terreni prealbani.

Credo utile riassumere qui i vari caratteri d'insieme che presentano le serie prealpine del bacino del Metauro. Da quanto si è finora esposto si possono individuare dal basso all'alto le seguenti formazioni ben distinte:

1) *Calcare massiccio* che rappresenta certamente Norico, Retico, Hettangiano, Sinemuriano s.s., ma dove per assenza di fossili non è possibile fare suddivisioni stratigrafiche;

2) *Pietra corniola* con spessori variabili fra 10 e 150 m che comprende il Lotharingiano e Charmouthiano, il primo dimostrato sicuramente con i fossili solo alle foci del Burano e rappresentato dalle alternanze *corniola-marmarone*, il secondo rappresentato dalla sola *corniola* sovrastante e ampiamente documentato nella regione;

3) Marne e calcari marnosi o verdastri o giallastri o rossi del Lias sup. con spessori variabili fra 4 e 25 m rappresentanti il Toarciano e l'Aaleniano che sono separabili normalmente solo coi fossili salvo che al versante NE del M. Nerone, dove la suddivisione è talora possibile anche sulla base litologica. Da notare l'assenza della facies rossa al M. Nerone e alla Montagnola.

4) *Strati ad Aptici* comprendenti generalmente il Giura medio e sup. (Titoniano escluso) con spessori variabili da 3 a 70 m, talora sostituiti alla base da un calcare perfettamente analogo al *rupestre*.

5) Calcari vari verdastri, bruni o bianchi del Titoniano p.p. Anche essi talora sostituiti lateralmente da *calcare rupestre*.

(1) Ho già accuratamente campionato e ricostruito la serie del *calcare rupestre* affiorante lungo il Biscuvio fra C. Palirosa e Piobbico. Questi campioni sono stati oggetto di studio da parte dell'amico G. COLOM (Baleari) (202).

6) *Calcare rupestre* in due facies (una tipica a stratificazione molto marcata, l'altra locale a stratificazione mal distinta), che comprende il Titoniano sup. Aptiano e talora sostituisce più o meno completamente i complessi 4) e5) nominati, spingendosi quindi fino al Bajociano. spessore compreso fra 80 e 300 m circa.

Per meglio comprendere la diversa composizione delle serie mesozoiche si veda la Tav. II.

## 10. Albiano.

Col *calcare rupestre* ( o forse meglio con la parte media di esso) cessano nella nostra regione le variazioni laterali di facies, talora così profonde e complesse, che se non sovvenissero i fossili, impedirebbero non di rado una sincronizzazione sicura dei vari tipi litologici. Con l'Albiano assistiamo alla comparsa di formazioni che hanno una enorme distribuzione e costanza orizzontale per tutte le Marche a S del Metauro; questa assenza o quasi di variazioni laterali perdurerà fino al Miocene inferiore.

Sopra il *calcare rupestre* segue la formazione delle marne a Fucoidi, costituita da un'alternanza talora fitta di marne e marne argillose fogliettate e strati calcareo-marnosi varicolori. Le colorazioni dominanti sono verdastre, grigio verdastre, rossicce, rosso fegato e violacee. Frequentissime sono le Fucoidi di forme e dimensioni svariate. Numerosi sono gli orizzonti bituminosi entro le marne, normalmente però con pochi centimetri di spessore (do rado con 15 - 20 cm) e generalmente scarso contenuto in bitume. Le marne e le marne argillose prevalgono in senso assoluto, subordinati sono gli strati calcarei che si fanno più frequenti al letto e al tetto della formazione e che si presentano di solito biancastri o bianco-giallastri. graduale, pur essendo rapido è il passaggio al *rupestre* sottostante, più brusco invece quello superiore con la *scaglia* bianca .

Nei dettagli la formazione presenta una certa variabilità, data se non altro dai colori vari delle rocce; conserva però dei caratteri d'insieme che la rendono facilmente riconoscibile e ben distinta da tutte le altre. Le marne rosse stanno generalmente nella porzione inferiore, quelle verdastre in quella superiore (così alla Casciaia di Piobbico, al M. Moria ecc.); talora entro queste ultime si intercalano nuove marne rossicce (Sassorotto); in certi casi invece le marne verdi sono sottostanti alle rosse (Cimaio). Ad ogni modo si tratta sempre di variazioni di limitato interesse.

Data la loro facile erodibilità le marne a Fucoidi hanno permesso l'instaurarsi di valli strette (valle del Biscuvio fra Sassarotto e Palirosa, valle del Ciordano, valle del Piano nel versante SW del Petrano, ecc.), di caratteristiche insellature nei contrafforti montani, con la determinazione di cime isolate (M. Carda, Rocca Bianca, M. Carpineto, M. Frontino, M. Moria, M. Roccaccia, Serra Ventosa, Poggio le Guaine, il Cimaio, ecc.) e di pendici franose (Via Strata, Sassorotto, ecc.). Cioè la morfologia è stata notevolmente influenzata dall'affiorare di queste marne.

Per la notevole impermeabilità esse costituiscono un importante orizzonte sorgentifero. Generalmente si tratta di sorgenti di sbarramento o di strato che sgorgano nella parte più elevata o sui fianchi dei gruppi del M. Nerone, Petrano e Catria.

Sotto le spinte tettoniche le marne a Fucoidi sono state di frequente pieghettate, ridotte di spessore o strizzate fino a sparire. Ciò spiega la loro saltuaria assenza (dintorni di Acquanera) o lo spessore talora ridotto a pochi metri.

Lo spessore massimo osservato si aggira sui 40 - 50 m (Rossara, dintorni di Pianello, Montagnola ecc.); ma talora diminuisce notevolmente, così lungo il Biscuvio fra Palirosa e Piobbico è solo di 16 m. Le marne a Fucoidi affiorano largamente nella nostra regione; Esse cingono con una fascia continua la catena Catria - Nerone costituendo talora anche cime isolate. Le ritroviamo ad Acqualagna, al Furlo e presso Fossombrone.

Per quello che mi è noto, non sono stati trovati in questa formazione fossili macroscopici utili per una datazione. Ricche sono invece le microfaune, che, quando sia possibile il trattamento della roccia, offrono foraminiferi isolati e ben conservati. Anche se il loro studio non è stato ancora completato si può affermare con sicurezza che queste marne rappresentano tutto l'Albiano e, non si può escludere, forse anche parte dell'Aptiano (1). Il limite Albiano - Cenomaniano corrisponde quindi con buona approssimazione al contatto marne e Fucoidi - *scaglia* bianca .

(1) Non è certo il caso di riportare qui degli elenchi, posso però ricordare alcune specie significative rinvenute in sinistra del Biscuvio 500 m a N di C. Palirosa (Piobbico): *Dorothia gradata* (Bert.), *Vaginulina recta* Reuss, *Parrella* aff. "*Rotalia caracolla* Reuss", *Gavelinella tormarpensis* Brot., *Anomalina inflata* (Reuss).

## 11. Cretaceo superiore-Eocene medio (Cenomaniano - Luteziano).

Già nella parte alta della formazione precedente compaiono intercalazioni di calcare bianco marnoso, che prendono il sopravvento rapidamente sulle marne tanto che dopo pochi metri si hanno solo strati di questo calcare separati da sottilissimi letti marnosi verdicci, che spariscono presto anch'essi verso l'alto. Si passa così a quella potente formazione nota sotto il nome di scaglia.

Per i caratteri dettagliati della roccia rimando a quanto esporrò in seguito (pag.138). Qui osservo solo che si tratta di calcari marnosi bianchi, rosei o rossi (*scaglia* bianca e *scaglia* rossa) a strati generalmente sottili, molto monotoni nei caratteri essenziali, le cui uniche variazioni macroscopiche sono date dalla presenza o meno di selce, dal contenuto marnoso e soprattutto dal colore. Frequenti sono le pieghettature e gli arricciamenti.

Più interessante è invece accennare ai caratteri litologici della serie stratigrafica, che possono essere così schematizzati dall'alto al basso:

- 7) Strati di passaggio alla *scaglia* cinerea sovrastante con alternanze di marne grigie e rosse;
- 6) Alternanze di *scaglia* bianca e rosea;
- 5) *Scaglia* rossa;
- 4) *Scaglia* rossa con noduli di selce;
- 3) *Scaglia* bianca con noduli di selce;
- 2) *Scaglia* bianca senza noduli di selce
- 1) Strati di passaggio alle marne a Fucoidi.

Questa successione si mantiene costante in tutta la regione; variano però gli spessori complessivi e quelli dei singoli livelli, che non hanno un vero valore cronologico; anche i passaggi verticali sono gradualmente. Così lo spessore degli orizzonti 1-3, cioè della *scaglia* bianca, è variabile in genere fra i 50 e i 100 m e nel gruppo del M. Nerone-Petrano aumenta da NW verso SE, raggiungendo i valori maggiori a oriente del meridiano di Pianello.

A circo 70-80 m dalla base della formazione (a Pianello ad esempio 78 metri) vi è uno strato di calcare bituminoso di 0,40€1,00 m di spessore che si segue con un'impressionante costanza e regolarità per tutta la regione e anche in quelle contermini. Tale strato, costituisce un ottimo orizzonte guida di facile riconoscimento, contiene spesso numerosi ittioliti e vertebre, costole ecc. di

pesci; esso normalmente si trova entro la parte alta della *scaglia* bianca, però dove questa diminuisce di spessore si rinviene entro la *scaglia* rossa dell'orizzonte 4) (Rocca Leonella, Frontone, ecc.). Ciò dimostra ancora il valore puramente litologico delle suddivisioni più sopra accennate. Circa i caratteri di dettaglio di questo strato rimando a pag.162.

I numerosi pieghettamenti e fagliature impediscono spesso misure precise di spessore. fra Palirosa e Piobbico mediante pazienti misure ho potuto stabilire i seguenti valori: m 27,50 per l'orizzonte ", m 37 per il 3, m 28 per il 4, m 239,50 per gli orizzonti 5-7; spessore totale m 332. RENZ nei dintorni di Fossombrone ha misurato: m 170 per gli orizzonti 2-4 e m 125 per quelli 5 e 6. Sempre RENZ a Gubbio ha trovato m 160 per i livelli 2-4, m 200 per quelli 5-6 e m 40 per il 7 (158)

La *scaglia* rossa e bianca è ampiamente diffusa nella regione e affiora nei rilievi della Cesana, del Furlo, del Montiego, M. Nerone, Catria, ecc.

Entro questa formazione furono talora raccolti fossili macroscopici fra cui: Fucoidi, Amorphospongia ficoidea (Gld.), Clypeaster leskei (Gld.), Pygorhyncus sopitianus d'Arch., Archiacia nasica, Ananchites ovata (Lam), (M. Petrano e Fossombrone), Stenonia tuberculata Des., Offaster globulosus de Lor. (Foci del Burano), Cardiaster italicus (M. Cimaio e altrove), C; subtrigonalis (M. Catria), Ostrea canaliculata Gld., Pecten membranaceus d'Orb., P. matronensis d'Orb., P. espaillici d'Orb., P. cretosus d'Orb., Inoceramus sp., Lucina lenticularis Gld., Belemnitella quadrata (Blv.) (Foci del Burano), Belemnitella mucronata (Schlot.), Ptychodus latissimus (Serra S. Abbondio), Coelodus costai Heckel (M. Tenetra (1)). Questi fossili dimostrano chiaramente l'esistenza nella *scaglia* di tutti i piani del Cretaceo sup. dal Cenomaniano al Maestrichtiano; essi però non permettono, sia per la loro rarità estrema, sia per l'incertezza delle località di raccolta, di stabilire la stratigrafia di dettaglio.

Questo problema è stato invece affrontato da RENZ (158) mediante i foraminiferi. Con lo studio di dettaglio della *scaglia* dei dintorni di Fossombrone e di Gubbio (oltre che di altre parti dell'Appennino) questo A. ha potuto individuare le seguenti zone stratigrafiche:

(1) Quest'ultima specie citata da PRINCIPI (136) sembrerebbe provenire dallo strato bituminoso intercalato alla scaglia. Per le altre specie vedi nn. 105, 179, 193 della bibliografia.

- a) *Scaglia* bianca con noduli selciferi con *Globotruncana appenninica* RENZ; spessore 70-110 m; Cenomaniano;
- b) *Scaglia* rossa con noduli selciferi con *Globotruncana lapparenti* Brotz.; spessore 80-130 m; Turoniano e Campaniano;
- c) *Scaglia* rossa senza noduli selciferi con *Globotruncana lapparenti* Brotz. e *G. stuarti* (Lapp.); spessore 70-125 m; Maestrichtiano e Daniano;
- d) *Scaglia* rossa senza selci con *Globotruncana* e *Globigerina*; spessore 40-80 m Paleocene; Eocene inferiore;
- e) *Scaglia* rossa con selci con *Globigerina*; spessore 15-30 m; Eocene medio;
- f) Alternanze di *scaglia* rossa e cinerea; spessore 40-80 m; Eocene medio.

La datazione degli orizzonti cretacei è stata fatta da RENZ mediante le *Globotruncana*, che sono abbondanti e diffusissime in tutta la porzione inferiore del complesso scaglia; il riconoscimento dell'Eocene invece è stato basato solo sui parallelismi con la serie di Visso (Macerata), dove sono note ricche microfaune a grossi Foraminiferi. Le ricerche che ho condotto mi hanno permesso di dimostrare anche per il bacino del Metauro l'età eocenica della *scaglia* più alta. Infatti dagli strati di *scaglia* bianca e rossa del pianoro terminale del M. Cesana (e più precisamente presso C; Gasparini) (corrispondente all'orizzonte 6 indicato più sopra (pag.20) ho rinvenuto una bella microfauna dell'Eocene medio, come dimostra la presenza di *Vulvulina haeringensis* (Gumb.), *Plectina dalmatina* (Schub.) e altre varie specie. Inoltre nella *scaglia* cinerea cioè nella formazione che sovrasta direttamente, ho raccolto numerose microfaune dell'Eocene superiore.

Si può perciò concludere che la *scaglia* bianca e rossa rappresenta nel bacino del Metauro una serie comprensiva e continua dal Cenomaniano all'Eocene medio inclusi, come dimostrano i macro e i microfossili in essa contenuti e le microfaune delle marne a Fucoidi e della *scaglia* cinerea (di cui dirò più sotto) cioè dei complessi stratigrafici che la includono.

## **12. Eocene superiore - Oligocene (Priaboniano - Cattiano).**

Dalla *scaglia* rossa, che negli ultimi strati si fa più marnosa, si passa gradualmente a una formazione che va sotto il nome di *scaglia* cinerea.

Malgrado la denominazione questo nuovo complesso è diverso anche litologicamente dalla *scaglia* vera e propria, esaminata al paragrafo precedente.

Si tratta infatti di marne grigio-verdastre tendenti talora al bruniccio, per lo più ben stratificate, e spesso assai fogliettate, tanto da dare uno sfaticcio ad elementi piccoli ed angolosi.

Questa *scaglia* cinerea ha caratteri molto uniformi, per cui non è possibile distinguere orizzonti sia pure di semplice valore litologico. In via generale il contenuto argilloso aumenta verso l'alto e così pure la sottigliezza degli strati; nella porzione bassa del complesso predomina il colore verdognolo, in quella alta piuttosto il colore grigiastro. Ma si tratta di differenze di scarso significato e non sempre ben rilevabili.

Come ho detto il passaggio fra queste marne e la *scaglia* rossa sottostante è graduale e avviene con un'alternanza di strati verdastri e rosso-fegato; questa zona talora ha pochi metri di spessore (come avviene ad esempio presso Piobbico), ma più spesso è potente alcune decine di metri (presso Fossombrone, fra Rocca Leonella e Secchiano, al passo della Scheggia ecc.). Più rapido è invece il passaggio con le marne e i calcari biancastri sovrastanti costituenti il cosiddetto *Bisciario*.

Le marne verdi in esame sono notevolmente plastiche e sotto le spinte tettoniche sono state frequentemente arricciate e dislocate. Dato il contenuto argilloso costituiscono inoltre un buon orizzonte impermeabile che permette l'affiorare di numerose sorgenti. Variabile è il loro spessore e non sempre ben misurabile per la giacitura disturbata. Presso Scheggia si aggira sui 100 m; a monte di Isola del Piano ho misurato 200 m circa; sul Tarugo a monte di Isola di Fano m180 circa.

La *scaglia* cinerea viene a giorno in fasce continue attorno ai rilievi mesozoici; un interessante affioramento si ha nei dintorni di Fonte Corniale (a N do Montefelcino) nel nucleo dell'anticlinale di Bargni.

Salvo qualche raro resto indeterminabile (*Taonurus*, *Ostrea* sp., *Acesta* sp.), non erano stati finora rinvenuti nella *scaglia* cinerea del bacino del Metauro fossili di valore stratigrafico (1).

(1) Le citazioni di *Nummulites laevigata* Brug., *N. heeri* de la H. N. eocenica Prev. e *Ortophragmina pratti* (Mich.) per i dintorni di Chiaserna (136 pag 75) necessitano di una revisione, trattandosi di determinazioni quasi certamente errate.

Talora però essa contiene ricche microfaune isolabili con opportuni trattamenti; ne ho rinvenute su fianchi dell'anticlinale della Cesana, di quella del Furlo, presso Piobbico ecc.

Da queste microfaune è possibile stabilire la presenza nella *scaglia* cinerea dell'Eocene sup. e di tutto l'Oligocene. Credo fuor di luogo esporre qui elenchi dettagliati a documento di queste affermazioni: ma mi riprometto di ritornare in un prossimo lavoro su questo argomento. Del resto dallo studio dei macroforaminiferi della serie di Visso (MACERATA) RENZ (158) era già giunto alle stesse conclusioni cronologiche. Devo anche aggiungere che, con ogni probabilità, nella *scaglia* cinerea più alta è presente forse una parte dell'Aquitano.

### 13. Miocene inferiore e medio a facies umbra.

Il Miocene inferiore e medio presenta nella nostra regione due facies ben distinte: una *marnoso-arenacea* che possiamo chiamare facies umbra e una calcareo-marnosa o facies marchigiana. La prima è diffusa nell'alto bacino del Metauro a SW dei rilievi mesozoici del Montiego e del Nerone-Catria, cioè all'incirca a SW della congiungente ideale S. Angelo in Vado Cantiano; la seconda invece affiora a NE di questi rilievi e di questa linea. Si tratta di due facies ben distinte e profondamente diverse per ambienti di sedimentazione, tipo litologico, spessore, ecc.; il passaggio laterale fra le due è molto rapido, ma solo in parte osservabile. Intratteniamoci ora in questo paragrafo sulla facies umbra.

Sopra la *scaglia* cinerea segue in continuità una formazione che riprendendo un termine locale dialettale, viene spesso indicata col nome di *Bisciario* (2). Si tratta in via generale di marne calcaree o calcari marnosi duri talora selciferi, alternati fra loro e di colore grigiastro o brucicco o biancastro. Normalmente in basso gli strati calcarei sono un po' più spessi, mentre le marne interposte aumentano di potenza e frequenza verso l'alto. Le silicizzazioni sono generalmente più frequenti negli strati calcarei inferiori e di rado concentrate in noduli, come invece avviene nelle Marche meridionali e nell'Umbria centromeridionale.

(2) In realtà col termine di *Bisciario* vengono indicati solo gli strati calcarei della formazione, mentre alle marne vien dato il nome di genga.

Al *Bisciario* seguono, senza però un limite netto ma con passaggio graduale, delle marne argillose di colore grigio verdastro o grigio cupo, un po' sabbiose e abbastanza compatte.

I due termini citati costituiscono una fascia continua all'orlo SW del rilievo Catria-Nerone e a quello W del Montiego; fuori della nostra area ricompaiono alla base del Miocene umbro al margine NE dei monti Eugubini. Spesso però a causa di faglie non viene a giorno il *Bisciario* (così sul Biscuvio presso S. Andrea e più a SE al margine del M. Nerone) e talora è ridotto lo spessore delle marne grigie sovrastanti.

Sopra succede la formazione *marnoso-arenacea*. Essa è costituita da un'alternanza regolare, ben stratificata e di grande potenza di marne variamente argillose e sabbiose e di arenarie per lo più a grana fine e media e con variabile contenuto marnoso; colore dominante è il grigiastro con toni bruciacchi sulle superfici esposte; spesso compaiono anche calcari marnosi o marne calcaree talora un po' glauconitici e di colore grigiastro o grigio-verdastro (1). Data la grande scarsità di macrofossili e di orizzonti litologicamente ben definiti non è possibile fare sicure suddivisioni in questa serie. Si possono ad ogni modo distinguere due complessi: uno inferiore prevalentemente marnoso ma con frequenti intercalazione arenacee, che diventano più frequenti verso l'alto e che in media rappresentano circa un terzo o un quarto di tutta la serie: uno superiore prevalentemente arenaceo con strati fino a un metro di spessore, con intercalazioni marnose subordinate e con tracce di gesso all'apice (137, 195). Il complesso inferiore, cui compete più propriamente il termine di formazione *marnoso-arenacea* s.s., copre quasi tutta la regione compresa fra i rilievi del Lontiego e del Nerone-Catria, la Val Tiberina e i rilievi Eugubini; le arenarie sovrastanti sono invece localizzate alla fascia sinclinalica compresa fra il M. Vicino e il M. Picognola attraverso la Serra Maggio. Queste rocce si possono considerare nell'insieme impermeabili; però le arenarie, specie quelle della serie più alta, determinano spesso locali orizzonti sorgentiferi; nei calcari infine si osservano talora forme di aspetto carsico.

(1) La tettonica della formazione *marnoso-arenacea* non è stata ancora studiata, se si eccettua la sua porzione più settentrionale ad opera di SIGNORINI (177). Non è perciò improbabile che questi calcari rappresentino delle variazioni laterali dei complessi (*Bisciario* e marne grigie) che imbasano la formazione *marnoso-arenacea*. Essi verrebbero a giorno per faglie o talora per motivi anticlinalici. I calcari in questione non sono poi da confondere con quelli organogeni elveziani, di posizione tettonica non ancora ben chiara, che affiorano nelle regioni limitrofe alla nostra.

Lo spessore del *Bisciaro* varia da qualche decina di metri a poco meno di 100 m; quello delle marne sovrastanti è sui 50 m (così sul Biscuvio). A molte centinaia di metri ascende invece la potenza della formazione *marnoso-arenacea*; RENZ (158) la valuta sui 500 m, MORENA (121) sugli 800 m. Per la formazione *marnoso-arenacea* s.s. ho misurato 650 m circa lungo il Biscuvio fra Apecchio e Piobbico e circa 625 m ad W di Seravalle (1). Ad almeno 300 m ascende lo spessore della serie molassica sovrastante.

Entro questo Miocene umbro i macrofossili sono rarissimi. Nel *Bisciaro* è stata rinvenuta l'*Ostrea langhiana* Trab. presso Gubbio (158) e la *Pleurotomaria morenai* Sac. a M. Cospio (Cantiano) (121). Dalle marne sovrastanti provengono (121, 137) *Flabellum vaticani* Ponzi *Toxopagus italicus* Manz e Mazz. *Tellina* sp., *Nucula* sp., *Lima langhiana* Sacco, *Pholadomya* cf. *margaritacea* Sow., *Ph. canavarii* Sim, *Teredo* cf. *norvegica* sp., *Thracia pubescens* L., *Pinna subpectinata* Mich. *Tugurium* (*Xenophora*) *postextensum* Sacco, *T. (X) extensum* Sacco, *Cassidaria* (*Galaeodea*) cf. *echinophora* L., *Aturia aturi* Bast., *Carcharodon megalodon* Ag., le località di raccolta sono i dintorni di Palcano e Cantiano (Scelle, Montedoro; Palazzetto, Seretelle). Nella formazione *marnoso-arenacea* s.s. furono trovati: *Pecten miocenicus* Mich e *Chlamys scabrella elegantula* Sacco in calcari grigi e duri alle falde NW del M. Cerro, e, *Amphistegina niasi* Verb. e *Miogypsina irregularis* Mich. al Molino di Valderchia e numerose impronte varie (*Palacodyction*, *Taonurus*, *Nemertiles*, *Cylindrites*) e tracce di *Pteropodi* (137, 146). Infine entro le arenarie, che chiudono la serie umbra, fu rinvenuta l'*Ostrea cochlear navicularis* Br. a Casale (SW di Cantiano) (121).

Da questi ritrovamenti non si può certo ricavare molto per la datazione della serie descritta. Più precisi elementi sono invece offerti da ricerche micropaleontologiche, che ho tuttora in corso di completamento. I Foraminiferi prevalgono, e talora con ricche faune, nei livelli marnosi, assai più scarsi sono invece in quelli arenaceo-molassici; in molti orizzonti mancano del tutto o quasi. Circa l'età posso fin d'ora esporre alcune conclusioni. Il *Bisciaro* appartiene al Langhiano e forse in parte all'Aquitaniense. Le marne grigie sovrastanti sono ancora langhiane come dimostra la presenza in esse di

(1) Questi spessori sono stati misurati con la maggior cura possibile e si possono considerare molto prossimi al vero. E' perciò privo di fondamento l'enorme spessore (circa 2500 m) attribuito alla formazione *marnoso-arenacea* nella sezione geologica allegata al Foglio Gubbio (195), dove sono state trascurate le numerose faglie e pieghe che interessano questi terreni.

*Dorothia burdigalensis* Colom, *Planulina* aff. *marialana* Head., *Cibicides burdigalensis* Colom, ecc.

Il Langhiano pare continuarsi per pochissime decine di metri anche entro la formazione *marnoso-arenacea* s.s.; però, salvo tale eccezione di cui occorre ancora la conferma, si può dire che questo potente complesso stratigrafico appartiene interamente all'Elveziano e al Tortoniano. Più precisamente, riferendoci alla serie del Biscuvio fra Apecchio e Piobbico, sono ascrivibili all'Elveziano i 390 m inferiori della formazione, per la presenza in essi di *Uvigerina veneta* Selli, *Cassidulina cruysi* Marks, ecc. Appartengono invece al Tortoniano i 260 m circa più alti delle serie. Meno facile è la datazione precisa del complesso molassico più alto, che contiene solo microfaune sporadiche e molto povere; essa in buona parte appartiene ancora al Tortoniano, la sua porzione più alta però deve comprendere anche parte del Messiniano, come riproverebbe la presenza di gesso (1). Giova infine ricordare che la formazione *marnoso-arenacea* umbra corrisponde per età e per costituzione litologica a quella romagnola (177).

#### 14. Miocene inferiore e medio a facies marchigiana.

Come ho già detto più sopra questa facies si estende ad oriente dei rilievi mesozoici del Montoego e del Catria-Nerone e più precisamente nei bacini interni della catena e nell'avanfossa adriatica (v. pag.177); essa è inoltre caratterizzata dal tipico sviluppo marnoso.

Anche qui alla base della serie miocenica e in continuità con la *scaglia* cinerea, compare il *Bisciario*, con caratteri analoghi a quelli visti più sopra. Infatti anche qui la formazione è costituita da un'alternanza ben stratificata di marne grigiastre e calcari marnosi; questi ultimi contengono spesso silicizzazioni diffuse o concentrate in noduli nerastri e sono compatti e di color grigio o brucicchio. Talora si osservano anche intercalazioni tripolacee: così al Molino di Ponte del Sasso sul Tarugo.

Il *Bisciario* descritto ha una buona resistenza agli agenti meteorici ed è infatti facilmente riconoscibile anche a distanza per le pareti ripide e scoscese cui spesso dà luogo; esso è tipicamente sviluppato fra Metauro e Cesano, all'orlo N della Cesana, ecc. Nell'Urbinate ha invece talora minore resistenza

(1) Si veda al riguardo anche la lente gessifera riportata sul foglio Gubbio (195).

agli agenti atmosferici, dà infatti luogo a un minuto sfaticcio a spigoli vivi, e caratteri un po' diversi. Malgrado le modeste variazioni il complesso in questione è però ben distinguibile dalle formazioni a contatto per il suo più elevato contenuto calcareo. Il *Bisciario* affiora sui fianchi dei rilievi mesozoici e nelle sinclinali interposte e nel nucleo di varie anticlinali esterne.

E' assai interessante notare che nella parte media e inferiore del *Bisciario* si intercalano degli strati di sabbia vulcanica. Si tratta di una sabbia costituita essenzialmente da elementi vetrosi, pomicei, a spigoli vivi e di minutissime dimensioni (per la grande maggioranza inferiori a mm 0,7 di diametro); subordinati del tutto sono i granuli birifrangenti (quarzo, feldspati, miche, calcite). Il contenuto argilloso-marnoso è sempre sensibile e spesso assai elevato; inoltre i livelli di sabbia vulcanica non hanno in genere limiti netti ma sfumano gradualmente nelle marne contigue. Il colore della roccia è biancastro; grigiastro o bruniccio; la compattezza è per lo più bassa, essendo il cemento argilloso-marnoso.

Vario è il numero di livelli a sabbia vulcanica; in certi casi sembra avvicinarsi alla decina separati da alcuni metri di *Bisciario*; lo spessore dei singoli stati, dati i loro limiti indecisi, non è facile da stabilire, oscilla ad ogni modo fra qualche decimetro e il metro.

La diffusione di queste sabbie vulcaniche entro il *Bisciario* è notevolissima. Le ho infatti rinvenute nell'Urbinate, nei dintorni di Isola del Piano, di Fossombrone, Pergola, Arcevia, ecc. e più a S fin oltre l'Esino. Si può dire cioè che esse siano presenti almeno in tutta la porzione interna dell'avanfossa marchigiana compresa fra il Foglia e l'Esino (1).

Poco si può dire per ora circa l'origine di queste sabbie. Evidentemente esse furono prodotte da esplosioni vulcaniche langhiane e quindi trasportate da grande distanza ad opera del vento entro il mare miocenico marchigiano. Sono però necessarie ulteriori ricerche sul terreno e in laboratorio per avere qualche indizio circa la probabile posizione di questo antico centro eruttivo.

(1) Nella leggenda del Foglio Gubbio (195) sono citati tufi vulcanici nell'Elveziano dei dintorni di Pergola e Sassoferrato. Penso si tratti sempre delle sabbie vulcaniche descritte; in tal caso sarebbe interessante il loro ritrovamento anche nei bacini mediani della catena marchigiana.

Il *Bisciario* passa gradualmente verso l'alto a una formazione marnosa, cui sia nelle Marche sia nell'Appennino settentrionale si dà il nome di *Schlier*, per l'analogia litologica con certe rocce mioceniche del bacino di Vienna (1). Sono marne di varia consistenza però con contenuto argilloso generalmente aumentate verso l'alto della serie e sempre facilmente attaccabili dagli agenti atmosferici, soprattutto per gelività. Il colore è biancastro nella parte inferiore e media del complesso, prevalentemente grigiastro in quella superiore. La frattura è spesso concoide e la stratificazione è assai poco netta e solo segnata dal diverso contenuto calcareo. Il limite inferiore dello *Schlier* è convenzionale ma sempre ben riconoscibile e basato essenzialmente sulla minore resistenza e compattezza della formazione rispetto al *Bisciario* sottostante. Entro lo *Schlier* della nostra regione si rinvengono spesso sottili orizzonti di argille smectiche, cui dirò in seguito (pag. 152). Il complesso stratigrafico in questione affiora ampiamente nella vallata del Metauro e in quelle contermini; oltre ai lembi già noti ne devo ricordare uno lungo oltre 7 chilometri stendentesi fra Novilara e Cuccurano, sfuggito ai precedenti rilevatori.

Fra il Cesano e il Metauro e a NW di quest'ultimi fra il M. della Cesana e il mare ho trovato in media per il *Bisciario* uno spessore di 90 m e per lo *Schlier* spessori oscillanti fra i 290 e 330 m (più spesso 300 m circa). Tali valori si possono considerare esatti derivando da un gran numero di misure. Solo nel bacino di Urbania la potenza della *Schlier* pare ridursi sui 200 m (V. nota alla pagina seguente).

Anche il Miocene a facies marchigiana è assai povero di macrofossili. Entro il *Bisciario* è stata rinvenuta l'*Ostrea langhiana* Trab. nei dintorni di Urbino (M. Spadaro) e Urbania (Orsaiola) e forse l'*Amphistyaegina niasi* Verb. ancora nei pressi di Urbino (139, 140). Provengono invece dallo *Schlier*. *Carcharodon megalodon* Ag. da Farneto presso Acqualagna, *Pholadomya canavarii* Sim e Ph. cf. *margaritacea* Sow. da Colbacchione (Cagli) (121). Solo probabile è invece la provenienza dallo *Schlier* dei seguenti fossili (2): *Toxopagus italicus* Manz. e Mazz., *Lima strigilata* Br., *Aturia aturi* Bast. e *Oxhyrina hastalis* Ag. dei dintorni di Serra S; *Abbondio*, *Flabellum vaticani* Ponzi, *Vaginella calandrellii* Mich. e *Balantium carinatum* dei dintorni di Urbino.

(1) Riconosce che il termine *Schlier* non è molto felice, come non lo sono del resto tanti altri ormai entrati nella letteratura geologica: ha però, almeno qui da noi, il pregio della comodità.

(2) PRINCIPI, al quale si devono questi ritrovamenti (139, 140) col termine di *Bisciario* intende, oltre il *Bisciario* vero e proprio anche lo *Schlier*; può perciò rimanere incertezza sulla reale provenienza dei fossili citati.

Nello *Schlier* dei dintorni di Isola di Fano ho rinvenuto *Ostrea cochlar* Poli inoltre da quello di numerose località (Tarugo, Urbania, Urbino, Isola del Piano, Montegaudio, Coldelce, Cuccurano, ecc.) ho isolato numerose e ricche microfaune.

E' così possibile, con i macro e i microfossili, dedurre un'età langhiana per il *Bisciario* e mediante i Foraminiferi stabilire la presenza dell'Elveziano e del Tortoniano nello *Schlier* (1). Però il limite fra questi due ultimi piani, essendo puramente paleontologico non è riconoscibile sul terreno; solo nella valle del Tarugo e in quelle vicine del Cesano e del Misa ma porzione più alta ed essenzialmente tortoniana dello *Schlier* ha un contenuto argilloso più elevato che altrove e una tinta più marcatamente grigio-azzurrastra. Questa facies che nelle vallate citate è continua e sempre presente è però legata da passaggi gradualissimi e lenti con lo *Schlier* tipico sottostante.

Allo *Schlier* succedono verso l'alto le formazioni di letto dell'orizzonte gessoso-solfifero. Di tali formazioni, assai varie per composizione litologica e spessore, ci occuperemo in dettaglio più avanti (pag. 93). Qui basti dire che in questi terreni possiamo distinguere due sviluppi diversi: uno quasi esclusivamente argilloso-marnoso, un altro marnoso-molassico (molasse inferiori), fra loro legati da gradualissimi passaggi laterali.

La facies argilloso-marnosa compare fra Mondaino e S. Giorgio di Pesaro, nelle sinclinali di Cà Bernardi, M. Aiate e Serraspina e al margine esterno del rilievo di Arcevia a S del Cesano. In queste zone allo *Schlier* alto già fortemente argilloso succedono argille marnose verdastre con numerose intercalazioni bituminose; lo spessore complessivo oscilla fra i 35 e i 60 m a seconda delle zone.

In quasi tutto il resto della nostra regione, allo *Schlier* segue verso l'alto una alternanza di argille marnose e molasse, dove il contenuto molassico aumenta progressivamente da SE verso NW tanto che in sinistra del Metauro le molasse diventano prevalenti; insieme al contenuto molassico aumenta notevolmente anche lo spessore delle serie. Questi progressivi passaggi laterali si osservano molto bene al margine esterno del rilievo Furlo-Arcevia fra il

(1) Solo nel bacino di Urbania lo *Schlier* pare terminare con l'Elveziano; le molasse che qui seguono subito sopra comprendono tutto il Tortoniano (v. Tav. III, colonne I e II).

Cesano e il Metauro (1). LA potenza della facies marnoso-molassica oscilla fra i 70-80 m (Isola di Fano) e i 350 m (Lunano).

Questi terreni argillosi, marnosi e molassici compresi fra lo *Schlier* e la formazione gessoso-solfifera sono normalmente attribuiti, sulla carta geologica ufficiale, al Messiniano; Lo studio di parecchie centinaia di microfaune mi ha invece dimostrato che essi appartengono per buona parte ancora al Tortoniano; solo la porzione più elevata (talora solo qualche metro o poche decine di metri) della serie è del Messiniano (per altri elementi cfr. anche il paragrafo seguente e pag.93).

Per l'età, spessore e distribuzione dei terreni mesomiocenici a facies marchigiana si vedano le Tavv. I, III e IV (figg 1 e 2).

Una importante questione di geologia regionale verte su rapporti che intercorrono fra le facies umbra e marchigiana, cioè in definitiva fra la formazione *marnoso-arenacea* s.s. e lo *Schlier*. Le due facies mesomioceniche sono legate fra loro da passaggi laterali piuttosto rapidi, che devono essere osservabili ( non ho condotto ricerche particolareggiate nella zona) solo sul prolungamento nordoccidentale dell'anticlinale del Montoego, ossia nel quadrilatero compreso all'incirca fra S. Angelo in Vado; S. Giovanni in Petra, Frontino e S. Sisto. Infatti mentre a S. Angelo in Vado e in tutta la regione a SW la formazione *marnoso-arenacea* ha il suo potente e completo sviluppo, fra S. Giovanni in Petra e Frontino e più a NE tutto l'Elveziano è rappresentato dallo *Schlier*. Del resto anche PRINCIPI (140) accenna a transazioni fra le due facies nella zona di Sorbetolo. Per spiegare questo rapido passaggio laterale di due facies così ben distinte ed estesamente diffuse, penso che durante l'Elveziano esistessero fondali bassi, se non addirittura aree in emersione, in corrispondenza degli attuali rilievi mesozoici interni e più a NW, capaci di impedire, a mo' di diga, che i detriti terrigeni d'origine umbra invadessero l'area di sedimentazione marchigiana.

(1) Devo notare che, in via generale, lo spessore di questo complesso molassico, che come vedremo appartiene in gran parte al Tortoniano, tende a diminuire progressivamente di spessore, oltre che da NW verso

SE (cioè dal Foglia al Cesano), anche da SW verso NE (cioè dall'anticlinale del Montiego a quella di Colbordolo-Bargni). Inoltre corrispondentemente alla riduzione di spessore si ha anche una sempre minore antichità della base del complesso molassico.

## 15. Miocene superiore (Messiniano).

Esporrò più avanti in dettaglio i caratteri e la stratigrafia di questi terreni (pag.93); perciò mi limito qui a brevi cenni. Ho già detto (pag. 27) che a SW del rilievo Nerone-Catria le arenarie del M. Vicino e di Serra di Maggio, ascrivibili al Tortoniano e in parte al Messiniano, chiudono localmente la serie stratigrafica umbra. A NE invece di questo rilievo, cioè nel medio e basso bacino del Metauro, il Miocene è completo anche nei suoi termini più elevati.

Qui alle marne grigiastre dello *Schlier* succedono dei terreni assai vari per composizione litologica e per spessore, che vengono indicati con termini diversi a seconda delle preferenze degli AA.: Mio-Pliocene, Sarmaziano, Pontico, Messiniano, ecc. (pag.82). Per le Marche settentrionali la successione di questi terreni si può così schematizzare dall'alto al basso:

7) Argille marnose e marne argillose la cui porzione inferiore è ancora messiniana mentre quella superiore appartiene al Pliocene inferiore.

6) Argille marnose e marne argillose (talora in parte o completamente sostituite da molasse) con intercalazioni di straterelli calcarei (colombacci) (219).

5) Formazione di tetto costituita da argille marnose e bituminose talora sostituite in parte o completamente da molasse (molasse superiori).

4) Formazione gessoso-solfifera con il caratteristico corredo di rocce svariate (gessi, marne bituminose fogliettate, ecc.).

3) Marne tripolacee e tripoli, non sempre ben distinti dal livello sottostante.

2) Formazione di letto rappresentata da argille marnose a bande bituminose e più spesso da molasse (molasse inferiori) (v. pag.29).

1) Marne grigiastre più o meno calcaree costituenti la porzione più alta dello *Schlier* (v. pag.30).

In questi complessi stratigrafici i macrofossili sono per lo più rari e limitati a qualche orizzonte isolato, per cui non permettono una datazione sicura di tutta la serie. Si possono a tal proposito ricordare: i resti di pesci e foglie, che spesso si rinvencono entro i livelli tripolacei; i *Cardium* e altre forme delle faune a *Congerina*, connesse con la formazione gessoso-solfifera; l'*Ostrea cochlear*

navicularis Br. e i denti di *Carcharodon megalodon* Ag., trovati nelle molasse superiori dell'Urbinate e di M. Aiate (139, 140).

Per la datazione dei terreni in oggetto si prestano invece assai meglio le microfaune; infatti dalle numerosissime che ho finora esaminato si possono trarre precise conclusioni. Il complesso 1 sopra citato appartiene, come ho già detto, al Tortoniano. Ancora per buona parte tortoniane sono le microfaune della formazione di letto (livello 2), però quelle più alte mostrano un progressivo impoverimento di specie, tanto che immediatamente sotto alle marne tripolacee sono in pratica ridotte a soli Globigerinidi; ciò dimostra un progressivo cambiamento da un ambiente tipicamente marino normale a un altro marino sovrasalato. I complessi stratigrafici 3-6 o sono del tutto privi di Foraminiferi oppure questi, se presenti, sono rappresentati solo da rarissime Globigerine mal sviluppate; persiste perciò sempre l'ambiente marino sovrasalato. Alla base del complesso 7 continuano ancora per qualche metro le microfaune poverissime già ricordate, però esse si vanno arricchendo rapidamente verso l'alto, tanto da divenire ben presto abbondantissime e tipiche del Pliocene inferiore; parallelamente si ha la ripresa dell'ambiente marino normale.

Ne deriva così che la porzione più alta del livello 2, tutti i livelli 3, 4, 5 e 6 e la base del livello 7 sono ascrivibili al messiniano, che è appunto caratterizzato dal tipico ambiente marino soprasalato (v. anche pag.85) (1). Inoltre è interessante notare che l'inizio della sedimentazione terrigena prevalentemente molassica (cioè del livello 2) non fu ovunque contemporaneo; talora cominciò con il Tortoniano basale (bacino di Urbania), ma più spesso nel Tortoniano medio o superiore (v. pagg.31 e 70). Si deve infine tener presente che, malgrado i cambiamenti di facies e di ambiente, si ebbe, nei bacini interni della catena e nell'avanfossa marchigiana, continuità di sedimentazione anche per tutto il Miocene superiore.

(1) Considero Messiniano inf. la parte più alta del livello 2 e i livelli 3-4. Messiniano medio il livello 5 e Messiniano sup. il livello 6 e la parte più bassa del 7. Più avanti adotterò spesso per comodità questa tripartizione convenzionale.

## 16. Pliocene .

Questi terreni affiorano solamente nell'avanfossa marchigiana, cioè ad oriente della grande dorsale Urbino-Arcevia-Sibillini; mancano invece, almeno a N dell'Esino, nei bacini madiani della catena. Infatti i terreni neogenici più recenti che ho osservato in queste sinclinali interne appartengono al Messiniano sup. o meglio al livello 6 del paragrafo precedente (pag.32) (sinclinale di Cà Bernardi, sinclinale Pietrarubbia-Urbana).

Il Pliocene ha una grande estensione a SE del Metauro, dove, se si eccettuano la zona di S; Ippolito-Montemaggiore, i dintorni di Sinigaglia e quelli di Ancona e Polverigi, copre con continuità l'avanfossa marchigiana. A NW del Metauro invece, e specialmente fra Foglia e Metauro, il Pliocene è limitato al fondo delle sinclinali maggiori.

Nell'esposizione che segue distinguerò il Pliocene in tre parti, inferiore, medio e superiore, secondo i criteri che ebbi già ad esporre altrove (221). Infatti se vi è una regione italiana dove in nessun modo è possibile seguire la vecchia bipartizione in Piacenziano ad Astiano, questa è proprio la nostra con le sue numerose e cospicue variazioni laterali di facies. Per le datazioni e le correlazioni precise dei terreni pliocenici, data la grande rarità dei macrofossili, ho studiato parecchie centinaia di microfaune raccolte nella regione metaurense, le quali per la loro ricchezza e varietà mi hanno permesso sicuri e dettagliati riconoscimenti stratigrafici.

Il Pliocene inferiore è sempre in perfetta continuità stratigrafica col sottostante Messiniano; anzi il limite fra i due piani non è segnato da alcun cambiamento litologico, ma è individuabile solo con lo studio micropaleontologico. Come ho già detto (pag.33), le argille marnose che chiudono il messiniano, nella loro parte più alta appartengono già al Pliocene inf. Occorre perciò abbandonare l'idea espressa da alcuni AA. (196, 224) della trasgressione alla base del Pliocene marchigiano; ciò vale non solo per il bacino del Metauro, ma per tutte le Marche.

Il Pliocene inf. si presenta talora solo in facies di argille marnose azzurre con contenuto sabbioso pressoché assente; ciò avviene nella sinclinale di Tomba di Pesaro - M. delle Forche. In questa zona però il contenuto sabbioso tende ad aumentare verso l'alto tanto che alla sommità della serie a Tomba di Pesaro compaiono vere e proprie molasse e infine ciottoli sparsi di rocce eruttive e metamorfiche (pag. 37).

Lungo l'orlo interno dell'avanfossa secondo un allineamento che passa per Sorbolongo, Fratte Rosa, S. Lorenzo in Campo, Serra dei Conti e che poi prosegue verso SE oltre l'Esino, nella porzione alta del Pliocene inferiore si intercala un potente complesso molassico con frequenti e sottili interstrati argillosi. Queste molasse, il cui spessore è variabile ed oscilla in media sui 50-100 m, passano gradualmente verso il basso, verso l'alto e lateralmente ad argille sabbiose e infine ad argille. Il cambiamento di facies verso NE è più rapido che non verso NW e SE; questo è in armonia con quanto esposti altrove (218), cioè che le intercalazioni sabbiose nel Pliocene dell'avanfossa marchigiana hanno la forma di enormi lenti allungatissime secondo NW-SE e chiudentesi rapidamente verso NE.

Nell'anticlinale di S. Costanzo e nelle colline costiere fra Pesaro e Fano a NE della congiungente ideale S. Veneranda-Novilara-Rosciano, tutta la serie eopliocenica è molassica con intercalazioni argillose trascurabili (ad W di Trebbiantico). A NW di Montecalvo in Foglia (si tratta però di una zona che non compare nell'unita carta geologica (Tav. I)) l'Eopliocene è in buona parte rappresentato da molasse e conglomerati.

A conclusione di quanto ho esposto finora si devono fare alcune osservazioni importanti. Anzitutto ho fino a questo momento parlato di Pliocene inferiore, però in realtà parte delle formazioni citate rappresentano già nella loro porzione più alta anche la parte inferiore del Pliocene medio, come denunciano chiaramente le microfaune. I macrofossili già ricordati dagli AA. all'apice della serie a Tomba di Pesaro (102, 174) o quelli che ho rinvenuto alla sommità delle molasse di Fratte Rosa, Serra dei Conti, ecc. concordano in via generale con tali vedute cronologiche (1).

Un altro fatto importante è che tutte le serie del Pliocene inf.-Pliocene medio p.p. ricordate hanno nella loro porzione più alta un netto carattere regressivo; ciò è denotato sia dalla facies litologica (comparsa di molasse o addirittura di conglomerati) sia soprattutto dai fossili. Infatti mentre le microfaune dei livelli inferiori della serie in questione sono di ambiente marino profondo (batiale, quelle contenute nella parte più alta indicano mare basso.

(1) In realtà si tratta di microfaune banali di mare basso, che portebbero essere indifferentemente attribuite o alla parte più alta del Pliocene inf. o a quella più bassa del Pliocene medio.

Anzi al disopra delle molasse di Sorbolongo, Fratte Rosa e S. Lorenzo in Campo compaiono argille e microfaune nettamente litoranee o addirittura salmastre. La diminuzione di profondità dell'antico mare, iniziata generalmente verso la fine del Pliocene inferiore (almeno in destra del Metauro) è stata abbastanza graduale.

Nelle sinclinali in sinistra del Metauro (sinclinali di Montecalvo in Figlia - Ponte degli Alberi e di Tomba di Pesaro - Monte delle Forche) e nelle colline costiere fra Pesaro e Fano con la regressione, avvenuta come si è detto durante la prima parte del Pliocene medio, termina anche la serie pliocenica locale; in nessun punto infatti ho trovato terreni marini più recenti. Quindi con ogni probabilità la regione compresa fra i fiumi Conca e Metauro deve essere definitivamente emersa poco dopo l'inizio del Pliocene medio.

Diversa invece è stata la storia delle zone a SE del Metauro. Nell'anticlinale di S. Costanzo-Scapezzano le molasse del Pliocene inf.-medio p.p., con all'apice lembi di conglomerati ad elementi eruttivi e metamorfici (pag. 37), sono coperte trasgressivamente da argille della parte più alta del Pliocene medio. Questa trasgressione, che nell'area metaurense, per quanto mi è noto finora, compare solo sui fianchi dell'anticlinale suddetta, è però enormemente estesa nella restante avanfossa marchigiana. Infatti il contatto trasgressivo è seguibile con continuità lungo l'orlo interno dell'avanfossa da Serra dei Conti ai dintorni di Ascoli, cioè dal Misa al Tronto. La trasgressione, come è naturale, non è stata ovunque rigidamente coeva, è però avvenuta quasi sempre fra l'inizio e la parte media del Pliocene medio, a seconda delle zone, e talora anche alla fine del Pliocene inf. (217).

Lungo l'orlo interno dell'avanfossa marchigiana fra il Metauro e il Misa, cioè nei dintorni di Sorbolongo, Fratte Rosa, S. Lorenzo in Campo, Ripalta e Montale, non ho trovato questo contatto trasgressivo. Qui infatti la serie del Pliocene inf.-medio p.p. è in continuità stratigrafica con quella sovrastante, però ne è separata mediante le argille a faune litoranee e salmastre, cui ho accennato più sopra. Evidentemente queste ultime corrispondono al massimo ritiro del mare e quindi praticamente all'inizio della trasgressione nelle altre aree della restante avanfossa marchigiana a SE del Metauro (1).

(1) Nella carta geologica della Tav. I ho appunto bipartito il Pliocene in Pliocene inf.-medio p.p. e Pliocene medio p.p.-sup. mediante la trasgressione ricordata più sopra e questa intercalazione salmastra. Infatti la tripartizione del Pliocene marchigiano (pag. 34), non riconoscibile sul terreno, si può fare solo mediante le microfaune.

La serie pliocenica più recente, che, mediante la trasgressione o l'intercalazione litoraneo-salmastra, ricopre in destra del Metauro i terreni descritti in precedenza, comprende la parte più alta (e talora anche quella media) del Pliocene medio e il Pliocene sup. Questa serie è rappresentata nell'area metaurense essenzialmente da argille azzurre con contenuto sabbioso quasi sempre molto basso. Spesso si intercalano però anche lenti molassiche, che sfumano alla base, al tetto e lateralmente alle argille circostanti (217, 218). Fra queste intercalazioni, assai diverse fra loro per età ed importanza, si possono ricordare le molasse di Orciano-Mondavio (del Pliocene medio), di S; Giorgio, di Piagge e della Costa delle Balze (del tetto del Pliocene medio o della base del Pliocene sup.) e di Cerasa (del Pliocene sup.). Per quanto si riferisce al solo Pliocene sup. si può osservare che esso è limitato, nella nostra regione, a parte della monoclinale costiera fra Metauro e Cesano a NE di S; Costanzo e a una vasta area più interna compresa all'incirca fra queste località: Ostra Vetere, Cerasa, Francavilla (E di Monterado). Anche il Pliocene medio p.p. - Pliocene sup. ha un generale carattere regressivo.

Con la fine del Pliocene superiore tutta la regione compresa fra il Metauro e l'Esino emerse definitivamente; infatti Quaternario marino si trova solo in una fascia costiera a S di questo ultimo fiume fino al Tronto (220).

## 17. Quaternario.

Tutti i terreni quaternari della regione metaurense sono di deposito continentale: si tratta di alluvioni terrazzate, alluvioni di fondovalle, conoidi e falde detritiche sui fianchi dei rilievi mesozoici, accumuli di frana e perfino di depositi glaciali (M. Nerone). Su tutti questi e sulle azioni erosive che hanno portato al modellamento morfologico avrà modo di intrattenermi più avanti (v. Parte VI).

Oltre ai molluschi terrestri e avanzi di *Megaceros* (S. Lorenzo in Campo) e di altri Cervi (M. Luro) i terreni quaternari hanno fornito frequenti resti delle industrie umane paleolitiche (Ponte d'Azzo, S. Fortunato, Orciano, valle del Tarugo, S. Lorenzo in Campo, ecc.) e neolitiche (Borgopace, Apecchio, Urbania, Gorgo a Cerbara, Chiaserna, Cantiano, Cagli, Serra S; Abbondio, S. Biagio di Fano, ecc.) (99, 155, 156).

## 18. Rocce eruttive e metamorfiche.

Se si escludono le sabbie vulcaniche langhiane (pag. 28) e alcune mineralizzazioni forse idrotermali (pag. 77) mancano in tutta la regione marchigiana materiali in posto di origine eruttiva; sono però presenti, come ho accennato più sopra (pag. 34) dei conglomerati ad elementi eruttivi e metamorfici.

Si tratta di ciottoli spesso con dimensioni cospicue (possono superare anche i 20 cm di diametro), associati a sabbia grossolana e dei seguenti tipi litologici: graniti, sieniti, dioriti, diabasi, gabbri olivinici, porfidi quarziferi, nefeliniti, gneiss, micascisti, filladi, quarziti, arenarie glauconitiche, calcari nummolitici, ecc. Si occuparono di tutte queste varie rocce numerosi AA. e in modo particolare CARDINALI (62), CHELUSSI (73) e MARTELLI (104), ai quali rimando per maggiori notizie.

I ciottoli in questione hanno una grandissima diffusione nella regione costiera fra i fiumi Tavollo e Cesano, fino a sparire praticamente oltre i 6-8 km dal mare. Fra le località di rinvenimento si possono ricordare: dintorni di Tomba di Pesaro (M. Peloso e M. Luro), S; Veneranda, Fosso dei Condotti, dintorni di Novilara, Fosso S. Jore, Roncosambaccio, dintorni di S. Costanzo e Mondolfo. Questi conglomerati compaiono nella loro giacitura primaria all'apice della serie regressiva del Pliocene inf.-Pliocene medio p.p. I ciottoli furono poi ripresi dalla successiva trasgressione (S; Costanzo) e in seguito variamente ereditati nei depositi quaternari alluvionali (Fosso dei Condotti, Fosso S. Jore).

Però questi ciottoli non sono esclusivi dei conglomerati suddetti, ma si rinvengono, sia pure come estrema rarità e per lo più con piccole dimensioni, anche in altre formazioni neogeniche della regione metaurensese e delle contermini. Così si trovarono: ciottoli di micascisto nelle marne a facies di *Schlier* di Fabriano (56, 121), un ciottolo di calcescisto micaceo nell'arenaria tortoniana dei dintorni di Urbino e un altro di micascisto granatifero in quella di Fiastra (72), ciottoli di micascisto nelle argille mesoplioceniche di Piagge e un masso di gneiss in quelle coeve di Appignano (Macerata) (64).

Poiché rocce del genere non affiorano in posto nè nella nostra nè, per un amplissimo raggio, nelle regioni contermini, si pone il problema dell'origine di questi ciottoli e in modo particolare, stante la loro abbondanza, di quelli del conglomerato pliocenico. I più vicini affioramenti di tipi litologici più o meno analoghi si trovano solo nelle Alpi, nella regione tosco-tirrenica e in quella

dalmata. Per ammettere però una di tali provenienze occorrerebbe invocare modalità di trasporto del tutto particolari e cioè:

- a) Trasporto ad opera di ghiacci galleggianti (Cardinali, 62) o di radici di piante portate a mare dalle piene dei fiumi (Canavari, 56).
- b) Trasporto ad opera del flutto di fondo.
- c) trasporto lungo il litorale ad opera di onde incidenti.
- d) Rimaneggiamento e trapasso continuato da una formazione all'altra attraverso i periodo geologici (ciottoli ereditati) (Rovereto, 165, pag. 37).
- e) Trasporto ad opera di coltri alloctone e quindi per ereditarietà nel neoautoctono.

Già a prima vista quasi tutte queste supposizioni appaiono o impossibili o del tutto inadeguate per ammettere trasporti da così grandi distanza (Alpi, Dalmazia, Toscana). Evidentemente è senz'altro da scartare l'ipotesi dei ghiacci galleggianti per la conoscenze ben precise che abbiamo oggi sulla paleoclimatologia del nostro Neogene; del tutto priva di valore è l'ipotesi del trasporto ad opera di radici di piante. Già il fatto che non è ancora dimostrata una cospicua azione del moto ondoso oltre i 20 m di profondità fa notevolmente scemare l'importanza della supposizione c). D'altro canto contro un'origine alpina o dalmata dei nostri ciottoli e il loro trasporto ad opera del mare secondo l'ipotesi b) o c) o altre (correnti torbide di KUENEN) stanno vari fatti: la localizzazione dei conglomerati e la loro assenza per amplissimi tratti del versante adriatico-padano dell'Appennino (73) e le notevoli dimensioni dei ciottoli. Per avvalorare l'ipotesi d) occorrerebbero ritrovamenti anche nei terreni premiocenici, a sostegno invece dell'ipotesi e) si dovrebbe riscontrare la frequenza dei tipi petrografici sopra elencati nelle Argille scagliose o per lo meno abbondanti frammenti dei vari materiali inglobati nelle Argille scagliose anche nei nostri conglomerati; ma tutto questo non si verifica. Credo inutile dilungarmi con altre considerazioni evidenti, per dimostrare l'impossibilità della provenienza dei ciottoli in questione dalle Alpi, dalla Dalmazia o dall'area tosco-tirrenica.

In tali condizioni appare necessario ammettere una provenienza diversa; cioè, come già hanno supposto alcuni AA. (82, 181) da un *massiccio* cristallino oggi sommerso, ma forse non ancora completamente sepolto dai sedimenti dell'Adriatico. Una tale ipotesi, per quanto non suffragata da fatti diretti, spiegherebbe assai bene la distribuzione dei nostri conglomerati in vicinanza

dell'attuale Adriatico, la loro composizione del tutto particolare e assai diversa da quella degli altri conglomerati pliocenici marchigiani, le notevoli dimensioni dei ciottoli le quali dimostrano un'origine vicina e infine la presenza di tipi litologici che non trovano riscontro nelle regioni di provenienza dianzi supposte (1).

Penso quindi che nell'Adriatico, al largo di quella che è oggi la costa pesarese, emergesse durante il Neogene un *massiccio* cristallino. La massima emersione sarebbe avvenuta all'inizio del Pliocene medio (in concomitanza con la regressione vista a pag. 35); ne sarebbe derivata un'intensa erosione subaerea e un abbondante trasporto di detriti e di ciottoli verso W. E' probabile però che fin dall'Elveziano e forse ancor più nel Messiniano questo *massiccio* cominciasse ad affiorare (v. i ritrovamenti citati a pag. 38). Il rilievo cristallino adriatico supposto non sarebbe in ogni caso l'Adria degli AA. (225, p. 69), intesa come continente o quasi sprofondandosi nel mare in periodo geologici recenti. Sarebbe piuttosto il nucleo eruttivo-metamorfico dell'avanpaese adriatico delimitante all'esterno l'avanfossa neogenica marchigiana.

Come ho già accennato altrove (218) e come si vedrà più innanzi (pagg. 104, 147, 180), anche altri fatti, oltre i conglomerati descritti, comproverebbero l'esistenza di un *massiccio* cristallino (2).

(1) Questi fatti ed altri di ordine strutturale escludono anche l'ipotesi ventilata da DE STEFANI (83) che il *massiccio* sepolto affiorasse durante il Pliocene nell'area marchigiana oggi emersa anziché nell'attuale Adriatico.

(2) E' anche interessante ricordare che le ghiaie e i conglomerati di varia età affioranti in altri punti della nostra regione hanno composizione ben diversa da questi esaminati. Così ad esempio i conglomerati del Messiniano medio-sup., che chiudono la serie di Pietrarubbia e di Lunano sono costituiti da elementi provenienti dalle argille scagliose: i conglomerati messiniani di Cingoli, i ciottoli che si rinvennero nel Messiniano a SW di Pergola o entro le molasse all'apice del Pliocene inf.-medio p.p. fra Serra dei Conti e Staffolo provengono dalla catena marchigiana. Quest'ultima origine hanno anche le ghiaie del Quaternario inf. i sup. Ma in tutti questi conglomerati e ghiaie mancano invece elementi eruttivi o metamorfici.

## CAPITOLO II

### LA TETTONICA

La nostra è tipicamente una regione a pieghe almeno nella maggior parte delle forme strutturali osservabili e prescindendo dai fenomeni disgiuntivi esistenti nei complessi calcarei rigidi del Mesozoico profondo, solo in parte affiorante. Per avere però un quadro complessivo di una certa fedeltà è necessario esaminare i principali tipi strutturali che in superficie appaiono regionalmente distinti e che sono connessi con la composizione litologica e gli spessori delle serie stratigrafiche. Questi tipi strutturali sono tre: la tettonica dei rilievi mesozoici, quella del Neogene esterno e infine quella della formazione *marnoso-arenacea* interna. Cominceremo dalla prima, della quale le altre due possono considerarsi, almeno in parte, i riflessi (1).

#### 1. La tettonica dei rilievi mesozoici.

I rilievi mesozoici (2) affioranti nella regione del Metauro e corrispondenti grossomodo a grandi anticlinali sono (procedendo da SW a NE) i seguenti: M. Petria-M. Cucco, M. Nerone-M. Petrano-M. Catria, M. Roma-M. della Strega, Montoego, Abbadia di Naro, Aqualagna, Furlo, Cesana (3). Il primo e il terzo di questi affiorano solo in minima parte nel nostro bacino, per estendersi più ampiamente in quelli contigui; il quinto è solo una modesta anticlinale; tutti sono poi fra loro subparalleli e con un generale orientamento NW-SE. La varia profondità dell'erosione, ma soprattutto il diverso innalzamento dei vari rilievi fanno affiorare nel loro nucleo rocce diverse; così solo nei rilievi Nerone-Catria, M. Roma-M. della Strega e Furlo affiora il *calcare massiccio*, al Montoego la *corniola*, in quelli di Aqualagna e della Cesana solo la porzione più elevata del *calcare rupestre*, infine all'Abbadia di Naro solamente la scaglia.

(1) Per notizie complementari a quelle esposte in questo capitolo rimando a pag. 177 e a una mia nota già pubblicata (217).

(2) Intendo anche qui, come nel capitolo precedente, questo termine nel senso strutturale e non morfologico, anche se sono osservabili nella nostra regione inversioni di rilievo.

(3) Nell'indicare i vari elementi strutturali qui e in seguito ho cercato di scegliere le località più significative e più facilmente rintracciabili sulla carta topografica, anche se talora un po' a scapito della precisione.

Data l'analogia strutturale che intercorre fra i rilievi nominati, credo sia sufficiente scendere a qualche dettaglio solo per i più tipici di questi, cioè per quelli che, presentando anche i termini più antichi della serie stratigrafica, meglio permettono la ricostruzione strutturale e dinamica. Mi rifarò inoltre essenzialmente alla struttura del rilievo M. Nerone-M. Catria o meglio alla porzione di esso compresa fra i torrenti Biscuvio e Burano, che meglio mi è nota per le mie ricerche (1).

La struttura dei rilievi mesozoici, come pure parte di quella delle zone oggi coperte dal Terziario, è stata essenzialmente determinata dal comportamento del *calcare massiccio* (basale rispetto alla serie affiorante) alle sollecitazioni tettoniche. Questo complesso di grande spessore, certamente superiore ai 450 m circa affioranti alla gola del Furlo, è dotato di una notevole rigidità determinata, oltre che dalla sua potenza, dall'assenza o quasi di netti piani di stratificazione. Perciò assoggettato alle spinte tettoniche si è comportato come un unico enorme strato calcareo a notevole coesione interna, il quale in un primo tempo si è potuto curvare secondo pieghe ad ampio raggio e in seguito per il persistere o il riprendere degli sforzi compressivi si è rotto secondo numerose faglie a grande o piccolo rigetto, dirette o inverse a seconda dei casi.

Il piegamento, come è chiaramente visibile sul terreno, è stato anteriore e , anche se le pieghe sono state successivamente dislocate mediante faglie, è facilmente ricostruibile nei rilievi dove affiora ampiamente il *calcare massiccio* . La curvatura delle anticlinali è sempre piuttosto dolce e la volta è pianeggiante come dimostrano le ampie zone a strati suborizzontali osservabili lungo l'asse o in prossimità di esso al M. Nerone e alle foci del Burano. Talora l'anticlinale maggiore presenta anche leggere ondulazioni secondarie per cui si può avere anche un accenno a un piccolo assetto anticlinoriale (M. Cimaio), ma più spesso l'anticlinale è semplice (Furlo). In tutto il grande rilievo Nerone-Catria è netta l'asimmetria dei fianchi con una marcata vergenza verso NE; così ad esempio nella conca di Pieia le pendenze giungono fino a 20° circa verso SW, invece nel versante opposto del M. Nerone addirittura fino a 45° verso NE. L'anticlinale del Furlo ha un'asimmetria pressoché nulla; minima lo ha pure la Cesana. Sempre notevole è poi la lunghezza di queste anticlinali, così quella del Nerone-Catria supera ampiamente i 30 km Bisogna però tener

(1) Rimando a un mio prossimo lavoro lo studio stratigrafico e tettonico dettagliato di questo grande elemento strutturale.

presente che queste grandi pieghe presentano varie ondulazioni longitudinale, per cui spesso rappresentano in realtà dei rosari di pieghe allineate su uno stesso asse; così ad esempio il rilievo Nerone-Catria presenta almeno due culminazioni, una al M. Nerone e la Montagnola e una seconda al M. Catria, per non parlare di altre probabili; ma su questo fenomeno, pressoché generale nella regione marchigiana, dirò meglio in seguito. La larghezza delle anticlinali non è più misurabile con precisione a causa delle fagliature successive, ma forse in certi casi ha superato gli 8 km

Le faglie, formatesi posteriormente al piegamento si possono distinguere in tre gruppi a seconda della loro posizione e orientamento rispetto alle pieghe: faglie longitudinali marginali (cioè sui fianchi delle anticlinali), faglie pure longitudinali presso la cerniera delle pieghe, faglie trasversali od oblique presso le terminazioni delle pieghe o in zone di particolari sollecitazioni.

Vediamo le prime. All'orlo SW del M. Nerone, lungo il Fosso dell'Eremita e a S di Pieia, il *massiccio* è troncato da grandi faglie dirette e conformi, per cui esso viene a contatto col *calcare rupestre* o con le marne a Fucoidi; al contatto è netta la discordanza angolare di modo che contro il *massiccio* a dolce inclinazione vengono a poggiare i terreni cretacei con forti pendenze o subverticali. Al bordo NE del M. Nerone il *calcare massiccio* è tagliato da faglie, che pur essendo spesso all'affioramento subverticali o poco inclinate, sono interpretabili solo come faglie inverse e contrarie, dato il forte arrovesciamento della contigua sinclinale Piobbico-Secchiano. Cioè i fianchi dell'anticlinale del M. Nerone sono tagliati da faglie dirette nella gamba SW, inverse in quella NE (1). I piani di tutte queste faglie sono subparalleli e con una generale immersione aggirantesi in media sui 50-60° verso SW; i rigetti non sono valutabili per la subconcordanza coi piani di faglia assunta dalle rocce

(1) E' merito di SCARSELLA (175) aver per primo messo in evidenza questo assetto strutturale nelle Marche ed Umbria centromeridionali.

cretacee a differenza del *massiccio*, che ha conservato le pendenze primitive, ma essi devono ascendere a centinaia di metri (1).

Negli altri rilievi mesozoici si ripetono gli stessi fenomeni per quanto meno tipici. Al Furlo mentre la faglia inversa (ben visibile presso la diga) è subverticale, la faglia nel versante SW del rilievo ha 50-60° di inclinazione, cioè una tendenza di poco superiore a quella degli strati. All'Abbadia di Naro la faglia diretta è assai poco visibile, invece molto marcata e subverticale è quella inversa di NE sotto Frontino vecchio. Alla Cesana sono ancora presenti i due gruppi di faglie, che però interessano anche il Neogene (*Bisciaro* e *Schlier*); particolarmente evidente è la faglia diretta si SW, subverticale e seguibile sul versante sinistro della valle del Metauro fra Canevaccio e Calmazzo.

Queste faglie pur non essendo sempre le più appariscenti(2), sono certamente le più cospicue e permettono l'interpretazione del motivo strutturale profondo. Esse sono infatti essenzialmente l'espressione di sollevamenti con una forte componente orizzontale, che hanno determinato l'incunarsi del rigido *calcare massiccio* entro le rocce sovrastanti più deformabili secondo lo schema di grandi embrici tettonici (fondamentalmente uno per ogni anticlinale preesistente, oltre ai minori di limitato interesse) vergenti verso NE, i quali dopo la rottura (o meglio la loro formazione) si sono in parte accavallamenti fra loro o sulle sinclinali contigue scivolando su probabili rocce plastiche profonde, (forse nel Trias medio o Trias sup.). Questo parziale accavallamento e l'inclinazione dei grandi piani di faglia sono stati originati dalla componente orizzontale del movimento.

Il secondo gruppo di faglie longitudinali, quelle cioè della parte più alta della piega, ha generalmente un interesse minore. Nel gruppo del M. Nerone hanno varie inclinazioni, individuando spesso dei cunei con l'apice volto verso l'alto, sono ora dirette ora inverse ora verticali e rappresentano la conseguenza delle forti sollecitazioni subite dalla cerniera della primitiva anticlinale. Al Catria (Balze degli Spicchi) e più ad E (M. S. Vicino(34)) sono invece assai più cospicue e delimitano veri embrici tettonici di dimensioni minori di quelli

(1) Non è affatto esagerato, ma semmai approssimato per difetto, come ho avuto modo di constatare io stesso, il rigetto di 1500 m calcolato da FOSSA-MANCINI (206), per la faglia inversa che delimita a NE la Montagna della Rossa, dove la *scaglia* rossa viene a contatto con il Pliocene inferiore presso Serra S. Quirico.

(2) Soprattutto la faglia inversa, se non affiora direttamente a contatto del *massiccio*, è poco visibile a causa dello scollamento della *scaglia* sovrastante e delle strutture superficiali derivate. Di ciò dirò meglio in seguito.

ricordati ma sempre incuneati nelle formazioni più recenti secondo un meccanismo analogo a quello descritto.

Un esame dettagliato delle varie faglie, che ho riunito più sopra in un terzo gruppo, mi porterebbe necessariamente a un'esposizione di troppi fatti locali. Esse sono localizzate presso le terminazioni dei rilievi mesozoici (versante NW del M. Nerone e Corno di Catria) o in zone di più intense sollecitazioni (M. Acuto). Vario ne è l'orientamento con tutte le direzioni intermedie da longitudinali a trasversali e vario ne è il carattere (a gradinata, Blätter, ecc.). Queste faglie hanno individuato blocchi, embrici, cunei vari per forma, dimensioni e orientamento di *calcare massiccio* nelle zone di maggiore distrofismo deformando in modo notevole talora addirittura cancellando le anticlinali primitive (1).

Da quanto si è finora esposto si può concludere: in un primo tempo il *calcare massiccio* si è deformato in ampie e dolci pieghe più o meno asimmetriche con leggera vergenza verso NE; in un secondo tempo per le più forti compressioni ogni grande anticlinale si è rotta fondamentalmente in un grande embrice tettonico (2), mediante faglie marginali oblique, il quale ha parzialmente sfondato la serie stratigrafica sovrastante e subito una limitata deriva verso NE con tendenza ad accavallarsi sull'embrice contigui sottoposto; embrici tettonici minori, faglie varie della cerniera e delle terminazioni delle anticlinali, ecc. complicano il quadro strutturale fondamentale.

E' poi importante notare che piegamento e fagliatura (con l'embriciamento concomitante) non rappresentano due momenti di una sola fase diastrofica, ma bensì due fasi nettamente distinte nel tempo. Lo dimostra l'indipendenza frequente fra faglie e pieghe e vari fatti stratigrafici, che richiamerò più avanti; come pure rimando alle pagine seguenti la datazione di queste due fasi orogenetiche.

(1) Ho parlato più volte di cunei, ma non vorrei essere frainteso con questo termine. Recentemente si è infatti cercato di interpretare il raccorciamento delle regioni a faglie e talora anche le pieghe stesse secondo l'ipotesi di grandi "cunei composti" (MIGLIORINI, Boll. Soc. Geol. It., LXVII, 1948). Nel nostro caso una tale interpretazione non è applicabile e i cunei che ho nominato nella esposizione, con l'apice ora verso l'alto ora

verso il basso e con inclinazioni varie, ma più spesso subverticali, sono dei motivi strutturali locali e del tutto secondari rispetto ai grandi embrici tettonici.

(2) Si tenga presente che questi embrici tettonici sono grandi per dimensioni, ma con spostamento orizzontale relativamente modesto.

Fin qui mi sono riferito al *calcare massiccio* che essendo stato l'attore principale dell'assetto strutturale meglio si presta alla ricostruzione tettonica. I terreni sovrastanti data la loro plasticità (marne e Fucoidi, *scaglia* cinerea) o più o meno facile deformabilità (*corniola*, *Strati ad Aptici*, *calcare rupestre*, *scaglia* rossa) si sono semplicemente adattati in vario modo all'assetto strutturale profondo determinando strutture superficiali caratteristiche e spesso complesse durante la seconda fase diastrofica corrispondente all'embriciatura del *massiccio*.

La *pietra corniola* sia per la limitata deformabilità sia perché direttamente sovrapposta al *massiccio* ha generalmente seguito fedelmente (salvo in prossimità delle faglie maggiori) questo nelle sue vicende. Le marne e i calcari rossi del Lias superiore e i calcari lastroidi ad Aptici avendo spesso una vera e propria plasticità in grande, hanno subito frequenti assottigliamenti, raddrizzamenti ed elisioni. Il *calcare rupestre* si è mantenuto concordante con le masse sottostanti sulle anticlinali (a meno che non siano presenti forti disturbi secondari); sui fianchi di queste invece e presso le faglie ha subito frequenti arricciamenti secondari di compressione (Gorgo a Cerbara), assottigliamenti; ecc.; la facies senza stratificazioni del *rupestre* invece ha avuto il comportamento di massa rigida. Infine le marne a Fucoidi, nettamente plastiche, sono state la sede normale delle grandi faglie marginali, facilitando il movimento e finendo con lo sparire nelle zone di più intenso scorrimento. Le faglie maggiori che solcano il *massiccio* si continuano anche attraverso tutti questi terreni in modo più o meno netto e marcato, le minori invece passano gradualmente a flessure e ginocchiature, o addirittura si perdono.

La *scaglia* rossa e cinerea per la sua facile deformabilità o plasticità e per lo scarso ancoraggio ai complessi più rigidi sottostanti, data l'interposizione delle marne a Fucoidi, ha avuto un comportamento particolare. Sul fianco SW dei rilievi la *scaglia*, anche se spesso molto raddrizzata, ha mantenuto una giacitura tranquilla. Sui rilievi meno disturbati (Montiego; Furlo ecc.) ha una stratificazione calma e concordante con le rocce sottostanti; su quelli più disturbati ha invece subito scollamenti dal substrato (M. Nerone, la Montagnola) deformandosi in pieghe varie di compressione di ritorno. Normale è invece la presenza sul fianco NE di tutti i rilievi di strutture secondarie nella *scaglia* in corrispondenza della faglia inversa profonda; gli effetti più frequenti sono: una forte ginocchiatura, una frequente e minuta pieghettatura, un ispessimento e un

rovesciamento (o anche un semplice raddrizzamento) sopra la sinclinale più esterna; nelle zone di più intensa compressione si ha anche un marcato rovesciamento della sinclinale contigua con nucleo in *scaglia* cinerea o Miocene (sinclinali Piobbico-Secchiano, Cantiano-Chiaserna, Orsaiola-Cagli, ecc.) e talora veri e propri accavallamenti di *scaglia* rossa sopra la cinerea (la Bandirola presso Cagli). Sono tutte queste delle strutture di compressione determinatesi alla fronte dei grandi embrici profondi in seguito allo scollamento della *scaglia* rispetto al suo substrato. La gravità favorita da mancanza di carico sufficiente (per la vicinanza dell'antica superficie topografica) ha determinato o contribuito a determinare molte strutture complesse locali, in conseguenza del sollevamento per piega o per faglia e forse può anche aver contribuito all'affiorare della *scaglia* durante le fasi diastrofiche. Fra le varie strutture gravitative si possono ricordare i contorcimenti della *scaglia* alla cima del M. Nerone, la sinclinale della vetta di q. 1430 (M. Nerone) e pieghettamenti vari su alcuni fianchi dei rilievi mesozoici.

Si può così dire: le due fasi diastrofiche riconosciute nel *massiccio* (piegamento e fagliatura) non sono generalmente distinguibili nelle rocce sovrastanti, avendo la seconda cancellato per larghi tratti la prima; il piegamento sia nel *massiccio* sia nelle formazioni sovrastanti si svolse regolare mantenendo la concordanza strutturale; la fedeltà maggiore o minore con cui le formazioni giuresi-cretaceo-paleogeniche hanno seguito la tettonica profonda durante la seconda fase diastrofica è in funzione della loro distanza stratigrafica dal tetto del *massiccio* della loro deformabilità e dell'entità delle dislocazioni; la *scaglia* ha avuto la massima indipendenza dall'assetto profondo e per il suo scollamento non è probabilmente rimasta strizzata che in minima parte fra i grandi embrici profondi, ma solo compressa alla fronte di questi.

Le osservazioni e deduzioni fatte finora si riferiscono essenzialmente ai rilievi mesozoici interni (M. Petria-M. Cucco, M. Nerone-M. Catria, M. Roma-M. della Strega, Montiego, Abbadia di Naro); fra questi e i rilievi mesozoici esterni (Acqualagna, Furlo, Cesana) esistono alcune differenze. I primi si trovano fra loro addossati e compressi (1), i secondi invece più

(1) In realtà questi rilievi mesozoici interni costituiscono un unico ed enorme elemento strutturale e sono fra loro separati da faglie inverse. Cioè, quando, come in questo caso, le anticlinali sono molto ravvicinate la grande faglia marginale diretta si trova sul fianco SW dell'anticlinale più sudoccidentale.

isolati e distaccati; la seconda fase diastrofica ha avuto sui primi un effetto più cospicuo che sui secondi. Anche però nei rilievi mesozoici esterni è possibile rintracciare lo stesso stile tettonico descritto, anche se più attenuato (v. pag 60).

## 2. La tettonica del Neogene a NE dei rilievi mesozoici interni.

A N del Cesano, fra i rilievi mesozoici interni e il mare Adriatico, il Neogene si estende continuo, interrotto solo dall'emergere dei rilievi di Acqualagna, Furlo e Cesana e dai nuclei oligocenici di Bargni e di pochi altri. Tutta questa zona è piegata in anticlinali e sinclinali a generale orientamento NW-SE e spesso disturbate. Vediamo, procedendo da SW a NE, le principali pieghe, tralasciando le minori, che rappresentano semplici ondulazioni secondarie delle prime (Tavv. I, V, e VI).

*Sinclinale Orsaiola-Cagli.* E' una sinclinale stretta, rovesciata verso NE e compresa fra i rilievi a nucleo mesozoico del Montiego e dell'Abbadia di Naro. Fra S. Lorenzo in Canfiago e il Fosso della Vena Grossa il fondo della sinclinale raggiunge la massima elevazione ed è occupato da *scaglia* cinerea; a NW di S. Lorenzo in Canfiago e a SE della Vena Grossa la sinclinale si abbassa gradualmente ed il nucleo affiorante è occupato da *Schlier*. A SE di Cagli essa confluisce nella sinclinale di Cà Baldo-S. Cristoforo.

*Anticlinale dell'Abbadia di Naro.* Il nucleo affiorante nell'incisione del Candigliano è rappresentato da *scaglia* rossa bassa (Cenomaniano); netta è l'asimmetria con 35-40° di pendenza sul fianco SW e con strati subverticali, stirati fagliati e pieghettati sul fianco di NE. Per un tratto di 7 km circa a cavallo del Candigliano (da Cà di Giacomo a la Serra) l'anticlinale porta a giorno *scaglia* rossa; si continua però ampiamente anche verso SE prima entro la *scaglia* cinerea poi nel Neogene.

*Sinclinale Cà Baldo-S. Cristoforo.* Si tratta di un ampio e lungo motivo sinclinalico compreso fra l'anticlinale precedente e quella di Acqualagna,

(1) La vasta regione qui presa in considerazione è però scindibile in alcune grandi unità tettoniche, che verranno meglio esaminate più avanti (pag. 177).

asimmetrico, cioè col fianco SW più raddrizzato e quello NE più dolce, e col fondo occupato da *Schlier*. Essa è anche complicata da numerose faglie ed ondulazioni secondarie che a NW del Candigliano cancellano il motivo sinclinalico e danno luogo a un fascio di piccole pieghe variamente fagliate che si continuano in quelle interessanti la porzione sudoccidentale del bacino di Urbania. A SE di S. Cristoforo la sinclinale in parola tende a raccordarsi con quella contigua di Monte Aiate; quindi subito in destra del Cesano il suo fondo si alza notevolmente portando a giorno *scaglia* cinerea, per poi ridiscendere e slargarsi progressivamente fino ai dintorni di Fabriano, dove la sinclinale in parola è ampiamente occupata dai terreni messiniani. In definitiva perciò la sinclinale di Cà Baldo-S. Cristoforo non è che un tratto di quella estesissima depressione sinclinalica che dal Metauro ai dintorni di Fabriano delimita a NE, i rilievi mesozoici interni della catena marchigiana.

*Anticlinale di Acqualagna.* E' una larga e corta anticlinale con nucleo in *calcare rupestre*, che affiora per pochi metri alla confluenza fra Candigliano e Burano; marcata è anche l'asimmetria (fianco SW più dolce, anche se interessato da qualche pieghettamento gravitativo della *scaglia* rossa, fianco NE assai più ripido e fagliato). A NW di Acqualagna l'anticlinale si chiude presso il corso del Metauro e sul suo asse succede la sinclinale di Urbania SE invece essa si smorza più lentamente, però anche qui, a SE di Molleone, succede sull'asse dell'anticlinale in oggetto, la sinclinale di Monte Aiate. A SE di quest'ultima succedono sempre sul medesimo asse le due anticlinali di M. Rotondo e del Piano della Croce (Sassoferrato), esse pure a nucleo mesozoico asimmetriche (fianco SE più dolce), brevi e separate da un profondo abbassamento assiale.

*Sinclinale di Pietrarubbia-Urbania.* Essa s'inizia alla testata del Fosso Maltano, dove si smorza l'anticlinale di Acqualagna, e termina dopo 27 km circa presso lo spartiacque dei bacini del Conca e del Foglia interrotta dalle argille scagliose. Il suo fondo è occupato da Messiniano; i fianchi sono a forte inclinazione (fianco SW più ripido). In realtà essa è costituita da due principali sinclinali vicarianti; una nordoccidentale (Peglio-Pietrarubbia), che s'inizia all'incirca ad oriente del Peglio e poi degrada e si slarga progressivamente verso NW fino allo spartiacque Conca-Foglia; un'altra sudorientale (Farneta-Pian di Panico) è seguibile dalla testata del torrente Maltano fino ad E del Peglio e

raggiunge la massima profondità a cavallo della strada Urbino-Urbania. Da quest'ultima piega si diparte una terza piccola sinclinale (M. Santo-Farnetella); fra le due si interpone il motivo anticlinalico della Stazione di Urbania. Le due ultime sinclinali nominate si riallacciano verso SE alla sinclinale Cà Baldo-S; Cristoforo. Fra le sinclinali ricordate e i rilievi del Montiego e dell'Abbadia di Naro si stende una fascia interessata da numerosi pieghettamenti e fagliature longitudinali.

*Sinclinale di Monte Aiate.* E' una modesta e corta sinclinale compresa fra i rilievi anticlinalici a nucleo mesozoico di Acqualagna e M. Rotondo e disposta sul medesimo asse di questi due ultimi. Come ho detto più sopra questo fatto interessante si ripete anche per la sinclinale di Urbania. Il fondo della sinclinale di Monte Aiate è occupato da Messiniano.

*Sinclinale di Cà Bernardi.* Si stende immediatamente a NE del rilievo mesozoico di M. Rotondo fra il Cesano e Coldapi per una lunghezza complessiva di circa 8 km A SE della strada Catobagli-Cà Bernardi essa si presenta nettamente asimmetrica con il fianco SW a inclinazione piuttosto dolce e quello NE verticale e variamente fagliato. A NW della strada suddetta la sinclinale si restringe fortemente fino a scomparire sul Cesano; in questo tratto tutta la sinclinale è fortemente strizzata e interessata da faglie cospicue. Il fondo della sinclinale è occupato da Messiniano che in superficie non affiora mai per una larghezza superiore a km 1,5. Anche questa sinclinale, come altre viste in precedenza, termina a SE contro una anticlinale (anticl. mesozoica di Genga), che si trova sul suo stesso asse.

*Sinclinale l'Arcello-Ca Maggio.* Essa è molto stretta e raddrizzata ed è compresa fra l'anticlinale di Acqualagna e quella seguente. A SE essa sembra raccordarsi con la sinclinale di M. Aiate (zona di S. Maria in Carpineto): può darsi che a NW si immetta nella sinclinale di Urbania. Il fondo della sinclinale in esame è occupato da *Schlier*.

*Anticlinale M. S. Leo-S. Maria in Ripuglie-M. S. Lorenzo-Fenigli.* E' una strettissima anticlinale pseudodiapirica (pag. 59) che si continua ininterrotta dalla vallata del Foglia a quella del Cesano (a S di Pantana) per una lunghezza complessiva di oltre 40 km Essa raggiunge la massima culminazione presso il

Candigliano; nel suo nucleo molto disturbato affiora *Schlier* a NW di S. Maria in Ripuglie, *Bisciario* di qui fino al Metauro, *scaglia* cinerea (salvo ad E di Sagrata) dal Metauro fino a SE di M. S. Lorenzo (a cavallo del Candigliano compare anche la porzione più alta della *scaglia* rossa) e di nuovo *Bisciario* a *Schlier* fino al Cesano.

*Sinclinale S. Maria in Val di Lotto-S; Giovanni in Pozzuolo-Pelingo-Tarugo-Serraspina-Pantana-S. Stefano.* Anche questo motivo strutturale, malgrado sia molto stretto (non supera mai i 4 km di larghezza), per 60 km, ma esso è eseguibile per ampio tratto ancor più a SW fin oltre Albacina sull'Esino. La sinclinale in parola, spesso complessa nei dettagli, delimita a SW il grande rilievo Furlo-Arcevia di cui dirò fra poco. A NW di S. Giovanni in Pozzuolo, e per un km circa ancora a SE di questa località, il suo fondo è occupato da Tortoniano molassico; quindi procedendo verso SE, per il sollevamento del suo asse, in essa compaiono solo *Schlier* e *Bisciario* che si continuano fino alle pendici NE di M. Varco; infine in tutto il rimanente della sinclinale (cioè fino ai dintorni di S; Stefano) il fondo è occupato da Tortoniano e da Messiniano. Dalla valle del Foglia fino al Tarugo al sinclinale in parola è generalmente stretta, coi fianchi variamente raddrizzati è un po' rovesciata verso NE. A SE del Tarugo invece la sinclinale si slarga progressivamente fino al Cesano pur rimanendo gli strati subverticali; ciò è dovuto ad alcune faglie longitudinali che determinano delle ripetizioni specialmente sul fianco di NE. A SE del Cesano il nostro motivo sinclinalico si smembra in vari elementi strutturali: sinclinale secondaria di C. Nolfi, sinclinale rovesciata di Pantana-C. Maggio, sinclinale rovesciata di M. Torrione-Casale. Solo quest'ultima prosegue ancora verso SE (le altre invece si chiudono) col fondo occupato da *Schlier* (fra Casale e Pierosara) o da terreni più antichi (fra Pierosara e Albacina).

*Anticlinale Cà Bertino-M. Spadaro-Fermignano-Furlo-Barbanti-Arcevia-S. Vicino.* In realtà questa è una enorme dorsale, praticamente seguibile attraverso tutta la regione marchigiana dal Foglia al Tronto; essa non è una semplice anticlinale, ma piuttosto un rosario di anticlinali allineate sul medesimo asse strutturale, le quali a SE dell'Esino assumono anche carattere anticlinoriale. Nella regione del Metauro si stende una unica anticlinale seguibile da NW del Foglia alla displuviale Tarugo-Cesano; la massima culminazione e larghezza è raggiunta al Passo del Furlo, dove affiora, nel nucleo, un cospicuo spessore di *calcare*

*massiccio* (pag.6). A NW del M. Pietralata l'anticlinale si restringe rapidamente con tendenza ad arrovesciarsi verso NE e il suo asse si abbassa dapprima bruscamente poi più dolcemente, per cui il nucleo fra Fermignano e l'Apsa di S. Donato è costituito da *Bisciaro* e a NW di questo torrente da *Schlier*. A SE del M. Paganuccio l'anticlinale si restringe e si abbassa meno rapidamente; inoltre a cavallo del Cesano, dove il suo asse si deprime maggiormente, nel nucleo compare ancora la *scaglia* rossa. A SE del Cesano l'asse del rilievo in esame si solleva nuovamente per raggiungere una culminazione presso Arcevia (dove compare anche il tetto del *calcare massiccio* ) e un'altra ancor più cospicua a cavallo dell'Esino (Montagna della Rossa).

*Anticlinali di M. Percio e di Urbino-M. Polo.* La prima è una strettissima anticlinale con nucleo di *Schlier* emergente isolata dalle molasse del Tortoniano-Messiniano inf. ed arrovesciata verso NE. La seconda pure molto stretta ha il nucleo di *Bisciaro* e tende pure ad un analogo arrovesciamento verso NE; essa però confluisce presso M. Polo nel rilievo del Furlo.

*Sinclinale Urbino-Calmazzo-Cartoceto sul Tarugo.* A NW di Urbino essa è seguibile fin quasi a Pieve di Cagna dove confluisce nella sinclinale di Montecalvo in Foglia-Isola del Piano (v. sotto). A SE di Cartoceto essa si rialza notevolmente e si attenua; Si può però seguire fin in destra del Cesano dove sparisce praticamente fra il Poggio e Montesecco. I fianchi sono spesso assai raddrizzati (fino a verticali o rovesciati), ravvicinati e asimmetrici (fianco SW più ripido). A NW di Calmazzo il suo orientamento generale è WNW-ESE, a SE di questo paese invece ha direzione NW-SE. Il fondo della nostra sinclinale è occupato da Tortoniano molassico a NW di Calmazzo e per circa 5 km a SE di questa località entro il Fosso Caldarella. Interessa poi solo lo *Schlier* fino allo spartiacque Tarugo-Metauro, quindi il *Bisciaro* e la *scaglia* cinerea fino al Cesano.

*Anticlinale della Cesana.* A NW del Metauro è una larga e corta anticlinale, con fianchi a dolce pendenza (sempre inferiori ai 30°) e con vergenza lievissima verso NE. Per ampio tratto è occupata dal rilievo mesozoico della Cesana, il cui nucleo, in *calcare rupestre*, rotto e pieghettato affiora nell'incisione del Metauro presso S; Lazzaro. L'anticlinale si inizia a NW di Urbino entro il Tortoniano molassico, quindi raggiunge la massima culminazione al M. della Cesana; l'asse si

deprime poi notevolmente in destra del Metauro dove (SE di M. Raggio) il nucleo affiorante è costituito da *Schlier*. A Montalto l'asse dell'anticlinale si rialza rapidamente, tanto da portare a giorno sul Tarugo la *scaglia* rossa; la piega si segue poi ancora verso SSE dove interessa la *scaglia* cinerea o la *scaglia* rossa molto alta (M. Rolo): in destra del Cesano l'ultima propaggine si ritrova presso Monte Secco in *Bisciario* e *Schlier* (1).

*Sinclinale Montecalvo in Foglia-Isola del Piano-Reforzate-S.Lorenzo in Campo*. E' un lunghissimo e complesso motivo strutturale seguibile dal bacino del Conca fino al corso dell'Esino ed oltre verso SE, che cinge a NE tutti i rilievi mesozoici delle Marche settentrionali. Questa sinclinale, tagliata a NW dalle argille scagliose, si inizia molto ampia nel bacino del Conca, poi si restringe progressivamente verso SE fino a Isola del Piano; in questo tratto il suo fondo è occupato da un ampio triangolo di terreni del Pliocene inf.-medio p.p. e l'asse, dopo essere disceso abbastanza rapidamente dal Conca fino a Pian di Castello (34), risale dolcemente fino a Isola del Piano; i fianchi sono dolci (non superano in genere i 35°) e regolari (se si eccettua l'iniezione di argille scagliose ad W di Auditore). Fra Isola del Piano e Reforzate, cioè nella porzione metaurense, la sinclinale si mantiene poco larga e col fondo occupato da Messiniano, salvo che lungo il basso corso del Rio Puto dove compaiono le argille del Pliocene basale; l'asse discende da Isola del Piano al Metauro e, dopo un brusco innalzamento in corrispondenza del fiume, declina ancora verso SE; entrambi i fianchi, ma specialmente quello di NE, sono interessati da faglie, pieghettamenti e raddrizzamenti di varia entità. Da Reforzate fino al Cesano la sinclinale è ancora seguibile, molto attenuata, entro il Pliocene; ma mentre il suo fianco SW è ben delineato per l'affiorare dei terreni miocenici pendenti 25-35° e interessati da pochi disturbi locali, quello di NE è poco marcato per il progressivo abbassarsi della contigua anticlinale di M. Colbordolo-Vergineto (v. sotto); da notare che a SE di Sorbolongo confluisce nella nostra la sinclinale secondaria di Sterpeti-Villadelmonte (v. sotto). Dal Cesano fino allo spartiacque Misa-Fenella il fianco SW della piega presenta i

(1) Può darsi che questa anticlinale si raccordi in profondità col rilievo di Arcevia.

soliti caratteri, quello NE invece non è ben riconoscibile per lo smorzarsi dell'anticlinale adiacente. Dallo spartiacque Misa-Fenella all'Esino la sinclinale è di nuovo ampia, ben delineata e compresa fra l'anticlinale di Montecarotto e il

rilievo di Arcevia-S. Vicino (v. sopra); in essa affiora ampiamente il Pliocene e il suo fianco SW è assai rotto, disturbato e tagliato dalla grande faglia della Montagna della Rossa (pag. 44).

*Anticlinale Gemmano-Colbordolo-Bargni-Vergineto.* Non si tratta di una semplice anticlinale, come apparirebbe dalla Carta geologica ufficiale (34), bensì di un fascio di pieghe comprese a fianchi subverticali o almeno a forte pendenza e interessate da numerose faglie longitudinali, stiramenti e pieghettamenti vari. Molto spesso, specialmente alle loro terminazioni, gli assi anticlinalici assumono un netto assetto pseudodiapirico (pag. 60). Data la complessità della struttura mi limiterò ad esaminare sommariamente i caratteri della porzione fra Foglia e Cesano. L'asse anticlinalico maggiore è seguibile dal Foglia (presso la confluenza col Rio Salso) fino in destra del Metauro a SE di Vergineto; esso è molto fagliato e pieghettato e raggiunge la massima culminazione nei pressi di M. S. Bartolo e di Fontecorniale dove viene a giorno la *scaglia* cinerea e la parte più alta della *scaglia* rossa; per tutto il rimanente l'anticlinale interessa *Bisciario* e *Schlier*, salvo che in destra del Metauro dove il nucleo affiorante fagliato è di Messiniano. A SW di questo maggiore compare un altro asse anticlinalico minore poco a NE di Montefelcino e Montemontanaro; il suo nucleo pseudopiapirico di *Schlier* emerge dalle molasse del Tortoniano-Messiniano. Più numerose sono le anticlinali a NE di quella principale M. S. Bartolo-Vergineto già descritta. Un lungo asse anticlinalico parallelo ai due precedenti è seguibile da due km a S di Mondaino attraverso Coldelce fino ai pressi di Serrungarina; esso ha il nucleo di *Schlier* dal Foglia fino a Serrungarina, quindi si perde a SE entro i terreni messiniano-pliocenici; la culminazione di questa piega si ha presso Bargni con la comparsa della *scaglia* cinerea. Un altro asse compare nei dintorni di Tombolina (SW di Montemaggiore) e attraverso Pozzuolo è seguibile a NW fino a Gemmano; quest'ultimo asse anticlinalico fra Metauro e Arzilla interessa prevalentemente il Miocene medio, fra Arzilla e Foglia il Messiniano e dal Foglia fino a Gemmano do nuovo lo *Schlier*; fra Foglia e Metauro la piega è tagliata a NE da una lunga e forte faglia, che mette a contatto diretto lo *Schlier* contro il Messiniano sup. Oltre i quattro principali assi nominati ve ne sono altri minori, tutti assai rotti e disturbati. A SE di Vergineto e della Tombolina per il loro continuo abbassamento tutte queste strette anticlinali vengono gradualmente sepolte dal Pliocene; in superficie appare così un'unica ampia anticlinale, il cui asse, passante fra Barchi e Mondavio, declina verso SE ed è seguibile fino al

Cesano, dove si smorza completamente. A NW dello spartiacque Foglia-Metauro le varie pieghe descritte hanno un orientamento prossimo a WNW-ESE, a SE invece di questo spartiacque mutano gradualmente di direzione per acquistare una prossima a NW-SE; come si è visto in precedenza un tale mutamento di direzione compare anche in altre pieghe marchigiane.

*Sinclinali di Sterpeti-Villadelmonte e di Rupoli.* Sono due modeste strutture secondarie, che si individuano fra gli assi anticlinalici descritti al capoverso precedente in concomitanza con l'abbassamento verso SE che presentano questi ultimi. Il loro fondo è occupato da Messiniano sup. o Pliocene inferiore. La prima, come si è detto più sopra, confluisce a SE di Sorbolongo nella sinclinale di Isola del Piano-Reforzate; la seconda è un modesto motivo, che si segue da Serrungarina a Rupoli e che si perde poi rapidamente sotto il Pliocene a SE di quest'ultima località.

*Anticlinale di Serra dei Conti-Lontecarroto-Staffolo.* Essa appare solo in parte nella Carta geologica della Tav. I, però si estende enormemente più a SE fino ai dintorni di Cingoli. Per la porzione a NW dell'Esino essa appare come un'ampia piega a profilo dolce, con i fianchi non superanti e 15-20° e interessante i terreni pliocenici; presso l'Esino e lungo il Torrente Fossato compare il suo nucleo messiniano assai disturbato. A SE dell'Esino è complicata da alcune faglie longitudinali col carattere di Blätter e dall'addossarsi sul suo fianco SW dell'anticlinale a nucleo pseudodiapirico di Cupramontana. Credo inutile scendere in dettagli descrittivi trattandosi di un elemento strutturale marginale rispetto alla regione qui presa in considerazione. Si può però osservare che questa grande piega ha rispetto alla catena marchigiana una posizione analoga a quella dell'anticlinale Gemmano-Vergineto descritta più sopra, per quanto fra le due non esista diretta continuità. Lo stesso discorso si potrebbe ripetere per le anticlinali mesozoiche della Cesana (v. sopra) e di Cingoli.

*Sinclinale della Madonna di M. Gridolfo.* E' un breve ramo sinclinalico che si individua a NW della strada Montegaudio-Monteciccardo e si apre a NW per confluire in sinistra del Foglia con l'ampia sinclinale della Tomba di Pesaro (v. sotto). Il suo fondo è occupato da Pliocene inf.-medio p.p. A SE della strada suddetta la sinclinale si restringe rapidamente, si solleva ed è complicata da varie faglie, fra cui quella che delimita a NE il rilievo Colbordolo-Vergineto (v. sopra).

*Anticlinale di Montecchio-Mombaroccio-Calcinelli.* Si tratta di una anticlinale seguibile solo fra Foglia e Metauro; a NW e a SE si abbassa rapidamente e si smorza sotto il Pliocene. Più che un motivo indipendente va forse considerata come una struttura collaterale del rilievo di Colbordolo-Vergineto, cioè in un certo senso analoga ai vari assi anticlinalici che costituiscono quest'ultimo. Fra Mombaroccio e il Metauro la piega in questione è ben delineata, con nucleo arricciato di Messiniano inf. e delimitata a SW dalla faglia ricordata al capoverso precedente. A NW di Mombaroccio fin presso il Foglia compaiono varie altre faglie sia sul fianco NE sia nella regione assiale, che alterano notevolmente il profilo della nostra anticlinale; anche in questo tratto il nucleo affiorante si mantiene sempre in Messiniano medio-inf. In sinistra del Foglia presso Montecchio il nucleo sopramiocenico della piega appare ancora ben esposto (1).

*Sinclinale di Tomba di Pesaro-M. delle Forche-Cerasa.* E' una grande piega ben delimitata dalle vicine anticlinali nel tratto compreso fra Conca e Cesano; a NW del Conca passa gradualmente alla monoclinale costiera; a SE del Cesano invece si amplia enormemente e complicata da varie strutture sepolte, viene a costituire il fondo dell'avanfossa marchigiana affiorante (pag.177). Fra Conca e Metauro il suo fondo è ampiamente occupato da Pliocene inf. e medio p.p.; a SE del Metauro dai dintorni di Cerasa fino all'Esino ed oltre il suo fondo è estesamente colmato anche del restante Pliocene medio e dal Pliocene superiore. Per il tratto qui preso in considerazione essa è delimitata a SW dalle anticlinali di Gemmano-Colbordolo e di Montecchio-Calcinelli (v. sopra), a NE dalle pieghe costiere comprese fra Cattolica e Fano e dall'anticlinale di S. Costanzo-Scapezzano.

(1) A SE di Montemaggiore al Metauro viene localmente a giorni anche la porzione più alta tortoniana dello *Schlier*.

La nostra sinclinale, ampia fra Conca e Foglia, dove confluisce in essa anche la sinclinale secondaria della Madonna di M. Gridolfo, si restringe notevolmente fra Foglia e Metauro. In quest'ultimo tratto i suoi fianchi sono subparalleli e spesso tagliati da faglie longitudinali (così a NW di Villa Grande di Mombaroccio, a SE di Candelara, nei dintorni di Ferretto, ecc.). Il suo asse ha il massimo sollevamento fra Foglia e Metauro e quindi degrada molto lentamente a NW del primo fiume e a SE del secondo. I fianchi sono sempre assai dolci e con

pendenze inferiori ai 10° (in media 5-7°), salvo che in prossimità delle faglie dove l'inclinazione può aumentare.

*Anticlinale di (Gradara)-M. Balante-Cuccurano.* Indico così schematicamente un lungo rilievo assai complesso nei dettagli e di difficile rilevamento per l'uniformità di facies molassica della serie messiniano pliocenica; a SW è delimitato dalla sinclinale precedente, a NE da quella di Fabbrecce-Rosciano (v. sotto). Fra Foglia e Metauro la nostra piega ha un profilo assai disturbato per numerose pieghe secondarie e faglie; l'assetto che ne deriva, anche se molto rotto è piuttosto anticlinoriale. La massima elevazione del rilievo strutturale si ha fra Cuccurano e un punto posto a circa km 1,5 a SW di Novilara; in questo tratto affiora infatti uno strettissimo (per lo più è largo meno di 400 m) pseudodiapiro di *Schlier* lungo circa 8 km, che ha sfondato la potente copertura messiniana; il punto più elevato dello pseudodiapiro e di tutta la struttura si ha presso Cuccurano; in tutto il rimanente dell'anticlinale affiorano solo terreni messiniani. Fra le varie faglie la più cospicua è quella che si stende dalla Flaminia, attraverso M. Giove e Novilara fino ai dintorni di S. Veneranda; essa ha un rigetto di alcune centinaia di metri e delimita a NE il nostro rilievo. Faglie minori si trovano sul fianco SW (fra Cuccurano e S. Cesareo, a SW di Candelara, ecc.) e nella regione assiale. Circa l'andamento dei fianchi, malgrado i numerosi disturbi, si può dire che quello di NE è assai più ripido dell'altro e talora subverticale. fra Conca e Arzilla la direzione generale del rilievo è NW-SE, fra Arzilla e Metauro invece NNW-SSE; il mutare d'orientamento è analogo e parallelo a quello di altre anticlinali (v. sopra), anche se nel caso in questione è più brusco e cospicuo. Fra il Foglia e il Conca, per quanto siano pochi gli elementi a mia disposizione, la piega si mantiene disturbata e il suo asse declina lentamente verso NW. Difficile è ritrovare la prosecuzione di questo rilievo in destra del Metauro; se ne potrebbe vedere la continuazione nell'anticlinale di S. Costanzo (v. sotto), oppure, assai meglio in un accenno di terminazione di anticlinale aperto verso NNW riconoscibile nel Pliocene della Costa delle Balze. Ad ogni modo entrambe le due prosecuzioni supposte sono notevolmente abbassate rispetto allo pseudodiapiro di Cuccurano; ciò si spiega solo ammettendo l'esistenza di una cospicua faglia trasversale lungo la bassa valle del Metauro; l'ipotesi è confortata anche da altri elementi (pag.63).

*Sinclinale di Fabbrecce-Novilara-Rosciano.* E' una lunga sinclinale asimmetrica seguibile dal Conca al Metauro; il suo fondo è occupato dalla serie molassica con intercalazioni argillose del Pliocene inf. e medio p.p.; sono frequenti, sia sul fondo sia sul fianco di NE, gli affioramenti di conglomerati ad elementi cristallini (pag.37). Il fianco SW di questa sinclinale è stato notevolmente ridotto (fra Foglia e Arzilla) o fortemente raddrizzato (fra Arzilla e Metauro) dalla faglia di S. Veneranda-M. Giove, ricordata più sopra; il fianco NE è invece assai più esteso, regolare e abbastanza dolce (35-15°. Anche di questa piega no si trova traccia sicura in destra del Metauro, a meno che non se ne voglia ritrovare la continuazione fra l'accento anticlinalico di Costa delle Balze (v. sopra) e l'anticlinale di S. Costanzo (v. sotto); in tal caso essa confluirebbe nella grande sinclinale di Tomba di Pesaro-Cerasa (v. sopra). Come il rilievo anticlinalico precedente la nostra in oggetto ha direzione NW-SE fra Conca e Arzilla a NNW-SSE fra Arzilla e Metauro.

*Monoclinale di Cattolica-Pesaro Fano.* In pratica costituisce il fianco NE della sinclinale precedente, essa però, a causa di varie inversioni di pendenza, presenta talora un vero assetto anticlinalico; così a M. S. Bartolo di Pesaro e, in maniera meno decisa, fra il Fosso di S. Jore e l'Arzilla. Si tratta quindi con ogni probabilità del resto di un grande rilievo anticlinalico (1) tagliato a NE da una cospicua faglia; sarebbe cioè perfettamente analogo all'anticlinale di Gradara-Cuccurano vista più sopra. La supposta faglia correrebbe parallela e prossima (però entro mare) alla costa attuale fra Cattolica e Fano (pag.63). La nostra monoclinale, salvo le locali inversioni di pendenza accennate, inclina verso SW e ha sempre direzione NW-SE; inoltre in superficie essa interessa solo terreni molassici del Pliocene inf. e medio p.p., solo alla sua base compare talora anche il Messiniano (così fra Gabicce e Castel di Mezzo).

(1) O Meglio di due anticlinali Gabicce-M. S. Bartolo di Pesaro e Pesaro-Fano.

*Anticlinale di S. Costanzo-Mondolfo-Scapezzano.* Fra Metauro e Cesano è un'anticlinale regolare nei terreni molassici del Pliocene inf. e medio p.p. emergenti dalle argille del Pliocene medio (parte alta) e del Pliocene superiore. All'apice della piega compaiono spesso anche qui dei lembi di conglomerati ad elementi cristallini (pag.37). I fianchi sono leggermente asimmetrici, con pendenza di 10-20° quello di SW e di 20-30° in media quello di NE. A NW di Caminate essa si immerge rapidamente sotto il Pliocene sup. argilloso

discordante; è quindi assai dubbio che l'anticlinale continui in sinistra del Metauro in quella di Gradara-Cuccurano (v. quanto detto più sopra). A SE del Cesano la nostra piega si rialza progressivamente e raggiunge la massima culminazione a S di Sinigallia con la comparsa nel suo nucleo dello *Schlier*; disturbi vari secondari accompagnano questo rialzo. Molto probabilmente essa è interessata lungo l'asse vallivo del Cesano da una faglia trasversale con caratteri di Blatt, che ha spostato verso NE la zolla più meridionale. Fra Metauro ed Esino si stende, a NE dell'anticlinale in oggetto, fino al mare; una regolare e dolce monoclinale (con pendenza media di 5-6° verso NE) di argille del Pliocene medio p.p.-superiore. Poco a N dell'Esino l'anticlinale si immerge sotto il Pliocene sup.; più a SE però fra questo fiume e il Musone nei dintorni di Polverigi affiora dalla copertura pliocenica il nucleo eopliocenico-messiniano di un grande rilievo profondo. Può darsi che sia l'anticlinale di S. Costanzo-Scapezzano sia questa di Polverigi rappresentino due culminazioni di un medesimo grande asse strutturale che delimita a NE la porzione settentrionale dell'avanfossa marchigiana oggi emersa (pag.177).

Rinuncio ad esporre molti elementi di dettaglio di queste numerose pieghe, perché sarebbero necessarie lunghe descrizioni e carte e sezioni geologiche di dettaglio. Credo invece utile accennare ad alcuni caratteri tettonici fondamentali (1).

(1) Altre notizie complementari sull'argomento si troveranno in alcune mie recenti pubblicazioni (217, 218).

Anzitutto appare un fatto interessante: a parte l'emergere dei rilievi mesozoici esterni, molte delle varie anticlinali con nucleo di *scaglia* cinerea, *Bisciaro* o *Schlier* sono caratterizzate da una compressione spesso sensibile; inoltre è costante in esse il raddrizzamento e il fitto pieghettamento del nucleo e la sua iniezione, mediante faglie longitudinali, nei terreni sovrastanti secondo un meccanismo di tipo diapirico. Questa giacitura è evidente nelle anticlinali seguenti: M. S. Leo-S. Lorenzo, Cà Bertino-Fermignano, M. Percio, Urbino-M.

Polo, Cuccurano, vari assi strutturali del bacino di Urbania e del rilievo Colbordolo-Vergineto, ecc. Tutti gli pseudodiapiri (2) nominati hanno in generale vergenza verso NE.

Accanto a queste strette anticlinali si stendono spesso ampie sinclinali con asimmetria più o meno marcata e quasi sempre vergenti verso NE (1). Cioè lo stile tettonico generale della regione esaminata in questo paragrafo, sempre eccettuando naturalmente i rilievi mesozoici esterni (v. sotto), è quello di una regione iniziale a dolci pieghe, che in seguito sono state conservate in corrispondenza delle sinclinali, invece perforate da pseudodiapiri in corrispondenza delle anticlinali. Quindi anche a NE dei rilievi mesozoici interni appaiono abbastanza nette due fasi diastrofiche: primo dolce piegamento, un successivo pseudodiapirismo.

Circa le sinclinali neogeniche vi è da osservare anche qualche altro fatto interessante. Esse in superficie appaiono spesso molto dolci e regolari, tanto da avere talora il fondo pianeggiante; però, sempre in superficie, si raddrizzano bruscamente, ma per breve tratto, contro gli pseudodiapiri contermini. In profondità invece esse hanno fianchi molto più ripidi e un fondo a curvatura più stretta ed accentuata; inoltre lo spessore dei terreni tortoriani, messiniani ed eopliocenici, che le riempie, è maggiore nella parte mediana che non ai margini; queste sinclinali mostrano cioè di essere state soggette in una certa misura alla subsidenza dal Tortoniano medio al Pliocene inf. inclusi (2).

(2) Con questo termine indico una iniezione analoga (ma più attenuata per la plasticità nettamente inferiore delle marne rispetto a quella del salgemma) ai domi saliferi, per i quali riservo il termine di diapiro vero e proprio (217).

(1) Alcune pieghe neogeniche marchigiane (Maceratese, dintorni di Urbania, ecc.) hanno vergenza verso SW; si tratta forse di fenomeni di ritorno che danno una certa simmetria ad alcuni bacini marchigiani.

(2) Naturalmente dove sono conservati tutti questi terreni, come avviene nelle sinclinali a NE del grande rilievo Furlo-Arcevia; quelle invece comprese fra questo e i rilievi mesozoici interni presentano la subsidenza dal Tortoniano medio al Messiniano inclusi.

Questi vari caratteri che presentano le sinclinali neogeniche si possono notare confrontando le porzioni più erose con le altre meglio conservate di una stessa piega. Essi però risaltano in maniera assai più evidente in quelle sinclinali che sono state esplorate o direttamente mediante gli scavi minerari (Cà Bernardi) o mediante la prospezione sismica (province di Ancona e Macerata). I fatti esposti hanno evidentemente un interesse pratico per le ricerche minerarie, in quanto

non permettono di prevedere con esattezza, sulla base delle sole ricerche geologiche di superficie, l'andamento generalmente più accentuato delle sinclinali un profondità. Questi caratteri particolari delle nostre sinclinali hanno anche importanza per la datazione e definizione delle fasi diastrofiche cui è andata soggetta la regione (pag.70).

Eccettuata la grande dorsale Furlo-Arcevia-S. Vicino, che, come vedremo più innanzi (pag.177) rappresenta un'unità tettonica distinta di fondamentale importanza per la geologia marchigiana, tutti gli altri rilievi mesozoici affioranti nell'area esaminata in questo paragrafo (Acqualagna, M. Rotondo, Piano della Croce di Sassoferrato, Genga, Cesana (1)), hanno alcuni interessanti caratteri comuni. Corrispondono questi ad anticlinali larghe e corte, talora a profilo dolce e regolare (Cesana), ma più spesso variamente rotte e disturbate specie sul fianco di NE (M. Rotondo, Genga, ecc.), interessato da faglie inverse talora cospicue. Quindi i loro tratti tettonici generali, per quanto meno accentuati, corrispondono bene a quelli visti per i rilievi mesozoici interni. Le nostre anticlinali si distinguono però da questi ultimi per essere assai più corte e perché alle loro terminazioni sono sostituite spesso lateralmente da sinclinali. Si è visto infatti come a NW dell'anticlinale di Acqualagna si stenda la sinclinale di Urbania, fra quella di Acqualagna e M. Rotondo vi sia sul medesimo asse la sinclinale di M. Aiate, come la sinclinale di Cà Bernardi termini a SE contro l'anticlinale di Genga, entrambe sul medesimo asse. A NE di alcune di queste anticlinali (Acqualagna, M. Rotondo, Genga) si stendono sinclinali strette, la cui compressione (dato anche il concomitante rovesciamento verso NE) è solo interpretabile mediante faglie marginali dirette e inverse secondo lo schema già visto per quelle interposte ai rilievi mesozoici interni.

(1) Il rilievo mesozoico dell'Abbadia di Naro costituisce in realtà un motivo collaterale del grande fascio dei rilievi mesozoici interni per la posizione tettonica a quello della Cesana, è invece il rilievo di Cingoli.

Da quanto si è finora esposto risulta quindi netto il contrasto fra la tettonica profonda e la tettonica superficiale nella zona in esame; la prima caratterizzata da larghe anticlinali mesozoiche e sinclinali compresse, la seconda invece da strette anticlinali pseudodiapiriche ed ampie sinclinali. Cioè la seconda fase diastrofica in profondità rompeva i fianchi delle pieghe e strizzava le sinclinali e in superficie si ripercuoteva con uno sfondamento della cerniera delle anticlinali. L'indipendenza delle due tettoniche, originata dallo scollamento per diversa

plasticità delle masse, appare ad esempio chiara nell'Urbinate, dove l'anticlinale mesozoica del Furlo, anziché continuarsi regolare verso NW nel Neogene, si smembra nei pseudodiapiri di M. Cà Bertino-Fermignano, Urbino-M. Polo e M. Percio. Questi fenomeni di iniezione sono in funzione del raccorciamento operato dalla deriva verso NE dei rilievi mesozoici profondi.

In conclusione si può dire: in una prima fase distrofica la regione si deformò in dolci pieghe, che mantennero la concordanza strutturale in tutta la serie, salvo l'intervento della subsidenza nelle sinclinali maggiori; in una seconda fase più intensa mentre in profondità le maggiori tensioni si svolgevano sui fianchi delle anticlinali (faglie dirette ed inverse determinanti grandi embrici nel *calcare massiccio*), in superficie si manifestavano invece all'apice delle anticlinali (pseudodiapiri). Questi stili tettonici sovrapposti sono in funzione della generale deriva verso NE della intensità dei movimenti, dello scollamento dei complessi superiori rispetto a quelli profondi, della diversa plasticità delle masse, ecc. Il Tortoniano, Messiniano e Pliocene sovrastanti ebbero solo un comportamento passivo.

Vi è anche da osservare che lo scollamento della *scaglia* nei rilievi mesozoici interni e le strutture secondarie connesse (v. paragrafo prec. pagg.46) furono probabilmente rese possibili dalla vicinanza alla antica superficie topografica o addirittura dall'affiorare di questa formazione. Invece lo pseudodiapirismo della *scaglia* cinerea, del *Bisciario* e dello *Schlier* avvenne per la presenza della copertura tortoniano-messiniana. Data la contemporaneità di questi due movimenti (facilmente dimostrabile oltre che con i fatti esposti con altri osservabili in gran parte della regione marchigiana) si può desumere che la seconda fase orogenica fu posteriore al Miocene e che durante essa gran parte della regione interna era già emersa. Ma ritorneremo meglio in seguito su questi argomenti.

Si è già visto che l'orientamento generale degli assi strutturali della nostra regione è NW-SE; ma mentre a NW della congiungente ideale Furlo-Novilara le direttrici tettoniche sono piuttosto WNW-ESE, a SE di questa congiungente passano dapprima a una direzione NW-SE poi NNW-SSE; si ha cioè una progressiva dolce torsione degli assi strutturali passando dalle Marche settentrionali a quelle centro-meridionali. Descrivendo le varie pieghe si è accennato che molte di esse, sia anticlinaliche che sinclinaliche, confluiscono fra loro e che altre derivano invece dallo smembramento di una sola; perciò per il grande fascio di pieghe marchigiane, variamente e parzialmente anastomizzate fra

loro, si potrebbe, volendo, parlare anche di locali virgazioni, raggruppamenti in parte amigdaloidi ecc. (v. Tav. VI)<sup>(1)</sup>.

E' anche da mettere in evidenza l'enorme sviluppo e continuità dei maggiori elementi strutturali della regione. Quelli positivi corrispondono ad allungatissimi rilievi complessi talora a profilo di piccolo anticlinorio e spesso con varie culminazioni, in modo da costituire un rosario di pieghe. Si veda ad esempio la colossale dorsale Cà Bertino-Furlo-Arcevia, che si continua praticamente ininterrotta fino a tutti i Monti Sibillini per una lunghezza complessiva di oltre 180 km; e così via per tante altre pieghe (anticlinali e sinclinali), anche se assai meno sviluppate, citate più sopra.

Da ultimo occorre accennare alle maggiori linee di dislocazione longitudinali o trasversali, che interessano i terreni neogenici. Di molte di esse si è già detto poco più sopra descrivendo le pieghe della regione; mi limito perciò qui a qualche notizia complementare.

Vari AA. (62, 125, 127) cercarono di spiegare mediante sprofondamento ad opera di una lunga faglia; decorrente all'incirca in corrispondenza della costa attuale, le ripe a mare che compaiono fra Cattolica e Numana; in appoggio è stata portata (125) la notevole sismicità del litorale. In tal modo si potrebbe anche spiegare la scomparsa della gamba di NE delle anticlinali di Gabicce-M. S. Bartolo di Pesaro, Pesaro-Fano, Ancona e M. Conero. Altri invece (40, 180) attribuirono alla semplice abrasione marina l'asportazione della gamba NE delle due prime anticlinali citate. L'una e l'altra sono interpretazioni un po' troppo unilaterali. Infatti è indubbio che le falesie in atto o morte della costa marchigiana devono la loro forma attuale all'azione del mare e

(1) SCARSELLA in un recente lavoro (215) ha anche coniato un termine nuovo (virgazione successiva o scalare) per il fascio dei nostri rilievi mesozoici interni.

subordinatamente a frane ed acque dilavanti; è però a mio parere assai probabile anche l'esistenza di faglie, fasci di faglie o forti ginocchiate a qualche centinaio di metri o chilometro dalla costa attuale. Vari fatti potrebbero venire in appoggio a questa ipotesi: faglie di sprofondamento all'orlo NE del Conero (103), parallelismo fra elementi strutturali e linea di costa, analogia tettonica fra le monoclinali costiere di Cattolica-Fano e le anticlinali di M. Balante-Cuccurano e Colbordolo-Vergineto tutte appartenenti al grande rialzo strutturale Furlo-Novilara (pag.179), concomitanza di faglie trasversali, ecc., oltre a fatti già ricordati (pag.40).

Con ogni verosimiglianza lungo il basso corso del Metauro, almeno dai dintorni di Calcinelli al mare, corre una cospicua faglia trasversale, che ha permesso il sollevamento della regione a NW del fiume rispetto a quella di SE; il rigetto di tale faglia aumenterebbe progressivamente verso mare. Vari fatti confortano una tale ipotesi: la diversa entità del sollevamento a N e a S del Metauro dopo il Pliocene medio (pag.36). la non diretta continuità d'affioramento dei terreni e delle strutture sui due fianchi della valle (pag.57) e la presenza di faglie trasversali analoghe (con parziale carattere di Blätter) nelle valli dell'Esino e del Cesano<sup>(1)</sup>. Può darsi che questa nostra faglia abbia anche un rigetto orizzontale.

Farò cenno più avanti (pagg.105-110) di altre delle numerose faglie più o meno locali e di diversa entità che interessano la zona esaminata. Purtroppo però non ci è possibile fare un quadro completo di tutti i disturbi disgiuntivi, grandi e piccoli, del Neogene, i quali, per la particolare natura dei terreni e per le pessime esposizioni, molto spesso sfuggono all'osservazione e alla ricostruzione.

### **3. La tettonica della formazione marnoso arenacea.**

Ben poco vi è da aggiungere a quanto già si conosce per le belle ricerche di SIGNORINI (177). Ad ogni modo per completare il quadro già esposto riassumerò in breve gli elementi strutturali fondamentali.

(1) Un altro elemento è di particolare interesse. Un pozzo perforato nel perimetro delle Fornaci di Cuccurano sul prolungamento del pseudodiapiro di *Schlier*, anziché incontrare subito sotto alle alluvioni questa formazione come era logico a tendersi, ha attraversato fino alla profondità di m 66,50 marne argillose bluastre del Messiniano e quindi *Schlier*. Con tali elementi è necessario ammettere una faglia orientata NE-SW all'incirca lungo la Flaminia; il rigetto dovrebbe essere almeno di 100 m con abbassamento della zolla sudorientale.

La formazione *marnoso-arenacea* umbro-marchigiana, come quella romagnola di cui rappresenta la continuazione, è caratterizzata da lunghi blocchi ad orientamento NW-SE, relativamente stretti (3-8 km) e con un generale assetto monoclinatico a pendenze dolci verso SW o talora pianeggianti. Ogni blocco presenta al margine NE una brusca ginocchiatura con strati raddrizzati o anche ribaltati verso NE, la quale in profondità passa a una faglia inversa. Cioè si tratta in definitiva di una serie di gradini inclinati verso SW e fra loro compensanti. Un tale assetto strutturale è comune alle potenti formazioni marnoso-arenacee dell'Appennino settentrionale. Le principali ginocchiature o pieghe rovesciate che

delimitano a NE i singoli blocchi affioranti nel bacino del Metauro sono le seguenti (da SW a NE):

Anticlinale orlo NE dell'Alpe della Luna-Bocca Trabaria.

Anticlinale Montelabreve-Lamoli-Montemoricce-S. Giovanni a Vignole-Cima del Pietriccio- Sette Ducati (presso la strada Scheggia-Gubbio). E' Questo il più lungo asse strutturale della regione seguibile per una sessantina di km.

Anticlinale di Apecchio.

Anticlinale di Mazziconai-Palazzi.

Anticlinale di M. dei Santi-Sorbetolo.

Infine bisogna ricordare la lunga sinclinale M. Vicino-Serra Maggio-M. Picognola (a NW di Scheggia) che delimita a SW i rilievi mesozoici Nerone-Catria e M. Petria-M. Cucco.

Le due ultime delle cinque anticlinali nominate si trovano sul prolungamento delle faglie inverse che delimitano a NE i rilievi mesozoici Nerone-Catria e Montiego. Si può perciò dire che le ginocchiate o anticlinali rovesciate della formazione *marnoso-arenacea* corrispondono in profondità a grandi faglie inverse e i singoli blocchi ai grandi embrici profondi del *calcare massiccio*. Ad analoghe conclusioni si potrebbe pervenire dall'esame della catena eugubina e del suo prolungamento verso NW entro la formazione *marnoso-arenacea umbra*.

A questo punto possiamo trarre le conclusioni generali del nostro esame tettonico. In tutta la regione compresa fra la Valle Tiberina e l'Adriatico a cavallo del Metauro sono riconoscibili due fasi diastrofiche: un primitivo dolce piegamento, una successiva compressione più intensa. Quest'ultima ha determinato nelle potenti masse rigide di *calcare massiccio* una notevole fagliatura con l'individuazione di grandi embrici, che ad opera della generale deriva verso NE hanno avuto la tendenza ad accavallarsi parzialmente; l'esame della catena eugubina, dei rilievi mesozoici interni e di quelli esterni dimostra che questi sforzi compressivi sono stati più intensi a SW, più dolci a NE, cioè si sono andati gradualmente attenuando da SW a NE. I complessi stratigrafici sovrastanti hanno reagito in vario modo a questa seconda fase diastrofica: la scaglia, se si trovava in prossimità della antica superficie topografica, si è compressa in strette pieghe rovesciate disancorandosi dal substrato; i complessi giurassici-cretacei

(*corniola-rupestre* inclusi) hanno avuto un comportamento intermedio fra quelli del *calcare massiccio* e della scaglia, avvicinandosi però assai più al primo; la formazione *marnoso-arenacea* si è rotta in grandi blocchi, la ginocchiatura di NE di questi si trova in corrispondenza della fronte dei grandi embrici profondi; la *scaglia* cinerea, il *Bisciario* e lo *Schlier* a NE dei rilievi mesozoici interni si sono incuneati con motivi pseudodiapirici entro la copertura tortoniano-messiniana scollandosi spesso dal substrato.

Rimando a pag. 177 del presente lavoro e ad altre mie pubblicazioni già più volte citate (217, 218) per una sintesi tettonica della regione marchigiana.

### **CAPITOLO III**

#### **STORIA GEOLOGICA DELLA REGIONE**

La sintesi che presento è basata sui dati esposti nei capitoli precedenti, su quelli pubblicati degli AA. per le regioni contermini e su molti altri inediti emersi dalle mie ricerche sulle Marche centrali e meridionali e quindi è applicabile oltre che a quella metaurense a gran parte della regione marchigiana.

Durante il Trias superiore, Retico e Lias inferiore (Hettangiano-Sinemuriano s.s.) forse tutta la regione, certamente quella dove affiora il *calcare massiccio* ,

era occupata da un mare basso che permetteva la deposizione di sedimenti organogeni calcarei e parzialmente dolomitici. Non è possibile dire se l'accumulo si localizzò, almeno in certi casi, in bioherma o si estese come biostroma (1); la soluzione del problema avrebbe importanza dal punto di vista tettonico, per la predeterminazione (nel primo caso) o meno delle strutture. Vari fatti (assenza o quasi di stratificazione, *marmarone* brecciato (pag.134) ecc.) fanno supporre l'esistenza di scogliere organogene distinte solo alla fine della sedimentazione del *massiccio*.

Col Lotharingiano assistiamo a un progressivo abbassamento del fondo marino (2) e al depositarsi della *pietra corniola* corrispondente a melme calcaree; le scogliere vengono coperte gradualmente dai nuovi sedimenti e la loro ultima esistenza è indicata dai banchi di *marmarone* brecciato, costituito dai detriti derivanti dagli ultimi spuntoni di scogliera. Però l'esile spessore della *corniola* selcifera al M. Nerone fa supporre che nella nostra area solo durante lo Charmouthiano siano cessati completamente i residui ambienti di scogliera (217) e si sia avuto ovunque il deposito della *pietra corniola*.

Dalla fine del Lias medio in poi si instaurò un regime di mare aperto e abbastanza profondo su tutta la nostra regione, se si eccettuano forse alcuni punti. Non credo però che, almeno fino al Cretaceo inferiore, la profondità

(1) Bioherma è una scogliera organogena, biostroma sono depositi organogeni stratificati su ampia estensione (v. Cumings, Bull. Geol. Soc. America, 43, 1932, pp. 331-52).

(2) Alcuni interpretarono l'alternanza *corniola-marmarone* dovuta ad oscillazioni del fondo marino (115, p. 29). A ciò si oppone la lenticolarità del *marmarone*. Per dettagli v. pag.134 in nota.

(3) Ho già accennato (pag.9) che il Titoniano sembra talora poggiare direttamente sul *calcare massiccio* senza l'interposizione del Lias medio-sup. e del Dogger. Qualora queste giaciture siano meglio studiate e comprovate si potrebbe pensare che solo col Titoniano si sia avuta la completa copertura delle scogliere. Resta però a vedere se in questi punti la facies organogena sia perdurata fino a tutto il Giura medio, oppure si sia avuta emersione con successiva trasgressione Titoniana oppure si siano verificati dei semplici diastemi.

di questo mare sia stata cospicua (1). Lo dimostrano infatti le notevoli variazioni di spessore e di facies dei terreni giurassici (varia composizione del Toarciano-Aaleniano, passaggi laterali fra gli *Strati ad Aptici* e calcare litografico e *rupestre*, varie facies del Titoniano ecc. v. pagg.5-18); tali variazioni risulterebbero ancora più sensibili se anziché limitare il nostro esame alla regione metaurense spingessimo lo sguardo anche alla restante catena marchigiana. Anche alcune giaciture del Titoniano (2) confermano la limitata profondità del nostro mare giurassico (3). Tuttavia dal Lias medio fino a tutto il Titoniano la profondità, senza essere mai stata, come si è detto, cospicua, dovette aumentare; questo aumento però non fu certo uniforme nello spazio e nel tempo, non

potendosi escludere degli arresti nell'abbassamento del fondo marino o addirittura nei locali sollevamenti. Solo quando la profondità dell'antico mare diventerà sensibile scompariranno le variazioni laterali di facies e si avranno (Albiano-Oligocene) dei depositi di grande costanza orizzontale e di spessore quasi uniforme per amplissimi tratti.

La notevole riduzione di spessore delle serie giurassiche postsineluriane sui rilievi mesozoici dimostra anche che in corrispondenza di questi si ebbe in via generale un più lento e minore affondamento. Il fatto è assai interessante perché permette di dire che durante il Giura già di precostituivano i principali lineamenti strutturali della regione (217).

Forse neppure durante il Cretaceo inferiore il mare dovette essere molto profondo. Ciò non è indicato tanto dal *calcare rupestre* tipico (che rappresenta un deposito pelagico) quanto da quel *rupestre* a stratificazione indistinta e ad aspetto di scogliera, di cui ho parlato (pag.15). Sul significato di quest'ultima facies occorrono però ulteriori ricerche prima di pronunciarsi.

(1) La presenza di selce abbondante e di sole faune planctoniche senza forme bentoniche, non sono elementi sufficienti per affermare, come si fa troppo spesso e come si è fatto anche nel nostro caso, delle notevoli profondità di deposito. Infatti, a parte la successiva concentrazione diagenetica, la silice può derivare da deposito chimico e non biochimico da organismi silicei. Troppi sono poi i fatti che talora possono inibire la vita bentonica (v. ad esempio l'attuale Mar Nero).

(2) Neppure con l'ipotesi di DALY e KUENEN, ripresa da MIGLIORINI (Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem. LVI, 1949), delle torbide sottomarine si riesce a spiegare il rapido passaggio di facies. Bisognerebbe pensare infatti a una enorme costanza del processo su una zona estesissima.

(3) Si può ammettere che questa subsidenza (o meglio dire il maggior spessore delle serie al centro che non ai margini delle sinclinali) sia dovuto all'abbassamento del fondo delle sinclinali oppure al progressivo sollevamento dei margini di queste. Entrambi i fenomeni devono essere intervenuti nel nostro caso, ma specialmente il secondo.

Con l'Albiano (marne e Fucoidi) cessano le variazioni laterali di facies e si instaura un mare batiale che persisterà uniforme per tutto il Cretaceo sup., Paleogene e Miocene inferiore determinando sedimenti a grande diffusione e costanza regionale (*scaglia* rossa e cinerea e *Bisciario*). Noto incidentalmente che solo al Conero è noto un innalzamento del fondo marino durante il Cretaceo sup. che portò alla formazione di tipiche facies organogene, alle quali succedettero nuovamente i depositi batiali.

Alla fine del Langhiano compaiono anche nella nostra regione i primi movimenti orogenici, non però ancora localizzati e non determinanti strutture

vere e proprie. E' necessario infatti ammettere la formazione di un vasto dosso tondeggiate, forse in parte emerso, corrispondente agli attuali rilievi mesozoici interni (Nerone-Catria, Montiego, M. Pietra-M. Cucco; M. Roma-M. della Strega) per spiegare la comparsa nell'Elveziano di due facies ben distinte (l'umbra terrigena e la marchigiana marnosa), le quali non appaiono legate fra loro da passaggi laterali lenti e molto gradualmente (pag.31). Nella fossa a SW dei rilievi mesozoici interni si andò così depositando, favorito dalla subsidenza, un grande spessore di sedimenti clastici, che costituiranno poi la formazione *marnoso-arenacea umbra*; questi materiali, provenienti da probabili regioni emerse sulla destra del Tevere attuale, hanno quindi anche il significato di depositi sinorogenetici. A NE del dosso supposto persisteva invece ancora il mare batiale con i sedimenti di *Schlier* (Tav. IV fig 1).

Con il Tortoniano ebbe inizio la prima fase diastrofica caratterizzata dal dolce piegamento e dall'emergere dei rilievi mesozoici paleogenici. Il mare nell'alto Metauro (fossa umbra v. pag. 177) dovette ridurre la sua estensione, nel medio Metauro per l'individuarsi e già per il parziale emergere dei rilievi di Acqualagna e del Furlo si smembrò, mentre nel basso Metauro si stese ancora ininterrotto. Forse a NE dell'odierna costa Cattolica-Fano entro l'attuale Adriatico può essere avvenuta anche la prima emersione di un rilievo che forniva alimento ai cospicui depositi sabbiosi tortoniani delle colline fra i bassi corsi del Foglia e del Metauro (v. pag.104 e Tav IV fig 2);

L'inizio della fase esplicativa durante il Tortoniano è dimostrata soprattutto dal quasi generale intervento sull'area metaurensis di sedimenti clastici grossolani sinorogenetici (molasse di letto della formazione gesso-solfifera) provenienti dall'emersione dei rilievi, che oggi indichiamo come mesozoici, e di parte della regione oggi coperta dalla formazione *marnoso-arenacea umbra*. Tali depositi terrigeni a NE dei rilievi mesozoici interni, salvo alcune eccezioni locali nelle sinclinali comprese fra questi ultimi e la dorsale Furlo-Arcevia, diminuiscono di spessore procedendo da NW verso SE, cioè dalla Valle del Conca a quella del Cesano; inoltre mentre nel bacino di Urbania cominciano col Tortoniano inferiore, a SW compaiono sempre più tardi nel Tortoniano medio o superiore (per maggiori dettagli si vedano pagg.93-103). Anche la subsidenza iniziata durante il Tortoniano medio nelle maggiori sinclinali neogeniche a NE dei rilievi mesozoici interni (pag.60) dimostra l'inizio di questa prima fase diastrofica (1).

Durante il Messiniano il mare si smembrò sempre più per le emersioni via via più estese. Il bacino umbro era ormai ridotto solo alla sinclinale M. Vicino-

M. Picognola, che venne colmata completamente da depositi sabbiosi prima della fine del Miocene; fra i rilievi interni e la dorsale Furlo-Arcevia si individuarono bacini variamente frastagliati che si vennero riempiendo gradualmente con successioni stratigrafiche assai diverse per composizione litologica e spessore. Anche a NE della dorsale Furlo-Arcevia si ebbero nelle varie zone differenze sensibili di facies e di depositi (1). Nel corso del Messiniano i movimenti plicativi della prima fase diastrofica continuarono a manifestarsi sensibili tanto che alla fine del Miocene tutta la catena marchigiana era già emersa e la linea di costa si portava all'esterno della lunga dorsale Cà Bertino-Furlo-Arcevia-S. Vicino e del rilievo della Cesana.

Come si può dedurre da varie osservazioni, i rilievi emersi dal mare furono attivamente erosi durante il Messiniano. Così il rinvenimento di abbondanti Globotruncana lapparenti (= Gl. linnei auct.) entro il Messiniano medio della valle del Misa presso Colle Aprico, che dovettero provenire dal vicino rilievo di Arcevia, dimostra che la *scaglia* rossa era già fortemente incisa.

Del resto Globotruncane e Foraminiferi dell'Oligocene, Miocene inf. ed Elveziano rimaneggiati sono assai spesso frequenti (2) nelle molasse tortoniane e messiniane della regione, specialmente nell'Urbinate, al margine esterno della dorsale Furlo-Arcevia, nelle sinclinali di Pelingo-Serraspina-S. Stefano

(1) Vedremo più innanzi (pag.83) il caratteristico ambiente evaporitico messiniano e le numerose variazioni di facies che si manifestarono anche in corrispondenza della formazione gessoso-solfifera e nei terreni sovrastanti (v. anche Tav. IV, fig. 3).

(2) In certi campioni del Messiniano medio e superiore questi Foraminiferi rimaneggiati sono abundantissimi e, per l'assenza o quasi di microfauna autoctona, essi costituiscono gli unici resti fossili.

Cà di Bernardi, ecc. Vi è anche un ultimo fatto interessante da ricordare: in alcuni punti ma specialmente sul Cesano fra Pergola e Pantana (ad E della Stazione ferroviaria di Pergola) poco sopra ai gessi (nel caso citato 70-80 m sopra in serie) si rinvengono degli orizzonti conglomeratici a grossi elementi di *Schlier* (5-8 cm ed oltre il diametro). Tutti questi vari fatti mi pare dimostrino chiaramente l'attiva erosione subaerea di rilievi emersi e il trasporto da piccola distanza, cioè dalla catena marchigiana stessa, dei materiali (1).

Per buona parte del Pliocene inferiore (spesso anche fino al Pliocene medio avanzato) il mare, ormai ridotto solo a NE dei rilievi della Cesana e del Furlo-Arcevia-S. Vicino, fornisce depositi argillosi, che nella porzione medio-inferiore

della serie segnano un approfondimento marino, determinato forse dal collasso tettonico successivo alla fase plicativa del Tortoniano-Messiniano. Persiste invece un abbondantissimo apporto sabbioso terrigeno nell'attuale regione costiera (anticlinali M. Balante-Cuccurano e S. Costanzo-Scapezano, monoclinale Cattolica-Fano, ecc.); questi depositi clastici, iniziatisi nel Messiniano e perdurati per parte del Pliocene medio, dovevano essere alimentati con ogni probabilità da un rilievo emerso nell'attuale area adriatica (Tav. IV, fig 4).

Alla metà o meglio alla fine del Pliocene inferiore si ebbero i prodromi di una nuova fase diastrofica, che si espressero con un nuovo apporto di materiale terrigeno al margine dell'avanfossa (molasse di Sorbolongo-Fratte Rosa-Serra dei Conti) e con un progressivo ritiro e una diminuzione di profondità del mare. Durante il Pliocene medio il mare abbandonò forse definitivamente

(1) A questo punto è necessario un chiarimento. Il Prof. MERLA in un suo recente ed interessante lavoro (Boll. Soc. Geol. It., LXX, p. 288, 1952) suppone invece che le Globotruncane di Colle aprico non provengano dal rilievo di Arcevia, ma bensì da "parecchio lontano ad ovest e sudovest" dopo "aver percorso parecchie decine di km. A mio giudizio una tale interpretazione contrasta con l'ottimo stato di conservazione di questi Foraminiferi rimaneggiati e con la loro notevole abbondanza in certi punti. Ad ogni modo però non vi può essere alcuna incertezza per una provenienza vicina dei ciottoli di *Schlier*. Infatti oltre che per le notevoli dimensioni degli elementi e la facile erodibilità della roccia, questi ciottoli devono aver percorso un cammino assai modesto in quanto, come ho già ricordato, la facies di *Schlier* compare solo nella catena marchigiana e nella sua avanfossa antistante; da quest'ultima però non potevano provenire perché in essa durante il Messiniano regnava ovunque il regime marino. D'altronde le numerose filliti dei tripoli dell'Urbinate, Sinigaglia, valli del Metauro e dell'Esino, ecc. dimostrano chiaramente che durante il Tortoniano e Messiniano erano già avvenute nella nostra regione emersioni non trascurabili.

Sempre nello stesso lavoro il Prof. MERLA fa notare come vi sia contrasto fra l'assenza di ciottoli calcarei nel Messiniano e Pliocene della nostra regione e le estesissime coltri ciottolose quaternarie nelle valli del Musone, Potenza, Chieti e Tenna; ed aggiunge: la cosa è "difficilmente comprensibile se questi terreni (cioè Messiniano e Pliocene) si fossero depositati contro le ripe (calcaree) già emerse o comunque denudate". Sulla questione si potrebbe discutere a lungo, ma qui mi limito alle seguenti considerazioni:

l'area fra Conca e Metauro e di ritrasse per un certo tratto dall'orlo interno dell'avanfossa a S del Misa; fra Metauro e Misa, sempre al margine SW dell'avanfossa, non è invece dimostrabile, come si è detto, un tal ritiro ma solo la comparsa di depositi litoranei-salmastri. Si veniva così svolgendo la seconda fase orogenetica marchigiana che, a differenza della prima essenzialmente plicativa, ebbe in prevalenza carattere disgiuntivo. Ad opera di essa si ebbero le fagliature e gli incuneamenti del *massiccio*, le strutture in parte gravitative della scaglia, lo pseudodiapirismo della *Schlier*, e tutte le altre strutture descritte al capitolo precedente.

Questa fase diastrofica si svolse in breve lasso di tempo. Infatti già assai prima della fine (talora anzi poco dopo l'inizio) del Pliocene medio il mare riavanzò trasgressivamente sull'anticlinale di S. Costanzo-Scapezzano e all'orlo interno dell'avanfossa a S del Misa, senza però raggiungere l'estensione che aveva avuto all'inizio del periodo. Infatti, come ho detto, quasi certamente l'area fra Conca e Metauro rimase definitivamente emersa. Contemporaneamente il probabile rilievo adriatico, che aveva fornito anche i vari ciottoli cristallini, veniva sommerso dal mare.

Il mare della fine del Pliocene medio raggiunse profondità discrete, quali forse non si erano più verificate dall'inizio del periodo, ma fu di breve durata per la costante regressione successiva. Infatti nel Pliocene superiore doveva essersi ritirato notevolmente se oggi ritroviamo i suoi depositi limitati alla monoclinale costiera fra Fano e Sinigaglia e nella sinclinale a SE di Cerasa.

a) Il ragionamento esposto non mi sembra in accordo con quanto il Prof. MERLA dice nel medesimo lavoro (pag. 278), che cioè durante il Messiniano e Pliocene inf. per lo meno la *scaglia* e le formazioni successive non erano ancora dei depositi consolidati. Ma in tal caso la *scaglia* non poteva fornire ciottolame calcareo.

b) I rilievi emersi o in via di emersione durante il Messiniano dovevano essere assai appiattiti, corrispondendo a pieghe con profilo dolce e abbastanza regolare (v. quanto si è detto in precedenza circa le strutture determinate dalla prima fase orogenica marchigiana). Non possiamo quindi paragonare i rilievi messiniano-eopliocenicici con quelli quaternari o attuali; troppo diversi infatti erano le quote, la morfologia, l'assetto strutturale, ecc. Evidentemente assai meno intensi dovettero essere anche i processi erosivi e il conseguente trasporto dei detriti.

c) Non vi sono elementi per dire che nel Messiniano-Eopliocene l'erosione avesse raggiunto il *calcare rupestre* e i complessi stratigrafici sottostanti, che potevano fornire abbondante ciottolame calcareo. Per le formazioni sovrastanti vale l'osservazione a).

d) Depositi ciottolosi sono noti anche nel Pliocene inf. e Messiniano delle Marche (Urbania, Cingoli, sinclinali interne, pieghe costiere, ecc.). Non è improbabile che essi in passato fossero assai più estesi, ma troppo tempo è trascorso e troppe vicende tettoniche ed erosive sono intervenute da allora ad oggi. Che ne sarà ad esempio del ciottolame quaternario delle terrazze pedemontane del Potenza fra 12 milioni di anni (tanto secondo Holmes 1948 son durati Pliocene e Quaternario)?

Ad ogni modo mi sembra che la presenza o scarsità di ciottoli non sia un argomento sufficiente per escludere una prima emersione della catena marchigiana nel Tortoniano-Messiniano, di fronte ai molti fatti che parlano in suo favore.

Prima della fine del Pliocene superiore tutta la regione metaurensese e parte di quelle contermini per ampio tratto erano definitivamente emerse. Forse la cessazione del regime marino fu accompagnata dalla comparsa o dalla ripresa di alcune faglie longitudinali costiere e trasversali e dall'accettazione di altre più interne.

Dal Pliocene superiore in poi le forze erosive subaeree ebbero ormai incontrastato dominio nella nostra regione (1) e modellarono gradualmente le superfici fino al loro aspetto attuale. Movimenti attenuati di sollevamento si

continuarono ancora per tutto il Quaternario, ma senza però avere un'importanza strutturale paragonabile a quella dei due cicli distrofici precedenti. Ultimo retaggio dei passati movimenti tettonici sono oggi solo i terremoti che si ripercuotono attraverso le faglie costiere.

Prima di chiudere devo avvertire che i ripetuti sollevamenti e sprofondamenti sono stati riferiti alla superficie non al substrato, prescindendo quindi sempre dai fenomeni di subsidenza che permisero l'accumulo delle enormi pile sedimentarie. Discuterò più avanti (pag. 177) il problema delle avanfosse neogeniche di sedimentazione marchigiane. Infine ho tentato con la Tav.IV di esprimere sinteticamente le vicissitudini paleografiche della regione.

(1) A S del Misa il mare persistette, più a lungo sull'attuale area marchigiana, sia pure con fasce ristrette. Infatti fra il Misa e le colline di Osimo è ancora presente il Calabriano, nelle colline costiere del Maceratese addirittura l'Emiliano e fors'anche il Siciliano.

## **PARTE II**

### **I MINERALI**

#### **CAPITOLO I**

##### **MINERALI DI FERRO**

Nell'alto bacino del Metauro sono noti minerali di ferro da tempo immemorabile; soprattutto ebbero notorietà le cosiddette miniere del M. Nerone che si trovano in realtà nei pressi di Gorgo a Cerbara, presso Piobbico. Dato che lavori di ricerca e di scavo furono condotti anche in quest'ultimi anni e che, per i ritrovamenti fatti da ricercatori locali e per le notizie tratte da vecchi documenti o da perizie spesso molto inesatte e risalenti a parecchi decenni fa, si sono venute creando delle speranze su ipotetici giacimenti, credo utile soffermarmi sulla questione.

A) *I minerali di ferro di Gorgo a Cerbara.* L'esistenza di concentrazioni di minerali ferriferi era nota già al tempo del Ducato di Urbino e pare che fin da allora ne venisse fatta l'estrazione. Lavori di scavo, oltre i più antichi, furono effettuati a varie riprese tra il 1791 e il 1847 e, dopo una lunga interruzione nel 1941 (67); finalmente lavori di un certo rilievo furono condotti dal 1939 al 1942. Ora le miniere sono in abbandono; però le notizie più o meno vaghe tramandate hanno dato a queste ricerche una certa notorietà. Gli scavi tuttora visibili si trovano sulle balze settentrionali del M. Eremo a WSW di Gorgo a Cerbara, sopra il Candigliano.

Vediamo anzitutto le condizioni geologiche locali, secondo le ricerche, che ho compiuto. La serie stratigrafica si presenta così dall'alto al basso:

- 6) *Calcare rupestre*, spesso di aspetto *massiccio* (Cretaceo inferiore);
- 5) *Calcare bruniccio* ad Ammoniti e Crinoidi, con pochi metri di spessore e che verso l'alto passa al precedente (Giura superiore);
- 4) *Calcarei lastroidi verdi* con selci verdi (20 m circa di spessore) (Giura superiore);
- 3) *Calcario bianco compatto* (20 m circa di spessore) (Giura superiore);
- 2) *Marne rosse* con Ammoniti (5 m circa di spessore) (Lias superiore);
- 1) *Pietra corniola* con sottili interstrati marnosi rossi e verdastri, che costituisce la base visibile della serie locale (30 m circa di spessore affiorante) (Lias medio).

Dal punto di vista tettonico è netta la struttura anticlinale; però mentre i calcari liassici del nucleo della piega sono suborizzontali o pochissimo inclinati e rotti da faglie, i calcari cretacei dei fianchi sono fortemente raddrizzati (fino a 65-70°) e talora contorti. Cioè le masse calcaree giuresi si sono in parte incuneate

entro le rocce calcaree e calcareo-marnose cretacee e terziarie più plastiche. I disturbi sono più marcatamente sul fianco SW.

Il minerale utile è costituito da limonite il cui contenuto in ferro raggiungerebbe fino il 60-70%; però esso è spesso accompagnato da diverse impurità (argilla, frammenti di selce, calcare, ecc); si trova, sotto forma di tasche varie per dimensioni e contorno, entro il calcare del livello 5, o alla base del 6 e talora anche del tetto del 4.

I lavori di scavo hanno aperto tre cavità. La più occidentale di queste è la maggiore ed ora in gran parte inaccessibile per i franamenti ed allagamenti; vi si accede mediante un pozzo e si interna per alcune decine di metri. La cavità mediana, ben visibile anche dalla strada Acqualagna-Piobbico, presenta un ampio imbocco ma si arresta dopo pochi metri; da questa fu estratto prevalentemente il materiale durante la fase più recente di lavori. Le pareti dei due scavi nominati, sia per la morfologia sia per i rivestimenti alabastrini, mostrano chiaramente essere naturali e prodotte dal fenomeno carsico. La limonite asportata nei vari periodo di attività della miniera rappresentava quindi semplicemente il materiale di riempimento di antiche cavità naturali ora abbandonate dalle acque circolanti carsiche; tale riempimento era però variamente distribuito e più o meno completo.

Resta da esaminare il terzo scavo (il più orientale dei tre), l'unico che sia interamente artificiale. Si tratta di una trincea profonda qualche metro aperta con gli ultimi lavori. Esso ha messo in evidenza un calcare grigio-verdognolo zeppo di noduli di pirite, con dimensioni fino a 4-5 cm; abbondante è anche la piritizzazione diffusa e frequenti sono i cubetti di pirite ben conformati; la presenza di minerali di rame è denunciata da rare e lievi spalmature verdi di carbonato.

Quest'ultimo scavo insieme ai fatti osservati negli altri due ci spiega facilmente l'origine del giacimento. Le acque sotterranee circolanti entro le masse calcaree hanno determinato dapprima una serie di cavità carsiche (quelle svuotate dai due primi scavi descritti) a un livello notevolmente più alto (oltre 100 metri) del fondovalle attuale. In seguito per l'approfondimento vallivo operato dal Candigliano avvenne l'abbandono progressivo di queste cavità da parte delle acque sotterranee, che furono costrette per l'abbasso livello di base, ad aprirsi canalizzazioni più profonde. Nel frattempo nelle grotte superiori si aveva il graduale riempimento provocato dalla poca acqua che continuava a scorrere. Quest'ultima attraversando i calcari verdi piritosi provocava l'ossidazione del

solfo e il trasporto e la rideposizione del ferro sotto forma di ossidi idrati (limonite); le impurità varie che accompagnano il minerale comprovano una tale origine. E' inoltre interessante notare che il processo ossidativo è tuttora in atto, come dimostrano due sorgentelle, una solfidrica l'altra ferruginosa, che sgorgano presso il letto del Candigliano nelle vicinanze di Gorgo a Cerbara, proprio sotto le miniere descritte (1).

Come si è visto esistono due tipi di concentrazioni di minerali di ferro nella miniera di Gorgo a Cerbara: l'una di pirite l'altra di limonite. L'origine della seconda è chiara essendo la sua concentrazione dovuta a semplice riempimento di cavità sotterranee ad opera di acque circolanti. Meno facile a spiegare è l'origine delle concentrazioni di pirite; la grande diffusione di noduli piritosi, vari per dimensioni, entro le più diverse rocce giuresi e cretacee potrebbero far supporre anche nel nostro caso una semplice concentrazione diagenetica; invece le dimensioni e la bella conformazione dei cristalli di pirite nel calcare verde di Gorgo a Cerbara parlerebbero piuttosto a favore di una origine idrotermale.

Questa seconda ipotesi appare anche la più probabile in quanto nelle Marche centrosettentrionali sono noti accenni di mineralizzazioni idrotermali. Così da alterazione di concentrazioni di tal tipo potrebbero essere derivate quelle tracce di minerali di rame che vedremo fra poco (pag.80). Ma più interessante è la piccola concentrazione di ossidi di manganese sicuramente idrotermali messi in vista lungo un piano di faglia che porta il *massiccio* a contatto col *calcare rupestre* a 1 km a W di Ficano (ora Borgo S. Vicino) in provincia di Ancona.

(1) Questo fatto è interessante: cioè quando si verifica un'ossidazione di pirite si hanno due gruppi di sorgenti distinte, uno ferruginoso, l'altro solfidrico. Il fenomeno anche se diffuso non è certo ben spiegabile.

Qui il minerale compare con uno spessore di m 0,0,5 su qualche decina di metri di lunghezza e viene sfruttato anche attualmente. Tutte queste mineralizzazioni, anche se di valore pratico del tutto trascurabile, dimostrerebbero però che il periodo geologici molto recenti (forse Pliocene) si sono avute nella nostra regione manifestazioni idrotermali a media e bassa temperatura sia pure quanto mai sporadiche e modeste (1).

Da tutto quel che si è esposto risulta evidente che il valore pratico del giacimento di Gorgo a Cerbara è scarsissimo. Le concentrazioni di pirite non hanno importanza pratica essendo troppo basso il contenuto del minerale utile. Per la limonite, già esaurite le due tasche principali, si potrebbe andare alla

ricerca di altri analoghi riempimenti di antiche cavità carsiche. Ma troppi fatti sconsigliano una tale impresa: l'eccessivo costo e l'alea notevole, il limitato valore del minerale per le forti impurità, le piccole dimensioni delle tasche limonitiche eventuali, ecc. Se fino a un secolo fa, giacimenti di tal tipo potevano essere redditizi economicamente, oggi non rivestono più alcuna importanza pratica.

B) *Altri ritrovamenti di minerali di ferro entro il Mesozoico.* Noduli di pirite e limonite sono frequenti entro varie rocce mesozoiche della regione; essi possono raggiungere talora vari chilogrammi di peso e superare in certi casi il decimetro di diametro.

Sono frequenti talora nella *pietra corniola* (M. Nerone, Foci del Burano, Passo del Furlo, ecc.) e nelle marne verdi del Lias superiore dei dintorni di Piobbico; si tratta però in questi casi per lo più di piccole masserelle con qualche centimetro al massimo di diametro. Più cospicui sono invece i noduli che si ritrovano entro il *calcare rupestre*. In quest'ultima giacitura sono particolarmente diffusi nel versante NW del M. Nerone e precisamente: al Ranco di Nino, presso la grotta del Nerone (uno strato qui ne è molto ricco), ecc. Noduli analoghi entro il *rupestre* si trovano nei dintorni di Cantiano, al Castellaccio (lungo la strada per fonte Avellana) e altrove. In via generale si può dire che questi noduli hanno una notevole diffusione nei calcari prealbani della regione e derivano da concentrazione diagenetica di pirite (o meglio di marcasite), che si è in seguito ossidata a limonite a contatto degli agenti atmosferici.

(1) Credo sia superfluo accennare che queste manifestazioni eruttive non hanno niente a che fare con quelle che originarono le sabbie vulcaniche del Langhiano (pag.28) e del Messiniano (pag. 103): si tratta infatti di fenomeni diversissimi, oltre che per natura, soprattutto per età e luogo di origine.

Naturalmente il valore pratico e industriale di tali ritrovamenti è nullo. Li ho citati solo perché hanno fatto sorgere la diceria dell'esistenza di giacimenti di ferro (in particolare al M. Nerone), tanto che durante l'ultima guerra importanti Aziende hanno addirittura richiesto permessi di ricerca.

C) *Ritrovamenti di minerali di ferro entro il Terziario.* Entro la formazione *marnoso-arenacea* umbra del Miocene che si stende ad occidente dei rilievi mesozoici dei monti Nerone, Petrano e Catria si rinvengono non di rado noduli piritosi più o meno limonitizzati. In Comune di Borgo Pace, frazione Lamoli, fra il Montaccio e Val Rupina si rinvennero in passato frequenti noduli

di questo tipo; analoghi ritrovamenti anche presso Macinara. La frequenza di pirite entro questa formazione nei Comuni di Borgo Pace e Apecchio è dimostrata dalle varie sorgentelle solfidriche, che in questi terreni non possono derivare la loro mineralizzazione che da ossidazione di pirite. La migliore riconferma di tale interpretazione sta nella presenza a 100 m a E di Casa Valderica (Com. di Borgo Pace) e presso Pian di Lupino (Com. di Apecchio) di sorgentelle ferruginose accanto ad altre solfidriche, secondo quel caratteristico sdoppiamento delle mineralizzazioni già osservato presso Gorgo a Cerbara.

Anche queste piccolissime concentrazioni hanno la stessa origine di quelle dei calcari mesozoici e nessun valore pratico, anche se DE BOSIS (77) ricordava che "la miniera di Monte Lamoli dava buoni prodotti all'ultimo Duca di Urbino".

## **CAPITOLO II**

### **MINERALI DI RAME**

Gli antichi autori ricordarono più volte nell'alto e medio bacino del Metauro carbonati di rame. Ad esempi DE BOSIS fin dal 1867 (77) citava questi minerali dell'Avellana (M. Catria), nei dintorni di Secchiano (Cagli), di Fossombrone e di Piobbico. Più tardi GIORGIO (93) aggiunse nuove località: versante NE del M. Paganuccio e sotto il ponte sul Metauro presso Fossombrone. Durante il secolo scorso furono fatte anche vere e proprie ricerche minerarie con lavori non indifferenti di scavo. Dati tutti questi precedenti e dato che anche nel corso delle

mie ricerche ho avuto più volte l'occasione di imbartermi in minerali di rame, mi soffermerò brevemente sulla questione.

Il minerale più comune è costituito da malachite, presente in spalmature più o meno tenui lungo i giunti di stratificazione o sottili diaclasi; talora si presenta diffuso anche entro la roccia stessa. Nel fosso della Baiona (Acqualagna) ho rinvenuto alcuni noduletti di un centimetro o poco più di diametro incrostati esternamente da malachite e costituiti internamente di cuprite (1). Non ho rinvenuto, nè gli Autori hanno citato, almeno per quel che mi è noto, solfuri o solfosali di rame. La malachite e la cuprite si trovano entro la *scaglia* bianca e rossa (Cenomaniano-Eocene) in tracce minime ed estremamente localizzate ma non rare; sono noti anche due ritrovamenti entro il *calcare rupestre* (Titoniano-Neocomiano).

Uno dei due affioramenti entro il *calcare rupestre* è ricordato da GIORGI (93) in località Monticelli sul versante NE del M. Paganuccio; non essendomi stato possibile rintracciarlo mi rimetto alle notizie date da questo Autore. Qui il carbonato di rame si troverebbe in frequenti concrezioni e interstratificazioni; le prime non sorpasserebbero il mm<sup>3</sup> e sarebbero accompagnate da "una materia calcarosa verdiccia"; secondo questo A. poi il terreno non è roccia in posto ma terreno di riporto. Anche GIORGI avverte trattarsi di ritrovamenti puramente casuali ed eccezionali senza possibilità pratiche; ciò malgrado furono fatti lavori di ricerca, di cui esistevano tracce nel 1881.

(1) In sezione lucida il minerale si presenta di color ross-brunastro cupo, microcristallino ad aspetto concrezionato.

Può darsi che la ganga di calcare verdognolo sia la stessa di quella già ricordata per Gorgo a Cerbara (pag.77), dove contiene, come si è detto, oltre alla pirite anche tracce di carbonati di rame; sarebbe quest'ultimo l'altro affioramento noto connesso con la formazione del *calcare rupestre*.

Tutti gli altri ritrovamenti citati dagli AA. e quelli da me esaminati sono entro la *scaglia*. Accennerò qui a questi ultimi.

Nel fosso della Baiona, che scende al Candigliano presso Case Cangini 3 km a monte di Acqualagna, si trovano, entro la *scaglia* rossa, gallerie per ricerca di minerali di rame, aperte molti decenni fa e chiuse nel 1884. Lo scavo maggiore ha uno sviluppo di 35-40 metri ed è in traverso-banco; da questo si dipartono due brevi rami laterali, uno dei quali in direzione. Localmente la *scaglia* si presenta assai contorta e rotta. Tracce di carbonati di rame sono osservabili

anche oggi presso l'imbocco della galleria principale entro le diaclasi e i giunti di stratificazione. Chiazze di malachite e noduletti di ciprite si trovano qua e là anche entro i frammenti di *scaglia* trascinati dal torrente.

fra Isola e Piobbico al margine SW del Montiego, presso il Candigliano, vi è una galleria lunga forse 100 metri e alta un metro circa. Dato il tipo trattasi forse di uno scavo antico (localmente si afferma risalga addirittura al tempo della Signoria dei Brancaloni). Per quante ricerche abbia fatto non ho rinvenuto entro la galleria tracce di carbonati di rame, che invece si incontrano qual è la a giorno in spalmature e piccole concrezioni nella *scaglia* rossa circostante.

Entro la *scaglia* bianca che affiora lungo la mulattiera che da Cupa dei Materozzi scende a Serravalle e precisamente presso q. 828 si trovano numerose chiazze e listerelle di malachite, che impregna tenuamente ma diffusamente la roccia. Analoghi affioramenti si trovano entro la *scaglia* bianca presso Secchiano. Non furono mai fatti lavori di ricerca.

Se assai rare sono le tracce di carbonati di rame entro il *calcare rupestre* e probabilmente solo alla base di esso, si possono invece considerare abbastanza frequenti e diffuse quelle entro la *scaglia* bianca e rossa. In ogni caso però questi affioramenti non rivestono importanza pratica e hanno il valore di semplice curiosità.

Vi è però un problema interessante ma naturalmente solo teorico: cioè l'origine di queste mineralizzazioni. Indubbiamente la diagenesi e le acque circolanti devono aver determinato le giaciture attuali ora concentrando il minerale in noduletti e concrezioni, ora depositando lungo le diaclasi e i giunti di stratificazione; però non è certo chiara la provenienza prima di questo rame. Il problema è aggravato da vari fatti: l'assenza di altri minerali paragenetici, l'assenza di solfuri e solfosali di rame, la grande localizzazione e nel contempo l'ampia distribuzione dei singoli affioramenti di questi carbonati e ossidi di rame, la loro indipendenza da motivi tettonici disgiuntivi di particolare entità, ecc.

Una genesi puramente sedimentaria appare assai poco probabile se non impossibile. Anzitutto, sebbene una tale origine sia stata sostenuta per alcuni giacimenti, le modalità dei processi di deposito e di concentrazione dei minerali cupriferi sedimentari non hanno avuto fino ad oggi una interpretazione soddisfacente (1). Si è pensato alla separazione del Cu da acque marine sotto forma di solfuri in ambiente riducente per opera di acido solfidrico, in maniera analoga a quanto avviene per il Fe. Nel nostro caso però si ebbero ambienti riducenti solo durante il deposito delle marne a *Fucoidi* e dell'orizzonte

bituminoso del Cenomaniano; ma finora in questi due livelli non furono trovate tracce di Cu. Invece quando si sedimentò la *scaglia* rossa o bianca, nella quale come si è detto si trovano in grande prevalenza i nostri minerali di rame, si ebbe un netto ambiente ossidante, cioè condizioni che neppure teoricamente possono ritenersi adatte ad una separazione di Cu.

In tali condizioni l'unica ipotesi possibile sarebbe, come per la pirite di Gorgo a Cerbara (pag.78), che soluzioni idrotermali abbiano determinato in profondità il depositi di solfuri o solfosali di rame, dai quali per azione delle acque circolanti siano stati portati in superficie i minerali di alterazione (carbonati e ossidi) descritti. Credo inutile soffermarmi ulteriormente sull'argomento data la sua notevole incertezza, tanto più che un punto di vista pratico non riveste interesse.

(1) Il problema dell'origine sedimentaria del rame si presenta soprattutto per i noti Kupferschiefer della Germania. Per dettagli sulla questione rimando a/ DEANS T., The Kupferschiefer and the associated, ecc. Int. Geol. Congr., XVIII Sess. London, 1948, parte VII (1950), pag. 340.

### **CAPITOLO III**

#### **ZOLFO**

Lo zolfo è un minerale che nella nostra regione ha indubbiamente una grande diffusione e che è stato, e in parte lo è ancora, oggetto di attiva ricerca e di sfruttamento industriale vero e proprio. Già in passato furono aperte alcune miniere, che rimaste attive talora per molti anni, furono poi chiuse o per impoverimento della strato o per sopravvenute difficoltà finanziarie o tecniche. Oggi data la crisi che attraversa la nostra industria solfifera per il progressivo esaurimento dei giacimenti più ricchi, zone, come la nostra in esame, possono forse avere interesse per il ritrovamento e la messa in valore di nuovi giacimenti. Credo perciò utile soffermarmi con un certo dettaglio sulla questione.

## 1. I caratteri e i problemi del Messiniano.

Per affrontare il problema degli zolfi nella nostra regione dobbiamo prendere le mosse dall'esame dei terreni messiniani, di cui si è fatta un'esposizione sintetica a pag.32. Prima però di scendere a dettagli stratigrafici conviene accennare ad alcune questioni generali.

Anzitutto liberiamo il campo dal problema della nomenclatura. Col termine di Messiniano, seguendo l'uso ormai invalso nel nostro Paese, indico quel complesso di terreni (marne, molasse, marne bituminose, gessi calcari, tripoli) compresi fra il Tortoniano e il Pliocene inferiore marini e sicuramente documentabili con le macrofaune, ma più spesso con le microfaune (1). Questa definizione non è tanto banale come potrebbe sembrare a prima vista, stando la grande confusione che si fa molto spesso (particolarmente nelle carte geologiche ufficiali dell'Appennino) fra i tre termini stratigrafici citati.

(1) Questa definizione corrisponde del resto molto bene a quella di MAYER, che istituendo il Messiniano lo comprende fra il Tortoniano tipico di Stazzano e il non meno tipico Pliocene basale (Tabiano). Inoltre secondo il suo A. il messiniano comprende Sarmaziano e strati a Congerie (= Pontico del bacino di Vienna). Si tenga però presente che il termine Messiniano fu spesso assai male applicato, ora intendendolo sinonimo di Pontico, ora di Zancleano (=Pliocene inf.).

In passato, e anche recentemente, molti AA. hanno preferito però per i nostri terreni altre denominazioni (Sarmaziano, Pontico, Miopliocene, Miocene superiore, strati a Congerie, formazione gessoso-solfifera, ecc.); riassumerò quindi rapidamente alcuni dei motivi essenziali che mi fanno prescegliere il termine Messiniano.

Sarmaziano e Pontico, istituiti come è ben noto per depositi salmastri dell'Europa orientale, non sono correlabili con precisione e sicurezza con i terreni del Mediterraneo occidentale, salvo casi del tutto eccezionali (alcune località toscane ad esempio); cosa del resto comprensibile, se si pensa che i due domini marini (orientale e occidentale) dell'Europa meridionale erano allora indipendenti. Ma se quanto mai difficile e incerto è il riconoscimento da noi di questi due piani, pressoché impossibile è il separarli con precisione fra loro. Non parliamo poi che nelle regioni orientali il Sarmaziano ora è considerato sovrastante, ora coevo del Tortoniano e che il Pontico (da alcuni AA. orientali considerato pliocenico) serve per indicare ora depositi salmastri, ora accumuli

continentali (= Pannoniano); penso quindi che queste due denominazioni non possono essere applicate ai nostri terreni neppure col significato di facies (1).

Il termine Mio-Pliocene può essere utile, ma indica ben poco; assai meglio sarebbe semmai parlare di Miocene superiore; però in tal caso interviene la questione del limite fra Miocene e Pliocene, questione che non è così semplice come potrebbe parere (221). Gli "strati a Congerie" sono stati considerati coevi della formazione gessoso-solfifera o talora posteriori, ma per lo più non si è dato a questi due termini un significato molto preciso. D'altronde anche nei bacini dell'Europa orientale agli strati a Congerie si dà piuttosto il valore di facies (pontici sono ad esempio nel bacino di Vienna, sarmaziani e pontici nel bacino pannonico). La denominazione di "formazione gessoso-solfifera" ha invece in molte parti del nostro Paese, e nella nostra regione in particolare, un preciso significato litologico e pratico, perciò la conserverò nella esposizione che segue. Intendo però la formazione gessoso-solfifera in senso molto stretto, comprendendo in essa solo quel complesso stratigrafico rappresentato da sicure evaporiti (calcere solfifere e gessi) e dalle rocce marnoso-argillose interposte.

(1) Infatti, come dirò fra poco, il nostro Messiniano non è nè salmastro nè continentale ma bensì soprasalato. Da noi si è spesso considerato il Pontico comprensivo del Pontico vero e proprio e del Sarnaziano; inteso in tal senso potrebbe servire a designare le formazioni molassiche e conglomeratiche a carattere salmastro-continentale delle Venezie; si tratta però sempre di una deformazione del significato originario del termine.

Il Messiniano, così come lo si è definito all'inizio di questo paragrafo, ha una netta individualità stratigrafica, quale ben raramente si presenta per altri piani geologici. Infatti anche nelle serie continue come sono quelle metaurensi, la sua separazione rispetto al Tortoniano e al Pliocene inferiore è quanto mai agevole mediante le microfaune a Foraminiferi, che nel Messiniano, come ho già accennato a pag. 33 o sono del tutto assenti o ridotte a sole rarissime e piccole Globigerine (1). Il profondo cambiamento ambientale, che ha pressoché inibito la vita ai Foraminiferi e quasi tutti gli altri organismi tipicamente marini specie bentonici (2), si inizia pochi metri al di sotto dei tripoli e cessa qualche metro o decina di metri sopra il complesso a colombacci (livello 6 di pag. 32) (3), ossia è accompagnato molto da vicino da notevoli cambiamenti litologici. Tre sono a questo riguardo le formazioni tipiche del Messiniano: i tripoli, la formazione gessoso-solfifera e i livelli a colombacci. Questi complessi che si succedono

nell'ordine dal basso all'alto possono essere a diretto contatto fra loro o assai più spesso separati da spessori variabili di marne, marne bituminose o molasse (4).

A questo punto è lecito chiedersi quale è stato l'ambiente di sedimentazione del Messiniano. Poiché il problema ha anche un indiretto interesse pratico, vediamo quali deduzioni è possibile ricavare dai vari elementi paleontologici e litologici a disposizione.

(1) Pur essendo fuor di luogo scendere qui a dettagli, posso aggiungere per la nostra regione qualche altra notizia a quanto ho già accennato in precedenza. Sopra al Tortoniano, con ricche microfaune di tipico ambiente marino normale, segue in complesso stratigrafico con Foraminiferi sempre più scarsi verso l'alto. In questa zona di transizione, il cui spessore oscilla da qualche metro a pochissime decine di metri, le specie sono affette spesso da teratologie e da nanismo, le forme bentoniche tendono gradualmente a sparire (ultimi i Buliminidi e le Uvigerine) e restano infine solo scarsissime e piccole Globigerine. Pochi metri (talora anche 10-20 m) sotto i tripoli si entra nel vero Messiniano, dove anche le piccole Globigerine diventano saltuarie e assai spesso mancano del tutto. Il passaggio dal Messiniano al Pliocene inf. avviene in modo analogo ma inverso. Anche qui pochi metri o poche decine di metri sopra l'ultimo orizzonte calcareo del livello 6 (pag. 25) ricompaiono e diventano via via più frequenti le Globigerine sempre meglio sviluppate; nel contempo si ripresenta gradualmente la fauna bentonica con Buliminidi, Uvigerina, Cibicides, ecc., finché si passa alle ricche microfaune del Pliocene inf. di nuovo d'ambiente tipicamente marino.

(2) E' superfluo ricordare che il Messiniano ha fornito anche altri resti fossili oltre gli sporadici Foraminiferi e cioè: Diatomee, Radiolari, Ostracoidi, Pesci e le ben note faune a Congerie.

(3) Su questo complesso stratigrafico e sulla sua enorme e continua distribuzione nella regione romagnolo-marchigiana mi sono già intrattenuto in una mia recente nota (219). Chiamai allora questi calcari cagnini superiori; ma ad evitare confusioni coi tipici cagnini, che sono calcari marnosi talora selciferi della base della formazione gessoso-solfifera, li indicherò d'ora innanzi col termine di colombacci, prendendo il termine dal locale linguaggio dei minatori. Poso qui anche aggiungere che ho ritrovato recentemente il complesso a colombacci, sempre coi noti caratteri e sempre nella stessa posizione stratigrafica (all'apice del Messiniano), oltre che in Romagna e nelle Marche, anche in Toscana, negli Abruzzi e in Calabria.

(4) Naturalmente è questa una schematizzazione; vedremo meglio più avanti le numerose variazioni locali di spessore e composizione delle serie nella nostra regione. Un tale schema vale anche per molte altre parti d'Italia, ma non è certo possibile scendere qui a dettagli.

Anzitutto possiamo osservare che nella regione marchigiana durante il Messiniano dovettero essere assai diffuse particolari condizioni del fondo marino per l'instaurarsi di ambienti riducenti con probabile sviluppo di acido solfidrico paragonabili a quello dell'attuale Mar Nero. Essi ci sono dimostrati dalla scomparsa della fauna bentonica, dai frequenti livelli di marne bituminose e dalla frequenza di pirite e marcasite finemente suddivisa o in piccoli noduletti entro le marne. In tali condizioni solo la vita planctonica e talora quella nectonica (v. le ittiofaune di Mondaino, Sinigaglia e di altre località) erano possibili. Però l'ambiente dovette essere essenzialmente influenzato da un notevole aumento di salsedine come testimoniano in modo chiaro le varie rocce di deposito chimico (calcari e gessi) (1).

E' curioso che quasi tutti gli AA., i quali si sono occupati dei terreni messiniani italiani, li abbiano definiti come depositi salmastri o d'acqua dolce (2). Il fatto è forse imputabile ai ritrovamenti di *Cardium*, *Congeria*, *Melanopsis*, *Hydrobia*, ecc., cioè delle faune dette appunto a *Congerie*, analoghe a quelle dei laghi-mari coevi dell'Europa orientale (3). Può darsi che queste faune indichino veramente delle pause locali salmastre nell'ambiente fondamentalmente soprasalato dei nostri mari messiniani; ma forse non è la regola. A questo riguardo si può innanzitutto notare che in via generale vi è spesso concordanza fra le faune di ambiente salmastro e quelle di ambiente sovrasalato; infatti le specie ad habitat salmastro sono eurialine e capaci di sopportare notevoli sbalzi di salsedine; è quindi verosimile che esse possano adattarsi ad acque sovrasalate.

Nelle faune attuali troviamo varie prove di questa affermazione: ma qui è sufficiente ricordare il fatto che il *Cardium edule*, generalmente creduto solo salmastro, oggi vive anche nel golfo di Kara Bugas (Mar Caspio), dove la salinità ammonta al 164% (1). E' anche molto interessante il ritrovamento di *Melanopsis* e *Cardium* addirittura entro i gessi romagnoli (174).

(1) Forse più che all'ambiente riducente, è probabile che il nanismo e le teratologie dei Foraminiferi (v. sopra) siano dovuti alla elevata salinità dell'antico mare.

(2) Alcuni hanno adottato il termine di "sedimento paralico", che però secondo la definizione originale di TERCIER (1940) indica sempre la medesima cosa: cioè alternanza di depositi terrigeni marini, salmastri e continentali al margine di aree emerse.

(3) Forse anche i tripoli, richiamandosi alle diatomeiti d'acqua dolce può darsi siano stati interpretati come depositi d'acqua salmastra.

(4) Non si dimentichi che i vari nostri *Cardium* messiniani sono considerati mutazioni del comune *Cardium edule*. I *Cardium* poi costituiscono spesso la gran massa delle cosiddette faune a *Congerie*.

Nè si dimentichi infine che faune e *Cardium*, ittiofaune e talora anche faune a Foraminiferi si rinvencono entro sottili strati marnosi intercalati ai gessi, in condizioni tali che non è facile ammettere profondi e brevi mutamenti di salsedine. Quindi, pur non escludendo che in particolari casi le faune cosiddette a *Congerie* indichino realmente degli ambienti salmastri determinati da locali e momentanee diluizioni per apporto di acque dolci, penserei che spesso possano rappresentare degli adattamenti a un ambiente soprasalato (1). Ad ogni modo in via generale mi pare sia chiaro che nella stragrande maggioranza dei casi gli ambienti di deposito del nostro Messiniano furono iperalini.

Veniamo ora a parlare delle varie rocce che meglio caratterizzano le serie messiniane, cioè dei gessi e dei calcari. E' una questione pacifica, da nessuno

messa in dubbio, che i gessi, il salgemma e i rari sali potassici e magnesiaci (questi ultimi tre però non sono presenti nella nostra regione) siano di deposito chimico. Altrettanto credo si possa dire per i cagnini e i colombacci, che sono calcari, i primi spesso un po' selciferi e i secondi un po' marnosi e spesso fittamente stratificati e fissili, nei quali è evidente l'origine evaporitica; d'altra parte mancano in essi avanzi fossili e caratteri tali da far supporre un deposito organogeno (2). Più complessa è l'interpretazione della genesi del calcare solfifero che da parte di molti AA. si considera derivato da riduzione del gesso. Più avanti cercheremo di intrattenerci sulla dibattuta questione (pag.113); mi pare però si possa dire fin d'ora che la costante presenza di questo calcare alla base della serie gessifera della nostra regione e la frequente scarsezza o assenza in esso di solfo, facciano propendere per un deposito chimico diretto

(1) Le faune a Congerie potrebbero anche rappresentare delle grandi ecatombi di animali dulcicoli o salmastri venuti a trovarsi improvvisamente nell'ambiente marino sovrasalato o per migrazione propria o perché trascinati dalle correnti. Si potrebbe cioè essere ripetuto quanto avviene oggi per le faune del Caspio che entrano nel golfo di Kara Bugas. Qui infatti ANDROUSSOV ha osservato enormi accumuli di conchiglie d'organismi salmastri del Caspio uccisi dalla eccessiva salsedine. Questo A. fa giustamente notare che trovandoli allo stato fossile si potrebbe supporre che a tali organismi l'ambiente sovrasalato sia stato invece molto favorevole tanto da permettere una così grande abbondanza di individui. Che tali trasporti da acque continentali fossero possibili durante il nostro Messiniano lo confermerebbero anche le numerose filliti trovate nella nostra regione (Mondaino, Sinigaglia, valle dell'Esino, ecc.). Ad ogni modo quegli elementi faunistici che farebbero supporre un ambiente salmastro possono essere interpretati, come si vede, in maniere assai diverse.

(2) A riprova dell'origine chimica dei colombacci è anche importante tener presente: la grande esiguità dei singoli straterelli calcarei (al massimo 12-15 cm, ma assai più spesso pochissimi cm) e la loro separazione con analoghi spessori di argilla, l'enorme continuità orizzontale dei vari orizzonti calcarei, la loro indipendenza dalla facies litologica dei terreni adiacenti (possono trovarsi immersi in argille marnose o in molasse indifferentemente) e quindi la loro costanza malgrado le variazioni di facies dei terreni vicini, la loro costante posizione stratigrafica, ecc.

anche di questo calcare. Ad ogni modo, comunque lo si voglia considerare, che si sia cioè depositato come calcare o come gesso, non si può negare in ogni caso la sua origine evaporitica.

Data la successione stratigrafica di queste rocce si può dire che la serie messiniana marchigiana rappresenta un tipico ciclo evaporitico. Infatti si è avuto all'inizio il deposito di calcari leggermente dolomitici e spesso selciferi (cagnini), ad essi son seguiti il deposito di calcare (talora solfifero) e di calcare gessifero, e quindi gli accumuli di gesso in banchi cospicui (S. Ippolito, Urbania) o in numerosi strati di diverso spessore; la serie infine si è chiusa con nuovi depositi di calcari tipicamente evaporitici (colombacci). Cioè si è verificato dapprima un

progressivo aumento di concentrazione salina, che nella nostra regione non andò oltre il deposito del gesso, e quindi una diluizione delle acque dell'antico mare finché si venne infine di nuovo alla salinità normale. Naturalmente sia gli aumenti che le diminuzioni di salsedine non furono né progressivi né gradualmente; si ebbero infatti frequenti arresti nel deposito chimico con l'intervento della normale sedimentazione terrigena, riprese di deposito dei sali, diluizioni e locali aumenti di salsedine, ecc.; nel grande unico ciclo evaporitico si inserirono così cicli minori locali. In altre regioni si ebbe talora anche l'accumulo di salgemma (Toscana, Calabria e Sicilia) o addirittura di sali potassici (Sicilia).

Si devono tener presenti anche i numerosi passaggi laterali di spessore e di composizione di tutte queste varie rocce. Così i grossi banchi gessiferi possono smembrarsi lateralmente in numerosi altri minori, i calcari di base possono passare orizzontalmente a gesso, gli orizzonti di colombacci possono variare di numero e di potenza, può cambiare notevolmente lo spessore dei terreni marnosi o molassici interposti, ecc. La maggior parte di tutti questi fatti devono essere in relazione con numerosi agenti paleogeografici: diversi apporti terrigeni e di acque dolci nel mare soprasalato, vario giuoco delle correnti a diversa densità, diverso riscaldamento e profondità delle acque, vario andamento dei bacini marini, ecc. (1).

(1) Per quanto le differenze di facies del Messiniano siano cospicue e dimostrino che non si ebbe un unico mare aperto, ma bensì un mare variamente frastagliato e con profondità disformi (è questo un altro elemento non trascurabile a riprova delle emersioni avvenute durante il Tortoniano-Messiniano di cui si è parlato a pag. 70), tuttavia vi sono elementi per dire che vi erano bacini non chiusi ma ampiamente comunicanti fra loro, cioè un unico mare romagnolo-marchigiano. E' possibile infatti cogliere, malgrado le differenze nelle facies, alcuni caratteri regionali comuni della serie

Occorre ora accennare anche al problema dei tripoli. Come è noto essi accompagnano alla base, quasi costantemente, la formazione gessoso-solfifera non solo nella nostra regione, ma anche in quasi tutto il resto della penisola e della Sicilia, tanto che se non sono esclusivi del Messiniano ne costituiscono certamente in orizzonte molto caratteristico. Dagli studi condotti sulle ittiofaune di Mondaino (197), Sinigaglia (204) e di molte altre località italiane (Gabbro, Licata, Rocalmuto, ecc.) e dalle notizie pubblicate finora sulle Diatomee (69, 174, 201), è noto che i tripoli rappresentano depositi di mare aperto e abbastanza profondo (salvo quelli del Gabbro) pur con variazioni batimetriche a seconda dei

luoghi (2). Però ci si può chiedere quale sia stata la causa di questo deposito così peculiare e come mai queste caratteristiche marne fogliettate abbiano la costante e quasi generale diffusione immediatamente sotto la formazione gessoso-solfifera.

Si può notare che sia la fissilità, sia tutti gli altri caratteri dei tripoli sono dovuti alla grande abbondanza di Diatomee; nelle nostre rocce infatti la silice organogena può anche superare largamente il 40%. Ora penso che questo straordinario sviluppo del fitoplacton sia stato favorito, se non determinato, da una notevole concentrazione di  $\text{SiO}_2$  nell'antico mare; tale concentrazione sarebbe stata provocata essenzialmente dal progressivo aumento generale della salsedine al disopra del valore normale (3) e forse da una probabile diminuzione del Ph (4). Perciò in definitiva l'aumentata salsedine sarebbe stata la causa indiretta della formazione dei tripoli; la loro posizione geologica verrebbe spiegata dal fatto che durante il deposito di queste rocce la salinità del

evaporitica. Ad esempio a Cà Bernardi, M. Aiate, Peticara, Fermignano e in altre zone sopra lo strato di calcare solfifero vi sono 10-12 strati di gesso con spessore variabile da qualche decimetro a circa m 1,5 circa; si potrebbe vedere in questo non una pura coincidenza, ma un indizio che nella nostra regione per 10-12 volte circa si è raggiunta una concentrazione tale da permettere la separazione del gesso. In altre zone si ha un unico grande banco gessifero o un minor numero di straterelli minori; ciò potrebbe attribuirsi a condizioni locali. Altro fatto interessante è offerto dagli orizzonti a strati di colombacci. In tutta la regione romagnolo-marchigiana essi sono fondamentalmente due; talora possono aggiungersi altri tre orizzonti minori, oppure gli orizzonti presenti ravvicinarsi tanto da dare un unico livello stratigrafico. Si potrebbero ricordare anche altri fatti, ma qui mi basta mettere in evidenza che esistono dei denominatori comuni in tutte le varie serie messiniane della nostra regione. Svilupperemo più avanti questo argomento.

(2) Tripoli o meglio marne tripolacee si trovano raramente (ad es. dintorni di Isola di Fano) anche sopra ai gessi e talora intercalate. In quest'ultima giacitura D'ERASMO ha trovato a Sinigaglia anche pesci dulcicoli o salmastri; per essi vale quanto si è detto per le faune a Congerie, cioè o si tratta di specie adattate all'ambiente sovrasalato o uccise dall'eccesso di salsedine.

(3) Come è noto il  $\text{SiO}_2$  è uno dei primi componenti a raggiungere la saturazione nell'evaporazione dell'acqua di mare; basterebbe a tal riguardo ricordare il contenuto in silice dei cagnini.

(4) Diminuendo il ph diminuisce la solubilità dell' $\text{SiO}_2$  quindi vien prima raggiunta la saturazione. Potrebbe darsi che l'ambiente riducente con sviluppo di  $\text{H}_2\text{S}$ , tanto diffuso nei mari messiniani, come si è detto più sopra, abbia potuto determinare questa diminuzione.

mare messiniano, pur essendo superiore al valore normale tanto da aver inibito la vita alla maggior parte degli organismi, non aveva raggiunto ancora valori cospicui; quando questi si verificarono cominciò il deposito del calcare siliceo (cagnino) e disparvero anche le Diatomee essendo l'ambiente divenuto impossibile alla loro vita (1). Per questa interpretazione dei tripoli si possono portare alcune prove. Ad esempio a Mondaino il cagnino si trova intercalato agli strati tripolacei alti; ciò dimostra che alla fine del deposito tripolaceo la salinità del mare era già elevata. Ma più interessante è quanto ho avuto occasione di osservare recentemente nel Crotonese meridionale (Calabria) dove vi sono tripoli

del Pliocene, del tutto identici ai nostri messiniani, che dimostrano chiaramente di essersi depositati in acque soprasalate (2).

Giunti a questo punto ci resta ancora da vedere quali avvenimenti geologici possano aver determinato l'ambiente tipicamente iperalino del Messiniano. Come è noto, la quasi totalità degli AA., riprendendo la nota teoria della "barra" di OCHSENIUS", suppone che le nostre serie evaporitiche si siano sedimentate in lagune soprasalate con limitata o saltuaria comunicazione col mare aperto, analogamente a quanto avviene oggi per il golfo di Kara Bugas (Mar Caspio), lago di Larcana (Cipro), laghi amari (Suez), ecc.

(1) Evidentemente le marne tripolacee a Diatomee talora sovrastanti o intercalate ai gessi si possono spiegare con locali diluizioni dell'ambiente sovrasalato.

(2) Nel Pliocene medio e superiore del Crotonese sono intercalati numerosissimi orizzonti di tripoli (almeno una trentina di livelli per il solo Pliocene superiore) con spessori variabili da 40-50 cm ad 8-9 m ognuno. Questi tripoli sono uguali a quelli messiniani; contengono una grande quantità di Diatomee, un'abbondante microfauna costituita da sole Globigerine e Orbuline e qualche pesce (a causa di questi ultimi furono un tempo ritenuti erroneamente messiniani).

Associati ai tripoli sono numerosissimi letti sottili di gesso e talora calcari di deposito chimico in tutto identici ai nostri colombacci. I fossili e le rocce associate indicano quindi anche per questi tripoli calabresi un ambiente di deposito sovrasalato. Ma vi è anche un'altra osservazione interessante da fare. Fra i vari orizzonti tripolacei si intercalano argille azzurre del tipo normale pliocenico; esse contengono microfaune molto ricche e varie (talora anche malacofauna) con caratteri costanti e di ambiente marino normale; da esse è possibile dedurre una profondità di deposito attorno ai 500 m. Evidentemente anche i tripoli interposti dovettero sedimentarsi a queste profondità essendo assolutamente impossibile ammettere tante numerose e uguali oscillazioni dell'antico fondo marino. Possiamo quindi pervenire a queste conclusioni; i tripoli, (siano messiniani o pliocenici) si formarono in un mare con salsedine superiore a quella normale a profondità diversissime e dove gli apporti terrigeni grossolani erano molto ridotti.

A tal modo di vedere si possono opporre numerose obiezioni. Anzitutto, ammettendo una serie ininterrotta di lagune lungo le coste dell'antico mare, mal si spiegano i costanti caratteri di insieme del Messiniano del nostro Paese (1): sempre soprasalato, sempre con la stessa fondamentale successione di evaporiti, sempre con gli stessi caratteri faunistici, ecc., che si mantengono uguali dal Piemonte e dalla pianura padana fino alla Sicilia. Neppure supponendo bacini lagunari molto estesi si riescono a superare varie difficoltà (2). Infatti durante il Miocene superiore (3) i bacini chiusi e semichiusi avrebbero dovuto cingere tutte

le masse emerse nel nostro Paese e avere le loro barre a decine se non a centinaia di km ( si pensi alla Pianura Padana ad es.) da queste medesime aree emerse. Ma per ammettere una morfologia così accidentata è necessario pensare che i fenomeni orogenetici abbiano prodotto vaste ed irregolarissime emersioni quali non si erano avute nei periodi geologici precedenti o seguenti. Indubbiamente durante il Messiniano si ebbero nel nostro paese fasi diastrofiche importanti (fase attica o insubrica tardiva); ma, a parte il fatto che in molte regioni d'Italia dove pure il Messiniano è assai sviluppato o non si ebbero movimenti o questi furono molto scarsi, resta per lo meno strano che le altre fasi orogenetiche precedenti, spesso molto più intense, non abbiano mai determinato un così enorme sviluppo di lagune.

Ma vi sono anche altri argomenti assai importanti che fanno molto dubitare di questa ipotesi diciamo così "lagunare". Infatti in tutto il Mediterraneo occidentale, il Miocene superiore allorché si presenta marino è sempre soprasalato e con depositi evaporitici. A tal riguardo son tipiche le serie gessoso-solfifere della regione di Costantina; caratteristica la successione marne bituminose, tripoli e gessi dell'Algeria occidentale (Orano, Chelif, ecc.) dove si riscontrano associazioni e successioni faunistiche identiche alle nostre; si potrebbe ricordare le serie gessoso-solfifere della Murcia e di altre regioni spagnole e così via. Un esame dettagliato di tutte queste serie ci porterebbe assai lontano, qui mi basta dire che in tutto il Mediterraneo occidentale non

(1) Fa eccezione il margine alpino veneto dove questi terreni cui compete piuttosto la denominazione di Pointico, hanno carattere continentale-salmastro.

(2) Per esempio ho fatto notare più sopra la fondamentale unità del mare messiniano romagnolo-marchigiano, altri hanno pensato a un'unica grande laguna siciliana, si potrebbe pensare a una grande laguna padana, e così via.

(3) Per facilità di espressione uso il termine di Miocene sup. ma non è esatto; come ho detto non si può verificare il Messiniano con tutto il Miocene sup.

sono noti terreni sopramiocenici di ambiente marino normale. Come è noto un tempo si credette di averli individuati nel cosiddetto Saheliano, ma ricerche recenti hanno dimostrato che i presunti terreni saheliani appartengono in realtà al Tortonianiano o al Pliocene (LAFITTE 1949).

In tali condizioni verrebbe fatto di pensare che durante il Miocene superiore tutto il Mediterraneo occidentale abbia costituito un enorme lago-mare sovrasalato; esso sarebbe rimasto isolato dall'Oceano Atlantico o per meglio dire avrebbe avuto con l'Oceano comunicazioni insufficienti a mantenergli la salsedine normale (1). Oltre a questo semi-isolamento altri fattori avrebbero

contribuito all'innalzamento della salinità e in primo luogo gli scarsi afflussi di acque dolci continentali. Infatti quasi tutti i maggiori corsi d'acqua sfociavano nei bacini dell'Europa orientale, i quali come è noto, separati dal Mediterraneo sul finire del Tortoniano, venivano appunto acquistando carattere salmastro. Altro elemento favorevole all'evaporazione fu il clima caldo, forse subtropicale, ma certamente a temperatura più elevata dell'attuale come dimostrano le flore messiniane.

Si potrebbero citare anche altri fatti a sostegno dell'ipotesi dell'isolamento del Mediterraneo durante il Miocene superiore; così ad esempio il carattere indopacifico delle faune marine mioceniche è quello più spiccatamente atlantico delle faune plioceniche. Ma non posso dilungarmi ulteriormente su questo interessante argomento.

Devo però aggiungere che non penso al Mediterraneo messiniano semplicemente come ad un enorme lago soprasalato in cui si andassero uniformemente sedimentando le serie evaporitiche. Infatti tali depositi dovevano essere più facili ed abbondanti presso le coste o sui bassifondi per la maggiore evaporazione, altrove invece molto più ridotti o addirittura mancanti. La sedimentazione poteva essere diversissima anche in aree vicine sia per il vario e intenso moto delle correnti a diversa concentrazione salina, sia per la diversa acclività dei fondi costieri, sia per i vari apporti terrigeni; presso la foce dei fiumi potevano formarsi ambienti salmastri o addirittura a salinità quasi normale, tanto da consentire la sopravvivenza di forme marine

(1) Come ho detto altrove (Giorn. Geolo. (2) XVII, 1944), il Mediterraneo era stato separato dall'Oceano Indiano nel Miocene (forse alla fine del Miocene medio, nè ebbe mai comunicazioni col dominio indopacifico attraverso il mar Rosso. Alla fine del Tortoniano perciò le uniche comunicazioni coll'Oceano restavano attraverso i cosiddetti stretti subbetico e sudriffano; ma anche questi furono colmati e ostruiti (forse solo imperfettamente) all'inizio del Miocene superiore. E' inutile ricordare che lo stretto di Gibilterra è solo pliocenico e i Dardanelli quaternari.

tipicamente mioceniche (1). Forse anche si formarono lagune o veri e propri bacini chiusi con deposito di salgemma e talora di sali potassici e magnesiaci; ma la frequenza di tali ambienti non doveva essere molto diversa da quella attuale o di altri periodi geologici passati.

Da tutto quanto ho esposto, mi pare si possa concludere che il carattere essenziale del nostro Messiniano è stato il regime iperalino che ha determinato durante questa età quei tipi litologici così caratteristici e condizionato le varie forme di vita. Molti sono ancora i problemi aperti, ma penso che da una migliore

ricostruzione dei vari ambienti locali messiniani possano venirci preziosi elementi di importanza pratica non indifferente e forse qualche lume su quel problema, spesso affrontato in maniera tanto inadeguata, quale è la genesi dello zolfo (2).

## **2. Serie stratigrafiche del Messiniano.**

A pag.32 ho già dato lo schema stratigrafico fondamentale del Messiniano nella nostra regione; ora occorre scendere a maggiori dettagli per renderci conto dei numerosi passaggi laterali di facies e cambiamenti di spessore che questi terreni subiscono nei vari punti. Per necessità di cose non potremo però naturalmente scendere a dettagli notevoli.

Sulle carte geologiche ufficiali il Messiniano è stato accomunato e confuso con Tortoniano, col Pliocene inf. e talora anche col Pliocene medio sotto il nome generico e assai impreciso di Mio-Pliocene (pag. 84); ne è perciò derivata una rappresentazione cartografica quanto mai inesatta e non corrispondente al vero. Durante le mie ricerche di campagna, conducendo in

(1) Si veda il carattere miocenico delle faune del Pliocene inferiore (Tabiano).

(2) Mi riprometto di sviluppare meglio in un futuro lavoro i concetti riassunti in questo paragrafo, portando una maggiore documentazione e le indispensabili citazioni bibliografiche.

molte zone rilevamenti dettagliati al 25.000 e al 10.000 (1), ho cercato di raccogliere il maggior numero possibile di dati su questi terreni, sia per conoscerne i principali caratteri stratigrafici, sia per correggere e aggiornare la carta geologica. Pur non essendo ancora completi questi rilevamenti, la Tav. I, malgrado la piccola scala, dà già un'idea abbastanza precisa della distribuzione del Messiniano. Come si può vedere da essa, questi terreni coprono una superficie notevole ed affiorano con continuità attorno alle anticlinali più accentuate dell'avanfossa e compaiono talora molto estesi sul fondo delle sinclinali interne della catena. Per maggior chiarimento ho rappresentato sulla Tav. VII gli

affioramenti della formazione gessoso-solfifera e la sua estensione al di sotto dei terreni pliocenici e nella Tav. III ho riportato alcune delle serie stratigrafiche illustrate qui sotto.

Passeremo ora in rassegna i vari affioramenti messiniani procedendo da N a S da W ad E secondo zone naturali e cioè: sinclinali interne, sinclinale Montecalvo in Foglia-Isola del Piano-Reforzate, sinclinale di Tomba di Pesaro-M. delle Forche-Cerasa, zona litoranea. Queste varie aree tutte ad orientamento NW-SE hanno anche un significato paleogeografico in quanto corrispondono ad antichi bacini subsidenti messiniani talora coi margini in parte emergenti dall'antico mare (2).

#### A) *Sinclinali interne* (3).

Come ho già detto esse sono comprese fra il fascio dei rilievi mesozoici interni e la dorsale Cà Bertino-M. Spadaro-Furlo-Arcevia.

Le sinclinali nelle quali compare il Messiniano sono quelle di Pietrarubbia-Urbania, M. Aiate, Tarugo-Pantana-S. Stefano e Cà Bernardi.

Nella porzione nordoccidentale della sinclinale Pietrarubbia e Lunano la

(1) Tali rilevamenti, in buona parte utilizzati per l'unità Tav. I, serviranno per la nuova edizione dei Fogli geologici marchigiani n. 109, 110, 117, 117 della Carta geologica d'Italia.

(2) Per i caratteri tettonici rimando a quanto ho già esposto a pag. 48 e seguenti.

(3) Il Messiniano compare anche nella sinclinale M. Vicino-M. Picognola; rinuncio però a una descrizione, essendo esso quasi esclusivamente molassico e privo di interesse pratico. La serie, anche se molto più incompleta, ha tuttavia qualche analogia con alcune della sinclinale Tarugo-Pantana. Inoltre ad evitare equivoci, avverto che anche nelle pagine seguenti chiamerò "sinclinali interne della catena", quelle che avevo indicato (217) più correttamente col nome di "sinclinali mediane della catena".

serie si presenta così (1):

7. Potente alternanza di molasse grossolane e conglomerati; questi ultimi sono in grandi lenti, che spesso raggiungono varie decine di metri di spessore (2); si intercalano anche orizzonti a colombacci, il più basso dei quali è a circa 90 m sopra la base del complesso; spessore totale affiorante m 200-250.

6. Argille marnose con intercalazioni molassiche, che si fanno sempre più frequenti e potenti verso l'alto; la porzione superiore di questa serie dà passaggio laterale a quella sovrastante. Spessore m 500 circa sul fianco NE della sinclinale, m 250 circa su fianco SW.

5. Strati di gesso (6-7 i principali) fino a 50 cm intercalati a marne bituminose; spessore complessivo m 20 circa ( a 2 km circa a N di Lunano).

4. Marne bituminose fogliettate con intercalati strati calcareo-solfiferi (talora solo 10 cm) e noduli di solfo saponaceo; spessore m 6 circa.

3. Argille marnose bluastre con impregnazioni bituminose nella parte alta; m 50-80.

2. Molasse con intercalazioni marnose; m 300-350.

1. Marne grigio-biancastre dello *Schlier*; m 250 circa.

L'orizzonte 1 rappresenta l'Elveziano, il 2 e quasi tutto il 3 il Tortoniano, parte del 3 e tutti gli altri il Messiniano. Per le descrizioni degli orizzonti 4 e 5 mi sono servito dei dati relativi alla ricerca della Morcia (2 km a N di Lunano).

Sempre nella medesima sinclinale a SE del Foglia la serie subisce dei cambiamenti sensibili; infatti a NE di Urbania si ha:

8. Argille marnose con sottili intercalazioni molassiche più frequenti in alto e con due orizzonti a colombacci, uno alla base e l'altro 120 m sopra; spessore totale m 150 circa.

7. Argille marnose con sottilissime intercalazioni sabbiose; m 400 circa.

6. Gessi in strati fino a 60 cm intervallati a marne bituminose; spessore totale m 25-40.

5. Marne argillose un po' bituminose; m 10-15.

4. Marne come sopra con intercalazioni di calcare marnoso solfifero; qualche metro in tutto.

3. Marne argillose bluastre talora con strati tripolacei evidenti; m 30 o meno.

(1) Tutte le serie sono descritte dall'alto al basso.

(2) E' interessante che questi conglomerati sono in gran prevalenza costituiti da elementi provenienti dalle Argille scagliose. Il fatto ha anche notevole interesse per i problemi connessi con le Argille scagliose di Val Marecchia.

2. Molasse con intercalazioni marnose; m 300-350.

1. Marne della *Schlier*; m 250 circa (1)

Anche qui il livello 1 è dell'Elveziano, il 2 e parte del 3 tortoniani, tutti gli altri messiniani. Da notare che gli orizzonti 3, 4 e 5 possono ridursi notevolmente e il 3 quasi sparire. Al Peglio e al M. Santo il livello 6 è rappresentato da un unico potente banco di gesso.

Nella sinclinale di Monte Aiate la serie si presenta così :

9. Complesso molassico affiorante per 100-150 m di spessore.
8. Alternanza di argille e molasse con circa 60 m di spessore. Nella porzione meridionale del bacino anche questa alternanza è in grande prevalenza molassica.
7. Marne fogliettate bituminose; m 10-15;
6. Strati di gessai (circa una dozzina) alternati da marne bituminose con lenticelle di zolfo "saponaceo"; 20-25 m
5. Calcare marnoso di spessore variabile (non superiore al metro) discontinuo talora assente con qualche mineralizzazione di solfo.
4. Marne tripolacee e tripoli con alcuni metri di spessore.
3. Marne argillose stratificate con bande nerastre bituminose; m 55
2. Marne grigiastre argillose della porzione alte delle *Schlier*.
1. Marne grigio-biancastre dello *Schlier*; spessore totale dei termini 1 e 2 m 300 circa.

Il livello 1 è elveziano, quelli 2 e 3 tortoniani, gli altri messiniani.

Nella sinclinale di Tarugo-Pantana-S. Stefano e nelle sinclinali secondarie adiacenti (C. Nolfi, Pantana, M. Torrone) (pag.50) il Messiniano ha un potente e notevole sviluppo molassico e si presenta in due successioni stratigrafiche diverse. Una ben studiabile nei dintorni di Serraspinosa, ha la composizione seguente:

5. Potentissimo complesso marnoso-arenaceo con uno spessore affiorante di 450-500 m; talora a 150-200 m dalla base compare qualche straterello di gesso arenaceo (2).
4. Marne fogliettate con qualche strato (10-30 cm) di gesso arenaceo intercalati a molasse; spessore generalmente non superiore ai 5-6 m

(1) I dati per questa e per la serie precedente mi furono gentilmente forniti dal Dr. G. A. Venzo, che ha appunto in corso uno studio particolareggiato su questa zona.

3. Marne argillose grigio-verdastre con intercalati letti pure marnosi e bituminosi; 35-50 m
2. Marne argillose grigiastre (*Schlier* alto) passanti alle sottostanti.
1. Marne grigio-biancastre dello *Schlier*; spessore totale dell'1 e 2 m 200 circa.

Il livello 1 rappresenta l'Elveziano, il 2 e parte del 3 il Tortoniano, il rimanente il Messiniano. Questa serie, a parte il maggior contenuto arenaceo, ha qualche analogia con quelle di Cà Bernardi e M. Aiate; essa si mantiene costante

in tutta la porzione della sinclinale ad occidente del Cesano. In destra di questo fiume invece essa compare sporadicamente (S. Ermete) e viene sostituita lateralmente dalla serie seguente:

6. Potente alternanza di molasse e marne con prevalenza delle prime affiorante fino a uno spessore di 400 m

5. Marne fogliettate e tripolacee con intercalazioni di molasse e di gesso arenaceo; alla base compaiono anche tripoli veri e propri talora potentemente sviluppati; in prossimità del Cesano (M. Torrone) lo spessore complessivo non supera i 2-3 m, più a SE (il Colle) raggiunge il massimo spessore di 130 m, dati per la quasi totalità dai tripoli.

4. Complesso marnoso-arenaceo identico al 6; spessore oscillante fra 50 m (M. Torrone) e 150 m (il Colle).

3. Altro complesso litologicamente uguale al sovrastante, ma con microfaune tortoniane; spessore variabile da 110 a 260 m

2. Marne argillose grigiastre dello *Schlier* alto.

1. Marne grigio-biancastre dello *Schlier*; spessore totale di 1 e 2 m 290.

Il livello 1 è elveziano, il 2 e 3 tortoniani, gli altri messiniani. Come si vede a oriente del Cesano si hanno fortissimi passaggi laterali di spessore e quasi tutto il Messiniano (se si eccettua il livello 5) e buona parte del tortoniano sono rappresentati da una enorme pila marnoso arenacea. La serie descritta si distingue dalla precedente per lo sviluppo molassico anziché marnoso dei terreni di letto.

(2) Anche nella sinclinale di Cà Bernardi, in qualche punto dell'Urbinate e altrove (Romagna) si osservano talora dei gessi intercalati nei terreni di tetto a notevole distanza dalla formazione gessoso-solfifera vera e propria.

La sinclinale di Cà Bernardi è assai conosciuta per i numerosi lavori minerari, ricerche e perforazioni eseguiti. Non è però certo il caso di riportare qui le numerose serie stratigrafiche di questo importante bacino; Mi limito perciò qui a dare una serie media:

10. Molasse con interstrati marnosi subordinati; entro questo complesso si intercalano due orizzonti a colombacci; spessore massimo affiorante m 250 circa.

9. Alternanza di argille marnose e molasse, passanti gradualmente al termine sovrastante; da notare che a 60 m e a 130 m dalla base (dove la serie è più potente) si intercalano due strati di gesso; spessore massimo m 400 circa.

8. Marne argillose grigiastre; 10-15 m.

7. Serie gessifera costituita da II strati di gessi (da m 1 a 0,10) intercalati a marne fogliettate bituminose; spessore complessivo m 25 circa.

6. Marne argillose talora bituminose fogliettate; 5-8 m.

5. Banco di calcare solfifero con spessore variabile fra m 0,5 e m 20, accompagnato alla base da calcare un po' selcifero sterile (spessore in genere non superiore al metro). Lo strato solfifero passa lateralmente in alto e in basso a calcare sterile.

Fuori della zona mineralizzata i gessi aumentano notevolmente di spessore e costituiscono completamente anche i livelli 6 e 5, finchè al fondo del bacino si ha un unico complesso e con interstrati marnosi assai subordinati e con uno spessore totale di circa 30 m.

4. Marne stratificate un po' bituminose con intercalazioni di tripoli (di m 1-0,40) presso la base; spessore complessivo m 15-20.

3. Marne grigio-verdastre con qualche lieve impregnazione bituminosa; m 20.

2. Marne grigie (*Schlier* argilloso) passanti alle sottostanti.

1. Marne grigio-biancastre dello *Schlier*; spessore dei livelli 1 e 2 m 300 circa.

Età: livello 1 Elveziano, 2 e 3 Tortoniano, gli altri Messiniano. Da notare che al margine SW del bacino (Radicosa) intercalano fra i livelli 2 e 3 delle arenarie per uno spessore fino ad 80-90 m; ciò richiama i caratteri della serie precedente. Sensibili sono le variazioni di spessore degli orizzonti descritti nelle varie parti del bacino.

## B) *Sinclinale di Montecalvo in Foglia-Isola del Piano-Reforzate* (1).

Sul fianco NE di questa piega il Messiniano affiora quasi continuo dal Foglia fino ai dintorni di Vergineto; però le cattive esposizioni e i frequenti disturbi tettonici non consentono ricostruzioni stratigrafiche precise. Prenderemo perciò in esame gli affioramenti del fianco SW della sinclinale, che sono assai meglio studiabili. Essi orlano con una lunghissima fascia continua il margine esterno dei rilievi mesozoici della Cesana e del Furlo-Arcevia dal Foglia fin poco oltre il Misa con uno sviluppo complessivo di oltre 60 km. Le serie prese in

considerazione illustrano assai bene i cambiamenti di facies e di spessore di questo Messiniano.

Nella zona di S. Lorenzo in Zolfinelli dai dati raccolti sul terreno e dai vecchi lavori minerari si può ricostruire la serie seguente:

9. Potente complesso di argille grigiastre che riempiono il fondo della sinclinale; m 450-500. Da notare che verso NE e NW (dintorni di Montecalvo in Foglia e Auditore) esse passano lateralmente in parte ad alternanze argilloso-molassiche e a molasse.

8. Alternanza di argille e molasse cenerognole; m 70 circa.

7. Marne argillose grigiastre ben stratificate talora un po' bituminose; m 35.

6. Alternanza di gessi e marne bituminose fogliettate; in alto nel gesso e nelle marne sono noduli di solfo "saponaceo"; spessore totale m 20 circa.

5. Banco di calcare solfifero di m 1-1,50 e fino a 3 m

4. Calcare un po' siliceo sterile; m 0,50.

3. Marne listate con bande bituminose, qualche straterello calcareo selcifero (fino a 5 cm) e intercalazioni tripolacee con filliti (140); m 30 circa.

2. Potente alternanza di molasse con intercalazioni marnose; spessore sui 250 m

1. Marne grigio-biancastre dello *Schlier*; m 310 circa.

Il livello 1 rappresenta l'Elveziano; il 2 e parte del 3 il Tortoniano; il rimanente del 3, i livelli 4-8 e parte bassa del 9 il Messiniano; gran parte del 9 appartiene al Pliocene inf. e medio p.p. Il complesso a colombacci deve trovarsi presso la base dell'orizzonte 9 (v. serie seguente).

(1) Malgrado quanto è indicato nella carta geologica ufficiale, il messiniano non affiora nella sinclinale di Urbino-Calmazzo-Cartoceto sul Tarugo, cioè in quella immediatamente a SW a questa in esame.

A monte di Isola del Piano e più precisamente fra il M. Romanino e il paese, la serie messiniana si presenta in tal modo:

8. Argille marnose grigiastre entro cui si intercalano almeno due (ma forse più) orizzonti calcarei a colombacci e, al basso, qualche strato molassico; spessore affiorante m 150 circa.

7. Argille marnose grigiastre anche qui con qualche rarissima intercalazione molassica; m 130 circa.

6. Almeno 8 strati di gesso sempre più o meno arenacei (spessore variabili da m 2 a m 0,5), intervallati da marne argillose fogliettate e talora un po' bituminose; spessore totale m 45 circa.

5. Calcare marnoso e gessifero che può arrivare a quasi due metri o ridursi a pochi decimetri.

4. Marne stratificate con bande bituminose e intercalazioni tripolacee; lo spessore, forse sui 30-40 m, non è rilevabile ad Isola del Piano causa i disturbi tettonici.

3. Potente complesso molassico con banchi fino a 5-6 m separati da marne assai subordinate; m 180 circa.

2. Marne grigiastre (*Schlier* argilloso) passanti alle

1. Marne grigio-biancastre dello *Schlier*; spessore totale dei livelli 1 e 2 m 290 circa.

Il livello 1 appartiene all'Elveziano, quelli 2, 3 e parte del 4 al Tortoniano, il rimanente al Messiniano. Fra Isola del Piano e il Metauro la serie mantiene all'incirca i medesimi caratteri; da notare invece che sul fianco NE della sinclinale (specialmente fra Scotaneto e Castel Gagliardo) i tripoli tipici raggiungono uno spessore di diversi metri; notevole è anche lo sviluppo del gesso (livello 5) nei dintorni di S. Martino Casalduca.

Fra Isola di Fano e il M. Peglio in superficie la serie è così costituita:

11. Molasse giallastre con scarsi interstrati argillosi; dati i molto passaggi laterali ad argille il loro spessore oscilla fra 50 e 100 m

10. Argille azzurre; m 200.

9. Argille grigiastre con interposti 5 orizzonti calcarei a colombacci (ogni orizzonte ha 2-4 m di spessore) di cui il primo e l'ultimo delimitano il complesso: presso Reforzate fra i due orizzonti più alti compaiono delle molasse; spessore complessivo m 190-200.

8. Argille marnose grigie fetucciate, stratificate e con impregnazioni bituminose; m 45-50.

7. Serie gessifera costituita da una decina di strati di gesso con spessori variabili fra pochi e 70 cm (talora anche un metro) separati da marne bituminose fogliettate; entro queste marne e i gessi sono noduli e lenticelle di zolfo "saponaceo". Il gesso basale a S; Ippolito e sul fondo della sinclinale (come hanno dimostrato le ricerche minerarie) può ispessirsi fino a 10 m; spessore totale della serie m 60 circa all'affioramento, m 38 nelle discenderie presso il fondo della sinclinale.

6. Calcare marnoso con solfo saponaceo di m 0,5-1.

5. Marne argillose stratificate e bituminose con intercalazioni tripolacee; pochissimi metri.

4. Alternanza di molasse e marne argillose stratificate; m 80 circa.
3. Marne argillose stratificate; m 120-140.
2. Marne grigiastre dello *Schlier* alto senza stratificazioni.
1. Marne grigio-biancastre dello *Schlier*; spessore totale di 1 e 2 m 290.

L'orizzonte 1 è dell'Elveziano; quello 2, 3 e 4 (salvo gli ultimi metri) sono tortoniani; gli ultimi metri del 4, i livelli 5-9 e i 40 m inferiori del 10 sono del Messiniano; il restante 10 e l'11 appartengono al Pliocene inf.

Procedendo dal Tarugo al Cesano il Messiniano si riduce notevolmente; così ad es. i livelli 3 e 4 in sinistra del Tarugo hanno insieme 240 m di spessore, a SW di Fratte Rosa 170 m e presso S. Vito sul Cesano solo 60 m; contemporaneamente le intercalazioni molassiche si riducono fino a praticamente sparire. Anche la formazione gessoso-solfifera subisce notevoli cambiamenti; così già a M. S. Angelo i livelli 6 e 7 sono ridotti a soli 8-9 m e a S. Vito sul Cesano a 5-6 m (altrettanto sul Cesano stesso).

Fra il Cesano e il Torr. Fenella affiora la serie seguente:

8. Molasse giallastre, corrispondenti al livello II della serie precedente.
7. Argille grigie (= liv. 10 di Isola di Fano). Questo e il termine sovrastante sono affetti da numerosi passaggio verticali e orizzontali per cui il loro spessore varia notevolmente; così la potenza di queste argille oscilla fra 110 e 250 m.
6. Argille grigie con intercalati 5 orizzonti a colombacci; il loro spessore diminuisce progressivamente dal Cesano al Fenella passando da 130 a 90 m.
5. Argille bituminose fettucciate con 35-20 m.
4. Gessi in strati (almeno 4-5 principali) di 20-40 cm, intercalati a marne bituminose fogliettate; spessore complessivo massimo m 15-20.
3. Marne argillose grigio-verdastre con qualche banda bituminosa nella parte alta e rare e sottili intercalazioni sabbiose (= liv. 3 e 4 della serie precedente); spessore 50-60 m
2. Marne argillose senza stratificazione dello *Schlier* alto.
1. Marne grigio-biancastre dello *Schlier*; spessore totale di 1 e 2 m 280 circa.

Il livello 1 appartiene all'Elveziano; il 2 e buona parte del 3 al Tortoniano; il restante 3, 4-6 e parte bassa del 7 al Messiniano; il rimanente 7 e l'8 al Pliocene inf.

Dal Fenella il Messiniano prosegue ancora verso SE fin oltre il Misa, finchè a pochi km a SE di Colle Aprico sparisce sotto il Pliocene tagliato dalla grande

faglia marginale della Montagna della Rossa. In quest'ultimo tratto la potenza dei vari termini messiniani si riduce ancora: infatti i livelli 6 e 5 insieme hanno m 50 di spessore (1), il livello 4 mantiene 15-20 m e il livello 3 m 35-40. Credo inutile ripetere anche per questo tratto la descrizione dei vari complessi; mi limito solo a dire che la formazione gessoso-solfifera è rappresentata da almeno 5-6 orizzonti di gesso, il più basso dei quali può raggiungere anche i 10 m di spessore, e contiene, sia nei gessi sia nelle marne bituminose interposte, noduli di zolfo "saponaceo", specialmente alla base.

Questa di cui mi sono occupato finora è la fascia esterna, devi però ricordare che dal Fenella fino a S di Colle Aprico esiste un'altra serie di affioramenti messiniani più interni disposti a sinclinale. Qui la formazione gessoso-solfifera assume uno spessore maggiore e il gesso basale riccamente moschettato di zolfo raggiunge anche i 20 m di spessore.

### *C) Sinclinale di Tomba di Pesaro-M. delle Forche-Cerasa.*

Sul fianco NE di questa sinclinale l'unico affioramento, dove compaiono anche i livelli più bassi del Messiniano si ha presso Cuccurano (Ferretto). Sulla gamba SW invece il Messiniano completo è assai più diffuso, portato a giorno dalla anticlinale di Mombaroccio (pag.56). La fascia sopramiocenica sudoccidentale della nostra sinclinale è però assai disturbata tettonicamente per cui la ricostruzione delle serie stratigrafiche non è sempre agevole.

Negli immediati dintorni di Mombaroccio a NW del paese lungo l'Arzilla e a SE presso il Castello di Ripalta affiora la serie seguente:

8. Argille azzurre che riempiono il fondo della sinclinale del M. delle Forche; non è possibile stabilire lo spessore che deve però ascendere a qualche centinaio di metri.

(1) Mentre fra il Metauro e il Fenella i 5 orizzonti a colombacci sono ben distanziati e facilmente seguibili sul terreno, a SE del Fenella si avvicinano talmente da non potersi più separare fra loro.

7. Potente complesso di molasse gialle con subordinate intercalazioni argillose passante lateralmente e in alto alle argille; un orizzonte a colombacci si intercala nella parte più alta del complesso, un altro in quella più alta; spessore superiore ai 400 m

6. Argille grigie con intercalazioni di colombacci; m 90 circa.

5. Marne argillose grigio scure bituminose fogliettate.
4. Alcuni strati di gesso, per lo più con spessore di qualche decimetro talora anche di un metro, intervallati da marne argillose bituminose fogliettate.
3. Marne biancastre tripolacee e tripoli veri e propri; lo spessore complessivo dei livelli 3-5 è di 90 m circa, rappresentati però in grande prevalenza dall'orizzonte 5.
2. Marne argillose grigiastre a bande bituminose, talora con qualche raro straterello arenaceo; m 40-50.
1. *Schlier* alto grigiastro argilloso.

I livelli 1 e 2 rappresentano il Tortoniano; quelli 3-6 e quasi tutto il 7 il Messiniano; il rimanente il Pliocene inf. e medio p.p.

Presso la Tombolina (Montemaggiore) la serie non è molto diversa:

8. Potente serie argillosa che riempie il fondo della sinclinale di Cerasa.
7. Alternanze di molasse e marne con prevalenza delle prime; presso l'apice un orizzonte a colombacci; spessore notevole aggirantesi sui 400-420 m
6. Argille con intercalazioni molassiche abbondanti e alcuni orizzonti di colombacci; m 90 circa.
5. Marne argillose con qualche straterello arenaceo specie nella parte alta; m 20.
4. Alternanza di qualche strato di gesso (quello basale può arrivare anche a 3 m) e marne bituminose fogliettate; mineralizzazioni di zolfo si trovano particolarmente sopra lo strato di gesso più basso; spessore totale 6-9 m
3. Calcere marnoso con zolfo; m 1-1,5 di spessore. Sotto compare uno strato di calcare duro compatto anch'esso di m 1,5 di spessore.
2. Marne argillose stratificate con qualche intercalazione molassica e bande bituminose.
1. *Schlier* argilloso alto.

I livelli 1 e 2 sono tortoniani; quelli 3-6 e grande parte del 7 messiniani; l'apice del 7 è del Pliocene inf. e medio p.p.; l'8 invece appartiene per buona parte al Pliocene medio p.p. e sup.

Nell'affioramento di Ferretto, l'unico come si è detto del fianco NE della sinclinale, la porzione inferiore della serie si presenta come ai livelli 1-5 di Mombaroccio (v. sopra); il livello 6 invece (complesso a colombacci) qui è completamente molassico come il sovrastante livello 7.

D)*Zona litoranea.*

Qui il Messiniano compare in due fasce ai lati dello pseudodiapiro di *Schlier* di Cuccurano. Nella fascia di SW si presenta la serie già accennata di Ferretto; in quella di NE invece passante per Calibano, Novilara e M. Giove la successione presenta un nuovo sensibile cambiamento di facies. Qui infatti compare un'unica potentissima serie essenzialmente molassica che rappresenta tutto il Messiniano, il Pliocene inf. e parte del Pliocene medio. La formazione gessosa è ridotta a qualche straterello di gesso arenaceo e l'unica lente gessifera vera e propria è quella di S. Andrea essa pure immersa nelle molasse. I depositi sabbioso-arenacei prevalgono in modo assoluto e le intercalazioni marnoso-argillose, sempre un po' sabbiose e nettamente subordinate si fanno più frequenti nella porzione pliocenica della serie. Ad ogni modo anche in questa zona sono riconoscibili le due formazioni caratteristiche del Messiniano, quella gessosa e quella a colombacci.

Da ultimo devo ricordare un fatto geologicamente assai interessante. Nelle Molasse messiniane immediatamente sottostanti a quelle a colombacci compare, a circa 1 km a N di Candelara, uno strato di sabbia vulcanica assai grossolana; i grossi granuli pomicei, che la costituiscono denunciano una provenienza piuttosto vicina, forse da oriente (1).

Le molte serie descritte e le colonne stratigrafiche della Tav. III illustrano bene le numerose variazioni di facies e di spessore dei terreni messiniani; è però opportuno aggiungere due parole circa la distribuzione spaziale delle varie successioni stratigrafiche e le deduzioni relative.

Nelle sinclinali interne della catena (colonne 1-6 della Tav. III) la serie affiorante cessa poco dopo l'inizio del Messiniano sup. (Pietrarubbia-Urbania, Cà Bernardi) o ancor prima (Serraspina-Pantana, M. Aiate). Data anche la

(1) Naturalmente questa sabbia vulcanica, di cui mi è noto finora il solo affioramento di Candelara, non ha niente a che fare per composizione ed età con quella già ricordata entro il *Bisciario* (pag. 28).

natura dei depositi che chiudono questa serie, pare abbastanza chiaro che il colmamento completo di questi bacini dovette avvenire prima della fine del Messiniano. Le notevoli variazioni di facies, soprattutto per quanto riguarda il Messiniano inf. e il Tortoniano, dimostrano che le varie sinclinali interne

corrispondono spesso ad antichi bacini a comunicazioni imperfette e con depositi assai diversi per spessore e natura.

Tutto ciò ha importanza notevole per datare la progressiva emersione di questo tratto della catena marchigiana e per chiarire le condizioni di certe mineralizzazioni solfifere (pag. 116).

Le colonne 7-12 della Tav. III illustrano bene le variazioni progressive del Messiniano all'orlo NE della catena marchigiana (sinclinale di Isola del Piano-Reforzate-Colle Aprico). Infatti da NW verso SE spariscono progressivamente le molasse di letto e la serie si riduce notevolmente di spessore. E' anche interessante osservare che le molasse tortoniane non si spingono a NE del rilievo Colbordolo-Bargni-Vergineto. Tutto ciò dimostra che già nel Tortoniano si avevano aree emerse e ineguaglianze nel fondo marino, che determinavano una irregolare distribuzione degli apporti terrigeni. In particolare si può notare che il rilievo Colbordolo-Vergineto, pur non emergendo; tuttavia era già abbozzato nel Messiniano-Tortoniano, tanto da consentire ai suoi due fianchi il deposito di serie assai diverse (si confrontino le colonne 7-12 e 13-14 della Tav. III).

La serie affiorante ai due lati della sinclinale di Tomba di Pesaro-Cerasa presenta un enorme ispessimento molassico in corrispondenza della parte più alta del Messiniano superiore (colonne 13-14 della Tav. III). Ciò consente di supporre che, mentre le serie molassiche ricordate in precedenza dovettero essere alimentate essenzialmente dalla catena e dalle formazioni marnoso-arenacee umbra e romagnola, queste della sinclinale in parola ebbero piuttosto un'origine adriatica (pagg.39, 147, 176).

Le diversità di facies del Pliocene inf.-medio p.p. ai due lati del rilievo M. Balante-Cuccurano (argilloso nella sinclinale di Tomba di Pesaro, molassico nella regione costiera) fa pensare che anche questa struttura dovette abbozzarsi fin dall'inizio del Pliocene. Anche per questi depositi molassici è supponibile un'origine prevalente adriatica (1).

Le cartine 2-4 della Tav. IV servono a dare un'idea schematica delle differenze e distribuzioni di facies accennate. Da tutte queste osservazioni risulta evidente che la varia distribuzione, la diversa età e la diversa provenienza dei materiali molassici hanno una notevole importanza paleogeografica e indirettamente anche tettonica.

### **3. Miniere e ricerche di zolfo.**

Nella regione compresa fra il Foglie e l'Esino l'unica miniera attuale in attività è quella di Cà Bernardi. In passato però lungo quasi tutti gli affioramenti della formazione gessoso-solfifera furono condotte numerose ricerche, cui talora seguì anche una attività di sfruttamento vero e proprio. Perciò credo non sia inutile accennare nelle pagine che seguono ai principali lavori svolti e ai risultati ottenuti; però non presumo certo di dare un riassunto completo, ma solo un'idea della notevole attività già svolta nella nostra regione (2).

Nell'esposizione seguirò la suddivisione regionale adottata al paragrafo precedente.

## A) SINCLINALI INTERNE

### *Miniera la Morcia* (Comune di Lunano).

Per la serie stratigrafica rimando a quanto ho detto a pag. 95 e a un lavoro di SEGRE (176). La formazione gessoso-solfifera avrebbe complessivamente 50 m di spessore nella miniera e inclina circa di 45° verso SW frequenti però le ripiegature locali con vere inversioni di pendenza e con impoverimenti nei tratti più sconvolti. Il minerale si presentava nelle prime ricerche bruno a struttura listata e a matrice calcareo-marnosa; le prime 250 tonn. diedero una resa del 22% in seguito si mantenne sul 18-20%.

(1) Lo studio del Miocene e Pliocene inf.-medio p.p. nella nostra regione mostra molto chiaro il rapporto che intercorre fra strutture e distribuzione di facies molassiche. Come mi hanno provato le ricerche geologiche e geofisiche nella restante avanfossa marchigiana, il fatto si ripete anche per i terreni marini pliocenici e quaternari successivi. Infatti a S dell'Esino spesso l'orlo NE delle maggiori intercalazioni molassiche del Pliocene medio-sup. corrisponde a strutture profonde sepolte. L'interpretazione del fenomeno mi pare sia chiara dopo quanto ho detto.

(2) La maggior parte delle notizie riportate provengono dalle Relazioni sul Servizio Minerario (163) e dall'archivio del Distretto Minerario di Bologna. A quest'ultimo proposito devo sinceramente ringraziare l'Ing. Rossi, già Ingegnere Capo del Distretto Minerario di Bologna. Attualmente i lavori di ricerca sono stati ripresi con notevole intensità specialmente da parte della Soc. Montecatini. Devo però far presente che non rendo conto qui di questa attività, dal momento che è ancora in corso; ho però tenuto conto dei principali risultati finora raggiunti per le conclusioni di pag. 113.

La ricerca fu aperta nel 1876 in località Cà Morcia sulla sinistra del Foglia circa a 2 km a N di Lunano; dove esistevano già tracce di lavori risalenti a 35 anni prima. Varie gallerie permisero di esplorare il giacimento per 600 m in direzione e 90-100 in profondità: si suppose che esso continuasse per altri 2900 m in direzione verso SE oltre il Foglia. Fra il 1876 e 1886, quando la miniera fu in coltivazione, furono estratte tonn. 38500 di minerale che diedero tonn.

5200 di zolfo greggio con una resa perciò di circa il 15%. Sarebbero state messe in vista 120000 tonn. per cui ne rimarrebbero ancora 80000 circa.

Nel 1891 furono ripresi solo piccoli lavori di manutenzione o preparatori che si continuarono fino al 1904; ma senza aversi produzione. Nel 1930 furono ripresi lavori di ricerca, riattivandosi una delle vecchie gallerie. La formazione solfifera fu seguita per 65 m in direzione e per 18 con discenteria. Si ritrovò discreta la mineralizzazione con lo spessore di circa un metro.

### *Ricerca di Cà Borgano (Comune di Urbania).*

Il Fosso Porcanino che confluisce con l'Apsa di S. Donato incide la sinclinale messiniana a N del Peglio e mette in vista la formazione gessoso solfifera entro cui appare un potente banco gessoso con direzione NW-SE. Nel 1931 presso Cà Borgano dopo settantacinque anni di abbandono fu riaperta, per una quarantina di metri una vecchia galleria in traverso banco e in leggera pendenza. Lo strato solfifero si è presentato con uno spessore di 60-80 cm discretamente mineralizzato. Fu fatto anche qualche piccolo scavo nuovo. Dopo il 1935 fu abbandonata però ogni intenzione di ricerca.

### *Zona fra Peglio e Fermignano.*

Nel fosso Battaglia (2-3 km a NE di Urbania) alla base della formazione gessoso-solfifera affiora il cagnino e subito sopra il calcare un po' cariato; segue quindi verso l'alto l'alternanza di gessi e marne bituminose con noduli di zolfo saponaceo. Però qualche piccola ricerca effettuata nella zona non diede alcun risultato.

Entro il gesso del Peglio si trovano raramente noduli di zolfo, privi però di importanza pratica. Tracce di zolfo anche presso il Casino (pendici di M. Santo).

### *Ricerca di M. Aiate (Comune di Pergola).*

In località Canneto presso la base di M. Aiate sulla destra del torrente Cinisco furono fatte ricerche in vari periodi di cui le prime rimontano alla seconda metà del secolo scorso. Per la serie stratigrafica vedi pag.96.

I primi lavori di cui ho trovato notizia risalgono al 1885, con l'apertura di una galleria nelle marne del muro, che dopo 100 metri si arrestò nella zona del tripoli (assai sviluppata nella zona), senza aver trovato mineralizzazioni apprezzabili. Vi si lavorò in seguito nel 1907-1914 (183), mettendo in evidenza uno strato di gesso di m 4 circa con gli ultimi 80 cm di tetto

mineralizzati; il gesso seguito in direzione aumentò fino a m 5. I lavori ripresi negli anni 1918-1920, senza risultati nuovi, consistevano in parte in riapertura di vecchi.

Dopo il 1925 a 300 m dai lavori precedenti sempre sulla destra del Cinisco presso Canneto, dove affiora la testata di calcari solfiferi e vi è una polla di acqua solfidrica fu scavata una galleria di 50 m e si iniziarono due brevissime discenderie, senza risultati. Si procedette poi a parziali riattamenti di vecchi lavori e nel 1927 si approfondì da 17 a 53 m l'ultimo pozzo iniziato durante la precedente attività. Con questo pozzo si attraversarono marne e gessi con noduli di solfo saponaceo. Furono anche trovate difficoltà per lo sviluppo di acido solfidrico e metano e per le venute d'acqua. Dopo il 1933 dati gli scarsi risultati si abbandonarono le ricerche.

### *Ricerca di S. Savino (Comune di Frontone).*

E' assai prossima alla precedente e più precisamente si trova entro il fosso che scende dalle cupe di S. Savino e si immette nel Cinisco presso la ferrovia.

Lungo il fosso a 300 m dalla ferrovia fra Cà Ceccarini e Piandigallo vi sono tracce di una vecchia galleria scavata intorno al 1800, che pare fosse di 40m. Si lavorò di nuovo fra il 1924 e il 1927 presso la strada Frontone-Pergola a 300 m circa del km 9, facendovi minimi lavori.

### *Miniera di Cà Bernardi.*

Troppo lungo sarebbe parlare qui anche succintamente di questa grande miniera che si avvia purtroppo all'isolamento. Ho già riportato a pag. 97 la serie stratigrafica e accennato a pag.50 ai caratteri tettonici. Qui mi limito solo ad alcune brevissime notizie.

Il grande banco mineralizzato con spessori variabili da 50 cm a 20 m compare solo sul fianco NE verticale della sinclinale interessato da numerose faglie e qualche pieghetta secondaria; sul fondo e sul fianco SW della sinclinale invece esso è completamente sostituito da calcare sterile o da gesso. Le zone mineralizzate hanno un andamento molto irregolare, sono frequentemente interrotte, separate da ampie zone sterili e distribuite su una lunghezza complessiva di circa km 3,5 su di un'altezza massima di circa 700 m. Il tenore medio del minerale è sul 30-60% e ai calcaroni dà una resa media del 24%.

## **B) SINCLINALE DI MONTECALVO IN FOGLIA-ISOLA DEL PIANO-REFORZATE.**

### *Miniera di S. Lorenzo in Zolfinelli (Comune di Urbino).*

Questa miniera fu un tempo assai importante ed ebbe notevole sviluppo tanto da fornire la maggiore produzione fra le miniere romagnolo-marchigiane. Essa si trovava fra le due Apsa di S. Donato e di Urbino, a NE della chiesa di S. Lorenzo. Per la serie stratigrafica rimando a pag. 98.

L'inclinazione media ma abbastanza costante dello strato produttivo e della serie che lo include è di 28° verso NE negli scavi superficiali, di 18° circa in quelli più profondi. Lo strato solfifero, con circa il 16% in media di zolfo, era molto regolare e scarse le parti sterili. Lo zolfo era compatto e abbastanza ben separato dalla roccia calcarea per cui era possibile una cernita. Ai calcaroni il minerale dava il 9%, ai forni il 13%. Lo spessore dello strato solfifero in media di m 1-1,5 nei vecchi lavori raggiunse fino a 3 m negli scavi più profondi del 5° livello, dove si mantenne in media sui 2,65, con qualche arricchimento in direzione e dove, dato questo spessore, lo sterile all'abbattimento era solo di 1/4.

Assai lungo sarebbe, dati i molto lavori effettuati, parlare qui delle vicende della miniera. Essa fu molto attiva e in produzione nella seconda metà dell'ottocento fino al 1904. I livelli superiori e più antichi, comunicavano direttamente con l'esterno mediante gallerie di trasporto; i più profondi invece mediante un pozzo (detto Pompucci); la coltivazione si estese specialmente verso E data la maggior fertilità del giacimento. Furono scavati 5 livelli (un sesto era in tracciamento nel 1904), con gallerie in direzione comunicanti col pozzo e dal quale si dipartivano le discenderie entro lo strato produttivo; da queste si dipartivano i tracciamenti in direzione per i cantieri di abbattimento. Le produzioni già ottime negli orizzonti superiori da cui si arrivò ad estrarre anche 120 tonn. al giorno, aumentarono ad oltre 150 tonn. al giorno quando entrò in produzione il 5° livello, di cui si cominciò il tracciamento verso il 1890; la mineralizzazione si ispessì e si estese notevolmente in direzione tanto che la galleria di questo livello raggiunse nel 1900 la lunghezza di 1460 m, di cui 1220 circa verso E dalla traversa al pozzo, però aumentarono di estensione le zone sterili. Queste si riscontrarono più cospicue nel 6° livello, tanto da aversi praticamente l'esaurimento fra il 5° (-55 m dal liv. Mare) e il 6° livello (-146 dal liv. mare). Seguì la sospensione dell'attività nel 1904 poi l'abbandono della miniera nel 1911. Qualche lavoro fu ripreso fra il 1916-18. Nel 1919 si fecero alcune ricerche, ma oltre ai vecchi cantieri già esauriti si trovarono nelle nuove zone esplorate sempre m 3 di banco, costituito per m 0,5 di cagnino e m 2,50 di calcare solfifero incoltivabile per il basso tenore.

Nel 1926 la miniera fu ripresa con larghezza di mezzi. Si ricostruirono gli impianti esterni, si riattarono i pozzi, furono estratte le acque (80000 m<sup>3</sup>) allaganti il 5° e il 6° livello, furono riaperte tutte le gallerie del 5° e 6° livello e scavate altre gallerie di ricerca e si cominciò pure l'estrazione del minerale. I risultati furono però assai poco soddisfacenti. Lo strato fu trovato di m 1-1,90 però con inclusioni di sterile o sostituito da gesso; altrove fu rilevata una potenza

media di m 0,80 di minerale spesso scadente. Perciò constatato l'esaurimento della miniera nel 1932 fu sospesa definitivamente ogni attività.

### *Miniera di Cavallino (Comune di Urbino).*

Si trovava sulla destra del Foglia poco più di un chilometro a S di Schieti fra le miniere di S. Lorenzo in Zolfinelli e Schieti, delle quali ripete i caratteri. Affioramenti si hanno nel fosso Cavallino e di Colbruinello che incidono la serie normalmente alla direzione. Qui vengono a giorno vari straterelli di gesso e calcare solfifero, di questi ultimi però solo l'inferiore, che ha potenza di circa 1 metro, è sfruttabili essendo gli altri troppo sottili e distanti da questo. La direzione è N 73° W e p. 18° verso NNE. I lavori minerari hanno messo in evidenza uno spessore della fascia mineralizzata variabile fra m 0,50 e m 1,50 con una potenza media però di m 0,70. Il minerale ha una sufficiente ricchezza con un tenore medio del 14% e talora fino al 25% e ai calcaroni rendeva il 9%. Il minerale è bruno o verdognolo a struttura listata

Nel 1879 esistevano una galleria, aperta nel dosso fra i due fossi suddetti, che incontrò lo strato a 103 m e, e un'altra aperta sulla sinclinale del fosso Cavallino che raggiunse lo strato dopo 283 m. Collegati gli scavi si misero in evidenza con tagli ascendenti e discendenti circa 40.000 m<sup>3</sup> di minerale e si aprirono due cantieri. Anche due gallerie sulla destra del fosso Cavallino diedero buoni risultati.

La miniera abbandonata nel 1890 fu ripresa nel 1893 trovandosi solo uno strato di 50-60 cm di spessore. I lavori, svoltisi con varia alacrità, su quattro livelli furono infine sospesi definitivamente nel 1906 per gli scarsi risultati ottenuti.

### *Ricerca di Schieti (Comune di Urbino).*

Non ho rintracciato notizie di un certo interesse, trattandosi di vecchi lavori; nel 1885 era in abbandono. Si lavorò dal 1892 al 1897 per scavare una discenderia. Non conosco neppure l'ubicazione precisa.

### *Miniera di Gallo (Comune di Urbino).*

Su trovava presso l'abitato di Gallo sulla provinciale Pesaro-Urbino alla confluenza dell'Apsa di Urbino con l'Apsa di Palazzo del Piano. Numerosi e promettenti affioramenti vi erano nelle due valli indicate; i disturbi tettonici locali visibili in superficie sparirono in profondità. La direzione degli strati è all'incirca NW-SE con pendenza di 45° verso SW, passante in profondità a 25-19° per tendere infine alla suborizzontalità. Il giacimento constava di 2 o 3 straterelli solfiferi a matrice marnoso-silicea compresi entro due metri circa di marne

che sottostanno a un banco di gesso di 7 m circa. Lo spessore complessivo del minerale utile (talora in un solo banco o in più strati) era in media compreso fra m 0,60 e m 1,30, però raggiunse anche i tre metri; la percentuale media di zolfo del 16%; il minerale era amorfo, compatto e duro o talora di aspetto terroso, saponaceo, di color bruno e verde e ben distinto dalla roccia marnosa incassante. Buone le condizioni di sfruttamento, anche se vi era acqua di infiltrazione. Si aprì dapprima una galleria in una cava di gesso sulla sinistra dell'Apsa di Urbino, che assai sinuosa esplorò il banco minerale per 60 m finché incontrò una faglia diretta N 16° E con rigetto di 32 m, quindi con altri scavi si ritrovò lo strato oltre la faglia; un'altra galleria più bassa di 40 m della precedente e altre due misero in evidenza nel 1884 due zone mineralizzate di circa m 165 per 115 complessivi. Si esplorò anche l'affioramento di Ricece mediante una discenderia di 140 m che seguì per tutta la sua lunghezza il minerale. Vi si lavorò dal 1880 al 1888. Dal 1897 al 1900 si ebbe qualche attività iniziandosi un nuovo pozzo. Dopo i lavori furono definitivamente abbandonati.

### *Ricerca di Valzagona (Comune di Montecchio).*

Presso Petriano (a SE del Gallo) e più precisamente presso Cà S. Gianni furono fatte ricerche verso la fine dell'800 ma senza successo; inoltre al riguardo mancano dati precisi. In superficie la formazione gessoso-solfifera ha circa 40° di pendenza verso SW ma in profondità diminuisce rapidamente fino a pochissimi gradi.

Altre ricerche furono condotte a Valzagona, poco a S della strada Petriano-Scotaneto. In superficie la formazione pende di circa 30° verso SW poi si raddolcisce in profondità. Alle marne tripolacee, che riposano sulle molasse inferiori, segue in alto l'orizzonte solfifero; sopra sono 2 m di marne, quindi marne argillose con frequenti intercalazioni di gessi. Il minerale si è trovato in quattro filaretti occhiato dello spessore di 20 cm con una resa del 16%. Malgrado i ripetuti tentativi non si poté trovare un vero banco produttivo ma solo questi straterelli; mentre in superficie le concentrazioni sono buone, in profondità esse si attenuano. A Via apiana la successione è analoga, mancano solo le intercalazioni poco al di sopra del livello solfifero.

A Valzagona si lavorò dal 1873 al 1889 con qualche interruzione; nuovi lavori nel 1926-27.

### *Ricerca di Gessare (Comune di Isola del Piano).*

Lavori di ricerca furono fatti in passato presso le Gessare, presso C. Stramigioli (S. Martino Casalduca) e presso C. Solfonara (SW di Montemontanaro). I lavori più importanti si trovano presso Case Stramigioli, dove però si rinvennero solo ovuli di zolfo entro uno strato di marne di m 1,40 circa; si fecero ricerche anche negli strati sottostanti fino all'incontro dei

tripoli, sperando di incontrare un vero banco solfifero, ma senza successo. In tutta la zona esplorata, il livello mineralizzato mostrò povertà e sottigliezza.

A C. Stramigioli si lavorò dal 1879 al 1891, ma particolarmente nel '90 e '91 riprendendo lavori già esistenti.

### *Ricerca di Cà Balzano (Comune di Fossombrone).*

Sulla ripa del terrazzo che scende ripido sulla destra del Metauro, poco a monte dello sbocco del Tarugo, in prossimità della casa suddetta, affiorano marne gessifere variamente impregnate di bitume e fogliettate; esse contengono uno straterello di minerale solfifero di 5-7 cm; qual e là vi sono anche ovuli di zolfo; pendenza 17-18° verso NE. Sul terrazzo poco ad E dell'affioramento fu aperto, intorno al 1880, un pozzo di cui il GIORGI (93) diede una stratigrafia probabilmente non esatta nella descrizione dei termini. Oggi è ancora aperto nelle vicinanze un altro pozzo, pure scavato alla fine dell'800 sul terrazzo più basso del Metauro 300 m circa ad E di Cà la Barca; esso è però allagato fino a 7 m dalla bocca.

### *Zona di S. Ippolito e Reforzate.*

Fra la ricerca precedente e la miniera del Peglio, di cui dirò, esistono vari affioramenti della formazione gessoso-solfifera, che furono in tempi lontani oggetto talora di limitate ricerche, delle quali però ho ben poche notizie.

Alla testata del Rio Giambullari ad E di Reforzate affiora la formazione accompagnata da una sorgentella salata e solfidrica; gli strati pendono verso W. Sulla sinistra del Rio Maggio sotto la strada S. Ippolito-Sorbolongo affiorano gessi e calcare cariato; gli strati pur variando di inclinazione tendono a raccordarsi con quelli della miniera del Peglio. Questi due affioramenti furono oggetto di ricerca fra il 1873 e 1876, ma senza successo. Nel 1932 furono ripresi lavori di individuazione dei vecchi scavi. Ricerche furono fatte fra il 1894 e il 1897 anche nel Fosso Feccia e presso il ponte sul Tarugo (500 m a N di Isola di Fano).

### *Miniera del Peglio (Comune di Fossombrone).*

Si trovava nel Fosso del Peglio, che delimita a NW il M. S. Angelo e più precisamente 1650 m circa in linea d'aria a SE di Isola di Fano sotto la strada, che da questo paese porta a Fratte Rosa. In superficie affiora un limitato strato di calcare cariato (circa 60 cm) alla base della serie gessifera. Per la stratigrafia v. pag.100.

I lavori sotterranei misero in evidenza un orizzonte di gesso alabastrino della potenza di 4-5 m con mineralizzazione nella parte basale. La fascia solfifera aveva uno spessore variabile fra m 0,30 e m 2, ma talora si estendeva a tutto l'orizzonte gessifero; la pendenza è verso NE. Al calcaroni il minerale par abbia dato una resa del 12%.

Si lavorò dal 1872 al 1897 con qualche interruzione; però non ho notizie di questi lavori. Ripresa l'attività fra il 1902 e il 1911, si misero in evidenza i caratteri suddetti delle mineralizzazioni. Nel 1906 era già stata messa in evidenza una mineralizzazione estesa per circa 40;000 m<sup>2</sup>, per cui la miniera entrò in regolare coltivazione fino al 1911. Dal 1926 al 1931 una nuova discenderia incontrò un banco mineralizzato con m 0,80 in media di spessore e discretamente mineralizzato; esso è coperto da marne con interposti 9 strati di gesso e sovrapposta a marne con ovuli di solfo saponaceo. Fra il 1926 e 1929 furono estratte 400 tonn. di minerale che ai calcaroni diedero una resa fra il 7 e il 10%; Dopo questi scarsi risultati seguì l'abbandono definitivo.

### C) SINCLINALE TOMBA DI PESARO-M. DELLE FORCHE-CERASA.

#### *Ricerca di Talacchio (Comune di Colbordolo).*

Si trovava 250 m a SW del paese omonimo presso la confluenza dei due rii che scendono dal versante N del M. Colbordolo. Dalle poche notizie sembra che i lavori fossero sviluppati in almeno 3 livelli. In seguito fra il 1892 e il 1896 si ebbe una nuova attività durante la quale si scavò un pozzo di 82 m e circa 400 m. di nuove gallerie, incontrando faglie e forti venute d'acqua. Sembra sia stato incontrato un minerale povero (7-8%) con lo spessore di 1 metro circa e a matrice calcareo marnosa.

#### *Ricerca di Coldelce (Comune di Colbordolo).*

I lavori furono fatti nella di Cà Genga a NNE di Coldelce. In superficie sul dosso di Cà la Croce vi era un bell'affioramento di calcare con qualche indizio di zolfo; pendenza degli strati 40° verso SW con accenno di piccola sinclinale locale.

Si lavorò dal 1887 al 1892 incontrando dapprima marne gessifere, quindi una zona tettonicamente molto sconvolta entro la quale si rinvenne un blocco di calcare senza tracce di zolfo e rotto ed isolato, quindi dopo 257 m si arrestò la galleria entro le rocce di letto.

#### *Ricerca di Farneto (Comune di Montellabate).*

Nel bacino del Fosso del Brasco nei rii che scendono da Montegaudio a SE dell'abitato del Farneto fu in passato fatta qualche ricerca, essendosi trovati in superficie frammenti di calcare con zolfo ancora inalterato e di altre rocce della formazione solfifera. Fra il 1873 e il 1875 furono scavate due gallerie entro le argille sottostanti, senza però incontrare la formazione. Qualche altra piccola ricerca anche più tardi (1891 e 1893) diede sempre esito negativo.

### *Ricerca di Pozzuolo (Comune di Serrungarina).*

Si trovava circa a un chilometro a NE di Pozzuolo sotto la strada che da Cartoceto porta a Mombaroccio. In superficie affiorano sabbie giallastre e marne sabbiose con pendenze sui 30°-40° circa ma con vario senso di immersione (talora anche NW). I lavori minerari hanno messo in evidenza numerosi e forti disturbi tettonici nella formazione; cioè pieghe e contorcimenti, determinanti spesso la subverticalità degli strati, e soprattutto faglie per lo più longitudinali, che hanno variamente spostato l'orizzonte mineralizzato. Il minerale è costituito da zolfo saponaceo in lenti sparse entro una matrice marnosa; lo strato ha uno spessore di metri 0,50 in media ed è per lo più povero. Esso è compreso fra rocce prevalentemente sabbiose e solo qua e là è accompagnato da lenti irregolari di gesso e talora anche da tracce di tripoli e marne fogliettate. La discontinuità di questi orizzonti caratteristici, insieme ai notevoli disturbi tettonici, ha offerto notevoli difficoltà alla ricerca.

Si hanno notizie di lavori compiuti fra il 1875 e il 1896 mediante i quali si seguì lo strato in direzione per 110 m e in quattro livelli a profondità comprese fra 50 e 142 m. Sia per i notevoli disturbi tettonici e sia perchè lo strato anziché arricchirsi si isteriliva e si perdeva, la zona fu abbandonata definitivamente nel 1902.

### *Miniera della Tombolina (Comune di Montemaggiore).*

L'accesso e gli impianti esterni si trovavano sul terrazzo di destra del Metauro presso lo sbocco del Fosso di Scaricalasino. Localmente la formazione gessoso-solfifera affiora disposta secondo un'anticlinale molto rotta orientata NW-SE; il calcare compare in tre punti, presso lo sbocco del Fosso e 280 m e 460 m più a monte.

Nei lavori in sotterraneo furono incontrati due strati calcareo-marnosi separati fra loro da 3 m circa di gesso; talora comparve anche un terzo strato. Lo spessore complessivo della parte mineralizzata era molto vario ma in media era di m 1-1,20; sotto, a contatto dello strato più basso, fu rinvenuto un banco di calcare duro compatto sterile. Lo zolfo è spesso in venuzze e noduli minutissimi entro il calcare; è amorfo, ceroide, bruno-giallastro; talora la matrice è

arenacea; ovuli saponacei si trovano anche entro le marne adiacenti. Dei due strati quello superiore è più ricco ma più sottile, più povero ma con spessore anche di m 1,50 quello inferiore. Analisi di campioni diedero anche il 30% di zolfo, ma in media il contenuto è assai più basso (10% circa).

I primi lavori pare rimontino ai primi dell'800. Fra il 1877 e il 1882 furono riprese nuovamente le ricerche con lo scavo di un pozzo di 40 m e di varie gallerie e producendosi 580 tonn. di minerale negli anni 1877-78. Una nuova attività si ebbe dal 1892 al 1903 con l'apertura di numerose nuove gallerie e di un secondo pozzo. Si poté così seguire lo strato per circa 700 m in direzione, attraversando anche una faglia di 70 m di rigetto; le emanazioni di acido solfidrico ma soprattutto le forti venute d'acqua ostacolarono notevolmente i lavori. Presso il secondo pozzo la mineralizzazione è di circa 1 m e solo in parte sfruttabile e verso SE si riduce e impoverisce ulteriormente. Durante questo periodo si tentarono anche modestissime coltivazioni. Dati gli scarsi risultati ottenuti, dopo il 1903 venne l'abbandono definitivo.

#### *Ricerca di Montebello (Comune di Orciano).*

Era sul fondo del Rio Vergineto fra Montebello e Vergineto a S di Cà Capannotti; vi si lavorò nel 1898 e 1899. Dopo i primi risultati favorevoli si scavarono circa 300 m di gallerie, ma l'incontro di un calcare acquifero provocò l'inondazione di tutto il sotterraneo. Non ho notizia dei risultati pratici.

Purtroppo, come risulta da quanto ho esposto, la maggioranza di queste vecchie ricerche ebbe esito poco incoraggiante. E' ben vero che spesso furono di modesta entità, condotte con criteri geologici primitivi, con mezzi tecnici e finanziari inadeguati, tanto che l'eruzione delle acque o il ritrovamento dello strato oltre una faglia parvero talora dei problemi insormontabili. Però bisogna anche tener conto che la mineralizzazione fu trovata spesso esigua, interrotta e con spessori modesti. Quindi all'esito delle ricerche devono aver contribuito certamente l'inadeguatezza dei mezzi, ma in modo più decisivo la scarsità del minerale; prova ne sia che allorquando lo zolfo si presentò in un tenore sufficiente (ad es. S. Lorenzo in Zolfinelli) alla ricerca seguì lo sfruttamento.

#### **4. Prospettive solfifere della regione.**

Dopo quanto ho esposto finora viene spontaneo chiedersi se nella nostra regione esistono ancora o meno possibilità per una ripresa delle ricerche e dell'industria solfifera. Il compito si presenta arduo in quanto ci mancano i criteri essenziali di orientamento e ancor oggi le ricerche sono guidate solo da quanto si

può osservare in superficie (tracce di zolfo, briscale, calcare, sorgenti solfidriche, ecc.). Ad ogni modo malgrado la difficoltà del problema, cerchiamo di affrontarlo intrattenendoci anzitutto su alcune questioni generali.

Generalmente si dice che l'ostacolo a una condotta razionale delle ricerche sia rappresentato dalla incertezza notevole che regna tuttora circa l'origine dello zolfo. Come è ben noto il problema è stato preso in considerazione da molti geologi, mineralogisti e ingegneri minerari e sono state emesse decine di ipotesi svariate, che però, tralasciando quelle ormai superate relative a un'origine idrotermale o pneumatolitica, si possono ricondurre essenzialmente a due. Cioè lo zolfo si sarebbe formato per processi puramente inorganici per riduzione dei gessi e quindi sarebbe generalmente "epigenetico"; oppure lo zolfo sarebbe derivato da azioni batteriche contemporanee al deposito delle rocce e sarebbe "singenetico" (1).

Ma a parte il numero eccessivo e i contrasti fra le varie ipotesi non credo che qualora fosse anche risolto il problema genetico se ne possano ricavare dei dati di orientamento pratico molto importanti. Penso invece che, indipendentemente da quella che possa essere l'origine del nostro minerale, sia possibile intravedere, sia pure in senso molto largo, dei rapporti fra aree mineralizzate e caratteri stratigrafici e tettonici della formazione gessoso-solfifera. Sarei d'avviso perciò che ricerche geologiche dettagliate e accurate, anche con l'ausilio dei metodi petrografici, possano dare alla ricerca degli orientamenti sia pur generici ma comunque assai più utili (2).

(1) Non ho nessuna intenzione di fare qui un esame critico delle varie teorie proposte, in quanto ciò occuperebbe uno spazio eccessivo ed esulerebbe dal nostro argomento. Qui vorrei solo osservare che se lo zolfo ha preso origine dalla riduzione del gesso ad opera degli idrocarburi, questi, nella nostra regione, non possono essere venuti nel Messiniano da terreni molto più profondi a seguito di una grande migrazione regionale. Come ho detto altrove (218) le impregnazioni bituminose del nostro Messiniano, hanno nel Messiniano medesimo le loro rocce madri o per lo meno non vi sono per ora argomenti per affermare il contrario. E' noto invece che tali migrazioni regionali sono state sostenute con validi argomenti per altre regioni d'Italia.

(2) E' in fin dei conti quanto avviene per la geologia del petrolio; che presenta con questa nostra dello zolfo qualche cosa in comune. Infatti la questione della genesi del petrolio, che tanto ha affaticato i geologi fino a poco più di un decennio fa, ha un interesse pratico secondario, per quanto si siano già acquisiti notevoli risultati sicuri e si abbia un quadro generale abbastanza soddisfacente. Vi sono invece criteri immediati (permeabilità, coperture, strutture, ecc.) e più lontani, caratteri dei bacini sedimentari, storia tettonica e paleogeografica, ecc.), che sono di guida assai più preziosa ed importante per il ritrovamento dei giacimenti.

Credo ora necessario mettere in evidenza un fatto. E' noto che nella nostra come in tutte le altre regioni solfifere sono presenti due tipi fondamentali di minerale: lo zolfo amorfo cosiddetto "saponaceo" distribuito in noduli e lenticelle

generalmente entro le marne, ma spesso anche entro i calcari e i gessi, e lo zolfo cristallino diffuso o concentrato talora anche in masse molto pure entro il calcare e talora anche nel gesso o altre rocce. Questo secondo, che come è noto forma i giacimenti utili non rappresenta solo una semplice modificazione del primo ma anche un materiale che ha subito dei movimenti talora non indifferenti prima di raggiungere la sua sede definitiva; lo vediamo infatti concentrato lungo diaclasi, brecce di faglie, ecc. nelle quali non è potuto pervenire se non per migrazione.

Penso perciò che pur avendo avuto sia lo zolfo amorfo sia quello cristallino la medesima origine primitiva, il secondo abbia subito in più dei processi diagenetici di concentrazione, Cioè anche per il nostro minerale si potrebbe parlare di due ordini distinti di problemi: quelli della genesi e quella della concentrazione.

A parte quelli che possano essere stati i processi genetici veri e propri, mi sembra che, esclusi per la nostra regione degli agenti esterni al Messiniano (idrocarburi di origine profonda), i fattori che hanno generato lo zolfo debbano aver trovato nel Messiniano stesso gli ambienti adatti al loro sviluppo; vi dovrebbe quindi essere un rapporto fra distribuzione delle mineralizzazioni e caratteri stratigrafici e paleoambientali della formazione gessoso-solfifera (1). Se la concentrazione del minerale esiste, come mi sembra evidente, essa dovrebbe essere in connessione con i fatti tettonici. A mio modo di vedere perciò vi potrebbe essere solo discussione su quale dei due fattori, stratigrafia e tettonica, possa aver avuto maggior peso nella formazione dei giacimenti utili; personalmente penso piuttosto al primo, ma non credo si possa disconoscere l'importanza di entrambi.

(1) Mi si potrebbe obiettare che più può valere solo in senso molto largo in quanto gli idrocarburi pur avendo nel Messiniano le loro rocce madri, possono aver subito nel Messiniano stesso delle migrazioni secondarie notevoli. Ma rispondo però che le nostre impregnazioni bituminose sono connesse a rocce argilloso-marnose e quindi con alto potere di ritenzione; inoltre, come dirò fra poco, nelle serie solfifere produttive si intercalano alle evaporiti sempre delle rocce argillo-marnose, cioè impermeabili, mentre quando compaiono abbondanti interposizioni molassiche permeabili manca ogni traccia di zolfo. Naturalmente tale ragionamento vale per chi considera lo zolfo derivato da riduzione di gesso.

Così impostato il problema e tenendo conto di quanto oggi conosciamo sul Messiniano metaureno possiamo ulteriormente sviluppare questi concetti

generali. Infatti per la nostra regione si potrebbe pervenire a queste conclusioni (1):

- le mineralizzazioni solfifere sono assai più frequenti ed importanti negli antichi bacini messiniani che ebbero moderate comunicazioni col mare aperto (tipico esempio è il bacino di Cà Bernardi);

- sia in questi bacini con i margini in buona parte emersi durante il Messiniano (sinclinali interne della catena marchigiana) sia in quelli con gli orli semplicemente sollevati ma non, o solo in parte, affioranti dal mare sopramiocenico (sinclinali dell'avanfossa), le mineralizzazioni sono accantonate o in prossimità delle antiche coste o sui bassifondi (ad es. Cà Bernardi, S. Lorenzo in Zolfinelli e quasi tutte le ricerche lo dimostrano). Quando si ha corrispondenza fra antichi bacini subsidenti e sinclinali attuali (cosa frequente nella nostra regione) ciò equivale anche a dire che lo strato si isterilisce approfondendosi nella sinclinale.

- al margine degli antichi mari aperti le mineralizzazioni sono assai più ridotte che non all'orlo dei bacini più o meno interni (si veda ad es. la formazione gessoso-solfifera fra Isola di Fano e il Misa, nei dintorni di Sinigaglia e Ancona, ecc).

- sempre era necessaria una sedimentazione tranquilla e sottile (cioè evaporitica e argilloso-marnosa) priva o quasi di apporti detritici grossolani (si vedano i caratteri del tutto negativi della formazione gessoso-solfifera nella zona litoranea, in gran parte della sinclinale Tarugo-S; Stefano, nella sinclinale M. Vicino-M. Picognola, nel Maceratese, ecc.);

- assai frequente è la concentrazione del minerale in corrispondenza di faglie o diaclasi (Perticara), di pieghette compresse secondarie, di fianchi raddrizzati (Cà Bernardi) ecc. Ma sono soprattutto le diaclasi cioè le comminute reti di fratture che hanno favorito la concentrazione.

(1) Le osservazioni che riporto potranno sembrare al momento in parte non sufficientemente dimostrate. Ma rimando a un altro lavoro che ho in preparazione una esposizione completa dei fatti e delle questioni del nostro Messiniano con particolare riguardo allo zolfo.

Ora possiamo pervenire ad alcune conclusioni pratiche per la nostra regione e per quelle immediatamente contermini (1).

Anzitutto dobbiamo escludere per una ricerca tutta la zona che si trova ad oriente all'incirca della spezzata seguente: Mondaino-S. Angelo in Lizzola-Orciano-M. S. Angelo (a SE di Isola di Fano)-Colle Aprico-Serra dei Conti-fiume Esino 2-3 km a valle delle Moie. In tutta questa ampia area il Messiniano si è depositato o in mare aperto talora profondo o con notevoli apporti terrigeni; oppure la formazione gessoso-solfifera si presenta ridottissima (fra Isola di Fano e il Misa). Per quanto si riferisce alla restante avanfossa marchigiana cioè alla zona a NE della dorsale M. Spadaro-Furlo-Arcevia-S. Vicino si possono prendere in considerazione queste tre aree che corrispondono almeno in parte a tre grandi bacini subsidenti sopramiocenici:

a) orlo NE del rilievo anticlinalico di Colbordolo-M. S. Bartolo-Vergineto. In questo tratto malgrado i modesti ritrovamenti di Talacchio, Pozzuolo, Tombolina, la formazione presenta caratteri stratigrafici poco attraenti perché invece di aversi un vero calcare mineralizzato si ha piuttosto un calcare marnoso o una marna calcarea a basso tenore (quasi sempre inferiore al 10%) e a spessore ridotto (non più di m 1-1,5). In qualche tratto fra Arzilla e Metauro potrebbe farsi affidamenti sui forti disturbi tettonici, ma è evidente che questi da soli non sono sufficienti.

b) Orli della sinclinale Montecalvo in Foglia-Isola del Piano-Reforzate, escludendo il fondo della sinclinale a NW di Isola del Piano, perché troppo ampia e profonda. In questa zona l'unico ritrovamento cui poté seguire uno sfruttamento industriale fu quello di S. Lorenzo in Zolfinelli-Cavallino; esaurito questo giacimento, le altre numerose ricerche condotte anche di recente non hanno dato luogo a ritrovamenti degni di interesse trattandosi sempre o di marne sparse con noduli sparsi "saponacei" o al più di calcare marnoso a basso tenore.

(1) Quando il termine lavoro era già stato licenziato per la stampa si andavano sviluppando nella regione marchigiana numerose ed intense ricerche da parte della Soc. Montecatini e dell'Ente Zolfi Italiani. Per quanto tali lavori non siano ancora ultimati, le conclusioni cui qui accenno sono state rifatte anche tenendo conto di questi nuovi dati. Ad ogni modo non si tratta di conclusioni definitive, le quali potranno trarsi solo all'ultimazione delle ricerche.

c) Zona compresa fra il rilievo di Arcevia-S; Vicino e le anticlinali di Serra dei Conti-Staffolo e di Cingoli. Qui i dati geologici non sono ancora completi e

le ricerche sono state minime, però da vari elementi stratigrafici, paleogeografici e tettonici vi sono buone possibilità di ritrovamenti.

Veniamo ora alle sinclinali interne della catena marchigiana. Come si è detto, la grande sinclinale Tarugo-S. Stefano per il grande sviluppo delle serie molassiche presenta un interesse molto ridotto; ad ogni modo sono ancora in corso ricerche nei punti meno sfavorevoli. Ormai esaurito il grande giacimento di Cà Bernardi, restano solo la sinclinale di M. Aiate e il bacino di Urbania. La prima ha una piccola estensione e dalle vecchie ricerche e dalle nuove lascia ben poco a sperare. Invece può ancora presentare delle sorprese liete il bacino di Urbania specie nella sua parte nordorientale.

In definitiva perciò possiamo così concludere: allo stato attuale delle nostre conoscenze la regione compresa fra il Foglia e l'Esino presenta ancora in qualche punto un interesse pratico per la ricerca solfifera e a tal riguardo si possono ricordare due aree, il bacino di Urbania e la zona compresa fra il rilievo di Arcevia-S. Vicino e l'anticlinale di Serra dei Conti-Staffolo. Alcune zone dell'avanfossa (sinclinale di Montecalvo in Foglia-Reforzate e orlo NE del rilievo Colbordolo-Vergineto) possono solo permettere ritrovamenti di modesti spessori di minerale a basso tenore; non è però improbabile che esaurendosi le riserve migliori del nostro paese e trovandosi nuovi trattamenti per l'utilizzazione dei minerali solfiferi poveri anche queste zone possono in futuro suscitare un rinnovato interesse.

### **PARTE III**

#### **I MATERIALI DA COSTRUZIONE**

#### **CAPITOLO 1**

#### **GESSE**

Questa roccia è notevolmente diffusa in tutti gli affioramenti della formazione detta appunto gessoso-solfifera del Messiniano. Il gesso compare con continuità, però in strati di numero e spessore molto vari e relativamente pochi sono gli affioramenti dove esso presenta uno spessore rilevante. Ne deriva così che pochi punti si prestano all'apertura di cave redditizie. Fra questi possiamo ricordare i dintorni di Urbania (Peglio e M. Santo), S. Ippolito, Caste Gagliardo, Schieti e pochi altri. Per maggiori notizie rimando a quanto ho esposto al capitolo precedente.

Vi sono nella nostra regione metaurensis quasi tutte le varietà di gesso: microcristallino bianco, bianco-grigiastro o grigio-scuro o roseo, microcristallino listato, alabastrino; a grana media, ecc.; manca solo il gesso a grana grossa; talora vi sono anche gessi arenacei. Le cave sono molto poche e tutte modeste; anche la lavorazione è molto primitiva; l'impiego è del tutto locale e il materiale viene adoperato in sostituzione della calce, cioè in modo del tutto irrazionale. Sulla Tav. VIII ho indicato le principali cave attive o abbandonate, qui aggiungo solo qualche notizia.

Le cave maggiori si trovano al Peglio (Urbania), dove vi sono tre scavi di gesso, parte bianco, parte con venature grigie (che è il più resistente agli agenti atmosferici) e sempre a struttura microcristallina; entro la massa si rinvengono anche ovuli di alabastro gessoso. Al Peglio il gesso serve come pietra da taglio e viene intonacato anche all'esterno con malta pure gessosa; quest'ultima pare che resista fino a una quindicina d'anni. L'alabastro del Peglio è in realtà un gesso saccaroide bianco con chiazze e venature grigie che si presta al polimento; un esempio di lavorazione sono le colonnine dell'altare della Chiesa del Peglio; si tratta però di un materiale scadente quanto a colorazione.

Piccole cave sono presso S. Ippolito, dove il gesso è molto bituminoso, grigiastro e fettucciato, e a Monteguiduccio (in Comune di Montefelcino). Altrove lo scavo e la cottura del gesso avvengono in genere solo saltuariamente, quando ve ne è bisogno in sito per usi locali; non si può perciò in questi casi

parlare di vera e propria attività. Fra le cave di questo tipo ricorderò: quelle fra M. Torrino e M. Vecchietto (Comune di Frontone), una bella cava a 70 m dalla strada provinciale fra Fermignano e la Stazione di Urbania, altre al M. Santo di Urbania, a S. Martino Casalduca (Comune di Montefelcino), presso il cimitero di Serrungarina, presso S. Maria di Cartoceto, al Castello di Ripalta (Comune di Cartoceto), presso Mombaroccio, presso Monteciccardo e S. Andrea (2 km circa a SE di Novilara).

Come so vede lo sfruttamento attuale del gesso nella nostra regione è privo di ogni importanza e l'uso che se ne fa è spesso illogico. Ciò nondimeno potrebbe prendere sviluppo una lavorazione più moderna per gli usi normali e caratteristici del gesso (stucchi, ornamenti vari per interni, scagliola, tempere, ecc.). Una tale attività dovrebbe però svilupparsi con cave e fornaci il più vicino possibile alla Via Flaminia e al mare, perché poco possano incidere i trasporti e più facili siano gli sbocchi verso le città costiere, le quali potrebbero costituire i maggiori centri di assorbimento.

## CAPITOLO II

### ARENARIE

Come già si è visto nella prima parte di questo lavoro, nella nostra regione compaiono due formazioni in cui le rocce arenacee o prevalgono o sono particolarmente abbondanti, cioè la formazione *marnoso-arenacea* della fossa umbra appartenente al Miocene medio-sup. (pag.24) e i vari complessi marnoso-arenacei del Tortoniano e del Messiniano delle sinclinali interne della catena e dell'avanfossa (pag.30 e 93). Anche nel Pliocene si hanno rocce analoghe (pag. 33) però dato il loro carattere sabbioso-molassico non hanno evidentemente importanza dal nostro punto di vista.

Per la distribuzione di tutte queste rocce rimando a quanto ho già detto in precedenza e alla carta geologica (Tav.I).

Le arenarie della formazione *marnoso-arenacea* umbra presentano proprietà tecniche varie per cui da arenarie molto gelive a cemento marnoso si passa a buone arenarie con prevalente cemento calcareo; non è possibile perciò dare dei criteri generali circa gli impieghi. Le varietà migliori si prestano a tutti gli usi propri delle arenarie; pietra da taglio, pavimentazioni, stipiti, soglie, gradini, architravi ecc.; frequente è la possibilità di cavare grandi lastre. L'impiego principale si fa evidentemente in loco soprattutto come pietra da taglio e all'uso vengono aperte piccole cave temporanee; tali estrazioni hanno avuto impulso in questi ultimi tempi per la ricostruzione dei ponti, muretti e altre opere stradali; spesso viene utilizzato anche in zone e città vicine (Urbino, Gubbio, ecc.). Non è però possibile l'uso per scopi ornamentali, data la profonda degradazione che essa subisce col tempo; fra i molti esempi si può citare lo stato di corrosione che hanno gli ornamenti del Palazzo Ubaldini ora sede del Comune di Apecchio.

Nei comuni di Borgo Pace, S. Angelo in Vado e Apecchio vi sono numerose piccole cave temporanee. Fra i tipi migliori si possono citare delle arenarie del M. Vicino, più tenera quella del fosso Casalbuono, ancora più tenera è quella del fosso di Pietragialla che però si lascia isolare in lastre estese fino di qualche metro quadrato. Blocchi e lastre cospicue sarebbe possibile cavare al Ranco Bianco, presso la confluenza del Fosso del Formignone col Certano, per cui si è proposto di aprire una cava per gli usi nel Comune di Cagli. Forse la cava più cospicua entro queste arenarie è presso Pontericcioli a NW di Casa Paravento, in Comune di Cantiano.

Passiamo ora ad esaminare i caratteri delle rocce arenarie del Tortoniano-Mesiniano che compaiono nelle sinclinali interne della catena marchigiana e nell'avanfossa. Sulla composizione di queste arenarie già è stata fatta qualche ricerca (71, 72); ma dal punto di vista pratico ha molto maggiore importanza il grado di cementazione, che si presenta assai variabile. Più frequente si tratta di molasse che talora per la debolissima cementazione passano a vere e proprie sabbie; però sono frequenti strati più fortemente cementati che passano a vere e proprie arenarie. E' interessante osservare come entro gli strati molassici le zone a più forte cementazione hanno una forma lenticolare per cui, alle pareti esposte, in seguito all'erosione queste lenti vengono a sporgere maggiormente dando alla parte stessa un tipico aspetto mammellonare. Ad opera dell'erosione stessa si isolano appunto blocchi di varie dimensioni (fino ad oltre un metro) di forma ovoidale, globulare, subsferica, a pagnotta molto schiacciata, ecc. (cogoli) (1). Appunto questi blocchi, isolati dalle azioni erosive subaeree o addirittura marine (2) sono oggetto di lavorazione a blocchetti per la selciatura delle strade (3). Se interi strati si presentano fortemente cementati, queste arenarie si possono prestare per cavare stipiti, soglie, bordi di marciapiedi e lastre ecc.

Credo utile riportare, per dare un'idea circa le possibilità di estrazione e di utilizzazione di questi materiali, i risultati ottenuti nella cava di Montevecchio (Comune di Serra S. Abbondio) durante la costruzione del tronco ferroviario Acqualagna-Pergola (36).

Erano richiesti pezzi sagomati di dimensioni varie (ad es. m 2,30 X 0,22 X 0,20, 1,40 X 1,50 X 0,30, 1,06 X 4,44 X 0,44 ecc.). Tenendo conto del materiale cavato si è potuto constatare che solo il 6,25% della massa estratta si potè utilizzare per i lavori richiesti. Inoltre per i caratteri di gelività, tenacità, grado di cementazione queste hanno i caratteri di mediocri arenarie non certo paragonabili al classico macigno toscano e degli Appennini settentrionali.

(1) Non è facile spiegare questo vario grado di cementazione in uno stesso strato. Esso è però legato alla circolazione di acque superficiali; in profondità infatti il grado di cementazione tende ad indebolirsi, come dimostra la diversa compattezza degli stessi orizzonti se affioranti o incontrati da gallerie o da trivellazioni.

(2) E' curiosa la lavorazione che si faceva in passato e che credo continui anche oggi giorno a Gabicce. A mezzo di zattera si ripescavano dal mare i blocchi che le onde strappano dalla ripa messiniana fra Cattolica e Pesaro. Questa arenaria è più compatta di quella che si cava a giorno nelle vicinanze, rappresentando appunto, date le azioni erosive subite, le porzioni più resistenti. Questa attività fu abbastanza intensa; ad es. nel 1895 vennero ripescati circa 15000 massi di q.li 1,5 di peso medio. Il materiale viene poi lavorato a cubetti.

(3) Spesso per piccoli lavori di selciatura vengono raccolti gli ovuli isolati nel terreno agrario dalle azioni aggressive delle sostanze umiche.

La grana è più o meno grossolana a cemento calcareo-argilloso-limonitico; gli elementi prevalenti sono calcarei e silicei e variano anche a brevi distanze. Talora nella massa vi sono anche ghiaie o grossi ciottoli. I banchi arenacei più o meno potenti hanno aspetto lenticolare cui si intercalano molti strati argillosi, sabbiosi e talora ciottolosi. Alcuni strati sono talvolta inservibili per inclusioni argillose o marnose; o perché il cemento è prevalentemente argilloso, per cui il disfacimento della roccia è rapido. Enormi sono il cappellaccio e le intercalazioni argillose o sabbiose; talora frequenti le diaclasi e fratture beanti o ricementate da calcite. Aumenta a Montevecchio il numero delle fratture con la profondità. I materiali utilizzabili, dati tutti questi fatti, hanno il vero carattere di trovanti fra le masse dei materiali inutilizzabili per cui lo scavo dovette avvenire in condizioni del tutto anormali.

I caratteri esposti si ripetono in pratica anche per tutte le altre rocce arenacee consimili del Tortoniano-Messiniano delle sinclinali interne della catena marchigiana e dell'avanfossa antistante; tutte quindi costituiscono dei materiali di valore assai limitato. Per la variabilità del grado di cementazione, l'irregolare distribuzione degli strati o lenti di tipo arenaceo vero e proprio e la non eccessiva compattezza anche di questi ultimi, non è possibile aprire cave di una certa importanza e redditizie. Perciò l'estrazione e la lavorazione di queste arenarie ha generalmente un carattere saltuario e limitato agli usi locali, i maggiori dei quali sono per pietra da costruzione in loco e per pavimentazione stradale. Specialmente quest'ultimo impiego a blocchetti cubici di 10-15 cm di lato è molto diffuso, dato che appunto a questa lavorazione si prestano particolarmente gli ovoidi e noduli arenacei citati. Tipica è appunto la pavimentazione a blocchetti di tal tipo delle città (Pesaro; Fano, Urbino) e dei paesi maggiori (Fossombrone, Cagli, Urbania ecc.) e minori.

Malgrado le mediocri caratteristiche, in determinati periodi, quando grandi costruzioni richiesero forti quantitativi di pietra da taglio da estrarre preferibilmente in loco, per evidenti ragioni economiche di trasporto, furono talora cavate in quantità cospicua anche queste arenarie. Ciò si è verificato durante la costruzione della ferrovia Fano-Fabriano e ultimamente nella ricostruzione dei manufatti distrutti durante l'ultima guerra.

Oltre che dalle citate cave di Montevecchio queste arenarie si sono estratte talora presso S. Savino, Montajate, Monte Torrino (tutte in comune di Frontone), in qualche punto del Comune di Urbino, presso S.Ippolito e anche altrove.

In conclusione arenarie abbastanza buone possono trovarsi nella formazione *marnoso-arenacea* intrappenninica ed è qui che eventualmente dovranno orientarsi le ricerche per la scelta delle zone più adatte, sia per l'estrazione e i trasporti, sia soprattutto per rinvenire rocce con buone caratteristiche. Però bisogna tener presente che l'uso di buona parte delle arenarie della formazione *marnoso-arenacea* e di tutte quelle messiniane è da prescriversi in via generale per grandi manufatti.

## CAPITOLO III

### CALCARI DA CALCE

Su ampie zone dell'alto e medio bacino del Metauro affiorano largamente calcari e calcari marnosi che danno buone calci. Le formazioni che offrono materiali per calci sono:

- a) I calcari del Giura-Lias.
- b) Il *calcare rupestre* del Cretaceo inferiore.
- c) I calcari marnosi della *scaglia* rossa e *scaglia* bianca del Cretaceo sup.; talora anche la *scaglia* cinerea dell'Oligocene.
- d) Il *Bisciario* del Miocene inferiore.
- e) Vari orizzonti più calcarei della formazione marnoso-arnacea umbra.
- f) Specialmente nel basso Metauro o altrove dove non si hanno affioramenti di rocce calcaree adatte vengono utilizzati i ciottoli fluviali provenienti dalle formazioni di cui sopra.

Per la distribuzione di queste rocce rimando alla carta geologica allegata.

Nella stragrande maggioranza la preparazione della calce viene fatta in modeste fornaci, che se si trovano vicine a centri di una certa importanza possono avere una buona attività; frequentissime sono poi le piccole fornaci con attività saltuaria, dove la cottura viene eseguita solo in occasione di qualche costruzione.

Un'elencazione completa delle fornaci grandi e piccole attive o meno della regione non è facile; mi limiterò perciò a segnalarne alcune ordinandole per Comune e aggiungendo le notizie relative di un certo interesse:

*Cantiano* - vi è una fornace per calce comune a NW di Villa Bartolucci presso il paese

*Frontone* - per quanto vi siano rocce adatte non sono state fatte utilizzazioni.

*Cagli* - piccole fornaci si hanno presso Smirra e Pontealto; la prima utilizza scagli rossa, le seconde i detriti delle vicine cave di *pietra corniola*.

*Acqualagna* - presso Case Cangini vi è una fornace per calce idraulica che utilizza *scaglia* cinerea. La produzione potenziale è di 30-40 q. al giorno.

*Borgo Pace* - nella zona sono diffusi entro la formazione *marnoso-arenacea* degli strati di calcare marnoso e anche un po' sabbioso, che alla cottura può dare una calce bianca discreta che dà una buona presa e può servire anche per imbiancare muri e inoltre presenta una certa idraulicità. Richiede però una buona cottura. Uno strato calcareo di questo tipo di circa un metro di spessore si trova presso la strada nazionale 200-300 m a monte di Borgo Pace.

Affioramenti e utilizzazioni analoghe si hanno anche presso Sorupiano, a Cà Bottiboni e nei dintorni e presso Felcino. Calce più spiccatamente idraulica veniva cotta in località Fornace a Campo Maggio. Nella zona tutti i calcari marnosi e marne che possono servire per molte, hanno impurità sabbiose più o meno abbondanti.

*Mercatello* - non vi sono utilizzazioni salvo localissime per costruzioni di case coloniche.

*Apecchio* - calcari marnosi o meglio marne calcaree alla formazione *marnoso-arenacea* umbra si trovano presso Somole, Segaia grossa, M. Lago, Osteria nuova, M. Cave, M. Valcella, Castel Guelfo, ecc; alcuni vengono utilizzati per calce analogamente a quanto avviene in Comune di Borgo Pace.

*S. Angelo in Vado* - presso Cà Paradiso e Cà Paiardo a km 1,5 circa dal paese verso Urbania vi erano fornaci che trattavano i ciottoli del vicino torrente.

*Urbania* - calce comune lievemente idraulica si ricava dalla *scaglia* rossa e bianca presso Cà Madonna. Calci idrauliche invece presso Cà Cristo sulla strada Urbania-Piobbico.

*Urbino* - a Canevaccio si utilizza il *Bisciario* e al M. della Cesana la *scaglia* bianca per calce comune.

*Fermignano* - *scaglia* bianca interposta alla rossa e verosimilmente assai alta si trova in tutta la zona di Pagino alle falde del Pietralata ed è sfruttata localmente per calce comune. In particolare fra Cà Ferrante e Cà Damiano vi era una cava e fornace. Presso Cà Goccione a NW di Fermignano il *Bisciario* dà una buona calce grassa, che va adoperata appena spenta oppure dopo che si è spenta naturalmente. Calci idrauliche sono ricavate dalle marne grigie del Miocene medio e cotte presso Calpino e a S di S. Angelo Aiola.

*Fossombrone* - presso la Chiesa di Isola di Fano una fornace tratta i ciottoli raccolti sul greto del Tarugo. Al Tiro a Segno di Fossombrone viene cotta la *scaglia* rossa e così pure presso S; Lazzaro. *Scaglia* rossa viene pure utilizzata da una fornace presso Vallicelle e da due a S di S. Anna. Altre fornaci presso S. Gervasio e S. Martino dei Muri cuociono i ciottoli dei vicini torrenti. La potenzialità di queste fornaci oscilla fra i 10 e i 35 q. al giorno.

*Fano* - a Cuccurano presso il paese viene cavato e cotto in sito il calcare marnoso biancastro dello *Schlier*, che dà una buona calce idraulica naturale; il contenuto in CaCO<sub>3</sub> va dal 65% all'80% con una media del 75%. La roccia opportunamente miscelata potrebbe servire per la preparazione di cemento artificiale. La produzione attuale è sui 40-45 q. al giorno.

Oltre a queste vi sono numerosissime piccole fornaci improvvisate direi di tipo familiare, che soprattutto nelle zone montane vengono impiantate per la costruzione di case coloniche. Ma evidentemente esse non hanno importanza dal nostro punto di vista.

Come si vede le rocce più impiegate sono la *scaglia* del Cretaceo sup. e le marne e calcari marnosi del Miocene inf. e medio, che generalmente bene si presentano a meno che il contenuto argilloso, come capita sovente, non sia troppo elevato. Troppo spesso però a causa di elevato tenore in argilla anche da queste rocce si ricavano scadenti calce idrauliche con presa lenta e scarsa, per cui occorre impiegarle in quantità notevole.

Più scadenti sono le calce ottenute dalla *scaglia* cinerea o dalle marne della formazione *marnoso-arenacea* essendo troppo elevato il contenuto di argilla o addirittura di sabbia. Assai variabili come proprietà, ma spesso scadenti sono quelle prodotte dal ciottolame dei torrenti.

Buone calce comuni potrebbero invece dare i calcari del Giurese e del Cretaceo inf., ma scarsa è la loro utilizzazione.

Salvo quella di Cuccurano e poche altre la stragrande maggioranza delle fornaci serve ai bisogni locali e allorché ve ne sia richiesta si preferisce far venire calce dalle maggiori e se si tratta di calce idraulica da regioni vicine. Ciò però dipende non dalla mancanza di buon materiale da calce comune e da calce idraulica, che anzi abbonda, ma dalla troppo frequente cattiva scelta della roccia calcarea, dal modo di estrazione e di lavorazione.

Anche marne da cemento sono assai diffuse nella regione e credo che a tale scopo meglio si prestino quelle del Miocene inf. e medio, verso cui è forse possibile orientare le ricerche. Una ricerca a tal fine è però condizionata oltre che dagli affioramenti dalle marne adatte, anche dalla vicinanza dei correttivi necessari (argille, gesso, ecc.). Un'iniziativa volta a produrre cemento nella nostra regione, data la distanza delle maggiori cementerie di Sinigaglia e Fabriano, potrebbe avere successo, ma occorrerà una scelta opportuna per ottenere un buon prodotto. Non è certo possibile scendere qui a dettagli sull'argomento, ma credo opportuno richiamare l'attenzione sul lungo affioramento di *Schlier* fra Novilara e Cuccurano, il quale, trovandosi ottimamente ubicato rispetto alle vie di comunicazione, potrebbe alimentare un'attiva industria.

Concludendo, molto vi è da fare nella nostra regione per migliorare e accrescere la produzione delle calce comuni ed idrauliche e forse può essere anche economica la produzione del cemento.

## CAPITOLO IV

### CALCARI ORNAMENTALI ("MARMI")

Sono praticamente questi gli unici materiali ornamentali della regione essendo ben poca cosa, come si è visto, quelli gessosi.

I "marmi" (1) della regione sono abbastanza pregiati, hanno belle colorazioni e rappresentano indubbiamente materiali interessanti, suscettibili di una assai maggiore diffusione. M'intratterò un po' su di essi cercando di mettere in evidenza tutti i dati utili.

Le rocce che si prestano per usi ornamentali sono: i calcari del Lias inf.-Trias, quelli del Lias medio e sup. e la *scaglia* rossa e bianca; affiorano quindi nella parte media e alta del bacino del Metauro in corrispondenza dei rilievi mesozoici. Passo quindi ad esaminare i vari tipi.

*Calcarea oolitica del M. Nerone.* A causa della sua porosità e dei piccoli meati, che spesso presenta, questa roccia viene anche chiamata "travertino del M. Nerone", ma in realtà non ha nulla a che vedere col vero travertino che manca nella nostra regione. Questo calcare oolitico costituisce una facies litologica particolare del *calcarea massiccio* e come questo appartiene al Trias sup.-Lias inf. (pag. 6); esso affiora ampiamente in Valle dell'Abisso presso Piobbico e nella Conca di Pieia.

Caratteri della roccia. Colore bianco leggermente giallognolo; costituita da ooliti sferiche ed ovoidali che generalmente hanno un mm di diametro o poco meno, ma che talora possono raggiungere anche un cm e più; talora non tutte le ooliti sono completamente cementate, per cui la roccia presenta numerosi piccoli meati e ha una minuta struttura vacuolare, altre volte invece si presenta compatto senza cavità visibili; facile e bello il polimento; spiccata la resistenza agli agenti atmosferici; facile la lavorabilità; ve ne sono due qualità diverse per tenacità, lavorabilità, ecc., una più tenera, l'altra più resistente (2). Il peso specifico apparente è vario e può scendere a 2,4 e anche meno.

(1) Intendo qui la parola nel senso corrente, ma inesatto, per indicare semplicemente calcari ornamentali che si prestano al polimento. Veri marmi secondo il significato petrografico, cioè calcari saccaroidi metamorfici, mancano nella regione.

(2) Queste due varietà sono chiamate dai cavaatori rispettivamente "travertino femmina" e "travertino maschio".

Vi sono cave in Val Canale presso Piobbico. Qui la roccia si presenta più spesso di aspetto pisolitico e compatto. Primitiva ne è però l'escavazione e il trasporto a mezzo di buoi al paese. Mancando a Piobbico possibilità di lavorazione, la roccia viene cavata oggi saltuariamente solo nei rari casi di richiesta per usi locali. In passato essa è stata assai rinomata ed usata specialmente ad Urbino (portali del Palazzo Ducale, Chiesa di S. Francesco e altre costruzioni monumentali) e a Città di Castello.

Altre cave sono ad occidente di Pieia. La roccia è per lo più minutamente oolitica e tipicamente vacuolare. Se qui sono più facili che per le cave precedenti, le possibilità di abbattimento, assai più difficili sono i trasporti, essendo disponibile solo una ripida mulattiera che da Pieia porta a Massa e di qui una non ottima strada che scende a Pianelli. Anche queste cave hanno quindi un'attività minima e quanto mai saltuaria.

Per il bel polimento che acquista, la resistenza, la facile lavorabilità ecc. questa roccia meriterebbe una vera e propria estrazione e lavorazione.

*Pietra corniola.* Dell'età e distribuzione di questo calcare compatto ben stratificato (chiamato volgarmente anche pietra campanella) ho già detto a pag. 7. Qui rammenterò solo che nella *corniola* più bassa si intercalano spesso strati di *marmarone*, che esamineremo più avanti, e che la *corniola* più alta è invece spesso selcifera e quindi inutilizzabile per gli usi di cui ci occupiamo in questo capitolo.

Caratteri della roccia. Il colore è bruno grigiastro spesso tendente al verdognolo, di rado roseo; la colorazione può essere abbastanza uniforme per cui le superfici prendono un aspetto ceroidale, più spesso però presenta venature e screziature verdastre e nodulosità. Ha frattura concoide. Presenta vene spatiche normalmente assai sottili corrispondenti a riempimenti di litoclasti; altre litoclasti di tipo strutturale a fitto zig-zag di aspetto stilolitico sono dette vermicelli dai cavaatori e sono marcate da un sottile velo limonitico; le prime litoclasti danno una più facile frattura normalmente agli strati, le seconde invece insieme alle nodulosità della roccia determinano fratture più facili parallelamente ai piani di stratificazione. Talora poi la roccia ha un netto aspetto brecciato a grandi elementi (breccione) o a elementi piccoli o vari. La roccia è molto compatta e ha un coefficiente di inibizione estremamente basso. Il peso specifico apparente è in media sul 2,8 e talora può raggiungere 2,85; valori assai alti per calcari compatti,

che si possono in parte spiegare con la presenza di rare e piccole impurità piritose. E' questo il principale difetto che può talora presentare la roccia; normalmente però i noduli di pirite, che possono giungere fino a 10 cm di diametro, si trovano sulla superficie degli strati; rari e di minime dimensioni sempre inferiori a mm 5 di diametro entro i banchi. La *corniola* non è assolutamente geliva e resiste molto bene agli agenti atmosferici, che le impartiscono una patina superficiale la quale a sua volta accresce la resistenza della roccia; un bell'esempio della durezza della roccia è offerto dal ponte romano su cui passa anche attualmente la Via Flaminia, detto Ponte Grosso. Si lavora bene, sia con lo scalpello, sia con la sega, si può ridurre fino a lastre di 2 cm di spessore, è indeformabile. La roccia si presenta ben stratificata con strati oscillanti fra m 0,10 e 1,50 di spessore separati fra loro per pochissimi cm da marne verdi; ciò rende assai facile il distacco delle lastre che possono raggiungere anche diversi metri quadrati di superficie e fino a 15 m di dimensione massima.

Le cave più importanti sono quelle di Pontealto (fra Cagli e Cantiano) e quelle del Furlo. Cave minori si hanno a Gorgo a Cerbara e lungo la valle del Bosso. Nel gruppo del M. Nerone, a parte il fatto che mancano affioramenti favorevoli per l'apertura di cave, la formazione della *pietra corniola* è assai ridotta di spessore e non permetterebbe un'utile estrazione

*Cave di Pontealto.* Sono aperte sul fianco destro della valle del Burano, fra Cagli e Cantiano presso la via Flaminia, dove il torrente ha inciso profondamente il rilievo mesozoico del M. Petrano-M. Tenetra.

Gli strati di *corniola* affiorano per una lunghezza di poco superiore ai due km, sono piegati a dolce anticlinale, per cui presso il Ponte Grosso raggiungono la massima altezza sul fondovalle (m 150 circa), e poggiano sul *calcare massiccio*, che affiora ampiamente lungo la vallata. Lo spessore complessivo della formazione sfruttata è di m 30 circa, sono però i 20 m superiori quelli preferibilmente escavati; sopra la *corniola* presenta intercalazioni silicee per cui è inutilizzabile.

I banchi sfruttati sono 22-23 e di spessore vario fra i 15 e 100 cm; i maggiori però presentano difetti e facile distacco secondo la stratificazione, per cui si può dire non essere possibile estrarre blocchi di *corniola* di spessore superiore ai 50 cm. Bisogna poi osservare che di tanto in tanto si intercalano banchi di *marmorone* di cui dirò più avanti. I caratteri della *corniola* sono quelli già detti. Le cave presentano oggi una fronte di circa 600 m e un'altezza di circa 50 m; i lavori tendono a svolgersi in estensione invece che in profondità, perchè la

notevole ripidità del fianco vallivo costringerebbe all'abbattimento progressivo di notevoli quantità delle rocce sovrastanti assai meno pregiate. Le cave si trovano sul fianco NE dell'anticlinale M. Petrano-Tenetra, per cui gli strati hanno direzione NE=SW e pendenza 10° circa verso NE. Esse hanno un'altezza notevole sul fondo valle (in media 60 m) che tende ad aumentare per gli scavi più meridionali. Altre cave minori si trovano pure in altri punti della gola del Burano, ma hanno importanza minima.

Le cave di Pontealto furono aperte negli ultimi anni dell'800 quando si costruì il tronco Acqualagna-Pergola della ferrovia Fano-Fabriano; prima infatti esistevano solo piccoli scavi. Durante quel periodo si fece una intensa estrazione del materiale (circa 10;000 m<sup>3</sup>) con impiego di circa 500 operai. Nel 1896 fu fatta brillare una grande mina che provocò il distacco di oltre 5000 m<sup>3</sup> di materiale; i risultati però furono poco felici per la grande quantità di detrito prodotta e per le fratturazioni determinate nella roccia rimasta in posto. Attualmente vi sono quattro Ditte (F.lli Alessandri, Alfredo Ippoliti, Ferruccio Pompili e Coop. Scalpellini) che escavano e lavorano la roccia con l'impiego di 150-200 operai. All'estrazione si lavora generalmente a mano, provocando il distacco di porzioni di strato mediante scalpello e cunei; talora vengono adoperate anche mine, che però determinano una quantità eccessiva di detriti inutilizzabili; non è conveniente invece il filo elicoidale dati i tipi di roccia e il sistema di lavorazione. In cava vengono eseguiti i lavori a scalpello; squadatura di blocchi, orli di marciapiede, blocchetti per pavimentazione, ecc. Di qui il materiale viene portato lungo una ripida strada a mezzo di carri sulla via Flaminia, quindi, sempre a mezzo di carri o di autocarri, a Cagli per la lavorazione ulteriore. Le prime delle tre ditte citate hanno la possibilità di produrre segati e lucidati.

La *corniola* delle cave di Pontealto è fra le migliori; le cave però non si trovano in condizioni soddisfacenti data l'ubicazione e non potrebbero permettere una enorme estrazione, ciò malgrado esse potrebbero essere oggetto di una più intensa lavorazione e di miglioramenti, soprattutto per quel che si riferisce alle comunicazioni (1). Si può dire quindi che queste cave, sia per la *corniola*, sia per il *marmarone*, potrebbero dare una produzione assai maggiore e permettere un maggior impiego di capitali e mano d'opera.

*Cave del Furlo.* Si trovano circa 400 m sopra la Via Flaminia a poca distanza dall'imbocco SW della gola del Furlo, nella vallecchia che scende dal M. Pietralata presso l'albergo. Anche qui i banchi di *corniola* affiorano in un rilievo anticlinalico mesozoico e le cave sono poste sul fianco SW del medesimo. Lo spessore complessivo della *corniola* è qui molto cospicuo raggiungendo i 70 m circa; la formazione in basso presenta, come altrove, alternanze di *marmarone*, sopra invece solo *corniola* nodulosa. I caratteri della roccia sono quelli già esposti.

(1) Occorrerebbe infatti migliorare la strada di accesso alle cave e, onde evitare trasporti, cercare di portare le segherie più presso le cave.

Le cave sono note da molto tempo; attualmente sono gestite dalla Cooperativa Scalpellini. Si tratta di varie cave dove gli strati presentano pendenze cospicue ( $3233^\circ$ ) con fronti varie per altezza (fino a 25 m) e lunghezza. Gli spessori dei banchi oscillano fra 10 e 80 cm però non è possibile utilizzare spessori superiori ai 50 cm. Dopo l'asportazione mediante mine del detrito superficiale e degli strati corrosi dalle azioni meteoriche, vengono attaccati i banchi freschi; questi vengono distaccati a mano con lo scalpello e cunei ed è possibile isolare e far scivolare, data la forte pendenza, ampie mastre. Gli strati più alti hanno spessori maggiori (fra 40 e 80 cm), quelli più bassi invece decrescono gradualmente fino a ridursi a una decina di cm; perciò mentre i primi si prestano ad essere segati, i secondi sono lavorabili solo a scalpello per pavimentazioni, marciapiedi, soglie, ecc. Talora vi sono lastre con pirite che vengono messe fra lo scarto. La lavorazione è un po' più facile appena la rocce è estratta, che dopo subisce un leggero indurimento. Vengono cavate due varietà: una giallognola uniforme tipo pietra di Trani e una grigia con vene azzurrognole; entrambe hanno le stesse caratteristiche tecniche. Il materiale viene portato dalla cava su di una strada camionabile alla Via Flaminia dove, presso l'Albergo del Furlo, vi è la segheria. Gli impianti attuali possono permettere una produzione di  $2500 \text{ m}^3$  di materiale con l'impiego di 150 operai.

Anche la *corniola* del Furlo ha ottime proprietà. Malgrado il forte dislivello e le condizioni non facili di estrazione, le comunicazioni sono buone e anche queste cave potranno ricevere un impulso nella loro attività.

*Cave minori.* Fra queste è degna di menzione una cava a Gorgo a Cerbara nella località omonima e presso la strada Acqualagna-Piobbico. Qui affiora la *pietra corniola* per una quindicina circa di metri di spessore; di essa però non affiora la base e tanto meno il *massiccio* sottostante. Gli strati sono suborizzontali e di spessore inferiore ai 40 cm.

Il materiale viene distaccato anche qui a mano con scalpello e cunei e lavorato solo a scalpello mancando ogni attrezzatura. L'attività non è continua ma solo se vi sono richieste, come recentemente per la ricostruzione dei numerosi ponti vicini. Ottime sono le comunicazioni data la grande vicinanza della strada provinciale.

Estrazioni minori di *pietra corniola* vengono fatte anche nella gola incisa dal torrente Bosso fra il M. Petrano e la Montagnola.

*Marmarone.* Entro gli strati più bassi della formazione della *corniola* si trovano frequenti intercalazioni di un calcare fossilifero detto *marmarone*.

Questa roccia ha quindi la stessa età (Lias inf.-m.) di quella che la include e naturalmente gli stessi affioramenti.

Caratteri della roccia. E' un calcare bruniccio compatto, subcristallino; costituito da un impasto di resti fossili vari, soprattutto articoli di crinoidi, cui si aggiungono talora brachiopodi, lamellibranchi ecc. Vi è il *marmarone* unito a grana fina di un bel color bruniccio e molto compatto. Il breccione, o *marmarone* a grana grossa, è invece una vera breccia costituita da un impasto di frammenti, calcarei, a varie dimensioni, per lo più arrotondati e di resti fossili macroscopici tutti legati da una porzione microcristallina identica al *marmarone* unito; questa breccia calcarea è assai interessante, perchè gli elementi che la costituiscono sono di *pietra corniola* o di *calcare massiccio* (1). Il *marmarone* unito ha un p. sp. apparente di 2,76 circa e il breccione di 2,62 circa; la differenza è evidentemente legata alla diversa composizione della roccia. Talora anche il *marmarone* può presentare i difetti della *corniola*: noduletti di pirite, vene calcitiche corrispondenti a riempimenti di litoclasti, vermicelli; tali difetti, e soprattutto la pirite, sono però ancora più rari che per la *corniola*. La lavorabilità e la durezza sono analoghe a quelle dette per la *corniola*; il *marmarone* ha però minor durezza e si preferisce cavarlo in estate per lasciarlo un po' indurire agli agenti atmosferici durante l'inverno.

Come ho detto il *marmarone* si presenta in banchi piuttosto rari intercalati a quelli di *corniola*: i banchi maggiori alla base hanno la composizione del breccione, sopra di *marmarone* unito (il limite è generalmente segnato da una connettura a zig-zag o vermicelli) e talora nella parte più alta, passano gradualmente a vera e propria *corniola* (*marmarone* bastardo dei cavaatori); i banchi minori sono invece essenzialmente costituiti da *marmarone* unito. Gli strati di *marmarone* non hanno grande continuità, ma si assottigliano e

(1) Il problema dell'origine di questa breccia è molto importante. E' assai improbabile che possa corrispondere a vari fenomeni trasgressivi locali; ciò urterebbe infatti con il numero notevole degli orizzonti brecciati, la loro limitata continuità nello spazio; l'assenza di discordanze angolari o altri fatti che possano venire in appoggio ad una tale ipotesi. Assai più semplice è invece pensare a materiale trasportato da vicine scogliere emerse; d'altra parte nello stesso banco di *marmarone* la parte più bassa è brecciata, quella superiore di *marmarone* unito; quindi tutto il *marmarone* avrebbe avuto origine da scogliere vicine ad opera dei frammenti più grossolani all'inizio del trasporto e poi di quelli via via più fini in seguito; finalmente, ristabilitesi le normali condizioni di sedimentazione e cessato il trasporto di questo materiale, si sarebbe ripreso il deposito della *corniola*.

Sia per questo sia per altri fatti osservati il *calcare massiccio* rappresenterebbe una formazione di scogliera che è stata a poco a poco sommersa da un mare batiale. Tale sommersione non è stata subitanea (vi

sono infatti passaggi graduali fra *massiccio* e *corniola*) e strettamente coeva in tutti i punti, inoltre il trasporto di detriti dalle scogliere emerse è stato cospicuo entro il nuovo mare; ma dopo un certo tempo, allorché la sommersione è stata completa, questi trasporti sono venuti a cessare (il *marmarone* si trova infatti intercalato solo nella porzione più bassa della *corniola*). In seguito, ma solo in corrispondenza della *corniola* più alta selcifera, il mare batiale ha avuto una generale diffusione.

terminano ad unghia ai margini; si tratta quindi di vere intercalazioni lenticolari. Lo spessore perciò è vario per ogni singolo strato e in casi eccezionali può giungere ai due metri, ma normalmente è in media assai inferiore. Talora, dove lo strato si assottiglia e presso la sua terminazione, il *marmarone* diviene molto duro e compatto e acquista un colore roseo.

Il *marmarone* è una bella roccia di un colore caldo che ricorda il marmo del Chiampo e meriterebbe una diffusione assai maggiore. L'ostacolo principale è però la sua limitata distribuzione in rapporto alla *corniola* assai più abbondante. L'uso principale del *marmarone* è per rivestimenti.

Il *marmarone* si cava quasi esclusivamente dalle cave di Pontealto di cui ho già detto in precedenza. Esso affiora anche lungo le Foci del Torrente Bosso fra la Montagnola e il M. Petrano.

*Calcari rossi.* Sopra la *corniola* vi sono le marne e i calcari rossi del Lias sup.; questi ultimi talora si possono prestare a bel polimento e ad essere utilizzati come materiale ornamentale. Nella Val Tenetra, sopra Cantiano, vi sono piccole cave dalle quali viene estratto saltuariamente questo calcare. Esso si presenta di color bruniccio, con vene rosee e rosse, talora verdognole, simile al fior di pesco. L'estrazione è però molto saltuaria.

Presso Pieia viene estratto un calcare rosso più recente del precedente e che corrisponde alle intercalazioni rossastre dei calcari ad aptici nei versanti a S ed E del gruppo del M. Nerone. Si tratta di un calcare rosso-fegato spesso mandorlato o a vene biancastre o verdognolo, talora di color rosso-bruno. Il p. sp. apparente è di 2,80; l'alto valore dipende dal tenore in ossidi di ferro. E' compatto, con qualche sottilissima vena calcitica incolore di riempimento di litoclasti. La roccia contiene molti Aptici e qualche Ammonite inestraibile; si presenta in cava con strati di qualche decimetro di spessore, senza però raggiungere normalmente il metro, con sottili interstrati marnosi rossi e con pendenza di 21° verso SW.

Questi due calcari si prestano bene alla lavorazione soprattutto in lastre per rivestimenti; quello di Pieia si può ridurre fino allo spessore di un centimetro; vengono anche usati per graniglia. Dati i buoni caratteri e le belle colorazioni anche questi materiali meriterebbero una più intensa estrazione. Purtroppo però

le cave, così come oggi si presentano, sono di assai difficile accesso, per cui l'estrazione viene fatta saltuariamente e per brevi periodi. Però se si completerà la strada carrozzabile da Pianello a Pieia, questa e le altre cave vicine potrebbero essere oggetto di attività continua e abbastanza intensa. Non bisogna poi dimenticare che opportune ricerche potrebbero permettere l'apertura di cave di calcari rossi in località più accessibili.

*Scaglia rossa.* A parte l'estrazione frequente e diffusa di questo materiale per pietra da taglio, la *scaglia* rossa viene spesso usata a scopo ornamentale. A tal fine essa è cavata presso Fossombrone, al Furlo e in qualche altra località. La roccia si presta al polimento e presenta bei toni rosati, con colore uniforme e a larghe macchie. Dato però il contenuto argilloso della roccia, la sua porosità e quindi la gelività, è opportuno solo l'uso per interni. All'esterno infatti il polimento si perde rapidamente. Con la *scaglia* rossa vengono fatti soglie, stipiti, gradini, rivestimenti vari, basamenti ecc. Sulle cave e sui caratteri di questa roccia mi occuperò meglio al capitolo successivo.

*Altri calcari ornamentali.* In località detta "i Laghi" sul versante N della Rocca Bianca, a poco più di un km in linea d'aria ad occidente di Pieia, affiora una bella breccia calcarea con elementi calcarei bianchi spesso di grandi dimensioni, legati da un calcare marnoso nerastro. Questa breccia sottoposta al polimento ha un bellissimo effetto decorativo e a tale scopo è stata talora cavata e lavorata a Cagli. Si tratta di una breccia di faglia, che mette a contatto le marne a Fucoidi con il *calcare rupestre* (del quale sono appunto costituiti gli elementi della breccia). Sia per il difficile accesso della località, sia per la minima cubatura del materiale, non è possibile in ogni caso far un'estrazione di un certo rilievo di questo bel materiale.

Nelle numerose cavità carsiche del M. Nerone si hanno spesso depositi di alabastro calcareo, che può assumere bel polimento e che potrebbe essere utilizzato. Anche per questo materiale però l'inaccessibilità dei luoghi e la sua scarsità non ne permettono l'estrazione.

*Conclusioni.* Come si è visto nell'alto bacino del Metauro esistono diversi materiali che possono utilizzarsi a scopo ornamentale; fra essi soprattutto il calcare oolitico, la *corniola*, il *marmarone* e i calcari rossi meritano ogni attenzione. Già varie cave sono aperte e a Cagli e al Passo del Furlo esistono già

delle attrezzature per la lavorazione. Sarebbe augurabile però che queste attività prendessero maggior sviluppo, dato che ne esistono i presupposti. A tal fine occorrerebbe apportare notevoli miglioramenti agli accessi delle cave attuali o aprirne altre, quando possibile, in località convenienti. Sarebbe necessario apportare dei miglioramenti anche ai sistemi di estrazione. Si tratta infatti di ridurre al minimo i costi al fine di poter vendere i lavorati non solo localmente, ma in regioni più vaste. I nostri materiali potrebbero avere sbocco naturale anche in buona parte della regione marchigiana settentrionale, in tutta la regione romagnola e forse anche altrove.

## CAPITOLO V.

### PIETRA DA TAGLIO E DA MASSICCIATA

A questo scopo vengono largamente usati sia le arenarie mioceniche sia i calcari mesozoici; su quasi tutti questi materiali mi sono già intrattenuto nei capitoli precedenti per cui credo inutile ripetermi qui.

Riguardo alle rocce calcaree si può aggiungere che la *corniola* dà ottima pietra conca e da taglio e buon pietrisco e che sotto questo punto di vista costituisce il miglior materiale della regione. Anche il *massiccio*, gli altri calcari giurassici e il *rupestre* vengono usati, ma quando è possibile ad essi si preferisce la *corniola*.

*Scaglia* rossa e bianca. La roccia calcarea che ha maggior diffusione nell'alto Metauro e che quindi viene più adoperata come materiale da taglio e per l'imbrecciamento delle strade è la *scaglia* nelle sue varietà bianca e rossa e specialmente quest'ultima. Poiché su questa roccia non mi sono finora intrattenuto, credo opportuno esporre qui qualche dettaglio.

La *scaglia* bianca del bacino del Metauro e stratigraficamente sottostante alla rossa; entrambe costituiscono una serie comprensiva che dal Cenomaniano giunge fino alla parte media dell'Eocene (pag.20). Questa formazione si presenta tipicamente in strati con 10-20 cm di spessore in media separati da sottili intercalazioni marnose. Il colore è bianco-latte o bianco-giallastro per la *scaglia* bianca ; roseo, rosso-mattone, rosso-bruno o addirittura rosso-fegato per la *scaglia* rossa. Si tratta di un calcare marnoso con contenuto variabile di  $\text{CaCO}_3$  (1). La parte bassa della *scaglia* rossa per essere più calcarea e compatta meglio si presta all'utilizzazione; la parte alta della serie diviene gradualmente più marnosa tanto da passare a vera e propria marna e generalmente non può essere adoperata data la sua limitata resistenza agli agenti atmosferici. La *scaglia* bianca per la sua limitata tenacità e la maggiore porosità ha caratteristiche inferiori alla *scaglia* rossa più bassa. In via generale però la *scaglia* non è, neppure nelle sue varietà migliori, un buon materiale; per il suo contenuto argilloso e per la sua porosità sempre presente è infatti una roccia geliva e come tale agli agenti atmosferici subisce una degradazione

(1) Dalle molte determinazioni calcimetriche mi è risultato che il  $\text{CaCO}_3$  non oltrepassa normalmente, anche nelle porzioni più calcaree delle serie l'85%.

più o meno rapida; il basso peso sp. apparente della roccia, che ad esempio per la *scaglia* rossa del Furlo è di 2,12, indica già il grado di porosità. Buona norma è perciò, quando la si usa per costruzioni edilizie, intonacarla. Altro inconveniente non lieve è la presenza di noduli e lenti selcifere, che peggiorano la lavorabilità di alcune porzioni della serie stratigrafica. Molto spesso la roccia presenta diaclasi normali ai piani di stratificazione più o meno ricementate.

Malgrado i gravi difetti tuttavia questa roccia è molto usata per la sua notevole diffusione, la facile estraibilità in cava e la facile lavorabilità. Il presentarsi poi in strati di spessore limitato, ma non troppo esiguo, fa sì che essa rappresenti per l'alto Metauro la pietra da taglio normale per le costruzioni edilizie. Come ho detto al capitolo precedente la *scaglia* rossa viene anche usata come materiale ornamentale, più per il bel colore che per il polimento che può acquistare, infatti non può essere ben lucidata. Per la sua gelività non va usata per esterni e per la facile logorabilità è inadatta, malgrado l'uso che se ne fa, per gradini soglie e pavimenti. Largo è anche l'impiego per l'imbrecciamento stradale; dati i suoi difetti la roccia però è inadatta e produce polvere abbondante e solo le eccessive spese di trasporto possono impedire spesso l'uso di materiale migliore. Per l'inghiaimento stradale vengono molto usate le ghiaie fluviali e quelle accumulate sulla costa del mare presso la foce del Metauro,; nelle quali la *scaglia* (e quindi i suoi difetti) sono largamente rappresentati.

Il numero delle cave dalle quali viene estratta la *scaglia* è elevatissimo, la maggiorparte però ha un'attività saltuaria e per impieghi localissimi. Mi limiterò perciò qui a citarne alcune, fra cui le maggiori, elencandole per comune.

*Cantiano* - *Scaglia* rossa viene cavata a E di Ponte d'Azzo e presso Palcano.

*Cagli* - Le cave sono assai numerose lungo la strada Pianello-Cagli, presso Pianello, Secchiano ecc.; nella valle Molino (versante N del M. Tenetra), a monte di Caberto, tre cave furono assai attive durante la costruzione della ferrovia; a monte di Cagli presso la Flaminia; presso Smirra; presso l'Abbadia di Naro, alcune cave sono state recentemente assai attive per la ricostruzione di ponti.

*Apecchio* - *Scaglia* bianca discretamente resistente viene cavata insieme alla rossa presso Sassorotto.

*Piobbico* - Vien cavata, generalmente nella varietà rossa, presso il paese, nel versante N del Montiego, presso Rocca Leonella, ecc.

*Acqualagna* - *Scaglia* rossa è estratta presso il paese, al Petriccio (lungo la strada Acqualagna-Piobbico). Estrazione su maggior scala, vera e propria lavorazione e anche politura vengono fatte presso il Passo del Furlo lungo la via Flaminia; qui viene estratta *scaglia* bianca e rossa, la prima sembra più resistente per esterni; data la porosità e per evitare rotture durante la lavorazione la roccia viene bagnata; qui vengono preparate lastre, lucidati, graniglia ecc. per vari usi.

*Urbania* - Da cave presso Cà Madonna (lungo la strada Urbania-Piobbico) viene estratta *scaglia* bianca, che pare non molto geliva e *scaglia* rossa.

Urbino - *Scaglia* bianca e rosata è cavata presso Cà Gasperini lungo la strada che sale alla Cesana.

*Fossombrone* - Cave di *scaglia* bianca geliva a NE dei Capuccini (Cava del Sasso), *Scaglia* rossa molto geliva e tenera è cavata a monte di Fossombrone presso la Via Flaminia; *scaglia* cinerea sempre lungo la Flaminia fra S. Lazzaro e Acquasanta viene macinata con un frantoio e utilizzata per pietrisco; *scaglia* rosea a NE di S. Lazzaro, presso il ponte di Diocleziano sulla strada del Metauro e a N di Carpineto; *scaglia* bianca a S del Cimitero di S. Anna lungo la valle dell'Inferno (a E di Villa del Furlo). Le migliori sono quest'ultima e quella della Cava del Sasso. Essendo queste cave dei dintorni di Fossombrone le più prossime alla regione litoranea e usufruendo di un'ottima viabilità, la *scaglia* estratta viene trasportata, per l'imbrecciamento stradale, anche a notevole distanza.

Oltre alla *scaglia* bianca e rossa, soprattutto per pietrisco, viene talora usata *scaglia* cinerea, che per l'elevato contenuto argilloso costituisce per lo più una vera e propria marna e quindi una roccia assai scadente.

Talora per pietra da taglio viene utilizzato anche il *Bisciario*; così al M. di Bargni (presso la strada Serrungarina-Cartoceto), dove rappresenta l'unica roccia utilizzata nella zona, essendo tutta la regione circostante costituita in superficie solo dai terreni argilloso-marnosi e molassici del Miocene sup. e Pliocene.

*Conclusioni* - Buone o discrete pietre calcaree da taglio abbondano nell'alto Metauro. Ottima è la *corniola*, buoni il *calcare massiccio*, il *marmarone*, gli altri calcari giurassici e il *calcare rupestre*; discreta è la *scaglia* purché opportunamente scelta e convenientemente usata. Buon materiale per pietrisco manca nella nostra regione e in tutte le Marche; il migliore è ancora costituito dalla *corniola*; la *scaglia* rossa invece, malgrado il largo uso che se ne fa, ben poco si presta a questo impiego e in molti casi potrebbe essere vantaggiosamente sostituita con il calcari del Giura o del cretaceo inf. Per le arenarie valga quanto si è detto in precedenza (pag.122).

## CAPITOLO VI

### ARGILLE PER LATERIZI

Buone argille per laterizi sono molto diffuse nel bacino del Metauro e soprattutto nella parte bassa di questo; è appunto qui che esse sono più largamente utilizzate data anche la mancanza in loco (se si eccettua come si è visto la zona di Fossombrone) di adatta pietra al taglio.

I terreni che danno materiale adatto sono:

a) le intercalazioni argilloso-marnose della formazione marnoso-arenaceo umbra del Miocene inf. e medio; esse offrono però dei materiali generalmente scadenti e magri per l'eccessivo contenuto calcareo e sabbioso.

b) le argille marnose e talora un po' sabbiose del Tortoniano di facies marchigiana, hanno caratteri analoghi alle precedenti, ma talora vengono utilizzate (Urbinate).

c) le argille marnose del Messiniano sovrastanti la formazione gessoso-solfifera possono dare dei buoni materiali, purché sia sufficiente il contenuto sabbioso ad elementi minutissimi e manchino le impurità varie (marcasite, gesso) che non sono infrequenti in queste argille.

d) le argille plioceniche sono ottime per laterizi e specialmente quella prossime alle varie intercalazioni sabbiose della serie (pag.33); ma per lo più sono eccessivamente grasse, per cui vengono di solito mescolate con sabbia e argilla molto sabbiosa.

e) le alluvioni argillose terrazzate hanno naturalmente carattei vari, ma spesso, se in quantità sufficiente, danno buoni materiali.

Data la notevole varietà delle rocce argillose metaurensi non mi è possibile scendere a dettagli descrittivi, perciò mi limito a passare qui sotto in rassegna le varie fornaci intrattenendomi un po' sulle maggiori.

In Comune di Cantiano vi è una fornace a un km circa a monte di Pontericcioni lungo il Burano.

Argille marnose affiorano ampiamente nel Comune di Apecchio e offrono talora materiale discreto per laterizi; si prestano però solo per la preparazione di mattoni, coppi e mattoni per pavimenti, ma non per "forati". Le numerose piccole fornaci hanno potenzialità minima e attività saltuaria. Le tre ora attive possono complessivamente produrre solo 50;000 pezzi

all'anno e si trovano presso il Molino Piano lungo la provinciale Piobbico-Apecchio, a N di Pian Vecchio, lungo il Fosso di Valle di Caselle (2 km circa a S di Apecchio) e presso Cà Strada lungo la strada che da Apecchio sale a Bocca Serriola. Altre fornaci ora inattive si avevano a 500 m circa a monte di Molino del Piano, a Pian di Trebbio presso Serravalle, presso il Molino Mancino (un km a valle di Apecchio, lungo la provinciale), presso il Ponte di Taverna (lungo la strada Apecchio-Bocca Serriola), presso Cà Vico (S. Martino del Piano, nella Valle del Candigliano).

In Comune di Acqualagna vi erano un tempo due piccole fornaci una presso Pole e un'altra presso la Colombara (lungo la Via Flaminia fra Acqualagna q il Furlo).

In Comune di Mercatello vi sono varie piccole fornaci in parte ora inattive che utilizzano argille marnose della formazione marnoso arenacea. Così presso Castello della Pieve, Valbona (valle del torrente S. Antonio), Cà Riccio (Valle del Candigliano) ecc. Una piccola fornace, che forse è però la maggiore, si trova alle porte di Mercatello dalla parte di Borgo-Pace; essa utilizza le argille delle alluvioni antiche del Metauro.

Presso S. Angelo in Vado e più precisamente sotto i Cappuccini lungo la strada che porta a S. Eusebio vi era una piccola fornace ora inattiva.

In Comune di Urbania tre piccole fornaci utilizzano argille marnose del Messiniano e del Tortoniano: al Peglio, presso il paese di Urbania e presso la Casella (lungo la strada Urbania-Fermignano).

Tutte le fornaci fin qui nominate hanno una minima importanza e per la maggior parte hanno un'attività saltuaria. Più importante è una fornace presso Urbino fra le Conche e Schiavonia, lungo la strada Urbino-Fermignano. Viene cotta argilla marnosa del Tortoniano, che però è piuttosto scadente; anche qui come per tutte le fornaci precedenti vengono prodotti solo mattoni e coppi e non "forati".

In Comune di Fermignano, come del resto in quelli limitrofi, abbondano le argille per laterizi. Presso Calpino (2 km circa a N di Fermignano) una grossa fornace cuoce le argille delle antiche alluvioni del Metauro; lo scavo è a ridosso della ferrovia e si estende ampiamente fino al bivio di Borzaga; lo spessore del materiale utile oscilla fra i 10 e i 6 metri e talora anche meno; il materiale è ottimo e si presta alla fabbricazione di tutti i tipi di laterizi; la produzione si aggira sui 2;000;000 di pezzi annui; purtroppo però il giacimento non ha ormai più una grande potenzialità. Un'altra fornace fu attiva in passato, durante la costruzione della ferrovia, presso la stazione di Urbania.

Oggi non vi sono fornaci attive nel Comune di Fossombrone. In passato ne esisteva una lungo il Fosso della Conserva presso la confluenza con il Fosso della Fonte e un'altra presso S. Lazzaro.

In Comune di S. Ippolito e più precisamente a Vergineto vi è la caratteristica industria artigiana degli orci che ha dato anche il nome al vicino paese di Orciano. L'argilla utilizzata è del Pliocene inf. e molto plastica; essa viene cavata presso Vergineto ed Angelica e lungo la strada Sorbolongo-Vergineto.

Presso la strada Barchi-Orciano sul versante SW del M. Palazzino vi è una importante fornace modernamente attrezzata. L'argilla del Pliocene medio viene estratta da una cava adiacente con una fronte di circa 80 per 30 m, è molto plastica e grassa e si presta a tutte le lavorazioni; l'escavazione vien fatta con un'escavatrice elettrica. L'argilla subisce durante l'essiccamento una contrazione di circa l'8%; perciò data anche la sua grassezza, si aggiunge una parte di argilla sabbiosa ogni tre di argilla per la fabbricazione dei mattoni e di una su quattro per i "forati". La fornace produce in media 6-7000 pezzi al giorno, raggiungendo i 10.000 in luglio, mentre rimane inattiva o quasi d'inverno; un terzo della produzione è di "forati". Essa è una delle più importanti e più modernamente attrezzate della provincia.

A S. Michele sul Cesano in Comune di Mondavio una fornace abbastanza importante utilizza pure argille del Pliocene medio analoghe alle precedenti.

Presso Monteguiduccio in Comune di Montefelcino vi è una piccola fornace per mattoni. Un'altra piccola, ora inattiva, era presso Ceralta lungo la strada Montefelcino-Montegaudio.

In Comune di Saltara vi è una piccola fornace presso Calcinelli oltre la ferrovia; qui vien cotta l'argilla delle alluvioni antiche terrazzate del Metauro.

La più importante fornace della regione è quella di Cuccurano presso il paese omonimo (Comune di Fano) e lungo la Via Flaminia. La cava si trova presso Carrara a SW di C. Magini e serviva anche un'altra vecchia fornace ora abbandonata e adiacente alla cava stessa. Lo scavo ha una fronte di circa 130 per 40 metri e sfrutta argilla un po' marnosa del Pliocene con strati inclinati di circa 55° verso SW; si hanno tre tipi di argilla che diversificano fra di loro per colore e plasticità e cioè gialla, gialla plastica e azzurra; quest'ultima ha l'aspetto di un'enorme lente entro le precedenti. L'argilla azzurra si contrae all'essiccamento di circa il 9%, quella gialla di circa il 12%; una piccola contrazione si ha anche durante la cottura; la varietà gialla è più plastica, quella azzurra più tenace e si usa per i forati. L'argilla è ottima e si presta per la fabbricazione di tutti i tipi di laterizi. La fornace è modernamente attrezzata (fabbrica anche un tipo speciale brevettato di "forati") e produce 6-7;000;000 all'anno di pezzi. Data l'ottima posizione (unico inconveniente è la distanza di circa 2 km fra cava e fornace) la fornace è molto attiva e serve una vasta regione.

Come si è visto le argille per laterizi sono abbondanti nella regione del Metauro e moltissime sono le fornaci, ma quasi tutte trascurabili per attività e potenzialità. Tre sole sono importanti e modernamente attrezzate: Cuccurano,

Fermignano, Orciano; ma la prima sorpassa largamente le altre per produzione. Le prime due soprattutto hanno un'ottima ubicazione.

#### PARTE IV

##### ALTRI MATERIALI UTILI

#### CAPITOLO I

##### CALCARI LITOGRAFICI

Nell'alto bacino del Metauro sono presenti calcari compatti a grana finissima che si prestano all'impiego quali pietre litografiche. Si è tentata questa utilizzazione anche per qualche strato più duro di *corniola*, ma con risultato infelice per i frequenti cristallini di pirite, le vene spatiche e i fossili, che interrompono la uniformità e la grana della roccia.

Assai meglio si prestano invece il calcare biancastro del Lias medio (immediatamente sottostante alle marne rosse aaleniane) di Pontealto e la porzione più profonda (Titoniano) del *calcare rupestre* di qualche punto del M. Nerone (Pieia, Fosso dell'Eremita, Ranco di Nino, ecc.). Questi tipi litologici sono stati estratti frequentemente fino a non molti anni fa; vediamo perciò qualche dettaglio al riguardo.

a) *Cava dei Ranci Lecceto*. Si trova sul fianco sinistro della gola del Burano (Foci di Cantiano) quasi di fronte alle cave di *corniola* e *marmarone* di Pontealto (pag.130); è aperta a circa 580 m di quota, cioè 260 m sopra la sottostante Via Flaminia. LA fronte di cava è alta 15-20 m e lunga 100 m circa; vi ci accede mediante una lunga mulattiera che si diparte dalla strada statale.

Il calcare è di color grigiastro o giallastro pallidissimi, compatto e a grana finissima e uniforme; gli strati hanno 10-30 cm di spessore. Talora sono presenti noduli selciferi o venuzze di calcite spatica; in tal caso il materiale veniva scartato. In cava gli strati pendono di circa 6° verso SW. In basso e in parte anche lateralmente questo calcare passa alla *corniola* tipica, sopra è coperto dalle marne e dai calcari rossi aaleniani; l'età è perciò domeriana.

Vi si lavorò dal 1880 al 1912 pur con varie interruzioni; negli ultimi anni era efficiente anche un impianto di segheria. La percentuale dello scarto fu sempre molto elevata; ad esempio nel 1911 su circa un migliaio di tonnellate abbattute solo 260 circa erano utilizzabili e queste a loro volta si ridussero pio di un terzo

con la lavorazione definitiva; cioè il prodotto finito rappresentò solo il 18% circa del materiale estratto. Una così bassa percentuale era però dovuta almeno in parte al sistema di abbattimento mediante mine. Sia per lo scarto elevato sia per la scomoda via d'accesso e la posizione elevata della cava i costi risultano alti; inoltre il materiale è poco pregiato per la non perfetta omogeneità della roccia. Questa pietra litografica non si prestava a lavori delicati di incisione o per disegni nitidi e minuti; riusciva invece ottima per lavori ordinari nei quali non è richiesta grande precisione; così si fecero dei cilindri per la stampa di carta da parati e di tessuti.

b) *Cava di Picia*. Come ho già detto (pag.15) il *calcare rupestre* presenta normalmente una grana molto fine, però le frequenti impurità e silicizzazioni e la fragilità della roccia ne impediscono normalmente l'uso come pietra litografica. A un tale impiego si presta invece frequentemente la parte più profonda, di età ancora titoniana, del *rupestre*, che si presenta di color bianco-latte, compatto e a grana finissima, anche se spesso è un po' tenero. Unico esempio di estrazione di questa roccia si ha presso Pieia.

Questa cava di pietra litografica si trova lungo il torrente Ciordano sul fianco sinistro della valle, a un centinaio di metri circa a monte dello sbocco del Rio di Campi d'Aia in prossimità di quella già ricordata per i calcari rosi (pag.134). Localmente la roccia si presenta con il solito aspetto, ben stratificata, con qualche sottile letto di selce e con Aptici e Ammoniti titoniane; gli strati sono tranquilli, immergenti di circa 30° verso SW e in buona esposizione per l'abbattimento. Si tratta di una piccola cava dove non si è mai estratto il materiale con intensità e continuità; mi mancano quindi elementi circa la produzione e le qualità pratiche della roccia; le vie di accesso attuali sono difficili. La lavorazione come si è visto per gli altri materiali di questa parte del Monte Nerone vien fatta a Cagli.

Se vi saranno possibilità di utilizzazione, dato il frequente affiorare di questo calcare litografico alla base del *rupestre*, credo si possano trovare altre località adatte per l'apertura di cave analoghe, ma in assai migliore situazione di accesso. In ogni caso poi sia l'abbattimento, sia la lavorazione eventuali dovranno essere condotti con criteri più razionali di quanto non sia stato fatto in passato.

## CAPITOLO II

### MATERIALI ABRASIVI E PIETRE DA MACINE

I materiali abrasivi che si rinvennero nella nostra regione sono solo la cosiddetta rena terebrante e i tripoli (1). Essi però, e soprattutto il secondo, hanno un interesse pratico trascurabile e solo in passato furono oggetto di utilizzazione.

Più importanti sono invece le rocce che servono per la preparazione di pietra da macine e da coti e che anche oggi alimentano un'attività artigianale, cioè le arenarie e la cosiddetta pietra molare (*corniola selcifera*).

Passiamo quindi ad esaminare questi vari materiali.

a) *Rena terebrante*. Le forti burrasche adriatiche gettano saltuariamente su tratti della spiaggia fra Cervia e Falconara (e in particolare su quella Pesarese e Fanese) una sabbia rossiccia già nota fino dai tempi di PLINIO (165) e che il PASSERI (131) nel 1775 chiamò rena terebrante.

Della sua composizione si occuparono TRAVERSO e NICCOLI (181) e ancora prima CARDINALI (62), riportando semplici elenchi incompleti dei minerali presenti. La Dsa. Tomba; dell'Istituto di Mineralogia dell'Università di Bologna, ha cortesemente compiuto, su un campione raccolto dal Conte G. Castracane sul lido di Fano, uno studio completo, che riporto qui sotto integralmente:

La sabbia da me esaminata è di colore giallastro con chiazze rosa, date da plaghe più ricche di granati, a grana media, con peso specifico 3,51 (media di 5 terminazioni). Macroscopicamente appaiono evidenti il quarzo, vitreo e in granuli a spigoli vivi, ossidi ed idrossidi di ferro, isodiametrici a mò di sferuletta, cristalli rossi di granato e lamelline di biotite, di muscovite e di clorite.

Un'accurata osservazione microscopica mi ha rivelato la presenza di: quarzo, abbondante; feldspati, non molti, rappresentati tanto da ortoclasio quanto da plagioclasii, il primo ed i secondi abbondantemente caolinizzati. I plagioclasii sono di frequente geminati secondo la legge dell'albite. Su 15 cristalli ho determinato l'angolo massimo di estinzione simmetrica in zona normale a 010) risultato di  $23^\circ \pm 2$  corrispondente al 43% di anortite;

(1) Per le notevoli impurità e per gli esigui spessori, le sabbie vulcaniche già ricordate (pag.28 e 103) non hanno alcuna importanza pratica.

muscovite e biotite, diffuse circa in eguale quantità;  
anfibioli, dati da:  
orneblenda piuttosto abbondante, con l'angolo  $z\gamma = 13^\circ$  (media di 15 determinazioni);  
glaucofane non troppo raro, facilmente riconoscibile per il suo pleocroismo:  $\alpha$  - gialle,  $\beta$ -violetto,  $\gamma$  - azzurro,  $z\gamma$  è uguale a  $4^\circ$  (media di 6 terminazioni);  
tremolite, poco diffusa incolora;  
actinolite, anch'essa scarsa, giallastra e giallo verde;  
pirosseni, rappresentati da:  
iperstene, raro con tipico pleocroismo rosso-bruno, giallo-bruno e grigio-verde, e la bassa birifrazione;  
diopside, scarso, debolmente pleocroico, con  $z\gamma$  variabile da  $39^\circ$  a  $44^\circ$ ;  
augite, il più abbondante, verde bottiglia;  
magnetite, scarsa;  
opatite piuttosto scarsa, come pure  
zirconio ed ematite  
rutilo, scarso;  
granato, abbondante, talora anche in rombododecaedri molto netti, di colore rosa;  
topazio, scarso;  
epidoti, discretamente rappresentati, di tipo zoisitico e pistacifico;  
clorite, sotto forma di pennina, frequente;  
calcite, diffusa.

Questa sabbia si differenzia da quella normale del litorale romagnolo-marchigiano fra Cervia e Falconara (13, 74) essenzialmente per la notevole percentuale di granato e la maggior dimensione media dei granuli che in passato pare fossero anche più grossi (62); differenze più precise si potranno credo mettere in evidenza con accurate ricerche statistiche di frequenza dei vari componenti di molte altre sabbie attuali. Naturalmente data la saltuarietà del trasporto e dell'accumulo ad opera del mare, la rena tenebrante non ha composizione costante ma è necessariamente più o meno commista con quella normale di origine fluviale.

Come per certi conglomerati pliocenici (pag.37), si presenta anche per questa sabbia il problema dell'origine, per la quale gli AA. hanno emesso varie ipotesi (1):

a) Provenienza da rocce cristalline sommerse oggi nell'Adriatico ma emergenti sul fondo (TRAVERSO e NICCOLI, 181).

b) Origine padana e concentrazione ad opera del trasporto marino dei minerali pesanti. Il trasporto sarebbe avvenuto mediante la corrente litoranea (ARTINI, 13) o il flutto di fondo (CHELUSSI, 74).

c) Provenienza appenninica per dilavamento delle rocce mioceniche e trasporto fluviale (CHELUSSI, 74).

d) Provenienza per disaggregazione dei conglomerati pliocenici (DE STEFANI, 83).

e) Origine per dilavamento di un *massiccio* cristallino antico e quindi passaggio per rimaneggiamento successivo nelle formazioni mioceniche e via via nei depositi attuali (sabbia ereditata) (ROVERETO, 165).

L'ipotesi b), che è stata più frequentemente sostenuta, presenta alcune difficoltà. Anzitutto si può osservare che questa rena compare saltuariamente solo sul litorale fra Cervia e Falconara; inoltre i trasporti dei materiali lungo la costa avvengono da SE verso NW come dimostrano gl'insabbiamenti a S dei moli (40), la comparsa dei ciottoli del Metauro anche a N di Rimini e l'esistenza di una controcorrente spesso forzata dallo scirocco lungo il litorale romagnolo-marchigiano a N del Conero, diretta da SE verso NW e sensibile fino a 8-10 km dalla costa. D'altra parte non è stata ancora dimostrata una cospicua azione del moto ondoso oltre i 20 m di profondità, come sarebbe necessario per ammettere, dati questi fatti, un'origine padana della nostra sabbia. L'ipotesi c) sopra accennata non trova appoggio, come dovrebbe, su quel po' che si conosce circa la composizione petrografica delle rocce mioceniche (71, 72, 73) e rende inspiegabile la saltuarietà di questa rena, la sua assenza nelle Marche centro-merionali, ecc. L'interpretazione d) oltre che assai poco probabile, data la non corrispondenza fra la distribuzione dei ciottoli pliocenici e quella della rena, non fa in definitiva che spostare il problema (v. pag. 38). Per l'ipotesi e) si possono ripetere le obiezioni già esposte per quelle c) e d); inoltre resta sempre il carattere petrografico nettamente diverso di tutte le sabbie neogeniche delle Marche.

(1) Malgrado il minimo interesse pratico della rena terebrante, credo opportuno affrontare questo problema, che ha importanza indiretta per quanto esporrò più avanti (pag. 167).

In tali condizioni mi pare che l'ipotesi a) sia la meno probabile; cioè ma rena terebrante potrebbe avere un'origine puramente adriatica o da rocce cristalline o da loro prodotti di disfacimento tuttora emergenti sul fondo dell'Adriatico. La recente scoperta di un fondo roccioso a 25 km circa dalla costa al largo di Sinigaglia (213) potrebbe confermare una tale interpretazione. Inoltre anche la grande quantità di Foraminiferi oligocenici e miocenici rimaneggiati sulla spiaggia di Porto Corsini possono rappresentare un'altra prova indiretta; infatti il loro perfetto stato di conservazione male si spiega con una provenienza appenninica, mentre più facile sarebbe supporre una origine adriatica.

Si può perciò concludere che allo stato attuale delle conoscenze l'origine adriatica della rena terebrante sembra essere la più plausibile. Per avere però una risposta definitiva a questo problema occorre compiere ricerche assai più complete sui fondi marini adriatici, sullo spostamento dei materiali, sulla psammografia dei litorali e delle rocce neogeniche marchigiane, ecc.

La rena terebrante data la sua durezza, determinata dall'abbondanza di granato, fu in passato oggetto di raccolta, di commercio e di impiego come abrasivo. Non ho però potuto trovare notizie precise al riguardo, salvo quelle riportate dagli AA. (13, 62, 181, ecc.). Ad ogni modo la saltuarietà dei ritrovamenti, l'entità e composizione variabili e la presenza oggi sul mercato di materiali assai migliori e a caratteristiche ben definite e costanti sono tutti elementi, che non permettono uno sfruttamento e un impiego di questa rena, salvo che per piccole attività artigiane locali. Il suo valore industriale resta perciò limitatissimo se non nullo.

b) *Tripoli*. Accenno brevemente a questa roccia, dato che il suo uso come abrasivo è ormai decaduto e ben noti sono i suoi caratteri. Essa è di colore biancastro, giallastro o lievemente bruniccio, facilmente fogliettabile, leggera, a grana finissima e a straterelli netti e sottili. E' costituita in gran parte da silice colloide (opale) in particelle minutissime o sotto forma di spicole di spugna, diatomee e rari radiolari; variabile e talora sensibile è il contenuto in carbonato di calcio, maggiore gli ittioliti e le filliti.

Come ho già detto (pag.32 e 93) il tripoli si trova alla base della formazione gessoso-solfifera, ma talora può presentarsi anche in straterelli assai sottili nelle marne interposte o sovrapposte ai gessi; mi sono anche già intrattenuto sull'origine di questa roccia (pag. 89). Nella nostra regione l'orizzonte dei tripoli si presenta molto ridotto e spesso intercalato da marne argillose. Gli spessori

maggiori di rado superiori al metro o poco più, si trovano sul fianco NE della sinclinale di Isola del Piano-Ponte degli Alberi (S. Martino Casalduca, Stramigioli e Gessare) e sul fianco SW della sinclinale di Tomba di Pesaro (Mondaino, Montegaudio); più ridotti presso S. Ippolito.

Nella nostra regione non è noto sia mai stato sfruttato il tripoli. Lo si cavò invece nei dintorni di S. Leo (valle del Marecchia) e più precisamente presso Castelnuovo, S. Lucia, ecc. nell'ultimo ventennio del secolo scorso, con produzioni fino a 110 tonn. (1888). Il prodotto era suddiviso in tre qualità, di cui la più pregiata di color pallido e più compatta era smerciata in Francia. L'estrazione veniva fatta con piccoli scavi a giorno, di rado con gallerie e pozzi.

Oggi l'impiego del tripoli come abrasivo è ormai abbandonato; inoltre sia per questa sia per eventuali altre utilizzazioni (coibente termico, mattoni leggeri, ecc.) i nostri tripoli metaurensi mal si presterebbero dati le notevoli impurità marnose e gli esigui spessori.

c) *Arenarie*. Mi sono già occupato di queste rocce come materiale da costruzione (pag.122); qui ricorderò solo che con le varietà migliori di arenarie della formazione miocenica umbra (pag. 25) vengono talora confezionate anche pietre da arrotare. Ciò si verifica specialmente poco a monte di Borgo Pace lavorando blocchi portati dal Metauro; il diametro massimo di queste mole è di m 0,5. Si tratta però evidentemente di una modestissima attività artigianale che non può avere certo preteso di sviluppo.

d) *Pietra molare*. E' questo l'unico fra i materiali citati in questo capitolo che forma tuttora oggetto di lavorazione e commercio.

Come si è detto (pag. 8) la porzione superiore della formazione della *pietra corniola* è abbondantemente selcifera, per lo più con noduli isolati e schiacciati, ma spesso con veri letti di selce, che possono raggiungere il decimetro e oltre di spessore e molti metri di estensione. Questi letti si possono trovare o entro lo strato calcareo o presso le sue superfici o anche isolato dal calcare; la loro superficie è pianeggiante salvo dolci ondulazioni e qualche bernoccolo. Variabile è lo spessore degli strati calcareo-selciferi e per lo più compreso fra i 12 e 40 cm.

Ecco come avviene la lavorazione. Gli strati con letti regolari ed estesi di selce vengono scoperti da quelli inutilizzabili, quindi distaccati a mano con scalpelli e cunei sfruttando i netti giunti di stratificazione spesso marcati da

lievissime intercalazioni marnose, con lo stesso sistema usato nelle cave di *corniola* e di *marmarone*. Nel caso che il letto di selce si trovi entro lo strato calcareo viene asportata con lo scalpello una delle due porzioni calcaree. Si procede poi alla sagomatura dei pezzi, alla loro unione e cerchiatura. Si ottengono così delle mole circolari costituite da un supporto calcareo e da una faccia di selce, composte di più pezzi tenuti assieme dal cemento e dai cerchi. In certi casi è possibile ottenere mole di un sol pezzo, ma ciò capita di rado; per lo più esse sono costituite da un numero vario di elementi, fino a 7. Il diametro può raggiungere m 1,50 e lo spessore in media 25-30 cm. Quando i letti di selci sono isolati o isolabili o il calcare che vi aderisce è troppo esiguo si fa il montaggio dei pezzi su cemento, che viene così a costituire il supporto della mola.

Cave di pietra molare (come vien chiamata questa *corniola* selciferi) più anticamente note si trovano a NE di Chiaserna alle falde del Catria. Qui si hanno principalmente 3 orizzonti buoni di selce, compresi in uno spessore di circa 10 m di roccia; gli strati calcareo-selciferi utili sono spessi 28-40 cm. Lavorazione e montaggio avvengono a Cantiano, che ne è anche il centro di smercio.

Recentemente si è iniziato lo sfruttamento anche della pietra molare del versante NE di M. Acuto, dove gli strati calcareo selciferi hanno spessori di 12-30 cm. La lavorazione vien fatta a Frontone. Un tempo fu escavata pietra molare anche alle Foci del Bosso presso l'Eremita, lungo la strada Pianello-Secchiano, da due piccole cave ora abbandonate.

Il centro di produzione è sempre Cantiano dove alla fine dell'800 si producevano 60-80 coppie di mole all'anno. Mi mancano dati più recenti.

Se, come sembra, queste mole sono di nuova qualità, per incrementarne la produzione sarebbe necessario disporre di cave più facilmente accessibili. Ciò non dovrebbe essere difficile a realizzarsi con opportune ricerche di altri affioramenti presso buone strade già esistenti o con il miglioramento delle vie di accesso alle cave attuali.

### **CAPITOLO III.**

#### **ARGILLE SMECTICHE**

Da oltre un decennio la nostra regione è stata oggetto di ricerche e anche di estrazione di argille smectiche o decoloranti o meglio, tenendo conto della loro composizione mineralogica, di argille montmorillonitiche. Tale materiale viene normalmente indicato col nome improprio di bentonite. Per gli usi svariati cui si prestano oggi queste argille e dato che queste marchigiane si presentano veramente buone, credo necessario intrattenermi su di esse. Premetto che il mio esame sarà essenzialmente geologico e pratico e non petrografico, in quanto questo anche se di capitale importanza esula dalla mia competenza (1).

Le argille montmorillonitiche metaurensi si presentano di colore biancastro-grigiastro o gialliccio (talora addirittura tendenti al bruniccio), con frattura concoide o di tipo sferoidale e a grana finissima; in acqua si spappolano e rigonfiano notevolmente. Al microscopio si mostrano con elementi prevalentemente lamellari e minutissimi; fra i componenti mineralogici domina la montmorillonite. Sono presenti anche resti organici: rarissime globigerine (ciò che contrasta enormemente con la grande abbondanza di Foraminiferi dello *Schlier* adiacente), pure rarissimi radiolari e più frequenti spicole di spugne. Si tratta quindi di tipiche argille montmorillonitiche sedimentarie. E' evidente però che è necessario conoscere anzitutto le proprietà tecniche di queste rocce, con ricerche accurate e complete ed estese a molti affioramenti, tenendo conto delle varie possibilità di applicazioni.

Le argille montmorillonitiche marchigiane si trovano intercalate entro le marne del Miocene medio a facies di *Schlier* (pag. 29) e più precisamente nella parte alta della formazione a circa 180-200 m dalla sua base (2). Le argille utili si presentano in strati di potenza variabile da pochi centimetri fino a un metro; normalmente però compare un solo strato di maggior potenza accompagnato da 1-3 altri assai esili.

(1) Per le questioni petrografiche relative alle argille montmorillonitiche rimando ai begli studi di ANDREATTA C. (v. ad es. Ind. Min. d'Italia e d'Oltremare, n. 4, 1943).

(2) Questi valori derivano da ripetute misure effettuate fra Metauro e Cesano dove lo spessore complessivo dello *Schlier* si aggira fra 290-300 m.

Anche se i singoli strati argillosi variano notevolmente di spessore e talora perfino si perdono, data la loro tendenza lentiforme pur se estremamente attenuata, si può affermare l'esistenza entro lo *Schlier* alto di un vero e proprio

orizzonte ad argille montmorillonitiche potente forse solo alcuni metri e con distribuzione pressoché generale nella regione metaurensese.

La presenza di questo che credo un orizzonte guida è assai importante, perchè può orientare facilmente le ricerche malgrado le pessime esposizioni. Infatti allorché son noti uno o più affioramenti con l'ausilio delle conoscenze strutturali è possibile prevedere l'andamento in superficie di queste argille; assai utili possono riuscire anche le informazioni dei locali che chiamano volgarmente questa roccia pietra saponaria. Sulla Tav. VII ho cercato di schematizzare l'andamento di questo orizzonte; si può così vedere facilmente come i vari affioramenti si allineano parallelamente agli assi delle pieghe.

Anche se l'orizzonte ha una distribuzione generale nella regione del Metauro credo utile accennare qui sotto ai vari affioramenti, aggiungendo, quando è possibile, una breve descrizione o altri dati utili. Passerò perciò in rassegna le varie pieghe neogeniche a NE dei massicci mesozoici interni, secondo l'ordine già seguito a pagg. 48-59.

Sinclinale Orsaiola-Cagli. Non furono fatte ricerche in questa zona, però, da notizie raccolte, sembrerebbero esistere argille smectiche nelle immediate vicinanze di Cagli, cioè sul fianco SW della sinclinale.

Sinclinale Cà Baldo-S. Cristoforo. Risulterebbero ritrovamenti non lungi da Molleone sul fianco NE della sinclinale e presso Maestà a NW di Smirra; in quest'ultima località lo strato sembrerebbe raggiungere i 20 cm. Anche qui nessuna ricerca.

Nella sinclinale interposta fra le anticlinali di Acqualagna e di S. Maria in Ripuglie - M. S. Lorenzo affiorano argille smectiche nel fosso di Cherio.

Numerosi sono gli affioramenti e molti gli scavi fatti nella lunga sinclinale SS. Maria in Val di Lotto-Pelungo-Tarugo. Fra il fosso Mustiola e S. Giovanni in Ghiaiolo sono seguibili due linee di affioramento che costeggiano le contigue anticlinali di S. Maria in Ripuglie e M. Spadaro. Presso Cà Filippo (km 1,5 circa a S di S. Giovanni in Pozzuolo) l'argilla smectica affiora con uno spessore di 20-30 cm, raggiungendo talora anche i 60 cm ed è seguibile per circa 200 m. Sul fianco opposto della sinclinale presso Cà Donnino a S di M. Spadaro l'argilla è stata messa in evidenza da una frana e si presenta con uno spessore di soli 10 cm.

Poiché il fondo di questa sinclinale si rialza sensibilmente nella valle del Candigliano, le argille smectiche scompaiono poco a E di S. Giovanni in Ghiaiolo per ricomparire nel bacino del Tarugo. Qui appunto fra il Castello (a NW di Monte Scatto) e il Tarugo (fra il paese di Tarugo e il Molino di Parasacco) riprendono i due soliti allineamenti, che seguendo la direzione NW-SE si continuano verso SE oltre il Tarugo, passando presso Monte Gherardo per

giungere fino ai dintorni di Pergola, divaricandosi progressivamente fra loro. Al Molino di Parasacco le argille affiorano presso il torrente in uno strato di 12 cm circa di spessore accompagnato un paio di metri sotto da un altro più esiguo di 2-3 cm; l'inclinazione è di circa 50° verso SW. Lo spessore dello strato principale aumenta presso Caselle raggiungendo i 340 cm ma per lo più mantenendosi sui 20-30 cm.

Ritornando all'Urbinate ritroviamo affioramenti sul fianco NE dell'anticlinale di M. Spadaro, dove sono stati seguiti con piccoli scavi a giorno da NNE di Cà Monte Soffio fin presso la Parrocchia di Crocicchia. Altri affioramenti si hanno nel nucleo dell'anticlinale di M. Percio e in particolare presso Cà Felice (fra Maciolla e Cà Monte Soffio), dove uno straterello di pochi centimetri inclina, insieme allo *Schlier* che lo include, di 65° verso SW, il quale emerge da un Tortoniano-Messiniano circostante sub-orizzontale.

Ricerche furono fatte anche sui fianchi dell'anticlinale Urbino-M. Polo soprattutto proprio alla periferia di Urbino, ma con risultati assai scarsi dati i notevoli disturbi tettonici di dettaglio.

Nella sinclinale Calmazzo-Cartoceto sul Tarugo si ebbero vari ritrovamenti; così fra l'Abbadia e Cà Colombara, sotto Pagino, al Molino Fabbri (N di S. Martino dei Muri), dove oltre lo strato maggiore di 35 cm circa di spessore ve ne sarebbero altri 4-5 esili e a N della Ripa del Sasso (con 40 cm circa).

Particolarmente interessanti sono gli affioramenti del fianco NE dell'anticlinale della Cesana fra la strada Urbino-Trasanni, presso Colonna, presso Cà S. Mariano 2° a S di S. Tommaso e in numerose altre località, che furono poi abbandonate per il rapido esaurirsi del materiale utile. A Caspasso si trovò uno strato dapprima cospicuo (pare addirittura di un metro di spessore) che poi si assottigliò in breve spazio. Anche presso Cà Garibaldi sembra sia stato estratto materiale per alcuni anni.

Più intensi lavori furono condotti poco più a E presso il fosso fra il M. dei Frati e C. Nuova dove da uno strato di 50-80 cm pare sia stato estratto qualche migliaio di tonnellate di utile di cui 300-400 ancora ammassato sul piazzale. Questa argilla è di due qualità, una gialliccia (talora un po' ferruginosa), che è la migliore, e una grigiastrea; entrambe si desquamano secondo noduli concentrici. Lo *Schlier* incassante è biancastro con intercalazioni più argillose grigiastre e con pendenza sui 15° in via generale verso NE, ma con direzione variabile. Dato l'andamento degli strati a franapoggio lo sterile del tetto è di limitato spessore.

Procedendo verso SE lungo il fianco NE dell'anticlinale della Cesana si possono citare ritrovamenti presso S. Piero i Tambis, non lungi da Fossombrone, e alle pendici di M. Raggio.

Nei dintorni di Isola di Fano, sul fianco NE del prolungamento del rilievo della Cesana, furono fatte ricerche a E di Caspessa nel fosso sotto Cà della Compagnia. Qui vennero scavate due gallerie di 45 e 50 m rispettivamente, ora quasi del tutto franate. Lo strato ha 20-24 cm di

spessore e notevoli impurità ferruginose, pende di circa 25° verso NE e si trova interposto a marne dure biancastre; poco propizie sono perciò le condizioni di sfruttamento. Furono asportate alcune decine di tonnellate. Più a SE le argille montmorillonitiche riaffiorano sul versante orientale di Poggio Castellaro (dintorni di Montevicchio); però non furono condotte ricerche minerarie.

Numerosi sono stati i ritrovamenti e gli scavi sui fianchi o presso l'apice dell'anticlinale Gemmano-Colbordolo-Vergineto. Nei dintorni di Mondaino i lavori furono particolarmente notevoli; infatti oltre ai normali scavi a giorno si eseguirono due perforazioni rispettivamente di 178 e 153 m e discenderie, gallerie e traverse per uno sviluppo complessivo di m 549. Furono messi in evidenza e incontrato più volte due strati di argille smectiche, di cui però ignoro lo spessore.

In tutta la zona fra Colbordolo e Montegaudio i numerosissimi piccoli scavi a giorno permisero l'apertura di una decina di cantieri, per periodo piuttosto brevi. Presso Coldelce lo strato si presenta con 30 cm circa di spessore. Ritrovamenti si ebbero al M. di Colbordolo, M. Busseto, Coldelce, fra Coldelce e Codignola e in molti punti della valle del torrente Mulinello. Gli spessori si sono mantenuti sui 30 cm, di rado superandoli notevolmente e più spesso scendendo al disotto di questo valore. La regione è disturbata tettonicamente e percorsa da molte piccole faglie trasversali e longitudinali e pieghettamenti.

Un ritrovamento si fece anche presso Cà Berlone sul fondo del Rio Maggiore a SW di Serrungarina.

Sono infine da ricordare gli affioramenti di argilla smectica nella valletta che sbocca presso Cuccurano nel nucleo di *Schlier* dell'anticlinale omonima. Poco si può dire sulla giacitura essendo la zona coltivata e coperta da abbondante detritico; dagli scavi a giorno compiuti risulta essersi incontrate lenti argillose con uno spessore massimo di pochissimi decimetri.

Da quanto si è esposto si possono trarre alcune conclusioni: l'argilla smectica si trova sempre connessa con un orizzonte piuttosto alto dello *Schlier* in lenti o strati che spesso hanno una grande continuità, ma notevole variabilità di spessore. La ricerca può quindi essere assai ben orientata dalle condizioni geologiche e dall'andamento degli affioramenti delle marne elveziano-tortoniane.

Dalle prove e dalle utilizzazioni finora fatte è risultato che questo materiale ha buone proprietà fisiche e chimico-fisiche, come i tipi buoni delle cosiddette bentoniti del commercio. Esso quindi può essere ancora oggetto di ricerche e sfruttamento, come è già avvenuto in questi ultimi anni. Bisogna però tener presente che l'esiguità degli spessori (sempre inferiori al metro), la loro

variabilità, i notevoli e frequentissimi disturbi connessi con la caratteristica tettonica di queste pieghe neogeniche (pag. 59) e la franosità dello *Schlier* incassante non consigliano, salvo casi particolari da accertarsi con cura, una ricerca mediante gallerie o perforazioni. Assai più economica è invece una ricerca e anche un eventuale successivo sfruttamento a cielo aperto; data la vastità della zona d'indagine, occorrerà scegliere le zone più propizie non solo dal punto di vista della quantità del minerale ma anche da quello delle condizioni morfologiche, per avere migliori condizioni di abbattimento. Si può anche aggiungere che ricerca e fruttamento, come del resto è anche avvenuto finora, dovranno essere quasi contemporanei, non essendo possibile mettere in evidenza notevoli cubature. Sarà quindi più conveniente aprire solo piccoli cantieri e con facili possibilità di spostamento onde ridurre al minimo le spese.

In definitiva credo che, date le buone caratteristiche e la notevole frequenza, queste argille potrebbero dare ancora alimento a una modesta attività mineraria, rappresentata da tanti piccoli cantieri temporanei in relazione alle piccole, ma numerosissime cubature, che sarà facile poter mettere in evidenza. L'assenza di concentrazioni notevoli, l'esiguità e la discontinuità degli strati utili impedisce invece il sorgere di un'industria estrattiva di un certo rilievo, a meno di insperati successi della ricerca.

## PARTE V

### COMBUSTIBILI FOSSILI

#### CAPITOLO I.

##### LIGNITI

Da oltre un secolo fino a tempi recenti si ha notizia della nostra regione di ritrovamenti di ligniti e di scavi e ricerche di entità non trascurabile. Posso però subito dire che questo carbone non ha nel bacino del Metauro alcun valore industriale data l'esiguità degli strati e la loro saltuarietà. Mi son voluto però rendere conto, con la maggior precisione possibile, dei vari affioramenti e credo utile intrattenermi brevemente su di essi. Ciò varrà perlomeno a far cadere ogni illusione al riguardo, a far desistere per l'avvenire da ogni spesa inutile e ad evitare le frequenti confusioni che si fecero e che talora si fanno anche adesso con le impregnazioni bituminose di cui dirò più avanti.

Straterelli di ligniti si trovano entro la formazione *marnoso-arenacea* umbra e la serie tortoniano-messiniana marchigiana, affiorante a nord-est dei rilievi mesozoici interni. Esaminiamo quindi separatamente le due giaciture.

a) *Ritrovamenti entro la formazione marnoso-arenacea.* Sono abbastanza frequenti ma assai discontinui.

In Comune di Borgo Pace, e più precisamente a Poggio Corniolo sulla destra della valle del Meta a circa 680 m di quota e alla testata del rio che scende a Sompiano, venne trovato alcuni anni fa uno strato di lignite che fu anche oggetto di scavi a giorno. Si tratta di una lente seguibile all'affioramento per 10 m circa e che raggiunge i 15-20 cm di spessore massimo, ma che si assottiglia rapidamente. Una trentina di metri più sotto vi è un altro straterello di 2-3 cm di spessore. Gli strati marnoso-arenacei incassanti pendono di circa 10° verso SW. La lignite è di aspetto piceo, di un bel nero intenso, lucente, a frattura concoide e friabile; da informazioni raccolte sembra abbia un potere calorifico di circa 4000 calorie.

Altri affioramenti analoghi di lignite si hanno: a Poggio Lattarini, sul versante sinistro della valle del Meta fra Sompiano e Felcino (Comune di Borgo Pace); in località La Noce presso Montedale (valle del torrente Sant'Antonio, Comune di Mercatello); in località Ciocchi, poco più di un km in linea d'aria a SSE di Apecchio, dove durante i lavori nei campi vennero a giorno frammenti lignitici di 1-2 cm di spessore.

Nella formazione *marnoso-arenacea* i ritrovamenti di lignite sono in realtà assai più numerosi di quello che non dicano i pochi citati. Sempre però si tratta di aggiornamenti di valore pratico nullo.

b) *Ritrovamenti entro il Tortoniano-Messiniano*. Sono stati discretamente numerosi e anche in tempi recenti hanno costituito oggetto di ricerche a giorno e in galleria.

Da vecchie relazioni e planimetria di oltre 80 anni fa risulterebbe che in un ripiano del monte su cui poggia il Peglio (comune di Urbania) e lungo la strada Urbania-Peglio sono state fatte ricerche per lignite mediante una trincea con circa 60 m di fronte e una perforazione. quest'ultima fra 30 e 45 m di profondità avrebbe incontrato 5 strati di lignite per uno spessore complessivo di m 2,50 (questo valore è però poco verosimile). Nella zona affiorano le marne e le molasse tortoniane sottostanti alla formazione gessoso-solfifera e inclinate verso NE.

Sotto Cà Bernacchio, non lontano dalla statale Urbino-Urbania e a pochi chilometri (2,5 circa in linea d'aria) a NE di Urbania, fu condotto nel 1939 uno scavo in galleria di 6-7 metri incontrando uno strato di circa 15 cm; 300 m a NE in argille smottate si rinvennero frammenti lignitici sparsi. Potrebbe essere di un certo interesse il fatto che i due affioramenti si ritrovano lungo la direzione degli strati e quindi possono appartenere a un medesimo orizzonte. La lignite è nera, lucente a frattura concoide, xiloide, con fibre legnose ben distinte e compatta. Le rocce incassanti sono argille marnose del messiniano alto con rarissime intercalazioni molassiche e soggette a frequentissimi smottamenti, tanto che anche i lavori di scavo sono scomparsi rapidamente; la pendenza è dolce con pochissimi gradi verso NE. evidentemente l'esiguo spessore e l'instabilità delle rocce non consigliano certo altre ricerche.

Presso la Parrocchia di Crocicchia in Comune di Urbino e a pochi km a S della città furono fatte ricerche nel 1917-18 e pare anche qualche piccolo scavo a giorno nel 1946. Ora non vi è più traccia di lavori o di affioramenti, ma si rinvennero non rari frammenti lignitici con i lavori agricoli. Lo strato pare avesse lo spessore massimo di 10 cm. La roccia incassante è rappresentata da argille sabbiose del Tortoniano che verso l'alto passano a molasse. Nell'Urbinate furono rinvenute tracce di lignite anche altrove (Pallino, Cavallino, ecc.).

A Pieve del Colle sul versante destro della valle del Metauro a SE di Urbania, si rinvennero nei campi frequenti frammenti di lignite che possono

raggiungere anche dimensioni di un decimetro. Mancano però esposizioni nè furono mai fatti scavi per cui è impossibile conoscere lo spessore dello strato. Dato però che i tre punti di rinvenimento si trovano lungo le direzioni degli strati, potrebbe trattarsi di varie lenti comprese in un unico orizzonte esteso per circa 500 m. Le rocce incassanti sono argille sabbiose del Tortoniano passanti sotto ad argille marnose e sopra a molasse; la zona è affetta da disturbi e raddrizzamenti locali; la pendenza generale è verso SW.

Ritrovamenti analoghi si ebbero presso Serraspinosa nei dintorni di Pergola, entro il potente complesso marnoso-molassico sovrastante la formazione gessoso-solfifera; non risultano ricerche minerarie.

Presso Pian dei Preti in Comune di Isola del Piano sarebbe stato rinvenuto entro il fosso Nicolucci una strato di lignite di 10 cm di spessore; ma non furono fatte ricerche. Anche qui le rocce incassanti sono le argille sabbiosa e le molasse del Tortoniano.

Presso Isola di Fano lungo la strada del Tarugo si osservano esilissime intercalazioni lignitiche in analoga giacitura. Uno straterello di una decina di cm fu incontrato nelle immediate vicinanze del paese di Serrungarina nello scavo di un pozzo; un altro strato di 7-8 cm affiorava presso Monteciccardo nel fosso fra Cà Parpagnacca e Cà Bordone.

Credo inutile soffermarmi ulteriormente sull'argomento data l'esiguità e la piccola estensione delle lenticelle lignitiche; del resto la situazione risulta ben chiara già dai dati esposti. Si può ancora osservare che le enti hanno la massima frequenza entro il Tortoniano alto e derivano da carbonizzazione di materiali vegetali fluitati e accumulati insieme agli abbondanti detriti terrigeni.

Mi mancano analisi dettagliate su queste ligniti; riporto però alcuni dati relativi a quella del Peglio risalenti al 1867; anche se essi hanno limitato valore possono tuttavia servire di orientamento.

p.sp.	Potere cal.	C	H	O <sub>2</sub> e N	ceneri
1,398	5,867	55,40	5,82	25,63	11,63

In conclusione come già si è detto le ligniti che qua e là si incontrano nella regione metaurensis non hanno valore pratico e non possono essere oggetto neppure di una limitatissima ricerca e sfruttamento.

## CAPITOLO II.

### MARNE BITUMINOSE

Nella regione del Metauro e in quelle contermini compaiono impregnazioni bituminose in tre distinti orizzonti della serie stratigrafica e cioè:

a) Varie lenticelle e straterelli bituminosi nelle marne a *Fucoidi* (Albiano).

b) Lo strato bituminoso del Cenomaniano.

c) Impregnazioni varie connesse per lo più con marne, ma talora anche con altre rocce, del Messiniano e in particolare della formazione gessoso-solfifera.

Vediamo di esaminare meglio queste manifestazioni che ci serviranno a chiarire dei problemi che esamineremo al capitolo successivo.

a) *Impregnazioni bituminose nelle marne a Fucoidi*. Come già si è accennato (pag. 18) entro questo orizzonte e specialmente nella parte più marnosa del complesso sono frequenti le lenti e i livelli bituminosi. Essi hanno però una continuità e individualità limitata; infatti nella parte media questi livelli hanno un contenuto di bitume più elevato che sfuma per gradi con maggiore o minore rapidità sia verticalmente sia orizzontalmente alla marna sterile circostante. Non solo i singoli livelli bituminosi non hanno continuità, ma neppure la bituminizzazione è sempre presente, mancando infatti essa completamente in varie zone. Il contenuto in bitume è generalmente assai basso. Lo spessore dei singoli livelli si mantiene per lo più intorno a pochi centimetri e solo raramente raggiunge i 15-20 cm. date queste condizioni queste impregnazioni non hanno importanza per un eventuale fruttamento.

Devo ricordare che spesso gli AA. (101, 136, ecc.) hanno confuso o per lo meno associato queste impregnazioni con quelle dello strato di cui dirò qui sotto; si tratta di due orizzonti ben distinti separati fra loro da 70-80 metri di *scaglia* bianca .

b) *Lo strato bituminoso del Cenomaniano*. Entro la *scaglia* si trova sempre, a meno che non siano intervenute faglie o stiramenti, uno strato bituminoso che spicca bene per il suo colore nerastro dalla *scaglia* bianca o rosea circostante (pag. 21).

La roccia è di colore nero intenso se fresca, invece grigiastra o gialliccia (per efflorescenze di zolfo) o bruna (per ossidi idrati di ferro) se è stata esposta agli agenti atmosferici; è compatta ed opaca, ha frattura concoide e poliedrica e tende a rompersi in piastrelle di 2-3 cm di spessore secondo i piani di stratificazione. In sezione sottile ha una grana finissima e una struttura uniforme; invece la bituminizzazione, pur essendo diffusa in tutta la massa, si presenta più intensa in frequentissime zonule. Emana dalle superfici fresche odore di idrocarburi e

brucia con fiamma abbastanza lunga. Qua e là vi sono noduletti di pirite che danno per alterazione in superficie spalmature limonitiche. Oltre che per la bitumizzazione si differenzia dalla *scaglia* circostante per un maggior contenuto argilloso. Già le sezioni sottili mostrano un contenuto elevato in sostanze bituminose tanto che riesce difficile ottenere una discreta trasparenza. Sono frequenti le squame, vertebre, ecc. di pesci, che normalmente non appaiono bituminizzate e spiccano per il loro colore bruno e la lucentezza. Fra questi fossili de Angelis d'Ossat determinò un dente di *Oxyhina mantelli* Ag. (76). La stratificazione è netta e piuttosto sottile. dai dati esposti risulta trattarsi di un sedimento finissimo, di deposito assai lento e batiale.

Questa roccia rappresenta un vero "Oil-shale" secondo la nomenclatura corrente (1); essa è infatti impregnata di bitumi insolubili ai comuni solventi (cloroformio, etere, tetracloruro di C, ecc) e alla luce ultravioletta non dà quella caratteristica luminiscenza delle rocce sfaltifere. Per una più precisa conoscenza di queste marne bituminose dal punto di vista pratico è importante un'analisi di M. G. LEVI (1924) riportata da LOTTI (101); non è però indicata la località di provenienza. Ecco i dati: la resa in olii è del 7,68% (si può tener presente che a Ragusa si distillano rocce con un contenuto del 6-8%). Da una tonnellata di marna sono estraibili kg 76 di olio grezzo, di cui kg 15 di benzina, kg 21 di olii medi e kg 37 di olii pesanti. Lo zolfo non è in quantità rilevante e una parte di esso passa nel gas; l'azoto è presente in quantità normale e si può valutare che non più del 10% possa liberarsi in forma ammoniacale a 500°, ciò che sarebbe 3-4 kg di solfato di ammonio per tonnellata di roccia (operando opportunamente si può sperare in una resa fino a 15-20 kg per tonn.). Il gas sviluppato è molto calorifico. Rispetto agli scisti bituminosi francesi dell'Autunois e a quelli scozzesi i nostri non sono inferiori nel loro comportamento.

(1) Si tratta cioè di una di quelle rocce indicate spesso anche col nome di scisti bituminosi e impregnate di pirobitumi, bitumi insolubili o "kerogene", secondo la nomenclatura assai varia e spesso confusa esistente sull'argomento.

Come si è detto questo strato bituminoso ha uno sviluppo enorme e affiora in tutti i rilievi mesozoici dai monti di Gubbio al monte della Cesana e dai dintorni di Piobbico al versante orientale del Catria; si continua poi ancora nei rilievi più meridionali almeno fino ai dintorni di Camerino se non oltre. Esso

conserva sempre i caratteri litologici particolari descritti più sopra che permettono di seguirlo e di distinguerlo nettamente dalla *scaglia* circostante (1).

Lo strato è intercalato alla parte più alta della *scaglia* a Globotruncana appenninica Renz e a 70-80 metri dalla base della *scaglia*. Normalmente è interposto alla *scaglia* bianca, talora però (M. Cimaio) segna il limite tra la *scaglia* bianca e rossa oppure (versante N e NE del M. Nerone) è intercalato a quella rossa; ciò prova ancora una volta che queste differenze di colorazione non hanno un vero valore stratigrafico. Come ha già notato LOTTI (101) nello strato di *scaglia* sottostante a quello bituminoso vi è un letto di selce nera che viene quindi a trovarsi a pochi centimetri dalla base delle marne in questione.

Sia per questi fatti sia per la possibilità di seguirlo passo passo talora per molti chilometri si può dire che lo strato bituminoso rappresenta un orizzonte guida di enorme estensione e continuità; ciò del resto era già stato affermato da molti AA. (76, 101, ecc.). Solo RENZ (158, pag. 22) ha negato questo valore stratigrafico dello strato basando l'affermazione sul rinvenimento nei dintorni di Fossombrone di un altro pure bituminoso più esile (10 cm) presso la base della serie sopra-cretacea, sul mancato ritrovamento di quello di cui ci occupiamo (che viceversa esiste anche nei dintorni di Fossombrone) e su inesatte osservazioni di altri AA. (136).

Oltre la enorme continuità è sorprendente la relativa costanza di spessore; che si aggira normalmente fra m 0,80 e m 1,50 con la media di un metro circa.

L'andamento degli affioramenti dello strato bituminoso risulta facilmente dalla Tav. VII. Mi limiterò perciò qui a brevi cenni illustrativi.

Anche se è fuori dalla nostra regione si può ricordare che nei dintorni di Gubbio (valle del Bottaccione e altrove) lo strato ha 80 cm circa di spessore (25, 158). Sui due fianchi del rilievo

(1) Anche il contenuto paleontologico delle due rocce è diverso. Ad esempio i resti di pesci così abbondanti nell'orizzonte bituminoso mancano praticamente del tutto nella *scaglia* dove è stato trovato un solo dente di *Ptychodus latissimus*.

M. Nerone-Catria corre una serie di affioramenti che sono seguibili anche verso SE fuori dalla nostra regione. Le interruzioni, sono dovute o a disturbi tettonici o coperture detritiche. Nel versante SW del rilievo lo strato affiora lungo la strada Sassorotto-San Cristoforo di Carda

con lo spessore di circa 80 cm, inclinazione 10° verso W e molto resti di pesci. Ricompare poi qua e là entri la *scaglia* bianca sul versante E del M. Carda, sulla Costa i Ranchi e presso la mulattiera Seravalle-Cupa dei Materozzi. Si segue quindi sul versante NE del M. Bozzone e del M. Carpineto. Da S di Cerreto, dati gli scarsi disturbi tettonici; l'affioramento è quasi continuo lungo la valle del Ciordano, sui fianchi del M. Frontino fino alla strada Pianello-Secchiano, quindi al M. Moria, alla Roccaccia fino alla via Flaminia 500 m a valle di Ponte d'Azzo dove ha 85 cm di spessore e inclina di 65° verso SW. sale poi a Monfrante e costeggia quindi i monti Tenetra, Acuto e Catria.

Sul versante NE per le maggiori dislocazioni, manca spesso questa continuità. Lo strato affiora a S di Acquanera, alle pendici del M. Serrone e al M. Sodello, dove ha solo 50 cm di spessore; di qui si segue ininterrottamente fin presso la vetta del M. Cimaio e al versante S di Poggio le Guaine e sotto Via Strata. Scompare ai due lati della valle del Bosso per poi riprendere fra le Smirre di M. Petrano e Serra Ventosa, dove ha circa 60 cm di spessore e inclina di 70° verso NE. Alla Bandirola a SW di Cagli, per la presenza di un anticlinale secondaria, esso riaffiora per breve tratto con 35 cm di spessore e 55° di pendenza verso SW, sempre accompagnato dal ricordato letto di selce nera. Fra Serra Ventosa e M. Campifobio, nella valle del Burano i maggiori disturbi tettonici ne interrompono l'affioramento. Non ho compiuto ricerche a SE di questo monte ma penso che anche qui (pendici di M. Acuto e M. Catria), per le stesse cause, affiori raramente.

Nel rilievo del Montiego si hanno comparse saltuarie sulla vetta dell'anticlinale ai due lati della valle del Candigliano e nel fosso di Montiego; lo strato è stato invece eliminato tettonicamente sui fianchi dell'anticlinale. Sul fondo del Rio Faeto, a monte dell'Orsaiola, dove l'erosione è riuscita ad intaccare la *scaglia* bianca lo strato bituminoso riaffiora con una forte ginocchiatura ad angolo retto e con molti disturbi che si continuano poi nella *scaglia* rossa sovrastante; esso ha qui 80 cm di spessore ed è ricco di ittioliti; mezzo metro più sotto segue il solito letto di selce nera.

Il livello bituminoso si ripresenta nel nucleo delle anticlinali dell'Abbadia di Naro e di Acqualagna, ai due lati della gola del Furlo e sul Metauro di fronte a Fossombrone nella parte più interna affiorante del rilievo della Cesana. In tutti questi affioramenti lo strato è sempre inferiore al metro e, salvo che nella gola del Furlo, affiora per limitata estensione.

A complemento di queste notizie occorre accennare che in passato furono fatte ricerche di questo strato con qualche limitato scavo a giorno nei dintorni di Piobbico (Sassorotto, Acquanera), all'Orsaiola, all'Abbadia di Naro, nei dintorni di Acqualagna e al Furlo. Ma si è trattato sempre di lavori di minima entità.

Per quanto esuli dal bacino del Metauro, conviene accennare allo strato bituminoso del rilievo M. Roma-M. delle Streghe dove affiora secondo due allineamenti paralleli che dai

dintorni di Frontone si seguono fino al Colle dell'Aspro presso la ferrovia Sassoferrato-Fabriano. Di molti di questi affioramenti diede notizia DE ANGELIS D'OSSAT (76) e di quello delle Foci di Frontone il LOTTI (101). In tutti questi gli spessori si aggirano fra m 0,80 e m 1,50; però sono frequenti nello strato le intercalazioni di roccia sterile che alla Foce di Frontone raggiungono la proporzione di 1/3. Parte di questi affioramenti fu esplorata a varie riprese con gallerie fino a 55 m di lunghezza. Nell'allineamento di NE lo strato ha forti pendenze, e spesso è verticale o ribaltato, nell'altro fianco dell'anticlinale le pendenze sono invece generalmente più dolci; frequenti sono anche gli arricciamenti connessi con la complicata tettonica di dettaglio che presenta talora la scaglia. Per maggiori notizie, dato che questi affioramenti escono dalla regione in esame, rimando agli autori citati e in particolare a DE ANGELIS D'OSSAT (76).

Si presenta ora il problema delle possibilità pratiche di queste marne bituminose, per le quali gli AA. sono stati generalmente assai ottimisti (25, 76, 101). Indubbiamente esse affiorano su una estensione vastissima che si può valutare almeno di 75X25 km, con una potenzialità complessiva enorme (dell'ordine di miliardi di tonnellate). Tenendo però conto che le possibilità di estrazione sono in ogni caso limitate solo alla porzione emergente dai fondi vallivi dei rilievi mesozoici (più in basso infatti è certo il frequentissimo incontro di acque sotterranee), i quantitativi divengono assai più limitati pur rimanendo sempre considerevolissimi. In superficie poi lo strato è più o meno alterato e quindi presenta una buona resa solo a una certa distanza dall'affioramento. Inoltre nel caso di una giacitura subverticale lo strato è ben conservato; quando invece è orizzontale o a debole inclinazione presenta alterazioni più o meno profonde perchè costituisce un orizzonte acquifero locale; se poi intervengono faglie o pieghettamenti la situazione peggiora notevolmente. Se lo spessore va al di sotto del metro, come generalmente avviene nel bacino del Metauro (dove in media ha 0,60-0,80 m), l'estrazione in galleria, che è l'unica possibile, si fa troppo dispendiosa. Infine occorre tener presente che, se l'analisi più sopra riportata è molto favorevole, occorrono però altre ricerche analitiche per dimostrare la costanza dei caratteri e di contenuto bituminoso ed inoltre occorre valutare le percentuali di sterile incluso, che spesso non sono trascurabili.

Con queste considerazioni il quadro perde molto delle sue attrattive. D'altro canto una estrazione con gallerie e un successivo trattamento per distillazione non riesce remunerativo dato l'esiguo spessore dello strato. Però possono esservi

altre utilizzazioni più convenienti di queste rocce bituminose. può anche darsi che procedimenti di riscaldamento e distillazione in sotterraneo, analoghi a quelli tentati recentemente in Svezia per scisti bituminosi e altrove per ligniti, possano avere successo per questo nostro strato. Il problema va quindi studiato con molta cura ma non ci si può in ogni caso fare soverchie illusioni.

Si può quindi concludere che scelte località più propizie, studiati accuratamente la giacitura, i mezzi di estrazione e le utilizzazioni più adatte, non è da escludere che si possa pervenire un giorno a una lavorazione redditizia dello strato bituminoso. Al momento però se si vuol solo estrarre e distillare il materiale non credo si possano avere speranze, prova ne siano i tentativi infruttuosi già fatti (1).

c) *Impregnazioni bituminose nella serie Messiniana.* Come si è visto (pag.93 e segg.), entro il Tortoniano sup. e il Messiniano e più particolarmente entro la formazione gessoso-solfifera e nelle rocce adiacenti sono frequenti le lenti e i livelli bituminizzati. Al disotto dei tripoli esiste quasi dovunque nella nostra regione un complesso di marne grigie a bande bituminose potente alcune decine di metri che comprende il Tortoniano più alto e gli strati di passaggio al Messiniano. Altre impregnazioni si trovano nelle marne fogliettate intercalate alla formazione o nel calcare solfifero o nei gessi. Pure bituminizzate in vario grado sono le argille marnose sovrastanti la formazione e incerti casi anche gli orizzonti sabbioso-molasici intercalati. Si può dire che queste impregnazioni sono diffuse in quasi tutta la serie messiniana e in certe zone (Anconetano e Maceratese) sono cospicue, abbondanti e anche accompagnate da emissioni di gas. In occasione di lavori minerari esse hanno assunto un aspetto vistoso determinando veri stillicidi di bitume (Cà Fabbri, Cà Bernardi, ecc.).

(1) Rimontano infatti ad oltre un secolo le prove, generalmente però solo di laboratorio per una loro utilizzazione.

Esse non hanno importanza pratica per una diretta utilizzazione, ma una indiretta per quanto dirò al capitolo seguente (2). Data l'enorme diffusione e il gran numero di affioramenti o ritrovamenti in galleria credo sia inutile soffermarsi a descrivere o anche solo a citare le singole località. Qualche notizia si potrà trovare nel cap. III della parte II.

(2) E' ben noto che la presenza di queste impregnazioni bituminose nel Messiniano ha dato argomento a molti AA. per sostenere che lo zolfo sia derivato da riduzione di gessi ad opera di idrocarburi. Personalmente non condivido una tale interpretazione; ma troppo vasta è la questione per affrontarla in questa sede (v. anche pag.113).

### **CAPITOLO III**

#### **PROSPETTIVE GASSIFERE E PETROLIFERE**

#### **DELLE MARCHE SETTENTRIONALI**

Il problema che mi propongo con questo capitolo è certamente vasto e per la sua impostazione occorre tener presente, oltre le conoscenze geologiche esposte nelle pagine precedenti, quelle delle regioni contermini e l'esperienza che si è venuta acquistando in questo campo nel resto d'Italia e altrove.

Perciò per giudicare delle possibilità pratiche della nostra regione passeremo in rassegna qui sotto i vari presupposti fondamentali per l'adunamento degli idrocarburi e cioè permeabilità, coperture, strutture, condizioni paleogeografiche, bacini di sedimentazione, storia orogenetica, ecc. non limitandoci al solo bacino del Metauro, ma estendendo, come è necessario, il nostro esame a tutte le Marche settentrionali (1).

## **1. Le manifestazioni superficiali.**

Queste non hanno valore diretto per orientare le ricerche o addirittura, come si faceva un tempo, per consigliare l'ubicazione dei pozzi, ma solo un valore indiretto in quanto ci consentono di supporre l'esistenza nella regione di accumuli eventualmente sfruttabili. Cioè non la zona dove esse compaiono, per la quale rappresentano generalmente un fatto negativo, ma quelle contermini a distanza maggiore o minore in diretta continuità geologica, dove si verificano le condizioni adatte all'accumulo, e senza manifestazioni superficiali, possono rivelarsi adatte a una ricerca. Le manifestazioni quindi indicano solo delle probabilità di adunamenti in zone più o meno lontane o in formazioni più o meno profonde. Rappresentano però sempre un elemento di conoscenza necessaria.

Elenco qui sotto le manifestazioni superficiali citate dagli AA. (14, 33, 35) per le Marche Settentrionali dalla vallata del Foglia a Recanati. Per l'ubicazione rimando ai relativi numeri della fig. I.

(1) In un mio precedente lavoro (218) mi sono già intrattenuto sulle prospettive che presenta la regione marchigiana nei riguardi degli idrocarburi. Ad esso rimando per un completamento delle notizie esposte in questo capitolo.

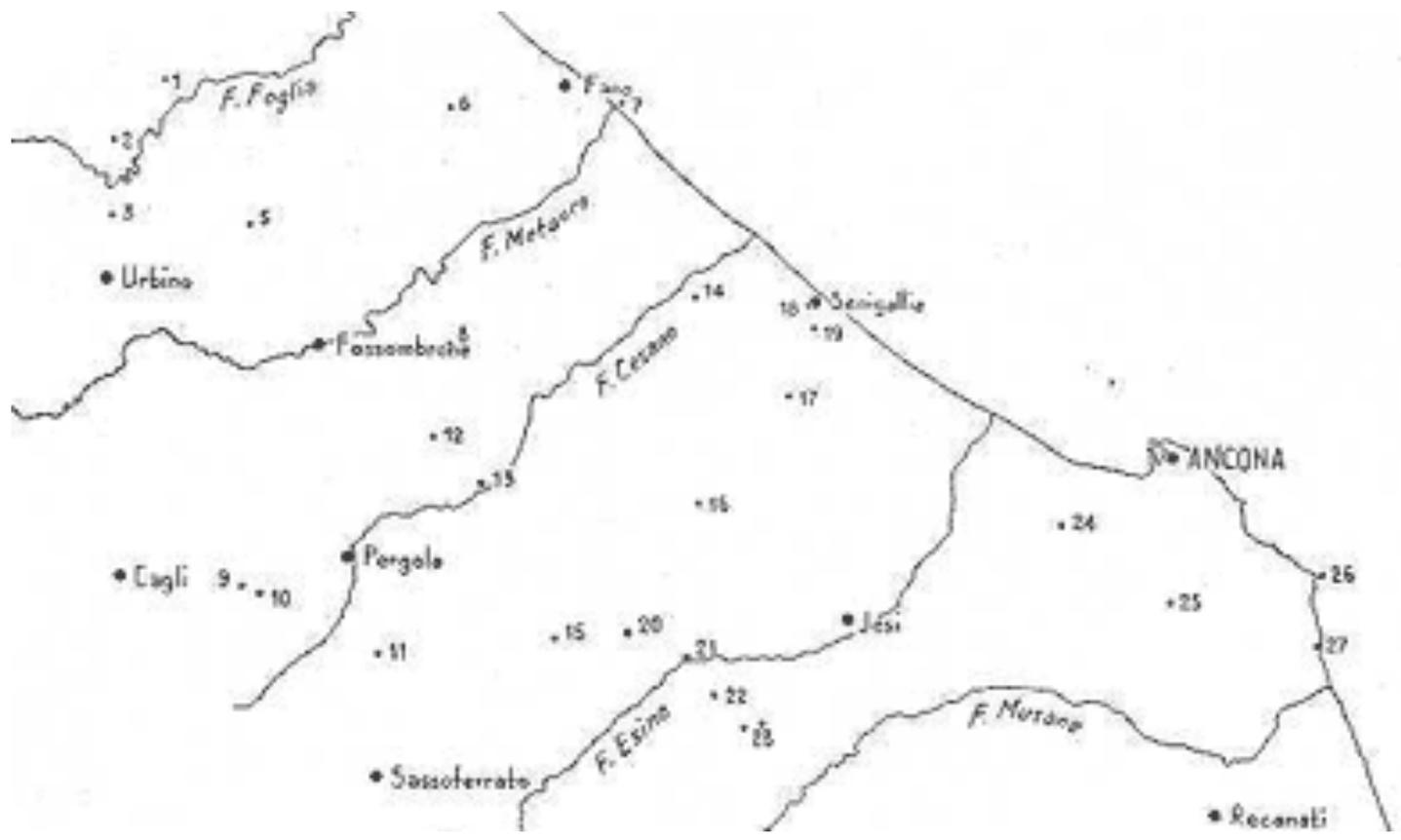


fig. 1

1. Dintorni di Mondaino; acque salate con gas connesse con la formazione messiniana.

2. Montecalvo in Foglia; acque salate con gas dal Pliocene Inferiore.
3. Torrente Schieti, a N di Urbino, piccole emanazioni di gas da una sorgente solforosa; si trova presso il torrente a q. 170 a S dell'abitato di Schieti; dalle argille con intercalazioni sabbiose del Messiniano.
4. Dintorni di Urbino; deboli impregnazioni d'olio nel *Bisciario* (manca l'ubicazione precisa).
5. Valzangona, tracce di gas nelle acque minerali solfidriche e salsoiodiche dello stabilimento; dalla formazione messiniana.
6. Carignano, idem.
7. Foci del Metauro; si sarebbero riscontrati entro mare gorgoglii di gas.
8. Dintorni di Sorbolongo, piccole saltuarie emanazioni di gas da una sorgente di acqua salata nel fondo del Fosso dell'Acqua Salata; dalla serie argillosa e arenacea del Pliocene inferiore.
9. S. Savino, tracce di gas nelle acque solfidriche provenienti dalla formazione gessoso-solfifera.
10. Canneto, idem.
11. Cabernardi e Percozzone, notevoli emanazioni di gas rinvenute durante i lavori di coltivazione delle miniere di zolfo.
- 12 e 13. Dintorni di Fratte Rosa e S. Lorenzo in Campo, acque salate con tracce di gas; dalla serie marnoso molassica del Pliocene inferiore.
14. Fosso Brugiata, bollicine di gas dal fondo del fosso omonimo connesse con la serie del Pliocene medio.
15. Fosso Acquanera, presso Castiglioni in Comune di Arcevia, debole saltuario gorgoglio di gas da due piccole sorgenti di acqua salata; dal Pliocene inferiore.
16. Vaccarile, sul fondo del fosso a circa 1 km a NE del paese, sorgentella solfidrica un po' salata con saltuarie bollicine di gas; dal Pliocene medio.
17. Fosso del Cavallo, fra Filetto e S. Angelo a SSW di Sinigallia, acqua minerale con poco gas dalla formazione gessoso-solfifera.
18. Sinigallia, da un pozzo ordinario per acqua profondo 16 m perforato presso il torrente Misa, leggere emanazioni di gas provenienti forse dal Pliocene medio-sup.
19. Fosso S; Angelo a S di Sinigallia sotto mandriola, leggera emanazione di gas da un pozzo ordinario di m 8 approfondito mediante perforazione di m 40; forse dal Pliocene medio.
20. Case Safaranara a SSW di Poggio S. Marcello, acque salate solfidriche con tracce di gas dal Pliocene inferiore.
21. Molino Urbani presso Moie, acqua salata con incerti segni di gas dalle alluvioni dell'Esino, proveniente dalla formazione gessoso-solfifera.

22. Contrada Calapigna, presso Monte Roberto, salsa con emissione di gas dal Pliocene inferiore.
23. Bollitori di S. Paolo di Jesi, 2 salse con emissione di gas, una delle quali ora asciutta dal Pliocene inferiore.
24. Paterno di Ancona, sulla destra del Fosso del Vallone si ebbe un notevole sviluppo di gas valutato a 2000 mc al giorno durante la perforazione di un pozzo di ricerca a m 60 di profondità; dal Pliocene inferiore.
25. Aspio, frequente emissione di gas dalle acque minerali dello stabilimento.
26. Grotta degli Schiavi, sotto il Monte Conero, a qualche centinaio di metri dalla Costa i marinai avrebbero osservato in superficie manifestazioni di gas.
27. Spiaggia di Numana, bolle di gas forse però provenienti da decomposizioni di alghe.
  - Apiro, nel Fosso 600 m a NNE di Serronchia vi è una salsa saltuariamente attiva; dal Messiniano.
  - Molino di Recanati, sulla sponda sinistra del Fiume Potenza, gorgoglio intenso di gas da un'acqua salata, dal Quaternario inferiore.
  - Fontespina, a 250 m dalla spiaggia entro mare chiazze oleose nerastre e bolle di gas; anche ciottoli della spiaggia presenterebbero spalmature di bitume.

A queste bisogna aggiungere le numerose manifestazioni di gas e tracce oleose incontrate durante i lavori di ricerca e di coltivazione dello zolfo e le impregnazioni bituminose, su cui mi sono intrattenuto nel capitolo precedente. Aggiungo, però a titolo puramente informativo dato che la notizia non è controllata, che si sarebbero verificate salse temporanee nella zona di Caminate (Fano) in occasione del terremoto del 1929.

So potrebbe anche ricordare molte altre manifestazioni nelle regioni contermini settentrionali e occidentali, ma per la maggior parte esse sono connesse o ancora con la serie messiniano-eopliocenica o con la formazione *marnoso-arenacea* romagnola o talora con le argille scagliose; non servono quindi a darci ulteriori elementi. Si può però accennare a una notevole emissione di gas, ricco di idrocarburi superiori, dai calcari marnosi e arenacei dell'Elveziano nei pressi di Caioleto (S. Agata Feltria) e a tracce di gas in una sorgente solfidrica nella formazione *marnoso-arenacea* umbra dei dintorni di Città di Castello.

Da quanto si è finora esposto si può così riassumere la distribuzione stratigrafica delle manifestazioni superficiali:

*Quaternario-Pliocene sup. e medio*, rare manifestazioni limitate alla regione costiera a S del Metauro.

*Pliocene inf.*, molto frequenti specialmente a S del Metauro.

*Messiniano*, sono molto diffuse in tutta la regione esaminata con tracce varie di olio, bitume e gas.

*Tortoniano*, solo impregnazioni bituminose nella parte più alta della serie; per il rimanente non è sicura la presenza di manifestazioni.

*Elveziano-Langhiano*, nella facies marchigiana sono scarse, inoltre esse fuoriescono forse solo occasionalmente da questi terreni seguendo faglie, mentre devono avere origine da orizzonti più antichi: mancano praticamente nella facies umbra.

*Paleogene*, sono ignote manifestazioni.

*Cenomaniano sup.* limitate allo strato bituminoso descritto (pag. 161) che però non ha importanza trattandosi di uno scisto bituminoso (Oilshale).

*Albiano*, impregnazioni bituminose negli strati a Fucoidi (pag. 160) di valore analogo alle precedenti.

*Cretaceo inf.-Giura-Trias sup.* sono ignote manifestazioni.

Circa i rapporti fra manifestazioni e strutture si può osservare che la grande maggioranza degli indizi superficiali del Tortoniano sup.-Messiniano si trova sui fianchi delle sinclinali dove l'erosione ha denudato le contigue anticlinali; si tratta cioè di manifestazioni di strato. Invece le mineralizzazioni del Pliocene e Quaternario sono legate più spesso a faglie di varia entità.

Si può anche supporre con buon fondamento che il Tortoniano sup.-Messiniano rappresentino una serie naftogenica sia per il gran numero e tipo di manifestazioni sia per la facies dei terreni. Quindi gli idrocarburi contenuti in queste formazioni avrebbero subito solo migrazioni primarie con successivi spostamenti relativamente modesti e in gran parte orizzontali in rapporto alla permeabilità e giacitura degli strati. Gli idrocarburi contenuti nel Pliocene e Quaternario devono invece essere pervenuti in questi terreni in seguito a migrazione verticale dal Tortoniano sup.-Messiniano. Eccetto forse quelle della formazione *marnoso-arenacea* umbro-romagnola, provengono invece da terreni più antichi, forse dal Cretaceo, le poche manifestazioni connesse con le formazioni pretortoniane.

## 2. Permeabilità delle rocce.

Un buon numero delle manifestazioni citate e la totalità di quelle bituminose ed oleose sono connesse con rocce marnose, che anche se assai intensamente mineralizzate non sono in grado di permettere produzioni, dato il loro forte potere di ritenzione. La scarsità di manifestazioni in sabbie e molasse è spiegabile con l'assenza di protezione e col dilavamento subito da queste rocce. Ma tralasciando le manifestazioni vediamo quali terreni offrono una permeabilità sufficiente e quindi qualora impregnati sian in grado di cedere idrocarburi.

Non ho intenzione di esporre qui dati precisi sulla permeabilità dei terreni, in quanto queste sono misurabili con precisione solo su campioni prelevati in profondità e sui quali le acque superficiali non abbiano esplicato o quasi la loro azione cementante, come si verifica presso la superficie. Sulla base di quanto ho detto al primo capitolo di questo lavoro elencherò semplicemente i vari complessi permeabili della serie stratigrafica.

*Quaternario marino, Pliocene sup. e medio p.p.* Entro questa serie prevalentemente argillosa sono intercalati potenti complessi molassi a notevole sviluppo secondo NW-SE e chiudentesi rapidamente verso NE. Oltre alle molasse già citate (pag. 37) si possono qui ricordare (per la zona compresa fra Cesano e Potenza) anche quelle di Macerata della base del Pliocene sup., quelle di Monsano, S. Maria Nuova, Filottrano e Montecassiano della parte media del Pliocene sup., quelle di Recanati della base del Calabriano e quelle di Offagna, Osimo, Castelfidardo, Loreto e altre litoranee a S di Ancona del Calabriano e talora dell'Emiliano.

*Pliocene medio p.p.inf.* Nella parte alta della serie si intercala il potente complesso molassico di Sorbolongo-Fratte Rosa-S. Lorenzo in Campo-Serra dei Conti Montecarotto-Staffolo. Le molasse dominano nella regione costiera fra Pesaro e Fano, nell'anticlinale di S. Costanzo-Scapezzano e in quella di Polverigi. Al tetto del Pliocene inf. e nel Pliocene medio i depositi sabbiosi devono essere assai diffusi anche nella parte più profonda della restante avanfossa marchigiana, per il trasporto al largo dei detriti originati dalla regressione e successiva trasgressione (pagg. 37 e 175), anche dove la serie è continua.

*Messiniano.* Le intercalazioni molassiche sono assai diffuse nella serie sovrastante la formazione gessoso-solfifera a N del Cesano; per dettagli rimando a pag. 93 Fra il Cesano e il Musone, ad eccezione della zona compresa fra il M. S. Vicino e il rilievo di Cingoli, le intercalazioni molassiche praticamente

scompaiono. A S del Musone, nel bacino maceratese-ascolano (pag. 180) la serie messiniana raggiunge un enorme spessore (fino a 2700 m) e presenta complessi permeabili specialmente nella parte medio-inf. e in quella sup., separati da altri in prevalenza argilloso-marnosi; gli orizzonti porosi sono però diffusi in tutto il Messiniano tanto che spesso si ha una generale formazione marnoso-molassica di aspetto fliscioide.

*Tortoniano.* Complessi permeabili, soprattutto limitati alla parte alta della serie, si hanno a N del Cesano specialmente nell'Urbinate, dintorni di Fossombrone e nella zona litoranea fra Cattolica e Fano e talora anche nelle sinclinali interne della catena (pag. 93); si ripresentano, con i caratteri detti più sopra anche nel bacino maceratese-ascolano.

*Eocene medio-inf. e Cretaceo inf.* La *scaglia* rossa e bianca può presentarsi nelle zone di disturbo tettonico, più o meno intensamente fessurata. Però con questa facies del Cretaceo, quale affiora nei rilievi mesozoici metaurensi, offre interesse pratico, quanto lo sviluppo della serie coeva del Conero, dove nel Senoniano sup. compare un calcareo detritico-organogeno permeabile (103).

*Lias inf. e Trias sup.* Il *calcareo massiccio*, quando assume facies oolitica, presenta una notevole porosità, che può raggiungere il 15% e una ottima permeabilità.

Tutti gli altri membri della serie stratigrafica delle Marche settentrionali sono o impermeabili o calcareo-compatti, nel qual caso possono avere tutt'al più una permeabilità per fessurazione.

### 3. Coperture.

Passo rapidamente in rassegna qui sotto i termini stratigrafici impermeabili capaci di determinare e proteggere eventuali accumuli di idrocarburi, procedendo anche qui dall'alto al basso della serie.

*Quaternario marino, Pliocene sup. e medio.* Le argille così databili rappresentano indubbiamente la serie impermeabile più continua e potente che in ogni caso, salvo non vi siano grandi faglie recenti o in atto, offre una protezione sicura. I complessi sabbiosi intercalati qua e là e ricordati al paragrafo precedente non diminuiscono mai la capacità di copertura della serie dato il sempre notevole spessore delle argille interposte. Anzi questi orizzonti porosi così ben protetti si

trovano in condizioni assai favorevoli per accumuli strutturali o per chiusure laterali stratigrafiche.

*Pliocene inf.* Nella porzione della serie esiste un complesso argilloso assai importante per la sua continuità stratigrafica col sottostante Messiniano e per la sua grande diffusione. Solo nella zona litoranea fra Cattolica e Fano e, in parte, nell'anticlinale di S. Costanzo-Scapezzano esso viene quasi completamente sostituito da una serie in gran prevalenza molassica. Queste argille fra Misa e Musone possono ridursi talora a soli 40-50 m, ma generalmente hanno qualche centinaio di metri di spessore. Occorre però avvertire che dove sono state cospicue le erosioni subaeree fra la regressione e la successiva trasgressione del Pliocene medio, lo spessore delle argille in questione può essersi notevolmente ridotto o addirittura annullato; ciò avviene all'orlo interno dell'avanfossa nel tratto maceratese-ascolano e forse in alcuni rilievi costieri sepolti a S di Ancona.

*Messiniano.* Le argille marnose sono frequenti e talora potenti in gran parte della serie, salvo che nella regione costiera fra Cattolica e Fano (per dettagli rimando a pag. 93). Nelle serie messiniane poi possono presentarsi spesso delle "trappole" stratigrafiche per passaggi laterali a facies sabbiose. Quando però lo sviluppo delle intercalazioni permeabili diventa troppo cospicuo, la funzione di copertura può essere solo esplicita dalle sovrastanti argille del Pliocene inf., come avviene nella porzione interna dell'avanfossa nel tratto maceratese-ascolano.

*Miocene medio e inf., Oligocene ed Eocene sup.* Lo *Schlier* specialmente nella sua porzione più alta e più argillosa (pag. 30) è impermeabile; non può invece offrire protezione il *Bisciario* per la sua natura fortemente calcarea. La *scaglia* cinerea, per il suo notevole contenuto di argilla e il grande spessore costituisce un buon complesso impermeabile (molte sono infatti le sorgenti d'acqua dolce determinate da essa) e quindi una protezione per eventuali accumuli.

*Albiano.* Le marne a Fucoidi, anche se hanno solo qualche decina di metri di spessore possono offrire per gli stessi motivi una buona copertura. Però la *scaglia* cinerea e le marne a Fucoidi possono determinare una protezione solo se non intervengono cospicui disturbi tettonici.

*Giura sup. e medio e Lias sup.* Gli *Strati ad Aptici* e le marne rosse del Toarciano-Aaleniano per il notevole contenuto marnoso sono talora impermeabili, purché come al solito i disturbi tettonici non siano notevoli. Però

date le variazioni notevoli di facies e di spessore di questi terreni esse possono determinare solo coperture locali e da verificarsi caso per caso.

In conclusione le coperture più efficienti anche rispetto al gas sono costituite dalle argille del Pliocene e spesso del Messiniano; le intercalazioni argilloso-marnose dei terreni più antichi possono essere in determinati casi impermeabili all'olio, non sempre al gas.

#### **4. Conclusioni stratigrafiche.**

Oltre ai fatti esposti occorre richiamarne qui un altro di notevole interesse e cioè: la serie stratigrafica della regione è perfettamente continua salvo la trasgressione del Pliocene medio della quale ho già parlato (pag. 35) (1). E' però da tener presente che questa ha un valore del tutto locale ed è limitata agli apici delle strutture più accentuate (S. Costanzo-Scapezzano, Polverigi, Montecarotto, Staffolo, e varie del Maceratese) e all'orlo interno dell'avanfossa marchigiana a S del Torrente Misa.

Quindi alla fine del Pliocene inf. o durante il Pliocene medio non si è avuta una generale regressione, seguita da una generale o quasi trasgressione durante il Pliocene medio; ma il mare pliocenico ha mutato solo di profondità e le coste hanno subito solo scarse variazioni. I bacini sedimentari neogenici marchigiani hanno quindi praticamente conservato, salvo che ai loro margini, la continuità di sedimentazione fino a tutto il Pliocene medio. Queste oscillazioni delle antiche linee di costa non costituiscono generalmente un fattore negativo rilevante, in quanto hanno interessato strutture fortemente sollevate e anche oggi ampiamente erose e quindi già da scartarsi per una ricerca a causa di questi motivi. Rimane però il dubbio che il grande rosario di rilievi sepolti presso la costa adriatica a S di Ancona, messo in evidenza dalle ricerche geofisiche, possa essere stato in certi casi intaccato dall'erosione subaerea durante il Pliocene medio. Si può quindi concludere che la lacuna stratigrafica nel Pliocene medio si presenta in aree assai limitate e che, salvo la riserva accennata, non ha avuto un effetto negativo sensibile circa le possibilità di accumulo nell'avanfossa marchigiana.

1) Ho già accennato a pag. 9 dell'eventualità di lacune stratigrafiche locali entro la serie giurassica.

Eccetto questo breve e locale hiatus, la serie stratigrafica dal Tortoniano sup. (talora dal Tortoniano inf.) in poi mostra un generale carattere regressivo,

accentuandosi in modo particolare dal Pliocene medio in poi. Questo lento e progressivo ritiro del mare dai bacini neogenici marchigiani ha determinato molti orizzonti porosi con probabili chiusure stratigrafiche.

Come ho già detto nella prima parte di questo lavoro i vari complessi molassici e sabbiosi del Neogene marchigiano provengono evidentemente in gran parte dall'erosione della catena. Lo dimostrano la notevole percentuale media del 50% di carbonati fra i costituenti della nostra molasse (73), i microfossili rimaneggiati dal Mesozoico (pag.71) e la generale diminuzione delle dimensioni dei granuli e dello spessore dei singoli complessi porosi allontanandosi dalla catena. Ciò spiega come le permeabilità del Tortoniano sup.-Messiniano abbiano la maggiore diffusione, in quanto formatesi in seguito alle prime emersioni della catena ad opera della prima fase diastrofica marchigiana. Anche le sabbie depositatesi fra la fine del Pliocene inf. e il Pliocene medio devono avere una notevole diffusione perchè essere pure sinorogenetiche.

E' però necessario ammettere anche altre provenienze dei materiali terrigeni. Infatti il notevole spessore delle facies molassiche diffuse per tutto il Tortoniano-Messiniano-Pliocene inf. e medio p.p. della zona costiera adriatica (monoclinali costiere fra Cattolica e Fano e anticlinale di S. Costanzo-Scapezzano) deve essere determinato in parte da altri apporti terrigeni (pag. 104). Questi possono essere stati forniti dalla formazione *marnoso-arenacea* romagnola o assai più probabilmente da una emersione dell'avanpaese adriatico, sul quale già ci siamo intrattenuti e ritorneremo fra poco. Queste considerazioni hanno un riflesso pratico importante per prevedere la distribuzione e le probabili variazioni dei termini permeabili neogenici entro i bacini di sedimentazione marchigiani (218).

Da quanto si è esposto finora in questo capitolo si possono trarre le prime conclusioni.

Allo stato attuale delle conoscenze la serie del Tortoniano sup.-Messiniano rappresenta l'obiettivo immediato per la ricerca di idrocarburi nelle Marche, sia per la grande quantità di manifestazioni note, per le sue permeabilità e per l'ottima copertura determinata dai complessi argillosi sovrastanti. Un notevole interesse pratico hanno anche le intercalazioni sabbioso molassiche del Pliocene e in modo particolare quelle della parte alta del Pliocene inf. e del Pliocene medio. Mentre per i termini permeabili miocenici sarà più facile rintracciare eventuali giacimenti strutturali, per il Pliocene dovrà farsi maggior affidamento sulle chiusure stratigrafiche.

La formazione *marnoso-arenacea umbra*, per quanto mi sia poco intrattenuto si di essa, non può costituire oggetto di indagine, perchè, malgrado le abbondanti permeabilità, manca di coperture sufficienti.

Per una ricerca di rocce più antiche possiamo per ore intravedere possibilità solo in un Cretaceo superiore a eventuale sviluppo calcareo-organogeno, protetto dalla *scaglia* cinerea. Tale facies però è supponibile solo nella regione litoranea o sotto l'attuale Adriatico. Un indizio per eventuali mineralizzazioni potrebbero essere le impregnazioni bituminose dell'Albiano e Cenomaniano.

Negli Abruzzi sono ben conosciute impregnazioni bituminose fino nei terreni triassici, nelle Marche invece, malgrado i forti disturbi disgiuntivi della catena, sono ignote manifestazioni superficiali nella serie precretacea. Malgrado l'assenza di questo importante elemento, tuttavia sono presenti nella nostra regione permeabilità, coperture e talora anche strutture tettoniche favorevoli per eventuali accumuli in certi casi a profondità non eccessiva.

Naturalmente ho qui tenuto conto dei dati stratigrafici noti dalla geologia della regione, facendo astrazione da quelli supponibili mediante estrapolazioni da grande distanza; cioè ad esempio eventualità di un Miocene medio-inf. od Oligocene sabbiosi, Cretaceo inf. o Giura organogeni; Trias medio o inf. permeabili o addirittura Paleozoico sup. con caratteristiche favorevoli. Si tratta infatti per il momento di ipotesi del tutto gratuite e non sostenute dagli indispensabili dati di fatto.

## **5. Tentativo di sintesi regionale delle Marche esterne. (1)**

Non ripeterò qui quanto esposto ai capp. II e III della I parte di questo lavoro, a cui rimando per molte notizie; dovrò invece intrattenermi, per una migliore comprensione dei fatti, su alcuni concetti d'ordine regionale finora non considerati. Anche in questo come nei paragrafi precedenti, l'argomento è

(1) Intendo qui, come anche in precedenza, i due termini "interno" ed "esterno" rispetto alla catena appenninica e alla sua vergenza generale.

dato fondamentalmente dalla regione compresa fra il Foglia e Recanati (1).

Tre grandi unità geologiche con diversi stili tettonici (v. Parte I, cap. II) e con diversi ambienti di sedimentazione neogenica occupano l'area marchigiana:

- I. la zona della formazione *marnoso-arenacea* umbra;
- II. la zona dei rilievi mesozoici;
- III. la zona del Neogene esterno.

Tralascio l'esame delle due prime zone. Infatti per una interpretazione dettagliata della prima, che rappresenta, come si è detto, una grande fossa di sedimentazione miocenica a tettonica particolare (pag. 65) delimitata a NE dai massicci mesozoici interni (pag. 41), occorrerebbe prendere le mosse dalla Geologia toscana e nordapenninica; ciò che esula da ogni mia intenzione. Sulla porzione metaurense della seconda zona mi sono già a sufficienza intrattenuto, per quella più meridionale rimando ai molti lavori già pubblicati. Si può richiamare qui il concetto che questa seconda corrisponde a una catena a pieghe mesozoiche, con i particolari strutturali già descritti (pag. 42 e segg.), e racchiudenti numerosi bacini sinclinali di sedimentazione meso e sopramiocenica.

Vediamo meglio la terza zona, che è quella di reale valore pratico per la ricerca di idrocarburi, prendendo le mosse dal rilievo M. Spadaro-Furlo-Arcevia-S. Vicino-Sibillini (2) e in particolare dal suo margine occidentale.

A N del Metauro questo rilievo affiora come un'anticlinale a nucleo pseudodiapirico di *Schlier*, per cui non segna, come più a sud, il confine netto fra la seconda e la terza unità geologica marchigiana. Fra i fiumi Metauro e Cesano il nucleo mesozoico presenta, talora più o meno attenuati, i caratteri tettonici già visti per i rilievi interni marchigiani (pag. 47); cioè il fianco NE del grande rilievo strutturale degrada, sia pure bruscamente con disturbi locali e faglie, ma senza grandi interruzioni sulla terza zona. A S del Cesano i fenomeni disgiuntivi del fianco NE si fanno via via più forti e sono caratterizzati da un grande rigetto inverso, da mancate vergenze verso NE, da

(1) Per una migliore comprensione e una più ampia esposizione dei tratti fondamentali della geologia regionale marchigiana rimando a un mio precedente lavoro (217) e alla carta tettonica che lo accompagna.

(2) Ho già detto (pag.51) che questo non è un'unica struttura anticlinalica ma un enorme rosario di anticlinali con molte culminazioni.

sovrascorrimenti, ecc., che interessano talora perfino il Pliocene. Così al margine NE della Montagna della Rossa vi è una grande faglia inversa con un rigetto valutabile ad almeno 1400 m (206 pag. 42), che mette a diretto contatto il Pliocene inferiore con la *scaglia* rossa. Fra Esino e Tenna gli stessi disturbi si continuano al margine occidentale del S. Vicino e Sibillini.

So può concludere così che dal Cesano al Tenna e più a S fin oltre il Tronto, l'orlo esterno dei rilievi mesozoici della catena marchigiana è segnato da tutta una serie continua di cospicue faglie inverse e parziali accavallamenti secondo la linea di Arcevia-Serra S. Quirico-Frontale-S. Severino Marche-W di Sarnano-Arquata sul Tronto. Questi disturbi tettonici hanno il carattere di quelli che accompagnano normalmente l'orlo interno delle avanfosse. Sia per questo, sia per la sua storia geologica la terza unità geologica indicata più sopra ha il significato di una vera avanfossa neogenica di sedimentazione con tutti i suoi caratteri peculiari quali: subsidenza, asimmetria dei fianchi, grande spessore dei sedimenti, ecc.

L'avanfossa marchigiana a N del Cesano si attenua rapidamente fino a sparire o quasi in corrispondenza del Metauro per il progressivo alzarsi del substrato. Fra Foglia e Metauro infatti emerge, come si è detto (pag.48) una serie di pieghe anticlinaliche parallele ed affiancate (Cesana, Colbordolo-Vergineto, M. Balante-Cuccurano, Pesaro-Fano) che nel loro insieme costituiscono una sella (1), cui si può dare il nome di sella Furlo-Novilara, degradante verso NE (2) e separante l'avanfossa marchigiana dai bacini di sedimentazione neogenici romagnoli.

Un'altra sella analoga ma con diverso profilo complessivo si può supporre fra l'Esino e il Potenza. Qui infatti emergono all'esterno del grande asse strutturale Furlo-S. Vicino-Sibillini due rilievi mesozoici, M. Acuto di Cingoli (3) e M. Conero, altri due a nucleo Langhiano, Ancona e piega Cupramontana-

(1) Col termine di sella indico un sollevamento medio del substrato indipendentemente dalle pieghe che lo interessano e che possono considerarsi dei fatti locali. Tale sollevamento è trasversale rispetto all'avanfossa e ne interrompe la continuità longitudinale.

(2) Il degradare ininterrotto da SW verso NE delle pieghe che interessano questa sella è assai evidente, per cui queste, malgrado le varie faglie longitudinali assumono un assetto generale di pieghe a gradinata. Infatti da SW verso NE incontriamo il rilievo del Furlo a nucleo affiorante triassico, l'anticlinale della Cesana con nucleo eocretaceo, quella di Colbordolo-Vergineto con nucleo oligocenico; il pseudodiapiro di *Schlier* di Cuccurano e infine le anticlinali costiere fra Pesaro e Fano a nucleo affiorante messiniano-eopliocenico.

(3) Il rilievo di M. Acuto di Cingoli ha un marcato arrovesciamento verso NE e faglie longitudinali analoghe a quelle viste per i rilievi mesozoici della catena. Inoltre presenta segni evidenti di un parziale accavallamento verso NE che si è ripercosso anche nelle pieghe neogeniche immediatamente più orientali (Cupramontana-Domo, Montecarotto-Staffolo, Treia- Pollenza).

Domo di Cingoli, e, circa intermedia a queste, l'anticlinale a nucleo affiorante Messiniano di Polverigi. A differenza però della sella Furlo-Novilara, che come ho detto ha il massimo rialzo a SW e il minimo a NE, questa sella, che chiamerò Cingoli-Conero, ha i massimi rialzi agli estremi e il minimo nella zona media. La sella Cingoli-Conero, la cui probabile esistenza è confortata da altri fatti geologici osservabili sul terreno, permette di suddividere l'avanfossa marchigiana in due bacini di sedimentazione: quello nordmarchigiano e quello maceratese-ascolano.

Il margine esterno del bacino nordmarchigiano è determinato dalla anticlinale di S. Costanzo-Scapezano, che forse si riallaccia a quella di Polverigi (pag. 58); quello del bacino maceratese-ascolano è stato recentemente scoperto mediante la prospezione geofisica, in una lunga dorsale sepolta sotto i terreni del Pliocene e Quaternario marini. Tale dorsale si raccorda a N con le pieghe di Ancona e del Conero e decorre assai disturbata verso SE lungo la costa maceratese e con una leggera obliquità rispetto a questa.

Resta però il problema se questi rilievi emersi e sepolti segnano veramente il limite esterno dell'avanfossa marchigiana oppure solo dei due bacini nominati. La seconda ipotesi, per le varie ragioni che dirò risulta la più probabile e quindi occorre ammettere l'esistenza entro l'area dell'attuale Adriatico di altri bacini sedimentari, sempre nell'ambito dell'avanfossa marchigiana e ricercare il margine esterno di quest'ultima e l'avanpaese entro mare a qualche decina di chilometri dalla costa attuale.

Vari fatti ci permettono di supporre l'esistenza di un altro bacino di sedimentazione periadriatico, entro mare, fra le traverse di Rimini e Ancona. Anzitutto le varie strutture più prossime alla costa attuale non hanno nessuna il carattere di avanpaese, neppure il Conero che è un vero elemento appenninico come dimostra la sua serie stratigrafica e la sua struttura (103); una tale funzione è poi assolutamente inammissibile per le pieghe di Cattolica-Fano e S. Costanzo-Scapezano. A NE le due selle Fano-Novilara e Cingoli-Conero sono delimitate da faglie di sprofondamento che inducono ad ammettere l'esistenza all'esterno di esse di bacini di sedimentazione. D'altronde l'avanfossa romagnola quasi ora completamente coperta dalle alluvioni padane non può bruscamente interrompersi in corrispondenza delle coste romagnole ma per lo meno prolungarsi a cingere il rilievo di Cattolica-Fano. Infine già abbiamo supposto per altre vie (pag. 39 e 147) rilievi cristallini sotto l'Adriatico, i quali sia per la composizione litologica, sia per la loro posizione possono realmente costituire l'avanpaese appenninico marchigiano. Questo avanpaese avrebbe alimentato la

sedimentazione terrigena grossolana del Tortoniano-Messiniano-Eopliocene fra Cattolica e Fano e i conglomerati a ciottoli cristallini della base del Pliocene medio e anche oggi fornisce la "rena terebrante"; esso sarebbe in relazione con i fondi rocciosi al largo di Sinigaglia e forse con la fascia di "sabbioni", che corre parallelamente alla costa a una distanza di 25-28 km circa (pag. 148).

Possiamo ora brevemente sintetizzare quanto si è esposto in questo paragrafo e in precedenza. La catena appenninica marchigiana (2° unità strutturale) con tipico stile a pieghe e a faglie e con le particolarità tettoniche dette (parte 1° cap. II) è orlata all'esterno da un'ampia avanfossa di sedimentazione neogenica (3° unità strutturale), che a sua volta è delimitata all'esterno da un avanpaese almeno in parte cristallino-metamorfico. Nell'avanfossa marchigiana (delimitata a N rispetto ai bacini preappenninici romagnoli della sella Furlo-Novilara) sono distinguibili tre grandi bacini di sedimentazione: nord marchigiano, maceratese-ascolano, periadriatico-marchigiano. I primi due più o meno nettamente separati fra loro dalla sella Cingoli-Conero sono oggi in terraferma, il terzo è sottomarino. Quest'ultimo, separato rispetto agli altri due dai rilievi litoranei di Cattolica-Fano, S. Costanzo-Scapezzano, Ancona, Conero e altri sepolti più a S, è forse in continuità con l'avanfossa romagnola (1). Nella Tav. IX ho cercato di schematizzare questi bacini di subsidenza.

Rimandando a lavori già pubblicati (217, 218) per molti altri fatti interessanti, mi limito qui ad alcune notizie complementari. Tutte le pieghe marchigiane hanno un netto e costante parallelismo (2), sia nella catena sia nell'avanfossa, e spesso sono allineate a rosario secondo grandi assi strutturali. Però fra la displuviale Conca-Foglia e la sella Cingoli-Conero hanno un orientamento NW-SE, a S di quest'ultima ne acquistano un altro NNW-SSE. Cioè questa sella corrisponde all'incirca anche a un asse di leggera torsione

(1) Ad evitare equivoci qui e altrove credo necessario aggiungere che col termine di bacini sedimentari intendo essenzialmente delle aree di subsidenza ben delimitate e distinte fra loro e non identifico con questi limiti quegli degli antichi mari. Infatti fra i mari neogenici che coprivano i vari bacini marchigiani le comunicazioni furono sempre amplissime (soprattutto fra quelli nordmarchigiano e maceratese-ascolano). Cioè attribuisco al concetto di bacino sedimentario un significato strutturale regionale anziché solo paleogeografico, che qui è secondario.

(2) Ciò naturalmente non toglie che, come si è detto, (pag. 62), le pieghe spesso confluiscono fra loro o si associno variamente.

tettonica. A N dello spartiacque Conca-Foglia fino al Forlivese si ha invece nel Neogene esterno il sovrapporsi di due direttrici tettoniche, quelle nord-

marchigiane e quelle nord-appenniniche. Quindi la sella Furlo-Novilara ha importanza dal punto di vista paleografico per delimitare le aree di subsidenza e segna anche il limite di orientamenti strutturali regionali.

I bacini sedimentari si sono individuati col Tortoniano in relazione con la prima fase diastrofica della regione, ma è stato solo con la fine del Pliocene inferiore che si sono accentuati e delimitati definitivamente. Il bacino nordmarchigiano alla fine del Pliocene superiore era ormai emerso; in quello maceratese-ascolano vi fu abbondante sedimentazione marina per parte del Quaternario; in quello periadriatico la sedimentazione perdura tuttora. L'esame del generale carattere regressivo delle serie postelveziane in rapporto con le fasi orogenetiche e con lo sviluppo dei bacini di sedimentazione sarebbe interessante ma mi porterebbe ad esporre dati troppo numerosi e dettagliati per questa sede.

## **6. Possibilità di accumuli nelle Marche settentrionali**

Dopo questo sguardo d'insieme e con i molti altri elementi esposti precedentemente possiamo ora esaminare quali e dove siano le possibilità di ricerca per idrocarburi nelle Marche settentrionali. Si è già stabilito (paragrafo 4 di questo capitolo) che la serie tortoniana-messiniana-pleiocenica presenta il maggior interesse pratico immediato; cerchiamo qui di individuare le zone di probabili accumuli, cioè dove detta serie si trova con le sue permeabilità e con le coperture in anticlinali o altri tipi di chiusure non erose.

La formazione *marnoso-arenacea* umbra (1° unità strutturale), per quanto comprenda anche il Tortoniano sabbioso-arenaceo, è priva di interesse, almeno allo stato attuale delle conoscenze, perchè manca di coperture impermeabili.

Anche nel Tortoniano e Messiniano delle sinclinali interne della catena (2° unità strutturale) si può escludere la possibilità di adunamenti, in quanto questi terreni occupano solo il fondo delle sinclinali e sono privi di una copertura efficiente (il Pliocene è sempre assente). Anche eventuali chiusure laterali stratigrafiche determinate dalle intercalazioni argillose sui fianchi di queste sinclinali non possono aver interesse perchè, a parte la limitata estensione della superficie eventualmente drenata, tutti i terreni porosi sono stati ampiamente dilavati e invasi dalle acque superficiali. Si può quindi concludere che tutta la regione marchigiana a SW del rilievo Furlo-S. Vicino-Sibillini non ha importanza pratica per una ricerca di idrocarburi nel Neogene.

Si presentano invece notevoli prospettive nella serie tortoniana-messiniana-pleiocenica dell'avanfossa (3° unità strutturale). La presenza qui di bacini di

sedimentazione neogenici con i caratteri noti (persistenza di sedimentazione, subsidenza, plicazioni tarde, assenza di trasgressioni cospicue, ecc.) è già di per sé un elemento del massimo interesse. E' però necessario un esame più dettagliato, che come al solito limiteremo alla regione fra il Foglia e Recanati.

Fra il Foglia e il Metauro si stende la cosiddetta della Furlo-Novilara, dove si ripetono le condizioni negative già viste per la catena mesozoica. Infatti tutte le anticlinali sono prive di copertura e molto erose e hanno il nucleo affiorante nel Messiniano o in terreni più antichi. Resterebbe perciò anche qui come unica possibilità la presenza di chiusura stratigrafica sui fianchi delle sinclinali, alcune delle quali, come quelle di Montecalvo in Foglia-Isola del Piano-Ponte degli Alberi e Tomba di Pesaro-M. delle Forche, avrebbero forse sufficienti coperture argillose. Neppure queste però offrono sufficienti garanzie.

A S dell'asse vallivo del Metauro si stende il bacino di sedimentazione nordmarchigiano dove abbiamo tre possibilità per la ricerca:

- 1) entro le pieghe a nucleo affiorante eopliocenico;
- 2) sui fianchi delle pieghe precedenti;
- 3) al disotto della estesa copertura argillosa meso e soprapliocenica;

La prima possibilità si verifica nel prolungamento a SE del Metauro del rilievo Colbordolo-Vergineto (che per ondulazioni assiali potrebbe anche offrire chiusure strutturali), nel tratto settentrionale dell'anticlinale S. Costanzo-Scapezano e nelle pieghe di Montecarotto-Staffolo e di Polverigi. In tutte queste le eventuali coperture sono affidate a priori limitati accumuli di gas.

Sui fianchi di queste pieghe si ha la protezione del Pliocene inf. e medio argillosi. Si presenta perciò l'eventualità di accumuli sia pur modesti o per chiusure stratigrafiche (variazioni laterali di facies) o strutturali (ondulazioni secondarie dei fianchi, faglie longitudinali).

Fra le pieghe nominate si stende ininterrotto il Pliocene medio argilloso e per un buon tratto anche il Pliocene superiore pure argilloso (pag. 37), che come ho detto costituiscono le coperture più efficienti. E' proprio qui che una ricerca ha le prospettive migliori in quanto è più che probabile (e vari indizi lo confermano) il ritrovamento di pieghe chiuse ben protette con buone possibilità di accumuli d'idrocarburi. La zona di interesse pratico è all'incirca così delimitata: costa adriatica a S di Numana-Numana-Polverigi-S. Angelo (a NW di S. Costanzo)-Montemaggiore al Metauro-Sorbolongo-Barbara-S. Paolo di Jesi-Treia-Loro

Piceno; quindi si estende ampiamente nell'Ascolano fra la costa e la congiungente Loro Piceno-Maltignano sul Tronto. Entro questi limiti però dobbiamo ritenere di modesto valore la porzione compresa fra il Metauro e il Cesano per il generale andamento strutturale con progressivo sollevamento verso NW.

La zona così definita presenta ottimi requisiti per una ricerca entro il Neogene soprattutto per le cospicue coperture e il favorevole assetto tettonico. Gli orizzonti nei quali possono verificarsi gli adunamenti di idrocarburi sono quelli del Tortoniano sup. e del Messiniano e quelli del Pliocene medio e della parte alta del Pliocene inf.; le altre intercalazioni sabbiose della serie pliocenica hanno un interesse secondario. Tenendo conto che le permeabilità tendono a diminuire da occidente verso oriente, le anticlinali più interne saranno le più propizie anche perchè meno profonde. Le emersioni avvenute fra Pliocene inf. e medio possono aver avuto un effetto negativo, come si è detto, sui rilievi costieri. Oltre alle chiusure puramente strutturali devono giuocare un ruolo fondamentale anche quelle stratigrafiche date le numerose variazioni laterali di facies. A tal proposito si deve ricordare che i frequenti passaggi laterali fra argille e sabbie rendono complessa la ricerca in tutto il Neogene marchigiano, ma se nella zona in questione rappresentano un motivo di difficoltà e di maggior dispendio per l'individuazione dei giacimenti, nelle altre zone di ricerca indicate più sopra (v. pag. 183) rappresentano il fattore positivo preminente per le possibilità di accumuli.

Nelle Marche, oltre al Neogene, si presentano anche due altri temi di ricerca e cioè il Mesozoico e il bacino periadriatico. Del primo ho già accennato in precedenza (pag. 177) vediamo perciò rapidamente il secondo.

Esso si estende entro mare all'esterno dei rilievi costieri (Cattolica-Fano, S. Costanzo-Scapezzano, Ancona, Conero, ecc.) forse con una larghezza media di 25-30 km. La ricerca diretta mediante perforazioni è possibile, non trovandosi mai la zona indiziata a profondità superiori ai 50 m in un mare non soggetto a grandi tempeste e a forti maree. Questo bacino presenta prospettive quanto mai interessanti. Anzitutto siamo certi di ottime coperture da parte del Pliocene medio-sup. e del Quaternario. Le porosità e permeabilità nei terreni sottostanti sono supponibili buone specialmente per il Tortoniano, Messiniano e Pliocene inf., data l'abrasione intensa che avrebbero subito i rilievi cristallini dell'avampaese; per la stessa ragione orizzonti permeabili sono prevedibili anche in orizzonti più antichi. Inoltre è possibile la presenza di termini calcareo-organogeni nel Cretaceo sup. (di cui il Conero offrirebbe un piccolo esempio) e

anche in altri piani più antichi o più recenti. Le oscillazioni di tipo epirogenetico dell'avampaese oltre a questi fenomeni potrebbero aver determinato anche "trappole" ad opera delle trasgressioni marginali connesse. in altri termini potrebbero presentarsi anche condizioni migliori di quelle note in terraferma.

Non bisogna però dimenticare che una ricerca entro il bacino periadriatico è dispendiosa e prematura. Ad ogni modo frattanto una ricerca geofisica, eventualmente aeromagnetometrica o gravimetrica, potrebbe darci degli elementi assai importanti anche per le ricerche in terraferma.

## **PARTE VI**

### **IDROLOGIA SUPERFICIALE E SOTTERRANEA**

L'argomento di quest'ultima parte ha un notevole interesse pratico, ma per una sua trattazione completa, sarebbe necessario, data la varietà delle questioni, lo studio approfondito ed esteso, oltre che da una parte del geologo, anche di altri specialisti. Sia per questo motivo sia per il breve tempo da me dedicato sul

terreno a questo problemi idrologici, mi limiterò all'esposizione e alla discussione dei fatti più importanti di mia competenza.

## CAPITOLO I

### IDROLOGIA SUPERFICIALE

#### 1. Generalità.

Il bacino del Metauro è il più esteso fra quelli marchigiani ed ha una superficie di km<sup>2</sup> 1405 circa.

I limiti del bacino, che appaiono chiaramente dalla Tav. VIII, sono segnati dai seguenti capisaldi principali (procedendo in senso orario cioè da sinistra verso destra): Foce del Metauro, S. Costanzo, Piagge, Orciano, Barchi, Sorbolongo, S. Vittoria ( a W di Torre S. Marco), Capuccini di Montevecchio, M. della Serra, Fenigli, Cupe di S. Savino, Colombare di Frontone, M. Morcia, M. Tenetra, M. Acuto, M. Catria, la Croce di Pian di Lucchio, M. Picognola, Cima Lanciacornacchia, M. Petazzano, M. Cerrone, Castellazzo, Pian di Cerreto, Bocca Serriola, M. Moriccie, il Montaccio, Poggio del Romito, M. Sodo Pulito, M. Maggiore, Poggio Monterano, Sasso Aguzzo, Passo della Spugna, M. Mazziconiaia, Sorbetolo, Peglio, S. Giovanni in Pozzuolo, M. Spadara, Urbino, M. della Cesana, M. Tomba (presso Isola del Piano), M. Grosso (presso Monteguiduccio), M. S. Bartolo, M. della Mattered, Monte delle Forche, Postelle (sul Metauro), Foce del Metauro.

Il Vallato del Porto e il Fosso degli Uscienti fanno da collettori delle acque superficiali comprese fra la foce del Metauro, le Postelle, M. delle Forche, Foce dell'Arzilla.

Il fiume Metauro si forma per la confluenza a Borgo Pace dei due torrenti Auro e Meta; il primo, che costituisce anche il caput fluminis, nasce alle falde del M. Maggiore, il secondo presso Bocca Trabaria. Presso Mercatello il Metauro riceve il tributo del torrente S. Antonio, a S. Angelo in Vado del Morsina, a Urbania del Bottrina, a monte di Fermignano dei torrenti S. Maria e Maltano; limitato è l'afflusso degli altri numerosi piccoli confluenti fino a Calmazzo. Presso questo paese il Metauro riceve il, che sotto molti aspetti è più importante del Metauro stesso, quindi a Fossombrone il Fosso Caldarelle, presso Ponte degli

Alberi i torrenti Tarugo e Puto quindi poco più a valle il Rio Maggiore, Rio di Scaricalasino ed altri di ancor più trascurabile importanza.

Fra i tributari il più importante per superficie del bacino ed apporto di acque è il Candigliano. Esso nasce fra i Monti Moriccie e Valmeronte e, pur ricevendo il tributo di vari piccoli torrenti, presso Piobbico è ancora assai povero di acque; a questo paese però la sua portata è notevolmente aumentata dal torrente Biscuvio, che nasce dal M. Falcone. Fra Piobbico e Acqualagna il Candigliano riceve acque superficiali e sotterranee dalla porzione NW del M. Nerone e del rilievo del Montiego. Ad Acqualagna si ha la confluenza con il Burano che è il più ricco di acque di tutto il bacino in quanto riceve i tributi superficiali e sotterranei di gran parte dei massicci mesozoici della regione. Più a valle minori influenti (Fosso Cherio, Fosso del Rio ecc.) e venute sotterranee dal rilievo del Furlo ne completano il deflusso fino a Calmazzo.

Il Burano, che ha origine dal M. Cerrone comincia solo a Pontericcioli, per l'apporto del Rio Botano, ad avere una portata anche estiva; quindi presso Cantiano riceve il Bevano, assai ricco di polle. Afflussi sotterranei lo arricchiscono lungo le Foci del Burano; presso Cagli confluisce in esso il Bosso. Nuove venute sotterranee e l'apporto di alcuni torrenti (fra cui lo Screbia) ne aumentano le portate fino ad Acqualagna.

Il torrente Bosso, che ha dapprima il nome di Fosso Vallaccia, poi il torrente Certano, nasce dal M. Cerrone e malgrado i numerosi piccoli affluenti resta assai povero d'acqua in estate fino a monte di Pianello. Da questo paese fino a Cagli aumenta progressivamente la portata per il confluire del Fiumicello, Ciordano, Fosso di Teria e Fosso di Valmena.

TABELLA I

<b>Stazione</b>	<b>Quota sul mare</b>	<b>Piovosità annua media</b>	<b>Anno d'inizio osserv.</b>	<b>N. d'anni d'osserv.</b>
Pesaro	m 11	mm 723,1	1866	75
Fano	" 14	" 780,8	1884	38
Candelara	" 210	" 843,3	1924	18
Carignano	" 152	" 818,0		21

Mondolfo	" 144	" 822,9	1922	18
Cartoceto	" 235	" 1066,6		17
Bargni	" 273	" 966,5	1896	33
Piagge	" 201	" 926,6	1920	21
Fossombrone	" 116	" 1025,7	1883	34
Foresta della Cesana	" 640	" 1123,9	1926	15
Barchi	" 319	" 920,0	1920	21
Urbino	" 451	" 957,8	1850	90
Fermignano	" 199	" 943,8	1921	20
Urbania	" 273	" 1000,3	1895	31
S. Angelo in Vado	" 359	" 969,5	1924	17
Mercatello	" 429	" 1331,5	1900	41
Montelabreve	" 842	" 1322,8		20
Bocca Trabaria (Cant. Abeti)	" 1049	" 1338,3	1921	20
Acqualagna	" 204	" 1010,8	1920	21
Castello di Naro	" 417	" 988,7	1926	15
S. Quirico in Caselle	" 668	" 1235,0	1924	17
Piobbico	" 339	" 1338,3		60
Parrocchia di Salia	" 683	" 1202,8		16
Bocca Serriola	" 730	" 1125,6	1924	17
Cagli	" 276	" 1266,7	1881	42
S. Savino	" 418	" 1157,1	1926	15
Pianello	" 384	" 1427,8	1923	18
Pontericcioni	" 403	" 1295,9		21
Scheggia	" 575	" 1202,9	1920	21
Serra S. Abbondio	" 536	" 1360,8	1924	17
Fonte Avellana	" 689	" 1765,7	1924	17
Media isoietica su tutto il bacino del Metauro		" 1128,1	1923	18

E' infine da accertare il Vallato del Porto che sottrae agli ultimi 9,5 km della Metauro buona parte delle acque di magra. Esso è un lungo canale artificiale che, dopo un percorso parallelo al Metauro, devia verso Fano e sbocca in mare a N della città costituendo infine il Porto Canale.

## 2. Caratteri pluviometrici della regione.

Mi limito solo a brevi cenni su questo, che fra i fattori climatici è il più importante per l'idrologia superficiale e sotterranea, rimandando per gli altri (temperatura, umidità, soleggiamento, ecc.) ad altre pubblicazioni (40, 200). Ho raccolto nella tabella I le medie annue delle precipitazioni nelle stazioni interessanti la nostra regione fino al 1940 incluso. I diagrammi della Tav. X riassumono le medie mensili del ventennio 1921-40 di nove stazioni; ad essi è unito per confronto quello delle precipitazioni medie su tutto il bacino per gli anni 1923-40 costruito mediante le superfici isoietiche con i dati forniti dal Servizio Idrografico (1).

La piovosità media annua come si può rilevare da questi dati non raggiunge valori molto elevati; i minimi si hanno presso il mare, i massimi sulla catena Nerone-Catria e soprattutto su quest'ultimo monte dove in certi anni si possono superare i 2000 mm. In via generale si può dire che le piogge aumentano con la quota e con la distanza dal mare; vi è però qualche eccezione (per es. Fossombrone rispetto a Urbino e Barchi).

Notevole importanza dal punto di vista idrologico ha la distribuzione delle precipitazioni nel tempo. Come si vede dalla Tav. X le piogge sono irregolari; i minimi mensili si hanno in luglio con valori talora inferiori a 1/40 del totale annuo; i massimi in settembre presso la costa, in ottobre su buona parte del bacino e in dicembre nelle zone interne. Le precipitazioni sono concentrate in pochi mesi all'anno in autunno e spesso anche in primavera. Presso la costa le differenze mensili sono meno sensibili, assai più alte invece nell'interno. L'esatte corrisponde sempre a un periodo di notevole siccità e durante esso le precipitazioni non superano normalmente 1/7 del totale annuo.

(1) Devo ringraziare il Direttore Ing. Rossetti e gli altri funzionari della Sezione di Bologna del Servizio Idrografico per avermi messo a disposizione la maggior parte dei dati idrologici necessari.

Il manto nevoso è limitato e di breve durata, non superando che raramente anche nelle zone più interne, salvo le cime più elevate, in un anno i 40 giorni di persistenza sul suolo e i 200 cm complessivi. Esso perciò non può modificare in

modo sensibile l'alimentazione tipicamente pluviale dell'idrografia superficiale e sotterranea.

Il regime irregolare delle precipitazioni e la forte siccità estiva hanno, come vedremo, un notevole effetto negativo sui corsi d'acqua.

### **3. Portate e regime dei corsi d'acqua.**

Con i dati forniti dal Servizio Idrografico ho potuto compilare le tabelle 2 e 3 e costruire i grafici degli afflussi e deflussi (Tav. XI) per otto sezioni del bacino del Metauro. Questi elementi assai significativi permettono di avere un'idea precisa del regime idrologico delle varie aste fluviali.

Prima però di passare a qualche cenno illustrativo e riassuntivo sono necessarie alcune avvertenze. La tabella 2 e la Tav. XI, per avere dati direttamente confrontabili fra loro, sono state costruite per il solo periodo 1926-31, durante il quale buona parte delle stazioni fu in attività eccetto quelle di S. Angelo in Vado (sospesa negli anni 1927, 1929, 1930), Piobbico-Biscuvio (sospesa nel 1930), Acqualagna (sospesa nel 1931), e Calmazzo (sospesa nel 1931). La tabella 3 riassume invece tutte le misure fatte fino al 1940. Il totale delle precipitazioni (afflussi) è desunto dalla media isoietica sull'area della porzione di bacino che alimenta la sezione di misura (1).

I valori della tab. 2, che hanno servito per la costruzione dei grafici della Tav. XI, essendo riferiti all'unità di superficie sono direttamente confrontabili fra loro. Già a prima vista emergono le grandi analogie del bilancio idrologico nelle singole parti del bacino. Un fatto interessante che si ripete per quasi tutte le stazioni è il prevalere dei deflussi sugli afflussi durante i primi 3 mesi dell'anno; ciò è spiegabile con la progressiva cessione delle riserve sotterranee accumulate con le forti piogge autunnali. Questa alimentazione nascosta deve essere sensibile anche in dicembre; infatti da settembre a dicembre i deflussi hanno un aumento mensile più rapido che non le precipitazioni. Anche in

(1) Nei grafici la scala dei l/sec/kmq è riferita al mese medio di giorni 30,4 circa.

TABELLA 2

		Valori medi mensili in mm											Valori medi annui		coeff. di deflusso	
		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	in mm		l/sec/km <sup>2</sup>
METAURO a S. Angelo in Vado	deflussi	92,3	107,3	136,0	87,9	91,8	14,2	4,5	4,1	10,3	57,4	93,9	121,2	820,9	26,0	0,68
	afflussi	80,9	72,3	154,3	93,0	117,4	21,3	27,6	42,2	141,7	168,6	148,3	142,7	1210,3	38,3	
BISCUVIO a Piobbico	deflussi	120,0	96,6	129,8	73,7	76,2	9,8	9,7	6,5	8,1	27,6	82,1	152,4	792,5	25,1	0,71
	afflussi	105,	87,9	110,7	85,6	98,1	27,9	38,7	39,9	91,3	101,5	144,1	182,7	1114,3	35,3	
CANDIGLIANO a Piobbico	deflussi	103,5	97,2	117,2	71,1	75,2	11,3	10,1	9,4	10,0	30,4	75,3	128,5	739,2	23,3	0,65
	afflussi	100,9	94,2	103,0	87,5	114,6	34,2	48,6	55,2	95,1	102,7	140,2	159,4	1135,6	36,0	
BURANO a Foci	deflussi	103,5	84,5	109,8	70,3	76,9	22,5	15,0	12,4	12,3	24,4	62,0	120,0	713,6	22,6	0,58
	afflussi	109,0	97,1	111,3	97,8	124,0	45,5	36,7	56,0	123,1	114,7	143,8	172,6	1231,5	39,1	
BOSSO a Cagli	deflussi	107,1	92,8	119,4	68,1	75,9	19,4	11,0	11,2	13,3	31,2	74,0	130,1	753,5	23,9	0,61
	afflussi	103,0	96,2	106,3	100,0	116,7	42,0	35,9	52,5	115,6	113,4	151,9	191,0	1224,5	38,8	
CANDIGLIANO ad Acqualagna	deflussi	109,5	75,8	99,7	76,6	73,0	17,6	11,0	10,6	12,9	28,1	67,6	139,9	722,3	22,9	0,61
	afflussi	104,7	83,3	92,8	95,7	114,8	40,4	52,4	62,5	104,9	100,7	143,1	192,7	1188,0	37,6	
METAURO a Calmazzo	deflussi	97,6	72,8	89,9	66,0	53,8	10,3	3,6	4,4	6,7	24,7	44,9	118,7	593,4	18,8	0,56
	afflussi	87,8	70,2	89,9	82,0	105,0	31,9	33,6	53,7	104,4	107,3	118,0	171,9	1055,7	33,5	
METAURO a Barco Bellaguardia	deflussi	103,2	92,0	108,7	67,3	66,8	14,0	8,1	7,5	10,5	27,2	58,9	118,2	682,4	21,6	0,61
	afflussi	94,8	89,3	99,8	87,7	10,6	34,4	39,0	51,5	106,4	108,2	132,8	163,5	1117,0	35,5	

aprile e maggio, se non le venute sotterranee, per lo meno lo stato di saturazione delle rocce impregnabili permette deflussi ancora sensibili. Nei mesi estivi (giugno-agosto) l'avvenuto esaurimento delle riserve sotterranee e la bassa piovosità riducono enormemente e rapidamente i deflussi, i quali si mantengono minimi anche in settembre malgrado il notevole aumento delle precipitazioni; quest'ultimo fatto è probabilmente dovuto sia alla sottrazione di acqua da parte delle rocce porose sia all'evaporazione ancora cospicua. Solo in ottobre i deflussi aumentano nuovamente per raggiungere i massimi a dicembre.

Il regime dei corsi d'acqua è perciò tipicamente torrentizio e pluviale con buone portate per 7 mesi all'anno ( da novembre a maggio) e con portate minime per 5 ( da giugno a ottobre). La capacità di immagazzinamento e di cessione delle acque sotterranee modera un po' il tipico regime pluviale. Lo scarso effetto però di questo elemento regolatore e la mancanza di estesi gruppi montuosi elevati, che potrebbero permettere una più cospicua condensazione dell'umidità atmosferica e, con il più notevole e persistente manto nivale, una più prolungata alimentazione delle falde idriche sotterranee, fanno scendere a valori bassissimi le portate estive. Nei corsi d'acqua marchigiani a S del Metauro invece l'emergere di massicci mesozoici permeabili assai più cospicui ed elevati consente portate di magra estiva più alte. Per la condizioni di permeabilità del bacino rimando a pag. 210.

Qualche differenza di dettaglio ma interessante si osserva fra le singole aste fluviali. Così i deflussi relativi a S. Angelo in Vado sono notevolmente superiori a quelli di Calmazzo; data la piccola differenza degli afflussi se ne deve forse cercare la ragione in più cospicue perdite per evaporazione o per assorbimento dei terreni nel tratto S. Angelo in Vado-Calmazzo. Le portate relativamente più alte del Candigliano ad Acqualagna rispetto al Metauro a Calmazzo devono forse imputarsi all'effetto regolatore dei massicci mesozoici ampiamente permeabili.

TABELLA 3

Stazione di misura	Superfici e di dominio in kmq (1)	Periodo d'osserv. (2)	Portate medie giornaliere in mc/sec.													Portate giornal. in mc/sec		Port.al colmo di piena in mc/sec (18)	Deflussi e afflussi in mm.		Coeff. di deflusso (21)
			Anno (3)	G (4)	F (5)	M (6)	A (7)	M (8)	G (9)	L (10)	A (11)	S (12)	O (13)	N (14)	D (15)	min (16)	max (17)		(19)	(20)	
METAURO a S.Angelo in Vado	137,90	1926-28 e 31	3,62	4,79	6,15	7,09	4,72	4,78	0,76	0,23	0,21	0,55	3,00	5,04	6,27	0,03	84,30	1579,00	820,9	1210,3	0,68
BISCUVIO a Piobbico	101,34	1926-29 e 31	2,54	4,68	4,02	4,90	2,88	2,88	0,38	0,37	0,25	0,32	1,04	3,20	5,75	0,03	47,50	975,00	792,5	1114,3	0,71
CANDIGLIANO a Piobbico	186,20	1926-35	4,50	6,51	7,92	8,68	4,88	4,46	1,24	0,76	0,47	0,63	2,41	6,30	9,94	0,02	84,60	188,00	764,0	1175,0	0,66
BURANO a Foci	125,93	1924-31	2,88	4,44	4,66	5,58	4,04	3,29	1,10	0,75	0,59	0,65	1,24	3,03	5,28	0,21	41,10	80,00	722,0	1232,0	0,58
BOSSO a Cagli	126,32	1925-34	3,20	4,32	5,66	6,10	3,34	3,42	1,15	0,70	0,53	0,71	1,62	4,53	6,50	0,19	112,00	299,00	802,0	1264,0	0,63
CANDIGLIANO ad Acqualagna	616,57	1924-30 1932-33	14,90	21,40	23,20	28,60	18,50	14,70	5,46	3,11	2,24	3,27	7,28	18,30	32,50	0,59	281,00	563,00	760,0	1215,0	0,62
METAURO a Calmazzo	374,15	1926-30 1932-38	6,93	11,70	12,50	13,20	8,12	6,07	1,99	0,76	0,49	1,21	3,33	7,56	16,40	0,03	143,00	386,00	585,0	1108,0	0,53

METAURO a Barco Bellaguardia	1044,5	1926-40	23,40	35,30	44,50	40,00	26,40	24,60	9,83	4,16	2,62	4,33	14,20	28,00	48,20	0,28	594,00	1230,00	707,0	1187,0	0,60
------------------------------------	--------	---------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------	-------	-------	-------	------	--------	---------	-------	--------	------

L'importanza dei deflussi del Candigliano su quelli del Metauro sono facilmente rilevabili dalla stazione di Barco di Bellaguardia.

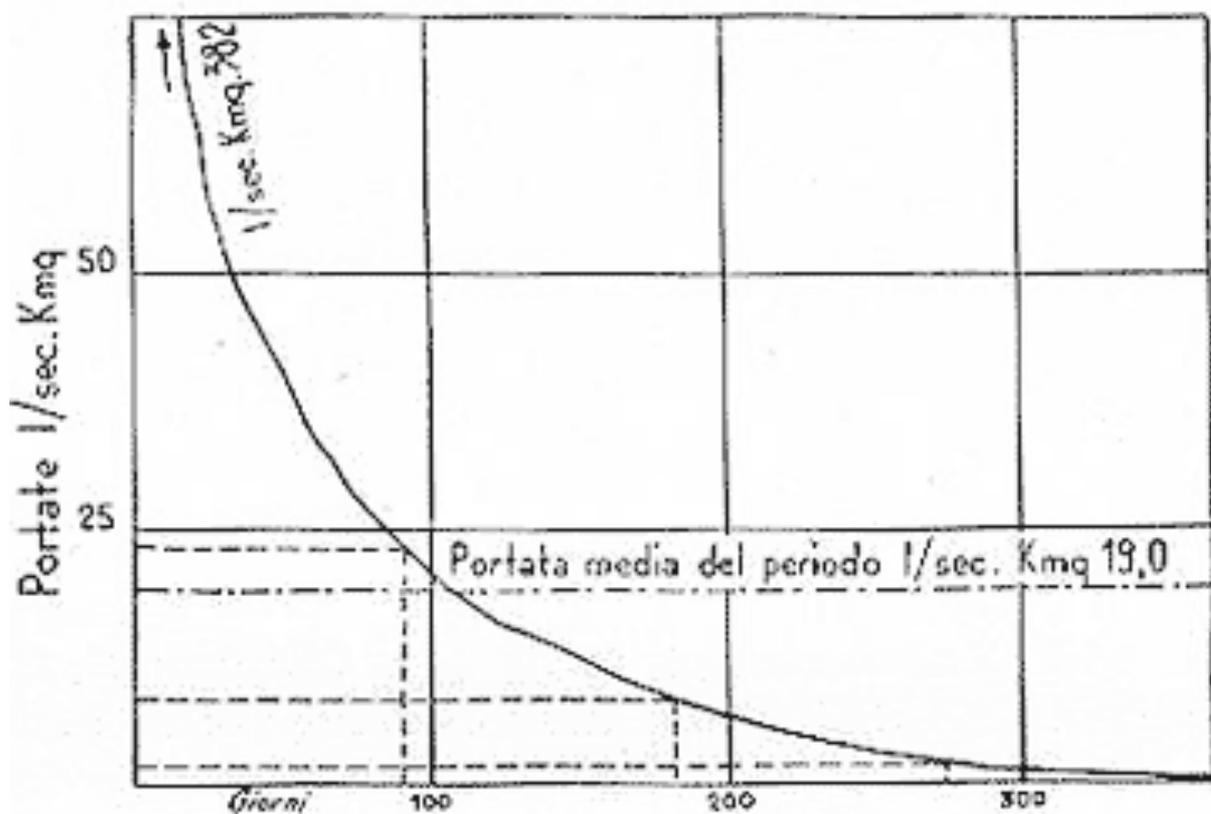
Nella Tab. 3 ho raccolto i valori medi giornalieri assoluti in mc/sec per le stesse stazioni fino a tutto il 1940. Appare così chiaro il contributo delle singole parti al deflusso totale del bacino e in particolare quello rilevante del Candigliano. Per tre mesi all'anno (aprile, maggio e novembre) le portate corrispondono all'incirca alla media annua, per 4 mesi (dicembre-marzo) sono superiori, per 5 (giugno-ottobre) inferiori. Ma questo andamento delle portate risulta ancor più sfavorevole se si tien presente che in agosto (il mese con deflussi più bassi) a S. Angelo in Vado la portata è solo del 5,7% del mese medio, a Piobbico-Biscuvio e Piobbico-Candigliano del 10% circa, a Foci del 20,5% a Cagli del 16,6% ad Acqualagna del 15%, a Calmazzo del 7%, a Barco dell'11,2%. Anche da questi valori è evidente l'effetto regolatore dei massicci mesozoici sui corsi d'acqua che li intersecano (Candigliano, Bosso e Burano). La fortissima escursione annua delle portate giornaliere risalta dal confronto delle colonne 16 e 17 della tab. 4 e le portate talora colossali di piena, insieme al loro rapido smaltimento, dalla colonna 18.

Ma oltre questi dati medi ed estremi è particolarmente importante per l'utilizzazione delle acque correnti superficiali, conoscere la curva di durata delle portate; cioè indicando sulle ordinate le portate in l/sec/mq e sulle ascisse i giorni, indipendentemente dal loro ordine naturale ma solo in funzione delle portate via via decrescenti.

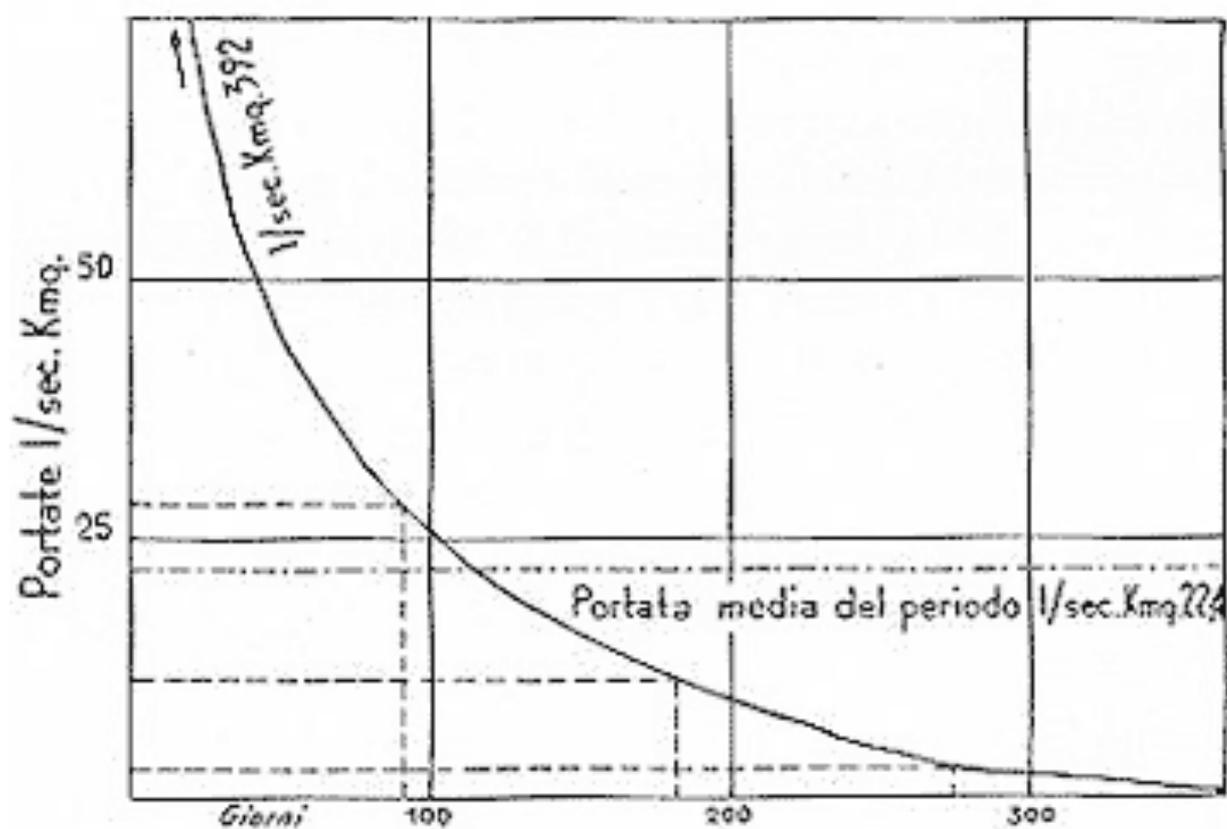
Riporto solo delle curve di durata del Metauro a Calmazzo e a Barco di Bellaguardia per gli anni 1926-37 (fig. 2) che sono sufficientemente indicative, specialmente la seconda che si può considerare come rappresentativa delle condizioni medie del bacino, anche per le altre sezioni.

Mancano dati circa i deflussi alla foce del Metauro, che, oltre a non essere facilmente misurabili, avrebbero scarso interesse essendovi la sottrazione di gran parte delle acque di magra da parte del Vallato del Porto per la centrale idroelettrica della Liscia. Sono però valutabili a poco di più di quelli della stazione di Barco di Bellaguardia.

I coefficienti di deflusso annuali, pur essendo piuttosto bassi, rientrano nei valori normali dei corsi d'acqua appenninici. credo inutile intrattenermi su di essi in quanto, essendo in funzione degli elementi più sopra esaminati, non farei che ripetermi. Riporto tuttavia nella tab. 4 i coefficienti di deflusso



Metauro a Calmazzo nel periodo 1926-30 e 1932-37



Metauro a Barco di Bellaguardia nel periodo 1926-37

mensili per Calmazzo (medie 1926-30 e 1932-37) e Barco di Bellaguardia (medie 1926-37).

Come si vede anche qui risultano valori molto bassi per il cinque mesi dell'anno (giugno-ottobre); essi dipendono dalla forte evaporazione e dalla

TABELLA 4

	Anno	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
METAURO a Calmazzo	0,53	0,91	0,94	1,00	0,63	0,47	0,22	0,11	0,07	0,09	0,19	0,47	0,77
METAURO a Barco	0,60	0,94	1,02	1,10	0,70	0,56	0,31	0,20	0,13	0,11	0,24	0,53	0,80

sottrazione ad opera della vegetazione, del terreno agrario e delle rocce argillose. L'assorbimento da parte dei terreni permeabili deve avere minore importanza perchè i coefficienti di deflusso più bassi si verificano proprio per Calmazzo, il cui bacino di dominio ha minore permeabilità per assenza o quasi di rilievi mesozoici. I valori molto elevati e spesso anormali dei primi tre mesi dell'anno (gennaio-marzo) sono, come si è detto, dovuti agli apporti sotterranei.

Misure di velocità vengono compiute periodicamente dal Servizio Idrografico; essendo però limitate alle stazioni di misura più volte ricordate non hanno grande interesse per quanto si riferisce alla capacità di trasporto e al potere erosivo dei corsi d'acqua. Per i valori rimando agli Annali Idrologici (10).

Dal punto di vista pratico sarebbe molto importante conoscere la quantità di materiali trasportati dal Metauro, ma ci mancano misure dirette nel nostro bacino; però a Montecchio, sul contiguo Foglia, funziona dal 1937 una stazione torbiometrica, le cui misure possono darci un orientamento circa le portate torbide del Metauro. Riporto qui sotto nella tab. 5 i valori di questa stazione per il periodo 1937-42 (1).

Naturalmente essi hanno semplicemente valore di orientamento. Affiorando però ampiamente nel bacino del Metauro (per circa l'82% della sua superficie) le stesse formazioni facilmente erodibili di quello del Foglia

(1) Il trasporto torbido è in funzione di vari fattori; infatti esso non dipende semplicemente dalla portata liquida, ma soprattutto dalla distribuzione e dalle variazioni improvvise della portata. Inoltre hanno notevole importanza gli afflussi dopo un periodo più o meno prolungato di siccità. Dato il regime del Foglia e del Metauro si può così comprendere la notevole entità del loro trasporto torbido.

(formazione marnoso-arenacee e Neogene esterno) è lecito prendere questi valori come base per una valutazione nel nostro bacino. Tenendo quindi conto del trasporto unitario per kmq (a Montecchio, 1937-42; 2330 kg/kmq) si può valutare a 2.600.000 tonn. circa (cioè all'incirca 1.100.000 km<sup>3</sup>) il materiale in sospensione portato a mare annualmente dal Metauro.

TABELLA 5

	Anno	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Torbidità specifica media in kg/mc	5,27	2,10	5,48	2,25	3,46	9,16	7,88	6,23	2,44	24,20	7,62	5,06	4,46
Portata torbida media in kg/sec	44,70	24,00	108,00	26,80	30,10	114,00	41,20	8,07	1,30	41,00	28,30	52,00	65,90
Deflusso torbido in 10 <sup>3</sup> tonn.	1410,00	62,30	261,00	71,80	78,00	305,00	107,00	21,60	3,50	106,00	75,80	135,00	177,00
Deflusso torbido unitario medio in tonn/kmq	2330,00	107,00	433,00	119,00	129,00	506,00	177,00	35,80	5,80	176,00	126,00	224,00	293,00
Deflusso in mc/sec	8,50	11,40	20,50	11,90	8,71	12,50	5,23	1,30	0,53	1,76	3,72	10,30	15,00

L'idea della notevole entità del trasporto si può avere anche dal rapido interrimento del bacino artificiale del Furlo, Questo infatti nel 1992, all'inizio del funzionamento, aveva un invaso di circa 2.000.000 di mc, nel 1941 solo 1.165.000 mc. Cioè in 19 anni è riuscito a trattenere circa 835.000 mc di materiale pari circa a 1.500.000 tonn.

Per conoscere la completa capacità di trasporto del Metauro occorre tener conto anche del materiale grossolano portato essenzialmente per rotolamento. Non è possibile avere qui neppure un ordine di grandezza; però un'idea la possono dare le notevoli alluvioni ghiaiose del Metauro distese lungo la spiaggia dal porto di Fano fino oltre Torrette e l'ampiezza e il rapido protendimento della concoide metaurense, la maggiore fra quelle dei fiumi marchigiani. Per maggiori dettagli e per lo studio dell'antagonismo fra la corrente fluviale e il mare rimanendo ad altre pubblicazioni (40).

#### **4. Profilo e andamento dei corsi d'acqua.**

Nella Tav. XII riporto i profili longitudinali del Metauro e dei suoi principali affluenti di lunghezza superiore ai 10 km (1). Questi profili sono stati costruiti con i dati della carta tipografica al 25.000 dell'IGM (oltre a qualche altra fonte), con la maggiore esattezza possibile, seguendo gli alvei anche nelle loro arse minori. Purtroppo la mancanza di livellazioni ha impedito che le ricostruzioni avessero quella necessaria esattezza (2); tuttavia anche la Tav. XII permette osservazioni interessanti (3).

Il Metauro dalla foce al km 39,5 circa presenta tre tratti (fra la foce e il km 7, fra i km 12 e 19, fra i km 29,3 e 39,5) con pendenza costante del 2,56% e tali da essere quindi paralleli fra loro. Fra questi si intercalano altri due tratti dove la pendenza da prima assai debole aumenta poi rapidamente nella porzione a monte. E' interessante la corrispondenza di queste due inflessioni con le pieghe di S. Costanza, Cuccurano e Bargni. Una nuova e analoga inflessione negativa del profilo si osserva tra i km 39,5 e 44,2 (immediatamente a monte del rilievo della Cesana) dove la pendenza media diventa del 5,66%. Dal km 51,8 al km 60,6 il profilo ha cambiamenti di pendenza in relazione alle pieghe di S. Maria in Ripuglia, M. Spadaro-Furlo, Urbino-M. Polo. Più a monte non si osservano anomalie degne di rilievo.

Anche il Candigliano ha un profilo interessante. Esso infatti mostra tre netti gradini (fra i km 46 e 49,4, fra 63 e 73, fra 81 e 87) di importanza decrescente e corrispondente ai rilievi del Furlo e di Abbadia di Naro e Montiego e al prolungamento verso NW del Nerone. Nei profili del Burano (fra i km 63,6 e 67,6) e del Bosso (fra i km 65 e 75 circa) si nota pure una brusca e forte rottura del profilo in corrispondenza dell'incisione del grande rilievo Nerone-Catria, dove la pendenza aumenta fortemente fino al 19,3%.

Del tutto particolare è il profilo del Tarugo; infatti dal suo sbocco nel Metauro fino al km 40 circa esso è regolare, a monte ha un tratto a minor pendenza media, cui fa da soglia il rilievo del Furlo, infine si fa rapidissimo improvvisamente alla testata. Hanno invece ormai raggiunto il profilo di equilibrio il Rio Puto e il Rio Maggiore.

Si può concludere che il Metauro e buona parte dei suoi affluenti principali non hanno raggiunto ancora il loro profilo di equilibrio definitivo. Infatti gli alvei mostrano aumenti di pendenza, e quindi processi erosivi ancora in atto, in corrispondenza dei rilievi mesozoici e dei principali assi strutturali nel Neogene e immediatamente più a monte tratti a pendenza più dolce, cui fanno da soglia i rilievi mesozoici stessi. Si può anche osservare che, quando il corso d'acqua incide le strutture nella loro parte centrale, l'alveo ha una pendenza forte (Candigliano al Furlo, Bosso e Burano ai lati del Petrano, ecc.), quando invece le solca ai margini (Metauro alla Cesana, Biscuvio e Candigliano al Nerone) l'aumento di pendenza è minimo o nullo. Questi fatti non sono interpretabili solo con i normali processi erosivi; ma occorre invocare anche una accentuazione delle strutture durante il Quaternario recente che ha alterato i profili in precedenza regolarizzati. Tali movimenti sono anche comprovati

(1) Eccetto il Fosso Screbia (che confluisce nel Burano fra Cagli e Smirra) per il quale mi mancano i necessari elementi altimetrici.

(2) Una livellazione particolareggiata dell'alveo, oltre a meglio precisare i fatti e le conclusioni esposti, avrebbe una notevole importanza pratica per la sistemazione e l'utilizzazione idrica del bacino metaurense.

(3) Per facilità di esposizione mi riferirò sempre, anche per gli affluenti alle distanze progressive dalla foce del Metauro.

dalla divergenza di alcuni terrazzi fra Urbania e Fossombrone (189) ed altri fatti (1).

Già uno sguardo alla carta topografica mette chiaramente in evidenza che vi sono due orientamenti fondamentali dei corsi d'acqua, uno NW-SE e uno SW-NE; il primo parallelo e il secondo normale agli orientamenti tettonici e alla costa adriatica. Gli andamenti NW-SE corrispondono a sinclinali o a più facili erodibilità delle rocce, quelli SW-NE invece tagliano perpendicolarmente le strutture; i primi sono conseguenti o susseguenti, i secondi per lo più antecedenti.

Fra gli orientamenti NW-SE corrispondono a sinclinali ad es. il Metauro fra i Campi Resi e moltissimi influenti minori; sono connessi invece alla più facile erodibilità dei terreni terziari il Fiumicello, il Fosso dell'Eremo ecc. Alcuni corsi d'acqua che si trovano in questa ultima condizione sono rimasti spesso, per l'approfondimento del letto, incassati nelle rocce mesozoiche sottostanti più dure (ad es. Fosso di Valmena, Bosso fra Secchiano e Cagli ecc.). Fattori strutturali e litologici insieme influiscono sul prevalente orientamento NW-SE dei corsi d'acqua che solcano la formazione *marnoso-arenacea* umbra fra il Biscuvio e il Burano.

Gli andamenti SW-NE sono invece per lo più indipendenti dai fattori tettonici più cospicui e da quelli litologici e sono interpretabili in gran parte come antecedenti. Cioè sono stati resi possibili dalla lentezza del sollevamento, la quale ha consentito la progressiva e profondissima incisione delle pieghe mesozoiche con tipiche gole (Furlo, Foci del Burano, Foci del Bosso, Gorgo a Cerbara, ecc.). Il basso corso del Metauro da Fossombrone al mare è invece conseguente, essendosi instaurato dopo il Pliocene medio seguendo la dolce pendenza naturale della regione che emergeva lentamente per regressione; solo in seguito, per l'approfondirsi del letto, ha inciso le strutture neogeniche sottostanti.

(1) Lo studio accurato del profilo dei corsi d'acqua ha anche importanza geologica per il riconoscimento di eventuali strutture neogeniche sepolte, le quali anche durante il Quaternario hanno subito deboli accentuazioni che possono aver alterato le superfici preesistenti.

## 5. Erosione e sedimentazione valliva.

Completo in questo paragrafo le osservazioni fatte nel precedente.

L'erosione regressiva dei rilievi mesozoici, di cui si è detto, è diversamente avanzata. Infatti il Metauro alla Cesana ha già regolarizzato il suo profilo e portato più a monte il suo attacco, il Candigliano al Furlo erode solo nella parte più a monte del rilievo (1) e infine il Bosso e il Burano hanno appena iniziato il nuovo assolvimento ai lati del Petrano. Altri tratti di intensa erosione sono le testate dei vari corsi d'acqua, dai maggiori ai minori, le quali tutte presentano i caratteri dei tipici bacini di raccolta torrentizi. Fra questi tratti ad intensa erosione sulla roccia viva, ve ne sono altri dove o vi è deposito o, per il lento abbassarsi delle varie soglie locali, approfondimento entro alluvioni preesistenti.

In passato i corsi d'acqua metaurensi regolarizzarono talora ampie porzioni dei loro profili o per l'erosione regressiva o per sovralluvionamento a monte dei rilievi sollevati. Il secondo fenomeno determinò anche numerose divagazione meandriche (ad es. nel Metauro a monte della Cesana fra Calmazzo e Canevaccio e a monte dell'anticlinale Urbino-M. Polo, nel Candigliano a monte di Acqualagna e di Piobbico, ecc.). L'approfondimento in atto delle soglie mesozoiche provoca anche l'imprigionamento entro le alluvioni delle anse meandriche. Meandri incastrati si osservano anche in corrispondenza di alcuni rilievi mesozoici (Biscuvio al Nerone, Candigliano al Montiego, Bosso fra Nerone e Petrano, Metauro a valle di Fossombrone, ecc.); questi sono più antichi ma dovuti alle stesse cause dei precedenti.

Dato il diverso orientamento dei corsi d'acqua rispetto alle strutture e la diversa erodibilità delle rocce, diversa è anche la velocità dell'erosione; maggiore nei tratti NW-SE, minore in quelli SW-NE. Inoltre nelle valli principali le molte soglie locali danno disformità al profilo e ai processi erosivi; invece in quelle secondarie, normalmente orientate NW-SE e in rocce più tenere, il profilo è più regolare e determinato più dall'erosione regressiva che dai lenti approfondimenti del collettore principale.

(1) In realtà tale erosione è attualmente impedita dallo sbarramento artificiale del Furlo.

Vario è anche il profilo trasversale delle valli. Quelle principali sono ampie e alluvionate nei tratti NW-SE o in quelli SW-NE fra i rilievi mesozoici, per la facile erodibilità delle rocce terziarie in sinclinali e per il prevalere a lungo delle erosioni laterali. Sono invece strette e a tipica forra in corrispondenza dei rilievi mesozoici, per la maggior resistenza delle rocce e per il prevalere dell'erosione verticale.

La capacità di trasporto del Metauro e dei suoi affluenti è molto notevole (pag.197), ma mentre il materiale più fino (trasporto torbido) viene quasi tutto portato a mare, quello grossolano invece viene in buona parte abbandonato lungo il basso corso. Le alluvioni attuali perciò come pure quelle più antiche, sono essenzialmente ciottoloso-sabbiose. A parte che la maggior parte degli alvei sono occupati più o meno da materiali in continuo trasporto, vere e proprie alluvioni attuali di una certa entità cominciano per il Metauro solo poco a valle di Canevaccio e per il Candegliano dopo lo sbocco della gola del Furlo. E' però solo a valle di Fossombrone che le alluvioni assumono una notevole ampiezza via via crescente fino al mare; il loro spessore sale dopo Calcinelli e soprattutto fra Cuccurano e la foce.

Ma dal punto di vista pratico sono molto più importanti le alluvioni antiche terrazzate; esse pure essenzialmente ciottoloso-sabbiose e in minor parte argillose. I processi di alterazione talora presenti aumentano con l'età e quelli di cementazione dipendono dalle falde idriche sotterranee, Hanno particolarmente interesse per ampiezza, continuità e spessore le alluvioni dei terrazzi del III livello (pag. 207); le quali accompagnano pressochè costantemente, salvo che nelle gole, il Metauro e i suoi principali affluenti, da dove l'alveo attuale raggiunge i 500-450 m di quota fino al mare; esse però hanno un netto sviluppo da Mercatello, D. Vincenzo in Candigliano, Cagli e Isola di Fano fino al mare. A monte di Urbania e del Furlo sono quasi sempre pensili, più a valle invece (eccetto che nell'attraversamento dell'anticlinale Urbino-M. Polo, in qualche tratto del basso Candigliano e fra Calmazzo e Calcinelli, dove sono nuovamente pensili) non sono state incise completamente dal letto attuale, per cui quelle del terrazzo del IV livello e quelle attuali sono alloggiate in solchi scavati entro queste del III livello. Ne deriva così che fra Calcinelli e il mare le alluvioni del III e IV livello e quelle attuali costituiscono un unico riempimento vallivo che si slarga e s'ispessisce verso il mare, raggiungendo a Cuccurano i 10 m circa di spessore e presso Fano i 35-36 m. Le alluvioni più antiche di quelle esaminate hanno importanza solo fra Tavernelle e Ponte Murello in sinistra del Metauro.

Solo di sfuggita, data la loro rarità e piccolezza, si può accennare all'esistenza di coni di deiezione, che nel nostro bacino hanno carattere misto detritico-alluvionale. Essi si trovano localizzati sui fianchi dei rilievi mesozoici allo sbocco o talora lungo i minori corsi d'acqua ad orientamento SW-NE; così ad esempio sui fianchi del Paganuccio, Pietralata, Cesana, Nerone, M. Acuto, Catria.

## **6. Evoluzione della rete idrografica.**

Le nostre conoscenze attuali non permettono ancora di risolvere completamente ed esaurientemente questo problema, ci consentono però di stabilire alcuni punti fermi per ulteriori ricerche. Ma prima di trattare l'argomento occorre esaminare brevemente alcune questioni connesse con le fasi erosive anteriori a quella attuale (1).

a) *Età e origine delle gole.* Solo la storia geologica della regione ci può dar ragione di quelle caratteristiche gole attraverso i massicci mesozoici del bacino del Metauro e degli altri fiumi marchigiani. Si è e già detto che esse debbono essere in buona parte antecedenti (pag. 202), perchè altrimenti non si potrebbe spiegare come ad esempio il Candigliano incida per più di 840 m il Paganuccio-Pietralata, quando un solco di poco superiore ai 200 m, e per di più in rocce facilmente erodibili, gli sarebbe stato sufficiente per aprirsi la strada verso Fermignano. Ma altri fattori convalidano la notevole antichità di queste gole.

Infatti a cavallo dell'Esino a pochissimi chilometri a valle dello sbocco della gola della Rossa, e più precisamente fra Rosora, Poggio S/ Marcello, Monte Roberto e Poggio Cupro, la serie molassica del Pliocene inf. raggiunge un notevole spessore (oltre 250 m), mentre a NW e a SE si riduce rapidamente a poche decine di metri passando lateralmente ad argille. Questo notevole

(1) Della formazione dei corsi d'acqua adriatici già si occuparono molti AA. e in particolare ROVERETO (1965), MARINELLI (2002) e recentemente GIANNINI e PEDRESCHI (2011). Le varie ipotesi proposte però sono basate spesso solo su presupposti teorici, anzichè sulla storia geologica della regione marchigiana.

ispessimento può essere solo in relazione col delta di un paleo-Esino eopliocenico, che percorreva, come l'attuale, la gola della Rossa (allora naturalmente assai meno profonda) e quindi sfociava in mare (1). Del resto si è già detto (pag. 70) che l'incisione dei rilievi mesozoici, forse cominciata fin dal

Tortoniano, era già avanzata alla fine del Messiniano. Si può così dire che le gole delle Marche settentrionali si abbozzarono forse fin dal Tortoniano, ad opera dei primi torrenti conseguenti che si instaurarono sui fianchi dei rilievi mesozoici emergenti dal mare; inoltre già nel Pliocene inferiore erano ben delineate almeno quelle che incidono oggi i rilievi mesozoici esterni della catena (217) (2).

Resta a vedere quali elementi possono avere determinato la posizione delle gole. Per alcune hanno avuto importanza le ondulazioni assiali delle acque presso le terminazioni delle pieghe e il successivo imprigionamento dei corsi nelle rocce più resistenti sottostanti (Biscuvio al Nerone, Metauro a Fossombrone), per altri ancora faglie o Blatter trasversali (Esino alla Rossa). Per molte gole però solo più accurate ricerche potranno stabilire i fattori predeterminanti, che nella maggioranza dei casi sono essenzialmente tettonici.

b) *Catture fluviali*. E' molto probabile che la porzione di bacino monte del rilievo Nerone-Catria e a SE del Biscuvio sia stata catturata al versante umbro dal Burano-Bosso. Si può infatti supporre che tutta questa parte di bacino avesse, durante il Quaternario antico il suo deflusso naturale nel lago pleistocenico di Gualdo Tadino mediante corsi d'acqua ad orientamento

(1) Anche tutte le altre osservazioni geologiche nella regione, che qui credo inutile richiamare (v. Parte I), confermano questa interpretazione.

(2) Chiarisco meglio il mio concetto. Nel Tortoniano, come ho detto, cominciarono ad emergere dal mare i rilievi mesozoici della catena marchigiana (pag. 70). Sui fianchi di essi si instaurarono i primi brevi torrenti conseguenti sfocianti parte direttamente nell'Adriatico (che allora occupava anche tutta l'avanfossa marchigiana), parte nei bacini mediani della catena, parte nella fossa umbra. Alla fine del Miocene, essendo emersa la catena marchigiana e la fossa umbra, si formarono le prime modeste gole attraverso i rilievi mesozoici esterni della catena, utilizzando alcuni tronchi dei primi torrenti conseguenti. Il grande approfondimento di queste avvenne solo in seguito per il prevalere dell'attività erosiva sul progressivo e cospicuo sollevamento della catena. In altri termini le gole marchigiane furono predeterminate dai brevi corsi d'acqua conseguenti durante il Tortoniano-Messiniano, sono però antecedenti rispetto alla morfologia determinatesi in seguito alle fasi di maggior sollevamento della catena. Per ulteriori chiarimenti v. pag. 208 e Tav. IV.

NW- SE che furono poi progressivamente decapitati da Sentino, Burano e Bosso (1). A motivo e sostegno di una tale interpretazione si possono portare vari argomenti.

E' anzitutto notevole che fra le testate del Biscuvio e del Sentino lo spartiacque attuale fra i bacini adriatici e tirrenici non segue la linea di maggiori culminazioni orografiche, che passa invece 10-12 km a NE lungo il rilievo Nerone-Catria. A NW invece di Bocca Serriola (testata del Biscuvio) e a SE di Scheggia asse orografico e displuviale coincidono. Cioè Bosso, Burano e Sentino attraversano poggi massicci più elevati (Nerone-Catria, superiori ai 1000 m) dello spartiacque da cui prendono origine, che si mantiene sugli

(1) Già PRINCIPI (136 pag. 51) aveva accennato genericamente alla possibilità di catture da parte di questi fiumi.

800 m. Si può quindi supporre che nel Quaternario antico lo spartiacque fra Tirreno e Adriatico passasse per il Nerone-Catria.

D'altra parte l'attuale displuviale fra Metauro e Tevere durante il Pliocene, pur delimitando altri bacini, so continuava forse verso S fin presso Branca (fra

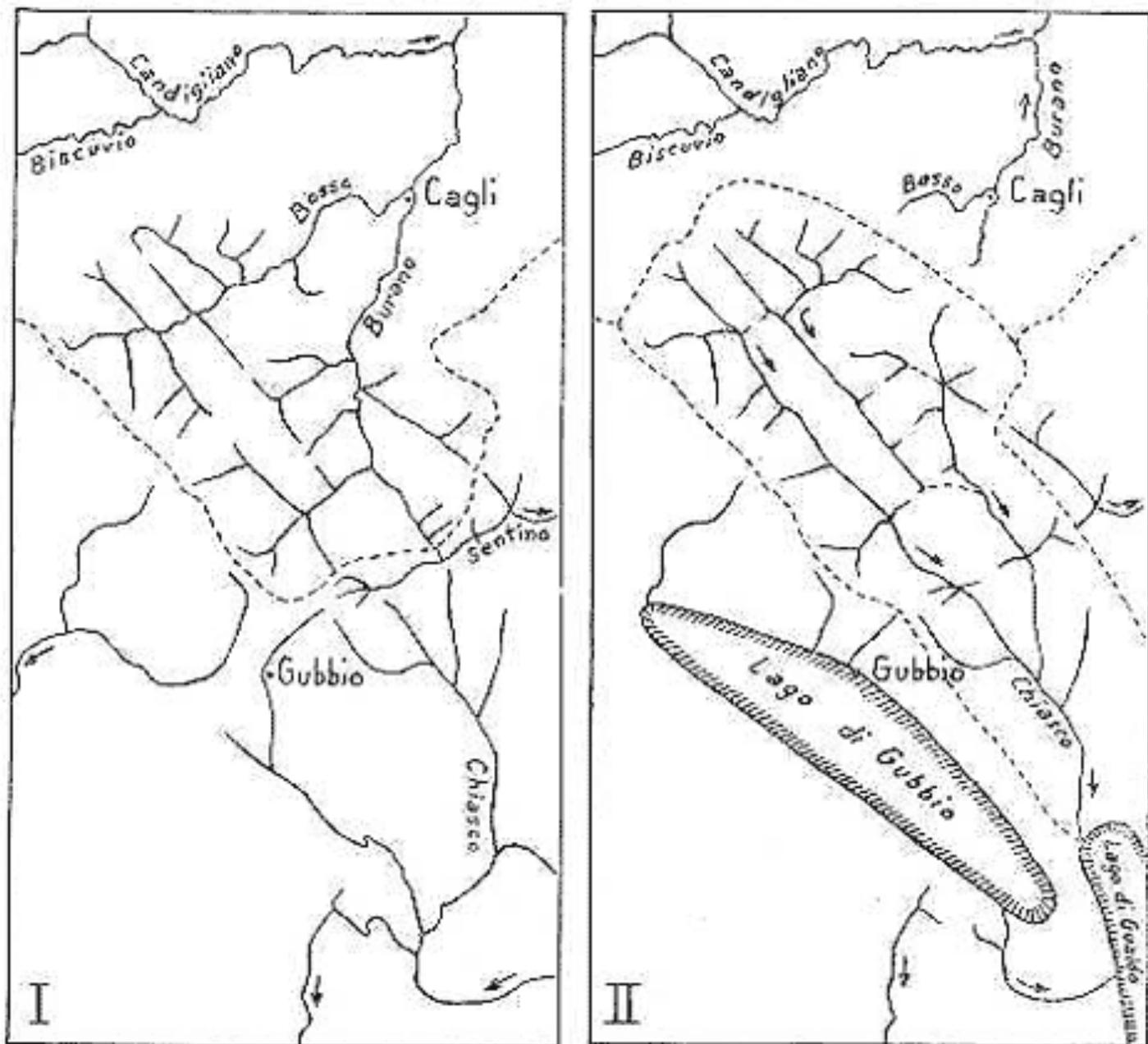


fig. 3

Gubbio e Fossato di Vico). Importante è poi notare che fra Biscuvio e Sentino a monte del Nerone-Catria i sub-affluenti hanno un prevalente orientamento NW-SE e confluiscono con un brusco gomito ad angolo retto nei collettori principali (Fosso Molinaccio, alto corso del Certano, Fiumicello, alto corso del Burano e del Balbano, ecc.). Gli stessi andamenti idrografici si ritrovano più a S nell'alto bacino del Chiascio.

Si può così concludere che la porzione del bacino del Metauro a monte del rilievo Nerone-Catria durante il Quaternario antico scaricava le sue acque, forse attraverso il passo di Scheggia, nell'alto Chiascio e di qui attraverso il lago (poi colmato) di Gualdo Tadino nel fiume Topino (1). Per non dilungarmi tralascio alcune piccole catture osservabili ai margini del bacino del Metauro (N di Borgo Pace, dintorni di Frontone) o entro il bacino stesso fra i minori affluenti.

c) *Terrazzi fluviali*. L'esistenza di accurati ed esaurienti lavori (100, 189) sui terrazzi fluviali delle Marche mi esime da una dettagliata descrizione. Qui dirò solo che nel Metauro (e in tutte le vallate marchigiane) sono riconoscibili quattro ordini di terrazzi, le cui superfici segnano le ultime quattro stasi più importanti dell'approfondimento vallivo. Il I° e più antico livello ha sul fondovalle attuale le seguenti altezze: 110 m (presso Peglio di Urbania), 150 m (presso Fermignano), 110 m (presso Ponte degli Alberi), 140 m (più a valle), 60 m (presso Fano); il II livello 80 m (presso Mercatello), 110 m (presso Fermignano), 50 m (Ponte Murello); il III livello da monte di Mercatello dove si eleva di 30 metri sul fondo valle si abbassa a circa 10 m presso la foce del Metauro; il IV infine accompagna a un'altezza di circa 5 m il letto attuale. I primi due terrazzi mostrano così interessanti divergenze rispetto al fondo valle. Nei principali affluenti solo i due ultimi livelli sono praticamente riconoscibili. Già ho brevemente accennato (pag. 203) alle alluvioni che costituiscono questi ripiani.

(1) Per la ricostruzione della rete idrografica quaternaria del bacino del Tevere vedi MERLA (115).

Le nuove conoscenze sul Quaternario marino in generale (216) e su quello marchigiano in particolare (220) obbligano a rivedere la datazione di questi terrazzi basata da LIPPARINI (100) e VILLA (189) essenzialmente sulle oscillazioni eustatiche quaternarie. Secondo questi AA. infatti il riempimento alluvionale corrispondente alla superficie del I livello sarebbe riferibile all'interglaciale Gunz-Mindel, di cui l'Emiliano sarebbe l'equivalente marino. Ma

la linea di riva emiliana è oggi nota fra le foci del Musone e del Tenna a circa 150 m s.m., mentre i terrazzi del I livello presso la costa Marchigiana dalla foce del Metauro a quella dell'Aso si trovano in media sui 50-60 m. Inoltre resti di spianamenti e depositi alluvionali sicuramente quaternari si osservano a quote maggiori del I terrazzo; così ad es., tanto per limitarci alla zona più esterna, a S. Costanzo abbiamo alluvioni a 150 m s.m. e a Ferretto a 160 m. Bisogna perciò ammettere per i terrazzi marchigiani un'età più recente di quella finora supposta. Non conosciamo ancora i movimenti di sollevamento del tardo Quaternario nella regione, i quali sarebbero indispensabili per una nuova datazione. Si può però supporre per il primo riempimento alluvionale (I livello) un'età non più antica dell'interglaciale Mindel-Riss (Milazziano); le incisioni e i riempimenti successivi saranno evidentemente ancor più recenti (1). Del resto la scarsa alterazione delle alluvioni del I livello e la freschezza di quelle sottostanti ne sono una prova indiretta.

A questo punto possiamo brevemente schematizzare l'evoluzione della rete idrografica metaurens, nelle sue varie fasi.

Prima fase. I primi torrenti conseguenti si instaurano durante Tortoniano medio-sup. sui fianchi dei rilievi mesozoici interni, emergenti in isole piatte ed

(1) I vari momenti di sollevamento delle catene sono stati i determinatori essenziali del terrazzamento fluviale vallivo del Quaternario; le oscillazioni eustatiche del livello marino, di indubbia importanza, anche se recenti ricerche e concetti ne diminuiscono il valore, non possono che aver modificato l'effetto dei primi. Se il sollevamento è stato continuo e regolare le oscillazioni eustatiche positive possono aver determinato stasi nell'approfondimento vallivo, e quindi alluvionamento, e quelle negative incisioni più rapide, e quindi ripe dei terrazzi; se il sollevamento ha subito soste o addirittura inversioni l'effetto eustatico può essere completamente annullato. Credo sia fuori luogo scendere qui a dettagli sull'interessante argomento. Noterò solo, a conferma di questa affermazione e della datazione supposta più sopra per i terrazzi marchigiani, che nel Bolognese e (come mi informa l'amico Ruggieri anche in Romagna la più elevata superficie di spianamento delle ultime colline pedemontane si è profilata sulla linea di riva della massima espansione marina del Milazziano (interglaciale Mindel-Riss); o quattro ordini di terrazzi sottostanti sono quindi evidentemente più recenti e potrebbero (anche se ne mancano per ora le prove) trovare coincidenze con le varie espansioni che oggi vengono distinte nei due ultimi glaciali (Riss I, Riss II, Wurm I, Wurm II, Wurm III). E' sempre quindi la storia plicativa della regione che sola (a meno che non soccorrano le industrie umane) ci permette di interpretare e datare i terrazzi fluviali; invece la rigida e costante corrispondenza, spesso supposta, in zone non glacializzate, fra i terrazzi fluviali e i quattro grandi glaciali non ha basi sicure e concrete.

allungate, e sulla formazione *marnoso-arenacea* umbra; i primi, brevi, avevano orientamento SW-NE, i secondi, assai più sviluppati, prevalentemente NW-SE.

Seconda fase. Il progressivo innalzamento subito dalla catena durante il Messiniano permise l'approfondimento dei solchi preesistenti e l'insediamento di nuovi corsi d'acqua NW-SE entro le sinclinali interne fra i massicci mesozoici, le

quali venivano gradualmente emergendo. Questi nuovi torrenti furono però rapidamente catturati (secondo lo schema visto più sopra) dai corsi d'acqua del fianco esterno del rilievo Furlo-S. Vicino, i quali sboccando direttamente a mare avevano un'attività erosiva più forte. Si avevano così fin dal Pliocene inf., fra i massicci mesozoici interni, vari piccoli bacini, le cui acque sfociavano, nel mare eopliocenico attraverso gole incise nel rilievo Furlo-S. Vicino; i corsi d'acqua assolcanti la formazione *marnoso-arenacea* umbra avevano sempre il loro deflusso principale verso SE nei bacini marini tosco-laziali; la porzione NW del Montiego e il Nerone-Catria segnavano lo spartiacque.

Terza fase. Il diastrofismo eo-mesopliocenico provocò un ringiovanimento della rete idrografica e la formazione di nuovi torrenti sulle strutture esterne che venivano emergendo (Bargni, Cuccurano, S. Costanzo). E' però solo durante il Pliocene medio r sup. che il bacino del Metauro aumenta notevolmente la sua estensione per il regredire del mare. Si instaura infatti il bassi Metauro che raccoglie i bacini prima indipendenti dell'alto Metauro, del Candigliano e del Tarugo e poi via via accoglie il deflusso dei minori affluenti fra Fossombrone e il mare attuale. La displuviale resta però ancora, a NW, in una posizione imprecisata nella formazione *marnoso-arenacea* e, più a S, sul Nerone-Catria.

Quarta fase. I ripetuti e cospicui sollevamenti del Quaternario determinarono un notevole e ripetuto ringiovanimento della rete idrografica. Nel Quaternario antico abbiamo la cattura della porzione di bacino A SW del Nerone-Catria, definitivamente inciso da nuove e profonde gole; nel Quaternario recente infine gli ultimi terrazzamenti ancora ben conservati.

Il bacino del Metauro ha quindi nei suoi rami principali una notevole antichità, ma complesse sono state le vicissitudini che lo hanno portato alle condizioni attuali. Naturalmente da questo schema restano fuori ancora molti particolari, che ricerche ulteriori nel nostro e nei bacini contigui potranno meglio chiarire.

## CAPITOLO II

### IDROLOGIA SOTTERRANEA

#### 1. Permeabilità delle rocce.

In precedenza (pag. 171) ho accennato alla questione da un altro punto di vista; qui è necessario riesaminarla più compiutamente per stabilire il comportamento idrologico delle varie rocce. Credo superfluo allegare anche una carta delle permeabilità, perchè dovendo limitarmi a distinguere semplicemente le formazioni, essa riuscirebbe una ripetizione di quelle geologica, alla quale quindi rimando (Tav. I). Passo qui sotto in rassegna i vari complessi stratigrafici secondo il loro ordine naturale.

a) *Calcare massiccio* (v. pag. 5). Nella facies oolitica ha una porosità sua propria, che può raggiungere il 15%, nella facies compatta si presenta molto fessurato; in entrambi i casi la permeabilità è notevole. Tali caratteri hanno però un'importanza secondaria e locale in quanto la roccia possiede una permeabilità in grande ben più notevole con una libera canalizzazione interna e con lo sviluppo di tipiche forme carsiche superficiali e profonde.

Nel *calcare massiccio* il carsismo superficiale non ha generalmente un grande sviluppo, perchè mancano nella nostra regione estesi affioramenti pianeggianti capaci di dar ricetto a doline, campi solcati, ecc.; dipendono però dalla carsicità della roccia le pareti abrupte delle gole e dei fianchi montani, le quali si sono potute formare e conservare per l'assenza o quasi di azioni dilavanti superficiali. Molto sviluppato è invece il carsismo sotterraneo, dato il grande spessore della formazione. Inoltre, avendo le acque cominciato ad agire fin dal Tortoniano, notevole deve essere il numero delle caverne e dei pozzi e in più sistemi dato il variare dei livelli di base locali. Ben poco però si conosce e cioè le grotte dei Prosciutti, della Moneta, Del Tropello e delle Nottole illustrate da PRINCIPI (141); tutte di piccola entità (1). Sulle ripidissime pareti del *massiccio* si aprono di frequente ampie cavità, ora generalmente

(1) Solo da pochi anni per l'attività del Gruppo Grotte Marchigiano è stata rilevata l'esistenza di notevoli e complessi sistemi sotterranei al M. Nerone.

asciutte, che segnano lo sbocco di antichi livelli carsici. Ultimi resti di antiche caverne sono alcuni archi naturali del M. Nerone (Passo della Madonna e Fondarca) (141). Sono infine da ricordare i riempimenti stalattitici, stalagmitici e di crollo che si osservano nelle grotte citate.

Nel *calcare massiccio* la circolazione sotterranea è molto attiva. Infatti l'altezza e la particolare posizione dei rilievi consente, oltre che una alimentazione

pluviale normalmente superiore ai 1.500 mm e talora (Catria) anche ai 2.000, una non indifferente condensazione dell'umidità atmosferica; bisogna poi anche tener conto che i complessi calcarei sovrastanti cedono al *massiccio* gran parte delle loro acque sotterranee. Alla nostra formazione sono connesse varie sorgenti carsiche; ma la maggior parte delle venute profonde è subalvea entro le gole, per cui si ha l'arricchimento diretto dei corsi d'acqua superficiali...

b) *Corniola e marmarone* (pag. 7). Queste rocce, frequentemente intersecate da diaclasi e con netti giunti di stratificazione, hanno una ottima permeabilità, per la loro compattezza mancano invece di porosità propria, hanno perciò la circolazione idrica tipica dei terreni fessurati. Nella parte inferiore della serie compaiono fenomeni di carsismo attenuato, che ha operato un modesto allargamento delle fessure preesistenti senza giungere neppure lontanamente alle notevoli canalizzazioni sotterranee viste per le rocce sottostanti; qualche accenno più cospicuo è in relazione con i sistemi di cavità carsiche del *massiccio*; ogni traccia di questi fenomeni manca invece nella parte più alta della formazione dove sono frequenti sottili intercalazioni marnose fra gli strati calcarei.

c) *Toarciano-Aaleniano* (pag. 10). Il notevole contenuto argilloso dei calcari e le abbondanti intercalazioni marnose rendono difficile e talora impossibile la circolazione idrica attraverso questa serie. Il Toarciano-Aaleniano, non avendo caratteri costanti, in certi punti ha una certa permeabilità, in altri è del tutto impermeabile; in quest'ultimo caso può rappresentare un orizzonte sorgentifero locale.

d) *Strati ad aptici* (pag. 12). Nella facies normale hanno caratteri simili ai terreni precedenti. Qui però la fittissima stratificazione e le numerosissime diaclasi offrono vie più facili e frequenti al passaggio dell'acqua; così, malgrado le molte sottili intercalazioni marnose e i molti residui di dissoluzione, resta sempre una certa permeabilità per fessurazione per quanto molto scarsa e irregolare; prova ne sia la mancanza di sorgenti apprezzabili e la presenza di semplici percolazioni di veli idrici. Quando l'orizzonte ad aptici assume un prevalente sviluppo calcareo (versante NE del Nerone, Gorgo a Cerbara) la circolazione dell'acqua è molto facile; lo stesso dicasi per i calcari bianchi mesogiurassici sottostanti.

e) *Calcare rupestre* (pag. 15). Anche questo come il *massiccio* ha una circolazione prevalentemente carsica, cui si aggiunge un'altra pure facile attraverso le diaclasi e i giunti di stratificazione (naturalmente per quella che ho chiamato facies tipica). Solo il primo tipo di circolazione è invece presente nella facies non stratificata. Ne risulta così una formazione eminentemente idrovora che, nei massicci mesozoici interni, può assorbire una grande quantità d'acqua grazie all'estensione degli affioramenti e alle ampie esposizioni in dolce pendio o pianeggianti.

La morfologia carsica superficiale è ben sviluppata con doline, inghiottitoi, pozzi, aperture beanti, ecc.; lo scolpimento di dettaglio è per lo più mascherato dalla degradazione superficiale. Normali sono le pareti subverticali, dovute al carattere conservativo del fenomeno carsico, sia nelle gole sia nei profondi solchi torrentizi. I sistemi di cavità sotterranea sono invece ridotti; infatti la marcata stratificazione dà luogo a frequenti crolli che impediscono la conservazione di cavità accessibili, che invece si possono formare nella facies non stratificata del *rupestre*. Esempi di tali grotte si hanno a Gorgo a Cerbara (pag. 76), altre, ormai sventrate dall'erosione superficiale, nel Fosso dell'Eremita (a monte di Piobbico) e altrove.

Per l'assenza di rocce impermeabili continue alla base, per le frequenti fratture e per la marcata stratificazione non si riescono a stabilire entro il *rupestre*, o per lo meno a mantenere, condotti idrici a decorso prevalente orizzontale; ma l'acqua assorbita circola verticalmente attraverso questa e le formazioni sottostanti fino a raggiungere il *calcare massiccio*. Sono così scarsissime le sorgenti o risorgenti entro o all base del *rupestre*; se ne possono invece avere di sbarramento al tetto della formazione ad opera degli strati a Fucoidi sovrastanti.

f) *Marne a Fucoidi* (pag. 18). E' questo il primo orizzonte veramente e costantemente impermeabile, l'unico della serie mesozoica, in quanto Toarciano-Aaleniano e *Strati ad Aptici* non costituiscono un serio e continuo ostacolo (salvo casi particolari) alla circolazione idrica. Anche se lo spessore può variare, l'importanza idrologica di queste marne è sempre notevole per la loro enorme continuità, salvo naturalmente in corrispondenza delle grandi faglie marginali dei rilievi mesozoici. La grande maggioranza delle sorgenti nei massicci calcarei è determinata dalle marne a Fucoidi che molto spesso provocano anche notevoli arricchimenti subalvei.

g) *Scaglia bianca e rossa* (pag. 20). In questa formazione dobbiamo distinguere la parte cretacea calcarea da quella prevalentemente eocenica calcareo-marnosa; la seconda con crescente impermeabilità verso l'alto partecipa gradualmente dei caratteri della *scaglia* cinerea sovrastante. Il calcare bianco e rosato, come viene anche designata la porzione essenzialmente mesozoica, ha una ottima permeabilità per fessurazione attraverso diaclasi; i ravvicinatissimi giunti di stratificazione offrono invece, per le sottili spalmature argilloso-marnose, una maggior difficoltà al passaggio dell'acqua. Nelle zone di pieghettamento o di frizione tettonica aumenta la permeabilità. Una porosità della roccia è sempre presente e talora supera anche il 25%, ma, per la piccolezza dei meati non ha importanza per la circolazione idrica. Per quanto i fenomeni di dissoluzione di regola si limitino a un modesto allargamento delle fessure, in certi casi sono osservabili forme cospicue di morfologia carsica (doline, inghiottitoi) (141); ma deve trattarsi perlopiù di cavità ereditate dai sistemi sottostanti.

La *scaglia* bianca e rossa, per la sua notevole potenza e per essere racchiusa fra due complessi impermeabili (marne a Fucoidi e *scaglia* cinerea) è un serbatoio idrico di notevole importanza e sempre alla base o al tetto dà luogo a sorgenti numerose. Lo strato bituminoso (pag. 161), per la sua limitata permeabilità, può determinare qualche piccola venuta sotterranea; lo stesso si può verificare in corrispondenza di intercalazioni calcareo-marnose.

h) *Scaglia cinerea* (pag. 23). Questa, insieme alla porzione di *scaglia* rossa immediatamente sottostante, costituisce un potente complesso impermeabile. L'impermeabilità è però dovuta essenzialmente al forte spessore della formazione, alla sottigliezza delle fessure e all'intasamento dei meati da parte di eventuali residui di dissoluzione, i quali tutti offrono un ostacolo insormontabile al passaggio dell'acqua. Anche le sorgenti determinate dalla *scaglia* cinerea sono numerose e analoghe a quelle provocate dalle marne a Fucoidi.

i) *Formazione marnoso-arenacea* (pag.24). Nel suo insieme, almeno rispetto alle altre formazioni, questa si può considerare impermeabile; però la varietà delle rocce che la costituiscono e il loro vario grado di cementazione determinano un comportamento idrologico complesso, che va dalla

impermeabilità più tipica, alla permeabilità più facile, talora perfino per canalizzazioni interne.

Le marne e le argille marnose più o meno arenacee, che predominano in modo assoluto nella formazione, sono tipicamente impermeabili; quando le arenarie e le molasse contengono impurità marnose (ciò è frequentissimo) o sono fortemente cementate hanno una impermeabilità acquisita; nelle arenarie più fortemente cementate e con basso tenore marnoso si può avere addirittura permeabilità per fessurazione; le sabbie sciolte o le più frequenti molasse poco coerenti sono invece permeabili per porosità. I calcari marnosi intercalati alla formazione possono dar luogo in superficie a processi carsici attenuati e a una facilissima percolazione idrica in profondità.

Per la ripetutissima alternanza di questi tipi litologici, la presenza di tutti i possibili passaggi verticali e orizzontali e l'assenza di orizzonti permeabili costanti, ben definiti e continui, la circolazione idrica è quanto mai saltuaria e irregolare; piccole, anche se abbastanza numerose, sono così le sorgenti. Solo quando i complessi arenacei sono potenti e con estesi affioramenti, si possono avere sgorghi non trascurabili; tale è appunto il caso del complesso arenaceo-molassico tortoniano di M. Vicino.

l) *Bisciaro e Schlier* (pag. 27). Il *Bisciaro* e la porzione inferiore dello *Schlier*, dove la roccia è più calcarea e rotta, possono dar ricetto a una circolazione per fessurazione; il notevole contenuto argilloso tendendo ad ostruire i meati dà alla percolazione dell'acqua una distribuzione un po' irregolare. La porzione media e superiore dello *Schlier* e anche certe facies del *Bisciaro* sono praticamente impermeabili.

Non numerose e localizzate sono perciò le sorgenti connesse con questa formazione (per lo più col *Bisciaro*) e determinate o dalla sottostante *scaglia* cinerea o dalla porzione impermeabile dello *Schlier* a seconda dell'andamento strutturale.

m) *Tortoniano, Messiniano e Pliocene inf.* (pag.32). Anche questi terreni, che dal punto di vista idrologico hanno somiglianze con la formazione *marnoso-arenacea* umbra, sono per buona parte impermeabili. Però le molasse del Tortoniano medio-sup. e quelle del Pliocene inf., come pure in grado molto minore, le varie intercalazioni molassiche della serie rimanente, possono avere una buona porosità e offrire quindi in certi casi una discreta circolazione idrica.

La continuità e l'importanza di questa dipendono non solo dalla permeabilità; ma soprattutto dalla esposizione, ampiezza d'affioramento e potenza della roccia, in modo da essere assicurata una buona alimentazione. Ciò si verifica in modo particolare per i complessi molassici vicini alla costa (fra Arzilla e Metauro, dintorni di S. Costanzo).

La maggioranza delle sorgenti che si trovano nelle colline esterne ai rilievi mesozoici è legata a queste formazioni molassiche; per quanto gli sgorgi siano di importanza molto modesta, rappresentano spesso l'unica risorsa idrica locale.

n) *Pliocene medio* (pag. 33). Per il caratteristico sviluppo argilloso sono insieme ai potenti complessi pure argillosi della serie precedente i terreni più tipicamente impermeabili della regione. Anche le intercalazioni sabbiose spesso presenti nelle diverse zone sono praticamente impermeabili per la grana fine e le forti impurità argillose.

o) *Alluvioni attuali e quaternarie* (pag. 203). Sono depositi di regola ampiamente permeabili per porosità, che possono contenere in certi casi riserve idriche rilevanti. Le alluvioni terrazzate e pensili non hanno importanza pratica quando sono in lembi limitati ed isolati; quando invece hanno una notevole estensione possono contenere una falda freatica cui si può attingere con profitto. Di importanza assai maggiore sono i riempimenti continui di fondovalle e in modo particolare quello assai esteso che occupa la bassa valle del Metauro, dove l'alimentazione è assicurata dalle portate perenni del fiume. Il grande riempimento alluvionale fra Calcinelli e il mare, oltre alla normale falda freatica, contiene in prossimità della costa, per il suo notevole ispessimento e per le intercalazioni argillose, anche una falda artesianiana.

p) *Depositi detritici vari*. Le conoidi detritico-torrentizie, i detriti di falda e i materiali morenico-detritici delle cime più alte (M. Nerone), hanno un'ottima permeabilità; assai minore è invece quella degli accumuli di frana nella formazione *marnoso-arenacea*. Tutti, quando poggiano su un substrato impermeabile, possono contenere modestissime falde idriche. La scarsa importanza di questi depositi non dà normalmente luogo a sorgenti di un certo interesse ma a piccole vene d'acqua.

## 2. I tipi di sorgenti.

Per rendere più spedita l'elencazione e descrizione delle singole sorgenti, che farò più avanti, qui conviene tentare una classificazione di quelle metaurensi, avvalendoci degli schemi della Tav. XIII.

Premetto che in questo e nel paragrafo successivo definirò ogni sorgente sulla base delle cause essenziali che la determinano, trascurando i fattori minori. Così una sorgente di strato può avere il suo punto di emergenza obbligato da una modestissima faglia (magari di pochi decimetri) o spostato da detrito; non si può però parlare di sorgente di faglia o di deflusso da coltre detritica, ma di strato, perchè questo è il carattere fondamentale determinante la sorgente (1). Ed ecco i vari tipi di sorgenti metaurensi.

Tipo I - Sorgenti di versamento da strati monoclinatici (Tav. XIII, fig. 1) o anticlinalici (Tav. XIII, fig. 2). In questo secondo caso avremo due gruppi di sorgenti (S' ed S" della fig.) per lo più a diversa portata. Fra queste possiamo distinguere:

a) la roccia acquifera è il *calcare rupestre*, la base impermeabile le marne toraciano-aaleniane o, in certi casi, gli *Strati ad Aptici*.

b) la roccia acquifera è la scaglia bianca e rossa, la base impermeabile le marne a Fucoidi.

c) la roccia acquifera è il *Bisciario* e lo *Schlier*, la base impermeabile la *scaglia* cinerea.

(1) Per la nomenclatura e per dettagli sui vari tipi di sorgenti rimando a: GORTANI M., Compendio di Geologia II, pp. 285-352.

Tipo II - Sorgenti di versamento d'altro tipo:

a) di terrazzo (Tav. XIII fig. 3 S").

b) di coltre detritica.

Tipo III - Sorgenti di trabocco semplice sui fianchi delle anticlinali (Tav. XIII, fig. 4, S). Sono per lo più subalvee e dovute all'erosione regressiva a monte dei rilievi mesozoici.

a) la roccia acquifera è il *calcare rupestre*, la base impermeabile è rappresentata dalle marne del Toarciano-Aaleniano.

b) la roccia acquifera è la *scaglia* bianca, la base impermeabile le marne a Fucoidi.

c) la roccia acquifera è lo *Schlier*, base impermeabile la *scaglia* cinerea.

Tipo IV - sorgenti di trabocco da anticlinale per sbarramento sui fianchi:

a) l'acqua è contenuta nel *massiccio* e nella *corniola*, da battente impermeabile fungono le marne rosse toarciano-aaleniane. Queste ultime però non essendo continue e avendo impermeabilità variabile non rappresentano sempre un orizzonte sorgentifero.

b) l'acqua è contenuta nel *calcare rupestre* o, se le marne toarciane-aaleniane mancano alla loro funzione impermeabile, in tutti i calcari prealbani (*massiccio*, *corniola*, *rupestre*, ecc); il battente impermeabile è rappresentato dalle marne a Fucoidi (Tav. XIII, fig. 5). Quando le venute sono subalvee non è sempre possibile dire se si tratta di questi o dei tipi IIIa e IIIb; in generale i tipi IVa e IVb si hanno nelle porzioni più a valle delle incisioni dei rilievi mesozoici, cioè dove fondo vallivo e strati pendono nello stesso senso; i tipi IIIa e IIIb invece dove fondo vallivo e strati hanno pendenze contrarie.

c) l'acqua è contenuta nella *scaglia* rossa e il battente impermeabile è offerto dalla *scaglia* cinerea.

d) l'acqua si trova entro lo *Schlier* più basso e il *Bisciario* deformati a pseudodiapiro, il battente impermeabile è costituito dallo *Schlier* più alto o dal Tortoniano inferiore (Tav. XIII, fig. 6).

e) l'acqua è nelle molasse messiniane o eoplioceniche ed emerge per opera delle argille del Pliocene medio, che rappresentano il battente impermeabile.

Nei tipi a) b) c) fra roccia acquifera e battente impermeabile vi è concordanza stratigrafica, in d) spesso discordanza tettonica, in e) talora discordanza stratigrafica.

Tipo V - Sorgenti di trabocco da sinclinali per sbarramento del nucleo.

a) la *scaglia* rossa è la roccia acquifera, la *scaglia* cinerea il battente impermeabile (Tav. XIII, fig. 7). Differisce dal IVc solo per la maggiore erosione della sinclinale.

b) il *Bisciario* e lo *Schlier* contengono l'acqua, lo *Schlier* più elevato o il Tortoniano costituiscono il battente impermeabile (Tav. XIII, fig. 8).

c) l'acqua si trova entro i complessi molassici del Tortoniano-Messiniano-Eopliocene; lo sbarramento è offerto dai complessi argillosi intercalati o sovrastanti.

Tipo VI - Sorgenti di trabocco per sbarramento di strato (Tav. XIII, fig. 3, S', S"). A questo tipo si possono riportare le sorgenti, numerose ma quasi sempre molto piccole, della formazione *marnoso-arenacea* umbra e parte di quelle del Tortoniano-Messiniano esterno. Qui gli strati acquiferi sono rappresentati da intercalazioni molassiche, arenacee e talora anche calcaree, per lo più con pochissimi metri o decimetri di spessore, entro le prevalenti masse marnoso-argillose impermeabili. Lo strato acquifero può avere notevole continuità o chiudersi per passaggio laterale; per lo più è foggato a monoclinale o talora variamente piegato. La poca potenza del mezzo filtrante e la sua inclinazione spiegano la ristrettezza dell'area di alimentazione e quindi la modestia delle sorgenti, cui talora materiali di frana o sfaticcio superficiale possono dare un contributo sensibile.

Tipo VII - Sorgenti carsiche (Tav. XIII, fig. 9).

Sono o di deflusso carsico, quindi legate solo allo sbocco di livelli carsici, o carsiche subalvee; nell'uno e nell'altro caso sono connesse col *calcare massiccio* o col *rupestre*.

### **3. Le principali sorgenti della regione.**

Questo elenco non è certo completo nè esauriente, ma può per lo meno servire a illustrare abbondantemente con esempi lo schema del paragrafo precedente. Di molte sorgenti mi mancano dati di portata e quelli riportati, non tutti esatti, provengono o da altre pubblicazioni (132, 141) o da informazioni che ho potuto raccogliere. Spero ad ogni modo che l'elenco possa servire di orientamento per la ricerca e la captazione delle acque sorgive, che, per buona parte della nostra regione hanno notevole importanza per l'approvvigionamento idrico (esamineremo più avanti, pag. 232, questo problema). L'elenco segue fin che è possibile l'ordine topografico delle varie aste fluviali. Per le ubicazioni rimando alla Tav. VIII.

Sorgente degli Abeti. Questa, altre due indicate a Tav. VIII e molte altre minori, tutte di piccola portata si trovano alla testata del torrente Meta, dove gli strati inclinano verso SW. Sono del tipo VI.

Sorgente di Cannuccio. Si trova alle falde S di Monte Alto e alimenta il paese di Borgo Pace. E' del tipo VI.

Sorgente di Case Scandolara. Nella valle del torrente S. Antonio, con portata di 4,5 l-sec nella stagione piovosa e 1,3 l-sec in magra con minimo fino a 0,6 l-sec. Essa verrà captata per l'acquedotto di Mercatello; è dello stesso tipo delle precedenti. Un'altra analoga ma con metà portata si trova più a valle presso Sassorotto. La valle del Metauro oltre Borgo Pace diviene poverissima di acque sorgive, a monte invece ha frequenti anche se modeste sorgenti.

Sorgente di Magnavacca. Ad E di S. Angelo in Vado e più precisamente fra Cà Coraduccio e Cà Pian d'Achille. E' una sorgente con acqua un po' dura, con 2,5-3 l-sec di portata e del tipo IVc. E' in progetto il suo allacciamento all'acquedotto di Urbania.

Poco a S e SE di S. Angelo in Vado si trovano minori venute sotterranee alcune provenienti dalla formazione *marnoso-arenacea* e del tipo VI, altre dal contatto *scaglia rossa-scaglia cinerea* e del tipo IVc. Alcune di queste polle sono captate per l'acquedotto del paese.

Sorgente di Fermignano. E' in prossimità del paese e serve per l'acquedotto. Le acque sgorgano dal *Bisciario* a contatto con lo *Schlier* (tipo IVd). Altre sorgenti analoghe a quest'ultima si trovano a NE di Fermignano e ad E ai fianchi del M. Pietralata, dove ve ne sono anche del tipo IVc.

Di scarso interesse sono le sorgenti dell'alto Candigliano fino a S. Vincenzo e tutte del tipo VI.

Sorgenti del Montiego. Nella porzione nord-occidentale del rilievo compresa fra il Candigliano e il Metauro vi sono varie sorgenti alcune delle quali captate per acquedotti, tutte però di limitata entità. Nel versante SW del monte abbiamo una sorgente fra C. l'Isola e Piobbico, una seconda nel fosso della Fratta, una terza nel fosso del Calcinaio, altre minori presso S. Lorenzo in Torre e S. Paterniano; tutte appartengono al tipo IVc. Altre perfettamente analoghe si trovano nel versante NE presso S. Andrea in Proverso, Spongia e alle falde del M. Castiglioni. Sono invece connesse con la marne a Fucoidi: una entro il fosso del Montiego, la Catignaccia e Fonte Corniale; la prima è del tipo IVb le altre dell'Ib. Vi è poi la sorgente del Montione (q. 459), che serve l'acquedotto di Piobbico ma che non conosco direttamente. Ho valori di portata solo per la

sorgente della Spongia, captata per l'acquedotto di Urbania; sono due polle che danno complessivamente 5 l-sec nella stagione piovosa, 1 l-sec in magra.

Anche nel bacino del Biscuvio abbiamo diverse piccole sorgenti del tipo IV, così a SE di Castelguelfo e alla Serra della Stretta ad E di Serravalle. Ci si può soffermare sulle due seguenti.

Sorgente di C. Strada. A pochi chilometri a monte di Apecchio presso la strada provinciale; è del tipo VI, e con la portata di 2,5 l-sec; alimenta l'acquedotto di questo paese.

Sorgente del M. Vicino. Sono in realtà due sorgenti che si trovano alle falde SE del Monte fra il Castellaccio e il Biscuvio. La più alta è a circa 680 m di quota con 8 l-sec di deflusso ordinario e con la metà se non meno in magra; l'altra è più in basso presso il molino delle Macchie con 3 l-sec di portata ordinaria che si dimezza d'estate. Scaturiscono dalle molasse tortoniano-messiniane della porzione più alta della formazione *marnoso-arenacea* (pag. 25), foggiate a sinclinale. Queste sorgenti sembrano essere di versamento dal fondo della sinclinale e sono le più cospicue di tutta la formazione *marnoso-arenacea* del bacino del Metauro.

Sorgenti del M. Nerone. Costituiscono un gruppo omogeneo di sorgenti che conviene esaminare insieme. Si trovano tutte nella parte più alta del gruppo del M. Nerone a quote fra i 750 e 1400 m; appartengono allo stesso tipo (1b) di versamento di strato sulle marne a Fucoidi, salvo la Fonte Ranco, che è del tipo 1a (1). Riporto qui sotto i dati relativi alle sorgenti più importanti misurati nell'agosto 1924 (141):

(1) Il PRINCIPI interpretava (141) queste come sorgenti di sbarramento (corrispondenti al nostro tipo IVb). Una tale attribuzione è da abbandonare perchè basata su un incompleto rilevamento geologico; inoltre riuscirebbe inspiegabile l'esiguità della loro portata.

Fonte della Casciaia di Piobbico, q. m	1387	temp. 6°,5 C.	port. ord. 4,1/sec
Fonte di Collelungo	1300	6°,7	2,8
Fonte Tamburello	1379	6°,5	3,2
Fonte Materozzi	1210	6°,8	3,5
Fonte Eternità	1400	6°,3	2,1
Fonte Ranco (Pian di Roseto)	1200	7°,2	2,8
Fonte Acqua Ghiacciata	1415	6°,2	2,2
Fonte di Cerreto	1135	7°,0	3,5
Fonte Eremo	855	-	-

La portata di queste sorgenti corrisponde molto bene alla quantità d'acqua caduta sui loro bacini di alimentazione, che sono evidentemente assai limitati; la leggera differenza in meno corrisponde alle normali perdite per evaporazione. Oltre le nominate ve ne sono altre analoghe, ma trascurabili per portata; infine si può ricordare qualche vena idrica diaclasica (ad es. dal *rupestre* sopra Cerreto).

Le Venelle, Modeste polle presso Casa Palirosa, lungo il Biscuvio, del tipo Ia.

Sorgente di Cà Gioaccolo. Si tratta di varie polle che sgorgano lungo il fosso omonimo a SE di Piobbico. La più cospicua è a 225 m di quota e dà 5 l-sec a 8°,8 di temp.; di questi, 2 l-sec sono captati per l'acquedotto di Piobbico (141); appartiene al tipo IVb. Altre venute minori più a valle sono del tipo Va.

Sorgente di Bacciardi. Piccola sorgente presso questo paese a SE di Piobbico e a 536 m di quota, con 0,8 l-sec e 11,5 di temp. (141); è del tipo Va.

Sorgente del Trogolone. E' una bella polla a 740 m di quota nel Rio omonimo a S di Cardella e determinata dall'affiorare di un lembetto di marne a Fucoidi in mezzo al detritico. Appartiene al tipo IIb, con la base impermeabile offerta dalle medesime marne a Fucoidi. La portata estiva si aggira sui 3 l-sec.

Sopra Gorgo a Cerbara vi è una piccola sorgente (Fonte Avellana) del tipo Ib. Altre dei tipi IVc e Va si trovano sui fianchi del prolungamento verso SE del rilievo del Montiego e ai lati di quelli della Abbazia di Naro e di Acqualagna. Ma sono tutte sorgenti di scarsa importanza. Altrettanto dicasi per le altre di vario tipo che si incontrano nella valle del Candigliano e nelle vallecole minori confluenti fino all'imbocco della gola del Furlo.

Sorgente del Furlo. Sgorga alle falde SE del M. Pietralata a notevole altezza, con una buona portata e con acqua molle; è condotta fino alle case del Furlo. E' del tipo Ib.

Anche gli alti bacini del Bosso e del Burano hanno scarse acque sorgive dalla formazione *marnoso-arenacea*; intratteniamoci perciò su quelle assai più importanti che defluiscono dai massicci mesozoici.

Sorgente di Massa o del Sorbo. E' presso il paese nella valle del Fiumicello; avrebbe poco più di 1 l-sec e 13° di temp. (132), secondo altri 1,5 l-sec e 12° (141); appartiene al tipo IVc. Le altre del medesimo tipo si trovano lungo la stessa valle al contatto fra la *scaglia* rossa e la *scaglia* cinerea; la maggiore si trova presso Serravalle con 0,75 l-sec e 15°,5 di temperatura.

Sorgente del Ciordano o di Pieia. Costituisce l'origine del fosso omonimo, immediatamente a N di Pieia. E' una tipica sorgente carsica (tipo VII) e la maggiore della regione. Avrebbe una portata di magra di 25 l-sec circa (per altri di 50 l-sec) con minimi di 16 l-sec e di 50 l-sec nelle stagioni piovose; temperatura 10° circa. Il Ciordano si arricchisce però rapidamente con altre numerose polle subalvee pure carsiche, tanto che in magra a mezzo chilometro dall'origine porta già 60 l-sec e presso Pianello (dopo aver ricevuto altri tributi puri subalvei dei tipo IVb e IVc) 85 l-sec (132). Se si tien conto anche del deflusso subalveo entro le alluvioni la portata di magra presso questo paese non è inferiore ai 100 l-sec. A Pianello nelle stagioni piovose la portata raggiunge ben 500 l-sec.

Sorgente di Teria. Entro il fosso di questo nome, a poco più di 1 km a monte del suo sbocco nel Bosso, con la portata di circa 1,5 l-sec; appartiene al tipo IIIa. Il deflusso totale del fosso di Teria sarebbe di 8 l-sec, forniti da questa e da altre sorgenti (132).

Sorgente dei Bruscati. Sul versante del Petrano nelle Foci del Bosso; è del tipo Ia.

Bagno di S. Niccolò. Lungo le foci del Bosso a livello del torrente; sembra essere di tipo IVa ed avere 5 l-sec (132).

Sorgente di Fosto. Presso il paese; è del tipo Va, con 2,4 l-sec e 9°,8 di temperatura (141).

Sorgenti di Secchiano. Sono entro il paese e del tipo Va. Per alcuni le tre polle avrebbero complessivamente solo 0,66 l-sec (132), per altri una sola verserebbe 1,2 l-sec a 11°,5 (141).

Sorgente di Cabaldelli. Sulle pendici NE del Petrano; dà circa 4 l-sec ed appartiene al tipo Va; attualmente alimenta l'acquedotto di Cagli. Non lungi vi è la sorgente del tambuino con portata inferiore e pure del tipo Va.

Sorgente del Botano. Il torrente Bevano avrebbe al suo sbocco nel Burano una portata di magra di 100 l-sec (132). Tale acqua gli è fornita da numerose polle subalvee e da altre che sgorgano presso la strada nel tratto compreso fra C. Acqua Battaglia e C. l'Ara. La più cospicua di queste ultime, chiamata sorgente del Botano, fuoriesce presso la Madonna del Cerbone ed è captata per l'acquedotto di Cantiano; in magra avrebbe 20 l-sec circa (132), secondo altri solo 10 l-sec; temperatura 12° in estate. Tutte queste sorgenti sono del tipo Va.

Sorgente Peschiera. Entro il fosso Tenetra, fra Cà Tenetra e Cantiano; anch'essa del tipo Va.

Sorgenti del versante SW dei MM. Tenetra-Catria. Si possono ricordare: Fonte del Faggio, sopra Chiaserna, Fonte Luca alle pendici di M. Acuto e Fonte Lama sopra Pontedazzo. La prima è del tipo IVa, le altre due del tipo IVb. Non conosco le loro portate.

Sorgenti della Casetta di Cantiano. Sono due piccole polle del tipo Ib, presso la cima del Petrano.

Fontaccio. Sono in realtà due sorgenti. Una, sulla destra della valle del Burano a pochi metri dalla via Flaminia fra i km 229 e 230 da Roma, ha una portata di circa I l-sec e II° di temperatura; l'altra, quasi di fronte sulla sinistra della valle, ha tre getti per complessivi 3 l-sec (132). Sono da ricordare anche le abbondanti venute subalvee in questo tratto. Appartengono tutte al tipo IIIa; per alcune non si può però escludere il tipo IVa. Nel rimanente del bacino del Burano non vi sono altre sorgenti di rilievo.

Sorgente di Bellaguardia. Si trova poco a monte della chiesa omonima alle falde NE del M. Paganuccio, ha una portata di circa 6 l-sec e serve l'acquedotto di Fossombrone. E' del tipo Vb.

Sorgente di S. Gervasio. Poco a monte della precedente. Ha una portata di 11-12 l-sec ed è del tipo IVc. Si progetta di incanalare anche questa fino a Fossombrone.

Sorgente di S. Martino dei muri. In prossimità del paese omonimo. Portata 8 l-sec ed è captata per l'acquedotto consorziale dei Comuni di Orciano, Mondavio, Piagge, S. Costanzo, Mondolfo e Marotta. Essa pure è del tipo IVc. Altre sorgenti analoghe, ma molto più piccole, si trovano sui fianchi NE del M. Paganuccio.

Sorgente di Acquasanta. Poco a monte di S. Lazzaro (Fossombrone), sopra la Via Flaminia a 169 m di quota. E' una bella sorgente del tipo Ib che sgorga da una cavità naturale. L'ottima acqua ha una temperatura di 14° e un deflusso minimo di magra di 7 l-sec, ma che può superare anche i 70 l-sec nelle stagioni piovose (132). Alimenta l'acquedotto di Fossombrone.

Sorgente di Frontino. E' una piccola sorgente dello stesso tipo della precedente, che sgorga nel fosso di S. Lazzaro con una portata di magra di 1 l-sec.

Sorgenti della Cesana. Oltre le due ultime nominate, dal Monte della Cesana ne defluiscono varie altre del tipo IVc. così sopra Fossombrone, a S. Pietro i Yambis, Lasagnolo, Cà Ciccolina, i Mazzoli, ecc. Non ho dati su di esse, ma le portate sono modeste; la più importante, quella di Cà Ciccolina, è captata per l'acquedotto di Urbino. All'esterno delle nominate vene sono altre numerose del

tipo IVd; credo inutile elencarle data la loro scarsa importanza. Richiederò solo quelle che dei dintorni di Torre S. Tommaso (Cà Marini, Caspasso, Panichella) alimentano l'acquedotto di Urbino, insieme però anche all'acqua a deflusso libero dei torrenti vicini; parte di queste acque vengono infatti potabilizzate artificialmente. Un'altra sorgente, sempre del tipo IVd, poco a monte di Isola del Piano, alimenta il paese. Nell'Urbinate ad W e SW della Cesana gli sgorgi (per lo più del tipo IVd) sono scarsi e tutti modestissimi (dintorni di Urbino, M. Soffio, ecc.).

Sorgenti della valle del Tarugo. Sono poche e di importanza limitata. Si possono ricordare la Fonte del Bello (fra Montalto e S. Martino dei Muri), che è del tipo Ic, e le due, che si trovano lungo la strada Caspessa-Isola di Fano e, con una portata complessiva di 1,5 l-sec, servono l'acquedotto di quest'ultimo paese (tipo IVd).

Sorgenti del fianco destro della Valle del Metauro fra Fossombrone e il mare. Il loro numero elevato e il valore minimo non mi consentono un esame dettagliato. Sulle pendici di M. Raggio vi è qualche sorgentella connessa con *Bisciario-Schlier*; quelle del fianco NW sono del tipo IIIc, quelle invece del versante NE del tipo IVd. Fra S. Ippolito, Montemaggiore e Mondavio hanno una certa frequenza piccole venute dei tipi Vc e VI; ricorderò ad esempio: una immediatamente a N di Barchi, che alimenta oggi il paese con 0,4 l-sec, una poco più a S dell'abitato con 0,2 l-sec e infine una terza a S di Vergineto con 0,15 l-sec, che dovrebbe servire per l'acquedotto di questa frazione; le molte altre sono ancor più esigue. Si possono menzionare anche le sorgenti del tipo IVe, cui fanno da battente le argille mesoplioceniche, dei dintorni di S. Costanzo, fra cui: Fonte Bara con 0,8 l-sec e un'altra a S del paese con 0,3 l-sec (dubito però dell'attendibilità di questi ultimi due valori). Ai margini dei terrazzi del III livello (pag. 207) sgorgano infine sorgenti del tipo IIa (Pian di Rose, Solfonara della Tombolina, ecc.).

Sorgenti di M. S. Bartolo. Fra Montegaudio e Fonte Corniale vi sono varie sorgenti del tipo IVd, fra cui ricordo: Fontanelle con 0,15 l-sec, che serve l'acquedotto di S. Angelo in Lizzola, il Purgatorio con 0,6 l-sec, che si progetta di allacciare alla precedente, la Spogna con 0,25 l-sec, che è captata per Montefelcino, l'Aquila con una portata analoga, la Vena. Per quanto si tratti di deflussi assai modesti (i valori non sono sicuri), hanno un certo interesse perchè si trovano al centro di una zona per il rimanente poverissima di acqua.

Sorgenti dei dintorni di Mombaroccio e Saltara. I complessi sabbiosi del Messiniano superiore danno varie sorgenti dei tipi IVe e Vc, di cui mi sono stati forniti i seguenti dati: sorgente della Coppa con 3-5-4 l-sec (immediatamente ad E di Mombaroccio), sorgente di M. Giano con 1 l-sec, sorgente di Noceto (presso Cartoceto) con circa 2 l-sec, sorgente Caivola (sulla destra del Rio Secco) con 3 l-sec di portata ordinaria e 1,5 l-sec in magra (132) e captata per l'acquedotto di Borgo Lucrezia, tre sorgenti nei dintorni di Saltara con poca acqua ma perenne, di cui è in progetto l'utilizzazione per Saltara e Calcinelli, infine una presso il Borganuccio, che alimenta questa frazione. Le molte altre piccole venute hanno scarsissimo rilievo.

Sorgenti dei dintorni di Fano. Le colline comprese fra il basso corso dell'Arzilla e la Via Flaminia, prevalentemente molassiche offrono varie vedute idriche, alcune del tipo Vd, in relazione con lo pseudodiapiro di Cuccurano, altre del tipo Vc. Fra queste ultime si possono ricordare 4-5 polle, che sgorgano nella valle dei pozzetti, alle pendici settentrionali di M. Giove e vengono raccolte da una galleria romana; la portata complessiva massima è di 10 l-sec e minima di 5-6 l-sec. Sono captate per l'acquedotto di Fano, di cui fino al 1912 costituivano l'unica alimentazione.

#### **4. Falde freatiche e artesiane.**

Oltre le sorgenti ben visibili descritte nel paragrafo precedente, vi sono, in corrispondenza dei rilievi mesozoici, numerose ed abbondanti venute nascoste subalvee, che danno un forte contributo alla portata dei corsi d'acqua (pag. 193) e rappresentano dal punto di vista pratico una notevole risorsa idrica. Purtroppo mancano dati precisi di magra su questi tributi sotterranei; riporto però per orientamento i lavori ricavati dal lavoro di PERRONE (132), a cui rimando per dettagli.

Il Biscuvio che prima dello sbocco del fosso dell'Eremita ha una portata di magra di 24 l-sec, alla confluenza col Candigliano la ha aumentata a 48 l-sec; la differenza è dovuta in gran parte alle venute nascoste dal M. Nerone. Questo rilievo e il Petrano cedono al Bosso, fra l'Eremita e Secchiano, circa 50 l-sec; pure a venute sotterranee sono dovuti gran parte dei 100 l-sec d'aumento di portata del Bosso fra Secchiano e Cagli. Ho già detto delle portate essenzialmente di origine subalvea del Ciordano e del Bevano (pag. 223). A circa 200 l-sec sono

valutabili gli apporti sotterranei ricevuti dal Burano fra Pontedazzo e Cagli. Pure sensibili (forse qualche decina di l-sec) sono gli analoghi aumenti di portata del Candigliano fra Piobbico e Acqualagna e del Burano fra Cagli e Acqualagna. A 200 l-sec ammonterebbe il tributo dei MM. Pietralata e Paganuccio al Candigliano (1).

Un'altra cospicua riserva idrica è rappresentata dalle falde freatiche contenute nei terreni alluvionali. Anche se scarseggiano dati precisi, soprattutto di portata, cerchiamo di esaminare le varie falde.

Trascurabili sono a questo riguardo le alluvioni del II terrazzo (pag. 207) per la loro scarsa ampiezza. Molto importante invece sono per la loro estensione quelle del III terrazzo, cui attingono la grande maggioranza dei pozzi. La profondità del pelo freatico rispetto al piano di campagna aumenta progressivamente in via generale dai fianchi vallivi all'orlo del terrazzo e da monte verso mare, per diminuire poi negli ultimi chilometri presso la costa. A monte di Fossombrone la falda freatica del III terrazzo non ha generalmente un grande interesse; per quanto riguarda la profondità si può ricordare che essa è a 5-5 m dalla superficie a S. Angelo in Vado e a 3-4 m presso Urbania.

(1) Se si tien conto dei dati precisi già esposti (pag. 191), questo valore risulta troppo elevato; gli altri invece corrispondono bene alla media delle minime magre annuali.

A valle di Fossombrone e specialmente in sinistra del Metauro la falda assume un più notevole sviluppo; a Pian di Rose (q. 105 circa) il pelo freatico si trova a circa 4 m di profondità a Calcinelli (q. 63 circa) a m 11,5 nel terrazzo sotto Montemaggiore (q. 69 circa) a m 12,7, in destra del Metauro sotto Caminate (q. 20 circa) a m 9, nei dintorni di Fano (q. 16,5) a m 9.

Per quanto si riferisce alla base della falda posso notare che alla fornace di Cuccurano fu incontrata a m 10,5 di profondità; mentre fra questo paese e Fano sembra oscillare fra i 13 e 16 m.

Anche se sfruttata solo in qualche zona, è pure molto importante la falda del IV terrazzo; il suo livello coincide all'incirca con quello del Metauro così a Sterpeti (q. m 69 circa) si trova a circa m 3,5 di profondità. Il IV terrazzo è in continuità con la "spiaggia alta" attuale; perciò nel ripiano costiero su cui sorge Metaurilia la stessa falda s'incontra a pochissimi metri di profondità. Accanto a queste è da ricordare la falda subalvea, sicuramente esistente, ma sulla quale non abbiamo dati.

Le falde freatiche citate hanno in realtà solo in parte una loro individualità. Quella del III terrazzo è sempre ben distinta; occorre però notare che a monte della traversa di Calcinelli è assolutamente indipendente dalle altre per il quasi generale affiorare della base delle alluvioni nella ripa del terrazzo; a valle invece di questo paese versa le proprie acque nelle falde dei ripiani più bassi. Le falde del IV terrazzo e subalvea sono praticamente un tutto unico insieme a quella della "spiaggia alta". Abbiamo così fundamentalmente nelle alluvioni del Metauro due falde freatiche ben distinte per quota e, come vedremo, per alimentazione. Non mi intrattengo su quelle delle alluvioni dei terrazzi più alti e dei depositi detritici vari in quanto sono praticamente pressochè trascurabili.

L'alimentazione della falda del III terrazzo è dovuta alle precipitazioni, a venute sorgive nascoste e ai deflussi degli affluenti minori. Essendo questi due ultimi fattori preponderanti, varia da punto a punto la portata della falda. Così ad esempio un pozzo perforato nel perimetro delle fornaci di Cuccurano è rimasto pressochè sterile, mentre un altro a poche centinaia di metri, presso il Fosso degli Uscienti, sembra dare 2 l-sec. La falda del IV terrazzo e subalvea è invece alimentata dai deflussi perenni del Metauro e, fra Calcinelli e il mare, anche dai deflussi di quella del III terrazzo, per la continuità delle alluvioni contenenti le due falde. Ne viene così che la falda freatica più bassa (IV terrazzo e subalvea) è incomparabilmente più ricca e costante dell'altra.

Mi mancano valori di portata; però la permeabilità delle alluvioni è generalmente ottima (pag.203 e 215). Le oscillazioni del livello freatico della falda più bassa sono piccole e non superano generalmente il metro; più varie e spesso più forti sono quelle della falda del III terrazzo, che possono superare anche i 4-5 m; per altri dati rimando ad altre pubblicazioni (10). Ciò si spiega facilmente con l'alimentazione assai più costante, perchè operata dai deflussi liberi del Metauro, della falda inferiore. I rapporti fra questa e il fiume sono quelli soliti che si verificano in tali condizioni.

Negli ultimi chilometri prima della costa, forse solo negli ultimi tre per quello che è noto finora, le alluvioni metaurensi contengono presso la loro base anche una falda artesianica determinata evidentemente da intercalazioni argillose. La profondità di questa falda, che è stata raggiunta da alcuni pozzi per l'acquedotto di Fano, si mantiene a seconda dei casi sui 33-36 metri di profondità dal piano campagna e fra 23 e 25 metri sotto il livello del mare. Di base alle alluvioni e alla falda fanno le argille, forse del Pliocene sup., che sono state attraversate da alcuni pozzi per oltre 50 metri.

In via generale la portata di questa falda è ottima. Un pozzo perforato lungo il Fosso degli Uscienti presso Cà Claudii fino a 95 m di profondità ha trovato a 34 m la falda con una portata di 7-8 l/sec (fra 34 e 95 m argille); due pozzi presso l'Aeroporto forniscono 15-18 l/sec ognuno; un altro presso S. Lazzaro dà 20 l/sec e infine uno al passaggio a livello presso il Porto Canale 50 l/sec. Gli ultimi quattro sono allacciati all'acquedotto di Fano. E' interessante, qualora confermato, l'aumento di portata da terra verso mare.

Non conosco la salienza di questa falda. Con ogni verosimiglianza si alimenta a monte della falda freatica subalvea del Metauro; il carattere chimico anomalo di queste acque fa supporre, come dirò, anche un'altra alimentazione.

Fra le falde freatiche e artesiane sarebbero anche da ricordare quelle modestissime contenute entro gli orizzonti permeabili del Miocene e Pliocene, le quali sono attivamente ricercate sulle colline che costeggiano il basso Metauro per l'approvvigionamento idrico delle case coloniche. Si tratta però di venute di minima importanza che all'emergenza danno luogo a modestissime sorgenti (tipi IVd, IVe, Vc, VI, ecc.) in parte già ricordate.

Assai più importanti dovrebbero essere invece le acque artesiane contenute nelle formazioni calcaree fessurate o carsiche del Mesozoico. In modo particolare la *scaglia* rossa al disotto della copertura impermeabile della *scaglia* cinerea potrebbe essere l'obiettivo di perforazioni di ricerca (1).

## 5. Caratteri chimici delle acque sotterranee.

La questione ha evidentemente notevole importanza per le acque di alimentazione. Nella tabella 6 sono riportati alcuni dati desunti dai molti forniti gentilmente dall'Ufficio Provinciale d'Igiene di Pesaro; le varie acque sono raggruppate secondo i terreni da cui defluiscono.

Per quanto le analisi siano assai incomplete e non molto precisate le provenienze delle acque, tuttavia ben distinte appaiono i caratteri di queste ultime. Pur essendo insufficiente una sola analisi, si può con fondamento supporre che del tutto simili a quella del Fontaccio, se non più molli, siano in genere le acque defluenti dal *calcare rupestre* e dai sottostanti calcari giurassici. Molto molli e con minime tracce di cloro sono quelle della *scaglia* rossa; un po'

più dure in media quelle della formazione *marnoso-arenacea*. Notevolmente più dure e con maggior contenuto in cloro sono le acque provenienti dal *Bisciario* e dallo *Schlier*; poco diverse, anche se in media più molli quelle del Tortoniano-Messiniano-Eopliocene. Durezze elevatissime raggiungono invece le acque della falda artesiania costiera e una anche elevata percentuale in cloro; le altre poco differiscono dalle comuni acque mioceniche.

Ci si può rendere ragione di alcuni fatti: la facile percolazione spiega bene la scarsa durezza delle acque mesozoiche, mentre la lentezza di movimento dell'acqua è causa dell'indurimento di quelle del *Bisciario-Schlier*. Normali sono i caratteri delle acque dei terreni molassici miocenici.

Non facilmente spiegabile è l'alto grado di durezza e di contenuto in cloro delle acque artesiane costiere; con analisi più complete si potrebbero forse avere maggiori elementi di giudizio. Credo tuttavia che si possa pensare a venute profonde dai terreni tortoniano-messiniani, che tengono in collo

(1) La *scaglia* rossa costituisce un grande e ricco serbatoio idrico, cui si potrebbe attingere in certe zone con facilità; la sua permeabilità per fessurazione non rappresenta più oggi, dati i sistemi usati, un'alea notevole alla produttività dei pozzi. Il *calcare rupestre* invece anche se protetto dalle marne a Fucoidi non può costituire un serio obiettivo per la ricerca idrica.

sulla sinistra, fra Carrara e il mare, le alluvioni del basso Metauro, poggianti per il rimanente sulle argille plioceniche. Come ho detto tale anomalia di giacitura è dovuta a una grande faglia trasversale (pag. 63). Le acque del Tortoniano-Messiniano più esterno notoriamente molto dure (v. ad es. quelle di Carignano a pag. 249), potrebbero così defluire entro le alluvioni, o direttamente attraverso gli strati o anche lungo la faglia, mescolandosi a quelle normali provenienti dal Metauro e impartire alla falda artesiania i particolari caratteri chimici. Per spiegare però bene questi ultimi occorre pensare che le acque defluenti dal Tortoniano-Messiniano siano vere acque salse fossili (pag. 250). La coesistenza di acque fossili e meteoriche entro la falda dà anche ragione bene della non costante durezza di quest'ultima. Lo stesso fenomeno si può invocare, oltre che per le acque artesiane di Fano (durezza media 45, Cl 0,12-0,15%), anche per quelle di Pesaro (durezza media 50-57, Cl 0,2-0,3%), dove tutte le alluvioni costiere poggiano sul Messiniano-Tortoniano.

Quanto alla potabilità delle acque posso aggiungere pochi dati. Ottime sotto ogni aspetto quelle provenienti dai terreni mesozoici e dalla formazione *marnoso-arenacea*. ottime batteriologicamente, ma in certi casi con durezza

piuttosto elevate quelle defluenti dal *Bisciario* e dallo *Schlier*; quelle del Tortoniano-Messiniano sono spesso buone per durezza (a meno che non vi siano mescolamenti con acque salse fossili), ma talora soggette a sensibili inquinamenti, per cui vanno utilizzate con qualche cautela; eccessivamente dure sono invece le acque della falda artesianica costiera; da prosciversi invece in genere quelle freatiche. Per le acque di Pesaro e Fano sono consigliabili processi di deindurimento, oggi facili ad ottenersi e con poca spesa mediante i materiali naturali o artificiali a scambio di base.

TABELLA 6

	Durezza	Cl.%	sost.organ. %
<i>Dal calcare rupestre:</i>			
Sorgente Fontaccio (Cantiano)	20	0,0124	0,00072
<i>Dalla scaglia rossa:</i>			
Fontana centrale del paese (Cantiano)	12,5	0,0213	0,00128
Acquedotto di Cagli	16	0,0142	0,00048
Sorgente di Monte l'Abbate (Cagli)	15	0,0142	0,0008
Sorgente del Furlo (Acqualagna)	15,5-14	0,01278	0,00104
Sorgente di S. Gervasio (Fossombrone)	12,5	0,0213	0,00128
<i>Dalla formazione marnoso-arenacea:</i>			
Sorgente Confine (Borgo Pace)	14	0,01598	0,00056
Sorgente di Lamoli (Borgo Pace)	23	0,01598	0,00064
Sorgente Cannuccio (Borgo Pace)	22	0,00064	0,0008
Sorgente Cà Lisandro (S. Angelo in Vado)	26	0,0284	0,00112
<i>Dal Bisciario e Schlier</i>			
Acquedotto di Fermignano	26,5	0,0284	0,00232
Acquedotto di Isola del Piano	29	0,0355	0,00056

Acquedotto di Montefelcino	31	0,06035	0,00096
Acquedotto di Bargni (Serrungarina)	26,5	0,0355	0,0012
Acquedotto di Pozzuolo (Serrungarina)	32	0,05325	0,0012
Acquedotto di Isola di Fano (Fossomb.)	29	0,0355	0,00056
<i>Dal Tortoniano-Messiniano:</i>			
Ponte degli Alberi (Montefelcino)	26	0,06745	0,00096
Acquedotto di Borgaccio (Saltara)	24	0,1633	0,00072
Sorgente Canella (Cartoceto)	30	0,06768	0,00128
Acquedotto di Mombaroccio	23	0,6745	0,00144
Acquedotto di Barchi	26,5	0,02005	0,0008
Acquedotto di Montemaggiore	28	0,09585	0,00176
<i>Pozzi freatici e artesiani</i>			
Fano, S. Lazzaro	28	0,0994	0,0012
Fano, via Tornani	28,5	0,13135	0,00416
Metaurilia, III lotto	29	0,0994	0,00088
Fano Aeroporto pozzo I m 35	52	0,99932	0,00792
Fano Aeroporto altro pozzo	41	0,2849	0,00054
Fano Aeroporto altro pozzo	24	1,1360	0,00140

### CAPITOLO III

#### UTILIZZAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE

La relativa ricchezza di acque fluenti e sotterranee del bacino del Metauro presenta un cospicuo interesse pratico e, dato che gli impieghi attuali sono ben poco casa rispetto a quelli possibili, costituisce un fecondo campo di indagini e di applicazioni. Qualora queste risorse venissero utilizzate, oltre i notevoli benefici che ne deriverebbero dal punto di vista agricolo e industriale, sono da tener presenti i vantaggi indiretti, quali la sistemazione dei bacini montani, la regolarizzazione delle portate, una migliore distribuzione della sedimentazione valliva e costiera, ecc.

Tre sono le utilizzazioni idriche fondamentali: approvvigionamento di acque potabili, irrigazioni, forza motrice. trattandosi di problemi molto complessi, mi limiterò qui a considerazioni generali di mia competenza; d'altra parte solo quando il tecnico avrà proposto le soluzioni possibili, il geologo potrà dare il suo parere concreto e contribuire alla realizzazione pratica delle opere. Vogliono

perciò essere questi solo brevi cenni, che, insieme a quanto si è già proposto da altri, possono dare lo spunto alle augurabili iniziative pratiche.

Prima di passare all'esposizione degli argomenti devo avvertire che i molti dati e concetti riassunti ai due capitoli precedenti serviranno a meglio illuminare su varie questioni e che i valori numerici esposti nelle pagine seguenti sono di semplice orientamento. E' infatti competenza del tecnico specialista in sede di progetto esclusivo, la ricerca degli elementi definitivi.

## **1. Approvvigionamenti di acqua potabile.**

Per la maggior parte dei Comuni metaurensi è questo un problema assillante, che in molti casi non ha ancora trovato una soluzione soddisfacente e tanto meno definitiva.

Nella nostra regione le possibili vie di approvvigionamento di acque potabili sono:

- a) acque sorgive;
- b) Acque sorgifere subalvee;
- c) acque superficiali fluenti;
- d) falde artesiane.

Assai diversa è l'entità di queste riserve. Buone sorgenti, anche se con portate ridotte (salvo quella del Ciordano), sono abbastanza frequenti; cospicue sono le riserve b) e c), notevoli in certe zone quelle d).

Prima però di esaminare le possibilità di utilizzazione occorre accennare agli impieghi e ai bisogni attuali.

Tutti i centri abitati, salvo in parte trascurabile Urbino e in proporzione cospicua Fano, traggono il loro rifornimento idrico da sorgenti. Tale sistema che è il più facile e spesso anche il più economico, ha naturalmente successo solo dove le acque sorgive sono in sufficiente abbondanza; cosa che per il Metauro si verifica solo in corrispondenza dei rilievi mesozoici, e in modo assai minore, ma bastevole alle necessità locali, nella porzione montuosa più elevata della formazione *marnoso-arenacea* umbra.

Si può così dire che ben pochi Comuni hanno una alimentazione adeguata e cioè: Borgo Pace, Apecchio, Piobbico, Cantiano, Cagli (capoluogo e alcune frazioni), Fossombrone (capoluogo), Fano; nella maggiorparte di questi sono

anche abbastanza tranquillanti le disponibilità per aumentare le erogazioni future. Per tutti gli altri Comuni, e sono la maggioranza, gli acquedotti attuali hanno deficienze più o meno cospicue rispetto ai bisogni.

Prima di ricercare i possibili rimedi sarebbe indispensabile esaminare con cura le necessità dei singoli centri abitati; ma non avendo qui i dati sufficienti al riguardo, cercherò di affrontare il problema da un punto di vista generale. Le zone più bisognose di acqua della regione metaurense so possono così schematizzare:

- a) Fondovalle del Metauro da Mercatello al mare, con l'eccezione di Fossombrone e Fano.
- b) Urbino e Urbinate.
- c) Colline in destra del Metauro da Reforzate e Fratterosa al mare.
- d) Colline in sinistra del Metauro fra il M. della Cesana e il mare.

premetto che ormai quasi tutte le sorgenti utilizzabili con acquedotti di pochi chilometri, e talora anche le minori, sono state captate. Le rimanenti potranno semmai andare ad arricchire paesi che per il momento non hanno o quasi scarsezza di acqua (cioè quelli elencati più sopra).

Nel fondovalle del Metauro le possibilità di rifornimento idrico sono buone e anche facili. Nell'alto e medio Metauro i centri più bisognosi d'acqua sono in ordine decrescente: S. Angelo in Vado, Mercatello e Urbina. Poche speranze si possono riporre nelle sorgenti; infatti eccetto la sorgente di Magnavacca (pag. 219) la quale con un'accurata captazione potrebbe aumentare la sua portata libera e contribuire all'alimentazione di Urbina, non ne sono note altre di un certo rilievo. Qualche frutto potrebbero portare ricerche molto accurate di acque sorgive sui fianchi del rilievo del Montiego lungo il contatto *scaglia* rossa-*scaglia* cinerea; da escludere invece a questo fine la formazione *marnoso-arenacea*. Forse maggiore interesse avrebbe la perforazione di pozzi per il raggiungimento, al di sotto della *scaglia* cinerea, della *scaglia* rossa, che deve contenere una riserva idrica notevole con un carico variabile da zona a zona; tale carico aumenta con il dislivello del tetto della *scaglia* rossa affiorante (pag. 229). Un'ubicazione adatta a una tale ricerca potrebbe essere la sponda destra del Metauro sul prolungamento del rilievo del Montiego. Maggiori e più sicure erogazioni si possono ottenere mediante gallerie filtranti nel subalveo del Metauro, che ha anche in magra portate sufficienti (pag. 191) per assicurare i 10-

15 l/sec di acqua subalvea captabile, necessari per l'alimentazione dei tre paesi nominati; non dovrebbe essere difficile trovare uno spessore di alluvioni adatto alla costruzione di una tal galleria e a una quota sufficiente per condotte a gravità. Delle tre soluzioni proposte (sorgenti, pozzi, gallerie filtranti) l'ultima dà maggiore affidamento per la soluzione integrale del problema.

Non presenta difficoltà il completamento delle utilizzazioni attuali di acqua potabile fra Urbania e Calmazzo. Scarso affidamento di sufficiente portata danno le eventuali acque sorgive individuabili con ricerche e captazioni adatte sui fianchi del M. Pietralata e della Cesana. Ottime prospettive presentano invece le acque subalvee del Metauro per la presenza di estese alluvioni recenti con spessori adatti per gallerie filtranti. Inoltre acque sorgive subalvee dal *Bisciario* si devono avere sotto S. Maria in Repuglie, tutto attorno a Fermignano e poco oltre lo sbocco del fosso di S. Maria degli Angeli.

Da Calmazzo o meglio dallo sbocco della gola del Furlo al mare le acque freatiche subalvee abbondano e rappresentano quasi l'unica possibilità, perchè mancano acque sorgive di un qualche interesse pratico, se si eccettua la sorgente di S. Gervasio (pag. 223), per la quale è già previsto l'allacciamento con Fossombrone. Sola difficoltà, facilmente superabile con l'aumento di diametro della condotta a gravità, è il limitato carico di queste acque subalvee, le cui prese in ogni caso non potrebbero superare i 110 m di quota. Occorre fare attenzione che le gallerie filtranti o, se si preferisce, altri mezzi di emungimento non vengano a trovarsi in corrispondenza di complessi porosi del Messiniano-Pliocene inf., onde evitare possibili inquinamenti con acque salate fossili, che sono note in un pozzo presso Sterpeti, al Molino della Sacca e all'orlo di Pian di Rose (pag. 250). Saranno perciò da preferirsi i depositi alluvionali compresi fra lo sbocco della gola del Furlo e S. Martino del Piano, i quali presentano anche venute sorgive subalvee. Anche qui si potrebbe pensare a pozzi di ricerca entro la *scaglia* rossa, coperta dalla *scaglia* cinerea; località propizie sarebbero i fondi vallivi nei dintorni di Raggioli o immediatamente oltre Fossombrone.

Se verranno costruiti nella regione metaurensis bacini artificiali, (pag. 241) modeste derivazioni potranno assicurare ottime portate per uso potabile. In tal caso però, come forse anche per le gallerie filtranti, si renderà necessario potabilizzare le acque.

Consideriamo la seconda delle quattro zone sopra ricordate, cioè l'Urbinate. Qui le difficoltà per un aumento della disponibilità idrica sono molto gravi e in particolare per il capoluogo, stante la sua quota elevata (m 452). In passato fu

progettato addirittura l'allacciamento delle piccole sorgenti del M. Nerone; ma, a parte che si potrebbero convogliare solo 10-15 l/sec di magra (nella migliore delle ipotesi), vi sono notevoli difficoltà costruttive e di manutenzione; non credo perciò economica una tal soluzione. D'altra parte non esistono per Urbino altre possibilità per impianti a gravità. Se è perciò necessario aumentare l'approvvigionamento idrico della città, occorre fare ricerche di altre acque sorgive, oltre quelle ora utilizzate, nel rilievo della Cesana (1); anche in caso di successo saranno sempre necessari impianti di sollevamento. Sicuro affidamento di ottime portate darebbero le prese dal fondovalle del Metauro; ma troppo gravose, per il notevole dislivello sarebbero le spese di esercizio del sollevamento; in ogni caso si potrà ricorrere a questa soluzione solo in caso d'insuccesso di altre captazioni d'acqua sorgiva dalla Cesana.

(1) Non sembra strano insistere in queste ricerche d'acqua sorgiva. Infatti i contatti sorgentiferi di grande continuità come *scaglia* rossa-cinerea e *Bisciario-Schlier* devono dare venute idriche praticamente in corrispondenza di ogni solco vallivo; ma le alluvioni e i detriti possono di frequente mascherare queste polle.

Assai notevole è la deficienza di acque potabili nelle colline fra il Metauro e il Cesano da Reforzate e Fratte Rosa al mare. Si cercò di ovviarvi con un acquedotto consorziale alimentato dalla sorgente di S. Martino dei Muri (pag. 223); ma anche questo è ora inadatto ai nuovi bisogni. Penso che circa 50-l/sec, cioè circa 40-l/sec più degli attuale potrebbero dare alla zona una disponibilità idrica più che sufficiente per molti anni. Solo due modi vi sono per risolvere un tale problema. Uno è mediante gallerie filtranti attraverso il Metauro fra Fossombrone e S. Martino del Piano capaci di provvedere questa cospicua massa d'acqua (il che non sarebbe facile), un successivo eventuale impianto di potabilizzazione e quindi il sollevamento fino a Reforzate (325 m circa) per superare il dislivello di 230 m circa; di qui condotte a gravità provvederebbero alla distribuzione ai vari centri abitati fino al mare; solo per Sorbolongo e Torre S. Marco sarebbero necessari altri impianti di sollevamento; anziché attingere da gallerie filtranti, ci si potrà servire di bacini artificiali.

Una seconda via per risolvere il problema sarebbe la captazione di acque sorgive e il loro trasporto a gravità fino a Reforzate e quindi la loro distribuzione come nell'altro caso. Resta però da ricercare la sorgente con la portata richiesta e a quota sufficiente (per tale ragione non è possibile sfruttare le venute subalvee dai massicci mesozoici). Da scartare sono i fianchi del Paganuccio che, per quello che è noto, potrebbero dare al più pochi l/sec. A mio modo di vedere solo una presa immediatamente a monte di Pianello lungo il Ciordano, presso il

contatto *scaglia* rossa-cinerea è capace di risolvere il problema così posto; una piccola diga in corrispondenza della presa, trattenendo (come la briglia esistente attualmente più a monte) i materiali grossolani trascinati dal torrente, permetterebbe anche una buona filtrazione dell'acqua. Il dislivello di circa 75 m fra la presa e Reforzate, anche se modesto, è sufficiente per una condotta a gravità di tale lunghezza (circa 40 km). E' però da tener presente che con questo acquedotto si potrebbero servire anche altre utenze, oltre quelle fra Metauro e Cesano ricordate, in quanto la sua capacità potrebbe raggiungere anche gli 80-90 l/sec. Prima di studiare nei dettagli l'impresa saranno necessarie attente ricognizioni e accurate misure del comportamento idrologico del Ciordano.

Sarà infine naturalmente compito del progettista stabilire quali delle due soluzioni è più conveniente: se un impianto di 6 km con un sollevamento di 230 m o una gravità di 40 km e con acqua migliore (1).

Vediamo infine le colline in sinistra del Metauro fra la Cesana e il mare. Qui il bisogno d'acqua è meno impellente che nella zona precedente, in quanto esistono in loco numerose e piccole sorgenti già quasi totalmente utilizzate e minore è la popolazione. La maggior quota dei centri abitati rispetto a quelli prospicienti a S del Metauro aumenta le difficoltà, rendendo in ogni caso indispensabili gli impianti di sollevamento. Anche per questa zona esistono solo due possibilità per completare l'approvvigionamento idrico attuale/ o sollevamento dal fondovalle del Metauro o lungo acquedotto a gravità, che anche qui potrebbe essere quello del Ciordano più sopra proposto portato alla massima potenzialità; si potrebbero così utilizzare quei 30-40 l-sec che restano degli 80-90 l-sec.

Si può così concludere che per tutte le zone del Metauro, anche le più povere d'acqua potabile, esistono, naturalmente in grado maggiore o minore, possibilità di aumento delle risorse idriche. In molti casi le spese d'impianto o di esercizio verrebbero ad essere non indifferenti, dato però che si tratta quasi sempre di soluzioni interessanti più Comuni (l'acquedotto del Ciordano o quello del Bevano con la portata di 80-90 l-sec interesserebbe 22 Comuni), esse potrebbero venire affrontate da Consorzi. Sta ad ogni modo ai Tecnici verificare quali delle proposte più sopra ventilate risultino più economiche.

## 2. Irrigazioni.

Nel bacino del Metauro esse sono assai poco sviluppate e se si eccettua il bel villaggio rurale di Metaurilia e gli immediati dintorni di Fano, mancano esempi razionali di una certa entità. Nel 1939 (200) le zone irrigate ammontavano a 377 ha circa, di cui 223 ha in Comune di Fano (Metaurilia comprendeva circa 89 ha); di questi, 37 (cioè circa il 10%) erano alimentati con acque superficiali, il rimanente con acque sotterranee.

(1) Credo fuor di luogo portare qui, perchè occuperebbero troppo spazio, i calcoli che mi hanno portato a queste conclusioni. Devo aggiungere che oltre al Ciordano, anche il Bevano presenta ottime possibilità di utilizzazione. Le numerose e cospicue polle che alimentano questo torrente (pag.223) sono capaci di dare portate paragonabili a quelle del Ciordano, che però offrono maggiori difficoltà di presa. Ad ogni modo le venute idriche che alimentano questi due torrenti costituiscono le più facili ed importanti risorse d'acqua potabile sorgiva della regione.

Questi bassissimi valori acquistano significato se si pon mente alla grande estensione delle aree pianeggianti di terrazzo, che per la loro morfologia sarebbero suscettibili di irrigazione. Infatti la superficie complessiva del III e IV terrazzo al di sotto dei 100 m di quota da Fossombrone (o per essere più esatti da S. Martino del Piano e dal Piano di Gualdo) al mare e dal basso corso dell'Arzilla a Torrette è di circa 6550 ha, di cui 4800 in sinistra e 1750 in destra del Metauro; da questi valori è già stato tolto il 15% corrispondente a strade, case, aie, ecc. Se si tien conto anche delle aree di terrazzo più a monte, ma più difficilmente irrigabili per la loro frastagliatura le superfici utili dovrebbero avvicinarsi ai 10.000 ha.

Causa fondamentale di questo stato di cose è lo scarso deflusso libero del Metauro durante il periodo critico, per cui non è possibile la costruzione di canali d'irrigazione di una certa entità. Ad aggravare la situazione sta anche il Vallato del Porto, che sottrae al basso corso del fiume quasi tutte le acque di magra. Assai scarsa è inoltre l'utilizzazione delle acque freatiche.

Prima di esaminare i possibili miglioramenti per estendere le irrigazioni, credo utile riportare i consumi medi di acqua nella regione marchigiana (200):

TABELLA 7

	Mesi d'irrigazione	Durata d'irrigazione	Consumi per ha
Culture pratiche	giugno-settembre	100-120 giorni	0,5-0,8 l/sec
Culture ortive	maggio-settembre	130-140 giorni	0,8-1,0 l/sec
Culture sarchiate	giugno-settembre	120 giorni	0,6-1,0 l/sec

Stabilito così che 1 l/sec/ha è una quantità sufficiente per la pratica irrigua locale, vediamo come si possono utilizzare le acque fluenti. Mi riferirò alla parte bassa della valle fra Fossombrone e il mare, che è la zona più adatta per estensione e caratteri. Per i valori idrologici mi riferirò alla stazione di Barco di Bellaguardia (pag. 191, tab. 2 e 3).

Già semplici derivazioni dal Metauro potrebbero consentire l'irrigazione di superfici assai più vaste delle attuali. La minima portata giornaliera osservata a Barco nel quindicennio 1926-1940 è stata di 0,28 m<sup>3</sup> /sec; un tale minimo è assolutamente eccezionale, per cui penso si possa in realtà contare su una portata di magra di 1,3 m<sup>3</sup> /sec (media mensile più bassa osservata nel quindicennio). Un tale valore permetterebbe di irrigare 1300 ha circa ; non si tien conto però delle varie perdite, ma neppure delle acque di recupero. Poichè frequentemente, anche se di rado per più giorni consecutivi, la portata scende al di sotto di 1,3 m<sup>3</sup> /sec, credo che in pratica con derivazioni dirette non si potrà irrigare durante alcune punte di magra estiva.

Questi deflussi estivi si possono però regolarizzare e aumentare notevolmente con un serbatoio artificiale. Il punto più adatto per la creazione di una diga è presso S. Lazzaro nell'ubicazione e con i caratteri già proposti dal Servizio idrografico (212). Per rendere costanti le portate medie mensili di luglio, agosto e settembre (quelle di giugno sono abbastanza elevate, v. tab. 3) è sufficiente un invaso di circa 4,1 mil. di m<sup>3</sup> , che darebbe per i tre mesi ricordati una erogazione di 4,16 m<sup>3</sup> /sec. Dato però che negli anni di forte siccità i deflussi estivi possono ridursi al 60% dei valori medi, è sufficiente un invaso di 2,15 mil. di m<sup>3</sup> , che fornirà circa 2,49 m<sup>3</sup> /sec costanti. Piuttosto che limitarsi all'invaso minimo sufficiente, sarà più vantaggioso sbarrare un bacino di 6,4 mil. di m<sup>3</sup> con una diga di m 26,6 come è già stato consigliato (212). Un tal lago artificiale potrà fornire 4,5 m<sup>3</sup> /sec nell'estate medio e tre m<sup>3</sup> /sec nell'estate critico (1). Naturalmente i secondi sono più prossimi alle condizioni reali di funzionamento, cioè: 2,49 m<sup>3</sup> /sec per un invaso minimo sufficiente a regolarizzare le portate e 3 m<sup>3</sup> /sec per un invaso di 6,4 mil. m<sup>3</sup> , sufficienti per irrigare rispettivamente 2500 ha e 3000 ha circa.

Credo fuor di luogo riportare i grafici, i calcoli e le considerazioni che mi hanno portato a questi valori, i quali sono semplicemente indicativi. E' necessario però tener presente che, utilizzando le acque di recupero e con una distribuzione razionale, sarà possibile aumentare sensibilmente l'area irrigata (1) e che,

prevedendo la derivazione a la Barca (quota 67 presso il Metauro), sarà possibile utilizzare questi deflussi estivi e le acque fluenti negli altri periodi anche per forza motrice.

Con la sola costruzione della diga di S. Lazzaro bisognerà tener conto anche dell'interrimento (pag. 246). Se poi, come augurabile, si realizzerà una generale utilizzazione del bacino idrografico del Metauro per energia elettrica, il pericolo dell'interrimento diverrà praticamente trascurabile e dal punto di vista irriguo si otterrà a Fossombrone una tale regolarizzazione delle portate

(1) Avverto solo che il bacino è stato considerato pienamente invasato al 1° luglio e che i vari fattori attivi e passivi, cui finora non si è accennato (evaporazione, precipitazioni, ecc.) praticamente si compensano e non modificano in modo sostanziale i valori esposti.

da consentire praticamente l'irrigazione di tutta la zona a valle di S. Lazzaro (circa 7000 ha). In tal caso però occorrerà rinunciare, per gli impianti a valle di Fossombrone, a parte del loro sfruttamento per forza motrice e commisurare deflussi e installazioni tenendo conto delle necessità irrigue.

Altra fonte cospicua di acque sono le falde sotterranee. Purtroppo fino ad oggi, per lo scarso sfruttamento che se ne fa, poco conosciamo della loro consistenza e portata (pag. 226). Non è però azzardato affermare che con esse è già fin d'ora possibile ampliare sensibilmente le aree irrigate soprattutto nel IV terrazzo e nel II terrazzo, in prossimità della costa. Le erogazioni potranno aumentare se si deriveranno a scopo irriguo le acque superficiali, le quali potranno in parte andare ad impinguare le falde acquifere sotterranee. La mancanza di valori non ci consente fare previsioni.

Da questi pochi cenni risulta evidente la possibilità, facile dal punto di vista tecnico, di far progredire notevolmente la nostra regione anche in questo campo, operando un adatto sfruttamento delle risorse idriche superficiali e sotterranee. Con la creazione di vari bacini artificiali, cui accennerò al paragrafo seguente, sarà possibile estendere le irrigazioni anche a monte di Fossombrone.

### **3. Utilizzazioni per forza motrice.**

Tralasciando, stante la loro trascurabile importanza, i modestissimi impieghi per molini, piccoli opifici, ecc., che si valgono delle acque fluenti due soli sono

gli impianti in funzione nel nostro bacino: centrale dei Raggioli, che sfrutta le acque trattenute dalla diga del Furlo, e centrale della Liscia (Fano) che si serve delle acque fluenti nel vallato del Porto. Le condizioni idrologiche del bacino del Metauro e quelle morfologiche delle sue valli permetterebbero però ben più notevoli utilizzazioni idrauliche per forza motrice.

Per le notevoli variazioni di portata durante l'anno (pag. 191) di scarso rilievo sarebbe l'impiego completo delle acque fluenti, del resto già in gran parte attuato da piccole utenze. A titolo di orientamento riporto dal PERRONE (132) la forza motrice in Hp ritraibile dai deflussi liberi delle aste fluviali principali (Metauro, Candigliano, Biscuvio, Burano, Bosso): novembre-aprile 12511, maggio-giugno 6463, luglio-ottobre 4628, in forte magra 3677.

A ben diverso risultato si potrebbe pervenire con la creazione di bacini artificiali atti a regolare in parte i deflussi, sbarrando in punti adatti le vallate; ciò è consentito dalla frequenza di ottime gole e strette nella regione metaurense. Esiste al riguardo un pregevole studio del Servizio Idrografico (212), a cui rimando. Ricordo che secondo tale progetto la potenza realizzabile dal Metauro e commisurata alla portata con durata di 6 mesi (che è quella più prossima alle condizioni pratiche di funzionamento e sulla quale si può effettivamente contare) è di 66.506 Hp in media e 77.974 Hp come massimo. Gli impianti attualmente in funzione, sempre rapportati a portata con durata di 6 mesi, danno rispettivamente solo 5805 Hp in media e 7062 come massimo. In parole povere le utilizzazioni attuali rappresentano appena 1/10 delle disponibilità.

Esula dalle mie intenzioni e competenza l'esame del progetto accennato, che prevede la costruzione di 12 serbatoi con una capacità complessiva di 126,4 mil. di m<sup>3</sup> e 24 impianti per la produzione dell'energia elettrica con la potenza complessiva sopra accennata. Credo però utile esaminare rapidamente, anche sulla scorta delle informazioni fornitemi dal Servizio Idrografico, le ubicazioni proposte per le dighe. E' superfluo aggiungere che, qualora si pensi a realizzare le opere saranno necessarie ricerche geologiche assai più complete e più vaste.



fig. 4

Doga Mucci. Sul torrente Auro a q. 530 (1); altezza proposta m 50; invaso 8,1 mil. m<sup>3</sup> . La stretta è morfologicamente favorevole ed incisa nella formazione *marnoso-arenacea*; gli strati pendono di una ventina di gradi verso SW e sono localmente costituiti da arenarie (fino ad oltre un metro di spessore) alternati con marne dure. La giaciture e la natura delle rocce assicurano impermeabilità e buoni appoggi. Sul fondo e sulla destra non dovrebbero essere necessari notevoli sbancamenti, sulla sinistra invece occorrerà allontanare il materiale detritico e di frana.

Diga Guinza. Sul torrente S. Antonio a q. 540; altezza proposta m 50; invaso 5,9 mil. m<sup>3</sup> . Il profilo della valle è abbastanza stretto e ripido. La formazione *marnoso-arenacea* ha scarsa compattezza; pendenza 10° circa verso SW. Sfavorevole la natura litologica; più che tentare ampi scavi per trovare forse la roccia più compatta è preferibile cercare nelle vicinanze un'altra ubicazione.

Diga di Urbania. Sul Metauro a q. 242; altezza proposta m 25; invaso 3,2 mil. m<sup>3</sup> . E' un bel solco a fondo pianeggiante e con fianchi subverticali costituenti la ripa del III terrazzo. Il Tortoniano affiorante è costituito da potenti banchi arenacei di qualche metro di spessore; buona la cementazione; gli strati pendono di circa 40-45° verso SW, hanno cioè direzione normale alla diga proposta. Ottime le condizioni di stabilità, non altrettanto quelle di impermeabilità (le filtrazioni però dovrebbero diminuire con tempo). Occorre però che lo sbarramento non raggiunga le alluvioni che coprono il terrazzo; minimo dovrebbe essere lo sbancamento.

Diga Cicolina. Sul Candigliano a q. 490; altezza proposta m 46; invaso 8 mil. m<sup>3</sup> . La valle è abbastanza stretta; anche la formazione *marnoso-arenacea* sembra avere qui buoni caratteri di stabilità e impermeabilità; localmente però gli

strati hanno una generale pendenza verso NE. Occorrerà per questo una ricerca geologica accurata.

(1) Qui e in seguito mi riferisco alla quota attuale dell'alveo. Per l'ubicazione delle dighe proposte v. fig. 4.

Diga S. Andrea. Sul Biscuvio a q. 400; altezza proposta m 54; invaso 18 mil. m<sup>3</sup> . Bella stretta entro la *scaglia* rossa; in basso sul torrente affiorano i calcari marnosi tipici con 11-18° di pendenza verso NW o WNW, in alto invece gli strati sono più marnosi e pieghettati. Ottima è dal punto di vista delle stabilità; occorrerà però non alzare troppo la diga o tenersi il più a valle possibile per evitare le marne superiori, che non darebbero ancoraggi solidi. La zona ha disturbi tettonici di dettaglio trasversali alla valle, per cui non sono da escludersi, almeno nel periodo iniziale del funzionamento, piccole perdite dato che la roccia presenta una buona permeabilità per fessurazione; nel nostro caso il pericolo è minore, perché la parte alta della *scaglia* rossa presenta un maggior contenuto marnoso.

Diga del Castello di Naro. Sul Candigliano a q. 237; altezza proposta m 53; capacità 20 mil. m<sup>3</sup> . E' una bellissima gola incisa per poco più di 20 m con pareti verticali e larga 15 m; sopra si slarga, però conserva ancora ottimi caratteri morfologici. La *scaglia* rossa è l'unica roccia affiorante e si presenta molto calcarea e compatta; è però anche molto fessurata e pieghettata, specialmente a valle del ponte attuale, con pendenze variabili fra 35-65° verso SW. Perciò se sono buone le condizioni di stabilità e limitato deve essere lo scavo per trovare buoni ammorsamenti, non altrettanto può dirsi per l'impermeabilità del bacino proposto, che si troverebbe quasi tutto invasato nella *scaglia* rossa; vi è infatti pericolo di perdite sul fianco sinistro del bacino previsto con aggiramento della diga.

Diga di Fermignano. Sul Metauro a q. 157; altezza proposta m 38; capacità 38,2 mil. m<sup>3</sup> . Dal punto di vista morfologico è una stretta abbastanza buona anche se non molto angusta. L'ubicazione proposta è in corrispondenza del

*Bisciario*, localmente molto contorto e rotto, perché costituisce il nucleo pseudodiapirico dell'anticlinale Urbino-Montepolo. Questi fatti pregiudicano la stabilità e la tenuta; per la permeabilità per fessurazione della roccia in simili condizioni.

Diga Isola. Sul Certano a q. 445; altezza proposta m 45; capacità 10,9 mil. m<sup>3</sup>. Non è una stretta, ma solo un modesto restringimento della valle. Affiora la parte alta della formazione *marnoso-arenacea* (pag. 25), con prevalenti grossi banchi di arenaria e saltuarie intercalazioni marnose. Dal punto di vista litologico buone sono la stabilità e la tenuta. Ci troviamo però sul fianco SW della sinclinale di Serra Maggio e quindi con strati inclinati di circa 30° verso NE; non dovrebbe però essere questo un elemento molto sfavorevole data la natura della roccia.

Diga di Pianello. Sul Bosso a q. 355; altezza proposta m 25; capacità 2,2 mil. m<sup>3</sup>. Si trova in condizioni geologiche del tutto analoghe a quella di S. Andrea; solo qui la *scaglia* rossa è stratigraficamente più bassa e con inclinazione di 70° verso SW. Buone perciò le possibilità per uno sbarramento.

Diga Cà Paravento. Sul Burano a q. 431; altezza proposta m 51; capacità 9,1 mil. m<sup>3</sup>. Bella e stretta gola con pareti subverticali. La formazione *marnoso-arenacea* presenta la tipica alternanza dei due tipi litologici in proporzioni pressoché uguali in istrati di mezzo metro circa; pendenza 34° verso NE. Abbondante il materiale di disfacimento e di frana. Al momento non appaiono condizioni sufficienti di stabilità per l'erezione d'una diga così alta; con ricerche accurate si potrebbe forse trovare nelle vicinanze l'ubicazione più favorevole.

Diga di S. Lazzaro. Sul Metauro a q. 98,5 altezza proposta m 26,6; capacità 6,4 mil. m<sup>3</sup>. E' quella già ricordata in precedenza per l'uso irriguo (pag 239). Morfologicamente è una bellissima stretta con fianchi a picco. L'ubicazione è in corrispondenza del *calcare rupestre* suborizzontale, ma con frequenti piccole faglie e disturbi connessi. Ottime le fondazioni e gli ancoraggi; bisogna però tener presente che le evidenti tracce carsiche entro questo *rupestre* e la sua giacitura potrebbero rendere imperfetta la tenuta. Occorre perciò un esame attento e qualora si prevedesse il pericolo sarebbe possibile ovviarvi spostando un po' più a monte o a valle la diga o procedendo ad impermeabilizzazioni. Credo inutile accennare alla possibilità di sbarramento in molte altre strette (Gorgo a Cerbara, Foci del Bosso, Foci del Burano, ecc.).

Da quanto esposto si può concludere: rispetto alla stabilità sono deficienti le ubicazioni di Guinza, Fermignano e Cà Paravento; con una scelta migliore rispetto alle condizioni geologiche, con scavi profondi e con adatti tipi di dighe si potrà costruire ugualmente anche se non fino all'altezza prevista. Per quanto riguarda la tenuta qualche preoccupazione si presenta solo per i bacini del Castello de Naro, Fermignano e S. Lazzaro; ma almeno per i due ultimi i rimedi sono facili; in altri invasi piccole perdite iniziali dovrebbero presto arrestarsi. E' intuitivo che sono tutti questi cenni di orientamento. Ad ogni modo specialmente per la tenuta può essere assai proficuo un accurato studio sulle condizioni di funzionamento del bacino del Furlo, il quale, pur essendo sbarrato in corrispondenza del *calcare massiccio*, non sembra subisca perdite; il fatto va controllato con molte cure avendo il bacino una minima capienza rispetto alle portate del Candigliano. Nella costruzione della diga si incontrò la roccia in posto a 13 m circa sotto l'alveo preesistente (che era a q. 137,40) e le fondazioni furono poste altri 8-9 metri più in basso fino all'incontro della roccia sana.

Su un'ultima questione importante occorre intrattenerci e cioè sul futuro interrimento di questi bacini proposti. Le nostre conoscenze in genere e in particolare per il bacino del Metauro sono assai scarse; certo si è che ogni progetto per la creazione di laghi artificiali nella nostra regione dovrà tenerne conto in sommo grado. I valori di trasporto solido (pag. 197) sono puramente indicativi ed avrebbero un certo valore solo per un eventuale unico bacino costruito fra Urbania e Fossombrone; d'altra parte andrebbero sempre presi con le dovute cautele per quanto riguarda l'interrimento di un invaso.

Valori più attendibili possiamo ricavare dall'accurato studio per il bacino di Quarto (alta valle del Savio) (222), il cui bacino di alimentazione è tutto inciso nella formazione *marnoso-arenacea* romagnola identica litologicamente alla nostra umbra. Qui infatti si è notato un interrimento notevole di ben  $1489 \text{ m}^3 / \text{km}^2$  (senza tener conto degli avvallamenti di sponda), per cui in poco meno di 8 anni l'invaso si è ridotto del 52% del volume iniziale (4,5 mil.  $\text{m}^3$ ).

Valori analoghi di portate solide sono da aspettarsi per i bacini accennati di Mucci, Guinza, Cà Ciccolino, S. Andrea, Isola, Cà Paravento. però se anche per alcuni le attività di trasporto possono essere maggiori a causa della maggior pendenza dei corsi d'acqua alimentatori, tuttavia non vi è motivo di eccessive preoccupazioni, date le notevoli capacità d'invaso e la limitata superficie dei bacini di raccolta. Infatti applicando la formula di Singer si ottengono, per tutti questi laghi artificiali proposti, durate superiori ai 130 anni. Il pericolo è invece

gravissimo per il bacino d'Urbania, che per di più avrebbe una modesta capacità iniziale; infatti, anche tenendo conto che una modesta parte della sua vasta zona di alimentazione, quasi tutta in rocce facilmente erodibili, è sbarrata dalle dighe Mucci e Guinza, esso si colmerebbe in pochi anni. E' qui perciò necessaria una attenta sistemazione montana mediante briglie, rimboschimenti, ecc. Per tutti gli altri laghi artificiali l'interrimento sarà con ogni probabilità limitato; cionondimeno, anche per regolarizzare le portate, sarà prudente una sistemazione dei vari bacini torrentizi.

Qualora venisse solo creato il serbatoio di S. Lazzaro, per gli usi detti (pag. 239), l'insidia solida sarebbe qui non indifferente? E' ben vero che la maggior parte delle acque verrebbe ad essere decantata dal bacino del Furlo, per il cui interrimento rimando a pag. 199, ma resterebbero quelle del Metauro di Calmazzo che dal punto di vista del trasporto solido sono assai più pericolose di quelle del Candigliano.

Come si vede dalla disamina fatta in questo capitolo le possibili utilizzazioni idrauliche del Metauro e dei suoi affluenti sono molto notevoli e permetterebbero un grande progresso agricolo e industriale della regione. Non si è naturalmente tenuto conto, nell'esposizione, dei diritti precostituiti, che sono del resto poca cosa, nè delle parziali interferenze fra le varie utilizzazioni, in ispecie fra quelle a scopo irriguo e per forza motrice; ma non è certo compito mio entrare in simili questioni.

## CAPITOLO IV.

### ACQUE MINERALI

Nella regione metaurensese le sorgenti minerali sono molto numerose, però conosciamo ben poco della loro composizione chimica e portata. Sia per questo, sia perché nella grande maggioranza dei casi si tratta di venute estremamente esigue e quindi di valore pratico scarsissimo, mi limiterò ad esporre solo i fatti più importanti. La posizione delle varie sorgenti note e di quelle che ho rintracciato durante le mie ricerche sul terreno figura nella Tav. VIII, che sotto questo riguardo può considerarsi abbastanza completa e può servire di base per ulteriori investigazioni.

Credo opportuno accennare anzitutto ai due unici stabilimenti idrominerali della zona e quindi parlare brevemente dei caratteri e giaciture dei vari gruppi di acque non ancora sfruttate industrialmente.

#### 1. Stabilimenti idrotermali.

a) *Fonti di Valzangona* (Comune di Montefelcino). Queste acque sono conosciute e utilizzate da quasi quattro secoli; si tratta di tre polle diverse note coi nomi di Cagolino, Solfanina e Acciaiata, di cui ho trovato solo analisi vecchie e assai incomplete. La Cagolino, la più importante, è un'acqua salso-iodo-magnesiaca; di essa il Camici diede la seguente composizione per litro:

Cloruro di sodio . . . . .	gr.	55,559
Cloruro di magnesio . . . . .	"	4,664
Cloruro di calcio . . . . .	"	6,234
Ioduro di sodio . . . . .	"	0,752

Altri ioduri . . . . .	"	tracce
Bromuro di calcio . . . . .	"	0,084
Perdita . . . . .	"	0,124
		<hr/>
Somma	gr.	67,850

La Solfanina è un'acqua sulfureo-solfata, di cui il Purgotti (154) diede questa analisi per litro:

Solfato di sodio . . . . .	gr.	10,0602
Cloruro di calcio . . . . .	"	0,8748
Cloruro di magnesio . . . . .	"	1,4580
Cloruro di sodio . . . . .	"	1,6038
Ioduro e solfuro di sodio . . . . .		tracce
		<hr/>
Somma	gr.	13,9968

è di sapore amaro e con odore di acido solfidrico. L'Acciaiata è un'acqua ferruginosa, ma di essa mi manca ogni dato circa la composizione chimica.

b) *Fonti di Carignano.* Esse vengono a giorno nel letto del torrente Bevano a circa 10 km da Fano; ora sono captate e condotte allo Stabilimento sorto 30 anni fa. Comprendono quattro acque: Bevana, Angiolella, Orianna, Teresina; una quinta debolmente salina, del tipo Tettuccio, proviene da taglio con acqua dolce. Dò qui sotto la composizione e i caratteri delle prime tre:

TABELLA 8

	Bevano	Angiolella	Orianna
Sodio	18,6420	9,3468	0,0203
Potassio	0,1525	0,0813	0,0003
Litio	tracce	0,0076	tracce
Calcio	1,9205	1,1320	0,0876
Magnesio	0,8650	0,4735	0,0235
Bario	0,0602	0,0256	-
Stronzio	0,1290	0,0686	-

Cloro	34,7000	17,6050	0,0336
Bromo	0,1102	0,0602	-
Iodio	0,0046	0,0020	-
Residuo solforico	tracce	0,0520	0,0227
Residuo carb. comb.	0,2002	0,2551	0,1731
Residuo borico	0,0127	0,0069	-
Residuo silicico	0,0352	0,0377	0,0142
Sost. varie per differenza	0,0938	0,0592	0,0020
Residuo fisso	56,9259	29,2096	0,3772
Peso specifico	1,0409	1,0226	1,0006

Le analisi sono del Gasperini (1922); per altri dettagli rimando al lavoro di Pinzani (210). Da altri dati si rileva che l'acqua Orianna ha durezza 40 e l'Angiolella 36. La Bevana è essenzialmente un'acqua salsa forte, l'Angiolella debole, la Teresina sulfurea e infine la Orianna una normale acqua dolce molto simile a quelle che defluiscono nella zona (sorgenti dell'Acquedotto di Fano).

## 2. Acque salate.

Sono numerosissime e costantemente connesse con la serie tortoniana-messiniana-eopliocenica e soprattutto col Messiniano. Ne troviamo fra Urbania e Fermignano, nei dintorni di Urbino, Tarugo e Monte Aiate, molto frequenti ai lati delle sinclinali Isola del Piano-Reforzate-Colle Aprico e M. delle Forche-Cerasa. In certe zone mancano addirittura o quasi acque dolci e pozzi scavati per la loro ricerca incontrano acque salate (bacino del Bevano di Carignano, versante N del Rio Secco, ecc.).

Le analisi riportate più sopra, anche se scarse, danno un'idea dei caratteri chimici. Si tratta di acque salse fondamentalmente clorurato-sodiche; frequente è inoltre la presenza di I, Br, SO<sub>4</sub> fra gli anioni e Ca, Mg (talora anche Fe) fra i cationi; perciò assai spesso sono acque salvo-bromo-iodiche e raramente salso-iodo-magnesiache. La salinità di queste acque varia molto, essendo agli sgorghi sempre più o meno diluite con acque dolci (tale ad es. si può considerare l'Angiolella rispetto alla Bevana di Carignano), le quali ne premettono spesso l'emergenza. La portata è sempre molto piccola; da quanto ho osservato, in periodo di magra nessuna sembra superare i 0,5 l/sec; generalmente però i valori sono assai più bassi (pochissimi m<sup>3</sup> /giorno).

Tutte queste sono acque fossili di strato connesse con la nafto-genesi, per cui talora contengono anche tracce di idrocarburi gassosi (pag. 167). Vengono a

giorno in corrispondenza delle incisioni degli strati che le contengono, sia per un debole carico idrostatico, sia talora per una leggera pressione di gas; spesso le acque dolci di origine meteorica possono contribuire alla loro fuoriuscita. Gli efflussi si hanno normalmente sui fianchi delle sinclinali e in certi casi dal nucleo delle anticlinali (Carignano, S. Costanzo).

Fra le sorgenti più rimarchevoli, oltre le citate al paragrafo precedente, ricorderò quelle dei dintorni di Isola del Piano e del bassi Rio Puto, di cui una sembrerebbe avere una salinità fino al 100%, dei dintorni di S. Ippolito, del Rio Vergineto, del fosso di Scaricalasino, ecc.

### 3. Acque solfuree.

Anche queste sono abbastanza frequenti, però incomparabilmente meno delle precedenti. Ne abbiamo due tipi diversi: uno in relazione con la formazione gessoso-solfifera, un secondo con altri terreni più antichi nella parte alta del bacino (formazione *marnoso-arenacea umbra*, *calcare rupestre*); le prime sono molto più diffuse.

Connesse con la formazione gessoso-solfifera sono quelle dei dintorni di Urbania (S. Maria in Spinateci, Peglio), Frontone (Canneto e S. Savino), della sinclinale Isola del Piano-Reforfate (Valzangona, Montefelcino, Rio Puto, Caspessa, Torre S. Marco), di Pozzuolo, Mombaroccio e Carignano. Provengono invece dal *calcare rupestre* quelle di Fossombrone e Gorgo a Cerbara (1). Infine defluiscono dalla formazione marnoso-arenacea quelle dei dintorni di Borgo Pace, Mercatello, Apecchio. Nulla praticamente conosciamo della composizione di queste acque in quanto ben poco ci dice la vecchia analisi del Purgotti riportata più sopra; quelle provenienti dalla formazione gessoso-solfifera devono essere spesso non semplicemente solfuree, ma salso-solfuree o salso-solfuree-solfate. Le portate sono spesso buone, ma talora minime, e per lunghi periodi di siccità si annullano; per una stessa sorgente con l'aumento di portata generalmente diminuisce il contenuto in  $H_2S$ .

La distinzione in due gruppi fatta inizialmente corrisponde anche a una diversa genesi, oltre che certamente a una diversa composizione chimica. Le sorgenti provenienti dai terreni gessoso-solfiferi devono la loro mineralizzazione al dilavamento in profondità di gessi o rocce solfifere in ambiente riducente; molto spesso sono anche solfate. resta il problema se il processo di riduzione dei gessi sia operato da acque salse fossili o da acque di infiltrazione di origine

meteorica; è noto infatti che entrambi sono agenti possibili. Per le nostre sorgenti penso però che siano essenzialmente le acque

dolci meteoriche a determinare il contenuto in  $H_2S$ , prova ne siano le forti variazioni di portata in stretta relazione con le precipitazioni (2). A queste d'origine superficiale possono associarsi in copia maggiore o minore anche quelle salse fossili, dando così acque salso-solfuree o salso-iodo-solfuree.

(1) In realtà quest'ultima defluisce dalla *corniola*, ma è dal *rupestre* che acquista la mineralizzazione.

(2) A conferma si può inoltre ricordare che certamente di origine meteorica sono le acque sulfuree del secondo gruppo, di cui dirò, e che molto spesso si ha la fuoriuscita dalla formazione gessoso-solfifera di polle sulfuree vicine ed altre salate, ma distinte (Valzangona, Carignano, Isola del Piano, Cannet, ecc.).

Le sorgenti solfidriche provenienti dalla formazione *marnoso-arenacea* o dal Mesozoico devono la loro mineralizzazione alla scomposizione di pirite (pag. 77), (per quelle di Gorgo a Cerbara) o marcasite; in questo caso si tratta sicuramente e solamente di acque di origine meteorica operanti in ambiente riducente. Spesso si ha in vicinanza anche la fuoriuscita di acque ferruginose (Gorgo a Cerbara, dintorni di Apecchio) distinte da quelle sulfuree, con uno sdoppiamento delle mineralizzazioni ancora poco chiaro. Normalmente le sorgenti di questo secondo gruppo hanno portate maggiori delle altre in quanto maggiore è l'alimentazione.

Fra le sorgenti sulfuree più importanti ricorderò: quella del Ponte della Taverna (Apecchio), Cà Costantino (Mercatello), Borgo Pace, Canneto (Frontone), l'Acqua Puzza (Isola del Piano), ecc.; alcune sembrano superare la portata di 1 l/sec.

#### **4. Acque ferruginose.**

Ne conosco solo quattro: quelle di Gorgo a Cerbara, Cà Valderica (Borgo Pace), Pian di Lupino (Apecchio) e l'Acciaiata di Valzangona. Le prime tre sono vicine ad altre solfidriche e ad esse legate per genesi. Si tratta di acque che acquistano il contenuto minerale per scomposizione di solfuri di ferro.

#### **5. Conclusioni pratiche.**

Per quanto in Italia le acque minerali già sfruttate siano molto numerose, varie e, nella regione appenninica, con caratteri del tutto simili a quelli visti poc'anzi, non è tuttavia improbabile che in avvenire possano sorgere nel bacino

del Metauro altre iniziative, oltre quelle di Valzangona e Carignano, per l'utilizzazione delle acque minerali. Non è perciò inutile dare brevi indicazioni al riguardo.

Anzitutto è evidente che solo l'analisi chimica completa potrà orientare verso i tipi più interessanti.

Per le acque salse, data la loro particolare giacitura di acque fossili, il problema della ricerca e sfruttamento, si presenta più facile e con migliori prospettive. Infatti la perforazione di pozzi convenientemente ubicati, dopo un accurato studio geologico di dettaglio, potrà permettere la captazione di acque con portate più abbondanti e concentrazioni più elevate di quelle che fluiscono naturalmente. La morfologia collinare consente anche carichi sufficienti per la condotta a distanza delle acque. Inoltre lo sfruttamento mediante pozzi evita gli eventuali inquinamenti con acque superficiali.

Per le acque sulfuree e ferruginose ci si dovrà limitare, data la loro origine, alla captazione delle polle naturali con tutti gli accorgimenti normalmente usati in simili casi.

Si può fin d'ora dire che la varietà e il gran numero delle acque minerali metaurensi meritano attenzione maggiore, di quanto è avvenuto finora e un'accurata ricerca chimica e fisica.

## CAPITOLO V.

### DEGRADAZIONE DEI VERSANTI

In appendice alla trattazione idrologica si può accennare anche a questo argomento. E' noto però quanto siano vari e complicati i processi che determinano la degradazione dei versanti e che in ultima analisi operano il modellamento morfologico; volerli esaminare a fondo significherebbe fare un'esposizione lunga e di scarsa utilità. Per gli scopi pratici ha invece importanza l'esame concreto dei fenomeni in aree localizzate e volto alla soluzione di particolari problemi, come sistemazione di un bacino montano, di una frana, bonifica idraulica, ecc. Ma questo non è certo possibile qui per l'eccessivo spazio che occuperebbe.

Mi limiterò quindi ad alcuni concetti d'indole generale, parte dei quali sono già stati accennati nelle pagine precedenti.

Fra i processi di disfacimento fisico ha particolare importanza per alcune zone l'azione del gelo; essa si esplica in modo particolare sulla formazione *marnoso-arenacea*, sulla *scaglia* cinerea, sugli strati a Fucoidi e sulle marne del *Bisciaro* e dello *Schlier*, dove determina un minuto sfaticcio argilloso-sabbioso o argilloso-marnoso a seconda dei casi; più limitato è il suo effetto sulle altre formazioni del Neogene esterno, per la maggiore saltuarietà del fenomeno; la *scaglia* rossa e bianca ne risentono notevolmente disfacendosi in frammenti grossolani; scarso è invece l'effetto sulle rocce calcaree più antiche. La degradazione termica pura e semplice in genere non ha importanza eccessiva; la *scaglia* rossa per il suo colore ed essenza o quasi di vegetazione ne risente maggiormente.

Già abbiamo parlato del disfacimento chimico delle rocce calcaree (pag. 210). Altre azioni solventi e altre ossidanti, idrolitiche, biochimiche ecc. hanno

importanza per il terreno agrario, per la ferrettizzazione delle alluvioni antiche o per particolari casi, ma non per la degradazione complessiva dei versanti.

I frammenti derivanti dal disfacimento delle rocce calcaree si accumulano ai piedi dei versanti in fasce, raramente in coni detritici; ciò si verifica in modo particolare per la *scaglia* rossa. Cospicui accumuli abbiamo un po' su tutti i fianchi dei rilievi mesozoici; si possono ricordare quelli del Paganuccio (Fosso del Rio), Montiego (Valle del Candigliano), Nerone (Costa i Ranchi), ecc. L'erosione al piede dei corsi d'acqua ne impedisce talora la formazione o ne provoca il franamento (Piobbico); I materiali minuti di disfacimento dei terreni marnosi e arenacei diventano facile preda delle acque dilavanti e costituiscono, praticamente da soli il cospicuo trasporto torbido dei corsi d'acqua (pag. 197 e 246).

Un cenno particolare meritano le frane, per la loro frequenza e, in certi casi, gravità. Passerò brevemente in rassegna i vari terreni dal punto di vista della franosità (1).

Calcarei prealbani. Dato il facile smaltimento delle acque sotterranee sono le rocce staticamente più stabili; qua e là si osserva qualche scoscendimento antico, privo però d'importanza pratica.

Marne e Fucoidi. Danno rari e per lo più modestissimi scorrimenti con passaggio a smottamenti. Forse con esse è in relazione la cospicua frana della Vena Grossa (3,2 ha) (9).

*Scaglia* bianca e rossa. Non ha *scaglia* in sè, salvo rari casi dove più intense sono le fratturazioni d'origine tettonica, è franosa, ma il suo detrito. In queste frane, che sono forse le più cospicue e preoccupanti della regione, è necessario distinguere se gli strati sono a franapoggio o a reggipoggio; in entrambi i casi sono caratterizzate dalla rapidità (maggiore nel secondo); nel primo caso è frequente la ripetizione o la ripresa del fenomeno. Esempio notevole di frane di detrito con strati a clinapoggio è quello di Piobbico (9); altre analoghe si verificano in concomitanza di periodi piovosi nelle fasce detritiche (C. Trioni ad E di Palcano, Vallicelle sul versante NE del Paganuccio, ecc.), ma non minacciando abitati o strade passano spesso inosservate o quasi. Frana cospicua di detrito con strati a reggipoggio è quella ben nota di S. Lazzaro (Fossombrone), che danneggiò abitati, la Flaminia e la ferrovia; nè malgrado i tentativi di sistemazione la minaccia di ulteriori franamenti è sventata.

*Scaglia* cinerea. Può dar luogo a qualche scivolamento con accenni di smottamento, ma di piccola entità e quindi trascurabili.

*Bisciario* e *Schlier*. Sono formazioni, specialmente il secondo, che a causa della degradazione fisica superficiale, possono dar luogo ad ampie pendici franose con scivolamenti e frequenti smottamenti. Fra le aree più cospicue si possono ricordare le pendici S di M. Varco, sul fianco destro del Fosso di

(1) Per altre notizie rimando al lavoro di ALMAGIA' (9).

Cherio in frazione Drogo (Cagli), per una superficie complessiva di oltre 100 ha, dove talora è stato sbarrato il Fosso di Cherio, che contribuisce ai movimenti franosi con la sua erosione al piede. Franosi sono pure le pendici E del M. S. Lorenzo presso Cà Sensi (Cagli) per una superficie di circa 18 ha, la testata del Rio che da Cà Maestà scende a Smirra (Cagli) (30 ha circa). I franamenti dello *Schlier* hanno spesso interrotto la strada comunale Fermignano-Acqualagna e quella passante per Cherio. Cospicua zona franosa è nei dintorni di Cà Volpone, sulla sinistra del Fosso di S. Maria degli Angeli a SE di Urbino, che spesso ha interrotto la strada Fermignano-Calmazzo (nel 1905 per 100 m).

Formazione *marnoso-arenacea*. Sono certamente fra i terreni più franosi, però sono assai rari in essi estesi movimenti, mentre sono frequentissime frane di proporzioni modeste o modestissime, cui Almagià applica il termine "lame" (1), in relazione con la fusione delle nevi o con periodo piovosi. Zone caratteristiche sono i fianchi del Montaccio, Poggio della Biforca, M. Lucano, ecc. Fra le frane più cospicue si possono citare quella antica del versante S del Montaccio (Borgo Pace), che raggiunse il Meta sbarrandolo per breve tempo, e l'altra di Cà Mariotta alle falde S del M. dei Sospiri (Apecchio) con ripetuti movimenti anche recenti (5 ha).

Tortoniano-Messiniano-Eopliocene. Accanto alla tipica franosità dei terreni precedenti, abbiamo anche tipici smottamenti. Dove dominano le argille compare anche la morfologia calanchiva, che però nel bacino del Metauro ha sempre uno sviluppo assai modesto. Frequenti sono gli smottamenti sulla destra del Rio Puto, fra cui quello delle Stonghe del 1902. Una zona franosa si trova a NW di S. Ippolito, la quale ha talora spostato di alcuni metri la strada, che dal fondovalle del Tarugo sale al paese. Franosi sono la Costa delle Balze e i dintorni di S. Angelo (Camate di Fano), dove il prevalere di rocce molassiche permette la conservazione di ripide pareti. Anche i dintorni di Saltara e di Isola del Piano ebbero a soffrire frane per il sgrottamento al piede dei vicini torrenti.

Pliocene medio. Dominano gli smottamenti di cui si hanno esempi tipici a NE di S. Costanzo in regione Volpella.

(1) Le "lame, da un termine dialettale marchigiano, sarebbero in definitiva piccoli smottamenti di rocce argillose con intercalazioni arenaceo-molassiche.

Sono da ricordare anche le attività erosive dei corsi d'acqua, che determinano frane o instabilità a strade e manufatti vari (ad es. il Candigliano poco a monte di Piobbico).

Mi basta aver accennato a questi vari processi erosivi; ma è evidente che per quanto riguarda la degradazione meteorica, le frane, il dilavamento superficiale e l'erosione valliva non è possibile seguire criteri generali di sistemazione. Infatti si presentano quasi quotidianamente problemi che vanno esaminati caso per caso e la cui soluzione si potrà trovare solo dopo un attento studio di dettaglio dei fatti locali. Non può naturalmente questa essere la sede di una tal disamina particolareggiata.

## SOMMARIO

<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>PARTE I</b>	<b>5</b>
<b>LA GEOLOGIA DELLA REGIONE</b>	<b>5</b>
<b>CAPITOLO I</b>	<b>5</b>
<b>LA SERIE DEI TERRENI</b>	<b>5</b>
1. Trias Superiore - Sinemuriano s.s.	5
2. Lotharingiano (= Sinemuriano sup.).	7
3. Charmouthiano (Pliensbachiano - Domeriano).	8
4. Toarciano e Aaleniano.	10
5. Giura Medio (Bajociano - Batoniano).	12
6. Giura superiore p.p. (Calloviano -Kimmerdgiano).	12
7. Titoniano.	14
8. Cretaceo inferiore (Valanginiano - Aptiano).	15
9. Riassunti sui terreni prealbani.	17
10. Albiano.	18
11. Cretaceo superiore-Eocene medio (Cenomaniano - Luteziano).	20
12. Eocene superiore - Oligocene (Priaboniano - Cattiano).	22
13. Miocene inferiore e medio a facies umbra.	24
14. Miocene inferiore e medio a facies marchigiana.	27

15. Miocene superiore (Messiniano).	32
16. Pliocene .	34
17. Quaternario.	37
18. Rocce eruttive e metamorfiche.	38
<b>CAPITOLO II</b>	<b>41</b>
<b>LA TETTONICA</b>	<b>41</b>
1. La tettonica dei rilievi mesozoici.	41
2. La tettonica del Neogene a NE dei rilievi mesozoici interni.	48
3. La tettonica della formazione marnoso arenacea.	64
<b>CAPITOLO III</b>	<b>67</b>
<b>STORIA GEOLOGICA DELLA REGIONE</b>	<b>67</b>
<b>PARTE II</b>	<b>74</b>
<b>I MINERALI</b>	<b>74</b>
<b>CAPITOLO I</b>	<b>74</b>
<b>MINERALI DI FERRO</b>	<b>74</b>
<b>CAPITOLO II</b>	<b>79</b>
<b>MINERALI DI RAME</b>	<b>79</b>
<b>CAPITOLO III</b>	<b>82</b>
<b>ZOLFO</b>	<b>82</b>
1. I caratteri e i problemi del Messiniano.	82
2. Serie stratigrafiche del Messiniano.	92
3. Miniere e ricerche di zolfo.	105
4. Prospettive solfifere della regione.	115

<b>PARTE III</b>	<b>120</b>
I MATERIALI DA COSTRUZIONE	120
<b>CAPITOLO 1</b>	<b>120</b>
<b>GESSI</b>	<b>120</b>
<b>CAPITOLO II</b>	<b>122</b>
<b>ARENARIE</b>	<b>122</b>
<b>CAPITOLO III</b>	<b>126</b>
<b>CALCARI DA CALCE</b>	<b>126</b>
<b>CAPITOLO IV</b>	<b>129</b>
<b>CALCARI ORNAMENTALI ("MARMI")</b>	<b>129</b>
<b>CAPITOLO V.</b>	<b>138</b>
<b>PIETRA DA TAGLIO E DA MASSICCIATA</b>	<b>138</b>
<b>CAPITOLO VI</b>	<b>141</b>
<b>ARGILLE PER LATERIZI</b>	<b>141</b>
<b>PARTE IV</b>	<b>144</b>
ALTRI MATERIALI UTILI	144
<b>CAPITOLO I</b>	<b>144</b>
<b>CALCARI LITOGRAFICI</b>	<b>144</b>
<b>CAPITOLO II</b>	<b>146</b>
<b>MATERIALI ABRASIVI E PIETRE DA MACINE</b>	<b>146</b>

<b>CAPITOLO III.</b>	<b>152</b>
<b>ARGILLE SMECTICHE</b>	<b>152</b>
<b>PARTE V</b>	<b>157</b>
<b>COMBUSTIBILI FOSSILI</b>	<b>157</b>
<b>CAPITOLO I.</b>	<b>157</b>
<b>LIGNITI</b>	<b>157</b>
<b>CAPITOLO II.</b>	<b>160</b>
<b>MARNE BITUMINOSE</b>	<b>160</b>
<b>CAPITOLO III</b>	<b>167</b>
<b>PROSPETTIVE GASSIFERE E PETROLIFERE</b>	<b>167</b>
<b>DELLE MARCHE SETTENTRIONALI</b>	<b>167</b>
<b>1. Le manifestazioni superficiali.</b>	<b>167</b>
<b>2. Permeabilità delle rocce.</b>	<b>172</b>
<b>3. Coperture.</b>	<b>173</b>
<b>4. Conclusioni stratigrafiche.</b>	<b>175</b>
<b>5. Tentativo di sintesi regionale delle Marche esterne. <sup>(1)</sup></b>	<b>177</b>
<b>6. Possibilità di accumuli nelle Marche settentrionali</b>	<b>182</b>
<b>PARTE VI</b>	<b>186</b>
<b>IDROLOGIA SUPERFICIALE E SOTTERRANEA</b>	<b>186</b>
<b>CAPITOLO I</b>	<b>186</b>
<b>IDROLOGIA SUPERFICIALE</b>	<b>186</b>
<b>1. Generalità.</b>	<b>186</b>

2. Caratteri pluviometrici della regione.	189
3. Portate e regime dei corsi d'acqua.	190
4. Profilo e andamento dei corsi d'acqua.	199
5. Erosione e sedimentazione valliva.	202
6. Evoluzione della rete idrografica.	204
<b>CAPITOLO II</b>	<b>210</b>
<b>IDROLOGIA SOTTERRANEA</b>	<b>210</b>
1. Permeabilità delle rocce.	210
2. I tipi di sorgenti.	216
3. Le principali sorgenti della regione.	218
4. Falde freatiche e artesiane.	226
5. Caratteri chimici delle acque sotterranee.	229
<b>CAPITOLO III</b>	<b>232</b>
<b>UTILIZZAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE</b>	<b>232</b>
1. Approvvigionamenti di acqua potabile.	232
2. Irrigazioni.	237
3. Utilizzazioni per forza motrice.	240
<b>CAPITOLO IV.</b>	<b>248</b>
<b>ACQUE MINERALI</b>	<b>248</b>
1. Stabilimenti idrotermali.	248
2. Acque salate.	250
3. Acque solfuree.	251
4. Acque ferruginose.	252
5. Conclusioni pratiche.	252
<b>CAPITOLO V.</b>	<b>254</b>

